

(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4月13日(13.04.2023)

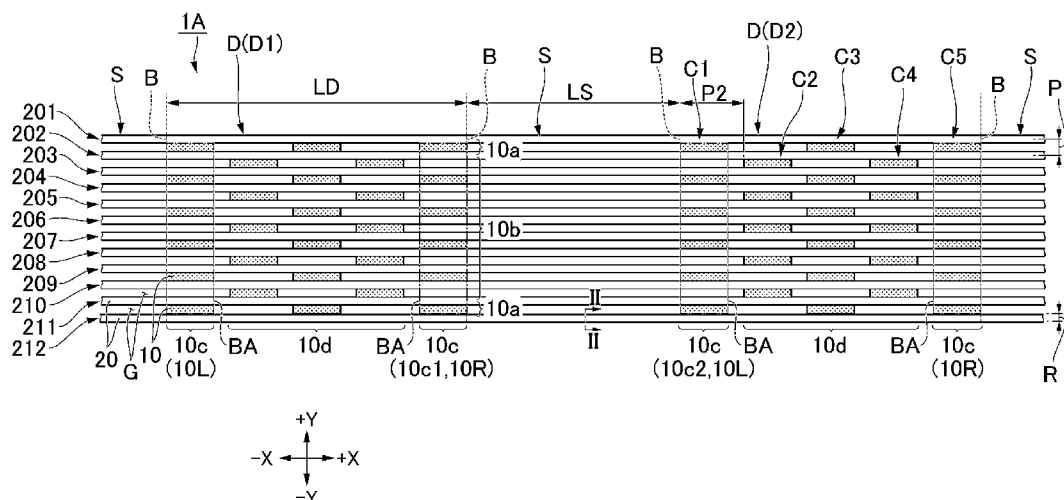


(10) 国際公開番号
WO 2023/058566 A1

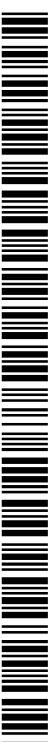
- (51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/036649
- (22) 国際出願日: 2022年9月30日(30.09.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
63/251,692 2021年10月4日(04.10.2021) US
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1
- 5 - 1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山下 典明 (YAMASHITA Noriaki);
〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 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
1 4 4 0 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 1 4 4 0 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 RIBBON

(54) 発明の名称: 光ファイバテープ心線



(57) Abstract: An optical fiber ribbon according to the present invention is provided with: a plurality of optical fibers arrayed along an array direction that is perpendicular to the lengthwise direction; and a plurality of joint sections. The plurality of joint sections are each formed between a pair of the optical fibers that are adjacent to each other with respect to the array direction. The plurality of joint sections are disposed non-contiguously with respect to the lengthwise direction and the array direction. The optical fiber ribbon has a first high-density region and a low-density region that are adjacent to



WO 2023/058566 A1

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, 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))

each other with respect to the lengthwise direction. In the first high-density region, among the plurality of joint sections, at least two joint sections having mutually different positions with respect to the lengthwise direction and the array direction are disposed. The number density of the joint sections in the low-density region is lower than the number density of the joint sections in the first high-density region. The maximum value of the amount of increase in transmission loss that occurs with light having a wavelength of 1550 nm and propagated through the optical fibers in a kink test is not greater than 1 dB.

(57) 要約: 光ファイバテープ心線は、長手方向に垂直な配列方向に配列された複数の光ファイバと、複数の連結部と、を備える。前記複数の連結部は、前記配列方向において隣接する2本の前記光ファイバの間に形成され、当該2本の光ファイバを連結する。前記複数の連結部は、前記長手方向および前記配列方向において間欠的に配置される。前記光ファイバテープ心線は、前記長手方向において隣接する第1高密度領域および低密度領域を有する。前記第1高密度領域には、前記複数の連結部のうち前記長手方向および前記配列方向における位置が互いに異なる少なくとも2つの連結部が配置される。前記低密度領域における前記連結部の数密度は、前記第1高密度領域における前記連結部の数密度よりも低い。キंक試験において、前記光ファイバを伝播する波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量の最大値が1dB以下である。

明 細 書

発明の名称：光ファイバテープ心線

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバテープ心線に関する。

本願は、2021年10月4日に、米国に出願されたUS 63/251,692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] 従来、複数の光ファイバと、複数の連結部と、を備える光ファイバテープ心線が知られている（例えば、特許文献1を参照）。前記複数の光ファイバは、長手方向に垂直な配列方向に配列されている。前記複数の連結部は、前記配列方向において隣接する2本の光ファイバを連結する。特許文献1には、連結部が配置された連結領域と、連結部が配置されていない非連結領域と、を有する光ファイバテープ心線が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2021-43363号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、上記のような光ファイバテープ心線をケーブル化した場合等において、光ファイバテープ心線には長手方向に沿った圧縮応力がかかる可能性がある。ここで、光ファイバテープ心線の非連結領域においては、光ファイバが連結部によって固定されていないため、上記圧縮応力によって光ファイバが湾曲し、急激な曲げ（いわゆるキンク）が生じる可能性がある。このようなキンクの発生は、光ファイバを伝播する光の伝送損失の増大をもたらし得る。

[0005] 本発明は、このような事情を考慮してなされ、キンクによる伝送損失の増大を抑制可能な光ファイバテープ心線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] 上記課題を解決するために、本発明の一態様に係る光ファイバテープ心線は、長手方向に垂直な配列方向に配列された複数の光ファイバと、前記配列方向において隣接する2本の前記光ファイバの間に形成され、当該2本の光ファイバを連結する複数の連結部と、を備え、前記複数の連結部は、前記長手方向および前記配列方向において間欠的に配置され、前記光ファイバテープ心線は、前記長手方向において隣接する第1高密度領域および低密度領域を有し、前記第1高密度領域には、前記複数の連結部のうち前記長手方向および前記配列方向における位置が互いに異なる少なくとも2つの連結部が配置され、前記低密度領域における前記連結部の数密度は、前記第1高密度領域における前記連結部の数密度よりも低く、前記第1高密度領域を固定しかつ前記光ファイバテープ心線の全体に100gfの張力をかけた状態で、前記低密度領域の前記第1高密度領域とは反対側の端縁を前記長手方向に沿って前記第1高密度領域に近づけた際に、前記光ファイバを伝播する波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量の最大値が1dB以下である。

発明の効果

[0007] 本発明の上記態様によれば、キックによる伝送損失の増大を抑制可能な光ファイバテープ心線を提供できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第1実施形態に係る光ファイバテープ心線を示す図である。

[図2]図1に示すI-I線に沿う断面図である。

[図3A]光ファイバaを用いた光ファイバテープ心線について、キック試験の結果を示す図である。

[図3B]光ファイバbを用いた光ファイバテープ心線について、キック試験の結果を示す図である。

[図3C]キック試験における伝送損失の増大量の最大値をまとめた図である。

[図4A]光ファイバaを用いた光ファイバテープ心線について、捻回試験の結果を示す図である。

[図4B]光ファイバbを用いた光ファイバテープ心線について、捻回試験の結果を示す図である。

[図4C]捻回試験における伝送損失の増大量をまとめた図である。

[図5]第2実施形態に係る光ファイバテープ心線を示す図である。

[図6]第3実施形態に係る光ファイバテープ心線を示す図である。

[図7]第1の変形例に係る光ファイバテープ心線を示す図である。

[図8]第2の変形例に係る光ファイバテープ心線を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] (第1実施形態)

以下、第1実施形態に係る光ファイバテープ心線について、図面に基づいて説明する。

図1に示すように、光ファイバテープ心線1Aは、複数の光ファイバ20を備える。複数の光ファイバ20は、各光ファイバ20の長手方向に垂直な方向に配列されている。光ファイバテープ心線1Aは、複数の光ファイバ20のうち互いに隣接する2本の光ファイバ20を連結する複数の連結部10をさらに備える。

図1の例では、光ファイバテープ心線1Aは、12本の光ファイバ20を備える。本明細書では、各光ファイバ20を、順に、第1ファイバ201～第12ファイバ212と称する場合がある。ただし、光ファイバ20の本数は適宜変更可能である。

[0010] (方向定義)

ここで、本実施形態では、XYZ直交座標系を設定して各構成の位置関係を説明する。X軸方向は、光ファイバテープ心線1Aの長手方向である。Y軸方向は、複数の光ファイバ20が配列される方向である。Z軸方向は、X軸方向およびY軸方向の双方に直交する方向である。本明細書では、X軸方向を長手方向Xと称し、Y軸方向を配列方向Yと称し、Z軸方向を面直方向Zと称する場合がある。長手方向Xに沿う一方向を、+X方向または右方と称する。+X方向とは反対の方向を、-X方向または左方と称する。配列方

向Yに沿って、第12ファイバ212から第1ファイバ201に向かう方向を、+Y方向または上方と称する。+Y方向とは反対の方向を、-Y方向または下方と称する。

[0011] 図2に示すように、各光ファイバ20は、導波路21および被覆部22を有する。導波路21は、例えばガラスで形成されている。導波路21（ガラス部）は、コア21aおよびクラッド21bを有する。クラッド21bは、コア21aを覆っている。被覆部22は、樹脂等によって形成されており、ガラス部21を覆っている。被覆部22の具体的な材質としては、例えばUV硬化型樹脂を用いることができる。本実施形態に係る被覆部22は、プライマリ層22aと、セカンダリ層22bと、を有する。プライマリ層22aは、ガラス部21（クラッド21b）を覆っている。セカンダリ層22bは、プライマリ層22aを覆っている。

[0012] 図1に示すように、各光ファイバ20は、長手方向Xに沿って延びている。複数の光ファイバ20は、配列方向Yにおいて配列されている。複数の光ファイバ20が配列方向Yに配列されるピッチP1は、各光ファイバ20の直径（ファイバ径）Rよりも大きい。言い換えれば、配列方向Yにおいて隣接する2本の光ファイバ20の間には、隙間Gが設けられている。

[0013] 複数の光ファイバ20には、配列方向Yにおいて最も外側に位置する一对の最外ファイバ（outermost fiber）と、複数の中間ファイバ（intermediate fiber）が含まれる。複数の中間ファイバは、配列方向Yにおいて、一对の最外ファイバの間に位置する。図1の例においては、第1ファイバ201および第12ファイバ212が最外ファイバに該当し、第2ファイバ202～第11ファイバ211が中間ファイバに該当する。

[0014] 複数の連結部10の各々は、隙間Gに形成される。複数の連結部10は、長手方向Xおよび配列方向Yにおいて間欠的に配置される。なお、本明細書において、文言「間欠的に配置される」には、複数の連結部10の間隔が一定である場合および一定でない場合の双方が含まれる。各連結部10は、当該連結部10が配置された隙間Gに隣接する2本の光ファイバ20を連

