(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118525230 A
(43)申请公布日 2024.08.20

(21)申请号 202380016814.1
(22)申请日 2023.01.06
(30)优先权数据
2022-021856 2022.02.16 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.07.10
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/000220 2023.01.06
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/157505 JA 2023.08.24
(71)申请人 住友电气工业株式会社
地址 日本大阪
(72)发明人 佐久间洋宇 川口雄挥 佐藤慎
(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责任公司 11240
专利代理师 赵曦
(51)Int.Cl.
G02B 6/02(2006.01)
C03C 13/04(2006.01)

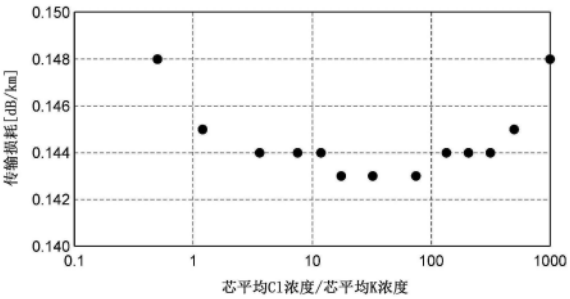
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

光纤

(57)摘要

光纤由二氧化硅系玻璃构成。光纤具备:芯,含有碱金属元素组中的一种以上的元素以及氯,所述碱金属元素组由碱金属元素及碱土金属元素构成;以及包层,包围芯,具有比芯的折射率低的折射率。碱金属元素组的芯整体的平均浓度CA以及氯的芯整体的平均浓度CC满足CC/CA＞1.0。



CN 118525230 A

1.一种光纤,是由二氧化硅系玻璃构成的光纤,所述光纤具备:

芯,含有碱金属元素组中的一种以上的元素以及氯,所述碱金属元素组由碱金属元素及碱土金属元素构成;以及

包层,包围所述芯,具有比所述芯的折射率低的折射率,

所述碱金属元素组的所述芯整体的平均浓度CA以及氯的所述芯整体的平均浓度CC满足CC/CA＞1.0。

2.根据权利要求1所述的光纤,

所述CC/CA小于500。

3.根据权利要求1或2所述的光纤,

在从所述光纤的中心轴到所述芯的半径的1/2的位置,用最小二乘法将CC(r)/CA(r)的值进行近似的直线具有正的斜率,其中,所述CC(r)/CA(r)是从所述光纤的中心轴到半径r的位置的所述碱金属元素组的浓度CA(r)相对于氯的浓度CC(r)的比。

4.根据权利要求3所述的光纤,

所述CC(r)/CA(r)在距所述光纤的中心轴1μm的范围内小于1。

5.根据权利要求1至4中任一项所述的光纤,

所述芯还含有氟,

氟的所述芯整体的平均浓度CF满足CF/CA≤100。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的光纤,

所述碱金属元素组的所述芯整体的平均浓度CA为质量分数0.2ppm以上且2000ppm以下。

7.根据权利要求1至6中任一项所述的光纤,

所述芯含有作为所述碱金属元素组的钠、钾、铷、铯以及钙中的一种以上的元素。

光纤

技术领域

[0001] 本公开涉及光纤。本申请主张基于2022年2月16日申请的日本申请第2022-021856号的优先权,援引所述日本申请中记载的全部记载内容。

背景技术

[0002] 一般而言,如果由二氧化硅系玻璃构成的芯含有碱金属元素或碱土金属元素,则在对光纤母材进行拉丝而制造光纤时,芯的粘性降低,并且促进玻璃的重新排列,因此光纤的瑞利散射引起的传输损耗降低。以下,将碱金属元素以及碱土金属元素双方称为“碱金属元素组”。

[0003] 在专利文献1以及专利文献2中,记载了由二氧化硅系玻璃构成的芯含有碱金属元素组的光纤。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特表2009-541796号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2017-76053号公报

发明内容

[0008] 本公开的一个方式所涉及的光纤,是由二氧化硅系玻璃构成的光纤,具备:芯,含有碱金属元素组中的一种以上的元素以及氯,所述碱金属元素组由碱金属元素及碱土金属元素构成;以及包层,包围芯,具有比芯的折射率低的折射率。碱金属元素组的芯整体的平均浓度CA以及氯的芯整体的平均浓度CC满足CC/CA＞1.0。

附图说明

[0009] 图1是实施方式所涉及的光纤的截面图。

[0010] 图2是示出光纤的制造方法的流程图。

[0011] 图3是示出芯平均Cl浓度/芯平均K浓度与传输损耗的关系的曲线图。

[0012] 图4是示出芯平均Cl浓度/芯平均K浓度与传输损耗的关系的曲线图。

[0013] 图5是示出芯平均Cl浓度/芯平均K浓度与传输损耗的关系的曲线图。

[0014] 图6是示出芯平均Cl浓度/芯平均K浓度与传输损耗的关系的曲线图。

[0015] 图7是示出芯平均F浓度/芯平均K浓度与传输损耗的关系的曲线图。

具体实施方式

[0016] [本公开要解决的技术问题]

[0017] 在含有碱金属元素组的芯中不含有氯的情况(或氯含量少的情况)下,在光纤母材的状态下,在芯部的中心部添加的碱金属元素组在拉丝时扩散时,玻璃分子结构的结合被切断。由此,产生玻璃缺陷,导致源自玻璃缺陷的传输损耗增加。在芯含有充分的量的氯的

