

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年12月8日(08.12.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/254986 A1

(51) 国際特許分類:

C03B 37/027 (2006.01) *G02B 6/024* (2006.01)
G02B 6/02 (2006.01) *G02B 6/44* (2006.01)

[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/018193

(22) 国際出願日: 2022年4月19日(19.04.2022)

(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 2021-094105 2021年6月4日(04.06.2021) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)

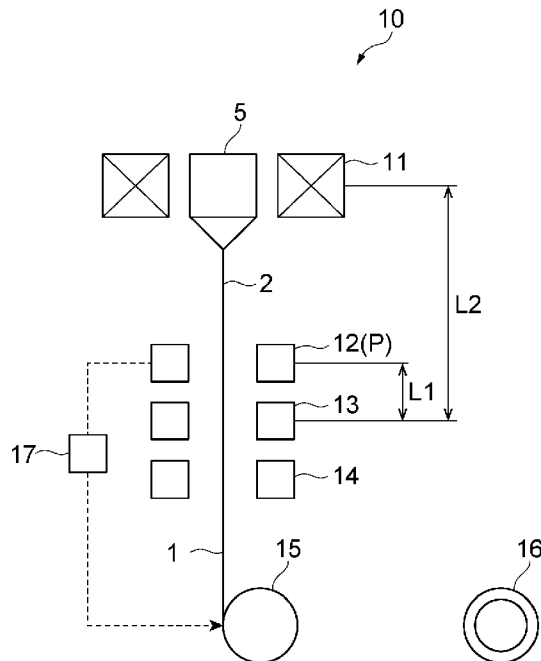
(72) 発明者: 高野 純矢(TAKANO Junya); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 林 哲也(HAYASHI Tetsuya); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 森島 哲(MORISHIMA Tetsu); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(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

(54) **Title:** OPTICAL FIBER PRODUCTION METHOD, OPTICAL FIBER, OPTICAL FIBER RIBBON PRODUCTION METHOD, OPTICAL FIBER RIBBON, OPTICAL FIBER PRODUCTION DEVICE, AND OPTICAL FIBER RIBBON PRODUCTION DEVICE

(54) 発明の名称: 光ファイバの製造方法、光ファイバ、光ファイバリボンの製造方法、光ファイバリボン、光ファイバの製造装置、及び、光ファイバリボンの製造装置

[図1]



(57) **Abstract:** This optical fiber production method is for producing an optical fiber comprising glass fibers, the method involving: heating an optical fiber base material in a furnace, melting same, and drawing a glass fiber; acquiring a side surface observation image of the glass fiber at an observation position; calculating, on the basis of the side surface obser-

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

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

vation image, a variable relating to the azimuth around the central axis of the glass fiber, and imparting rotation around
the central axis to the glass fiber on the basis of the variable.

(57) 要約: 光ファイバの製造方法は、ガラスファイバを備える光ファイバの製造方法であって、光ファイバ
母材を加熱炉で加熱して熔融し、ガラスファイバを線引きすることと、ガラスファイバの側面観察像を観
察位置で取得することと、側面観察像に基づき、ガラスファイバの中心軸周りの方位角に関連する変数を
計算することと、変数に基づき、ガラスファイバに中心軸周りの回転を付与することと、を含む。

明 細 書

発明の名称：

光ファイバの製造方法、光ファイバ、光ファイバリボンの製造方法、光ファイバリボン、光ファイバの製造装置、及び、光ファイバリボンの製造装置

技術分野

[0001] 本開示は、光ファイバの製造方法、光ファイバ、光ファイバリボンの製造方法、光ファイバリボン、光ファイバの製造装置、及び、光ファイバリボンの製造装置に関する。本出願は、2021年6月4日出願の日本出願第2021-094105号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ものである。

背景技術

[0002] 通常の光ファイバ線引き工程では、光ファイバ全体にねじれが生じ、光ファイバの中心軸周りの方位角が長手方向の位置によって異なる。このため、通常の線引き工程をマルチコア光ファイバ（MCF）の線引きに適用した場合、長手方向に対して複数コアの回転角度ずれが生じる。したがって、光ファイバを接合する際の調芯作業に手間がかかる。

[0003] 特許文献1には、ガイドローラを傾斜させることにより線引き工程中の光ファイバにトルクを加え、当該光ファイバを長手方向から見て時計回り及び反時計回りに交互にねじることで偏波モード分散（PMD）を抑制する光ファイバの製造方法が記載されている。

[0004] 特許文献2には、少なくとも1つの空孔を有する光ファイバの製造方法において、空孔径を制御するために、線引き中の光ファイバに照明光を照射し、その透過光から空孔の空孔影を検出し、空孔影の幅に応じて光ファイバの空孔に対する加圧装置の加圧力をフィードバック制御することで、空孔径を長手方向の全長で均一になるように制御する技術が記載されている。

[0005] 非特許文献1には、接続時の回転整列が容易である方形型、樽型、D型と

いった非円形クラッド構造のMCFが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：米国特許第5 2 9 8 0 4 7 号明細書

特許文献2：特開2 0 0 9 - 7 2 0 1 号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：T. Nagashima et al., "Multi-core fibre with concaved double-D shape cross section," Proc. European Conference on Optical Communication (ECOC), p.M.2.B.5 (2017).

発明の概要

[0008] 本開示の光ファイバの製造方法は、ガラスファイバを備える光ファイバの製造方法であって、光ファイバ母材を加熱炉で加熱して熔融し、ガラスファイバを線引きすることと、ガラスファイバの側面観察像を観察位置で取得することと、側面観察像に基づき、ガラスファイバの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算することと、変数に基づき、ガラスファイバに中心軸周りの回転を付与することと、を含む。

[0009] 本開示の光ファイバは、ガラスファイバを備える光ファイバであって、ガラスファイバの中心軸周りの方位角の変動量が全長にわたって180°以下となるようにボビンに巻き取られている。

[0010] 本開示の光ファイバリボンの製造方法は、並列配置された複数の光ファイバと、複数の光ファイバを一括して覆う被覆とを備える光ファイバリボンの製造方法であって、繰り出し装置から複数の光ファイバを引き出すことと、集線ローラで複数の光ファイバを集線し、複数の光ファイバを並列配置することと、複数の光ファイバの側面観察像を観察位置で取得すること、側面観察像に基づき、複数の光ファイバそれぞれの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算することと、変数に基づき、複数の光ファイバそれぞれに回転を付与することと、を含む。

- [0011] 本開示の光ファイバリボンは、並列配置された複数の光ファイバと、複数の光ファイバを一括して覆う樹脂と、を備え、複数の光ファイバそれぞれの中心軸周りの方位角の変動量が全長にわたって 180° 以下である。
- [0012] 本開示の光ファイバの製造装置は、ガラスファイバを備える光ファイバの製造装置であって、光ファイバ母材を加熱して溶融する加熱炉と、溶融された光ファイバ母材から線引きされたガラスファイバの側面観察像を取得する撮像装置と、側面観察像に基づき、ガラスファイバの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算する計算部と、変数に基づき、ガラスファイバに回転を付与する回転制御部と、を備える。
- [0013] 本開示の光ファイバリボンの製造装置は、並列配置された複数の光ファイバと、複数の光ファイバを一括して覆う被覆と、を備える光ファイバリボンの製造装置であって、複数の光ファイバを供給する繰り出し装置と、複数の光ファイバの側面観察像を取得する撮像装置と、側面観察像に基づき、複数の光ファイバのそれぞれの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算する計算部と、変数に基づき、複数の光ファイバのそれぞれに回転を付与する複数の回転制御部と、を備える。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]図1は、第1実施形態に係る光ファイバの製造装置の概略図である。
- [図2]図2は、撮像装置の構成を示す概略図である。
- [図3]図3は、ガイドローラ部の構成を示す概略図である。
- [図4]図4は、ガイドローラ部の構成を示す概略図である。
- [図5]図5は、フィードバック制御を示すフローチャートである。
- [図6]図6は、ガラスファイバの方位角と長手方向の位置との関係を示すグラフである。
- [図7]図7は、ポビンに巻き取られた光ファイバの方位角の変動量と L_1/L_2 との関係を示すグラフである。
- [図8]図8は、第2実施形態に係る光ファイバリボンの製造装置の概略図である。

[図9]図9は、変形例に係るガイドローラ部の構成を示す概略図である。

[図10]図10は、第3ガイドローラ及び第4ガイドローラを上方から見た図である。

発明を実施するための形態

[0015] [本開示が解決しようとする課題]

本開示は、中心軸周りの方位角の変動を抑制することが可能な光ファイバの製造方法、光ファイバ、光ファイバリボンの製造方法、光ファイバリボン、光ファイバの製造装置、及び、光ファイバリボンの製造装置を提供することを目的とする。

[0016] [本開示の効果]

本開示によれば、中心軸周りの方位角の変動を抑制することが可能な光ファイバの製造方法、光ファイバ、光ファイバリボンの製造方法、光ファイバリボン、光ファイバの製造装置、及び、光ファイバリボンの製造装置を提供することができる。

[0017] [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。本開示の実施態様に係る光ファイバの製造方法は、ガラスファイバを備える光ファイバの製造方法であって、光ファイバ母材を加熱炉で加熱して溶融し、ガラスファイバを線引きすることと、ガラスファイバの側面観察像を観察位置で取得することと、側面観察像に基づき、ガラスファイバの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算することと、変数に基づき、ガラスファイバに中心軸周りの回転を付与することと、を含む。ここで、「ガラスファイバの中心軸周りの方位角」とは、ガラスファイバの横断面における中心と特定の一点とを結んだ直線と中心を通る所定の直線との間の角度である。上記光ファイバの製造方法では、中心軸周りの方位角の変動を抑制することができる。

