

(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4月16日(16.04.2020)



(10) 国際公開番号

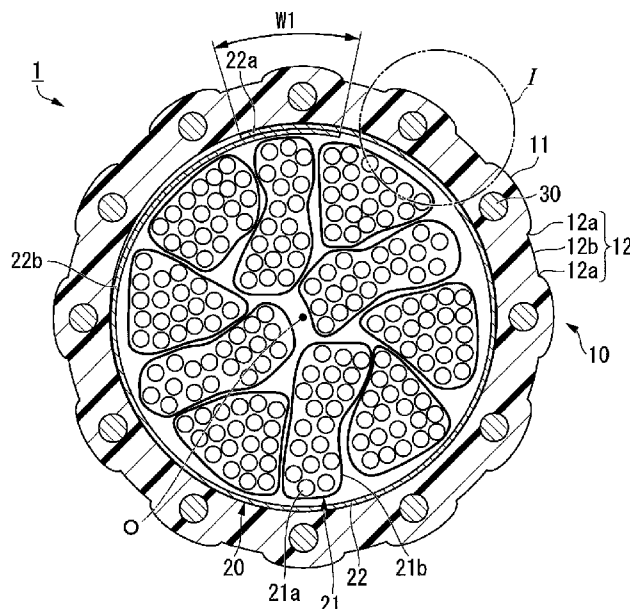
WO 2020/075734 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/039740
- (22) 国際出願日: 2019年10月9日(09.10.2019)
- (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 2018-192706 2018年10月11日(11.10.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (**FUJIKURA LTD.**)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1
- 5 - 1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 清水 正砂(**SHIMIZU Shogo**); 〒2858550
千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社
フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 鯉江 彰
(**NAMAZUE Akira**); 〒2858550 千葉県佐倉市
六崎 1 4 4 0 番地 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 番地 株式
会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (**TANAI Sumio et al.**);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁
目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

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

(54) 発明の名称: 光ファイバケーブル

[図1A]



(57) **Abstract:** This optical fiber cable comprises: a sheath; and a core that is accommodated in the sheath and that has an intermittent adhesive-type tape core wire which includes a plurality of optical fibers and a plurality of adhesive parts for intermittently adhering the plurality of optical fibers in the length direction. Recesses and protrusions are formed so as to be disposed alternately in the circumferential direction on the outer circumferential surface of the sheath. The recesses each include: two connection sections respectively connected to the radial inner edges of two adjacent protrusions; and a



WO 2020/075734 A1

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, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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))

bottom surface positioned between the two connection sections.

(57) 要約: 光ファイバケーブルは、シースと、複数の光ファイバおよび前記複数の光ファイバを長手方向において間欠的に接着する複数の接着部を含む間欠接着型テープ心線を有し、前記シース内に収容されたコアと、を備える。前記シースの外周面には周方向に交互に配置された凹部および凸部が形成され、前記凹部は、隣接する2つの前記凸部の径方向内端にそれぞれ接続された2つの接続部と、2つの前記接続部の間に位置する底面と、を有している。

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、2018年10月11日に日本に出願された特願2018-192706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] 従来から、特許文献1に示されるような光ファイバケーブルが知られている。この光ファイバケーブルは、シースと、シース内に收容された複数の光ファイバと、を備えている。シースの外周面には周方向に交互に配置された凹部および凸部が形成されている。特許文献1における複数の光ファイバは、互いに撚られた状態でチューブ内に收容されている。あるいは、複数の光ファイバは、UV硬化型樹脂によって一括被覆されて、テープ心線となっている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第6963686号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1の光ファイバケーブルでは、凹部がV字状の溝となっている。このため、例えば凸部に周方向の力が加わったときに、溝の内端部に応力が集中しやすく、シースに亀裂が生じやすかった。

また、複数の光ファイバを単に撚り合わせてチューブ内に收容した構成では、光ファイバケーブルの剛性が不足し、圧送特性の点で不利であることが判った。一方、複数の光ファイバを樹脂で一括被覆した構成では、光ファイバケーブルの剛性は得られる。しかしながら、光ファイバを樹脂で一括被覆すると、コアが大きくなってケーブルの細径化の点で不利となり、光ファイ

バにかかる歪も大きくなり伝送損失の点でも不利となる。

[0005] 本発明はこのような事情を考慮してなされ、シースの強度を高めながら、圧送特性、細径化、および伝送損失の点で有利な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、本発明の第1の態様に係る光ファイバケーブルは、シースと、複数の光ファイバおよび前記複数の光ファイバを長手方向において間欠的に接着する複数の接着部を含む間欠接着型テープ心線を有し、前記シース内に收容されたコアと、を備え、前記シースの外周面には周方向に交互に配置された凹部および凸部が形成され、前記凹部は、隣接する2つの前記凸部の径方向内端にそれぞれ接続された2つの接続部と、2つの前記接続部の間に位置する底面と、を有している。

発明の効果

[0007] 本発明の上記態様によれば、シースの強度を高めながら、圧送特性、細径化、および伝送損失の点で有利な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1A]本実施形態に係る光ファイバケーブルの横断面図である。

[図1B]図1AのI部の拡大図である。

[図2]間欠接着型テープ心線の概略図である。

[図3]空気圧送の方法を示す概略図である。

[図4]空気圧送試験に用いるトラックの概略図である。

[図5]変形した光ファイバケーブルの横断面図である。

[図6]凹部断面積の説明図である。

[図7A]凸部および抗張力体が直線状に延びている場合を説明する図である。

[図7B]凸部および抗張力体が螺旋状に捻れている場合を説明する図である。

[図8]凸部および抗張力体の螺旋状の捻れが、光ファイバケーブルの曲げ剛性に与える影響を説明するグラフである。

[図9]図8の横軸である測定角度Xを説明する図である。

[図10]1つの凸部の内側に複数の抗張力体を配置した光ファイバケーブルの横断面図である。

[図11]凸部および抗張力体のS Z状の捻れが、光ファイバケーブルの曲げ剛性に与える影響を説明するグラフである。

[図12A]凸部の頂部に低摩擦材を配置した光ファイバケーブルの横断面図である。

[図12B]シースの表面全体に低摩擦材の層を配置した光ファイバケーブルの横断面図である。

[図12C]凸部を低摩擦材により形成した光ファイバケーブルの横断面図である。

[図13A]一部の凸部の内側にリップコードを配置し、他の凸部の内側に抗張力体を配置した光ファイバケーブルの横断面図である。

[図13B]内側にリップコードが埋設された凸部を、他の凸部より大きく突出させた光ファイバケーブルの横断面図である。

[図13C]内側にリップコードが埋設された凸部の幅を、他の凸部より小さくした光ファイバケーブルの横断面図である。

[図13D]抗張力体を等間隔に配置し、周方向において抗張力体同士の間にはリップコードを配置した光ファイバケーブルの横断面図である。

[図14A]本実施形態の変形例に係る光ファイバケーブルの横断面図である。

[図14B]本実施形態の他の変形例に係る光ファイバケーブルの横断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本実施形態の光ファイバケーブルについて図面に基いて説明する。

図1Aに示すように、光ファイバケーブル1は、シース10と、シース10内に收容されたコア20と、シース10に埋設された複数の抗張力体30と、を備えている。

コア20は、複数の光ファイバユニット21と、これらの光ファイバユニット21を包む押さえ巻き22と、を有している。光ファイバユニット21はそれぞれ、複数の光ファイバ21aと、これらの光ファイバ21aを束ねる結束材21bとを有している。

[0010] (方向定義)

本実施形態では、光ファイバケーブル1の中心軸線を中心軸線Oという。また、光ファイバケーブル1の長手方向(光ファイバ21aの長手方向)を単に長手方向という。長手方向に直交する断面を横断面という。横断面視(図1A)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。

なお、横断面視において、光ファイバケーブル1が非円形である場合には、光ファイバケーブル1の図心に中心軸線Oが位置する。

[0011] 図2に示すように、本実施形態の光ファイバユニット21は、いわゆる間欠接着型テープ心線である。すなわち、光ファイバユニット21は、複数の光ファイバ21aと、隣り合う光ファイバ21a同士を接着する複数の接着部21cと、を有している。間欠接着型テープ心線では、複数の光ファイバ21aを長手方向に直交する方向に引っ張ると、網目状(蜘蛛の巣状)に広がる。詳しくは、ある一つの光ファイバ21aが、その両隣の光ファイバ21aに対して長手方向で異なる位置においてそれぞれ接着部21cにより接着されている。かつ、隣接する光ファイバ21a同士は、長手方向で一定の間隔をあけて、接着部21cにより互いに接着されている。

[0012] 接着部21cとしては、熱硬化型樹脂やUV硬化型樹脂などを用いることができる。

複数の光ファイバユニット21は、中心軸線Oを中心として、互いに撚り合わされている。撚り合わせの態様は、螺旋状であってもよいし、SZ状であってもよい。

[0013] 押さえ巻き22は、複数の光ファイバユニット21を包んでおり、円筒状に形成されている。押さえ巻き22の周方向における両端部(第1端部およ

び第2端部)は、互いに重ねられており、ラップ部22aを形成している。押さえ巻き22のうち、ラップ部22aを除く部分を非ラップ部22bという。非ラップ部22bは、ラップ部22aを形成する第1端部と第2端部との間に位置している。

[0014] 押さえ巻き22の材質としては、不織布やプラスチック製のテープ部材などを用いることができる。押さえ巻き22をプラスチックで形成する場合、材質としてはポリエチレンテレフタレート、ポリエステルなどを用いることができる。また、押さえ巻き22として、上記の不織布やテープ部材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1の防水性能を高めることができる。プラスチック製のテープ部材を押さえ巻き22として用いる場合、このテープ部材の表面に吸水パウダーを塗布することで、吸水性を付与してもよい。

[0015] 複数の抗張力体30は、周方向に等間隔を空けてシース10内に埋設されている。なお、複数の抗張力体30が埋設される間隔は等間隔でなくてもよい。抗張力体30の数は適宜変更可能である。抗張力体30の材質としては、例えば金属線(鋼線など)、抗張力繊維(アラミド繊維など)、およびFRP(Fiber Reinforced Plastics)などを用いることができる。FRPの具体例としては、ケブラ繊維を用いたKFRPや、PBO(ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール: poly-paraphenylenebenzobisoxazole)を用いたPBO-FRPを用いることができる。

なお、抗張力体30の他に、例えばリップコードなどがシース10内に埋設されていてもよい。

[0016] シース10は、中心軸線Oを中心とした円筒状に形成されている。シース10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。

[0017] シース10の外周面には、複数の凹部12および凸部11が形成されてい

る。凹部 1 2 および凸部 1 1 は、周方向に交互に配置されている。このように、シース 1 0 の外周面には凹凸形状が形成されている。凹部 1 2 および凸部 1 1 は、長手方向に沿って延びている。

[0018] 凸部 1 1 は、周方向において、抗張力体 3 0 と同じ位置に配置されている。換言すると、凸部 1 1 は、横断面視において中心軸線 O から抗張力体 3 0 の中心に向けて延びる直線上に位置している。凹部 1 2 は、周方向において、抗張力体 3 0 と異なる位置に配置されている。換言すると、凹部 1 2 は、横断面視において、中心軸線 O から抗張力体 3 0 の中心に向けて延びる直線上に位置していない。

[0019] 凹部 1 2 は、2つの接続部 1 2 a と、底面 1 2 b と、を有している。接続部 1 2 a は、周方向で隣接する凸部 1 1 の径方向内端に接続されている。底面 1 2 b は、2つの接続部 1 2 a 同士の間位置している。図 1 B に示すように、接続部 1 2 a は、径方向内側に向けて凸の曲面状に形成されている。

[0020] 底面 1 2 b は、中心軸線 O を中心とした曲面となっており、横断面視では中心軸線 O を中心とした円弧状となっている。ただし、底面 1 2 b の形状は中心軸線 O を中心とした曲面に限定されない。例えば底面 1 2 b は、2つの接続部 1 2 a を直線状に結んだ形状となってもよい。

[0021] 以上のように、凹部 1 2 が、2つの接続部 1 2 a と、これらの接続部 1 2 a の間に位置する底面 1 2 b とを有していることで、凸部 1 1 に周方向の力が作用したとしても、凹部 1 2 に応力が集中しにくくなっている。したがって、凹部 1 2 に亀裂などが生じることが抑制されており、シース 1 0 の強度が高められている。

また、本実施形態のコア 2 0 は、複数の光ファイバ 2 1 a および複数の光ファイバ 2 1 a を長手方向において間欠的に接着する複数の接着部 2 1 c を含む間欠接着型テープ心線（光ファイバユニット 2 1）を有している。これにより、接着されていない複数の光ファイバを単に撚り合わせた場合と比較して、光ファイバケーブル 1 の剛性が確保されて、耐座屈性、圧送特性に有利な構造となる。さらに、複数の光ファイバを樹脂で一括被覆した場合と比

