(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
2023年7月6日(06.07.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/127524 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/046215

(22) 国際出願日： 2022年12月15日(15.12.2022)

(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 2021-212141 2021年12月27日(27.12.2021) JP

(71) 出願人: 株式会社フジクラ (**FUJIKURA LTD.**) [JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場１－５－１ Tokyo (JP).

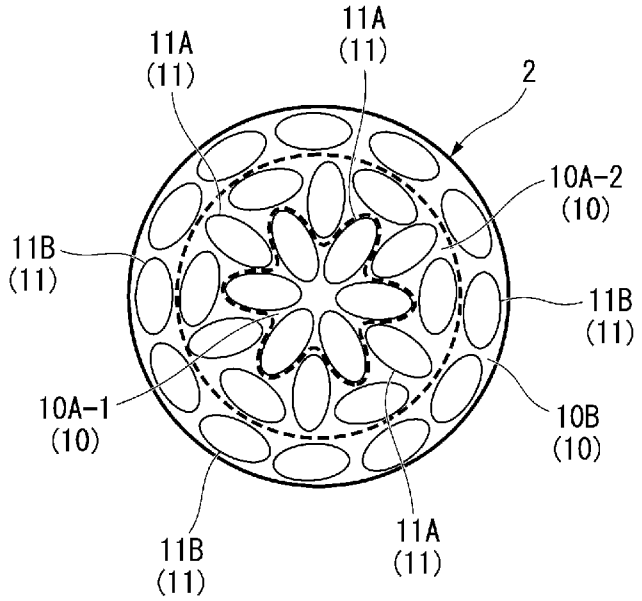
(72) 発明者: 佐藤 大典 (**SATO Hironori**); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎１４４０ 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 石田 格 (**ISHIDA Itaru**); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎１４４０ 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 大里 健 (**OSATO Ken**); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎１４４０ 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).

(74) 代理人: 及川 周, 外 (**OIKAWA Shu** et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 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,

(54) **Title:** OPTICAL FIBER ASSEMBLY AND OPTICAL CABLE

(54) 発明の名称： 光ファイバ集合体及び光ケーブル



(57) **Abstract:** In this optical fiber unit constituting an optical fiber assembly and being obtained by layering a plurality of optical fiber ribbons, a plurality of inner-layer fiber units positioned on the radial inside of the optical fiber assembly, and a plurality of outer-layer fiber units positioned on the radial outside of the optical fiber assembly relative to the inner-layer fiber units are present in a certain cross section of the optical fiber assembly. Regarding the sine value of the angle formed by a straight line in the radial direction connecting the center of the optical fiber assembly and the center of gravity of the optical fiber ribbons, and a straight line in the width direction of the ribbons and connecting both ends of the optical fiber ribbons, the average sine value in the outer-layer fiber units is 0.366 or greater in the certain cross section, where the average sine value is the average of the sine values of the plurality of optical fiber ribbons of the same optical fiber unit.

WO 2023/127524 A1

［続葉有］

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, 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, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：光ファイバ集合体を構成し、複数の光ファイバテープを積層してなる光ファイバユニットには、光ファイバ集合体の或る断面において、光ファイバ集合体の径方向内側に位置する複数の内層ファイバユニットと、内層ファイバユニットよりも光ファイバ集合体の径方向外側に位置する複数の外層ファイバユニットと、がある。光ファイバ集合体の中心と光ファイバテープの重心とを結ぶ径方向直線と、光ファイバテープの両端を結ぶテープ幅方向直線とがなす角度の正弦値に関して、同一の光ファイバユニットの複数の光ファイバテープの正弦値の平均値を平均正弦値とし、或る断面において、外層ファイバユニットにおける平均正弦値が０．３６６以上である。

明　細　書

発明の名称 ： 光ファイバ集合体及び光ケーブル

技術分野

[0001]　本発明は、光ファイバ集合体及び光ケーブルに関する。

本願は、２０２１年１２月２７日に日本に出願された特願２０２１－２１２１４１号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002]　特許文献１には、複数の光ファイバテープを積層して束ねてなる光ファイバユニット（テープ心線ユニット）を構成し、当該光ファイバユニットを複数集合させたケーブルコア（光ファイバ集合体）を有する光ファイバケーブル（光ケーブル）が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開２００７－２３３２５２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　上記した光ファイバ集合体を有する光ケーブルを無策に製造した場合、当該光ケーブルに曲げが発生したり、低温環境下において光ケーブルの外被に収縮が発生したりすると、特定の光ファイバユニットの光ファイバに応力（主に曲げ応力）が集中することが多い。特定の光ファイバに応力が集中すると、当該光ファイバの伝送損失が増大する、という問題がある。

[0005]　本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、光ファイバの伝送損失の増大を抑制できる光ファイバ集合体及びこれを備える光ケーブル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]　本発明の第１の態様に係る光ファイバ集合体は、複数の光ファイバテープを積層してなる光ファイバユニットを複数束ねて構成される光ファイバ集合

体であって、光ファイバ集合体の長手方向の少なくとも或る位置で前記長手方向に直交する光ファイバ集合体の断面において、前記光ファイバユニットを構成する少なくとも１つの前記光ファイバテープのテープ面が湾曲するように、前記光ファイバユニットにおける複数の前記光ファイバテープの積層状態が崩れており、複数の前記光ファイバユニットには、前記長手方向に直交する光ファイバ集合体の断面において、光ファイバ集合体の径方向内側に位置する複数の内層ファイバユニットと、前記内層ファイバユニットよりも光ファイバ集合体の径方向外側に位置する複数の外層ファイバユニットと、があり、光ファイバ集合体の中心と光ファイバテープの重心とを結ぶ径方向直線と、光ファイバテープの両端を結ぶテープ幅方向直線と、がなす角度αの正弦値ｓｉｎαに関して、同一の光ファイバユニットにおける複数の光ファイバテープの前記正弦値ｓｉｎαの平均値を平均正弦値ｓｉｎα_{ave}とし、少なくとも光ファイバ集合体の長手方向の或る位置において前記長手方向に直交する光ファイバ集合体の断面において、前記外層ファイバユニットにおける前記平均正弦値ｓｉｎα_{ave}が０．３６６以上である。

[0007] 本発明の第２の態様に係る光ケーブルは、前記第１の態様の光ファイバ集合体と、当該光ファイバ集合体を内側に収容する外被と、を備える。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、光ファイバの伝送損失の増大を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本実施形態に係る光ファイバ集合体を含む光ケーブルの断面模式図である。

[図2]図１の光ファイバ集合体が備える光ファイバユニットを概略的に示す斜視図である。

[図3]図２の光ファイバユニットが備える光ファイバテープを概略的に示す斜視図である。

[図4]図２の光ファイバユニットの断面形状の一例を示す図である。

[図5]本実施形態に係る光ファイバ集合体における複数の光ファイバユニット

の第一配置例を概略的に示す断面図である。

[図6]光ファイバ集合体における複数の光ファイバユニットの第二配置例を概略的に示す断面図である。

[図7]光ファイバ集合体の中心Ｃと光ファイバテープの重心Ｇとを結ぶ径方向直線Ｒ１と、光ファイバテープの両端を結ぶテープ幅方向直線Ｗ１と、がなす角度αを示す図である。

[図8]複数の光ファイバユニットの平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$と光ファイバの伝送損失増加量との関係を示す実験例の表である。

[図9]図８の表に対応する複数の光ファイバユニットの平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$と光ファイバの伝送損失増加量との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の一実施形態について図１～９を参照して説明する。

図１に示すように、本実施形態の光ファイバ集合体２は、光ケーブル１の一部を構成している。本実施形態の光ケーブル１は、光ファイバを収容する溝（スロット）が形成されたスロットロッドを有さない、いわゆるスロットレス型の光ケーブルである。光ケーブル１は、光ファイバ集合体２と、外被３と、を有する。

[0011] 光ファイバ集合体２は、複数の光ファイバユニット１１を束ねて構成されている。光ファイバユニット１１は複数の光ファイバ１３を束ねた構造体である。光ファイバユニット１１の具体的な構造については後述する。本実施形態の光ファイバ集合体２は、光ケーブル１のコアを構成する。

本実施形態の光ケーブル１のコアは、複数の光ファイバユニット１１を覆う押さえ巻きテープ５をさらに有する。押さえ巻きテープ５は、例えば吸水テープで構成されてよい。本実施形態において、押さえ巻きテープ５は、複数の光ファイバユニット１１を配置する光ファイバ集合体２の内部空間を構成する。

上記した押さえ巻きテープ５は、例えば無くてもよい。その場合には、後述する外被３の内面が光ファイバ集合体２の内部空間を形成する。

[0012] 外被３は、筒状に形成されている。光ファイバ集合体２は、外被３の内側に収容される。複数の光ファイバユニット１１は、例えば一方向又はＳＺ状に撚られた状態で外被３の内側に収容されてよい。外被３の内側には、複数の光ファイバユニット１１の他に、介在物（不図示）が収容されてもよい。介在物は、例えば吸水材であってよい。介在物は、押さえ巻きテープ５の内側、外側、或いは両方に配置されてよい。