[0018] 上記光ファイバの製造方法は、ガラスファイバの表面にダイスにより被覆樹脂を塗布することを更に含み、観察位置は、ダイスと光ファイバ母材との間であって、観察位置とダイスとの間の距離 L_1 と、ダイスと加熱炉の中心

との間の距離 L_2 は、 $L_1 / L_2 \leq 0.2$ を満たしてもよい。この場合、ガラスファイバの軸ずれ量が最小となる位置範囲でガラスファイバの側面を観察するので、観察精度の低下を抑制することができる。

[0019] 変数は、第1時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルと、第1時刻から所定時間経過後の第2時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルとの相関係数であってもよい。この場合、ガラスファイバの中心軸周りの方位角を精度よく調整することができる。

[0020] 変数は、第1時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルの特徴ピークの輝度値と、第1時刻から所定時間経過後の第2時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルの特徴ピークの輝度値であってもよい。この場合、ガラスファイバの中心軸周りの方位角を精度よく調整することができる。

[0021] 変数は、事前に取得された学習データの輝度プロファイルに対して行われた多変量解析に基づく回帰分析結果を使用して、側面観察像の輝度プロファイルから計算された方位角であってもよい。この場合、ガラスファイバの中心軸周りの方位角を精度よく調整することができる。

[0022] 回転を付与することは、揺動ガイドローラによりガラスファイバに回転を付与することを含んでもよい。この場合、簡単な構成で光ファイバに容易に回転を付与することができる。

[0023] 上記光ファイバの製造方法は、光ファイバを方位角の変動量が全長にわたって 180° 以下となるようにボビンに巻き取ることを更に含んでもよい。ここで、ボビンに巻かれた状態での「光ファイバの方位角」とは、光ファイバの横断面における中心と特定の一点とを結んだ直線と中心を通りボビンの軸に平行な直線との間の角度である。この場合、中心軸周りの方位角の変動が抑制された状態でボビンに巻き取られた光ファイバを製造することができる。

[0024] 本開示の実施態様に係る光ファイバは、ガラスファイバを備える光ファイバであって、ガラスファイバの中心軸周りの方位角の変動量が全長にわたって 180° 以下となるようにボビンに巻き取られている。上記光ファイバで

は、中心軸周りの方位角の変動が抑制されている。

[0025] 上記光ファイバは、MCFであってもよい。この場合、複数のコアの回転ずれが抑制されている。

[0026] 上記光ファイバは、偏波保持光ファイバであってもよい。この場合、屈折率の主軸の回転ずれが抑制されている。

[0027] 本開示の実施態様に係る光ファイバリボンの製造方法は、並列配置された複数の光ファイバと、複数の光ファイバを一括して覆う被覆とを備える光ファイバリボンの製造方法であって、繰り出し装置から複数の光ファイバを引き出すことと、集線ローラで複数の光ファイバを集線し、複数の光ファイバを並列配置することと、複数の光ファイバの側面観察像を観察位置で取得すること、側面観察像に基づき、複数の光ファイバそれぞれの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算することと、変数に基づき、複数の光ファイバそれぞれに回転を付与することと、を含む。上記光ファイバリボンの製造方法では、中心軸周りの方位角の変動を抑制することができる。この結果、中心軸周りの方位角が揃った複数の光ファイバを備える光ファイバリボンを製造することができる。

[0028] 上記光ファイバリボンの製造方法は、複数の光ファイバの表面にダイスにより一括して被覆樹脂を塗布することを更に含み、観察位置は、ダイスよりも繰り出し装置側であって、観察位置とダイスとの間の距離 L_1 と、ダイスと集線ローラの中心との間の距離 L_2 は、 $L_1 / L_2 \leq 0.2$ を満たしてもよい。この場合、光ファイバの軸ずれ量が最小となる位置範囲で光ファイバの側面を観察するので、観察精度の低下を抑制することができる。

[0029] 繰り出し装置は、複数の光ファイバがそれぞれの中心軸周りの方位角の変動量が全長にわたって 180° 以下となるように巻かれている複数のボビンを含んでもよい。この場合、中心軸周りの方位角の変動が抑制された光ファイバが繰り出し装置から供給されるので、微調整を行うだけで、中心軸周りの方位角が揃った複数の光ファイバを備える光ファイバリボンを容易に製造することができる。

- [0030] 本開示の実施態様に係る光ファイバリボンは、並列配置された複数の光ファイバと、複数の光ファイバを一括して覆う樹脂と、を備え、複数の光ファイバそれぞれの中心軸周りの方位角の変動量が全長にわたって 180° 以下である。上記光ファイバリボンでは、複数の光ファイバの中心軸周りの方位角の変動が抑制されている。
- [0031] 複数の光ファイバは、MCFであり、それぞれのコアの配置の方位の中心値が互いに一致するように並列配置されていてもよい。この場合、複数のコアの回転ずれが抑制されている。
- [0032] 複数の光ファイバは、偏波保持光ファイバであり、それぞれの屈折率の主軸の方位の中心値が互いに一致するように並列配置されていてもよい。この場合、屈折率の主軸の回転ずれが抑制されている。
- [0033] 本開示の実施態様に係る光ファイバの製造装置は、ガラスファイバを備える光ファイバの製造装置であって、光ファイバ母材を加熱して溶融する加熱炉と、溶融された光ファイバ母材から線引きされたガラスファイバの側面観察像を取得する撮像装置と、側面観察像に基づき、ガラスファイバの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算する計算部と、変数に基づき、ガラスファイバに回転を付与する回転制御部と、を備える。上記光ファイバの製造装置では、中心軸周りの方位角の変動を抑制することができる。
- [0034] 本開示の実施態様に係る光ファイバリボンの製造装置は、並列配置された複数の光ファイバと、複数の光ファイバを一括して覆う被覆と、を備える光ファイバリボンの製造装置であって、複数の光ファイバを供給する繰り出し装置と、複数の光ファイバの側面観察像を取得する撮像装置と、側面観察像に基づき、複数の光ファイバのそれぞれの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算する計算部と、変数に基づき、複数の光ファイバのそれぞれに回転を付与する複数の回転制御部と、を備える。上記光ファイバリボンの製造装置では、中心軸周りの方位角が揃った複数の光ファイバを備える光ファイバリボンを製造することができる。
- [0035] 本開示の光ファイバの製造装置、及び、光ファイバリボンの製造装置にお

いて、撮像装置は、複数の光ファイバの側面に光を照射する光源と、複数の光ファイバを透過した透過光を検出する検出器と、を有してもよい。この場合、光ファイバの側面観察像を取得することができる。

[0036] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の光ファイバの製造方法、光ファイバ、光ファイバリボンの製造方法、光ファイバリボン、光ファイバの製造装置、及び、光ファイバリボンの製造装置の具体例を、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全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。

[0037] (第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る光ファイバの製造装置10の概略図である。第1実施形態に係る光ファイバ1は、例えば、断面が円形状のガラスファイバ2と、ガラスファイバ2の内部に設けられた屈折率変化部と、を備えると共に、中心軸C（図6参照）周りの方位に屈折率変化部の位置自由度がある構造を有する。そのような光ファイバ1として、例えば、MCF及び偏波保持光ファイバが挙げられる。ガラスファイバ2は軸対称でなく横断面の形状が非円形でもよい。以下では、MCFを例にして説明する。第1実施形態では、光ファイバ1は、ガラスファイバ2の外表面を覆う被覆（不図示）を備える。

[0038] ガラスファイバ2は、複数のコア3（図2参照）と、複数のコア3を取り囲むクラッド4（図2参照）とを有する。第1実施形態では、コア3及びクラッド4は互いに異なる屈折率を有しているため、コア3及びクラッド4間で光屈折が生じる。ガラスファイバ2は、4つのコア3を有している。ガラスファイバ2の側面観察像は、ガラスファイバ2中の屈折率変化部での光屈折等により、ガラスファイバ2の中心軸C周りの方位角（回転角度） ϕ （図6参照）に応じて変化する。なお、方位角 ϕ 及び回転角度の単位は、 $^{\circ}$ である。

る。

[0039] 光ファイバ1の製造装置10は、光ファイバ母材5からガラスファイバ2を備える光ファイバ1を製造する。製造装置10は、加熱炉11と、撮像装置12と、ダイス13と、紫外線照射部14と、ガイドローラ部15と、ボビン16と、計算部17とを備える。加熱炉11は、光ファイバ母材5を加熱して熔融する。加熱炉11で熔融された光ファイバ母材5の下端からは、ガラスファイバ2が鉛直方向下向きに線引きされる。

[0040] 撮像装置12は、ダイス13よりも光ファイバ母材5側の観察位置Pで、ガラスファイバ2の側面観察像を取得する。観察位置Pとダイス13との間の距離 L_1 と、ダイス13と加熱炉11の中心との間の距離 L_2 は、 $L_1 / L_2 \leq 0.2$ を満たす。これらの距離は、いずれもガラスファイバ2の長さ方向に沿う距離である。加熱炉11の中心とは、加熱炉11の鉛直方向の中心位置である。観察位置Pは、ダイス13の下流側、すなわち、ダイス13に関し、光ファイバ母材5の反対側であってもよい。この場合も、 $L_1 / L_2 \leq 0.2$ が満たされる。撮像装置12は、計算部17と通信可能に接続され、側面観察像を計算部17に送信する。

[0041] 図2は、撮像装置12の構成を示す概略図である。撮像装置12は、ガラスファイバ2を挟んで互いに対向するように配置された光源21及び検出器22を有する。光源21は、ガラスファイバ2の側面に光を照射する。検出器22は、ガラスファイバ2を透過した透過光を検出する。検出器22は、例えば、光センサ（CCDアレイ、カメラ等）を含む。撮像装置12は、照射装置の光源21から発した光を検出器22により検出することで、ガラスファイバ2の側面観察像を取得する。