較して、光ファイバケーブル1の細径化も実現することが可能となり、伝送損失の増加も抑制することができる。

[0022] さらに、接続部12aが径方向内側に向けて凸の曲面状に形成されている。これにより、接続部12aに応力が集中することがより確実に抑制され、シース10の強度をさらに高めることができる。

[0023] また、押さえ巻き22がラップ部22aを有しているため、押さえ巻き22の内側の構成部材とシース10とが接触することを抑制できる。これにより、シース10を押出成形する際に、軟化したシース10内に光ファイバ21aが取り込まれて、光ファイバ21aの余長率が不安定になることを抑制できる。また、押さえ巻き22とシース10との間に光ファイバ21aが挟まれて伝送損失が増大することも抑制できる。

[0024] なお、凸部11の外周面の曲率半径は、シース10の半径（光ファイバケーブル1の半径）より小さくてもよい。この構成によれば、凸部11とマイクロダクト（詳細は後述）との接触面積がより小さくなる。したがって、光ファイバケーブル1をマイクロダクト内に挿通させる際の作業性を向上させることができる。なお、本実施形態において「シース10の半径」とは、凸部11の外周面と中心軸線Oとの間の距離の最大値である。前記最大値が凸部11ごとに異なっている場合には、各最大値の平均値を「シース10の半径」とする。

[0025] 次に、本実施形態の光ファイバケーブル1の具体的な実施例を説明する。なお、本発明は以下の実施例に限定されない。

[0026] （最大圧縮応力）

本実施例では、図3に示すように、光ファイバケーブルを空気圧送によってマイクロダクトD内に挿通させる際の作業性について検討した。マイクロダクトDとは、地中などに予め設置された管である。空気圧送では、マイクロダクトDの端部にシールSを取り付けて、シールSの開口部を通じて光ファイバケーブルをマイクロダクトD内に導入する。また、シールSにポンプPを接続して、空気をシールSからマイクロダクトD内に流入させる。これ

により、光ファイバケーブルとマイクロダクトDとの間に空気層を形成して、摩擦を低減することができる。

[0027] ここで、光ファイバケーブルを敷設する際に、例えば2000m以上の長距離にわたって、光ファイバケーブルをマイクロダクトD内に挿通する場合がある。このような長距離で光ファイバケーブルをマイクロダクトD内に挿通する際には、光ファイバケーブルの長手方向における上流側（－X側）から下流側（＋X側）へと、効率よく力を伝える必要がある。

[0028] 本願発明者らが鋭意検討した結果、光ファイバケーブルの上流側から下流側へと力を適切に伝達させるために、光ファイバケーブルの圧縮強さ（最大圧縮応力）を所定の範囲内とすることが好ましいことがわかった。

以下、圧縮強さを異ならせた複数の光ファイバケーブル（試験例1－1～1－7）を用意して、空気圧送の作業性を確認した結果を、表1を用いて説明する。なお、試験例1－8は、ルースチューブタイプの光ファイバケーブルである。試験例1－8の詳細については後述する。

[0029] [表1]

試験例	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8
直径 d (mm)	9.2	10.5	10.0	6.1	6.3	8.0	9.4	6.5
断面積 a (mm ²)	66.5	86.6	78.5	29.2	31.2	50.3	69.4	33.2
断面 2 次モーメント I	351.7	596.7	490.9	68.0	77.3	201.1	383.2	87.6
断面 2 次半径 i	2.3	2.6	2.5	1.5	1.6	2.0	2.4	1.6
サンプル長 L' (mm)	11.5	13.1	12.5	7.6	7.9	10.0	11.8	8.1
端面支持条件と座屈長さ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
細長比 λ	5	5	5	5	5	5	5	5
d/L'	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
圧縮強さ (N/mm ²)	11.6	9.3	12.8	19.2	19.4	16.4	14.4	32.4
空気圧送試験	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK

[0030] 表1に示す「空気圧送試験」の欄には、各光ファイバケーブルの空気圧送試験の結果が示されている。より詳しくは、マイクロダクトD内に各光ファイバケーブルを空気圧送して、2000m圧送することができた場合に結果が良好（OK）とし、2000m圧送することができなかった場合に結果が不十分（NG）とした。

[0031] なお、空気圧送試験に用いたマイクロダクトDは、図4に示すような8の字形状とした。湾曲部の内側の幅は18.33mであり、図4に示す8の字形状の1周の長さは125mである。図示は省略するが、この8の字形状を16回連続させることで、総長2000mのトラックを構成した。ポンプP（図3参照）は8の字形状の略直線の部分に配置し、図4の矢印Fに示す方向において、マイクロダクトD内に光ファイバケーブルを空気圧送させた。

[0032] 表1の「圧縮強さ」とは、各試験例について、表1の「サンプル長L'（mm）」の長さのサンプルを圧縮試験機で圧縮して最大圧縮荷重(N)を測定し、その最大圧縮荷重を「断面積a(mm²)」で割った値である。なお、圧縮強さの算出は、JIS K7181:2011に準じて行った。

より詳しくは、圧縮試験機として、汎用の万能材料試験機を用いた。各サンプルの両端を金属製の筒に嵌めこみ、これを圧縮試験機に取り付けた。つまり、圧縮試験の際の境界条件として、サンプルの両端を固定支持した。各サンプルを長手方向に1mm/minの速度で圧縮させた。そして、各サンプルが座屈する直前の圧縮荷重を「最大圧縮荷重」として測定した。

なお、各サンプルのサンプル長L'は、 d/L' の値が一定(0.8)となるように設定している。

[0033] 表1に示す通り、圧縮強さが11.6N/mm²以下の試験例(1-1、1-2)では、圧送試験結果が不十分となった。これは、光ファイバケーブルの圧縮強さが不十分であり、マイクロダクトD内を進行させる途中で光ファイバケーブルの座屈が生じてしまったためである。光ファイバケーブルがマイクロダクトD内で座屈すると、光ファイバケーブルの上流側から下流側へと伝わる力が、座屈した部分において光ファイバケーブルがマイクロダクトDの内面に押し付けられる力へと変換される。この結果、光ファイバケーブルの下流側の端部へと力が伝わりにくくなり、光ファイバケーブルの進行が停止してしまう。その結果、2000m圧送することができなかったと考えられる。

[0034] これに対して、圧縮強さが12.8N/mm²以上の試験例(1-3~1-

7) については、良好な圧送試験結果を得ることができた。これは、圧縮強さ、すなわち光ファイバケーブルの中心軸線Oに沿った方向（長手方向）における力に対する変形のしにくさが所定量以上であるため、マイクロダクトD内における光ファイバケーブルの座屈が抑制されたためである。このように、光ファイバケーブルの座屈を抑制することで、光ファイバケーブルの下流側の端部まで確実に力が伝わり、2000m圧送することができたと考えられる。

[0035] 以上の結果から、光ファイバケーブルの圧縮強さは 12.8 N/mm^2 以上であることが好ましい。この構成により、マイクロダクトD内における光ファイバケーブルの座屈が抑制され、光ファイバケーブルの設置作業性を向上させることができる。

また、表1の試験例1～8に示すように、圧縮強さが 32.4 N/mm^2 である光ファイバケーブルについても、圧送試験結果が良好となった。したがって、圧縮強さを 32.4 N/mm^2 以下とすることで、良好な圧送試験結果が得られると考えられる。

以上のことから、光ファイバケーブルの圧縮強さは、 12.8 N/mm^2 以上 32.4 N/mm^2 以下であることが好ましい。

[0036] （ラップ率）

図1Aに示すように、本実施形態の押さえ巻き22には、ラップ部22aが形成されている。本願発明者らが検討したところ、押さえ巻き22の全周の長さに対するラップ部22aの周長の割合が大きいと、図5に示すように、光ファイバケーブルが略楕円形に変形しやすいことが判った。より詳しくは、ラップ部22aが延びる方向が長軸となるような楕円形状となりやすい。このような変形が生じると、シール部Sの開口部（図3参照）におけるシール性が低下する場合がある。また、楕円形状における長軸上に位置する凸部11が、マイクロダクトDの内周面に強く押し付けられることで摩擦が増大する場合もある。

つまり、押さえ巻き22の全周の長さにおけるラップ部22aの割合が、光

ファイバケーブルを空気圧送する際の作業性に影響を及ぼすことが判った。

[0037] そこで、好ましいラップ部 2 2 a の割合について検討した結果を、以下に説明する。

図 1 A に示すように、横断面視におけるラップ部 2 2 a の周長を W 1 とする。また、非ラップ部 2 2 b の周長を W 2 （不図示）とする。このとき、ラップ率 R を以下の数式（1）により定義する。

$$R = W 1 \div (W 1 + W 2) \times 1 0 0 \quad \cdots (1)$$

ラップ率 R は、押さえ巻き 2 2 の全周の長さに対するラップ部 2 2 a の周長の割合を示している。

[0038] 本実施例では、表 2 に示すように、ラップ率 R を異ならせた複数の光ファイバケーブル（試験例 2-1～2-6）を用意した。

表 2 の「伝送損失」の欄には、各光ファイバケーブルの伝送損失の測定結果が示されている。より詳しくは、波長 1 5 5 0 n m において、伝送損失が 0. 3 0 d B / k m 以下である場合に結果が良好（OK）とし、伝送損失が 0. 3 0 d B / k m より大きい場合に結果が不十分（NG）とした。

表 2 の「空気圧送試験」の欄の意義については、表 1 と同様である。

[0039] [表2]

試験例	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6
ラップ率 R	27%	20%	13%	9%	5%	3%
伝送損失	OK	OK	OK	OK	OK	NG
空気圧送試験	NG	OK	OK	OK	OK	OK

[0040] 表 2 に示す通り、ラップ率 R が 5 % 以上の試験例（2-1～2-5）については、伝送損失の結果が良好となった。これに対して、ラップ率 R が 3 % の試験例（2-6）については、伝送損失の結果が不十分となった。この原因は、ラップ率 R が小さすぎる場合、ラップ部 2 2 a から押さえ巻き 2 2 の外側へと光ファイバがはみ出し、光ファイバに局所的な曲げが加わり、伝送損失が増大したためであると考えられる。

[0041] また、ラップ率 R が 2 0 % 以下の試験例（2-2～2-6）については、

空気圧送試験の結果が良好となった。これに対して、ラップ率Rが27%の試験例(2-1)については、空気圧送試験の結果が不十分となった。この原因は、ラップ率Rが大きすぎることで、先述の通り光ファイバケーブルが楕円形状に変形して、空気圧送する際の作業性が低下したためである。

[0042] 以上の結果から、ラップ率Rは5%以上20%以下であることが好ましい。この構成により、光ファイバに局所的な曲げが加わることによる伝送損失の増大を抑制しつつ、空気圧送の作業性を向上させることができる。

[0043] (凹部の断面積)

空気圧送により光ファイバケーブルをマイクロダクトD内に挿通させる際には、空気の少なくとも一部が凹部12を流路として流動する。そして、凹部12を流れる空気の一部が、凸部11とマイクロダクトDとの間に流れ込み、両者の間に空気層を形成することで摩擦を低減することができる。ここで、本願発明者らが検討した結果、上記の空気層が適切に形成されるためには、空気の流路となる凹部12の断面積を所定の範囲内にすることが好ましいことがわかった。以下、検討の結果を説明する。

[0044] 本実施例では、図6に示す凹部断面積Aを異ならせた複数の光ファイバケーブル(試験例3-1~3-6)を用意した。凹部断面積Aとは、横断面視において、各凸部11の径方向外端に接する閉曲線Lを引いたとき、閉曲線Lと全ての凹部12とによって規定される空間の断面積である。換言すると、凹部断面積Aは、閉曲線Lを外周面とする仮想の光ファイバケーブルの断面積に対する、本実施例の光ファイバケーブルの断面積の差分である。

なお、閉曲線Lは、通常は中心軸線Oを中心とした円形状である。ただし、光ファイバケーブルの変形により、閉曲線Lが楕円形状となる場合もある。

[0045] [表3]

試験例	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6
凹部断面積 A (mm ²)	5.2	4.8	3.4	2.8	1.3	0.0
空気圧送試験	NG	OK	OK	OK	OK	NG

[0046] 表3に示す通り、凹部断面積Aが 5.2 mm^2 の試験例(3-1)については、空気圧送試験の結果が不十分となった。この原因は、凹部断面積Aが大きすぎることで、シールSと光ファイバケーブルとの間のシール性が低下し、マイクロダクトD内からの空気の逆流が生じやすくなるためである。マイクロダクトD内から逆流する空気の量が大きいと、マイクロダクトDの内面と光ファイバケーブルとの間に介在する空気が少なくなり、摩擦が増大してしまう。この摩擦によって、光ファイバケーブルの上流側から下流側へと力が伝わりにくくなり、光ファイバケーブルの進行が停止してしまったと考えられる。

