

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-204752

(P2020-204752A)

(43) 公開日 令和2年12月24日(2020.12.24)

|                                |                   |             |
|--------------------------------|-------------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                   | F I               | テーマコード (参考) |
| <b>G02B 6/44 (2006.01)</b>     | G02B 6/44 3 6 6   | 2 H 0 0 1   |
|                                | G02B 6/44 3 3 1   | 2 H 1 5 0   |
|                                | G02B 6/44 3 0 1 A | 2 H 2 5 0   |
|                                | G02B 6/44 3 7 6   |             |
|                                | G02B 6/44 3 8 1   |             |
| 審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 16 頁) |                   |             |

|           |                              |          |                     |
|-----------|------------------------------|----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2019-113810 (P2019-113810) | (71) 出願人 | 000002130           |
| (22) 出願日  | 令和1年6月19日 (2019.6.19)        |          | 住友電気工業株式会社          |
|           |                              |          | 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 |
|           |                              | (74) 代理人 | 110001416           |
|           |                              |          | 特許業務法人 信栄特許事務所      |
|           |                              | (72) 発明者 | 佐藤 文昭               |
|           |                              |          | 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         |
|           |                              | (72) 発明者 | 高見 正和               |
|           |                              |          | 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         |
|           |                              | (72) 発明者 | 天野 亜夫               |
|           |                              |          | 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         |
|           |                              | 最終頁に続く   |                     |

(54) 【発明の名称】 光ファイバケーブル

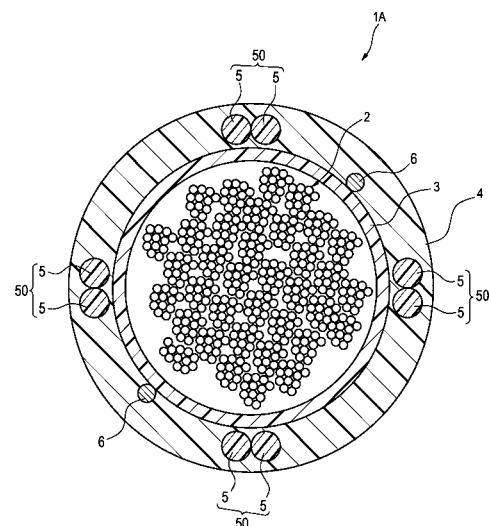
(57) 【要約】

【課題】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。

【解決手段】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2と、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2を内包するケーブル外被4と、ケーブル外被4内部に埋め込まれるように設けられ、2本ずつが対となっている8以上の抗張力体5と、を有し、抗張力体5は、断面視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、2本ずつの対がそれぞれ設けられ、8本以上の抗張力体5は、断面視において、2本ずつの対をそれぞれ結ぶ直線が直交する位置にあるものを含むように配置されており、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1A。

【選択図】 図1

FIG.1



## 【特許請求の範囲】

## 【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本ずつが対となっている8本以上の抗張力体と、

を有し、

前記抗張力体は、断面視において当該光ファイバケーブルの中心を挟んで対向する位置に、前記2本ずつの対がそれぞれ設けられ、

前記8本以上の抗張力体は、断面視において、前記2本ずつの対をそれぞれ結ぶ直線が直交する位置にあるものを含むように配置されており、

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。

## 【請求項 2】

前記光ファイバケーブルの径方向の曲げ剛性が、全周方向で $0.35 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以上 $1.3 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 以下である、

請求項1に記載の光ファイバケーブル。

## 【請求項 3】

前記抗張力体は、アラミドFRP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、液晶ポリマーである、

請求項1または2に記載の光ファイバケーブル。

## 【請求項 5】

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4のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。

## 【請求項 6】

前記ケーブル外被に含まれるシリコン系滑剤は、3質量%以上である、

請求項5に記載の光ファイバケーブル。

## 【請求項 7】

前記ケーブル外被は、外周部に当該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6のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。

## 【請求項 8】

前記突起は、当該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7に記載の光ファイバケーブル。

## 【請求項 9】

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8のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。

## 【請求項 10】

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、当該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%以下である、

請求項1から請求項9のいずれか一項に記載の光ファイバケーブル。

【請求項11】

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 $\phi$ 15mm $\times$ 1ターンで0.5dB以下、曲げ直径 $\phi$ 20mm $\times$ 1ターンで0.1dB以下である、

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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本開示は、光ファイバケーブルに関する。

