

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-106690

(P2024-106690A)

(43)公開日 令和6年8月8日(2024.8.8)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 B 6/04 (2006.01)	G 0 2 B 6/04 D	2 H 0 3 6
G 0 2 B 6/26 (2006.01)	G 0 2 B 6/26	2 H 1 3 7
G 0 2 B 6/38 (2006.01)	G 0 2 B 6/38	2 H 2 5 0
G 0 2 B 6/02 (2006.01)	G 0 2 B 6/02 4 6 1	
G 0 2 B 6/08 (2006.01)	G 0 2 B 6/08	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全28頁)

(21)出願番号 特願2023-11086(P2023-11086)

(22)出願日 令和5年1月27日(2023.1.27)

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹

(74)代理人 100113435

弁理士 黒木 義樹

(74)代理人 100136722

弁理士 高 木 邦夫

(74)代理人 100174399

弁理士 寺澤 正太郎

(72)発明者 菊地 貴広

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

最終頁に続く

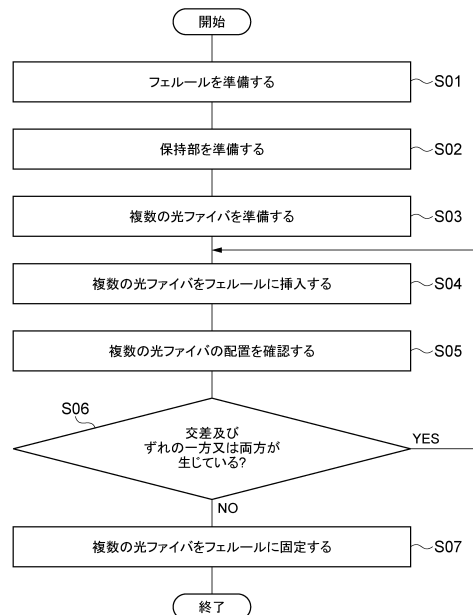
(54)【発明の名称】 光ファイババンドルの製造方法、光ファイババンドル、光接続構造、及び判定方法

(57)【要約】

【課題】複数の光ファイバにおける曲げ損失を低減する。

【解決手段】光ファイババンドルの製造方法は、フェルールを準備する工程と、保持部を準備する工程と、複数の光ファイバを準備する工程と、複数の光ファイバの第1径部を第1ファイバ収納孔の第1部分に挿入する工程と、フェルールの前端における複数の光ファイバの配置を確認する工程と、交差及びずれの一方又は両方が生じているか否かを判定する工程と、接着剤により複数の光ファイバをフェルールに固定する固定する工程を有する。フェルールを準備する工程において、複数の光ファイバのそれぞれの被覆は、光ファイバごとに異なる外観を含む。判定する工程において交差及びずれの一方又は両方が生じている場合、固定する工程の前に、挿入する工程、確認する工程及び判定する工程を再び実行する。

【選択図】図12



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マルチコア光ファイバに複数の光ファイバを光学的に結合するための光ファイババンドルの製造方法であって、

第 1 方向に沿って延在するフェルールであって、前記第 1 方向における前記前端と、前記前記前端と前記第 1 方向において反対側の後端と、前記前記前端に位置する第 1 部分、前記前記後端に位置すると共に前記第 1 部分よりも大きい内径を有する第 2 部分、及び前記第 1 部分と前記第 2 部分とを連結している内径変換部を含む孔である第 1 ファイバ収納孔とを有するフェルルールを準備する工程と、

前記第 1 方向に沿って延在する孔であると共に前記フェルールの前記前記後端において前記第 1 ファイバ収納孔に連通する第 2 ファイバ収納孔を有する保持部を準備する工程と、

第 1 径部、前記第 1 径部の直径より大きい直径を有する第 2 径部、前記第 1 径部と前記第 2 径部とを連結しているテーパ部、前記第 1 径部の先端に位置する先端面、及び前記先端面と反対側の末端面を含むと共に、少なくとも前記第 1 径部、前記テーパ部及び前記第 2 径部が前記第 1 方向に沿って延在しているガラスファイバと、前記第 2 径部に連続した前記ガラスファイバの部分が被覆に覆われてなる被覆部とを有する複数の光ファイバを準備する工程と、

前記複数の光ファイバの前記第 1 径部を前記第 1 ファイバ収納孔の前記第 1 部分に挿入し、前記複数の光ファイバの前記テーパ部を前記第 1 ファイバ収納孔の前記第 2 部分に挿入し、前記複数の光ファイバの前記第 2 径部と前記被覆部との境目を前記第 2 ファイバ収納孔に挿入する工程と、

前記複数の光ファイバのそれぞれの前記末端面から光を導通させ、前記複数の光ファイバのそれぞれの前記先端面を観察することによって、前記フェルールの前記前記前端における前記複数の光ファイバの配置を確認する工程と、

前記フェルールの内部における前記複数の光ファイバのうち 1 つの光ファイバの前記第 1 径部と他の光ファイバの前記第 1 径部との交差、及び、前記フェルールの前記前記前端における前記複数の光ファイバの配置と前記第 2 ファイバ収納孔における前記複数の光ファイバの前記被覆部の配置との間のずれであって、前記第 1 ファイバ収納孔及び前記第 2 ファイバ収納孔の中心軸を中心として周方向に沿った所定角度以上のずれ、の一方又は両方が生じているか否かを判定する工程と、

接着剤により前記複数の光ファイバを前記フェルールに固定する工程と、を有しており、

前記フェルルールを準備する工程において、前記複数の光ファイバのそれぞれの前記被覆は、光ファイバごとに異なる外観を含むと共に、他の前記複数の光ファイバのうち少なくとも 1 つの前記光ファイバの前記被覆に固着されており、

前記判定する工程において前記交差及び前記ずれの一方又は両方が生じている場合、前記固定する工程の前に、前記挿入する工程、前記確認する工程及び前記判定する工程を再び実行する、光ファイババンドルの製造方法。

【請求項 2】

前記複数の光ファイバを準備する工程は、前記被覆の外観を変更する工程を含む、請求項 1 に記載の光ファイババンドルの製造方法。

【請求項 3】

前記変更する工程では、レーザの照射によって前記被覆の外観を変更する、請求項 2 に記載の光ファイババンドルの製造方法。

【請求項 4】

前記変更する工程では、色を着けることによって前記被覆の外観を変更する、請求項 2 に記載の光ファイババンドルの製造方法。

【請求項 5】

前記変更する工程では、テープでラベリングすることによって前記被覆の外観を変更する、請求項 2 に記載の光ファイババンドルの製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 6】

マルチコア光ファイバに複数の光ファイバを光学的に結合するための光ファイババンドルであって、

第 1 方向に沿って延在するフェルールであって、前記第 1 方向における前端と、前記前端と前記第 1 方向において反対側の後端と、前記前端に位置する第 1 部分、前記後端に位置すると共に前記第 1 部分よりも大きい内径を有する第 2 部分、及び前記第 1 部分と前記第 2 部分とを連結している内径変換部を含む孔である第 1 ファイバ収納孔と、を有するフェルールと、

前記第 1 方向に沿って延在する孔であると共に前記フェルールの前記後端において前記第 1 ファイバ収納孔に連通する第 2 ファイバ収納孔を有する保持部と、

第 1 径部、前記第 1 径部の直径より大きい直径を有する第 2 径部、及び、前記第 1 径部と前記第 2 径部とを連結しているテーパ部を含むと共に、少なくとも前記第 1 径部、前記テーパ部及び前記第 2 径部が前記第 1 方向に沿って延在しているガラスファイバと、前記第 2 径部に連続した前記ガラスファイバの部分が被覆に覆われてなる被覆部と、を有する複数の光ファイバと、

を備え、

前記第 1 ファイバ収納孔の前記第 1 部分には、前記複数の光ファイバの前記第 1 径部が挿入されており、

前記第 1 ファイバ収納孔の前記第 2 部分には、前記複数の光ファイバの前記テーパ部が挿入されており、

前記第 2 ファイバ収納孔には、前記複数の光ファイバの前記第 2 径部と前記被覆部との境目が挿入されており、

前記複数の光ファイバは、前記フェルールに接着剤によって固定されており、

前記複数の光ファイバのそれぞれの前記被覆は、光ファイバごとに異なる外観を含むと共に他の前記複数の光ファイバのうち少なくとも 1 つの光ファイバの前記被覆に固着されており、

前記複数の光ファイバのそれぞれの前記被覆は、前記第 2 径部に隣接する先端部と、前記先端と反対側の末端部とを含み、

前記複数の光ファイバのうち 1 つの光ファイバの前記第 1 径部が、前記フェルールの内部において他の光ファイバの前記第 1 径部と交差していない形態、及び、前記フェルールの前記前端における前記複数の光ファイバの配置が、前記第 2 ファイバ収納孔における前記複数の光ファイバの前記被覆部の配置に対して、前記第 1 ファイバ収納孔及び前記第 2 ファイバ収納孔の中心軸を中心として周方向に沿ってずれていないか或いはそのずれが 90 度未満である形態、のうち少なくとも一つの形態を有する光ファイババンドル。

【請求項 7】

前記複数の光ファイバのそれぞれにおいて、前記被覆の前記先端部の外観及び前記被覆の前記末端部の外観は、互いに対応する色又は色彩をそれぞれ含む、請求項 6 に記載の光ファイババンドル。

【請求項 8】

前記複数の光ファイバの前記被覆の外観は、光ファイバごとに異なる色又は色彩をそれぞれ含む、請求項 6 に記載の光ファイババンドル。

【請求項 9】

前記複数の光ファイバの前記被覆の外観は、光ファイバごとに異なるマーキングをそれぞれ含む、請求項 6 に記載の光ファイババンドル。

【請求項 10】

前記複数の光ファイバの前記被覆は、光ファイバごとに異なる外径をそれぞれ有する、請求項 6 に記載の光ファイババンドル。

【請求項 11】

前記複数の光ファイバの前記被覆は、光ファイバごとに異なる材料をそれぞれ含む、請求項 6 に記載の光ファイババンドル。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記複数の光ファイバは、互いに対応する外観を含む第 1 テープ及び第 2 テープを有し

、
前記複数の光ファイバの前記第 1 テープの外観は、互いに異なっており、
前記複数の光ファイバの前記第 2 テープの外観は、互いに異なっており、
前記被覆の前記先端部は、前記第 1 テープによってラベリングされており、
前記被覆の前記末端部は、前記第 2 テープによってラベリングされている、請求項 6 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の光ファイババンドル。

【請求項 1 3】

前記複数の光ファイバの少なくとも一部は、テープ化されている、請求項 6 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の光ファイババンドル。 10

【請求項 1 4】

請求項 6 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の光ファイババンドルを有する光コネクタと、

前記第 1 方向に沿って延在する複数のコアと前記複数のコアを覆うクラッドとを含むマルチコア光ファイバ、及び、前記マルチコア光ファイバの先端を保持する別のフェルールを有する別の光コネクタと、を備え、

