



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115698808 A

(43) 申请公布日 2023. 02. 03

(21) 申请号 202180043054.4

樱井信 铁谷成且 谷冈裕明

(22) 申请日 2021.08.25

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

(30) 优先权数据

公司 11227

2020-147729 2020.09.02 JP

专利代理师 郭忠健

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2022.12.15

G02B 6/44 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/031193 2021.08.25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/050152 JA 2022.03.10

(71) 申请人 株式会社藤仓

地址 日本东京都

申请人 日本电信电话株式会社

(72) 发明人 金子总一郎 大野正敏 鲇江彰

大里健 山田裕介 丸尾勇太

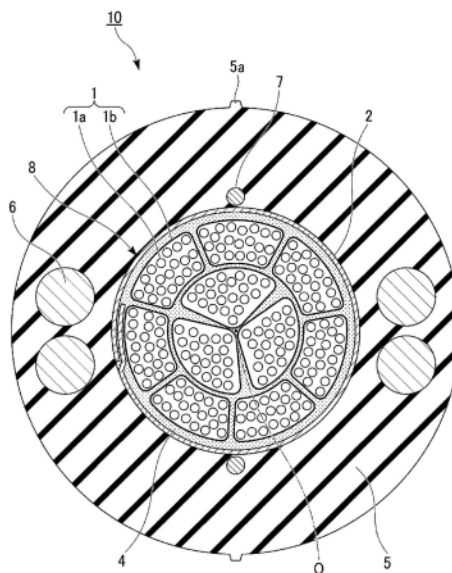
权利要求书1页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

光纤缆线

(57) 摘要

光纤缆线具备护套和芯部,该芯部具有多个光纤,该多个光纤在相互捻合的状态下收容于上述护套内的收容空间,上述多个光纤分别具有玻璃部、覆盖上述玻璃部的初级层、及覆盖上述初级层的次级层,指数Q的值不足20,拉拔上述光纤时的芯线拉拔力为15N/10m以上。



1. 一种光纤缆线,其特征在于,具备:

护套;和

芯部,所述芯部具有多个光纤,所述多个光纤在相互捻合的状态下收容于所述护套内的收容空间,

所述多个光纤分别具有玻璃部、覆盖所述玻璃部的初级层、及覆盖所述初级层的次级层,

由以下的数式(3)、数式(5)、数式(6)、数式(7)、数式(8)、数式(9)、数式(10)、数式(11)定义的指数Q的值不足20,

拉拔所述光纤时的芯线拉拔力为15N/10m以上,

【数式3】

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

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

【数式5】

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

【数式6】

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

【数式7】

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

【数式8】

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

【数式9】

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

【数式10】

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

【数式11】

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

其中, E_p (MPa) 是所述初级层12的杨氏模量, d_f (μm) 是所述玻璃部的外径, E_g (GPa) 是所述玻璃部的杨氏模量, R_s (μm) 是所述次级层的外周面的半径, t_s (μm) 是所述次级层的厚度, E_s (MPa) 是所述次级层的杨氏模量, R_p (μm) 是所述初级层的外周面的半径,N(根) 是收容于所述收容空间的所述光纤的数量,S (mm^2) 是所述收容空间的横截面积,A (mm^2) 是配置于所述收容空间的除所述光纤以外的部件的横截面积之和,T (d) 是将夹设物设置于所述收容空间的情况下的所述夹设物的总旦尼尔数, $\Delta \beta$ (rad/m) 是在所述光纤传播的光的波导模式下的传播常量与辐射模式下的传播常量之差。

2. 根据权利要求1所述的光纤缆线,其特征在于,

所述夹设物配置于所述收容空间。

光纤缆线

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤缆线。

[0002] 本申请主张基于2020年9月2日在日本申请的日本特愿2020-147729号的优先权，并在此引用其内容。

背景技术

[0003] 在专利文献1中，公开了一种光纤缆线，其具备配置为与光纤接触的夹设物（绳状体），通过夹设物抑制光纤移动。

[0004] 专利文献1：日本特开2014-139609号公报

[0005] 若在光纤缆线内作用于光纤的摩擦力过小，则在光纤缆线的长度方向的端部，存在光纤从护套超出允许范围突出的情况。通过向光纤缆线内填充夹设物，也能够调整作用于光纤的摩擦力。然而，即使得到了所希望的摩擦力，若夹设物的填充量等不适当，则实际使用状态下的光的传送特性也会降低。

发明内容

[0006] 本发明是考虑上述的情况而完成的，目的在于提供一种能够保证作用于光纤的摩擦力，并且能够在实际使用状态下得到良好的光传送特性的光纤缆线。

[0007] 为了解决上述课题，本发明的一个方式的光纤缆线具备：护套；和芯部，该芯部具有多个光纤，该多个光纤在相互捻合的状态下收容于上述护套内的收容空间，上述多个光纤分别具有玻璃部、覆盖上述玻璃部的初级层、及覆盖上述初级层的次级层，指数Q的值不足20，拉拔上述光纤时的芯线拉拔力为15N/10m以上。

[0008] 根据本发明的上述方式，能够提供一种能够保证作用于光纤的摩擦力，并且能够在实际使用状态下得到良好的光传送特性的光纤缆线。

附图说明

[0009] 图1是本实施方式的光纤缆线的横向剖视图。

[0010] 图2是图1的光纤的详细的横向剖视图。

[0011] 图3是表示不设置夹设物的情况下的安装密度与传送损失的关系的图表。

[0012] 图4是导出系数C1的图表。

[0013] 图5是导出系数C2的图表。

[0014] 图6是导出系数C3的图表。

[0015] 图7是导出系数C4的图表。

具体实施方式

[0016] 如图1所示，本实施方式的光纤缆线10具备具有多个光纤1a的芯部8、夹设物4及覆盖芯部8的护套5。

[0017] 在本实施方式中,将护套5的中心轴线称为中心轴线0,将沿着中心轴线0的方向称为长度方向,将与长度方向正交的截面称为横截面。将横截面中的面积称为横截面积。另外,在横向剖视观察时,将与中心轴线0交叉的方向称为径向,将绕中心轴线0环绕的方向称为周向。

[0018] 芯部8具备多个光纤单元1和包覆这些光纤单元1的压卷部2,该多个光纤单元1分别具有多个光纤1a。多个光纤单元1在相互捻合成SZ状或螺旋状的状态下被压卷部2包覆。各光纤单元1所包含的多个光纤1a可以相互捻合成SZ状或螺旋状,也可以不被捻合。此外,芯部8也可以通过利用压卷部2包覆1个光纤单元1而构成。