【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。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特表2015-517679号公報

【特許文献2】特開2010-8923号公報

【特許文献3】特開2014-71441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は、外被両側に抗張力体を有する構造の場合、断面視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、当該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、当該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。

30

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。

【0005】

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く、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。

40

【0006】

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。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の一態様に係る光ファイバケーブルは、

50

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本ずつが対となっている8本以上の抗張力体と、

を有し、

前記抗張力体は、断面視において当該光ファイバケーブルの中心を挟んで対向する位置に、前記2本ずつの対がそれぞれ設けられ、

前記8本以上の抗張力体は、断面視において、前記2本ずつの対をそれぞれ結ぶ直線が直交する位置にあるものを含むように配置されており、

ケーブル外径が6mm以上16mm以下である。

【発明の効果】

【0008】

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。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【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収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。

【発明を実施するための形態】

【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本ずつが対となっている8本以上の抗張力体と、

を有し、

前記抗張力体は、断面視において当該光ファイバケーブルの中心を挟んで対向する位置に、前記2本ずつの対がそれぞれ設けられ、

前記8本以上の抗張力体は、断面視において、前記2本ずつの対をそれぞれ結ぶ直線が直交する位置にあるものを含むように配置されており、

ケーブル外径が6mm以上16mm以下である。

前記構成の光ファイバケーブルによれば、2本ずつが対となっている8本以上の抗張力体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16mm以下であるので、一般的な内径が20mm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6mm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6mm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径方向の曲げ剛性が、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の余長を収納する際の収納性が良好である。

【0012】

(3) 前記抗張力体は、アラミドFRPであってもよい。

(4) 前記抗張力体は、液晶ポリマーであってもよい。

10

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。

【0013】

(5) 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。

20

【0014】

(6) 前記ケーブル外被に含まれるシリコン系滑剤は、3質量%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、ケーブル外被にシリコン系滑剤を3質量%以上含んでいるので、ケーブル外被の摩擦係数をより確実に低くできる。

【0015】

(7) 前記ケーブル外被は、外周部に当該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当該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。

30

【0016】

(8) 前記突起は、当該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。

【0017】

(9) 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。

40

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。

【0018】

(10) 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、当該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、

50

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。

#### 【0019】

10

(11) 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 $\phi$ 15mm $\times$ 1ターンで0.5dB以下、曲げ直径 $\phi$ 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。

#### 【0020】

(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、特許請求の範囲によって示され、特許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。

20

#### 【0021】

(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。

30

#### 【0022】

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。

#### 【0023】

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、2wt%以上、好ましくは3wt%以上5wt%以下の割合で含まれている。

40

#### 【0024】

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

50

とにより形成される。

#### 【0025】

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FRP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。

#### 【0026】

抗張力体5は、断面視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。

10

#### 【0027】

本例では4本の抗張力体ユニット50が設けられている。4本の抗張力体ユニット50は、光ファイバケーブル1Aの断面視において、当該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本の抗張力体ユニット50が2対設けられている。断面視における4本の抗張力体ユニット50の位置は、対になる2本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。

#### 【0028】

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本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同士の間隔が等間隔となるようにケーブル外被4内に設けられる。

20

#### 【0029】

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、光ファイバテープ心線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。

30

#### 【0030】

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。

#### 【0031】

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。

40

#### 【0032】

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1

50

3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。

#### 【0033】

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165μm以上220μm以下である。

#### 【0034】

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。当該セカンダリ樹脂は、例えば23℃におけるヤング率が900MPa以上であり、好ましくは1000MPa以上、さらに好ましくは1500MPa以上である。

#### 【0035】

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。

#### 【0036】

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

#### 【0037】

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。

#### 【0038】

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。

#### 【0039】

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。

#### 【0040】

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ければ、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。

#### 【0041】

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。

#### 【0042】

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。

#### 【0043】

光ファイバテープ心線2は、光ファイバケーブル1A内に收容される際、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。

#### 【0044】

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本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・m<sup>2</sup>以上1.3N・m<sup>2</sup>以下であることが望ましい。

#### 【0045】

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/mm<sup>2</sup>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、光ファイバ心線の外径A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/mm<sup>2</sup>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。

#### 【0046】

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收容しているが、テープ状とはせずに光ファイバ心線のまま收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。

#### 【0047】

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1A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1A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1Aは、良好な空気圧送特性を備えることができる。