[0047] これに対して、凹部断面積Aが 1.3 mm^2 以上 4.8 mm^2 以下の試験例(3-2~3-5)については、空気圧送試験の結果が良好となった。これは、凹部断面積Aが十分に小さく、シールSと光ファイバケーブルとの間のシール性が良好であり、マイクロダクトD内からの空気の逆流が抑えられたためである。すなわち、マイクロダクトDの内面と光ファイバケーブルとの間に十分な空気が介在することで摩擦が低減され、光ファイバケーブルの上流側から下流側へと力を伝えることができたと考えられる。

[0048] また、試験例3-6については、シース10に凹凸形状が形成されていないため、マイクロダクトDの内面と光ファイバケーブルとの摩擦が大きく、光ファイバケーブルの進行が停止してしまった。

[0049] 以上の結果から、凹部断面積Aは 1.3 mm^2 以上 4.8 mm^2 以下の範囲内であることが好ましい。この構成により、シールSと光ファイバケーブルとのシール性を確保し、空気圧送の作業性を向上させることができる。

[0050] (シースの捻れ形状)

凹部12は、光ファイバケーブルを空気圧送する際の、空気の流路となる。ここで、例えば凹部12が長手方向に沿って直線状に延びている場合(図7A参照)と、長手方向に沿って螺旋状に捻れている場合(図7B参照)とでは、空気の流動状態が変化する。そして、空気の流動状態の違いは、光ファイバケーブルを空気圧送する際の作業性に影響を及ぼすと考えられる。

[0051] そこで、シース１０のねじれ形状と空気圧送の作業性との関係を検討した結果を、表４を用いて説明する。ここでは、捻れ角度 θ が異なる複数の光ファイバケーブル（試験例４－１～４－５）を用意した。捻れ角度 θ とは、長手方向１ｍあたりのシース１０（凸部１１）の中心軸線Ｏ回りの捻れ量である。例えば $\theta = 90 (^{\circ} / \text{m})$ の場合、長手方向に沿って１ｍ離れた部分同士を比べると、凸部１１の位置が中心軸線Ｏ回りに 90° 異なることを意味する。なお、試験例４－２～４－５において、抗張力体３０は凸部１１と同様の捻れ角度 θ で中心軸線Ｏ回りに捻れている。このため、試験例４－２～４－５の光ファイバケーブルは、長手方向におけるどの位置でも横断面の形状が略同じとなる。

[0052] [表４]

試験例	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
捻れ角度 $\theta (^{\circ} / \text{m})$	0	5	10	120	180
空気圧送試験	NG	NG	OK	OK	OK

[0053] 表４に示す通り、捻れ角度が $10 \leq \theta (^{\circ} / \text{m}) \leq 180$ の試験例（４－３～４－５）については、空気圧送試験の結果が良好となった。これは、凹部１２内を流れる空気の圧力を、光ファイバケーブルを下流側に推進させる推力へと効果的に変換できたためであると考えられる。すなわち、凹部１２内を流れる空気は、凸部１１の側面に垂直な方向の圧力を及ぼす。したがって、 θ の値が大きいほど、凸部１１の側面が長手方向に対して傾斜することになり、空気の圧力が長手方向の力へと変換される。

[0054] これに対して、捻れ角度 θ が $5^{\circ} / \text{m}$ 以下の試験例（４－１、４－２）では、空気圧送試験の結果が不十分となった。これは、凹部１２内を流れる空気の圧力を、光ファイバケーブルの推力へと有効に利用できなかったためであると考えられる。

[0055] 以上のことから、シース１０の捻れ角度は $10 \leq \theta (^{\circ} / \text{m}) \leq 180$ であることが好ましい。この構成により、凹部１２内を流れる空気の圧力を、光ファイバケーブルを下流側に推進させる力へと有効に変換し、空気圧送の

作業性を向上させることができる。

[0056] なお、 $10 \leq \theta (^{\circ} / \text{m}) \leq 180$ となるように、シース10を成形する際に、積極的にシース10に捻れ形状を設けてもよい。あるいは、螺旋状に撚り合わされた光ファイバユニット21が撚り戻ろうとする力を利用して、シース10に捻れを加えてもよい。

[0057] 次に、シース10および抗張力体30の捻れ形状が光ファイバケーブルの曲げ剛性に与える影響について検討した結果を説明する。本実施例では、試験例5-1、5-2（図8参照）の2つの光ファイバケーブルを用意した。試験例5-1の光ファイバケーブルは、試験例4-1と同様の光ファイバケーブルであり、図7Aに示すように、シース10および抗張力体30に捻れが無い。試験例5-2の光ファイバケーブルは、図7Bに示すようにシース10および抗張力体30が螺旋状に捻られており、長手方向におけるピッチは700mmである。試験例5-1、5-2ともに、複数の光ファイバユニット21がS Z状に撚り合わされたコア20を採用した。試験例5-1、5-2ともに、凸部11および抗張力体30の数は12個である。

[0058] 図8は、試験例5-1、5-2の光ファイバケーブルについて、測定角度Xごとの曲げ剛性値を示すグラフである。測定角度Xとは、図9に示すように、曲げ剛性を測定する際に力を加える角度を示している。本実施例では、12個の凸部11および12個の凹部12の各中心部に力を加えているため、測定角度Xが 15° （ $=360^{\circ} \div 24$ ）刻みとなっている。

[0059] 図8に示すように、試験例5-1の光ファイバケーブルは測定角度Xごとの曲げ剛性値のばらつきが大きい。一方、試験例5-2の光ファイバケーブルは、測定角度Xごとの曲げ剛性値のばらつきが、試験例5-1よりも小さい。この差異は、抗張力体30が螺旋状に捻れて配置されているか否かによるものである。試験例5-2では、抗張力体30が螺旋状に配置されているため、曲げ剛性が周方向において均一化されたと考えられる。

[0060] 以上説明したように、シース10における凸部11の内側に抗張力体30を埋設し、凸部11および抗張力体30を、中心軸線Oを中心とする螺旋状

に捻れた形状とすることで、光ファイバケーブルの曲げ剛性を周方向において均一化することができる。これにより、より取り扱いやすく、マイクロダクト内に敷設しやすい光ファイバケーブルを提供することができる。

[0061] (抗張力体の材質)

次に、抗張力体 30 の材質について検討した結果を、表 5、表 6 を用いて説明する。表 5 に示す試験例 6-1 ~ 6-3 は、288 本の光ファイバを有する光ファイバケーブルである。表 6 に示す試験例 7-1、7-2 は、144 本の光ファイバを有する光ファイバケーブルである。

[0062] [表 5]

	TM 材質	引張弾性 係数 (kg/mm ²)	TM 直径 (mm)	TM 断面積 (mm ²)	TM 本数 (本)	耐張力 指数	外径比
試験例 6-1	KFRP	5000	0.5	0.196	12	1.00	1.00
試験例 6-2	PBO-FRP	25000	0.25	0.049	12	1.25	0.94
試験例 6-3	PBO-FRP	25000	0.3	0.071	8	1.20	0.95

[0063] [表 6]

	TM 材質	引張弾性 係数 (kg/mm ²)	TM 直径 (mm)	TM 断面積 (mm ²)	TM 本数 (本)	耐張力 指数	外径比
試験例 7-1	KFRP	5000	0.5	0.196	10	1.00	1.00
試験例 7-2	PBO-FRP	25000	0.25	0.049	10	1.25	0.92

[0064] 表 5、表 6 において、「TM 材質」、「引張弾性係数」、「TM 直径」、「TM 断面積」は、それぞれ、抗張力体 30 の材質、引張弾性係数、直径、断面積を示している。「TM 本数」は、当該試験例が有する抗張力体 30 の数を示している。なお、各試験例におけるシース 10 の表面には、抗張力体 30 と同数の凸部 11 を設けて、各凸部 11 の内側に抗張力体 30 を配置し

た。

[0065] 表5に示す「耐張力指数」は、試験例6-1～6-3の光ファイバケーブルに長手方向の引張り力を加えて、所定の伸び率 α （％）となったときの引張り力を、試験例6-1を基準とした比率で示している。例えば試験例6-2は耐張力指数が1.25であるため、伸び率が α となるまでに、試験例6-1に対して1.25倍の引張り力を要している。表6に示す耐張力指数も、試験例7-1の引張り力を基準としている点を除き、表5の耐張力指数と同様である。

なお、伸び率 α は、光ファイバケーブルが引張り力に比例して伸びる範囲で設定される。このため、試験例6-2、6-3、7-2の耐張力指数は、伸び率 α の値によって左右されない。

[0066] 表5に示す「外径比」は、試験例6-1の光ファイバケーブルの外径に対する、試験例6-2、6-3の光ファイバケーブルの外径の大きさを表している。例えば試験例6-2の光ファイバケーブルの外径は、試験例6-1の光ファイバケーブルの外径の0.94倍である。表6の「外径比」も同様であり、試験例7-1の光ファイバケーブルの外径に対する、試験例7-2の光ファイバケーブルの外径の大きさを表している。なお、各試験例のシース10は最小の厚みが同一となるように設計されているため、抗張力体30の直径が小さいほど、外径比が小さくなる。

[0067] 表5に示すように、試験例6-2、6-3の耐張力指数はそれぞれ1.25、1.20であり、試験例6-1よりも長手方向に延伸しにくく、光ファイバを張力から有効に保護することができる。さらに、試験例6-2、6-3のTM直径はそれぞれ0.25mm、0.30mmであり、試験例6-1よりも大幅に小さい。これにより、試験例6-2、6-3の光ファイバケーブルの外径は試験例6-1よりも小さくなっている。

表6に示すように、144本の光ファイバを有する試験例7-1、7-2についても、表5と同様の結果が得られた。

[0068] 以上説明したように、抗張力体30の材質として引張弾性係数の大きいPBO

-FRPを用いることで、長手方向の張力に対して延伸しにくく、かつ外径の小さい光ファイバケーブルを提供することができる。

[0069] (凸部に対する抗張力体の数)

凸部 11 の内側に配置する抗張力体 30 の数については適宜変更可能である。例えば図 10 に示すような横断面形状を有する光ファイバケーブルを採用しても良い。図 10 に示す光ファイバケーブルは、横断面視において、1 つの凸部 11 の内側に 2 つの抗張力体 30 が埋設されている。このように、2 つ以上の抗張力体 30 を 1 つの凸部 11 の内側に配置してもよい。

[0070] (設定撚り角度)

次に、複数の光ファイバユニット 21 を S Z 状に撚り合わせることによる効果について、表 7 を用いて説明する。

[0071] [表7]

	設定角度 (°)	シースの捻れ角度 (°)	空気圧送 試験	伝送 損失	判定
試験例 9-1	0	0	1500m	NG	NG
試験例 9-2	±350	±30	2000m 以上	OK	OK
試験例 9-3	±500	±50	2000m 以上	OK	OK
試験例 9-4	±700	±70	2000m 以上	OK	OK

[0072] 試験例 9-1～9-4 の光ファイバケーブルは、図 1 A に示すような横断面形状を有している。凸部 11 および抗張力体 30 の数は 12 である。光ファイバユニット 21 として、間欠接着型テープ心線を用いた。表 7 の「設定角度」は、複数の光ファイバユニット 21 を S Z 状に撚り合わせる際の、設定上の角度を示している。例えば設定角度が $\pm 350^\circ$ の場合は、コア 20 をシース 10 内に收容する際に、光ファイバユニット 21 の束を CW 方向に 350° 回転させた後、CCW 方向に 350° 回転させる動作を繰り返す。これにより、光ファイバユニット 21 の束が S Z 状に撚り合わされた状態で

、シース１０内に收容される。

[0073] 光ファイバユニット２１の束をＳＺ状に撚り合わせると、光ファイバユニット２１の束は撚り合わされる前の形状に撚り戻ろうとする。撚り戻りが生じる前に、光ファイバユニット２１の束を押さえ巻き２２およびシース１０によって包むことで、光ファイバケーブルの内部において光ファイバユニット２１の束がＳＺ状に撚り合わされた状態が保持される。

[0074] ここで、光ファイバケーブルの内部では、光ファイバユニット２１が撚り戻ろうとする力を、押さえ巻き２２を介してシース１０が受けることになる。この力によってシース１０が変形するため、シース１０の表面にもＳＺ状の捻れが表れる。この場合、シース１０に埋設されている抗張力体３０もＳＺ状に捻れる。このようにしてシース１０の表面に現れたＳＺ状の捻れの角度を、表７の「シースの捻れ角度」に示した。試験例９－１の光ファイバケーブルについては、光ファイバユニット２１をＳＺ状に撚り合わせていないため、シース１０の表面にＳＺ状の捻れは表れていない。一方、試験例９－２～９－４の光ファイバケーブルについては、光ファイバユニット２１をＳＺ状に撚り合わせていることにより、シース１０の表面にもＳＺ状の捻れが表れた。

[0075] 設定角度が大きいほど、光ファイバユニット２１が撚り戻ろうとする力も大きくなる。このため、表７に示すように、設定角度が大きいほど「シースの捻れ角度」も大きくなっている。

