



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118575109 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 30

(21) 申请号 202380018971.6

(22) 申请日 2023.01.27

(30) 优先权数据

2022-013537 2022.01.31 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/002603 2023.01.27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/145862 JA 2023.08.03

(71) 申请人 株式会社藤仓

地址 日本东京都

(72) 发明人 佐佐木义一 林和幸 松尾昌一郎

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

专利代理师 蔡飞飞 刘余婷

(51) Int. Cl.

G02B 6/024 (2006.01)

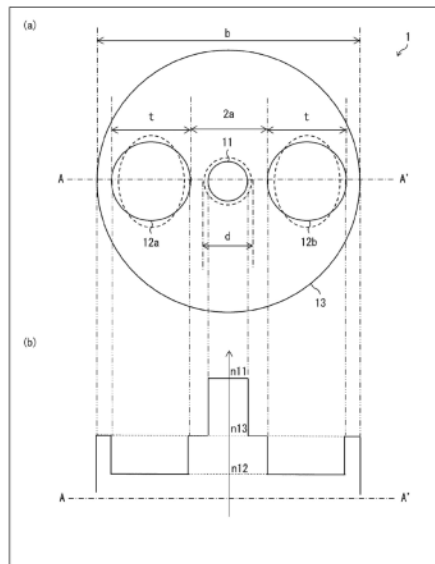
权利要求书1页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

偏振保持光纤

(57) 摘要

偏振保持光纤(1)具备:纤芯(11)、配置于纤芯(11)两侧的一对应力施加部(12a、12b)、以及包覆纤芯(11)和一对应力施加部(12a、12b)的包层(13)。关于偏振保持光纤(1),当将弯曲半径设定为5mm、并将光纤长度每31.4mm的扭转设定为一周时,波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的弯曲损失为7dB以下。由此,实现一种偏振保持光纤,即使产生在通常的使用中可能产生的程度的扭转,也能够将弯曲损失抑制为较小,即在通常的使用中能够承受的程度。



1. 一种偏振保持光纤,其特征在于,
具备:纤芯、配置于所述纤芯两侧的一对应力施加部、以及包覆所述纤芯和所述一对应力施加部的包层,
将光纤长度设定为2m并将弯曲半径设定为140mm时的、该偏振保持光纤的截止波长为 $1.41\mu\text{m}$ 以上且小于 $1.55\mu\text{m}$,
将弯曲半径设定为5mm并将光纤长度每31.4mm的扭转设定为一周时的、该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的弯曲损失为7dB以下。
2. 根据权利要求1所述的偏振保持光纤,其特征在于,
所述纤芯相对于所述包层的相对折射率差为0.36%以上,
该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的模场直径为 $9.2\mu\text{m}$ 以下。
3. 根据权利要求2所述的偏振保持光纤,其特征在于,
所述纤芯相对于所述包层的相对折射率差为0.36%以上且0.55%以下,
该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的模场直径为 $8.0\mu\text{m}$ 以上且 $9.2\mu\text{m}$ 以下。
4. 根据权利要求1~3的任一项所述的偏振保持光纤,其特征在于,
将弯曲半径设定为5mm并将光纤长度每31.4mm的扭转设定为一周时的、该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰为 -25dB 以下。
5. 根据权利要求1~4的任一项所述的偏振保持光纤,其特征在于,
将弯曲半径设定为5mm且无扭转时的该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰、与将弯曲半径设定为5mm并将光纤长度每31.4mm的扭转设定为一周时的该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰的比为1.26以下。
6. 根据权利要求1~5的任一项所述的偏振保持光纤,其特征在于,
所述一对应力施加部各自的剖面中的、与所述偏振保持光纤的中心轴正交的剖面是将所述一对应力施加部的排列方向设定为短轴方向的椭圆,其非圆率为4.2%以上且4.5%以下。
7. 根据权利要求1~6的任一项所述的偏振保持光纤,其特征在于,
所述一对应力施加部分别与所述纤芯分离。
8. 根据权利要求1~7的任一项所述的偏振保持光纤,其特征在于,
用波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的模场直径d使应力施加部间隔a的2倍归一化的归一化应力施加部间隔 $2a/d$ 为1.091以上且1.226以下。
9. 根据权利要求1~8的任一项所述的偏振保持光纤,其特征在于,
用包层直径b使应力施加部直径t归一化的归一化应力施加部直径 t/b 为0.281以上且0.319以下。
10. 根据权利要求1~9的任一项所述的偏振保持光纤,其特征在于,
所述包层的包层直径为 $80\mu\text{m}$ 以下。