結する。より詳しくは、各連結部10は、当該連結部10が配置された隙間Gに隣接する2本の光ファイバ20の被覆部22を連結する。つまり、本実施形態に係る光ファイバテープ心線1Aでは、配列方向Yにおいて隣接する2本の光ファイバ20は、複数の連結部10によって、長手方向Xにおいて間欠的に互いに連結される。光ファイバテープ心線1Aは、間欠固定テープ心線1Aとも称される。連結部10としては、隣接する光ファイバ20の被覆部22を連結可能な任意の材質を採用できる。例えば、連結部10としてUV硬化型樹脂を用いてもよい。本実施形態において、長手方向Xおよび配列方向Yにおける寸法は、複数の連結部10の間で互いに略等しい。

[0015] また、複数の連結部10には、一对の最外ファイバ201、212のいずれかに接する複数の最外連結部10aと、中間ファイバ202～211を連結する複数の中間連結部10bが含まれる。図1の例において、各最外連結部10aは、第1ファイバ201と第2ファイバ202と、または、第11ファイバ211と第12ファイバ212と、を連結している。各中間連結部10bは、第2ファイバ202～第11ファイバ211を連結している。

[0016] 本実施形態に係る光ファイバテープ心線1Aは、複数の高密度領域Dと、複数の低密度領域Sと、を有する。複数の高密度領域Dおよび複数の低密度領域Sは、長手方向Xにおいて交互に配置され、互いに接している。本実施形態において、複数の高密度領域Dには、第1高密度領域D1と、第2高密度領域D2と、が含まれる。第1高密度領域D1および第2高密度領域D2は、互いに異なる位置に配置される。また、第1高密度領域D1および第2高密度領域D2は、同一の低密度領域Sに接している。言い換えれば、第1高密度領域D1および第2高密度領域D2は、一つの低密度領域Sを長手方向Xにおいて挟むように配置されている。

[0017] 本実施形態において、各高密度領域Dは、略長形状に形成されている。同様に、各低密度領域Sは、略長形状に形成されている。本明細書では、高密度領域Dと低密度領域Sとの間の境界線の各々を、特に、境界Bと称することがある。本実施形態において、各境界Bは、配列方向Yに平行な線分

である。各境界Bには、少なくとも1個の連結部10（境界連結部10c）が接している。

[0018] 本明細書において、各高密度領域Dに含まれる複数の連結部10のうち最も右方に位置する連結部10を、右端連結部10Rと称する場合がある。同様に、各高密度領域Dに含まれる複数の連結部10のうち最も左方に位置する連結部10を、左端連結部10Lと称する場合がある。図1の例において、各高密度領域Dは、6つの右端連結部10Rと、6つの左端連結部10Lと、を有する。

[0019] 本明細書では、各高密度領域Dについて、次のように長手方向Xにおける寸法LDを定義する。すなわち、寸法LDは、高密度領域Dに含まれる右端連結部10Rの右端と、高密度領域Dに含まれる左端連結部10Lの左端と、の間の、長手方向Xにおける距離である。図1の例においては、複数の高密度領域Dの間で、長手方向Xにおける寸法が寸法LDで略一定である。

[0020] 本明細書では、各低密度領域Sについて、次のように長手方向Xにおける寸法LSを定義する。すなわち、寸法LSは、低密度領域Sの左方に位置して隣接する高密度領域Dに含まれる右端連結部10Rの右端と、低密度領域Sの右方に位置して隣接する高密度領域Dに含まれる左端連結部10Lの左端と、の間の、長手方向Xにおける距離である。図1の例においては、複数の低密度領域Sの間で、長手方向Xにおける寸法が寸法LSで略一定である。なお、複数の高密度領域D間において寸法LDは一定でなくてもよく、複数の低密度領域S間において寸法LSも一定でなくてもよい。

[0021] 以下、各高密度領域Dの構成および各低密度領域Sの構成について説明する。

[0022] 各高密度領域Dには、複数の連結部10のうち長手方向Xおよび配列方向Yにおける位置が互いに異なる少なくとも2個の連結部10が配置されている。図1の例において、各高密度領域Dには、28個の連結部10が配置されている。図1の例において、各高密度領域Dに含まれる28個の連結部10の配置パターンは、複数の高密度領域D間において略同一である。なお、

各高密度領域Dに含まれる連結部10の数は適宜変更可能であり、2個以上であれば、連結部10の数は限定されない。

[0023] 以降、本明細書では、高密度領域Dと低密度領域Sとの間の境界Bに位置する連結部10を、境界連結部10cと称し、境界Bから離れた連結部10を、非境界連結部10dと称する。本実施形態において、各高密度領域Dは、複数の境界連結部10cおよび非境界連結部10dを有する。例えば、第1高密度領域D1は、複数の第1境界連結部10c1を有し、第2高密度領域D2は、複数の第2境界連結部10c2を有する。ここで、複数の第1境界連結部10c1および複数の第2境界連結部10c2は、同一の低密度領域Sに接している。

[0024] 先に定義した右端連結部10Rおよび左端連結部10Lは、複数の境界連結部10cに含まれる。言い換えれば、全ての右端連結部10Rおよび左端連結部10Lは、境界連結部10cである。特に、図1の例においては、全ての境界連結部10cは、右端連結部10Rおよび左端連結部10Lのいずれかに該当する。言い換えれば、境界連結部10cは、長手方向Xにおいて互いにずれていない。ただし、高密度領域Dは、右端連結部10Rおよび左端連結部10Lのいずれにも該当しない境界連結部10cを有していてもよい。言い換えれば、境界連結部10cは、長手方向Xにおいて互いにずれていてもよい（図5も参照）。

[0025] 複数の境界連結部10cは、配列方向Yにおいて互いに重なり合っている。より詳細には、各高密度領域Dにおいて、同一の低密度領域Sに接する複数の境界連結部10cの全ては、配列方向Yにおいて互いに重なり合っている。例えば、図1に示すように、複数の第1境界連結部10c1の全ては、配列方向Yにおいて互いに重なり合っている。言い換えれば、各高密度領域Dは、複数の境界連結部10cが配列方向Yにおいて互いに重なり合う矩形形状の領域を有する。本明細書では、この領域を、「境界領域BA」と称する。図1に示すように、複数の第1境界連結部10c1の全ては、同一の境界領域BAに含まれている。境界領域BAのうち高密度領域Dの長手方向Xに

おける中心とは反対側に向く辺は、境界B上に位置する。言い換えれば、境界Bは、境界領域BAのうち高密度領域Dの長手方向Xにおける中心とは反対側に向く辺に沿って延びている。

[0026] 図1の例において、各高密度領域Dは、第1列C1～第5列C5を有している。第1列C1～第5列C5は、左方から右方に向かう方向において、この順に並んでいる。また、列C1～C5が並ぶピッチP2は、略一定である。各列C1～C5は、配列方向Yに平行である。第1列C1および第5列C5の各々には、6個の境界連結部10cが含まれる。例えば、第1高密度領域D1の第5列C5には、6個の第1境界連結部10c1が含まれる。第2高密度領域D2の第1列C1には、6個の第2境界連結部10c2が含まれる。第2列C2および第4列C4の各々には、5個の非境界連結部10dが含まれる。第3列C3には、6個の非境界連結部10dが含まれる。

[0027] ここで、第1境界連結部10c1の個数は、配列方向Yにおいて重なり合う非境界連結部10dの個数以上である。言い換えれば、配列方向Yにおいて重なり合う非境界連結部10dの個数は、第1境界連結部10c1の個数以下である。図1の例においては、第1境界連結部10c1の個数は、6個であり、各高密度領域Dの各列C2、C4に含まれる非境界連結部10dの個数は、5個であり、第3列C3に含まれる非境界連結部10dの個数は、6個である。したがって、各高密度領域Dの各列C2～C4に含まれる非境界連結部10dの個数は、6個以下である。言い換えれば、列C1～C5の中で、当該列に含まれる連結部10の個数が最大となるのは、第1列C1および第5列C5である。

[0028] また、各高密度領域Dにおいて、複数の光ファイバ20の全ては、複数の境界連結部10cのいずれかに接している。言い換えれば、複数の光ファイバ20の全ては、第1列C1または第5列C5に含まれる複数の連結部10のいずれかに接している。例えば、第1高密度領域D1において、複数の光ファイバ20の全ては、複数の第1境界連結部10c1のいずれかに接している。第2高密度領域D2において、複数の光ファイバ20の全ては、複数

の第2境界連結部10c2のいずれかに接している。さらに、各高密度領域Dにおいて、第1列C1、第3列C3、および第5列C5に含まれる連結部10が位置する隙間Gと、第2列C2および第4列C4に含まれる連結部10が位置する隙間Gとは、配列方向Yにおいてずれている。これにより、各高密度領域Dにおいて、複数の光ファイバ20の全てが、連結部10によって、互いに連結されている。

[0029] また、低密度領域Sの左側に接している複数の境界連結部10cの配置パターンと、当該低密度領域Sの右側に接している複数の境界連結部10cの配置パターンとは、互いに同じである。言い換えれば、ある低密度領域Sに接する複数の境界連結部10cは、当該低密度領域Sに関して左右対称となるように配置されている。例えば、複数の第2境界連結部10c2の配置パターンは、複数の第1境界連結部10c1の配置パターンと同じである。なお、文言「複数の第1境界連結部10c1の配置パターン」は、配列方向Yにおける各第1境界連結部10c1の位置を意味する。文言「複数の第2境界連結部10c2の配置パターン」は、配列方向Yにおける各第2境界連結部10c2の位置を意味する。

[0030] また、各高密度領域Dにおいて、複数の境界連結部10cのうち少なくとも一つの境界連結部10cは、最外ファイバ201、212と中間ファイバ202、211とを連結している。言い換えれば、複数の境界連結部10cには、少なくとも一つの最外連結部10aが含まれる。図1の例において、各高密度領域Dには、第1ファイバ201と第2ファイバ202とを連結する境界連結部10c、および、第11ファイバ211と第12ファイバ212とを連結する境界連結部10c、が含まれる。さらに言い換えれば、各高密度領域Dには、第1ファイバ201に接する境界連結部10c、および、第12ファイバ212に接する境界連結部10c、が含まれる。なお、最外ファイバ201、212と中間ファイバ202、211とを連結する境界連結部10cの個数は、1個以下であってもよい。

[0031] 各低密度領域Sにおける連結部10の数密度は、各高密度領域Dにおける

連結部 10 の数密度よりも低い。なお、「低密度領域 S における連結部 10 の数密度」とは、低密度領域 S に含まれる連結部 10 の数を当該低密度領域 S の面積で割った値である。「高密度領域 D における連結部 10 の数密度」とは、高密度領域 D に含まれる連結部 10 の数を当該高密度領域 D の面積で割った値である。図 1 の例において、各低密度領域 S には、連結部 10 が含まれていない。つまり、低密度領域 S における連結部 10 の数密度はゼロである。ただし、低密度領域 S に連結部 10 が含まれていてもよい。