[0019] 作为压卷部2,能够使用无纺布、聚酯带等。另外,作为压卷部2,也可以使用对无纺布、聚酯带等赋予吸水性而成的吸水带。在该情况下,能够提高光纤缆线10的防水性能。此外,芯部8可以不具备压卷部2,也可以使光纤单元1与夹设物4接触。换言之,也可以将夹设物4作为压卷部2来使用。其中,在具备压卷部2的情况下,在制造时能够抑制光纤单元1散开,因此能够在护套5的内部更容易地设置芯部8。

[0020] 本实施方式的光纤单元1具备多个光纤1a和将这些光纤1a捆扎的捆扎材料1b。作为光纤1a,能够使用光纤芯线、光纤裸线、光纤带芯线等。作为光纤带芯线的一种,多个光纤1a也可以构成所谓的间歇固定带芯线。在间歇固定带芯线中,多个光纤1a相互被粘接成若向其延伸方向正交的方向拉则呈网状(蜘蛛网状)扩张。详细而言,某1个光纤1a与其两侧紧邻的光纤1a在长度方向不同的位置分别粘接,并且邻接的光纤1a彼此在长度方向隔开恒定的间隔相互粘接。

[0021] 此外,芯部8所包含的光纤1a的方式不限于间歇固定带芯线,也可以适当变更。

[0022] 捆扎材料1b可以为绳状,也可以为片状,还可以为管状。捆扎材料1b配置为沿长度方向延伸,将1个光纤单元所包含的多个光纤1a捆扎。另外,多个光纤1a也可以不被捆扎(即不构成光纤单元1)而保持原样不变地被压卷部2包覆。

[0023] 或者,也可以将多个光纤1a相互捻合并捆扎,而构成光纤单元1。在该情况下,光纤单元1也可以不具有捆扎材料1b。

[0024] 此外,在图1等中,光纤单元1的截面形状整齐,但也存在光纤单元1内的光纤1a移动而使截面形状走样的情况。另外,在图1等中,3个光纤单元1形成内侧的层,7个光纤单元1形成外侧的层。然而,外侧的层的一部分也可以进入内侧的层。或者,光纤单元1也可以不形成这些层。

[0025] 另外,在图1等中,多个光纤单元1隔开均匀的间隙排列,但可以没有间隙,也可以使间隙不均匀。或者,也可以在光纤单元1彼此之间放入夹设物4而使芯部8的形状整齐。

[0026] 如图2所示,光纤1a具有玻璃部11、初级层12、次级层13及着色层14。

[0027] 玻璃部11例如由石英系玻璃等形成,传递光。初级层12由树脂(例如UV固化型树脂)形成,覆盖玻璃部11。次级层13由树脂(例如UV固化型树脂)形成,覆盖初级层12。着色层14由被着色了的树脂(例如UV固化型树脂)形成,配置于初级层12及次级层13的外侧。

[0028] 此外,也可以没有着色层14。另外,也可以对次级层13进行着色,将次级层13本身用作着色层。

[0029] 初级层12、次级层13及着色层14的具体材质可以彼此相同,也可以分别不同。作为UV固化型树脂,例如能够使用丙烯酸酯树脂等。

[0030] 如图1所示,在护套5埋设有2根撕裂绳7及4根抗张力体6。其中,也可以变更撕裂绳7及抗张力体6的数量。或者,也可以没有撕裂绳7及抗张力体6。

[0031] 撕裂绳7是聚酯等合成纤维的线等,用于撕裂护套5。另外,作为撕裂绳7,也可以使用聚丙烯(PP)、尼龙制的圆柱状杆等。作为抗张力体6的材质,例如能够使用金属线(钢线等)以及FRP(Fiber Reinforced Plastics:纤维增强塑料)等。

[0032] 护套5对芯部8进行被覆。换言之,护套5具有收容芯部8的收容空间。本实施方式中的收容空间是由护套5的内周面包围的区域整体。作为护套5的材质,能够使用聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、乙烯丙烯酸乙酯共聚物(EEA)、乙烯醋酸乙酯共聚物(EVA)、乙烯丙烯共聚物(EP)等聚烯烃(PO)树脂、聚氯乙烯(PVC)等。另外,也可以使用上述树脂的混合物(合金、混合材料(Mixture))。

[0033] 在护套5的外周面设置有用于表示撕裂绳7的位置的标记部5a。标记部5a可以是如图1那样向径向外侧突出的突起,也可以是涂料形成的标记等。例如,根据由抗张力体6带来的光纤缆线10的弯曲的方向性,也能够掌握撕裂绳7的位置,因此也可以没有标记部5a。

[0034] 夹设物4在护套5的内部配置为与光纤单元1接触。例如,在捆扎材料1b为绳状的情况下,或在没有捆扎材料1b的情况下,夹设物4也可以与光纤1a直接接触。或者,在捆扎材料1b为管状的情况下,夹设物4也可以不与光纤1a接触而与捆扎材料1b接触。总之,通过夹设物4与光纤单元1接触,使夹设物4作为缓冲材料发挥作用,从而能够抑制在光纤1a产生微弯。另外,通过夹设物4也能够调整作用于光纤单元1的摩擦力。摩擦力可以经由捆扎材料1b作用于光纤1a,也可以直接作用于光纤1a。作为夹设物4,只要是具有缓冲性的材质,能够采用任意的材质。作为夹设物4的材质的具体例,能够举出聚酯纤维、芳族聚酰胺纤维、玻璃纤维等。此外,夹设物4也可以由具有吸水性的纱线等构成。在该情况下,能够提高光纤缆线10的内部的防水性能。

[0035] 光纤缆线10被要求使所包含的光纤1a的数量尽可能多,且减小光的传送损失。若高密度地安装光纤1a,则在对光纤缆线10施加侧压时,容易在光纤1a产生微弯损耗。因此,考虑到减小光纤1a的密度(例如,增大护套5内的空间),但若单纯地减小光纤1a的密度,则作用于光纤1a的摩擦力降低,从而容易产生光纤1a的松捻。若产生松捻,则光纤缆线10内的光纤1a的剩余长度比率不足,从而在光纤1a产生伸长变形,导致光损失的增加。另外,若作用于光纤1a的摩擦力过小,则在光纤缆线10的长度方向的端部,存在光纤1a从护套5的端面超出允许范围突出的可能性。

[0036] 此外,作用于光纤1a的摩擦力是在光纤1a与和光纤1a接触的部件之间产生的摩擦力。例如,摩擦力也可以在邻接的光纤1a彼此之间以及光纤1a与和光纤1a接触的其他部件之间产生。

[0037] 根据以下的非专利文献1~3,微弯损耗存在受到光纤1a的几何形状(构造)以及光学特性双方的影响的趋势。

[0038] 非专利文献1:J.Baldauf,et al.,“Relationship of Mechanical Characteristics of Dual Coated Single Mode Optical Fibers and Microbending Loss,”IEICE Trans.Commun.,vol.E76-B,No.4,1993.