偏振保持光纤

技术领域

[0001] 本发明涉及一种偏振保持光纤,其具备一对应力施加部。

背景技术

[0002] 为了适应伴随着智能手机普及、以及数据服务多样化而产生的增加光通信容量的需求,广泛应用了光数字相干通信。另外,最近正在研究:通过增加在光数字相干通信中使用的光收发器的个数,来进一步实现光数字相干通信的大容量化。

[0003] 在连接进行光数字相干通信的设备时,使用偏振保持光纤。作为公开了偏振保持光纤的文献,例如可举出专利文献1。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2018-159926号

发明内容

[0007] 要解决的技术问题

[0008] 为了增加光收发器的个数,优选使光收发器小型化。但是,在将偏振保持光纤收纳于小型的光收发器时,必须以较小的弯曲半径将偏振保持光纤弯曲,导致弯曲损失增加,并且通信品质劣化。另外,在将偏振保持光纤收纳于小型的光收发器时,有可能不仅使偏振保持光纤弯曲,而且施加扭转。

[0009] 因此,发明人对施加了扭转的偏振保持光纤的弯曲损失进行了研究。结果发现:施加了扭转的偏振保持光纤与未施加扭转的偏振保持光纤相比,弯曲损失极端地增大。

[0010] 本发明的一个方式针对上述问题做出,其目的在于,实现一种偏振保持光纤,即使产生当收纳于光收发器时或者应用于传感器时可能产生的程度的扭转,也能够将弯曲损失抑制为较小,即在通常的使用中能够承受的程度。

[0011] 技术方案

[0012] 关于本发明的方式1的偏振保持光纤,其特征在于,具备:纤芯、配置于所述纤芯两侧的一对应力施加部、以及包覆所述纤芯和所述一对应力施加部的包层,将光纤长度设定为2m并将弯曲半径设定为140mm时的、该偏振保持光纤的截止波长为 $1.41\mu\text{m}$ 以上且小于 $1.55\mu\text{m}$,将弯曲半径设定为5mm并将光纤长度每31.4mm的扭转设定为一周时的、该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的弯曲损失为7dB以下。

[0013] 有益效果

[0014] 根据本发明的一个方式,能够实现一种偏振保持光纤,即使产生当收纳于光收发器时或者应用于传感器时可能产生的程度的扭转,也能够将弯曲损失抑制为较小,即在通常的使用中能够承受的程度。

附图说明

[0015] 图1的(a)是表示本发明一实施方式的偏振保持光纤的横剖面的剖视图。图1的(b)是表示该偏振保持光纤的如图1的(a)所示的剖面的AA'直线上的折射率分布的曲线图。

具体实施方式

[0016] (偏振保持光纤的结构)

[0017] 参照图1对本发明一实施方式的偏振保持光纤1的结构进行说明。图1的(a)是表示偏振保持光纤1的横剖面的剖视图。图1的(b)是表示如图1的(a)所示的剖面的AA'直线上的偏振保持光纤1的折射率分布的曲线图。在此,横剖面是指:与偏振保持光纤1的中心轴正交的剖面。

[0018] 如图1的(a)所示,偏振保持光纤1具备:纤芯11、配置于纤芯11两侧的一对应力施加部12a、12b、以及包覆纤芯11和一对应力施加部12a、12b的包层13。此外,偏振保持光纤1也可以具备覆盖包层13的覆皮。偏振保持光纤1也称为PANDA(Polarization-maintaining AND Absorption-reducing:偏振保持和吸收减少)光纤。

[0019] 纤芯11是在偏振保持光纤1的中心轴方向上延伸的柱状的区域。纤芯的折射率 n_{11} 比包层13的折射率 n_{13} 高。纤芯11例如由添加了上升掺杂剂的石英玻璃构成。作为纤芯11中添加的上升掺杂剂,例如可举出锗(Ge)等。

[0020] 在本实施方式中,纤芯11的剖面形状是圆形。但是,纤芯11的剖面形状不限于此。纤芯11的剖面形状例如也可以是椭圆形、新月形、或者其他非圆形的形状。此外,纤芯11的剖面形状是指:纤芯11的剖面中的、与偏振保持光纤1的中心轴正交的剖面的形状。

