



PARIS

66 rue de la Chaussée d'Antin
75440 Paris Cedex 9
Tél. : +33 (0)1 40 16 70 00
Fax : +33 (0)1 42 80 01 59
info@plass.com

LYON

Immeuble le Rhône-Alpes
235 cours Lafayette
69006 Lyon
Tél. : +33 (0)4 37 91 62 70
Fax : +33 (0)4 37 91 62 79
contact-lyon@plass.com

LILLE

31 rue des Poissonceaux
CS 40009 - 59044 Lille Cedex
Tél. : +33 (0)3 28 14 14 90
Fax : +33 (0)3 28 14 14 95
contact-lille@plass.com

TOULOUSE

Parc Technologique du Canal
9 avenue de l'Europe
31520 Ramonville-Saint-Agne
Tél. : +33 (0)5 34 42 48 00
Fax : +33 (0)5 61 32 92 47
contact-toulouse@plass.com

BORDEAUX

5 cours de Verdun
33000 Bordeaux
Tél. : +33 (0)5 33 89 19 20
Fax : +33 (0)5 56 81 94 91
contact-bordeaux@plass.com

ANGOULÊME

16 rue Raymond Poincaré
16000 Angoulême
Tél. : +33 (0)5 17 17 64 01
contact-angouleme@plass.com

GRENOBLE

155-157 cours Berriat
38028 Grenoble Cedex 01
Tél. : +33 (0)4 76 70 93 43
contact-grenoble@plass.com

RENNES

Chez Regus
2 rue Claude Chappe
35510 Cesson-Sévigné
Mob. : +33 (0)6 08 83 74 89
contact-rennes@plass.com

ALICANTE

Plaza del Ayuntamiento, 2-2°-1
03002 Alicante
Tél. : +34 965 230 611
contact-alicante@plass.com

SHANGHAI

No. 111 West Tian Mu Road 17 F
Zha Bei District
Shanghai China 200070
Tél. : +86 21 6124 2975
contact-shanghai@plass.com

PRAGUE

Korunní 810/104 E
CZ 101 00 Praha 10
République Tchèque
Tél. : +420 244 444 610
praha@plass.com

MADRID

Oficina 41,
Doctor Arce, 14,
28002 Madrid
Tél. : +34 91 76 10 291
contact-madrid@plass.com

MUNICH

Design Offices
Plasseraud IP
Luise-Ullrich-Strasse 8
D-80636 Munich
Tél. : +49 89 262 071 - 217
contact-munich@plass.com

EUROPEAN PATENT OFFICE
MUNICH 80298
GERMANY

Paris, 27 December 2021

Electronic filing

O/Ref: B2098158EP

EUROPE - Patent application (Euro-PCT) No. **19870931.3**
filed on October 9, 2019
in the name of FUJIKURA LTD.

Response to the invitation under Rule 53(3) EPC

Sirs,

In response to the invitation under Rule 53(3) EPC dated July 9, 2021, we are sending you herewith English translation of the priority application JPA2018192706 of October 11, 2018.

Yours sincerely,

**/Jan LINHART/
PLASSERAUD IP
Association of Representatives No. 280**

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application : October 11, 2018

Application Number : Patent Application No. 2018-192706

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad

under the Paris Convention, is: JP 2018-192706

Applicant(s) : Fujikura Ltd.

February 9, 2021

Commissioner,

Japan Patent Office

Toshihide KASUTANI

(Title of the Document)	Patent Application
(Docket Number)	20180339
(Filing Date)	October 11, 2018
(Destination)	Commissioner, Japan Patent Office
(International Classification)	G02B 6/44
(Inventor)	
(Address)	c/o Fujikura Ltd., Sakura Works, 1440, Mutsuzaki, Sakura-shi, Chiba
(Name)	Shogo SHIMIZU
(Inventor)	
(Address)	c/o Fujikura Ltd., Sakura Works, 1440, Mutsuzaki, Sakura-shi, Chiba
(Name)	Akira NAMAZUE
(Inventor)	
(Address)	c/o Fujikura Ltd., Sakura Works, 1440, Mutsuzaki, Sakura-shi, Chiba
(Name)	Ken OSATO
(Applicant for Patent)	
(Identification Number)	000005186
(Name)	Fujikura Ltd.
(Elected Agent)	
(Identification Number)	100106909
(Patent Attorney)	
(Name)	Sumio TANAI
(Elected Agent)	
(Identification Number)	100126882
(Patent Attorney)	
(Name)	Koei IGARASHI
(Elected Agent)	
(Identification Number)	100160093
(Patent Attorney)	
(Name)	Toshio KOMURO
(Elected Agent)	
(Identification Number)	100169764
(Patent Attorney)	
(Name)	Yuichiro SHIMIZU
(Official Fees)	

(Transfer Number)	00004329
(Amount of Payment)	14,000
(List of Document Submitted)	
(Item)	Specification 1
(Item)	Claims 1
(Item)	Abstract 1
(Item)	Drawings 1
(General Power of Attorney Number)	1106454

[Document Type] Specification

[Title of Invention]

OPTICAL FIBER CABLE

[Technical Field]

5 [0001]

The present invention relates to an optical fiber cable.

[Background Art]

[0002]

In the related art, an optical fiber cable as illustrated in Patent Document 1 has
10 been known. This optical fiber cable includes a sheath and a plurality of optical fibers
housed in the sheath. The outer circumferential surface of the sheath is formed with
recesses and protrusions alternately disposed in the circumferential direction.

[Citation List]

[Patent Literature]

15 [0003]

[Patent Document 1]

US Patent No. 6963686

[Summary of Invention]

[Technical Problem]

20 [0004]

In the optical fiber cable of Patent Document 1, the recess is a V-shaped groove.
Therefore, for example, when a force in the circumferential direction is applied to the
protrusion, the stress tends to concentrate on the inner end portion of the groove, and the
sheath tends to crack.

25 [0005]

The present invention has been made in consideration of such circumstances, and an object of the present invention is to provide an optical fiber cable which is capable of increasing the strength of the sheath.

[Solution to Problem]

5 [0006]

In order to solve the above problems, an optical fiber cable according to a first aspect of the present invention includes a sheath and a core which is housed in the sheath and which has a plurality of optical fibers, in which recesses and protrusions are formed so as to be disposed alternately in a circumferential direction on an outer circumferential surface of the sheath, and the recesses each include two connecting portions respectively connected to radial inner ends of two adjacent protrusions, and a bottom surface positioned between the two connecting portions.

[Advantageous Effects of Invention]

[0007]

15 According to the above aspect of the present invention, it is possible to provide an optical fiber cable which is capable of increasing the strength of the sheath.

[Brief Description of Drawings]

[0008]

20 Fig. 1 is a transverse cross-sectional view of an optical fiber cable according to a present embodiment.

Fig. 2 is an enlarged view of a part II of Fig. 1.

Fig. 3 is a schematic view illustrating a method of air-blowing.

Fig. 4 is a transverse cross-sectional view of a deformed optical fiber cable.

Fig. 5 is an explanatory view of a cross-sectional area of a recess.

25 Fig. 6 is a transverse cross-sectional view of an optical fiber cable according to a

modification example of the present embodiment.

[Description of Embodiments]

[0009]

Hereinafter, an optical fiber cable of the present embodiment will be described
5 with reference to the drawings.

As illustrated in Fig. 1, the optical fiber cable 1 includes a sheath 10, a core 20 housed in the sheath 10, and a plurality of tensile strength members 30 embedded in the sheath 10.

