

(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
2020年12月24日(24.12.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/256019 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01) *G02B 6/52* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/023810
- (22) 国際出願日: 2020年6月17日(17.06.2020)
- (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 2019-113810 2019年6月19日(19.06.2019) JP
特願 2019-134351 2019年7月22日(22.07.2019) JP
特願 2019-176737 2019年9月27日(27.09.2019) JP
特願 2019-182643 2019年10月3日(03.10.2019) JP
- (71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 文昭(SATO Fumiaki); 〒5410041
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 高見 正和(TAKAMI Masakazu); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 天野 亜夫(AMANO Tsuguo); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 鈴木 洋平(SUZUKI Yohei); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 橋本 裕(HASHIMOTO Yutaka); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 長尾 美昭(NAGAO Yoshiaki); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 長田 尚理(OSADA Naomichi); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

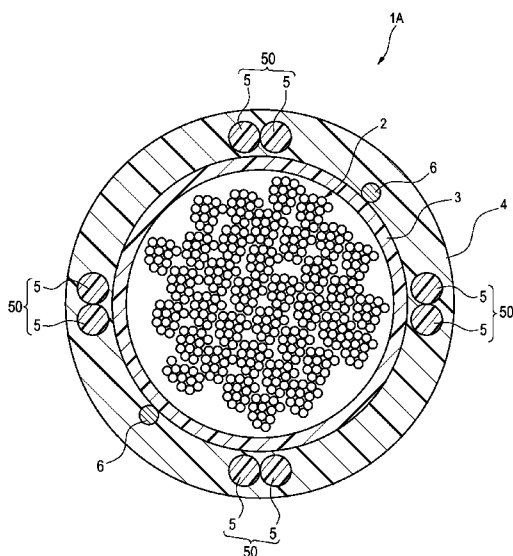
(74) 代理人: 特許業務法人 信栄特許事務所(SHIN-EI PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区

(54) Title: OPTICAL FIBER CABLE

(54) 発明の名称: 光ファイバケーブル

[図1]

FIG.1



(57) Abstract: This optical fiber cable comprises a plurality of coated optical fibers or a plurality of coated optical fiber ribbons, a cable jacket which encloses the plurality of coated optical fibers or the plurality of coated optical fiber ribbons, and at least four tensile body units which are provided embedded inside the cable jacket and in which at least two tensile bodies are paired, wherein: the at least four tensile body units are provided to opposing positions in a cross section of the optical fiber cable in the radial direction, with the center of the optical fiber cable therebetween; and the outer cable diameter of the optical fiber cable is 6-16 mm.

(57) 要約: 複数の光ファイバ心線若しくは複数の光ファイバテープ心線と、複数の前記光ファイバ心線若しくは複数の前記光ファイバテープ心線を内包するケーブル外被と、前記ケーブル外被内部に埋め込まれるように設けられ、2本以上の抗張力体が対となっている4つ以上の抗張力体ユニットと、を有し、前記4つ以上の抗張力体ユニットは、光ファイバケーブルの径方向の断面において前記光ファイバケーブルの中心を挟んで対向する位置に、それぞれ設けられ、前記光ファイバケーブルのケーブル外径が6mm以上16mm以下である光ファイバケーブル。

[続葉有]

西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イースト
ビルディング8階 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, JO, 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] 本開示は、光ファイバケーブルに関する。

本出願は、2019年6月19日出願の日本国特許出願2019-113810号、2019年9月27日出願の日本国特許出願2019-176737号、2019年7月22日出願の日本国特許出願2019-134351号、2019年10月3日出願の日本国特許出願2019-182643号に基づく優先権を主張し、前記出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 特許文献1には、パイプ内に間欠連結型の光ファイバテープ心線を備える光ファイバケーブルが記載されている。

特許文献2には、間欠連結型の光ファイバテープ心線を構成する単心被覆光ファイバを複数本集合した光ファイバ束の外周に識別用糸を巻いて構成されるユニットが実装された光ファイバケーブルが記載されている。

特許文献3には、スロットロッド型の光ファイバケーブルが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特表2015-517679号公報

特許文献2：日本国特開2010-8923号公報

特許文献3：日本国特開2014-71441号公報

発明の概要

[0004] 本開示の一態様に係る光ファイバケーブルは、
複数の光ファイバ心線若しくは複数の光ファイバテープ心線と、
複数の前記光ファイバ心線若しくは複数の前記光ファイバテープ心線を内

包するケーブル外被と、

前記ケーブル外被内部に埋め込まれるように設けられ、2本以上の抗張力体が対となっている4つ以上の抗張力体ユニットと、

を有し、

前記4つ以上の抗張力体ユニットは、光ファイバケーブルの径方向の断面において前記光ファイバケーブルの中心を挟んで対向する位置に、それぞれ設けられ、

前記光ファイバケーブルのケーブル外径が6 mm以上16 mm以下である

。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]第一実施形態に係る光ファイバケーブルの構成を示す断面図である。

[図2]光ファイバケーブルに收容される光ファイバテープ心線の一例を示す平面図である。

[図3]第二実施形態に係る光ファイバケーブルの構成を示す断面図である。

[図4]図3に示す光ファイバケーブルの側面図である。

[図5]ケーブル圧送評価装置を示す模式図である。

[図6]第三実施形態に係る光ファイバケーブルの構成を示す断面図である。

[図7]第三実施形態に係る光ファイバケーブルの突起および外周部のケーブル径方向の断面を模式的に示す拡大図である。

[図8]第三実施形態に係る光ファイバケーブルの比較例の突起および外周部のケーブル径方向の断面を模式的に示す拡大図である。

[図9]第四実施形態に係る光ファイバケーブルの構成を示す断面図である。

[図10]第五実施形態に係る光ファイバケーブルの構成を示す断面図である。

[図11]第五実施形態に係る光ファイバケーブルの各試料の諸元と評価結果を説明する表である。

[図12]図11の評価結果における低温時損失変化量とHDPE面積比率との関係を説明する図である。

[図13]図11の評価結果における低温時損失変化量とES積との関係を説明

する図である。

[図14]図 1 1 の評価結果における曲げ剛性とH D P E面積比率との関係を説明する図である。

[図15]第六実施形態に係る光ファイバケーブルの構成を示す断面図である。

[図16]第七実施形態に係る光ファイバケーブルの構成を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0006] [本開示が解決しようとする課題]

光ファイバケーブルは、外被両側に抗張力体を有する構造の場合、光ファイバケーブルの径方向の断面において抗張力体同士を結んだ線に対して90度方向には曲がりやすく、前記方向への曲げ剛性が低い傾向がある。一方、抗張力体がある方向には曲がりにくく、前記方向への曲げ剛性が大きい傾向がある。すなわち、前記構造の光ファイバケーブルには、曲げ異方性がある。

空気圧送用の光ファイバケーブルを前記構造にすると、曲げ異方性があるので、ダクト内で空気圧送や押し込みする際などにおいて、曲げ剛性が低い方向に曲がりやすく、ダクトの途中で座屈するおそれがある。このため、前記のような構造の空気圧送用の光ファイバケーブルは、良好な空気圧送特性を得ることが難しい。

[0007] また、空気圧送用の光ファイバケーブルは、細径軽量化のためケーブル外被厚を薄くし、硬質のケーブル外被を用いるケースが多い。その場合には細い抗張力体しかケーブル外被に入れられず、剛性の低下やケーブル外被の線膨張の抑制が難しい。一方、ルースチューブ型やスロットロッド型などの光ファイバケーブルのように、径の大きい抗張力体若しくは複数の抗張力体を束ねたものを中心に配置する構造とした場合は、抗張力体の体積分だけ内部空間が減るため、光ファイバケーブルの心密度を上げることが難しい。

[0008] 本開示は、良好な空気圧送特性を有する光ファイバケーブルを提供することを目的とする。

[0009] [本開示の効果]

本開示によれば、良好な空気圧送特性を有する光ファイバケーブルを提供することができる。

[0010] (本開示の実施形態の説明)

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

本開示の一態様に係る光ファイバケーブルは、

(1) 複数の光ファイバ心線若しくは複数の光ファイバテープ心線と、

複数の前記光ファイバ心線若しくは複数の前記光ファイバテープ心線を内包するケーブル外被と、

前記ケーブル外被内部に埋め込まれるように設けられ、2本以上の抗張力体が対となっている4つ以上の抗張力体ユニットと、

を有し、

前記4つ以上の抗張力体ユニットは、光ファイバケーブルの径方向の断面において前記光ファイバケーブルの中心を挟んで対向する位置に、それぞれ設けられ、

前記光ファイバケーブルのケーブル外径が6 mm以上16 mm以下である。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、2本以上の抗張力体が対となっている抗張力体ユニットがバランスよく存在するので、光ファイバケーブルの曲げ異方性（曲げやすい方向の偏り）を抑制することができる。したがって、光ファイバケーブルを例えばダクト内で空気圧送や押し込みする際などにおいて、ダクトの途中で座屈することを抑制できる。このため、前記構成の光ファイバケーブルは、良好な空気圧送特性を得ることができる。また、ケーブル外径が16 mm以下であるので、一般的な内径が20 mm以下の細径のマイクロダクトに収容できる。ケーブル外径が6 mm未満である場合、マイクロダクトが小径に曲げられて敷設されていると空気圧送時に座屈が発生しやすくなるが、前記構成の光ファイバケーブルは、ケーブル外径が6 mm以上であるので、空気圧送時における座屈の発生を抑制することができる。

- [0011] (2) 前記光ファイバケーブルの前記4つ以上の抗張力体ユニットの内の少なくとも4つの前記抗張力体ユニットは、前記光ファイバケーブルの径方向の断面において、前記抗張力体ユニットの対をそれぞれ結ぶ直線が直交する位置に配置されていてもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、抗張力体ユニットがさらにバランスよく存在するので、光ファイバケーブルの曲げ異方性（曲げやすい方向の偏り）をさらに抑制することができる。

- [0012] (3) 前記光ファイバケーブルの径方向の曲げ剛性が、全ての方向で $0.35 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以上 $1.3 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以下であってもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、前記曲げ剛性の範囲内であることにより、空気圧送に適した適度な曲げ剛性を得ることができる。また、径方向の曲げ剛性が、全ての方向で $0.35 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以上であるので、光ファイバケーブルを空気圧送する際の座屈を抑制でき、径方向の曲げ剛性が、全ての方向で $1.3 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以下であるので、光ファイバケーブルの余長を収納する際の収納性が良好である。

- [0013] (4) 前記抗張力体は、アラミドFRPであってもよい。

- (5) 前記抗張力体は、液晶ポリマーであってもよい。

アラミドFRPおよび液晶ポリマーは弾性率が比較的高いので、適度にケーブル剛性を高くすることができる。また、アラミドFRPおよび液晶ポリマーは、線膨張係数が比較的低いので、低温の環境下での光ファイバケーブルの収縮を低減することができる。また、アラミドFRPおよび液晶ポリマーは、無誘導性であるので、雷対策のためにアースを設ける必要がない。

- [0014] (6) 前記ケーブル外被は、シリコン系滑剤を含んでいてもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、ケーブル外被にシリコン系滑剤を含んでいるので、ケーブル外被の摩擦係数を低くできる。これにより、光ファイバケーブルをダクト内で空気圧送する際に、ケーブル外被とダクトとの摩擦が減り、圧送距離を伸ばすことができる。

- [0015] (7) 前記ケーブル外被に含まれるシリコン系滑剤の質量分率は、 1.5

%以上であってもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、ケーブル外被に含まれるシリコン系滑剤の質量分率が1.5%以上であるので、ケーブル外被の摩擦係数をより確実に低くできる。

[0016] (8) 前記ケーブル外被は、外周部に前記光ファイバケーブルの径方向に突出した突起を有してもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、ケーブル外被の外周部に前記光ファイバケーブルの径方向に突出した突起があるので、光ファイバケーブルをダクト内で空気圧送する際に、ケーブル外被とダクトとの間の接触面積を減らすことができる。これにより、ケーブル外被とダクトとの摩擦が減り、圧送距離を伸ばすことができる。

[0017] (9) 前記突起は、前記光ファイバケーブルの径方向の断面において、前記突起の表面と前記突起ではない前記外周部の表面との交点における両表面の接線同士が成す角度が90度以下であってもよい。

前記構成の光ファイバケーブルは、前記交点における前記表面同士の接線が成す角度が90度以下であるので、前記交点の部分にニッパ等の刃を容易に固定できる。これにより、突起の切断時にニッパ等が滑って切断が困難になることを抑制できる。よって、突起を容易に除去でき、クロージャに光ファイバケーブルを収容した際に、気密を保つことができる。

[0018] (10) 前記突起は、前記光ファイバケーブルの長手方向に沿って螺旋状に形成されていてもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、前記突起が、光ファイバケーブルの長手方向に沿って螺旋状に形成されているので、ダクト内壁と光ファイバケーブルとが点接触となるため、接触抵抗をさらに減らすことができる。

[0019] (11) 前記ケーブル外被は、表面に凹部を有し、前記凹部のみに識別用表示が施されていてもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、空気圧送時に凹部とダクト内面とが擦り合わされるおそれが少ないので、凹部のみに施された識別用表示が

削り落とされるおそれが少ない。したがって、ケーブル外被に施された識別用表示を視認し易い。また、ケーブル外被の表面に凹部を設けることで表面が凹凸になるのでダクト内面との接触面積が減り、空気圧送時にケーブル外被の表面とダクト内面との摩擦を小さくすることができる。これにより、ダクト内で空気圧送する際に圧送距離を伸ばすことができる。

[0020] (12) 前記ケーブル外被は、複数本の前記光ファイバ心線若しくは複数の前記光ファイバテープ心線をまとめた集合コアの外側に設けられた内層と、前記内層の外側に設けられた外層と、を有し、前記外層に用いられる材料の密度が $0.942 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 以上であり、前記内層に用いられる材料の密度が $0.942 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 未満であってもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、ケーブル外被が内層と外層の2層からなり、外層に用いられる材料の密度が内層よりも高くなっていることで、内層の材料のみを用いる場合に比べて摩擦係数が低くなり、ダクト内を通りやすくなる。また、ダクト内に供給する空気圧を高くしたり、ダクト内に押し込んだりしても、外層が固いので、空気圧送に十分に耐えられる。

[0021] (13) 前記ケーブル外被に、酸素指数50以上の難燃PVCもしくは難燃ポリエチレンを含んでもよい。

空気圧送用光ファイバケーブルは、ケーブル外被が薄い構造であるため、難燃性の改善が難しいが、前記構成の光ファイバケーブルによれば、ケーブル外被に酸素指数50以上の難燃PVCもしくは難燃ポリエチレンを用いることで、難燃性を改善することができる。

[0022] (14) 前記光ファイバ心線若しくは前記光ファイバテープ心線を構成する光ファイバ心線は、ガラスファイバと、前記ガラスファイバの外周を覆う被覆とを有し、

前記被覆は、二層の被覆層を含み、

前記二層の被覆層のうちの外側の被覆層は、

ウレタンアクリレートオリゴマーまたはウレタンメタアクリレートオリゴマー、フェノキシ基を有するモノマー、光重合開始剤及びシランカップリン

グ剤を含有するベース樹脂と、

疎水性の無機酸化物粒子と、を含む樹脂組成物の硬化物であり、

前記樹脂組成物における前記無機酸化物粒子の含有量が、前記樹脂組成物の総量を基準として1質量%以上45質量%以下であってもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、光ファイバ心線における被覆を構成する外側の被覆層として、前記の樹脂組成物を用いることにより、光ファイバ心線の耐側圧性が強くなる。これにより、光ファイバケーブルの伝送損失の増加を抑えることができる。

[0023] (15) 前記光ファイバ心線若しくは前記光ファイバテープ心線を構成する光ファイバ心線は、波長1550nmの曲げ損失が、曲げ直径 ϕ 15mm $\times$ 1ターンで0.5dB以下、曲げ直径 ϕ 20mm $\times$ 1ターンで0.1dB以下であってもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば側圧特性が改善され、また、低温損失特性を改善させることができる。

[0024] (16) 前記光ファイバ心線若しくは前記光ファイバテープ心線を構成する光ファイバ心線は、1本当たりのコア数が4以上であるマルチコアファイバを含むものでもよい。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、コアごとに別々の情報を送ることができるので、光ファイバ心線1本当たりの伝送容量を増やすことができる。

[0025] (本開示の実施形態の詳細)

本開示の実施形態に係る光ファイバケーブルの具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。

なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0026] (第一実施形態)