[0021] 应力施加部12a、12b是在偏振保持光纤1的中心轴方向上延伸的柱状的区域。应力施加部12a、12b的折射率 n_{12} 比包层的折射率 n_{13} 低。应力施加部12a、12b例如由添加了下降掺杂剂的石英玻璃构成。作为应力施加部12a、12b中添加的下降掺杂剂,例如可举出硼(B)、氟(F)。

[0022] 在本实施方式中,应力施加部12a、12b的剖面形状是圆形(在图中用实线表示),或者是以应力施加部12a、12b的排列方向为短轴方向的椭圆(在图中用虚线表示)。但是,应力施加部12a、12b的剖面形状不限于此。应力施加部12a、12b的剖面形状例如也可以是新月形、或者其他非圆形的形状。此外,应力施加部12a、12b的剖面形状是指:应力施加部12a、12b的剖面中的、与偏振保持光纤1的中心轴正交的剖面的形状。

[0023] 此外,在本实施方式中,应力施加部12a、12b分别与纤芯11分离。由此,能够实现一种偏振保持光纤1,其满足后述的条件2或条件3。另外,当通过熔融延伸来制造偏振保持光纤1时,能够利用来自应力施加部12a、12b的应力,降低纤芯11意外地发生变形的可能性。另外,在纤芯11与应力施加部12a、12b接触(例如,以陷入的方式接触)的情况下,因材料不匹配而使传输损失劣化。与此相对,如果纤芯11与应力施加部12a、12b分离,则能够抑制由结构不匹配引起的传输损失劣化。

[0024] 包层13是在偏振保持光纤1的中心轴方向上延伸的柱状的区域。如上所述,包层13的折射率 n_{13} 比纤芯11的折射率 n_{11} 低,且比应力施加部12a、12b的折射率 n_{12} 高。包层13例如由石英玻璃构成。

[0025] 在本实施方式中,包层13的剖面形状是圆形。但是,包层13的剖面形状不限于此。

包层13的剖面形状例如也可以是椭圆形、新月形、或者其他非圆形的形状。此外,包层13的剖面形状是指:包层13的剖面中的、与偏振保持光纤1的中心轴正交的剖面的形状。

[0026] 此外,包层直径优选为 $80\mu\text{m}$ 以下。在这种情况下,例如能够将当收纳于光收发器时、或者应用于传感器时的设置面积抑制为较小,因此能够进行高密度安装。由于能够将刚性抑制为较小,因此能够减小扭转时的偏振保持光纤1的机械性强度降低。

[0027] 本实施方式的偏振保持光纤1的特征点在于,满足下述的条件1。

[0028] 条件1:将弯曲半径设定为 5mm 且光纤长度每 31.4mm (一圈或者大致一圈)的扭转为一周时的波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的弯曲损失为 7dB 以下。

[0029] 由此,实现如下效果:即使在偏振保持光纤1上产生在通常的使用中可能产生的程度的扭转,也能够将偏振保持光纤1的弯曲损失抑制为较小,即在通常的使用中能够承受的程度。这里,在通常的使用中可能产生的程度的扭转是指:例如当将偏振保持光纤1收纳于光收发器的壳体时、或者将偏振保持光纤1应用于传感器时产生的扭转。另外,在通常的使用中能够承受的程度弯曲损失是指:例如在使用偏振保持光纤1的光通信中,不会导致叠加于信号光的信息损失的程度的弯曲损失。

[0030] 此外,关于上述的条件1,上述的弯曲损失可能是 7dB 以下的任意值。因此,例如根据满足条件1的偏振保持光纤1,除了上述的弯曲损失为特定数值的偏振保持光纤1、或者上述的弯曲损失包含于特定数值范围的偏振保持光纤1之外,作为实现上述效果的偏振保持光纤1,也包含于本申请说明书的公开范围。

[0031] 偏振保持光纤1产生了扭转时的弯曲损失具有在截止波长下为最小的倾向。因此,通过使截止波长接近使用波长(在本实施方式中是 $1.55\mu\text{m}$),因此能够抑制当产生了扭转及弯曲时从纤芯11向包层13漏出的光的量。另外,通过使截止波长比使用波长小,因此能够实现使用波长下的单模传输。本申请发明人着眼于这些方面,认为能够实现一种偏振保持光纤1,在截止波长满足下述的条件1a的情况下,产生了扭转时的弯曲损失满足上述的条件1,并且能够进行使用波长下的单模传输。