[0039] 非专利文献2:K.Petermann,et al.,“Upper and Lower Limits for the Microbending Loss in Arbitrary Single-Mode Fibers,”J.Lightwave technology,

vol.LT-4,no.1,pp.2-7,1986.

[0040] 非专利文献3:P.Sillard,et al.,“Micro-Bend Losses of Trench-Assisted Single-Mode Fibers,”ECOC2010,We.8.F.3,2010.

[0041] 若参照上述非专利文献1~3,则光纤1a的几何形状对微弯损耗给予的影响能够通过根据以下的数式(1)得到的几何形状损耗因子 $F_{\mu BL_G}$ 来表示。在数式(1)中,各参数的定义如以下那样。

[0042] H_f : 光纤1a的玻璃部11的弯曲刚性(Pa·m⁴)

[0043] D_0 : 次级层13的耐变形性(Pa)

[0044] H_0 : 次级层13的弯曲刚性(Pa·m⁴)

[0045] μ : 规定的常量

[0046] E_p : 初级层12的杨氏模量(MPa)

[0047] d_f : 玻璃部11的外径(μm)

[0048] t_p : 初级层12的厚度(μm)

[0049] E_g : 玻璃部11的杨氏模量(GPa)

[0050] R_s : 次级层13的外周面的半径(μm)

[0051] t_s : 次级层13的厚度(μm)

[0052] E_s : 次级层13的杨氏模量(MPa)

[0053] R_p : 初级层12的外周面的半径(μm)

[0054] 此外, $t_p=R_p-d_f/2$, $t_s=R_s-R_p$ 。

[0055] 【数式1】

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

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

[0057] 若参照上述非专利文献1~3,则光纤1a的光学特性对微弯损耗给予的影响能够通过根据以下的数式(2)得到的光学损耗因子 $F_{\mu BL_Δβ}$ 来表示。在数式(2)中,各参数的定义如以下那样。

[0058] $\Delta\beta$: 在光纤1a传播的光的波导模式下的传播常量与辐射模式下的传播常量之差。单位是(rad/m)。“辐射模式”是相对于光纤1a能够传播的波导模式为一个高阶的模式。

[0059] p : 规定的常量

[0060] 【数式2】

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

[0062] 若参照下述非专利文献4,则数式(1)中的常量 μ 的典型值是3。因此,数式(1)成为下述数式(3)。

[0063] 非专利文献4:K.Kobayashi,et al.,“Study of Microbending loss in thin coated fibers and fiber ribbons,”IWCS,pp.386—392,1993.

[0064] 【数式3】

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

[0065]

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

[0066] 根据上述非专利文献2及下述非专利文献5, 数式(2)中的常量p的典型值是4。因此, 数式(2)成为下述数式(4)。

[0067] 非专利文献5:C.D.Hussey, et al., "Characterization and design of single-mode optical fibres," Optical and Quantum Electronics, vol.14, no.4, pp.347-358, 1982.

[0068] 【数式4】

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

[0070] 如数式(4)所示, 光学损耗因子 $F_{\mu BL_ \Delta \beta}$ 的值与传播常量差 $\Delta \beta$ 的8次幂成反比例。认为从数式(3)、数式(4)导出的几何形状损耗因子 $F_{\mu BL_G}$ 以及光学损耗因子 $F_{\mu BL_ \Delta \beta}$ 越大, 则光纤1a的微弯损耗越大。

[0071] 这里, 通常的光纤(例如依据ITU-T G.657.A1)的 $\Delta \beta$ 是9900~12000(rad/m)。与此相对, 长距离传送用的低损失的光纤(例如依据ITU-TG.654.E)的 $\Delta \beta$ 值是9000~10000(rad/m)。这种低损失的光纤由于 $\Delta \beta$ 的值较小, 所以光学损耗因子 $F_{\mu BL_ \Delta \beta}$ 的值变大, 从而判断出也容易产生微弯损耗。

[0072] 在光纤缆线10内, 越是将光纤1a收容成高密度, 越容易产生微弯损耗。理由是因为, 在例如将光纤缆线10弯曲时, 光纤1a被其他光纤1a、压卷部2或护套5强烈地按压, 从而在光纤1a容易产生微小的弯曲(微弯)。若在光纤1a的周围适当地配置夹设物4, 则夹设物4作为缓冲物发挥作用, 从而能够减少微弯及微弯损耗。另一方面, 若夹设物4被过多地填充于光纤缆线10内, 则夹设物4的缓冲性降低, 从而无法有效地减少微弯及微弯损耗。

[0073] 因此, 为了减少微弯损耗, 被要求不仅要适当地设定单纯的光纤1a的安装密度, 还要适当地设定也考虑了夹设物4的填充量的实际密度。另外, 除夹设物4的填充量以外, 微弯损耗还受上述的几何形状的影响、 $\Delta \beta$ 的值得影响。

[0074] 因此, 本申请发明人等在深入研究之后, 发现了用于将光纤缆线10的各种参数对微弯损耗给予的影响数值化, 而将微弯损耗形成恒定以下的条件。以下, 使用表1、表2详细进行说明。

[0075] 【表1】

[0076]