[0042] 撮像装置12は、ガラスファイバ2と光源21との間に偏光子を1つ、ガラスファイバ2と検出器22との間に偏光子を1つ、合計2つの偏光子を互いに直交する関係で配置した状態（クロスニコル）で光ファイバの側面観察像を取得してもよい。その場合、ガラスファイバには残留応力による歪みで複屈折が生じるため、ガラスファイバを透過する光の偏光状態が変化する。

そのため、ガラスファイバを透過する透過光は、直交する偏光子間を通り抜け検出器で高精度に検出できる一方で、ガラスファイバを透過しない光はあまり検出できなくなる。以上のことから、クロスニコルを用いることでコントラストが明瞭な側面観察像を得ることができる。

[0043] ダイス 1 3 は、中心部にガラスファイバ 2 を通すための穴を有する金属治具である。ダイス 1 3 は、線引きされたガラスファイバ 2 の外表面に被覆樹脂を塗布するために設置されている。第 1 実施形態では、被覆樹脂は紫外線硬化樹脂である。ダイス 1 3 の近傍は、ガラスファイバ 2 の位置変動が小さく、撮像装置 1 2 により側方観察する際、最もピントずれを抑制できる箇所である。このため、撮像装置 1 2 による観察位置 P は、ダイス 1 3 の直前近傍に設けられている。

[0044] 紫外線照射部 1 4 は、ダイス 1 3 の下流側に配置され、ダイス 1 3 でガラスファイバ 2 に塗布された紫外線硬化樹脂に紫外線を照射する。紫外線硬化樹脂は、紫外線の照射により硬化し、ガラスファイバ 2 の外表面を覆う被覆を構成する。これにより、ガラスファイバ 2 及び被覆を備える光ファイバ 1 が形成される。

[0045] ガイドローラ部 1 5 は、紫外線照射部 1 4 とボビン 1 6 との間に配置され、光ファイバ 1 をボビン 1 6 に案内する。図 1 では、省略して 1 個のガイドローラのみが示されているが、ガイドローラ部 1 5 は、実際は 2 個または 3 個以上のガイドローラを有している。

[0046] 図 3 及び図 4 は、ガイドローラ部 1 5 の構成を示す概略図である。第 1 実施形態のガイドローラ部 1 5 は、上流側（紫外線照射部 1 4 側）に設けられた第 1 ガイドローラ 3 1 と、下流側（ボビン 1 6 側）に設けられた第 2 ガイドローラ 3 2 と、を有している。

[0047] ガイドローラ部 1 5 は、1 つの揺動ガイドローラを含む。第 1 実施形態では、第 1 ガイドローラ 3 1 が揺動ガイドローラであるが、第 2 ガイドローラ 3 2 が揺動ガイドローラであってもよい。第 1 ガイドローラ 3 1 は、第 1 ガイドローラ 3 1 の回転軸方向を光ファイバ 1 の中心軸 C に対して傾けること

により、光ファイバ1（ガラスファイバ2）に中心軸C周りの回転（ねじれ）を付与する回転制御部である。回転制御部は、線引き中の光ファイバ1に対して物理的操作を行うことで光ファイバ1の中心軸C周りの方位角 ϕ を制御する。揺動ガイドローラは、回転制御部の一例である。製造装置10では、揺動ガイドローラ以外の構成により光ファイバ1に回転を付与してもよい。

[0048] 図4に示されるように、第1ガイドローラ31は、光ファイバ1の中心軸Cに対して交互に振動（揺動）する。第1ガイドローラ31は、光ファイバ1の中心軸Cと、第1ガイドローラ31の回転軸方向に垂直な面とのなす角度が $\pm\theta$ となる範囲で交互に揺動する。第1ガイドローラ31がプラスの角度に傾くときと、マイナスの角度に傾くときとは、光ファイバ1に付与されるねじれの方向が反対向きになる。したがって、線引き中の光ファイバ1に対して、時計回り及び反時計回りのトルクが交互に生じ、光ファイバ1に回転（ねじれ）が付与される。

[0049] 第1ガイドローラ31は、計算部17と通信可能に接続され、計算部17から制御信号を受信する。第1ガイドローラ31は、計算部17から受信した制御信号に基づいて傾き、光ファイバ1に回転を付与する。ガイドローラによりファイバにねじりを付与する方法は、特許文献1にも開示されている。ただし、特許文献1では、フィードバック機能は想定されていない。

[0050] ボビン16は、光ファイバ1を巻き取る。光ファイバ1（ガラスファイバ2）は、中心軸C周りの方位角 ϕ の変動量が全長にわたって 180° 以下、好ましくは 120° 以下、より好ましくは 90° 以下、更に好ましくは 60° 以下となるようにボビン16に巻き取られている。ここで、全長は少なくとも 100 m 以上、好ましくは 1 km 以上、より好ましくは 5 km 以上、特に好ましくは 10 km 以上である。

[0051] 計算部17は、撮像装置12及び第1ガイドローラ31と通信可能に接続されている。計算部17は、撮像装置12から側面観察像を受信する。計算部17は、得られた側面観察像に基づき、ガラスファイバ2の中心軸C周り

の方位角 ϕ に関連する変数を計算する。計算部 17 は、計算結果に基づき、線引き中の第 1 ガイドローラ 31 に対してフィードバック制御を行う。計算部 17 は、計算結果に応じた制御信号を第 1 ガイドローラ 31 に送信する。

[0052] 計算部 17 は、側面観察像から輝度プロファイルを抽出し、例えば、相関係数や多変量解析といった計算を行う。計算部 17 により計算される変数は、例えば、第 1 時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイル L_{1i} (i はセンサの画素を表す符号) と、第 1 時刻から所定時間経過後の第 2 時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイル L_{2i} との相関係数 $s_{12} / (s_1 \times s_2)$ (s_1 は L_{1i} の標準偏差、 s_2 は L_{2i} の標準偏差、 s_{12} は、 L_{1i} と L_{2i} の共分散) である。相関係数の値が高いほど、方位角 ϕ の時間変化が少ない。変数は、例えば、第 1 時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルの特徴ピークの輝度値と、第 1 時刻から所定時間経過後の第 2 時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルの特徴ピークの輝度値であってもよい。特徴ピークとは、輝度プロファイルの極大値または極小値であり、例えば、輝度値が最大となるピークである。

[0053] 線引き対象の光ファイバ 1 の構造が既知の場合、光ファイバ 1 について所望の回転角度の輝度プロファイルの学習データを用意して用いてもよい。計算部 17 は、事前に取得された学習データの輝度プロファイルと、ある時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルとの多変量解析に基づく回帰分析を計算してもよい。この場合、変数は事前に取得された学習データの輝度プロファイルに対して行われた多変量解析に基づく回帰分析結果を使用して、側面観察像の輝度プロファイルから計算された方位角 ϕ である。

[0054] 計算部 17 は、例えば、CPU (Central Processing Unit) などのプロセッサと、RAM (Random Access Memory) 及び ROM (Read Only Memory) などのメモリと、タッチパネル、マウス、キーボード、ディスプレイなどの入出力装置と、ネットワークカードなどの通信装置とを含むコンピュータシステムとして構成されてもよい。計算部 17 は、メモリに記憶されているコンピュータプログラムに基づくプロセッサの制御のもとで各ハードウェア

アを動作させることにより、計算部 17 の機能を実現する。

[0055] 第 1 実施形態に係る光ファイバ 1 の製造方法は、線引き工程と、塗布工程と、紫外線照射工程と、巻き取り工程とを含む。この製造方法によれば、ガラスファイバ 2 を備える光ファイバ 1 が製造される。線引き工程は、加熱炉 11 により、光ファイバ母材 5 を加熱して溶融し、ガラスファイバ 2 を線引きする工程である。塗布工程は、ダイス 13 により、ガラスファイバ 2 の表面に被覆樹脂を塗布する工程である。紫外線照射工程は、紫外線照射部 14 により、ガラスファイバ 2 の表面上の被覆樹脂に紫外線を照射する工程である。巻き取り工程は、ポビン 16 により、光ファイバ 1 を巻き取る工程である。

[0056] 図 5 は、フィードバック制御を示すフローチャートである。光ファイバ 1 の製造方法は、光ファイバ 1 の線引き中に光ファイバ 1 の中心軸 C 周りの方位角 ϕ をフィードバック制御（フィードバック操作）するために、上記工程に加えて更に、取得工程 S 1 と、計算工程 S 2 と、回転工程 S 3 と、を含む。

[0057] 取得工程 S 1 は、撮像装置 12 により、ガラスファイバ 2 の側面観察像を取得する工程である。取得工程 S 1 は、光源 21 からガラスファイバ 2 に光を照射し、透過光を検出器 22 で検出することで側面観察像を取得する光量測定ステップである。計算工程 S 2 は、計算部 17 により、側面観察像に基づき、ガラスファイバ 2 の中心軸 C 周りの方位角 ϕ に関連する変数を計算する工程である。計算工程 S 2 では、計算部 17 により、側面観察像から輝度プロファイルを抽出し、輝度プロファイルを用いた計算を行う演算ステップである。

[0058] 回転工程 S 3 は、第 1 ガイドローラ 31 により、ガラスファイバ 2 に中心軸 C 周りの回転を付与する工程である。第 1 ガイドローラ 31 は、計算部 17 の計算結果に応じた制御信号に基づき、ガラスファイバ 2 の中心軸 C 周りの方位角 ϕ をフィードバック制御する。よって、回転工程 S 3 は、ガラスファイバ 2 の中心軸 C 周りの方位角 ϕ に関連する変数に基づき、ガラスファイ