図1および図2を参照して、第一実施形態に係る光ファイバケーブル1A

について説明する。

図1は、光ファイバケーブル1Aの長さ方向に垂直な断面図である。図1に示すように、光ファイバケーブル1Aは、複数の光ファイバテープ心線2と、光ファイバテープ心線2の周囲を覆う吸水テープ3と、吸水テープ3で覆われた光ファイバテープ心線2を内包するケーブル外被4と、ケーブル外被4の内部に設けられた抗張力体5および引き裂き紐6と、を備えている。

[0027] 吸水テープ3は、複数の光ファイバテープ心線2全体の周囲に、例えば、縦添えまたは横巻で巻回されている。吸水テープ3は、例えば、ポリエステル等からなる基布に吸水性のパウダーを付着させることによって吸水加工を施したものである。

[0028] ケーブル外被4は、吸水テープ3の周囲を覆うように設けられている。ケーブル外被4は、例えば、ポリ塩化ビニル（PVC）、ポリエチレン（PE）等の樹脂で形成されている。ケーブル外被4の樹脂は、ヤング率が500Pa以上であることが好ましい。また、ケーブル外被4には、シリコン系の滑剤が含まれていることが好ましい。シリコン系の滑剤は、例えば、1wt%以上、好ましくは1.5wt%以上2.5wt%以下の割合で含まれている。

[0029] また、ケーブル外被4は、難燃性が高い樹脂で形成されていることが好ましい。ケーブル外被4は、例えば、酸素指数50以上の難燃PVC、難燃ポリエチレン等で形成されている。これにより、光ファイバケーブル1Aは、北米のNEC（National Electrical Code）規格におけるUL1666ライザーグレード、および欧州のCPR（Construction Products Regulation）規格におけるCcaクラスに適合する。ケーブル外被4は、例えば、熱可塑性の樹脂であり、吸水テープ3が巻回された複数の光ファイバテープ心線2に対して樹脂を押出成形することにより形成される。

[0030] 抗張力体5は、ケーブル外被4の内部に埋め込まれるように設けられている。抗張力体5は、例えば、アラミドFRP、ガラスFRP、カーボンFR

P等の繊維強化プラスチック（FRP）で形成されている。また、抗張力体5は、液晶ポリマーで形成されていてもよい。抗張力体5は、無誘導性であることが好ましい。

[0031] 抗張力体5は、径方向の断面が円形状に形成されている。抗張力体5は、8本以上（本例では8本）設けられている。本例における8本の抗張力体5は、2本ずつが対になって設けられている。対になっている2本の抗張力体5は、例えば、互いに近接した状態、あるいは少なくとも一部が接触した状態で設けられている。抗張力体5は、光ファイバケーブル1Aの長手方向に沿って、ケーブル外被4内に設けられている。以降の説明において、対になっている2本の抗張力体5のことをまとめて抗張力体ユニット50と称す。

[0032] 本例では4つの抗張力体ユニット50が設けられている。4つの抗張力体ユニット50は、光ファイバケーブル1Aの径方向の断面において、光ファイバケーブル1Aの中心を挟んで対向する位置に対になる2つの抗張力体ユニット50が2対設けられている。光ファイバケーブル1Aの径方向の断面における4つの抗張力体ユニット50の位置は、例えば対になる2つの抗張力体ユニット50をそれぞれ結ぶ2本の直線が直交するようになる位置となっている。

[0033] なお、例えば、抗張力体5の本数が8本よりも多く、抗張力体ユニット50の本数が4つよりも多い場合には、各抗張力体ユニット50は、隣り合う抗張力体ユニット50同士の間隔が例えば等間隔となるようにケーブル外被4内に設けられる。

[0034] 引き裂き紐6は、ケーブル外被4を引き裂くためのものであり、ケーブル外被4内に光ファイバケーブル1Aの長手方向に沿って埋設されている。本例の場合、引き裂き紐6は2本設けられている。2本の引き裂き紐6は、隣り合う抗張力体ユニット50のほぼ中間位置に、対向するように設けられている。引き裂き紐6を引き出すことによってケーブル外被4を長手方向に引き裂き、光ファイバケーブル心線2を取り出すことができる。引き裂き紐6は、例えば、引っ張りに強いプラスチック材料（例えばポリエステル）で形成

されている。

[0035] 図2は、光ファイバケーブル1Aに収容される光ファイバテープ心線2の一例を示す。図2に示すように、光ファイバテープ心線2は、複数の光ファイバ心線11A～11Lが並列に配置された状態で、隣接する光ファイバ心線間が連結された連結部12と、隣接する光ファイバ心線間が連結されていない非連結部13とが長手方向に間欠的に設けられている間欠連結型の光ファイバテープ心線である。

[0036] 本例の光ファイバテープ心線2は、12本の光ファイバ心線11A～11Lが並列に配置されている。図2には、光ファイバ心線11A～11Lを配列方向に開いた状態の間欠連結型の光ファイバテープ心線2の平面図と、光ファイバ心線11Aの断面図が示されている。連結部12と非連結部13とが間欠的に設けられている箇所は、図2に示すように一部の光ファイバ心線間（2心毎間欠）であってもよく、または、全ての光ファイバ心線間（1心毎間欠）であってもよい。図2に示す例では、光ファイバ心線11Aと11B、11Cと11D、11Eと11F、11Gと11H、11Iと11J、11Kと11L、の各線間には非連結部13が設けられていない。

[0037] 光ファイバテープ心線2における連結部12は、例えば紫外線硬化型樹脂、熱硬化型樹脂等からなる連結樹脂14を、光ファイバ心線間に塗布することによって形成される。連結樹脂14が所定の光ファイバ心線間に塗布されることにより、連結部12と非連結部13とが間欠的に設けられるとともに、各光ファイバ心線11A～11Lが並列状態で一体化される。連結樹脂14は、並列された光ファイバ心線11A～11Lで形成される並列面の片面のみに塗布するようにしてもよいし、両面に塗布するようにしてもよい。また、光ファイバテープ心線2は、例えば並列された光ファイバ心線11A～11Lの片面、若しくは両面全体にテープ樹脂を塗布して、全ての光ファイバ心線11A～11Lを連結させてから、回転刃等で一部を切断して非連結部13を形成するように作製してもよい。

[0038] 光ファイバ心線11A～11Lは、例えばコアとクラッドで構成されるガ

ラスファイバ15と、ガラスファイバ15の外周を被覆する二層の被覆層16, 17と、を有する。二層の被覆層のうちの内側の被覆層16はプライマリ樹脂で形成されている。また、二層の被覆層のうちの外側の被覆層17はセカンダリ樹脂で形成されている。光ファイバ心線11A~11Lは、いわゆる細径の心線であり、その外径Aは、例えば165 μm 以上220 μm 以下である。なお、光ファイバ心線11A~11Lは、1本当当たりのコア数が4以上であるマルチコアファイバであってもよい。マルチコアファイバは、コアごとに別々の情報を送ることができるので、光ファイバ心線1本当当たりの伝送容量を増やすことができる。

[0039] ガラスファイバ15と接触する内側の被覆層16を構成するプライマリ樹脂には、バッファ層として比較的ヤング率が低い軟質の樹脂が用いられている。また、外側の被覆層17を構成するセカンダリ樹脂には、保護層として比較的ヤング率が高い硬質の樹脂が用いられている。前記セカンダリ樹脂は、例えば23℃におけるヤング率が900 MPa以上であり、好ましくは1000 MPa以上、さらに好ましくは1500 MPa以上である。

[0040] 被覆層17を構成することになるセカンダリ樹脂は、ウレタンアクリレートオリゴマーまたはウレタンメタアクリレートオリゴマー、フェノキシ基を有するモノマー、光重合開始剤およびシランカップリング剤を含有するベース樹脂と、疎水性の無機酸化物粒子と、を含む樹脂組成物であることが好ましい。樹脂組成物における無機酸化物粒子の含有量は、樹脂組成物の総量を基準として1質量%以上45質量%以下である。

[0041] 以下、アクリレート又はそれに対応するメタクリレートのことを、(メタ)アクリレートと称する。

[0042] ウレタン(メタ)アクリレートオリゴマーとしては、ポリオール化合物、ポリイソシアネート化合物および水酸基含有(メタ)アクリレート化合物を反応させて得られるオリゴマーを用いることができる。このオリゴマーは、例えば、分子量4000のポリプロピレングリコール、イソホロンジイソシアネート、ヒドロキシエチルアクリレートおよびメタノールを反応させるこ

となどによって得られる。

- [0043] フェノキシ基を有するモノマーとしては、フェノキシ基を有する（メタ）アクリレート化合物を用いることができる。例えば、フェノキシ基を有するモノマーは、ノニルフェノールEO変性アクリレート（東亜合成株式会社の商品名「アロニックスM-113」）などである。
- [0044] 光重合開始剤としては、公知のラジカル光重合開始剤の中から適宜選択して使用することができ、例えば、光重合開始剤は、2, 4, 6-トリメチルベンゾイルジフェニルホスフィンオキシドなどである。
- [0045] シランカップリング剤としては、樹脂組成物の硬化の妨げにならない限り、特に限定されない。例えば、シランカップリング剤は、3-メルカプトプロピルトリメトキシシランなどである。
- [0046] 疎水性の無機酸化物粒子は、無機酸化物粒子の表面に疎水性の基が導入されている。無機酸化物粒子は、例えばシリカ粒子である。疎水性の基は、（メタ）アクリロイル基、ビニル基等の反応性基、又は、炭化水素基（例えば、アルキル基）、アリール基（例えば、フェニル基）等の非反応性基であってもよい。
- [0047] 被覆層17を構成することになるセカンダリ樹脂に無機酸化物粒子を配合することで、光ファイバ心線11A～11Lの側圧特性が改善される。被覆層16を構成するプライマリ樹脂および前記セカンダリ樹脂は、例えば紫外線硬化型樹脂、熱硬化型樹脂等で形成されている。
- [0048] 光ファイバテープ心線2は、光ファイバケーブル1A内に収容される際、丸められて集合した状態にされている。或いは、複数の光ファイバテープ心線2を撚り合せてユニットとし、複数のユニットを集合した状態にされていてもよい。なお、集合された状態の複数の光ファイバテープ心線2は、バンドル材等で束ねられていてもよく、或いは、前記ユニット毎にバンドル材等で束ねられていてもよい。
- [0049] 以上のような構成の光ファイバケーブル1Aにおいて、ケーブル外被4の断面積に対する8本の抗張力体5（4つの抗張力体ユニット50）の総断面

積の比は、5.4%以上とすることが好ましい。光ファイバケーブル1Aの外径は、6mm以上16mm以下であり、例えば、光ファイバケーブル1Aの外径が10mmで、ケーブル外被4の厚さが1.0mmで、ケーブル外被4内に外径0.5mmの抗張力体5が8本設けられる場合、総断面積の比は5.6%になる。なお、光ファイバケーブル1Aにおける径方向の曲げ剛性は、全周方向で0.35N・m²以上1.3N・m²以下であることが望ましい。

[0050] また、複数の光ファイバテープ心線2を構成する全光ファイバ心線の心数を光ファイバケーブル1Aのケーブル断面積で割った心密度は、5.0心/mm²以上であることが好ましい。例えば、光ファイバケーブル1Aの外径が10mmで、ケーブル外被4の厚さが1.0mmで、光ファイバ心線Aの外径が200μmである場合、光ファイバケーブル1Aのケーブル外被4内に収容される12心の光ファイバテープ心線2の枚数が36枚であれば、そのときの全光ファイバ心線の心数は432心であり、心密度は5.5心/mm²となる。なお、空気圧送することを考慮すると、光ファイバケーブル1Aの単位重量は、100kg/km以下であることが望ましい。

[0051] なお、本例では12心の光ファイバテープ心線2を用いているが、例えば、16心あるいは24心等の光ファイバテープ心線を用いてもよい。また、本例では光ファイバケーブル1A内に光ファイバテープ心線を収容しているが、テープ状とはせずに光ファイバ心線のまま収容するようにしてもよい。また、光ファイバ心線11A~11Lは、波長1550nmの曲げ損失が、曲げ直径φ15mm×1ターンで0.5dB以下、曲げ直径φ20mm×1ターンで0.1dB以下の、ITU-T G.657A2相当の曲げ損失であることが好ましい。このような光ファイバ心線を用いることで、側圧特性が改善され、また、低温損失特性を改善させることができる。

[0052] 以上のような、第一実施形態に係る光ファイバケーブル1Aによれば、抗張力体5の2本ずつが対となって構成される抗張力体ユニット50がケーブル外被4の内部にバランスよく配置されているので、光ファイバケーブル1

Aの曲げ異方性（曲げやすい方向の偏り）を抑制することができる。

これにより、光ファイバケーブル1 Aを例えばダクト内で空気圧送をする際や押し込みをする際などにおいて、ダクトの途中で座屈することを抑制できる。よって、光ファイバケーブル1 Aは、良好な空気圧送特性を備えることができる。

[0053] また、光ファイバケーブル1 Aの外径が16 mm以下であるので、内径が20 mm以下の細径のマイクロダクト内に光ファイバケーブル1 Aを空気圧送することができるとともに前記マイクロダクト内に収容できる。

[0054] 光ファイバケーブルのケーブル外径が6 mm未満である場合、ダクトが小径に曲げられて敷設されていると、光ファイバケーブルの空気圧送時に、光ファイバケーブルに座屈が発生しやすくなる。これに対して、光ファイバケーブル1 Aは、ケーブル外径が6 mm以上であるので、空気圧送時における座屈の発生を抑制することができる。

[0055] また、光ファイバケーブル1 Aは、その径方向の曲げ剛性を全周方向で $0.35 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以上 $1.3 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以下の範囲とすることにより、空気圧送に適した適度な曲げ剛性を備えることができる。例えば、径方向の曲げ剛性が全周方向で $0.35 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以上であるので、光ファイバケーブル1 Aを空気圧送する際の座屈の発生を抑制できる。また、径方向の曲げ剛性が全周方向で $1.3 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以下であるので、光ファイバケーブル1 Aの余長を例えばハンドホール等に収納する際に、光ファイバケーブル1 Aを適度な大きさに束ねることが可能であり収納性が良好である。

[0056] また、光ファイバケーブル1 Aは、抗張力体5が、例えばアラミドFRP、液晶ポリマー等で形成されていることが好ましい。この構成によれば、アラミドFRP、液晶ポリマー等は弾性率が比較的高いので、適度に光ファイバケーブル1 Aの剛性を高くすることができる。また、アラミドFRP、液晶ポリマー等は、線膨張係数が比較的低いので、低温環境下でのケーブル外被4の収縮による光ファイバケーブル1 Aの収縮を抑制することができる。また、アラミドFRP、液晶ポリマー等は、無誘導性であるので、雷対策の

ためにアースを設ける必要がない。

[0057] また、光ファイバケーブル 1 A は、ケーブル外被 4 の樹脂にシリコン系滑剤が含まれていることが好ましい。この構成によれば、ケーブル外被 4 の摩擦係数を低くできる。さらに、ケーブル外被 4 に含まれるシリコン系滑剤の質量分率を 1.5 % 以上とすることにより、ケーブル外被 4 の摩擦係数をより確実に低くすることができる。これにより、光ファイバケーブル 1 A をダクト内で空気圧送する際に、ケーブル外被 4 とダクト内壁との摩擦を小さくすることができ、圧送距離を伸ばすことができる。

[0058] ところで、空気圧送用の光ファイバケーブルは、ケーブル外被が薄い構造であるため、難燃性の改善が難しい。これに対して、光ファイバケーブル 1 A は、ケーブル外被 4 が、酸素指数 50 以上の難燃 PVC 若しくは難燃ポリエチレンで形成されることにより、難燃性を高めことができる。

[0059] また、光ファイバケーブル 1 A によれば、光ファイバ心線 11 A ~ 11 L の被覆を構成する外側の被覆層 17 として、前述の樹脂組成物の硬化物を用いることで、光ファイバ心線 11 A ~ 11 L の耐側圧性を強くすることができる。したがって、このような光ファイバ心線 11 A ~ 11 L を用いて光ファイバテープ心線 2 を構成すれば、光ファイバケーブル 1 A に収容したときの伝送損失の増加を抑えることができる。

[0060] (第二実施形態)

図 3 および図 4 を参照して、第二実施形態に係る光ファイバケーブル 1 B について説明する。なお、第一実施形態に係る光ファイバケーブル 1 A と同様の構成については同じ符号を付しその説明を省略する。