样本编号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11
	ITU-T G. 657. A1										
依据的规格	ITU-T G. 652. D										
参数	ITU-T G. 654. E										
单位											
D1	13	7	8	9	10	13	7	8	9	10	7
[根/mm ²]											
D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
[d/mm ²]											
Δβ	1.10 × 10 ⁴	9.90 × 10 ²	9.90 × 10 ³	9.90 × 10 ³	9.90 × 10 ³	9.90 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³	9.35 × 10 ³
[rad/m]											
FμBL_Δβ	4.67 × 10 ⁻³¹	1.08 × 10 ¹⁶	1.08 × 10 ¹⁶	1.08 × 10 ¹⁶	1.08 × 10 ¹⁶	1.08 × 10 ¹⁶	1.71 × 10 ¹⁵	1.71 × 10 ¹⁵	1.71 × 10 ¹⁵	1.71 × 10 ¹⁵	1.71 × 10 ¹⁵
[(rad/μm) ⁻⁸]											
df	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
[μm]											
Rp*2	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
[μm]											
Rs*2	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
[μm]											
Eg	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
[GPa]											
Ep	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
[MPa]											
Es	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
[MPa]											
HF	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷	8.87 × 10 ⁻⁰⁷
[Pa*mm ⁴]											
HO	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸	7.91 × 10 ⁻⁰⁸
[Pa*mm ⁴]											
FμBL_6	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶	4.99 × 10 ²⁶
[Pa ⁻¹)*mm ⁻¹⁰ 5]											
C1	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	0.95
C2	0.87	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
C3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
C4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98
D1 × C1 × C2 × C3 × C4	17.8	13.6	15.6	17.5	19.5	25.3	19.5	22.2	25.0	27.8	17.7
光损失											
[dB/km]	0.215	0.283	0.225	0.205	0.210	0.260	0.281	0.274	0.240	0.254	0.227
芯线拉拔力	37.4	13.1	14.8	20.5	23.4	36.4	14.3	15.1	20.5	23.4	38.6
[N/10mm]											
判定	OK	NG	NG	OK	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK

[0077]

【表2】

[0078]

样本编号	ITU-T G.654.E																								
	1-12	1-13	1-14	1-15	1-16	1-17	1-18	1-19	1-20	1-21	1-22														
依据的规格																									
参数	单位																								
D1	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	
D2	300	500	1500	2000	200	300	500	1500	2000	2000	3000	500	1500	2000	2000	3000	500	1500	2000	2000	3000	500	1500	2000	0
$\Delta\beta$	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3	9.35×10^3
F μ BL $\Delta\beta$	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}	1.71×10^{16}
df	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Rp*2	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	187
Rs*2	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Eg	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
Ep	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.2
Es	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
HF	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}	8.87×10^{-07}
H0	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}	7.91×10^{-08}
F μ BL Δ	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}	4.99×10^{26}
C1	0.92	0.88	1.07	1.40	0.95	0.92	0.88	1.07	1.40	0.95	0.92	0.88	1.07	1.40	0.95	0.92	0.88	1.07	1.40	0.95	0.92	0.88	1.07	1.40	1.03
C2	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
C3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0
C4	0.97	0.95	0.86	0.81	0.98	0.97	0.95	0.86	0.81	0.98	0.97	0.95	0.86	0.81	0.98	0.97	0.95	0.86	0.81	0.98	0.97	0.95	0.86	0.81	1.00
D1 × C1 × C2 × C3 × C4	17.0	15.9	17.3	21.4	20.2	19.4	18.2	19.8	24.5	20.2	19.4	18.2	19.8	24.5	20.2	19.4	18.2	19.8	24.5	20.2	19.4	18.2	19.8	24.5	16.3
光损失	0.214	0.210	0.217	0.238	0.236	0.212	0.208	0.220	0.240	0.236	0.212	0.208	0.220	0.240	0.236	0.212	0.208	0.220	0.240	0.236	0.212	0.208	0.220	0.240	0.211
芯线拉拔力	45.8	53.5	71.2	101.4	40.4	50.7	60.3	80.3	108.9	40.4	50.7	60.3	80.3	108.9	40.4	50.7	60.3	80.3	108.9	40.4	50.7	60.3	80.3	108.9	20.5
判定	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	NG	OK

[0079] 如表1、表2所示那样，制成了样本1-1~1-22的光纤缆线10。在各样本中，作为光纤1a，使用了相互捻合而成的间歇固定带芯线。在表1、表2中，D1是光纤1a的安装密度(单位为[根/mm²])，通过以下的数式(5)来定义。在数式(5)中，各参数的定义如以下那样。

[0080] N:收容于护套5内的收容空间的光纤1a的数量(根)

[0081] S:护套5内的收容空间的横截面积(mm²)

[0082] A:配置于护套5内的收容空间的部件(除光纤1a之外)的横截面积之和(mm^2)

[0083] 图1的例子中的A的值是压卷部2、捆扎材料1b及夹设物4的横截面积之和。图1的例子中的S的值是由护套5的内周面围起的区域的横截面积。

[0084] 【数式5】

$$[0085] \quad D1 = N \div (S - A) \cdots (5)$$

[0086] 在表1、表2中,D2是夹设物4的安装密度(单位为 $[\text{d}/\text{mm}^2]$),通过以下的数式(6)来定义。在数式(6)中,T是收容空间内的夹设物4的总旦尼尔数(单位为d:旦尼尔)。

[0087] 【数式6】

$$[0088] \quad D2 = T \div S \cdots (6)$$

[0089] 在表1、表2中,C1是表示夹设物4的安装密度D2对微弯损耗给予的影响的系数。C2是表示光纤1a的 $\Delta\beta$ 对微弯损耗给予的影响的系数。C3是表示几何形状损耗因子对微弯损耗给予的影响的系数。C4是表示夹设物4的缓冲性对微弯损耗给予的影响的系数。

[0090] 以下,对各系数C1~C4进行说明。

[0091] 首先,对调查不设置夹设物4的情况下的光纤1a的安装密度与传送损失的关系而得出的结果进行说明。如表3所示,制成了4根光纤缆线10。表3的各样本1-4、1-5、1-6的条件与在表1、表2中示出的各样本相同。针对样本1-5',除相对于样本1-5增加了光纤1a的数量这点之外,与样本1-5条件相同。如以表3为基础制成的图3所示,在不设置夹设物4的条件下,传送损失的值与D1的值实际成比例。根据图3,D1与传送损失的关系能够通过 $y = 0.0144x + 0.0713$ 的式子(以下称为“换算式”)来表示。

[0092] 【表3】

样本编号	D1 [根/ mm^2]	传送损失 [dB/km]
1-4	9	0.205
1-5	10	0.210
1-5'	11	0.228
1-6	13	0.260

[0094] 针对系数C1,根据下述表4及图4导出。如表4所示,制成了样本3-1~3-6的光纤缆线10。样本3-1不设置夹设物4,光纤1a的安装密度D1为10.6(根/ mm^2)。在样本3-2~3-6中,光纤1a的数量(N)以及护套5内的收容空间的横截面积(S)与样本3-1相等,但填充了夹设物4。另外,在样本3-2~3-6中,夹设物4的填充量彼此不同。因此,夹设物4的安装密度D2在样本3-1~3-6中彼此不同。如表4所示那样,测定了各样本3-1~3-6的传送损失。