The core 20 has a plurality of optical fiber units 21, and a wrapping tube 22 that
10 wraps these optical fiber units 21. Each of the optical fiber units 21 has a plurality of optical fibers 21a and a binding material 21b that binds the optical fibers 21a.

[0010]

(Direction Definition)

In the present embodiment, the central axis of the optical fiber cable 1 is referred
15 to as the central axis O. Further, the longitudinal direction of the optical fiber cable 1 (longitudinal direction of the optical fiber 21a) is simply referred to as the longitudinal direction. The cross-section orthogonal to the longitudinal direction is referred to as a transverse cross-section. In the transverse cross-sectional view (Fig. 1), a direction intersecting the central axis O is referred to as a radial direction, and a direction
20 revolving around the central axis O is referred to as a circumferential direction.

When the optical fiber cable 1 is non-circular in the transverse cross-sectional view, the central axis O is positioned at the center of the optical fiber cable 1.

[0011]

The optical fiber unit 21 of the present embodiment is a so-called intermittently-
25 adhered optical fiber ribbon. When a plurality of optical fibers 21a are pulled in a

direction orthogonal to the longitudinal direction, the optical fibers 21a spread in a mesh shape (spider web shape). Specifically, one optical fiber 21a is adhered to the adjacent optical fibers 21a at different positions in the longitudinal direction. Further, the adjacent optical fibers 21a are adhered to each other at a certain interval in the longitudinal direction.

[0012]

The plurality of optical fiber units 21 are twisted together about the central axis O. The aspect of twisting may be spiral or SZ.

Note that the aspect of the optical fiber unit 21 is not limited hereto, and it may be appropriately changed. For example, the optical fiber unit 21 may be a bundle that the plurality of the optical fiber 21a are simply bundled by the binding materials 21b.

[0013]

The wrapping tube 22 wraps a plurality of optical fiber units 21 and is formed into a cylindrical shape. Both end portions (first end portion and second end portion) of the wrapping tube 22 in the circumferential direction are overlapped with each other to form a wrap portion 22a. The portion of the wrapping tube 22 excluding the wrap portion 22a is referred to as a non-wrap portion 22b. The non-wrap portion 22b is positioned between the first end portion and the second end portion forming the wrap portion 22a.

[0014]

As the material of the wrapping tube 22, a non-woven fabric, a plastic tape member, or the like can be used. When the wrapping tube 22 is made of plastic, polyethylene terephthalate, polyester or the like can be used as the material. Further, as the wrapping tube 22, a water-absorbing tape obtained by imparting water absorbency to the above-described non-woven fabric or tape member may be used. In this case, the

waterproof performance of the optical fiber cable 1 can be improved. When a plastic tape member is used as the wrapping tube 22, water absorbency may be imparted by applying a water absorbing powder to the surface of the tape member.

[0015]

5 The plurality of tensile strength members 30 are embedded in the sheath 10 at equal intervals in the circumferential direction. The intervals at which the plurality of tensile strength members 30 are embedded may not be equal. The number of tensile strength members 30 can be changed as appropriate. As the material of the tensile strength member 30, for example, metal wire (steel wire or the like), tensile strength fiber
10 (aramid fiber or the like), FRP or the like can be used.

In addition to the tensile strength member 30, for example, a ripcord or the like may be embedded in the sheath 10.

[0016]

The sheath 10 is formed into a cylindrical shape centered on the central axis O.
15 As the material of the sheath 10, polyolefin (PO) resin such as polyethylene (PE), polypropylene (PP), ethylene ethyl acrylate copolymer (EEA), ethylene vinyl acetate copolymer (EVA), and ethylene propylene copolymer (EP), polyvinyl chloride (PVC), or the like can be used.

[0017]

20 A plurality of recesses 12 and protrusions 11 are formed on the outer circumferential surface of the sheath 10. The recesses (concavities) 12 and the protrusions (convexities) 11 are disposed alternately in the circumferential direction. In this way, an uneven shape is formed on the outer circumferential surface of the sheath 10. The recesses 12 and the protrusions 11 extend along the longitudinal direction.

25 [0018]

The protrusion 11 is disposed at the same position as the tensile strength member 30 in the circumferential direction. In other words, the protrusion 11 is positioned on a straight line extending from the central axis O toward the center of the tensile strength member 30 in the transverse cross-sectional view. The recess 12 is disposed at a position different from that of the tensile strength member 30 in the circumferential direction. In other words, the recess 12 is not positioned on a straight line extending from the central axis O toward the center of the tensile strength member 30 in the transverse cross-sectional view.

[0019]

The recess 12 has two connecting portions 12a and a bottom surface 12b. The connecting portion 12a is connected to the radial inner end of the protrusion 11 adjacent in the circumferential direction. The bottom surface 12b is positioned between the two connecting portions 12a in each recess 12. As illustrated in Fig. 2, the connecting portions 12a are formed in a curved surface shape that is radially inward convex.

[0020]

The bottom surface 12b has a curved surface centered on the central axis O, and has an arc shape centered on the central axis O in a transverse cross-sectional view. However, the shape of the bottom surface 12b is not limited to a curved surface centered on the central axis O. For example, the bottom surface 12b may have a shape in which two connecting portions 12a are connected in a straight line.

[0021]

As described above, since each of the recesses 12 has the two connecting portions 12a and the bottom surface 12b positioned between the connecting portions 12a, even if a force in the circumferential direction acts on the protrusion 11, a stress is hardly concentrated in the recess 12. Therefore, cracks and the like are suppressed in the

recess 12, and the strength of the sheath 10 is increased.

[0022]

Further, the connecting portion 12a is formed into a curved surface shape that is radially inward convex. Thus, the concentration of stress on the connecting portion 12a is more reliably suppressed, and the strength of the sheath 10 can be further increased.

[0023]

Further, since the wrapping tube 22 has the wrap portion 22a, it is possible to prevent the sheath 10 from coming into contact with the constituent members inside the wrapping tube 22. Thus, when the sheath 10 is extruded and molded, it is possible to prevent the optical fiber 21a from being taken into the softened sheath 10 and the extra-length ratio of the optical fiber 21a to the optical fiber cable from becoming unstable. Further, it is possible to suppress an increase in transmission loss due to the optical fiber 21a being sandwiched between the wrapping tube 22 and the sheath 10.

[0024]

The radius of curvature of the outer circumferential surface of the protrusion 11 may be smaller than the radius of the sheath 10 (the radius of the optical fiber cable 1). According to this configuration, the contact area between the protrusion 11 and the micro-duct (details will be described later) becomes smaller. Therefore, the workability when the optical fiber cable 1 is inserted into the micro-duct can be improved. In the present embodiment, the "radius of the sheath 10" is the maximum value of the distance between the outer circumferential surface of the protrusion 11 and the central axis O. When the maximum value is different for each protrusion 11, the average value of each maximum value is defined as the "radius of the sheath 10".

[0025]

Next, a specific example of the optical fiber cable 1 of the present embodiment

will be described. The present invention is not limited to the examples below.

[0026]

(Maximum Compressive Stress)

In the present embodiment, as illustrated in Fig. 3, the workability when the
5 optical fiber cable is inserted into the micro-duct D by air-blow has been examined.
The micro-duct D is a pipe installed in advance in the ground or the like. In the air-
blowing, a seal S is attached to the end of the micro-duct D, and an optical fiber cable is
introduced into the micro-duct D through the opening of the seal S. Further, a pump P
is connected to the seal S to allow air to flow from the seal S into the micro-duct D.
10 Thus, an air layer can be formed between the optical fiber cable and the micro-duct D to
reduce friction.