バ2に回転を付与する。例えば、変数が上述の相関係数である場合、相関係数の値が高くなるようにガラスファイバ2に回転を付与する。回転工程S3は、演算ステップの結果をもとに、線引き中の製造装置10にフィードバックを行い、光ファイバ1の回転調芯を行う処理ステップである。

[0059] 図6は、ガラスファイバの中心軸C周りの方位角 ϕ と長手方向の位置との関係を示すグラフである。縦軸は、ガラスファイバ2の方位角 ϕ を示す。ここでは、時計回りの方位角 ϕ がマイナス、反時計回りの方位角 ϕ がプラスで示されている。横軸は、ボビン16に巻き取られた光ファイバ1の長手方向の位置を示す。光ファイバ1では、フィードバック制御により、時計／反時計回りの方位角 ϕ の変動がファイバ全長でゼロに近づくようにボビン16に巻き取られている。そのため、光ファイバ1の中心軸C周りの方位角 ϕ の変動が抑制される。フィードバック制御により、上述の巻き取り工程では、光ファイバ1は、中心軸C周りの方位角 ϕ の変動量が全長にわたって 180° 以下、好ましくは 120° 以下、より好ましくは 90° 以下、更に好ましくは 60° 以下となるようにボビン16に巻き取られる。

[0060] 以上説明したように、光ファイバ1の製造方法では、線引きしながらガラスファイバ2の中心軸C周りの方位角 ϕ に関連する変数を求め、この変数に基づき、ガラスファイバ2に回転を付与する。よって、中心軸C周りの方位角 ϕ の変動を抑制することができる。

[0061] 取得工程S1では、ダイス13よりも光ファイバ母材5側の観察位置Pで側面観察像を取得する。観察位置Pとダイス13との間の距離 L_1 と、ダイス13と加熱炉11の中心との間の距離 L_2 は、 $L_1/L_2 \leq 0.2$ を満たす。ガラスファイバ2の軸ずれ量が最小となる位置範囲でガラスファイバ2の側面を観察するので、観察精度の低下を抑制することができる。

[0062] 計算工程S2で計算する変数は、第1時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルと、第1時刻から所定時間経過後の第2時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルとの相関係数であってもよい。また、変数は、第1時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルの特徴ピークの輝度値と

、第1時刻から所定時間経過後の第2時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルの特徴ピークの輝度値であってもよい。また、計算工程S2は、事前に取得された学習データの輝度プロファイルと、ある時刻に取得された側面観察像の輝度プロファイルとの多変量解析に基づく回帰分析を計算することを含んでもよい。いずれの場合も、ガラスファイバ2の中心軸C周りの方位角 ϕ を精度よく調整することができる。

[0063] 図7は、ポビンに巻き取られた光ファイバの方位角 ϕ の変動量と $L1/L2$ との関係を示すグラフである。縦軸は、ポビンに巻き取られた光ファイバの方位角 ϕ の変動量を示す。横軸は $L1/L2$ を示す。図7には、計算工程S2で特徴ピークの輝度値を計算する方法、輝度プロファイル間の相関関数を計算する方法、及び、多変量解析に基づく回帰分析を計算する方法のそれぞれについて、ポビンに巻き取られた光ファイバの方位角 ϕ の変動量と $L1/L2$ との関係を調べた結果が示されている。いずれの方法でも、 $L1/L2 \leq 0.2$ において、変動量が抑制されていることが確認できる。変動量が最も抑制されるのは、多変量解析に基づく回帰分析を計算する方法である。変動量が次に抑制されるのは、輝度プロファイル間の相関係数を計算する方法である。

[0064] 回転工程S3では、揺動ガイドローラである第1ガイドローラ31によりガラスファイバ2に回転を付与する。このため、簡単な構成で光ファイバ1に容易に回転を付与することができる。

[0065] 巻き取り工程では、光ファイバ1を方位角 ϕ の変動量が全長にわたって 180° 以下、好ましくは 120° 以下、より好ましくは 90° 以下、更に好ましくは 60° 以下となるようにポビンに巻き取る。このため、中心軸C周りの方位角 ϕ の変動が抑制された状態でポビン16に巻き取られた光ファイバ1を製造することができる。

[0066] 光ファイバ1は、ガラスファイバ2を備え、ガラスファイバ2の中心軸C周りの方位角 ϕ の変動量が全長にわたって 180° 以下、好ましくは 120° 以下、より好ましくは 90° 以下、更に好ましくは 60° 以下となるよう

にボビン 16 に巻き取られている。光ファイバ 1 では、中心軸 C 周りの方位角 ϕ の変動が抑制されている。光ファイバ 1 が MCF である場合、複数のコア 3 の回転ずれが抑制されている。光ファイバ 1 が偏波保持光ファイバである場合、屈折率の主軸の回転ずれが抑制されている。

[0067] 製造装置 10 では、線引きしながらガラスファイバ 2 の中心軸 C 周りの方位角 ϕ に関連する変数を求め、この変数に基づき、ガラスファイバ 2 に回転を付与する。よって、光ファイバ 1 の中心軸 C 周りの方位角 ϕ の変動を抑制することができる。

[0068] 撮像装置 12 は、ガラスファイバ 2 の側面に光を照射する光源 21 と、ガラスファイバ 2 を透過した透過光を検出する検出器 22 と、を含んでいる。よって、ガラスファイバ 2 の側面観察像を取得することができる。

[0069] (第 2 実施形態)

図 8 は、第 2 実施形態に係る光ファイバリボンの製造装置 50 の概略図である。第 2 実施形態に係る光ファイバリボン 6 は、並列配置された複数の光ファイバ 1 を備える。光ファイバ 1 は、例えば、第 1 実施形態に係る光ファイバ 1 である。第 2 実施形態では、光ファイバリボン 6 は、複数の光ファイバ 1 を一括して覆う被覆（不図示）を備える。つまり、光ファイバリボン 6 は、各光ファイバ 1 を個別に覆う被覆と、複数の光ファイバ 1 を一括して覆う被覆とをそれぞれ備える。

[0070] 第 2 実施形態に係る製造装置 50 は、複数の光ファイバ 1 から光ファイバリボン 6 を製造する。製造装置 50 は、繰り出し装置 51 と、ガイドローラ部 52 と、集線ローラ 53 と、撮像装置 54 と、ダイス 55 と、紫外線照射部 56 と、ガイドローラ 57 と、計算部 58 と、を備える。繰り出し装置 51 は、光ファイバ 1 がそれぞれの中心軸 C 周りの方位角 ϕ の変動量が全長にわたって 180° 以下、好ましくは 120° 以下、より好ましくは 90° 以下、更に好ましくは 60° 以下となるように巻き取られた複数のボビン 16 を含み、複数の光ファイバ 1 を供給する。図 8 では、省略して 3 個のボビン 16 のみが示されているが、実際は更に多くのボビン 16 が設けられている。

。

[0071] ガイドローラ部52は、繰り出し装置51と集線ローラ53との間に配置され、複数の光ファイバ1を集線ローラ53に案内する。ガイドローラ部52は、図3に示されるガイドローラ部15と同じ構成を有している。すなわち、図8では、1つのガイドローラ部52につき、省略して1個のガイドローラのみが示されているが、各ガイドローラ部52は、実際は2個または3個以上のガイドローラを有している。第2実施形態では、各ガイドローラ部52は、上流側（繰り出し装置51側）に設けられた第1ガイドローラ31と、下流側（集線ローラ53側）に設けられた第2ガイドローラ32とを有している。

[0072] 第1ガイドローラ31は、上述のように、揺動ガイドローラであり、複数の光ファイバ1のそれぞれに中心軸C周りの回転（ねじれ）を付与する回転制御部である。第1ガイドローラ31は、計算部58と通信可能に接続され、計算部58から制御信号を受信する。第1ガイドローラ31は、計算部58から受信した制御信号に基づいて傾き、光ファイバ1に回転を付与する。

[0073] 集線ローラ53は、複数の光ファイバ1を集線し、複数の光ファイバ1を並列配置する。撮像装置54は、集線ローラ53とダイス55との間に設けられている。撮像装置54は、図2に示される撮像装置12と同じ構成を有している。すなわち、撮像装置54は、光源21及び検出器22を有する。撮像装置54は、照射装置の光源21から発した光を検出器22により検出することで、光ファイバ1の側面観察像を取得する。

[0074] 撮像装置54は、ダイス55よりも繰り出し装置51側の観察位置Pで、複数の光ファイバ1の側面観察像を取得する。観察位置Pとダイス55との間の距離 L_1 と、ダイス55と集線ローラ53の中心との間の距離 L_2 は、 $L_1 / L_2 \leq 0.2$ を満たす。これらの距離は、いずれも光ファイバ1の長さ方向に沿う距離である。観察位置Pは、ダイス55の下流側、すなわち、ダイス55に対し、繰り出し装置51の反対側であってもよい。この場合も、 $L_1 / L_2 \leq 0.2$ が満たされる。