[0032] 条件1a:光纤长度为 2m 且弯曲半径为 140mm 时的截止波长为 $1.41\mu\text{m}$ 以上且小于 $1.55\mu\text{m}$ 。

[0033] 此外,关于上述的条件1a,上述截止波长可能是 $1.41\mu\text{m}$ 以上且小于 $1.55\mu\text{m}$ 的任意值。因此,例如根据满足条件1和条件1a的偏振保持光纤1,除了上述截止波长为特定值的偏振保持光纤1、或者上述截止波长包含于特定数值范围的偏振保持光纤1之外,作为满足上述的条件1的偏振保持光纤1,也包含于本说明书的公开范围。

[0034] 此外,截止波长可能因偏振保持光纤1上的侧压(例如,由于覆盖偏振保持光纤1的侧面的树脂覆皮的劣化而产生的侧压)、外部干扰而向长波长侧移位。考虑到这一点,优选在截止波长的上限值与使用波长之间存在一定的余量。这是因为:即使截止波长因侧压、外部干扰而向长波长侧移位,也能够降低截止波长超过使用波长的、即难以进行使用波长下的单模传输的可能性。在此,例如当设定 $1.41\mu\text{m}$ 作为上述截止波长的下限值时,即使截止波长因上述侧压、外部干扰而向长波长侧移位,也能够抑制截止波长超过使用波长,因此能够进一步降低难以进行使用波长下的单模传输的可能性。

[0035] 另外,当纤芯11相对于包层13的相对折射率差变大时,具有在纤芯11中传播的光向纤芯11的封入增强的倾向。因此,纤芯11相对于包层13的相对折射率差越大,偏振保持光

纤1就越能够将产生了扭转时的弯曲损失抑制为较小。因此,当纤芯11相对于包层13的相对折射率差满足下述的条件1b时,能够更可靠地满足上述的条件1。

[0036] 条件1b:纤芯11相对于包层13的相对折射率差为0.36%以上。

[0037] 另外,使用波长(在本实施方式中是1.55 μm)下的模场直径较小意味着:在纤芯11中传播的光向纤芯11的封入较强。因此,使用波长下的模场直径越小,偏振保持光纤1就越能够将产生了扭转时的弯曲损失抑制为较小。因此,当使用波长下的模场直径满足下述的条件1c时,能够更可靠地满足上述的条件1。

[0038] 条件1c:波长1.55 μm 下的模场直径为9.2 μm 以下。

[0039] 此外,关于上述的条件1b,上述相对折射率差可能是0.36%以上的任意值。因此,例如根据满足上述的条件1a、1b、1c的偏振保持光纤1,除了上述相对折射率差为特定值的偏振保持光纤1、或者上述相对折射率差包含于特定数值范围的偏振保持光纤1之外,作为满足上述的条件1的偏振保持光纤1,也包含于本说明书的公开范围。

[0040] 此外,关于上述的条件1c,上述模场直径可能是9.2 μm 以下的任意值。因此,例如根据满足上述的条件1a、1b、1c的偏振保持光纤1,除了上述模场直径为特定数值、或者上述模场直径包含于特定数值范围的偏振保持光纤1之外,作为满足上述的条件1的偏振保持光纤1,也包含于本说明书的公开范围。

[0041] (偏振保持光纤的实施例)

[0042] 表1是对7个种类的偏振保持光纤A~G测量了如下的(1)和(2)的情况下的弯曲损失的结果,其中,(1)未施加扭转并在半径为5mm的心轴上卷绕10圈时的弯曲损失;(2)光纤长度每31.4mm施加一周(360°)的扭转并在半径为5mm的心轴上卷绕10圈时的弯曲损失。

[0043] [表1]

项目	单位	A	B	C	D	E	F	G
使用波长	μm	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
截止波长 (光纤长度2m、R=140mm)	μm	1.41	1.45	1.47	1.51	1.45	1.28	1.33
模场直径	μm	9.2	9.1	8.8	8.4	8.0	9.4	9.4
包层直径	μm	80	80	80	80	80	80	125
相对折射率差	%	0.36	0.41	0.45	0.5	0.55	0.33	0.35
弯曲损失 (R=5mm 10圈、无扭转)	dB	0.20	0.04	0.16	0.01	0.16	0.54	0.98
弯曲损失 (R=5mm 10圈 每圈扭转一周)	dB	7.0	2.8	1.2	0.5	0.4	34.7	11.0