情况下,该氯与玻璃缺陷结合。由此,可以抑制玻璃缺陷的产生,降低源自玻璃缺陷的传输损耗增加。

[0018] 在芯中添加了碱金属元素组的光纤的传输损耗包括:瑞利散射损耗、源自玻璃缺陷的损耗、源自碱与卤素两者的浓度波动的损耗。因此,为了降低传输损耗,需要使这些损耗的主要原因最优化。因此,仅通过单一元素的浓度的最优化无法充分降低传输损耗。例如,虽然是定性的讨论,但在碱金属元素组少的情况下,与玻璃缺陷结合的氯可以较少,在碱金属元素组多的情况下,与玻璃缺陷结合的氯则需要得多。在专利文献1以及专利文献2所记载的光纤中,无法使传输损耗充分降低。

[0019] 本公开的目的是提供一种能够充分降低传输损耗的光纤。

[0020] [本公开的效果]

[0021] 根据本公开,能够提供一种能够充分降低传输损耗的光纤。

[0022] [本公开的实施方式的说明]

[0023] 首先,列举本公开的实施方式进行说明。本公开的一个方式所涉及的光纤,是由二氧化硅系玻璃构成的光纤,具备:芯,含有碱金属元素组中的一种以上的元素以及氯,所述碱金属元素组由碱金属元素及碱土金属元素构成;以及包层,包围芯,具有比芯的折射率低的折射率。碱金属元素组的芯整体的平均浓度CA以及氯的芯整体的平均浓度CC满足CC/CA>1.0。需要说明的是,在本公开中,“浓度”全部由“质量分数”表示。

[0024] 利用上述光纤,能够充分降低传输损耗。

[0025] 也可以是,CC/CA小于500。

[0026] 也可以是,在从光纤的中心轴到芯的半径的1/2的位置,用最小二乘法将CC(r)/CA(r)的值进行近似的直线具有正的斜率,其中,CC(r)/CA(r)是从光纤的中心轴到半径r的位置的碱金属元素组的浓度CA(r)相对于氯的浓度CC(r)的比。

[0027] 也可以是,CC(r)/CA(r)在距光纤的中心轴1μm的范围内小于1。

[0028] 也可以是,芯还含有氟,氟的芯整体的平均浓度CF满足CF/CA≤100。

[0029] 也可以是,碱金属元素组的芯整体的平均浓度CA为质量分数0.2ppm以上且2000ppm以下。

[0030] 也可以是,芯含有作为碱金属元素组的钠、钾、铷、铯以及钙中的一种以上的元素。

[0031] [本公开的实施方式的详情]

[0032] 以下,参照附图对本公开的光纤的具体例子进行说明。需要说明的是,本发明并不限定于这些例示,而是由权利要求表示,旨在包括与权利要求等同的含义以及范围内的所有变更。在附图的说明中,对相同的要素标注相同的附图标记,并省略重复的说明。

[0033] 图1是实施方式所涉及的光纤的截面图。如图1所示,实施方式所涉及的光纤1具备芯10和包层20。光纤1由二氧化硅系玻璃构成。

[0034] 芯10沿着光纤1的中心轴1a延伸。芯10的直径(芯直径)例如为7μm以上且20μm以下。芯10具有比包层20的折射率高的折射率。芯10含有由碱金属元素以及碱土金属元素构成的碱金属元素组中的一种以上的元素以及氯。芯10含有作为碱金属元素组的钠、钾、铷、铯、钙中的一种以上的元素。碱金属元素组的芯10整体的平均浓度为质量分数0.2ppm以上且2000ppm以下。氯的芯10整体的平均浓度为质量分数10ppm以上且10000ppm以下。

[0035] 如果将碱金属元素组的芯10整体的平均浓度设为CA,将氯的芯10整体的平均浓度

设为CC,则CC/CA大于1.0且小于500。在从光纤1的中心轴1a到芯10的半径的1/2的位置,以最小二乘法将从中心轴1a到半径r的位置的碱金属元素组的浓度CA(r)相对于氯的浓度CC(r)的比CC(r)/CA(r)的值进行近似的直线具有正的斜率。

[0036] 芯10还含有氟。氟的芯10整体的平均浓度为质量分数30ppm以上且5100ppm以下。如果将氟的芯10整体的平均浓度设为CF,则CF/CA为1000以下。芯10中含有的其他掺杂剂以及杂质的浓度为质量分数10ppm以下。

[0037] 光纤1中含有的元素浓度的测定方法例如如下所述。研磨与中心轴1a垂直的光纤1的端面,在该端面上,在沿着通过中心位置的直线的各位置,通过电子束微分析仪(EPMA:Electron Probe Micro Analyzer),测定作为测定对象的元素在半径r的位置处的浓度C(r)。利用EPMA的测定条件例如是加速电压为20kV,探测光束直径为1μm以下,测定间隔为100nm以下。如果将芯10的半径设为a,则作为测定对象的元素在芯10整体中的平均浓度由下述(1)式表示。需要说明的是,在芯10含有碱金属元素组中的两种以上的元素的情况下,将以各元素为测定对象求出的浓度之和设为CA(r),将以各元素为测定对象求出的平均浓度之和设为平均浓度CA。

[0038] $$\frac{2\int_0^a C(r)\cdot r\cdot dr}{a^2} \quad (1)$$

[0039] 包层20包围芯10,具有比芯10的折射率低的折射率。包层20的直径例如为124μm以上且126μm以下。包层20例如包括包围芯10的第一包层和包围第一包层的第二包层。

[0040] 光纤1的截止波长例如为1200nm以上且1600nm以下。光纤1的有效截面积例如为70μm^{2}以上且170μm^{2}以下。

[0041] 图2是示出光纤的制造方法的流程图。在以下的说明中,也记载了具体条件的一例。如图2所示,光纤1依次经过准备工序(步骤S1)、添加工序(步骤S2)、缩径工序(步骤S3)、蚀刻工序(步骤S4)、实心化工序(步骤S5)、延伸磨削工序(步骤S6)、棒内塌缩工序(步骤S7)、OVD工序(步骤S8)以及拉丝工序(步骤S9)而制造。

