

(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1月18日(18.01.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/014103 A1

(51) 国際特許分類:
G01M 11/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/017969

(22) 国際出願日: 2023年5月12日(12.05.2023)

(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 2022-111087 2022年7月11日(11.07.2022) 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: 高野 純矢(TAKANO Junya); 〒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). 林
哲也(HAYASHI Tetsuya); 〒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

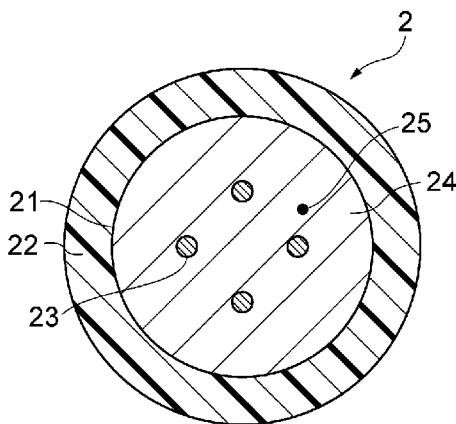
(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 Tokyo (JP).

(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,
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,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING OPTICAL CHARACTERISTICS OF MULTI-CORE OPTI-
CAL FIBER

(54) 発明の名称: マルチコア光ファイバの光学特性の測定方法及び測定装置



(57) Abstract: This method for measuring the optical characteris-
tics of a multi-core optical fiber includes: a step for connecting, to a
first end face of the multi-core optical fiber, a first optical fiber hav-
ing the same diameter as a multi-core optical fiber and connected to
a light source, and connecting, to a second end face of the mul-
ti-core optical fiber, a second optical fiber having the same diameter
as the multi-core optical fiber and connected to a measuring instru-
ment; and a step for irradiating the first end face with measurement
light emitted from the light source via the first optical fiber, and
measuring light emitted from the second end face with the measur-
ing instrument via the second optical fiber. The step for connecting
includes a step for aligning the rotational angle of the first end face,
a step for aligning the rotational angle of a first connection end face,
a step for abutting and connecting the aligned first end face and first
connection end face, and a step for abutting and connecting the sec-
ond end face and a second connection end face.



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)）

(57) 要約：マルチコア光ファイバの光学特性の測定方法は、マルチコア光ファイバと同径で、かつ、光源に接続される第1光ファイバをマルチコア光ファイバの第1端面に接続すると共に、マルチコア光ファイバと同径で、かつ、測定器に接続される第2光ファイバをマルチコア光ファイバの第2端面に接続する工程と、光源から出射された測定光を第1光ファイバを介して第1端面に照射し、第2端面から出射された光を第2光ファイバを介して測定器で測定する工程と、を含む。接続する工程は、第1端面の回転角度を調心する工程と、第1接続端面の回転角度を調心する工程と、調心済みの第1端面と第1接続端面とを突き合わせ接続する工程と、第2端面と第2接続端面とを突き合わせ接続する工程と、を含む。

明 細 書

発明の名称：

マルチコア光ファイバの光学特性の測定方法及び測定装置

技術分野

[0001] 本開示は、マルチコア光ファイバの光学特性の測定方法及び測定装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、情報通信技術の目覚ましい発展とそれに伴うデータトラフィックの急増に対処するため、光通信ネットワークにおける通信容量の拡大が求められている。しかし、従来のシングルモードファイバ（SMF）を用いた光通信ネットワークでは、非線形シャノン限界やファイバフューズ限界といった原因により、その通信容量が限界に達することが予想されている。この限界を打破する方法として空間分割多重（SDM）伝送方式の一種である、マルチコア光ファイバ（MCF）が期待されている。従来、1本の光ファイバ中に1つのコアのみだったSMFとは異なり、MCFは1本の光ファイバに複数のコアを有している。そのため、MCFの光学特性を評価する際には複数コアそれぞれの測定が必要となり、測定時間が増大することから効率的な測定方法の確立が必要となる。

[0003] 特許文献1には、ファンイン／ファインアウト（FIFO）デバイスを使用してMCFの各コアの光学特性を測定する方法が記載されている。FIFOデバイスによれば、調心機を使用せずにMCFの各コアの光学特性を容易に測定することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-1673号公報

発明の概要

[0005] 本開示の一態様に係るMCFの光学特性の測定方法は、MCFと同径で、

かつ、光源に接続される第1光ファイバをMCFの第1端面に接続すると共に、MCFと同径で、かつ、測定器に接続される第2光ファイバをMCFの第2端面に接続する工程と、光源から出射された測定光を第1光ファイバを介して第1端面に照射し、第2端面から出射された光を第2光ファイバを介して測定器で測定する工程と、を含み、接続する工程は、第1回転ファイバホルダを用いて、MCFを保持すると共に、第1端面の回転角度を調心する工程と、第2回転ファイバホルダを用いて、第1光ファイバを保持すると共に、第1光ファイバの第1端面と接続される第1接続端面の回転角度を調心する工程と、第1回転ファイバホルダと第2回転ファイバホルダとを対向させ、それぞれ調心済みの第1端面と第1接続端面とを突き合わせ接続する工程と、第2端面と第2光ファイバの第2端面と接続される第2接続端面とを突き合わせ接続する工程と、を含む。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、第1実施形態に係るMCFの光学特性の測定装置を示す構成図である。

[図2]図2は、MCFの断面図である。

[図3]図3は、第1実施形態に係るMCFの光学特性の測定方法を示すフローチャートである。

[図4]図4は、端面観察装置を用いた第1調心工程の説明図である。

[図5]図5は、変形例に係る端面観察装置を用いた第1調心工程の説明図である。

[図6]図6は、接続部を用いた第1接続工程の説明図である。

[図7]図7は、第2実施形態に係るMCFの光学特性の測定装置を示す構成図である。

[図8]図8は、MCFの端面及びMMFの接続端面を示す平面図である。

[図9]図9は、第3実施形態に係るMCFの光学特性の測定装置を示す構成図である。

[図10]図10は、MCFの端面及び偏心MMFの接続端面を示す平面図であ

る。

[図11]図 1 1 は、第 4 実施形態に係る MCF の光学特性の測定装置を示す構成図である。

[図12]図 1 2 は、第 5 実施形態に係る MCF の光学特性の測定装置を示す構成図である。

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]

FIFO デバイスを使用した上記 MCF の光学特性の測定方法では、MCF 対応融着機を用いて被測定 MCF と FIFO デバイス付きダミー MCF とを調心し、融着する必要がある。MCF 対応融着機を用いる場合、調心から融着までの作業に時間がかかり測定時間が増大する。

[0008] 本開示は、短時間、かつ、簡易的に行うことができる MCF の光学特性の測定方法及び測定装置を提供することを目的とする。

[0009] [本開示の効果]

本開示によれば、短時間、かつ、簡易的に行うことができる MCF の光学特性の測定方法及び測定装置を提供することができる。

[0010] [本開示の実施態様の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。(1) 本開示の一態様に係る MCF の光学特性の測定方法は、MCF と同径で、かつ、光源に接続される第 1 光ファイバを MCF の第 1 端面に接続すると共に、MCF と同径で、かつ、測定器に接続される第 2 光ファイバを MCF の第 2 端面に接続する工程と、光源から出射された測定光を第 1 光ファイバを介して第 1 端面に照射し、第 2 端面から出射された光を第 2 光ファイバを介して測定器で測定する工程と、を含む。接続する工程は、第 1 回転ファイバホルダを用いて、MCF を保持すると共に、第 1 端面の回転角度を調心する工程と、第 2 回転ファイバホルダを用いて、第 1 光ファイバを保持すると共に、第 1 光ファイバの第 1 端面と接続される第 1 接続端面の回転角度を調心する工程と、第 1 回転ファイバホルダと第 2 回転ファイバホルダとを対向させ、それぞれ調心済み

の第1端面と第1接続端面とを突き合わせ接続する工程と、第2端面と第2光ファイバの第2端面と接続される第2接続端面とを突き合わせ接続する工程と、を含む。この測定方法では、短時間、かつ、簡易的にMCFの光学特性を測定することができる。

[0011] (2) 上記(1)の測定方法では、第1端面及び第1接続端面の回転角度の調心は、それぞれカメラを用いた端面観察に基づき行われてもよい。この場合、回転粗調心を容易に行うことができる。

[0012] (3) 上記(2)の測定方法では、第1端面の端面観察は、端面観察用の第1光源から出射された光をMCFの側面に入射して行われ、第1接続端面の端面観察は、端面観察用の第2光源から出射された光を第1光ファイバの側面に入射して行われてもよい。この場合、同軸落射光源を用いる場合に比べて、簡易な構成で端面観察を行うことができる。

[0013] (4) 上記(3)の測定方法では、MCFは、ガラスファイバと、ガラスファイバの外周面を被覆する透光性の被覆樹脂と、を有してもよい。この場合、光を側面から確実に入射させることができる。

[0014] (5) 上記(2)の測定方法では、第1端面の端面観察は、第1端面とカメラとの間に配置された端面観察用の第1同軸落射光源から出射された光を第1端面に入射して行われ、第1接続端面の端面観察は、第1接続端面とカメラとの間に配置された端面観察用の第2同軸落射光源から出射された光を第1接続端面に入射して行われてもよい。この場合、光源の配置場所の自由度が高まる。

[0015] (6) 上記(5)の測定方法では、MCFは、ガラスファイバと、ガラスファイバの外周面を被覆する遮光性の被覆樹脂と、を有してもよい。この場合、同軸落射方式が特に有効である。

