

(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3月10日(10.03.2022)



(10) 国際公開番号

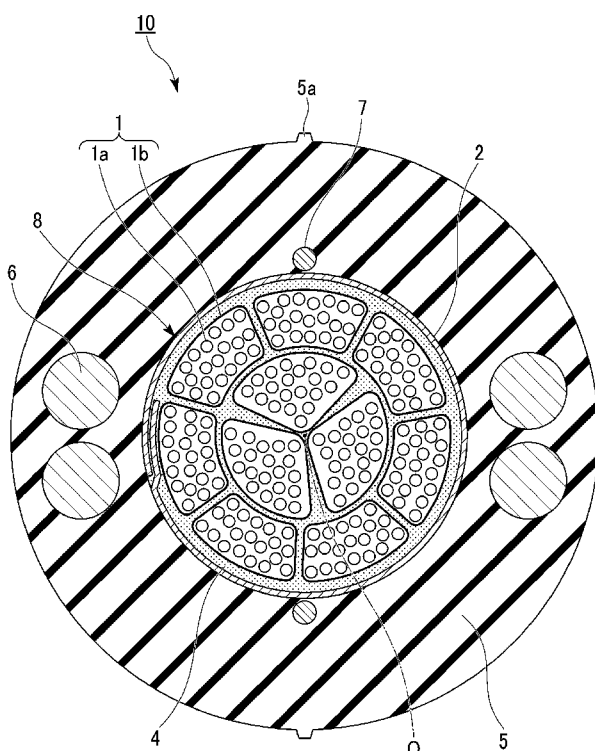
WO 2022/050152 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/031193
- (22) 国際出願日: 2021年8月25日(25.08.2021)
- (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 2020-147729 2020年9月2日(02.09.2020) 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). 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 金子 総一郎 (KANEKO Soichiro); 〒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). 大野正敏(OHNO Masatoshi); 〒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). 鯨江 彰(NAMAZUE Akira); 〒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). 山田 裕介(YAMADA Yusuke); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 丸尾 勇太(MARUO Yuta); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 櫻井 信(SAKURAI Akira); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鉄谷 成且(TETSUTANI Shigekatsu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 谷岡 裕明(TANIOKA Hiroaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(54) Title: OPTICAL FIBER CABLE

(54) 発明の名称: 光ファイバケーブル



(57) Abstract: This optical fiber cable comprises a sheath, and a core having a plurality of optical fibers housed in an intertwisted state in a housing space inside the sheath. Each of the plurality of optical fibers has a glass part, a primary layer covering the glass part, and a secondary layer covering the primary layer, the value of an index Q is less than 20, and core wire drawing force when the optical fiber is drawn out is 15 N/10 m or more.

(57) 要約: 光ファイバケーブルは、シースと、前記シース内の収容空間に、互いに撚り合わされた状態で収容された複数の光ファイバを有するコアと、を備え、前記複数の光ファイバはそれぞれ、ガラス部と、前記ガラス部を覆うプライマリ層と、前記プライマリ層を覆うセカンダリ層と、を有し、指数Qの値が20未満であり、前記光ファイバを引き抜く際の心線引抜力が15 N/10 m以上である。

WO 2022/050152 A1

(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, 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, 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))

明 細 書

発明の名称：光ファイバケーブル

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバケーブルに関する。

本願は、2020年9月2日に日本に出願された特願2020-147729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、光ファイバに接するように配置された介在物（紐状体）を備え、光ファイバが移動してしまうことを介在物によって抑制した光ファイバ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2014-139609号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 光ファイバケーブル内において光ファイバに作用する摩擦力が小さすぎると、光ファイバケーブルの長手方向における端部において、光ファイバがシースから許容範囲を超えて飛び出す場合がある。光ファイバケーブル内に介在物を充填することで、光ファイバに作用する摩擦力を調整することも可能である。しかしながら、所望の摩擦力が得られたとしても、介在物の充填量等が不適切であると、実使用状態における光の伝送特性が低下する。

[0005] 本発明はこのような事情を考慮してなされ、光ファイバに作用する摩擦力を担保しつつ、実使用状態において良好な光の伝送特性が得られる光ファイバ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] 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ケーブルは、シースと、前記シース内の収容空間に、互いに撚り合わされた状態で収容

された複数の光ファイバを有するコアと、を備え、前記複数の光ファイバはそれぞれ、ガラス部と、前記ガラス部を覆うプライマリ層と、前記プライマリ層を覆うセカンダリ層と、を有し、指数Qの値が20未満であり、前記光ファイバを引き抜く際の心線引抜力が15N/10m以上である。

発明の効果

[0007] 本発明の上記態様によれば、光ファイバに作用する摩擦力を担保しつつ、実使用状態において良好な光の伝送特性が得られる光ファイバケーブルを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本実施形態の光ファイバケーブルの横断面図である。

[図2]図1の光ファイバの詳細な横断面図である。

[図3]介在物を設けない場合の実装密度と伝送損失の関係を示すグラフである。

[図4]係数C1を導出するグラフである。

[図5]係数C2を導出するグラフである。

[図6]係数C3を導出するグラフである。

[図7]係数C4を導出するグラフである。

発明を実施するための形態

[0009] 図1に示すように、本実施形態の光ファイバケーブル10は、複数の光ファイバ1aを有するコア8と、介在物4と、コア8を覆うシース5と、を備える。

本実施形態では、シース5の中心軸線を中心軸線Oといい、中心軸線Oに沿う方向を長手方向といい、長手方向に直交する断面を横断面という。横断面における面積を横断面積という。また、横断面視において、中心軸線Oに交差する方向を径方向といい、中心軸線O周りに周回する方向を周方向という。

[0010] コア8は、複数の光ファイバ1aをそれぞれ有する複数の光ファイバユニット1と、これらの光ファイバユニット1を包む押さえ巻き2と、を備えて

いる。複数の光ファイバユニット1は、S Z状若しくは螺旋状に互いに撚り合わされた状態で、押さえ巻き2によって包まれている。各光ファイバユニット1に含まれる複数の光ファイバ1aは、S Z状若しくは螺旋状に互いに撚り合わされていてもよいし、撚り合わされていなくてもよい。なお、コア8は1つの光ファイバユニット1を押さえ巻き2で包むことで構成されていてもよい。

[0011] 押さえ巻き2としては、不織布やポリエステルテープなどを用いることができる。また、押さえ巻き2として、不織布やポリエステルテープなどに吸水性を付与した、吸水テープを用いてもよい。この場合、光ファイバケーブル10の防水性能を高めることができる。なお、コア8は押さえ巻き2を備えていなくてもよく、光ファイバユニット1が介在物4に接していてもよい。言い換えると、介在物4を押さえ巻き2として用いてもよい。ただし、押さえ巻き2を備える場合、製造時に光ファイバユニット1がばらけることが抑制されるため、シース5の内部にコア8をより容易に設けることが可能となる。

[0012] 本実施形態の光ファイバユニット1は、複数の光ファイバ1aと、これらの光ファイバ1aを束ねる結束材1bと、を備えている。光ファイバ1aとしては、光ファイバ心線、光ファイバ素線、光ファイバテープ心線などを用いることができる。光ファイバテープ心線の一種として、複数の光ファイバ1aは、いわゆる間欠固定テープ心線を構成していてもよい。間欠固定テープ心線では、複数の光ファイバ1aは、その延在方向に対して直交する方向に引っ張ると、網目状（蜘蛛の巣状）に広がるように互いに接着されている。詳しくは、ある一つの光ファイバ1aが、その両隣の光ファイバ1aに対して長手方向で異なる位置においてそれぞれ接着されており、かつ、隣接する光ファイバ1a同士は、長手方向で一定の間隔をあけて互いに接着されている。

なお、コア8に含まれる光ファイバ1aの態様は間欠固定テープ心線に限られず、適宜変更してもよい。

[0013] 結束材 1 b は、紐状であってもよいし、シート状であってもよいし、チューブ状であってもよい。結束材 1 b は、長手方向に延び、1つの光ファイバユニットに含まれる複数の光ファイバ 1 a を束ねるように配置されている。また、複数の光ファイバ 1 a が、束ねられずに（すなわち光ファイバユニット 1 を構成せずに）そのまま押さえ巻き 2 によって包まれていてもよい。

