(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104115049 B
(45)授权公告日 2018.01.02

(21)申请号 201280069889.8

(22)申请日 2012.12.17

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104115049 A

(43)申请公布日 2014.10.22

(30)优先权数据
2012-033088 2012.02.17 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.08.15

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2012/008037 2012.12.17

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/121494 JA 2013.08.22

(73)专利权人 古河电气工业株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 笠原稔 斋藤稔 新子谷悦宏

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 黄刚 车文

(51)Int.Cl.
G02B 6/44(2006.01)

(56)对比文件
JP 2005316235 A,2005.11.10,
JP 2004212722 A,2004.07.29,
JP 2008040369 A,2008.02.21,

审查员 薛维琴

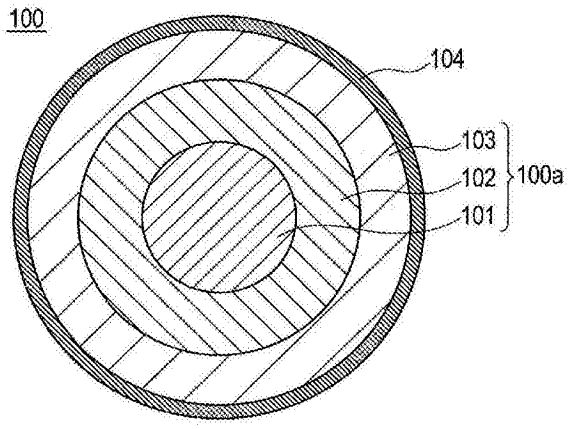
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

涂覆光学纤维、光学纤维带及光缆

(57)摘要

本发明的目的是通过不同于传统技术的构造或方法来提供一种光学纤维芯线，其使得能够在芯线在水下时减少玻璃纤维和一次涂覆层之间的界面层离并减少传输损耗的增加。根据本发明一个实施例的光学纤维芯线(100)设有玻璃纤维(101)、涂覆在玻璃纤维(101)的外周上的一次涂覆层(102)、涂覆在一次涂覆层(102)的外周上的二次涂覆层(103)以及涂覆在二次涂覆层(103)的外周上的着色层(104)。根据该光学纤维芯线(100)，当芯线浸入60℃的热水中达200天时，在一次涂覆层内以大致均匀方式产生小水泡，且作为结果，从二次涂覆层作用在玻璃一次界面上的应力被缓和且传输损耗的增加被减少。



CN 104115049 B

1.一种涂覆光学纤维，包括：

光学纤维，所述光学纤维包括玻璃纤维、一次涂覆层和二次涂覆层，所述一次涂覆层涂覆所述玻璃纤维的外周，所述二次涂覆层涂覆所述一次涂覆层的外周；以及

三次涂覆层，所述三次涂覆层涂覆所述光学纤维的外周，并且所述三次涂覆层具有100MPa或更高的弹性模量，其中

当所述涂覆光学纤维被浸入60℃的热水中达200天时，在所述一次涂覆层的内部大致均匀地形成水泡，

在沿所述涂覆光学纤维的纵向方向以约3cm为间隔的三个点处，在使所述涂覆光学纤维在与所述纵向方向垂直的横截面的周向方向上旋转90度之前和之后，当在六个观察点中的每一个观察点中观察所述涂覆光学纤维的所述一次涂覆层时，在所述六个观察点中在所述一次涂覆层中每单位面积存在的所述水泡的最小数目是一个或更多个，并且在所述六个观察点中在所述一次涂覆层中每单位面积存在的所述水泡的最大数目是八个或更多个，在所述一次涂覆层的厚度被取作一个单位的情况下定义所述单位面积，并且

在所述六个观察点中的最大水泡的直径是10μm或更小，

所述一次涂覆层、所述二次涂覆层和所述三次涂覆层中的每一个由紫外线可固化树脂制成，所述紫外线可固化树脂包含低聚物、稀释剂单体、光聚合引发剂和添加剂，所述添加剂包括硅烷偶联剂，

所述一次涂覆层的弹性模量是0.2MPa至0.7MPa，并且所述二次涂覆层的弹性模量是500MPa至1200MPa，

当在与所述光学纤维的纵向方向垂直的方向上被施加到所述光学纤维时以50％的概率引起层离的第一负载大于当在与所述光学纤维的纵向方向垂直的方向上被施加到所述光学纤维时以50％的概率引起撕裂的第二负载，并且

所述第一负载是500g或更大，并且所述第二负载是200g或更大。

2.根据权利要求1所述的涂覆光学纤维，其中

所述三次涂覆层是着色层。

3.一种光学纤维带，包括：

多个根据权利要求2所述的涂覆光学纤维，所述涂覆光学纤维彼此平行地布置并被一起涂覆。

4.一种光学纤维缆，包括：

多个根据权利要求3所述的光学纤维带，所述光学纤维带彼此堆叠；以及

狭槽，所述光学纤维带被容纳在所述狭槽中。

5.一种光学纤维带，包括：

多个光学纤维，所述多个光学纤维中的每一个光学纤维均包括玻璃纤维、一次涂覆层和二次涂覆层，所述一次涂覆层涂覆所述玻璃纤维的外周，所述二次涂覆层涂覆所述一次涂覆层的外周，并且所述多个光学纤维彼此平行地布置；以及