前記光コネクタが前記別の光コネクタに接続されたとき、前記複数の光ファイバの各コアが前記マルチコア光ファイバの前記複数のコアにそれぞれ光学的に結合する、光接続構造。 20

【請求項 1 5】

フェルールに設けられた孔に前記フェールの後端から複数の光ファイバが挿入されたときに、前記フェールの内部における前記複数の光ファイバの状態を判定する判定方法であって、

前記複数の光ファイバのそれぞれにおいて末端面から光を導通させ、前記複数の光ファイバのそれぞれの前記末端面と反対側の先端面を観察することによって、前記フェールの前端における前記複数の光ファイバの配置を確認する工程と、

前記フェールの内部における前記複数の光ファイバのうち 1 つの光ファイバと他の光ファイバとの交差、及び、前記フェールの前端における前記複数の光ファイバの配置と前記フェールの後端における前記複数の光ファイバの配置との間のずれであって、前記フェールの前記孔の中心軸を中心とした周方向に沿った所定角度以上のずれの一方又は両方が生じているか否かを判定する工程と、を有する判定方法。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、光ファイババンドルの製造方法、光ファイババンドル、光接続構造、及び判定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 及び特許文献 2 は、複数の光ファイバがフェルールに挿入された光ファイババンドルを開示する。特許文献 1 に記載された光ファイババンドルでは、フェルール（キャピラリ）の内部において、複数の光ファイバがねじられることによって最密構造に整列されている。特許文献 2 に記載された光ファイババンドルでは、エッチングで細径加工した光ファイバがフェルールに収納されている。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2017 - 167299 号公報

【特許文献 2】特開 2013 - 68891 号公報

【発明の概要】 50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1及び特許文献2に記載された光ファイババンドルでは、フェルールの内部において複数の光ファイバにおける曲げ損失が増加するおそれがある。具体的には、光ファイババンドルの製造において、複数の光ファイバがフェールの後端から挿入された場合、複数の光ファイバの交差又はねじれが生じることがある。このとき、フェールの内部において複数の光ファイバの曲げが増加し、複数の光ファイバにおける曲げ損失が増加するおそれがある。

【0005】

そこで、本開示は、複数の光ファイバにおける曲げ損失を低減することができる、光ファイババンドルの製造方法、光ファイババンドル、光接続構造、及び判定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一態様に係る光ファイババンドルの製造方法は、マルチコア光ファイバに複数の光ファイバを光学的に結合するための光ファイババンドルを製造する方法であって、フェールを準備する工程と、保持部を準備する工程と、複数の光ファイバを準備する工程と、挿入する工程と、確認する工程と、判定する工程と、固定する工程と、を有する。フェールを準備する工程においてフェールは、第1方向に沿って延在している。フェールは、第1方向における前端と、前端と第1方向において反対側の後端と、第1ファイバ収納孔とを有する。第1ファイバ収納孔は、前端に位置する第1部分、後端に位置すると共に第1部分よりも大きい内径を有する第2部分、及び第1部分と第2部分とを連結している内径変換部を含む孔である。保持部を準備する工程において、保持部は、第1方向に沿って延在する孔であると共にフェールの後端において第1ファイバ収納孔に連通する第2ファイバ収納孔を有する。複数の光ファイバを準備する工程において、複数の光ファイバは、ガラスファイバと、被覆部とを有する。ガラスファイバは、第1径部、第1径部の直径より大きい直径を有する第2径部、第1径部と第2径部とを連結しているテーパ部、第1径部の先端に位置する先端面、及び先端面と反対側の末端面を含む。少なくとも第1径部、テーパ部及び第2径部は、第1方向に沿って延在している。被覆部は、第2径部に連続したガラスファイバの部分が被覆に覆われてなる。挿入する工程において、複数の光ファイバの第1径部を第1ファイバ収納孔の第1部分に挿入する。複数の光ファイバのテーパ部を第1ファイバ収納孔の第2部分に挿入する。複数の光ファイバの第2径部と被覆部との境目を第2ファイバ収納孔に挿入する。確認する工程において、複数の光ファイバのそれぞれの末端面から光を導通させ、複数の光ファイバのそれぞれの先端面を観察することによって、フェールの前端における複数の光ファイバの配置を確認する。判定する工程において、交差及びずれの一方又は両方が生じているか否かを判定する。交差は、フェールの内部における複数の光ファイバのうち1つの光ファイバの第1径部と他の光ファイバの第1径部との交差である。ずれは、フェールの前端における複数の光ファイバの配置と第2ファイバ収納孔における複数の光ファイバの被覆部の配置との間のずれである。ずれは、第1ファイバ収納孔及び第2ファイバ収納孔の中心軸を中心として周方向に沿った所定角度以上のずれである。固定する工程において、接着剤により複数の光ファイバをフェールに固定する。フェールを準備する工程において、複数の光ファイバのそれぞれの被覆は、光ファイバごとに異なる外観を含むと共に、他の複数の光ファイバのうち少なくとも1つの光ファイバの被覆に固着されている。判定する工程において交差及びずれの一方又は両方が生じている場合、固定する工程の前に、挿入する工程、確認する工程及び判定する工程を再び実行する。

【発明の効果】

【0007】

本開示によれば、複数の光ファイバにおける曲げ損失を低減することができる、光ファイババンドルの製造方法、光ファイババンドル、光接続構造、及び判定方法を提供できる

10

20

30

40

50

。【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、一実施形態に係る光接続構造を示す斜視図である。

【図2】図2は、図1に示す光接続構造を分解した斜視図である。

【図3】図3は、図1に示す光接続構造のIII-III線に沿った断面図である。

【図4】図4は、マルチコアファイバの先端とフェルールの端面とを示す図である。

【図5】図5は、複数の光ファイバの先端とフェルールの端面とを示す図である。

【図6】図6は、光ファイバを示す模式図である。

【図7】図7は、フランジの外部に延在する複数の光ファイバを示す斜視図である。

10

【図8】図8は、複数の光ファイバを示す斜視図である。

【図9】図9は、フェルールの内孔を示す模式的な断面図である。

【図10】図10は、フェルールの内孔及びフランジの内孔に挿入された複数の光ファイバを示す模式的な断面図である。

【図11】図11は、フェルールの内孔及びフランジの内孔における複数の光ファイバの形態を示す斜視図である。

【図12】図12は、光ファイババンドルの製造方法を示すフローチャートである。

【図13】図13は、フェルールの内孔及びフランジの内孔に挿入された複数の光ファイバを示す模式図である。

【図14】図14は、フランジの内孔における複数の光ファイバの配置の一例を示す模式的な斜視図である。

20

【図15】図15は、フェルールの前端における複数の光ファイバの配置の一例を示す模式的な斜視図である。

【図16】図16は、フェルールの前端における複数の光ファイバの配置の一例を示す模式的な斜視図である。

【図17】図17は、フェルールの前端における複数の光ファイバの配置の一例を示す模式的な斜視図である。

【図18】図18は、図1に示す光接続構造を備えるファンイン・ファンアウト・デバイスを示す図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0009】

[本開示の実施形態の説明]

最初に、本開示の実施形態の内容を列記して説明する。

【0010】

[1]本開示の一態様に係る光ファイババンドルの製造方法は、マルチコア光ファイバに複数の光ファイバを光学的に結合するための光ファイババンドルを製造する方法であって、フェルールを準備する工程と、保持部を準備する工程と、複数の光ファイバを準備する工程と、挿入する工程と、確認する工程と、判定する工程と、固定する工程と、を有する。フェルールを準備する工程においてフェルールは、第1方向に沿って延在している。フェルールは、第1方向における前端と、前端と第1方向において反対側の後端と、第1ファイバ収納孔とを有する。第1ファイバ収納孔は、前端に位置する第1部分、後端に位置すると共に第1部分よりも大きい内径を有する第2部分、及び第1部分と第2部分とを連結している内径変換部を含む孔である。保持部を準備する工程において、保持部は、第1方向に沿って延在する孔であると共にフェルールの後端において第1ファイバ収納孔に連通する第2ファイバ収納孔を有する。複数の光ファイバを準備する工程において、複数の光ファイバは、ガラスファイバと、被覆部とを有する。ガラスファイバは、第1径部、第1径部の直径より大きい直径を有する第2径部、第1径部と第2径部とを連結しているテーパ部、第1径部の先端に位置する先端面、及び先端面と反対側の末端面を含む。少なくとも第1径部、テーパ部及び第2径部は、第1方向に沿って延在している。被覆部は、第2径部に連続したガラスファイバの部分が被覆に覆われてなる。挿入する工程において

40

50

、複数の光ファイバの第1径部を第1ファイバ収納孔の第1部分に挿入する。複数の光ファイバのテーパ部を第1ファイバ収納孔の第2部分に挿入する。複数の光ファイバの第2径部と被覆部との境目を第2ファイバ収納孔に挿入する。確認する工程において、複数の光ファイバのそれぞれの末端面から光を導通させ、複数の光ファイバのそれぞれの先端面を観察することによって、フェルールの前端における複数の光ファイバの配置を確認する。判定する工程において、交差及びずれの一方又は両方が生じているか否かを判定する。交差は、フェルールの内部における複数の光ファイバのうち1つの光ファイバの第1径部と他の光ファイバの第1径部との交差である。ずれは、フェルールの前端における複数の光ファイバの配置と第2ファイバ収納孔における複数の光ファイバの被覆部の配置との間のずれである。ずれは、第1ファイバ収納孔及び第2ファイバ収納孔の中心軸を中心として周方向に沿った所定角度以上のずれである。固定する工程において、接着剤により複数の光ファイバをフェルールに固定する。フェルールを準備する工程において、複数の光ファイバのそれぞれの被覆は、光ファイバごとに異なる外観を含むと共に、他の複数の光ファイバのうち少なくとも1つの光ファイバの被覆に固着されている。判定する工程において交差及びずれの一方又は両方が生じている場合、固定する工程の前に、挿入する工程、確認する工程及び判定する工程を再び実行する。

10

【0011】

この光ファイババンドルの製造方法では、判定する工程において交差及びずれの一方又は両方が生じている場合、固定する工程の前に、挿入する工程、確認する工程及び判定する工程を再び実行する。かかる構成によれば、フェルールの内部における複数の光ファイバの交差及びねじれの一方又は両方が抑制された光ファイババンドルを製造することができる。その結果、複数の光ファイバの曲げ損失が低減された光ファイババンドルを製造することができる。また、複数の光ファイバの被覆のそれぞれは、光ファイバごとに異なる外観を含む。かかる構成によれば、被覆の外観に基づいて、複数の光ファイバの被覆部を容易に判別することができる。これにより、フェルールの後端における複数の光ファイバの被覆部と、複数の光ファイバの末端面との対応関係を確認することが可能となる。ここで、複数の光ファイバの末端面から光を導通させて複数の光ファイバの末端面と先端面との対応関係を確認することによって、フェルールの後端における複数の光ファイバの被覆部と、フェルールの前端における複数の光ファイバの先端面との対応関係を確認することが可能となる。よって、フェルールの後端における複数の光ファイバの配置と、フェルールの前端における複数の光ファイバの配置とを比較することが可能となる。その結果、判定する工程において、交差及びずれ一方又は両方が生じているか否かを容易に判定することができる。