あるいは、複数の光ファイバ 1 a が互いに撚り合わされることで束ねられて、光ファイバユニット 1 を構成していてもよい。この場合、光ファイバユニット 1 は結束材 1 b を有していなくてもよい。

[0014] なお、図 1 等では、光ファイバユニット 1 の断面形状が整っているが、光ファイバユニット 1 内の光ファイバ 1 a が動くことで、断面形状は崩れる場合もある。また、図 1 等では、3つの光ファイバユニット 1 が内側の層を形成し、7つの光ファイバユニット 1 が外側の層を形成している。しかしながら、内側の層に外側の層の一部が入り込んでいてもよい。あるいは、光ファイバユニット 1 がこれらの層を形成していなくてもよい。

また、図 1 等では、複数の光ファイバユニット 1 が均一な隙間を空けて配列されているが、隙間は無くてもよいし、隙間が不均一であってもよい。あるいは、光ファイバユニット 1 同士の間介在物 4 を入れて、コア 8 の形状を整えても良い。

[0015] 図 2 に示すように、光ファイバ 1 a は、ガラス部 1 1 と、プライマリ層 1 2 と、セカンダリ層 1 3 と、着色層 1 4 と、を有する。

ガラス部 1 1 は、例えば石英系ガラスなどにより形成され、光を伝達する。プライマリ層 1 2 は、樹脂（例えば UV 硬化型樹脂）により形成され、ガラス部 1 1 を覆っている。セカンダリ層 1 3 は、樹脂（例えば UV 硬化型樹脂）により形成され、プライマリ層 1 2 を覆っている。着色層 1 4 は、着色された樹脂（例えば UV 硬化型樹脂）により形成され、プライマリ層 1 2 およびセカンダリ層 1 3 の外側に配置されている。

[0016] なお、着色層 1 4 はなくてもよい。また、セカンダリ層 1 3 に着色がなされ、セカンダリ層 1 3 自体が着色層として用いられてもよい。

プライマリ層 1 2、セカンダリ層 1 3、および着色層 1 4 の具体的な材質は互いに同じであってもよく、それぞれ異なってもよい。UV 硬化型樹脂としては、例えばアクリレート樹脂などを用いることができる。

[0017] 図 1 に示すように、シース 5 には、2 本のリップコード 7 および 4 本の抗張力体 6 が埋設されている。ただし、リップコード 7 および抗張力体 6 の数は変更してもよい。あるいは、リップコード 7 および抗張力体 6 は無くてもよい。

リップコード 7 は、ポリエステルなどの合成繊維の糸などであり、シース 5 を引き裂くために用いられる。また、リップコード 7 として、ポリプロピレン (PP) やナイロン製の円柱状ロッドなどを用いてもよい。抗張力体 6 の材質としては、例えば金属線 (鋼線など) および FRP (Fiber Reinforced Plastics) などを用いることができる。

[0018] シース 5 は、コア 8 を被覆している。言い換えると、シース 5 は、コア 8 を収容する収容空間を有している。本実施形態における収容空間は、シース 5 の内周面によって囲まれる領域全体である。シース 5 の材質としては、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、エチレンエチルアクリレート共重合体 (EEA)、エチレン酢酸ビニル共重合体 (EVA)、エチレンプロピレン共重合体 (EP) などのポリオレフィン (PO) 樹脂、ポリ塩化ビニル (PVC) などを用いることができる。また、上記の樹脂の混和物 (アロイ、ミクスチャー) を用いてもよい。

シース 5 の外周面には、リップコード 7 の位置を示すための印部 5 a が設けられている。印部 5 a は、図 1 のように径方向外側に突出する突起であってもよいし、塗料によるマーキングなどであってもよい。例えば抗張力体 6 によってもたらされる光ファイバケーブル 10 の曲げの方向性によって、リップコード 7 の位置を把握することも可能であるため、印部 5 a は無くてもよい。

[0019] 介在物 4 は、シース 5 の内部において、光ファイバユニット 1 に接するように配置されている。例えば結束材 1 b が紐状の場合や結束材 1 b が無い場

合に、介在物4が光ファイバ1aに直接的に接してもよい。あるいは、結束材1bがチューブ状である場合に、介在物4が光ファイバ1aに接せずに結束材1bに接してもよい。いずれにしても、介在物4が光ファイバユニット1に接することで、介在物4がクッションとして作用し、光ファイバ1aにマイクロベンドが生じることを抑制できる。また、介在物4によって光ファイバユニット1に作用する摩擦力を調整することもできる。摩擦力は、結束材1bを介して光ファイバ1aに作用してもよいし、光ファイバ1aに直接的に作用してもよい。介在物4としては、クッション性を有する材質であれば、任意の材質を採用できる。介在物4の材質の具体例としては、ポリエステル繊維、アラミド繊維、ガラス繊維などが挙げられる。なお、介在物4は、吸水性を有するヤーンなどにより構成されてもよい。この場合、光ファイバケーブル10の内部の防水性能を高めることができる。

[0020] 光ファイバケーブル10は、包含する光ファイバ1aの数をなるべく大きくしつつ、光の伝送損失を小さくすることが求められる。光ファイバ1aを高密度に実装すると、光ファイバケーブル10に側圧が加えられたときに、光ファイバ1aにマイクロベンドロスが生じやすくなる。そこで、光ファイバ1aの密度を小さくすること（例えば、シース5内の空間を大きくする）が考えられるが、単純に光ファイバ1aの密度を小さくすると、光ファイバ1aに作用する摩擦力が低下し、光ファイバ1aの撚り戻りが生じやすくなる。撚り戻りが生じると、光ファイバケーブル10内における光ファイバ1aの余長率が不足し、光ファイバ1aに伸び歪が生じて光損失の増加につながる。また、光ファイバ1aに作用する摩擦力が小さすぎると、光ファイバケーブル10の長手方向における端部において光ファイバ1aがシース5の端面から許容範囲を超えて飛び出す可能性がある。

なお、光ファイバ1aに作用する摩擦力とは、光ファイバ1aと光ファイバ1aに接する部材との間で生じる摩擦力である。例えば、摩擦力は、隣接する光ファイバ1a同士の間、および光ファイバ1aと光ファイバ1aに接する他の部材との間で生じていてもよい。

- [0021] マイクロベンドロスは、以下の非特許文献 1～3 によれば、光ファイバ 1 a のジオメトリ（構造）および光学特性の両方の影響を受ける傾向がある。
- 非特許文献 1 : J. Baldauf, et al., “Relationship of Mechanical Characteristics of Dual Coated Single Mode Optical Fibers and Microbending Loss,” IEICE Trans. Commun., vol. E76-B, No. 4, 1993.
- 非特許文献 2 : K. Petermann, et al., “Upper and Lower Limits for the Microbending Loss in Arbitrary Single-Mode Fibers,” J. Lightwave technology, vol. LT-4, no.1, pp. 2-7, 1986.
- 非特許文献 3 : P. Sillard, et al., “Micro-Bend Losses of Trench-Assisted Single-Mode Fibers,” ECOC2010, We.8.F.3, 2010.