作为三次涂覆层的带涂覆层，所述带涂覆层具有100MPa或更高的弹性模量，并且所述带涂覆层将所述光学纤维涂覆在一起，其中

当所述光学纤维带被浸入60℃的热水中达200天时，在所述一次涂覆层的内部大致均匀地形成水泡，

在沿所述多个光学纤维中的一个光学纤维的纵向方向以约3cm为间隔的三个点处，在使所述多个光学纤维中的所述一个光学纤维在与所述纵向方向垂直的横截面的周向方向上旋转90度之前和之后，当在六个观察点中的每一个观察点中观察所述多个光学纤维中的所述一个光学纤维的所述一次涂覆层时，在所述六个观察点中在所述一次涂覆层中每单位面积存在的所述水泡的最小数目是一个或更多个，并且在所述六个观察点中在所述一次涂覆层中每单位面积存在的所述水泡的最大数目是八个或更多个，在所述一次涂覆层的厚度被取作一个单位的情况下定义所述单位面积，并且

在所述六个观察点中的最大水泡的直径是10μm或更小，

所述一次涂覆层、所述二次涂覆层和所述三次涂覆层中的每一个由紫外线可固化树脂制成，所述紫外线可固化树脂包含低聚物、稀释剂单体、光聚合引发剂和添加剂，所述添加剂包括硅烷偶联剂，

所述一次涂覆层的弹性模量是0.2MPa至0.7MPa，并且所述二次涂覆层的弹性模量是500MPa至1200MPa，

当在与所述光学纤维的纵向方向垂直的方向上被施加到所述光学纤维时以50％的概率引起层离的第一负载大于当在与所述光学纤维的纵向方向垂直的方向上被施加到所述光学纤维时以50％的概率引起撕裂的第二负载，并且

所述第一负载是500g或更大，并且所述第二负载是200g或更大。

6.一种光学纤维缆，包括：

多个根据权利要求5所述的光学纤维带，所述光学纤维带彼此堆叠；以及

狭槽，所述光学纤维带被容纳在所述狭槽中。

涂覆光学纤维、光学纤维带及光缆

技术领域

[0001] 本发明涉及具有优异的耐水性的涂覆光学纤维、光学纤维带及光缆。

背景技术

[0002] 随着最近对大容量通信的需求，光学纤维已经安装在广泛区域。用于这种光学纤维的涂覆光学纤维的示例包括：玻璃纤维；涂覆玻璃纤维外周的一次涂覆层；涂覆一次涂覆层的外周的二次涂覆层；以及涂覆二次涂覆层的外周的着色层。

[0003] 当具有这种结构的涂覆光学纤维被浸入水中时，特别是长时间浸入热水中时，已知在某些情况下发生以下问题。具体地，在一次涂覆层中产生水泡并且在玻璃纤维和一次涂覆层之间的界面(该界面也被称为玻璃/一次界面)处发生剥离，使得与浸入水中之前的传输损耗相比，传输损耗增加。

[0004] 为了解决该问题，传统上已经作出了各种尝试。例如，专利文献1公开了通过使用具有被调整到预定值的剥离力的材料作为一次涂覆层实现了在浸入热水期间大水泡产生的抑制和传输损耗增加的减小。这里，剥离力被如下测量。首先，玻璃板被涂覆有用作涂覆光学纤维的一次涂覆层的材料，并被浸入热水中。然后，测量用于以90度的角度将所述材料从玻璃板剥离的剥离力。

[0005] 同时，专利文献2公开了通过分别将涂覆光学纤维的一次涂覆层和二次涂覆层调整到预定值实现了在浸入热水期间大水泡产生的抑制和传输损耗增加的减小。

[0006] 引用列表

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1：日本专利申请公开号2004-54138

[0009] 专利文献2：日本专利申请公开号2008-40369

[0010] 专利文献3：日本专利申请公开号2010-217800

[0011] 非专利文献

[0012] 非专利文献1：Charles Aloisio et al.,"Optical Fiber Coating Delamination Using Model Coating Materials",Proceedings of the 51st IWCS, 2002,pp.738-747

发明内容

[0013] 专利文献1公开了：通过使用诸如聚丙二醇或聚四亚甲基二醇的单体作为用于一次涂覆层的材料中的低聚物骨架构成组分，能够抑制在浸入热水中期间产生大水泡。同时，专利文献2公开了：通过使一次涂覆层的Tg(玻璃转变温度)低于二次涂覆层的Tg并使一次涂覆层的厚度不大于二次涂覆层的厚度，能够抑制在浸入热水中期间产生大水泡。如上所述，对水泡的产生的抑制传统上需要抑制玻璃/一次界面处的剥离以及减少传输损耗的增加。

[0014] 作为深入研究的结果，本发明人最新发现：在浸入热水中期间形成在一次涂覆层

中的水泡的非均匀(不均匀)分布是在玻璃纤维和一次涂覆层之间的界面处的剥离和传输损耗的增加的原因。为此原因,本发明采用了与在浸入水中期间抑制在一次涂覆层中形成水泡的传统途径不同的途径。具体地,在本发明中采用的途径中,而是通过允许在浸入水中期间在一次涂覆层中均匀地形成水泡来改善耐水性。