- [0075] ダイス55は、中心部に複数の光ファイバ1を通すための穴を有する金属治具である。ダイス55は、繰り出し装置51のポビン16から引き出された光ファイバ1の外表面に被覆樹脂を塗布するために設置されている。第2実施形態では、被覆樹脂は紫外線硬化樹脂である。ダイス55の近傍は、光ファイバ1の中心軸Cのずれ量が小さく、撮像装置54により側方観察する際、最もピントずれを抑制できる箇所である。このため、撮像装置54による観察位置Pは、ダイス55の直前近傍に設けられている。
- [0076] 紫外線照射部56は、図1に示される紫外線照射部14と同じ構成を有している。紫外線照射部56は、ダイス55で複数の光ファイバ1に塗布された紫外線硬化樹脂に紫外線を照射する。紫外線硬化樹脂は、紫外線の照射により硬化し、複数の光ファイバ1を一括して覆う被覆を構成する。これにより、複数の光ファイバ1及び被覆を備える光ファイバリボン6が形成される。ガイドローラ57は、光ファイバリボン6を次工程に案内する。
- [0077] 計算部58は、図1に示される計算部17と同じ構成を有している。計算部58は、撮像装置54及び第1ガイドローラ31と通信可能に接続されている。計算部58は、撮像装置54から複数の側面観察像を受信する。計算部58は、得られた複数の側面観察像に基づき、複数の光ファイバ1それぞれの中心軸C周りの方位角 ϕ に関連する変数を計算する。計算部58は、計算結果に基づき、第1ガイドローラ31に対してフィードバック制御を行う。計算部58は、計算結果に応じた制御信号を第1ガイドローラ31に送信する。
- [0078] このようにして得られた光ファイバリボン6では、各光ファイバ1の中心軸C周りの方位角 ϕ の変動量が全長にわたって 180° 以下、好ましくは 120° 以下、より好ましくは 90° 以下、更に好ましくは 60° 以下である。ここで、全長は少なくとも 100 m 以上、好ましくは 1 km 以上、より好ましくは 5 km 以上、特に好ましくは 10 km 以上である。複数の光ファイバ1がMCFである場合、光ファイバリボン6では、それぞれのコア3の配置の方位の中心値が互いに一致するように並列配置されている。複数の光フ

ファイバ1が偏波保持光ファイバである場合、光ファイバリボン6では、それぞれの屈折率の主軸の方位の中心値が互いに一致するように並列配置されている。

[0079] 第2実施形態に係る光ファイバリボン6の製造方法は、引き出し工程と、塗布工程と、紫外線照射工程とを含む。引き出し工程は、繰り出し装置51から供給される複数の光ファイバ1を引き出す工程である。塗布工程は、ダイス55により、複数の光ファイバ1の表面に一括して被覆樹脂を塗布する工程である。紫外線照射工程は、紫外線照射部56により、被覆樹脂に紫外線を照射する工程である。

[0080] 第2実施形態に係る光ファイバリボン6の製造方法では、第1実施形態に係る光ファイバ1の製造方法と同様にフィードバック制御が行われる。すなわち、光ファイバリボン6の製造方法は、光ファイバ1の中心軸C周りの方位角 ϕ をフィードバック制御（フィードバック操作）するために、上記工程に加えて更に、取得工程S1と、計算工程S2と、回転工程S3と、を含む。取得工程S1は、撮像装置54により、複数の光ファイバ1の側面観察像を取得する工程である。計算工程S2は、計算部58により、側面観察像に基づき、複数の光ファイバ1それぞれの中心軸C周りの方位角 ϕ に関連する変数を計算する工程である。回転工程S3は、第1ガイドローラ31により、複数の光ファイバ1それぞれに回転を付与する工程である。

[0081] 以上説明したように、光ファイバリボン6の製造方法では、繰り出し装置51から複数の光ファイバ1を引き出し、テープ化しながら光ファイバ1の中心軸C周りの方位角 ϕ に関連する変数を求め、この変数に基づき、光ファイバ1に回転を付与する。よって、中心軸C周りの方位角 ϕ の変動を抑制することができる。この結果、中心軸C周りの方位角 ϕ が揃った複数の光ファイバ1を備える光ファイバリボン6を製造することができる。

[0082] 光ファイバリボン6の製造方法の取得工程S1では、ダイス55よりも繰り出し装置51側の観察位置Pで複数の光ファイバ1の側面観察像を取得する。観察位置Pとダイス55との間の距離L1と、ダイス55と集線ローラ

53の中心との間の距離 L_2 は、 $L_1 / L_2 \leq 0.2$ を満たす。光ファイバ1の軸ずれ量が最小となる位置範囲で光ファイバ1の側面を観察するので、観察精度の低下を抑制することができる。

[0083] 繰り出し装置51は、複数の光ファイバ1がそれぞれの中心軸C周りの方位角 ϕ の変動量が全長にわたって 180° 以下、好ましくは 120° 以下、より好ましくは 90° 以下、更に好ましくは 60° 以下となるように巻き取られた複数のポビン18を含んでいる。このように中心軸C周りの方位角 ϕ の変動が抑制された光ファイバ1が繰り出し装置51から供給されるので、テープ化の際の回転調芯が簡略化できる。つまり、微調整を行うだけで、中心軸C周りの方位角 ϕ が揃った複数の光ファイバ1を備える光ファイバリボン6を容易に製造することができる。

[0084] 光ファイバリボン6では、複数の光ファイバ1それぞれの中心軸C周りの方位角 ϕ の変動量が全長にわたって 180° 以下、好ましくは 120° 以下、より好ましくは 90° 以下、更に好ましくは 60° 以下である。よって、光ファイバリボン6では、複数の光ファイバ1それぞれの中心軸C周りの方位角 ϕ の変動が抑制されている。

[0085] 複数の光ファイバ1がMCFであり、それぞれのコア3の配置の方位の中心値が互いに一致するように並列配置されている場合、光ファイバリボン6では、複数のコア3の回転ずれが抑制されている。複数の光ファイバ1が偏波保持光ファイバであり、それぞれの屈折率の主軸の方位の中心値が互いに一致するように並列配置されている場合、光ファイバリボン6では、屈折率の主軸の回転ずれが抑制されている。

[0086] 製造装置50では、繰り出し装置51から複数の光ファイバ1を引き出し、テープ化しながら光ファイバ1の中心軸C周りの方位角 ϕ に関連する変数を求め、この変数に基づき、光ファイバ1に回転を付与する。よって、複数の光ファイバ1それぞれの中心軸C周りの方位角 ϕ の変動を抑制することができる。この結果、中心軸C周りの方位角 ϕ が揃った複数の光ファイバ1を備える光ファイバリボン6を製造することができる。

[0087] 撮像装置 54 は、複数の光ファイバ 1 の側面に光を照射する光源 21 と、複数の光ファイバ 1 を透過した透過光を検出する検出器 22 と、を有している。このため、光ファイバ 1 の側面観察像を取得することができる。

[0088] (変形例)

図 9 は、変形例に係るガイドローラ部 15A の構成を示す概略図である。図 10 は、第 3 ガイドローラ 35 及び第 4 ガイドローラ 36 を上方から見た図である。変形例に係るガイドローラ部 15A は、第 1 ガイドローラ 33、第 2 ガイドローラ 34、第 3 ガイドローラ 35、及び第 4 ガイドローラ 36 を有している。第 1 ガイドローラ 33 は、上流側（紫外線照射部 14 側）に設けられている。第 2 ガイドローラ 34 は、下流側（ボビン 16 側）に設けられている。第 3 ガイドローラ 35 及び第 4 ガイドローラ 36 は、第 1 ガイドローラ 33 と第 2 ガイドローラ 34 との間に設けられ、光ファイバ 1 を挟んで互いに対向している。

[0089] 第 3 ガイドローラ 35 は、揺動ガイドローラであり、第 3 ガイドローラ 35 の回転軸に垂直な面と光ファイバ 1 の中心軸 C（つまり、光ファイバ 1 が進む方向）との間の角度（「第 1 角度」という）が $\pm\alpha$ となる範囲で揺動する。第 4 ガイドローラ 36 は、揺動ガイドローラであり、第 4 ガイドローラ 36 の回転軸に垂直な面と光ファイバ 1 の中心軸 C との間の角度（「第 2 角度」という）が $\pm\alpha$ となる範囲で揺動する。第 3 ガイドローラ 35 及び第 4 ガイドローラ 36 は、互いに逆位相で揺動する。すなわち、第 3 ガイドローラ 35 が第 1 角度を $-\alpha$ から α へと変化させる間に、第 4 ガイドローラ 36 が第 2 角度を α から $-\alpha$ へと変化させる。これにより、光ファイバ 1 に時計回り及び反時計回りのトルクを交互に加えることができる。ガイドローラ部 15A では、第 3 ガイドローラ 35 及び第 4 ガイドローラ 36 が、光ファイバ 1 の中心軸 C 周りの方位角 ϕ を制御する回転制御部として機能する。

[0090] 本開示は上記実施形態及び上記変形例に限定されない。上記実施形態と上記変形例とは、適宜組み合わせられてもよい。

符号の説明

- [0091] 1…光ファイバ
2…ガラスファイバ
3…コア
4…クラッド
5…光ファイバ母材
6…光ファイバリボン
10…製造装置
11…加熱炉
12…撮像装置
13…ダイス
14…紫外線照射部
15, 15A…ガイドローラ部
16…ボビン
17…計算部
21…光源
22…検出器
31…第1ガイドローラ
32…第2ガイドローラ
33…第1ガイドローラ
34…第2ガイドローラ
35…第3ガイドローラ
36…第4ガイドローラ
50…製造装置
51…繰り出し装置
52…ガイドローラ部
53…集線ローラ
54…撮像装置
55…ダイス