[0095] 【表4】

样本编号	D2 [d/mm^2]	传送损失 [dB/km]	D1' [根/ mm^2]	相对比
3-1	0	0.224	10.6	1.00
3-2	200	0.220	10.3	0.97
3-3	300	0.215	10	0.94
3-4	500	0.208	9.5	0.90
3-5	1500	0.230	11	1.04
3-6	2000	0.287	15	1.42

[0097] 在表4中,“D1'”是通过将传送损失的测定结果应用于上述换算式而得到的外观上

的光纤1a的安装密度。针对样本3-1,由于是 $D_2=0$,即不设置夹设物4的条件,所以 D_1 的值(实际的光纤1a的安装密度)与 D_1' 的值(考虑了夹设物4的影响的外观上的光纤1a的安装密度)相等。另一方面,例如,若将样本3-2的传送损失(0.220dB/km)作为上述换算式中的 y 的值代入,则 x 的值成为10.3。这样得到的 x 的值成为外观上的光纤1a的安装密度 D_1' 。

[0098] 表4中的“相对比”是各样本3-1~3-6的 D_1' 的值相对于样本3-1的 D_1' 的值(10.6)的比。例如,在样本3-4中, $D_1'=9.5$,因此相对比为 $9.5 \div 10.6=0.90$ 。

[0099] 图4的横轴是表4的“ D_2 ”,图4的纵轴是表4的“相对比”。图4的图表通过 $y=3.17 \times 10^{-7}x^2-4.50 \times 10^{-4}x+1.03$ 来近似。若将该近似式中的 y 的值设为系数 C_1 ,将 x 的值设为 D_2 ,则能够得到下述数式(7)。通过数式(7)计算出的系数 C_1 是通过将夹设物4的安装密度 D_2 对微弯损耗给予的影响数值化得到的。

[0100] 【数式7】

$$[0101] \quad C_1 = 3.17 \times 10^{-7} \times (D_2)^2 - 4.50 \times 10^{-4} \times D_2 + 1.03 \dots (7)$$

[0102] 针对系数 C_2 ,根据下述表5及图5导出。如表5所示那样,制成了样本4-1~4-7的光纤缆线10。各样本4-1~4-7的 $\Delta\beta$ 的值不同。“ $\Delta\beta^{-8}$ ”栏表示各样本的 $\Delta\beta$ 的-8次幂的值。使用 $\Delta\beta$ 的-8次幂的值基于上述的数式(4)。在表5的“ D_1' ”栏中,针对各样本,示出了用于传送损失的值成为0.23dB/km以下的光纤1a的安装密度的上限值。在“相对比”栏中,示出了以作为通常的光纤缆线的光纤1a的安装密度的“11根/mm²”为基准的比。

[0103] 【表5】

[0104]

样本编号	$\Delta\beta$ [rad/m]	-2p	$\Delta\beta^{-8}$	D_1' [根/mm ²]	相对比
4-1	9350	-8	1.71×10^{-32}	5.5	2.00
4-2	9400	-8	1.64×10^{-32}	6.2	1.77
4-3	9900	-8	1.08×10^{-32}	11	1.00
4-4	10000	-8	1.00×10^{-32}	11	1.00
4-5	10800	-8	5.40×10^{-33}	12	0.92
4-6	11000	-8	4.67×10^{-33}	11.3	0.97
4-7	11500	-8	3.27×10^{-33}	13	0.85

[0105] 图5的横轴是表5的“ $\Delta\beta^{-8}$ ”,图5的纵轴是表5的“相对比”。若与系数 C_1 的导出过程相同地,将图5的图表的近似式中的 y 的值设为系数 C_2 ,将 x 的值设为 $\Delta\beta^{-8}$,则能够得到下述数式(8)。通过数式(8)计算出的系数 C_2 是将 $\Delta\beta$ 的值换算成光纤1a的外观的安装密度而得到的。

[0106] 【数式8】

$$[0107] \quad C_2 = 0.665 \times e^{5.68 \times 10^{31} \times \Delta\beta^{-8}} \dots (8)$$

[0108] 针对系数 C_3 ,根据下述表6及图6导出。如表6所示那样,制成了样本5-1~5-5的光纤缆线10。在各样本5-1~5-5中, $\Delta\beta$ 的值以9350(rad/m)共通,但初级层12及次级层13的设计不同,由此几何形状损耗因子 $F_{\mu BL_G}$ 的值彼此不同。表6中的 D_1' 的意义与表5相同。在“相对比”栏中,示出了以几何形状损耗因子 $F_{\mu BL_G}$ 的值最小(即,最难以产生微弯损耗)的样本5-5的值为基准的比。

[0109] 【表6】

[0110]

样本编号	$F_{\mu BL_G}$	D1'' [根/mm ²]	相对比
5-1	6.78×10^{26}	5.5	1.82
5-2	4.99×10^{26}	6.5	1.54
5-3	3.51×10^{26}	7.5	1.33
5-4	5.51×10^{25}	10	1.00
5-5	5.47×10^{25}	10	1.00

[0111] 图6的横轴是表6的“ $F_{\mu BL_G}$ ”，图6的纵轴是表6的“相对比”。若与系数C1的导出过程相同地，将图6的图表的近似式中的y的值设为系数C3，将x的值设为 $F_{\mu BL_G}$ ，则能够得到下述数式(9)。通过数式(9)计算出的系数C3是将 $F_{\mu BL_G}$ 的值换算成光纤1a的外观的安装密度而得到的。

[0112] 【数式9】

[0113]
$$C3 = 0.949 \times e^{9.63 \times 10^{-28} \times F_{\mu BL_G}} \dots (9)$$

[0114] 针对系数C4，根据下述表7及图7导出。如表7所示那样，制成了样本6-1~6-6的光纤缆线10。各样本6-1~6-6被设计为夹设物4的填充量彼此不同，但光纤1a的安装密度D1相同。在D1相同的情况下，夹设物4的填充量越大，则缓冲性越高，由此传送损失降低。与系数C1的导出过程相同地，测定各样本的传送损失，并使用上述的换算式，计算出外观上的光纤1a的安装密度D1'。“相对比”是以不填充夹设物4的样本6-1为基准的D1'的值的比。

[0115] 【表7】

[0116]

