(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115668020 A
(43)申请公布日 2023.01.31

(21)申请号 202180038886.7
(22)申请日 2021.06.15
(30)优先权数据
2020-114332 2020.07.01 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.11.29
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/022747 2021.06.15
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/004362 JA 2022.01.06
(71)申请人 株式会社藤仓
地址 日本东京都
(72)发明人 佐藤大典 鲶江彰 大里健
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 王玮
(51)Int.Cl.
G02B 6/44(2006.01)

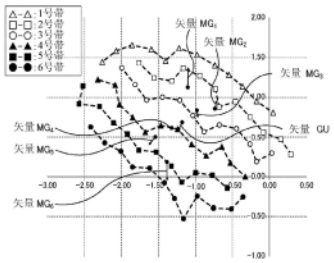
权利要求书2页 说明书16页 附图18页

(54)发明名称

光缆以及光缆的制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种光缆以及光缆的制造方法。本发明的光缆具备多个光纤单元。上述光纤单元具有间歇连结型的多个光纤带。在某个剖面中，至少一个上述光纤单元的特征在于，在将上述光纤带的两端的光纤的中点设为M，将上述光纤带的重心设为G，将以中点M为起点且以重心G为终点的矢量设为矢量MG，将合成了各上述光纤带的矢量MG的矢量设为矢量GU时，矢量GU的长度比多个上述光纤带的矢量MG的最大长度短。



	中点M		重心G		矢量MG		
带编号	x坐标	y坐标	x坐标	y坐标	x成分	y成分	长度
1	-1.10	1.13	-1.10	1.37	0.01	0.25	0.25
2	-0.74	0.86	-0.71	0.96	0.03	0.10	0.11
3	-0.96	0.83	-0.96	0.75	0.02	-0.09	0.09
4	-1.32	0.61	-1.34	0.59	-0.02	-0.02	0.03
5	-1.54	0.50	-1.63	0.40	-0.09	-0.10	0.13
6	-1.39	0.19	-1.38	-0.05	0.00	-0.23	0.23

矢量GU		
x成分	y成分	长度
-0.05	-0.10	0.11

CN 115668020 A

1.一种光缆,是具备多个光纤单元的光缆,其特征在于,

上述光纤单元具有间歇连结型的多个光纤带,

在某个剖面中,至少一个上述光纤单元

在将上述光纤带的两端的光纤的中点设为M,将上述光纤带的重心设为G,将以中点M为起点且以重心G为终点的矢量设为矢量MG,将合成了各上述光纤带的矢量MG的矢量设为矢量GU时,

矢量GU的长度比多个上述光纤带的矢量MG的最大长度短。

2.根据权利要求1所述的光缆,其特征在于,

上述光缆的所有的上述光纤单元,在长边方向的至少任一个剖面中,上述矢量GU的长度比构成该光纤单元的多个上述光纤带的上述矢量MG的最大长度短。

3.根据权利要求2所述的光缆,其特征在于,

上述多个光纤单元被相互捻合,

上述光缆的所有的上述光纤单元,在捻距的范围内的任一个剖面中,上述矢量GU的长度比构成该光纤单元的多个上述光纤带的上述矢量MG的最大长度短。

4.根据权利要求1～3中任一项所述的光缆,其特征在于,

上述光纤单元具有捆扎上述多个光纤带的束材。

5.根据权利要求1～4中任一项所述的光缆,其特征在于,

在构成上述光纤单元的至少一个上述光纤带中,

在将上述矢量MG的长度设为L,将平坦状态下的上述光纤带的两端的光纤的距离设为L0时,

L/L0是0.225以下。

6.根据权利要求5所述的光缆,其特征在于,

L/L0是0.149以下。

7.根据权利要求5所述的光缆,其特征在于,

在构成上述光纤单元的所有的上述光纤带中,L/L0是0.225以下。

8.根据权利要求1～7中任一项所述的光缆,其特征在于,

在将上述矢量MG的长度设为L,将平坦状态下的上述光纤带的两端的光纤的距离设为L0时,

L/L0的标准偏差是0.011以上。

9.根据权利要求1～7中任一项所述的光缆,其特征在于,

在构成上述光纤单元的至少一个上述光纤带中,

在将上述光纤带的两端的光纤的距离设为L1,将平坦状态下的上述光纤带的两端的光纤的距离设为L0时,

L1/L0是0.205以上、且1.490以下。

10.根据权利要求9所述的光缆,其特征在于,

L1/L0是0.490以上、且1.267。

11.根据权利要求9所述的光缆,其特征在于,

在构成上述光纤单元的所有的上述光纤带中,L1/L0是0.205以上、且1.490以下。

12.根据权利要求1～11中任一项所述的光缆,其特征在于,

在将上述光纤带的两端的光纤的距离设为L1,将平坦状态下的上述光纤带的两端的光纤的距离设为L0时,

多个光纤带的L1/L0的标准偏差是0.018以上。

13.根据权利要求1～12中任一项所述的光缆,其特征在于,

在上述剖面内,上述光纤单元的至少一个上述光纤带具有使带面的一侧凸出而弯曲的部位、以及使上述带面的相反侧凸出而弯曲的部位。

14.一种光缆的制造方法,是进行制造具有间歇连结型的多个光纤带的光纤单元的步骤,以及

将多个上述光纤单元收纳在外皮的内侧的步骤的光缆的制造方法,其特征在于,

在某个剖面中,至少一个上述光纤单元,

在将上述光纤带的两端的光纤的中点设为M,将上述光纤带的重心设为G,将以中点M为起点且以重心G为终点的矢量设为矢量MG,将合成了各上述光纤带的矢量MG的矢量设为矢量GU时,

以矢量GU的长度比多个上述光纤带的矢量MG的最大长度短的方式,

制造破坏了多个上述光纤带的层叠状态的上述光纤单元。

光缆以及光缆的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光缆以及光缆的制造方法。

背景技术

[0002] 公知有将捆扎多根光纤而成的光纤的集合体作为光纤单元，构成光纤电缆的技术。此时，通过在光纤束上卷绕粗卷线(束材)，抑制光纤束的散乱，并且根据束材的颜色来识别光纤单元的方法是一般的。例如，在专利文献1中公开了捆扎多个光纤带成束而形成光纤单元的技术。

[0003] 专利文献1：日本特开2007-233252号公报

[0004] 在捆扎多个光纤带构成光纤单元的情况下，如专利文献1所记载的那样，一般多个光纤带以层叠的状态(将多个光纤带重叠的状态)被捆扎。其中，如专利文献1所记载的那样，在使用以层叠多个光纤带的状态捆扎的光纤单元而构成光缆的情况下，在对光缆施加了负荷(例如弯曲、温度变化等)时，负荷集中在特定的光纤，存在传送损失增大的担忧。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于抑制负荷集中于特定的光纤的情况。

[0006] 为了实现上述目的主要发明是一种光缆，其是具备多个光纤单元的光缆，上述光纤单元具有间歇连结型的多个光纤带，在某个剖面中，至少一个上述光纤单元在将上述光纤带的两端的光纤的中点设为M，将上述光纤带的重心设为G，将以中点M为起点且以重心G为终点的矢量设为矢量MG，将合成了各上述光纤带的矢量MG的矢量设为矢量GU时，矢量GU的长度比多个上述光纤带的矢量MG的最大长度短。

[0007] 关于本发明的其它特征通过后述的说明书以及附图的记载将变得清楚。

[0008] 根据本发明，能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。

附图说明

[0009] 图1A是光缆1的说明图。图1B是光纤单元2的说明图。

[0010] 图2是间歇连结型的光纤带7的说明图。

[0011] 图3是制造光纤单元2的单元制造装置20的说明图。

[0012] 图4是捆安装部50的说明图。

[0013] 图5A是本实施方式的光缆1的光纤单元2的剖面形状的说明图。图5B是表示图5A所示的光纤8的坐标的图表。

[0014] 图6A以及图6B是矢量MG和矢量GU的说明图。

[0015] 图7A是图5A的1号光纤带7的剖面形状的说明图。图7B是光纤带7相对于带宽度方向朝一个方向弯曲的情况下的比较说明图。

[0016] 图8是破坏了层叠状态的状态的光纤单元2的第一制造方法的说明图。

[0017] 图9是第一制造方法的束接合部60的剖视图。

[0018] 图10是破坏了层叠状态的状态的光纤单元2的第二制造方法的说明图。

[0019] 图11A是表示各光缆的Xmin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的表。图11B是表示各光缆的Xmin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的图表。

[0020] 图12是表示矢量MG的长度(无量纲化)与减薄拉伸试验的评价结果的关系的表。

[0021] 图13A是表示多个光纤单元2中的矢量MG的长度(无量纲化)与矢量MG的长度的偏差的表。图13B是表示各个光纤单元2中的矢量MG的偏差的图表。

[0022] 图14A是表示各光缆的Ymin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的表。图14B是表示各光缆的Ymin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的图表。

[0023] 图15是表示光纤带7的两端距离(无量纲化)与减薄拉伸试验的评价结果的关系的表。

[0024] 图16A是表示多个光纤单元2中的各个光纤带7的两端距离(无量纲化)与两端距离的偏差的表。图16B是表示各个光纤单元2中的两端距离的偏差的图表。

[0025] 图17A是表示各光缆的Zmin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的表。图17B是表示各光缆的Zmin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的图表。

[0026] 图18是本实施方式的光纤单元2与比较例的剖面形状的对比表。

[0027] 图19是第一比较例的光纤单元2的剖面形状的说明图。

[0028] 图20A是第二比较例的光缆的剖视图。图20B是第二比较例的光纤单元2的剖面形状的说明图。

[0029] 图21A是第三比较例的光缆的剖视图。图21B是第三比较例的光纤单元2的剖面形状的说明图。

[0030] 图22A是第四比较例的光缆的剖视图。图22B是第四比较例的光纤单元2的剖面形状的说明图。

具体实施方式

[0031] 根据后述的说明书以及附图的记载,至少明确了以下的事项。

[0032] 明确了一种光缆,是具备多个光纤单元的光缆,上述光纤单元具有间歇连结型的多个光纤带,在某个剖面中,至少一个上述光纤单元在将上述光纤带的两端的光纤的中点设为M,将上述光纤带的重心设为G,将以中点M为起点且以重心G为终点的矢量设为矢量MG,将合成了各上述光纤带的矢量MG的矢量设为矢量GU时,矢量GU的长度比多个上述光纤带的矢量MG的最大长度短。根据这样的光缆,能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。

[0033] 上述光缆的所有的上述光纤单元,优选在长边方向的至少任一个剖面中,上述矢量GU的长度比构成该光纤单元的多个上述光纤带的上述矢量MG的最大长度短。由此,在任一个光纤单元中,都能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。

[0034] 优选上述多个光纤单元相互捻合,上述光缆的所有的上述光纤单元,在捻距的范围内的任一个剖面中,上述矢量GU的长度比构成该光纤单元的多个上述光纤带的上述矢量MG的最大长度短。由此,容易使施加于光纤的应力沿长边方向分散。

[0035] 优选上述光纤单元具有捆扎上述多个光纤带的束材。由此,能够在破坏了层叠状态的状态下保持多个光纤带。

[0036] 优选在构成上述光纤单元的至少一个上述光纤带中,在将上述矢量MG的长度设为

L,将平坦状态下的上述光纤带的两端的光纤的距离设为L0时,L/L0是0.225以下。由此,能够抑制间歇连结型的光纤带的连结部的破损。

[0037] 更优选L/L0是0.149以下。由此,能够进一步抑制间歇连结型的光纤带的连结部的破损。

[0038] 优选在构成上述光纤单元的所有的上述光纤带中,L/L0是0.225以下。由此,能够抑制所有光纤带的连结部的破损。

[0039] 优选在将上述矢量MG的长度设为L,将平坦状态下的上述光纤带的两端的光纤的距离设为L0时,

[0040] L/L0的标准偏差是0.011以上。这样由于矢量MG的长度存在偏差,所以能够容易使施加于光纤的应力分散,能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。

[0041] 优选在构成上述光纤单元的至少一个上述光纤带中,

[0042] 在将上述光纤带的两端的光纤的距离设为L1,将平坦状态下的上述光纤带的两端的光纤的距离设为L0时,L1/L0是0.205以上、且1.490以下。由此,能够抑制间歇连结型的光纤带的连结部的破损。

[0043] 优选L1/L0是0.490以上、且1.267。由此,能够进一步抑制间歇连结型的光纤带的连结部的破损。

[0044] 优选在构成上述光纤单元的所有的上述光纤带中,L1/L0是0.205以上、且1.490以下。由此,能够抑制所有光纤带的连结部的破损。

[0045] 优选在将上述光纤带的两端的光纤的距离设为L1,将平坦状态下的上述光纤带的两端的光纤的距离设为L0时,多个光纤带的L1/L0的标准偏差是0.018以上。这样,由于光纤带的两端的光纤的距离L1存在偏差,所以能够容易使光纤的应力分散,能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。

[0046] 优选在上述剖面内,上述光纤单元的至少一个上述光纤带具有:使带面的一侧凸出而弯曲的部位、以及使上述带面的相反侧凸出而弯曲的部位。由此,能够容易使施加于光纤的应力沿带宽度方向分散,能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。

[0047] 一种光缆的制造方法变得明确,其是进行制造具有间歇连结型的多个光纤带的光纤单元的步骤、以及在外皮的内侧收纳多个上述光纤单元的步骤的光缆的制造方法,在某个剖面中,至少一个上述光纤单元,在将上述光纤带的两端的光纤的中点设为M,将上述光纤带的重心设为G,将以中点M为起点且以重心G为终点的矢量设为矢量MG,将合成了各上述光纤带的矢量MG的矢量设为矢量GU时,以矢量GU的长度比多个上述光纤带的矢量MG的最大长度短的方式,制造破坏了多个上述光纤带的层叠状态的上述光纤单元。根据这样的制造方法,能够制造能够抑制负荷集中于特定的光纤的光缆。