20

30

【0012】

[2] 上記[1]の光ファイババンドルの製造方法において、複数の光ファイバを準備する工程は、被覆の外観を変更する工程を含んでもよい。この場合、被覆の外観を容易に区別することができる。

【0013】

[3] 上記[2]の光ファイババンドルの製造方法において、変更する工程では、レーザの照射によって被覆の外観を変更してもよい。この場合、被覆の外観を容易に変更することができる。

40

【0014】

[4] 上記[2]の光ファイババンドルの製造方法において、変更する工程では、色を着けることによって被覆の外観を変更してもよい。この場合、被覆の外観を容易に変更することができる。

【0015】

[5] 上記[2]の光ファイババンドルの製造方法において、変更する工程では、テープでラベリングすることによって被覆の外観を変更してもよい。この場合、被覆の外観を容易に変更することができる。

【0016】

50

[6] 本開示の一態様に係る光ファイババンドルは、マルチコア光ファイバに複数の光ファイバを光学的に結合するための光ファイババンドルである。光ファイババンドルは、フェルールと、保持部と、複数の光ファイバとを備える。フェルールは、第1方向に沿って延在している。フェルールは、前端と、前端と第1方向において反対側の後端と、第1ファイバ収納部とを有する。第1ファイバ収納部は、前端に位置する第1部分、後端に位置すると共に第1部分よりも大きい内径を有する第2部分、及び第1部分と第2部分とを連結している内径変換部を含む孔である。保持部は、第1方向に沿って延在する孔であると共にフェルールの後端において第1ファイバ収納孔に連通する第2ファイバ収納孔を有する。複数の光ファイバは、ガラスファイバと、被覆部とを有する。ガラスファイバは、第1径部、第1径部の直径より大きい直径を有する第2径部、及び、第1径部と第2径部とを連結しているテーパ部を含む。少なくとも第1径部、テーパ部及び第2径部が、第1方向に沿って延在している。被覆部は、第2径部に連続したガラスファイバの部分が被覆に覆われてなる。第1ファイバ収納孔の第1部分には、複数の光ファイバの第1径部が挿入されている。第1ファイバ収納孔の第2部分には、複数の光ファイバのテーパ部が挿入されている。第2ファイバ収納孔には、複数の光ファイバの第2径部と被覆部との境目が挿入されている。複数の光ファイバは、フェルールに接着剤によって固定されている。複数の光ファイバのそれぞれの被覆は、光ファイバごとに異なる外観を含むと共に他の複数の光ファイバのうち少なくとも1つの光ファイバの被覆に固着されている。複数の光ファイバのそれぞれの被覆は、第2径部に隣接する先端部と、先端と反対側の末端部とを含む。複数の光ファイバのうち1つの光ファイバの第1径部が、フェルールの内部において他の光ファイバの第1径部と交差していない形態、及び、フェルールの前端における複数の光ファイバの配置が、第2ファイバ収納孔における複数の光ファイバの配置に対して、第1ファイバ収納孔及び第2ファイバ収納孔の中心軸を中心として周方向に沿ってずれていないか或いはそのずれが90度未満である形態、のうち少なくとも一つの形態を有する。

【 0 0 1 7 】

この光ファイババンドルでは、複数の光ファイバのうち1つの光ファイバの第1径部が、フェルールの内部において他の光ファイバの第1径部と交差していない形態、及び、フェルールの前端における複数の光ファイバの配置が、第2ファイバ収納孔における複数の光ファイバの配置に対して、第1ファイバ収納孔及び第2ファイバ収納孔の中心軸を中心として周方向に沿ってずれていないか或いはそのずれが90度未満である形態、のうち少なくとも一つの形態を有する。かかる構成によれば、フェルールの内部において複数の光ファイバの交差及びねじれ一方又は両方が抑制される。これにより、複数の光ファイバの曲げ損失を低減することができる。また、複数の光ファイバの被覆のそれぞれは、光ファイバごとに異なる外観を含む。かかる構成によれば、複数の光ファイバを容易に判別することができる。

【 0 0 1 8 】

[7] 上記 [6] の光ファイババンドルでは、複数の光ファイバのそれぞれにおいて、被覆の先端部の外観及び被覆の末端部の外観は、互いに対応する色又は色彩をそれぞれ含んでもよい。この場合、被覆の先端部及び末端部において、複数の光ファイバを容易に判別することができる。

【 0 0 1 9 】

[8] 上記 [6] 又は [7] の光ファイババンドルでは、複数の光ファイバの被覆の外観は、光ファイバごとに異なる色又は色彩をそれぞれ含んでもよい。この場合、複数の光ファイバを容易に判別することができる。

【 0 0 2 0 】

[9] 上記 [6] から [8] のいずれか1つの光ファイババンドルでは、複数の光ファイバの被覆の外観は、光ファイバごとに異なるマーキングをそれぞれ含んでもよい。この場合、複数の光ファイバを容易に判別することができる。

【 0 0 2 1 】

[1 0] 上記 [6] から [9] のいずれか1つの光ファイババンドルでは、複数の光フ

ファイバの被覆は、光ファイバごとに異なる外径をそれぞれ有してもよい。この場合、複数の光ファイバを容易に判別することができる。

【0022】

[11] 上記[6]から[10]のいずれか1つの光ファイババンドルでは、複数の光ファイバの被覆は、光ファイバごとに異なる材料をそれぞれ含んでもよい。この場合、複数の光ファイバを容易に判別することができる。

【0023】

[12] 上記[6]から[11]のいずれか1つの光ファイババンドルでは、複数の光ファイバは、互いに対応する外観を含む第1テープ及び第2テープを有してもよい。複数の光ファイバのそれぞれの第1テープの外観は、互いに異なってもよい。複数の光ファイバのそれぞれの第2テープの外観は、互いに異なってもよい。被覆の先端部は、第1テープによってラベリングされてもよい。被覆の末端部は、第2テープによってラベリングされてもよい。この場合、被覆の外観を容易に変更することができる。

10

【0024】

[13] 上記[6]から[12]のいずれか1つの光ファイババンドルでは、複数の光ファイバの少なくとも一部は、テープ化されてもよい。この場合、被覆部同士が第1方向に沿ってずれることを抑制し、第2ファイバ収納孔において複数の光ファイバの曲げの増加を抑制することができる。これにより、複数の光ファイバの曲げ損失を低減することが可能となる。

【0025】

[14] 本開示の一態様に係る光接続構造は、上記[6]から[13]のいずれか1つの光ファイババンドルを有する光コネクタと、第1方向に沿って延在する複数のコアと複数のコアを覆うクラッドとを含むマルチコア光ファイバ、及び、マルチコア光ファイバの先端を保持する別のフェルールを有する別の光コネクタと、を備えてもよい。光コネクタが別の光コネクタに接続されたとき、複数の光ファイバの各コアがマルチコア光ファイバの複数のコアにそれぞれ光学的に結合してもよい。この光接続構造では、複数の光ファイバにおける曲げ損失を低減することが可能となる。

20

【0026】

[15] 本開示の一態様に係る判定方法は、フェルールに設けられた孔にフェールの後端から複数の光ファイバが挿入されたときに、フェールの内部における複数の光ファイバの状態を判定する方法であって、確認する工程と、判定する工程とを有する。確認する工程において、複数の光ファイバのそれぞれにおいて末端面から光を導通させ、複数の光ファイバのそれぞれの末端面と反対側の先端面を観察することによって、フェールの前端における複数の光ファイバの配置を確認する。判定する工程では、交差及びずれの一方又は両方が生じているか否かを判定する。判定する工程では、交差は、フェールの内部における複数の光ファイバのうち1つの光ファイバと他の光ファイバとの交差である。判定する工程では、ずれは、フェールの前端における複数の光ファイバの配置とフェールの後端における複数の光ファイバの配置との間のずれである。判定する工程では、ずれは、フェールの孔の中心軸を中心とした周方向に沿った所定角度以上のずれである。

30

【0027】

この判定方法では、フェールの内部における、複数の光ファイバのうち1つの光ファイバと他の光ファイバとの交差、及び、フェールの前端における複数の光ファイバの配置とフェールの後端における複数の光ファイバの配置との間のずれであって、フェールの孔の中心軸を中心とした周方向に沿った所定角度以上のずれ、一方又は両方が生じているか否かを判定する。かかる構成によれば、フェールの内部において、複数の光ファイバの交差及びねじれ一方又は両方が抑制される。これにより、光ファイババンドルにおいて、複数の光ファイバにおける曲げ損失を低減することが可能となる。

40

【0028】

[本開示の実施形態の詳細]

本実施形態に係る光接続構造、光ファイババンドル、光ファイババンドルの製造方法、

50

及び判定方法の具体例を、必要により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ず、特許請求の範囲によって示され、特許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。以下の説明では、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。

【0029】

図1は、一実施形態に係る光接続構造を示す斜視図である。図2は、図1に示す光接続構造を分解した斜視図である。図3は、図1に示す光接続構造のIII-III線に沿った断面図である。図1から図3に示すように、光接続構造1は、第1光コネクタ10、第2光コネクタ20、及び、割スリーブ30（スリーブ）を備える。

【0030】

第1光コネクタ10は、マルチコアファイバ12（以下「MCF12」とも記す）、フェルール14、及び、フランジ16を有する構造体100を備える。第2光コネクタ20は、複数の光ファイバ40、フェルール50、及び、フランジ60（保持部）を有する光ファイババンドル200を備える。光ファイババンドル200は、複数の光ファイバ40をMCF12に光学的に結合するように構成されている。第1光コネクタ10が第2光コネクタ20に接続されたとき、複数の光ファイバ40の各コアがMCF12の複数のコアにそれぞれ光学的に結合する。割スリーブ30は、第1光コネクタ10のフェルール14の中心軸とフェルール50の中心軸とを一致させるようにフェルール14とフェルール50とを外側から保持して調心する部材である。

【0031】

図4は、MCF12の先端とフェルール14の端面とを模式的に示す図である。MCF12は、図4に示すように、長手方向A（図1から図3を参照）に沿って延在する複数のコア12aと、長手方向Aに沿って延在すると共に複数のコア12aをまとめて覆うクラッド12bと、を有する。また、MCF12は、先端面12cを有する。先端面12cは、複数のコア12aの先端とクラッド12bの先端とから構成される。コア12aは、例えばゲルマニウム等のドーパントが添加されて屈折率が高められたシリカガラスのみからなる。クラッド12bは、例えばフッ素等のドーパントが添加されて屈折率が低くされたシリカガラスのみからなる。コア12a及びクラッド12bの組成及びドーパントの組み合わせは適宜選択されることができる。このようなMCF12は、各コア12aによって光信号をコア12a毎に伝搬することができる。