[0032] ところで、一般に、光ファイバテープ心線をケーブル化した場合等において、光ファイバテープ心線には長手方向に沿った圧縮応力がかかる可能性がある。ここで、光ファイバテープ心線が、連結部の数が少ない低密度領域を有している場合、上記圧縮応力により当該低密度領域において光ファイバが湾曲し、急激な曲げ（いわゆるキック）が生じる可能性がある。このようなキックの発生は、光ファイバを伝播する光の伝送損失の増大をもたらす得る。また、光ファイバテープ心線には、光ファイバテープ心線を長手方向に平行な回転軸まわりに捻回させる力が加わる可能性がある。光ファイバテープ心線が捻回されると、低密度領域において光ファイバに微小な曲げ（いわゆるマイクロバンド）が生じ、伝送損失の増大が発生する可能性がある。

[0033] これらの課題に対し、本実施形態に係る光ファイバテープ心線 1 A は、キック試験（詳細は後述）において光ファイバ 20 を伝播する波長 1550 nm の光に生じる伝送損失の増大量の最大値が 1 dB 以下となるように構成されている。また、本実施形態に係る光ファイバテープ心線 1 A は、捻回試験（詳細は後述）において光ファイバ 20 を伝播する波長 1550 nm の光に生じる伝送損失の増大量が 1 dB 以下となるように構成されている。以下、具体的な試験例を用いて、キック試験における伝送損失の増大量の最大値を 1 dB 以下とし、捻回試験における伝送損失の増大量を 1 dB 以下とする具体的な構成について説明する。ただし、光ファイバテープ心線 1 A は、捻回試験における伝送損失の増大量が 1 dB 以下となるように構成されていなくてもよい。

[0034] (試験例1：キंक試験)

プライマリ層22aのヤング率と、低密度領域Sの長手方向Xにおける寸法L_Sと、が互いに異なる複数の光ファイバテープ心線を用意した。そして、各光ファイバテープ心線に対し、キंक試験を行った。なお、セカンダリ層22bのヤング率および高密度領域Dの長手方向Xにおける寸法L_Dは、用意した複数の光ファイバテープ心線の間において同一であるとみなせた。具体的に、セカンダリ層22bのヤング率は900MPa以上のある値で同一であり、高密度領域Dの寸法L_Dは4.5cmで同一であるとみなせた。

[0035] ここで、「キंक試験」とは、第1高密度領域D₁を固定しかつ光ファイバテープ心線の全体に100gfの張力をかけた状態で、低密度領域Sの第1高密度領域D₁とは反対側の端縁（境界B）を長手方向Xに沿って第1高密度領域D₁に近づけた際に、光ファイバ20を伝播する波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量を調べる試験である。

[0036] 具体的に、本試験例においては、次のような手順でキंक試験を行った。

まず、光ファイバテープ心線を構成する複数の光ファイバ20の各々が長手方向Xに直線状に延び、かつ、複数の光ファイバ20が配列方向Yに配列された状態とした。つまり、光ファイバテープ心線が丸まったり捻れたりしないよう、光ファイバテープ心線を平らに広げた。この状態で第1高密度領域D₁を第1固定具（不図示）に固定し、第2高密度領域D₂を第2固定具（不図示）に固定した。これにより、第1高密度領域D₁と低密度領域Sとの境界Bが第1固定具に対して相対移動できず、かつ、第2高密度領域D₂と低密度領域Sとの境界Bが第2固定具に対して相対移動できない状況が実現された。そして、光ファイバテープ心線全体（2つの固定具間に位置する低密度領域Sを含む）に対して長手方向Xに100gfの荷重（張力）をかけた。この状態を初期状態とした。

[0037] 次に、第2固定具を、第1固定具に対して長手方向Xに沿って所定距離近づけた。そして、光ファイバテープ心線の両端に接続したパワーメーターにより、光ファイバ20を伝播する波長1550nmの光に生じる伝送損失の

増大量を計測した。言い換えれば、第2固定具を第1固定具に対して所定距離近づけた状態と、第2固定具を第1固定具に対して近づけていない初期状態とを比較し、波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量を計測した。

[0038] 図3Aは、プライマリ層22aのヤング率が0.5MPa以上である光ファイバaを用いた光ファイバテープ心線について、キック試験の結果をまとめたグラフである。なお、「キック長」とは、第2固定具を第1固定具に対して近づけた距離（初期状態からの移動距離）を意味する。図3Bは、プライマリ層22aのヤング率が0.5MPa未満である光ファイバbを用いた光ファイバテープ心線について、キック試験の結果をまとめたグラフである。表1および表2は、図3Aおよび図3Bに示された各プロット点についてまとめた表である。図3Cは、各光ファイバテープ心線における伝送損失の増大量の最大値をまとめたグラフである。なお、図3Cは片対数グラフである。

[0039]

[表1]

	キルク長 [cm]	光ファイバ a 損失増大量 [dB]	光ファイバ b 損失増大量 [dB]
LD:LS=4.5cm:4.5cm	1cm	0.044	0.007
	2cm	0.890	0.299
	3cm	2.663	1.429
	4cm	5.862	1.275
	開放	0.000	0.001
LD:LS=4.5cm:5cm	1cm	0.01	0.007
	2cm	0.406	0.324
	3cm	1.287	1.005
	4cm	1.205	0.965
	開放	0	0
LD:LS=4.5cm:6cm	1cm	0.001	0.001
	2cm	0.032	0.026
	3cm	0.187	0.171
	4cm	0.415	0.385
	5cm	0.336	0.327
	開放	0.000	0.001
LD:LS=4.5cm:7.5cm	1cm	0	0
	2cm	0.003	0.001
	3cm	0.028	0.021
	4cm	0.147	0.11
	5cm	0.187	0.145
	6cm	0.134	0.098
	開放	0	0

[0040]

[表2]

	キルク長 [cm]	光ファイバ a 損失増大量 [dB]	光ファイバ b 損失増大量 [dB]
LD:LS=4.5cm:9cm	1cm	0	0
	2cm	0	0
	3cm	0	0.002
	4cm	0.01	0.01
	5cm	0.036	0.033
	6cm	0.043	0.035
	7cm	0.027	0.029
	8cm	0.023	0.017
	開放	0	0
LD:LS=4.5cm:10cm	1cm	0.001	0.001
	2cm	0.000	0.001
	3cm	0.001	0.002
	4cm	0.002	0.003
	5cm	0.003	0.007
	6cm	0.003	0.020
	7cm	0.003	0.022
	8cm	0.003	0.018
	9cm	0.006	0.012
	開放	0.000	0.000

[0041] 図3Cに示すように、光ファイバ a を用いた光ファイバテープ心線および光ファイバ b を用いた光ファイバテープ心線のいずれにおいても、低密度領域 S の長手方向 X における寸法 L S を大きくすればするほど、伝送損失の増大量の最大値は小さくなっている。これは、低密度領域 S の寸法 L S を大きくすればするほど、光ファイバ 20 が自らの曲げを緩和するように変形しやすくなり、急激な曲げ（キルク）が生じにくくなるからであると考えられる。

[0042] したがって、低密度領域 S の寸法 L S をある程度大きく設定することによ

り、キंकによる伝送損失の増大を抑制した光ファイバテープ心線を実現することができる。より具体的には、低密度領域Sの長手方向Xにおける寸法LSを5.0cm以上とすることで、プライマリ層22aのヤング率によらず、キंक試験における伝送損失の増大量の最大値を1dB以下とすることができる。また、低密度領域Sの長手方向Xにおける寸法LSを6.0cm以上とすることで、プライマリ層22aのヤング率によらず、キंक試験における伝送損失の増大量の最大値を0.1dB以下とすることができる。

[0043] (試験例2：捻回試験)

試験例1と同一の条件で、複数の光ファイバテープ心線を用意した。そして、各光ファイバテープ心線に対し、捻回試験を行った。

[0044] ここで、「捻回試験」とは、第1高密度領域D1を固定しかつ光ファイバテープ心線の全体に100gfの張力をかけた状態で、低密度領域Sの第1高密度領域D1とは反対側の端縁(境界B)を長手方向Xに平行な回転軸まわりに回転させた際に、光ファイバ20を伝播する波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量を調べる試験である。

[0045] 具体的に、本試験例においては、次のような手順で捻回試験を行った。

まず、光ファイバテープ心線を構成する複数の光ファイバ20の各々が長手方向Xに直線状に延び、かつ、これら複数の光ファイバ20が配列方向Yに配列された状態とした。つまり、光ファイバテープ心線が丸まったり捻れたりしないよう、光ファイバテープ心線を平らに広げた。この状態で第1高密度領域D1を第1固定具(不図示)に固定し、第2高密度領域D2を第2固定具(不図示)に固定した。これにより、第1高密度領域D1と低密度領域Sとの間の境界Bが第1固定具に対して相対移動できず、かつ、第2高密度領域D2と低密度領域Sとの間の境界Bが第2固定具に対して相対移動できない状況が実現された。そして、光ファイバテープ心線全体(2つの固定具間に位置する低密度領域Sを含む)に対して長手方向Xに100gfの荷重(張力)をかけた。この状態を初期状態とした。

[0046] 次に、第2固定具を、第1固定具に対して長手方向Xに平行な回転軸まわ

りに所定角度回転させた。そして、光ファイバテープ心線の両端に接続したパワーメーターにより、光ファイバ20を伝播する波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量を計測した。言い換えれば、第2固定具を第1固定具に対して所定角度回転させた状態と、第2固定具を第1固定具に対して回転させていない初期状態とを比較し、波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量を計測した。

[0047] 図4Aは、プライマリ層22aのヤング率が0.5MPa以上である光ファイバaを用いた光ファイバテープ心線について、捻回試験の結果をまとめたグラフである。なお、「捻回数」とは、第2固定具の回転角に対応するパラメータである。すなわち、第2固定具を180°回転させた場合の捻回数は0.5回であり、第2固定具を360°回転させた場合の捻回数は1回である。図4Bは、プライマリ層22aのヤング率が0.5MPa未満である光ファイバbを用いた光ファイバテープ心線について、捻回試験の結果をまとめたグラフである。表1および表2は、図4Aおよび図4Bに示された各プロット点についてまとめた表である。図4Cは、各光ファイバテープ心線について、捻回数が4回の時における伝送損失の増大量をまとめたグラフである。

[0048]

[表3]