[0044] 此外,在表1中,作为对弯曲损失特别具有支配性影响的参数,一并示出了:使用波长、截止波长、模场直径、包层直径、相对折射率差。在此,截止波长是光纤长度为2m、弯曲半径为140mm时的截止波长。另外,模场直径是波长1.55 μm (使用波长)下的模场直径。另外,相对折射率差是纤芯相对于包层的相对折射率差。

[0045] 根据表1可知:偏振保持光纤A~E满足上述的条件1和条件1a。因此,偏振保持光纤A~E是实施例。另一方面,根据表1可知:偏振保持光纤F~G不满足上述的条件1。因此,偏振保持光纤F~G是比较例。

[0046] 在实施例的偏振保持光纤A~E中,相对折射率差为0.36%以上。另一方面,在比较例的偏振保持光纤F~G中,相对折射率差小于0.36%。因此确认了:为了使偏振保持光纤满足上述的条件1,优选相对折射率差满足上述的条件1b。此外,在实施例的偏振保持光纤A~

E中,相对折射率差为0.55%以下。因此,为了更可靠地使偏振保持光纤满足上述的条件1,优选相对折射率差满足下述的条件1b'。但是,当产生了扭转时对于减小弯曲损失有效的条件是相对折射率差为0.36%以上,相对折射率差为0.55%以下对于满足条件1而言不是必须的。

[0048] 条件1b':纤芯11相对于包层13的相对折射率差为0.36%以上且0.55%以下。

[0049] 另外,在实施例的偏振保持光纤A~E中,模场直径为 $9.2\mu\text{m}$ 以下。另一方面,在比较例的偏振保持光纤F~G中,模场直径比 $9.2\mu\text{m}$ 大。因此确认了:为了使偏振保持光纤满足上述的条件1,优选模场直径满足上述的条件1c。此外,在实施例的偏振保持光纤A~E中,模场直径为 $8.0\mu\text{m}$ 以上。因此,为了更可靠地使偏振保持光纤满足上述的条件1,优选模场直径满足下述的条件1c'。但是,当产生了扭转时对于减小弯曲损失有效的条件是模场直径为 $9.2\mu\text{m}$ 以下,模场直径为 $8.0\mu\text{m}$ 以上对于满足条件1而言不是必须的。

[0050] 条件1c':波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的模场直径为 $8.0\mu\text{m}$ 以上且 $9.2\mu\text{m}$ 以下。

[0051] 此外,关于能够用于光收发器、传感器的可调激光器等的光源,典型地例如是: $1.55\mu\text{m}$ 频带下的射出光直径为 $8.0\mu\text{m}$ 以上且 $9.5\mu\text{m}$ 以下。当偏振保持光纤1满足条件1c'时,能够将这样的光源的射出光直径与偏振保持光纤1的模场直径的差抑制为较小。因此,满足上述的条件1c'的偏振保持光纤还具有如下优点,即:当与这样的光源连接时能够减小连接损失。另外,当满足上述的条件1c'中的 $8.0\mu\text{m}$ 以上的值时,具有模场直径变大的倾向。因此,关于满足上述的条件1c'的偏振保持光纤,在上述的光源中的、 $1.55\mu\text{m}$ 频带下的射出光直径比较大的情况下,能够抑制该光源与偏振保持光纤的连接损失。另外,当满足上述的条件1b'中的0.55%以下的值时,具有模场直径变大的倾向。因此,关于满足上述的条件1b'的偏振保持光纤,在上述的光源中的、 $1.55\mu\text{m}$ 频带下的射出光直径比较大的情况下,能够抑制该光源与偏振保持光纤的连接损失。

[0052] 表2示出了对于如表1所示的偏振保持光纤A~F测量了如下的(1)、(2)、(3)的情况下的偏振串扰、以及(4)的情况下的偏振串扰的比的结果,其中,(1)未施加扭转且未施加弯曲时的波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰;(2)未施加扭转并在半径为5mm的心轴上卷绕10圈时的波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰;(3)光纤长度每31.4mm施加一周(360°)的扭转并在半径为5mm的心轴上卷绕10圈时的波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰;(4)未施加扭转并在半径为5mm的心轴上卷绕10圈时的波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰、与光纤长度每31.4mm施加一周的扭转并在半径为5mm的心轴上卷绕10圈时的波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰的比。