[0042] 在准备工序(步骤S1)中,准备应使碱金属元素组等掺杂剂扩散的二氧化硅系玻璃的玻璃管。该玻璃管的外直径为30mm以上且40mm以下,内直径为15mm以上且25mm以下。作为该玻璃管的原料的二氧化硅系玻璃的圆柱体含有氯以及氟。该圆柱体中含有的氟的浓度为质量分数30ppm以上且5100ppm以下。该圆柱体中含有的其他掺杂剂以及杂质的浓度为质量分数10ppm以下。在此所说的浓度是指圆柱体整体的平均浓度,如果将圆柱体的半径设为b,则用下述(2)式表示。

[0043] $$\frac{2\int_0^b C(r)\cdot r\cdot dr}{b^2} \quad (2)$$

[0044] 圆柱体中的元素的半径r的位置处的浓度C(r)与光纤时同样地通过EPMA测定。测定条件也可以与光纤时不同。只要使用各条件下的校准曲线计算出浓度就没有问题。

[0045] 在添加工序(步骤S2)中,将碱金属元素组的掺杂剂添加到二氧化硅系玻璃的玻璃管(以下称为玻璃管)的内表面。在此,对添加钾元素的情况进行说明。作为原料使用溴化钾(KBr)6g以上且50g以下。用外部热源将该原料加热到温度750℃以上且850℃以下,产生原料蒸汽。一边将原料蒸汽与由1SLM(换算成标准状态为1升/min)流量的氧构成的载气一起

导入玻璃管的内部,一边利用氢氧燃烧器从外部加热玻璃管,使得玻璃管的外表面的温度成为1400℃以上且2000℃以下。此时,以30mm/min以上且60mm/min以下的速度使燃烧器横动,合计加热5圈以上且20圈以下,使钾元素扩散添加到玻璃管的内表面。

[0046] 在缩径工序(步骤S3)中,对添加了钾的玻璃管进行缩径。此时,一边在玻璃管的内部以0.5SLM以上且1.0SLM以下流过氧,一边利用外部热源加热玻璃管,使得玻璃管的外表面成为2000℃以上且2300℃以下。使外部热源横动,以合计5圈以上且15圈以下进行加热,将玻璃管缩径至内直径为3mm以上且8mm以下。

[0047] 在蚀刻工序(步骤S4)中,对玻璃管的内表面进行蚀刻。此时,一边将SF_6(0.2SLM以上且1.0SLM以下)以及氯(0.5SLM以上且1.0SLM以下)的混合气体导入玻璃管的内部,一边用外部热源加热玻璃管,进行气相蚀刻。由此,能够削去高浓度地含有与目标掺杂剂一起添加的杂质的玻璃管的内表面,能够除去该杂质。

[0048] 在实心化工序(步骤S5)中,使玻璃管实心化。在实心化工序中,将氧(0.1SLM以上且0.5SLM以下)以及He(0.5SLM以上且1.0SLM以下)的单一或混合气体导入玻璃管的内部,并且一边将玻璃管内的绝对压力减压到97kPa以下,一边将表面温度设定为2000℃以上且2300℃以下,使玻璃管实心化。通过该实心化,得到由玻璃棒构成的芯部(外径20mm以上且30mm以下)。也可以通过OVD(Outside Vapor Deposition:外部气相沉积)法或塌缩法等公知的方法在该玻璃棒的外侧赋予不含碱金属元素组的芯层。

[0049] 在延伸磨削工序(步骤S6)中,延伸芯部而使直径为15mm以上且25mm以下,进而磨削芯部的外周部而使直径为15mm以上且25mm以下。该部分成为光纤1的芯10。另外,刚延伸后的直径比磨削后的直径大。

[0050] 在棒内塌缩工序(步骤S7)中,将芯部用作棒,并且将添加了氟的二氧化硅系玻璃管用作管,进行棒内塌缩。通过该棒内塌缩法,芯部和添加了氟的二氧化硅系玻璃管被外部热源加热而一体化。由此,在芯部的周围附加第一包层部。芯部与第一包层部的相对折射率差最大为0.34%左右。利用该棒内塌缩法附加第一包层部的结果是,能够将芯部及其附近的第一包层部的水分量抑制得足够低。

[0051] 在OVD工序(步骤S8)中,在将芯部以及第一包层部一体化而成的棒延伸而形成规定直径之后,在该棒的外侧利用OVD法合成含有氟的第二包层部。由此,制造出光纤母材。

[0052] 在拉丝工序(步骤S9)中,通过对光纤母材进行拉丝来制造光纤1。拉丝速度为600m/min以上且2300m/min以下。拉丝张力例如为0.5N。

[0053] 表1是汇总制造并评价了光纤各自的规格的表。在表1中,对于各光纤,分别示出了波长1550nm下的传输损耗(α1.55)、芯直径、截止波长(λcc)、波长1550nm下的有效截面积(Aeff)、钾的芯整体的平均浓度(芯平均K浓度CA)、氯的芯整体的平均浓度(芯平均Cl浓度CC)、氟的芯整体的平均浓度(芯平均F浓度CF)、芯平均Cl浓度/芯平均K浓度(CC/CA)、以及芯平均F浓度/芯平均K浓度(CF/CA)。浓度全部为“质量分数”。

[0054] [表1]

[0055]