[0076] 表７に示す「空気圧送試験」の欄に、試験例９－１～９－４の光ファイバケーブルについて行った空気圧送試験の結果の結果を示す。空気圧送試験の詳細は表１における内容と同様である。例えば試験例９－１では、空気圧送試験において１５００ｍ圧送することができたが、それ以上の圧送は難しかった。これに対して、試験例９－２～９－４では、空気圧送試験において２０００ｍ以上空気圧送することができた。また、表７の「伝送損失」についての詳細は、表２における内容と同様である。

[0077] 表７に示すように、試験例９－２～９－４の光ファイバユニットは、空気

圧送試験において、試験例 9-1 よりも良好な結果が得られた。これは、凸部 11 および凹部 12 が S Z 状に捻れていることで、凹部 12 内を流れる空気の圧力を、光ファイバケーブルを下流側に推進させる推力へと効果的に変換できたためである。すなわち、凹部 12 内を流れる空気は、凸部 11 の側面に垂直な方向の圧力を及ぼす。したがって、シース 10 が捻れていない試験例 9-1 と比較して、空気の圧力が長手方向の力へと変換されて、空気圧送試験の結果が良好になったと考えられる。さらに、試験例 9-2 ~ 9-4 ではシース 10 に S Z 状の捻れが加えられることにより、シース 10 に埋設されている抗張力体 30 も S Z 状に捻れることとなり、光ファイバケーブルの曲げ剛性が周方向において均一化される。この点も、空気圧送試験の結果を良好にする要因になったと考えられる。

[0078] 試験例 9-1、9-2 の光ファイバケーブルの測定角度 X ごとの曲げ剛性値を、図 11 に示す。なお、曲げ剛性値の測定方法は試験例 5-1、5-2 と同様である。図 11 から、試験例 9-2 の光ファイバケーブルのほうが、試験例 9-1 の光ファイバケーブルよりも曲げ剛性値の測定角度 X ごとのばらつきが小さくなっていることが判る。

以上のことから、複数の光ファイバユニット 21 を S Z 状に撚り合わせ、撚り戻ろうとする力によってシース 10 に S Z 状の捻れを加えることにより、曲げ剛性を周方向において均一化し、空気圧送により適した光ファイバケーブルを提供することができる。なお、本実施例では光ファイバユニット 21 を S Z 状に撚り合わせた。しかしながら、複数の光ファイバ 21a をユニット化せずに S Z 状に撚り合わせた場合にも、同様の結果が得られると考えられる。つまり、複数の光ファイバ 21a を S Z 状に撚り合わせることで、シース 10 に S Z 状の捻れが加えられていれば、上記の作用効果が得られる。

[0079] また、表 7 に示すように、試験例 9-2、9-3、9-4 については、空気圧送試験に加えて、伝送損失も良好であることが判った。従って、シース 10 の捻れ角度が $\pm 30^\circ \sim \pm 70^\circ$ となるように光ファイバユニット 21

のS Z 撚りの角度を設定することで、伝送損失特性も良好な光ファイバケーブルを提供することができる。

[0080] (低摩擦材)

光ファイバケーブルを空気圧送する際、シース 10 はマイクロダクト D (図 3 参照) と接触するため、シース 10 は摩擦係数の低い材質 (以下、低摩擦材という) により形成されていることが好ましい。一方、シース 10 の全体を低摩擦材で形成すると、シース 10 の強度が確保できなかったり、コストの増大につながったりすることが考えられる。そこで、シース 10 のうちマイクロダクトと接触する部分を低摩擦材で形成する検討を行った。以下、表 8 を用いて説明する。

[0081] [表 8]

	横断面 形状	ケーブル 外径	空気圧送 試験結果
試験例 10-1	図 1A	12mm	2000m
試験例 10-2	図 1A	8mm	2000m 以上
試験例 10-3	図 12A	12mm	2000m 以上
試験例 10-4	図 12A	8mm	2000m 以上
試験例 10-5	図 12B	12mm	2000m 以上
試験例 10-6	図 12B	8mm	2000m 以上
試験例 10-7	図 12C	12mm	2000m 以上
試験例 10-8	図 12C	8mm	2000m 以上

[0082] 表 8 に示すように、試験例 10-1 ~ 10-8 の光ファイバケーブルを用意した。試験例 10-1、10-2 の光ファイバケーブルは、シース 10 を単一の基材 B (平均動摩擦係数は 0.27) により形成した。試験例 10-3、10-4 の光ファイバケーブルは、図 12A に示すように、凸部 11 の

頂部を低摩擦材M（平均動摩擦係数は0.20）で形成し、シース10の残りの部分を上記の基材Bで形成した。つまり、低摩擦材Mは基材Bよりも摩擦係数の小さい材質である。なお、平均動摩擦係数は、JIS K7125に準拠して測定した。

[0083] 試験例10-5、10-6の光ファイバケーブルは、図12Bに示すように、基材Bで形成されたシース10の表面全体に低摩擦材Mの層を設けた。試験例10-7、10-8の光ファイバケーブルは、図12Cに示すように、円筒状の基材Bの外周面に、低摩擦材Mで凸部11および凹部12を形成した。

試験例10-3～10-8の光ファイバケーブルは、シース10が基材Bと低摩擦材Mとにより形成されており、低摩擦材Mが少なくとも凸部11の頂部に配置されている点で共通している。なお、本明細書において凸部11の「頂部」とは、径方向外側に向けて凸となるように湾曲している部分をさす。

[0084] 試験例10-1～10-8の光ファイバケーブルについて空気圧送試験を行った。光ファイバケーブルを圧送する速度（圧送速度）は、試験開始時点において約60m/minであった。試験例10-1～10-8のいずれについても、圧送距離が進むに従って圧送速度が低下した。試験例10-1については、圧送距離が2000mの時点で圧送速度がほぼゼロとなった。一方、試験例10-2～10-8では、圧送距離が2000mの時点で圧送速度が30m/min以上であり、2000m以上の圧送が十分に可能であることが確認できた。このように、試験例10-2～10-8の光ファイバケーブルは、試験例10-1よりも良好な結果が得られた。試験例10-2と試験例10-1とでは横断面形状が同じであるが、試験例10-1については外径が大きくマイクロダクトとの接触面積が大きいため、摩擦が大きくなり、試験例10-2よりも空気圧送性が低下したと考えられる。これに対して、試験例10-3、10-5、10-7では、マイクロダクトと接触する部分を低摩擦材Mで形成することにより摩擦が低減されて、外径が12mm

以上の光ファイバケーブルにおいても空気圧送性を良好にすることができた。

[0085] 以上説明したように、低摩擦材Mが少なくとも凸部11の頂部に配置されていることで、空気圧送性が良好な光ファイバケーブルを提供することができる。また、シース10を基材Bと低摩擦材Mとにより形成することで、全体を低摩擦材Mで形成する場合と比較して、シース10の強度の向上やコストの抑制を図ることができる。

ただし、光ファイバケーブル1に要求される空気圧送性とコストとを鑑みて、シース10の全体を低摩擦材Mによって形成してもよい。

[0086] (リップコード)

光ファイバケーブルの接続作業や解体作業では、シース10の内側からコア20を取り出すことが必要となる。コア20を取り出す作業を容易にするためのリップコードの配置として、図13A～図13Cの構造を提案する。

[0087] 図13Aに示す光ファイバケーブル1では、図1Aと比較して、一部の抗張力体30がリップコード40に置き換わっている。より詳しくは、2本のリップコード40が、シース10における凸部11の内側に埋設されており、コア20を間に挟むように配置されている。

[0088] リップコード40としては、PP（ポリプロピレン）やポリエステルなどの繊維を撚り合わせた糸（ヤーン）を用いることができる。抗張力体30は光ファイバ21aを張力から保護する役割を有する一方で、リップコード40はシース10を引き裂く役割を有している。このため、リップコード40と抗張力体30とでは材質が異なっている。具体的には、抗張力体30の引張弾性係数はリップコード40よりも大きい。また、リップコード40の方が抗張力体30よりも可撓性に富んでいる。

[0089] 図13Aに示すように、シース10における凸部11の内側にリップコード40を埋設することで、シース10の肉厚が薄くなることを防ぎつつ、リップコード40を配置することができる。シース10の内側からコア20を取り出す場合には、凸部11の一部を切開してリップコード40を取り出し

、リップコード40を光ファイバケーブルの長手方向に引っ張る。これにより、シース10が引き裂かれて、コア20を取り出すことができる。

[0090] 図13Aに示すように、コア20を間に挟むように一对のリップコード40を配置した光ファイバケーブルを作成したところ、コア20を取り出す作業を良好に行うことができた。なお、光ファイバケーブルが備えるリップコード40の数は1本でもよいし、3本以上であってもよい。

[0091] 以上説明したように、横断面視において、複数の凸部11のうち、一部の凸部11の内側にリップコード40を位置させて、他の凸部11の内側に抗張力体30を位置させることで、光ファイバ21aを張力から保護しつつ、光ファイバケーブルからコア20を取り出す作業をより容易にすることができる。

[0092] なお、リップコード40が埋設されている位置の識別のために、リップコード40が埋設されている凸部11に印部（着色など）を設けてもよい。あるいは、図13B、図13C、図13Dに示すように、リップコード40が内側に埋設されている凸部11の形状を、その他の凸部11の形状と異ならせてもよい。図13Bの例では、リップコード40が内側に埋設されている凸部11が、他の凸部11よりも径方向外側に大きく突出している。図13Cの例では、リップコード40が内側に埋設されている凸部11の周方向における幅が、他の凸部11よりも小さくなっている。

[0093] 図13Dの例では、リップコード40が、コア20に接するように配置されている。また、抗張力体30は周方向において等間隔に配置されており、リップコード40は、周方向において、隣り合う抗張力体30同士の間位置している。そして、リップコード40を間に挟む2つの抗張力体30が、1つの凸部11の内側に位置している。

図13B、図13C、図13Dのような形態を採用することで、リップコード40の位置を光ファイバケーブルの外部から容易に把握することが可能となる。

[0094] なお、本発明の技術的範囲は前記実施の形態に限定されず、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。

[0095] 例えば図 1 4 A に示すように、凹部 1 2 の内面が、径方向内側に向けて凸の曲面となってもよい。

また、図 1 4 B に示すように、凸部 1 1 および抗張力体 3 0 の数が一致していなくてもよい。また、図 1 4 B に示すように、抗張力体 3 0 が、シース 1 0 の外周面よりも内周面に近い位置に配置されていてもよい。

[0096] また、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施の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

[0097] 1…光ファイバケーブル 1 0…シース 1 1…凸部 1 2…凹部 1 2 a…接続部 1 2 b…底面 2 0…コア 2 1…光ファイバユニット（間欠接着型テープ心線） 2 1 a…光ファイバ 2 1 c…接着部 2 2…押さえ巻き 2 2 a…ラップ部 2 2 b…非ラップ部 3 0…抗張力体 4 0…リップコード B…基材 M…低摩擦材