[0053] [表2]

[0054]

项目	单位	A	B	C	D	E	F	G
使用波长	μm	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
包层直径b	μm	80	80	80	80	80	80	125
模场直径d	μm	9.2	9.1	8.8	8.4	8.0	9.4	9.4
应力施加部直径t	μm	25.5	25.4	24.3	25.1	22.5	25.3	35.5
应力施加部间隔a	μm	5.02	5.02	5.23	5.15	4.44	4.85	7.86
归一化应力施加部间隔 $2a/d$	-	1.091	1.103	1.188	1.226	1.110	1.031	1.672
归一化应力施加部直径 t/b	-	0.319	0.317	0.303	0.314	0.281	0.317	0.284
应力施加部非圆率	%	4.5	4.3	4.2	4.2	4.2	6.2	3.4
偏振串扰 (无弯曲、无扭转)	dB	-33	-32	-30	-30	-30	-42	-38
偏振串扰 (R=5mm 10圈)	dB	-31	-36	-32	-32	-38	-25	-29
偏振串扰 (R=5mm 10圈 每圈扭转一周)	dB	-25	-29	-30	-32	-33	-14	-20
偏振串扰比率 (R=5mm 10圈 无扭转/有扭转)	-	1.24	1.26	1.08	1.00	1.18	1.81	1.44

[0055] 此外,在表2中,作为对偏振串扰特别具有支配性影响的参数,列出了:使用波长、包层直径b、模场直径d、应力施加部直径t、应力施加部间隔a、归一化应力施加部间隔 $2a/d$ 、归一化应力施加部直径 t/b 、应力施加部非圆率。在此,应力施加部间隔a是两个应力施加部12a、12b的最短距离的一半。另外,当应力施加部12a、12b为圆形时,应力施加部直径t是该圆的直径,当应力施加部12a、12b为椭圆形时,应力施加部直径t是该椭圆的短轴长度(短轴半径的2倍)与长轴长度(长轴半径的2倍)的平均值。在此,也可以将长轴长度设定为应力施加部直径t。另外,当应力施加部12a、12b为圆或椭圆以外的其他形状(例如新月形)时,应力施加部直径t是与该形状外接的假想椭圆的短轴长度(短轴半径的2倍)。另外,应力部非圆率是应力施加部12a、12b为椭圆形时的、用长轴长度与短轴长度的差除以应力施加部直径t的商。另外,归一化应力施加部间隔 $2a/d$ 是用模场直径d使应力施加部间隔a的2倍归一化的值,即,是用应力施加部间隔a的2倍除以模场直径d的商。此外,归一化应力施加部间隔也可以定义为用纤芯直径使应力施加部间隔a的2倍归一化的值,但是在本说明书中,考虑到模场直径是对偏振串扰特别有影响的参数,定义为用模场直径d使应力施加部间隔a的2倍归一化的值。由于模场直径与纤芯直径强相关,因此可以采用本说明书的定义。另外,归一化应力施加部直径 t/b 是用包层直径b使应力施加部直径t归一化的值,即,是用应力施加部直径t除以包层直径b的商。

[0056] 根据表2可知:实施例的偏振保持光纤A~E满足下述的条件2。如果满足下述的条件2,则具有如下效果:即使在偏振保持光纤1上产生在通常的使用中可能产生的程度的扭转,也能够将偏振保持光纤1的偏振串扰抑制为较小,即在通常的使用中能够承受的程度。

[0057] 可知,条件2:将弯曲半径设定为5mm并将光纤长度每31.4mm的扭转设定为一周时的波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰为 -25dB 以下。

[0058] 另外,根据表2可知:实施例的偏振保持光纤A~E满足下述的条件3。如果满足下述的条件3,则具有如下效果:即使在偏振保持光纤1上产生在通常的使用中可能产生的程度的扭转,也能够将偏振保持光纤1的偏振串扰抑制为较小,即在通常的使用中能够承受的程度。