【0032】

MCF12の中心軸と垂直な断面において、各コア12aは例えば2次元状に配置されている。MCF12は、本実施形態では、4本のコア12aを有している。なお、MCF12は、7本のコア12aを有してもよいし、8本のコア12aを有してもよいし、19本のコア12aを有してもよい。MCF12が有するコア12aの本数はこれらに限られない。図4に示す例では、4本のコア12aが2行2列の正方格子状に配置されている。各コア12aの直径（コア径）は、例えば10 μ m以下であってもよく、5 μ m以下であってもよい。また、各コア12aの直径（コア径）は、1 μ m以上であってもよい。隣り合うコア12a間のコアピッチ（中心間距離）は、例えば10 μ m以上50 μ m以下であってもよい。クラッド12bの直径（クラッド径）は、例えば200 μ m以下であってもよく、125 μ m以下であってもよく、100 μ m以下であってもよく、80 μ m以下であってもよい。また、クラッド12bの直径（クラッド径）は、50 μ m以上であってもよい。

【0033】

フェルール14は、MCF12の先端部分12d（図3を参照）を保持する円筒形状の部材であり、MCF12の先端部分12dを収納する貫通孔である内孔14aと、端面14bと、を有する。フェルール14は、MCF12の先端面12cが端面14bにおいて露出するように、MCF12の先端部分12dを内孔14aに固定する。内孔14aの内径は、MCF12の外径と同一か又はやや大きく、MCF12の先端部分12dは内孔14a内に挿入されることで内孔14aに嵌合される。フェルール14は、例えば、6mm

10

20

30

40

50

以上 8 mm 以下の長さを有し、ジルコニアなどのセラミック材料から構成される。

【0034】

図3に示すように、フランジ16は、フェルール14の後端部分を保持すると共に、MCF12を内部に収納する筒形状の部材である。フランジ16内に収納されるMCF12の部分は、接着剤によってフランジ16内に固定されていてもよい。フランジ16は、例えば金属または樹脂から構成される。

【0035】

複数の光ファイバ40は、MCF12に光結合される光ファイバである。図5は、複数の光ファイバ40の先端とフェルール50の端面とを示す図である。各光ファイバ40は、図5に示すように、長手方向A（図1から図3を参照）に延在するコア40aと、長手方向Aに延在すると共にコア40aを覆うクラッド40bと、を有する。また、各光ファイバ40は、先端面40cを有する。先端面40cは、コア40aの先端とクラッド40bの先端とから構成される。コア40aは、例えばゲルマニウム等のドーパントが添加されて屈折率が高められたシリカガラスを主に含む。クラッド40bは、例えばフッ素等のドーパントが添加されて屈折率が低くされたシリカガラスを主に含む。コア40a及びクラッド40bの組成及びドーパントの組み合わせは適宜選択されることができる。このような光ファイバ40は、各コア40aによって光信号を伝搬する。

【0036】

光ファイバ40は、例えばシングルモードファイバである。その場合、光ファイバ40の径方向における屈折率分布は、トレンチ型である。これにより、屈折率分布が単峰型である場合と比較して、光ファイバ40に曲げが生じた際の光損失が小さくて済む。光ファイバ40に、波長 $1.55\mu\text{m}$ 及び波長 $1.625\mu\text{m}$ の光を通過させた際の光損失は、それぞれ 0.15dB 以下、 0.45dB 以下であってもよい。なお、光ファイバ40の径方向における屈折率分布は、単峰型であってもよい。

【0037】

複数の光ファイバ40は、長手方向Aと直交する断面において2次元状に配置されている。図5に示される例では、4つの光ファイバ40が、2行2列の正方格子状に配列されている。第2光コネクタ20は、本実施形態では4本の光ファイバ40を有している。第2光コネクタ20は、7本の光ファイバ40を有してもよいし、8本の光ファイバ40を有してもよいし、19本の光ファイバ40を有してもよい。第2光コネクタ20が有する光ファイバの本数は、上記に限定されない。第2光コネクタ20の光ファイバ40の数及び配置は、第1光コネクタ10のMCF12の複数のコア12aの数及び配置に一对一で対応している。言い換えると、複数の光ファイバ40の配置は、MCF12の複数のコア12aの配置と一致している。但し、複数の光ファイバ40の数及び配置がMCF12の数及び配置と完全に一致している必要はなく、複数の光ファイバ40のうち少なくとも一つがコア12aと光接続しない構成であってもよく、複数のコア12aのうち少なくとも一つが光ファイバ40と光接続しない構成であってもよい。複数の光ファイバ40は、フェルール50の中心軸を中心として回転調整されることによって、第1光コネクタ10のMCF12の各コア12aと光結合する。

【0038】

各コア40aの直径（コア径）は、例えば $10\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $5\mu\text{m}$ 以下であってもよい。また、各コア40aの直径（コア径）は、例えば $1\mu\text{m}$ 以上であってもよい。隣り合うコア40a間のコアピッチ（中心間距離）は、例えば $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であってもよい。クラッド40bの直径（クラッド径）は、後述するフェルール50の外側においては、 $80\mu\text{m}$ 以上 $125\mu\text{m}$ 以下であってもよく、フェルール50内ではフェルール50の外側と比較して細径化されている。細径化された複数のクラッド40bの束の外接円は、MCF12のクラッド径と一致している。

【0039】

クラッド40bの外径は、フェルール50の内部において、フェルール50の外側における外径から、より細く変換されている。このような光ファイバは、先端部分をフッ化水

10

20

30

40

50

素酸水などでエッチング処理をすることにより実現できる。図6は、長手方向Aと交差する方向から見た光ファイバ40を示す模式図である。各光ファイバ40は、ガラス製のガラスファイバ41と、樹脂製の被覆42とを有する。ガラスファイバ41は、第1径部43と、第2径部44と、第1径部43と第2径部44とを連結しているテーパ部45とを含む。ガラスファイバ41の第2径部44に連続した部分は、被覆42によって周囲を覆われて被覆されている。ガラスファイバ41の第2径部44に連続した部分と、被覆42とは、被覆部46を構成している。被覆42は通常、有機樹脂材料が用いられ、さらには紫外線硬化性樹脂や熱硬化性樹脂が用いられる。

【0040】

第1径部43は、先端面40cを含む。第1径部43は、長手方向Aに沿って先端面40cから延在する。第1径部43の直径は、例えば40 μ mである。テーパ部45は、第1径部43に連続すると共に長手方向Aに沿って延在する。テーパ部45の長手方向Aに沿った長さは、例えば、0.1mm以上0.5mm以下である。テーパ部45の直径は、第1径部43から第2径部44に向かうに連れて拡大する。第2径部44は、テーパ部45に連続すると共に長手方向Aに沿って延在する。言い換えると、長手方向Aにおいてテーパ部45は第1径部43と第2径部44との間に位置する。第2径部44は、第1径部43より大きい直径を有する。第2径部44の直径は、例えば、80 μ m以上125 μ m以下である。被覆42は、被覆部46においてガラスファイバ41の周囲を覆っている。

10

【0041】

図7及び図8は、フェルール50及びフランジ60の外側における複数の光ファイバ40を示す斜視図である。図7に示されるように、複数の光ファイバ40は、フランジ60の後端60bからフランジ60の後方に延在する。複数の光ファイバ40は、フランジ60の後端60bから或る程度の距離を隔てた配列変更部47において、二次元状配列から一次元状配列に変更される。複数の光ファイバ40における配列変更部47から後ろの部分は、テーブ心線を構成する。複数の光ファイバ40は、配列変更部47において2本の二心テーブ心線に分離され、配列変更部47の前方において更に単心分離されている。複数の光ファイバ40は、フランジ60付近において、二次元状配列に整列されると共に互いに固着されている。図7に示される例では、単心分離されると共に二次元状配列に整列された複数の被覆部46がフランジ60の内孔61(図3を参照)に挿入されている。なお、複数の光ファイバ40における配列変更部47と一次元状配列に整列された部分との境目48には、該複数の境目48を保護する保護部材が設けられてもよい。保護部材は、複数の配列変更部47及び複数の境目48をまとめて保護してもよいし、複数の被覆部46、複数の配列変更部47、及び複数の境目48をまとめて保護してもよい。

20

30

【0042】

図8は、複数の光ファイバ40の末端付近を示している。図8に示されるように、複数の光ファイバ40それぞれは、先端面40cとは反対側の末端面40dを更に含む。図8に示される例では、4つの末端面40dは、一次元状に(一列に)配列されている。

【0043】

複数の光ファイバ40それぞれの被覆42は、第2径部44に隣接する先端部42a(図6参照)と、先端部42aとは反対側の末端部42b(図8参照)とを含む。各光ファイバ40の被覆42は、他の光ファイバ40のうち少なくとも1つの光ファイバ40の被覆42に固着されている。図示例では、4本の光ファイバ40の先端部42aのうち上段の2本の光ファイバ40の先端部42aが互いに固着され、これにより該2本の光ファイバ40がテーブ化(一体化)されている。また、4本の光ファイバ40の先端部42aのうち下段の2本の光ファイバ40の先端部42aが互いに固着され、これにより該2本の光ファイバ40がテーブ化(一体化)されている。4本の光ファイバ40の末端部42bは、隣り合う他の光ファイバ40の末端部42bに固着されている。これにより、複数の光ファイバ40の末端付近においては複数の光ファイバ40の全部がテーブ化(一体化)されている。

40

【0044】

50

被覆 4 2 は、光ファイバ 4 0 ごとに異なる外観を含む。具体的には、複数の光ファイバ 4 0 のそれぞれにおいて、被覆 4 2 の先端部 4 2 a の外観及び被覆 4 2 の末端部 4 2 b の外観は、色又は色彩をそれぞれ含む。複数の光ファイバ 4 0 のそれぞれにおいて、先端部 4 2 a の色又は色彩と、末端部 4 2 b の色又は色彩とは互いに対応（例えば一致）する。被覆 4 2 の色又は色彩は、光ファイバ 4 0 ごとに異なる。一例として、4 本の光ファイバ 4 0 の被覆 4 2 は、灰色、ピンク色、緑色、及びオレンジ色をそれぞれ含む。被覆 4 2 は、単一の材料から形成されていなくてもよい。被覆 4 2 は、光ファイバ 4 0 の長手方向と直交する断面内において、光ファイバ 4 0 の中心軸を軸とする同心円状の複数の層をなすように形成されていてもよく、それぞれの光ファイバ 4 0 において最外層に位置する被覆 4 2 の色又は色彩が、光ファイバ 4 0 ごとに異なってもよい。