- [0022] 上記非特許文献 1～3 を参照すると、光ファイバ 1 a のジオメトリがマイクロベンドロスに与える影響は、以下の数式（1）から得られるジオメトリロス因子 $F_{\mu BL_G}$ によって表すことができる。数式（1）において、各パラメータの定義は以下の通りである。

H_f : 光ファイバ 1 a のガラス部 1 1 の曲げ剛性 ($Pa \cdot m^4$)

D_o : セカンダリ層 1 3 の耐変形性 (Pa)

H_o : セカンダリ層 1 3 の曲げ剛性 ($Pa \cdot m^4$)

μ : 所定の定数

E_p : プライマリ層 1 2 のヤング率 (MPa)

d_f : ガラス部 1 1 の外径 (μm)

t_p : プライマリ層 1 2 の厚さ (μm)

E_g : ガラス部 1 1 のヤング率 (GPa)

R_s : セカンダリ層 1 3 の外周面の半径 (μm)

t_s : セカンダリ層 1 3 の厚さ (μm)

E_s : セカンダリ層 1 3 のヤング率 (MPa)

R_p : プライマリ層 1 2 の外周面の半径 (μm)

なお、 $t_p = R_p - d_f / 2$ であり、 $t_s = R_s - R_p$ である。

- [0023]

[数1]

$$F_{\mu BL_G} = \frac{K_s}{H_f^2 \times D_0^{1.125-0.25\mu} H_0^{(2\mu-1)/8}} \dots (1)$$

$$K_s = \frac{E_p d_f}{t_p}, H_f = \frac{\pi}{4} E_g \left(\frac{d_f}{2}\right)^4, D_0 = E_p + \left(\frac{t_s}{R_s}\right)^3 E_s, H_0 = \frac{\pi}{4} E_s (R_s^4 - R_p^4)$$

[0024] 上記非特許文献 1～3 を参照すると、光ファイバ 1 a の光学特性がマイクロベンドロスに与える影響は、以下の数式 (2) から得られる光学ロス因子 $F_{\mu BL_ \Delta \beta}$ によって表すことができる。数式 (2) において、各パラメータの定義は以下の通りである。

$\Delta \beta$: 光ファイバ 1 a を伝搬する光の導波モードにおける伝搬定数と放射モードにおける伝搬定数との差。単位は (rad/m) である。「放射モード」とは、光ファイバ 1 a が伝搬可能な導波モードに対して一つ高次のモードである。

p : 所定の定数

[0025] [数2]

$$F_{\mu BL_ \Delta \beta} = \frac{1}{(\Delta \beta)^{2p}} \dots (2)$$

[0026] 下記非特許文献 4 を参照すると、数式 (1) における定数 μ の典型値は 3 である。従って、数式 (1) は下記数式 (3) となる。

非特許文献 4 : K. Kobayashi, et al., “Study of Microbending loss in thin coated fibers and fiber ribbons,” IWCS, pp.386–392, 1993.

[0027] [数3]

$$F_{\mu BL_G} = \frac{K_s}{H_f^2 \times D_0^{0.375} H_0^{0.625}} \dots (3)$$

$$K_s = \frac{E_p d_f}{t_p}, H_f = \frac{\pi}{4} E_g \left(\frac{d_f}{2}\right)^4, D_0 = E_p + \left(\frac{t_s}{R_s}\right)^3 E_s, H_0 = \frac{\pi}{4} E_s (R_s^4 - R_p^4)$$

[0028] 上記非特許文献 2 および下記非特許文献 5 によれば、数式 (2) における定数 p の典型値は 4 である。従って、数式 (2) は下記数式 (4) となる。

非特許文献 5 : C. D. Hussey, et al., “Characterization and design of

single-mode optical fibres,” Optical and Quantum Electronics, vol. 14, no. 4, pp. 347–358, 1982.

[0029] [数4]

$$F_{\mu BL_{\Delta\beta}} = \frac{1}{(\Delta\beta)^8} \quad \dots(4)$$

[0030] 数式(4)の通り、光学ロス因子 $F_{\mu BL_{\Delta\beta}}$ の値は、伝搬定数差 $\Delta\beta$ の8乗に反比例する。数式(3)、(4)から導かれるジオメトリロス因子 $F_{\mu BL_G}$ および光学ロス因子 $F_{\mu BL_{\Delta\beta}}$ が大きいほど、光ファイバ1aのマイクロベンドロスが大きくなると考えられる。

ここで、一般的な光ファイバ(例えばITU-T G.657.A1に準拠)の $\Delta\beta$ は9900~12000(rad/m)である。これに対して、長距離伝送用の低損失の光ファイバ(例えばITU-T G.654.Eに準拠)は、 $\Delta\beta$ の値が9000~10000(rad/m)である。このような低損失の光ファイバは、 $\Delta\beta$ の値が小さいため、光学ロス因子 $F_{\mu BL_{\Delta\beta}}$ の値が大きくなり、マイクロベンドロスも生じやすいことが判る。

[0031] マイクロベンドロスは、光ファイバケーブル10内に、光ファイバ1aを高密度に収容するほど生じやすい。理由としては、例えば光ファイバケーブル10が曲げられたときに、光ファイバ1aが、他の光ファイバ1a、押さえ巻き2、またはシース5に強く押し付けられ、光ファイバ1aに微小な曲げ(マイクロベンド)が発生しやすいためである。光ファイバ1aの周囲に、介在物4が適度に配置されていれば、介在物4がクッションとして作用し、マイクロベンドおよびマイクロベンドロスを低減できる。一方、介在物4が光ファイバケーブル10内に過剰に充填されていると、介在物4のクッション性が低下し、マイクロベンドおよびマイクロベンドロスを効果的に低減できなくなる。

[0032] したがって、マイクロベンドロスを低減するためには、単純な光ファイバ1aの実装密度だけでなく、介在物4の充填量も考慮した実質的な密度を適切に設定することが求められる。さらに、マイクロベンドロスは介在物4の

充填量以外にも、先述のジオメトリの影響や、 $\Delta\beta$ の値も影響する。

そこで本願発明者らは鋭意検討のうえ、光ファイバケーブル10の種々のパラメータがマイクロバンドロスに与える影響を数値化し、マイクロバンドロスを一定以下とするための条件を見出した。以下、表1、表2を用いて詳細に説明する。

[0033]

[表1]

サンプル番号 準拠する規格	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11						
	ITU-T G. 657. A1						ITU-T G. 652. D						ITU-T G. 654. E				
パラメータ	単位																
D1	13	7	8	9	10	13	7	8	9	10	7						
D1	[本/mm ²]																
D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200						
D2	[d/mm ²]																
Δβ	1.10×10 ⁴	9.90×10 ³	9.90×10 ³	9.90×10 ³	9.90×10 ³	9.90×10 ³	9.35×10 ³	9.35×10 ³	9.35×10 ³	9.35×10 ³	9.35×10 ³						
Δβ	[rad/m]																
F _{μBL_Δβ}	4.67×10 ⁻⁸¹	1.08×10 ¹⁶	1.08×10 ¹⁶	1.08×10 ¹⁶	1.08×10 ¹⁶	1.08×10 ¹⁶	1.71×10 ¹⁶	1.71×10 ¹⁶	1.71×10 ¹⁶	1.71×10 ¹⁶	1.71×10 ¹⁶						
F _{μBL_Δβ}	[(rad/μm) ⁻⁸]																
df	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125						
df	[μm]																
Rp*2	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190						
Rp*2	[μm]																
Rs*2	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240						
Rs*2	[μm]																
Eg	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74						
Eg	[GPa]																
Ep	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61						
Ep	[MPa]																
Es	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800						
Es	[MPa]																
Hf	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷	8.87×10 ⁻⁰⁷						
Hf	[Pa*mm ⁴]																
H0	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸	7.91×10 ⁻⁰⁸						
H0	[Pa*mm ⁴]																
F _{μBL_g}	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶	4.99×10 ²⁶						
F _{μBL_g}	[Pa ⁻¹ *mm ^{-10.5}]																
C1	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	0.95						
C1																	
C2	0.87	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76						
C2																	
C3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5						
C3																	
C4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98						
C4																	
D1×C1×C2×C3×C4	17.8	13.6	15.6	17.5	19.5	25.3	19.5	22.2	25.0	27.8	17.7						
D1×C1×C2×C3×C4																	
光損失	0.215	0.283	0.225	0.205	0.210	0.260	0.281	0.274	0.240	0.254	0.227						
光損失	[dB/km]																
心線引抜き	37.4	13.1	14.8	20.5	23.4	36.4	14.3	15.1	20.5	23.4	38.6						
心線引抜き	[N/10m]																
判定	OK	NG	NG	OK	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK						
判定																	

[表2]