[0059] 可知,条件3:将弯曲半径设定为5mm且无扭转时的波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的偏振串扰、与将弯曲半径设定为5mm并将光纤长度每31.4mm的扭转设定为一周时的波长 1.55mm 下的偏振串

扰的比为1.26以下。

[0060] 另外,如表2所示,在实施例的偏振保持光纤A~E中,归一化应力施加部间隔 $2a/d$ 为1.091以上且1.226以下。因此可知:为了使偏振保持光纤满足上述的条件2或条件3,优选归一化应力施加部间隔 $2a/d$ 为1.091以上且1.226以下。

[0061] 另外,如表2所示,在实施例的偏振保持光纤A~E中,归一化应力施加部直径 t/b 为0.281以上且0.319以下。因此可知:为了使偏振保持光纤满足上述的条件2或条件3,优选归一化应力施加部直径 t/b 为0.281以上且0.319以下。

[0062] 另外,如表2所示,在实施例的偏振保持光纤A~E中,应力施加部12a、12b的非圆率为4.2%以上且4.5%以下。因此可知:为了使偏振保持光纤满足上述的条件2或条件3,优选应力施加部12a、12b的非圆率为4.2%以上且4.5%以下。

[0063] (附录事项1)

[0064] 本发明不限于上述的各实施方式,能够在权利要求所示的范围进行各种变更。将上述实施方式所含各技术手段适当组合而得到的实施方式也包含于本发明的技术范围。

[0065] (附录事项2)

[0066] 关于本发明的方式1的偏振保持光纤,其特征在于,具备:纤芯、配置于所述纤芯两侧的一对应力施加部、以及包覆所述纤芯和所述一对应力施加部的包层,将光纤长度设定为 $2m$ 并将弯曲半径设定为 $140mm$ 时的、该偏振保持光纤的截止波长为 $1.41\mu m$ 以上且小于 $1.55\mu m$,将弯曲半径设定为 $5mm$ 并将光纤长度每 $31.4mm$ 的扭转设定为一周时的、该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu m$ 下的弯曲损失为 $7dB$ 以下。

[0067] 在本发明的方式2的偏振保持光纤中,在方式1的结构的基础上,采用如下结构:所述纤芯相对于所述包层的相对折射率差为 0.36% 以上,该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu m$ 下的模场直径为 $9.2\mu m$ 以下。

[0068] 在本发明的方式3的偏振保持光纤中,在方式2的结构的基础上,采用如下结构:所述纤芯相对于所述包层的相对折射率差为 0.36% 以上且 0.55% 以下,该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu m$ 下的模场直径为 $8.0\mu m$ 以上且 $9.2\mu m$ 以下。

[0069] 在本发明的方式4的偏振保持光纤中,在方式1~3的结构的基础上,采用如下结构:将弯曲半径设定为 $5mm$ 并将光纤长度每 $31.4mm$ 的扭转设定为一周时的、该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu m$ 下的偏振串扰为 $-25dB$ 以下。

[0070] 在本发明的方式5的偏振保持光纤中,在方式1~4的任一项的结构的基础上,采用如下结构:将弯曲半径设定为 $5mm$ 且无扭转时的该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu m$ 下的偏振串扰、与将弯曲半径设定为 $5mm$ 并将光纤长度每 $31.4mm$ 的扭转设定为一周时的该偏振保持光纤在波长 $1.55\mu m$ 下的偏振串扰的比为1.26以下。

[0071] 在本发明的方式6的偏振保持光纤中,在方式1~5的任一项的结构的基础上,采用如下结构:所述一对应力施加部各自的剖面中的、与所述偏振保持光纤的中心轴正交的剖面是将所述一对应力施加部的排列方向设定为短轴方向的椭圆,其非圆率为4.2%以上且4.5%以下。

[0072] 在本发明的方式7的偏振保持光纤中,在方式1~6的任一项的结构的基础上,采用如下结构:所述一对应力施加部分别与所述纤芯分离。

[0073] 在本发明的方式8的偏振保持光纤中,在方式1~7的任一项的结构的基础上,采用

如下结构:用波长 $1.55\mu\text{m}$ 下的模场直径 d 使应力施加部间隔 a 的2倍归一化的归一化应力施加部间隔 $2a/d$ 为 1.091 以上且 1.226 以下。

[0074] 在本发明的方式9的偏振保持光纤中,在方式1~8的任一项的结构的基础上,采用如下结构:用包层直径 b 使应力施加部直径 t 归一化的归一化应力施加部直径 t/b 为 0.281 以上且 0.319 以下。