[0061] 図 3 は、光ファイバケーブル 1 B の長手方向に垂直な断面図である。図 4 は、図 3 に示す光ファイバケーブル 1 B の側面図である。

図 3 に示すように、光ファイバケーブル 1 B は、複数の間欠連結型の光ファイバテープ心線 2 と、光ファイバテープ心線 2 の周囲を覆う吸水テープ 3 と、吸水テープ 3 で覆われた光ファイバテープ心線 2 を内包するケーブル外被 4 と、ケーブル外被 4 の内部に設けられた抗張力体 5 および引き裂き紐 6

とを備えている。さらに、光ファイバケーブル 1 B は、ケーブル外被 4 の外周部に突起 7 を有している。

[0062] 突起 7 は、複数（本例では 8 条）設けられている。図 4 に示すように、8 条の突起 7 は、光ファイバケーブル 1 B の長手方向に沿って螺旋状に設けられている。各突起 7 は、長手方向に沿って連続して設けられていてもよいし、断続的に設けられていてもよい。また、8 条の突起 7 は、光ファイバケーブル 1 B の径方向の断面において、ケーブル外被 4 の外周部の周方向にほぼ等間隔に設けられている。突起 7 は、ケーブル外被 4 の外周部に光ファイバケーブル 1 B の径方向へ突出した状態で形成されている。突起 7 は、突出する方向の表面 7 a が曲面で構成されており、曲面の曲率半径が 2.5 mm 以上となるように形成されている。突起 7 は、押出成形によってケーブル外被 4 と一体的に形成されている。なお、本例では 8 条の突起 7 が螺旋状に設けられているが、例えば、光ファイバケーブル 1 B の長手方向に沿って直線状に設けられていてもよい。

[0063] 第二実施形態に係る光ファイバケーブル 1 B によれば、ケーブル外被 4 の外周部に光ファイバケーブル 1 B の径方向に突出した突起 7 が複数設けられている。このため、光ファイバケーブル 1 B をダクト内で空気圧送する際に、突起 7 がダクトの内壁と接触することになるので、ケーブル外被 4 とダクトとの間の接触面積を減らすことができる。これにより、ケーブル外被 4 とダクトとの摩擦が小さくなり、圧送距離を伸ばすことができる。

[0064] また、光ファイバケーブル 1 B によれば、ケーブル外被 4 の突起 7 が、光ファイバケーブル 1 B の長手方向に沿って螺旋状に形成されている。これにより、ダクト内で空気圧送する際に、ダクトの内壁と光ファイバケーブル 1 B のケーブル外被 4 とは、点接触に近い状態となる。このため、両者間の摩擦をさらに小さくすることができ、圧送距離を伸ばすことができる。

[0065] （実施例 1）

第一実施形態の光ファイバケーブル 1 A および第二実施形態の 1 B において、抗張力体 5 の種類、本数、およびケーブル外被 4 の構造が異なる、各実

施例の光ファイバケーブルのサンプルと、従来構造の各比較例の光ファイバケーブルのサンプルとに対して、圧送距離の評価を行った。その評価結果を表 1 に示す。

[0066] [表1]

表1

サンプル No.	抗張力体構成	曲げ剛性(N・m ²)	外被構造	動摩擦係数	圧送距離(m) (評価)
1	外径0.5mmガラスFRP2本	最大1.0、最小0.1	HDPE 突起無し	0.3	600m (C)
2	外径0.5mmガラスFRP4本	最大1.0、最小0.8	HDPE 突起無し	0.3	1100m (B)
3	外径0.5mmアラミドFRP4本	最大0.8、最小0.3	HDPE 突起無し	0.3	1000m (B)
4	外径0.5mmガラスFRP8本	最大2.5、最小1.2	HDPE 突起無し	0.3	1500m (A)
5	外径0.5mmアラミドFRP8本	最大1.2、最小0.4	HDPE 突起無し	0.3	1300m (A)
6	外径0.5mmアラミドFRP8本	最大1.2、最小0.4	HDPE シリコン1wt%添加 突起無し	0.15	1500m (A)
7	外径0.5mmアラミドFRP8本	最大1.2、最小0.4	HDPE シリコン1.5wt%添加 突起無し	0.12	1800m (S)
8	外径0.5mmアラミドFRP8本	最大1.0、最小 0.35	HDPE シリコン2.5wt%添加 突起無し	0.11	1850m (S)
9	外径0.5mmアラミドFRP8本	最大1.2、最小0.4	HDPE シリコン1.5wt%添加 直線状の突起有り	0.11	1900m (S)
10	外径0.5mmアラミドFRP8本	最大1.2、最小0.4	HDPE シリコン1.5wt%添加 螺旋状の突起有り	0.1	2000m (S)
11	外径0.5mm液晶ポリマー8本	最大1.3、最小0.5	HDPE シリコン2.5wt%添加 突起無し	0.11	1930m (S)

[0067] 表 1 において、サンプル No. 1～3 は、比較例である。サンプル No. 1 は、ケーブル外被に 2 本の抗張力体を埋設した構造の光ファイバケーブルであり、サンプル No. 2, 3 はケーブル外被に 4 本の抗張力体を埋設した構造の光ファイバケーブルである。サンプル No. 4～8, 11 は、ケーブル外被に 8 本の抗張力体を 2 本ずつが対となるように埋設したものであり、第一実施形態に対応するものである。サンプル No. 9, 10 は、ケーブル外被に 8 本の抗張力体を 2 本ずつが対となるように埋設し、ケーブル外被の外周部に突起を設けたものであり、第二実施形態に対応するものである。なお、サンプル No. 9 は、突起 7 が光ファイバケーブル 1 B の長手方向に沿って直線状に形成されているものとした。サンプル No. 10 は、図 4 に示

すような、突起7が光ファイバケーブル1Bの長手方向に沿って螺旋状に形成されているものとした。

また、サンプルNo. 1, 2, 4の抗張力体は、外径が0.5mmのガラスFRPである。サンプルNo. 3, 5~10の抗張力体は、外径が0.5mmのアラミドFRPである。サンプルNo. 11の抗張力体は、外径が0.5mmの液晶ポリマーである。

また、サンプルNo. 6はケーブル外被にシリコン系滑剤を1wt%添加したもの、サンプルNo. 7, 9, 10は1.5wt%添加したもの、サンプルNo. 8, 11は2.5wt%添加したものである。

また、各サンプルのケーブル外径は10mmである。

[0068] 曲げ剛性の最大と最小とは、各光ファイバケーブルを径方向に曲げるときの最大曲げ剛性となる方向の曲げ剛性値と、最小曲げ剛性となる方向の曲げ剛性値とを示す。曲げ剛性の測定方法は、IEC 60794 Stiffness (Method E17A) に準拠している。なお、曲げ剛性は、例えば図1の構造であれば、抗張力体5の方向に曲げた場合に最大値となり、抗張力体5の方向から45度ずれた方向に曲げた場合最小値となる。

動摩擦係数は、ダクト内を空気圧送される光ファイバケーブルとダクトの内壁との摩擦係数を示す。

圧送距離は、図5に示す圧送装置を用いて、IECに準拠した圧送試験を行った。パイプ20の長さは1000mであり、100m毎に折り返されている。パイプ20の曲がり(R)はパイプ外径の40倍であり、パイプ20の内径は14mmである。開口21が空気と光ファイバケーブルの送入口であり、開口22が空気と光ファイバケーブルの送出口である。空気圧力は1.3MPa~1.5MPaとした。

[0069] 圧送距離の評価は、圧送距離が1800m以上のものを評価S、圧送距離が1300m以上1800m未満のものを評価A、圧送距離が800m以上1300m未満のものを評価B、圧送距離が800m未満のものを評価Cとした。

[0070] 表1の評価結果によれば、圧送距離が1800m以上のサンプル（評価Sのサンプル）はNo. 7～11であり、圧送距離が1300m以上1800m未満のサンプル（評価Aのサンプル）はNo. 4～6であった。一方、圧送距離が800m以上1300m未満のサンプル（評価Bのサンプル）はNo. 2, 3であり、圧送距離が800m未満のサンプル（評価Cのサンプル）はNo. 1であった。これにより、光ファイバケーブルにおいて、ケーブル外被に2本ずつが対となっている計8本の抗張力体を埋設することにより圧送距離を1300m以上にできることが分かった。

[0071] また、圧送距離が1800m以上のサンプル（評価Sのサンプル）がNo. 7～11であることから、ケーブル外被にシリコン系滑剤を1.5wt%以上添加した場合に動摩擦係数をシリコン系滑剤を添加しない場合と比較して約1/3まで小さくでき、圧送距離を大きく延ばせることが分かった。ただし、シリコン系滑剤を2.5wt%添加した場合、ケーブル外被が若干柔らかくなるために、シリコン系滑剤を1.5wt%添加した場合よりも曲げ剛性が小さくなるとともに圧送距離の伸び率が緩やかになることが分かった。また、シリコン系滑剤を2.5wt%より多く添加すると、光ファイバケーブルの巻崩れ等が発生し、取り扱い性が悪化する。これにより、シリコン系滑剤の添加割合は1.5wt%以上2.5wt%以下が好ましいことが分かった。

[0072] また、サンプルNo. 9, 10のように、ケーブル外被に突起を設けることにより、圧送距離を1900m以上にできることが分かった。さらに、突起を光ファイバケーブルの長手方向に沿って螺旋状とすることにより圧送距離を2000mにまで延ばせることが分かった。

[0073] また、さらに光ファイバケーブルの特性を向上させるために、光ファイバ心線11A～11Lのセカンダリ樹脂について検討した。その結果、セカンダリ樹脂に無機酸化物粒子を配合することで、光ファイバテープ心線の側圧特性を改善することができ、心密度を1.0～1.5心/mm²程度高められることが分かった。

[0074] (第三実施形態)

図6を参照して、第三実施形態に係る光ファイバケーブル1Cについて説明する。なお、第一実施形態に係る光ファイバケーブル1Aと同様の構成については同じ符号を付しその説明を省略する。

[0075] 図6は、光ファイバケーブル1Cの長手方向に垂直な断面図である。

図6に示すように、光ファイバケーブル1Cは、複数の光ファイバテープ心線2と、光ファイバテープ心線2の周囲を覆う吸水テープ3と、吸水テープ3の周囲を覆うケーブル外被4と、ケーブル外被4の内部に設けられた抗張力体5および引き裂き紐6と、を備えている。さらに、光ファイバケーブル1Cは、ケーブル外被4の外周部に突起7を有している。光ファイバケーブル1Cの直径は、6mm～16mm程度である。

[0076] 2本の抗張力体5が対になった抗張力体ユニット50が、4つ設けられている。4つの抗張力体ユニット50は、光ファイバケーブル1Cの径方向の断面において、光ファイバケーブル1Cの中心を挟んで対向する位置に、対になる2つの抗張力体ユニット50が2対配置されている。

[0077] ケーブル外被4の外周部41の一部には、複数（本例では8条）の突起7が設けられている。各突起7は、光ファイバケーブル1Cの径方向における外側に向かってケーブル外被4から突出するように設けられている。突起7は、光ファイバケーブル1Cの径方向の断面において円の一部を構成する形状となるように形成されている。突起7は、例えば、突起7を構成する円のうちの半円以上の外周を有する形状となるように形成されている。8条の突起7は、光ファイバケーブル1Cの径方向の断面においてケーブル外被4の外周部41にほぼ等間隔で設けられている。

[0078] 突起7は、8条設けられており、それぞれ光ファイバケーブル1Cの長手方向に沿って設けられている。各突起7は、長手方向に沿って連続して設けられていてもよいし、断続的に設けられていてもよい。また、各突起7は、光ファイバケーブル1Cの長手方向に沿って直線状に設けられていてもよいし、螺旋状に設けられていてもよい。突起7は、ケーブル外被4と一体的に

形成されている。突起7は、例えば、ケーブル外被4と共に押出成形により形成される。

[0079] 図7は、突起7および外周部41のケーブル径方向の断面を模式的に示す拡大図である。

図7に示すように、突起7は、光ファイバケーブル1Cの径方向の断面において外周部41から円Aの一部が突出する形状となるように形成されている。円Aが外周部41から突出する部分は、斜線で示す部分が扇形Bとなり、扇形Bの中心角 $\theta 2$ は180度以上である。

このように設けられた突起7は、ケーブル径方向の断面において、突起7の両側部（図7における左右の側部）に、突起7の表面7aと突起7ではない外周部41の表面41aとの交点8a、8bが形成される。交点8a、8bにおける表面7aの接線7bと表面41aの接線41bとが成す角度 $\theta 1$ は90度以下となっている。

[0080] 角度 $\theta 1$ が90度以下であるので、突起7の交点8a、8b間の距離Lは、突起7の光ファイバケーブル1Cの周方向における最大幅W（突起7における円Aの直径）よりも小さくなる。また、最大幅Wは5mm以下であることが好ましい。

[0081] 以上説明したように第三実施形態に係る光ファイバケーブル1Cは、ケーブル外被4の外周部41に突起7が設けられているので、空気圧送を行う際にダクト内面との接触面積を減らすことができる。これにより、圧送時にダクト内面との摩擦が小さくなり、圧送距離を伸ばすことができる。

また、突起7の形状は、光ファイバケーブル1Cの径方向の断面において外周部41から円Aの一部が突出する形状であり、円Aが外周部41から突出する部分は扇形Bの部分を含んでいる。突起7は、扇形Bの中心角 $\theta 2$ が180度以上に形成されている。

これにより、光ファイバケーブル1Cの径方向の断面において、突起7の表面7aと突起7ではない外周部41の表面41aとの交点8a、8bにおける表面同士の接線7b、41bが成す角度 $\theta 1$ が90度以下になっている

。

したがって、前記交点 8 a, 8 b の部分にニッパ等の刃を容易に固定できる。これにより、突起 7 の切断時にニッパ等が滑って切断が困難になることを抑制できる。よって、突起 7 を容易に除去でき、クロージャに光ファイバケーブルを収容した際に、気密を保つことができる。

なお、突起 7 の表面 7 a と外周部 4 1 の表面 4 1 a との間に隙間が空いてさえいれば、この隙間にニッパ等の刃を入れることができるので、接線 7 b, 4 1 b が成す角度 $\theta 1$ は、上記隙間ができるように 0 度より大きければよい。

[0082] ところで、クロージャに光ファイバケーブル 1 C を取り付ける際、例えば光ファイバケーブル 1 C をクロージャの入口から出口へと通過させて取り付ける場合がある。この場合、光ファイバケーブル 1 C の突起 7 のうちのクロージャの入口部と出口部とを通る途中部分の突起 7 を除去しなければならない。突起 7 を除去するためには、まず光ファイバケーブル 1 C の径方向からニッパ等の刃を突起 7 に近づけ、その刃を突起 7 の最大幅 W 以上に開いて突起 7 を乗り越える。そして、突起 7 を乗り越えたニッパ等の刃を交点 8 a, 8 b の部分に差し込んで、突起 7 を切断することが考えられる。これに対して光ファイバケーブル 1 C によれば、ケーブル周方向における突起 7 の最大幅 W を 5 mm 以下とすることで、光ファイバケーブル 1 C の径方向から突起 7 を乗り越えて、突起 7 を切断することができる。一方、例えば光ファイバケーブル 1 C の端部をクロージャの入口にのみ挿入させて取り付ける場合がある。この場合は、光ファイバケーブル 1 C の突起 7 のうちの端部の突起 7 だけを切断してもよく、光ファイバケーブル 1 C の長手方向の端部側から、ニッパ等の刃を交点 8 a, 8 b の部分に、差し込むことができる。したがって、ニッパ等の刃は、交点 8 a, 8 b 間の距離 L 以上に開くことができれば足りるので、例えば、突起 7 の最大幅 W が 5 mm より大きい場合でも、突起 7 の根元の幅が 5 mm 以下であれば、容易に突起 7 を切断することが可能である。

[0083] 次に、図8を参照して、突起の比較例と第三実施形態の突起7との相違について説明する。図8は、比較例の突起107および外周部41のケーブル径方向の断面を模式的に示す拡大図である。

図8に示すように、比較例の突起107は、光ファイバケーブルの径方向の断面において外周部41から円Aの一部が突出する形状である。比較例の突起107は、表面107aの円弧を形成する扇形Bの中心角 $\theta 2$ が180度未満（図8の例では100度程度に）に形成されている点が、第三実施形態の突起7と相違している。

[0084] 比較例は、突起107の表面107aと突起107ではない外周部41の表面41aとの交点8a、8bにおける表面同士の接線107b、41bが成す角度 $\theta 1$ が90度よりも大きく（図3の例では135度程度に）なる。このような突起107は、ニッパ等の刃を突起107の両側の交点8a、8bの部分に固定しにくく、突起107を切断する際にニッパ等の刃が滑って切断が困難である。