	検回数 [回]	光ファイバ a 損失増大量 [dB]	光ファイバ b 損失増大量 [dB]
LD:LS=4.5cm:4cm	0.5	0.000	0.000
	1	0.000	0.001
	1.5	0.001	0.001
	2	0.008	0.003
	2.5	0.045	0.015
	3	0.214	0.109
	3.5	0.950	0.324
	4	2.580	1.036
	開放	0.000	0.000
LD:LS=4.5cm:4.5cm	0.5	0.000	0.001
	1	0.000	0.001
	1.5	0.001	0.002
	2	0.006	0.004
	2.5	0.019	0.012
	3	0.091	0.052
	3.5	0.456	0.183
	4	0.927	0.471
	開放	0.000	0.000
LD:LS=4.5cm:5cm	0.5	0.000	0.000
	1	0.000	0.000
	1.5	0.000	0.000
	2	0.000	0.001
	2.5	0.007	0.004
	3	0.025	0.016
	3.5	0.114	0.067
	4	0.426	0.247
	開放	0.001	0.001
LD:LS=4.5cm:6cm	0.5	0.000	0.000
	1	0.000	0.000
	1.5	0.001	0.001
	2	0.002	0.001
	2.5	0.005	0.003
	3	0.015	0.012
	3.5	0.034	0.033
	4	0.529	0.330
	開放	0.000	0.000

[0049]

[表4]

	捻回数 [回]	光ファイバa 損失増大量 [dB]	光ファイバb 損失増大量 [dB]
LD:LS=4.5cm:7.5cm	0.5	0.000	0.001
	1	0.001	0.001
	1.5	0.001	0.001
	2	0.000	0.000
	2.5	0.013	0.001
	3	0.040	0.007
	3.5	0.310	0.032
	4	0.334	0.140
LD:LS=4.5cm:9cm	開放	0.000	0.000
	0.5	0.000	0.000
	1	0.000	0.000
	1.5	0.002	0.000
	2	0.010	0.003
	2.5	0.084	0.014
	3	0.198	0.044
	3.5	0.474	0.119
LD:LS=4.5cm:10cm	4	0.791	0.274
	開放	0.003	0.004
	0.5	0.001	0.001
	1	0.001	0.000
	1.5	0.002	0.001
	2	0.001	0.002
	2.5	0.001	0.003
	3	0.004	0.002
LD:LS=4.5cm:10cm	3.5	0.034	0.010
	4	0.524	0.442
	開放	0.000	0.000

[0050] 図4Cに示すように、光ファイバaを用いた光ファイバテープ心線および光ファイバbを用いた光ファイバテープ心線のいずれにおいても、低密度領域Sの長手方向Xにおける寸法LSを大きくするほど伝送損失の増大量が小さくなる傾向が確認される。これは、寸法LSを大きくするほど、光ファイバ20の単位長さあたりにおける捻れ角が小さくなり、光ファイバ20に微小な曲げ（マイクロバンド）が生じにくくなるためであると考えられる。本試験例においてはLS=10cmのケースまでしか伝送損失の計測が行われていないが、LS>10cmの領域においても同様の傾向が認められることが予想される。

[0051] したがって、低密度領域Sの寸法LSをある程度大きく設定することにより、捻回による伝送損失の増大を抑制した光ファイバテープ心線を実現する

ことができる。特に、低密度領域Sの長手方向Xにおける寸法LSを5.0 cm以上とすることで、プライマリ層22aのヤング率によらず、キック試験における伝送損失の増大量の最大値を1 dB以下とし、かつ、捻回試験における伝送損失の増大量も1 dB以下とすることができる。

[0052] 次に、光ファイバテープ心線1Aのその他の作用について説明する。

[0053] 本実施形態に係る光ファイバテープ心線1Aは、連結部10が多く配置された複数の高密度領域Dと、配置される連結部10が少ない（特に図1の例においては連結部10が配置されていない）複数の低密度領域Sと、を有する。ここで、各高密度領域Dにおいては、複数の光ファイバ20は互いに連結され、一体となっている。また、連結部10は、隣接する2本の光ファイバ20が配列されるピッチP1を固定する役割も有する。したがって、各高密度領域Dにおいて、光ファイバ20のピッチP1を安定させることができる。

[0054] ところで、一般に、光ファイバテープ心線を他の光ファイバテープ心線に融着接続する際には、融着機が使用される。融着機は、光ファイバテープ心線を位置合わせするためのホルダを備えている。ホルダには、長手方向Xに沿って延びる複数の溝が形成されている。融着機の内部において、光ファイバテープ心線に含まれる複数の光ファイバ20は、位置合わせのために、上記した複数の溝に対して1本ずつ挿通される。ここで、ピッチP1は連結部10によって固定されるため、ある光ファイバテープ心線に対して融着作業を行う場合、従来は、当該光ファイバテープ心線における光ファイバのピッチP1で配列された溝を有する融着機を用いていた。

[0055] ところが、近年では、光ファイバ20の小径化に向けた研究開発が盛んに行われており、それに伴って光ファイバ20のピッチP1も縮小化が進んでいる。したがって、製造時期が互いに異なる2つの光ファイバテープ心線を融着接続しようとした場合に、両光ファイバテープ心線におけるピッチP1が互いに異なるために、融着機を用いて両光ファイバテープ心線を融着接続することが困難になるという問題が発生していた。

[0056] これに対して本実施形態に係る光ファイバテープ心線1Aは、複数の低密度領域Sを有する。各低密度領域Sにおいては、光ファイバ20が配列されるピッチP1を固定する連結部10が配置されていないか、あるいは少ない。このため、光ファイバテープ心線1Aを使用する使用者は、低密度領域Sにおいて光ファイバテープ心線1Aを配列方向Yに引っ張ることで、ピッチP1を広げることができる。また、配列方向Yにおいて隣接する2本の光ファイバ20の間には、隙間Gが設けられている。このため、使用者は、低密度領域Sにおいて光ファイバテープ心線1Aを配列方向Yに押し縮めることで、ピッチP1を狭めることができる。したがって、使用者が低密度領域SにおいてピッチP1を変更し、ピッチP1が変更された低密度領域Sを融着機にセットすることで、当該光ファイバテープ心線1Aとは異なるピッチP1を有する融着機を用いることが可能となる。また、光ファイバテープ心線1Aを、当該光ファイバテープ心線1Aとは異なるピッチP1を有する光ファイバテープ心線に対して融着接続することが可能となる。

[0057] 以上説明したように、本実施形態に係る光ファイバテープ心線1Aは、長手方向Xに垂直な配列方向Yに配列された複数の光ファイバ20と、配列方向Yにおいて隣接する2本の光ファイバ20の間に形成され、当該2本の光ファイバ20を連結する複数の連結部10と、を備え、複数の連結部10は、長手方向Xおよび配列方向Yにおいて間欠的に配置され、光ファイバテープ心線1Aは、長手方向Xにおいて隣接する第1高密度領域D1および低密度領域Sを有し、第1高密度領域D1には、複数の連結部10のうち長手方向Xおよび配列方向Yにおける位置が互いに異なる少なくとも2つの連結部10が配置され、低密度領域Sにおける連結部10の数密度は、第1高密度領域D1における連結部10の数密度よりも低く、キック試験において、光ファイバ20を伝播する波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量の最大値が1dB以下である。この構成により、キックによる伝送損失の増大を抑制した光ファイバテープ心線を実現することができる。

[0058] また、低密度領域Sを4回捻回する捻回試験において、光ファイバ20を

伝播する波長 1550 nm の光に生じる伝送損失の増大量の最大値が 1 dB 以下である。この構成により、捻回による伝送損失の増大を抑制した光ファイバテープ心線を実現することができる。

[0059] また、低密度領域 S の長手方向 X における寸法を L_S とするとき、 $L_S \geq 5.0\text{ cm}$ が成立する。この構成により、キックによる伝送損失の増大をより確実に抑制することができる。

[0060] また、複数の光ファイバ 20 が配列方向 Y に配列されるピッチ P_1 は、複数の光ファイバ 20 の各々の直径 R よりも大きい。この構成により、光ファイバテープ心線 $1A$ を融着接続する際に、当該光ファイバテープ心線 $1A$ とは異なるピッチ P_1 を有する融着機を用いることが可能となる。また、光ファイバテープ心線 $1A$ を、当該光ファイバテープ心線 $1A$ とは異なるピッチ P_1 を有する光ファイバテープ心線に対して融着接続することが可能となる。

[0061] 一般に、最外ファイバ 201 、 212 は、中間ファイバ $202 \sim 211$ に比べて、光ファイバテープ心線 $1A$ を融着機にセットする際において、融着機の溝に対する位置ずれや曲がりを生じやすい。これに対して、本実施形態に係る光ファイバテープ心線 $1A$ において、複数の光ファイバ 20 には、配列方向 Y において最も外側に位置する一対の最外ファイバ 201 、 212 と、配列方向 Y において一対の最外ファイバ 201 、 212 の間に位置する中間ファイバ $202 \sim 211$ と、が含まれ、複数の連結部 10 には、第1高密度領域 D_1 と低密度領域 S との間の境界 B に位置する第1境界連結部 $10c_1$ が含まれ、第1境界連結部 $10c_1$ は、最外ファイバ 201 、 212 と中間ファイバ 202 、 211 とを連結している。この構成によれば、高密度領域 D と低密度領域 S との間の境界 B において、最外ファイバ 201 、 212 を動きにくくすることができる。したがって、光ファイバテープ心線 $1A$ を融着機の溝にセットする際において、溝に対する最外ファイバ 201 、 212 の位置ずれや曲がりが生じるのを抑制することができる。

[0062] また、複数の連結部 10 には、第1高密度領域 D_1 と低密度領域 S との間

の境界Bに位置し、かつ、配列方向Yにおいて互いに重なり合う複数の第1境界連結部10c1が含まれ、複数の光ファイバ20の全ては、複数の第1境界連結部10c1のいずれかに接している。これにより、高密度領域Dと低密度領域Sとの間の境界Bにおいて、全ての光ファイバ20を動きにくくすることができる。したがって、融着機に光ファイバテープ心線1Aをセットする作業をより容易にすることができる。

[0063] また、第1境界連結部10c1の個数は、配列方向Yにおいて重なり合う非境界連結部10dの個数以上である。これにより、高密度領域Dと低密度領域Sとの間の境界Bにおいて、光ファイバテープ心線1Aの剛性を高めることができる。したがって、融着機に光ファイバテープ心線1Aをセットする作業をより容易にすることができる。