上記した介在物は、例えば無くてもよい。

[0013] 光ケーブル１の長手方向（図１における上下方向及び左右方向のいずれにも直交する方向、光ケーブル１の延びる方向）に直交する断面における光ファイバ集合体２の外形は、任意の形状であってよいが、本実施形態では略円形である。本明細書において、略円形には、完全な円形だけではなく、楕円形や長円形なども含まれる。なお、上記した断面における光ファイバ集合体２の外形は、例えば矩形状などであってもよい。

[0014] 外被３は、光ファイバ集合体２を被覆する部材である。外被３の内面は光ファイバ集合体２を収容する空間を形成している。本実施形態において、外被３の内面は、光ケーブル１の長手方向に直交する断面において、光ファイバ集合体２に対応する略円形となっている。なお、外被３の内面の断面形状は、例えば矩形状などであってもよい。本実施形態では、外被３の内側に、複数の光ファイバユニット１１を包んだ押さえ巻きテープ５が収容されている。

外被３には、テンションメンバ７が配置されている。テンションメンバ７の全部が外被３内に配置されてもよいし、テンションメンバ７の一部が外被３内に配置され、テンションメンバ７の他の部分が外被３から露出されてもよい。外被３には、例えばリップコードなどの他の部材が配置されていてもよい。

[0015] テンションメンバ７は、光ケーブル１の長手方向に直交する断面において、光ファイバ集合体２を挟むように複数配置されている。前記断面において、複数のテンションメンバ７は、前記長手方向に直交する第１の方向におい

て、光ファイバ集合体２を挟んで互いに対向するように配置されている。本実施形態では、前記断面において、前記長手方向及び前記第１の方向のいずれにも直交する第２の方向において、光ファイバ集合体２を挟んで互いに対向するように配置された他のテンションメンバは配置されていないが、これに限られず、前記第２の方向において、光ファイバ集合体２を挟んで互いに対向するように他のテンションメンバが配置されてもよい。各テンションメンバ７は、光ケーブル１の長手方向に延びている。各テンションメンバ７は、光ファイバ集合体２の長手方向に平行するように配置されてもよいし、光ファイバ集合体２を中心とする螺旋状に配置されてもよい。また、各テンションメンバ７は、例えば光ファイバ集合体２の内部に含まれていてもよい。

図１においては、２本のテンションメンバ７を一組とし、一対の組を光ファイバ集合体２の両側にそれぞれ配置しているが、これに限ることはない。例えば、３本以上のテンションメンバ７を一組として、一対の組を光ファイバ集合体２の両側にそれぞれ配置してもよいし、テンションメンバ７が光ファイバ集合体２の両側に１本ずつ配置されてもよい。また、図１においては、組をなす複数のテンションメンバ７が離間しているが、例えば接触してもよい。また、組をなす複数のテンションメンバ７が撚られていてもよい。

[0016] 図２に示すように、本実施形態の光ファイバユニット１１は、複数の光ファイバ１３を線条体２０（バンドル材）によって束ねた構造である。線条体２０は、複数の光ファイバ１３の外周に巻き付けられることで、複数の光ファイバ１３が互いに分離しないようにしている。なお、光ファイバユニット１１は、例えば線条体２０を用いずに、複数の光ファイバ１３を撚り合わせることで束ねた構造であってもよい。

本実施形態の光ファイバユニット１１は、複数の光ファイバ１３を有する光ファイバテープ１２を複数束ねて構成されている。なお、光ファイバユニット１１には、光ファイバテープ１２と、テープ化されていない光ファイバ１３とが混在していてもよい。

光ファイバ１３は、コアおよびクラッドを含むガラス体と、ガラス体を覆

う被覆層と、を有する。被覆層には、光ファイバ１３を識別するための着色層が含まれてもよい。ガラス体の直径は例えば１２５μｍであり、被覆層の直径（つまり光ファイバ１３の直径）は例えば２００～２５０μｍである。ただし、ガラス体の直径は変更可能であり、例えば６０μｍ、８０μｍ、１００μｍ等、１２５μｍ未満であってもよい。被覆層の直径も変更可能であり、例えば１６０μｍ、１８０μｍ、２００μｍ等、２００μｍ以下であってもよい。

[0017] 図３に示すように、光ファイバテープ１２は、複数の光ファイバ１３を並列させて隣り合う光ファイバ１３同士を接続して構成されている。以下の説明では、光ファイバテープ１２において、光ファイバ１３が延びる方向を光ファイバテープ１２の長手方向と呼び、複数の光ファイバ１３の配列方向を光ファイバテープ１２の幅方向と呼ぶことがある。また、光ファイバテープ１２の長手方向及び幅方向に直交する方向を光ファイバテープ１２の厚さ方向とし、当該厚さ方向に向く面をテープ面と呼ぶことがある。

[0018] 本実施形態の光ファイバテープ１２は、複数（図３において１２本）の光ファイバ１３を並列させて間欠的（部分的）に連結した間欠連結型の光ファイバテープである。隣り合う２つの光ファイバ１３は、連結部１４Ａによって連結されている。隣り合う２つの光ファイバ１３間には、複数の連結部１４Ａが光ファイバテープ１２の長手方向に間隔をあけて配置されている。また、所定の光ファイバ１３と当該光ファイバ１３の一方側に隣り合う光ファイバ１３とを連結する連結部１４Ａと、所定の光ファイバ１３と当該光ファイバ１３の他方側に隣り合う光ファイバ１３とを連結する連結部１４Ａとは、長手方向にずれて位置する。すなわち、複数の連結部１４Ａは、光ファイバテープ１２の長手方向及び幅方向に２次元的に間欠的に配置されている。隣り合う２つの光ファイバ１３のうち連結部１４Ａによって連結されていない領域は、非連結部１４Ｂとなっている。非連結部１４Ｂでは、隣り合う２つの光ファイバ１３同士は拘束されていない。

[0019] 間欠連結型の光ファイバテープ１２は、図３に例示したものに限られない

。例えば、間欠的に配置される連結部１４Ａの配置パターンは、一定のパターンでなくてよい。また、間欠連結型の光ファイバテープ１２は、例えば、複数（例えば２本）の光ファイバ１３を一組とし、複数の組を並列させて、隣り合う組の光ファイバ１３同士を連結部１４Ａで間欠的に連結してもよい。また、光ファイバテープ１２において隣り合う光ファイバ１３は、離間していてもよいし、接触していてもよい。また、光ファイバテープ１２における光ファイバ１３の本数は、４の倍数（４心、８心、１２心、１６心）であることが一般的であるが、これに限られない。光ファイバテープ１２における光ファイバ１３の本数は、例えば奇数であってもよい。

[0020] 光ファイバテープ１２は、その幅方向において柔軟に変形可能である。例えば、光ファイバテープ１２はその一方のテープ面が凸となるように湾曲するように変形可能である。また、例えば、光ファイバテープ１２はそのテープ面が幅方向において凸凹するように（幅方向において蛇行するように）変形可能である。特に、間欠連結型の光ファイバテープ１２は幅方向の柔軟性が顕著であるため、高密度に実装しても光ファイバ１３の特性が悪化しにくい。

[0021] 図２に示すように、複数の光ファイバテープ１２（光ファイバ１３）を束ねる線条体２０は、柔軟性を有する糸状、紐状又はテープ状の部材である。線条体２０は、複数の光ファイバテープ１２の束の外周上に巻き付けられる。複数の光ファイバテープ１２は、例えば１本あるいは３本以上の線条体２０によって束ねられてよい。図２に例示する光ファイバユニット１１においては、複数の光ファイバテープ１２が２本の線条体２０によって束ねられている。複数の光ファイバテープ１２は、線条体２０を巻き付けることで束ねられることに限らず、例えば柔軟なチューブに挿入されたり、柔軟なフィルムを巻き付けたりすることで束ねられてもよい。

[0022] ２本の線条体２０は、光ファイバテープ１２の束に対して例えば螺旋状に巻き付けられてよい。本実施形態において、２本の線条体２０は、光ファイバテープ１２の束に対してそれぞれＳＺ状に巻き付けられている。すなわち

、各線条体２０は、光ファイバテープ１２の束の外周の半周分ずつ巻き付けられるように巻き付け方向が反転している。そして、２本の線条体２０は、その巻き付け方向が反転する位置において互いに接合される。図２における符号２１は、２本の線条体２０の接合部分を示している。２本の線条体２０の接合は、例えば熱溶着や接着などによって実施されてよい。

線条体２０は、光ファイバテープ１２の束の外形に追従するように取り付けられる。このため、光ファイバテープ１２の束の外形を保持することができる。この結果、積層状態を崩した状態（後述）であっても複数の光ファイバテープ１２を保持することができる。