[0016] (7) 上記(2)から(6)のいずれかの測定方法では、カメラは、MCF及び第1光ファイバの回転角度を計算する画像処理対応カメラであってもよい。この場合、精密調心が不要となる。

[0017] (8) 上記(1)から(6)のいずれかの測定方法では、接続する工程は

、第1端面と第1接続端面とを突き合わせ接続する工程後に、第1回転ファイバホルダまたは第2回転ファイバホルダにより第1端面と第1接続端面との精密調心を行う工程を更に含んでもよい。この場合、接続ロスを低減することができる。

[0018] (9) 上記(1)から(8)のいずれかの測定方法では、突き合わせ接続する工程は、内部が屈折率整合剤で充填されたV溝またはキャピラリを用いて行われてもよい。この場合、接合ロスを低減することができる。

[0019] (10) 上記(1)から(9)のいずれかの測定方法では、接続する工程は、第3回転ファイバホルダを用いて、MCFを保持すると共に、第2端面の回転角度を調心する工程と、第4回転ファイバホルダを用いて、第2光ファイバを保持すると共に、第2接続端面の回転角度を調心する工程と、を更に含み、第2端面と第2接続端面との突き合わせ接続は、第2端面及び第2接続端面をそれぞれ調心済みの状態で、第3回転ファイバホルダと第4回転ファイバホルダとを対向させて行われてもよい。この場合、より短時間、かつ、簡易的にMCFの光学特性を測定することができる。

[0020] (11) 上記(1)から(9)のいずれかの測定方法では、第2光ファイバは、コア径がMCFの複数のコアの外接円の直径以上であるコアを有するシングルコア光ファイバであってもよい。この場合、第2端面及び第2接続端面を回転調心せずに接合することができる。

[0021] (12) 上記(1)から(9)のいずれかの測定方法では、第1光ファイバは、シングルコア光ファイバであり、第1光ファイバの中心軸とコアの中心軸との間の距離は、MCFの中心軸と各コアの中心軸との間の距離と等しくてもよい。この場合、第1端面及び第1接続端面との回転調心により、第1光ファイバのコアとMCFの各コアとを接続することができる。

[0022] (13) 本開示の一態様に係るMCFの光学特性の測定装置は、MCFと同径の第1光ファイバを介してMCFの第1端面に測定光を入射する光源と、MCFの第2端面から出射される光をMCFと同径の第2光ファイバを介して測定する測定器と、MCFを保持すると共に、MCFの第1端面を回転

調心する第1回転ファイバホルダと、第1光ファイバを保持すると共に、第1光ファイバのMCFと接続される第1接続端面を回転調心する第2回転ファイバホルダと、第1回転ファイバホルダにより回転調心された第1端面と、第2回転ファイバホルダにより回転調心された第1接続端面とを突き合わせ接続する第1接続部と、MCFの第2端面と、第2光ファイバとを突き合わせ接続する第2接続部と、を備える。この測定装置では、短時間、かつ、簡易的にMCFの光学特性を測定することができる。

[0023] (14) 本開示の別の態様に係るMCFの光学特性の測定方法は、MCFと同径で、かつ、光源に接続されるシングルコア光ファイバをMCFの第1端面に接続すると共に、MCFと同径で、かつ、測定器に接続される光ファイバをMCFの第2端面に接続する工程と、光源から出射された測定光をシングルコア光ファイバを介して第1端面に照射し、第2端面から出射された光を光ファイバを介して測定器で測定する工程と、を含む。接続する工程では、シングルコア光ファイバは、シングルコア光ファイバのコアが第1端面においてMCFの測定対象のコアの全体を覆うようにMCFに接続される。この測定方法では、短時間、かつ、簡易的にMCFの光学特性を測定することができる。

[0024] [本開示の実施形態の詳細]

本開示のMCFの光学特性の測定方法及び測定装置の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、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同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0025] (第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係るMCFの光学特性の測定装置を示す構成図である。図1に示されるように、第1実施形態に係る測定装置1は、測定対象となるMCF2の光学特性を測定するための装置である。測定装置1は、MCF2の端面2a(第1端面)に測定光を入射する光源10と、MCF2の

端面 2 b（第 2 端面）から出射される光を測定する測定器 2 0 と、備える。

端面 2 a は、M C F 2 の長手方向の一端面である。端面 2 b は、M C F 2 の長手方向の他端面である。

[0026] 図 2 は、M C F の断面図である。図 2 に示されるように、M C F 2 は、ガラスファイバ 2 1 と、ガラスファイバ 2 1 の外周面を被覆する透光性の被覆樹脂 2 2 と、を有する。ガラスファイバ 2 1 は、複数のコア 2 3、クラッド 2 4、及び、マーカ 2 5 を含む。複数のコア 2 3 は、M C F 2 の中心軸に直交する断面において、M C F 2 の中心軸を中心とする同心円上に等間隔で配置されている。クラッド 2 4 は、複数のコア 2 3 及びマーカ 2 5 を取り囲む共通クラッドである。マーカ 2 5 は、クラッド 2 4 と異なる屈折率を有する。マーカ 2 5 は、複数のコア 2 3 の配置の対称性を崩す位置に配置されている。

[0027] M C F 2 は、例えば、正方 4 コア M C F であり、4 つのコア 2 3 を含む。被覆樹脂 2 2 は、例えば、透明樹脂、又は、着色樹脂である。被覆樹脂 2 2 は、ガラスファイバ 2 1 の長手方向の両端部には設けられていない。

[0028] 図 1 に示されるように、測定装置 1 は、F I F O デバイス 1 1、1 2 と、回転ファイバホルダ 1 3、1 4、1 5、1 6 と、接続部 1 7、1 8 と、を備える。F I F O デバイス 1 1 は、M C F 3 と、M C F 3 の各コアに接続された複数の S M F 4 と、を有する。M C F 3（第 1 光ファイバ）は、M C F 2 と同径の光ファイバであり、端面 2 a に接続される接続端面 3 a を有している。M C F 3 は、ダミー M C F である。複数の S M F 4 のうち、測定対象のコア 2 3 に対応する S M F 4 が光源 1 0 に一本ずつ接続される。F I F O デバイス 1 2 は、M C F 5 と、M C F 5 の各コアに接続された複数の S M F 6 と、を有する。M C F 5（第 2 光ファイバ）は、M C F 2 と同径の光ファイバであり、端面 2 b に接続される接続端面 5 a を有している。M C F 5 は、ダミー M C F である。複数の S M F 6 のうち、測定対象のコア 2 3 に対応する S M F 6 が測定器 2 0 に一本ずつ接続される。

[0029] 回転ファイバホルダ 1 3、1 4、1 5、1 6 は、光ファイバを回転可能に

保持し、かつ、任意の回転角度で光ファイバの回転状態を保持する機能を有する。回転ファイバホルダ13, 14は、MCF2を保持する。回転ファイバホルダ13（第1回転ファイバホルダ）は、例えば、MCF2の端面2a寄りの部分を保持し、端面2aを回転調心する。回転ファイバホルダ14は、例えば、MCF2の端面2b寄りの部分を保持し、端面2bを回転調心する。

[0030] 回転ファイバホルダ15（第2回転ファイバホルダ）は、FIFOデバイス11のMCF3を保持する。回転ファイバホルダ15は、例えば、MCF3の接続端面3a寄りの部分を保持し、接続端面3a（第1接続端面）を回転調心する。回転ファイバホルダ16は、FIFOデバイス12のMCF5を保持する。回転ファイバホルダ16は、例えば、MCF5の接続端面5a（第2接続端面）寄りの部分を保持し、接続端面5aを回転調心する。

[0031] 各接続部17, 18は、例えば、内部が屈折率整合剤で充填されたV溝（V溝基板）である。接続部17は、回転ファイバホルダ13により回転調心されたMCF2の端面2aと、回転ファイバホルダ15により回転調心されたMCF3の接続端面3aとを突き合わせ接続する。接続部18は、回転ファイバホルダ14により回転調心されたMCF2の端面2bと、回転ファイバホルダ16により回転調心されたMCF5の接続端面5aとを突き合わせ接続（V接）する。屈折率整合剤は、例えば、マッチングオイルである。屈折率整合剤によれば、接続ロスが低減される。

[0032] 各接続部17, 18は、内部が屈折率整合剤で充填されたキャピラリであってもよい。キャピラリの内径の最大製造誤差は、例えば、裸ファイバ径（すなわち、ガラスファイバ21の直径）+1 μ m以内に設定される。キャピラリの材料として、シリカガラス（SiO₂）や酸化ジルコニウム（ZrO₂）を用いることができる。

[0033] 測定装置1を用いたMCF2の光学特性の測定では、光源10から出射される測定光は、FIFOデバイス11のSMF4及びMCF3を介してMCF2の端面2aに入射される。MCF2を通過し、MCF2の端面2bから

出射される光は、F I F Oデバイス12のM C F 5及びS M F 6を介して測定器20に入射され、測定器20により測定される。

[0034] 測定装置1では、測定対象のM C F 2を交換する際、例えば、回転ファイバホルダ13, 14ごとM C F 2が取り外される。取り外されたM C F 2は、回転ファイバホルダ13, 14ごと他の測定装置1に移され、他の光学特性が測定されてもよい。測定装置1に新たに取り付けられるM C F 2は、回転ファイバホルダ13, 14ごと測定装置1に移され、光学特性が測定されてもよい。F I F Oデバイス11, 12を移動させないので、2回目以降は接続端面3 a, 5 aの調心を行わなくてもよい。