[0064] また、長手方向Xにおいて第1高密度領域D1とは異なる位置に配置され、長手方向Xにおいて低密度領域Sと接するように配置される第2高密度領域D2をさらに有し、第2高密度領域D2には、複数の連結部10のうち長手方向Xおよび配列方向Yにおける位置が互いに異なる少なくとも2つの連結部10が配置され、第2高密度領域D2における連結部10の数密度は、低密度領域Sにおける連結部10の数密度よりも高く、複数の連結部10には、第1高密度領域D1と低密度領域Sとの間の境界Bに位置し、かつ、配列方向Yにおいて互いに重なり合う複数の第1境界連結部10c1と、第2高密度領域D2と低密度領域Sとの間の境界Bに位置し、かつ、配列方向Yにおいて互いに重なり合う複数の第2境界連結部10c2と、が含まれ、複数の第2境界連結部10c2の配置パターンは、複数の第1境界連結部10c1の配置パターンと同じである。これにより、光ファイバテープ心線1Aを融着機にセットする際において、低密度領域Sの左端における光ファイバ20の動きと、低密度領域Sの右端における光ファイバ20の動きとが連動しやすくなる。言い換えれば、融着機の左端における光ファイバ20の動きと、融着機の右端における光ファイバ20の動きとが連動しやすくなる。したがって、融着機に光ファイバテープ心線1Aをセットする作業をより容易

にすることができる。

[0065] また、高密度領域Dと低密度領域Sとにおいて、連結部10の数が異なることについては、高密度領域Dと低密度領域Sとの識別性にも効果を奏する。高密度領域Dにおいては連結部10の数が多いため、外来光の散乱により高密度領域Dを容易に識別することができる。一方で、低密度領域Sにおいては光ファイバテープ心線1Aを配列方向Yに引っ張ることで、ピッチP1を広げることができ、低密度領域Sを容易に識別することができる。また、連結部10の樹脂を着色したり、マーキングを付したりすることでも、高密度領域Dと低密度領域Sとの識別性をより一層効果的にすることができる。

[0066] ところで、光ファイバテープ心線1Aに対して、例えば配列方向Yにおける外側に向けた外力（引裂力）が印加された場合、連結部10、すなわち、境界連結部10cおよび非境界連結部10dには、割れが生じる場合がある。ここで、上記した外力は、複数の境界連結部10cおよび複数の非境界連結部10dの各々に分散される。このとき、境界連結部10cは、連結部10の数が少ない低密度領域Sに隣接しているため、非境界連結部10dと比較して、外力が集中しやすいと考えられる。言い換えれば、境界連結部10cは、非境界連結部10dと比較して、割れを生じやすいと考えられる。

[0067] 本願発明者らは、低密度領域Sの寸法LSが長いほど、外力がより境界連結部10cに集中しやすくなると考察した。より具体的には、境界連結部10cに集中する外力の大きさは、寸法LSに比例すると考察した。つまり、寸法LSが長いほど、境界連結部10cに割れが生じやすくなると考えられる。例えば、境界連結部10cの強度が3.0gfである場合、境界連結部10cに集中する外力の大きさが3.0gfを超えないよう、低密度領域Sの寸法LSをある上限値以下に設定する必要があると考えられる。なお、「連結部10の強度」とは、連結部10に対して外力が印加された場合に、連結部10が割れないまま保持される外力の最大値である。

[0068] 本願発明者らは、各連結部10に割れが生じないような寸法LSの上限値を調べるため、次の試験を行った。つまり、低密度領域Sの寸法LSが約3

0 mmである光ファイバテープ心線1 Aに対して所定の外力を印加した際に、連結部1 0（境界連結部1 0 c）に割れが生じるか否か試験した。より具体的には、2 0 0本の光ファイバ2 0を有する光ファイバテープ心線1 Aに対して、張力1 3 0 k g f、マンドレル径2 5 0 mm、曲げ角度9 0°でしごき試験を実施し、連結部1 0に割れが生じているか否か観察した。

[0069] 当該試験の結果、寸法L Sが約3 0 mmである光ファイバテープ心線1 Aについて、各連結部1 0 cの強度が1. 5 g f未満である場合には境界連結部1 0 cに割れが生じることが確認された。一方、各連結部1 0の強度が1. 5 g f以上である場合には非境界連結部1 0 dおよび境界連結部1 0 cに割れが生じないことが確認された。これらのことから、当該試験において、境界連結部1 0 cに集中した外力の大きさは、1. 5 g f程度であったと考察される。当該試験の結果と、境界連結部1 0 cに集中する外力の大きさが寸法L Sに比例するとした先述の考察から、以下の式（1）が成立すると考えられる。

$$F [g f] = 1. 5 [g f] \times L S [mm] / 3 0 [mm] \dots (1)$$

ただし、Fは、低密度領域Sの寸法がL S mmである条件下において、境界連結部1 0 cに集中する外力の大きさである。

[0070] 本願発明者らは、境界連結部1 0 cが非境界連結部1 0 dよりも割れやすいことと、連結部1 0の強度の大きさにはバラつきがあることを鑑み、連結部1 0に割れが生じないためには以下の式（2）が成立することが望ましいと考察した。

$$F [g f] \leq A [g f] - 3 S [g f] \dots (2)$$

ただし、Aは連結部1 0の強度（引裂き強度）の平均値であり、Sは連結部1 0の強度の標準偏差である。

[0071] 上記式（1）と式（2）を組み合わせるとFを消去することで、以下の式（3）が導かれる。

$$L S [mm] \leq 3 0 [mm] \times (A - 3 S) [g f] / 1. 5 [g f] \dots (3)$$

つまり、低密度領域Sの寸法LSの上限値を式(3)で定めることにより、連結部10(境界連結部10c)に割れを生じにくい光ファイバテープ心線1Aを得ることができる。ただし、本発明の技術的範囲はこれに限られず、寸法LSは式(3)を満たしていなくてもよい。

[0072] あるいは、寸法LSについて次のように上限値を定めてもよい。つまり、寸法LSは、100mm以下であってもよい。融着機の長手方向Xにおける寸法は、200mm程度であることが一般的である。したがって、2つの光ファイバテープ心線1Aを互いの低密度領域Sにおいて融着接続する場合を考えると、双方の低密度領域Sの寸法LSの合計は、200mm以下であることが好ましい。これは、2つの寸法LSの合計が200mmを超える場合、少なくとも一方の低密度領域Sが融着機の外にはみ出てしまい、光ファイバテープ心線1Aを融着機にセットする作業が煩雑になってしまうからである。これに対し、寸法LSの値を100mm以下に設定することで、2つの寸法LSの合計を200mm以下にすることができる。これにより、融着機に2つの光ファイバテープ心線1Aをセットする作業をより容易にすることができる。

[0073] また、日本国特開2013-182157号公報によれば、連結部10の強度は1.5~21.0gfの範囲内であることが好ましい。本実施形態にこれを適用すれば、連結部10の強度のバラつきも鑑み、以下の式(4)が成立することが望ましい。

$$1.5 [gf] < A - 3S [gf] < A + 3S [gf] < 21.0 [gf] \dots (4)$$

[0074] (第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について説明するが、第1実施形態と基本的な構成は同様である。このため、同様の構成には同一の符号を付してその説明は省略し、異なる点についてのみ説明する。

図5に示す本実施形態に係る光ファイバテープ心線1Bは、各連結部10の寸法および位置関係が第1実施形態に係る光ファイバテープ心線1Aと異

なる。

[0075] 図5に示すように、本実施形態では、各高密度領域Dにおいて、各最外連結部10aの長手方向Xにおける寸法（第1寸法） d_1 は、各中間連結部10bの長手方向Xにおける寸法（第2寸法） d_2 よりも大きい。また、各高密度領域Dにおいて、最外連結部10aの長手方向Xにおける配列間隔 l_1 （第1配列間隔）は、中間連結部10bの長手方向Xにおける配列間隔 l_2 （第2配列間隔）よりも小さい。

[0076] この場合、例えば寸法 d_1 と寸法 d_2 とが等しい場合と比較して、最外ファイバ201、212を中間ファイバ202、211に対してより強固に連結することができる。同様に、例えば配列間隔 l_1 と配列間隔 l_2 とが等しい場合と比較して、最外ファイバ201、212を中間ファイバ202、211に対してより強固に連結することができる。したがって、光ファイバテープ心線1Bを融着機の溝にセットする際において、溝に対する最外ファイバ201、212の位置ずれや曲がりが生じる可能性をより低減することができる。

[0077] 以上説明したように、本実施形態に係る光ファイバテープ心線1Bにおいては、最外連結部10aの長手方向Xにおける寸法 d_1 は、中間連結部10bの長手方向Xにおける寸法 d_2 よりも大きい。この構成により、光ファイバテープ心線1Bを融着機の溝にセットする際において、溝に対する最外ファイバ201、212の位置ずれや曲がりが生じる可能性をより低減することができる。

[0078] また、最外連結部10aの長手方向Xにおける配列間隔 l_1 は、中間連結部10bの長手方向Xにおける配列間隔 l_2 よりも小さい。この構成により、光ファイバテープ心線1Bを融着機の溝にセットする際において、溝に対する最外ファイバ201、212の位置ずれや曲がりが生じる可能性をより確実に低減することができる。

[0079] （第3実施形態）

次に、本発明の第3実施形態について説明するが、第1実施形態と基本的

な構成は同様である。このため、同様の構成には同一の符号を付してその説明は省略し、異なる点についてのみ説明する。

図6に示す本実施形態に係る光ファイバテープ心線1Cは、各連結部10の寸法および位置関係が第1実施形態に係る光ファイバテープ心線1Aと異なる。

[0080] 図6に示すように、本実施形態では、各高密度領域Dにおいて、各境界連結部10cの長手方向Xにおける寸法（第3寸法）d3は、各非境界連結部10dの長手方向Xにおける寸法（第4寸法）d4よりも大きい。例えば、第1高密度領域D1において、第1境界連結部10c1の長手方向Xにおける寸法d3は、非境界連結部10dの長手方向Xにおける寸法d4よりも大きい。

[0081] この場合、例えば寸法d3とd4とが等しい場合と比較して、高密度領域Dと低密度領域Sとの間の境界Bにおいて、光ファイバテープ心線1Cの剛性を高めることができる。したがって、融着機に光ファイバテープ心線1Cをセットする作業をより容易にすることができる。

[0082] 以上説明したように、本実施形態に係る光ファイバテープ心線1Cにおいては、第1境界連結部10c1の長手方向Xにおける寸法d3は、非境界連結部10dの長手方向Xにおける寸法d4よりも大きい。この構成により、融着機に光ファイバテープ心線1Cをセットする作業をより容易にすることができる。

[0083] なお、本明細書において、例えば、「略等しい」には、製造誤差を取り除けば等しいとみなせる場合も含まれる。その他の「略」を用いた表現も同様である。つまり、「略」を用いた表現には、製造誤差を取り除けば「略」に続く字句が示す意味内容が成立するとみなせる場合も含まれる。

[0084] また、本発明の技術的範囲は前記実施形態に限定されず、本発明の趣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可能である。