10

【 0 0 4 5 】

図 3 に示されるように、フェルール 5 0 は、長手方向 A に沿って延在している。フェルール 5 0 は、例えば、ジルコニアなどのセラミック製、ガラス製または金属製の円筒状の部材である。フェルール 5 0 は、複数の光ファイバ 4 0 の先端部分をまとめて保持する。フェルール 5 0 は、長手方向 A における前端 5 0 a と、前端 5 0 a と長手方向 A において反対側の後端 5 0 b と、前端 5 0 a に位置する端面 5 0 c と、内孔 5 1（第 1 ファイバ収納孔）と、を有する。内孔 5 1 は、後端 5 0 b から前端 5 0 a に至る貫通孔であり、図 5 に示されるように、複数の光ファイバ 4 0 を収納する。

【 0 0 4 6 】

図 9 は、内孔 5 1 を模式的に示す断面図である。内孔 5 1 は、前端 5 0 a に位置する第 1 部分 5 2 と、後端 5 0 b に位置する第 2 部分 5 3 と、第 1 部分 5 2 と第 2 部分 5 3 とを連結している内径変換部 5 4 と、を含む。第 1 部分 5 2 は、長手方向 A に沿って前端 5 0 a から延在する。第 1 部分 5 2 の内径は、第 2 部分 5 3 の内径よりも小さい。第 1 部分 5 2 の内径は、複数の光ファイバ 4 0 の第 1 径部 4 3 を束ねたものの外接円の直径と同一か又はやや大きい。第 1 部分 5 2 の内径は、例えば、90 μm 以上 100 μm 以下である。内径変換部 5 4 は、第 1 部分 5 2 から連続すると共に長手方向 A に沿って延在する。内径変換部 5 4 の内径は、第 1 部分 5 2 との境界において第 1 部分 5 2 の内径と一致し、第 1 部分 5 2 から第 2 部分 5 3 に向かうにつれて拡大し、第 2 部分 5 3 との境界において第 2 部分 5 3 の内径と一致する。内径変換部 5 4 は、テーパ状を有してもよいし、当該断面において曲率を有してもよい。第 2 部分 5 3 は、内径変換部 5 4 から連続すると共に長手方向 A に沿って延在する。言い換えると、長手方向 A において、内径変換部 5 4 は第 1 部分 5 2 と第 2 部分 5 3 との間に位置する。第 2 部分 5 3 の内径は、例えば 300 μm 以上 400 μm 以下である。

20

30

【 0 0 4 7 】

図 10 は、フェルール 5 0 の内孔 5 1 及びフランジ 6 0 の内孔 6 1（後述する）に挿入された複数の光ファイバ 4 0 を示す模式的な断面図である。フェルール 5 0 は、第 1 径部 4 3、テーパ部 4 5、及び第 2 径部 4 4 を保持する。内孔 5 1 の第 1 部分 5 2 及び内径変換部 5 4 には、複数の光ファイバ 4 0 の第 1 径部 4 3 の一部が挿入されている。内孔 5 1 の第 2 部分 5 3 には、複数の光ファイバ 4 0 の第 1 径部 4 3 の残部、テーパ部 4 5、及び第 2 径部 4 4 の一部が挿入されている。

40

【 0 0 4 8 】

フェルール 5 0 には、接着剤によって複数の光ファイバ 4 0 が固定されている。具体的には、複数の光ファイバ 4 0 の各先端面 4 0 c がフェルール 5 0 の端面 5 0 c において露出するように、第 1 径部 4 3、テーパ部 4 5、及び第 2 径部 4 4 が接着剤 2 8（図 5 参照）によって内孔 5 1 に固定される。第 1 径部 4 3、テーパ部 4 5、及び第 2 径部 4 4 は、内孔 5 1 との隙間に注入された接着剤 2 8 により互いに接着固定される。接着剤 2 8 は、例えば熱硬化型のエポキシ系の接着剤であり、接着剤 2 8 を所定箇所に注入した後、加熱することにより接着剤 2 8 を硬化させることができる。長手方向 A におけるフェルール 5 0 の長さは、例えば、6 mm 以上 8 mm 以下である。なお、フェルール 5 0 がガラス製である場合、接着剤 2 8 は、紫外線硬化型のエポキシ系の接着剤、又は紫外線硬化型のアク

50

リル系の接着剤であってもよい。

【0049】

フランジ60は、図10に示すように、フェルール50の後端部分を保持すると共に、複数の光ファイバ40を内部に収納する筒形状の部材である。フランジ60は、長手方向Aに沿って延在する貫通孔である内孔61（第2ファイバ収納孔）を有する。内孔61は、フェルール50の後端50bにおいて内孔51に連通する。内孔51及び内孔61は、同一の中心軸L1を有する。内孔61には、複数の光ファイバ40の第2径部44と被覆部46との境目が挿入されている。すなわち、内孔61には、第2径部44の残部と、被覆部46の一部とが挿入されている。内孔61内に収納される第2径部44の部分、及び内孔61内に収納される被覆部46の被覆42は、接着剤によってフランジ60内に固定されていてもよい。フランジ60は、例えばガラス、金属または樹脂から構成される。被覆42の外径が250 μ mである光ファイバ40が内孔61に4本束ねて挿入される場合、その束の外接円の直径は604 μ mとなる。従ってその場合、内孔61の内径は604 μ m以上である。

10

【0050】

図11は、内孔51及び内孔61における複数の光ファイバ40の形態を示す斜視図である。各光ファイバ40の第1径部43は、フェルール50の内孔51において他の光ファイバ40の第1径部43と交差していない。ここで、交差とは、複数の光ファイバ40の第1径部43の相対位置関係が、長手方向Aにおける第1径部43の一端と他端との間で変化することをいう。交差とは、例えば、複数の光ファイバ40が三つ編みのように絡み合うことである。また、フェルール50の前端50aにおける複数の光ファイバ40の先端面40cの配置は、フランジ60の内孔61における複数の光ファイバ40の被覆部46の配置に対して、内孔51、61の中心軸L1を中心として周方向に沿ってずれていないか、又はずれているとしても、そのずれは中心軸L1周りの角度で90度未満である。なお、製品の要求特性として許容される場合、第1径部43同士の交差、及び、90度以上の上記のずれのうち、いずれか一方が生じていてもよい。

20

【0051】

次に、上述した光接続構造1の製造方法について説明する。まず、構造体100を含む第1光コネクタ10を製造する。具体的には、まず、MCF12、フェルール14、及びフランジ16を準備する。MCF12は、各コア12aが所定の配置（例えば4本のコア12aの正方配置）をされたものである。

30

【0052】

続いて、フランジ16の内孔及びフェルール14の内孔14a内にMCF12を挿入して、フェルール14の内孔14aにMCF12の先端部分12dを嵌合させる。このとき、MCF12の先端面12cをフェルール14の端面14bと一致させてもよいし、嵌合させた後にフェルール14の端面14bとともにMCF12の先端面12cを研磨してもよい。例えばPC（Physical contact）接続できるように研磨する場合、フェルール14の端面14bの曲率半径は、例えば1mm以上50mm以下である。図示しないハウジングにフェルール14及びフランジ16を収容することにより、構造体100が準備される。そして、図示しないハウジングにフェルール14及びフランジ16を収容することにより、第1光コネクタ10が準備される。

40

【0053】

次に、光ファイババンドル200を含む第2光コネクタ20を製造する。以下、光ファイババンドル200の製造方法について説明する。図12は、光ファイババンドル200の製造方法を示すフローチャートである。まず、前端50a、後端50b、及び内孔51を有するフェルール50を準備する（ステップS01：フェルールを準備する工程）。次に、内孔61を有するフランジ60を準備する（ステップS02：保持部を準備する工程）。なお、フランジ60の準備がフェルール50の準備よりも先に行われてもよく、これらの準備が並行して行われてもよい。

【0054】

50

続いて、ガラスファイバ41と被覆42とを有する複数の光ファイバ40を準備する(ステップS03:複数の光ファイバを準備する工程)。複数の光ファイバ40を準備する工程では、光ファイバ40のガラスファイバを細径加工することにより第1径部43及びテーパ部45を形成する。一例としては、複数の光ファイバ40からなるテープ心線の先端部分のみを単心に分離させ、当該先端部分をエッチャント(etchant)に浸漬して化学エッチングする。エッチャントは例えばフッ酸である。このように、テープ心線の先端部分のみを単心に分離させ、先端部分以外をテープ心線のままとすることにより、複数の光ファイバ40を挿入する工程(ステップS04)から固定する工程(ステップS07)までの複数の光ファイバ40のばらつき及び絡まりが抑制されるので、作業性が向上する。なお、複数の光ファイバ40の準備は、フランジ60及びフェルール50の一方又は双方の準備よりも先に行われてもよく、フランジ60及びフェルール50の一方又は双方の準備と並行して行われてもよい。なお、複数の光ファイバ40を準備する工程(ステップS03)は、被覆42の外観を変更する工程を含んでもよい。変更する工程では、ペンなどを用いて被覆42に色を着けることによって被覆42の外観を変更してもよい。

10

【0055】

続いて、複数の光ファイバ40をフランジ60の内孔61及びフェルール50の内孔51に挿入する(ステップS04:挿入する工程)。この工程では、フランジ60の内孔61及びフェルール50の内孔51内に複数の光ファイバ40を一括して挿入して、フェルール50の内孔51に複数の光ファイバ40を配置する。具体的には、図10に示されるように、複数の光ファイバ40の第1径部43を、フェルール50の内孔51の第1部分52に挿入する。同時に、複数の光ファイバ40のテーパ部45を、フェルール50の内孔51の第2部分53に挿入する。同時に、複数の光ファイバ40の第2径部44と被覆部46との境目を、フランジ60の内孔61に挿入する。このとき、複数の光ファイバ40を、MCF12のコア12aの配置に対応するように(例えば長手方向Aと交差する断面において2次元状に)、フェルール50内に配列する。この際、各光ファイバ40は、クラッド40b同士が接すると共に、フェルール50の内孔51にも接するように配置される。なお、被覆部46のうち単心分離された部分を第1径部43の配列と同様に整列させて被覆42同士を固着した後に、フェルール50に複数の光ファイバ40を挿入してもよい。この場合、フェルール50の内部において交差が発生するおそれが低減される。また、被覆部46同士の長手方向Aにおけるずれが抑制されるので、光ファイバ40のフェルール50への挿入量のばらつきが低減される。これにより、フランジ60の内部において一部の光ファイバ40の曲率半径が小さくなることが抑制される。

20

30

【0056】

図13は、複数の光ファイバ40をフェルール50に挿入する途中の状態を示す図である。図13に示されるように、複数の光ファイバ40をフェルール50の内孔51の奥まで挿入すると、光ファイバ40がフェルール50の内径変換部54に接触する。このとき、光ファイバ40が、フェルール50の前端50a(図10参照)に向けて移動することができず、停止する。この状態では、内径変換部54において、光ファイバ40の第1径部43の曲げが大きくなり、第1径部43において曲げ損失及び断線が生じるおそれがある。したがって、上記挿入する工程では、図13に示されるように、内径変換部54に突き当たるまで光ファイバ40を挿入した後、図10に示されるように、光ファイバ40を一定距離引き戻す。これにより、フェルール50の内孔51の第2部分53及び内径変換部54において小さな曲率をもって第1径部43を屈曲させつつ、第1径部43を第1部分52に挿入することができる。その結果、第1径部43における曲げ損失及び断線を抑制することが可能となる。