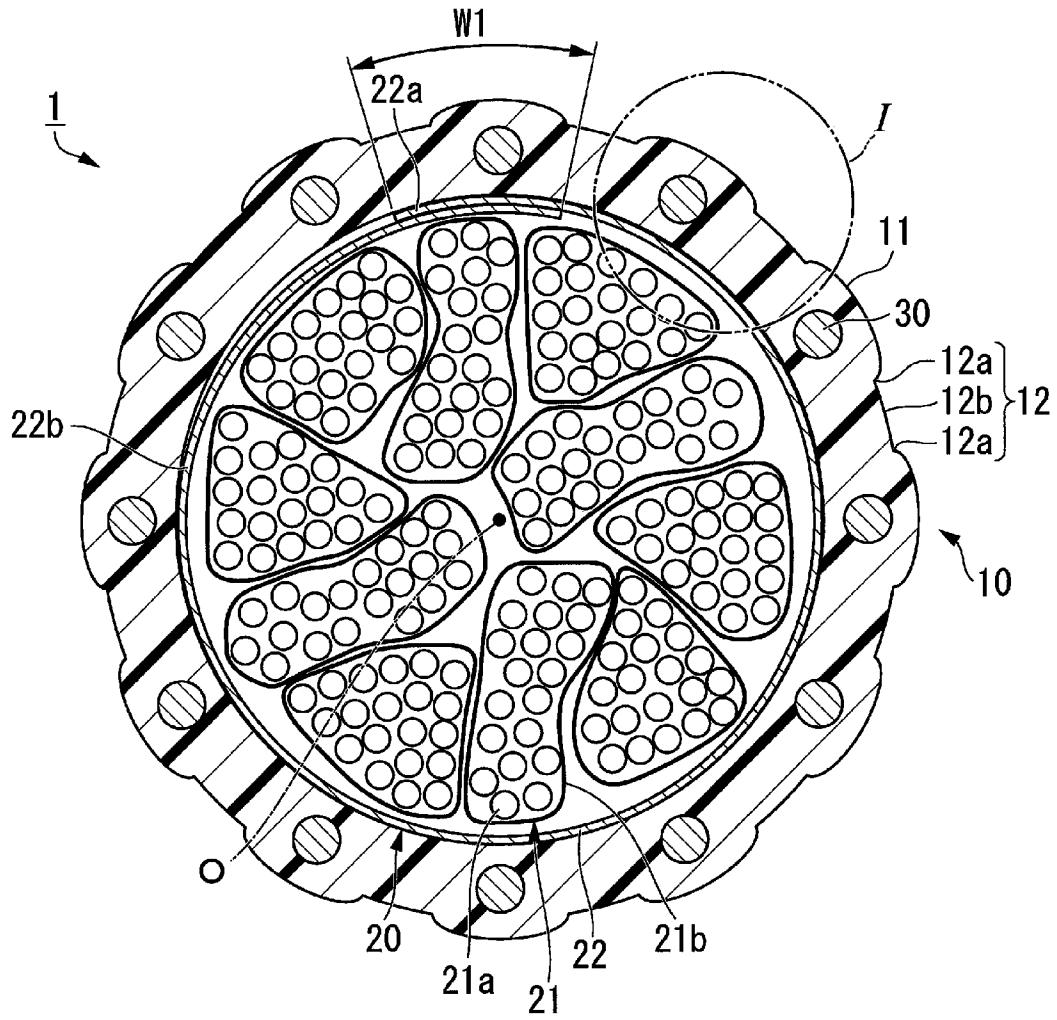
請求の範囲

- [請求項1] シースと、
- 複数の光ファイバおよび前記複数の光ファイバを長手方向において間欠的に接着する複数の接着部を含む間欠接着型テープ心線を有し、前記シース内に収容されたコアと、を備え、
- 前記シースの外周面には周方向に交互に配置された凹部および凸部が形成され、
- 前記凹部は、隣接する2つの前記凸部の径方向内端にそれぞれ接続された2つの接続部と、2つの前記接続部の間に位置する底面と、を有している、光ファイバケーブル。
- [請求項2] 前記接続部は、径方向内側に向けて凸の曲面状に形成されている、請求項1に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項3] 圧縮強さが $1.2 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$ 以上 $3.2 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 以下である、請求項1または2に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項4] 前記コアは、前記間欠接着型テープ心線を包む押さえ巻きを有している、請求項1から3のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項5] 前記押さえ巻きは、互いに重なり合ってラップ部を形成する第1端部および第2端部と、前記第1端部と前記第2端部との間に位置する非ラップ部と、を有している、請求項4に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項6] 前記ラップ部の周方向における長さを W_1 、前記非ラップ部に対する周方向の長さを W_2 とすると、 $R = W_1 \div (W_1 + W_2) \times 100$ により求められるラップ率 R が、5%以上20%以下の範囲内である、請求項5に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項7] 横断面視において、複数の前記凸部の径方向外端に接する閉曲線と、全ての前記凹部とによって規定される空間の断面積である凹部断面積 A は、 1.3 mm^2 以上 4.8 mm^2 以下の範囲内である、請求項1から6のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。

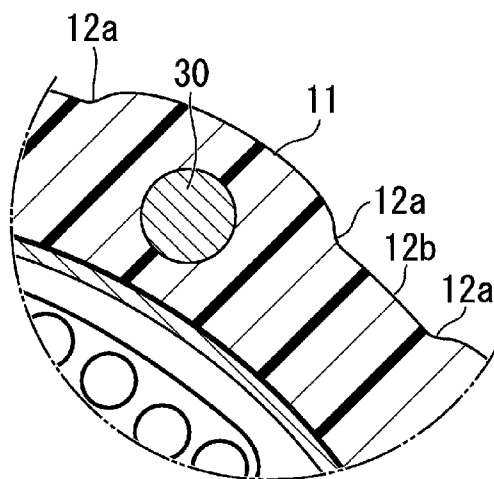
- [請求項8] 前記光ファイバケーブルの長手方向に沿って、1 mあたりの前記シースの捻れ角度を θ (° / m) とするとき、 $10 \leq \theta \leq 180$ である、請求項1から7のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項9] 前記凸部の外周面の曲率半径は、前記シースの半径より小さい、請求項1から8のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項10] 前記シースにおける前記凸部の内側に埋設された抗張力体をさらに備え、
前記凸部および前記抗張力体は、前記光ファイバケーブルの中心軸線を中心とする螺旋状に捻れた形状となっている、請求項1から9のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項11] 前記シースにおける前記凸部の内側に埋設された抗張力体をさらに備え、
前記抗張力体は、PBO-FRPにより形成されている、請求項1から10のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項12] 前記シースに埋設された複数の抗張力体をさらに備え、
横断面視において、前記シースにおける1つの前記凸部の内側に前記複数の抗張力体が位置している、請求項1から11のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項13] 複数の前記間欠接着型テープ心線を備え、
複数の前記間欠接着型テープ心線をS Z状に撚り合わせることで、前記シースにS Z状の捻れが加えられている、請求項1から12のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項14] 前記シースは、基材および前記基材よりも摩擦係数の小さい低摩擦材により形成され、
前記低摩擦材は少なくとも前記凸部の頂部に配置されている、請求項1から13のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。
- [請求項15] 前記シースに埋設された抗張力体およびリップコードをさらに備え、

横断面視において、複数の前記凸部のうち、一部の前記凸部の内側に前記リップコードが位置し、他の前記凸部の内側に前記抗張力体が位置している、請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の光ファイバケーブル。

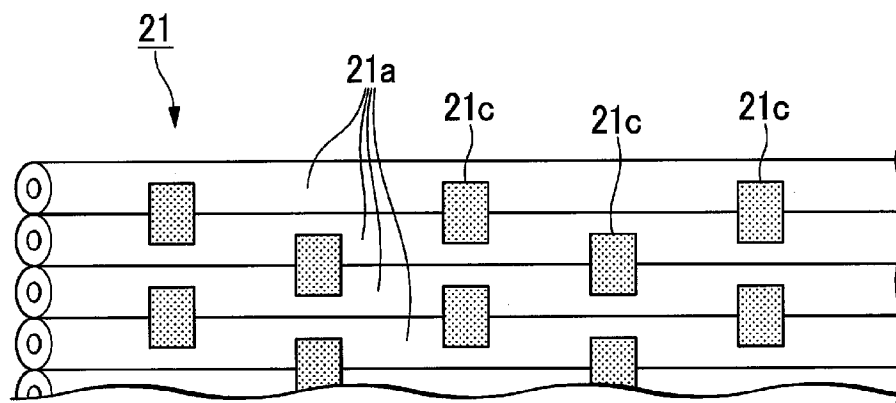
[図1A]



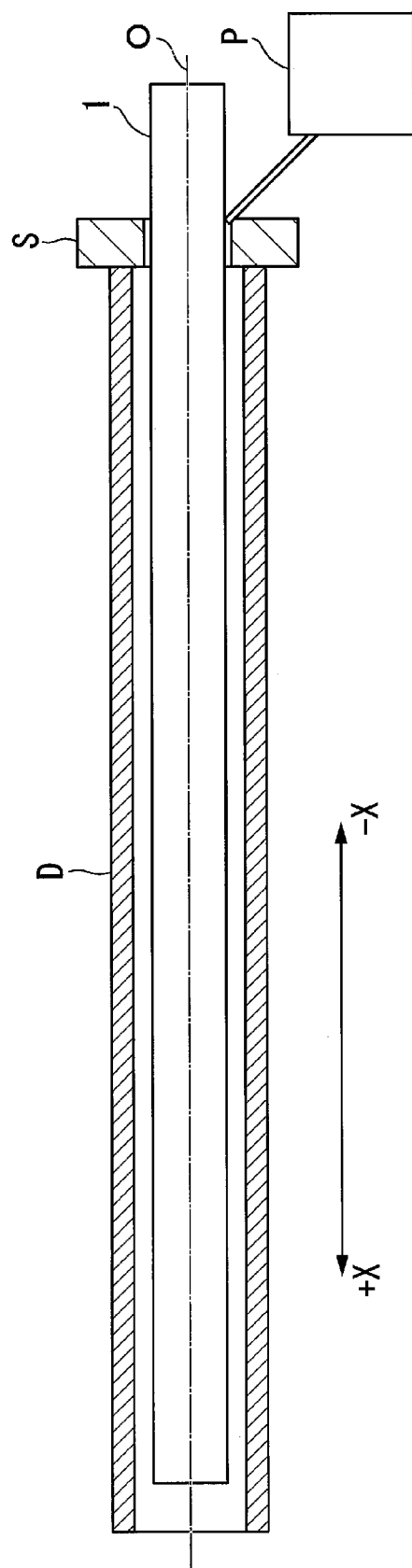
[図1B]



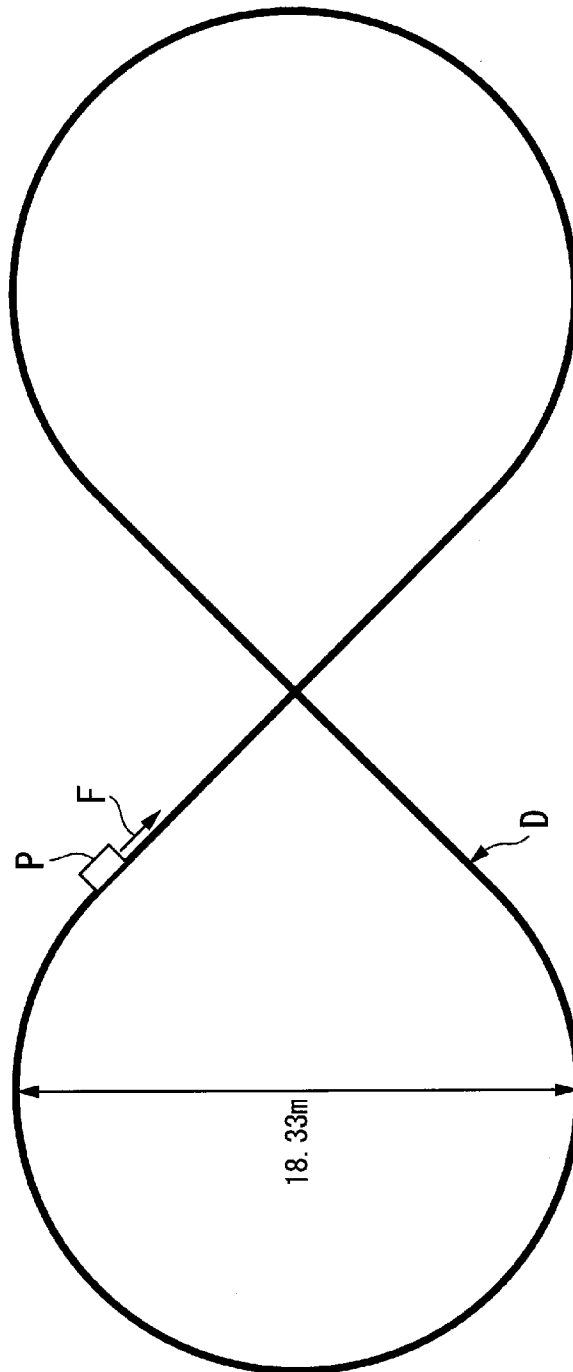
[図2]



[図3]



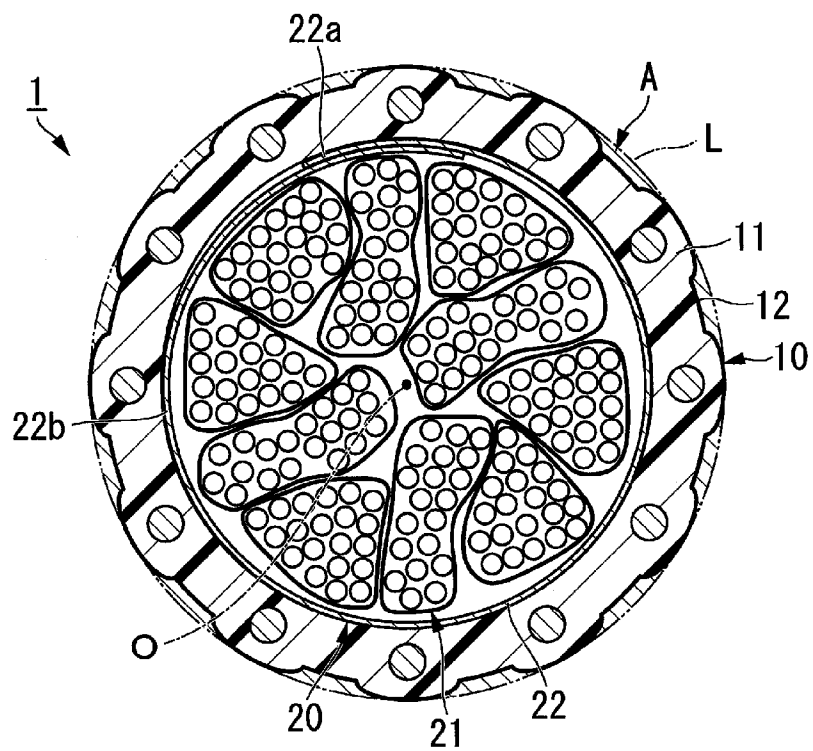
[図4]