[0085] 例えば、前記実施形態において、各高密度領域Dの各列C2～C4に含まれる非境界連結部10dの個数は、第1境界連結部10c1の個数（6個）

以下であったが、非境界連結部 10d の構成はこれに限られない。各高密度領域 D の各列 C2 ~ C4 に含まれる非境界連結部 10d の個数は、第 1 境界連結部 10c1 の個数未満であってもよい。具体例を示すと、図 7 に示す光ファイバテープ心線 1D のように、第 3 列 C3 に含まれる非境界連結部 10d の個数が、第 1 境界連結部 10c1 の個数より少なくてもよい。

[0086] また、図 8 に示す光ファイバテープ心線 1E のように、境界連結部 10c は、長手方向 X において互いにずれていてもよい。言い換えれば、高密度領域 D は、右端連結部 10R および左端連結部 10L のいずれにも該当しない境界連結部 10c を有していてもよい。図 8 の例において、各高密度領域 D は、3 つの右端連結部 10R と、3 つの左端連結部 10L と、を有する。図 8 の例においても、前記実施形態と同様に、各高密度領域 D は、複数の境界連結部 10c が配列方向 Y において互いに重なり合う境界領域 BA を有する。そして、境界 B は境界領域 BA の辺に沿って延びている。このとき、前記実施形態と同様に、寸法 LS に下限値および上限値が設定されていてもよい。この構成により、上記実施形態と同様の作用効果が得られる。

[0087] 例えば、前記実施形態において、光ファイバテープ心線 1A ~ 1C は複数の高密度領域 D および複数の低密度領域 S を有していたが、光ファイバテープ心線 1A ~ 1C の構成はこれに限られない。例えば、光ファイバテープ心線 1A ~ 1C は一つのみ的高密度領域 D と一つのみ低密度領域 S を有していてもよい。

[0088] また、各高密度領域 D に含まれる複数の連結部 10 の配置パターンは、各高密度領域 D 間において同一でなくてもよい。同様に、各低密度領域 S に含まれる連結部 10 の配置パターンは、各低密度領域 S 間において同一でなくてもよい。

[0089] また、各領域 D、S の形状は、略矩形でなくてもよい。言い換えれば、各境界 B は、配列方向 Y に平行でなくてもよい。ただし、一般に、融着機（ホルダ）の形状は矩形であるため、境界 B が配列方向 Y に平行である構成が好適である。

[0090] また、各高密度領域Dに含まれる複数の連結部10は、列C1～C5をなしていなくてもよい。言い換えれば、各高密度領域Dにおいて、複数の連結部10はランダムに配置されていてもよい。同様に、各低密度領域Sにおいて、複数の連結部10はランダムに配置されていてもよい。

[0091] また、配列方向Yにおいて隣接する2本の光ファイバ20の間に、隙間Gが設けられていなくてもよい。言い換えれば、隣接する2本の光ファイバ20は、互いに接触していてもよい。このような構成であっても、隣接する2本の光ファイバ20を連結部10によって間欠的に連結することができる。

[0092] その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、上記した実施形態や変形例を適宜組み合わせてもよい。

符号の説明

[0093] 1A、1B、1C、1D、1E…光ファイバテープ心線 10…連結部 10a…最外連結部 10b…中間連結部 10c1…第1境界連結部 10c2…第2境界連結部 10d…非境界連結部 20…光ファイバ 201…第1ファイバ（最外ファイバ） 202～211…第2ファイバ～第11ファイバ（中間ファイバ） 212…第12ファイバ（最外ファイバ） G…隙間 D1…第1高密度領域 D2…第2高密度領域 S…低密度領域 B…境界 P1…ピッチ R…ファイバ径（直径） d1～d4…寸法 l1、l2…配列間隔 X…長手方向 Y…配列方向

請求の範囲

[請求項1]

光ファイバテープ心線であって、
長手方向に垂直な配列方向に配列された複数の光ファイバと、
前記配列方向において隣接する2本の前記光ファイバの間に形成され、当該2本の光ファイバを連結する複数の連結部と、を備え、
前記複数の連結部は、前記長手方向および前記配列方向において間欠的に配置され、
前記光ファイバテープ心線は、前記長手方向において隣接する第1高密度領域および低密度領域を有し、
前記第1高密度領域には、前記複数の連結部のうち前記長手方向および前記配列方向における位置が互いに異なる少なくとも2つの連結部が配置され、
前記低密度領域における前記連結部の数密度は、前記第1高密度領域における前記連結部の数密度よりも低く、
前記第1高密度領域を固定しかつ前記光ファイバテープ心線の全体に100gfの張力をかけた状態で、前記低密度領域の前記第1高密度領域とは反対側の端縁を前記長手方向に沿って前記第1高密度領域に近づけた際に、前記光ファイバを伝播する波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量の最大値が1dB以下である、光ファイバテープ心線。

[請求項2]

前記第1高密度領域を固定しかつ前記光ファイバテープ心線の全体に100gfの張力をかけた状態で、前記低密度領域の前記第1高密度領域とは反対側の端縁を前記長手方向に平行な回転軸まわりに4回転させた際に、前記光ファイバを伝播する波長1550nmの光に生じる伝送損失の増大量が1dB以下である、請求項1に記載の光ファイバテープ心線。

[請求項3]

前記低密度領域の前記長手方向における寸法をLSとするとき、 $LS \geq 5.0 \text{ cm}$ が成立する、請求項1または2に記載の光ファイバテ

ープ心線。

[請求項4] 前記複数の光ファイバが前記配列方向に配列されるピッチは、前記複数の光ファイバの各々の直径よりも大きい、請求項1から3のいずれか一項に記載の光ファイバテープ心線。

[請求項5] 前記複数の光ファイバには、前記配列方向において最も外側に位置する一对の最外ファイバと、前記配列方向において前記一对の最外ファイバの間に位置する複数の中間ファイバと、が含まれ、

前記複数の連結部には、前記一对の最外ファイバのいずれかに接する最外連結部と、2本の前記中間ファイバを連結する中間連結部と、が含まれ、

前記最外連結部の前記長手方向における寸法は、前記中間連結部の前記長手方向における寸法よりも大きい、請求項1から4のいずれか一項に記載の光ファイバテープ心線。

[請求項6] 前記複数の光ファイバには、前記配列方向において最も外側に位置する一对の最外ファイバと、前記配列方向において前記一对の最外ファイバの間に位置する複数の中間ファイバと、が含まれ、

前記複数の連結部には、前記一对の最外ファイバのいずれかに接する最外連結部と、2本の前記中間ファイバを連結する中間連結部と、が含まれ、

前記最外連結部の前記長手方向における配列間隔は、前記中間連結部の前記長手方向における配列間隔よりも小さい、請求項1から5のいずれか一項に記載の光ファイバテープ心線。

[請求項7] 前記複数の連結部には、前記第1高密度領域と前記低密度領域との間の境界に位置する第1境界連結部と、前記境界から離れた非境界連結部と、が含まれ、

前記第1境界連結部の前記長手方向における寸法は、前記非境界連結部の前記長手方向における寸法よりも大きい、請求項1から6のいずれか一項に記載の光ファイバテープ心線。

[請求項8] 前記複数の光ファイバには、前記配列方向において最も外側に位置する一对の最外ファイバと、前記配列方向において前記一对の最外ファイバの間に位置する中間ファイバと、が含まれ、

前記複数の連結部には、前記第1高密度領域と前記低密度領域との間の境界に位置する第1境界連結部が含まれ、

前記第1境界連結部は、前記最外ファイバと前記中間ファイバとを連結している、請求項1から7のいずれか一項に記載の光ファイバテープ心線。

[請求項9] 前記複数の連結部には、前記第1高密度領域と前記低密度領域との間の境界に位置し、かつ、前記配列方向において互いに重なり合う複数の第1境界連結部が含まれ、

前記複数の光ファイバの全ては、前記複数の第1境界連結部のいずれかに接している、請求項1から8のいずれか一項に記載の光ファイバテープ心線。

[請求項10] 前記複数の連結部には、前記第1高密度領域と前記低密度領域との間の境界に位置し、かつ、前記配列方向において互いに重なり合う複数の第1境界連結部と、前記境界から離れた1以上の非境界連結部と、が含まれ、

前記第1境界連結部の個数は、前記配列方向において重なり合う前記非境界連結部の個数以上である、請求項1から9のいずれか一項に記載の光ファイバテープ心線。

[請求項11] 前記長手方向において前記第1高密度領域とは異なる位置に配置され、前記長手方向において前記低密度領域と接するように配置される第2高密度領域をさらに有し、