	α1.55 [dB/km]	芯直径 [μm]	λcc [nm]	Aeff [μm²]	CA [ppm]	CC [ppm]	CF [ppm]	CC/CA	CF/CA
光纤1	0.148	11.3	1485	113	43	20	2026	0.5	46.6
光纤2	0.145	11.3	1479	115	43	50	2018	1.2	47.1
光纤3	0.144	11.0	1498	111	42	150	2046	3.6	49.2
光纤4	0.144	11.0	1471	113	40	300	2049	7.5	51.0
光纤5	0.144	11.2	1483	113	41	480	2000	11.8	49.0
光纤6	0.143	11.4	1478	113	42	730	1951	17.5	46.7
光纤7	0.143	11.1	1485	113	44	1400	1996	32.1	45.7
光纤8	0.143	11.4	1496	112	43	3200	2015	74.3	46.8
光纤9	0.144	11.3	1494	111	42	5600	1967	134.1	47.1
光纤10	0.144	11.1	1513	110	43	8900	1980	205.8	45.8
光纤11	0.144	11.1	1513	110	41	13000	1959	314.7	47.4
光纤12	0.145	11.2	1518	112	42	21000	2012	497.2	47.6
光纤13	0.148	11.1	1505	111	40	40000	2003	997.0	49.9
光纤14	0.149	11.1	1477	112	1	1986	2042	1985.7	2042.0
光纤15	0.148	11.3	1505	115	2	2001	2030	1000.5	1015.2
光纤16	0.144	11.1	1493	114	10	2025	2018	202.5	201.8
光纤17	0.144	11.1	1499	111	23	1976	2028	85.9	88.2
光纤18	0.143	11.1	1498	112	45	1970	1958	43.8	43.5
光纤19	0.143	11.3	1498	110	90	1991	2029	22.1	22.5
光纤20	0.144	11.5	1511	110	210	2035	1985	9.7	9.5
光纤21	0.144	11.5	1508	114	310	2027	2004	6.5	6.5
光纤22	0.144	11.0	1487	113	1000	1997	1953	2.0	2.0
光纤23	0.145	11.2	1516	110	1800	2001	2013	1.1	1.1
光纤24	0.148	11.3	1502	110	2500	1988	1997	0.8	0.8
光纤25	0.144	11.6	1510	114	43	1962	30	45.9	0.7
光纤26	0.144	11.4	1511	111	41	1969	300	47.6	7.2
光纤27	0.143	11.6	1512	110	43	2042	700	47.1	16.1
光纤28	0.143	11.4	1485	114	43	2000	1010	46.3	23.4
光纤29	0.144	11.4	1506	111	41	2023	1570	49.7	38.6
光纤30	0.144	11.1	1501	114	42	1969	2010	47.2	48.2
光纤31	0.144	11.6	1482	111	43	1965	3200	45.6	74.2
光纤32	0.144	11.1	1474	114	43	2009	4300	46.7	100.0
光纤33	0.148	11.4	1486	114	43	1976	5100	46.4	119.7

[0056] 光纤1～13是使芯平均Cl浓度从质量分数20ppm变化到40000ppm而制造的光纤组。芯平均Cl浓度根据在准备工序中准备的作为玻璃管的原料的二氧化硅系玻璃的圆柱体的氯浓度而变化。在光纤1～13中,芯平均K浓度保持在质量分数40ppm～43ppm之间。芯平均F浓度大致保持在质量分数2000ppm。

[0057] 在图3中,对光纤1～13分别标绘了芯平均Cl浓度/芯平均K浓度和波长1550nm下的传输损耗。图4是将图3的横轴设为Log标度的曲线图。如图3以及图4所示,在芯平均Cl浓度/芯平均K浓度小于1.0的情况下,传输损耗变大。可以认为这是由于相对于氯的添加浓度,钾

的添加浓度相对较高,结合的氯相对于拉丝时产生的玻璃缺陷的量不足。另一方面,在芯平均Cl浓度/芯平均K浓度大于500的情况下,传输损耗也变大。在该情况下,可以认为,虽然氯相对于玻璃缺陷充分结合,但氯的添加浓度较高,导致浓度波动引起的传输损耗增加。

[0058] 光纤14～24是使芯平均K浓度从质量分数1ppm变化到2500ppm而制造的光纤组。芯平均K浓度根据添加工序中的钾的添加量而变化。在光纤14～24中,芯平均Cl浓度大致保持在质量分数2000ppm。芯平均F浓度大致保持在质量分数2000ppm。

[0059] 在图5中,对光纤14～24分别标绘了芯平均Cl浓度/芯平均K浓度和波长1550nm下的传输损耗。图6是将图5的横轴设为Log标度的曲线图。与图3以及图4同样地,在图5以及图6中,在芯平均Cl浓度/芯平均K浓度小于1.0的情况下,传输损耗也变大。可以认为这是由于相对于氯的添加浓度,钾的添加浓度相对较高,结合的氯相对于拉丝时产生的玻璃缺陷的量不足。另一方面,在芯平均Cl浓度/芯平均K浓度大于500的情况下,传输损耗也变大。在该情况下,可以认为,虽然氯相对于玻璃缺陷充分结合,但氯的添加浓度较高,导致浓度波动引起的传输损耗增加。

[0060] 光纤25～光纤33是使芯平均F浓度从质量分数30ppm变化至5100ppm而制造的光纤组。芯平均F浓度根据在准备工序中准备的作为玻璃管的原料的二氧化硅系玻璃的圆柱体的氟浓度而变化。在光纤25～33中,芯平均K浓度保持在质量分数41ppm～43ppm之间。芯平均Cl浓度大致保持在质量分数2000ppm。

[0061] 在图7中,对光纤25～33分别标绘了芯平均F浓度/芯平均K浓度和波长1550nm下的传输损耗。如图7所示,在芯平均F浓度/芯平均K浓度为100以下的情况下,传输损耗稳定且低。可以认为这是因为通过添加氟而导致的传输损耗降低效果和传输损耗增加效果大致相同。传输损耗降低效果是由于添加氟而使粘性降低,由此使瑞利散射降低而导致的。传输损耗增加效果是由于添加氟而使浓度波动增加而导致的。另一方面,在芯平均F浓度/芯平均K浓度大于100的情况下,传输损耗变大。可以认为是由于与通过添加氟而导致的传输损耗降低效果相比,传输损耗增加效果更大。