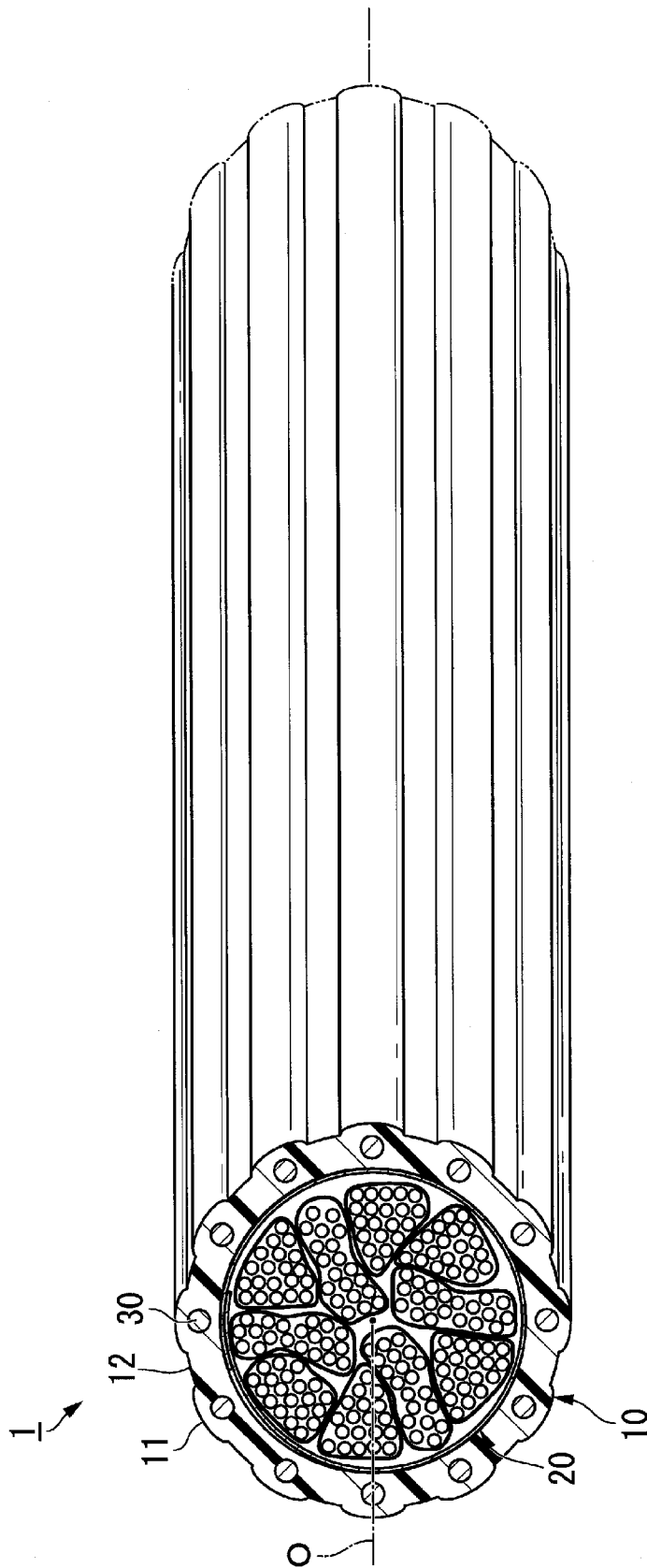
[図5]



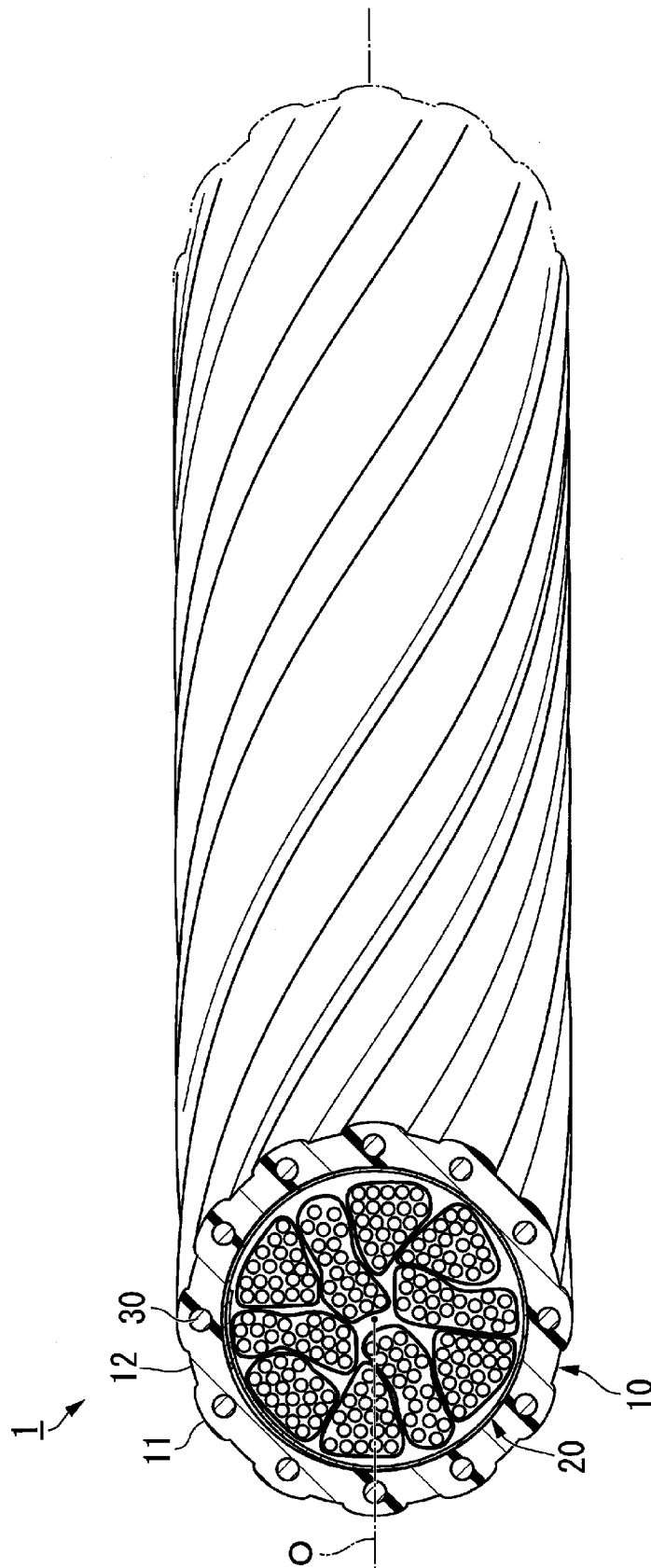
[図6]



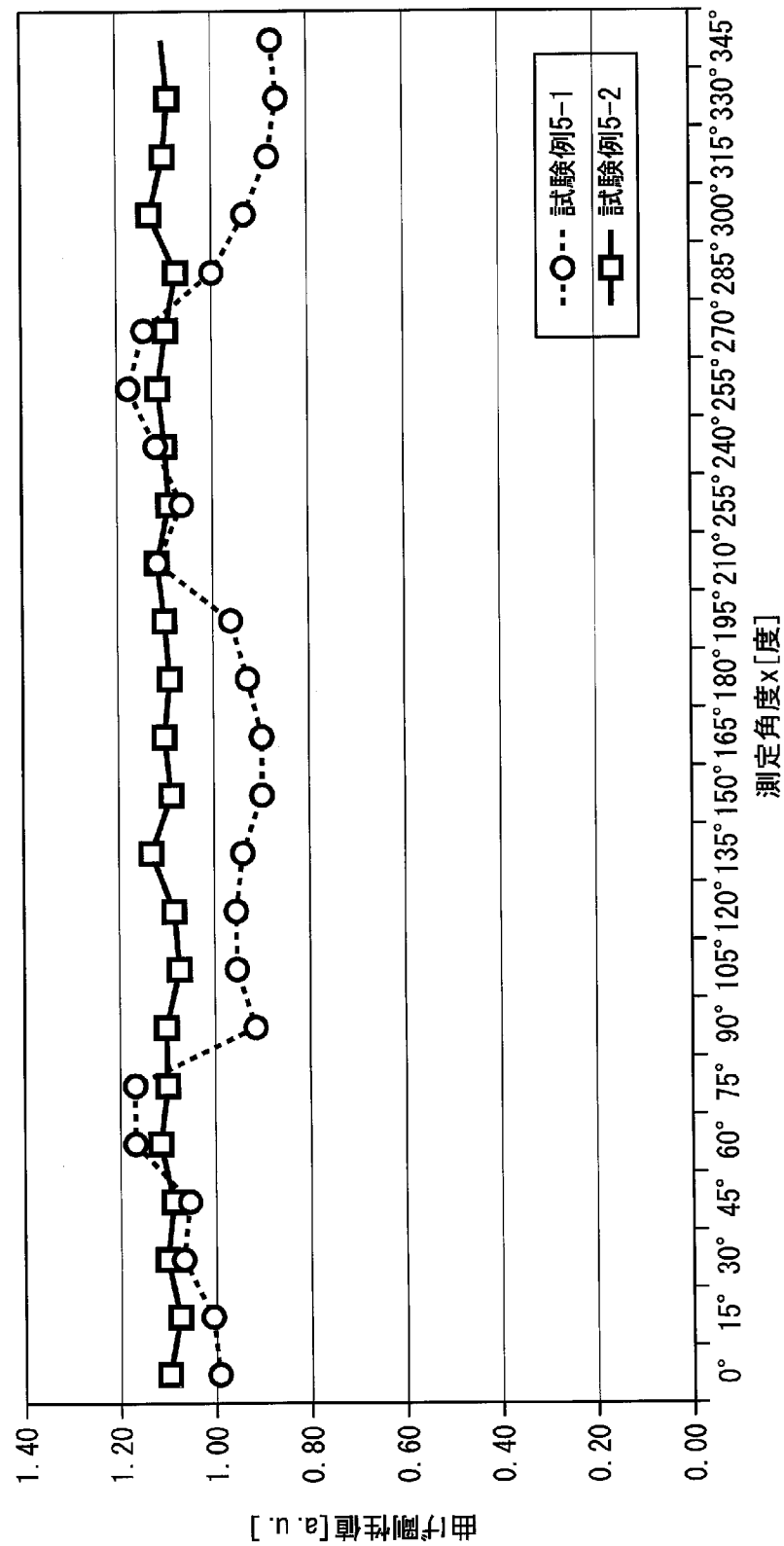
[図7A]



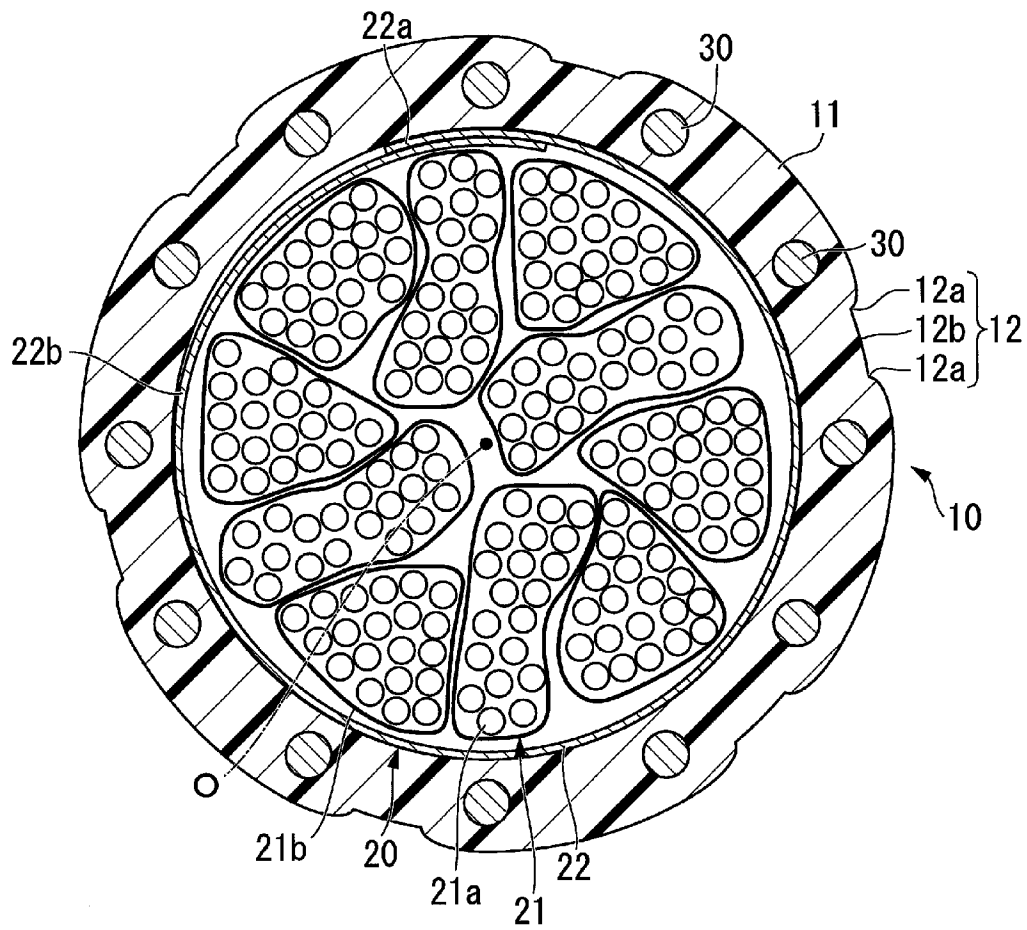
[図7B]