[0023] 図４に示すように、光ファイバユニット１１は、複数の光ファイバテープ１２を積層した状態で線条体２０によって束ねることで構成されている。本実施形態の光ファイバユニット１１では、光ファイバ集合体２の長手方向に直交する断面において、束ねられた複数の光ファイバテープ１２の積層状態が崩れている。「複数の光ファイバテープ１２の積層状態が崩れている」とは、複数の光ファイバテープ１２がその幅方向において曲げられずにテープ面が平坦な状態で積層された状態と異なる状態であり、光ファイバユニット１１を構成する少なくとも１つの光ファイバテープ１２のテープ面が幅方向において湾曲した状態を意味する。また、光ファイバテープ１２のテープ面が湾曲した状態は、光ファイバテープ１２の長手方向に直交する断面において、光ファイバテープ１２の幅方向の両端の光ファイバ１３の中点と光ファイバテープ１２の重心（すなわち幾何中心）とがずれて位置することを意味する。

図４に例示する光ファイバユニット１１では、積層状態が崩れた複数の光ファイバテープ１２が、いずれも幅方向において湾曲したり蛇行したりしている。

[0024] 本実施形態では、同一の光ファイバユニット１１を構成する複数の光ファイバテープ１２が線条体２０によって束ねられることで、これら複数の光ファイバテープ１２の積層状態が崩れている。図４に示す光ファイバユニット

１１の外形は、図１に例示した光ファイバユニット１１の外形と異なり、複数の光ファイバテープ１２の積層状態の崩れに伴って整っていない。

複数の光ファイバテープ１２の積層状態が崩れた状態は、例えば光ファイバユニット１１（光ファイバ集合体２）の長手方向の任意の位置（あるいは全ての位置）で成立してよいが、光ファイバユニット１１（光ファイバ集合体２）の長手方向の少なくとも或る位置で成立していればよい。

[0025] 図５，６では、積層状態が崩れた光ファイバユニット１１が存在する領域を、楕円形で模式的に表示している。各楕円形の長軸の方向が、光ファイバテープ１２の幅方向に概ね対応する。各楕円形の短軸の方向が、複数の光ファイバテープ１２の積層方向に概ね対応する。

[0026] 図５，６に示すように、光ファイバ集合体２において、複数の光ファイバユニット１１は、光ファイバ集合体２の径方向（図５，６において、光ファイバ集合体２の中心（幾何中心）を通る中心線に直交する方向）に層状に積層されることで、光ファイバ集合体２の径方向に並ぶ複数のファイバユニット層１０を構成する。図５，６におけるファイバユニット層１０の数は、例えば、３つである。３つのファイバユニット層１０のうち、光ファイバ集合体２の径方向内側に位置する２つのファイバユニット層１０は内層１０Ａ（１０Ａ－１，１０Ａ－２）であり、径方向外側に位置する１つのファイバユニット層１０は外層１０Ｂ（あるいは最外周の層１０Ｂ）である。２つの内層１０Ａには、第一内層１０Ａ－１と、第一内層１０Ａ－１に対して径方向外側に位置する第二内層１０Ａ－２とがある。

[0027] 内層１０Ａに含まれる複数の光ファイバユニット１１は、光ファイバ集合体２の径方向内側に位置する複数の内層ファイバユニット１１Ａである。複数の内層ファイバユニット１１Ａは、例えば、光ファイバ集合体２の中心を含んで位置する、あるいは、当該中心の近くに位置する。また、外層１０Ｂに含まれる複数の光ファイバユニット１１は、内層ファイバユニット１１Ａよりも光ファイバ集合体２の径方向外側に位置する外層ファイバユニット１１Ｂである。本実施形態において、外層ファイバユニット１１Ｂは、最外周

に位置するファイバユニット層１０（外層１０Ｂ）に含まれる。

[0028] 次に、長手方向に直交する光ファイバ集合体２の断面における内層ファイバユニット１１Ａ及び外層ファイバユニット１１Ｂの配置（向き）について説明する。

はじめに、光ファイバ集合体２の断面において、各光ファイバユニット１１の向きを示す指標について図７を参照して説明する。図７に示すように、長手方向に直交する光ファイバ集合体２の断面において、光ファイバ集合体２の中心Ｃと所定の光ファイバユニット１１のうち所定の光ファイバテープ１２の重心Ｇとを結ぶ直線を径方向直線Ｒ１とする。また、所定の光ファイバユニット１１の所定の光ファイバテープ１２の両端（光ファイバテープ１２の幅方向の両端に位置する光ファイバ１３）を結ぶ直線をテープ幅方向直線Ｗ１とする。

[0029] そして、長手方向に直交する断面において、所定の光ファイバユニット１１に含まれる所定の光ファイバテープ１２の向きを、これら径方向直線Ｒ１とテープ幅方向直線Ｗ１とがなす角度α（０°≦α≦１８０°）の正弦値ｓｉｎαにより示す。光ファイバテープ１２の向きを示す正弦値ｓｉｎαが大きい（１に近い）場合、光ファイバテープ１２は、その幅方向（又はテープ面）が光ファイバ集合体２（外被３）の周方向（図５，６において、光ファイバ集合体２の中心回りの方向）に沿うように配置される。一方、光ファイバテープ１２の向きを示す正弦値ｓｉｎαが小さい（０に近い）場合、光ファイバテープ１２は、その幅方向（又はテープ面）が光ファイバ集合体２の径方向に沿うように配置される。

[0030] 長手方向に直交する断面において光ファイバユニット１１の向きは、同一の光ファイバユニット１１における複数の光ファイバテープ１２の正弦値ｓｉｎαの平均値（平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$）により表される。すなわち、平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$は、同一の光ファイバユニット１１を構成する複数の光ファイバテープ１２が向いている方向の平均を表す。光ファイバユニット１１の向きを示す平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が大きい（１に近い）ことは、当該光フ

ァイバユニット１１における複数の光ファイバテープ１２の積層方向が、光ファイバ集合体２の径方向に向く（あるいは径方向に近い）ことを意味する。一方、光ファイバユニット１１の向きを示す平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が小さい（０に近い）ことは、当該光ファイバユニット１１における複数の光ファイバテープ１２の積層方向が、光ファイバ集合体２の周方向に向く（あるいは周方向に近い）ことを意味する。

[0031] 本実施形態の光ファイバ集合体２では、その長手方向に直交する断面において、図５，６に示す外層ファイバユニット１１Ｂにおける平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が０．３６６以上である。この理由については後述する。

[0032] また、本明細書では、全ての内層ファイバユニット１１Ａにおける平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$の平均を「内側指数」と呼び、が、全ての外層ファイバユニット１１Ｂにおける平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$の平均を「外側指数」と呼ぶ。内側指数は、外側指数よりも小さいことが好ましい。

[0033] 内側指数が外側指数よりも小さいことは、図５に示す第一配置例のように、内層ファイバユニット１１Ａにおける光ファイバテープ１２の幅方向が、外層ファイバユニット１１Ｂにおける光ファイバテープ１２の幅方向と比較して、光ファイバ集合体２の周方向に対する角度が大きくなる傾向が高いことを意味する。言い換えれば、複数の内層ファイバユニット１１Ａの少なくとも幾つかが、外層ファイバユニット１１Ｂと比較して、光ファイバテープ１２の幅方向が光ファイバ集合体２の径方向に向くように配置されることを意味する。また、複数の内層ファイバユニット１１Ａは、外層ファイバユニット１１Ｂと比較して、光ファイバ集合体２の中心から見て、光ファイバテープ１２の幅方向が様々な方向に向くように配置される、とも言える。

また、図５に示す第一配置例では、光ファイバ集合体２の径方向における光ファイバユニット１１の厚さに関し、最外周に位置する外層ファイバユニット１１Ｂの厚さが、光ファイバ集合体２を構成する全ての光ファイバユニット１１の中で最も薄い。

[0034] 図６に示す第二配置例では、光ファイバ集合体２の周方向に対し、内層フ

ァイバユニット１１Ａを構成する光ファイバテープ１２の幅方向の角度が、外層ファイバユニット１１Ｂを構成する光ファイバテープ１２の幅方向の角度と同程度となっている。すなわち、図６に示す第二配置例では、内層ファイバユニット１１Ａにおける平均正弦値$sin\alpha_{ave}$が、外層ファイバユニット１１Ｂにおける平均正弦値$sin\alpha_{ave}$と同じ程度となっている。言い換えれば、内側指数と外側指数との差がない。

[0035] なお、上記した２つの内容（外層ファイバユニット１１Ｂにおける平均正弦値$sin\alpha_{ave}$が０．３６６以上であること、及び、内側指数が外側指数よりも小さいこと）は、光ファイバ集合体２の長手方向の全ての位置で成立しなくてもよく、少なくとも長手方向の或る位置で成立すればよい。上記した２つの内容は、例えば、長手方向における各撚りピッチ（１ピッチ）の範囲内の或る位置において長手方向に直交する光ファイバ集合体２の断面（或る断面）において成立してよい。すなわち、撚りピッチの範囲内で上記した或る断面とは別の断面では、上記した２つの内容が成立しなくてもよい。なお、上記した２つの内容は、例えば光ファイバ集合体２の長手方向の全体にわたって成立してもよい。