[0035] 図3は、第1実施形態に係るM C Fの光学特性の測定方法を示すフローチャートである。図3に示されるように、第1実施形態に係る測定方法は、接続工程S10及び測定工程S20を含む。接続工程S10は、M C F 2の端面2 aにF I F Oデバイス11のM C F 3の接続端面3 aを接続すると共に、M C F 2の端面2 bにF I F Oデバイス12のM C F 5の接続端面5 aを接続する工程である。測定工程S20は、光源10からF I F Oデバイス11のS M F 4及びM C F 3を介して、端面2 aに測定光を照射し、端面2 bから出射された光をF I F Oデバイス12のM C F 5及びS M F 6を介して測定器20で測定する工程である。

[0036] 接続工程S10は、第1調心工程S11、第2調心工程S12、第3調心工程S13、第4調心工程S14、第1接続工程S15、第2接続工程S16、第1精密調心工程S17、及び、第2精密調心工程S18を含む。

[0037] 第1調心工程S11は、回転ファイバホルダ13を用いて、M C F 2を保持すると共に、端面2 aの回転角度を調心する工程である。第2調心工程S12は、回転ファイバホルダ15を用いて、M C F 3を保持すると共に、M C F 3の接続端面3 aの回転角度を調心する工程である。第3調心工程S13は、回転ファイバホルダ14を用いて、M C F 2を保持すると共に、端面2 bの回転角度を調心する工程である。第4調心工程S14は、回転ファイバホルダ16を用いて、M C F 5を保持すると共に、M C F 5の接続端面5

aの回転角度を調心する工程である。

[0038] 各調心工程S 1 2, S 1 3, S 1 4では、カメラを用いた端面観察に基づき、端面2 a、接続端面3 a、端面2 b、及び接続端面5 aの回転角度の調心が行われる。各調心工程S 1 2, S 1 3, S 1 4では、例えば、回転角度の粗調心（回転粗調心）を行う工程である。回転粗調心では、MCF 2とMCF 3, 5との回転調心は完全ではないものの、MCF 2の各コア2 3の光学特性測定を行うだけなら十分な調心精度が得られる。回転粗調心の精度が不十分な場合は、後工程で回転ファイバホルダ1 3, 1 4, 1 5, 1 6の回転調整による精密な回転調心を行うことも可能である。

[0039] 図4は、端面観察装置を用いた第1調心工程の説明図である。図4に示される端面観察装置3 0は、各調心工程S 1 1, S 1 2, S 1 3, S 1 4において、端面2 a、端面2 b、及び、接続端面3 a, 5 aの各端面を観察するために用いられる。図4では、一例として第1調心工程S 1 1に用いられる場合が示される。端面観察装置3 0は、光源3 1及びカメラ3 2を備える。以下、各調心工程S 1 1, S 1 2, S 1 3, S 1 4について説明する。なお、1つの端面観察装置3 0を用いて、各調心工程S 1 1, S 1 2, S 1 3, S 1 4を行ってもよいし、異なる端面観察装置3 0を用いて、各調心工程S 1 1, S 1 2, S 1 3, S 1 4を行ってもよい。

[0040] 第1調心工程S 1 1の場合、端面観察装置3 0は、回転ファイバホルダ1 3を更に備える。回転ファイバホルダ1 3上にMCF 2が設置される。光源3 1（端面観察用の第1光源）は、MCF 2の側方に設置され、MCF 2の側面に光を照射する。光源3 1は、光をMCF 2の被覆樹脂2 2越しに側方入射させる。カメラ3 2は、端面2 aと対向する位置に設置される。カメラ3 2は、MCF 2を通過し、端面2 aから出射される光を受光する。すなわち、端面2 aの端面観察は、端面観察用の光源3 1を用い、MCF 2の側面から光を入射して行われる。更に換言すると、端面2 aの端面観察は、端面観察用の光源3 1から出射された光をMCF 2の側面に入射して行われる。

[0041] 第2調心工程S 1 2の場合、端面観察装置3 0は、回転ファイバホルダ1

5を更に備える。回転ファイバホルダ15上にMCF3が設置される。光源31（端面観察用の第2光源）は、MCF3の側方に設置され、MCF3の側面に光を照射する。光源31は、光をMCF3の被覆樹脂越しに側方入射させる。カメラ32は、接続端面3aと対向する位置に設置される。カメラ32は、MCF3を通過し、接続端面3aから出射される光を受光する。すなわち、接続端面3aの端面観察は、端面観察用の光源31を用い、MCF3の側面から光を入射して行われる。更に換言すると、接続端面3aの端面観察は、端面観察用の光源31から出射された光をMCF3の側面に入射して行われる。

[0042] 第3調心工程S13の場合、端面観察装置30は、回転ファイバホルダ14を更に備える。回転ファイバホルダ14上にMCF2が設置される。光源31は、MCF2の側方に設置され、MCF2の側面に光を照射する。光源31は、光をMCF2の被覆樹脂22越しに側方入射させる。カメラ32は、端面2bと対向する位置に設置される。カメラ32は、MCF2を通過し、端面2bから出射される光を受光する。すなわち、端面2bの端面観察は、端面観察用の光源31を用い、MCF2の側面から光を入射して行われる。更に換言すると、端面2bの端面観察は、端面観察用の光源31から出射された光をMCF2の側面に入射して行われる。

[0043] 第4調心工程S14の場合、端面観察装置30は、回転ファイバホルダ16を更に備える。回転ファイバホルダ16上にMCF5が設置される。光源31は、MCF5の側方に設置され、MCF5の側面に光を照射する。光源31は、光をMCF5の被覆樹脂越しに側方入射させる。カメラ32は、接続端面5aと対向する位置に設置される。カメラ32は、MCF5を通過し、接続端面5aから出射される光を受光する。すなわち、接続端面5aの端面観察は、端面観察用の光源31を用い、MCF5の側面から光を入射して行われる。

[0044] カメラ32は、例えば、端面2a、端面2b、接続端面3a、及び接続端面5aの回転角度を計算する画像処理対応カメラであってもよい。この場合

、後工程において精密な回転調心が不要となるため、更に測定時間を短縮することができる。端面観察装置 30 は、カメラ 32 での観察時に観察端面を固定するために、バキューム吸着が可能な吸着ステージや V 溝を更に備えてもよい。

[0045] 図 5 は、変形例に係る端面観察装置を用いた第 1 調心工程の説明図である。図 5 に示される変形例に係る端面観察装置 30 A は、ビームスプリッタまたはハーフミラーからなる光学部品 33 を更に備える。光学部品 33 は、観察端面（すなわち、端面 2 a、端面 2 b、及び、接続端面 3 a、5 a の各端面）の中心とカメラ 32 の中心とを結ぶカメラ観察軸上に配置される。光源 31 は、観察端面とカメラ 32 との間に配置され、カメラ観察軸に対して垂直な方向から光学部品 33 に光を照射する。光学部品 33 は、光源 31 から照射された光を反射し、カメラ観察軸と平行に観察端面に光を入射させる。カメラ 32 は、観察端面により反射され、光学部品 33 を透過した光を受光する。

[0046] すなわち、各調心工程 S 11、S 12、S 13、S 14 において、端面 2 a、端面 2 b、及び、接続端面 3 a、5 a の端面観察は、観察端面とカメラ 32 との間に配置された端面観察用の同軸落射光源である光源 31（第 1 同軸落射光源及び第 2 同軸落射光源）を用い、同軸落射方式で各観察端面に光を入射して行われる。更に換言すると、端面 2 a、端面 2 b、及び、接続端面 3 a、5 a の端面観察は、端面観察用の同軸落射光源である光源 31 から出射された光を各観察端面に入射して行われる。同軸落射方式では、観察端面から光を入射するので、MCF 2 の被覆樹脂 22 は遮光性であってもよい。同様に、MCF 3、5 の被覆樹脂は遮光性であってもよい。

[0047] このように各調心工程 S 11、S 12、S 13、S 14 を実施した後、回転ファイバホルダ 13、14、15、16 の回転状態を固定し、回転ファイバホルダ 13、14、15、16 により各 MCF 2、3、5 を保持したまま、回転ファイバホルダ 13、14、15、16 ごと各 MCF 2、3、5 を各接続工程 S 15、S 16 が行われる場所に移す。