[0048] ＝＝＝第一实施方式＝＝＝

[0049] ＜光缆1的结构＞

[0050] 图1A是光缆1的说明图。

[0051] 光缆1是收纳有光纤8的电缆。本实施方式的光缆1是不具有形成有收纳光纤8的槽(插槽)的槽杆的光缆,是所谓的无槽型的光缆。本实施方式的光缆1具有多个光纤单元2、和外皮3。此外,光缆1在这里虽是无槽型的光缆,但也可以是具有槽杆的槽型的光缆。其中,后述的光纤单元2在用于无槽型的光缆1的情况下是特别有效的。

[0052] 光纤单元2是捆扎多个光纤8的构造体。本实施方式的光缆1具备多个光纤单元2。光纤单元2的详细构造将在后述。多个光纤单元2在被压卷带5覆盖的状态下被收纳在外皮3的内侧。多个光纤单元2也可以在沿一个方向或者以SZ状捻合的状态下被收纳于外皮3的内侧。在压卷带5的内侧除了多个光纤单元2以外，还可以收纳有夹装物。例如，也可以在压卷带5的内侧、外侧或两方作为夹装物收纳有吸收材料。另外，压卷带5也可以由吸水带构成。另外，也可以没有压卷带5，也可以没有夹装物。

[0053] 外皮3是覆盖多个光纤单元2(以及压卷带5)的部件。外皮3的外形的剖面为近似圆形状。在本实施方式中，在外皮3的内侧收纳有包围多个光纤单元2的压卷带5。另外，在外皮3埋设有张力构件4。也可以在外皮3除了张力构件4之外，还可以埋设有其它部件(例如唇线等)。

[0054] 图1B是光纤单元2中的说明图。

[0055] 光纤单元2是捆扎多个光纤8的构造体。本实施方式的光纤单元2由多个光纤8被束材10捆扎而成。其中，光纤单元2也可以是不使用束材10，例如通过合股加捻来捆扎多个光纤8的构造。束材10卷绕在光纤8的外周上，由此多个光纤8成束而不散乱。本实施方式的光纤单元2捆扎多枚间歇连结型的光纤带7而构成。

[0056] 图2是间歇连结型的光纤带7的说明图。

[0057] 间歇连结型的光纤带7是使多个(这里是12根)光纤8并列而间歇地连结的光纤带7。邻接的两芯光纤8通过连结部9A连结。在邻接的两芯光纤8间沿长边方向间歇地配置有多个连结部9A。另外，多个连结部9A沿长边方向以及带宽度方向二维地间歇配置。邻接的两芯光纤8间的连结部9A以外的区域成为非连结部9B。在非连结部9B中，邻接的两芯光纤8彼此没有被束缚。光纤带7能够相对于带宽度方向柔软地变形，能够高密度地捆扎多个光纤8。

[0058] 此外，间歇连结型的光纤带7并不限于图示的情况。例如，也可以改变连结部9A的配置。另外，也可以改变构成间歇连结型的光纤带7的光纤8的数量。另外，也可以将相邻的多个(例如两根)光纤作为一组，使多个组并列而用连结部9A间歇地连结相邻组的邻接的光纤8。另外，间歇地配置的连结部9A的配置图案也可以不是恒定的图案。

[0059] 束材10是捆扎多个光纤8的部件。束材10是能够捆束多个光纤8的部件，例如是线状、绳状或者带状的部件。束材10卷绕在光纤8的束的外周上。图中的光纤单元2虽由两根束材10捆扎光纤8，但光纤单元2的束材10可以是一根，也可以是两根以上。另外，光纤单元2也可以不具备束材10。

[0060] 束材10由高熔点材料和低熔点材料的复合材料构成，在交点处热熔接。其中，束材10也可以不由复合材料构成而由单一材料构成。例如，可以由高熔点材料或者低熔点材料中的任一个构成，两根束材10的材质也可以不同。另外，也可以代替将束材10彼此热熔接，而通过粘合剂接合。另外，也可以不接合束材10的交点。

[0061] 如图1B所示，两根束材10相对于光纤8的束分别卷绕为SZ状。即、各个束材10在接合部15中使卷绕方向反转，并且各卷绕光纤8的束的外周的半周量。其中，束材10的卷绕方法并不限于此。例如，也可以使一根束材10螺旋状地卷绕在光纤8的束的外周。另外，也可以使两根束材10分别沿相反方向螺旋状地卷绕在光纤8的束的外周。在本实施方式中，虽通过两根绳状的束材10捆扎多个光纤带7而构成光纤单元2，但光纤单元2中的结构并不限于此。例如，也可以通过以将带状的束材10包围在多个光纤8的束的外周上的方式进行卷绕而构

成光纤单元2。例如，束材10也可以由压卷带构成。另外，束材10例如也可以由松套管、紧缓冲管等管构成。束材10以追随光纤8的束的外形而进行安装，所以能够保持光纤8的束的外形(其结果，能够在在破坏了层叠状态的状态(后述)下保持多个光纤带7)。

[0062] 图3是制造光纤单元2的单元制造装置20的说明图。

[0063] 单元制造装置20具有多个带供给部30、集合部40以及单元形成部100。

[0064] 带供给部30是供给间歇连结型的光纤带7的装置(供给源)。例如，带供给部30由预先卷绕有间歇连结型的光纤带7的卷筒(或者线轴)构成。此外，带供给部30也可以由间歇连结型的光纤带7的制造装置构成。在本实施方式中，从多个带供给部30分别向集合部40供给间歇连结型的光纤带7。

[0065] 集合部40是将多个光纤带7集合的装置。集合部40使多个间歇连结型的光纤带7集合为束状。在本实施方式中，集合部40向捆安装部50供给集合为束状的多个间歇连结型的光纤带7。

[0066] 单元形成部100是形成用束材10捆扎多个光纤带7而成的光纤单元2的装置。单元形成部100具有捆安装部50和束接合部60。其中，在不进行束材10的接合的情况下，单元形成部100也可以不具备束接合部60，而仅具备捆安装部50。

[0067] 捆安装部50是将束材10安装在多个间歇连结型的光纤带7的束的外周的装置。在本实施方式中，捆安装部50将两根束材10卷绕为SZ状。其中，捆安装部50并不限于将束材10卷绕成SZ状，例如也可以将束材10沿一个方向卷绕成螺旋状。另外，在束材是带状的情况下，捆安装部50也可以以包围多个光纤带7的束的方式卷绕束材。另外，在束材是管的情况下，也可以将成为管的树脂挤压成型在光纤带7的束的外周。

[0068] 图4是捆安装部50的说明图。

[0069] 捆安装部50具有第一旋转部件51和第二旋转部件52。捆安装部50是由第一旋转部件51以及第二旋转部件52构成的双重筒构造。第一旋转部件51是筒状的部件。第一旋转部件51的中心部是光纤通过部50A，供集合成束状的多个间歇连结型的光纤带7通过。另外，第一旋转部件51具有使束材10通过的第一通过部51A。第一旋转部件51设置为能够旋转。第二旋转部件52是配置在第一旋转部件51的外侧的筒状的部件。第二旋转部件52具有使束材10通过的第二通过部52A。第二旋转部件52设置为能够相对于第一旋转部件51旋转。

[0070] 捆安装部50使第一旋转部件51和第二旋转部件52相互向相反方向摆动。由此，将两根束材10以SZ状卷绕在多个间歇连结型的光纤带7的束的外周。一边在多个间歇连结型的光纤带7的束的外周形成两根束材10的交点，一边向束接合部60供给多个间歇连结型的光纤带7以及束材10。此外，在图3中，虽在捆安装部50与束接合部60之间形成有多个束材10的交点，但捆安装部50与束接合部60的间隔也可以比束材10的交点的长边方向的间隔短。

[0071] 束接合部60是将两根束材10接合的装置。本实施方式的束接合部60由筒状的加热器构成。筒状的加热器的内壁面成为加热面。在多个间歇连结型的光纤带7以及束材10通过筒状的加热器的内侧时，两根束材10的交点被熔接接合，形成接合部15。由此，制造图1B所示的光纤单元2。此外，束接合部60也可以代替通过热熔接将束材10接合，而通过粘合剂来接合束材10。另外，如后所述，单元形成部100也可以不具备束接合部60，不接合束材10。

[0072] 此外，捆扎这样制造出的多个光纤单元2，并且被压卷带5卷绕，在挤压成型装置中将成为外皮3的熔融树脂挤压成型在压卷带5的外侧，由此制造光缆1。

[0073] ＜关于光纤单元2的剖面形状＞

[0074] 首先，在对比较例的光纤单元的剖面形状进行说明之后，对本实施方式的光纤单元2的剖面形状进行说明。

[0075] 图19是第一比较例的光纤单元2的剖面形状的说明图。在第一比较例中，六枚间歇连结型的光纤带7以层叠的状态被束材10捆扎。在第一比较例中，光纤带7没有相对于带宽度方向弯曲，带面是平坦。另外，各个光纤带7的平坦带面相互平行，各个光纤带7的带面对齐。即、在第一比较例中，六个光纤带7被规则地层叠。

[0076] 在图19所示的第一比较例的情况下，当光缆弯曲时，存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。例如，在将图中的N1-N1面作为中立面而光纤单元2弯曲的情况下，拉伸应力或者压缩应力集中在构成图中的第一根光纤带7或者第六根光纤带7(层叠状态的端部的光纤带7)的光纤8，应力难以向其它光纤8分散。另外，在将图中的各光纤带7的N2-N2面作为中立面而光纤单元2弯曲的情况下，拉伸应力或者压缩应力集中在图中的1号光纤或者12号光纤(光纤带7的两端的光纤8)，应力难以向其它光纤8分散。这样在负荷集中于特定的光纤8而难以向其它光纤8分散负荷的状况下，负荷集中的光纤8的传送损失增大，其结果，最大传送损失(多个光纤8的传送损失中的最大的传送损失)增大。因此，优选负荷不集中在特定的光纤8。

[0077] 因此，在本实施方式中，如下面说明的那样，在破坏了多个光纤带7的层叠状态的状态下，构成光纤单元2。由此，在本实施方式中，抑制负荷集中于特定的光纤8的情况，抑制光缆1(或者光纤单元2)的最大传送损失。

[0078] 图5A是本实施方式的光缆1的光纤单元2的剖面形状的说明图。图5A是将本实施方式的光缆1的剖面照片设为线图的说明图。图5B是表示图5A所示的光纤8的坐标的图表。图5B所示的图表示出了基于本实施方式的光缆1的剖面照片(二维图像)测定各光纤8的XY坐标的结果。在图5A以及图5B中，为了表示构成光纤带7的多个光纤8的配置，用实线连结示出了邻接的光纤8彼此。

[0079] 如图5A所示，本实施方式的光纤单元2以破坏了多个光纤带7的层叠状态的状态而构成。这里，“破坏了多个光纤带7的层叠状态的状态”是指与图19的第一比较例相比，光纤带7彼此的相对的位置关系不同的状态，且至少一个光纤带7的带面弯曲的状态。此外，在光纤带7的带面弯曲的状态下，在某个剖面中，在将光纤带7的两端的光纤8的中点设为M，将光纤带7的重心设为G时，通常中点M与重心G错开配置(中点M与重心G一致的情况极少)。

[0080] 图6A以及图6B是矢量MG和矢量GU的说明图。在图6A中示出了图5B所示的光纤单元2的剖面的矢量MG和矢量GU。另外，在图6B中示出了构成图5B所示的光纤单元2的多个光纤带7的两端的光纤8的中点M以及重心G的坐标、矢量MG以及矢量GU的xy成分以及长度。这里，在某个剖面中，将以中点M为起点且以重心G为终点的矢量设为矢量MG。另外，将合成了构成光纤单元2的多个光纤带7(这里是六个光纤带7)各自的矢量MG的矢量设为矢量GU。

[0081] 如图6A以及图6B所示，在该光纤单元2的该剖面中，矢量GU的长度比构成光纤单元2的多个光纤带7(这里是六个光纤带7)的矢量MG的最大长度(这里是1号带的矢量MG的长度)短。这样，在矢量GU比矢量MG的最大长度短的情况下，该光纤单元2在其剖面中，成为多个光纤带7的弯曲方向(带面的带宽度方向的弯曲方向)不偏向特定的方向的状态。换言之，成为多个光纤带7的弯曲方向(带面的带宽度方向的弯曲方向)接近随机的状态。因此，即使在光缆1向任一个方向弯曲的情况下，在该光纤单元2中，施加于光纤8的应力也容易分散，

与第一比较例相比，能够抑制负荷集中在特定的光纤8的情况。此外，即使在对光缆1施加温度变化而外皮3收缩的情况下，施加于光纤单元2的光纤8的应力也容易分散，与第一比较例相比，能够抑制负荷集中在特定的光纤8的情况。即、某个剖面的矢量GU的长度比构成光纤单元2的多个光纤带7的矢量MG的最大长度短，由此能够抑制负荷(弯曲、温度变化等)集中在特定的光纤8的情况，能够抑制光纤单元2的最大传送损失。

[0082] 此外，在某个剖面的光缆1的所有的光纤单元2中，矢量GU也可以比矢量MG的最大长度短。即、在某个剖面的至少一个光纤单元2中，只要矢量GU比矢量MG的最大长度短即可。由此，在该剖面中，至少能够抑制该光纤单元2的最大传送损失。

[0083] 另一方面，优选光缆1的所有的光纤单元2在光缆1的长边方向的至少任一个剖面中，矢量GU比矢量MG的最大长度短。由此，即使在长边方向的某位置(第一位置)的剖面中某光纤单元2的矢量GU比矢量MG的最大长度长，若在其它的位置(第二位置)的剖面中该光纤单元2的矢量GU比矢量MG的最大长度短，则在某位置(第一位置)处光缆1弯曲时(或者在对光缆1施加温度变化时)，能够在其它的位置(第二位置)吸收施加于光纤8的应力(拉伸应力或者压缩应力)，所以能够抑制负荷集中在特定的光纤8的情况。即、通过在长边方向的任一个剖面中使光纤单元2的矢量GU比矢量MG的最大长度短，能够使施加于光纤8的应力沿长边方向分散，所以能够抑制负荷集中在特定的光纤8的情况。