[0036] 上記した撚りピッチ（１ピッチ）は、複数の光ファイバユニット１１が一方向に撚られている場合、螺旋状に配置された光ファイバユニット１１が周方向に１周するための長手方向の長さである。また、複数の光ファイバユニット１１がＳＺ状に撚られている場合、撚りピッチ（１ピッチ）は、撚り方向が反転する位置から、次に同じ方向に反転する位置までの間の長手方向の長さ（間隔）である。すなわち、撚りピッチ（１ピッチ）は、Ｓ方向の１区間とＺ方向の１区間とを足した長さである。

[0037] 次に、本実施形態の光ケーブル１の製造方法の一例について説明する。

本実施形態の光ケーブル１を製造する際には、はじめに、図４に例示したように複数の光ファイバテープ１２の積層状態が崩れるように複数の光ファイバテープ１２を束ねた光ファイバユニット１１を複数用意する。光ファイバユニット１１の用意に際して複数の光ファイバテープ１２の積層状態を崩

すためには、例えば、積層された複数の光ファイバテープ１２をその幅方向において細く絞ることで、光ファイバテープ１２をその幅方向に対して変形させればよい。次いで、これら複数の光ファイバユニット１１を束ねて、光ファイバ集合体２を構成する集合体構成工程を実施する。

[0038] 集合体構成工程では、少なくとも光ファイバ集合体２の長手方向の或る位置で当該長手方向に直交する断面（或る断面）において、外層ファイバユニット１１Ｂにおける平均正弦値ｓｉｎα_{ave}が０．３６６以上となるように、外層ファイバユニット１１Ｂを配置すればよい。このように外層ファイバユニット１１Ｂを配置するためには、例えば、複数の光ファイバユニット１１が集合地点（光ファイバ集合体２の構成が完了した時の光ファイバユニット１１の位置）に到達するまでの間に、外層ファイバユニット１１Ｂの向きを調整することが挙げられる。また、集合体構成工程では、少なくとも光ファイバ集合体２の或る断面において、例えば、内側指数が外側指数よりも小さくなるように、内層ファイバユニット１１Ａ及び外層ファイバユニット１１Ｂを配置してよい。

[0039] また、集合体構成工程において複数の光ファイバユニット１１が一方向又はＳＺ状に撚られる場合、当該工程では、撚りピッチ（１ピッチ）の範囲内の或る断面において、外層ファイバユニット１１Ｂにおける平均正弦値ｓｉｎα_{ave}が０．３６６以上となるように、また、内側指数が外側指数よりも小さくなるように、内層ファイバユニット１１Ａ、外層ファイバユニット１１Ｂを配置してよい。

[0040] 上記した集合体構成工程は、例えば複数の光ファイバユニット１１を外被３（図１参照）の内側に収容する際に行われてもよいし、例えば光ファイバ集合体２を外被３の内側に収容する前に行われてもよい。

光ファイバ集合体２（束ねられた複数の光ファイバユニット１１）を外被３の内側に収容することで、光ケーブル１の製造が完了する。

[0041] 以上説明したように、本実施形態の光ファイバ集合体２及びこれを備える光ケーブル１では、外層ファイバユニット１１Ｂにおける平均正弦値ｓｉｎ

α_{ave}が０．３６６以上である。これにより、外層ファイバユニット１１Ｂにおける光ファイバ１３の伝送損失の増大を抑制することができる。以下、この点について、図８，９に示す実験例を参照して説明する。

[0042] 図８に示す実験例の表は、１２個の光ファイバユニット１１の平均正弦値$sin\alpha_{ave}$と光ファイバ１３の伝送損失の増加量との関係を示している。図８における「ユニット番号」は、１２個の光ファイバユニット１１にそれぞれ対応している。図８に示す実験例において、１番～３番の光ファイバユニット１１は内層ファイバユニット１１Ａであり、４番～１２番の光ファイバユニット１１は外層ファイバユニット１１Ｂである。また、図８における「テープ番号」は、各光ファイバユニット１１が有する６個の光ファイバテープ１２にそれぞれ対応している。

[0043] また、図８に示す表では、光ファイバ集合体２を構成する全て（７２個）の光ファイバテープ１２の正弦値$sin\alpha$が光ファイバユニット１１と対応付けて示されている。例えば、図８の表において、１番の光ファイバユニット１１のうち１番目の光ファイバテープ１２の正弦値$sin\alpha$は、０．８０である。各光ファイバテープ１２の正弦値$sin\alpha$は、光ファイバ集合体２の長手方向における撚りピッチ内の任意の５か所の断面において測定した各光ファイバテープ１２の角度α（図７参照）に基づいている。

[0044] 図８における「平均$sin\alpha$」は、同一の光ファイバユニット１１を構成する６個の光ファイバテープ１２の正弦値$sin\alpha$の平均値（すなわち、平均正弦値$sin\alpha_{ave}$）である。

図８における「損失増加量」は、以下の測定方法により測定した光ファイバ１３の最大伝送損失増加量（以下、単に、損失増加量と呼ぶ。）を示している。光ファイバ１３の伝送の損失増加量を測定する測定方法では、まず、直径が光ケーブル１の直径の２０倍であるマンドレルを用意する。次いで、光ケーブル１が直線状に置かれている状態を基準の曲げ角度（０°）として、光ケーブル１を当該マンドレルの外周に押し当てて９０°（＋９０°）曲げた後、当該曲げた方向と反対方向に光ケーブル１をマンドレルの外周に押

し当てて９０°（－９０°）曲げる曲げ工程を行う。当該曲げ工程を２５回繰り返した際の３つの曲げ角度０°、＋９０°、－９０°における光ケーブル１の光ファイバ１３の伝送損失増加量を波長１．５５μｍの光で測定した（GR-20-CORE Issue4, 6.5.8準拠）。

[0045] 図９に示すグラフは、図８に示す実験例において、光ファイバユニット１１の平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$と光ファイバ１３の伝送の損失増加量との関係を示すグラフである。図９のグラフには、３個の内層ファイバユニット１１Ａ（図８の表における１番～３番の光ファイバユニット１１）のプロット点及びこれら３個のプロット点に基づく近似直線が記載されている。また、９個の外層ファイバユニット１１Ｂ（図８の表における４番～１２番の光ファイバユニット１１）のプロット点及びこれら９個のプロット点に基づく近似直線が記載されている。

[0046] 図９のグラフにおいて、内層ファイバユニット１１Ａ及び外層ファイバユニット１１Ｂの近似直線に着目すると、内層ファイバユニット１１Ａ及び外層ファイバユニット１１Ｂは、いずれも平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が小さくなるにしたがって（すなわち光ファイバ集合体２の径方向に対する光ファイバテープ１２の幅方向の角度が小さくなるにしたがって）、伝送の損失増加量が大きくなる傾向にあることが分かる。以下、この傾向について説明する。

[0047] 例えば、光ファイバユニット１１を構成する光ファイバテープ１２の幅方向が光ケーブル１の径方向に沿うように配置される場合（すなわち平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が小さい場合）を考える。このような構成において例えば光ケーブル１（光ファイバ集合体２）を曲げると、上記光ファイバテープ１２のうち光ケーブル１の曲げの中立線（光ケーブル１を曲げた際に圧縮や伸長が生じない軸線）から最も離れて位置する光ファイバ１３には、上記光ファイバテープ１２の他の光ファイバ１３と比較して大きな伸縮歪に伴う大きな応力（曲げ応力）が作用する。このため、平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が小さい光ファイバユニット１１では光ファイバ１３の伝送損失増加量が大きくなってしまう。

[0048] これに対し、光ファイバユニット１１を構成する光ファイバテープ１２の幅方向が光ファイバ集合体２の周方向に沿うように配置される場合（すなわち平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が大きい場合）を考える。このような構成において光ケーブル１を曲げた場合、同一の光ファイバテープ１２の複数の光ファイバ１３で生じる伸縮歪の差が小さい。このため、これら光ファイバ１３に作用する曲げ応力も小さくなる。これにより、平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が大きい光ファイバユニット１１では光ファイバ１３の伝送損失増加量が小さくなる。

[0049] また、図９のグラフにおいて、内層ファイバユニット１１Ａ及び外層ファイバユニット１１Ｂの近似直線を比較すると、平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が小さくなるにしたがって伝送の損失増加量が大きくなる傾向は、外層ファイバユニット１１Ｂの方が内層ファイバユニット１１Ａよりも強いことが分かる。これは、光ケーブル１を曲げた際に光ファイバ１３に作用する曲げ応力は、光ファイバユニット１１が光ケーブル１の曲げの中立線から離れて位置するほど大きくなることを意味する。

図９のグラフより、外層ファイバユニット１１Ｂでは、その平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$を大きくすることで、外層ファイバユニット１１Ｂにおける光ファイバ１３の伝送損失の増大を抑制することができることが分かる。

[0050] 図９のグラフにおける外層ファイバユニット１１Ｂの近似直線は、平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$をＸとし、損失増加量をＹとして以下の式で示される。