5 6 …紫外線照射部

5 7 …ガイドローラ

5 8 …計算部

C …中心軸

P …観察位置

ϕ …方位角

請求の範囲

- [請求項1] ガラスファイバを備える光ファイバの製造方法であって、
 光ファイバ母材を加熱炉で加熱して熔融し、前記ガラスファイバを
 線引きすることと、
 前記ガラスファイバの側面観察像を観察位置で取得することと、
 前記側面観察像に基づき、前記ガラスファイバの中心軸周りの方位
 角に関連する変数を計算することと、
 前記変数に基づき、前記ガラスファイバに中心軸周りの回転を付与
 することと、を含む、
 光ファイバの製造方法。
- [請求項2] 前記ガラスファイバの表面にダイスにより被覆樹脂を塗布すること
 を更に含み、
 前記観察位置は、前記ダイスと前記光ファイバ母材との間であって
 、前記観察位置と前記ダイスとの間の距離 L_1 と、前記ダイスと前記
 加熱炉の中心との間の距離 L_2 が、 $L_1 / L_2 \leq 0.2$ を満たす、
 請求項1に記載の光ファイバの製造方法。
- [請求項3] 前記変数は、第1時刻に取得された前記側面観察像の輝度プロファ
 イルと、前記第1時刻から所定時間経過後の第2時刻に取得された前
 記側面観察像の輝度プロファイルとの相関係数である、
 請求項1又は2に記載の光ファイバの製造方法。
- [請求項4] 前記変数は、第1時刻に取得された前記側面観察像の輝度プロファ
 イルの特徴ピークの輝度値と、前記第1時刻から所定時間経過後の第
 2時刻に取得された前記側面観察像の輝度プロファイルの特徴ピーク
 の輝度値である、
 請求項1又は2に記載の光ファイバの製造方法。
- [請求項5] 前記変数は、事前に取得された学習データの輝度プロファイルに対
 して行われた多変量解析に基づく回帰分析結果を使用して、前記側面
 観察像の輝度プロファイルから計算された前記方位角である、

請求項 1 又は 2 に記載の光ファイバの製造方法。

[請求項6] 前記回転を付与することは、揺動ガイドローラにより前記ガラスファイバに回転を付与することを含む、

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の光ファイバの製造方法。

[請求項7] 前記光ファイバを前記方位角の変動量が全長にわたって 180° 以下となるようにボビンに巻き取ることを更に含む、

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の光ファイバの製造方法。

[請求項8] ガラスファイバを備える光ファイバであって、
前記ガラスファイバの中心軸周りの方位角の変動量が全長にわたって 180° 以下となるようにボビンに巻き取られている、
光ファイバ。

[請求項9] 前記光ファイバは、マルチコア光ファイバである、
請求項 8 に記載の光ファイバ。

[請求項10] 前記光ファイバは、偏波保持光ファイバである、
請求項 8 に記載の光ファイバ。

[請求項11] 並列配置された複数の光ファイバと、前記複数の光ファイバを一括して覆う被覆とを備える光ファイバリボンの製造方法であって、
繰り出し装置から前記複数の光ファイバを引き出すことと、
集線ローラで前記複数の光ファイバを集線し、前記複数の光ファイバを並列配置することと、
前記複数の光ファイバの側面観察像を観察位置で取得すること、
前記側面観察像に基づき、前記複数の光ファイバそれぞれの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算することと、
前記変数に基づき、前記複数の光ファイバそれぞれに回転を付与することと、を含む、
光ファイバリボンの製造方法。

[請求項12] 前記複数の光ファイバの表面にダイスにより一括して被覆樹脂を塗布することを更に含む、

前記観察位置は、前記ダイスよりも前記繰り出し装置側であって、前記観察位置と前記ダイスとの間の距離 L_1 と、前記ダイスと前記集線ローラの中心との間の距離 L_2 が、 $L_1 / L_2 \leq 0.2$ を満たす、請求項11に記載の光ファイバリボンの製造方法。

[請求項13] 前記繰り出し装置は、前記複数の光ファイバがそれぞれの中心軸周りの方位角の変動量が全長にわたって 180° 以下となるように巻かれている複数のボビンを含む、

請求項11又は12に記載の光ファイバリボンの製造方法。

[請求項14] 並列配置された複数の光ファイバと、
前記複数の光ファイバを一括して覆う樹脂と、を備え、
前記複数の光ファイバそれぞれの中心軸周りの方位角の変動量が全長にわたって 180° 以下である、
光ファイバリボン。

[請求項15] 前記複数の光ファイバは、マルチコア光ファイバであり、それぞれのコアの配置の方位の中心値が互いに一致するように並列配置されている、
請求項14に記載の光ファイバリボン。

[請求項16] 前記複数の光ファイバは、偏波保持光ファイバであり、それぞれの屈折率の主軸の方位の中心値が互いに一致するように並列配置されている、
請求項15に記載の光ファイバリボン。

[請求項17] ガラスファイバを備える光ファイバの製造装置であって、
光ファイバ母材を加熱して熔融する加熱炉と、
熔融された前記光ファイバ母材から線引きされた前記ガラスファイバの側面観察像を取得する撮像装置と、
前記側面観察像に基づき、前記ガラスファイバの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算する計算部と、
前記変数に基づき、前記ガラスファイバに回転を付与する回転制御

部と、を備える、

光ファイバの製造装置。

[請求項18] 前記撮像装置は、

前記ガラスファイバの側面に光を照射する光源と、

前記ガラスファイバを透過した透過光を検出する検出器と、を含む、

請求項17に記載の光ファイバの製造装置。

[請求項19] 並列配置された複数の光ファイバと、前記複数の光ファイバを一括

して覆う被覆と、を備える光ファイバリボンの製造装置であって、

前記複数の光ファイバを供給する繰り出し装置と、

前記複数の光ファイバの側面観察像を取得する撮像装置と、

前記側面観察像に基づき、前記複数の光ファイバのそれぞれの中心軸周りの方位角に関連する変数を計算する計算部と、

前記変数に基づき、前記複数の光ファイバのそれぞれに回転を付与する複数の回転制御部と、を備える、

光ファイバリボンの製造装置。

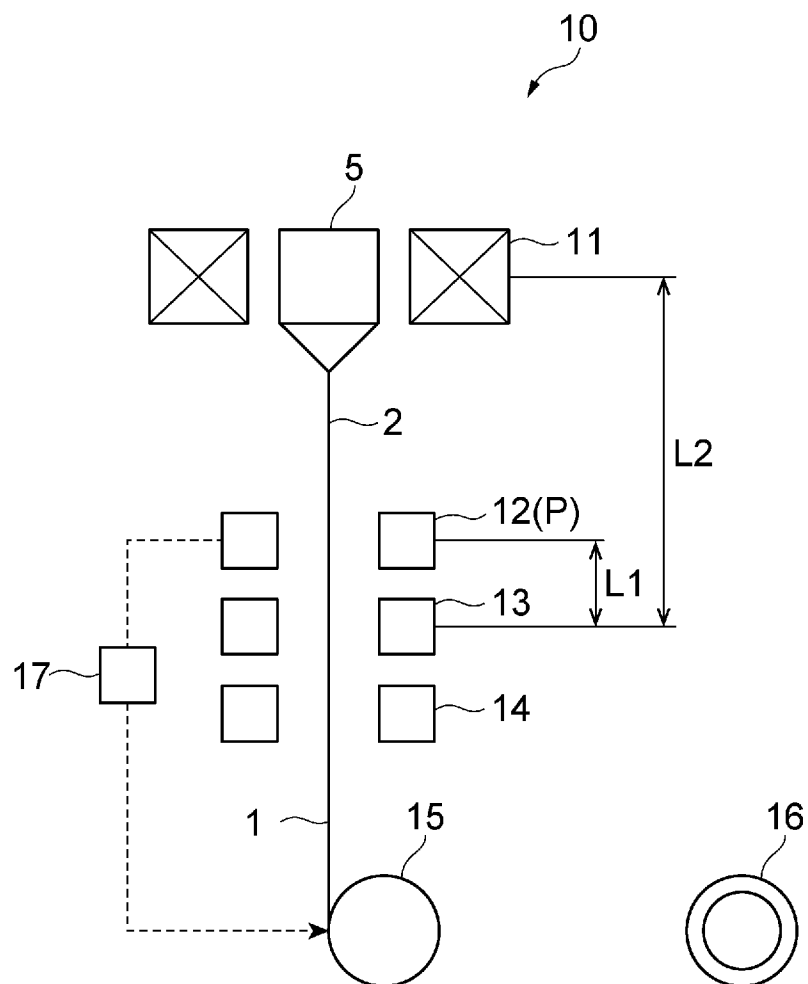
[請求項20] 前記撮像装置は、

前記複数の光ファイバの側面に光を照射する光源と、

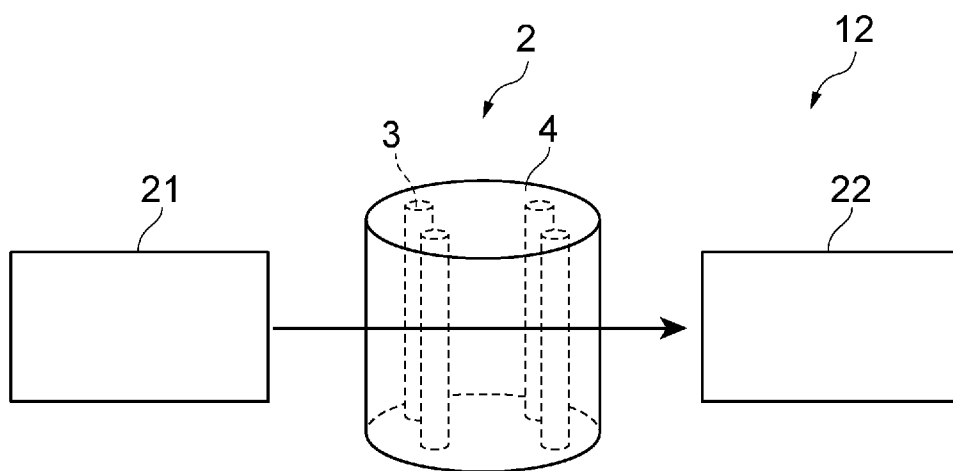
前記複数の光ファイバを透過した透過光を検出する検出器と、を有する、

請求項19に記載の光ファイバリボンの製造装置。

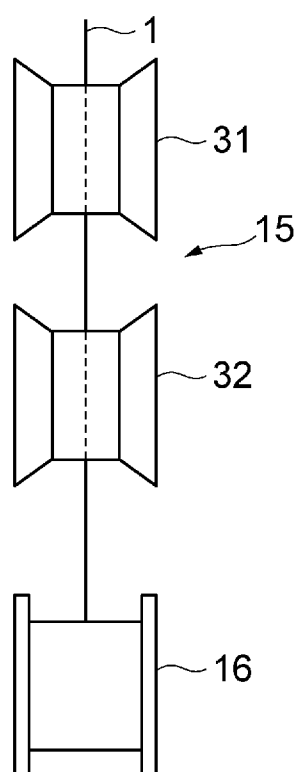
[図1]