サンプル番号	1-12	1-13	1-14	1-15	1-16	1-17	1-18	1-19	1-20	1-21	1-22
ITU-T G. 654. E											
標準する規格											
パラメータ	単位										
D1	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9
	[本/mm ²]										
D2	300	500	1500	2000	200	300	500	1500	2000	0	0
	[d/mm ²]										
Δβ	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³
	[rad/m]										
F _{μBL_Δβ}	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁶
	[(rad/μm) ⁻⁸]										
df	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
	[μm]										
Rp*2	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	187
	[μm]										
Rs*2	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
	[μm]										
Eg	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	[GPa]										
Ep	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.51	0.2
	[MPa]										
Es	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
	[MPa]										
Hf	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷
	[Pa*mm ⁴]										
H0	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸
	[Pa*mm ⁴]										
F _{μBL_g}	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	3.51 × 10 ²⁶	5.51 × 10 ²⁵
	[Pa ⁻¹)*mm ^{-10.5}]										
C1	0.92	0.88	1.07	1.40	0.95	0.92	0.88	1.07	1.40	1.03	1.03
	[Pa ⁻¹)*mm ^{-10.5}]										
C2	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
	[Pa ⁻¹)*mm ^{-10.5}]										
C3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.0
	[Pa ⁻¹)*mm ^{-10.5}]										
C4	0.97	0.95	0.86	0.81	0.98	0.97	0.95	0.86	0.81	1.00	1.00
	[Pa ⁻¹)*mm ^{-10.5}]										
D1 × C1 × C2 × C3 × C4	17.0	15.9	17.3	21.4	20.2	19.4	18.2	19.8	24.5	21.7	16.3
	[dB/km]										
光損失	0.214	0.210	0.217	0.238	0.236	0.212	0.208	0.220	0.240	0.235	0.211
	[dB/km]										
心線引抜き	45.8	53.5	71.2	101.4	40.4	50.7	60.3	80.3	108.9	20.5	20.5
	[N/10m]										
判定	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	NG	NG	OK

[0035] 表1、表2に示すように、サンプル1-1~1-22の光ファイバケーブル

ル10を作成した。各サンプルにおいて、光ファイバ1aとして、互いに撚り合わされた間欠固定テープ心線を用いた。表1、表2において、D1は光ファイバ1aの実装密度（単位は[本/mm²]）であり、以下の数式（5）により定義される。数式（5）において、各パラメータの定義は以下の通りである。

N：シース5内の收容空間に收容される光ファイバ1aの数（本）

S：シース5内の收容空間の横断面積（mm²）

A：シース5内の收容空間に配置される部材（光ファイバ1aを除く）の横断面積の和（mm²）

図1の例におけるAの値は、押さえ巻き2、結束材1b、および介在物4の横断面積の和である。図1の例におけるSの値は、シース5の内周面によって囲まれる領域の横断面積である。

[0036] [数5]

$$D1 = N \div (S - A) \quad \dots (5)$$

[0037] 表1、表2において、D2は介在物4の実装密度（単位は[d/mm²]）であり、以下の数式（6）により定義される。数式（6）において、Tは收容空間内の介在物4の総デニール数（単位はd：デニール）である。

[0038] [数6]

$$D2 = T \div S \quad \dots (6)$$

[0039] 表1、表2において、C1は介在物4の実装密度D2がマイクロバンドロスに与える影響を表す係数である。C2は光ファイバ1aの $\Delta\beta$ がマイクロバンドロスに与える影響を表す係数である。C3はジオメトリロス因子がマイクロバンドロスに与える影響を表す係数である。C4は介在物4のクッション性がマイクロバンドロスに与える影響を表す係数である。

以下、各係数C1～C4について説明する。

[0040] まず、介在物4が設けられていない場合における光ファイバ1aの実装密度と伝送損失との関係について調べた結果を説明する。表3に示すように、

4本の光ファイバケーブル10を作成した。表3の各サンプル1-4、1-5、1-6の条件は、表1、表2に示した各サンプルと同じである。サンプル1-5'については、サンプル1-5に対して光ファイバ1aの数を増やした点を除き、サンプル1-5と同じ条件である。表3をもとに作成した図3に示すように、介在物4を設けない条件下では、伝送損失の値がD1の値に実質的に比例する。図3より、D1と伝送損失との関係は $y = 0.0144x + 0.0713$ の式（以下、「換算式」という）により表すことができる。

[表3]

サンプル番号	D1[本/mm ²]	伝送損失[dB/km]
1-4	9	0.205
1-5	10	0.210
1-5'	11	0.228
1-6	13	0.260

[0041] 係数C1については、下記表4および図4から導出される。表4に示すように、サンプル3-1～3-6の光ファイバケーブル10を作成した。サンプル3-1は、介在物4を設けず、光ファイバ1aの実装密度D1が10.6（本/mm²）とした。サンプル3-2～3-6は、光ファイバ1aの数（N）およびシース5内の收容空間の横断面積（S）がサンプル3-1と等しいが、介在物4を充填している。また、サンプル3-2～3-6では介在物4の充填量が互いに異なる。このため、介在物4の実装密度D2がサンプル3-1～3-6で互いに異なっている。表4に示す通り、各サンプル3-1～3-6の伝送損失を測定した。

[0042]

[表4]

サンプル番号	D2[d/mm ²]	伝送損失[dB/km]	D1' [本/mm ²]	相対比
3-1	0	0.224	10.6	1.00
3-2	200	0.220	10.3	0.97
3-3	300	0.215	10	0.94
3-4	500	0.208	9.5	0.90
3-5	1500	0.230	11	1.04
3-6	2000	0.287	15	1.42

[0043] 表4において「D1'」は、伝送損失の測定結果を、上記換算式に当てはめることで得られる見かけ上の光ファイバ1aの実装密度である。サンプル3-1については、D2=0すなわち介在物4が設けられていない条件のため、D1の値（実際の光ファイバ1aの実装密度）と、D1'の値（介在物4の影響を考慮した見かけ上の光ファイバ1aの実装密度）と、が等しくなる。一方、例えばサンプル3-2の伝送損失（0.220dB/km）を上記換算式におけるyの値として代入すると、xの値が10.3となる。このようにして得られるxの値が、見かけ上の光ファイバ1aの実装密度D1'となる。

[0044] 表4における「相対比」は、各サンプル3-1～3-6のD1'の値の、サンプル3-1のD1'の値（10.6）に対する比である。例えばサンプル3-4はD1'=9.5であるため、相対比は $9.5 \div 10.6 = 0.90$ である。

図4の横軸は表4の「D2」であり、図4の縦軸は表4の「相対比」である。図4のグラフは $y = 3.17 \times 10^{-7} x^2 - 4.50 \times 10^{-4} x + 1.03$ により近似される。この近似式におけるyの値を係数C1とし、xの値をD2とすると、下記数式(7)が得られる。数式(7)により算出される係数C1は、介在物4の実装密度D2がマイクロバンドロスに与える影響を数値化したものである。

[0045] [数7]

$$C1 = 3.17 \times 10^{-7} \times (D2)^2 - 4.50 \times 10^{-4} \times D2 + 1.03 \quad \dots (7)$$

[0046] 係数C 2については、下記表5および図5から導出される。表5に示すように、サンプル4-1~4-7の光ファイバケーブル10を作成した。各サンプル4-1~4-7は $\Delta\beta$ の値が異なっている。「 $\Delta\beta^{-8}$ 」の欄は、各サンプルの $\Delta\beta$ の-8乗の値を示す。 $\Delta\beta$ の-8乗の値を用いることは、先述の数式(4)に基づいている。表5の「D1''」の欄には、各サンプルについて、伝送損失の値が0.23dB/km以下となるための光ファイバ1aの実装密度の上限値を示す。「相対比」の欄には、一般的な光ファイバケーブルの光ファイバ1aの実装密度である「11本/mm²」を基準とした比を示す。

[0047] [表5]

サンプル番号	$\Delta\beta$ [rad/m]	-2p	$\Delta\beta^{-8}$	D1'' [本/mm ²]	相対比
4-1	9350	-8	1.71×10^{-32}	5.5	2.00
4-2	9400	-8	1.64×10^{-32}	6.2	1.77
4-3	9900	-8	1.08×10^{-32}	11	1.00
4-4	10000	-8	1.00×10^{-32}	11	1.00
4-5	10800	-8	5.40×10^{-33}	12	0.92
4-6	11000	-8	4.67×10^{-33}	11.3	0.97
4-7	11500	-8	3.27×10^{-33}	13	0.85