40

【0057】

続いて、フェルール50の前端50aにおける複数の光ファイバ40の配置を確認する(ステップS05:確認する工程)。具体的には、複数の光ファイバ40のそれぞれの末端面40dから光を導通させ、複数の光ファイバのそれぞれの先端面40cを観察することによって、フェルール50の前端50aにおける複数の光ファイバ40の配置を確認す

50

る。すなわち、複数の光ファイバ40の末端面40dから光を導通させて、複数の光ファイバ40の末端面40dと先端面40cとの対応関係を確認する。一例としては、光ファイバ40の末端面40dから赤色レーザ光を入射する。その場合、フェルール50の前端50aにおいて、当該光ファイバ40のコア40aから赤色レーザ光が出射する。このとき、複数の光ファイバの先端面40cを顕微鏡等で拡大して観察することによって、赤色レーザ光が出射した位置を記録する。これにより、複数の光ファイバ40の末端面40dと先端面40cとの対応関係を確認することができる。光ファイバ40に入射する光は可視光であればよい。

【0058】

続いて、交差及びずれの一方又は両方が生じているか否かを判定する（ステップS06
10 : 判定する工程）。交差とは、フェルール50の内孔51における複数の光ファイバ40のうち1つの光ファイバ40の第1径部43と他の光ファイバ40の第1径部43との交差である。ずれとは、フェルール50の前端50aにおける複数の光ファイバ40の配置と内孔61における複数の光ファイバ40の配置との間のずれである。ずれは、内孔51の中心軸L1を中心として周方向に沿った所定角度以上のずれである。所定角度とは、例えば90度である。複数の光ファイバ40がまとまって回転した場合に生じるずれを、ねじれという。

【0059】

以下、判定する工程（ステップS06）についてより詳細に説明する。まず、光ファイ
20 バ40の被覆42の外観に基づいて、フェルール50の後端50bにおける複数の光ファイバ40の被覆部46と、複数の光ファイバ40の末端面40dとの対応関係を確認する。次に、ステップS05において確認した末端面40dと先端面40cとの対応関係を、フランジ60における被覆部46と、末端面40dとの対応関係に適用することによって、フランジ60における被覆部46と、フェルール50の前端50aにおける先端面40cとの対応関係を確認する。

【0060】

続いて、フランジ60における被覆部46と、フェルール50の前端50aにおける先
30 端面40cとの対応関係に基づいて、内孔61における複数の光ファイバ40の被覆部46の配置（以下、「被覆部配置」と表記する）と、フェルール50の前端50aにおける複数の光ファイバ40の配置（以下、「先端面配置」と表記する）とを比較する。最後に、被覆部配置と先端面配置との比較結果に基づいて、ずれ及び交差の一方又は両方が生じているか否かを判定する。

【0061】

図14は、被覆部配置の一例を示す図である。図15から図17は、先端面配置の一例
40 を示す図である。図14に示される例では、被覆部46(1), 46(2), 46(3), 46(4)は、この順で時計周りに並んでいる。図15に示される例では、先端面40c(1), 40c(2), 40c(3), 40c(4)は、この順で時計周りに並んでいる。図16に示される例では、先端面40c(1), 40c(2), 40c(3), 40c(4)は、先端面40c(1), 40c(4), 40c(3), 40c(2)の順で時計回りに並んでいる。図17に示される例では、先端面40c(1), 40c(2), 40c(3), 40c(4)は、先端面40c(4), 40c(1), 40c(2), 40c(3)の順で時計周りに並んでいる。

【0062】

例えば、図14に示す被覆部配置と図15に示す先端面配置とを比較すると、被覆部4
6の時計回りの並び順が先端面40cの時計回りの並び順と一致している。この場合、フェルール50の内孔51において交差が生じていないと判定することができる。加えて、図14に示す被覆部配置と図15に示す先端面配置とを比較すると、内孔51の中心軸L1を中心として周方向に沿ったずれが先端面40cと被覆部46との間に生じていない（言い換えると、先端面40cと被覆部46との間の角度ずれは0度である）。この場合、フェルール50の内孔51において、先端面40cと被覆部46との間に、中心軸L1を
50

中心とする周方向のずれが先端面 40c と被覆部 46 との間に生じていないと判定することができる。この例では、複数の光ファイバ 40 同士の交差、及び先端面 40c と被覆部 46 との間のずれのいずれも生じていないため、フェルール 50 の内孔 51 における第 1 径部 43 の曲率半径は、例えば 32.5 mm 以上といった大きな値となる。

【0063】

また、例えば、図 14 に示す被覆部配置と図 16 に示す先端面配置とを比較すると、被覆部 46 の時計回りの並び順が先端面 40c の時計回りの並び順と一致しない。この場合、フェルール 50 の内孔 51 において複数の光ファイバ 40 同士の交差が生じていると判定することができる。図 14 に示す被覆部配置と図 16 に示す先端面配置とを比較すると、内孔 51 の中心軸 L1 を中心として周方向に沿ったずれが先端面 40c と被覆部 46 との間に生じていない（言い換えると、先端面 40c と被覆部 46 との間のずれは 0 度である）。この場合、フェルール 50 の内孔 51 において、先端面 40c と被覆部 46 との間に、中心軸 L1 を中心とする周方向のずれが先端面 40c と被覆部 46 との間に生じていないと判定することができる。この例では、複数の光ファイバ 40 同士の交差が生じているため、フェルール 50 の内孔 51 における第 1 径部 43 の曲率半径は、例えば 17.0 mm 以下といった小さな値となる。

10

【0064】

さらに、例えば、図 14 に示す被覆部配置と図 17 に示す先端面配置とを比較すると、被覆部 46 の時計回りの並び順が先端面 40c の時計回りの並び順と一致する。この場合、フェルール 50 の内孔 51 において複数の光ファイバ 40 同士の交差が生じていないと判定することができる。しかし、図 14 に示す被覆部配置と図 17 に示す先端面配置とを比較すると、内孔 51 の中心軸 L1 を中心として周方向に沿った角度のずれが先端面 40c と被覆部 46 との間に生じている。角度は、図 14 において内孔 61 の中心と或る先端面 40c の中心とを通る直線 B1 と、図 17 において内孔 51 の中心と当該先端面 40c の中心とを通る直線 B2 とが成す角度である。角度が所定角度未満（例えば 90 度未満）である場合、フェルール 50 の内孔 51 において先端面 40c と被覆部 46 との間にずれが生じていないと判定することができる。角度が所定角度以上（例えば 90 度以上）である場合、フェルール 50 の内孔 51 において先端面 40c と被覆部 46 との間にずれが生じていると判定することができる。90 度以上のずれが生じている場合、フェルール 50 の内孔 51 における第 1 径部 43 の曲率半径は、例えば 17.0 mm 以下といった小さな値となる。

20

30

【0065】

交差及びずれの一方又は両方が生じていると判定した場合（ステップ S06：YES）、挿入する工程（ステップ S04）、確認する工程（ステップ S05）及び判定する工程（ステップ S06）を再度実行する。この場合、挿入する工程では、複数の光ファイバ 40 をフェルール 50 に再度挿入してもよいし、フェルール 50 から複数の光ファイバ 40 を抜かずに、フェルール 50 に振動を与えてもよいし、光ファイバ 40 を長手方向 A に沿って動かしてもよい。交差及びずれの両方が生じていないと判定した場合（ステップ S06：NO）、固定する工程（ステップ S07）に移行する。

【0066】

なお、判定する工程（ステップ S06）において、交差が生じているか否かのみを判定してもよい。交差が生じていると判定した場合（ステップ S06：YES）、挿入する工程（ステップ S04）、確認する工程（ステップ S05）及び判定する工程（ステップ S06）を再度実行する。交差が生じていないと判定した場合（ステップ S06：NO）、固定する工程（ステップ S07）に移行する。また、判定する工程（ステップ S06）において、ずれが生じているか否かのみを判定してもよい。ずれが生じていると判定した場合（ステップ S06：YES）、挿入する工程（ステップ S04）、確認する工程（ステップ S05）及び判定する工程（ステップ S06）を再度実行する。ずれが生じていないと判定した場合（ステップ S06：NO）、固定する工程（ステップ S07）に移行する。

40

50

【0067】

続いて、接着剤により複数の光ファイバ40をフェルール50に固定する(ステップS07:固定する工程)。具体的には、まず、フェルール50の内孔51と複数の光ファイバ40との間の隙間に接着剤28を注入する。この際、接着剤28は光ファイバ40の先端面40c及びフェルール50の端面50cを覆う程度に十分に注入する。その後、接着剤28を、例えば加熱により熱硬化させる。これにより、複数の光ファイバ40がフェルール50に固定される。その後、フェルール50の端面50cを光ファイバ40の先端面40cと共に研磨する。研磨により、先端面40c上及び端面50c上の接着剤は除去され、先端面40c及び端面50cが露出する。PC接続するように研磨する場合、フェルール50の端面50cの曲率半径は、上記と同様に、例えば1mm以上50mm以下とされる。以上により、光ファイババンドル200が準備される。そして、図示しないハウジングにフェルール50及びフランジ60を収容することにより、第2光コネクタ20が準備される。

10

【0068】

続いて、割スリーブ30を準備する。そして、割スリーブ30内において、フェルール14の端面14bとフェルール50の端面50cとが互いに当接するように、第1光コネクタ10と第2光コネクタ20とを相互に接続する。続いて、MCF12の各コア12aと、複数の光ファイバ40の対応する各コア40aとが光学的に結合するように、割スリーブ30内において、フェルール14及びフェルール50の一方又は両方を回転して調心を行う。

20

【0069】

続いて、調心が終了したのち、第1光コネクタ10と第2光コネクタ20とを互いに対して押圧した状態で固定する。なお、この際、押圧部材を用いて、割スリーブ30との摩擦でフェルール14とフェルール50とを押圧状態としてもよいし、接着剤でフェルール14とフェルール50とを接着固定してもよい。以上により、光接続構造1を製造することができる。

【0070】

続いて、フェルール50に設けられた内孔51にフェルール50の後端50bから複数の光ファイバ40が挿入されたときに、フェルール50の内孔51における複数の光ファイバ40の状態を判定する判定方法について説明する。まず、フェルール50の前端50aにおける複数の光ファイバ40の配置を確認する(ステップS05:確認する工程)。そして、交差及びずれの一方又は両方が生じているか否かを判定する(ステップS06:判定する工程)。