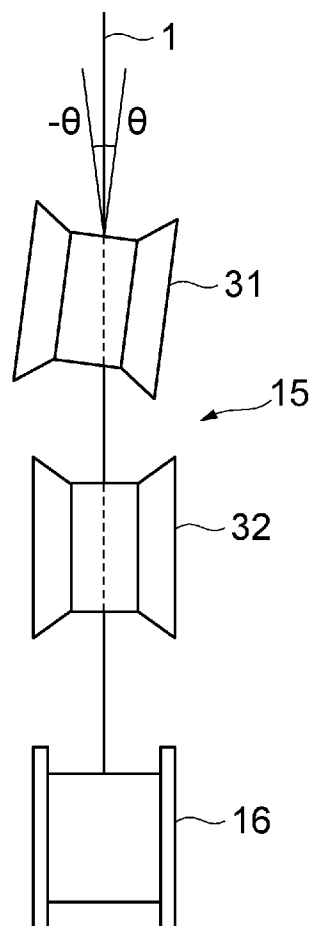
[図2]



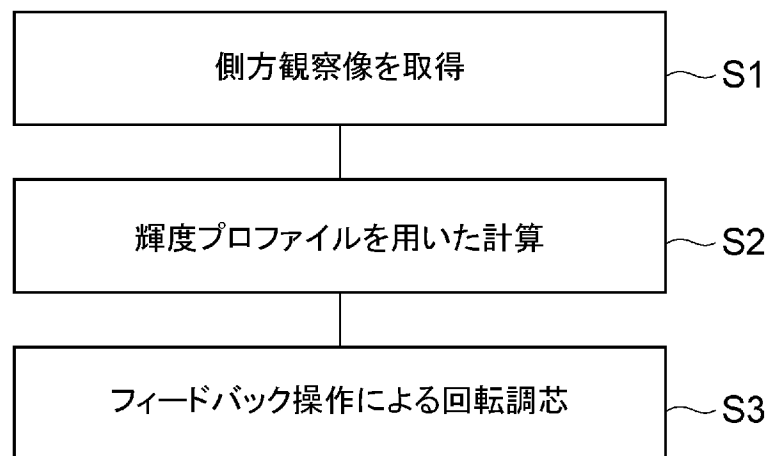
[図3]



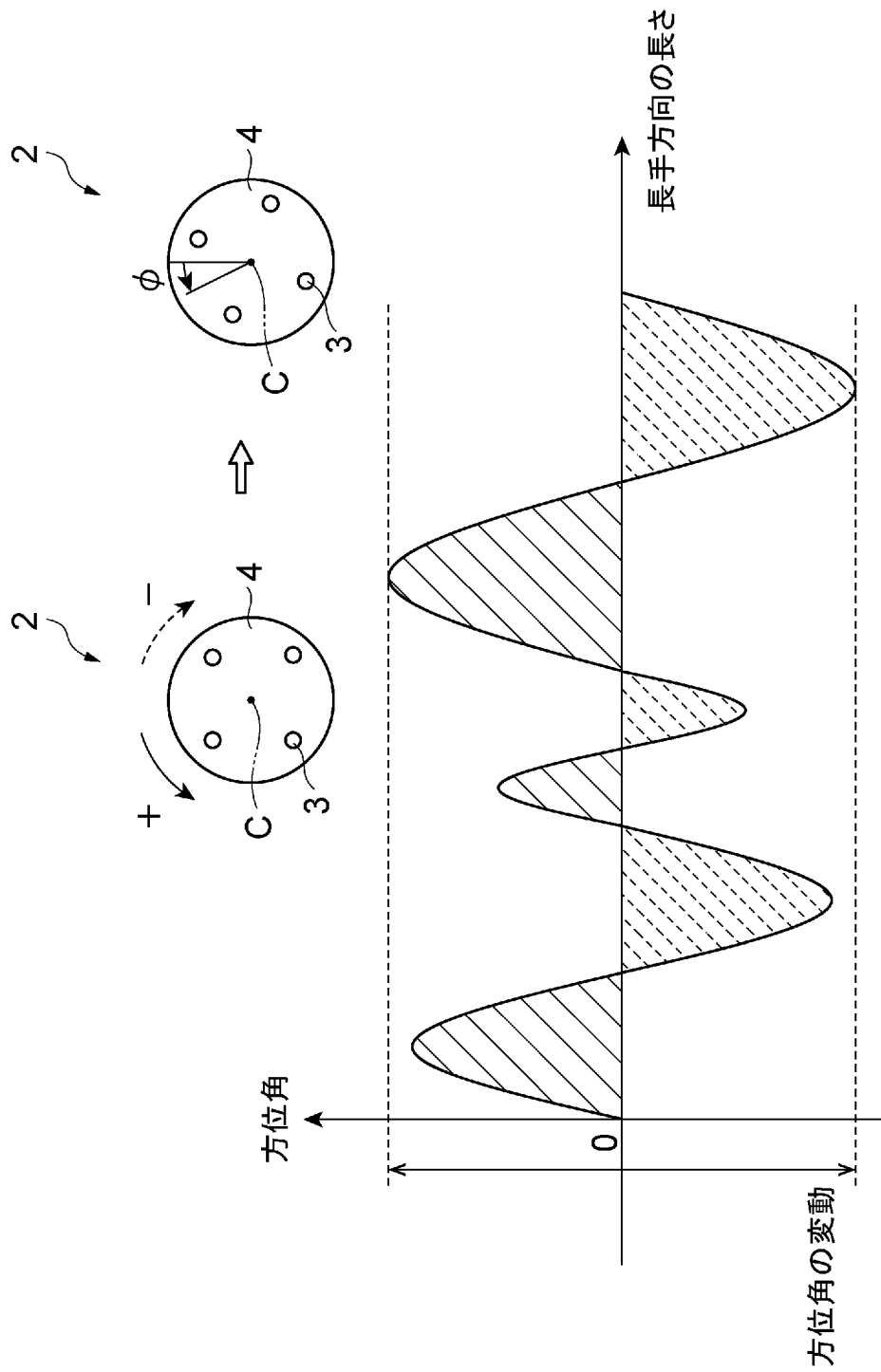
[図4]



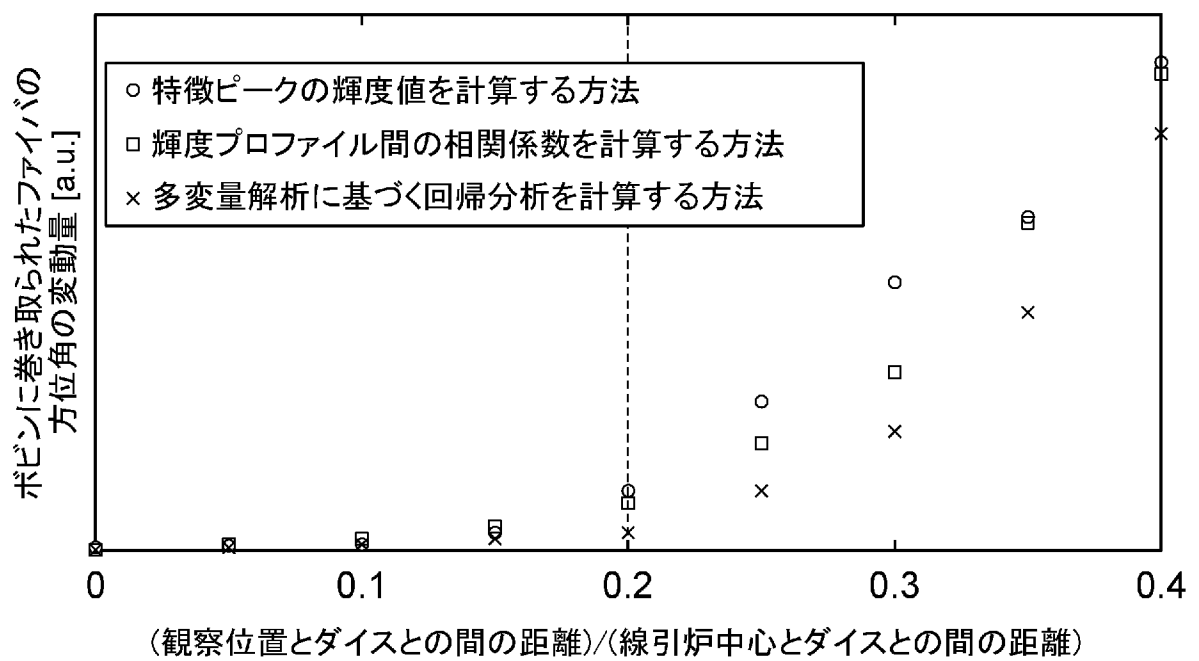
[図5]