[0015] 本发明的目的是提供一种涂覆光学纤维,所述涂覆光学纤维具有优异的耐水性:通过允许在浸入水中期间在一次涂覆层中均匀地形成水泡,能够抑制在玻璃纤维和一次涂覆层之间的界面处的剥离,并且能够减小传输损耗的增加。

[0016] 本发明的一方面是一种涂覆光学纤维,包括:光学纤维,所述光学纤维包括玻璃纤维、一次涂覆层和二次涂覆层,所述一次涂覆层涂覆所述玻璃纤维的外周,所述二次涂覆层涂覆所述一次涂覆层的外周;以及三次涂覆层,所述三次涂覆层涂覆所述光学纤维的外周,并且所述三次涂覆层具有100MPa或更高的弹性模量,其中当所述涂覆光学纤维被浸入60℃的热水中达200天时,在所述一次涂覆层的内部大致均匀地形成水泡,在沿所述涂覆光学纤维的纵向方向截取的横截面上在所述一次涂覆层中每单位面积存在的所述水泡的数目是一个或更多个,在所述一次涂覆层的厚度被取作一个单位的情况下定义所述单位面积,并且所述水泡具有10μm或更小的直径。

[0017] 根据本发明的涂覆光学纤维使得能够通过水泡来缓和应力,因为在浸入水中期间在一次涂覆层的内部大致均匀地形成水泡。因此,玻璃纤维和一次涂覆层之间的界面处的剥离能够被抑制,并且传输损耗的增加能够被减少。

附图说明

[0018] 图1是根据本发明的实施例的涂覆光学纤维的示意图。

[0019] 图2是根据本发明的实施例的光学纤维带的示意图。

[0020] 图3是根据本发明的实施例的光学纤维缆的示意图。

[0021] 图4是示出负载和直到玻璃纤维离开一次涂覆层花费的时间之间的关系的曲线图。

[0022] 图5是用于进行负载测试的负载测试设备的示意图。

具体实施方式

[0023] 下面,参考附图描述本发明的实施例。然而,本发明不限于这些实施例。注意,在下面描述的附图中,具有相同功能的元件用相同的附图标记表示,且其重复描述在某些情形中被省略。

[0024] (实施例)

[0025] 图1示出根据本发明的涂覆光学纤维100的示意图。具体地,涂覆光学纤维100包括:光学纤维100a,该光学纤维100a包括玻璃纤维101、涂覆玻璃纤维101的外周的一次涂覆层102、涂覆一次涂覆层102的外周的二次涂覆层103;以及着色层104,该着色层104涂覆光学纤维100a的外周。

[0026] 一次涂覆层102、二次涂覆层103和着色层104中的每一个均由被调整成具有预定特性的涂覆材料制成。对于用于所述层中的每一个层的涂覆材料,通常使用紫外线可固化树脂。紫外线可固化树脂包含至少低聚物、稀释剂单体和光聚合引发剂,并且还包含添加剂

诸如硅烷偶联剂和链转移剂，用于调整各种性能。

[0027] 这里，期望所述层的涂覆材料被调整成使得一次涂覆层102能够具有低弹性模量并且二次涂覆层103能够具有高弹性模量。在这种情形中，一次涂覆层102用作软缓冲层，而二次涂覆层103起到硬保护层的作用。因此，甚至当对光学纤维100a施加外力时，也能够抑制传输损耗的增加。具体地，为了维持起到光学纤维的作用，一次涂覆层102的弹性模量优选地为0.2至3MPa，二次涂覆层103的弹性模量优选地为500至1200MPa，并且着色层104的弹性模量优选地为100至2000MPa。

[0028] 用于着色层104的涂覆材料用具有可见度的染料或颜料上色。然而，着色层104不是必须被着色，且用于保持强度的非着色三次涂覆层等也是可接受的。

[0029] 最近，其中用染料或颜料对一次涂覆层102或二次涂覆层103着色且为降低成本没有提供着色层104的类型的涂覆光学纤维得到普及。在涂覆光学纤维具有这样的两层结构的情形中，用于通过相互平行地布置涂覆光学纤维并将涂覆光学纤维一起涂覆来形成光学纤维带的带涂覆层充当三次涂覆层。

[0030] 当在光学纤维100a的外周上存在具有100MPa或更高的弹性模量的硬涂覆层，比如着色层或带涂覆层时，二次涂覆层的移动受到限制，并且作用在玻璃纤维和一次涂覆层之间的界面的应力增加，从而界面剥离变得更可能发生。此外，当涂覆光学纤维被长时间地浸入在热水中时，水可聚集在玻璃纤维和一次涂覆层之间的剥离部分中。为此，特别是当硬涂覆层，诸如着色层或带涂覆层存在于二次涂覆层外侧时，在玻璃纤维和一次涂覆层之间的界面处的剥离和传输损耗增加的问题趋于明显升高。因此，其中具有100MPa或更高的弹性模量的三次涂覆层涂覆二次涂覆层的外周的结构对于本发明的先决条件。

[0031] 注意，在涂覆层中的可溶组分溶解到聚集在玻璃纤维和一次涂覆层之间的剥离部分中的水中，以形成水溶液。如果在二次涂覆层外侧存在着色层，着色层充当半渗透膜。由于在层间剥离部分中的水溶液和着色层外侧的水之间的浓度的差异产生了渗透压力，并且水由于渗透压力而移动到层间剥离部分。结果是，层间剥离可成长。