[0048] 図5の横軸は表5の「 $\Delta\beta^{-8}$ 」であり、図5の縦軸は表5の「相対比」である。係数C 1における導出過程と同様に、図5のグラフの近似式におけるyの値を係数C 2とし、xの値を $\Delta\beta^{-8}$ とすると、下記数式(8)が得られる。数式(8)により算出される係数C 2は、 $\Delta\beta$ の値を光ファイバ1aの見かけの実装密度に換算するものである。

[0049] [数8]

$$C2 = 0.665 \times e^{5.68 \times 10^{31} \times \Delta\beta^{-8}} \dots (8)$$

[0050] 係数C 3については、下記表6および図6から導出される。表6に示すように、サンプル5-1~5-5の光ファイバケーブル10を作成した。各サンプル5-1~5-5は、 $\Delta\beta$ の値が9350(rad/m)で共通してい

るが、プライマリ層 1 2 およびセカンダリ層 1 3 の設計が異なることで、ジオメトリロス因子 $F_{\mu BL_G}$ の値が互いに異なる。表 6 における $D1''$ の意義は表 5 と同様である。「相対比」の欄には、最もジオメトリロス因子 $F_{\mu BL_G}$ の値が小さい（すなわち最もマイクロバンドロスが生じにくい）サンプル 5-5 の値を基準とした比を示す。

[0051] [表6]

サンプル番号	$F_{\mu BL_G}$	$D1''$ [本/mm ²]	相対比
5-1	6.78×10^{26}	5.5	1.82
5-2	4.99×10^{26}	6.5	1.54
5-3	3.51×10^{26}	7.5	1.33
5-4	5.51×10^{25}	10	1.00
5-5	5.47×10^{25}	10	1.00

[0052] 図 6 の横軸は表 6 の「 $F_{\mu BL_G}$ 」であり、図 6 の縦軸は表 6 の「相対比」である。係数 C 1 における導出過程と同様に、図 6 のグラフの近似式における y の値を係数 C 3 とし、x の値を $F_{\mu BL_G}$ とすると、下記数式 (9) が得られる。数式 (9) により算出される係数 C 3 は、 $F_{\mu BL_G}$ の値を光ファイバ 1 a の見かけの実装密度に換算するものである。

[0053] [数9]

$$C3 = 0.949 \times e^{9.63 \times 10^{-28} \times F_{\mu BL_G}} \dots (9)$$

[0054] 係数 C 4 については、下記表 7 および図 7 から導出される。表 7 に示すように、サンプル 6-1 ~ 6-6 の光ファイバケーブル 10 を作成した。各サンプル 6-1 ~ 6-6 は、介在物 4 の充填量が互いに異なるが、光ファイバ 1 a の実装密度 $D1$ が同じとなるように設計されている。 $D1$ が同じ場合、介在物 4 の充填量が高いほどクッション性が高まることで、伝送損失が低下する。係数 C 1 の導出過程と同様に、各サンプルの伝送損失を測定し、先述の換算式を用いて、見かけ上の光ファイバ 1 a の実装密度 $D1'$ を算出した。「相対比」は、介在物 4 が充填されていないサンプル 6-1 を基準とする、 $D1'$ の値の比である。

[0055] [表7]

サンプル番号	D2[d/mm ²]	D1[本/mm ²]	伝送損失[dB/km]	D1'[本/mm ²]	相対比
6-1	0	10	0.215	10	1
6-2	200	10	0.211	9.7	0.97
6-3	300	10	0.210	9.6	0.96
6-4	500	10	0.205	9.3	0.93
6-5	1500	10	0.195	8.6	0.86
6-6	2000	10	0.189	8.2	0.82

[0056] 図7の横軸は表7の「D2」であり、図7の縦軸は表7の「相対比」である。係数C1の導出過程と同様に、図7のグラフの近似式におけるyの値をC4とし、xの値をD2とすると、下記数式(10)が得られる。数式(10)により算出される係数C4は、介在物4のクッション性を光ファイバ1aの見かけの実装密度に換算するものである。

[0057] [数10]

$$C4 = -9.40 \times 10^{-5} \times D2 + 1 \quad \dots(10)$$

[0058] 表1、表2において、「D1×C1×C2×C3×C4」の欄には、上記した実際の光ファイバ1aの実装密度D1に、各係数C1～C4をかけた値を示す。この値を、本明細書では「指数Q」という(下記数式(11)参照)。

[0059] [数11]

$$Q = D1 \times C1 \times C2 \times C3 \times C4 \quad \dots(11)$$

[0060] 表1、表2の「光損失」の欄には、測定波長1.55μmにおける光の伝送損失の測定結果を示す。

表1、表2において、「心線引抜き力」の欄には、各サンプルの光ファイバケーブル(長さ10m)から光ファイバ1aを引き抜く際の引抜き力(以下、心線引抜き力とも呼ぶ。)を測定した結果を示す。心線引抜き力が15N/10m以上であれば、光ファイバ1aに作用する摩擦力が充分であり、例えば光ファイバケーブルの長手方向における端部で、光ファイバ1aが許容範囲を

超えてシース5から飛び出ることなどを抑制できる。

[0061] サンプル1-1、1-4、1-5、1-11、1-12、1-13、1-14、1-17、1-18、1-19、および1-22については、光損失の値が0.23 dB/km未満であり、かつ、心線引抜力が15 N/10 m以上である。このため、これらのサンプルについては、「判定」欄に、性能が良好であるとしてOKを表示している。判定がOKのサンプルの共通点として、指数Qの値が20未満かつ心線引抜力が15 N/10 m以上であることが挙げられる。この条件を満たすことで、介在物4の充填量、並びに、光ファイバ1aのジオメトリおよび光学特性($\Delta\beta$)等を考慮したマイクロベンドロスの大きさが実使用に耐えられる程度であり、かつ、光ファイバ1aに作用する摩擦力が適切な光ファイバケーブル10が得られると考えられる。

[0062] 以上を踏まえ、本願発明者らが提案する光ファイバケーブル10は、シース5と、シース5内の收容空間に、互いに撚り合わされた状態で收容された複数の光ファイバ1aを有するコア8と、を備え、複数の光ファイバ1aはそれぞれ、ガラス部11と、ガラス部11を覆うプライマリ層12と、プライマリ層12を覆うセカンダリ層13と、を有し、指数Qの値が20未満であり、光ファイバ1aを引き抜く際の心線引抜力が15 N/10 m以上である。このような構成により、光ファイバ1aに作用する摩擦力を担保しつつ、実使用状態において良好な光の伝送特性が得られる光ファイバケーブル10を提供することができる。

[0063] なお、介在物4が無い場合(例えばサンプル1-1)および介在物4がある場合(例えばサンプル1-11)のいずれにおいても、指数Qが20未満かつ心線引抜力が15 N/10 m以上の条件を満たすことが可能である。したがって、介在物4はシース5の内側に配置されていても、配置されていなくてもよい。

[0064] なお、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。

[0065] 例えば、前記実施形態では、光ファイバ1 aが間欠固定テープ心線である場合について説明したが、単心の光ファイバ1 aを束ねて撚り合わせた場合でも、指数Qの値を20未満とし、かつ、心線引抜力の値を15 N/10 m以上とすることで、同様の効果が得られると考えられる。