- [0048] 図6は、接続部を用いた第1接続工程の説明図である。図6に示されるように、第1接続工程S15は、接続部17を用い、回転ファイバホルダ13と回転ファイバホルダ15とを対向させ、それぞれ調心済みの端面2aと接続端面3aとを突き合わせ接続する工程を含む。このとき、接続部17及び回転ファイバホルダ13、15は、ファイバ突き当て装置を構成する。第1接続工程S15は、FIFOデバイス11の複数のSMF4のうち、測定対象のコア23に対応するSMF4を光源10に接続する工程を更に含む。
- [0049] 図示を省略するが、第2接続工程S16は、接続部18を用い、端面2bと接続端面5aとを突き合わせ接続する工程を含む。本実施形態では、端面2bと接続端面5aとの突き合わせ接続は、それぞれ調心済みの状態で、回転ファイバホルダ14と回転ファイバホルダ16とを対向させて行われる。すなわち、第2接続工程S16は、回転ファイバホルダ14と回転ファイバホルダ16とを対向させ、それぞれ調心済みの端面2bと接続端面5aとを突き合わせ接続する工程である。このとき、接続部18及び回転ファイバホルダ14、16は、ファイバ突き当て装置を構成する。第2接続工程S16は、FIFOデバイス12の複数のSMF6のうち、測定対象のコア23に対応するSMF6を測定器20に接続する工程を更に含む。
- [0050] 第1精密調心工程S17は、第1接続工程S15後に、回転ファイバホルダ13または回転ファイバホルダ15の回転微調整により、端面2aと接続端面3aとの精密調心を行う工程である。第1精密調心工程S17は、端面2aと接続端面3aとの回転粗調心精度が低く、光の結合が不十分な場合に行われる。光の結合の状態は、光源10から測定光を照射し、測定器20で光を測定することにより確認できる。
- [0051] 第2精密調心工程S18は、第2接続工程S16後に、回転ファイバホルダ14または回転ファイバホルダ16の回転微調整により、端面2bと接続端面5aとの精密調心を行う工程である。第2精密調心工程S18は、端面2bと接続端面5aとの回転粗調心精度が低く、光の結合が不十分な場合に行われる。光の結合の状態は、光源10から測定光を照射し、測定器20で

光を測定することにより確認できる。

[0052] 各調心工程 S 1 1, S 1 2, S 1 3, S 1 4 で既に大まかな回転調心（回転粗調心）がされているので、実質的に各精密調心工程 S 1 7, S 1 8 は不要であるか、非常に簡易、かつ、短時間で済む。これにより、M C F 2 と M C F 3, 5 との接続が簡便に行える。よって、F I F O デバイス 1 1, 1 2 を使用した M C F 2 の各コア 2 3 の光学特性の測定が容易に行える。

[0053] 第 1 実施形態に係る測定方法では、F I F O デバイス 1 1, 1 2 により、測定対象のコア 2 3 を容易に変更しながら、全コア 2 3 の光学特性を測定することができる。具体的には、光源 1 0 に接続された S M F 4、及び、測定器 2 0 に接続された S M F 6 を、次の測定対象のコア 2 3 に対応する S M F 4, 6 に繋ぎ替えるだけでコア 2 3 の変更が可能である。

[0054] （第 2 実施形態）

図 7 は、第 2 実施形態に係る M C F の光学特性の測定装置を示す構成図である。図 7 に示される第 2 実施形態に係る測定装置 1 A について、測定装置 1 との相違点を中心に説明する。測定装置 1 A は、F I F O デバイス 1 2 の代わりに、測定器 2 0 に接続されるマルチモードファイバ（MMF）7 を備える。測定装置 1 A は、F I F O デバイス 1 2、及び、回転ファイバホルダ 1 4, 1 6 を備えていない。MMF 7（第 2 光ファイバ）は、M C F 2 と同径の光ファイバであり、M C F 2 の端面 2 b に接続される接続端面 7 a（第 2 接続端面）を有している。MMF 7 は、ダミーファイバである。接続部 1 8 は、M C F 2 の端面 2 b と MMF 7 の接続端面 7 a とを突き合わせ接続する。

[0055] 図 8 は、M C F の端面及び MMF の接続端面を示す平面図である。図 8 では、M C F 2 の端面 2 b において、最も外側に配置された複数のコア 2 3 の外接円 2 6 が仮想的に示されている。MMF 7 は、シングルコア光ファイバであり、M C F 2 の全てのコア 2 3 からの受光が可能な大径のコア 7 c を有している。コア 7 c は、外接円 2 6 の直径以上のコア径を有する。つまり、コア 7 c の直径（コア径）は、外接円 2 6 の直径以上である。よって、端面

2 b と接続端面 7 a とは、回転調心なしで接続可能である。

[0056] 第 2 実施形態に係る測定方法は、第 3 調心工程 S 1 3、第 4 調心工程 S 1 4、及び、第 2 精密調心工程 S 1 8 を含まない点で、第 1 実施形態に係る測定方法と相違している。また、第 2 接続工程 S 1 6 では、それぞれ調心されていない端面 2 b と接続端面 7 a とを突き合わせ接続し、MMF 7 の接続端面 7 a と反対側の端面を測定器 2 0 に接続する。

[0057] 第 2 実施形態に係る測定方法は、例えば、カットバック法のように受け側（測定器 2 0 側）の光ファイバをマルチモードとすることができる測定に使用可能である。カットバック法では、MCF 2 を切断後に切断端面をダミーファイバの接続端面に再接続する必要がある。第 1 実施形態に係る測定方法により再接続することも可能であるが、第 3 調心工程 S 1 3 がもう一回必要となるため、その分、測定時間が増大してしまう。第 2 実施形態に係る測定方法では、切断端面である端面 2 b を再接続する際に、端面 2 b の回転調心が不要となり、突き当て操作のみで測定が可能となるため、測定時間が短縮化される。

[0058] 第 2 実施形態に係る測定方法では、測定対象のコア 2 3 を変更する際、光源 1 0 に接続された SMF 4 を次の測定対象のコア 2 3 に対応する SMF 4 に繋ぎ替えるだけでよい。

[0059] （第 3 実施形態）

図 9 は、第 3 実施形態に係る MCF の光学特性の測定装置を示す構成図である。図 9 に示される第 3 実施形態に係る測定装置 1 B について、測定装置 1 との相違点を中心に説明する。測定装置 1 B は、FIFO デバイス 1 1 の代わりに光源 1 0 に接続される偏心 MMF 8 と、FIFO デバイス 1 2 の代わりに測定器 2 0 に接続される偏心 MMF 9 と、を備える。偏心 MMF 8 （第 1 光ファイバ）は、MCF 2 と同径の光ファイバであり、MCF 2 の端面 2 a に接続される接続端面 8 a （第 1 接続端面）を有している。偏心 MMF 8 は、ダミーファイバである。偏心 MMF 9 （第 2 光ファイバ）は、MCF 2 と同径の光ファイバであり、MCF 2 の端面 2 b に接続される接続端面 9

a（第2接続端面）を有している。偏心MMF 9は、ダミーファイバである。

[0060] 図10は、MCFの端面及び偏心MMFの接続端面を示す平面図である。図10に示されるように、偏心MMF 8は、シングルコア光ファイバであり、偏心MMF 8の中心軸から偏心した位置に設けられたコア8cを有している。偏心MMF 8の中心軸とコア8cの中心軸との間の距離は、MCF 2の中心軸と各コア23の中心軸との間の距離と等しい。コア8cでは、MCF 2の各コア23からの受光が可能である。MCF 2が正方4コアMCFである場合のコアピッチを Λ 、偏心MMF 8の中心軸とコア8cの中心軸との間の距離を d_1 、MCF 2の中心軸と各コア23の中心軸との間の距離を d_2 とすると、 $d_1 = d_2 = \Lambda / \sqrt{2}$ が成り立つ。すなわち、偏心MMF 8では、コア中心がファイバ中心から $\Lambda / \sqrt{2}$ だけ偏心している。図示を省略するが、偏心MMF 9は、偏心MMF 8と同じ構成を有している。

[0061] 第3実施形態に係る測定方法は、例えば、カットオフ波長測定に用いられる。通常のSMFのカットオフ波長測定では、被測定ファイバの両端に接続されるダミーファイバは、マルチモード励振するためにMMFである。MCFの場合、ダミーファイバとしてマルチモード導波可能なMM-MCFを用意すれば、各コア独立でカットオフ波長を測定できる。一方、MM-MCFは、その構造上、コア径の拡大によりコア間クロストークが増大し、測定結果に悪影響を与えるため、カットオフ波長の測定にFIFOデバイスの使用が適さない場合がある。

[0062] 第3実施形態に係る測定方法は、FIFOデバイスを使用しないので、コア間クロストークが抑制される。第3実施形態に係る測定方法では、測定対象のコア23を変更する際、偏心MMF 8, 9を回転調心し、端面2a, 2bと再接続する必要がある。すなわち、接続工程S10及び測定工程S20の全工程をMCF 2のコア23の数と同じ回数だけ行うことで、MCF 2の各コア23の光学特性を測定することができる。

[0063] （第4実施形態）

図 1 1 は、第 4 実施形態に係る MCF の光学特性の測定装置を示す構成図である。図 1 1 に示される第 4 実施形態に係る測定装置 1 C について、測定装置 1 B との相違点を中心に説明する。測定装置 1 C は、偏心 MMF 9 の代わりに、第 2 実施形態に係る測定方法でも使用されてる MMF 7（第 2 光ファイバ）を備える。測定装置 1 C は、回転ファイバホルダ 1 4、1 6 を備えていない。第 2 実施形態に係る測定方法と同様に、受け側（測定器 2 0 側）のダミーファイバとして、全コア 2 3 の受光が可能な MMF 7 を使用しているので、受け側では回転調心が不要となり、突き当て操作のみで測定が可能となるため、測定時間が短縮化される。