[0084] 在构成光缆1的多个光纤单元2相互被捻合的情况下，为了使其它的位置(第二位置)容易吸收在某位置(第一位置)光缆1弯曲时施加于光纤8的应力(拉伸应力或者压缩应力)，换言之，为了使施加于光纤8的应力沿长边方向分散，在捻距(1节距)的范围内的任一个剖面中，优选矢量GU比矢量MG的最大长度短。即、光缆1的所有的光纤单元2在捻距(1节距)的范围内的任一个剖面中，优选矢量GU比矢量MG的最大长度短。此外，捻距(1节距)是在将多个光纤单元2沿一个方向捻合的情况下，用于使配置为螺旋状的光纤单元2沿周向旋转一周的长边方向的长度。另外，在多个光纤单元2被捻合为SZ状的情况下，捻距(1节距)是从捻合方向反转的位置到下一个向相同的方向反转的位置之间的长边方向的长度(间隔)。

[0085] ＜关于带面的弯曲方向＞

[0086] 图7A是图5A的1号光纤带7的剖面形状的说明图。在从图中的左起第三根光纤8、第六根光纤8的部位(图中上侧的箭头的部位)中，使图中的上侧的带面凸出，光纤带7向带宽度方向弯曲。另一方面，从图中的左起第五根光纤8的部位(图中下侧的箭头的部位)中，使图中的下侧的带面凸出，光纤带7向带宽度方向弯曲。这样，优选在某个剖面中，具有使光纤带7的一侧的带面凸出而弯曲的部位、以及使相反侧的带面凸出而弯曲的部位。

[0087] 图7B是光纤带7相对于带宽度方向沿一个方向弯曲的情况下的比较说明图。如图中的箭头所示，在带面的凸侧中，对光纤8作用拉伸力。如图7B所示，在光纤带7向一个方向弯曲的情况下，由于成为在各光纤8的带面的凸侧积蓄了拉伸力的状态，所以在进一步对某光纤8作用拉伸力时，难以使该拉伸力向其它光纤8分散，存在拉伸力集中在特定的光纤8的担忧。即、如图7B所示，在光纤带7向一个方向弯曲的情况下，难以使施加于光纤8的应力沿带宽度方向分散。

[0088] 与此相对，在图7A所示的本实施方式中，例如在对从左数第三根光纤8的带面的凸侧(图中的上侧)作用拉伸力时，能够使该拉伸力向从左数第五根光纤8(向相反侧凸出而弯曲的部位)分散。这样，通过在某个剖面中，具有使光纤带7的一侧的带面凸出而弯曲的部

位、和使相反侧的带面凸出而弯曲的部位，容易使施加于光纤8的应力沿带宽度方向分散。由此，能够进一步抑制力集中在特定的光纤8，能够进一步抑制光纤单元2的最大传送损失。

[0089] ＜关于层叠状态的破坏方法＞

[0090] 图8是破坏了层叠状态的状态的光纤单元2的第一制造方法的说明图。图9是第一制造方法的束接合部60的剖视图。图9的上图是XZ平面(与层叠状态的光纤带7的带面平行的面)的束接合部60的剖视图。图9的下图是YZ平面(与光纤带7的层叠方向(Y方向)以及长边方向(Z方向)平行的面)的束接合部60的剖视图。此外，在图9的下图还示出了束接合部60的长边方向的不同的三个部位的束接合部60的剖视图(与长边方向垂直的XY平面的剖视图)。在图9的左侧示出了层叠状态的多个光纤带7。此外，多个光纤带7如图9(以及图3)所示，成为在形成有交点的束材10卷绕在外周的状态下，插通在束接合部60的状态。

[0091] 束接合部60具有用于使光纤单元2(多个光纤带7以及束材10)通过的单元通过部61(贯通孔)。另外，束接合部60具有收缩部62、第一锥部63A以及第二锥部63B。

[0092] 收缩部62是将由多个光纤带7构成的光纤8的束收缩得较细的部位。在多个光纤带7以及束材通过收缩部62时，从收缩部62的内壁面(加热器)加热束材，将两根束材的交点熔接。在将层叠状态的光纤带7的带宽度方向(X方向)的尺寸设为W0，将收缩部62的相同方向(X方向)的单元通过部61的尺寸设为W1时，尺寸W1比尺寸W0窄(W1＜W0)。由此，在使两根束材的交点熔接连接时，能够使单元通过部61的内壁面与光纤带7接触，能够使光纤带7相对于带宽度方向变形。

[0093] 第一锥部63A是比收缩部62靠入口侧(上游侧)的锥状的部位。通过设置第一锥部63A，能够将光纤8引导到收缩部62而不对光纤8施加过度的应力。第二锥部63B是设置在比收缩部62靠出口侧(下游侧)的锥状的部位。通过设置第二锥部63B，能够抑制对束材10的接合部15施加急剧的力的情况，能够抑制接合部15的解开。

[0094] 在第一制造方法中，使收缩部62的内壁面与光纤带7接触，使光纤带7相对于带宽度方向变形。此外，在第一制造方法中，收缩部62的剖面是椭圆形状，是相对于短轴对称的形状。使沿长轴方向(Y方向)层叠的多个光纤带7通过相对于短轴对称的形状的收缩部62，由此能够通过位于短轴的上侧的光纤带7和位于短轴的下侧的光纤带7以带面的变形成为反向的方式进行引导。由此，在光纤单元2的剖面中，能够以矢量GU的长度比矢量MG的最大长度短的方式，设为多个光纤带7的弯曲方向不偏向特定的方向的状态。

[0095] 此外，破坏多个光纤带7的层叠状态的方法并不限于上述方法。例如，在不是束材10的熔接时，也可以如下面说明的那样，在多个光纤带7的集合时破坏层叠状态。

[0096] 图10是破坏了层叠状态的状态的光纤单元2的其它制造方法的说明图，是在多个光纤带7的集合时破坏层叠状态的方法的说明图。集合部40具有中间部件41和集合部件42。这里，中间部件41由多个输送辊41A构成，集合部件42由集合辊42A构成。其中，中间部件41以及集合部件42的结构并不限于此。

[0097] 输送辊41A是输送光纤带7的辊(包含滑轮、滚子等的旋转体)。各个输送辊41A输送一个光纤带7。集合辊42A是输送集合后的多个光纤带7的辊。集合辊42A使多个光纤带7以集合了的状态进行输送。这里，如图10所示，将与集合辊42A的旋转轴平行的方向设为X方向。另外，将相对于X方向和光纤带7的长边方向垂直的方向设为Y方向(将光纤带7的长边方向设为Z方向)。

[0098] 如图10所示，至少一个输送辊41A的旋转轴相对于其它输送辊41A的旋转轴倾斜配置。具体而言，五个输送辊41A的旋转轴与X方向平行，与此相对，一个输送辊41A的旋转轴相对于X方向倾斜了角度θ。在使某光纤带7的带面相对于其它光纤带7的带面倾斜的状态下，使多个光纤带7集合，由此能够在破坏了层叠状态的状态下使多个光纤带7集合。

[0099] 另外，在使多个光纤带7集合时，输送位于Y方向的中央部的光纤带7的输送辊41A的旋转轴相对于其它输送辊41A的旋转轴倾斜配置。由此，能够通过位于比倾斜后的光纤带靠Y方向正侧的光纤带7、和位于比倾斜后的光纤带靠Y方向负侧的光纤带7，以带面的变形为反向的方式进行引导。因此，在光纤单元2的剖面中，能够成为多个光纤带7的弯曲方向不偏向特定的方向的状态，以便使矢量GU的长度比矢量MG的最大长度短。

[0100] 然而，在图9所示的制造方法中，例如通过改变单元通过部61的形状(收缩部62、第一锥部63A、第二锥部63B的形状)，能够调整光纤带7的弯曲。例如，通过缩小收缩部62的带宽度方向的尺寸W1，能够增大光纤带7的弯曲。

[0101] 另外，在图10所示的制造方法中，例如，通过改变输送辊41A的倾斜θ，能够调整光纤带7的弯曲。例如，通过增大输送辊41A的倾斜θ，能够增大光纤带7的弯曲。

[0102] 此外，光纤带7的弯曲的改变方法(调整方法)并不限于单元通过部61(参照图9)的形状改变、输送辊41A(参照图10)的倾斜改变。另外，即使在与图9、图10所示的制造方法不同的制造方法、使束材的有无、束材的种类不同的光缆中，也能够改变光纤带7的弯曲。

[0103] 例如，通过改变光纤带7的连结部9A(参照图2)的配置、形状、物性，能够调整光纤带7的弯曲。例如，使沿长边方向间歇地形成的连结部9A的长边方向的间隔变长，或使各个连结部9A的长边方向的尺寸变短，或使连结部9A的杨氏模量变低，由此能够增大光纤带7的弯曲。

[0104] 另外，通过改变光缆1的形状，也能够调整光纤带7的弯曲。例如，通过改变光缆内的光纤的安装密度、束材等夹装物的根数等，能够调整光纤带7的弯曲。此外，光缆内的光纤的安装密度是从外皮内的截面积减去光纤以外的部件的截面积而得到的面积中的每1平方毫米的光纤的根数，所以例如通过改变外皮内的截面积、光纤以外的部件(束材等夹装物)的截面积、光纤的根数等，能够改变安装密度，能够调整光纤带7的弯曲。例如，通过提高光缆内的光纤的安装密度，或增加束材的根数，能够增大光纤带7的弯曲。此外，例如通过改变配置在光缆的内部的夹装的位置，能够调整光纤带7的弯曲。

[0105] 如上述那样，通过调整光纤带7的弯曲，能够调整光缆的剖面中的矢量MG的长度，能够使矢量GU的长度比矢量MG的最大长度短。此外，通过调整光纤带7的弯曲，不仅能够调整矢量MG的长度，还能够以矢量MG的偏差(后述)、光纤带7的两端距离(后述)、两端距离的偏差(后述)等满足规定的条件的方式进行调整。

[0106] ＜实施例＞

[0107] 作为实施例，制作了864芯的光缆。光纤单元用卷绕为SZ状的束材捆扎六枚间歇连结型的光纤带而构成。对于光缆而言，将12个单元的光纤单元合股加捻成SZ状，使压卷带包围合股加捻后的12个单元的光纤单元，用外皮覆盖压卷带的外侧。这里，将光缆内的光纤的安装密度设为8～20根/mm^2的范围，制作了多个种类的光缆。此外，安装密度是将外皮内的光纤的根数(这里，是864根)除以从外皮内的截面积减去了光纤以外的部件(压卷带、夹装物等)的截面积后的面积而得到的值。即、安装密度是从外皮内的截面积减去光纤以外的部

件的截面积后的面积的每一平方毫米的光纤的根数。

[0108] 另外，作为各个光缆的评价，进行了-40℃/+70℃的两个循环的条件下的损失温度特性评价。此外，将测定波长设为1550nm，以GR-20-CORE Issue4,6.6.4.3Optical Acceptance Criteria为基准测定了光缆的最大传送损失增加量。测定结果是0.15dB/km以下的情况下，评价为良(○)，测定结果大于0.15dB/km的情况下，评价为不可(×)。

[0109] •实施例1

[0110] 拍摄各个光缆的剖面，如已经说明的那样，基于光缆的剖面照片(二维图像)测定各光纤8的XY坐标，测定了各光纤单元各自的光纤带的矢量MG和矢量GU。针对n号单元(n:1～12)的各个光纤带，计算将矢量GU的长度除以矢量MG而得到的值，将n号单元的最小值(将构成n号单元的多个光纤带中的矢量GU的长度除以矢量MG而得到的值的最小值)设为Xn。另外，将光缆内的所有单元的Xn的最小值设为Xmin。此外，在Xn小于1的情况下，是指在该光纤单元中，矢量GU的长度比多个光纤带的矢量MG的最大长度短。另外，在Xmin小于1的情况下，是指在光缆的至少一个光纤单元中，矢量GU的长度比多个光纤带的矢量MG的最大长度短。

[0111] 图11A是表示各光缆的Xmin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的表。图11B是表示各光缆的Xmin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的图表。

[0112] 如图11A所示，在Xmin小于1的情况下，最大传送损失增加量Δmax是0.15dB/km以下(评价为良)。另外，如图11B所示，若Xmin大于1，则最大传送损失增加量Δmax显著地增加。因此，优选Xmin小于1。即、优选在光缆的至少一个光纤单元中，矢量GU的长度比多个光纤带的矢量MG的最大长度短。

[0113] •实施例2:矢量MG的长度

[0114] 图12是表示矢量MG的长度(无量纲化)与减薄拉伸试验的评价结果的关系的表。

[0115] 在图中示出了将矢量MG的长度无量纲化后的值。具体而言，在将基于本实施方式的光缆1的剖面照片(二维图像)中的XY坐标的矢量MG的长度设为L，将平坦状态下的光纤带7(第一比较例)的两端的光纤8的中心间距离设为L0(相当于XY坐标上的长度2.75)时，将矢量MG的长度L除以L0而得到的值(L/L0)作为无量纲化的矢量MG的长度。

[0116] 另外，在图中示出了减薄拉伸试验的评价结果。减薄拉伸试验基于IEC60794-1-21Method E18A，在张力2700N或者1350N、芯棒直径600mm以及弯曲角度90°的条件下进行。在减薄拉伸试验后，将光缆解体来评价光纤带7的连结部9A的破损的有无。在张力2700N以及1350N的任一个条件下，在都不存在连结部9A的破损的情况下评价为优良(◎)，在张力1350N的条件下而没有连结部9A的破损的情况下评价为良(○)，在张力2700N以及1350N的任一个条件下而都存在连结部9A的破损的情况下评价为不良(×)。