30

【0071】

以上に説明した本実施形態に係る光ファイババンドル200の製造方法、光ファイババンドル200、光接続構造1及び判定方法によって得られる作用効果について説明する。従来の光ファイババンドルでは、フェルールの内部において複数の光ファイバにおける曲げ損失が増加するおそれがある。具体的には、光ファイババンドルの製造において、複数の光ファイバがフェルールの後端から挿入された場合、複数の光ファイバの交差又はねじれが生じることがある。例えば、複数の光ファイバを、縄のようにねじって剛性を高め、フェルールの内孔に接触しつつ挿入することがある。このねじれによって、光ファイバの曲げ損失が発生するおそれがある。以上のことから、フェルールの内部において複数の光ファイバの曲げが増加し、複数の光ファイバにおける曲げ損失が増加するおそれがある。

40

【0072】

複数の光ファイバのねじれを抑制するには、フェルールとファイバのとの間の隙間を開け、なるべく摩擦力を発生させないことが考えられる。しかしながら、フェルールとファイバのとの間に隙間があると、光ファイババンドルの先端において複数の光ファイバの先端面の配列が崩れ、複数の光ファイバのコアとMCFの複数のコアとの位置が合わなくなり易い。これにより、光損失が発生するおそれがある。よって、ねじれの発生をある程度許容すると共に、そのねじれの程度を製造過程で観察することが望まれる。

50

【 0 0 7 3 】

光ファイババンドル 2 0 0 の製造方法では、判定する工程（ステップ S 0 6）において交差及びずれの一方又は両方が生じている場合、固定する工程（ステップ S 0 7）の前に、挿入する工程（ステップ S 0 4）、確認する工程（ステップ S 0 5）及び判定する工程（ステップ S 0 6）を再び実行する。かかる構成によれば、フェルール 5 0 の内孔 5 1 における複数の光ファイバ 4 0 の交差及びねじれ一方又は両方が抑制された光ファイババンドル 2 0 0 を製造することができる。その結果、複数の光ファイバ 4 0 の曲げ損失が低減された光ファイババンドル 2 0 0 を製造することができる。また、複数の光ファイバ 4 0 の被覆 4 2 のそれぞれは、光ファイバ 4 0 ごとに異なる外観を含む。かかる構成によれば、被覆 4 2 の外観に基づいて、複数の光ファイバ 4 0 の被覆部 4 6 を容易に判別することができる。これにより、フェルール 5 0 の後端 5 0 b における複数の光ファイバ 4 0 の被覆部 4 6 と、複数の光ファイバ 4 0 の末端面 4 0 d との対応関係を確認することが可能となる。ここで、複数の光ファイバ 4 0 の末端面 4 0 d から光を導通させて複数の光ファイバ 4 0 の末端面 4 0 d と先端面 4 0 c との対応関係を確認することによって、フェルール 5 0 の後端 5 0 b における複数の光ファイバ 4 0 の被覆部 4 6 と、フェルール 5 0 の前端 5 0 a における複数の光ファイバ 4 0 の先端面 4 0 c との対応関係を確認することが可能となる。よって、フェルール 5 0 の後端 5 0 b における複数の光ファイバ 4 0 の被覆部 4 6 の配置と、フェルール 5 0 の前端 5 0 a における複数の光ファイバ 4 0 の先端面 4 0 c の配置とを比較することが可能となる。その結果、判定する工程（ステップ S 0 6）において、交差及びずれの一方又は両方が生じているか否かを容易に判定することが。

10

20

【 0 0 7 4 】

また、光ファイババンドル 2 0 0 の製造方法において、被覆 4 2 の外観を変更する工程では、色を着けることによって被覆 4 2 の外観が変更される。この場合、被覆 4 2 の外観を容易に変更することができる。

【 0 0 7 5 】

本実施形態に係る光ファイババンドル 2 0 0 では、複数の光ファイバ 4 0 のうち 1 つの光ファイバ 4 0 の第 1 径部 4 3 が、フェルール 5 0 の内孔 5 1 において他の光ファイバ 4 0 の第 1 径部 4 3 と交差していない形態、及び、フェルール 5 0 の前端 5 0 a における複数の光ファイバ 4 0 の先端面 4 0 c の配置が、フランジ 6 0 の内孔 6 1 における複数の光ファイバ 4 0 の被覆部 4 6 の配置に対して、フェルール 5 0 の内孔 5 1 の中心軸 L 1 を中心として周方向に沿ってずれていないか或いはその角度ずれが 9 0 度未満である形態、のうち少なくとも一つの形態を有する。かかる構成によれば、フェルール 5 0 の内孔 5 1 において複数の光ファイバ 4 0 の交差及びねじれ一方又は両方が抑制される。これにより、複数の光ファイバ 4 0 の曲げ損失を低減することができる。また、複数の光ファイバ 4 0 の被覆 4 2 のそれぞれは、光ファイバ 4 0 ごとに異なる外観を含む。かかる構成によれば、複数の光ファイバ 4 0 を容易に判別することができる。

30

【 0 0 7 6 】

ここで、フェルールに切り欠き構造を設け、フェルールの内部のねじれ及び交差を可視化することも考えられる。しかしながら、フェルールの加工にかかるコストが増加すると共にねじれを抑制することができない。一方、本実施形態に係る光ファイババンドル 2 0 0 のフェルール 5 0 では、製造コストの増加を抑えつつ、複数の光ファイバ 4 0 の曲げ損失を低減することができる。

40

【 0 0 7 7 】

本実施形態のように、光ファイババンドル 2 0 0 では、複数の光ファイバ 4 0 のそれぞれにおいて、被覆 4 2 の先端部 4 2 a の外観及び被覆 4 2 の末端部 4 2 b の外観は、互いに対応する色又は色彩をそれぞれ含む。この場合、被覆 4 2 の先端部 4 2 a 及び末端部 4 2 b において、複数の光ファイバ 4 0 を容易に判別することができる。

【 0 0 7 8 】

本実施形態のように、光ファイババンドル 2 0 0 では、複数の光ファイバ 4 0 の被覆 4 2 の外観は、光ファイバ 4 0 ごとに異なる色又は色彩をそれぞれ含む。この場合、複数の

50

光ファイバ40を容易に判別することができる。

【0079】

本実施形態のように、光ファイババンドル200では、複数の光ファイバ40の少なくとも一部は、テープ化されている。この場合、光ファイバ40同士が長手方向Aに沿ってずれることを抑制し、フランジ60の内孔61において複数の光ファイバ40の曲げの増加を抑制することができる。これにより、複数の光ファイバ40の曲げ損失を低減することが可能となる。

【0080】

本実施形態に係る光接続構造1は、上述した光ファイババンドル200を有する第2光コネクタ20と、長手方向Aに沿って延在する複数のコア12aと複数のコア12aを覆うクラッド12bとを含むMCF12、及び、MCF12の先端部分12dを保持するフェルール14を有する第1光コネクタ10と、を備える。第2光コネクタ20が第1光コネクタ10に接続されたとき、複数の光ファイバ40のコア40aがMCF12の複数のコア12aにそれぞれ光学的に結合する。この光接続構造1では、複数の光ファイバ40における曲げ損失を低減することが可能となる。

【0081】

本実施形態のように、光接続構造1は、MCF12と複数の光ファイバ40とを光学的に結合する。かかる構成によれば、光接続構造1は、MCF12のファンイン・ファンアウト・デバイス(Fan-In/Fan-Out: FIF O)を構成することができる。図18は、FIF O70を示す図である。FIF O70は、複数のコネクタ71と、複数の光ファイバ40Aと、光接続構造1Aと、MCF12と、光接続構造1Bと、複数の光ファイバ40Bと、複数のコネクタ72とを有する。複数のコネクタ71には、複数の光ファイバ40Aがそれぞれ接続されている。複数の光ファイバ40Aは、光接続構造1AにおいてMCF12に光学的に結合されている。MCF12は、光接続構造1Bにおいて複数の光ファイバ40Bに光学的に結合されている。複数の光ファイバ40Bは、複数のコネクタ72に光学的に結合されている。このFIF O70では、コネクタ71から入力された信号が、光ファイバ40A、MCF12、及び光ファイバ40Bを伝搬してコネクタ72から出力される。

【0082】

光接続構造1A, 1Bは、光接続構造1と同様の構成を有している。これにより、MCF12のコアと光ファイバ40A, 40Bのコアとの位置を合わせ、光損失が最小となる位置で固定する作業である調心作業を容易に行うことができる。また、光接続構造1A, 1Bには、複数の光ファイバ40A, 40Bを介してコネクタ71, 72が取り付けられている。かかる構成によれば、上記調心作業後にFIF O70の検査を行う場合、IL測定(挿入損失測定)を繰り返し行うことが容易になる。

【0083】

コネクタ71, 72は、単心融着又は多心融着によって光ファイバ40A, 40Bに融着されている。多心融着により融着を行う場合、複数のコネクタ71, 72を複数の光ファイバ40A, 40Bに1回の作業で接続することができる。この場合、単心融着と比較して、作業時間を短縮することができる。さらに、複数の光ファイバ40A, 40Bがテープ心線である場合、複数のコネクタ71, 72を複数の光ファイバ40A, 40Bに容易に融着することができる。光ファイバ40A, 40B単体を並べて融着させる必要がないので、融着のための作業が簡易になることによりFIF O70の製造コストが減少すると共に、融着精度の低下を抑制することができる。

【0084】

本実施形態に係る判定方法では、フェルール50の内孔51における、複数の光ファイバ40のうち1つの光ファイバ40と他の光ファイバ40との交差、及び、フェルール50の前端50aにおける複数の光ファイバ40の先端面40cの配置とフェルール50の後端50bにおける複数の光ファイバ40の被覆部46の配置との間のずれであって、フェルール50の内孔51の中心軸L1を中心とした周方向に沿った90度以上のずれ、の

10

20

30

40

50

一方又は両方が生じているか否かを判定する。かかる構成によれば、フェルール 50 の内孔 51 において、複数の光ファイバ 40 の交差及びねじれ一方又は両方が抑制される。これにより、光ファイババンドル 200 において、複数の光ファイバ 40 における曲げ損失を低減することが可能となる。

【0085】

本開示による光ファイババンドル 200 の製造方法、光ファイババンドル 200、光接続構造 1、及び判定方法は、上述した実施形態に限られるものではなく、他に様々な変形が可能である。例えば、上記実施形態では、複数の光ファイバ 40 の被覆 42 の外観は、光ファイバ 40 ごとに異なるマーキングをそれぞれ含んでもよい。この場合、複数の光ファイバ 40 を容易に判別することができる。また、複数の光ファイバ 40 を準備する工程（ステップ S03）において、被覆 42 の外観を変更する工程では、被覆 42 にレーザを照射することによって、光ファイバ 40 ごとに異なるマーキングを被覆 42 に施してもよい。この場合、被覆 42 の外観を容易に変更することができる。

10

【0086】

また、例えば、上記実施形態では、複数の光ファイバ 40 の被覆 42 は、光ファイバ 40 ごとに異なる外径をそれぞれ有してもよいし、光ファイバ 40 ごとに色や外観が異なる材料をそれぞれ含んでもよい。これらの場合、複数の光ファイバ 40 を容易に判別することができる。