[0027]

Here, when installing the optical fiber cable, the optical fiber cable may be
inserted into the micro-duct D over a long distance of, for example, 2000 m or more.
15 When the optical fiber cable is inserted into the micro-duct D over such a long distance,
the force needs to be efficiently transmitted from the upstream side (-X side) to the
downstream side (+X side) in the longitudinal direction of the optical fiber cable.

[0028]

As a result of careful examination by the inventors of the present application, it
20 has been found that the compressive strength (maximum compressive stress) of the
optical fiber cable is preferably within a predetermined range, in order to appropriately
transmit the force from the upstream side to the downstream side of the optical fiber
cable.

Hereinafter, the results of checking the workability of air-blowing by preparing
25 a plurality of optical fiber cables (Test Examples 1-1 to 1-7) having different

compressive strengths will be described with reference to Table 1. Test Example 1-8 is a loose tube type optical fiber cable. Details of Test Example 1-8 will be described later.

[0029]

5 [Table 1]

Test Example	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8
Diameter d (mm)	9.2	10.5	10.0	6.1	6.3	8.0	9.4	6.5
Cross-sectional area a (mm ²)	66.5	86.6	78.5	29.2	31.2	50.3	69.4	33.2
Cross-sectional secondary moment I	351.7	596.7	490.9	68.0	77.3	201.1	383.2	87.6
Cross-sectional secondary radius i	2.3	2.6	2.5	1.5	1.6	2.0	2.4	1.6
Sample length L' (mm)	11.5	13.1	12.5	7.6	7.9	10.0	11.8	8.1
Edge surface support condition and buckling length	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Slenderness ratio 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
Compressive strength (N/mm ²)	11.6	9.3	12.8	19.2	19.4	16.4	14.4	32.4
Air-blowing test	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK

[0030]

The results of the air-blowing test of optical fiber cables are illustrated in the field of "Air-blowing test" shown in Table 1. More specifically, when each optical fiber
 10 cable is air-blown into the micro-duct D and can be blown 2000 m, the result is good (OK), and when 2000 m cannot be blown, the result is not good (NG).

[0031]

"Compressive strength" in Table 1 refers to a value obtained by dividing the maximum compressive load (N), which measured by compressing a sample with the
 15 length of "Sample length L'(mm)" in Table 1 with a compression tester for each test example, by "Cross-sectional area a (mm²)". The compressive strength is calculated

according to JIS K7181: 2011.

More specifically, a general-purpose universal material testing machine is used as the compression tester. Both ends of each sample are fitted into a metal cylinder, which is attached to a compression tester. That is, both ends of the sample are fixedly supported as a boundary condition during the compression test. Each sample is compressed in the longitudinal direction at a rate of 1 mm/min. Then, the compressive load immediately before each sample buckles is measured as the "Maximum compressive load".

The sample length L' of each sample is set such that the value of d/L' is constant (0.8).

[0032]

As shown in Table 1, in Test Examples (1-1, 1-2) having a compressive strength of 11.6 N/mm^2 or less, the air-blowing test results are not good. This is because the compressive strength of the optical fiber cable is not good, and buckling of the optical fiber cable occurs while traveling in the micro-duct D. When the optical fiber cable buckles in the micro-duct D, the force transmitted from the upstream side to the downstream side of the optical fiber cable is converted into a force that presses the optical fiber cable against the inner surface of the micro-duct D at the buckled portion. As a result, it becomes difficult for the force to be transmitted to the downstream end of the optical fiber cable, and the progress of the optical fiber cable is stopped. As a result, it is considered that 2000 m of air-blowing is not possible.

[0033]

On the other hand, good air-blowing test results can be obtained in Test Examples (1-3 to 1-7) having a compressive strength of 12.8 N/mm^2 or more. This is because the compressive strength, that is, the difficulty of deformation with respect to the

force in the direction (longitudinal direction) along the central axis O of the optical fiber cable is within a predetermined amount or more, so that buckling of the optical fiber cable in the micro-duct D is suppressed. It is considered that by suppressing the buckling of the optical fiber cable in this way, the force is reliably transmitted to the downstream end of the optical fiber cable, and 2000 m of air-blowing is possible.

[0034]

From the above results, the compressive strength of the optical fiber cable is preferably 12.8 N/mm^2 or more. With this configuration, buckling of the optical fiber cable in the micro-duct D is suppressed, and the installation workability of the optical fiber cable can be improved.

Further, as shown in Test Example 1-8 of Table 1, the air-blowing test result is also good for the optical fiber cable having a compressive strength of 32.4 N/mm^2 . Therefore, it is considered that good air-blowing test results can be obtained by setting the compressive strength to 32.4 N/mm^2 or less.

From the above, the compressive strength of the optical fiber cable is preferably 12.8 N/mm^2 or more and 32.4 N/mm^2 or less.

[0035]

(Wrap Rate)

As illustrated in Fig. 1, a wrap portion 22a is formed on the wrapping tube 22 of the present embodiment. As a result of examination by the inventors of the present application, it is found that when the ratio of the circumference length of the wrap portion 22a to the total circumference length of the wrapping tube 22 is large, the optical fiber cable is likely to be deformed into a substantially elliptical shape as illustrated in Fig. 4. More specifically, it tends to have an elliptical shape such that the direction in which the wrap portion 22a extends has a major axis of the elliptical shape. When such

deformation occurs, the sealability at the opening (see Fig. 3) of the sealing portion S may decrease. Further, the protrusion 11 positioned on the major axis in the elliptical shape may be strongly pressed against the inner circumferential surface of the micro-duct D to increase the friction.

5 That is, it has been found that the ratio of the wrap portion 22a to the total circumference length of the wrapping tube 22 affects the workability when air-blowing the optical fiber cable.

[0036]

Therefore, the result of examining the preferable ratio of the wrap portion 22a
10 will be described below.

As illustrated in Fig. 1, the circumference length of the wrap portion 22a in the transverse cross-sectional view is W1. Further, the circumference length of the non-wrap portion 22b is W2 (not illustrated). At this time, the wrap rate R is defined by the following Equation (1).

15
$$R = W1 \div (W1 + W2) \times 100 \dots (1)$$

The wrap rate R indicates the ratio of the circumference length of the wrap portion 22a to the total circumference length of the wrapping tube 22.

[0037]

In the present example, as shown in Table 2, a plurality of optical fiber cables
20 (Test Examples 2-1 to 2-6) having different wrap rates R are prepared.

The measurement result of the transmission loss of each optical fiber cable is shown in the field of "Transmission loss" in Table 2. More specifically, at a wavelength of 1550 nm, the result is good (OK) when the transmission loss is 0.30 dB/km or less, and the result is not good (NG) when the transmission loss is greater than 0.30 dB/km.

25 The significance of the field of "Air-blowing test" in Table 2 is the same as in

Table 1.

[0038]

[Table 2]

Test Example	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6
wrap rate R	27%	20%	13%	9%	5%	3%
Transmission loss	OK	OK	OK	OK	OK	NG
Air-blowing test	NG	OK	OK	OK	OK	OK

5 [0039]

As shown in Table 2, in Test Examples (2-1 to 2-5) having a wrap rate R of 5% or more, the transmission loss results are good. On the other hand, in Test Example (2-6) having a wrap rate R of 3%, the result of transmission loss is not good. It is considered that this is because when the wrap rate R is significantly small, the optical fiber protrudes from the wrap portion 22a to the outside of the wrapping tube 22, local bending is applied to the optical fiber, and the transmission loss increases.