样本编号	D2 [d/mm ²]	D1 [根/mm ²]	传送损失 [dB/km]	D1' [根/mm ²]	相对比
6-1	0	10	0.215	10	1
6-2	200	10	0.211	9.7	0.97
6-3	300	10	0.210	9.6	0.96
6-4	500	10	0.205	9.3	0.93
6-5	1500	10	0.195	8.6	0.86
6-6	2000	10	0.189	8.2	0.82

[0117] 图7的横轴是表7的“D2”，图7的纵轴是表7的“相对比”。若与系数C1的导出过程相同地，将图7的图表的近似式中的y的值设为C4，将x的值设为D2，则能够得到下述数式(10)。通过数式(10)计算出的系数C4是将夹设物4的缓冲性换算成光纤1a的外观的安装密度而得到的。

[0118] 【数式10】

[0119]
$$C4 = -9.40 \times 10^{-5} \times D2 + 1 \dots (10)$$

[0120] 在表1、表2中，在“D1×C1×C2×C3×C4”栏中，示出了对上述的实际的光纤1a的安装密度D1乘以各系数C1~C4而得到的值。在本说明书中，将该值称为“指数Q”(参照下述数式(11))。

[0121] 【数式11】

[0122]
$$Q = D1 \times C1 \times C2 \times C3 \times C4 \dots (11)$$

[0123] 在表1、表2的“光损失”栏中，示出了测定波长1.55μm中的光的传送损失的测定结果。

[0124] 在表1、表2中,在“芯线拉拔力”栏中,示出了对从各样本的光纤缆线(长度10m)拉拔光纤1a时的拉拔力(以下,也称为芯线拉拔力)进行测定而得到的结果。若芯线拉拔力为15N/10m以上,则作用于光纤1a的摩擦力较充分,从而例如在光纤缆线的长度方向的端部,能够抑制光纤1a超出允许范围从护套5突出等。

[0125] 针对样本1-1、1-4、1-5、1-11、1-12、1-13、1-14、1-17、1-18、1-19及1-22,光损失的值不足0.23dB/km,且芯线拉拔力为15N/10m以上。因此,针对这些样本,在“判定”栏中,作为性能良好而表示OK。作为判定为OK的样本的共通点,能够举出指数Q的值不足20且芯线拉拔力为15N/10m以上。满足该条件,由此认为能够得到如下的光纤缆线10:考虑了夹设物4的填充量、和光纤1a的几何形状及光学特性($\Delta\beta$)等的微弯损耗的大小是能够承担实际使用的程度,且作用于光纤1a的摩擦力为适当。

[0126] 据此,本申请发明人等提出的光纤缆线10具备:护套5;和芯部8,该芯部8具有多个光纤1a,该多个光纤1a在相互捻合的状态下收容于护套5内的收容空间,多个光纤1a分别具有玻璃部11、覆盖玻璃部11的初级层12、及覆盖初级层12的次级层13,指数Q的值不足20,拉拔光纤1a时的芯线拉拔力为15N/10m以上。通过上述的结构,能够提供一种能够保证作用于光纤1a的摩擦力,并且能够在实际使用状态下得到良好的光传送特性的光纤缆线10。

[0127] 此外,在没有夹设物4的情况(例如样本1-1)及存在夹设物4的情况(例如样本1-11)的任一情况下,均能够满足指数Q不足20且芯线拉拔力为15N/10m以上的条件。因此,夹设物4可以配置于护套5的内侧,也可以不配置。

[0128] 此外,本发明的技术范围不限于上述实施方式,能够在不脱离本发明的主旨的范围内施加各种变更。

[0129] 例如,在上述实施方式中,说明了光纤1a是间歇固定带芯线的情况,但认为即使在将单芯的光纤1a捆束并捻合的情况下,通过使指数Q的值不足20,且使芯线拉拔力的值为15N/10m以上,也能够得到相同的效果。

[0130] 另外,也可以没有压卷部2。在该情况下,在数式(5)中的A的值中不包含压卷部2的截面积。

[0131] 另外,在上述实施方式的光纤缆线10中,由护套5的内周面围起的区域整体为收容空间。然而,也能够将在上述实施方式中说明的条件应用于所谓的插槽型线缆、松套管线缆。在插槽型线缆的情况下,在芯部8包含有形成多个槽(插槽)的插槽部件,在该槽以被捻合的状态收容有光纤1a。因此,插槽部件具有的槽的内侧是收容空间,数式(5)中的N是收容于槽的光纤1a的根数,S是槽的内侧的横截面积。在松套管线缆的情况下,在芯部8包含多个松套管,在该松套管以被捻合的状态收容有光纤1a。因此,松套管的内侧是收容空间,数式(5)中的N是收容于松套管的光纤1a的根数,S是松套管的内侧的横截面积。