Ｙ＝－０．２２８Ｘ＋０．２３３

そして、光ケーブル１においては、光ファイバ１３の損失増加量を０．１５ｄＢ／ｋｍ以下に抑えることが望ましい。したがって、外層ファイバユニット１１Ｂでは、上記した式に基づいて平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$を０．３６６以下とすることにより、光ファイバ１３の損失増加量を０．１５ｄＢ／ｋｍ以下に抑えることができる。すなわち、外層ファイバユニット１１Ｂにおける光ファイバ１３の伝送損失の増大を抑制することができる。

[0051] また、本実施形態の光ファイバ集合体２及び光ケーブル１においては、内

側指数が外側指数よりも小さい。具体的に、図８，９に示す実験例においては、３個の内層ファイバユニット１１Ａ（１番～３番の光ファイバユニット１１）における平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$の平均が０．６６であり、９個の外層ファイバユニット１１Ｂ（４番～１２番の光ファイバユニット１１）における平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$の平均が０．７９となっている。

[0052] これにより、内層ファイバユニット１１Ａを外層ファイバユニット１１Ｂと異なる向きで配置することができる。具体的には、図５に示す第一配置例のように、内層ファイバユニット１１Ａを構成する光ファイバテープ１２の幅方向が、外層ファイバユニット１１Ｂを構成する光ファイバテープ１２の幅方向よりも光ファイバ集合体２の径方向により近づくように、内層ファイバユニット１１Ａを配置できる。これにより、図６に示す第二配置例のように、内層ファイバユニット１１Ａを構成する光ファイバテープ１２の幅方向が外層ファイバユニット１１Ｂと同様に周方向に向くように内層ファイバユニット１１Ａを配置する場合と比較して、光ファイバ集合体２の内部空間において複数の光ファイバユニット１１を隙間なく配置しやすくなる。したがって、複数の光ファイバユニット１１が配置される光ファイバ集合体２の内部空間の利用効率の向上を図ることができる。

[0053] なお、図９のグラフにおいて、内層ファイバユニット１１Ａの近似直線を参照すると、内層ファイバユニット１１Ａにおいては、平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が小さくなっても伝送の損失増加量の増大が小さく抑えられている。これは、内層ファイバユニット１１Ａが光ファイバ集合体２の中心あるいは当該中心の近くに位置することで、光ケーブル１の曲げに応じて内層ファイバユニット１１Ａの光ファイバ１３に生じる伸縮歪が小さく抑えられることに起因する。したがって、内層ファイバユニット１１Ａの平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が小さくなるように当該内層ファイバユニット１１Ａを配置することで、内層ファイバユニット１１Ａにおける光ファイバ１３の伝送損失の増大も抑制しながら、複数の光ファイバユニットが配置される光ファイバ集合体の内部空間の利用効率の向上を図ることができる。

[0054] また、本実施形態の光ファイバ集合体２及び光ケーブル１においては、光ファイバユニット１１における複数の光ファイバテープ１２の積層状態が崩れていることで、光ファイバユニット１１の断面形状を複数の光ファイバユニット１１の間で異ならせることができる。これにより、光ファイバ集合体２の内部空間において複数の光ファイバユニット１１を隙間なく配置しやすくなる。したがって、複数の光ファイバユニット１１が配置される光ファイバ集合体２の内部空間の利用効率の向上を図ることができる。

[0055] また、本実施形態の光ファイバ集合体２及び光ケーブル１では、光ファイバユニット１１を構成する光ファイバテープ１２がその幅方向において蛇行している。この場合、光ファイバテープ１２が幅方向において蛇行しない場合と比較して、同一の光ファイバテープ１２を構成する複数の光ファイバ１３の相対的な移動の自由度が大きくなる。このため、光ファイバ集合体２が曲げられる等する場合に、光ファイバユニット１１に作用する曲げ応力を緩和するように、同一の光ファイバテープ１２において隣り合う光ファイバ１３同士が移動することができる。したがって、光ファイバ１３の伝送損失の増大を抑制することができる。

[0056] また、本実施形態の光ファイバ集合体２及び光ケーブル１において、光ファイバユニット１１は、複数の光ファイバテープ１２を積層した状態で線条体２０によって束ねることで構成されている。このため、複数の光ファイバテープ１２がチューブで束ねられる場合と比較して、光ファイバユニット１１（複数の光ファイバテープ１２）の全周が覆われることを抑制又は防止できる。このため、光ファイバテープ１２がチューブで束ねられる場合と比較して、光ファイバ集合体２が曲げられる等する場合に、束ねられた複数の光ファイバテープ１２やこれを構成する光ファイバ１３が自由に動ける。これにより、光ファイバ集合体２が曲げられる等する場合には、光ファイバユニット１１に作用する曲げ応力を緩和するように、同一の光ファイバユニット１１を構成する光ファイバテープ１２、光ファイバ１３が相互に移動できる。したがって、光ファイバ１３の伝送損失の増大を抑制することができる。

[0057] 以上、本発明の詳細について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることができる。

[0058] 本発明において、外層ファイバユニット１１Ｂは、最外周のファイバユニット層１０（図５，６における最外周の層１０Ｂ）のみに含まれることに限らず、例えば最外周の層、及び、最外周の層の径方向内側に隣り合う１つ又は複数の層に含まれてもよい。外層ファイバユニット１１Ｂを含むファイバユニット層１０には、例えば図５，６における外層１０Ｂに加えて第二内層１０Ａ－２が含まれてもよい。また、上記実施形態で内層１０Ａが２層で構成されたが、例えば１層でもよいし、３層以上であってもよい。

[0059] 本発明は、スロットレス型の光ケーブルに適用されることに限らず、例えばスロットロッドを有するスロット型の光ケーブルに適用されてもよい。その場合には、各スロット内に光ファイバ集合体が収容されてもよい。各スロット内で、光ファイバユニットが内層と外層に分かれている場合も、上記実施形態における内層ファイバユニットと外層ファイバユニットとの関係を適用することで、同様の効果が得られる。

符号の説明

[0060] １…光ケーブル、２…光ファイバ集合体、３…外被、１０…ファイバユニット層、１１…光ファイバユニット、１１Ａ…内層ファイバユニット、１１Ｂ…外層ファイバユニット、１２…光ファイバテープ、Ｃ…光ファイバ集合体２の中心、Ｇ…光ファイバテープ１２の重心、Ｒ１…径方向直線、Ｗ１…テープ幅方向直線、α…角度

請求の範囲

[請求項1] 複数の光ファイバテープを積層してなる光ファイバユニットを複数束ねて構成される光ファイバ集合体であって、

光ファイバ集合体の長手方向の少なくとも或る位置で前記長手方向に直交する光ファイバ集合体の断面において、前記光ファイバユニットを構成する少なくとも１つの前記光ファイバテープのテープ面が湾曲するように、前記光ファイバユニットにおける複数の前記光ファイバテープの積層状態が崩れており、

複数の前記光ファイバユニットには、前記長手方向に直交する光ファイバ集合体の断面において、光ファイバ集合体の径方向内側に位置する複数の内層ファイバユニットと、前記内層ファイバユニットよりも光ファイバ集合体の径方向外側に位置する複数の外層ファイバユニットと、があり、

光ファイバ集合体の中心と光ファイバテープの重心とを結ぶ径方向直線と、光ファイバテープの両端を結ぶテープ幅方向直線と、がなす角度αの正弦値ｓｉｎαに関して、同一の光ファイバユニットにおける複数の光ファイバテープの前記正弦値ｓｉｎαの平均値を平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$とし、

少なくとも光ファイバ集合体の長手方向の或る位置において前記長手方向に直交する光ファイバ集合体の断面において、前記外層ファイバユニットにおける前記平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が０．３６６以上である光ファイバ集合体。

[請求項2] 複数の前記光ファイバユニットは、一方向又はＳＺ状に撚られており、

各撚りピッチの範囲内のいずれかの前記断面において、前記外層ファイバユニットにおける前記平均正弦値$\sin\alpha_{ave}$が０．３６６以上である請求項１に記載の光ファイバ集合体。

[請求項3] 光ファイバ集合体の前記長手方向の全体にわたって、前記外層ファ

イバユニットにおける前記平均正弦値ｓｉｎα_{ave}が０．３６６以上である請求項１に記載の光ファイバ集合体。

[請求項4] 少なくとも光ファイバ集合体の長手方向の或る位置において前記長手方向に直交する光ファイバ集合体の断面において、全ての前記内層ファイバユニットにおける前記平均正弦値ｓｉｎα_{ave}の平均が、全ての前記外層ファイバユニットにおける前記平均正弦値ｓｉｎα_{ave}の平均よりも小さい請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の光ファイバ集合体。

[請求項5] 複数の前記光ファイバユニットは、一方向又はＳＺ状に撚られており、

各撚りピッチの範囲内のいずれかの前記断面において、複数の前記内層ファイバユニットにおける前記平均正弦値ｓｉｎα_{ave}の平均が、複数の前記外層ファイバユニットにおける前記平均正弦値ｓｉｎα_{ave}の平均よりも小さい請求項４に記載の光ファイバ集合体。