[0040]

Further, in Test Examples (2-2 to 2-6) having a wrap rate R of 20% or less, the results of the air-blowing test are good. On the other hand, in Test Example (2-1) having a wrap rate R of 27%, the result of the air-blowing test is not good. The reason for this is that the wrap rate R is significantly large, and as described above, the optical fiber cable is deformed into an elliptical shape, so that the workability during air-blowing has decreased.

[0041]

From the above results, the wrap rate R is preferably 5% or more and 20% or less. With this configuration, it is possible to improve the workability of air-blowing while suppressing an increase in transmission loss due to local bending of the optical

fiber.

[0042]

(Cross-sectional Area of Recesses)

When the optical fiber cable is inserted into the micro-duct D by air-blowing, at least a part of the air flows through the recess 12 as a flow path. Then, a part of the air flowing through the recess 12 flows between the protrusion 11 and the micro-duct D, and an air layer is formed therebetween to reduce the friction. Here, as a result of examination by the inventors of the present application, it has been found that in order for the above air layer to be properly formed, it is preferable that the cross-sectional area of the recesses 12 functioning as an air flow path is within a predetermined range. The results of the examination will be described below.

[0043]

In the present example, a plurality of optical fiber cables (Test Examples 3-1 to 3-6) having different cross-sectional areas A of the recesses illustrated in Fig. 4 are prepared. The cross-sectional area A of the recesses is the cross-sectional area of the space defined by the closed curve L and all the recesses 12 when the closed curve L in contact with the radial outer end of each protrusion 11 is drawn, in the transverse cross-sectional view. In other words, the cross-sectional area A of the recesses is the difference in the cross-sectional area of the optical fiber cable of the present example with respect to the cross-sectional area of the virtual optical fiber cable having the closed curve L as the outer circumferential surface.

The closed curve L is usually circular with the central axis O as the center. However, due to the deformation of the optical fiber cable, the closed curve L may have an elliptical shape.

[0044]

[Table 3]

Test Example	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6
Cross-sectional area A of recesses (mm ²)	5.2	4.8	3.4	2.8	1.3	0.0
Air-blowing test	NG	OK	OK	OK	OK	NG

[0045]

As shown in Table 3, the results of the air-blowing test are not good, in Test Example (3-1) having a cross-sectional area A of the recesses of 5.2 mm². The reason for this is that when the cross-sectional area A of the recesses is significantly large, the sealability between the seal S and the optical fiber cable is deteriorated, and the backflow of air from the inside of the micro-duct D is likely to occur. When the amount of air flowing back from the inside of the micro-duct D is large, the amount of air intervening between the inner surface of the micro-duct D and the optical fiber cable is reduced, and friction increases. It is considered that this friction made it difficult for the force to be transmitted from the upstream side to the downstream side of the optical fiber cable, and the progress of the optical fiber cable stopped.

[0046]

In contrast, in Test Examples (3-2 to 3-5) in which the cross-sectional area A of the recesses is 1.3 mm² or more and 4.8 mm² or less, the results of the air-blowing test is good. This is because the cross-sectional area A of the recesses is sufficiently small, the sealability between the seal S and the optical fiber cable is good, and the backflow of air from the inside of the micro-duct D is suppressed. That is, it is considered that the friction is reduced by the sufficient air intervening between the inner surface of the micro-duct D and the optical fiber cable, and the force can be transmitted from the upstream side to the downstream side of the optical fiber cable.

[0047]

Further, in Test Example 3-6, since the sheath 10 is not formed with an uneven shape, the friction between the inner surface of the micro-duct D and the optical fiber cable is large, and the progress of the optical fiber cable is stopped.

5 [0048]

From the above results, it is preferable that the cross-sectional area A of the recesses is in the range of 1.3 mm^2 or more and 4.8 mm^2 or less. With this configuration, the sealability between the seal S and the optical fiber cable can be ensured, and the workability of air-blowing can be improved.

10 [0049]

(Twisted Shape of Sheath)

The recess 12 serves as an air flow path when the optical fiber cable is air-blown. Here, for example, when the recesses 12 extend linearly along the longitudinal direction and when the recesses 12 are spirally twisted along the longitudinal direction, 15 the air flow state changes. It is considered that the difference in the air flow state affects the workability when the optical fiber cable is air-blown.

[0050]

Therefore, the results of examining the relationship between the twisted shape of the sheath 10 and the workability of air-blowing will be described with reference to 20 Table 4. Here, a plurality of optical fiber cables (Test Examples 4-1 to 4-5) having different twist angles θ are prepared. The twist angle θ is the amount of twist around the central axis O of the sheath 10 (protrusion 11) per 1 m in the longitudinal direction. For example, when $\theta = 90$ ($^\circ/\text{m}$), it means that the positions of the protrusions 11 differ by 90° around the central axis O when comparing the portions separated by 1 m along the 25 longitudinal direction in the cable.

[0051]

[Table 4]

Test Example	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
Twist angle θ ($^{\circ}/\text{m}$)	0	5	10	120	180
Air-blowing test	NG	NG	OK	OK	OK

[0052]

5 As shown in Table 4, in Test Examples (4-3 to 4-5) in which the twist angle is $10 \leq \theta$ ($^{\circ}/\text{m}$) ≤ 180 , results of the air-blowing test are good. It is considered that this is because the pressure of the air flowing in the recesses 12 can be effectively converted into the thrust that propels the optical fiber cable to the downstream side. That is, the air flowing in the recesses 12 exerts a pressure in the direction perpendicular to the side

10 surface of the protrusion 11. Therefore, the larger the value of θ , the more the side surface of the protrusion 11 is inclined with respect to the longitudinal direction, and the pressure of air is converted into the force in the longitudinal direction.

[0053]

On the other hand, in Test Examples (4-1, 4-2) in which the twist angle θ is $5^{\circ}/\text{m}$

15 or less, the results of the air-blowing test are not good. It is considered that this is because the pressure of the air flowing in the recesses 12 cannot be effectively used for the thrust of the optical fiber cable.

[0054]

From the above, the twist angle of the sheath 10 is preferably $10 \leq \theta$ ($^{\circ}/\text{m}$) $\leq$

20 180. With this configuration, the pressure of the air flowing in the recesses 12 can be effectively converted into a force for propelling the optical fiber cable to the downstream side, and the workability of air-blowing can be improved.

[0055]

When molding the sheath 10 such that $10 \leq \theta (^{\circ}/\text{m}) \leq 180$, a twisted shape may be positively provided on the sheath 10. Alternatively, the sheath 10 may be twisted by utilizing the force that the optical fiber unit 21 twisted in a spiral shape tries to untwist.

[0056]

5 It should be noted that the technical scope of the present invention is not limited to the above-described embodiments, and various modifications can be made without departing from the spirit of the present invention.

[0057]

For example, as illustrated in Fig. 6, the inner surface of the recess 12 may be a
10 curved surface that is radially inward convex.

[0058]

In addition, without departing from the spirit of the present invention, it is possible to appropriately replace the constituent elements in the above-described embodiment with well-known constituent elements, and the above-described
15 embodiment and modification examples may be appropriately combined.