[0064]（第 5 実施形態）

図 1 2 は、第 5 実施形態に係る MCF の光学特性の測定装置を示す構成図である。図 1 2 に示される第 5 実施形態に係る測定装置 1 D について、測定装置 1 との相違点を中心に説明する。測定装置 1 D は、FIFO デバイス 1 1、1 2 の代わり用いられる FIFO デバイス 4 1 と、FIFO デバイス 1 2 の代わりに用いられる FIFO デバイス 4 2 と、を備える。FIFO デバイス 4 1 は、端面 2 a に接続される接続端面 4 3 a（第 1 接続端面）を含む MM-MCF 4 3（第 1 光ファイバ）と、光源 1 0 に接続される複数の MMF 4 4 と、を有する。FIFO デバイス 4 2 は、端面 2 b に接続される接続端面 4 5 a（第 2 接続端面）を含む MM-MCF 4 5（第 2 光ファイバ）と、測定器 2 0 に接続される複数の MMF 4 6 と、を有する。測定装置 1 D は、例えば、カットオフ波長測定に用いられる。

[0065] 以上、実施形態について説明してきたが、本開示は必ずしも上述した実施形態及び変形例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。上記実施形態及び変形例は、適宜組み合わせられてもよい。

[0066] 上記の第 3 実施形態について、シングルコア光ファイバである偏心 MMF 8 の中心軸とコア 8 c の中心軸との距離は、MCF 2 の中心軸と各コア 2 3 の中心軸との距離と等しい例により説明したが、これに限定されない。第 1

接続工程 S 1 5 では、偏心 M M F 8 は、コア 8 c の中心軸が測定対象のコア 2 3 の中心軸と一致するように M C F 2 に接続されてもよいが、偏心 M M F 8 は、コア 8 c の中心軸が測定対象のコア 2 3 の中心軸と一致するように接続されなくてもよい。偏心 M M F 8 は、コア 8 c に測定対象のコア 2 3 が含まれるように M C F 2 に接続されていれば、光学特性の測定は可能である。すなわち、第 1 接続工程 S 1 5 では、偏心 M M F 8 は、コア 8 c が端面 2 a において測定対象のコア 2 3 の全体を覆うように M C F 2 に接続されればよい。このとき、測定器 2 0 には、第 1 実施形態のように F I F O デバイス 1 2 が接続されてもよいし、第 2 実施形態のように M M F 7 が接続されてもよい。どの組合せの測定方法であっても、短時間、かつ、簡易的に M C F の光学特性を測定することができる。

符号の説明

[0067] 1, 1 A, 1 B, 1 C, 1 D…測定装置

2…M C F

2 a…端面（第 1 端面）

2 b…端面（第 2 端面）

3…M C F（第 1 光ファイバ）

3 a…接続端面（第 1 接続端面）

4…S M F

5…M C F

5 a…接続端面（第 2 接続端面）

6…S M F

7…M M F（第 2 光ファイバ）

7 a…接続端面（第 2 接続端面）

7 c…コア

8…偏心 M M F（第 1 光ファイバ）

8 a…接続端面（第 1 接続端面）

8 c…コア

- 9…偏心MMF（第2光ファイバ）
- 9 a…接続端面（第2接続端面）
- 10…光源
- 11, 12…FIFOデバイス
- 13…回転ファイバホルダ（第1回転ファイバホルダ）
- 14…回転ファイバホルダ（第3回転ファイバホルダ）
- 15…回転ファイバホルダ（第2回転ファイバホルダ）
- 16…回転ファイバホルダ（第4回転ファイバホルダ）
- 17, 18…接続部
- 20…測定器
- 21…ガラスファイバ
- 22…被覆樹脂
- 23…コア
- 24…クラッド
- 25…マーカ
- 26…外接円
- 30, 30A…端面観察装置
- 31…光源（端面観察用の第1光源、端面観察用の第2光源、第1同軸落射光源、及び、第2同軸落射光源）
- 32…カメラ
- 33…光学部品
- 41, 42…FIFOデバイス
- 43…MM-MCF
- 43 a…接続端面
- 44…MMF
- 45…MM-MCF
- 45 a…接続端面
- 46…MMF

請求の範囲

[請求項1]

マルチコア光ファイバの光学特性の測定方法であって、

前記マルチコア光ファイバと同径で、かつ、光源に接続される第1光ファイバを前記マルチコア光ファイバの第1端面に接続すると共に、前記マルチコア光ファイバと同径で、かつ、測定器に接続される第2光ファイバを前記マルチコア光ファイバの第2端面に接続する工程と、

前記光源から出射された測定光を前記第1光ファイバを介して前記第1端面に照射し、前記第2端面から出射された光を前記第2光ファイバを介して前記測定器で測定する工程と、を含み、

前記接続する工程は、

第1回転ファイバホルダを用いて、前記マルチコア光ファイバを保持すると共に、前記第1端面の回転角度を調心する工程と、

第2回転ファイバホルダを用いて、前記第1光ファイバを保持すると共に、前記第1光ファイバの前記第1端面と接続される第1接続端面の回転角度を調心する工程と、

前記第1回転ファイバホルダと前記第2回転ファイバホルダとを対向させ、それぞれ調心済みの前記第1端面と前記第1接続端面とを突き合わせ接続する工程と、

前記第2端面と前記第2光ファイバの前記第2端面と接続される第2接続端面とを突き合わせ接続する工程と、を含む、

マルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項2]

前記第1端面及び前記第1接続端面の回転角度の調心は、それぞれカメラを用いた端面観察に基づき行われる、

請求項1に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項3]

前記第1端面の端面観察は、端面観察用の第1光源から出射された光を前記マルチコア光ファイバの側面に入射して行われ、

前記第1接続端面の端面観察は、端面観察用の第2光源から出射さ

れた光を前記第 1 光ファイバの側面に入射して行われる、

請求項 2 に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項 4] 前記マルチコア光ファイバは、ガラスファイバと、前記ガラスファイバの外周面を被覆する透光性の被覆樹脂と、を有する、

請求項 3 に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項 5] 前記第 1 端面の端面観察は、前記第 1 端面と前記カメラとの間に配置された端面観察用の第 1 同軸落射光源から出射された光を前記第 1 端面に入射して行われ、

前記第 1 接続端面の端面観察は、前記第 1 接続端面と前記カメラとの間に配置された端面観察用の第 2 同軸落射光源から出射された光を前記第 1 接続端面に入射して行われる、

請求項 2 に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項 6] 前記マルチコア光ファイバは、ガラスファイバと、前記ガラスファイバの外周面を被覆する遮光性の被覆樹脂と、を有する、

請求項 5 に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項 7] 前記カメラは、前記マルチコア光ファイバ及び前記第 1 光ファイバの回転角度を計算する画像処理対応カメラである、

請求項 2 から請求項 6 のいずれか一項に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項 8] 前記接続する工程は、前記第 1 端面と前記第 1 接続端面とを突き合わせ接続する工程後に、前記第 1 回転ファイバホルダまたは前記第 2 回転ファイバホルダにより前記第 1 端面と前記第 1 接続端面との精密調心を行う工程を更に含む、

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項 9] 前記突き合わせ接続する工程は、内部が屈折率整合剤で充填された V 溝またはキャピラリを用いて行われる、

請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載のマルチコア光ファイ

バの光学特性の測定方法。

[請求項10]

前記接続する工程は、

第3回転ファイバホルダを用いて、前記マルチコア光ファイバを保持すると共に、前記第2端面の回転角度を調心する工程と、

第4回転ファイバホルダを用いて、前記第2光ファイバを保持すると共に、前記第2接続端面の回転角度を調心する工程と、を更に含み、

前記第2端面と前記第2接続端面との突き合わせ接続は、前記第2端面及び前記第2接続端面をそれぞれ調心済みの状態で、前記第3回転ファイバホルダと前記第4回転ファイバホルダとを対向させて行われる、

請求項1から請求項9のいずれか一項に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項11]

前記第2光ファイバは、コア径が前記マルチコア光ファイバの複数のコアの外接円の直径以上であるコアを有するシングルコア光ファイバである、

請求項1から請求項9のいずれか一項に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項12]

前記第1光ファイバは、シングルコア光ファイバであり、

前記第1光ファイバの中心軸とコアの中心軸との間の距離は、前記マルチコア光ファイバの中心軸と各コアの中心軸との間の距離と等しい、

請求項1から請求項9のいずれか一項に記載のマルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

[請求項13]

マルチコア光ファイバの光学特性の測定装置であって、

前記マルチコア光ファイバと同径の第1光ファイバを介して前記マルチコア光ファイバの第1端面に測定光を入射する光源と、

前記マルチコア光ファイバの第2端面から出射される光を前記マル

チコア光ファイバと同径の第2光ファイバを介して測定する測定器と、

前記マルチコア光ファイバを保持すると共に、前記マルチコア光ファイバの第1端面を回転調心する第1回転ファイバホルダと、

前記第1光ファイバを保持すると共に、前記第1光ファイバの前記マルチコア光ファイバと接続される第1接続端面を回転調心する第2回転ファイバホルダと、

前記第1回転ファイバホルダにより回転調心された前記第1端面と、前記第2回転ファイバホルダにより回転調心された前記第1接続端面とを突き合わせ接続する第1接続部と、

前記マルチコア光ファイバの第2端面と、前記第2光ファイバとを突き合わせ接続する第2接続部と、を備える、

マルチコア光ファイバの光学特性の測定装置。

[請求項14]