[0085] （実施例2）

第三実施形態に係る光ファイバケーブル1Aの突起7或いは比較例の突起107における、突起の最大幅Wと角度 $\theta 1$ が異なる光ファイバケーブルのサンプルNo. 1～6を用意した。サンプルNo. 1～6の光ファイバケーブルの直径は、12mmとした。そして、サンプルNo. 1～6に対して、圧送距離、突起除去の容易性、および気密性の評価を行った。以下の表2にその評価結果を示す。

[0086]

[表2]

表2

サンプル No.	突起の最大幅W	角度 $\theta 1$	圧送距離	突起除去の容 易性	気密性
1	6mm	90度以下	B	B	A(突起除去後)
2	6mm	90度より大	B	C	B(突起除去せず)
3	5mm	90度以下	A	A	A(突起除去後)
4	5mm	90度より大	A	C	C(突起除去せず)
5	4mm	90度以下	A	A	A(突起除去後)
6	4mm	90度より大	A	C	C(突起除去せず)

[0087] 突起の最大幅Wは、サンプルNo. 1, 2が6mm、サンプルNo. 3, 4が5mm、サンプルNo. 5, 6は4mmである。また、サンプルNo. 1, 3, 5は、角度 $\theta 1$ が90度以下の実施例2の光ファイバケーブル1Cである。サンプルNo. 2, 4, 6は、角度 $\theta 1$ が90度より大きい比較例の光ファイバケーブルである。

[0088] 圧送距離は、図5に示す圧送装置を用いて、IECに準拠したマイクロダクト圧送試験を行った。パイプ20の長さは1000mであり、100m毎に折り返されている。パイプ20の曲がり(R)はパイプ外径の40倍であり、パイプ20の内径は14mmである。開口21が空気と光ファイバケーブルの送入口であり、開口22が空気と光ファイバケーブルの送出口である。空気圧力は1.3MPa～1.5MPaとした。

[0089] 突起除去の容易性は、ニッパ等の切断用具を用いて突起の切断を行い評価した。

気密性は、光ファイバケーブルをクロージャに収容したときのクロージャの気密性を評価した。

[0090] 圧送距離の評価は、圧送距離が1000mを超えるものを評価A、圧送距離が1000mのものを評価B、圧送距離が1000m未満のものを評価Cとした。

[0091] 突起除去の容易性の評価は、除去が容易であるものを評価A、除去は可能だがニッパ等の刃を差し込みにくいものを評価B、除去が困難なものを評価

Cとした。

[0092] 気密性の評価では、突起除去の容易性が評価Aまたは評価Bのサンプルは、突起を除去してクロージャに收容し、クロージャの気密性を評価した。また、突起除去の容易性が評価Cのサンプルは、突起を除去せずクロージャに收容してクロージャの気密性を評価した。気密性の評価は、良好であるものを評価A、グロメットの変形により気密性が保てるものを評価B、良くないものを評価Cとした。

[0093] 表2の評価結果によれば、圧送距離が1000mを超えるサンプル（評価Aのサンプル）は、No. 3, 4, 5, 6であった。一方、圧送距離が1000mのサンプル（評価Bのサンプル）は、No. 1, 2であった。これにより、直径が12mmの光ファイバケーブルにおいて、突起の最大幅Wが5mm以下である場合に1000mを超える圧送が可能であることが分かった。

[0094] また、突起除去の容易性において、除去が容易なサンプル（評価Aのサンプル）は、No. 3, 5であった。除去は可能だがニッパ等の刃を突起に対して差し込みにくいサンプル（評価Bのサンプル）は、No. 1であった。一方、除去が困難なサンプル（評価Cのサンプル）は、No. 2, 4, 6であった。これにより、光ファイバケーブルの突起において、角度 θ_1 が90度以下であって、かつ突起の最大幅Wが5mm以下の場合に除去が容易であることが分かった。また、角度 θ_1 が90度以下であって、かつ突起の最大幅Wが5mmより大きい場合にはニッパ等の刃を突起に向けて差し込みにくい除去は可能であることが分かった。一方、角度 θ_1 が90度より大きい場合には突起の最大幅Wの大きさにかかわらず除去が困難であることが分かった。

[0095] また、気密性が良好であるサンプル（評価Aのサンプル）は、No. 1, 3, 5であった。気密性がグロメットの変形により保てるサンプル（評価Bのサンプル）は、No. 2であった。一方、気密性が良くないサンプル（評価Cのサンプル）は、No. 4, 6であった。これにより、光ファイバケー

ブルにおいて、角度 $\theta 1$ が90度以下の場合には突起の最大幅Wが5 mm以下でも5 mmより大きくても突起を除去することが可能であり、突起を除去することで気密性を良好にできることが分かった。但し、最大幅Wが5 mmより大きくなりすぎると、ニッパ等により突起を除去することが困難になるため、大きくても数十mm程度までである必要がある。

一方、角度 $\theta 1$ が90度より大きく突起の除去が困難な場合、突起の最大幅Wが5 mm以下のときは突起の凹凸による隙間をグロメットの変形で塞ぐことが困難であり気密性を保てないことが分かった。しかしながら、角度 $\theta 1$ が90度より大きく突起の除去が困難な場合であっても、突起の最大幅Wが5 mmより大きいときは突起を除去しない状態でもグロメットの変形により気密性を保てることが分かった。

[0096] さらに、突起の最大幅Wが5 mmより大きいときであっても角度 $\theta 1$ が90度以下の場合には、突起を除去しない状態では隙間をグロメットの変形で塞ぐことが困難であり気密性を保てないことが分かった。

[0097] (第四実施形態)

図9を参照して、第四実施形態に係る光ファイバケーブル1Dについて説明する。なお、第一実施形態に係る光ファイバケーブル1Aと同様の構成については同じ符号を付しその説明を省略する。

[0098] 図9は、第四実施形態に係る光ファイバケーブル1Dの構成を示す斜視図である。図9に示すように、光ファイバケーブル1Dは、複数の光ファイバテープ心線2と、光ファイバテープ心線2の周囲を覆う吸水テープ3と、吸水テープ3の周囲を覆うケーブル外被4と、ケーブル外被4の内部に設けられた抗張力体5の2本ずつが対となって構成される抗張力体ユニット50および引き裂き紐6と、を備えている。

[0099] ケーブル外被4は、その表面に凹部42を有している。そして、凹部42以外のケーブル外被4の表面には、凸部43が設けられている。凹部42と凸部43とは光ファイバケーブル1Dの径方向の断面において隣り合うようにケーブル外被4の表面に交互に設けられている。本例では、光ファイバケ

ーブル 1 D の径方向の断面において 4 条ずつの凹部 4 2 と凸部 4 3 とが設けられている。4 条の凹部 4 2 および凸部 4 3 は、光ファイバケーブル 1 D の径方向の断面においてケーブル外被 4 の表面にほぼ等間隔に設けられている。なお、凹部 4 2 および凸部 4 3 の数は 4 条に限定されない。

[0100] 凹部 4 2 は、ケーブル外被 4 の径方向の断面において、光ファイバケーブル 1 D の径が凸部 4 3 の部分よりも小さい部分である。凹部 4 2 は、光ファイバケーブル 1 D の長手方向に沿って連続して直線状に設けられている。凸部 4 3 も光ファイバケーブル 1 の長手方向に沿って設けられているが、凸部 4 3 は、長手方向に沿って連続して設けられていてもよいし、断続的に設けられていてもよい。

また、凹部 4 2 および凸部 4 3 は、光ファイバケーブル 1 D の長手方向に沿って直線状に設けられていてもよいし、螺旋状に設けられていてもよい。本例の凹部 4 2 および凸部 4 3 は、光ファイバケーブル 1 D の長手方向に沿って連続して直線状に設けられている。凹部 4 2 および凸部 4 3 は、例えば押出成形によって一体的に形成されている。なお、図 9 の例では、凸部 4 3 は、凸部 4 3 が突出する方向の端面 4 3 a が一定の曲率の曲面で構成されているが、これに限定されない。例えば、曲率が異なる曲面や平坦な面を組み合わせたものであってもよい。また、凹部 4 2 も、その表面は円弧状の曲面でなくてもよく、例えば、曲率が異なる曲面や平坦な面を組み合わせたものであってもよい。

[0101] ケーブル外被 4 の周方向における凹部 4 2 の幅 W_c と、ケーブル外被 4 の周方向における凸部 4 3 の幅 W_v と、の比は 2 対 1 よりも小さくなるように形成されている。すなわち、凹部 4 2 の幅 W_c と凸部 4 3 の幅 W_v とは、 $W_c < 2 W_v$ の関係を満たすように形成されている。

また、凹部 4 2 の幅 W_c は、3 mm 以上となるように形成されている。幅 W_c は、例えば、光ファイバケーブル 1 D の外径に応じて変化し得る。

[0102] また、ケーブル外被 4 の表面には、光ファイバケーブル 1 D を識別するための識別用表示（マーキング）9 が施されている。識別用表示 9 は、ケーブ

ル外被4の凹部42のみに施されている。識別用表示9には、例えば、品名、会社名、光ファイバケーブル1D内に收容されている光ファイバ心数、ケーブルの長さ（位置）、製造年等の情報が含まれる。識別用表示9に含まれる文字、数字等の大きさは、縦方向の大きさが例えば2mm以上である。識別用表示9の大きさは、凹部42の幅Wcの大きさに応じて変化させることが可能である。識別用表示9は、例えば、インクジェットプリンタを用いて凹部42にインクを吹き付けることにより印刷されている。あるいは、識別用表示9は、レーザープリンタを用いて凹部42にトナーを転写させることにより印刷されている。

[0103] また、識別用表示9は、例えば、凹部42に刻印を押し当てて、文字、数字等を彫り込むホットスタンプ方式で形成されてもよい。

また、識別用表示9は、例えば、凹部42の表面に、ケーブル長手方向に沿って伸びる帯状に着色された色帯であってもよい。また、前記色帯は、前記の文字、数字等と共に設けてもよい。色帯は、例えば、ケーブル外被4の押出成形時に外被本体部分とは異なる色の材料をダイスから同時に押し出して形成される。

[0104] 上述した光ファイバケーブル1Dにおいて、光ファイバケーブル1Dの外径は、例えば、光ファイバケーブル1Dを空気圧送するマイクロダクトの内径が20mm以下である場合には16mm以下である。また、例えば、光ファイバケーブル1を空気圧送するマイクロダクトの内径が14mm以下である場合には、光ファイバケーブル1Dの外径は11mm以下である。

[0105] また、複数の光ファイバテープ心線2を構成する全光ファイバ心線の心数を光ファイバケーブル1Dのケーブル断面積で割った心密度は、5.0心/mm²以上であることが好ましい。例えば、光ファイバケーブル1Dの外径が10mmで、ケーブル外被4の厚さが1.0mmで、光ファイバ心線の外径が200μmである場合、光ファイバケーブル1のケーブル外被4内に收容される12心の光ファイバテープ心線2の枚数が36枚であれば、そのときの全光ファイバ心線の心数は432心であり、心密度は5.5心/mm²とな

る。また、光ファイバケーブル1 Dの径方向の曲げ剛性は、全周方向で0.35 N・m²以上1.3 N・m²以下であることが好ましい。また、抗張力体5がアラミドFRPで形成されている場合、例えば、光ファイバケーブル1 Dの外径が10 mmで、ケーブル外被4の厚さが1.0 mmであるとき、アラミドFRPの外径は0.5 mm以上であることが好ましい。

[0106] 以上説明したように、第四実施形態に係る光ファイバケーブル1 Dは、複数の光ファイバテープ心線2と、これらの光ファイバテープ心線2を内包し、表面に凹部42を有するケーブル外被4と、を備えている。そして、凹部42のみに識別用表示9が施されている。この構成によれば、光ファイバケーブル1 Dを空気圧送したとき、凹部42がダクト内面に接触しにくいため、凹部42に施された識別用表示9がダクト内面にこすれて削り落とされるおそれが少ない。したがって、ケーブル外被4に施された識別用表示9の視認性を高く維持できる。また、ケーブル外被4の表面に凹部42を設けることで表面が凹凸構造になるので、光ファイバケーブル1 Dとダクト内面との接触面積が減り、空気圧送時におけるケーブル外被4の表面とダクト内面との摩擦を小さくすることができる。これにより、ダクト内で光ファイバケーブル1 Dを空気圧送する際に圧送距離を伸ばすことができる。また、ケーブル外被4の表面の凹部42のみに識別用表示9が施されているので、凹部42と凸部43の境目に識別用表示9が重なることがなく、識別用表示9に含まれる数字や文字等の視認性を良好にすることができる。

[0107] また、光ファイバケーブル1 Dは、一般的に印刷速度が速いとされている、インクジェットプリンタまたはレーザープリンタによって識別用表示9の数字や文字等が印刷されている。このため、識別用表示9を形成する工程にかかる時間を短縮することができるので、光ファイバケーブル1 Dの製造効率を高めることができる。

[0108] また、光ファイバケーブル1 Dは、ケーブル外被4の表面における凹部42の幅Wcが3 mm以上となるように形成されている。このため、一般的に肉眼で視認しやすいとされている2 mm以上の文字や数字の識別用表示9を

ケーブル外被４の凹部４２に施すことができる。よって、光ファイバケーブル１Ｄにおける識別用表示９の視認性を良好にすることができる。

[0109] ところが、凹部４２の幅 W_c を広くしすぎると凹部４２がダクト内面と接触し、凹部４２に施された識別用表示９が削り落とされるおそれがある。また、凹部４２がダクト内面と接触すると、ケーブル外被４の表面とダクト内面との摩擦が大きくなる。これに対して光ファイバケーブル１Ｄによれば、凹部４２の幅 W_c と凸部４３の幅 W_v との比が２対１よりも小さくなるように形成されている。これにより、凹部４２がダクト内面と接触することを抑制することができ、識別用表示９が削り落とされることを抑制できる。また、凸部４３をダクト内面に接触させることができるのでケーブル外被４の表面とダクト内面との摩擦が大きくなることを抑制することができ、十分に長い圧送距離を確保することができる。

[0110] （実施例３）

第四実施形態に係る光ファイバケーブルにおいて、凹部の幅と凸部の幅との比が異なる複数のサンプルに対して、識別用表示の視認性、および圧送距離の評価を行った。その評価結果を表３に示す。

[0111] [表３]

表３

サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7
凹部幅(凸部幅) [mm]	2.5 (5.3)	3.0 (4.8)	3.5 (4.3)	4.0 (3.8)	4.5 (3.3)	5.0 (2.8)	5.5 (2.3)
識別用表示の視認性	B	A	A	A	A	A	A
圧送距離[m]	A	A	A	A	A	A	B

[0112] 表３において、光ファイバケーブルの外径は１０mmである。ケーブル外被の凹部（凸部）の数は、図９に示される光ファイバケーブル１Ｄの凹部（凸部）の数と同じ４条である。ケーブル外被の識別用表示は、インクジェットプリンタを使用して凹部に２mmの文字および数字を印刷した。

[0113] 識別用表示の視認性は、印刷された文字および数字が視認でき、他の文字および数字と識別できるか（例えば、印刷された数字が、「８」であるのか

「0」であるのか識別できるか)を目視で判断した。

圧送距離は、図5に示す圧送装置を用いて、1ECに準拠したマイクロダクト圧送試験を行った。パイプ20の長さは1000mであり、100m毎に折り返されている。パイプ20の曲がり(R)はパイプ外径の40倍であり、パイプ20の内径は14mmである。開口21が空気と光ファイバケーブルの送入口であり、開口22が空気と光ファイバケーブルの送出口である。空気圧力は1.3MPa~1.5MPaとした。

[0114] 識別用表示の視認性の評価は、視認良好なものを評価A、視認可能なものを評価B、視認困難なものを評価Cとした。

圧送距離の評価は、圧送距離が1000m以上のものを評価A、圧送距離が600m以上1000m未満のものを評価B、圧送距離が600m未満のものを評価Cとした。

[0115] 表3の評価結果によれば、識別用表示の視認性において、視認良好のサンプル(評価Aのサンプル)は、No. 2~7であった。また、視認可能なサンプル(評価Bのサンプル)は、No. 1であった。これにより、凹部の幅が3mm以上の場合に識別用表示の視認が良好であることが分かった。一方、凹部の幅が2.5mmの場合、2mmの文字等を凹部内に印刷することは可能であるが、製造のばらつきにより凹部と凸部の境目に識別用表示が重なることもあり、その場合には視認することは可能ではあるが視認性良好とは言えないことが分かった。