[Reference Signs List]

[0059]

1 Optical fiber cable

10 Sheath

20 11 Protrusion

12 Recess

12a Connecting portion

12b Bottom surface

20 Core

25 21 Optical fiber unit

22 Wrapping tube

22a Wrap portion

22b Non-wrap portion

[Document Type] Claims

[Claim 1]

An optical fiber cable comprising:

a sheath; and

5 a core which is housed in the sheath and which has a plurality of optical fibers,
wherein recesses and protrusions are formed so as to be disposed alternately in a
circumferential direction on an outer circumferential surface of the sheath, and

the recesses each include two connecting portions respectively connected to
radial inner ends of two adjacent protrusions, and a bottom surface positioned between
10 the two connecting portions.

[Claim 2]

The optical fiber cable according to claim 1,

wherein the connecting portions are formed in a curved surface shape that is
radially inward convex.

15 [Claim 3]

The optical fiber cable according to claim 1 or 2,

wherein the optical cable has a compressive strength of 12.8 N/mm^2 or more and
 32.4 N/mm^2 .

[Claim 4]

20 The optical fiber cable according to any one of claims 1 to 3,
wherein the core has a wrapping tube that wraps the plurality of optical fibers.

[Claim 5]

The optical fiber cable according to claim 4,

wherein the wrapping tube has a first end portion and a second end portion that
25 overlap each other to form a wrap portion, and a non-wrap portion positioned between

the first end portion and the second end portion.

[Claim 6]

The optical fiber cable according to claim 5,

wherein when a circumferential length of the wrap portion is $W1$ and a

5 circumferential length of the non-wrap portion is $W2$, a wrap rate R obtained by $R = W1 \div (W1 + W2) \times 100$ is within a range of 5% or more and 20% or less.

[Claim 7]

The optical fiber cable according to any one of claims 1 to 6,

wherein in a transverse cross-sectional view, a cross-sectional area A of the

10 recesses, which is a cross-sectional area of a space defined by closed curves tangent to radial outer ends of the plurality of protrusions and all the recesses, is within a range of 1.3 mm^2 or more and 4.8 mm^2 or less.

[Claim 8]

The optical fiber cable according to any one of claims 1 to 7,

15 wherein when a twist angle of the sheath per 1 m along the longitudinal direction of the optical fiber cable is θ ($^\circ/\text{m}$), $10 \leq \theta \leq 180$.

[Claim 9]

The optical fiber cable according to any one of claims 1 to 8,

wherein a radius of curvature of each outer circumferential surface of the

20 protrusions is smaller than a radius of the sheath.

[Document Type] Abstract

[Abstract]

[Problem to be Solved by the Invention]

To provide an optical fiber cable which is capable of increasing the strength of the
5 sheath.

[Means for Solving the Problem] An optical fiber cable 1 includes: a sheath 10 and a
core which is housed in the sheath and which has a plurality of optical fibers 21a.

Recesses 12 and protrusions 11 are formed so as to be disposed alternately in a
circumferential direction on an outer circumferential surface of the sheath. The recesses
10 each include two connecting portions 12a respectively connected to radial inner ends of
two adjacent protrusions, and a bottom surface 12b positioned between the two
connecting portions 12a.

[Selected Drawing] FIG.1

[Fig. 2]

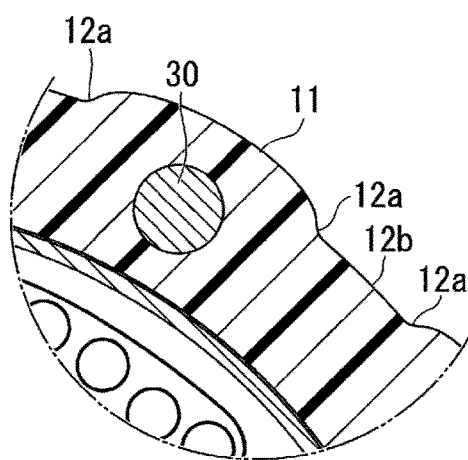
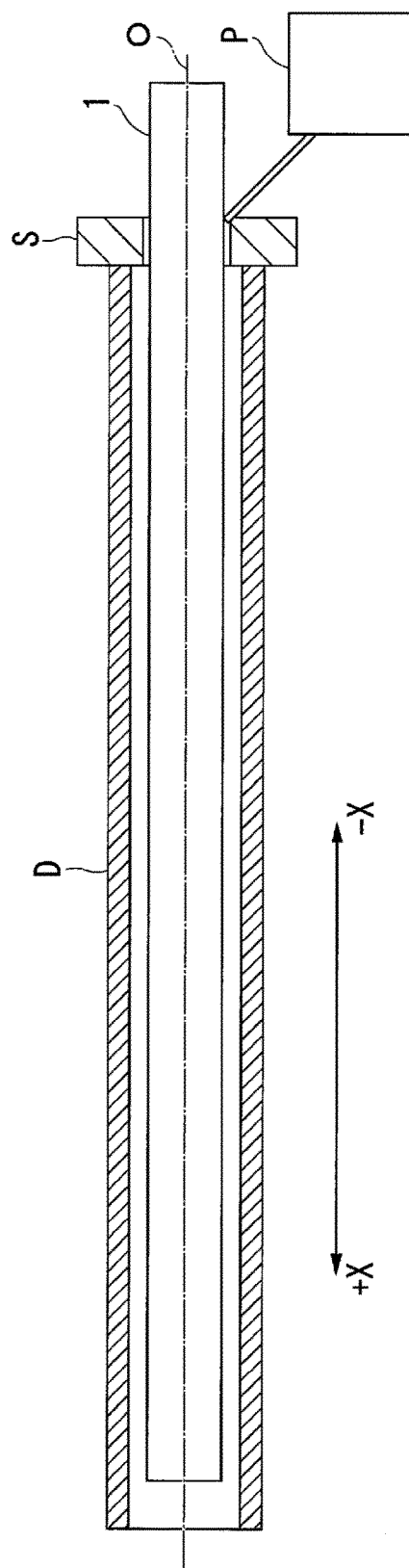


図2

[Fig. 3]