また、押さえ巻き2が無くてもよい。この場合、数式(5)におけるAの値に、押さえ巻き2の断面積が含まれない。

[0066] また、前記実施形態の光ファイバケーブル10は、シース5の内周面によって囲まれる領域全体が収容空間とされていた。しかしながら、いわゆるスロット型ケーブルやルースチューブケーブルに前記実施形態で説明した条件を適用することも可能である。スロット型ケーブルの場合、コア8に、複数の溝(スロット)が形成されたスロット部材が含まれ、当該溝に光ファイバ1 aが撚り合わされた状態で収容される。したがって、スロット部材が有する溝の内側が収容空間であり、数式(5)におけるNは溝に収容される光ファイバ1 aの本数であり、Sは溝の内側の横断面積である。ルースチューブケーブルの場合、コア8に、複数のルースチューブが含まれ、当該ルースチューブに光ファイバ1 aが撚り合わされた状態で収容される。したがって、ルースチューブの内側が収容空間であり、数式(5)におけるNはルースチューブに収容される光ファイバ1 aの本数であり、Sはルースチューブの内側の横断面積である。

[0067] 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

[0068] 1 a…光ファイバ 2…押さえ巻き 4…介在物 5…シース 8…コア
10…光ファイバケーブル

請求の範囲

[請求項1]

シースと、

前記シース内の収容空間に、互いに撚り合わされた状態で収容された複数の光ファイバを有するコアと、を備え、

前記複数の光ファイバはそれぞれ、ガラス部と、前記ガラス部を覆うプライマリ層と、前記プライマリ層を覆うセカンダリ層と、を有し、

、

以下の数式 (3)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11) によって定義される指数Qの値が20未満であり、

前記光ファイバを引き抜く際の心線引抜力が15 N / 10 m以上である、光ファイバケーブル。

[数3]

$$F_{\mu BL_G} = \frac{K_s}{H_f^2 \times D_0^{0.375} H_0^{0.625}} \quad \dots (3)$$

$$K_s = \frac{E_p d_f}{t_p}, H_f = \frac{\pi}{4} E_g \left(\frac{d_f}{2}\right)^4, D_0 = E_p + \left(\frac{t_s}{R_s}\right)^3 E_s, H_0 = \frac{\pi}{4} E_s (R_s^4 - R_p^4)$$

[数5]

$$D1 = N \div (S - A) \quad \dots (5)$$

[数6]

$$D2 = T \div S \quad \dots (6)$$

[数7]

$$C1 = 3.17 \times 10^{-7} \times (D2)^2 - 4.50 \times 10^{-4} \times D2 + 1.03 \quad \dots (7)$$

[数8]

$$C2 = 0.665 \times e^{5.68 \times 10^{31} \times \Delta \beta^{-8}} \quad \dots (8)$$

[数9]

$$C3 = 0.949 \times e^{9.63 \times 10^{-28} \times F_{\mu BL_G}} \quad \dots (9)$$

[数10]

$$C4 = -9.40 \times 10^{-5} \times D2 + 1 \quad \dots (10)$$

[数11]

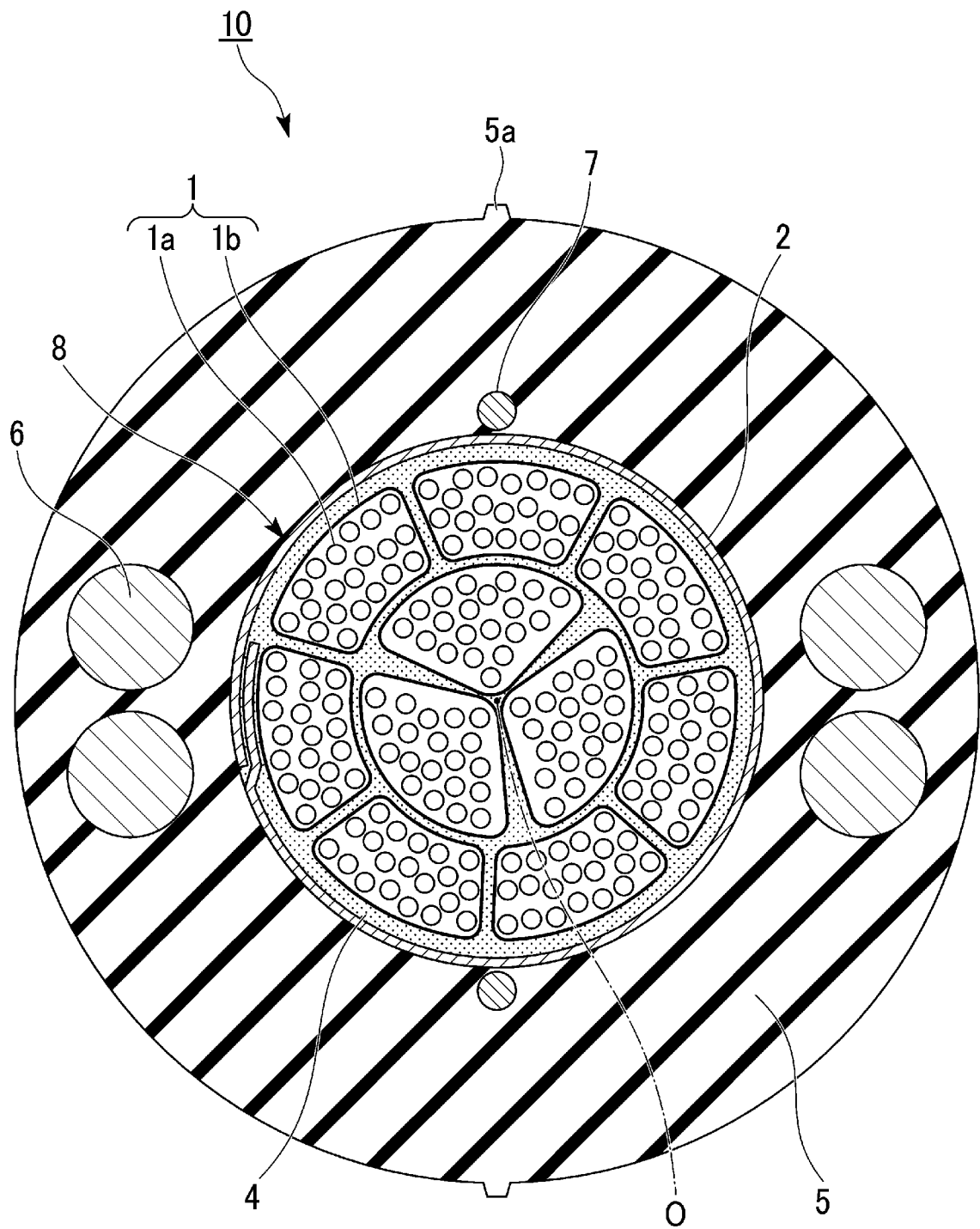
$$Q = D1 \times C1 \times C2 \times C3 \times C4 \quad \dots (11)$$

ただし、 E_p (MP a) は前記プライマリ層 1 2 のヤング率であり、 d_f (μm) は前記ガラス部の外径であり、 E_g (GP a) は前記ガラス部のヤング率であり、 R_s (μm) は前記セカンダリ層の外周面の半径であり、 t_s (μm) は前記セカンダリ層の厚さであり、 E_s (MP a) は前記セカンダリ層のヤング率であり、 R_p (μm) は前記プライマリ層の外周面の半径であり、 N (本) は前記收容空間に收容される前記光ファイバの数であり、 S (mm^2) は前記收容空間の横断面積であり、 A (mm^2) は前記收容空間に配置される前記光ファイバ以外の部材の横断面積の和であり、 $T(d)$ は介在物が前記收容空間に設けられる場合における前記介在物の総デニール数であり、 $\Delta\beta$ (rad/m) は前記光ファイバを伝搬する光の導波モードにおける伝搬定数と放射モードにおける伝搬定数との差である。

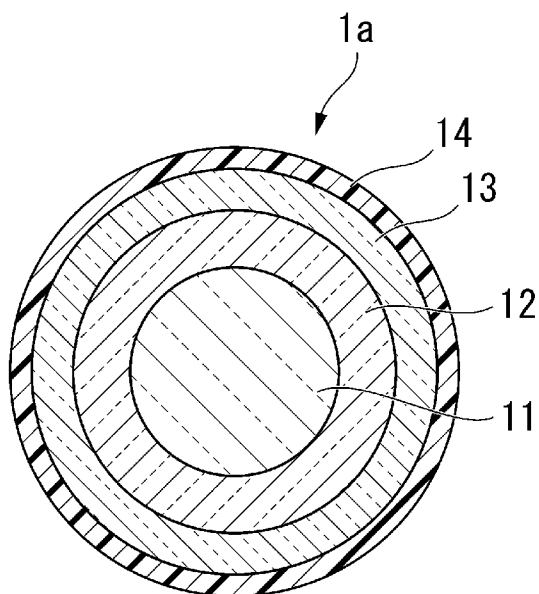
[請求項2]