[0117] 如图12所示，在L/L0是0.242以上的情况下，在张力2700N以及1350N的任一个条件下，都确认了光纤带7的连结部9A的破损。此外，若L/L0成为较大的值，则在光缆的剖面中，存在光纤带7以急剧地弯曲的方式变形的趋势，所以在L/L0是0.242以上的情况下，认为光纤带7的连结部9A越破损，光纤带7变形为越急剧地弯曲。因此，优选表示矢量MG的长度(无量纲化)的L/L0是0.225以下(L/L0≤0.225)。

[0118] 如图12所示，在L/L0是0.008以上、且0.225以下的范围内，在张力1350N的条件下，减薄拉伸试验后的光纤带7的连结部9A没有破损。因此，优选表示矢量MG的长度(无量纲化)的L/L0是0.008以上、且0.225以下(0.008≤L/L0≤0.225)。另外，在L/L0是0.008以上、且

0.149以下的范围内，在张力2700N的条件下，减薄拉伸试验后的光纤带7的连结部9A没有破损。因此，更优选表示矢量MG的长度(无量纲化)的L/L0是0.008以上、且0.149以下(0.008≤L/L0≤0.149)。

[0119] 此外，在光纤带7的带面弯曲的状态下，通常中点M与重心G被错开配置(中点M与重心G一致的情况极少)，所以在图12所示的实施例中，没有得到L/L0是0的情况下的评价结果。其中，在L/L0是0的情况下，由于光纤带7不会进行折弯那样的变形，所以假设连结部9A没有破损。因此，矢量MG的长度(无量纲化)的L/L0也可以包含0的情况，所以优选是0以上、且0.225以下(0≤L/L0≤0.225)，更优选是0以上、且0.149以下。即、表示矢量MG的长度(无量纲化)的L/L0只要是0.225以下即可(L/L0≤0.225)，更优选是0.149以下。

[0120] 在某个剖面中的光缆1的所有的光纤带7中，表示矢量MG的长度(无量纲化)的L/L0也可以不是0.225以下(或者0.149以下)。即、关于某个剖面中的至少一个光纤带7，表示矢量MG的长度(无量纲化)的L/L0只要是0.225以下(或者0.149以下)即可。由此，在该剖面中，至少能够抑制该光纤带7的连结部9A的损伤。另一方面，在构成光纤单元2的所有的光纤带7中，优选表示矢量MG的长度(无量纲化)的L/L0是0.225以下(或者0.149以下)。由此，能够抑制构成光纤单元2的所有的光纤带7的连结部9A的损伤。

[0121] •实施例3:矢量MG的偏差

[0122] 图13A是表示某光缆的多个光纤单元2的矢量MG的长度(无量纲化)与矢量MG的长度的偏差的表。图13B是表示某光缆的多个光纤单元2的矢量MG的偏差的图表。此外，在图13A以及图13B中示出了将矢量MG的长度无量纲化后的值。具体而言，将基于本实施方式的光缆1的剖面照片(二维图像)中的XY坐标的矢量MG的长度设为L，将平坦状态下的光纤带7(第一比较例)的两端的光纤8的中心间距离设为L0(相当于XY坐标上的长度2.75)时，将矢量MG的长度L除以L0而得到的值(L/L0)作为无量纲化后的矢量MG的长度。

[0123] 如图13A以及图13B所示，在本实施方式的光缆1中，在各光纤单元2中，矢量MG的长度产生偏差。另一方面，在上述第一比较例中，六个光纤带7是规则地层叠的状态，所以矢量MG的长度不产生偏差(矢量MG的长度的标准偏差大致为零)。如本实施方式那样，在矢量MG的长度产生了偏差的情况下，构成各光纤单元2的多个光纤带7成为以接近随机的状态弯曲的状态，所以即使在光缆1向任一个方向弯曲的情况下，在该光纤单元2中，也容易使施加于光纤8的应力分散，与第一比较例相比，能够抑制负荷集中在特定的光纤8的情况。

[0124] 因此，以成为0.9＜Xmin＜1.0的方式制作了多个种类的光缆，还测定了矢量MG的偏差的影响。具体而言，关于n号单元中的各个光纤带，计算矢量MG的长度L除以L0而得到的值(L/L0;无量纲化后的矢量MG的长度)，将n号单元中的L/L0的值(构成n号单元的多个光纤带的L/L0)的标准偏差设为Yn。另外，将光缆内的所有单元中的Yn的最小值设为Ymin。

[0125] 图14A是表示各光缆的Ymin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的表。图14B是表示各光缆的Ymin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的图表。这里，将测定波长设为1550nm，以GR-20-CORE Issue4,6.6.4.3Optical Acceptance Criteria为基准测定了光缆的最大传送损失增加量，在测定结果是0.15dB/km以下的情况下，评价为良(○)，在测定结果是0.10dB/km以下情况下，评价为优良(◎)。

[0126] 如图14A所示，在Ymin是0.011以上的情况下，最大传送损失增加量Δmax是0.10dB/km以下(评价为优良)。另外，如图14B所示，在Ymin小于0.011的情况下，虽最大传送

损失增加量Δmax是0.15dB/km以下，但最大传送损失增加量Δmax显著增加。因此，优选Ymin是0.011以上。即、优选L/L0的值(矢量MG的长度L除以平坦状态下的光纤带的两端的光纤的距离L0而得到的长度)的标准偏差是0.011以上。

[0127] 此外，在光缆1的所有的光纤单元2中，L/L0的标准偏差也可以不是0.011以上。即、关于至少一个光纤单元2，L/L0的标准偏差只要是0.011以上即可。由此，至少在该光纤单元2中，矢量MG的长度存在偏差，所以也容易使施加于光纤的应力分散，能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。另一方面，如本实施例所示，在光缆1的所有的光纤单元2中，优选L/L0的标准偏差是0.011以上。由此，在所有光纤单元2中，矢量MG的长度存在偏差，所以容易使施加于光纤的应力分散，能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。

[0128] •实施例4:两端距离

[0129] 图15是表示光纤带7的两端距离(无量纲化)与减薄拉伸试验的评价结果的关系的表。

[0130] 在图中示出了将光纤带7的两端的光纤8的中心距离(两端距离)无量纲化后的值。具体而言，在将本实施方式的光缆1的剖面照片(二维图像)中的XY坐标上的光纤带7的两端的光纤8的中心间距离设为L1，将平坦状态下的光纤带7(第一比较例)的两端的光纤8的中心间距离设为L0时，将L1除以L0而得到的值(L1/L0)作为无量纲化后的两端距离。

[0131] 另外，在图中示出了减薄拉伸试验的评价结果。减薄拉伸试验的方法、条件、评价与上述实施例2相同。

[0132] 如图15所示，在L1/L0是0.135以下的情况下，在张力2700N以及1350N的任一个条件下，都确认了连结部9A的破损。此外，若L1/L0成为较小的值，则在光缆的剖面中，存在光纤带7以折叠的方式变形的趋势，所以在L1/L0是0.135以下的情况下，认为光纤带7的连结部9A越破损，光纤带7变形为越折叠。

[0133] 另外，如图15所示，即使在L1/L0是1.633以上的情况下，在张力2700N以及1350N的任一个条件下，都确认了光纤带7的连结部9A的破损。认为L1/L0超过1而成为越大的值，光纤带7的连结部9A就越被向带宽度方向拉动，所以在L1/L0是1.633以上的情况下，光纤带7的连结部9A越破损，连结部9A越被向带宽度方向拉动。

[0134] 另一方面，如图15所示，在L1/L0是0.205以上、且1.490以下的范围内，在张力1350N的条件下，减薄拉伸试验后的光纤带7的连结部9A没有破损。因此，优选表示光纤带7的两端距离(无量纲化)的L1/L0是0.205以上、且1.490以下(0.205≤L1/L0≤1.490)。另外，在L1/L0是0.490以上、且1.267以下的范围内，在张力2700N的条件下，减薄拉伸试验后的光纤带7的连结部9A也没有破损。因此，更优选表示光纤带7的两端距离(无量纲化)的L1/L0是0.490以上、且1.267以下(0.490≤L1/L0≤1.267)。

[0135] 在某个剖面的光缆1的所有的光纤带7中，表示两端距离(无量纲化)的L1/L0也可以不是0.205以上、且1.490以下(或者0.490以上、且1.267以下)。即、关于某个剖面的至少一个光纤带7，表示两端距离(无量纲化)的L1/L0只要是0.205以上、且1.490以下(或者0.490以上、且1.267以下)即可。由此，在该剖面中，至少能够抑制该光纤带7的连结部9A的损伤。另一方面，优选在构成光纤单元2的所有的光纤带7中，表示两端距离(无量纲化)的L1/L0是0.205以上、且1.490以下(或者0.490以上、且1.267以下)。由此，能够抑制构成光纤单元2的所有的光纤带7的连结部9A的损伤。

[0136] • 实施例5:两端距离的偏差

[0137] 图16A是表示多个光纤单元2中的各个光纤带7的两端距离(无量纲化)与两端距离的偏差的表。图16B是表示各个光纤单元2的两端距离的偏差的图表。此外,在图16A以及图16B示出了将光纤带7的两端的光纤8的中心距离(两端距离)无量纲化后的值。具体而言,在将本实施方式的光缆1的剖面照片(二维图像)中的XY坐标上的光纤带7的两端的光纤8的中心间距离设为L1,将平坦状态下的光纤带7(第一比较例)的两端的光纤8的中心间距离设为L0时,将L1除以L0而得到的值(L1/L0)作为无量纲化后的两端距离。

[0138] 如图16A以及图16B所示,在本实施方式的光缆1中,在各光纤单元2中,光纤带7的两端距离产生偏差。另一方面,在上述第一比较例中,六个光纤带7均以平坦的状态被层叠,所以两端距离不产生偏差(两端距离的标准偏差大致为零)。在本实施方式中,即使在任一个光纤单元2中,在光纤带7的两端距离产生了偏差的情况下,构成各光纤单元2的多个光纤带7成为以接近随机的状态弯曲的状态,所以即使在光缆1向任一个方向弯曲的情况下,在该光纤单元2中,也容易使施加于光纤8的应力分散,与第一比较例相比,能够抑制负荷集中在特定的光纤8的情况。

[0139] 因此,以成为0.9＜Xmin＜1.0的方式制作了多个种类的光缆,测定了两端距离(L1/L0)的偏差的影响。具体而言,关于n号单元中的各个光纤带,计算光纤带7的两端的光纤8的中心间距离L1除以L0而得到的值(L1/L0;无量纲化后的两端距离),将n号单元中的L1/L0的值(构成n号单元的多个光纤带7的L1/L0)的标准偏差设为Zn。另外,将光缆内的所有单元中的Zn的最小值设为Zmin。

[0140] 图17A是表示各光缆的Zmin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的表。图17B是表示各光缆的Zmin和最大传送损失增加量Δmax的测定结果的图表。这里也同样地测定了光缆的最大传送损失增加量,在测定结果是0.15dB/km以下的情况下评价为良(○),在测定结果是0.10dB/km以下情况下评价为优良(◎)。

[0141] 如图17A所示,在Zmin是0.18以上的情况下,最大传送损失增加量Δmax是0.10dB/km以下(评价为优良)。另外,如图17B所示,在Zmin小于0.18的情况下,虽最大传送损失增加量Δmax是0.15dB/km以下,但最大传送损失增加量Δmax显著增加。因此,优选Zmin是0.18以上。即、优选光纤带7的两端的光纤8的中心间距离L1除以L0而得到的值的标准偏差是0.018以上。

[0142] 此外,在光缆1的所有的光纤单元2中,L1/L0的标准偏差也可以不是0.018以上。即、关于至少一个光纤单元2,L1/L0的标准偏差只要是0.018以上即可。由此,至少在该光纤单元2中,多个光纤带7成为以接近随机的状态进行了弯曲的状态,所以即使在光缆1向任一个方向弯曲的情况下,在该光纤单元2中,也能够容易地使施加于光纤8的应力分散,能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。另一方面,如本实施例所示,在光缆1的所有的光纤单元2中,优选L1/L0的标准偏差是0.018以上。由此,在所有光纤单元2中,由于构成光纤单元2的多个光纤带7成为以接近随机的状态进行了弯曲的状态,所以即使在光缆1向任一个方向弯曲的情况下,在该光纤单元2中,也能够容易地使施加于光纤8的应力分散,能够抑制负荷集中于特定的光纤的情况。

[0143] ＜与其它比较例的对比＞

[0144] 图18是本实施方式的光纤单元2与比较例的剖面形状的对比表。已经对第一比较

例进行了说明(参照图19),所以这里主要对第二～第四比较例进行说明。

[0145] • 第二比较例

[0146] 图20A是第二比较例的光缆的剖视图。第二比较例的光缆是具备杆的槽型的光缆,该杆具有多个插槽(槽)。在各个插槽收纳有由多个光纤带7构成的光纤单元2。

[0147] 图20B是第二比较例的光纤单元2的剖面形状的说明图。在第二比较例中,光纤带7也有间歇连结型的光纤带7构成。其结果,在第二比较例中,光纤带7以沿着插槽的内壁面的方式变形。即、在第二比较例中,收纳于共用的插槽的多个光纤带7沿着共用的插槽的内壁面同样地变形。其结果,在第二比较例中,构成光纤单元2的多个光纤带7各自的矢量MG朝向大致共同的方向,所以矢量GU变得比较长。即、在第二比较例中,是多个光纤带7的弯曲方向偏向特定的方向的状态。因此,在第二比较例中,在光缆向规定的方向弯曲的情况下,存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。此外,并不限于第二比较例那样的槽型的光缆,在多个光纤带7的弯曲方向偏向特定的方向的状态下,在光缆向规定的方向弯曲的情况下,存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。