[0116] また、圧送距離が1000m以上のサンプル(評価Aのサンプル)は、No. 1~6であった。圧送距離が600m以上1000m未満のサンプル(評価Bのサンプル)は、No. 7であった。これにより、光ファイバケーブルにおいて、凹部の幅と凸部の幅との比が2対1よりも小さい場合に、圧送距離が良好であることが分かった。

[0117] (第五実施形態)

図10を参照して、第五実施形態に係る光ファイバケーブル1Eについて説明する。なお、第一実施形態に係る光ファイバケーブル1Aと同様の構成

については同じ符号を付しその説明を省略する。

[0118] 図10に示した光ファイバケーブル1Eはスロットレス型であり、例えば丸型の集合コア111と、この集合コア111の周囲に形成されたケーブル外被113とを有する。集合コア111には、例えば12心の間欠型の光ファイバテープ心線2が複数枚収容されている。なお、間欠型の光ファイバテープ心線の他、単心の光ファイバ心線を複数本束ねた状態で収容することも可能である。

[0119] 光ファイバケーブル1Eの集合コア111は、例えば、吸水テープ3で縦添えまたは横巻きして丸型にまとめられている。吸水テープ3の外側は、2種類のポリエチレン(PE)によって構成されたケーブル外被113で覆われている。ケーブル外被113(後述の内層114)には、長手方向の強度を保持するための例えば抗張力体(テンションメンバ)5の2本ずつが対となって構成される4つの抗張力体ユニット50や、ケーブル外被113をケーブル長手方向に引き裂くための例えば2本の引き裂き紐6が、ケーブル外被113(内層114)の押出成形時に縦添えされて埋設される。

[0120] 抗張力体5には、引張り及び圧縮に対する耐力を有する線材、例えば、鋼線やFRP(Fiber Reinforced Plastics)などが用いられている。4つの抗張力体ユニット50のうち対になる2つの抗張力体ユニット50は、例えば集合コア111を挟んで両側に設けられている。各抗張力体ユニット50の位置は、対になる2つの抗張力体ユニット50をそれぞれ結ぶ2本の直線が直交する位置となっている。引き裂き紐6は、集合コア111を挟んで両側に1本ずつ設けられている。引き裂き紐6は、例えば、ナイロンやポリエステルなどの樹脂材が用いられた断面円形状の紐状部材であり、集合コア111の径方向に沿って例えば同一直線上に並んでいる。

[0121] 図10に示すように、ケーブル外被113は、内層114と外層115との2層で形成されている。内層114が集合コア111に接触し、外層115は、内層114の外側に設けられ、抗張力体5の外側を覆っている。

[0122] マイクロダクトケーブルはダクト内で空気圧送されるため、ダクト内で圧送距離を延ばすには、ケーブル表面の摩擦係数を低くすることが望ましい。そこで、外層 115 に用いられる材料は、密度が $0.942 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 以上 $0.98 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 以下であり（例えば $0.95 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ ）、引張弾性率が $700 \sim 1,200 \text{ (MPa)}$ のものを用いている。なお、 $0.942 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 以上の密度のものを高密度ポリエチレン（HDPE）ともいう。

[0123] このように、ケーブル外被 113 の外層 115 が HDPE で構成されており、摩擦係数が低くなるため、ダクト内を通りやすくなる。また、外層 115 を HDPE で構成すれば、ダクト内に供給する空気圧を高くしたり、ダクト内に押し込んだりしても、外層が固いので、空気圧送に十分に耐えられる。ただし、ケーブル外被 113 を HDPE のみで構成すると、引張弾性率が高いため、低温時に収縮して集合コア 111 内の光ファイバテープ心線 2 が圧縮されて曲げが発生し、損失が増加してしまう。この場合、図 10 に示すような、ケーブル外被 113 に埋設されるタイプの抗張力体 5 では、抗張力体を太径にするのも難しく、被覆の収縮に対抗することができない。そこで、内層 114 に用いられる材料は、密度が $0.91 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 以上 $0.942 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 未満であり（例えば $0.93 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ ）、引張弾性率が $100 \sim 600 \text{ (MPa)}$ のものを用い、低温時に収縮し難くして低温時における損失増加を防いでいる。なお、 $0.942 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ 未満の密度のものを、HDPE と区別するために便宜上、低密度ポリエチレン（LDPE）と称する。

[0124] 図 11 は、各試料の諸元と評価結果を説明する表である。外径 $\phi 12 \text{ (mm)}$ や $\phi 16 \text{ (mm)}$ の光ファイバケーブル 1E について、内層 114 の LDPE（引張弾性率が 300 (MPa) ）の外被厚、および外層 115 の HDPE（引張弾性率が $1,050 \text{ (MPa)}$ ）の外被厚をそれぞれ変更し、表面摩擦係数、低温時損失変化量、合成引張弾性率、さらに、合成引張弾性率 $\times$ 外被総断面積値（ES 積ともいう）を求めて、各々の条件のものが、空気

圧送用の光ファイバケーブルに適するか否か（適する場合をA、適しない場合をB）、を評価した。

[0125] 表面摩擦係数は光ファイバケーブル1Eのケーブル表面の摩擦係数である。低温時損失変化量（dB/km）は、光ファイバケーブル1Eを低温（-40℃）下に放置した場合の損失変化量である。合成引張弾性率（MPa）は、内層114および外層115を合わせて一つの部材に換算した材料の引張弾性率であり、内層114と外層115の断面積比を用いて求めている。ES積（N）は、合成引張弾性率（MPa）と外被総断面積値（mm²）との積であり、ケーブル外被113の強さの指標の一つである。合成引張弾性率が本開示による「ケーブル外被の合成引張弾性率」に相当し、外被総断面積値が本開示による「ケーブル外被の総断面積」に相当する。

[0126] ケーブル外径（光ファイバケーブル1Eの外径）がφ12（mm）でケーブル内径（集合コア111の外径）がφ8（mm）であり、LDPE外被厚を2（mm）、HDPE外被厚を0（mm）とした場合（試料1と称する）、LDPE断面積は62.8（mm²）となり、HDPE断面積は0（mm²）、HDPE面積比率は0（%）となる。なお、HDPE面積比率が本開示による「ケーブル外被の総断面積における外層の断面積の占める割合」に相当する。この試料1の場合、ES積は18,850（N）となり、低温時損失変化量は0.05（dB/km）と低かったが、表面摩擦係数が0.5と大きくなり、ダクト内を通りにくくなるので、空気圧送用の光ファイバケーブルには適さない（評価B）と判定した。なお、試料1の場合、曲げ剛性は0.1（N・m²）であり、この点でも、通線するには不十分な値であった。

[0127] 一方、ケーブル外径がφ12（mm）でケーブル内径がφ8（mm）であり、LDPE外被厚を1（mm）、HDPE外被厚を1（mm）とした場合（試料2と称する）、LDPE断面積は28.3（mm²）となり、HDPE断面積は34.6（mm²）、HDPE面積比率は55（%）となる。この試料2の場合、表面摩擦係数が0.15、ES積は44,768（N）となり、低温時損失変化量は0.15（dB/km）となった。この場合、表面摩擦

係数が小さくなり、低温時損失変化量は所定の基準値 0.2 (dB/km) 以下であるため、空気圧送用の光ファイバケーブルに適する（評価A）と判定した。なお、試料2の場合、曲げ剛性が $0.85 \text{ (N} \cdot \text{m}^2)$ であり、通線するには十分な値であった。

[0128] 次に、ケーブル外径が $\phi 12 \text{ (mm)}$ でケーブル内径が $\phi 8 \text{ (mm)}$ であり、LDPE外被厚を 0 (mm) 、HDPE外被厚を 2 (mm) とした場合（試料3と称する）、LDPE断面積は $0.0 \text{ (mm}^2)$ となり、HDPE断面積は $62.8 \text{ (mm}^2)$ 、HDPE面積比率は $100 \text{ (}\%)$ となる。この試料3の場合、表面摩擦係数が 0.15 であるが、ES積は $65,973 \text{ (N)}$ と $60,000 \text{ (N)}$ より大きくなった。このため、低温時損失変化量は 0.22 (dB/km) となって所定の基準値 0.2 (dB/km) 以下を満たさず、低温時の損失増加を回避できないので、空気圧送用の光ファイバケーブルには適さない（評価B）と判定した。なお、試料3の場合、曲げ剛性が $1.5 \text{ (N} \cdot \text{m}^2)$ であった。

[0129] ケーブル外径が $\phi 16 \text{ (mm)}$ でケーブル内径が $\phi 12 \text{ (mm)}$ であり、LDPE外被厚を 2 (mm) 、HDPE外被厚を 0 (mm) とした場合（試料4と称する）、LDPE断面積は $88.0 \text{ (mm}^2)$ となり、HDPE断面積は $0 \text{ (mm}^2)$ 、HDPE面積比率は $0 \text{ (}\%)$ となる。この試料4の場合、ES積は $26,389 \text{ (N)}$ であり、低温時損失変化量は 0.05 (dB/km) であるが、表面摩擦係数が 0.5 と大きくなり、ダクト内を通りにくくなるので、空気圧送用の光ファイバケーブルには適さない（評価B）と判定した。なお、試料4の場合、曲げ剛性が $0.1 \text{ (N} \cdot \text{m}^2)$ であり、この点でも、通線するには不十分な値であった。

[0130] 一方、ケーブル外径が $\phi 16 \text{ (mm)}$ でケーブル内径が $\phi 12 \text{ (mm)}$ であり、LDPE外被厚を 1.1 (mm) 、HDPE外被厚を 0.9 (mm) とした場合（試料5と称する）、LDPE断面積は $45.3 \text{ (mm}^2)$ となり、HDPE断面積は $42.7 \text{ (mm}^2)$ 、HDPE面積比率は $49 \text{ (}\%)$ となる。この試料5の場合、表面摩擦係数が 0.15 、ES積は $58,410 \text{ (N)}$

）となり、低温時損失変化量は 0.18 （dB/km）となった。この場合、表面摩擦係数が小さくなり、低温時損失変化量は所定の基準値 0.2 （dB/km）以下であるため、空気圧送用の光ファイバケーブルに適する（評価A）と判定した。なお、試料5の場合、曲げ剛性が 0.7 （N・m²）であった。

[0131] 続いて、ケーブル外径が $\phi 16$ （mm）でケーブル内径が $\phi 12$ （mm）であり、LDPE外被厚を 0 （mm）、HDPE外被厚を 2 （mm）とした場合（試料6と称する）、LDPE断面積は 0 （mm²）となり、HDPE断面積は 88.0 （mm²）、HDPE面積比率は 100 （%）となる。この試料6の場合、表面摩擦係数が 0.15 であるが、ES積は $92,363$ （N）と $60,000$ （N）より大きくなった。このため、低温時損失変化量は 0.25 （dB/km）となって所定の基準値 0.2 （dB/km）以下を満たさず、低温時の損失増加を回避できないので、空気圧送用の光ファイバケーブルには適さない（評価B）と判定した。なお、試料6の場合、曲げ剛性が 1.5 （N・m²）であった。

[0132] 図12は、低温時損失変化量とHDPE面積比率との関係を説明する図である。HDPE面積比率が下がるに連れて、低温時損失変化量も次第に低下している。そして、HDPE面積比率が 60 （%）以下になると、低温時損失変化量を所定の基準値（ 0.2 （dB/km））以下に抑えられることが分かる。このように、HDPE面積比率を 60 （%）以下にすれば、外層115をHDPEで構成しても、低温時の損失増加を防止することができる。

[0133] 図13は、低温時損失変化量とES積との関係を説明する図である。ES積が下がるに連れて、低温時損失変化量も次第に低下している。そして、ES積が $60,000$ （N）以下になると、低温時損失変化量を所定の基準値（ 0.2 （dB/km））以下に抑えられることが分かる。このように、ES積を $60,000$ （N）以下にすれば、外層115をHDPEで構成しても、低温時の損失増加を防止することができる。

[0134] 図14は、曲げ剛性とHDPE面積比率との関係を説明する図である。H

DPE面積比率が上がるに連れて、曲げ剛性も次第に上昇している。そして、HDPE面積比率が20（%）以上になると、曲げ剛性が所定の基準値0.3（N・m²）以上になることが分かる。したがって、HDPE面積比率を20（%）以上にすれば、ダクト内を通りやすくなるとともに、空気圧送に十分に耐えることができる。

[0135] （第六実施形態）

図15を参照して、第六実施形態に係る光ファイバケーブル1Fについて説明する。なお、第二実施形態に係る光ファイバケーブル1Bと同様の構成については同じ符号を付しその説明を省略する。

[0136] 図15は、第六実施形態に係る光ファイバケーブル1Fの構成を示す断面図である。図15に示すように、光ファイバケーブル1Fは、複数の光ファイバテープ心線2と、光ファイバテープ心線2の周囲を覆う吸水テープ3と、吸水テープ3の周囲を覆うケーブル外被4と、ケーブル外被4の内部に設けられた抗張力体5および引き裂き紐6と、ケーブル外被4の外周部に設けられた突起7と、を備えている。

[0137] 光ファイバケーブル1Fは、抗張力体ユニット50が、3本の抗張力体5で構成されている点が光ファイバケーブル1Bと異なる。また、光ファイバケーブル1Fは、突起7が光ファイバケーブル1Fの径方向の断面において、ケーブル外被4の外周部の周方向に対抗する位置に2条のみ設けられている点が光ファイバケーブル1Bと異なる。

[0138] （第七実施形態）

図16を参照して、第七実施形態に係る光ファイバケーブル1Gについて説明する。なお、第二実施形態に係る光ファイバケーブル1Bと同様の構成については同じ符号を付しその説明を省略する。

[0139] 図16は、第七実施形態に係る光ファイバケーブル1Gの構成を示す断面図である。図16に示すように、光ファイバケーブル1Gは、複数の光ファイバテープ心線2と、光ファイバテープ心線2の周囲を覆う吸水テープ3と、吸水テープ3の周囲を覆うケーブル外被4と、ケーブル外被4の内部に設

けられた抗張力体 5 および引き裂き紐 6 と、ケーブル外被 4 の外周部に設けられた突起 7 と、を備えている。

[0140] 光ファイバケーブル 1 G は、抗張力体ユニット 5 O が、光ファイバケーブル 1 B よりも一対多く設けられている点が光ファイバケーブル 1 B と異なる。また、光ファイバケーブル 1 G は、突起 7 が光ファイバケーブル 1 G の径方向の断面において、ケーブル外被 4 の外周部の周方向に対抗する位置に 2 条のみ設けられている点が光ファイバケーブル 1 B と異なる。

[0141] 以上、本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。また、前記説明した構成部材の数、位置、形状等は前記実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好適な数、位置、形状等に変更することができる。

符号の説明

[0142] 1 A ~ 1 G : 光ファイバケーブル
2 : 光ファイバテープ心線
3 : 吸水テープ
4, 1 1 3 : ケーブル外被
5 : 抗張力体
6 : 引き裂き紐
7, 1 0 7 : 突起
7 a : 表面
8 a, 8 b : 交点
9 : 識別用表示
1 1 A ~ 1 1 L : 光ファイバ心線
1 2 : 連結部
1 3 : 非連結部
1 4 : 連結樹脂
1 5 : ガラスファイバ

1 6 : 内側の被覆層
1 7 : 外側の被覆層
2 0 : パイプ
2 1 , 2 2 : 開口
4 1 : 外周部
4 1 a , 1 0 7 a : 表面
4 1 b , 1 0 7 b : 接線
4 2 : 凹部
4 3 : 凸部
4 3 a : 端面
5 0 : 抗張力体ユニット
1 1 1 : 集合コア
1 1 4 : 内層
1 1 5 : 外層

請求の範囲

- [請求項1] 複数の光ファイバ心線若しくは複数の光ファイバテープ心線と、
複数の前記光ファイバ心線若しくは複数の前記光ファイバテープ心線を内包するケーブル外被と、
前記ケーブル外被内部に埋め込まれるように設けられ、2本以上の抗張力体が対となっている4つ以上の抗張力体ユニットと、
を有し、
前記4つ以上の抗張力体ユニットは、光ファイバケーブルの径方向の断面において前記光ファイバケーブルの中心を挟んで対向する位置に、それぞれ設けられ、
前記光ファイバケーブルのケーブル外径が6 mm以上16 mm以下である、
光ファイバケーブル。
- [請求項2] 前記光ファイバケーブルの前記4つ以上の抗張力体ユニットの内の少なくとも4つの前記抗張力体ユニットは、前記光ファイバケーブルの径方向の断面において、前記抗張力体ユニットの対をそれぞれ結ぶ直線が直交する位置に配置されている、
請求項1に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項3] 前記光ファイバケーブルの径方向の曲げ剛性が、全ての方向で0.35 N・m²以上1.3 N・m²以下である、
請求項1または請求項2に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項4] 前記抗張力体は、アラミドFRPである、
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ケーブル。
- [請求項5] 前記抗張力体は、液晶ポリマーである、
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ケーブル。
- [請求項6] 前記ケーブル外被は、シリコン系滑剤を含む、