[0062] 表2是示出对芯中的钾浓度与氯浓度之比即Cl浓度/K浓度的半径方向的分布与传输损耗的关系进行调查的结果的表。在表2中,示出了Cl浓度/K浓度的分布在从光纤的中心轴起小于芯半径的1/2的范围,以及大于芯半径的1/2的范围的各个范围内是否有增加倾向。在此,用半径和Cl浓度/K浓度取得利用最小二乘法得到的斜率,在该斜率为正的情况下设为增加倾向。将零或负的情况设为非增加倾向。

[0063] [表2]

[0064]

	α1.55 [dB/km]	Cl浓度/K浓度的分布	
		小于芯半径的1/2的范围	大于芯半径的1/2的范围
光纤A1	0.143	增加倾向	增加倾向
光纤A2	0.144	增加倾向	非增加倾向
光纤A3	0.145	非增加倾向	增加倾向
光纤A4	0.145	非增加倾向	非增加倾向

[0065] 光纤A1～A4是使芯中的Cl浓度/K浓度的分布变化而制造的光纤组。由于氯浓度在

芯整体大致恒定,因此芯中的Cl浓度/K浓度的分布能够根据钾的浓度分布而变化。制造了光纤A1～A4,使得有效截面积为110μm^{2}以上且115μm^{2}以下的范围,截止波长为1500nm以上且1525nm以下的范围,芯平均K浓度为38ppm以上且43ppm以下的范围,芯平均Cl浓度为1000ppm以上且1500ppm以下的范围,芯平均F浓度为1800ppm以上且2200ppm以下的范围。

[0066] 如果小于芯半径的1/2的范围中的Cl浓度/K浓度的分布为增加倾向,则无论大于芯半径的1/2的范围中的Cl浓度/K浓度的分布示出怎样的倾向,传输损耗都良好。可以认为这是因为,在传输的光的功率高的芯中心部,通过使Cl浓度/K浓度单调增加,由芯内的折射率等的不匹配引起的散射损耗降低。

[0067] 表3是示出着眼于距光纤的中心轴1μm的范围内的Cl浓度/K浓度的最大值而进行调查的结果的表。

[0068] [表3]

[0069]

	α1.55 [dB/km]	距中心轴1μm内的Cl浓度/K浓度的最大值	Cl浓度/K浓度的分布	
			小于芯半径的1/2的范围	大于芯半径的1/2的范围
光纤B1	0.142	0.2	增加倾向	增加倾向
光纤B2	0.143	0.3	增加倾向	增加倾向
光纤B3	0.146	1.1	增加倾向	增加倾向
光纤B4	0.146	1.2	增加倾向	增加倾向

[0070] 光纤B1～B4是如下制造的光纤组:芯中的Cl浓度/K浓度的分布在从光纤的中心轴起小于芯半径的1/2的范围以及大于芯半径的1/2的范围内分别成为增加倾向。制造了光纤B1～B4,使得有效截面积为110μm^{2}以上且115μm^{2}以下的范围,截止波长为1500nm以上且1525nm以下的范围,芯平均K浓度为38ppm以上且43ppm以下的范围。

[0071] 在距光纤的中心轴1μm的范围内的Cl浓度/K浓度的最大值为1.0以上的情况下,传输损耗变高。关于其理由,可以推测同样是由于氯浓度相对于K浓度变高,在制成光纤母材时产生微细的结晶,这在制成光纤时会导致散射损耗增加。