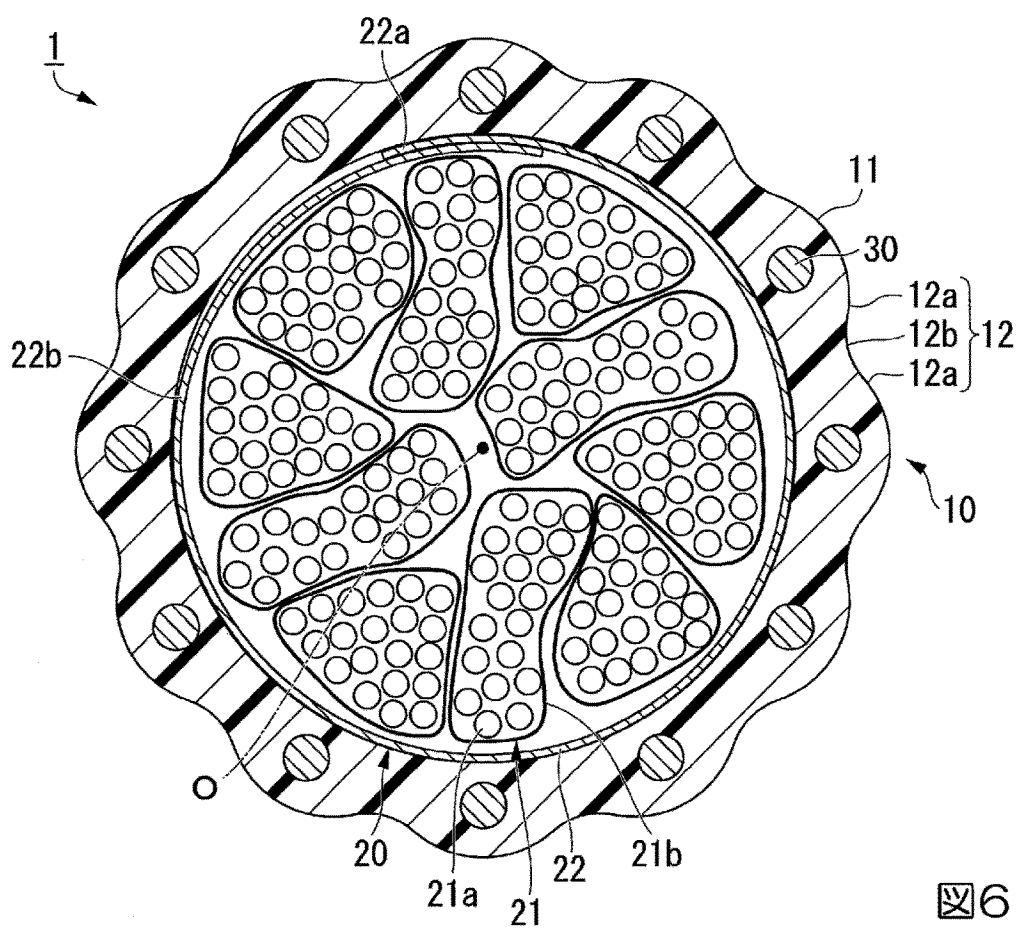
3

[Fig. 4]



図4

[Fig. 6]



Applicant History Information

Identification Number	[000005186]
1. Renewal Date	October 2, 1992
[Reason]	Change of Name
Address	5-1, Kiba 1-chome, Koto-ku, Tokyo
Name	Fujikura Ltd.

DOCUMENT MADE AVAILABLE UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

International application number:	PCT/JP2019/039740
International filing date:	09 October 2019 (09.10.2019)
Document type:	Certified copy of priority document
Document details:	Country/Office: JP
	Number: 2018-192706
	Filing date: 11 October 2018 (11.10.2018)
Date of receipt at the International Bureau:	24 October 2019 (24.10.2019)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a),(b) or (b-bis)

CERTIFICATE OF AVAILABILITY OF A CERTIFIED PATENT DOCUMENT IN A DIGITAL LIBRARY

The International Bureau certifies that a copy of the patent application indicated below has been available to the WIPO Digital Access Service since the date of availability indicated, and that the patent application has been available to the indicated Office(s) as of the date specified following the relevant Office code:

Document details: Country/Office: **JP**

Filing date: **11 Oct 2018 (11.10.2018)**

Application number: **2018-192706**

Date of availability of document: **12 Oct 2018 (12.10.2018)**

The following Offices can retrieve this document by using the access code:

**JP, GE, NZ, EA, BR, GB, CA, IB, MA, FI, DK, US, AR, SE, KR, IL, IN,
AU, EP, ES, NL, EE, CN, CL**

Date of issue of this certificate: **24 Oct 2019 (24.10.2019)**

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application: 2018年10月11日

出 願 番 号

Application Number: 特願2018-192706

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2018-192706

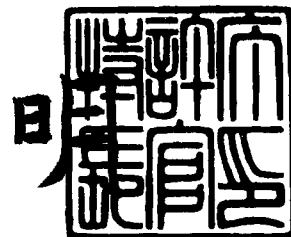
出 願 人

Applicant(s): 株式会社フジクラ

2019年10月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

松 永



【書類名】	特許願
【整理番号】	20180339
【提出日】	平成30年10月11日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	G02B 6/44
【発明者】	
【住所又は居所】	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
【氏名】	清水 正砂
【発明者】	
【住所又は居所】	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
【氏名】	鯉江 彰
【発明者】	
【住所又は居所】	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
【氏名】	大里 健
【特許出願人】	
【識別番号】	000005186
【氏名又は名称】	株式会社フジクラ
【代理人】	
【識別番号】	100106909
【弁理士】	
【氏名又は名称】	棚井 澄雄
【選任した代理人】	
【識別番号】	100126882
【弁理士】	
【氏名又は名称】	五十嵐 光永
【選任した代理人】	
【識別番号】	100160093
【弁理士】	
【氏名又は名称】	小室 敏雄
【選任した代理人】	
【識別番号】	100169764
【弁理士】	
【氏名又は名称】	清水 雄一郎
【手数料の表示】	
【振替番号】	00004329
【納付金額】	14,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	明細書 1
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	要約書 1
【物件名】	図面 1
【包括委任状番号】	1106454

【書類名】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。

【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。

【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。

【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た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た光ファイバケーブルを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本実施形態に係る光ファイバケーブルの横断面図である。

【図2】図1のII部の拡大図である。

【図3】空気圧送の方法を示す概略図である。

【図4】変形した光ファイバケーブルの横断面図である。

【図5】凹部断面積の説明図である。

【図6】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。

【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づいて説明する。

図1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1）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】

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り、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）に広がるように互いに接着されている。詳しくは、ある一つの光ファイバ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されており、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互いに接着されている。

【0012】

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、S Z状であってもよい。

なお、光ファイバユニット21の態様は間欠接着型テープ心線に限られず、適宜変更してもよい。例えば、光ファイバユニット21は、複数の光ファイバ21aを単に結束材21bで束ねたものであってもよい。

【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など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12

および凸部１１は、周方向に交互に配置されている。このように、シース１０の外周面には凹凸形状が形成されている。凹部１２および凸部１１は、長手方向に沿って延びている。

【００１８】

凸部１１は、周方向において、抗張力体３０と同じ位置に配置されている。換言すると、凸部１１は、横断面視において中心軸線Ｏから抗張力体３０の中心に向けて延びる直線上に位置している。凹部１２は、周方向において、抗張力体３０と異なる位置に配置されている。換言すると、凹部１２は、横断面視において、中心軸線Ｏから抗張力体３０の中心に向けて延びる直線上に位置していない。

【００１９】

凹部１２は、２つの接続部１２ａと、底面１２ｂと、を有している。接続部１２ａは、周方向で隣接する凸部１１の径方向内端に接続されている。底面１２ｂは、２つの接続部１２ａ同士の間位置している。図２に示すように、接続部１２ａ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１２ｂ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１２ｂ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１２ｂは、２つの接続部１２ａ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１２が、２つの接続部１２ａと、これらの接続部１２ａの間に位置する底面１２ｂとを有していることで、凸部１１に周方向の力が作用したとしても、凹部１２に応力が集中しにくくなっている。したがって、凹部１２に亀裂などが生じることが抑制されており、シース１０の強度が高められている。

【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】

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。

【0032】

表1に示す通り、圧縮強さが 11.6 N/mm^2 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つたと考えられる。

【0033】

これに対して、圧縮強さが 12.8 N/mm^2 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。

【0034】

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。

【0035】

(ラップ率)

図1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4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。