[0075] 在本发明的方式10的偏振保持光纤中,在方式1~9的任一项的结构的基础上,采用如下结构:所述包层的包层直径为 $80\mu\text{m}$ 以下。

[0076] 附图标记说明

[0077] 1-偏振保持光纤;11-纤芯;12a、12b-应力施加部;13-包层。

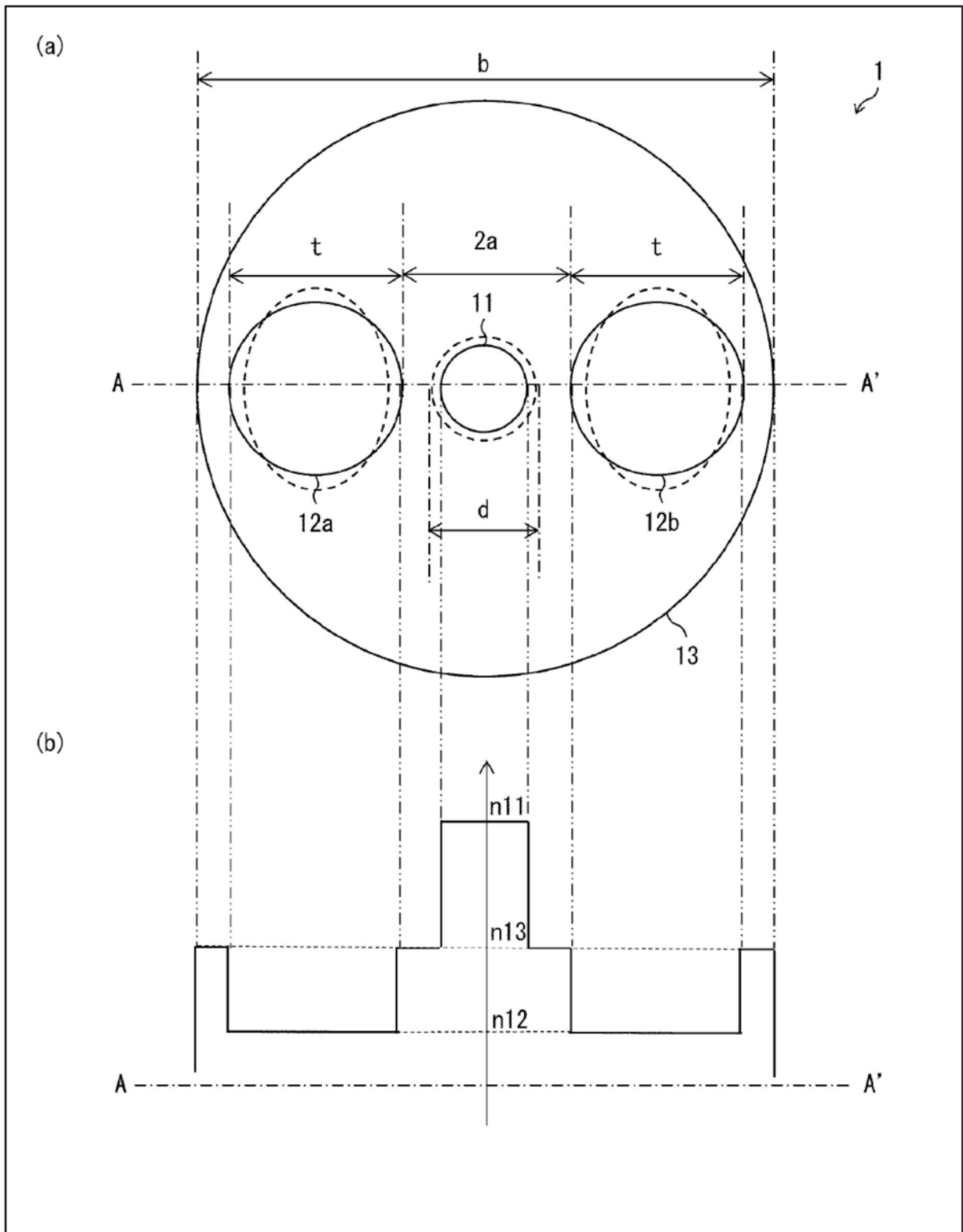


图1