[0032] 因此，特别地，在具有着色层的涂覆光学纤维中，传输损耗可明显增加。

[0033] 在该实施例中，对于所述层中的每一个层的尺寸采用普通值。具体地，玻璃纤维101具有90至150μm且优选为约125μm的直径，一次涂覆层102和二次涂覆层103中的每一个均具有10至60μm且优选为20至50μm的厚度，且着色层104具有5至20μm的厚度。这些层的尺寸不限于这些值，且能够改变成任何值。

[0034] 多个涂覆光学纤维100可以一体成带形状。图2示出具有这种结构的光学纤维带200的示意图。光学纤维带200具有其中彼此平行布置的四个涂覆光学纤维100的外侧涂覆有带涂覆层201的结构。从强度保持等的角度来看，带涂覆层201优选地具有100至200MPa的弹性模量。光学纤维带200的尺寸是约320μm的厚度和约1.1mm的宽度。光学纤维带200的尺寸和涂覆光学纤维100的数目不限于这些值，且可以改变成任何值。

[0035] 注意，可以代替涂覆光学纤维100使用光学纤维100a来形成光学纤维带200。在这种情形中，光学纤维带200具有这样的结构，其中光学纤维100a的二次涂覆层103的外侧涂覆有充当三次涂覆层的带涂覆层201。

[0036] 此外，可以通过将多个光学纤维带200容纳在狭槽中来形成光学纤维缆。图3示出具有这种结构的光学纤维缆300的示意图。光学纤维缆300例如是包括40根纤维的SZ缆。光

学纤维缆300包括具有五个SZ狭槽302的间隔物301。在SZ狭槽302中的每一个SZ狭槽中容纳两个光学纤维带200。压紧和包裹带303绕间隔物301缠绕，并且该压紧和包裹带303的外侧被护套304覆盖。另外，在间隔物301的横截面中的中央处设置了张紧构件305。在间隔物301的外周上设有示踪标记306。在压紧和包裹带303的外周的一部分上设置了拉索307。

[0037] SZ狭槽302不限于五个沟槽的类型，且可以合适地选择沟槽的数目。此外，在每一个SZ狭槽302中的光学纤维带200的数目不限于两个，而是可以合适地选择。另外，可以代替SZ狭槽使用S狭槽。

[0038] (用于测量弹性模量的方法)

[0039] 采用弹性模量(也称为杨氏模量)作为涂覆层中的每一个涂覆层的硬度的指标。在制造光学纤维之后，对每一个涂覆层测量弹性模量。可采用众所周知的途径作为用于测量弹性模量的具体途径。

[0040] (用于测量极限粘附强度的方法)

[0041] 极限粘附强度是指示在热和潮湿环境中玻璃纤维和一次涂覆层之间的界面的粘附强度的指标。极限粘附强度定义如下。注意，极限粘附强度的定义是基于专利文献3中的描述的。

[0042] 制备其涂覆层在远离端部10mm的位置处在全周上被刻痕的涂覆光学纤维，同时仅玻璃纤维保留完好。然后，在范围从涂覆光学纤维的端部到远离该端部10mm的位置的区域中的涂覆层通过粘合剂固定到砂纸。砂纸被固定在温度为60℃和湿度为98％RH的大气中，同时涂覆光学纤维的所述端部位于上侧上。之后将重物附接到涂覆光学纤维的另一端部。因此，在刻痕上方延伸10mm的长度的部分中在玻璃纤维和一次涂覆层之间施加了恒定负载。在这种状态下，测量直到玻璃纤维离开一次涂覆层所花费的时间。然后，逐渐改变施加到玻璃纤维的负载，即，重物的质量，并发现负载与直到玻璃纤维离开花费的时间之间的关系。

[0043] 图4示出极限粘附强度的典型测量结果的示例。图4是作为示例示出以帮助理解极限粘附强度的定义的曲线图。因而，应注意，图4没有示出所执行的该实施例的具体示例的结果并且竖轴和水平轴上的具体数值被省略。基于图4，随着施加在玻璃纤维和一次涂覆层之间的负载减小，直到玻璃纤维离开一次涂覆层所花费的时间增加。然而，当负载达到负载C或更小时，直到玻璃纤维离开所花费的时间突然增加并且斜率变缓和。存在转折点D，在转折点D处，直到玻璃纤维离开所花费的时间如上所述突然增加并且斜率变缓和。在斜率变缓和的转折点D处的负载C被定义为极限粘附强度。专利文献3表明，极限粘附强度越高，在浸入热水中之后传输损耗的增加就减少越多。

[0044] (测量D50和T50的方法)

[0045] 在本说明书中，在玻璃/一次界面处的剥离被称为层离，并且在一次涂覆层的内部的撕裂或在一次涂覆层中的空泡形成被称为撕裂。层离的敏感度和撕裂的敏感度可推测地与玻璃/一次界面处的剥离的敏感度和水泡形成的敏感度相关。作为层离敏感度和撕裂敏感度的定量指标，D50和T50分别定义如下。

[0046] 图5示出作为用于测量层离和撕裂的设备的示例的负载测试设备900的示意图。该负载测试设备900包括：工作台901，待被测量的涂覆光学纤维100被安装在该工作台901上；负载单元902，该负载单元902远离工作台901设置并能够调整负载值；杆903，该杆903被在