前記介在物が前記收容空間に配置されている、
請求項 1 に記載の光ファイバケーブル。

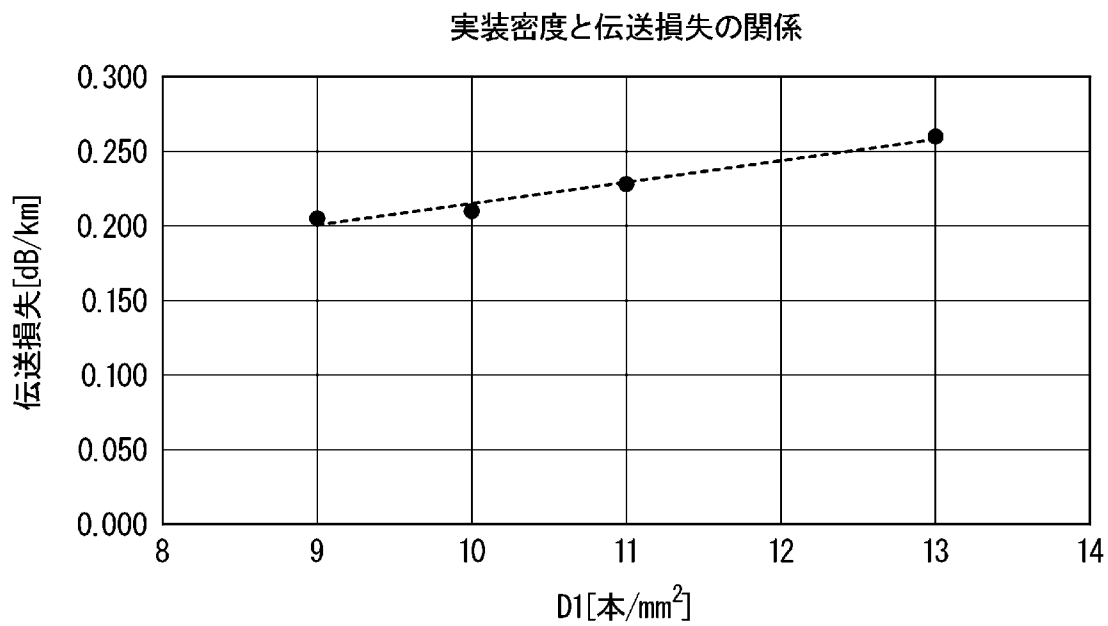
[図1]



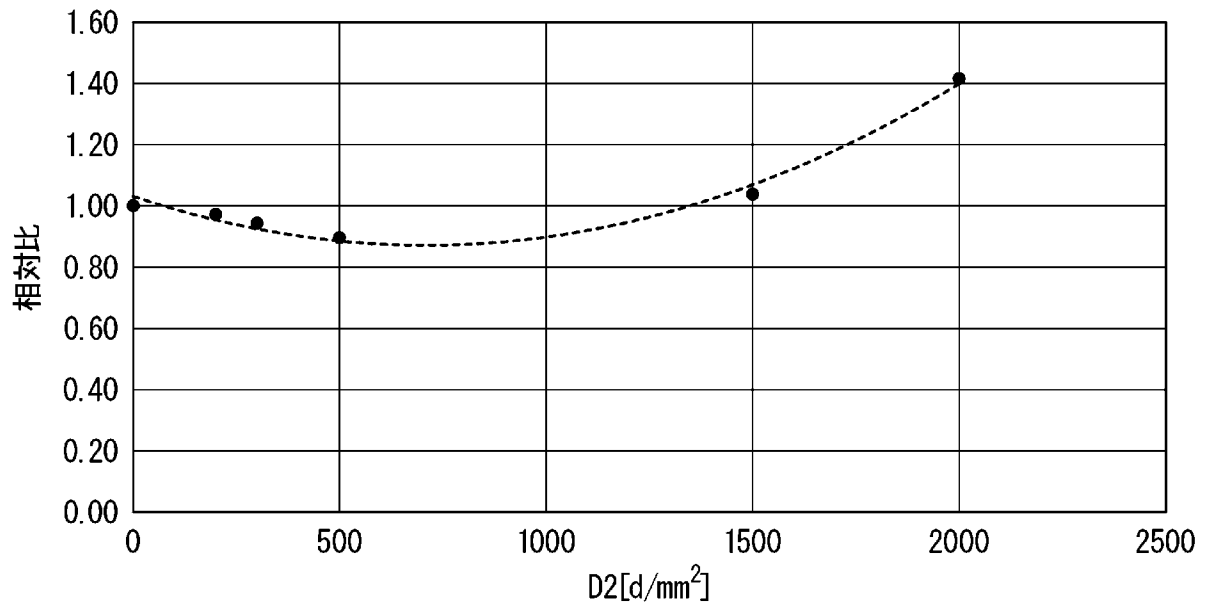
[図2]



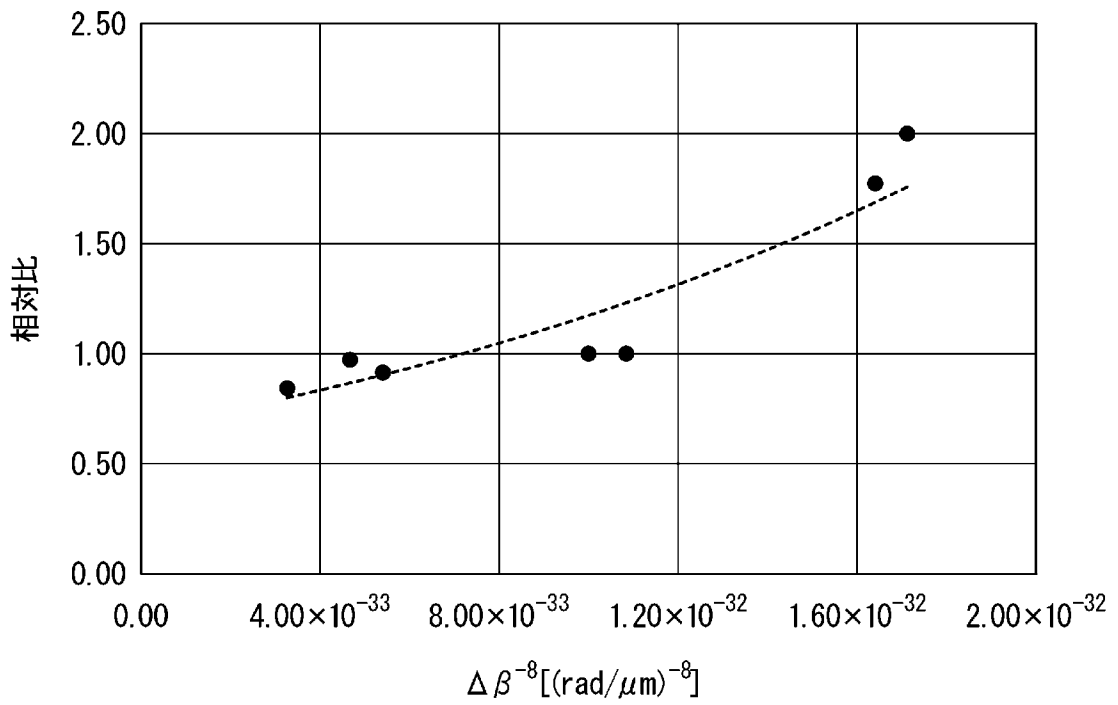
[図3]