[0148] 另外,在第二比较例中,多个光纤带7沿着共用的插槽的内壁面同样地变形,所以矢量MG的长度难以产生偏差,所以若与本实施方式相比,则矢量MG的长度的标准偏差变小。因此,在第二比较例中,若与本实施方式相比,则多个光纤带7的配置是规则的而没有随机性,所以在光缆向规定的方向弯曲的情况下,存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。另外,在第二比较例中,多个光纤带7沿着共用的插槽的内壁面同样地变形,所以两端距离的偏差(在将光纤带7的两端的光纤8的中心间的距离设为L1,将平坦状态下的光纤带7的两端的光纤8的中心间距离设为L0时的多个光纤带7的L1/L0的标准偏差)变小。根据这样的理由,在第二比较例中,在光缆向规定的方向弯曲的情况下,也存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。

[0149] 此外,在第二比较例中,各个光纤带7容易使插槽的底侧的带面凸出而弯曲。即、在第二比较例中,如图20B所示,各光纤带7相对于带宽度方向向一个方向弯曲。因此,在第二比较例中,难以使施加于光纤8的应力沿带宽度方向分散。

[0150] • 第三比较例

[0151] 图21A是第三比较例的光缆的剖视图。第三比较例的光缆与第二比较例相同,是具备杆的槽型的光缆,该杆具有多个插槽(槽)。在各个插槽收纳有由多个光纤带7构成的光纤单元2。

[0152] 图21B是第三比较例的光纤单元2的剖面形状的说明图。在第三比较例中,光纤带7也有间歇连结型的光纤带7构成。在第三比较例中,各个光纤带7将多个光纤8配置为螺旋状。换言之,在第三比较例中,各个光纤带7以带面成为螺旋状的方式进行变形。在第三比较例中,构成光纤单元2的多个光纤带7各自的矢量MG朝向共同的方向,所以矢量GU变得比较长。在第三比较例中,多个光纤带7被规则地配置,不具有随机性,所以在光缆向规定的方向弯曲的情况下,存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。

[0153] 另外,在第三比较例中,多个光纤带7以带面成为螺旋状的方式同样地变形,所以矢量MG的长度难以产生偏差,因此若与本实施方式相比,则矢量MG的长度的标准偏差变小。因此,在第三比较例中,若与本实施方式相比,则由于多个光纤带7的配置是规则的而不具有随机性,所以在光缆向规定的方向弯曲的情况下,存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。

另外，在第三比较例中，多个光纤带7以带面成为螺旋状的方式同样地变形，所以两端距离的偏差(多个光纤带7的L1/L0的标准偏差)变小。根据这样的理由，在第三比较例中，在光缆向规定的方向弯曲的情况下，也存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。

[0154] • 第四比较例

[0155] 图22A是第四比较例的光缆的剖视图。第四比较例的光缆与本实施方式相同，是无槽型的光缆。第四比较例的光缆具备沿周向均等地配置的多个光纤单元2。

[0156] 图22B是第四比较例的光纤单元2的剖面形状的说明图。光纤单元2具有扇形状(或者心形)的剖面形状。这里，光纤单元2具备六枚间歇连结型的光纤带7。将三枚光纤带7作为一组，两组的光纤带7被对称地配置，由此构成了光纤单元2。构成一组的三枚光纤带7在重叠的状态下沿相同的方向弯曲而配置。其结果，在第四比较例中，构成光纤单元2的多个光纤带7各自的矢量MG朝向大致共同的方向，所以矢量GU变得比较长。即、在第四比较例中，是多个光纤带7的弯曲方向偏向特定的方向的状态。因此，在第四比较例中，在光缆向规定的方向弯曲的情况下，存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。

[0157] 另外，在第四比较例中，多个光纤带7将三枚光纤带7作为一组而在重叠的状态下向相同的方向弯曲，两组光纤带7被对称地配置，所以矢量MG的长度难以产生偏差，因此若与本实施方式相比，则矢量MG的长度的标准偏差变小。因此，在第四比较例中，若与本实施方式相比，则由于多个光纤带7的配置是规则的而没有随机性，所以在光缆向规定的方向弯曲的情况下，存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。另外，在第四比较例中，多个光纤带7将三枚光纤带7作为一组而在重叠的状态下向相同的方向弯曲，两组光纤带7对称地配置，所以两端距离的偏差(多个光纤带7的L1/L0的标准偏差)变小。根据这样的理由，在第三比较例中，在光缆向规定的方向弯曲的情况下，也存在负荷集中在特定的光纤8的担忧。

[0158] 此外，在第四比较例中，各个光纤带7将外侧的带面弯曲为凸状而配置。即、在第四比较例中，如图22B所示，各光纤带7相对于带宽度方向沿一个方向弯曲。因此，在第四比较例中，难以使施加于光纤8的应力沿带宽度方向分散。

[0159] ＝＝＝其它实施方式＝＝＝

[0160] 上述实施方式是用于容易理解本发明的实施方式，并不是用于限定解释本发明的。本发明在不脱离其宗旨的情况下能够进行变更/改进，并且本发明当然包含其等价物。另外，也可以适当地组合上述各实施方式。