#### 【0048】

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

に当該マイクロダクト内に収容できる。

【0049】

光ファイバケーブルのケーブル外径が6mm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1Aは、ケーブル外径が6mm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。

【0050】

また、光ファイバケーブル1A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1A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1A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1A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。

【0051】

また、光ファイバケーブル1A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1A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1A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。

【0052】

また、光ファイバケーブル1A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を3質量%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1A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る。圧送距離を伸ばすことができる。

【0053】

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1A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。

【0054】

また、光ファイバケーブル1Aによれば、光ファイバ心線11A～11L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11A～11L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11A～11L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1A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。

【0055】

(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1B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。

【0056】

図3は、光ファイバケーブル1B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1Bの側面図である。

図3に示すように、光ファイバケーブル1B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

た光ファイバケーブル心線 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。

#### 【0057】

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、断面視において、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、突出する方向の端面 7 a が曲面で構成されており、当該曲面の曲率半径が 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。

10

#### 【0058】

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 の外周部に当該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、当該突起 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。

20

#### 【0059】

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。

#### 【0060】

（実施例）

本開示の実施形態に係る光ファイバケーブル 1 A および 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。

30

#### 【0061】

【表 1】

表1

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

## 【0062】

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1B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2wt%添加したもの、サンプルNo. 7, 9, 10は3wt%添加したもの、サンプルNo. 8, 11は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。

## 【0063】

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、I E C 6 0 7 9 4 S t i f f n e s s ( M e t h o d E 1 7 A ) 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 4 5 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、I E C に準拠した圧送試験を行った。パイプ 2 0 の長さは 1 0 0 0 m であり、1 0 0 m 毎に折り返されている。パイプ 2 0 の曲がり ( R ) はパイプ外径の 4 0 倍であり、パイプ 2 0 の内径は 1 4 m m である。開口 2 1 が空気と光ファイバケーブルの送入口であり、開口 2 2 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 . 3 M P a ~ 1 . 5 M P a とした。

10

#### 【 0 0 6 4 】

圧送距離の評価は、圧送距離が 1 8 0 0 m 以上のものを評価 S、圧送距離が 1 3 0 0 m 以上 1 8 0 0 m 未満のものを評価 A、圧送距離が 8 0 0 m 以上 1 3 0 0 m 未満のものを評価 B、圧送距離が 8 0 0 m 未満のものを評価 C とした。

#### 【 0 0 6 5 】

表 1 の評価結果によれば、圧送距離が 1 8 0 0 m 以上のサンプル ( 評価 S のサンプル ) は N o . 7 ~ 1 1 であり、圧送距離が 1 3 0 0 m 以上 1 8 0 0 m 未満のサンプル ( 評価 A のサンプル ) は N o . 4 ~ 6 であった。一方、圧送距離が 8 0 0 m 以上 1 3 0 0 m 未満のサンプル ( 評価 B のサンプル ) は N o . 2 , 3 であり、圧送距離が 8 0 0 m 未満のサンプル ( 評価 C のサンプル ) は N o . 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 1 3 0 0 m 以上にできることが分かった。

20

#### 【 0 0 6 6 】

また、圧送距離が 1 8 0 0 m 以上のサンプル ( 評価 S のサンプル ) が N o . 7 ~ 1 1 であることから、ケーブル外被にシリコン系滑剤を 3 w t % 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 5 w t % 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 3 w t % 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 5 w t % 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 3 w t % 以上 5 w t % 以下が好ましいことが分かった。

30

#### 【 0 0 6 7 】

また、サンプル N o . 9 , 1 0 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 1 9 0 0 m 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 2 0 0 0 m にまで延ばせることが分かった。

#### 【 0 0 6 8 】

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 1 1 A ~ 1 1 L 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 / m m <sup>2</sup> 程度高められることが分かった。