マルチコア光ファイバの光学特性の測定方法であって、

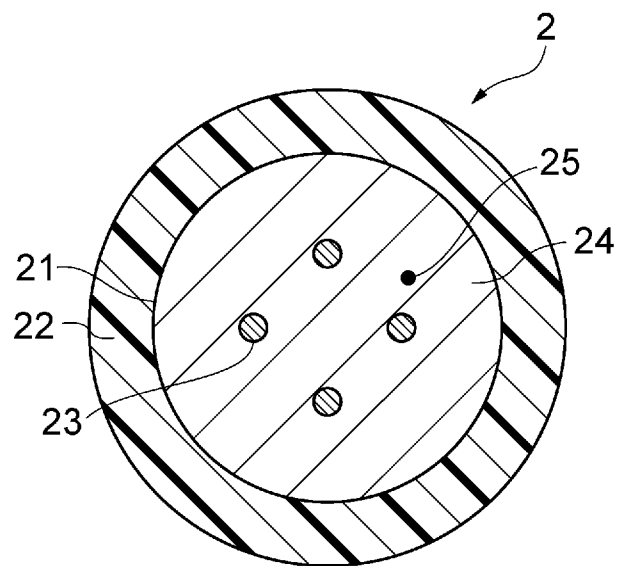
前記マルチコア光ファイバと同径で、かつ、光源に接続されるシングルコア光ファイバを前記マルチコア光ファイバの第1端面に接続すると共に、前記マルチコア光ファイバと同径で、かつ、測定器に接続される光ファイバを前記マルチコア光ファイバの第2端面に接続する工程と、

前記光源から出射された測定光を前記シングルコア光ファイバを介して前記第1端面に照射し、前記第2端面から出射された光を前記光ファイバを介して前記測定器で測定する工程と、を含み、

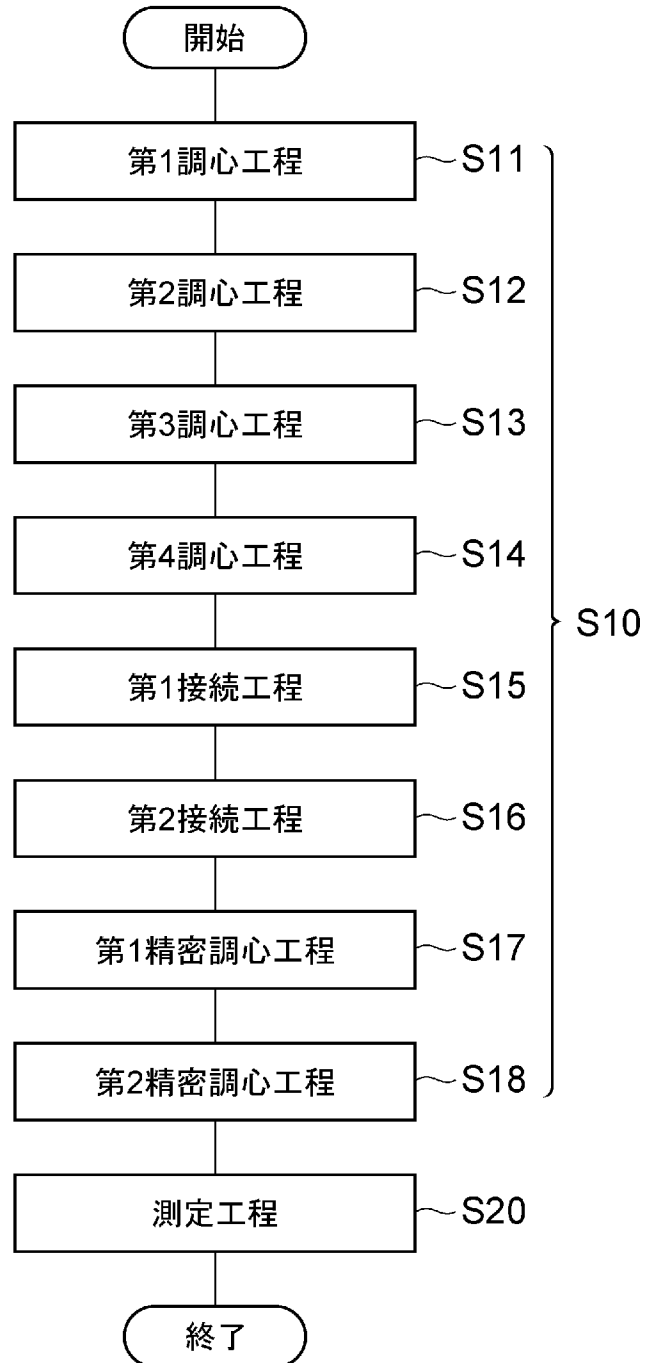
前記接続する工程では、前記シングルコア光ファイバは、前記シングルコア光ファイバのコアが前記第1端面において前記マルチコア光ファイバの測定対象のコアの全体を覆うように前記マルチコア光ファイバに接続される、

マルチコア光ファイバの光学特性の測定方法。

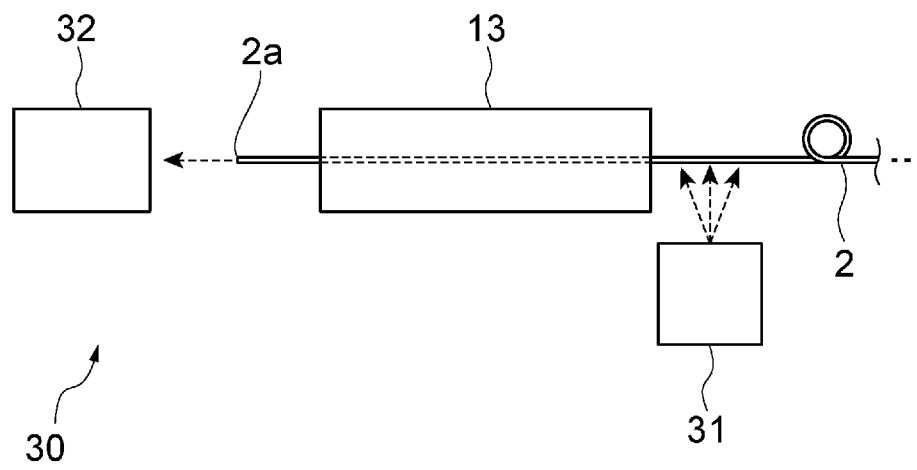
[図2]



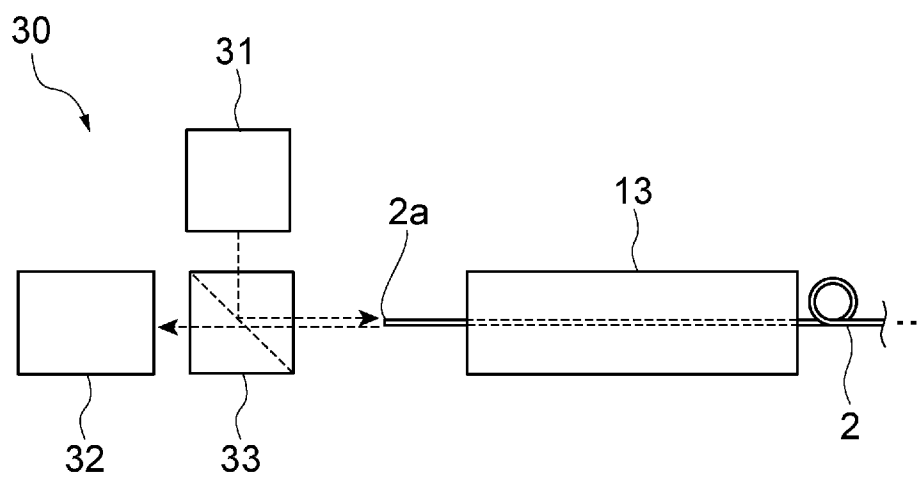
[図3]



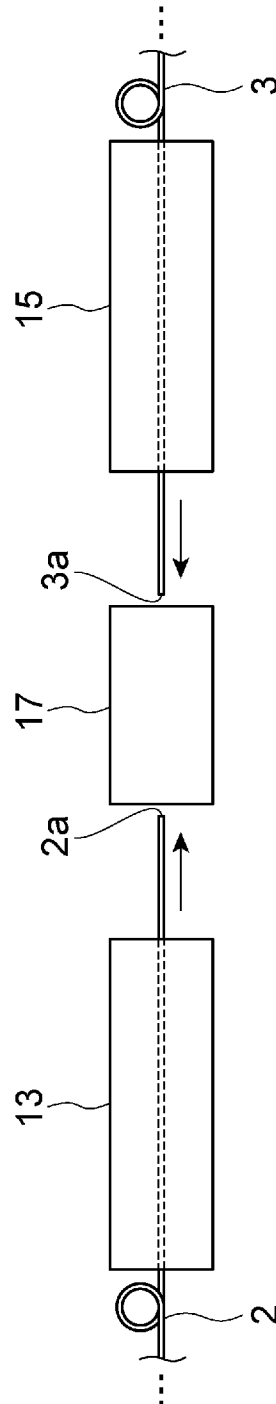
[図4]