[0161] 附图标记的说明

[0162] 1…光缆，2…光纤单元，

[0163] 3…外皮，4…张力构件，5…压卷带，

[0164] 7…光纤带，8…光纤，

[0165] 9A…连结部，9B…非连结部，

[0166] 10…束材，11…铁芯部，12…覆盖部，

[0167] 15…接合部，

[0168] 20…单元制造装置，30…带供给部，

[0169] 40…集合部，

[0170] 50…捆安装部，50A…光纤通过部，

[0171] 51…第一旋转部件，51A…第一通过部，

[0172] 52…第二旋转部件,52A…第二通过部,

[0173] 60…束接合部,100…单元形成部。

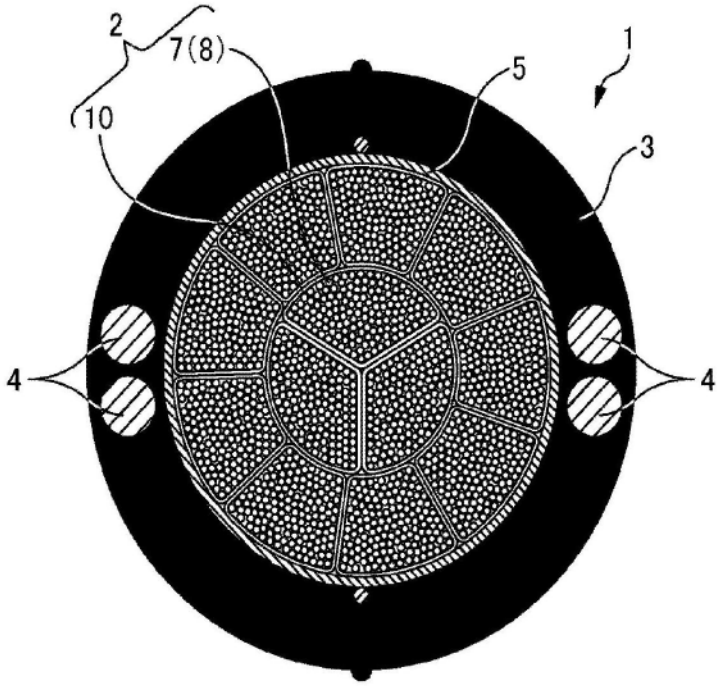


图1A

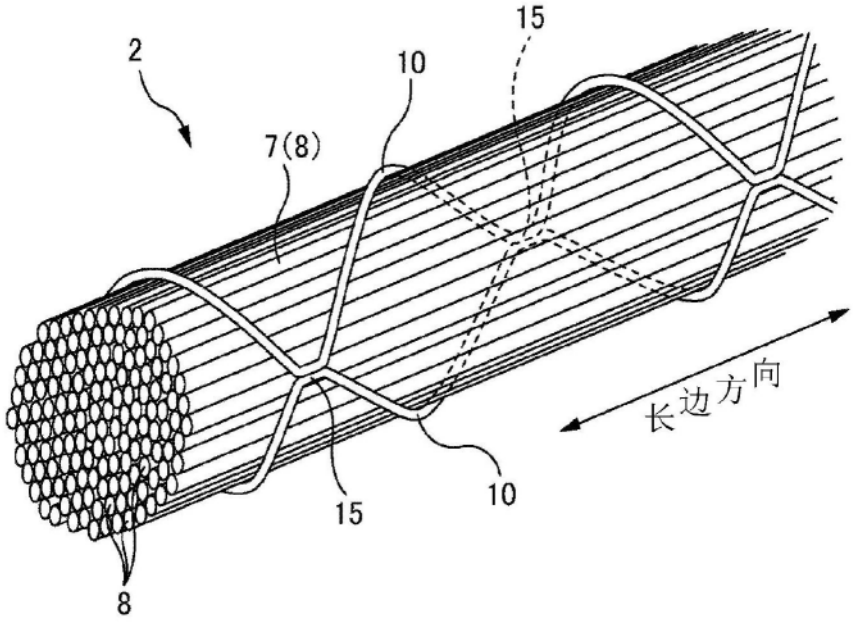


图1B

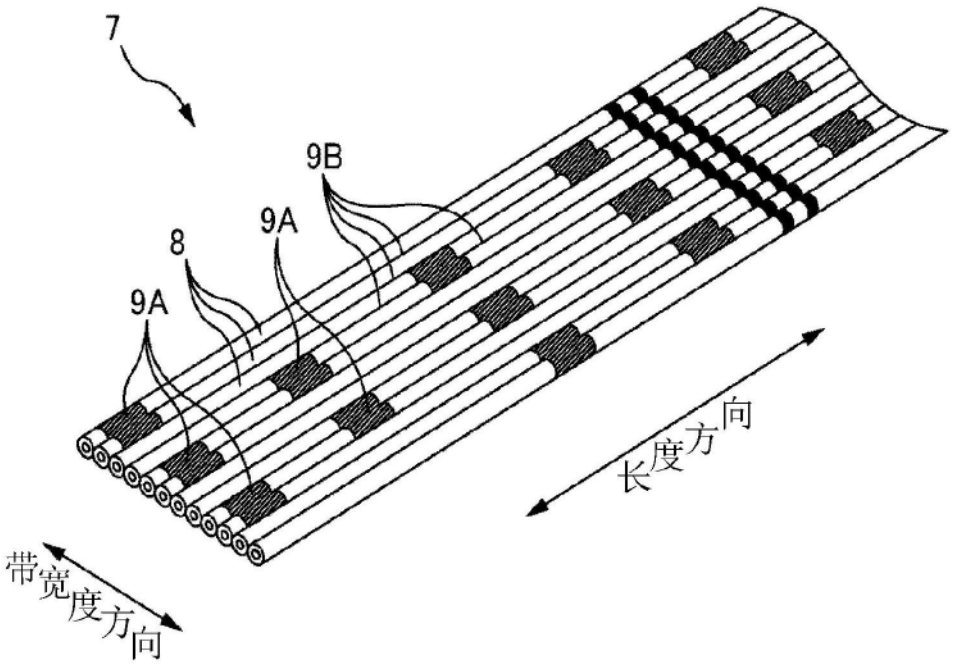


图2

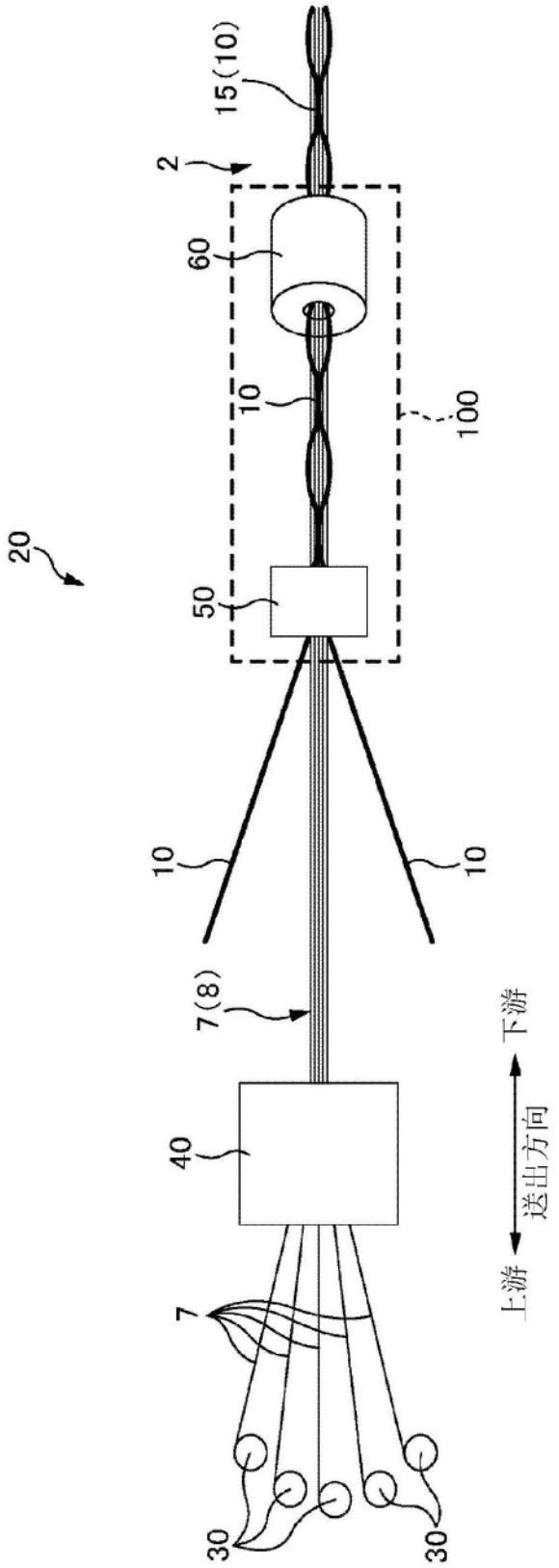


图3

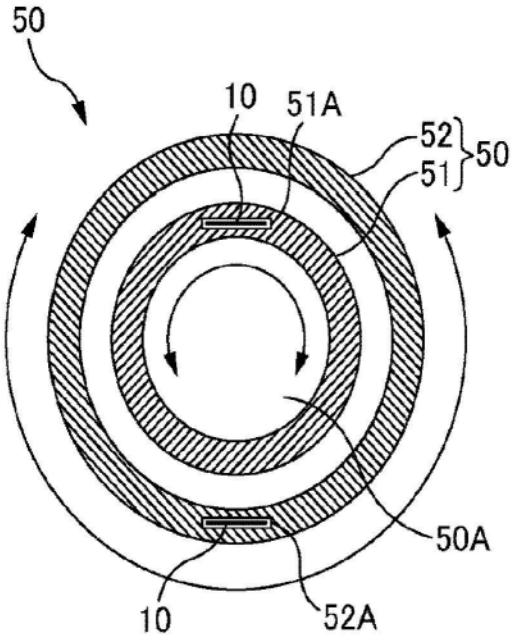


图4

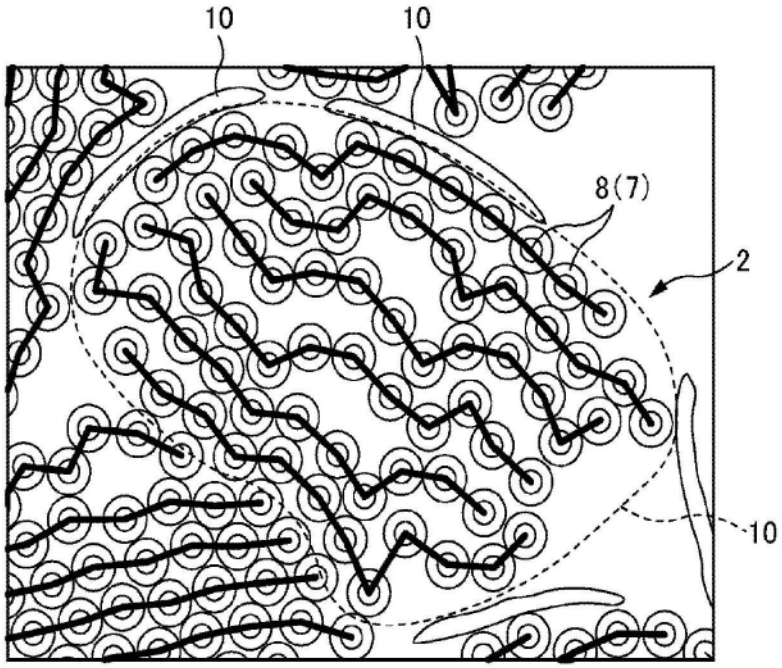


图5A

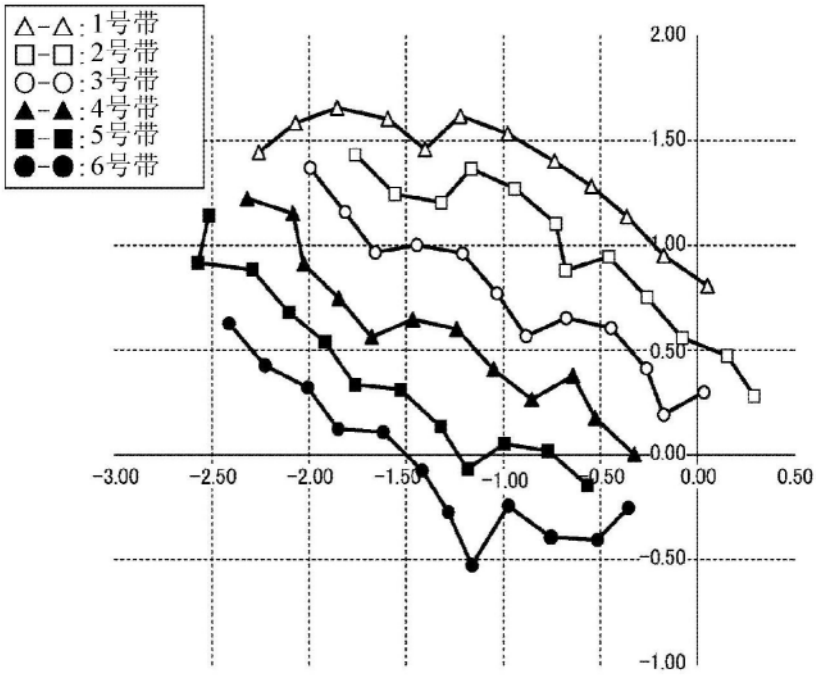

△-△:1号带
□-□:2号带
○-○:3号带
▲-▲:4号带
■-■:5号带
●-●:6号带
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
-0.50
-1.00
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
-0.50
0.00
0.50

图5B

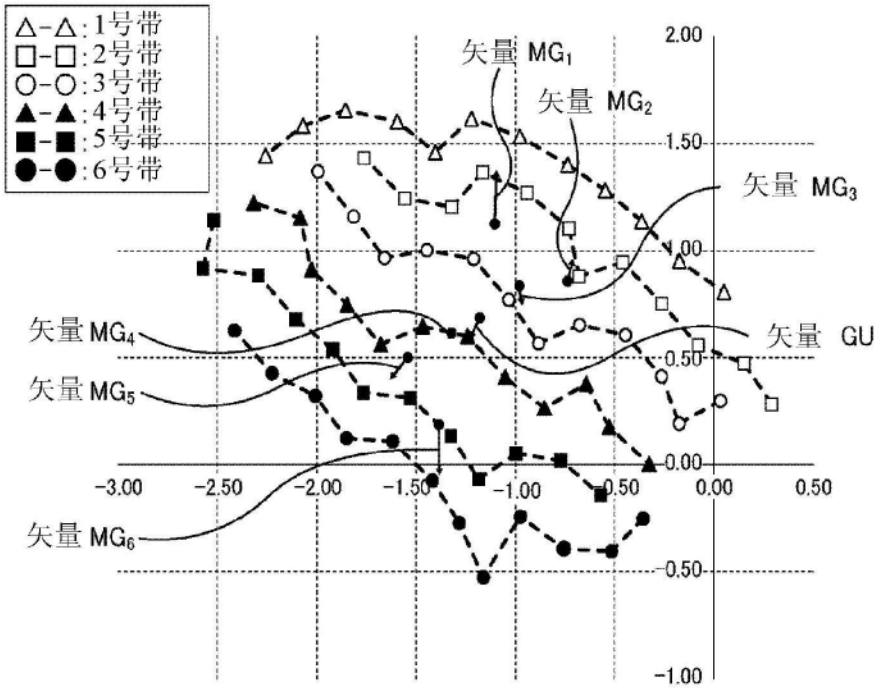

△-△:1号带
□-□:2号带
○-○:3号带
▲-▲:4号带
■-■:5号带
●-●:6号带
矢量 MG1
矢量 MG2
矢量 MG3
矢量 MG4
矢量 MG5
矢量 MG6
矢量 GU
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
-0.50
-1.00
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
-0.50
0.00
0.50

图6A

	中点M		重心G		矢量MG		
带编号	x坐标	y坐标	x坐标	y坐标	x成分	y成分	长度
1	-1.10	1.13	-1.10	1.37	0.01	0.25	0.25
2	-0.74	0.86	-0.71	0.96	0.03	0.10	0.11
3	-0.98	0.83	-0.96	0.75	0.02	-0.09	0.09
4	-1.32	0.61	-1.34	0.59	-0.02	-0.02	0.03
5	-1.54	0.50	-1.63	0.40	-0.09	-0.10	0.13
6	-1.39	0.19	-1.38	-0.05	0.00	-0.23	0.23