[0072] 以上,虽然关于实施方式进行了说明,但本公开并不一定限定于上述的实施方式以及变形例,在不脱离其主旨的范围内能够进行各种变更。

[0073] 附图标记说明

[0074] 1:光纤;1a:中心轴;10:芯;20:包层。

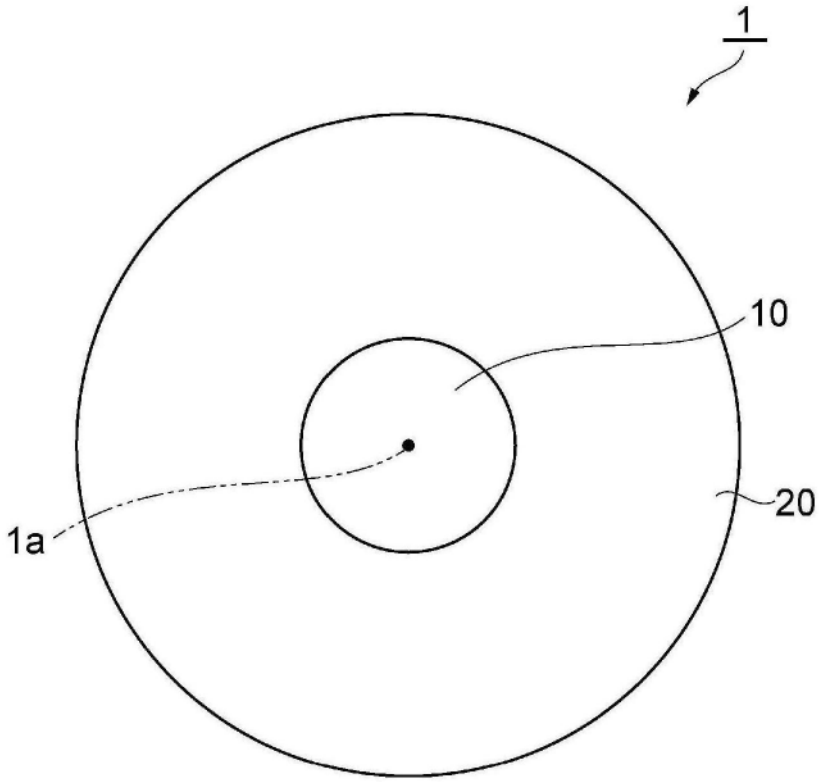


图1

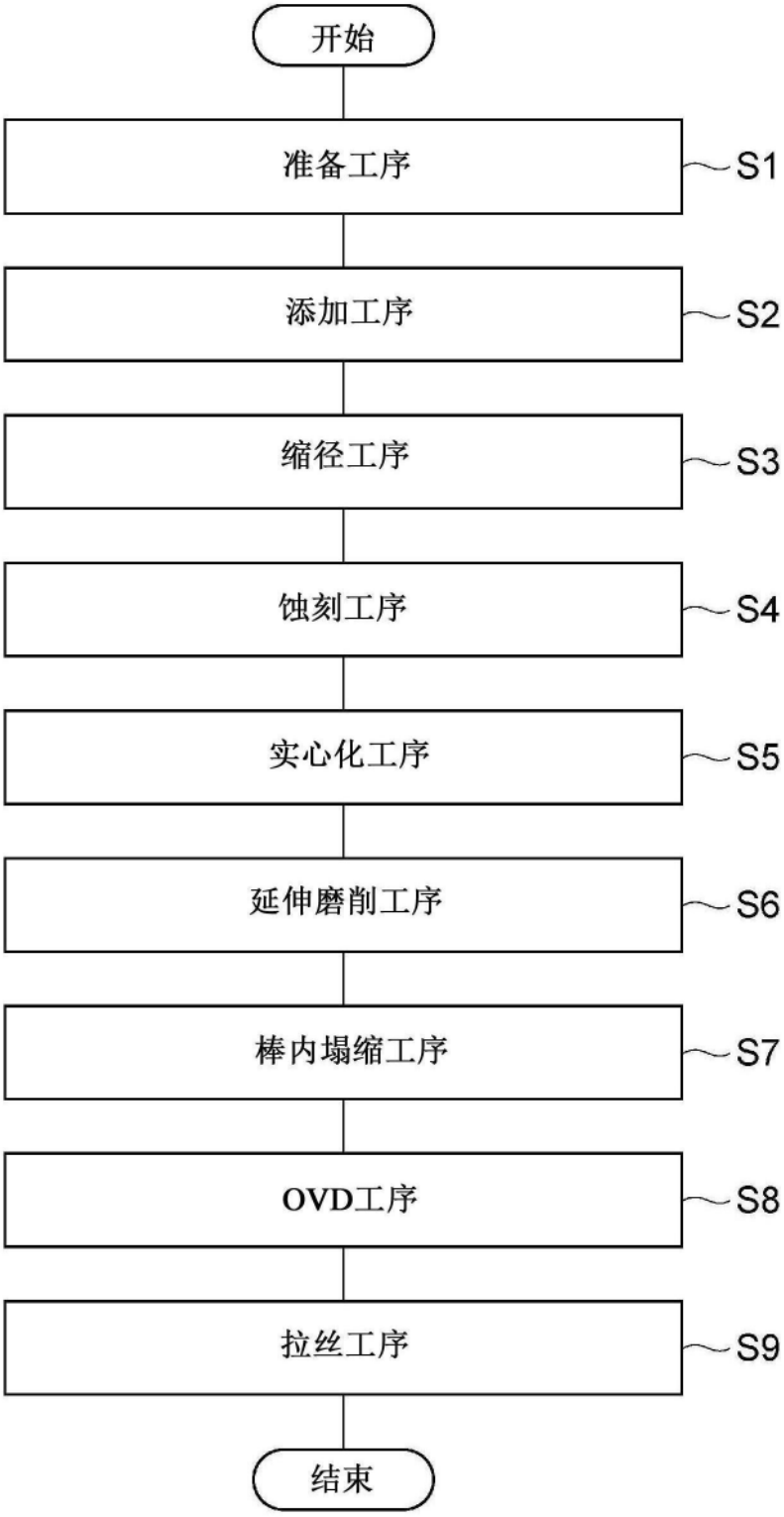

开始
准备工序
S1
添加工序
S2
缩径工序
S3
蚀刻工序
S4
实心化工序
S5
延伸磨削工序
S6
棒内塌缩工序
S7
OVD工序
S8
拉丝工序
S9
结束