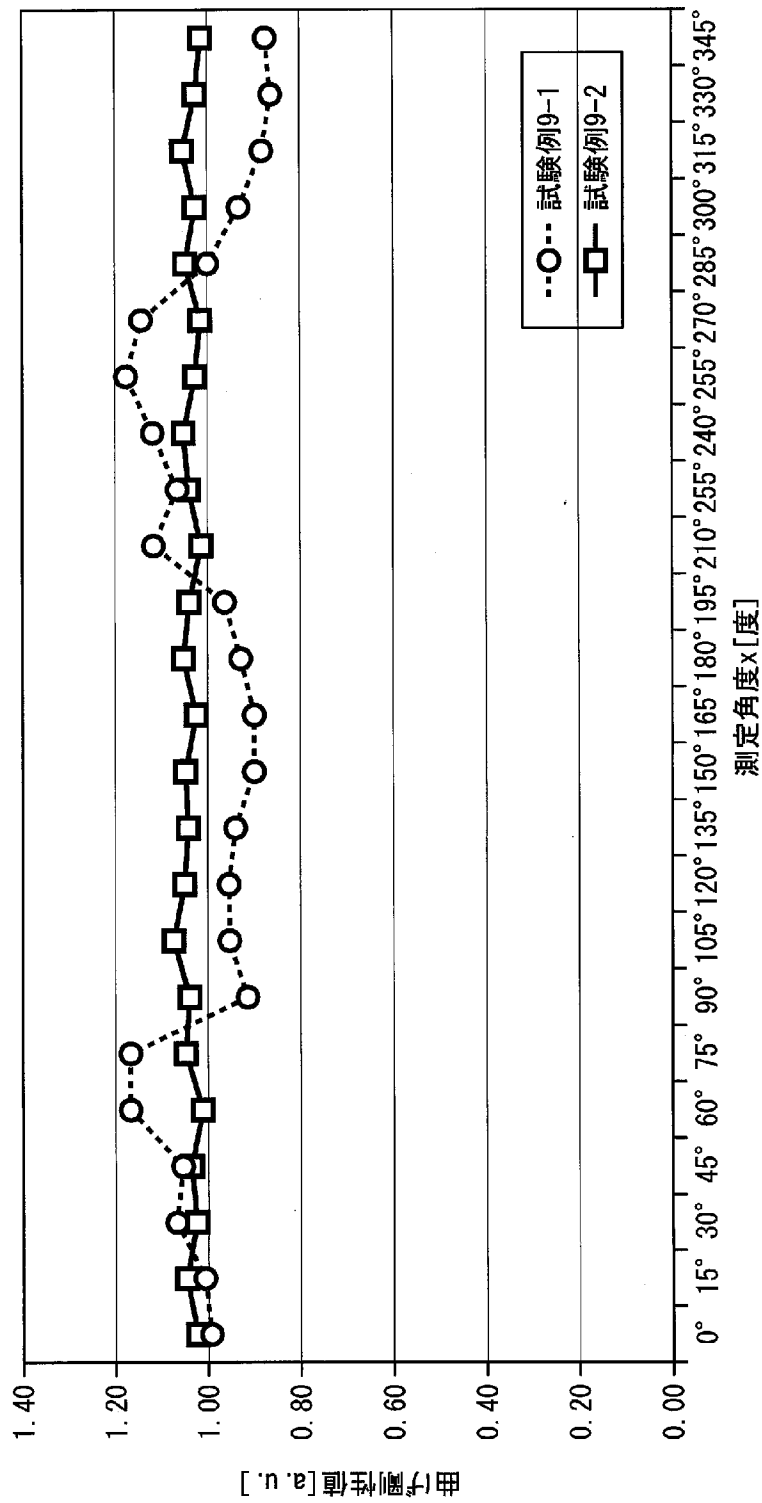
[図8]



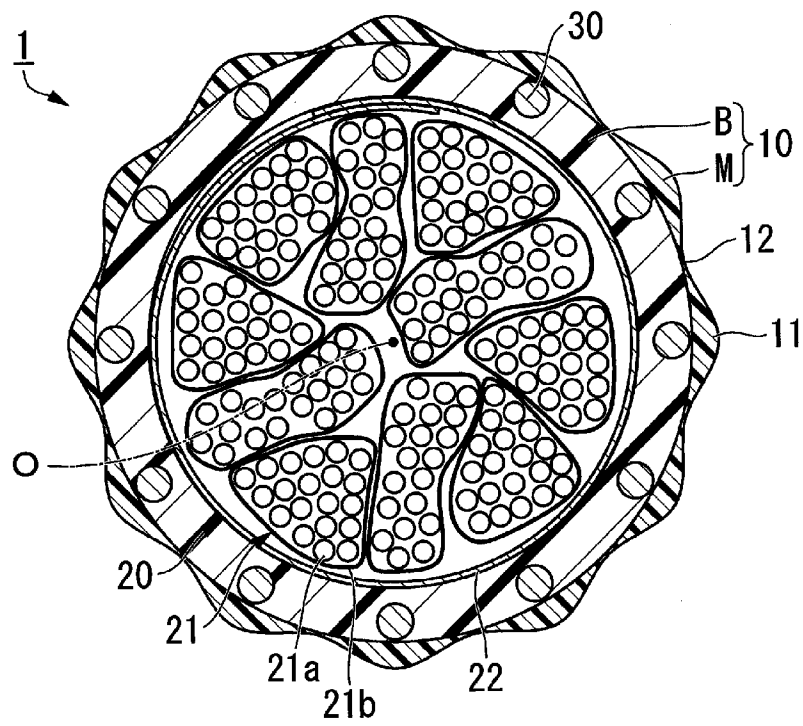
[図10]



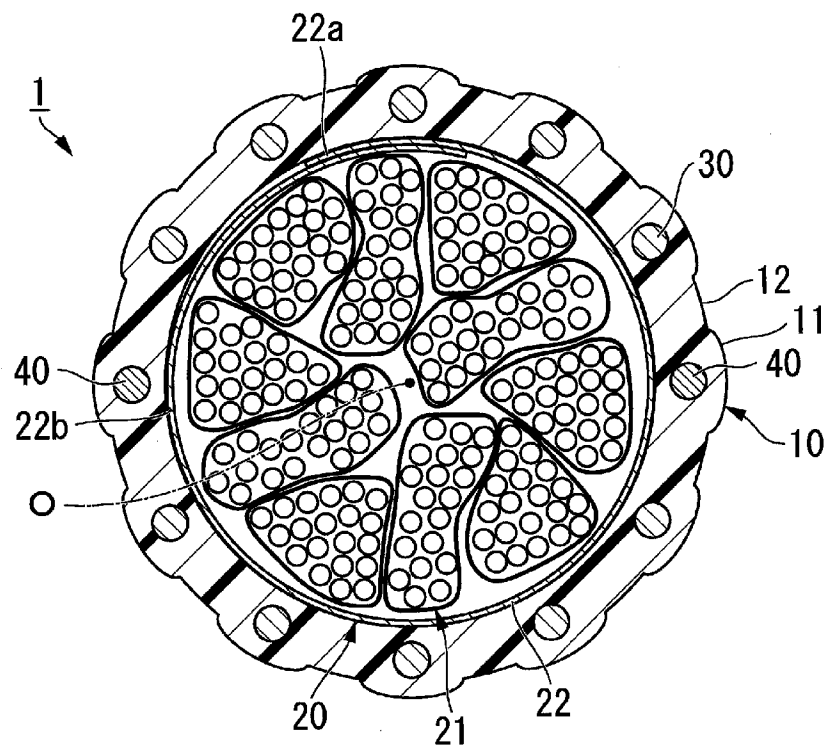
[図11]



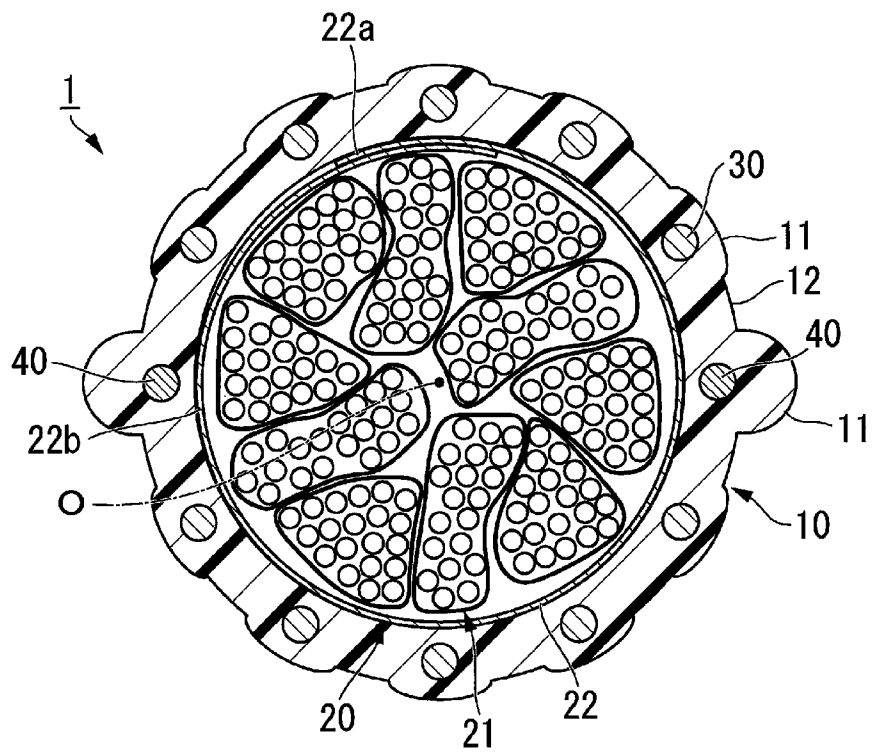
[図12C]



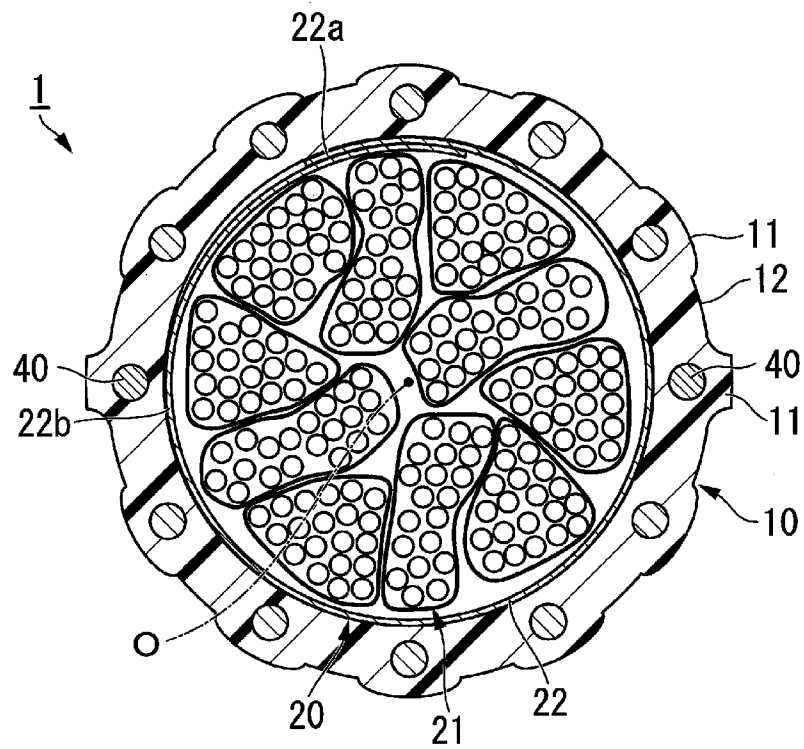
[図13A]