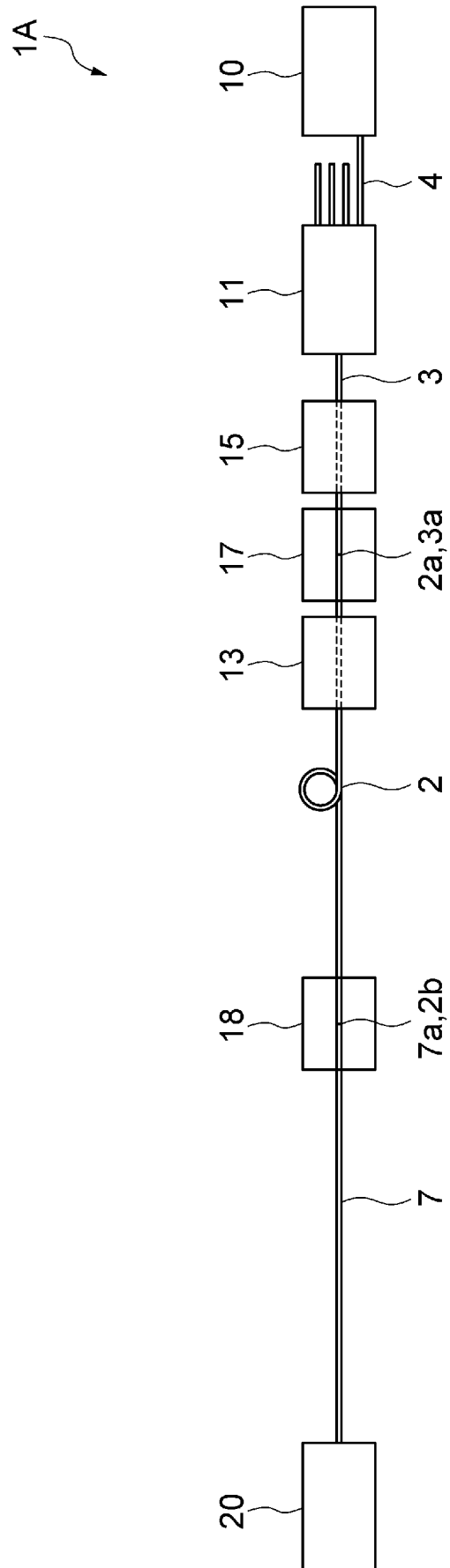
[図5]



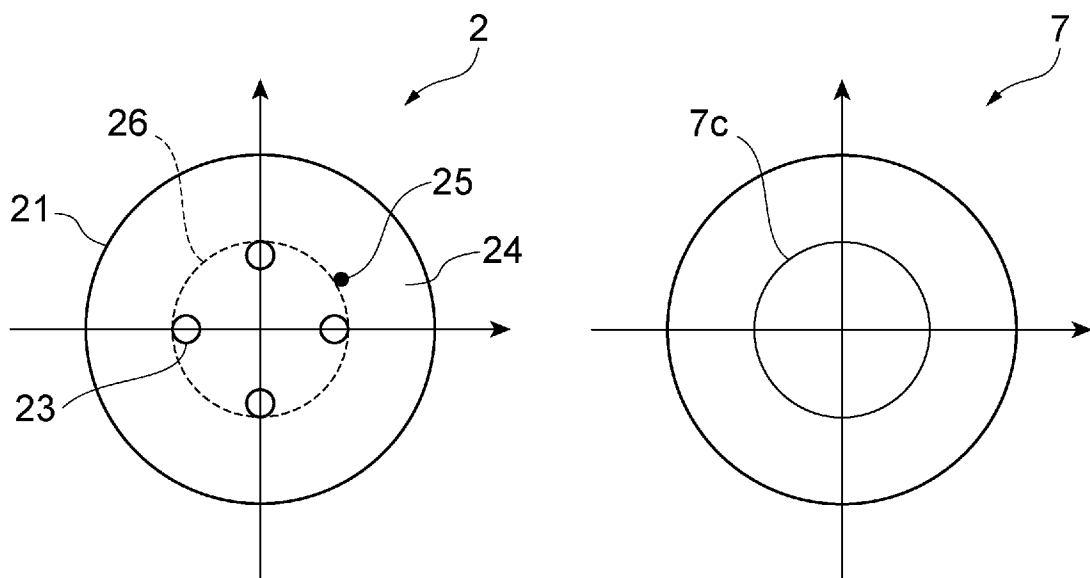
[図6]



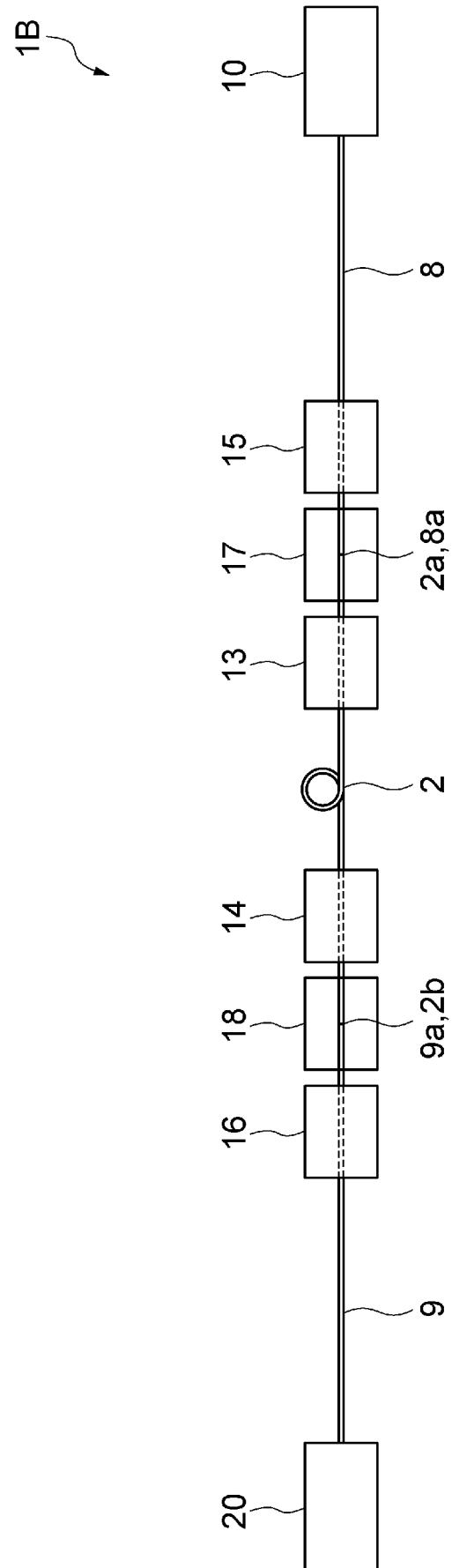
[図7]



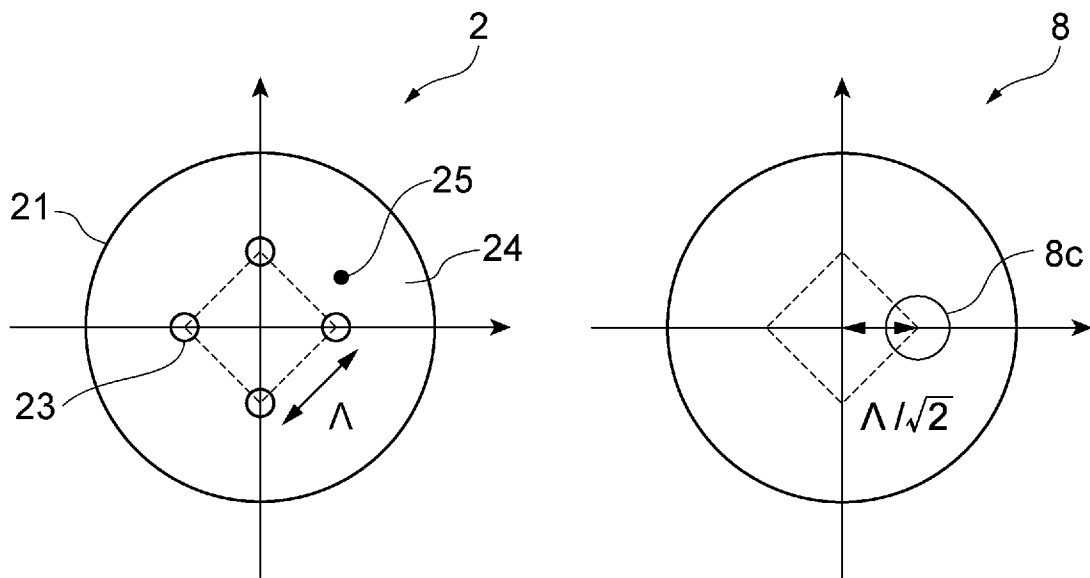
[図8]



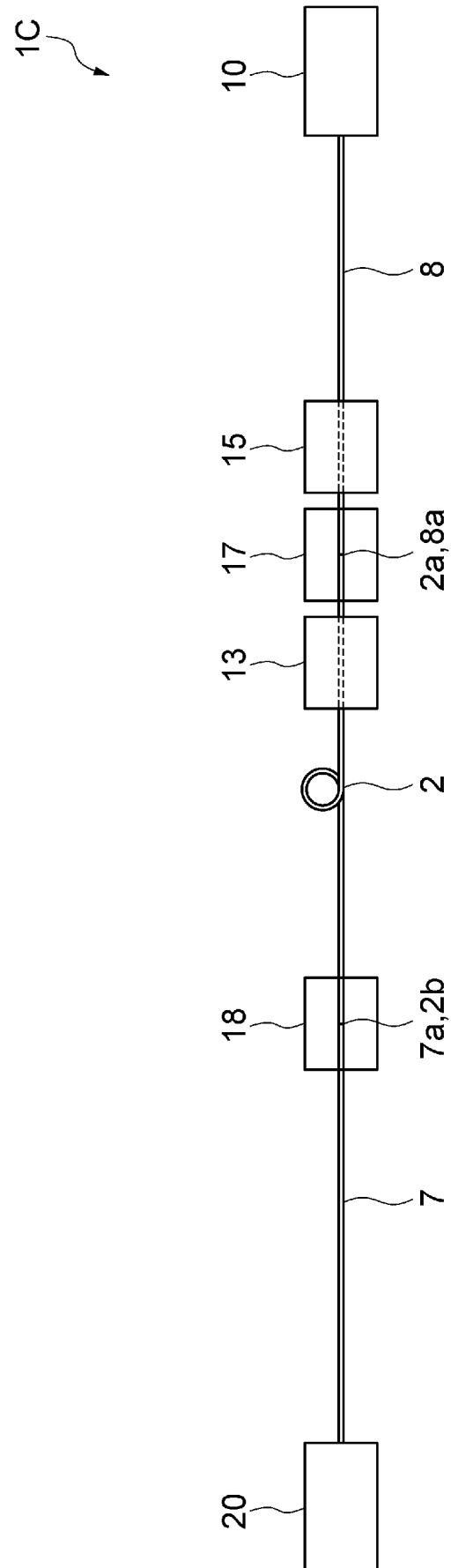
[図9]