前記第2高密度領域には、前記複数の連結部のうち前記長手方向および前記配列方向における位置が互いに異なる少なくとも2つの連結部が配置され、

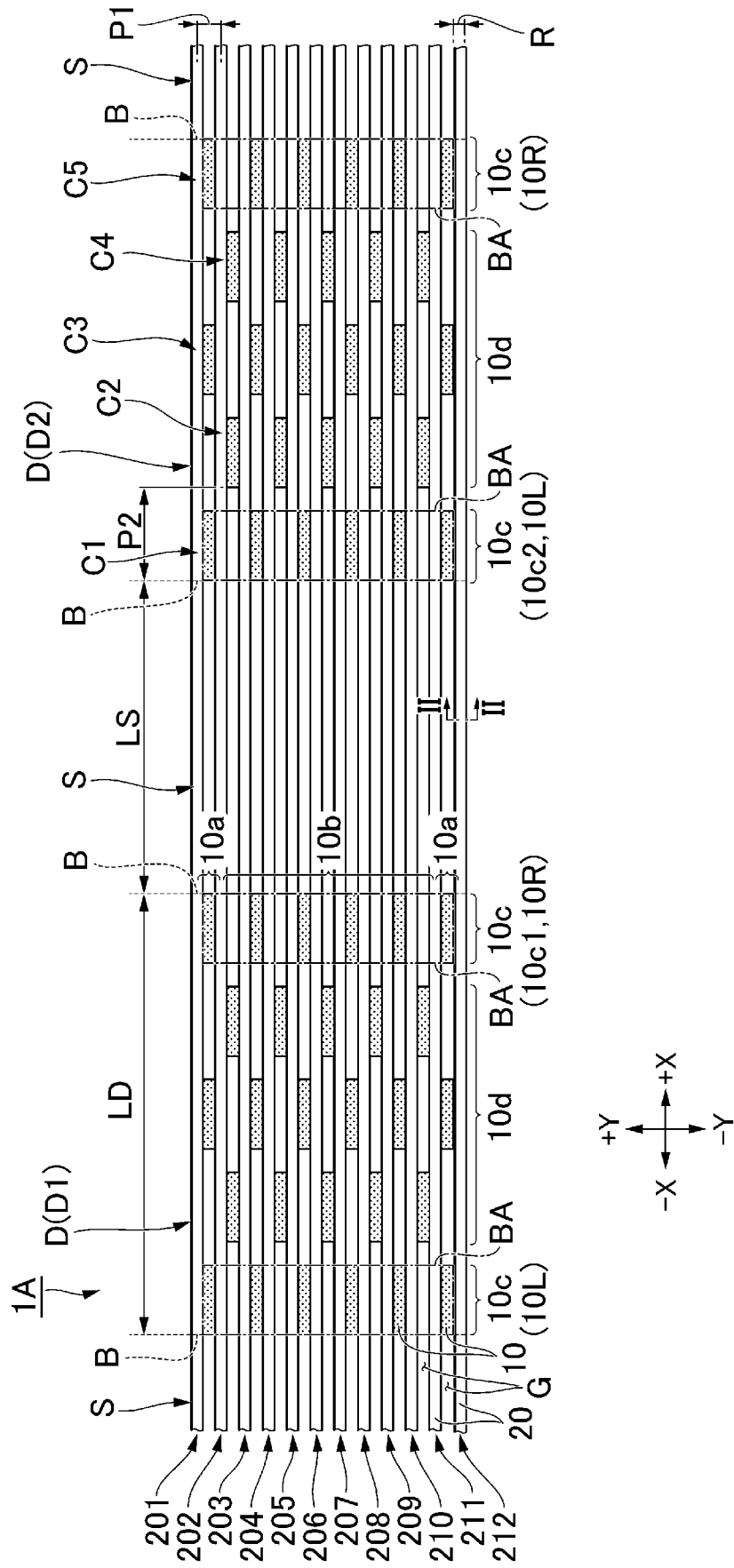
前記第2高密度領域における前記連結部の数密度は、前記低密度領

域における前記連結部の数密度よりも高く、

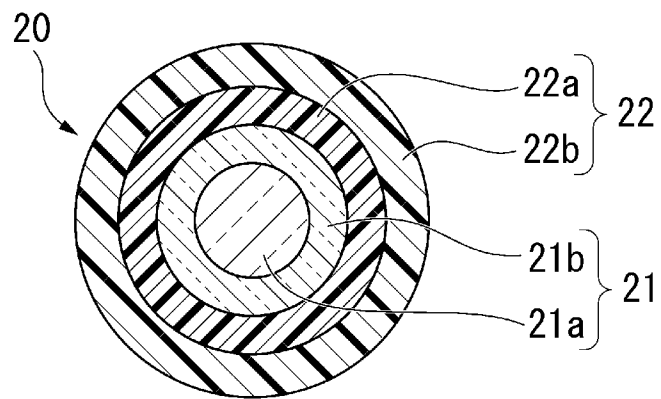
前記複数の連結部には、前記第1高密度領域と前記低密度領域との間の境界に位置し、かつ、前記配列方向において互いに重なり合う複数の第1境界連結部と、前記第2高密度領域と前記低密度領域との間の境界に位置し、かつ、前記配列方向において互いに重なり合う複数の第2境界連結部と、が含まれ、

前記複数の第2境界連結部の配置パターンは、前記複数の第1境界連結部の配置パターンと同じである、請求項1から10のいずれか一項に記載の光ファイバテープ心線。

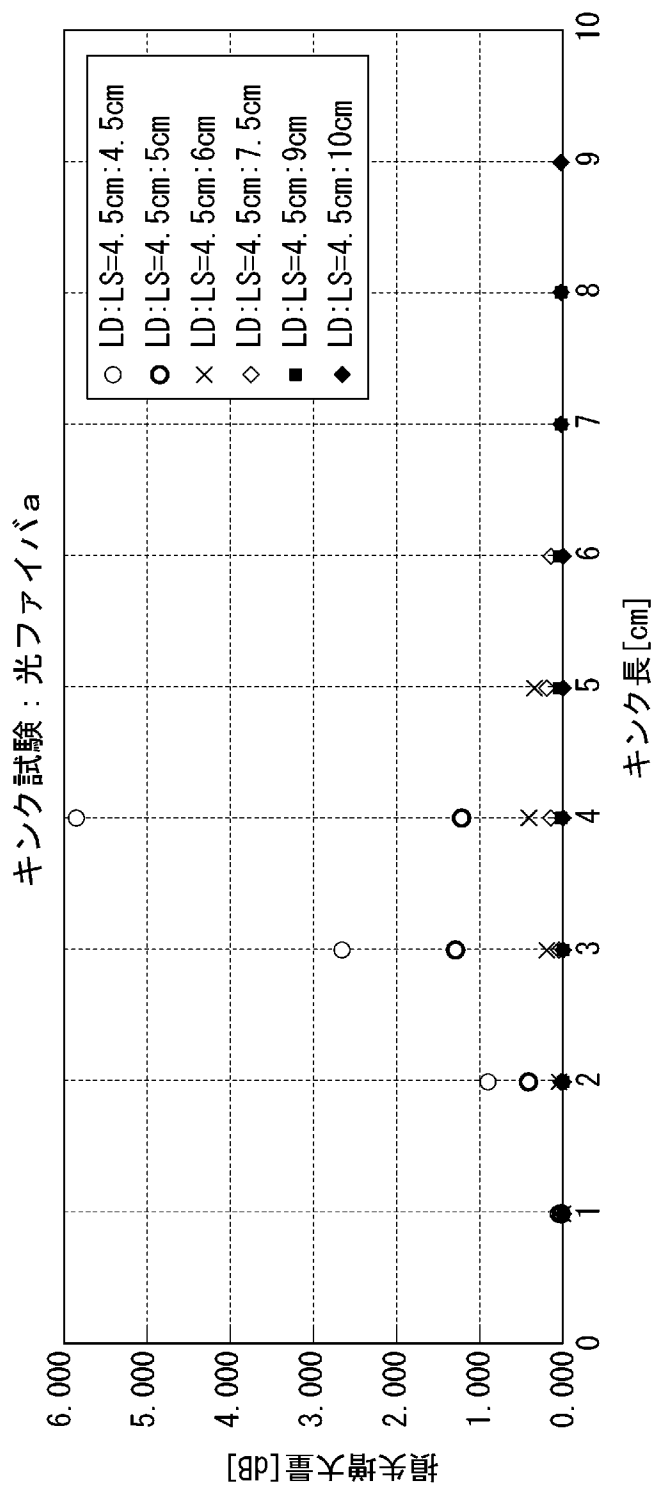
[図1]



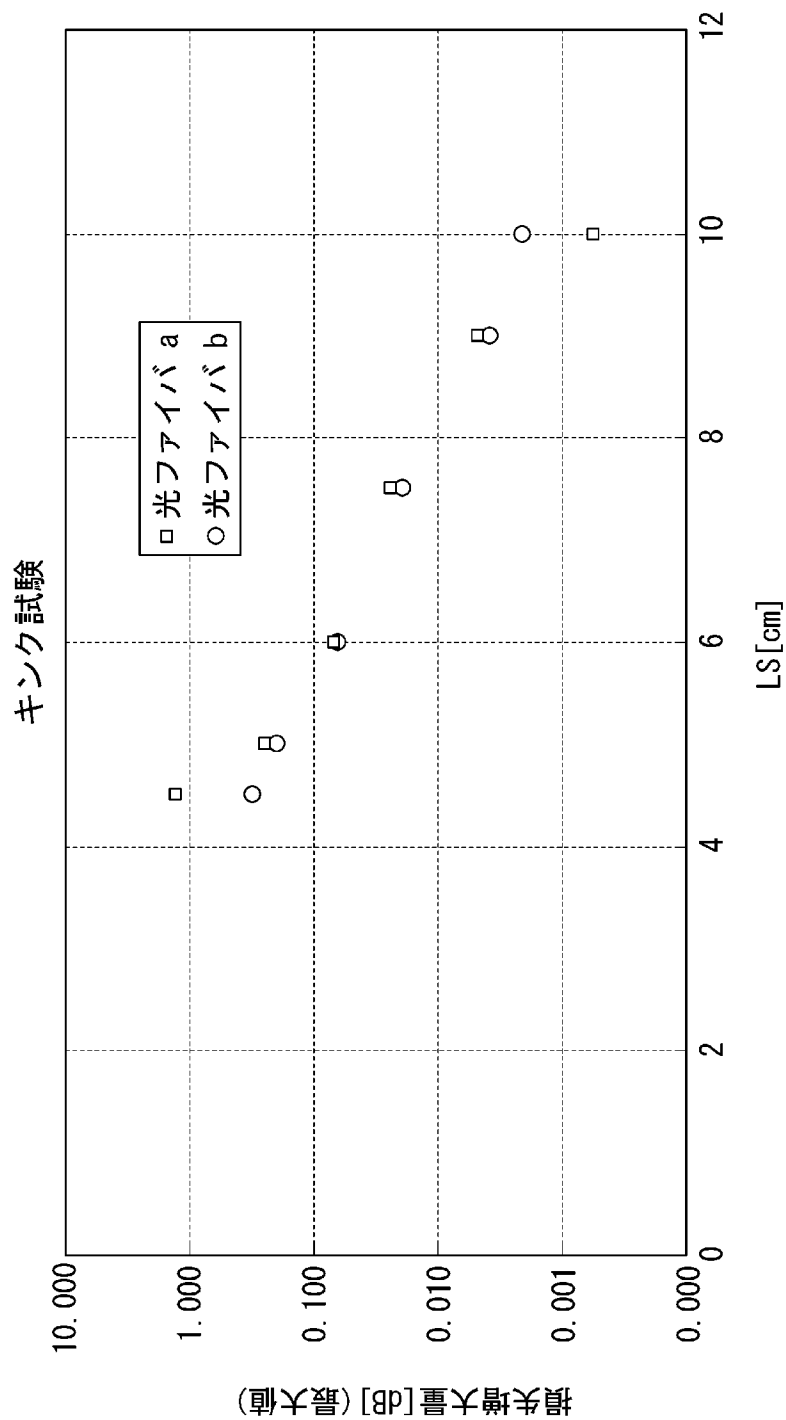
[図2]