矢量GU		
x成分	y成分	长度
-0.05	-0.10	0.11

图6B

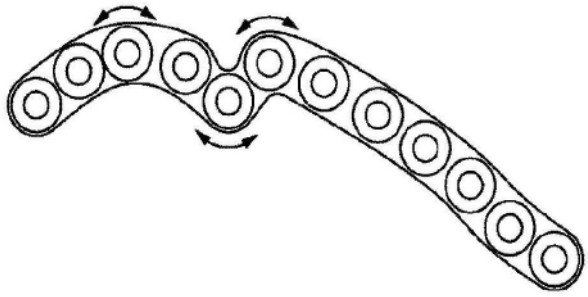


图7A

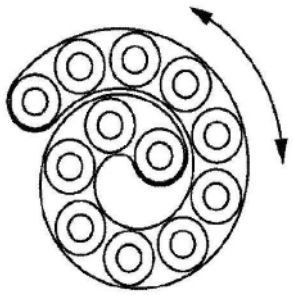


图7B

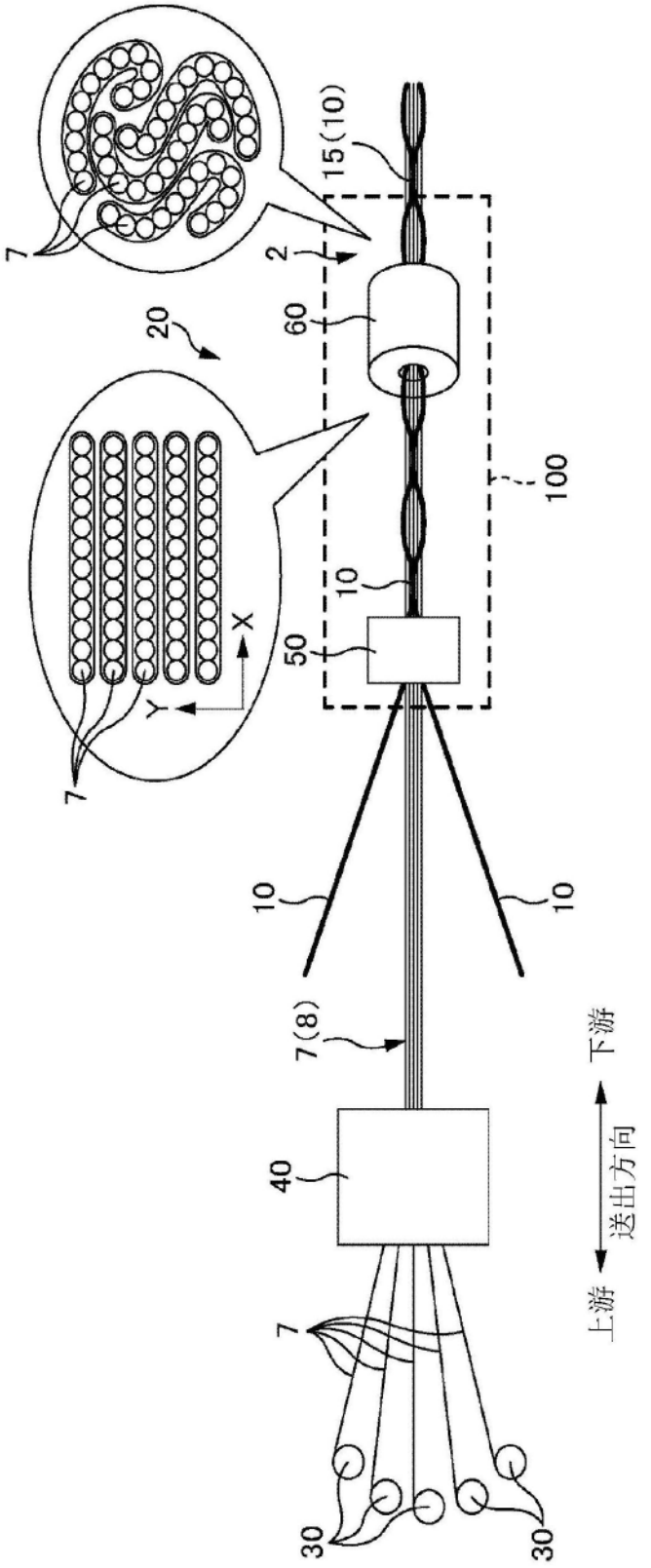


图8

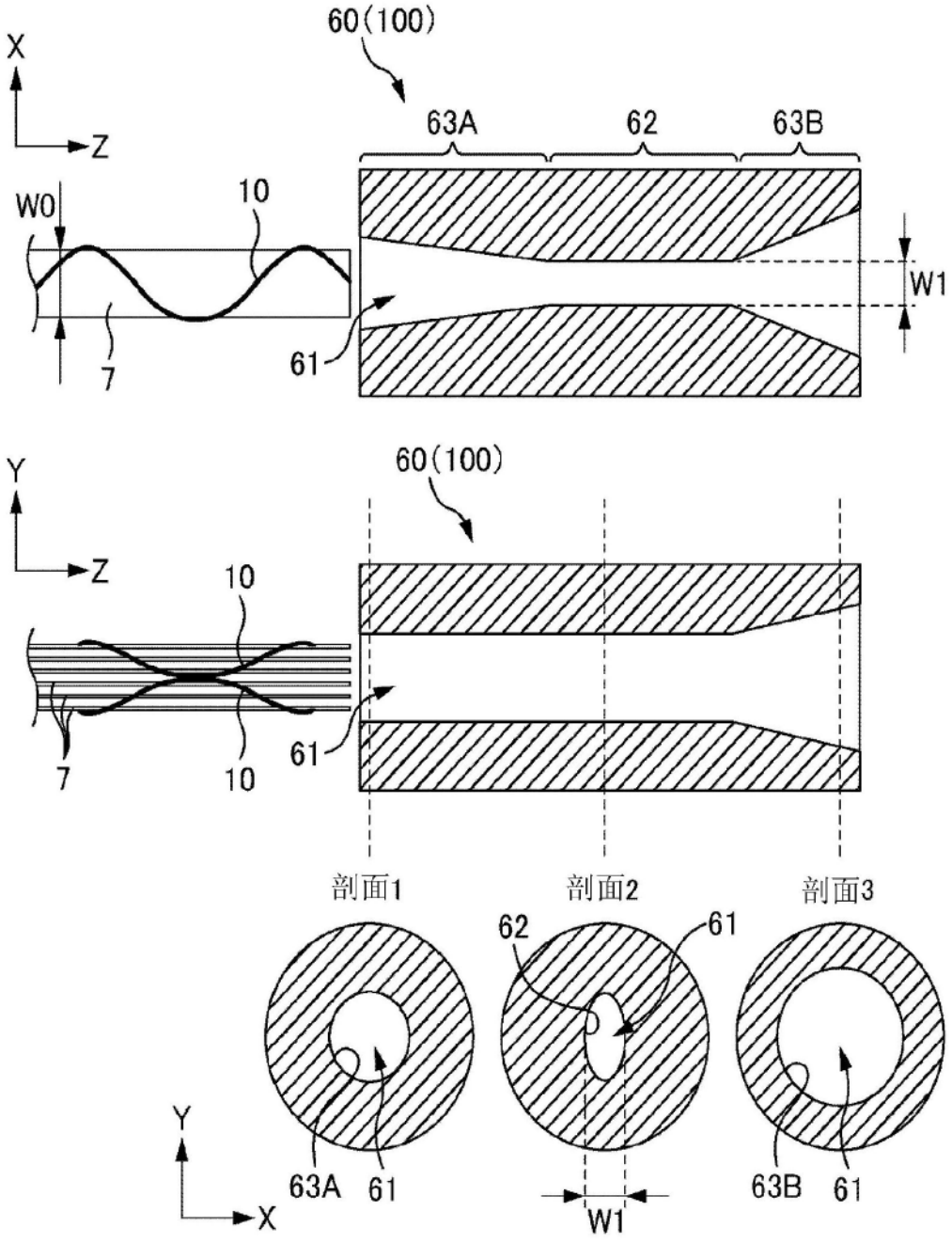

60(100)
X
Z
63A
62
63B
W0
10
W1
7
61
Y
Z
60(100)
10
7
10
61
剖面1
剖面2
剖面3
62
61
Y
X
63A
61
W1
63B
61

图9

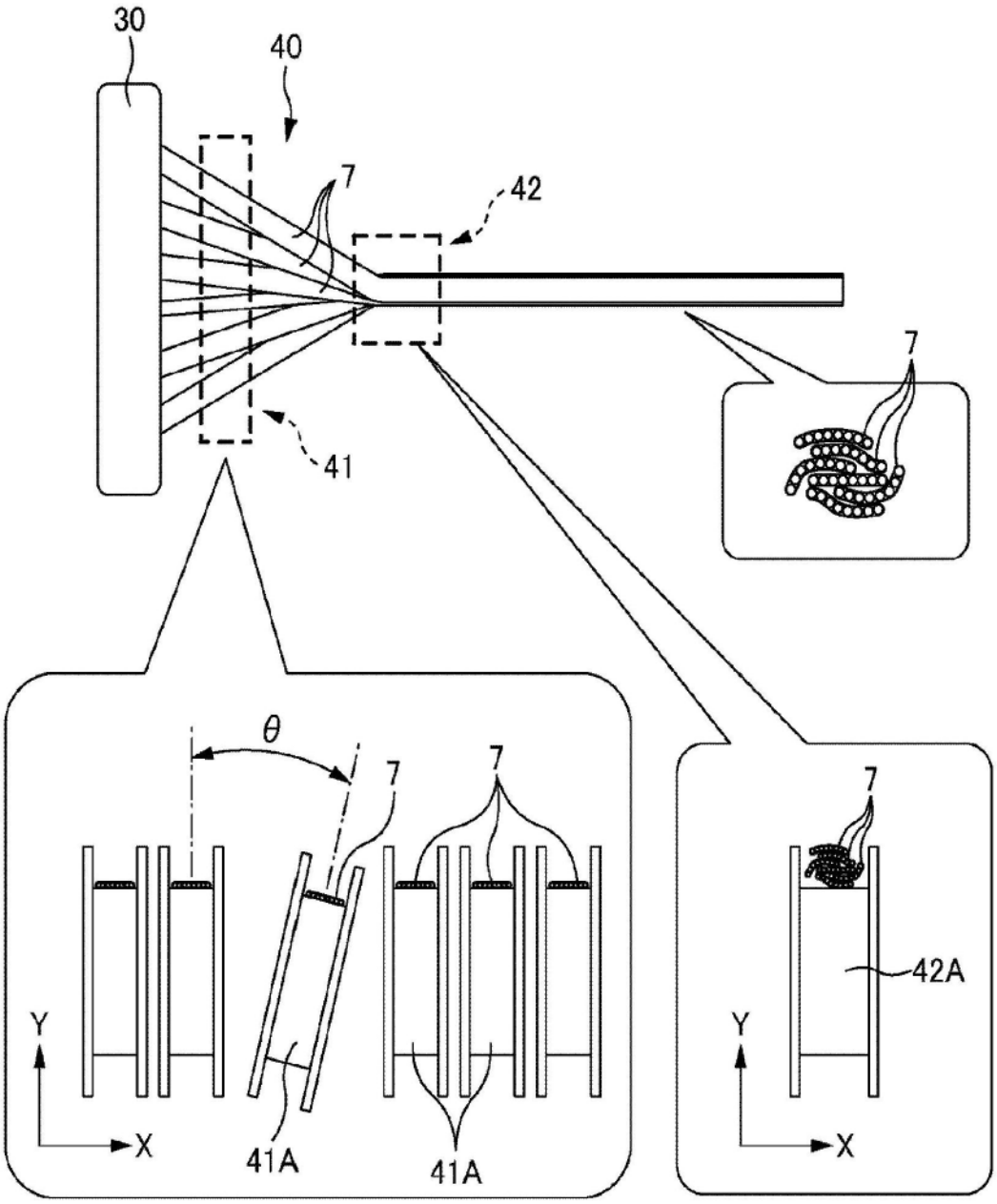


图10

Xmin	0.1	0.23	0.5	0.82	0.95	1.1	1.42	1.59	1.74	2.93
Δmax	0.01	0.012	0.026	0.05	0.068	0.16	0.28	0.3	0.44	0.62
判定	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×

图11A

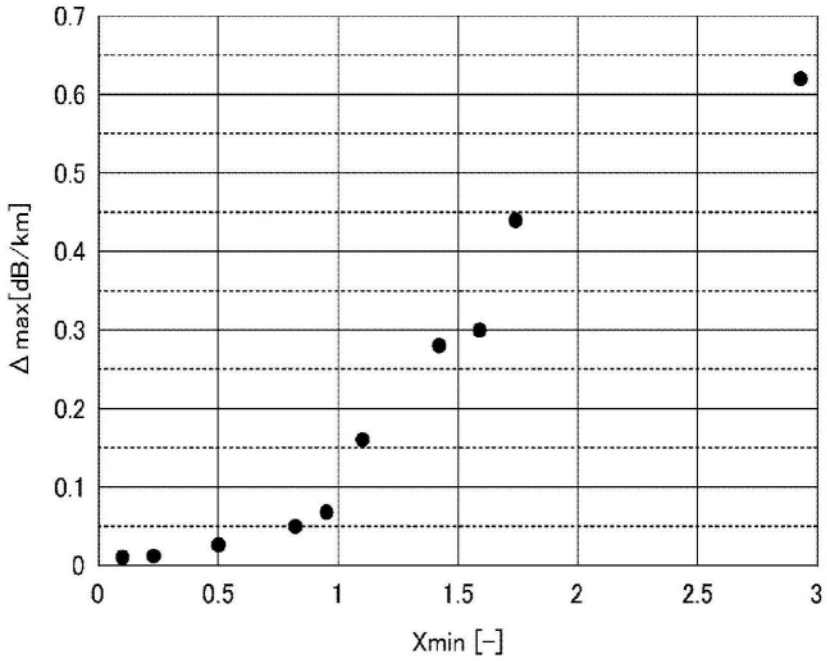


图11B

L/L0	0.008	0.043	0.081	0.129	0.149	0.155	0.191	0.208	0.225	0.242	0.290
结果	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○	×	×

图12

带编号	矢量MG（无量纲化）				
	单元编号				
	1	2	3	4	5
1	0.090	0.095	0.037	0.061	0.046
2	0.038	0.110	0.008	0.016	0.010
3	0.032	0.148	0.015	0.048	0.012
4	0.011	0.088	0.009	0.034	0.026
5	0.048	0.079	0.012	0.008	0.082
6	0.085	0.076	0.030	0.033	0.035
平均	0.051	0.099	0.018	0.033	0.035
标准偏差	0.028	0.025	0.011	0.018	0.024

图13A

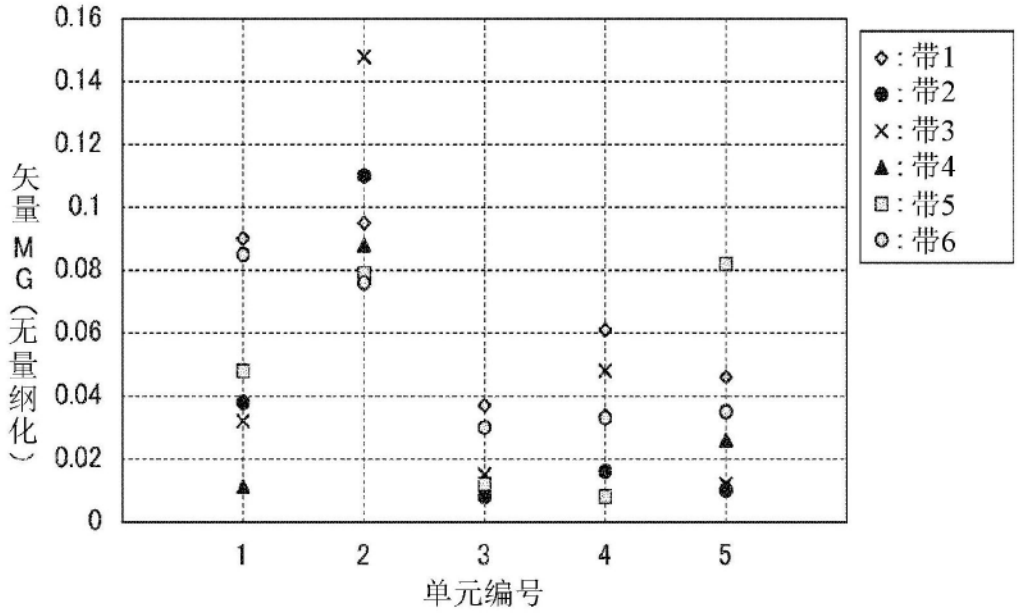


图13B

Xmin	0.95	0.94	0.96	0.93	0.94	0.91	0.92	0.92	0.97	0.94
Ymin	0.003	0.006	0.011	0.015	0.018	0.028	0.042	0.047	0.053	0.065
Δmax	0.121	0.144	0.089	0.072	0.071	0.013	0.055	0.028	0.048	0.039
判定	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

图14A

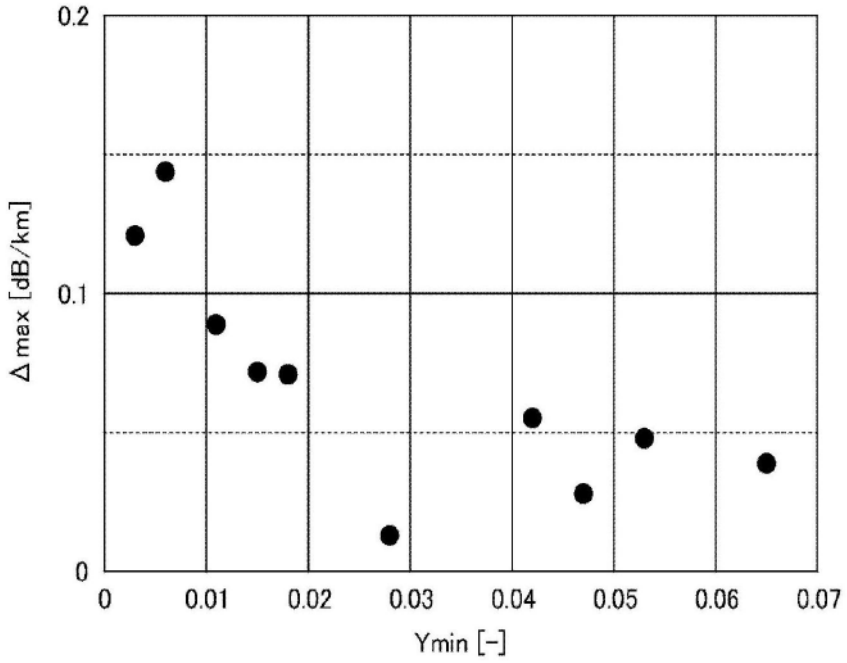


图14B

L1/L0	0.002	0.135	0.205	0.311	0.490	0.728	0.952	1.267	1.322	1.490	1.633
结果	×	×	○	○	◎	◎	◎	◎	○	○	×

图15

带编号	两端距离（无量纲化）				
	单元编号				
	1	2	3	4	5
1	0.872	0.673	0.989	0.879	0.993
2	0.857	0.697	0.976	0.645	0.927
3	0.834	0.396	1.132	0.847	1.018
4	0.850	0.632	0.963	0.932	0.910
5	0.850	0.740	0.975	0.792	0.748
6	0.814	0.711	0.831	0.788	1.060
平均	0.846	0.641	0.978	0.814	0.943
标准偏差	0.018	0.115	0.087	0.091	0.101