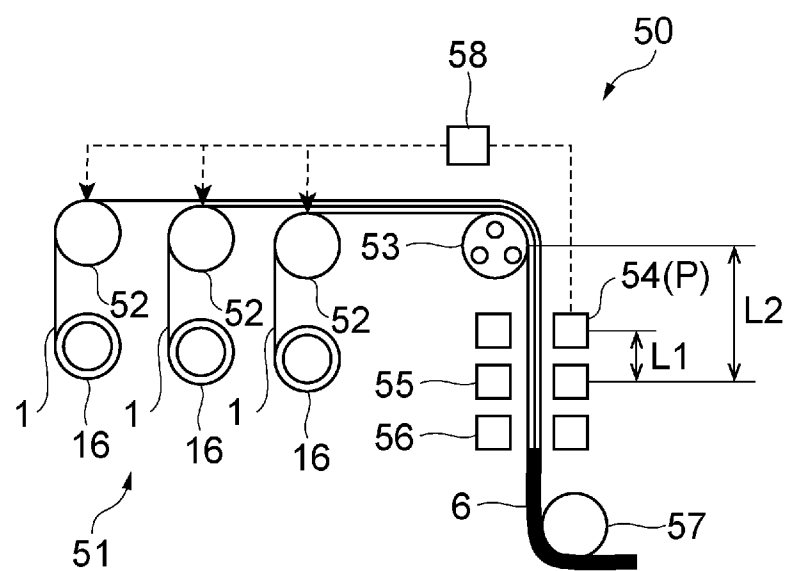
[図6]



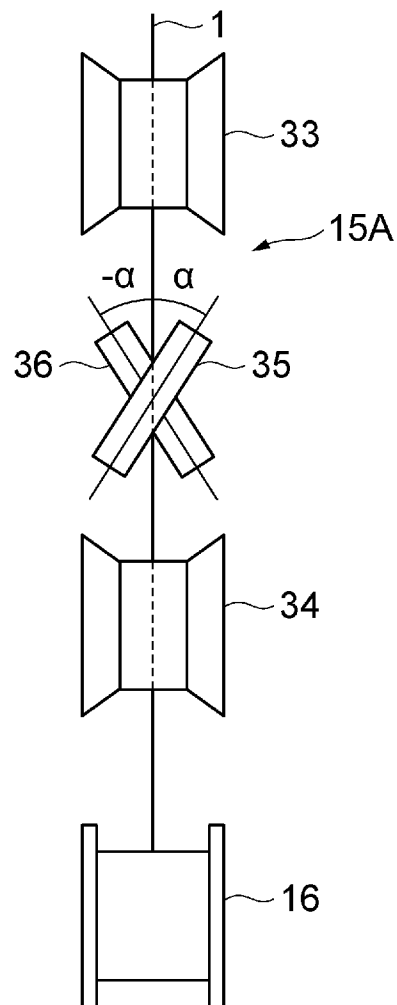
[図7]



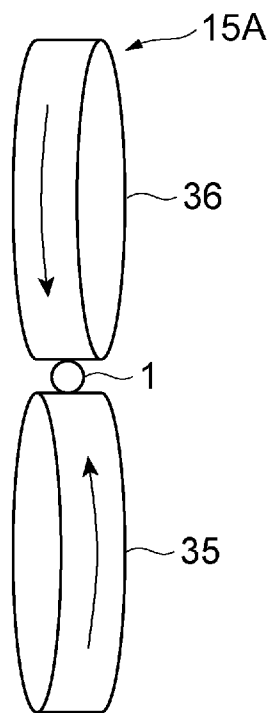
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/018193

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>C03B 37/027</i> (2006.01)i; <i>G02B 6/02</i> (2006.01)i; <i>G02B 6/024</i> (2006.01)i; <i>G02B 6/44</i> (2006.01)i FI: C03B37/027 A; G02B6/02 356A; G02B6/02 461; G02B6/024; G02B6/44 371; G02B6/44 391 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) C03B37/00-37/16; G02B6/02; G02B6/024; G02B6/44 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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)																																
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 64-14126 A (HITACHI CABLE, LTD.) 18 January 1989 (1989-01-18) page 2, upper left column, line 20 to upper right column, line 6, page 2, lower left column, line 20 to page 3, upper left column, line 16</td> <td>1, 7-8, 10, 17-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>3-6, 11, 13, 19-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 12</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 8-277139 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 22 October 1996 (1996-10-22) paragraphs [0056]-[0057], fig. 5</td> <td>8, 10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>paragraphs [0071]-[0072]</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 12</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 2016/47669 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 31 March 2016 (2016-03-31) paragraphs [0059]-[0060], [0076]-[0078], [0108]-[0109], fig. 1</td> <td>8-10, 14-16</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>paragraphs [0069]-[0075], fig. 6, 7</td> <td>11, 13, 19-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 12</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	JP 64-14126 A (HITACHI CABLE, LTD.) 18 January 1989 (1989-01-18) page 2, upper left column, line 20 to upper right column, line 6, page 2, lower left column, line 20 to page 3, upper left column, line 16	1, 7-8, 10, 17-18	Y		3-6, 11, 13, 19-20	A		2, 12	X	JP 8-277139 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 22 October 1996 (1996-10-22) paragraphs [0056]-[0057], fig. 5	8, 10	Y	paragraphs [0071]-[0072]	6	A		2, 12	X	WO 2016/47669 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 31 March 2016 (2016-03-31) paragraphs [0059]-[0060], [0076]-[0078], [0108]-[0109], fig. 1	8-10, 14-16	Y	paragraphs [0069]-[0075], fig. 6, 7	11, 13, 19-20	A		2, 12
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																														
X	JP 64-14126 A (HITACHI CABLE, LTD.) 18 January 1989 (1989-01-18) page 2, upper left column, line 20 to upper right column, line 6, page 2, lower left column, line 20 to page 3, upper left column, line 16	1, 7-8, 10, 17-18																														
Y		3-6, 11, 13, 19-20																														
A		2, 12																														
X	JP 8-277139 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 22 October 1996 (1996-10-22) paragraphs [0056]-[0057], fig. 5	8, 10																														
Y	paragraphs [0071]-[0072]	6																														
A		2, 12																														
X	WO 2016/47669 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 31 March 2016 (2016-03-31) paragraphs [0059]-[0060], [0076]-[0078], [0108]-[0109], fig. 1	8-10, 14-16																														
Y	paragraphs [0069]-[0075], fig. 6, 7	11, 13, 19-20																														
A		2, 12																														
☒ 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 27 May 2022		Date of mailing of the international search report 14 June 2022																														
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.																														

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/018193**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2-196204 A (FUJIKURA LTD.) 02 August 1990 (1990-08-02) page 2, lower right column, line 20 to page 3, upper left column, line 18	3-4, 11, 13, 19-20 2, 12
Y A	JP 2020-20998 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 06 February 2020 (2020-02-06) paragraphs [0035]-[0045]	5, 11, 13, 19-20 2, 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/018193

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	64-14126	A	18 January 1989	(Family: none)	
JP	8-277139	A	22 October 1996	(Family: none)	
WO	2016/47669	A1	31 March 2016	US 2017/0285258 A paragraphs [0079]-[0080], [0090]-[0099], [0131]-[0132], fig. 1, 6, 7	
JP	2-196204	A	02 August 1990	(Family: none)	
JP	2020-20998	A	06 February 2020	US 2020/0064549 A paragraphs [0039]-[0049]	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C03B 37/027(2006.01)i; G02B 6/02(2006.01)i; G02B 6/024(2006.01)i; G02B 6/44(2006.01)i FI: C03B37/027 A; G02B6/02 356A; G02B6/02 461; G02B6/024; G02B6/44 371; G02B6/44 391														
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）） C03B37/00-37/16; G02B6/02; G02B6/024; G02B6/44														
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>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2022年													
日本国実用新案登録公報	1996-2022年													
日本国登録実用新案公報	1994-2022年													
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）														
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
X	JP 64-14126 A（日立電線株式会社）18.01.1989（1989-01-18） 第2頁左上欄第20行－右上欄第6行、第2頁左下欄第20行－第3頁左上欄第16行	1, 7-8, 10, 17-18												
Y		3-6, 11, 13, 19-20												
A		2, 12												
X	JP 8-277139 A（住友電気工業株式会社）22.10.1996（1996-10-22） [0056]-[0057], 図5	8, 10												
Y	[0071]-[0072]	6												
A		2, 12												
X	WO 2016/47669 A1（古河電気工業株式会社）31.03.2016（2016-03-31） [0059]-[0060], [0076]-[0078], [0108]-[0109], 図1	8-10, 14-16												
Y	[0069]-[0075], 図6, 7	11, 13, 19-20												
A		2, 12												
☒ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 27.05.2022		国際調査報告の発送日 14.06.2022												
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） 山本 佳 4T 3837 電話番号 03-3581-1101 内線 3465												

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2-196204 A (藤倉電線株式会社) 02.08.1990 (1990 - 08 - 02) 第2頁右下欄第20行－第3頁左上欄第18行	3-4, 11, 13, 19-20 2, 12
Y A	JP 2020-20998 A (古河電気工業株式会社) 06.02.2020 (2020 - 02 - 06) [0035]-[0045]	5, 11, 13, 19-20 2, 12

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/JP2022/018193

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	64-14126	A	18.01.1989	(ファミリーなし)	
JP	8-277139	A	22.10.1996	(ファミリーなし)	
WO	2016/47669	A1	31.03.2016	US 2017/0285258 A [0079]-[0080], [0090]- [0099], [0131]-[0132], Fig .1, 6, 7	
JP	2-196204	A	02.08.1990	(ファミリーなし)	
JP	2020-20998	A	06.02.2020	US 2020/0064549 A [0039]-[0049]	