工作台901侧上固定到负载单元902;以及驱动单元904,该驱动单元904能够使负载单元902和杆903在工作台901的法线方向A上移动。杆903设置成在被安装在工作台901的状态下垂直于涂覆光学纤维100的纵向方向并平行于工作台901的表面。

[0047] 当驱动单元904释放负载单元902时,负载单元902和杆903靠它们自身的重量朝向工作台901移动。杆903和工作台901将涂覆光学纤维100夹在中间,并且负载单元902向涂覆光学纤维100上的点B施加负载。此后,在预定时间已经逝去之后,驱动单元904在远离涂覆光学纤维100的方向上移动负载单元902和杆903,并且负载单元902不再对涂覆光学纤维100施加负载。

[0048] 注意,负载施加的开始和结束可通过使用者手动地控制或可以通过设置控制单元自动地进行。测量设备不限于具有图5的设备结构的测量设备,只要能够在垂直于涂覆光学纤维的纵向方向的方向上向涂覆光学纤维100的点B施加到预定负载预定时间即可。

[0049] 为了进行测量,将待被测量的涂覆光学纤维100被固定到负载测试设备900。然后,将预定负载施加到点持续4.5秒,并进一步以约6mm的间隔重复地对30个点施加负载。此后,利用光学显微镜观察每一个点的层离或撕裂的存在或不存在。此外,增加负载,并且每次在增加负载时重复对与在先前观察中的点不同的30个点施加负载并观察这些点。基于此,发生层离或撕裂的负载的值和点的数目被相对于彼此绘制。注意,被施加负载的点不限于30。

[0050] 导致在被施加负载的所有点中的50%或更多个点处观察到层离或撕裂的最小负载被定义为D50或T50。换句话说,在曲线图中,导致在被施加负载的30个点中的50%(15个点)或更多个点处观察到层离的最小负载被定义为D50。同时,在曲线图中,导致在被施加负载的30个点中的50%(15个点)或更多个点处观察到撕裂的最小负载被定义为D50。

[0051] 能够认为,较小的D50表示需要较小的负载来引起层离,即,较小的D50表示较高的层离敏感度。同样,能够认为,较小的T50表示需要较小的负载来引起撕裂,即,较小的T50表示较高的撕裂敏感度。因此,D5和T50能够分别用作层离和撕裂的敏感度指标。

[0052] 注意,这些测量方法是基于非专利文献1中描述的方法的。

[0053] (样品调整)

[0054] 传统上,在自身浸入水中期间在一次涂覆层中的水泡的产生已经被认为是传输损耗的增加的原因,如专利文献1和2中所表明。同时,本发明人已经进行深入研究,并因此已经最新发现,在浸入水期间在一次涂覆层中形成的水泡的非均匀分布是在玻璃纤维和一次涂覆层之间的界面处的剥离和传输损耗的增加的原因。

[0055] 可设想的是,当在浸入水期间在一次涂覆层中没有形成或没有均匀地形成水泡时,剥离容易发生,这是因为来自二次涂覆层的应力被直接传递到玻璃/一次界面或以集中方式传递在某些区域上。另一方面,可设想的是,当在浸入水期间在一次涂覆层中均匀地形成水泡时,来自二次涂覆层的应力通过均匀地分布的水泡缓和,使得玻璃/一次界面处的剥离被抑制。

[0056] 因此,当涂覆光学纤维的材料被调整成使得水泡能够在一次涂覆层中均匀地形成时,力被均匀地施加到对玻璃/一次界面,并且因此能够在不减少在浸入水中期间产生的水泡的数目的情况下实现剥离的抑制和传输损耗的减小。

[0057] 为了使得能够在浸入热水中期间在一次涂覆层中均匀地形成水泡,如下调整每一个涂覆层的材料。

[0058] 本发明人已经发现：通过使撕裂比层离更可能发生，在浸入热水中期间在一次涂覆层中均匀地形成水泡，从而能够减少传输损耗的增加。当撕裂比层离更可能发生时，换句话说，当D50比T50大时，在浸入热水期间，来自二次涂覆层的应力导致在层离之前在一次涂覆层的内部形成水泡。可推测地，作为这一点的结果，通过水泡缓和应力，使得能够减少传输损耗的增加。

[0059] 为了使层离发生的可能性较小(即增加D50)，通过减小一次涂覆层的弹性模量并增加二次涂覆层的弹性模量来缓和传递到玻璃/一次界面的外力。可替代地，通过例如向一次涂覆层的材料添加诸如硅烷偶联剂的添加剂来增加一次涂覆层和玻璃纤维的表面之间的粘附强度。

[0060] 为了使撕裂发生的可能更大(即，减小T50)，一次涂覆层的弹性模量被减小，即，一次涂覆层的交联密度被减小。

[0061] 此外，为了使水泡在一次涂覆层中均匀地分布，能够通过使用诸如聚四亚甲基二醇(PTMG)的疏水低聚物作为用于一次涂覆层的材料而防止水泡局部地形成，并且能够通过添加诸如丙烯酰胺的亲水单体来调整水吸收性。

[0062] 因此，通过以整合方式进行对用于涂覆层的材料的调整使得D50和T50能够采取预定值以及对用于一次涂覆层的材料中的疏水物质和亲水物质的混合比的调整使得水泡能够均匀分布，从而能够获得在浸入热水中期间在一次涂覆层中均匀地形成水泡的涂覆光学纤维。