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。
。

[請求項7] 前記ケーブル外被に含まれるシリコン系滑剤の質量分率は、1.5%以上である、

請求項 6 に記載の光ファイバケーブル。

[請求項8] 前記ケーブル外被は、外周部に前記光ファイバケーブルの径方向に突出した突起を有する、

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ケーブル。
。

[請求項9] 前記突起は、前記光ファイバケーブルの径方向の断面において、前記突起の表面と前記突起ではない前記外周部の表面との交点における両表面の接線同士が成す角度が90度以下である、

請求項 8 に記載の光ファイバケーブル。

[請求項10] 前記突起は、前記光ファイバケーブルの長手方向に沿って螺旋状に形成されている、

請求項 8 または請求項 9 に記載の光ファイバケーブル。

[請求項11] 前記ケーブル外被は、表面に凹部を有し、前記凹部のみに識別用表示が施されている、

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ケーブル。
。

[請求項12] 前記ケーブル外被は、複数本の前記光ファイバ心線若しくは複数の前記光ファイバテープ心線をまとめた集合コアの外側に設けられた内層と、前記内層の外側に設けられた外層と、を有し、前記外層に用いられる材料の密度が0.942 (g/cm³) 以上であり、前記内層に用いられる材料の密度が0.942 (g/cm³) 未満である、

請求項 1 から請求項 11 のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。
。

[請求項13] 前記ケーブル外被に、酸素指数50以上の難燃PVCもしくは難燃

ポリエチレンを含む、

請求項 1 から請求項 1 2 のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。

[請求項14]

前記光ファイバ心線若しくは前記光ファイバテープ心線を構成する光ファイバ心線は、ガラスファイバと、前記ガラスファイバの外周を覆う被覆とを有し、

前記被覆は、二層の被覆層を含み、

前記二層の被覆層のうちの外側の被覆層は、

ウレタンアクリレートオリゴマーまたはウレタンメタアクリレートオリゴマー、フェノキシ基を有するモノマー、光重合開始剤及びシランカップリング剤を含有するベース樹脂と、

疎水性の無機酸化物粒子と、を含む樹脂組成物の硬化物であり、

前記樹脂組成物における前記無機酸化物粒子の含有量が、前記樹脂組成物の総量を基準として 1 質量%以上 4 5 質量%以下である、

請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。

[請求項15]

前記光ファイバ心線若しくは前記光ファイバテープ心線を構成する光ファイバ心線は、波長 1 5 5 0 n m の曲げ損失が、曲げ直径 ϕ 1 5 m m $\times$ 1 ターンで 0 . 5 d B 以下、曲げ直径 ϕ 2 0 m m $\times$ 1 ターンで 0 . 1 d B 以下である、

請求項 1 から請求項 1 4 のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。

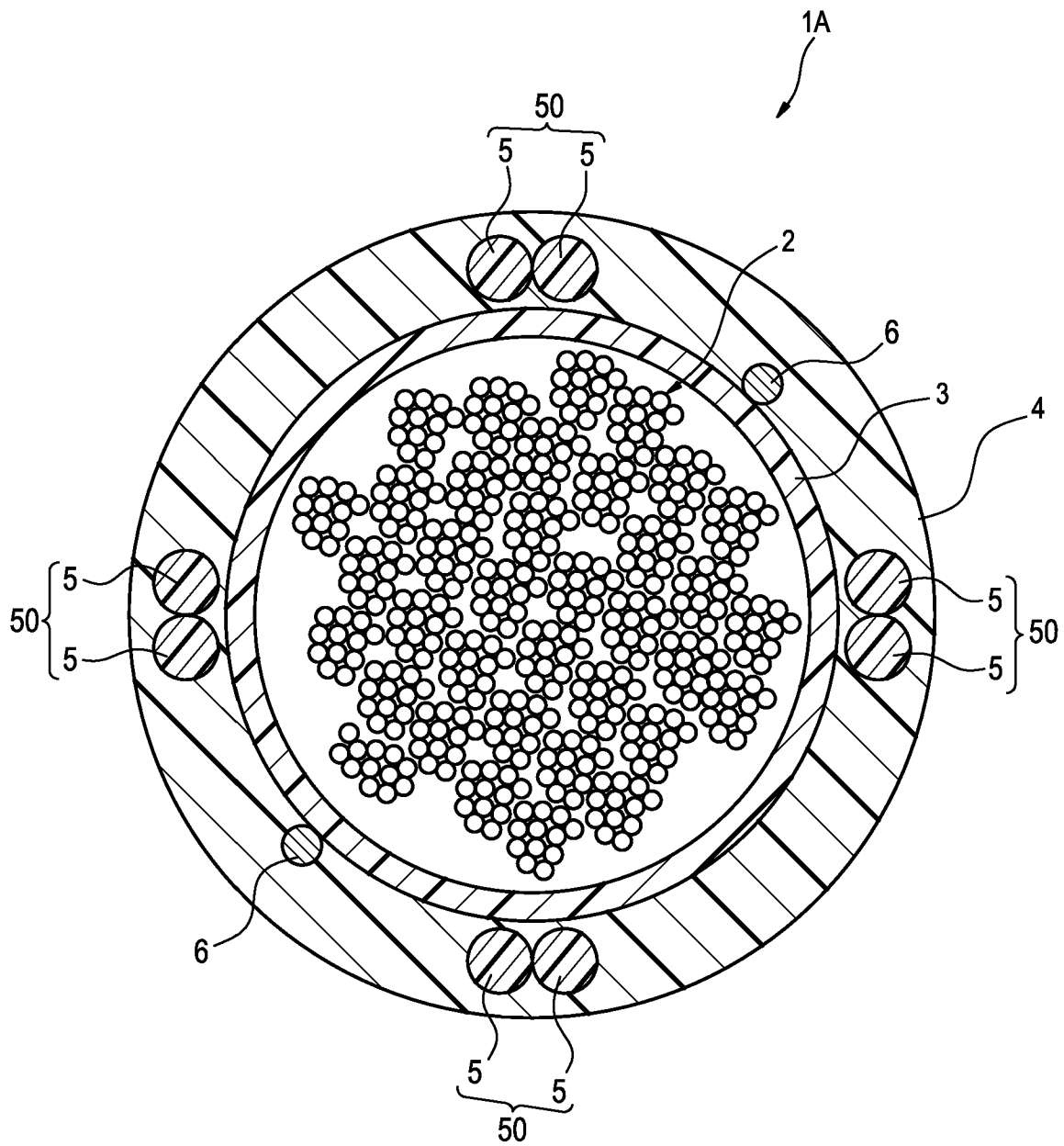
[請求項16]

前記光ファイバ心線若しくは前記光ファイバテープ心線を構成する光ファイバ心線は、1 本当たりのコア数が 4 以上であるマルチコアファイバを含む、

請求項 1 から請求項 1 4 のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。

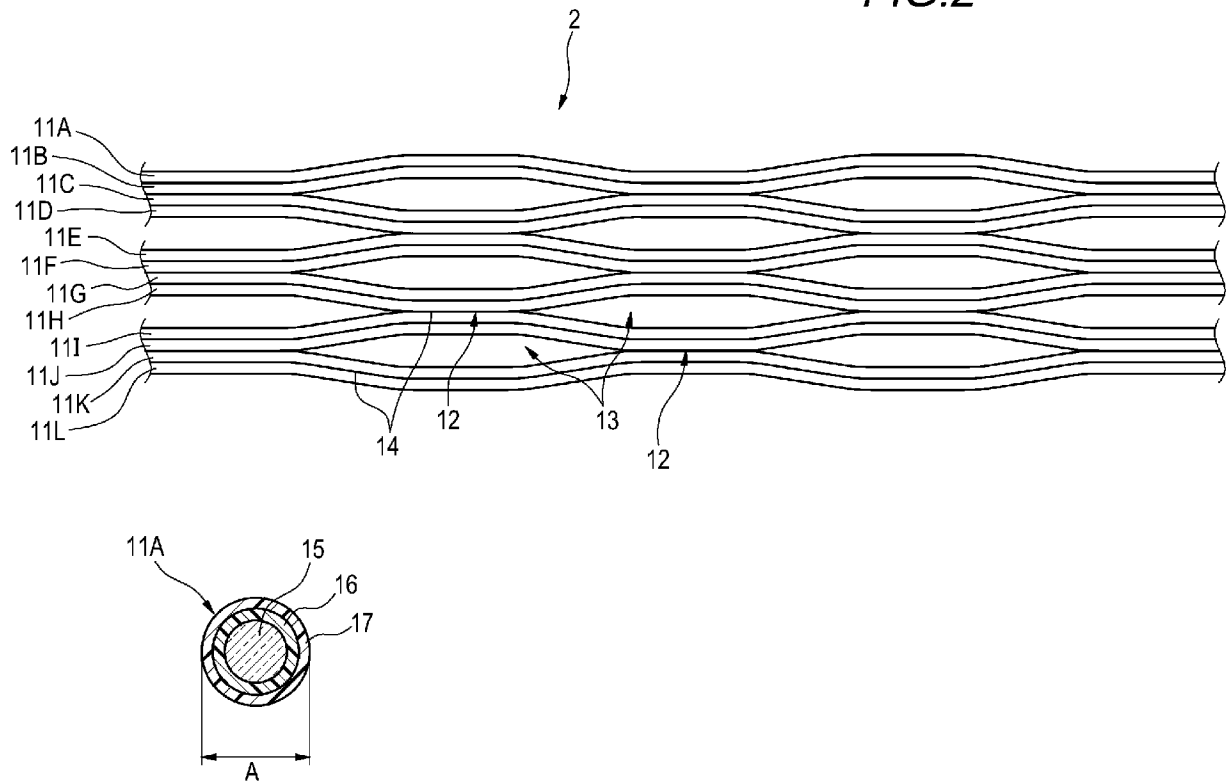
[図1]

FIG. 1



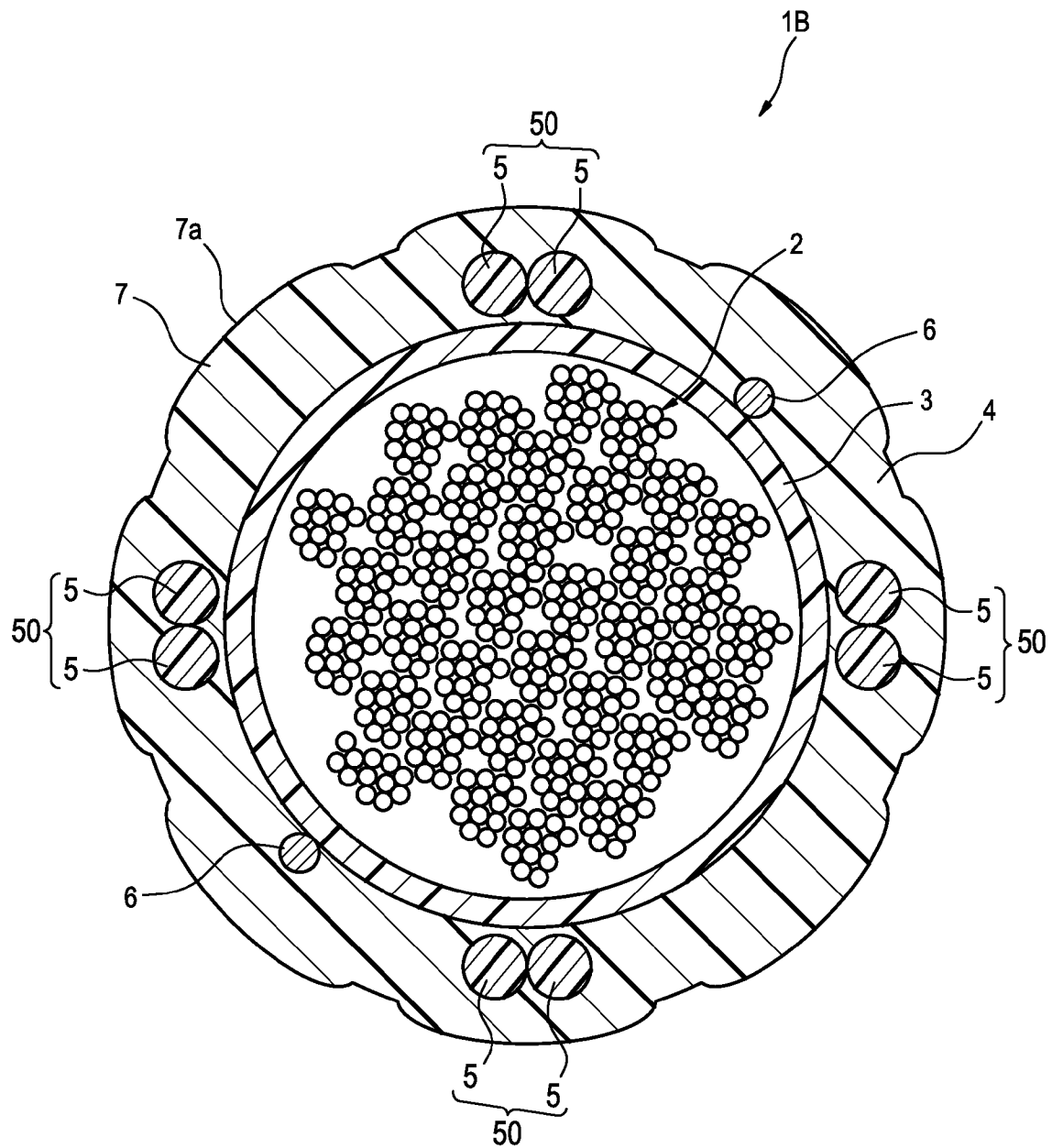
[図2]

FIG.2



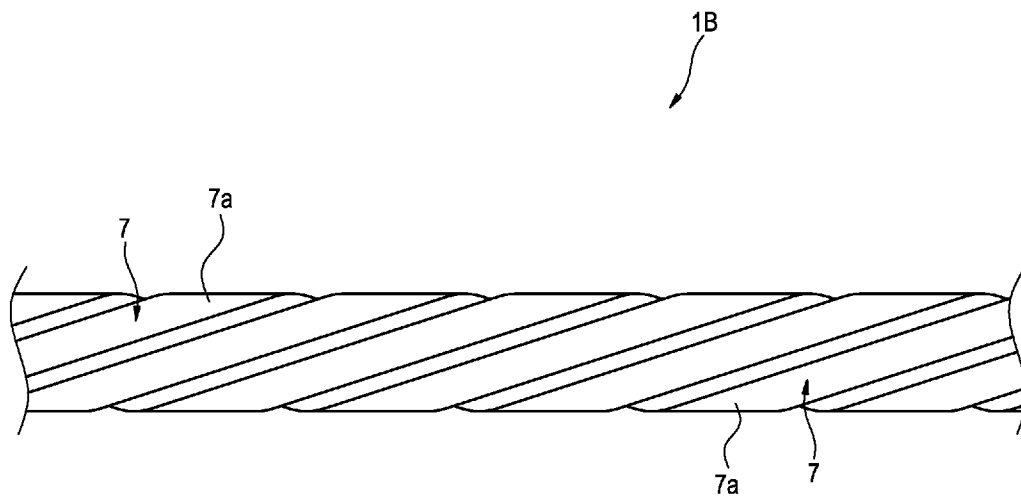
[図3]

FIG.3



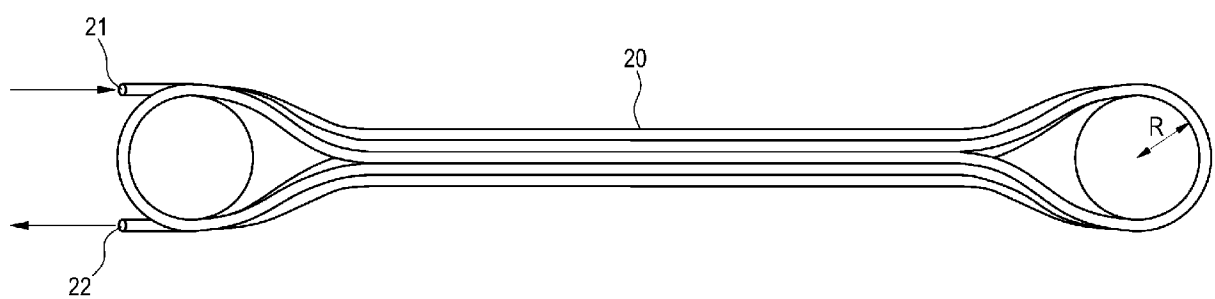
[図4]