[請求項6] 光ファイバ集合体の前記長手方向の全体にわたって、複数の前記内層ファイバユニットにおける前記平均正弦値ｓｉｎα_{ave}の平均が、複数の前記外層ファイバユニットにおける前記平均正弦値ｓｉｎα_{ave}の平均よりも小さい請求項４に記載の光ファイバ集合体。

[請求項7] 前記光ファイバユニットは、線条体によって束ねられている請求項１から請求項６のいずれか一項に記載の光ファイバ集合体。

[請求項8] 全ての前記光ファイバユニットの中で前記径方向の厚さが最も薄い前記光ファイバユニットが、最外周に位置する前記外層ファイバユニットである請求項１から請求項７のいずれか一項に記載の光ファイバ集合体。

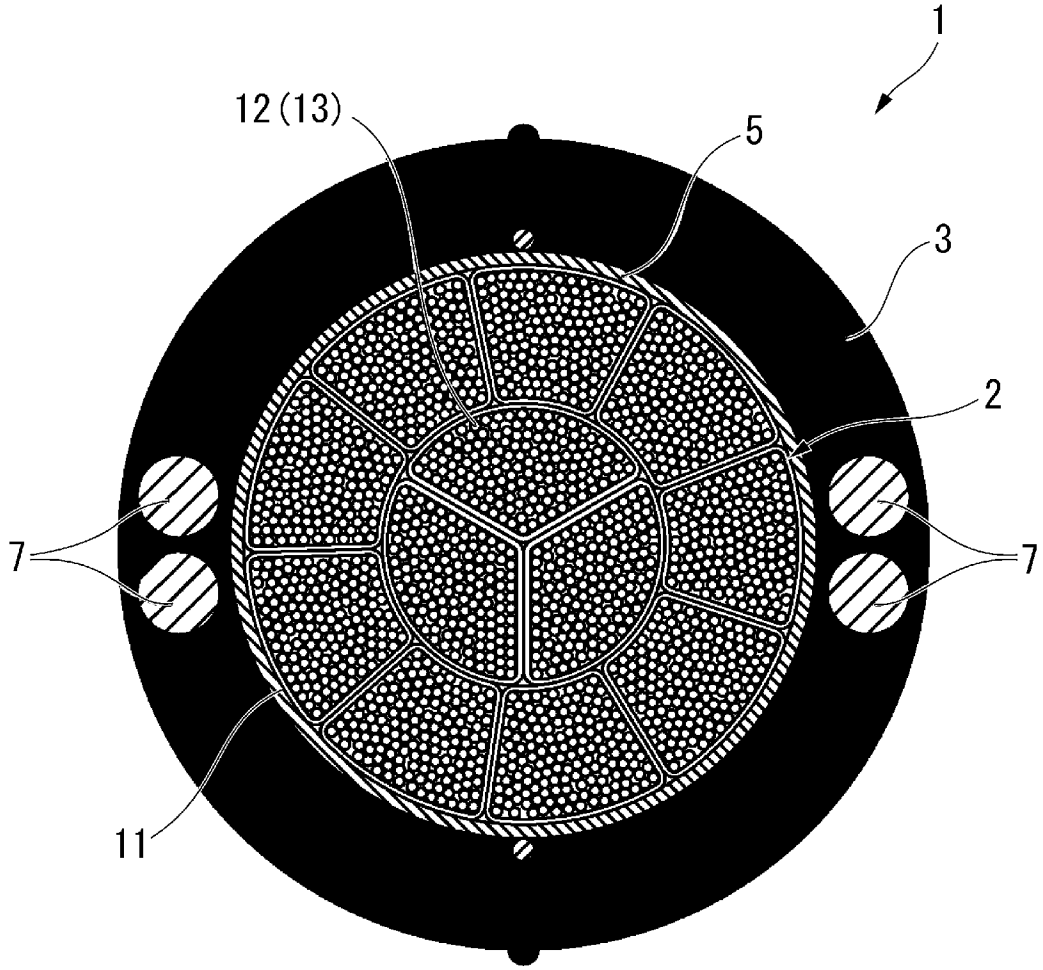
[請求項9] 前記外層ファイバユニットは、少なくとも最外周に位置する層に含まれる請求項１から請求項８のいずれか一項に記載の光ファイバ集合体。

[請求項10] 前記光ファイバテープは、間欠連結型の光ファイバテープである請

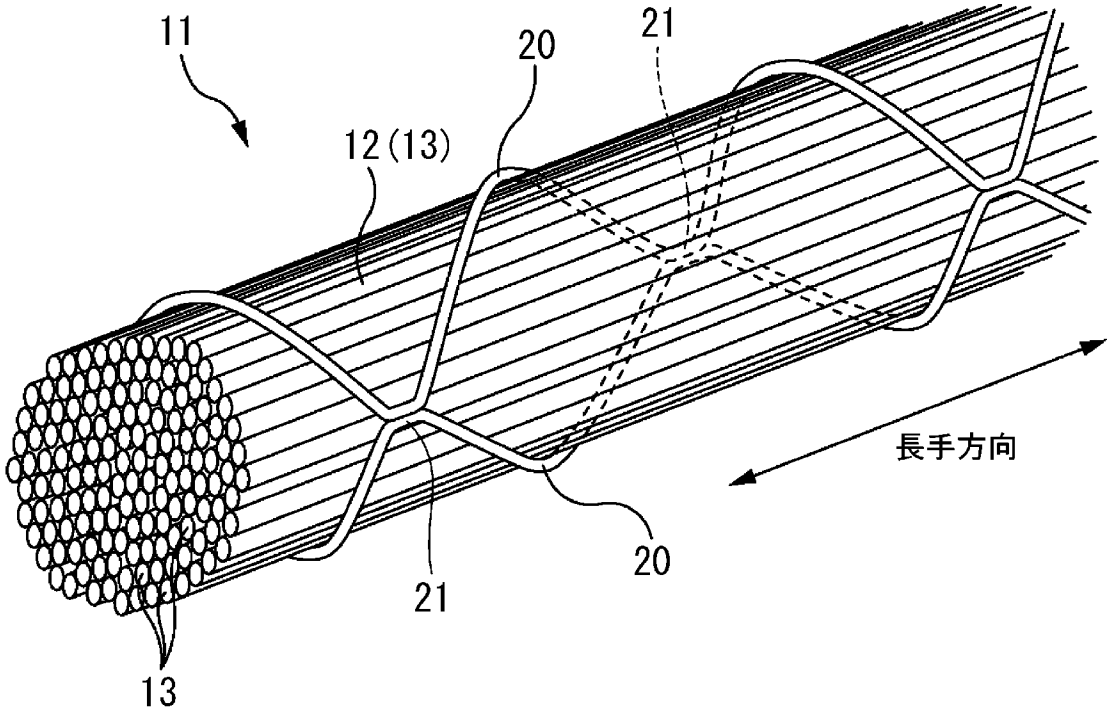
求項１から請求項９のいずれか一項に記載の光ファイバ集合体。

[請求項11] 請求項１から請求項１０のいずれか一項に記載の光ファイバ集合体と、前記光ファイバ集合体を被覆する外被と、を備える光ケーブル。

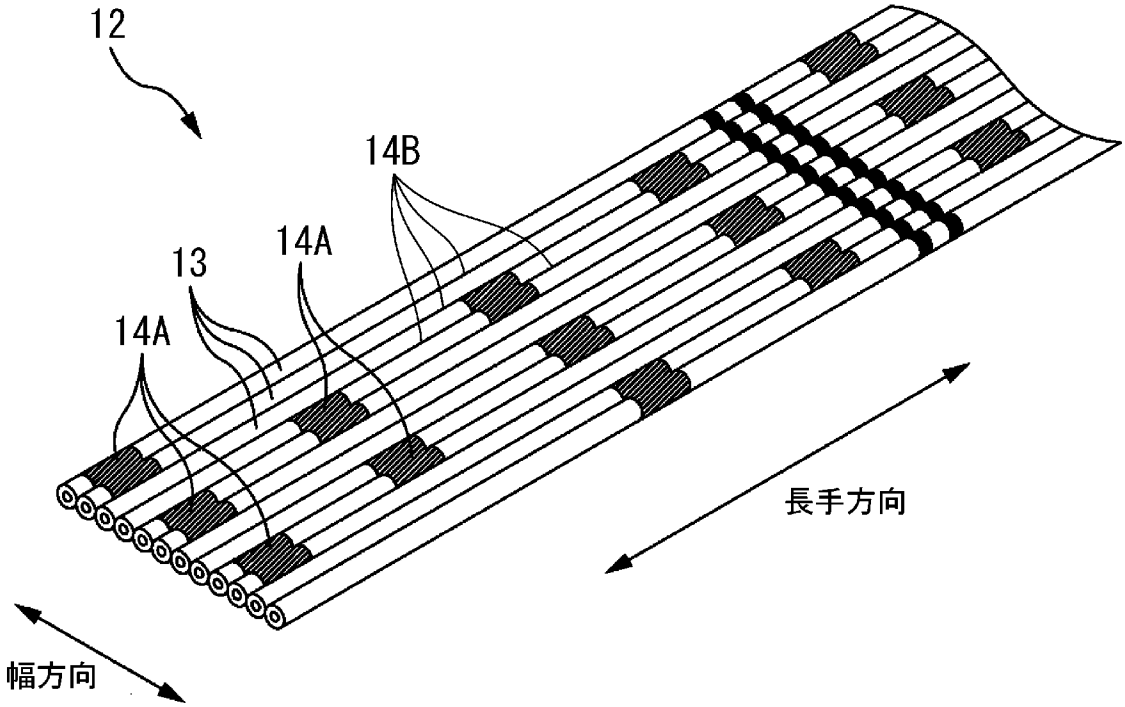
[図1]