[0063] (示例)

[0064] 准备了示例1至4和比较例1至3，它们是具有图2中示出的结构的光学纤维带且它们中的涂覆层的属性被改变。涂覆光学纤维被从光学纤维带取出，并测量上述的弹性模量D50、T50和极限粘附强度。此外，在浸入热水之前通过使用光学纤维带来测量传输损耗。

[0065] 此外，示例和比较例浸入60℃的热水中200天，且随后观察水泡并测量传输损耗。表1示出所进行的测量和观察的结果。

[0066] [表1]

[0067]

	示例				比较例		
号	1	2	3	4	1	2	3
一次涂覆层的弹性模量(MPa)	0.4	0.5	0.7	0.4	0.5	0.3	0.5
二次涂覆层的弹性模量(MPa)	700	800	1000	1000	600	800	600
三次涂覆层的弹性模量(MPa)	800	800	800	800	800	800	800
D50 (g)	550	550	550	1000	200	550	550
T50 (g)	200	300	450	800	200	550	150
极限粘附强度(N)	0.8	0.8	1.0	0.6	0.5	0.5	1.0
层离的存在或不存在	不存在	不存在	不存在	不存在	存在	不存在	不存在
微泡的最大数目(泡数目)	>10	>10	8	>10	0	0	>10
微泡的最小数目(泡数目)	1	5	3	7	0	0	1
微泡的最大直径(μm)	10	7	6	3	-	-	>10
传输损耗的增加(db/km)	0.095	0.03	0.06	0.05	0.2	0.12	0.15
评估	○	◎	◎	◎	×	×	×

[0068] 针对玻璃/一次界面处的层离产生的存在或不存在、水泡(微泡)的数目和水泡的

尺寸，用光学显微镜对每个浸入在60℃的热水中200天的示例和比较例进行观察。

[0069] 具体地，在浸入热水中之后，从涂覆光学纤维切出约10cm的块。然后，观察在以约3cm为间隔的远离涂覆光学纤维的端部的三个点(3cm、6cm和9cm)。进一步地，使涂覆光学纤维在横截面的周向方向上旋转90度，并且再次观察该三个点。在上述的六个观察点中的每一个中，在与涂覆光学纤维的纵向方向垂直的方向上，在一次涂覆层中在厚度方向上的30μm和在纵向方向上的30μm的区域(因为一次涂覆层的厚度是30μm，所以该区域被称为在一次涂覆层的厚度被取作一个单位的情况下定义的单位面积)中观察和测量层离产生的存在或不存在以及水泡的数目和尺寸。该测量使得能够确定水泡是否不仅在涂覆光学纤维的纵向方向而且也在横截面的周向方向上均匀地形成成。

[0070] 关于层离的存在或不存在，如果在所述六个观察点中的任何一个处发生在玻璃/一次界面处的一个或更多个层离，则确定存在层离，并且如果没有发生层离，则确定为不存在层离。

[0071] 微泡的最大数目代表在所述六个观察点处观察的那些之中的水泡的最大数目。同时，微泡的最小数目代表在所述六个观察点处观察的那些之中的水泡的最小数目。在水泡的数目大于10的情形中，最大数目表示为“＞10”。

[0072] 微泡的最大直径代表在所述六个观察点中的最大水泡的直径。注意，当水泡具有椭圆形形状时，经过水泡中心的最大距离用作水泡的直径。当水泡的直径大于10μm时，最大直径表示为“＞10”。

[0073] 在浸入热水中之前和之后测量示例和比较例中的每一个的传输损耗。传输损耗的增加是在通过使用在浸入60℃的热水中200天之后的涂覆光学纤维测量的传输损耗和通过使用在浸入热水之前的涂覆光学纤维测量的传输损耗之间的传输损耗的增量。为了测量传输损耗，使用波长为1.55μm的光。

[0074] 通常，传输损耗的增加小于0.1dB/km在实践意义中被认为是可接受的。为此原因，如果增加是0.1dB/km或更多，则耐水性被评估为是不足的(该评估由×表示)；如果增加小于0.1dB/km，则耐水性被评估为是足够的(该评估由○表示)；且此外，如果增加小于0.07dB/km，则耐水性被评估为是优异的(该评估由◎表示)。

[0075] 从表1中示出的结果，可以看到，传输损耗的增加在产生一个或更多个水泡的情形(示例1至4)比在没有产生水泡的情形(比较例1和2)减少更多。此外，在没有形成水泡的情形(比较例1)中，还观察到产生层离。

[0076] 此外，在产生一个或更多个水泡的情形中，传输损耗的增加在水泡的最大直径为10μm或更小的情形中(示例1至4)中比在水泡的最大直径大于10μm的情形(比较例3)中减少更多。

[0077] 从在所观察的所有点处产生至少一个水泡的事实，能够认为水泡大致均匀地形成在一次涂覆层中。因此，可设想的是，从二次涂覆层到玻璃/一次界面的应力通过在浸入60℃的热水中200天期间在一次涂覆层中大致均匀地产生小水泡而被缓和，使得传输损耗的增加被减少。具体地，当水泡大致均匀地形成在一次涂覆层中，水泡的尺寸是10μm或更小的直径，并且在沿一次涂覆层的纵向方向截取的横截面上的每单位面积存在的水泡的数目是一个或更多个时，传输损耗的增加被减少。通过将一次涂覆层的厚度作为一个单位，所述单位面积被定义为等于一次涂覆层的厚度的平方的面积。