FIG.4



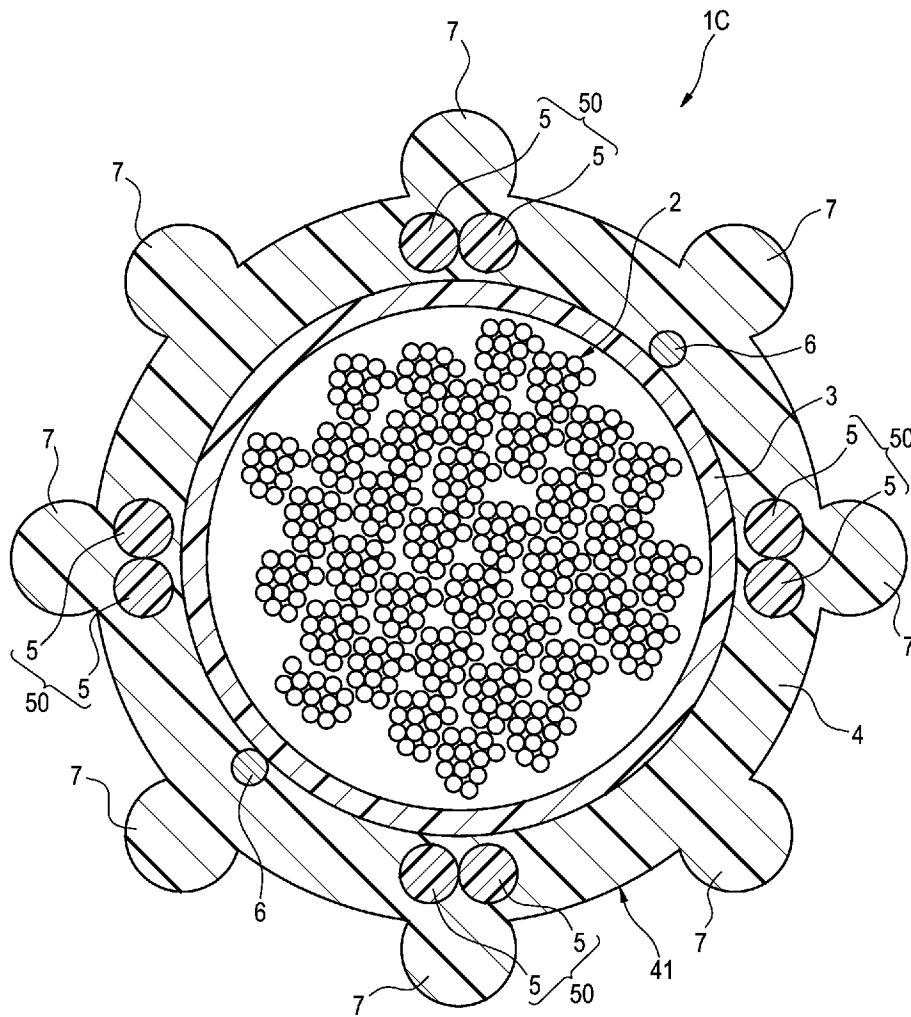
[図5]

FIG.5



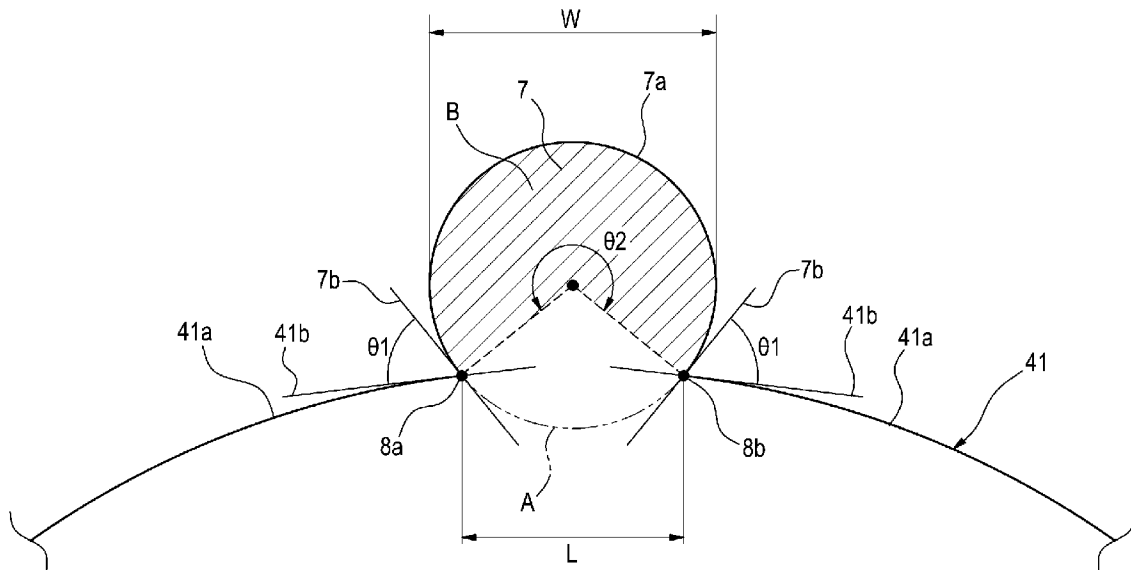
[図6]

FIG.6



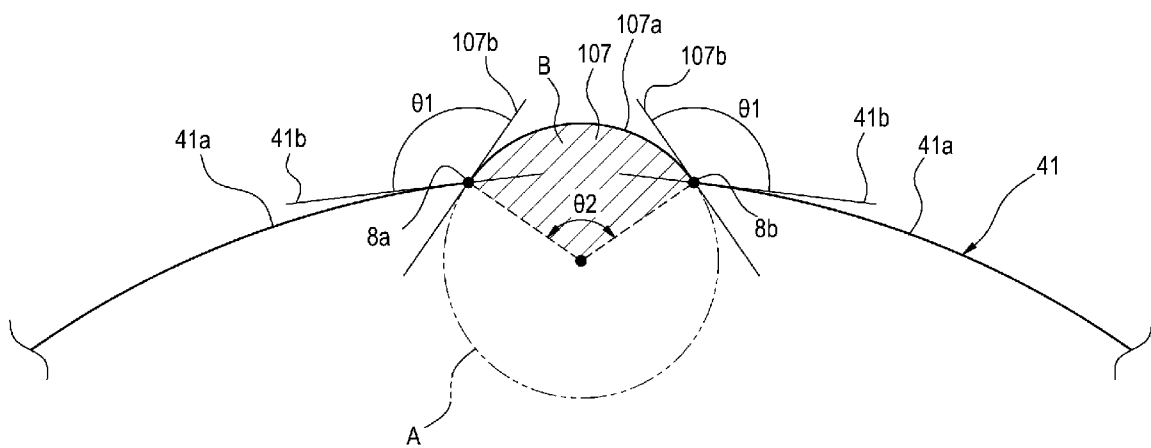
[図7]

FIG.7



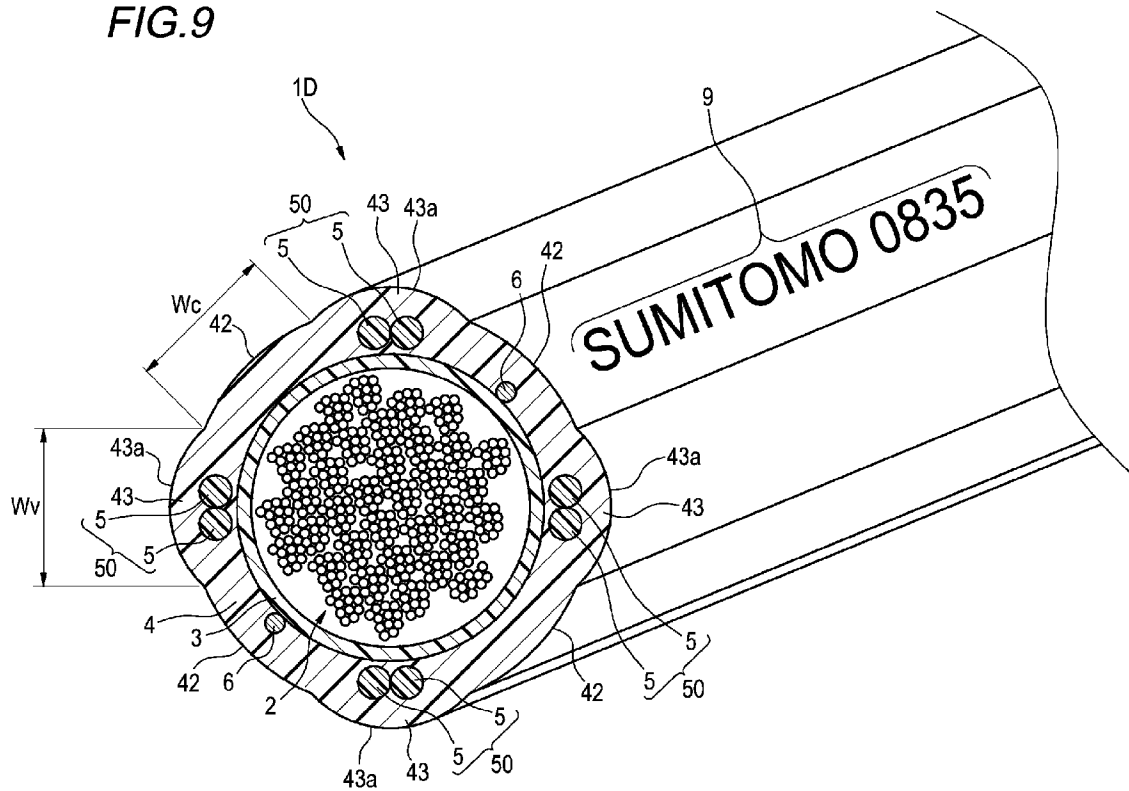
[図8]

FIG.8



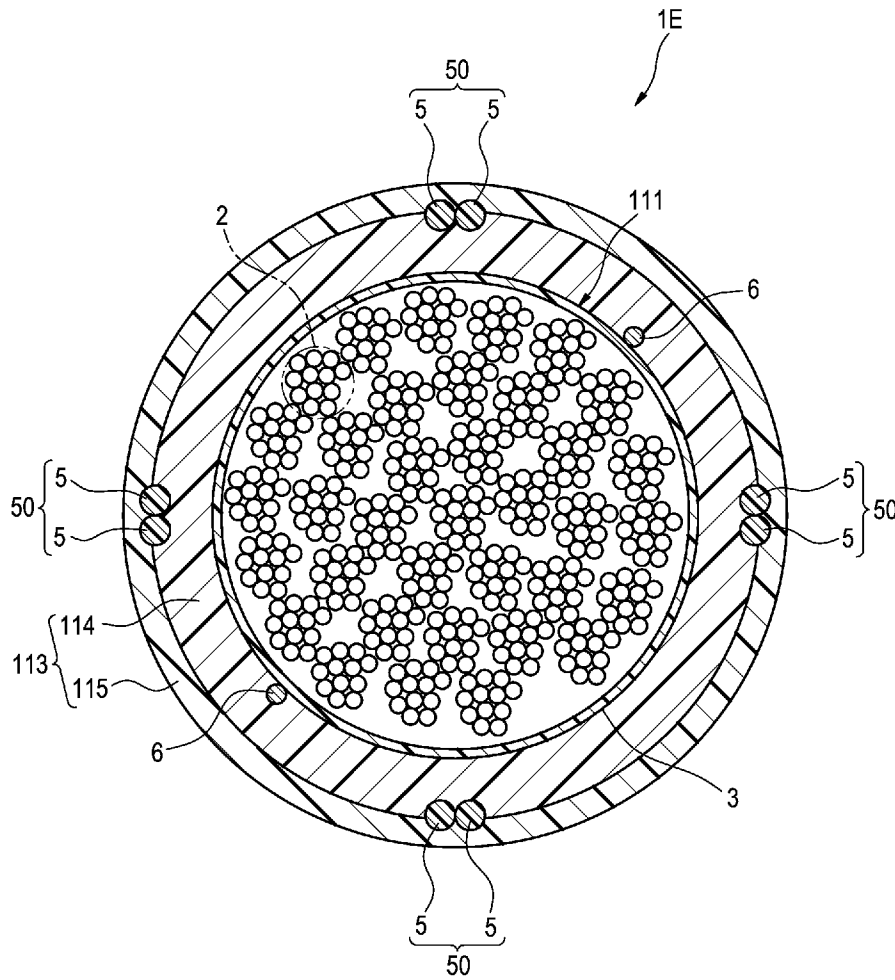
[図9]

FIG. 9



[図10]

FIG. 10



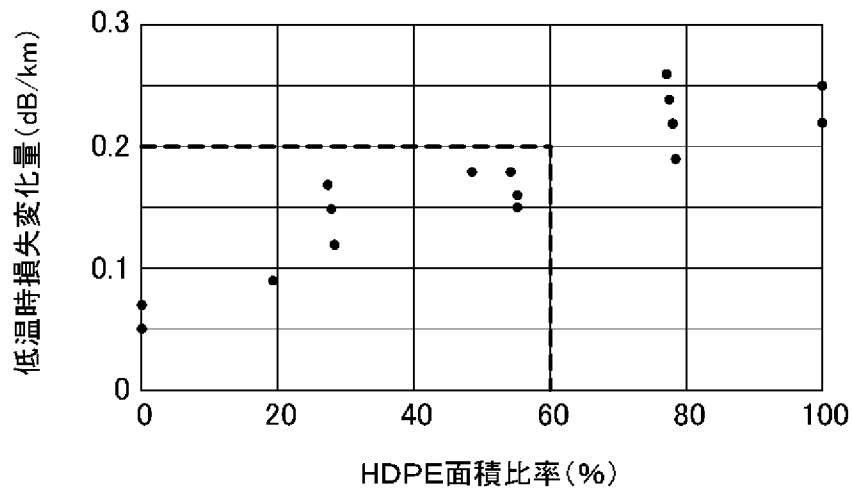
[図11]

FIG.11

	試料1	試料2	試料3	試料4	試料5	試料6
ケーブル内径(mm)	8	8	8	12	12	12
LDPE外被厚(mm)	2	1	0	2	1.1	0
LDPE断面積(mm ²)	62.8	28.3	0	88.0	45.3	0
LDPE引張弾性率(MPa)	300	300	300	300	300	300
HDPE外被厚(mm)	0	1	2	0	0.9	2
HDPE断面積(mm ²)	0	34.6	62.8	0	42.7	88.0
HDPE面積比率(%)	0	55	100	0	49	100
HDPE引張弾性率(MPa)	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
ケーブル外径(mm)	12	12	12	16	16	16
表面摩擦係数	0.5	0.15	0.15	0.5	0.15	0.15
低温時損失変化量(dB/km)	0.05	0.15	0.22	0.05	0.18	0.25
合成引張弾性率(MPa)	300	713	1,050	300	664	1,050
合成引張弾性率×外被総断面積(N)	18,850	44,768	65,973	26,389	58,410	92,363
評価	B	A	B	B	A	B

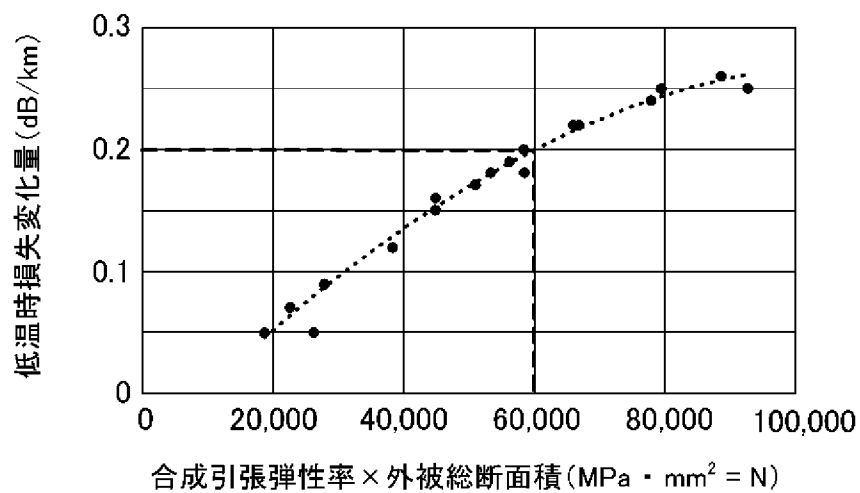
[図12]