图2

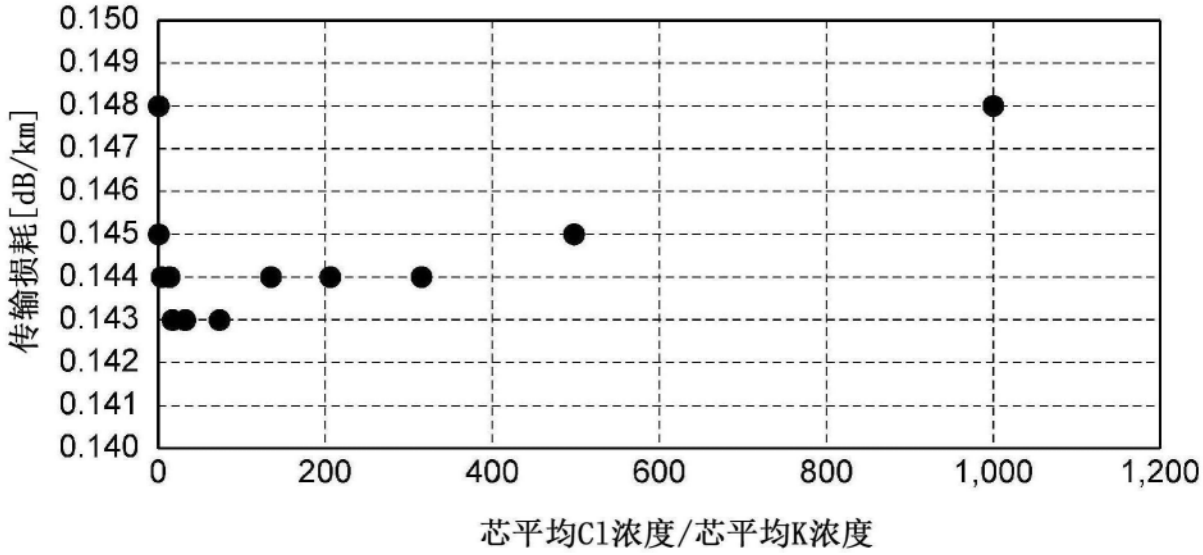

0.150
0.149
0.148
0.147
0.146
0.145
0.144
0.143
0.142
0.141
0.140
传输损耗[dB/km]
0
200
400
600
800
1,000
1,200
芯平均Cl浓度/芯平均K浓度

图3

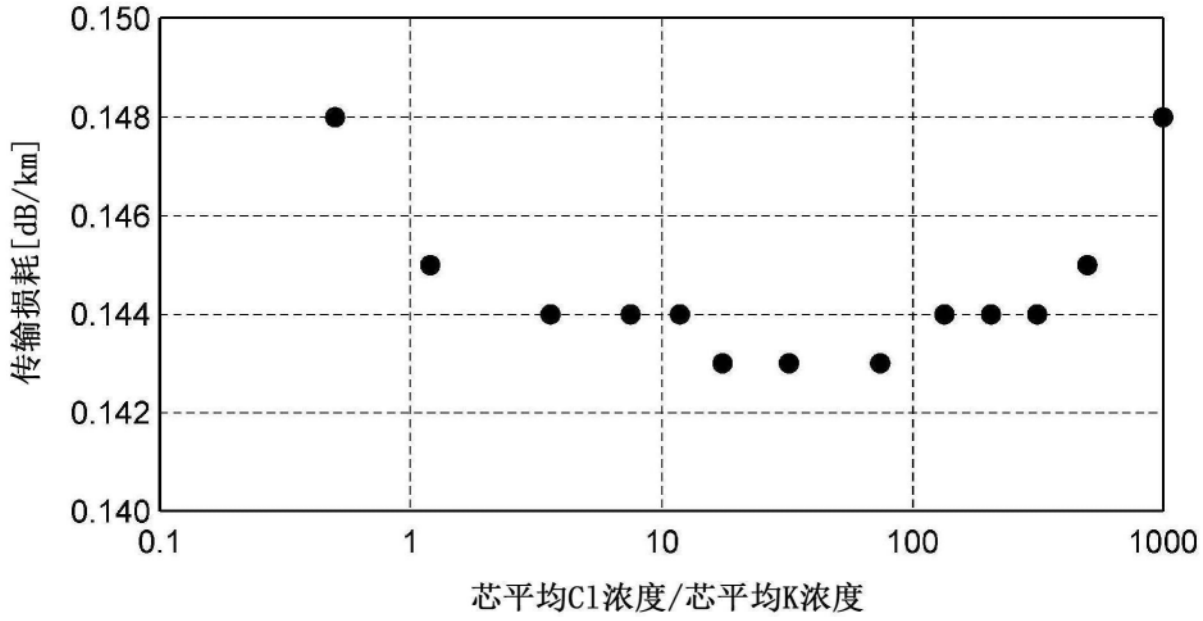

0.150
0.148
0.146
0.144
0.142
0.140
传输损耗[dB/km]
0.1
1
10
100
1000
芯平均Cl浓度/芯平均K浓度

图4

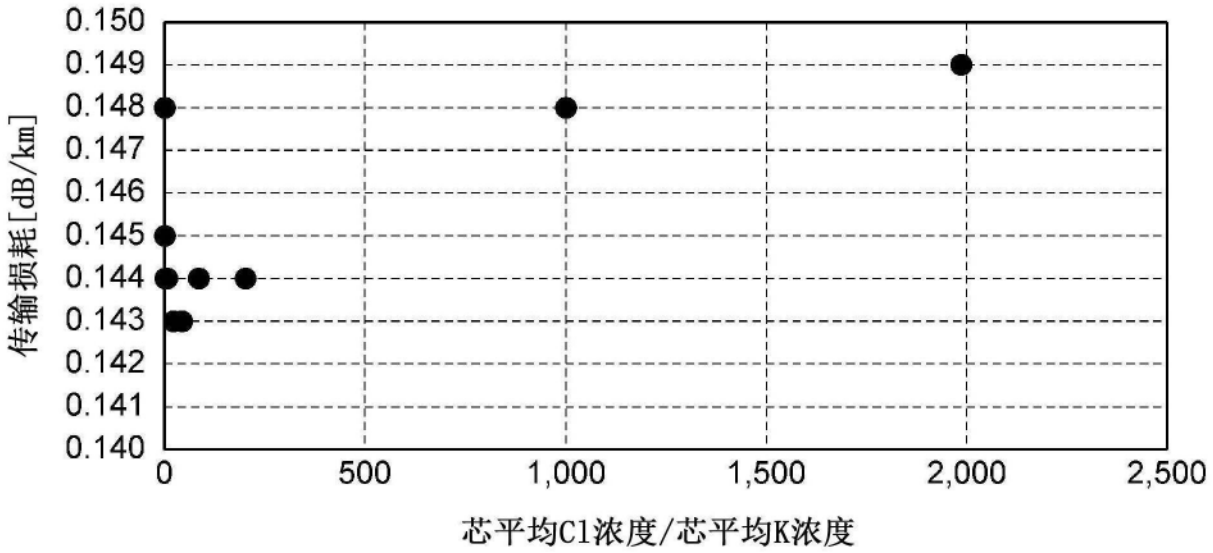

0.150
0.149
0.148
0.147
0.146
0.145
0.144
0.143
0.142
0.141
0.140
传输损耗[dB/km]
0
500
1,000
1,500
2,000
2,500
芯平均C1浓度/芯平均K浓度