40

#### 【 0 0 6 9 】

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 】

#### 【 0 0 7 0 】

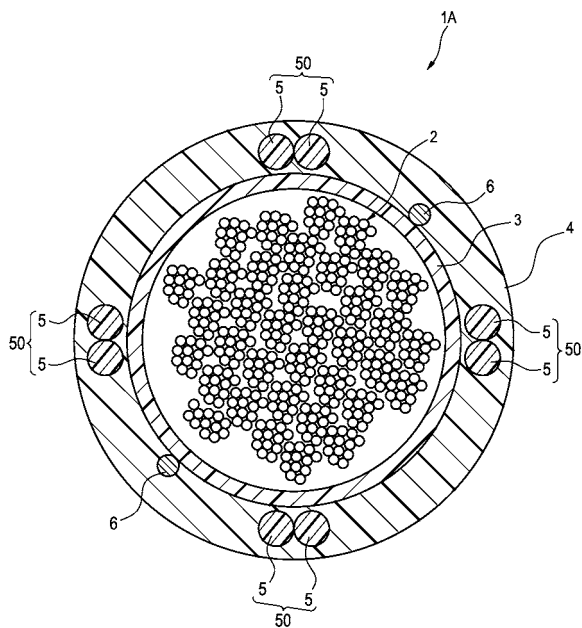
50

- 1 A, 1 B : 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 : ケーブル外被
- 5 : 抗張力体
- 6 : 引き裂き紐
- 7 : 突起
- 7 a : 端面
- 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
- 5 0 : 抗張力体ユニット

10

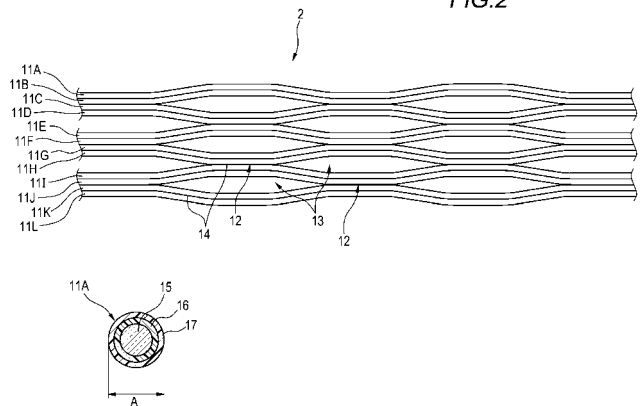
【図 1】

FIG.1



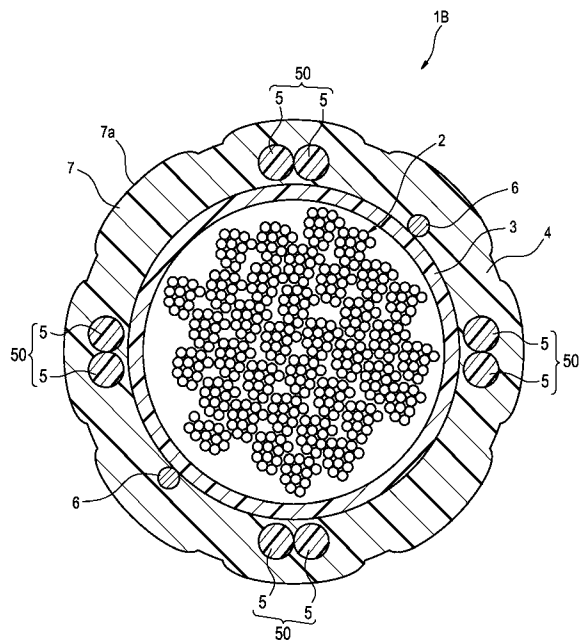
【図 2】

FIG.2



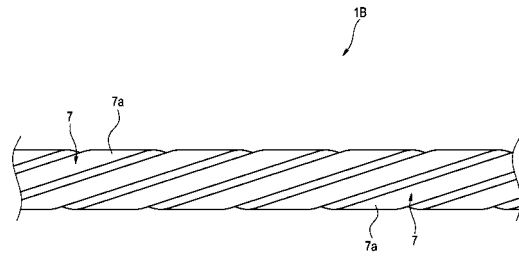
【図 3】

FIG.3



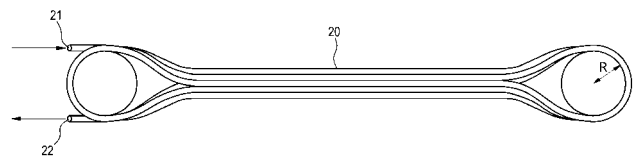
【図 4】

FIG.4



【図 5】

FIG.5



---

フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 洋平

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

Fターム(参考) 2H001 BB05 BB15 BB18 BB25 BB27 DD06 DD25 DD32 DD35 KK02  
KK07 KK08 KK17 PP01  
2H150 BA32 BB07 BB17 BB19 BB32 BB33 BC02 BD12 BD14 BD17  
BD20  
2H250 BA32 BB07 BB17 BB19 BB32 BB33 BC02 BD12 BD14 BD17  
BD20