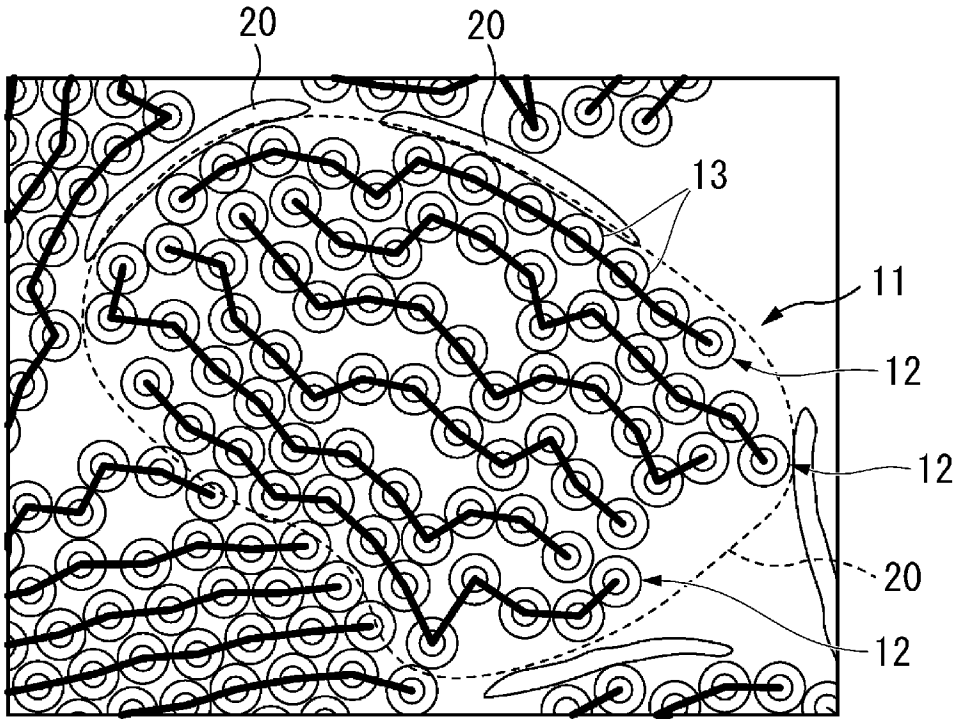
[図2]



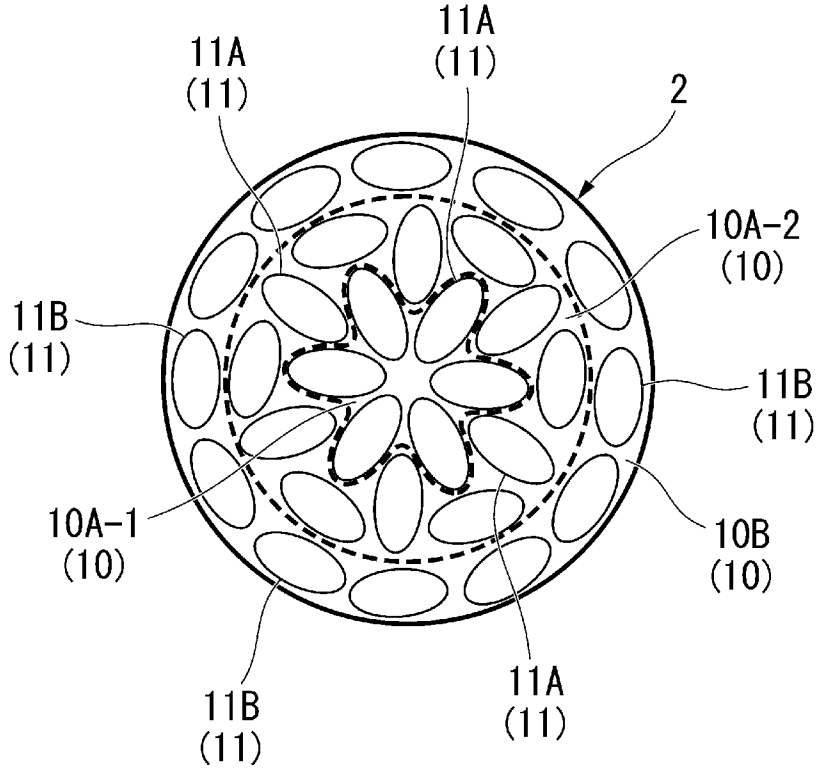
[図3]



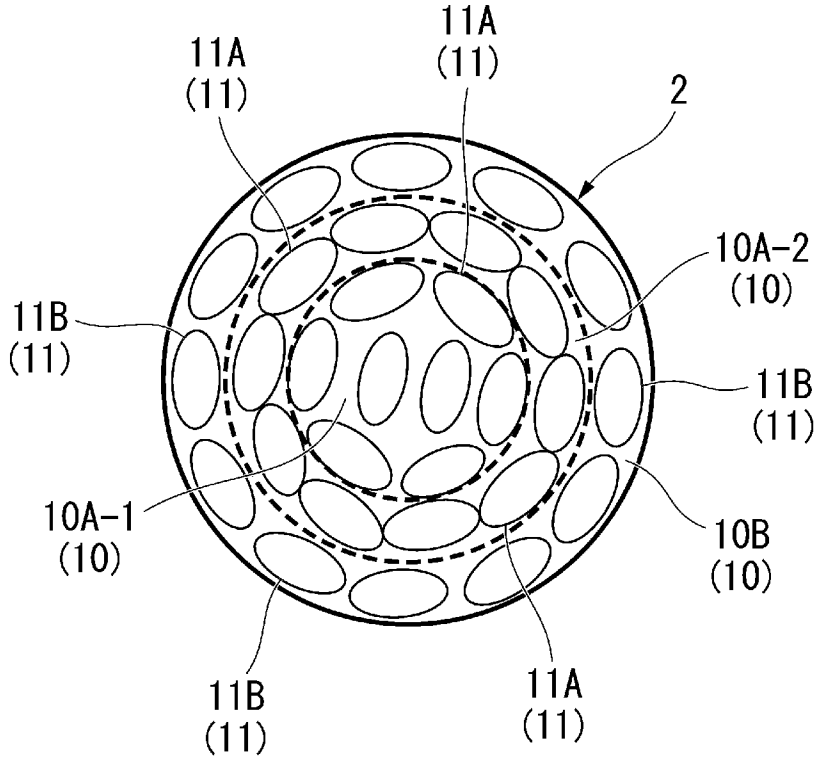
[図4]



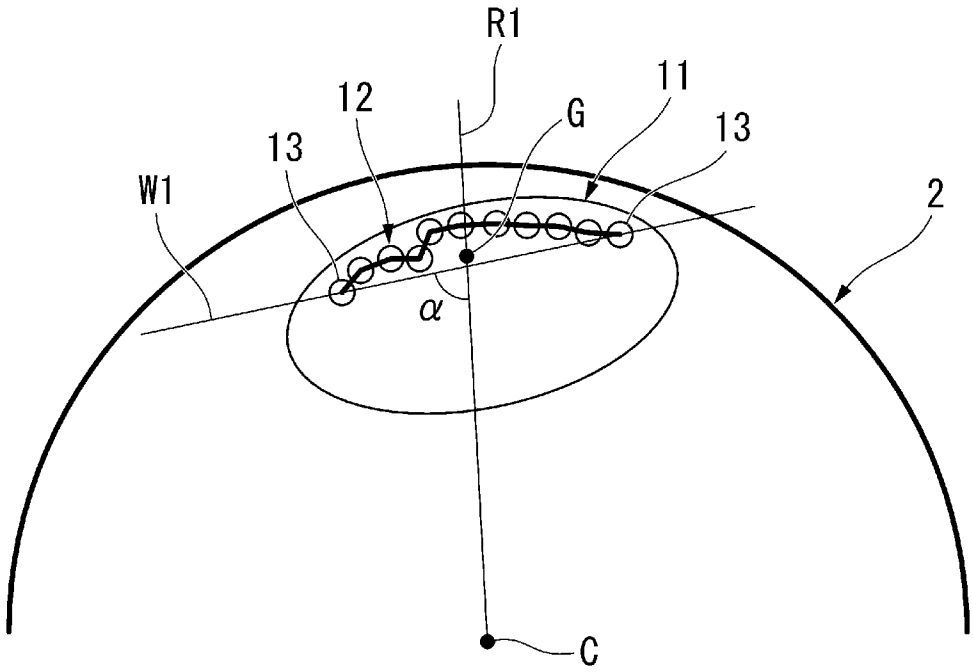
[図5]