图5

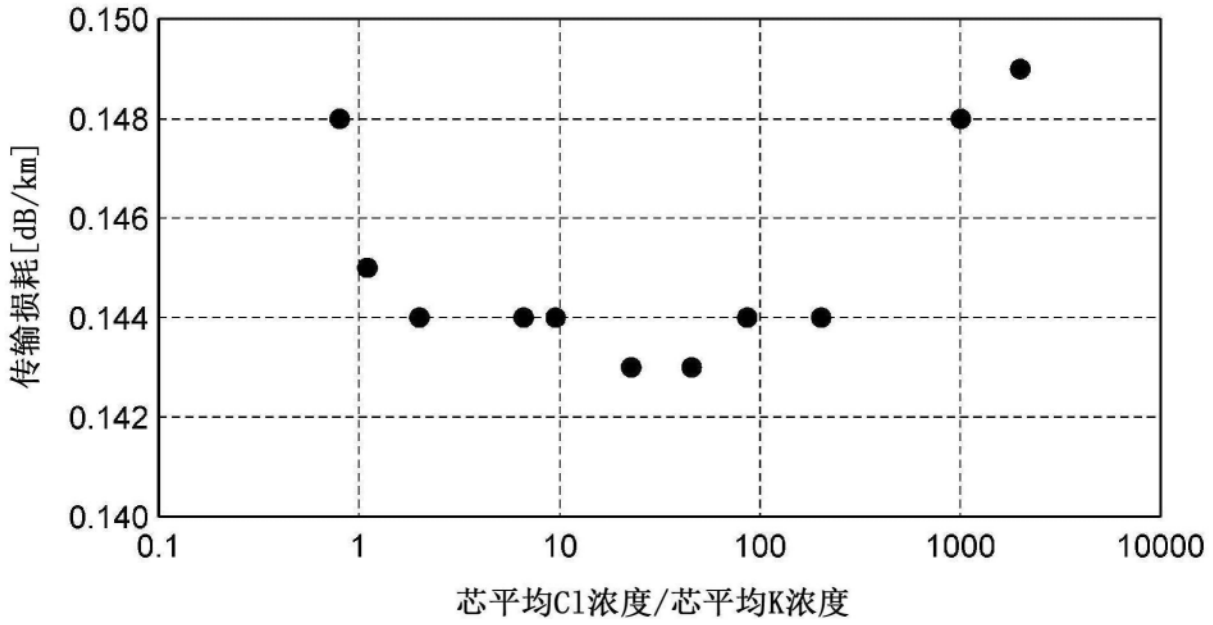

0.150
0.148
0.146
0.144
0.142
0.140
传输损耗[dB/km]
0.1
1
10
100
1000
10000
芯平均C1浓度/芯平均K浓度

图6

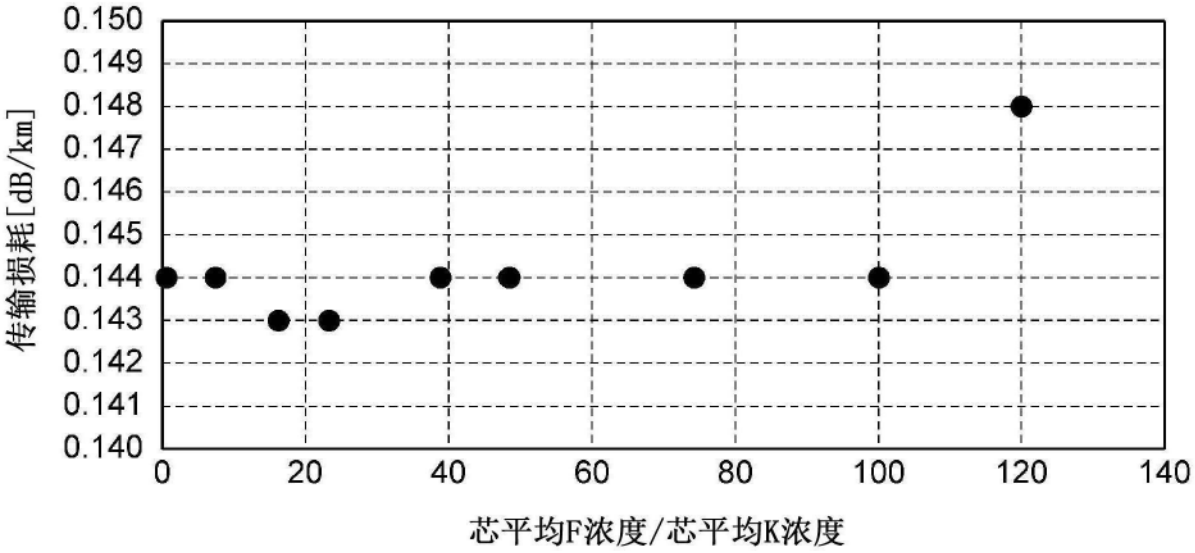

0.150
0.149
0.148
0.147
0.146
0.145
0.144
0.143
0.142
0.141
0.140
传输损耗[dB/km]
0
20
40
60
80
100
120
140
芯平均F浓度/芯平均K浓度

图7