FIG. 12



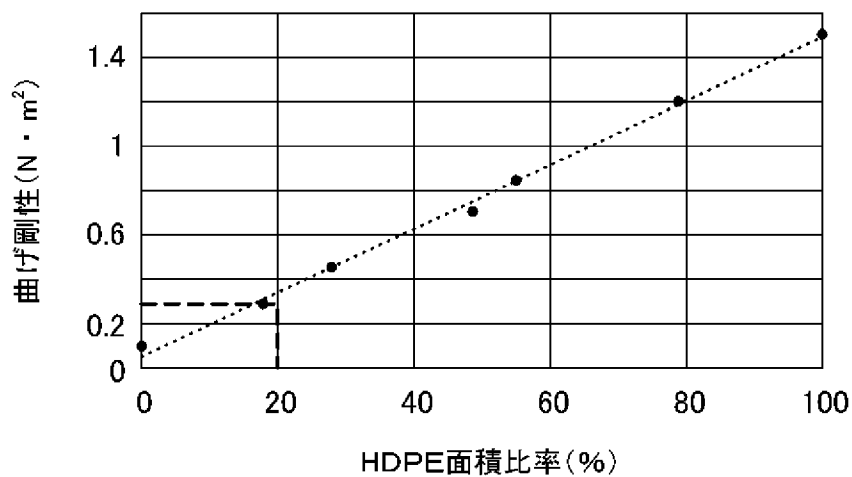
[図13]

FIG. 13



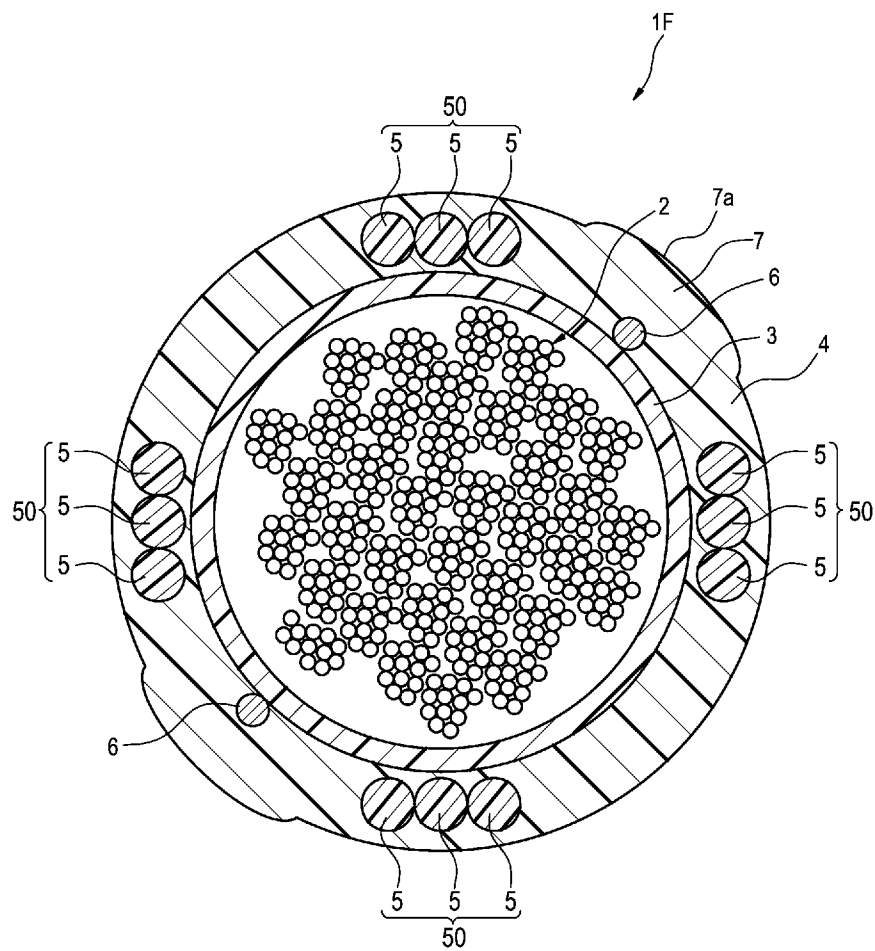
[図14]

FIG. 14



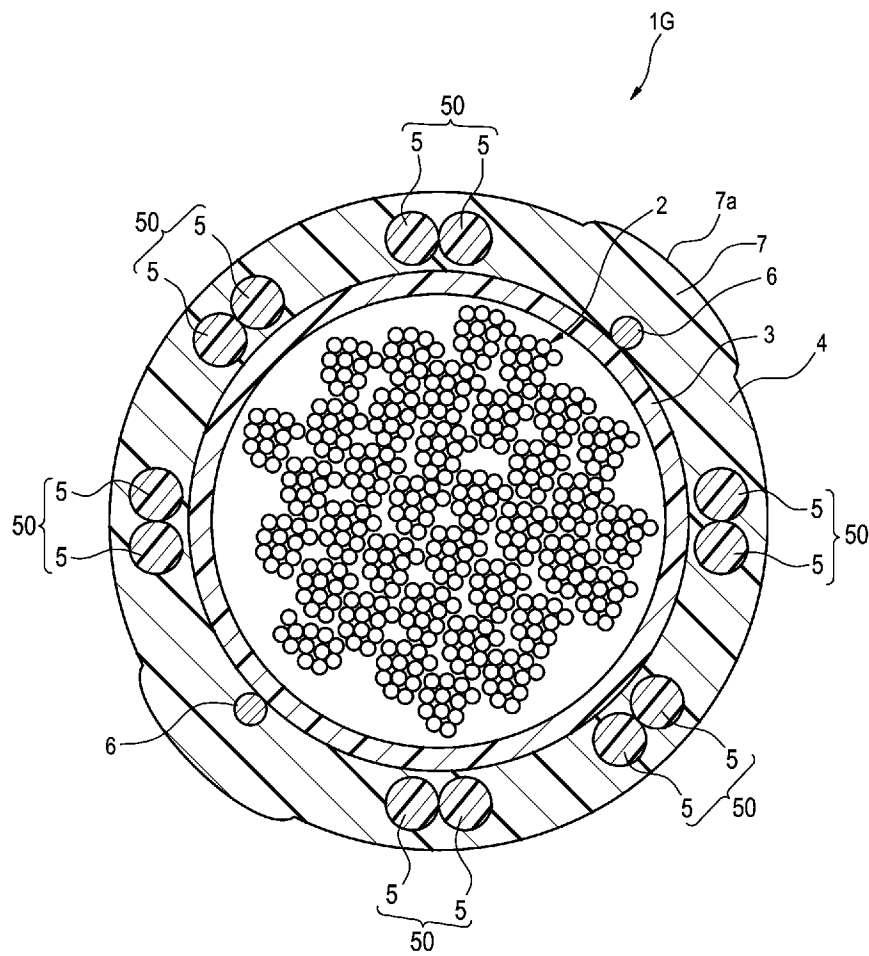
[図15]

FIG. 15



[図16]

FIG. 16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/023810

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/44 (2006.01) i; G02B 6/52 (2006.01) i

FI: G02B6/44 376; G02B6/44 366; G02B6/44 331; G02B6/44 301A;
G02B6/52; G02B6/44 371; G02B6/44 381

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; G02B6/52

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 Y	JP 2000-89068 A (SIECOR OPERATIONS, LLC) 31.03.2000 (2000-03-31) paragraphs [0007]-[0012], fig. 3	1-2, 15-16 3-14
Y	WO 2018/101041 A1 (FUJIKURA LTD.) 07.06.2018 (2018-06-07) paragraphs [0030]-[0033], [0059], [0064]-[0065], fig. 8	1-16
Y	JP 2002-98870 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 05.04.2002 (2002-04-05) paragraph [0051], fig. 11	1-16
Y	WO 2011/014452 A2 (CORNING CABLE SYSTEMS LLC) 03.02.2011 (2011-02-03) paragraphs [0014]-[0017], fig. 1	1-16



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
21 August 2020 (21.08.2020)

Date of mailing of the international search report
08 September 2020 (08.09.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/023810

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2006/051898 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 18.05.2006 (2006-05-18) paragraph [0028]	3
Y	JP 2017-142285 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 17.08.2017 (2017-08-17) paragraphs [0021]-[0024], fig. 6	3
Y	JP 2002-357750 A (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.) 13.12.2002 (2002-12-13) paragraphs [0006]-[0018]	3, 12
Y	JP 10-170778 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 26.06.1998 (1998-06-26) paragraph [0026]	4-5
Y	JP 2001-264601 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 26.09.2001 (2001-09-26) paragraphs [0032]-[0034]	6-7
Y	JP 2000-19366 A (FUJIKURA LTD.) 21.01.2000 (2000-01-21) paragraphs [0007]-[0015], fig. 1-4	8-10
Y	JP 2001-21781 A (HITACHI CABLE, LTD.) 26.01.2001 (2001-01-26) paragraphs [0017]-[0023], fig. 1-2	8-10
Y	JP 2011-23274 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 03.02.2011 (2011-02-03) paragraphs [0009]-[0011], fig. 1	11
Y	JP 2002-231066 A (NIPPON UNICAR CO., LTD.) 16.08.2002 (2002-08-16) paragraphs [0010]-[0045]	12
Y	WO 2016/067611 A1 (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.) 06.05.2016 (2016-05-06) paragraph [0053]	13
Y	JP 2-69706 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 08.03.1990 (1990-03-08) page 2, lower right column, line 15 to page 3, lower right column, line 20, fig. 1	14
P, Y	WO 2019/116967 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 20.06.2019 (2019-06-20) paragraphs [0016]-[0043]	14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/023810

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2000-89068 A	31 Mar. 2000	US 6259844 B1 column 3, line 14 to column 4, line 51, fig. 3 EP 985946 A1 CA 2255175 A1	
WO 2018/101041 A1	07 Jun. 2018	US 2019/0310437 A1 paragraphs [0040]- [0043], [0071], [0076]-[0077], fig. 8 EP 3546999 A1 KR 10-2019-0030751 A CA 3045786 A1 AU 2017369091 A1 CN 109844596 A1	
JP 2002-98870 A	05 Apr. 2002	(Family: none)	
WO 2011/014452 A2	03 Feb. 2011	US 2012/0121225 A1 EP 2460044 A2 AU 2010276527 A1 CA 2769324 A1 CN 102483502 A	
WO 2006/051898 A1	18 May 2006	US 2007/0104429 A1 paragraph [0038]	
JP 2017-142285 A	17 Aug. 2017	US 2019/0064462 A1 paragraphs [0042]- [0046], fig. 6 WO 2017/138572 A1 CN 108603991 A	
JP 2002-357750 A	13 Dec. 2002	(Family: none)	
JP 10-170778 A	26 Jun. 1998	(Family: none)	
JP 2001-264601 A	26 Sep. 2001	(Family: none)	
JP 2000-19366 A	21 Jan. 2000	(Family: none)	
JP 2001-21781 A	26 Jan. 2001	(Family: none)	
JP 2011-23274 A	03 Feb. 2011	(Family: none)	
JP 2002-231066 A	16 Aug. 2002	(Family: none)	
WO 2016/067611 A1	06 May 2016	JP 6359115 B2	
JP 2-69706 A	08 Mar. 1990	(Family: none)	
WO 2019/116967 A1	20 Jun. 2019	FR 3076556 A1 NL 2022158 A TW 201932554 A CN 111433242 A KR 20200088904 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; G02B 6/52(2006.01)i FI: G02B6/44 376; G02B6/44 366; G02B6/44 331; G02B6/44 301A; G02B6/52; G02B6/44 371; G02B6/44 381		
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; G02B6/52		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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 2000-89068 A（シーコー オペレーションズ リミテッド ライアビリティ カンパニー） 31.03.2000（2000-03-31） 段落 [0007] - [0012]，第3図	1-2, 15-16
Y		3-14
Y	WO 2018/101041 A1（株式会社フジクラ） 07.06.2018（2018-06-07） 段落 [0030] - [0033]，[0059]，[0064] - [0065]，第8図	1-16
Y	JP 2002-98870 A（住友電気工業株式会社） 05.04.2002（2002-04-05） 段落 [0051]，第11図	1-16
Y	WO 2011/014452 A2（CORNING CABLE SYSTEMS LLC） 03.02.2011（2011-02-03） 段落 [014] - [017]，第1図	1-16
Y	WO 2006/051898 A1（住友電気工業株式会社） 18.05.2006（2006-05-18） 段落 [0028]	3
Y	JP 2017-142285 A（住友電気工業株式会社） 17.08.2017（2017-08-17） 段落 [0021] - [0024]，第6図	3
☒ 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 21.08.2020		国際調査報告の発送日 08.09.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 山本 元彦 2L 3914 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
Y	JP 2002-357750 A (三菱電線工業株式会社) 13.12.2002 (2002 - 12 - 13) 段落 [0006] - [0018]	3, 12
Y	JP 10-170778 A (住友電気工業株式会社) 26.06.1998 (1998 - 06 - 26) 段落 [0026]	4-5
Y	JP 2001-264601 A (住友電気工業株式会社) 26.09.2001 (2001 - 09 - 26) 段落 [0032] - [0034]	6-7
Y	JP 2000-19366 A (株式会社フジクラ) 21.01.2000 (2000 - 01 - 21) 段落 [0007] - [0015], 第1-4図	8-10
Y	JP 2001-21781 A (日立電線株式会社) 26.01.2001 (2001 - 01 - 26) 段落 [0017] - [0023], 第1-2図	8-10
Y	JP 2011-23274 A (住友電気工業株式会社) 03.02.2011 (2011 - 02 - 03) 段落 [0009] - [0011], 第1図	11
Y	JP 2002-231066 A (日本ユニカー株式会社) 16.08.2002 (2002 - 08 - 16) 段落 [0010] - [0045]	12
Y	WO 2016/067611 A1 (三菱電線工業株式会社) 06.05.2016 (2016 - 05 - 06) 段落 [0053]	13
Y	JP 2-69706 A (住友電気工業株式会社) 08.03.1990 (1990 - 03 - 08) 第2頁右下欄第15行-第3頁右下欄第20行, 第1図	14
P, Y	WO 2019/116967 A1 (住友電気工業株式会社) 20.06.2019 (2019 - 06 - 20) 段落 [0016] - [0043]	14

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/JP2020/023810

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2000-89068	A	31.03.2000	US 6259844 B1 第3欄第14行-第4欄第51行, 第3図 EP 985946 A1 CA 2255175 A1	
WO	2018/101041	A1	07.06.2018	US 2019/0310437 A1 段落 [0040] - [0043] , [0071] , [0076] - [0077] , 第8図 EP 3546999 A1 KR 10-2019-0030751 A CA 3045786 A1 AU 2017369091 A1 CN 109844596 A	
JP	2002-98870	A	05.04.2002	(ファミリーなし)	
WO	2011/014452	A2	03.02.2011	US 2012/0121225 A1 EP 2460044 A2 AU 2010276527 A1 CA 2769324 A1 CN 102483502 A	
WO	2006/051898	A1	18.05.2006	US 2007/0104429 A1 段落 [0038]	
JP	2017-142285	A	17.08.2017	US 2019/0064462 A1 段落 [0042] - [0046] , 第 6図 WO 2017/138572 A1 CN 108603991 A	
JP	2002-357750	A	13.12.2002	(ファミリーなし)	
JP	10-170778	A	26.06.1998	(ファミリーなし)	
JP	2001-264601	A	26.09.2001	(ファミリーなし)	
JP	2000-19366	A	21.01.2000	(ファミリーなし)	
JP	2001-21781	A	26.01.2001	(ファミリーなし)	
JP	2011-23274	A	03.02.2011	(ファミリーなし)	
JP	2002-231066	A	16.08.2002	(ファミリーなし)	
WO	2016/067611	A1	06.05.2016	JP 6359115 B2	
JP	2-69706	A	08.03.1990	(ファミリーなし)	
WO	2019/116967	A1	20.06.2019	FR 3076556 A1 NL 2022158 A TW 201932554 A CN 111433242 A KR 20200088904 A	