11A
(11)
11A
(11)
2
10A-2
(10)
11B
(11)
11B
(11)
10A-1
(10)
10B
(10)
11B
(11)
11A
(11)

[図6]


11A
(11)
11A
(11)
2
10A-2
(10)
11B
(11)
11B
(11)
10A-1
(10)
10B
(10)
11B
(11)
11A
(11)

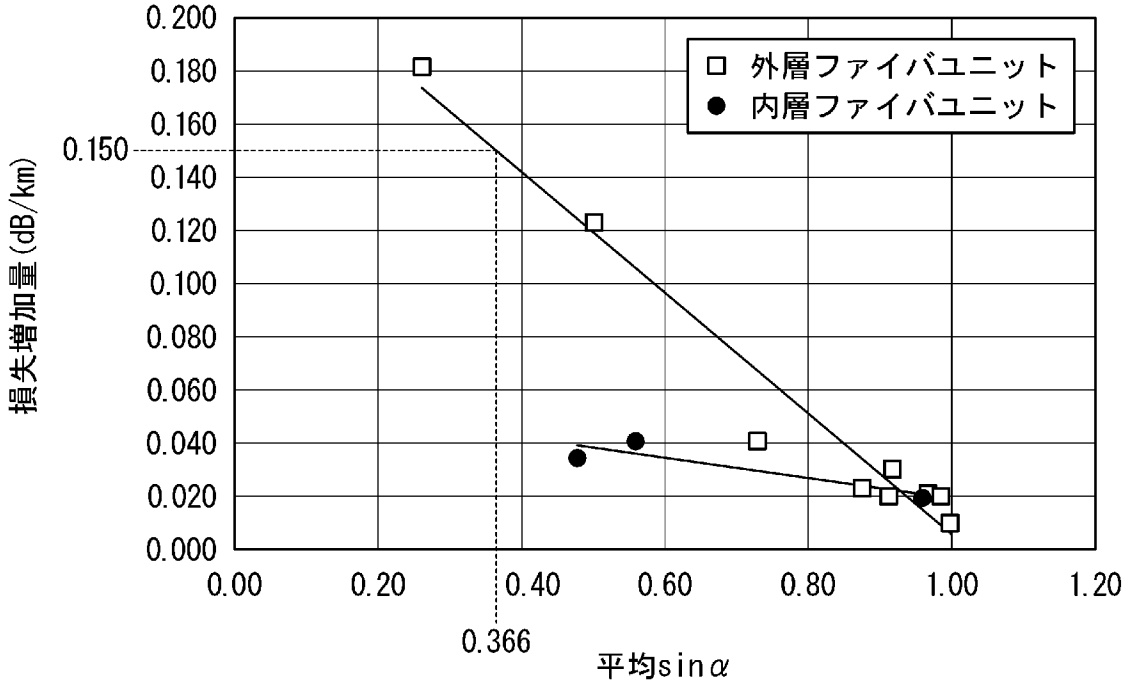
[図7]



[図8]

ユニット番号	テープ番号						平均 sin α	損失増加量 (dB/km)
	1	2	3	4	5	6		
1	0.80	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.96	0.020
2	0.87	0.81	0.61	0.47	0.01	0.10	0.48	0.035
3	0.35	0.52	0.49	0.73	0.57	0.68	0.56	0.041
4	0.66	0.58	0.52	0.48	0.40	0.36	0.50	0.123
5	1.00	0.98	0.87	0.81	0.81	0.79	0.88	0.023
6	0.96	0.94	0.93	0.91	0.88	0.87	0.92	0.030
7	0.99	0.98	0.95	0.91	0.81	0.85	0.91	0.020
8	1.00	0.96	0.97	0.99	1.00	1.00	0.99	0.020
9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.010
10	0.45	0.37	0.30	0.22	0.15	0.08	0.26	0.182
11	0.81	0.77	0.70	0.75	0.70	0.64	0.73	0.041
12	0.99	1.00	0.99	0.98	0.95	0.90	0.97	0.021

[図9]


0.200
0.180
0.160
0.150
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
損失増加量(dB/km)
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
1.20
0.366
平均sinα
外層ファイバユニット
内層ファイバユニット

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/046215

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/44(2006.01)i
FI: G02B6/44 366; G02B6/44 371

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B6/44

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 1971-2023
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.
A	WO 2021/157334 A1 (FUJIKURA LTD.) 12 August 2021 (2021-08-12) paragraphs [0010]-[0013], fig. 1	1-11
A	WO 2021/157394 A1 (FUJIKURA LTD.) 12 August 2021 (2021-08-12) entire text, all drawings	1-11
A	JP 2019-105833 A (OFS FITEL LLC) 27 June 2019 (2019-06-27) entire text, all drawings	1-11
A	JP 2010-8923 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>) 14 January 2010 (2010-01-14) entire text, all drawings	1-11
A	JP 2014-16530 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 30 January 2014 (2014-01-30) entire text, all drawings	1-11
A	WO 2021/106538 A1 (FUJIKURA LTD.) 03 June 2021 (2021-06-03) entire text, all drawings	1-11

☑ 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	Date of mailing of the international search report
03 February 2023	**21 February 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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/046215

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 107340577 A (YANGTZE OPTICAL FIBRE AND CABLE JOINT STOCK LIMITED COMPANY) 10 November 2017 (2017-11-10) entire text, all drawings	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/046215

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2021/157334 A1	12 August 2021	CN 114641717 A	
		US 2022/390701 A1 paragraphs [0013]-[0018], fig. 1	
		AU 2021217841 A	
		TW 202132845 A	
		EP 4102275 A1	
WO 2021/157394 A1	12 August 2021	CN 114787679 A	
		AU 2021217260 A1	
		TW 202132846 A	
		EP 4102276 A1	
JP 2019-105833 A	27 June 2019	US 10107980 B1	
JP 2010-8923 A	14 January 2010	US 2011/0110635 A1	
		WO 2010/001663 A1	
		CN 102057309 A	
		CN 102681119 A	
JP 2014-16530 A	30 January 2014	(Family: none)	
WO 2021/106538 A1	03 June 2021	US 2022/0342172 A1	
		EP 4020045 A1	
		CN 114730060 A	
		AU 2020392837 A1	
		CA 3157770 A1	
		TW 202127081 A	
		TW 202217385 A	
CN 107340577 A	10 November 2017	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/046215

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02B 6/44(2006.01)i
FI: G02B6/44 366; G02B6/44 371

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02B6/44

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

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

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
A	WO 2021/157334 A1 (株式会社フジクラ) 12.08.2021 (2021-08-12) 段落［００１０］－［００１３］、図１	1-11
A	WO 2021/157394 A1 (株式会社フジクラ) 12.08.2021 (2021-08-12) 全文、全図	1-11
A	JP 2019-105833 A (オーエフエス ファイテル，エルエルシー) 27.06.2019 (2019-06-27) 全文、全図	1-11
A	JP 2010-8923 A (日本電信電話株式会社) 14.01.2010 (2010-01-14) 全文、全図	1-11
A	JP 2014-16530 A (住友電気工業株式会社) 30.01.2014 (2014-01-30) 全文、全図	1-11
A	WO 2021/106538 A1 (株式会社フジクラ) 03.06.2021 (2021-06-03) 全文、全図	1-11

☑ 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	国際調査報告の発送日
03.02.2023	21.02.2023

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）
林　祥恵 2L 4085

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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
A	CN 107340577 A (YANGTZE OPTICAL FIBRE AND CABLE JOINT STOCK LIMITED COMPANY) 10.11.2017 (2017-11-10) 全文、全図	1-11

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/JP2022/046215

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2021/157334 A1	12.08.2021	CN 114641717 A	
		US 2022/390701 A1 段落[0013]-[0018], FIG.1	
		AU 2021217841 A	
		TW 202132845 A	
		EP 4102275 A1	
WO 2021/157394 A1	12.08.2021	CN 114787679 A	
		AU 2021217260 A1	
		TW 202132846 A	
		EP 4102276 A1	
JP 2019-105833 A	27.06.2019	US 10107980 B1	
JP 2010-8923 A	14.01.2010	US 2011/0110635 A1	
		WO 2010/001663 A1	
		CN 102057309 A	
		CN 102681119 A	
JP 2014-16530 A	30.01.2014	（ファミリーなし）	
WO 2021/106538 A1	03.06.2021	US 2022/0342172 A1	
		EP 4020045 A1	
		CN 114730060 A	
		AU 2020392837 A1	
		CA 3157770 A1	
		TW 202127081 A	
		TW 202217385 A	
CN 107340577 A	10.11.2017	（ファミリーなし）	