图16A

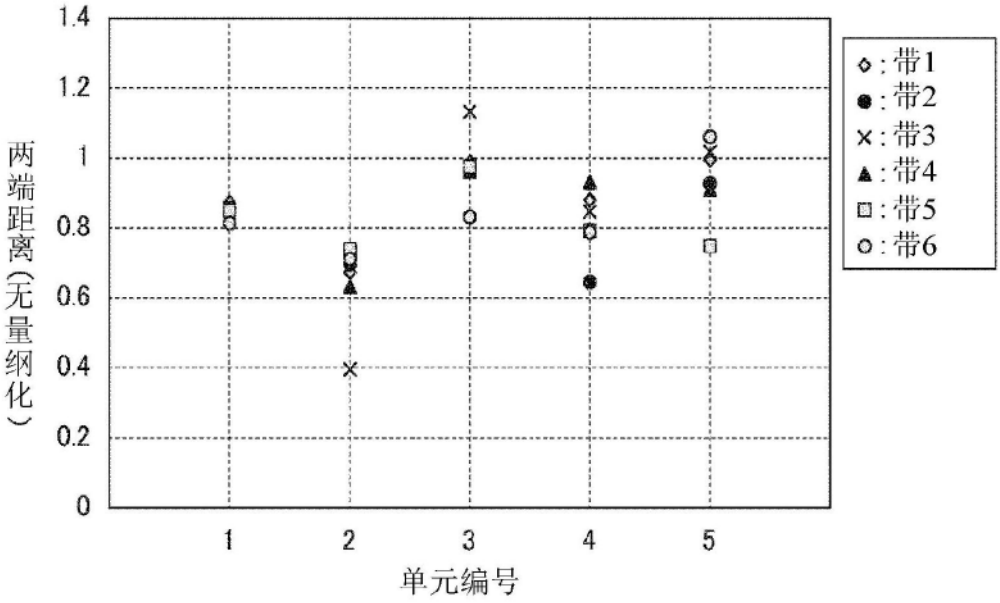


图16B

Xmin	0.97	0.99	0.91	0.91	0.93	0.93	0.94	0.98	0.93	0.99
Zmin	0.002	0.012	0.011	0.018	0.031	0.062	0.075	0.12	0.133	0.182
Δmax	0.139	0.144	0.121	0.089	0.052	0.043	0.038	0.021	0.022	0.011
判定	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

图17A

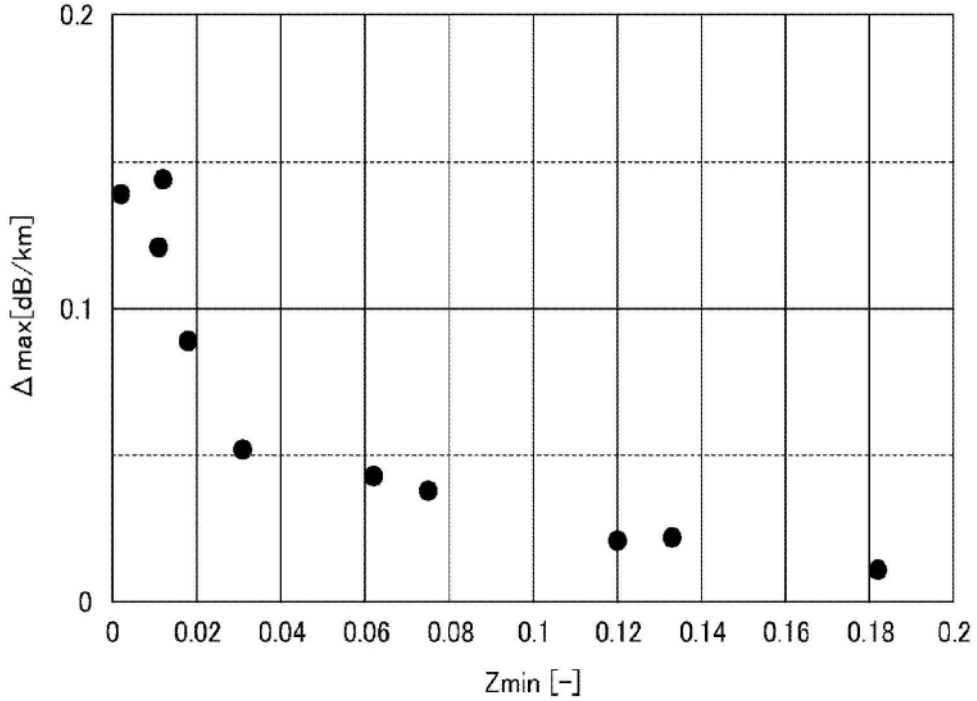


图17B

	第一比较例	第二比较例	第三比较例	第四比较例	本实施方式
带面的形状	平坦	弓状	螺旋状	三角形状 扇形形状	大致随机
矢量MG的长度	零	小	小	大	小～大
矢量MG的偏差	无	小	小	小	大
矢量GU的长度	零	中	中	大	小
两端距离	大	大	小	小	小～大
两端距离 的偏差	无	小	几乎没有	小	大
弯曲方向	无	一个方向	一个方向	一个方向	两个方向
最大传送损失	×	×	×	×	○

图18

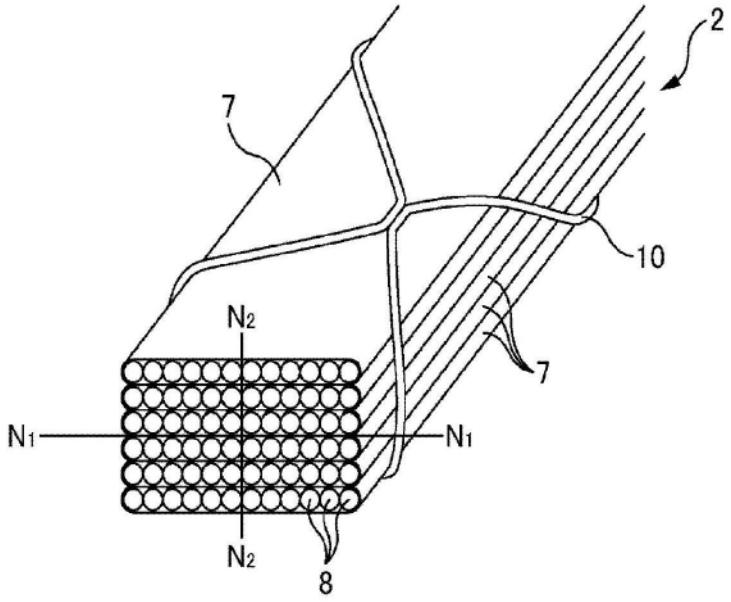


图19

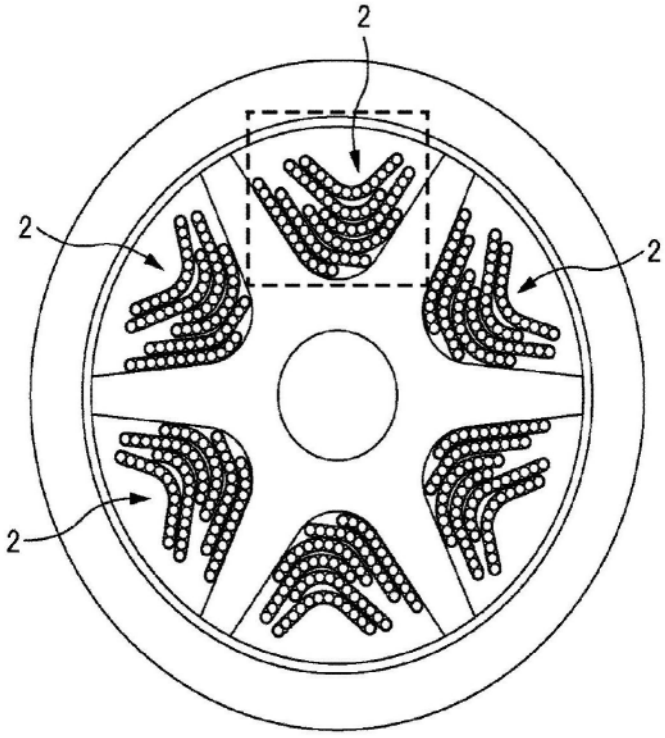


图20A

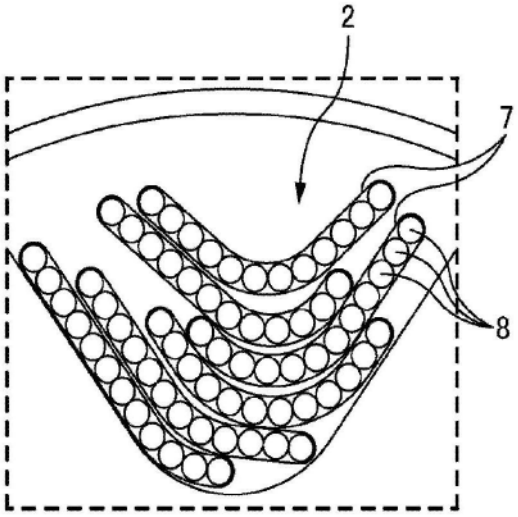


图20B

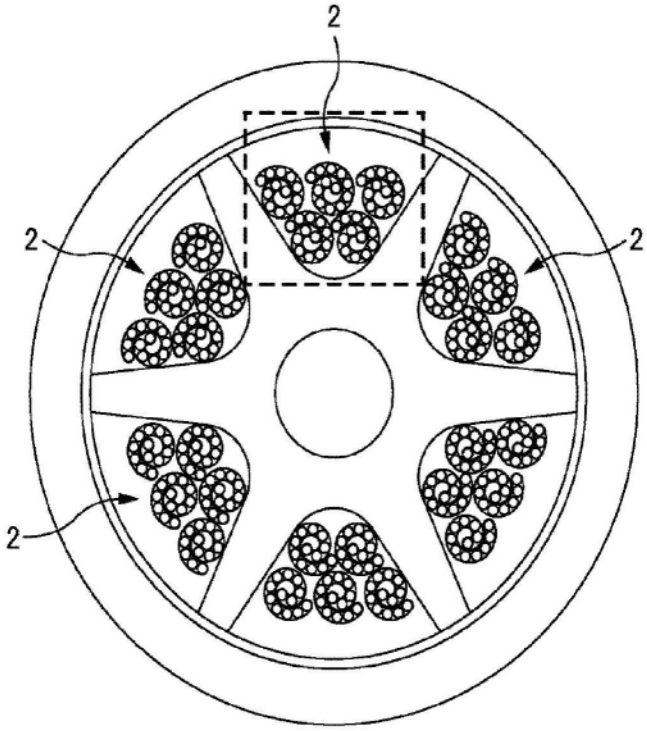


图21A

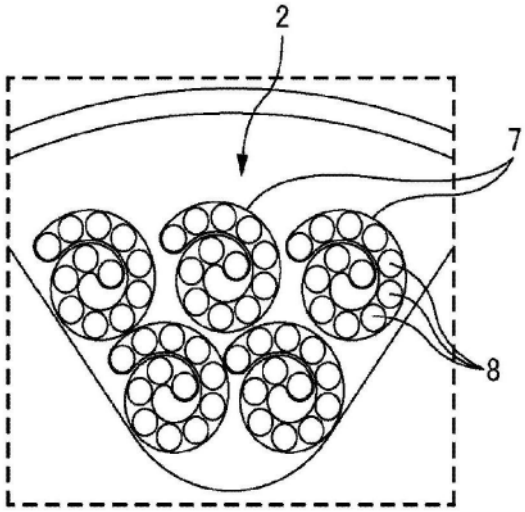


图21B

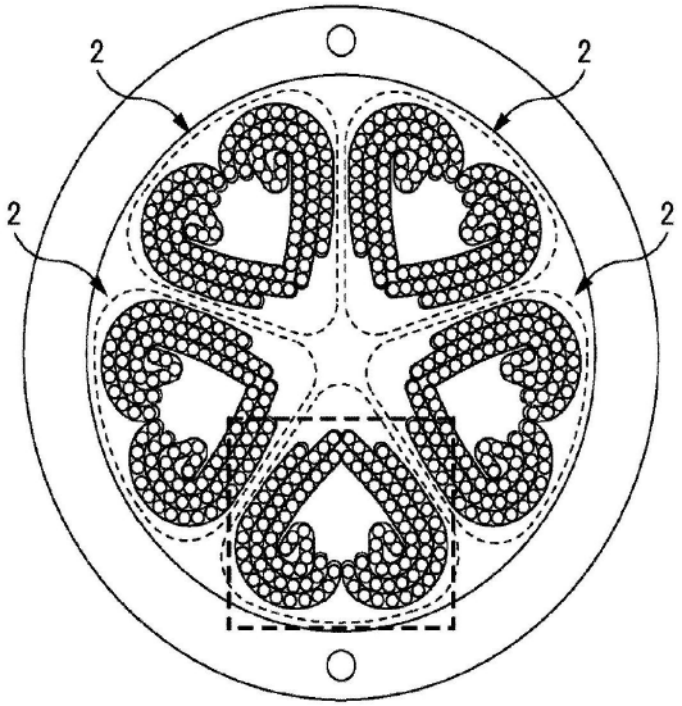


图22A

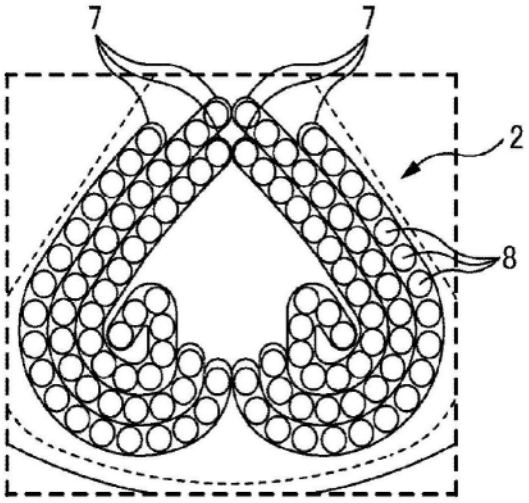


图22B