【0087】

また、例えば、上記実施形態の光ファイババンドル 200 では、複数の光ファイバ 40 は、互いに対応する外観を含む第 1 テープ及び第 2 テープを有してもよい。複数の光ファイバ 40 のそれぞれの第 1 テープの外観は、互いに異なってもよい。複数の光ファイバ 40 のそれぞれの第 2 テープの外観は、互いに異なってもよい。被覆 42 の先端部 42a は、第 1 テープによってラベリングされてもよい。被覆 42 の末端部 42b は、第 2 テープによってラベリングされてもよい。この場合、被覆 42 の外観を容易に変更することができる。また、被覆 42 の外観を変更する工程では、第 1 テープ及び第 2 テープで被覆 42 をラベリングすることによって被覆 42 の外観を変更してもよい。この場合、被覆 42 の外観を容易に変更することができる。

20

【符号の説明】

【0088】

1, 1A, 1B ... 光接続構造
 10 ... 第 1 光コネクタ
 12 ... MCF
 12a ... コア
 12b ... クラッド
 12c ... 先端面
 12d ... 先端部分
 14 ... フェルール
 14a ... 内孔
 14b ... 端面
 16 ... フランジ
 20 ... 第 2 光コネクタ
 28 ... 接着剤
 30 ... 割スリーブ
 40, 40A, 40B ... 光ファイバ
 40a ... コア
 40b ... クラッド
 40c ... 先端面
 40d ... 末端面
 41 ... ガラスファイバ

30

40

50

4 2 ... 被覆	
4 2 a ... 先端部	
4 2 b ... 末端部	
4 3 ... 第 1 径部	
4 4 ... 第 2 径部	
4 5 ... テーパ部	
4 6 ... 被覆部	
4 7 ... 配列変更部	
5 0 ... フェルール	
5 0 a ... 前端	10
5 0 b ... 後端	
5 0 c ... 端面	
5 1 ... 内孔	
5 2 ... 第 1 部分	
5 3 ... 第 2 部分	
5 4 ... 内径変換部	
6 0 ... フランジ	
6 1 ... 内孔	
7 0 ... F I F O	
7 1 , 7 2 ... コネクタ	20
1 0 0 ... 構造体	
2 0 0 ... 光ファイババンドル	
A ... 長手方向	
B 1 ... 直線	
B 2 ... 直線	
L 1 ... 中心軸	
... 角度	

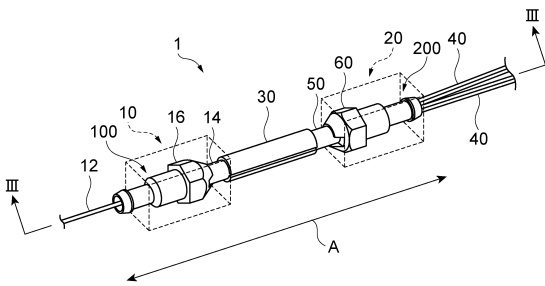
30

40

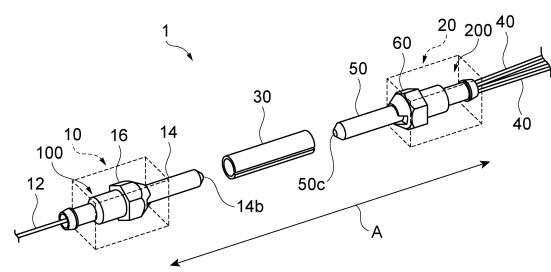
50

【 図面 】

【 図 1 】



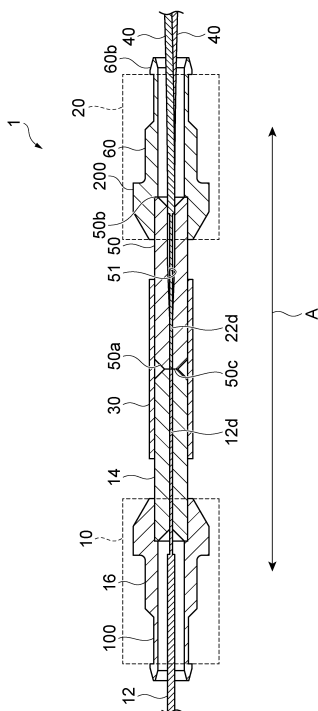
【 図 2 】



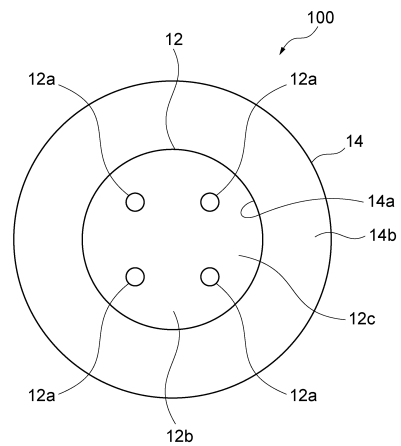
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

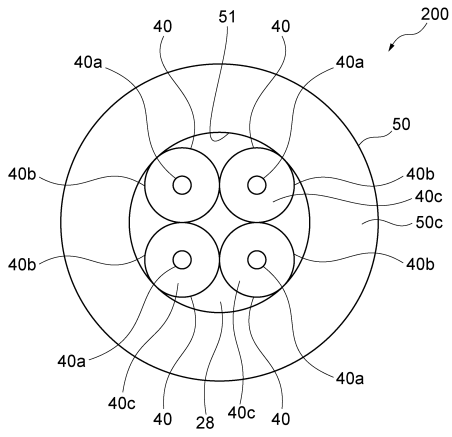


30

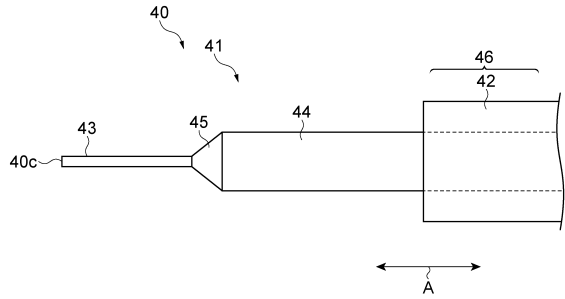
40

50

【 図 5 】



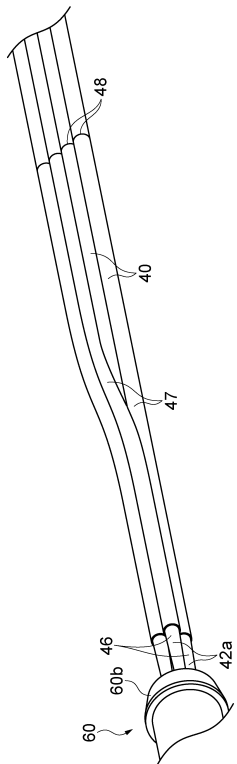
【 図 6 】



10

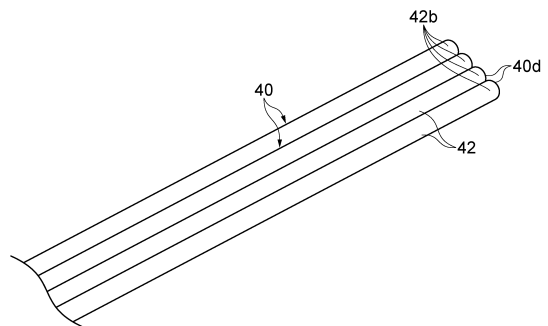
20

【 図 7 】



30

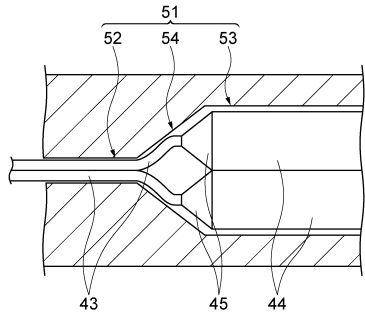
【 図 8 】



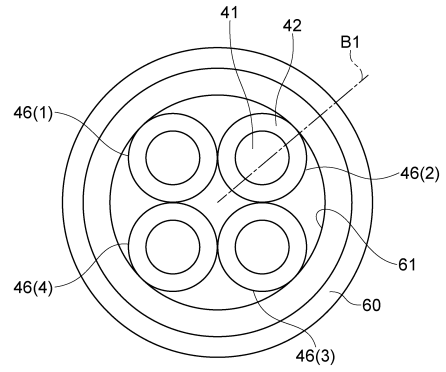
40

50

【 図 1 3 】



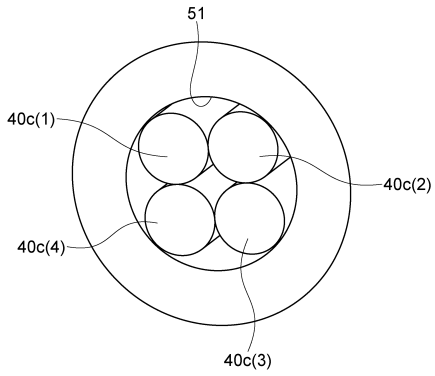
【 図 1 4 】



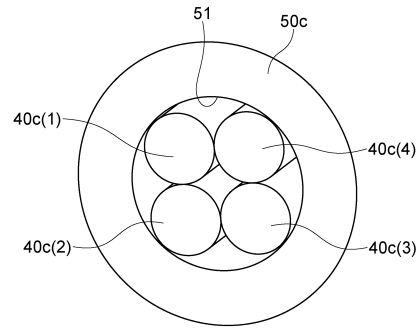
10

20

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

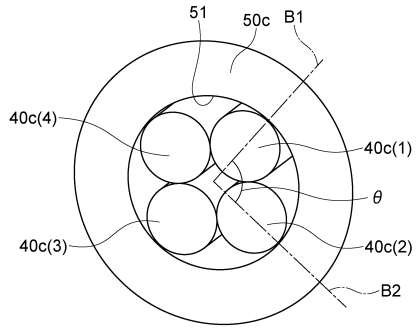


30

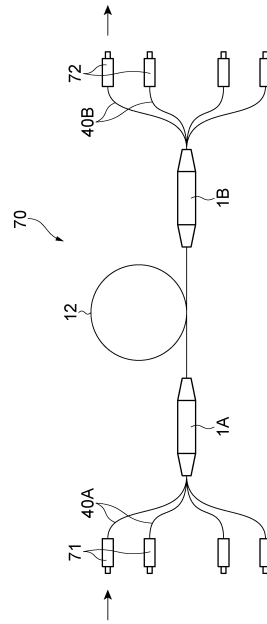
40

50

【 図 17 】



【 図 18 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H036 JA02 QA16 QA17 QA19 QA23 QA44
2H137 BA03 BA18 BA21 BA24 CA15A CA16A CA36 CA74 CA77 CA78
CB02 CB23 CB33 CC02 CC03 EA04
2H250 AB05 AB10 AC33 AC64 AC83 AC94 AC95 AD32 AD35 BA32
BB32 BB33 BD02 CA02 CA35 CA42