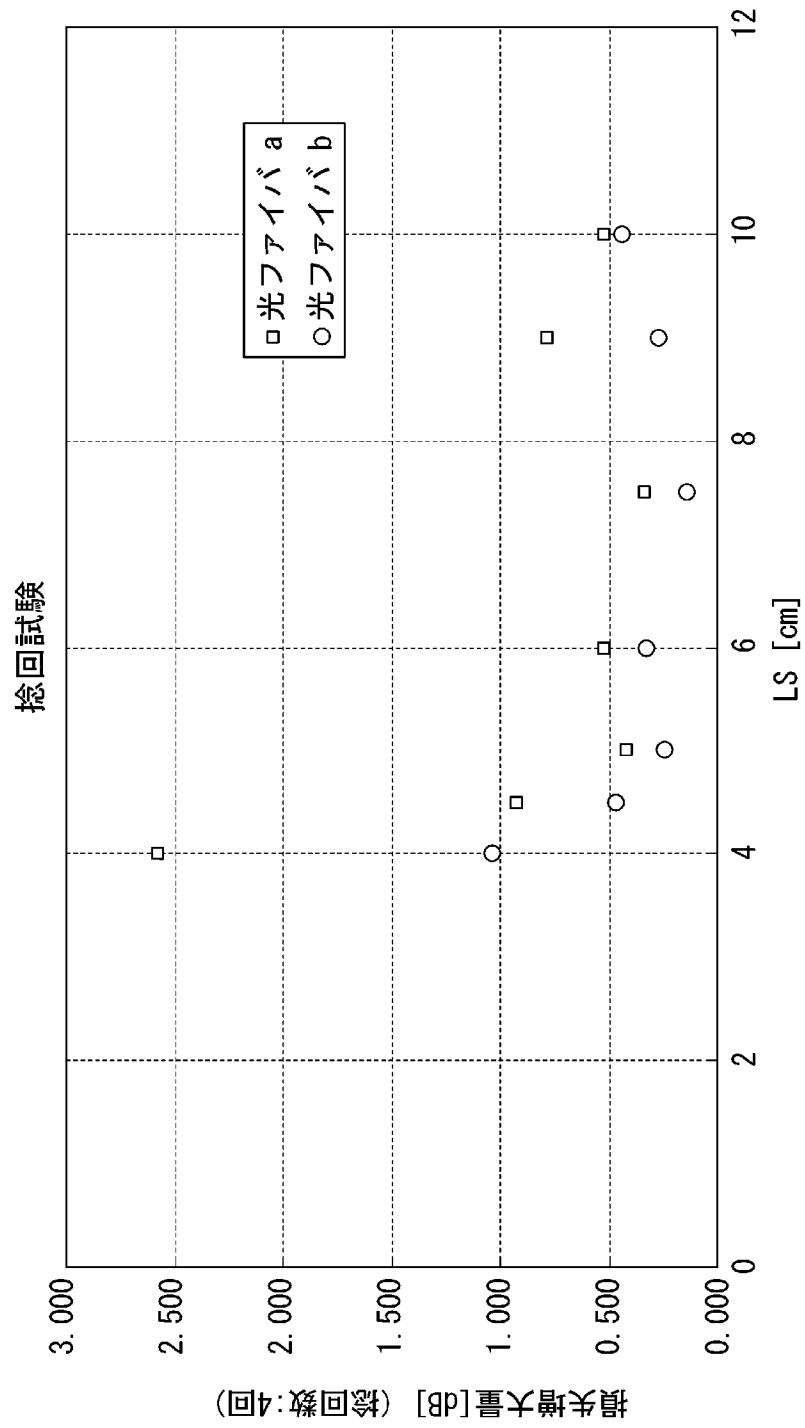
[図3A]



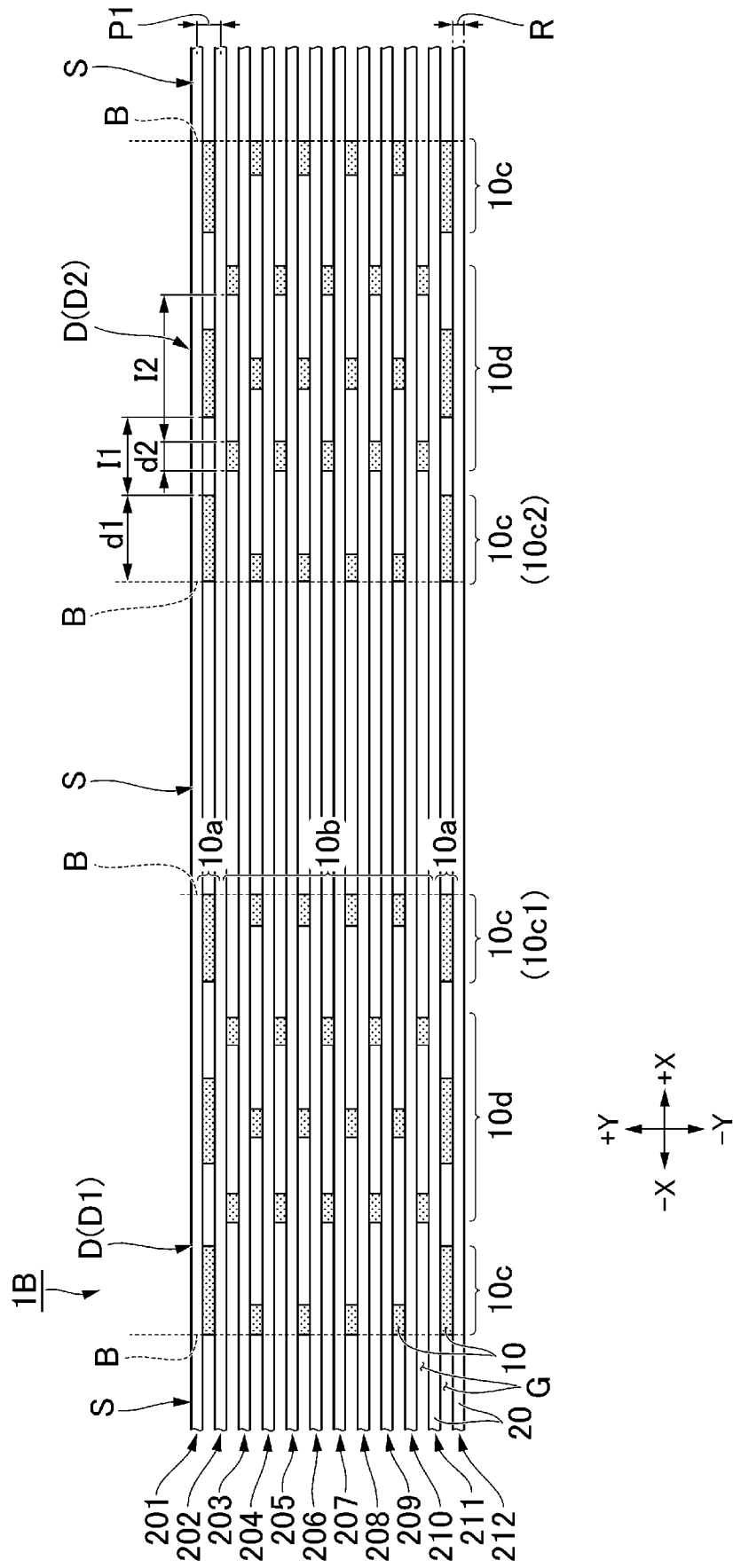
[図3C]



[図4C]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/036649

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 6/44</i> (2006.01)i FI: G02B6/44 381; 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 1971-2022 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		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2020-181048 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 05 November 2020 (2020-11-05) claims 1-2, paragraphs [0004], [0018]-[0026], fig. 1-2(a)	1-3
Y		4-11
Y	JP 2021-43363 A (FUJIKURA LTD.) 18 March 2021 (2021-03-18) paragraph [0029]	4-11
Y	JP 2011-169937 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 01 September 2011 (2011-09-01) paragraphs [0024], [0027], fig. 4	5-11
A	JP 2014-95560 A (SWCC SHOWA CABLE SYSTEMS CO LTD) 22 May 2014 (2014-05-22) entire text, all drawings	1-11
A	JP 2012-234122 A (FUJIKURA LTD.) 29 November 2012 (2012-11-29) entire text, all drawings	1-11
A	JP 2014-215493 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 17 November 2014 (2014-11-17) entire text, all drawings	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "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 15 November 2022		Date of mailing of the international search report 06 December 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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/036649

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2020-181048	A 05 November 2020	(Family: none)	
JP 2021-43363	A 18 March 2021	WO 2021/049157 A1 EP 4030207 A1 paragraph [0030] TW 202111365 A KR 10-2022-0004209 A CN 114041075 A AU 2020347613 A1 CA 3149724 A1 US 2022/0317375 A1	
JP 2011-169937	A 01 September 2011	(Family: none)	
JP 2014-95560	A 22 May 2014	(Family: none)	
JP 2012-234122	A 29 November 2012	(Family: none)	
JP 2014-215493	A 17 November 2014	(Family: none)	
WO 2019/011417	A1 17 January 2019	EP 3652575 A1 AR 112653 A1 KR 10-2020-0023474 A AU 2017423261 A1 CN 110998402 A CA 3067738 A1 BR 112020000333 A2 CL 2020000048 A1 NZ 760306 A US 2020/0271879 A1 MX 2020000069 A CO 2019014119 A2	

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: G02B6/44 381; 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 - 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 2020-181048 A (古河電気工業株式会社) 05.11.2020 (2020 - 11 - 05) 請求項1 - 2、段落 [0004]、[0018] - [0026]、図1 - 2 (a)	1-3
Y		4-11
Y	JP 2021-43363 A (株式会社フジクラ) 18.03.2021 (2021 - 03 - 18) 段落 [0029]	4-11
Y	JP 2011-169937 A (古河電気工業株式会社) 01.09.2011 (2011 - 09 - 01) 段落 [0024]、[0027]、図4	5-11
A	JP 2014-95560 A (昭和電線ケーブルシステム株式会社) 22.05.2014 (2014 - 05 - 22) 全文、全図	1-11
A	JP 2012-234122 A (株式会社フジクラ) 29.11.2012 (2012 - 11 - 29) 全文、全図	1-11
A	JP 2014-215493 A (日本電信電話株式会社) 17.11.2014 (2014 - 11 - 17) 全文、全図	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 15.11.2022	国際調査報告の発送日 06.12.2022	
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） 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	WO 2019/011417 A1 (PRYSMIAN S.P.A.) 17.01.2019 (2019 - 01 - 17) 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/JP2022/036649

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-181048 A	05.11.2020	(ファミリーなし)	
JP 2021-43363 A	18.03.2021	WO 2021/049157 A1 EP 4030207 A1 [0030] TW 202111365 A KR 10-2022-0004209 A CN 114041075 A AU 2020347613 A1 CA 3149724 A1 US 2022/0317375 A1	
JP 2011-169937 A	01.09.2011	(ファミリーなし)	
JP 2014-95560 A	22.05.2014	(ファミリーなし)	
JP 2012-234122 A	29.11.2012	(ファミリーなし)	
JP 2014-215493 A	17.11.2014	(ファミリーなし)	
WO 2019/011417 A1	17.01.2019	EP 3652575 A1 AR 112653 A1 KR 10-2020-0023474 A AU 2017423261 A1 CN 110998402 A CA 3067738 A1 BR 112020000333 A2 CL 2020000048 A1 NZ 760306 A US 2020/0271879 A1 MX 2020000069 A CO 2019014119 A2	