【0036】

そこで、好ましいラップ部22aの割合について検討した結果を、以下に説明する。

図1に示すように、横断面視におけるラップ部22aの周長を $W1$ とする。また、非ラップ部22bの周長を $W2$ (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。

$$R = W1 \div (W1 + W2) \times 100 \quad \dots (1)$$

ラップ率 R は、押さえ巻き22の全周の長さに対するラップ部22aの周長の割合を示している。

【0037】

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 1550 nm において、伝送損失が 0.30 dB/km 以下である場合に結果が良好 (OK) とし、伝送損失が 0.30 dB/km 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。

【0038】

【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

【0039】

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 22a から押さえ巻き 22 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。

【0040】

また、ラップ率 R が 20 % 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。

【0041】

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。

【0042】

(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。

【0043】

本実施例では、図 4 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。

【0044】

【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

【0045】

表3に示す通り、凹部断面積Aが5.2 mm²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。

【0046】

これに対して、凹部断面積Aが1.3 mm²以上4.8 mm²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。

【0047】

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。

【0048】

以上の結果から、凹部断面積Aは1.3 mm²以上4.8 mm²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。

【0049】

（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伸びている場合と、長手方向に沿って螺旋状に捻れている場合とでは、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。

【0050】

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1 m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1 m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。

【0051】

【表 4】

試験例	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
捻れ角度 θ (° /m)	0	5	10	120	180
空気圧送試験	NG	NG	OK	OK	OK

【0052】

表 4 に示す通り、捻れ角度が $10 \leq \theta$ (° /m) ≤ 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。

【0053】

これに対して、捻れ角度 θ が 5° /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。

【0054】

以上のことから、シース 10 の捻れ角度は $10 \leq \theta$ (° /m) ≤ 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。

【0055】

なお、 $10 \leq \theta$ (° /m) ≤ 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。

【0056】

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。

【0057】

例えば図 6 に示すように、凹部 12 の内面が、径方向内側に向けて凸の曲面となってもよい。

【0058】

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】

【0059】

1…光ファイバケーブル 10…シース 11…凸部 12…凹部 12a…接続部
12b…底面 20…コア 21…光ファイバユニット 22…押さえ巻き 22a…ラップ部 22b…非ラップ部

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

シースと、
複数の光ファイバを有し、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 $3.2 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 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、前記複数の光ファイバ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 とするとき、 $R = W_1 \div (W_1 + W_2) \times 100$ 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 ($^\circ/\text{m}$) 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。

【書類名】要約書

【要約】

【課題】シースの強度を高めた光ファイバケーブルを提供する。

【解決手段】光ファイバケーブル1は、シース10と、シース内に収容された複数の光ファイバ21aと、を備える。シースの外周面には、凹部12および凸部11が形成されている。凸部および凹部は、周方向に交互に複数配置されている。凹部は、隣接する2つの凸部の径方向内端に接続された2つの接続部12aと、2つの接続部12aの間に位置する底面12bと、を有している。