[0132] 此外,在不脱离本发明的主旨的范围内,能够适当地将上述实施方式中的构成要素置换成公知的构成要素,另外,也可以适当地组合上述的实施方式、变形例。

[0133] 附图标记说明

[0134] 1a…光纤;2…压卷部;4…夹设物;5…护套;8…芯部;10…光纤缆线。

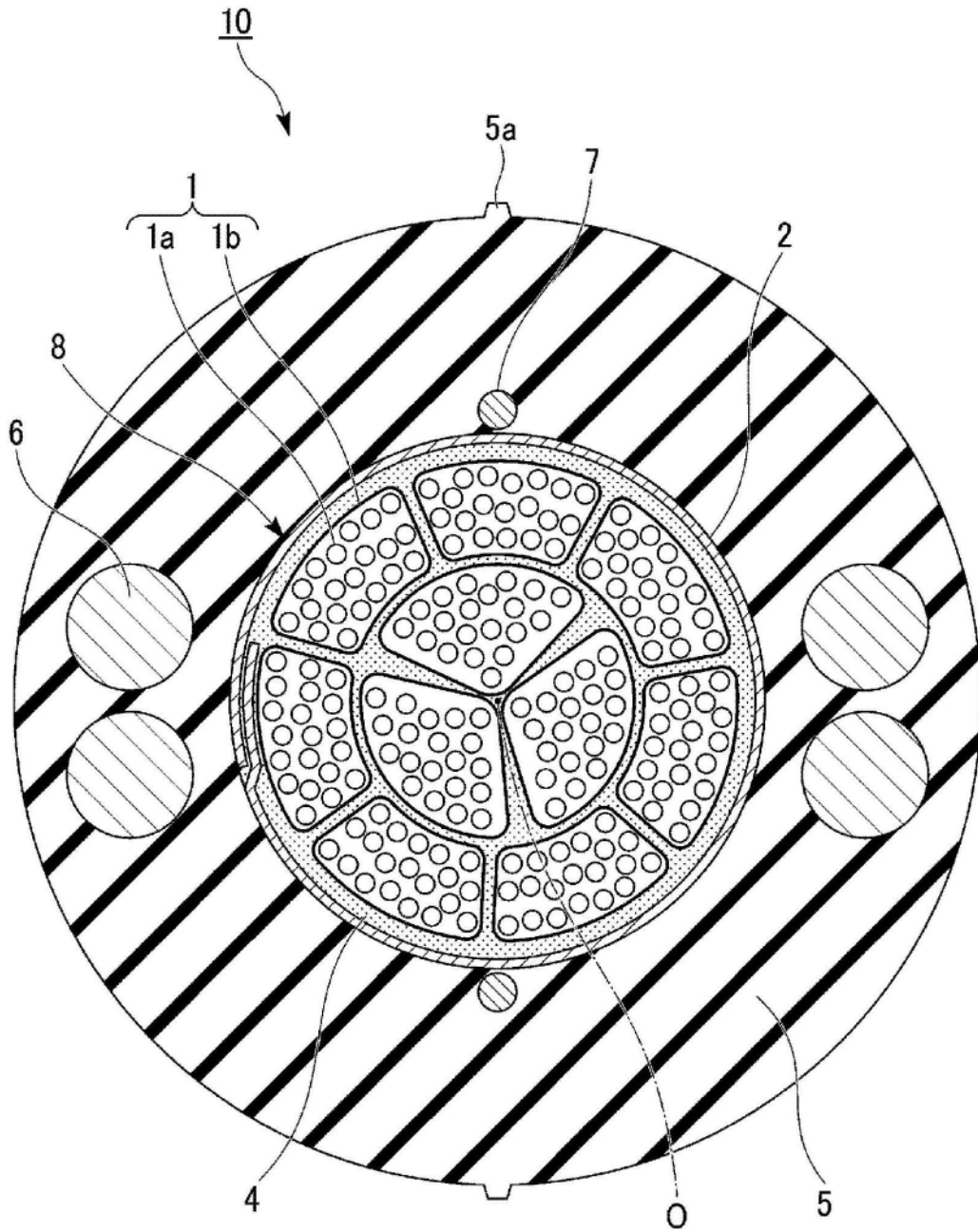


图1

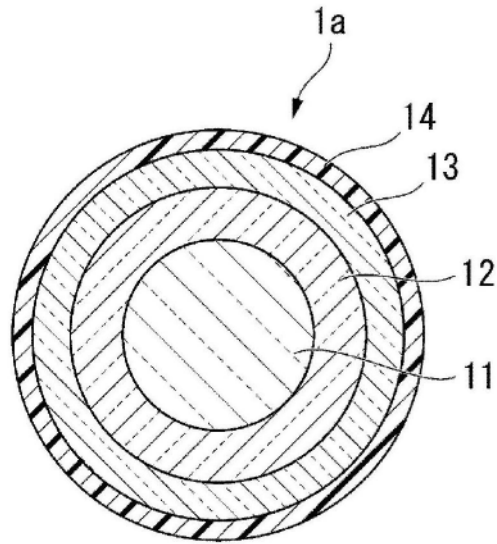


图2