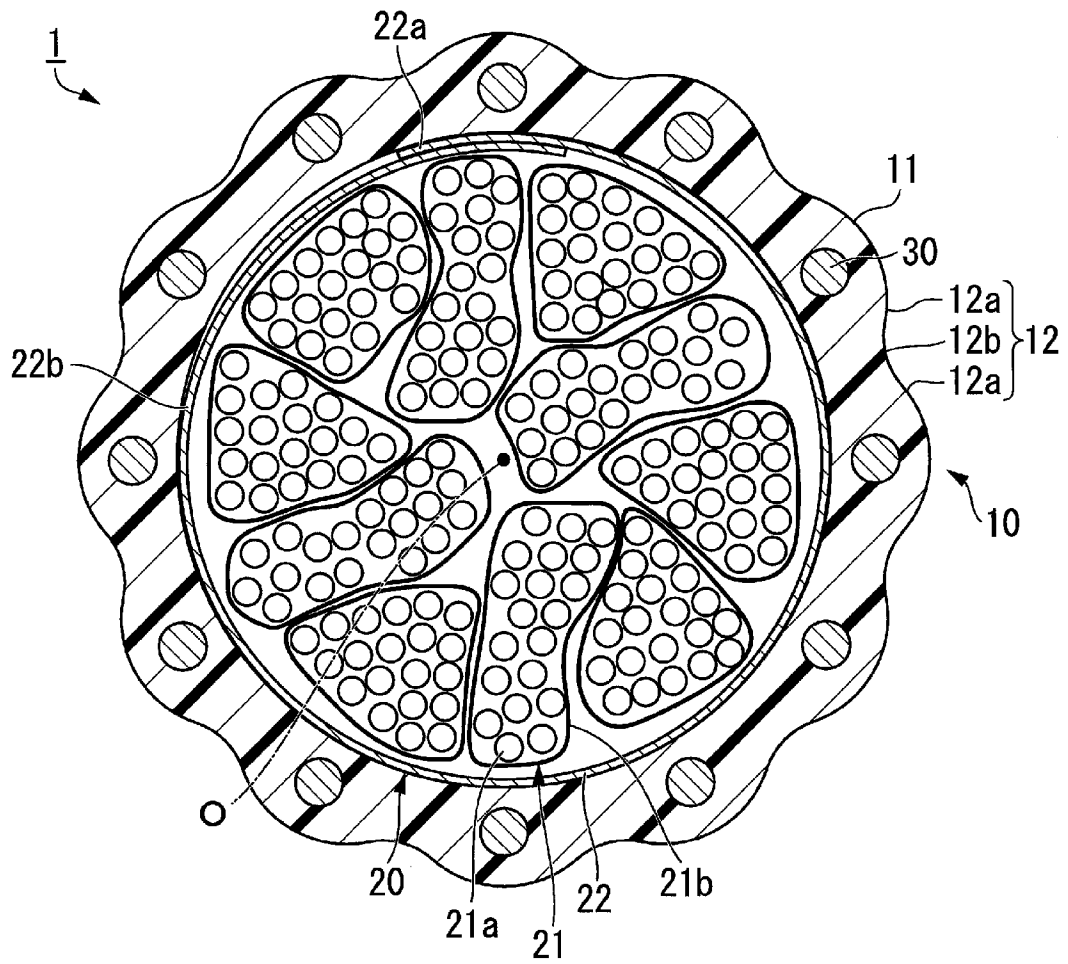
[図13B]



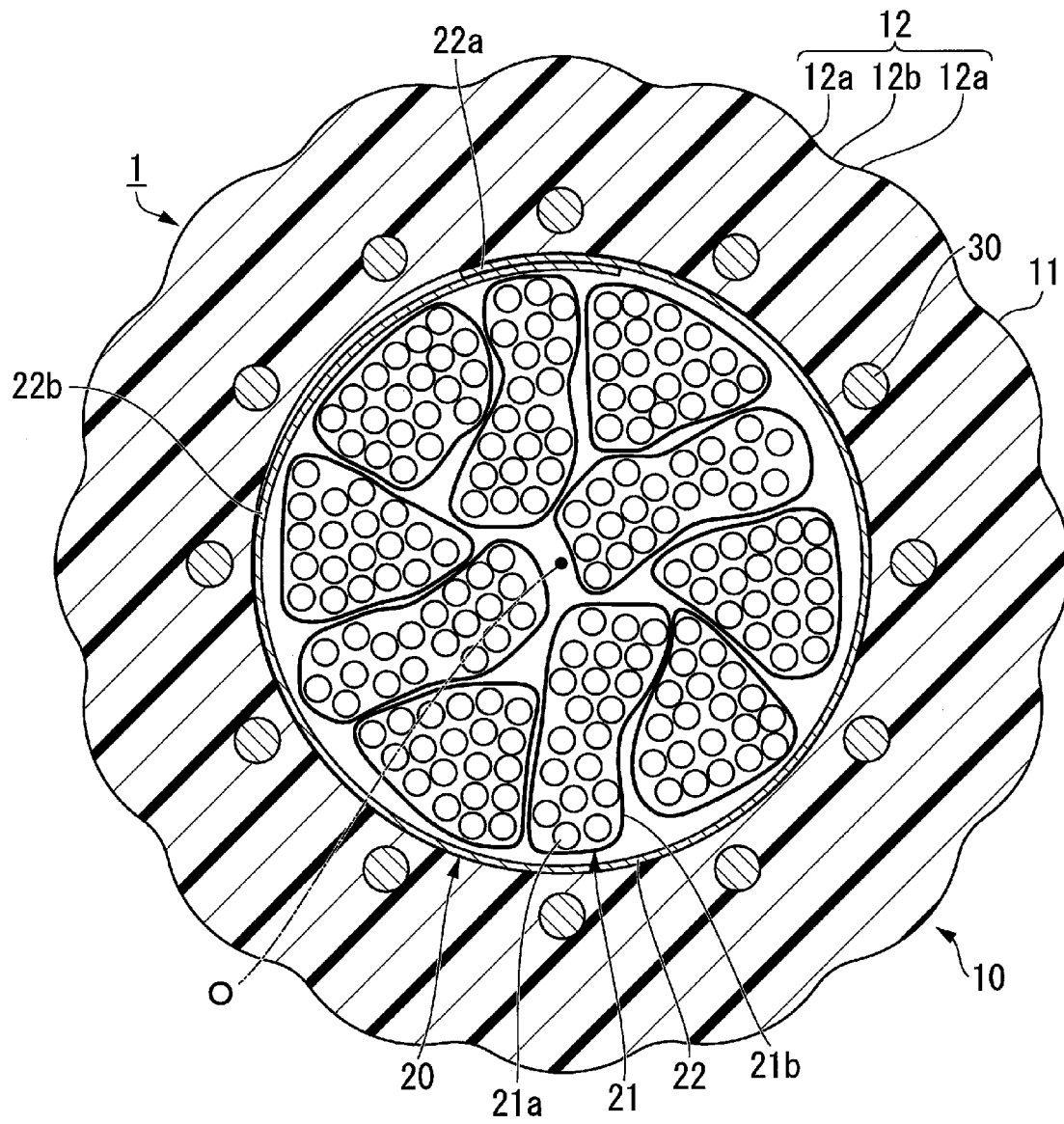
[図13C]



[図14A]



[図14B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/039740

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B6/44 (2006.01) i

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)

Int.Cl. 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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 2016-080747 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 16 May 2016, paragraphs [0012]-[0021], [0025], fig. 1-3, 5 (Family: none)	1-2, 4-5, 9 1-15
X Y	JP 2018-136376 A (FUJIKURA LTD.) 30 August 2018, paragraphs [0018]-[0059], fig. 1-2 & KR 10-2019-0095485 A & CN 110268297 A	1-2, 4-5, 13 1-15
X Y	JP 2013-109172 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 06 June 2013, paragraphs [0015]-[0057], fig. 1-5 (Family: none)	1-2, 4, 13 1-15



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

"I" 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
20 November 2019 (20.11.2019)

Date of mailing of the international search report
03 December 2019 (03.12.2019)

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/JP2019/039740

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-021781 A (HITACHI CABLE, LTD.) 26 January 2001, paragraphs [0001]-[0024], fig. 2, 4 (Family: none)	1-15
Y	CN 103513358 A (CHENGDU HENGTONG PHOTOELECTRIC COMMUNICATION CO., LTD.) 15 January 2014, paragraphs [0001]-[0016], fig. 1-2 (Family: none)	1-15
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 151110/1988 (Laid-open No. 071808/1990) (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 31 May 1990, page 1, line 11 to page 4, line 7, fig. 1-4 (Family: none)	1-15
Y	CN 201788750 U (JIANGSU HONGTU HIGH TECHNOLOGY STOCK CO., LTD.) 06 April 2011, paragraph [0003] (Family: none)	3-15
Y	CN 104698559 A (CHONGQING BECOMES AUSPICIOUS PHOTOELECTRICITY SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD.) 10 June 2015, paragraphs [0033], [0044], fig. 5 (Family: none)	5-15
Y	JP 04-336505 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 24 November 1992, paragraph [0005], fig. 1-2 (Family: none)	8-15
Y	JP 2008-197258 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 28 August 2008, paragraphs [0029]-[0030], fig. 3 & US 2010/0322572 A1, paragraphs [0123]-[0124], fig. 10 & EP 2075605 A1 & CN 101622564 A	11-15
Y	JP 2015-169756 A (FUJIKURA LTD.) 28 September 2015, paragraph [0073], fig. 15 & US 2017/0153404 A1, paragraphs [0119]-[0120], fig. 15 & EP 3115816 A1 & KR 10-2016-0067167 A & CN 105934695 A	12-15
Y	JP 58-011907 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 22 January 1983, page 2, upper right column, line 10 to lower right column, line 8, fig. 3-5 (Family: none)	12-15
Y	JP 06-300946 A (FUJIKURA LTD.) 28 October 1994, paragraphs [0001]-[0020], fig. 1 (Family: none)	14-15
Y	JP 2003-004998 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 08 January 2003, paragraphs [0001], [0005], [0019], fig. 3 (Family: none)	14-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B6/44 (2006.01) i

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））

Int.Cl. 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 Y	JP 2016-080747 A（住友電気工業株式会社）2016.05.16, [0012]-[0021], [0025], 図 1-3, 5（ファミリーなし）	1-2, 4-5, 9 1-15
X Y	JP 2018-136376 A（株式会社フジクラ）2018.08.30, [0018]-[0059], 図 1-2 & KR 10-2019-0095485 A & CN 110268297 A	1-2, 4-5, 13 1-15
X Y	JP 2013-109172 A（住友電気工業株式会社）2013.06.06, [0015]-[0057], 図 1-5（ファミリーなし）	1-2, 4, 13 1-15

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矛盾するものではなく、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

20.11.2019

国際調査報告の発送日

03.12.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

奥村 政人

2 L

4 7 5 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

C (続き) . 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 2001-021781 A (日立電線株式会社) 2001.01.26, [0001]-[0024], 図 2, 4 (ファミリーなし)	1-15
Y	CN 103513358 A (CHENGDU HENGTONG PHOTOELECTRIC COMMUNICATION CO., LTD.) 2014.01.15, [0001]-[0016], 図 1-2 (ファミリーなし)	1-15
Y	日本国実用新案登録出願63-151110号(日本国実用新案登録出願公開 02-071808号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム(住友電気工業株式会社)1990.05.31, 第1頁第11 行-第4頁第7行, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-15
Y	CN 201788750 U (JIANGSU HONGTU HIGH TECHNOLOGY STOCK CO., LTD.) 2011.04.06, [0003] (ファミリーなし)	3-15
Y	CN 104698559 A (CHONGQING BECOMES AUSPICIOUS PHOTOELECTRICITY SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD.) 2015.06.10, [0033], [0044], 図 5 (ファミリーなし)	5-15
Y	JP 04-336505 A (古河電気工業株式会社) 1992.11.24, [0005], 図 1-2 (ファミリーなし)	8-15
Y	JP 2008-197258 A (住友電気工業株式会社) 2008.08.28, [0029]-[0030], 図 3 & US 2010/0322572 A1, [0123]-[0124], 図 10 & EP 2075605 A1 & CN 101622564 A	11-15
Y	JP 2015-169756 A (株式会社フジクラ) 2015.09.28, [0073], 図 15 & US 2017/0153404 A1, [0119]-[0120], 図 15 & EP 3115816 A1 & KR 10-2016-0067167 A & CN 105934695 A	12-15
Y	JP 58-011907 A (日本電信電話株式会社) 1983.01.22, 第2頁右上 欄第10行-右下欄第8行, 第3-5図 (ファミリーなし)	12-15
Y	JP 06-300946 A (株式会社フジクラ) 1994.10.28, [0001]-[0020], 図 1 (ファミリーなし)	14-15
Y	JP 2003-004998 A (住友電気工業株式会社) 2003.01.08, [0001], [0005], [0019], 図 3 (ファミリーなし)	14-15