【選択図】図1

【書類名】 図面
【図 1】

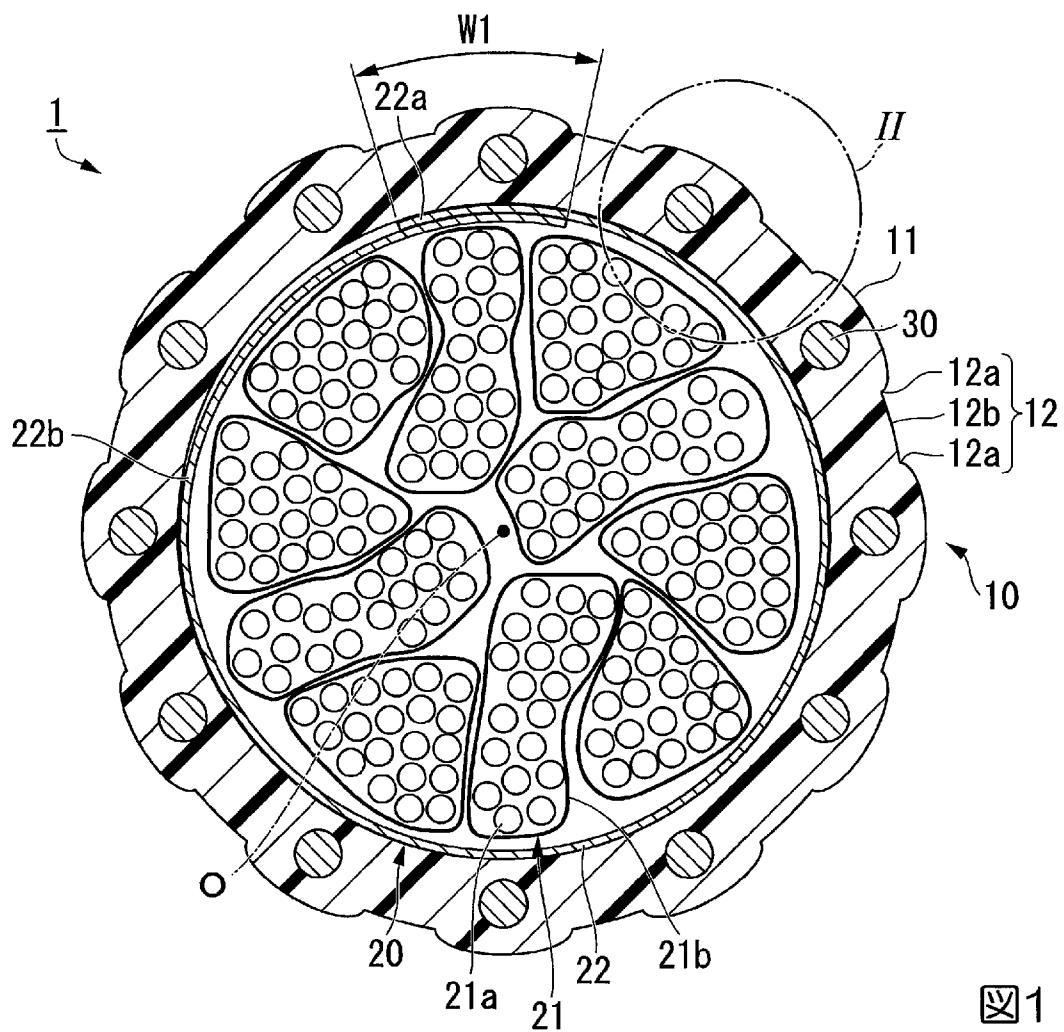


図1

【図 2】

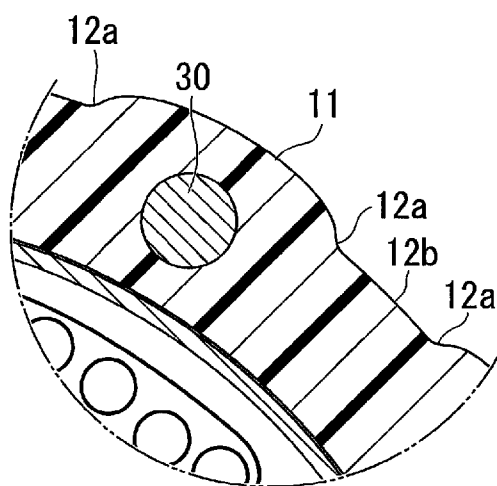


図2

【図 3】

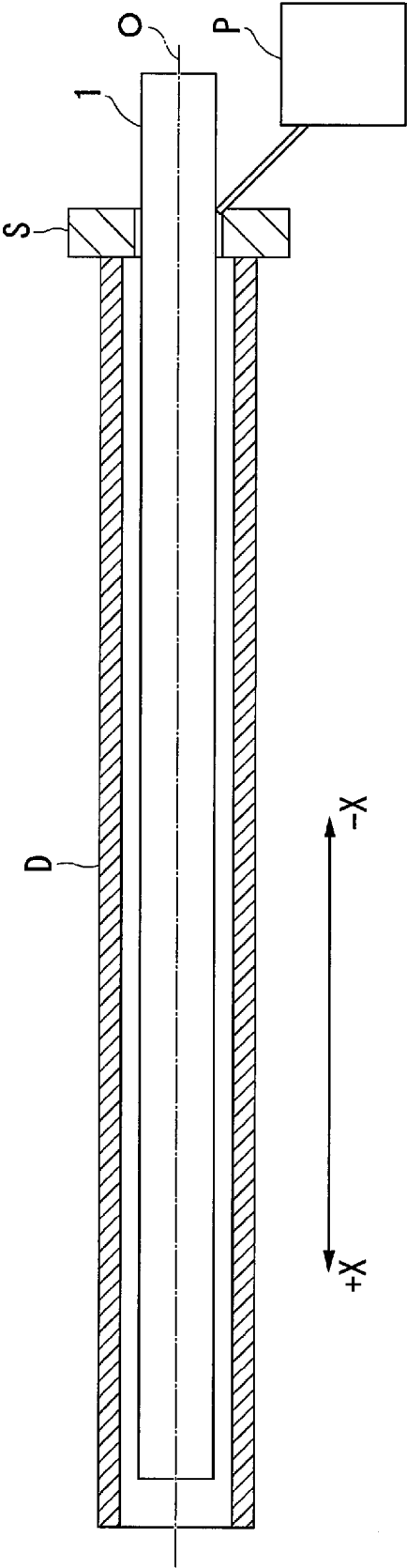


図 3

【図4】



図4

【図5】

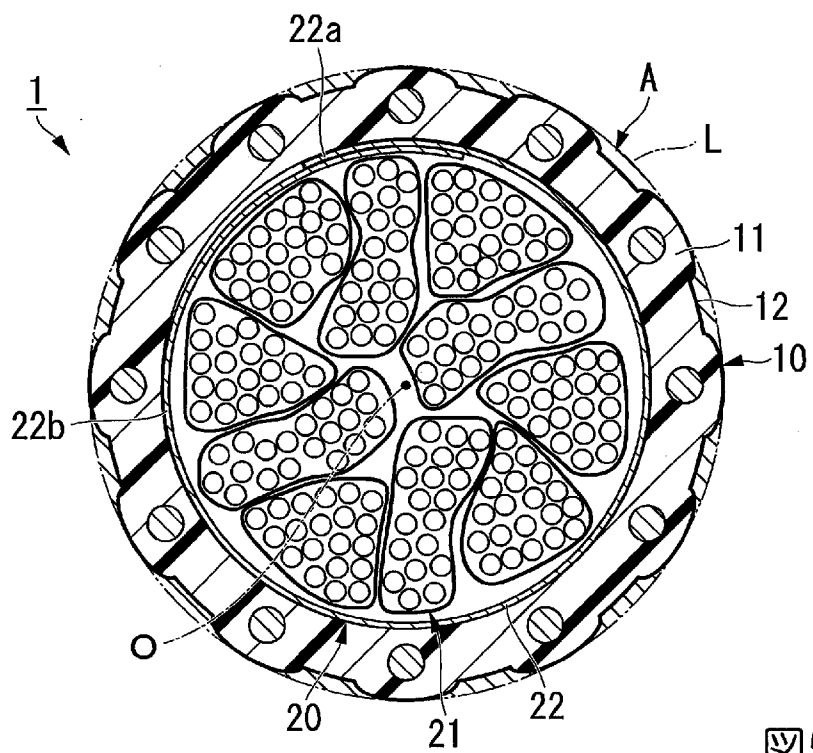


図5

【図 6】

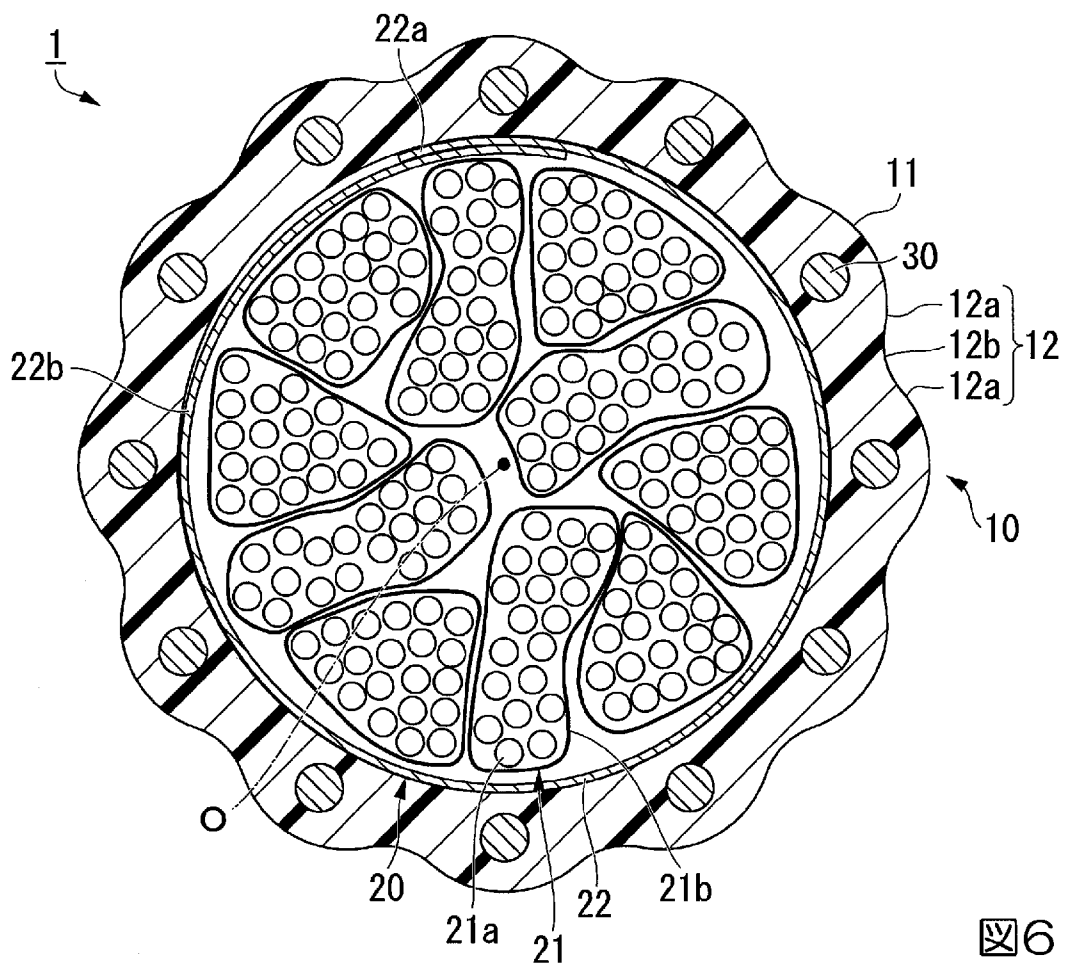


図 6

出願人履歴

0 0 0 0 0 5 1 8 6

19921002

名称変更

東京都江東区木場 1 丁目 5 番 1 号

株式会社フジクラ