[0078] 此外，从表1示出的结果能够看到，传输损耗的增加在D50大于T50的情形(示例1至4)中减少。另一方面，传输损耗的增加在T50小于200g的情形(比较例3)中增加。这可推测地是因为：太小的T50使得更可能在一次涂覆层中形成水泡，并且水泡聚集以形成较大的水泡，使得应力被非均匀地施加到玻璃/一次界面，导致传输损耗的增加。为此原因，更优选的是：D50是500g或更高，且T50是200g或更高。

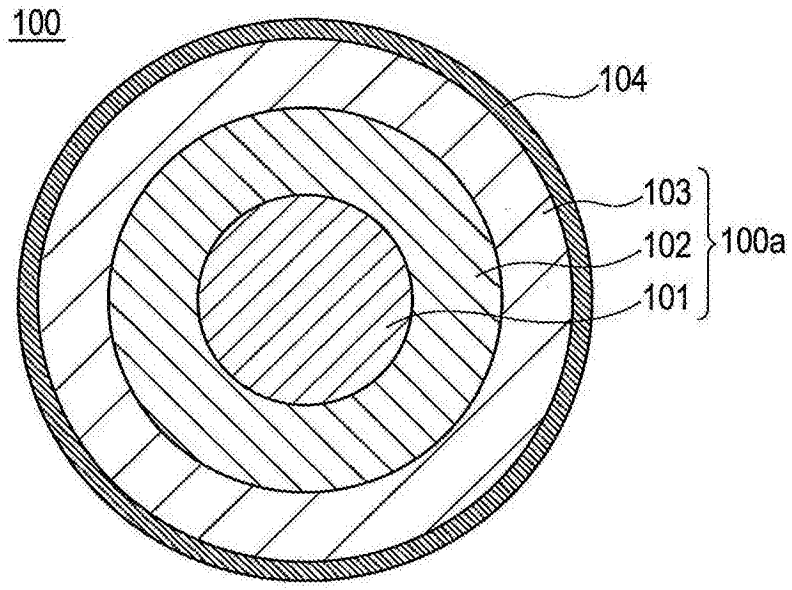


图1

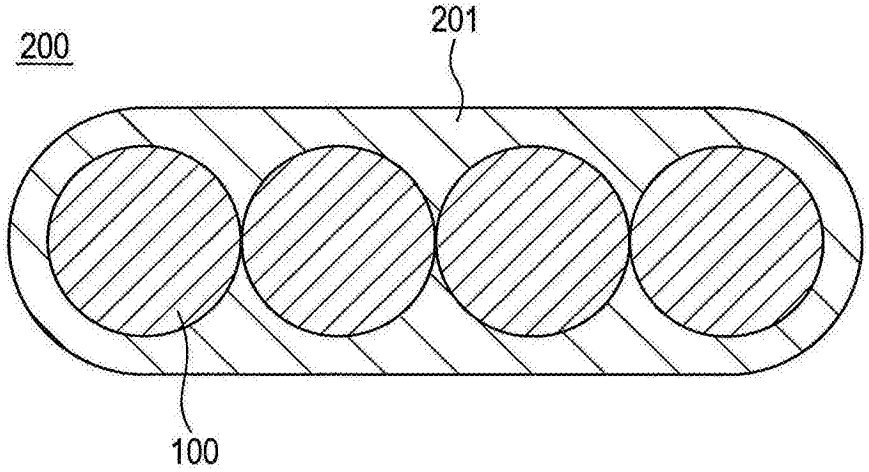


图2

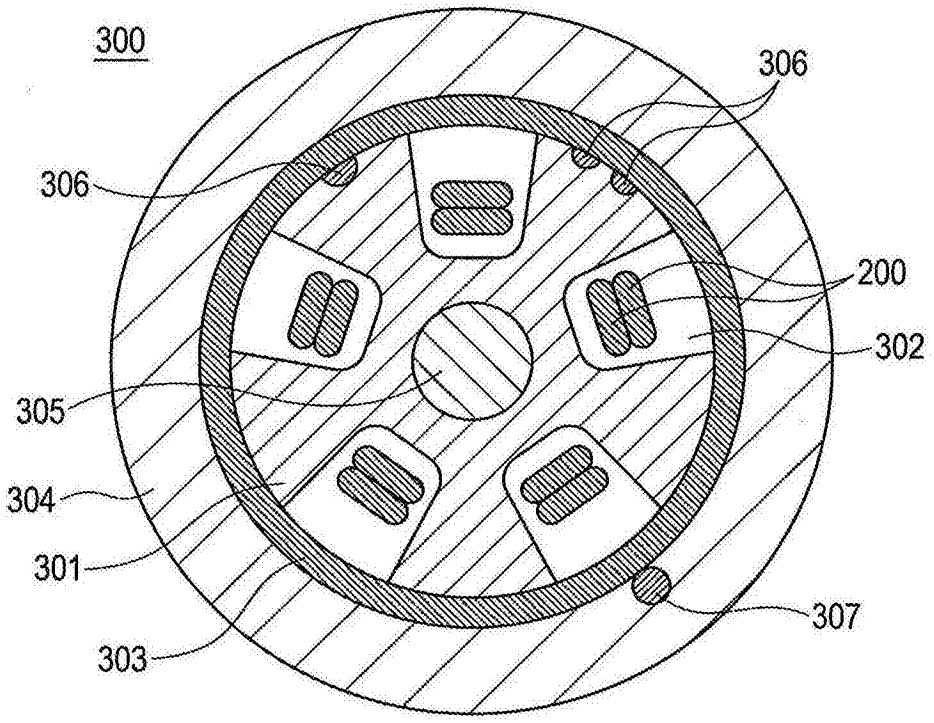


图3

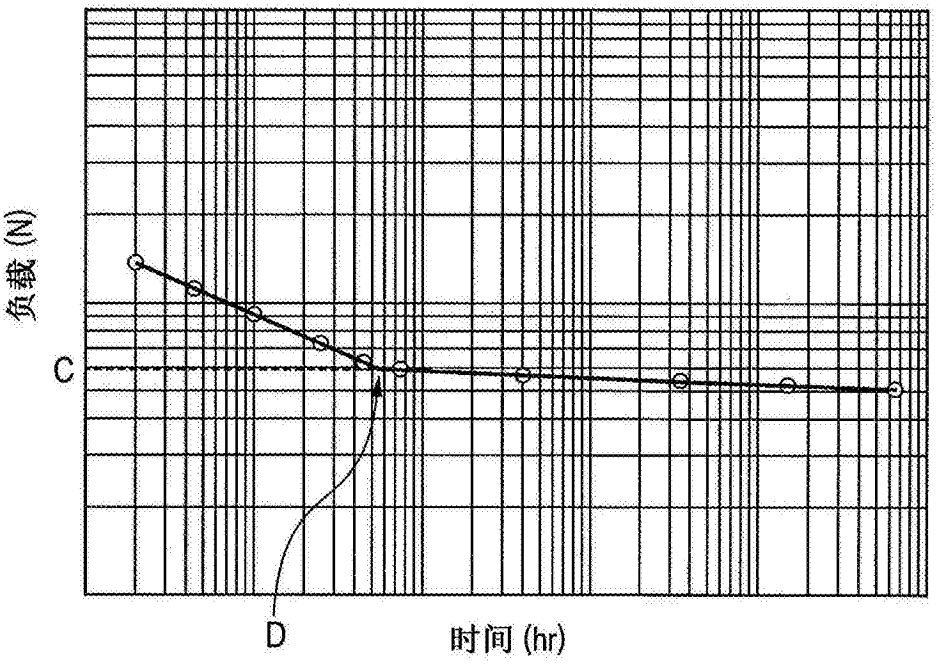


图4

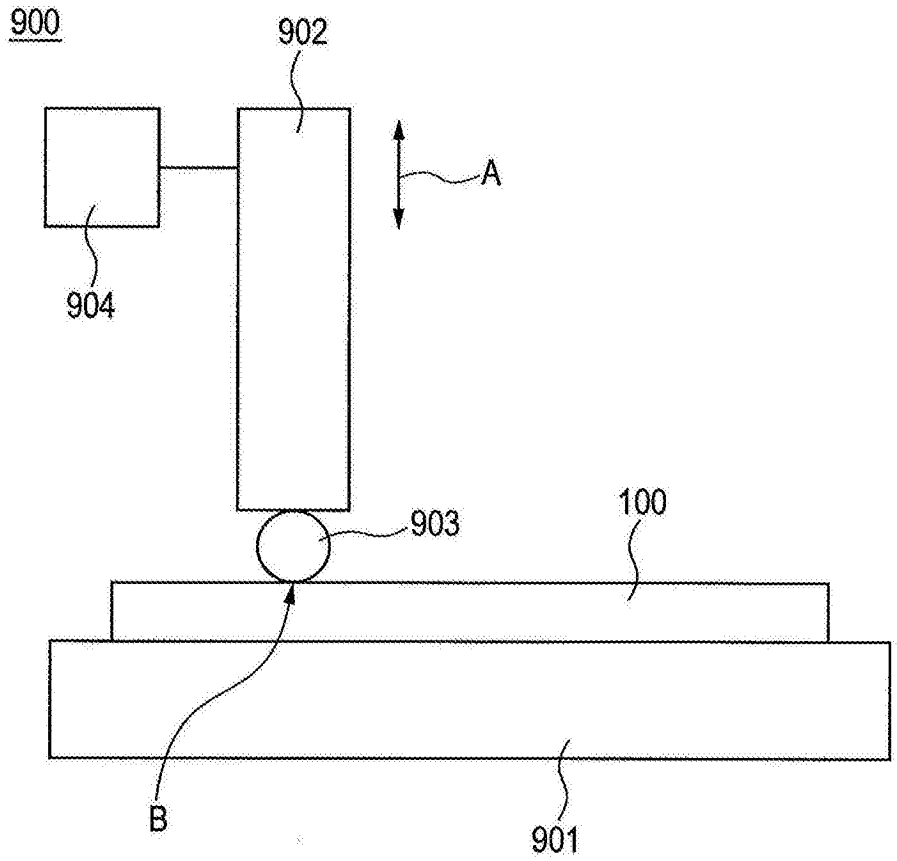


图5