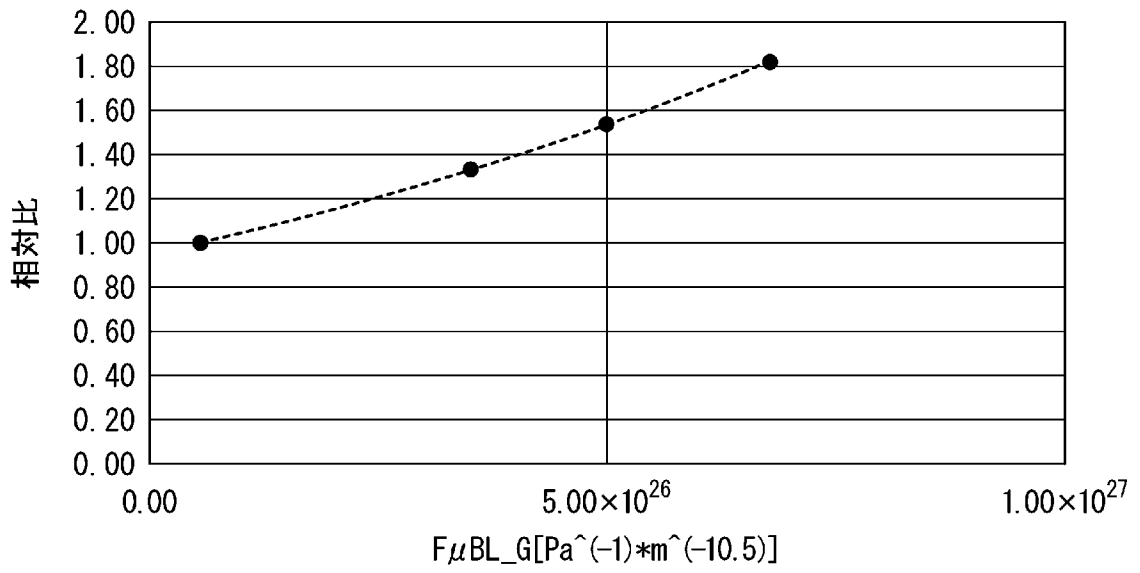
[图4]



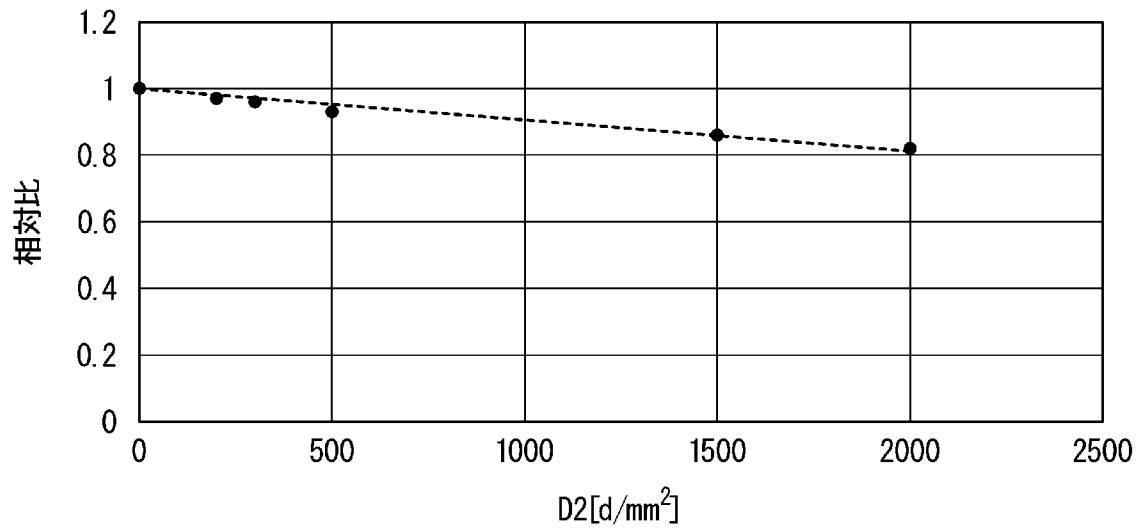
[图5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/031193

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 6/44</i> (2006.01)i FI: G02B6/44 366		
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) G02B6/02-6/036; 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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
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.
Y	JP 2010-217392 A (FUJIKURA LTD) 30 September 2010 (2010-09-30) paragraphs [0017]-[0043], fig. 1-2	1-2
Y	JP 2015-131733 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 23 July 2015 (2015-07-23) paragraphs [0010]-[0054], fig. 8	1-2
Y	JP 2018-081328 A (FUJIKURA LTD) 24 May 2018 (2018-05-24) paragraphs [0011]-[0087], fig. 1-6	1-2
Y	JP 2019-031422 A (FUJIKURA LTD) 28 February 2019 (2019-02-28) paragraphs [0010]-[0076]	1-2
Y	JP 2000-131571 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 12 May 2000 (2000-05-12) paragraphs [0008]-[0024], fig. 1-2	2
A	JP 2014-139609 A (FUJIKURA LTD) 31 July 2014 (2014-07-31) paragraphs [0001]-[0044], fig. 1-7	1-2
A	US 2005/0013573 A1 (LOCHKOVIC et al.) 20 January 2005 (2005-01-20) paragraphs [0092], [0137], fig. 27, 54	1-2
<input 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 04 November 2021		Date of mailing of the international search report 16 November 2021
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/JP2021/031193

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2010-217392	A	30 September 2010	WO	2010/106858	A1	
				TW	201100890	A1	
JP	2015-131733	A	23 July 2015	US	2015/0192734	A1	
					paragraphs [0015]-[0060], fig. 8		
				CN	104777550	A	
JP	2018-081328	A	24 May 2018	US	2019/0113678	A1	
					paragraphs [0017]-[0121], fig. 1-6		
				EP	3438715	A1	
				CN	108885303	A	
JP	2019-031422	A	28 February 2019	US	2019/0047238	A1	
					paragraphs [0013]-[0123]		
				CN	109384383	A	
JP	2000-131571	A	12 May 2000	US	6411761	B1	
					column 3, line 35 to column 7, line 42, fig. 1-2		
JP	2014-139609	A	31 July 2014	(Family: none)			
US	2005/0013573	A1	20 January 2005	CN	1950736	A	

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		
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）） G02B6/02-6/036; 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
Y	JP 2010-217392 A (株式会社フジクラ) 30.09.2010 (2010-09-30) [0017]-[0043], 図1-2	1-2
Y	JP 2015-131733 A (住友電気工業株式会社) 23.07.2015 (2015-07-23) [0010]-[0054], 図8	1-2
Y	JP 2018-081328 A (株式会社フジクラ) 24.05.2018 (2018-05-24) [0011]-[0087], 図1-6	1-2
Y	JP 2019-031422 A (株式会社フジクラ) 28.02.2019 (2019-02-28) [0010]-[0076]	1-2
Y	JP 2000-131571 A (住友電気工業株式会社) 12.05.2000 (2000-05-12) [0008]-[0024], 図1-2	2
A	JP 2014-139609 A (株式会社フジクラ) 31.07.2014 (2014-07-31) [0001]-[0044], 図1-7	1-2
A	US 2005/0013573 A1 (LOCHKOVIC et al.) 20.01.2005 (2005-01-20) [0092], [0137], 図27, 54	1-2
<input 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	
04.11.2021	16.11.2021	
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） 奥村 政人 2L 4752 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

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/JP2021/031193

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2010-217392	A	30.09.2010	WO	2010/106858	A1	
				TW	201100890	A1	
JP	2015-131733	A	23.07.2015	US	2015/0192734	A1	
					[0015]-[0060], 図8		
				CN	104777550	A	
JP	2018-081328	A	24.05.2018	US	2019/0113678	A1	
					[0017]-[0121], 図1-6		
				EP	3438715	A1	
				CN	108885303	A	
JP	2019-031422	A	28.02.2019	US	2019/0047238	A1	
					[0013]-[0123]		
				CN	109384383	A	
JP	2000-131571	A	12.05.2000	US	6411761	B1	
					第3欄第35行-第7欄第42行, 図1-2		
JP	2014-139609	A	31.07.2014		(ファミリーなし)		
US	2005/0013573	A1	20.01.2005	CN	1950736	A	