安装密度与传送损失的关系

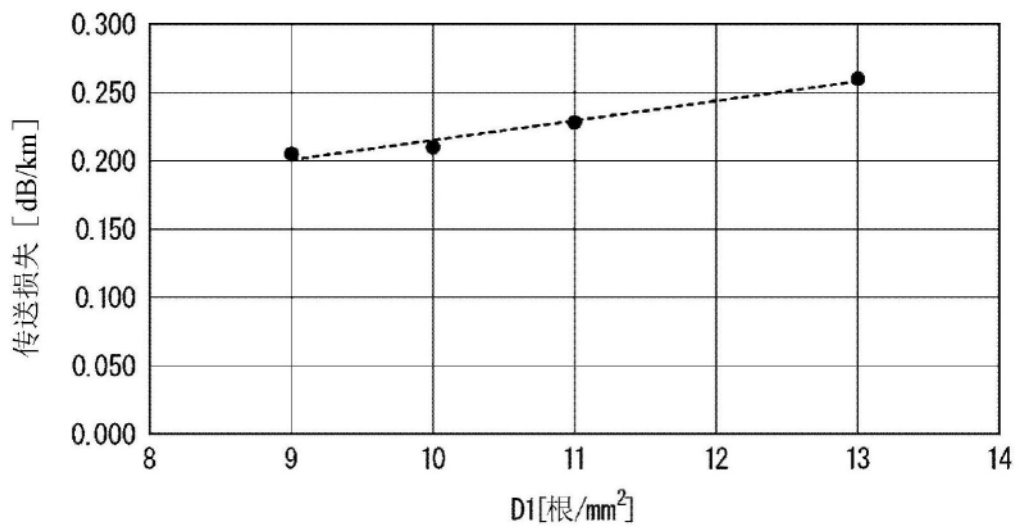


图3

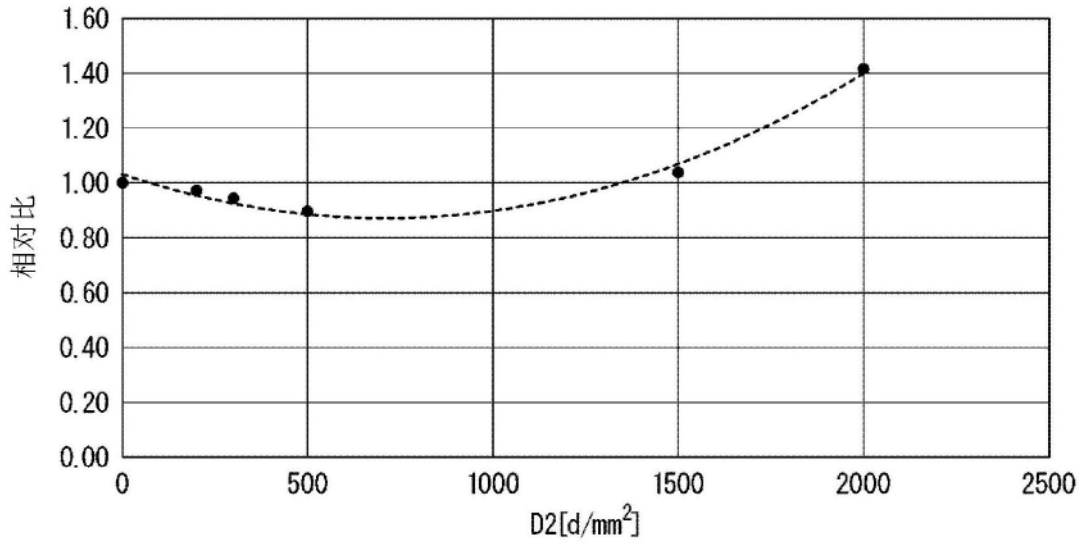


图4

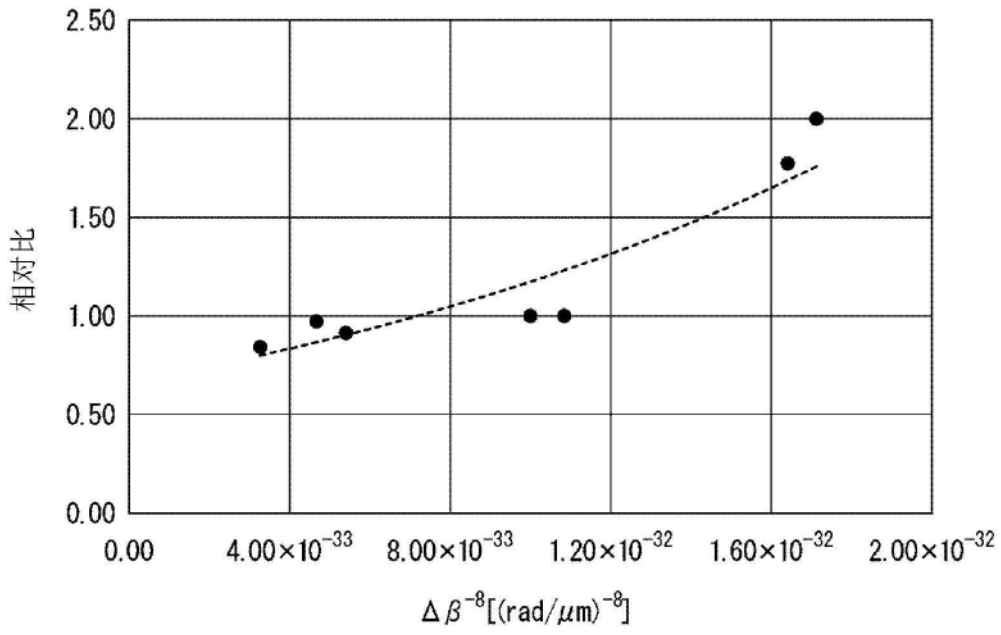


图5

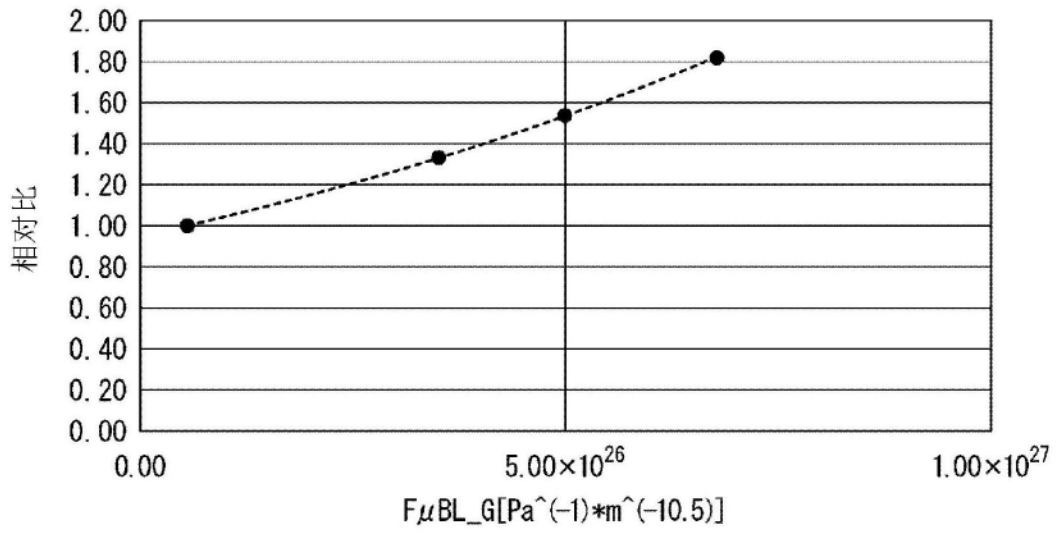


图6

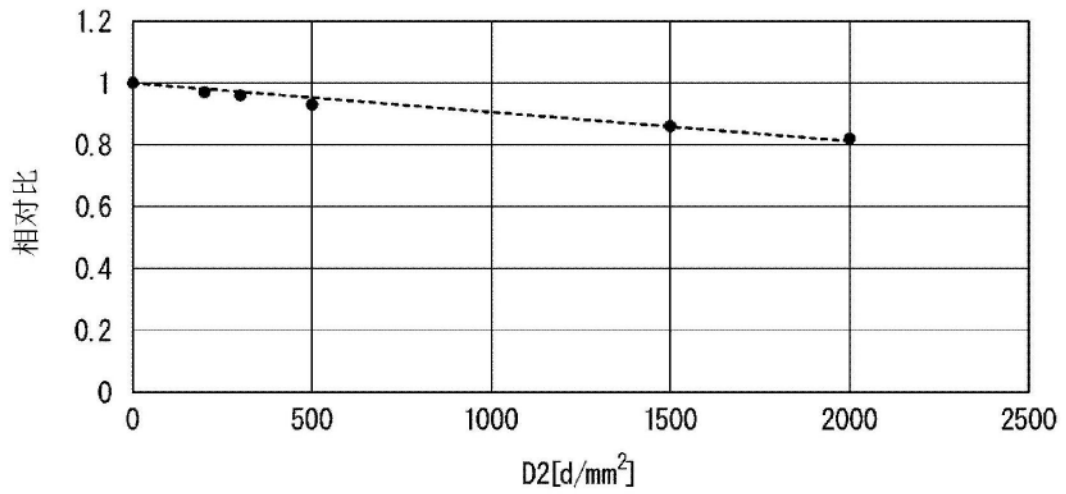


图7