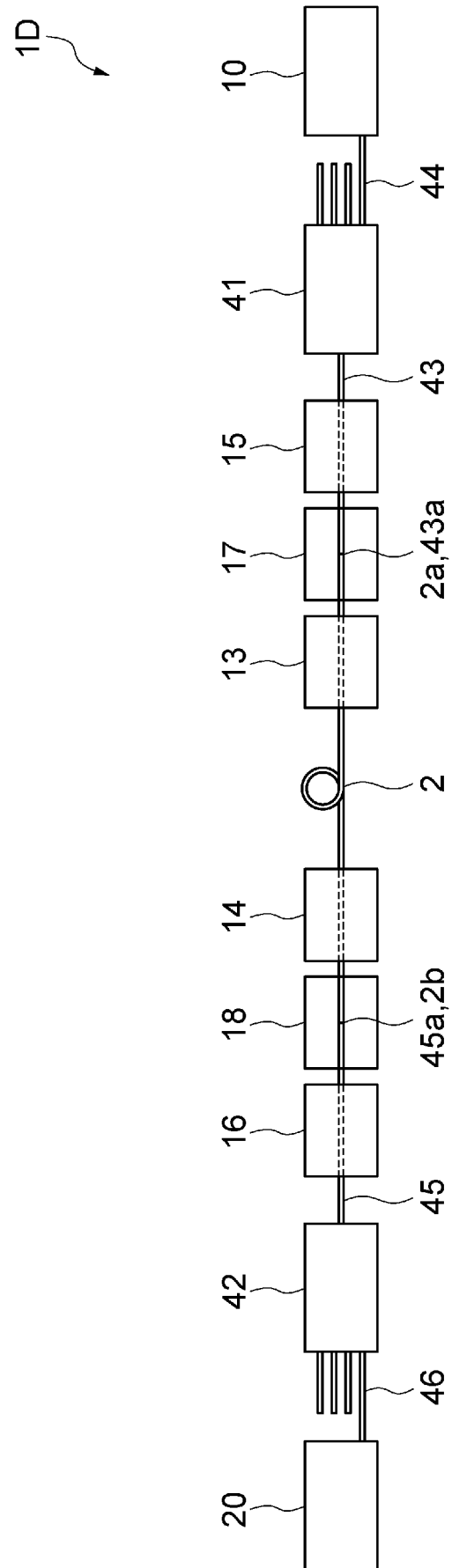
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/017969

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01M 11/00**(2006.01)i

FI: G01M11/00 Q; G01M11/00 G

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)

G01M11/00-11/08; G02B6/00-6/02; G02B6/245-6/25; G02B6/46-6/54

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2018-21869 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 08 February 2018 (2018-02-08) paragraphs [0026]-[0050], fig. 1-5	14
Y	JP 2012-8006 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 12 January 2012 (2012-01-12) paragraphs [0024]-[0056], fig. 1-11	13
A	paragraphs [0024]-[0056], fig. 1-11	1-12
Y	JP 2013-50695 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 14 March 2013 (2013-03-14) paragraph [0067]	13
A	WO 2017/130627 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 03 August 2017 (2017-08-03)	1-13



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

28 June 2023

Date of mailing of the international search report

11 July 2023

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.

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: JP 2018-21869 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 08 February 2018 (2018-02-08) paragraphs [0026]-[0050], fig. 1-5

Document 2: JP 2012-8006 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 12 January 2012 (2012-01-12) paragraphs [0024]-[0056], fig. 1-11

Claims are classified into two inventions below.

(Invention 1) Claims 1-13

Claims 1-13 have the special technical feature of a “step for making the first rotation fiber holder and the second rotation fiber holder opposed to each other and connecting the aligned first end surfaces to the first connection end surfaces in an abutting state,” or the technical feature corresponding to said special technical feature, and are thus classified as invention 1.

(Invention 2) Claim 14

Claim 14 shares, with claim 1 classified as invention 1, the common technical feature of a “measurement method for optical characteristics of a multicore optical fiber, the method comprising: a step for connecting a single-core optical fiber having the same diameter as the multicore optical fiber and connected to a light source to a first end surface of the multicore optical fiber, and connecting an optical fiber having the same diameter as the multicore optical fiber and connected to a measurement device to a second end surface of the multicore optical fiber; and a step for radiating measurement light emitted from the light source to the first end surface through the single-core optical fiber and measuring light emitted from the second end surface with the measurement device through the optical fiber.”

However, said technical feature does not make a contribution over the prior art in light of the disclosure of document 1 (paragraphs [0026]-[0050], fig. 1-5) and document 2 (paragraphs [0024]-[0056], fig. 1-11), and thus cannot be said to be a special technical feature. There are no other same or corresponding special technical features between claim 14 and claim 1.

Therefore, claim 14 is classified as invention 2.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/017969

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2018-21869	A	08 February 2018	US 2018/0038769 A1 paragraphs [0023]-[0046], fig. 1-5 WO 2018/025851 A2 CN 109416438 A	
JP	2012-8006	A	12 January 2012	(Family: none)	
JP	2013-50695	A	14 March 2013	US 2015/0055923 A1 paragraph [0088] WO 2013/128730 A1	
WO	2017/130627	A1	03 August 2017	US 2018/0372954 A1 EP 3379307 A1 CN 108496102 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01M 11/00(2006.01)i FI: G01M11/00 Q; G01M11/00 G										
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）） G01M11/00-11/08; G02B6/00-6/02; G02B6/245-6/25; G02B6/46-6/54 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2023年	日本国実用新案登録公報	1996-2023年	日本国登録実用新案公報	1994-2023年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2023年									
日本国実用新案登録公報	1996-2023年									
日本国登録実用新案公報	1994-2023年									
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 2018-21869 A（住友電気工業株式会社）08.02.2018（2018-02-08） [0026] - [0050]、図1-5	14								
Y	JP 2012-8006 A（住友電気工業株式会社）12.01.2012（2012-01-12） [0024] - [0056]、図1-11	13								
A	[0024] - [0056]、図1-11	1-12								
Y	JP 2013-50695 A（古河電気工業株式会社）14.03.2013（2013-03-14） [0067]	13								
A	WO 2017/130627 A1（日本電信電話株式会社）03.08.2017（2017-08-03）	1-13								
☐ 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 28.06.2023		国際調査報告の発送日 11.07.2023								
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） 小野寺 麻美子 2W 9505 電話番号 03-3581-1101 内線 3258								

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献1：JP 2018-21869 A（住友電気工業株式会社）08.02.2018(2018-02-08)
[0026]－[0050]、図1－5

文献2：JP 2012-8006 A（住友電気工業株式会社）12.01.2012(2012-01-12)
[0024]－[0056]、図1－11

請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

（発明1）請求項1－13

請求項1－13は、「前記第1回転ファイバホルダと前記第2回転ファイバホルダとを対向させ、それぞれ調心済みの前記第1端面と前記第1接続端面とを突き合わせ接続する工程」という特別な技術的特徴又は当該特別な技術的特徴に対応する技術的特徴を有しているので、発明1に区分する。

（発明2）請求項14

請求項14は、発明1に区分された請求項1と、「マルチコア光ファイバの光学特性の測定方法であって、前記マルチコア光ファイバと同径で、かつ、光源に接続されるシングルコア光ファイバを前記マルチコア光ファイバの第1端面に接続すると共に、前記マルチコア光ファイバと同径で、かつ、測定器に接続される光ファイバを前記マルチコア光ファイバの第2端面に接続する工程と、前記光源から出射された測定光を前記シングルコア光ファイバを介して前記第1端面に照射し、前記第2端面から出射された光を前記光ファイバを介して前記測定器で測定する工程」とを含むという共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、当該技術的特徴は、文献1（[0026]－[0050]、図1－5）や文献2（[0024]－[0056]、図1－11）の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項14と請求項1との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

したがって、請求項14は、発明2に区分する。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2023/017969

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-21869	A	08.02.2018	US 2018/0038769 A1 [0023]-[0046], FIGs.1-5 WO 2018/025851 A2 CN 109416438 A	
JP	2012-8006	A	12.01.2012	(ファミリーなし)	
JP	2013-50695	A	14.03.2013	US 2015/0055923 A1 [0088] WO 2013/128730 A1	
WO	2017/130627	A1	03.08.2017	US 2018/0372954 A1 EP 3379307 A1 CN 108496102 A	