



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112666651 B

(45) 授权公告日 2022.03.01

(21) 申请号 202011560616.6

G02B 6/036 (2006.01)

(22) 申请日 2020.12.25

审查员 赵星

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112666651 A

(43) 申请公布日 2021.04.16

(73) 专利权人 长飞光纤光缆股份有限公司

地址 430074 湖北省武汉市东湖新技术开发区光谷大道九号

(72) 发明人 田巧丽 杨坤 王玉 曹蓓蓓
倪先元

(74) 专利代理机构 武汉臻诚专利代理事务所

(普通合伙) 42233

代理人 胡星驰

(51) Int. Cl.

G02B 6/024 (2006.01)

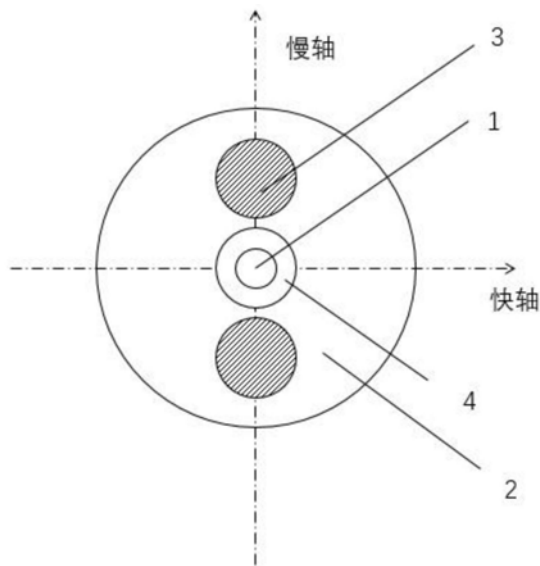
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种熊猫型保偏光纤及光纤环

(57) 摘要

本发明公开了一种熊猫型保偏光纤,由内而外依次包括:芯层、环形包层和外包层;所述外包层设有两个沿所述芯层呈中心对称的应力区;增加通过改进环形包层的粘度设计,配合折射率和几何参数的合计,为芯层提供了更好的保护,抵消由于光纤整体直径减小导致的环形包层对于芯层的保护能力降低,从而减小串音,提供更好的串音稳定性。



1. 一种熊猫型保偏光纤,其特征在於,由内而外依次包括:芯层、环形包层和外包层;所述芯层1900℃下粘度 $\lg\eta_1$ 介于4.26到5.35之间;所述外包层设有两个沿所述芯层呈中心对称的应力区,所述应力区为圆形或近似圆形;所述环形包层含有摩尔含量百分比为0到6%的氟、以及含有摩尔含量百分比为0到6.5%的锗,所述环形包层厚度在3~12 μm 之间;所述环形包层的1900℃下粘度 $\lg\eta_4$ 介于5.51到5.82之间。

2. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述环形包层含有摩尔含量百分比为0.4到2.7%的氟。

3. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述环形包层含有摩尔含量百分比为1.0到4.5%的锗。

4. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述环形包层的1900℃下粘度 $\lg\eta_4$ 介于5.54到5.78之间。

5. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述环形包层在-100℃到200℃范围内的热膨胀系数为 $3\times 10^{-7}/^\circ\text{C}\sim 5\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 。

6. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述芯层直径在5 μm ~10 μm 之间。

7. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述芯层含有摩尔含量百分比为2到15%的锗。

8. 如权利要求7所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述芯层含有摩尔含量百分比为3到8%的锗。

9. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述芯层其折射率为 n_1 ,其折射率为 n_4 ,芯层与环形包层的相对折射率差 Δ_{14} 的取值范围是0.3%~1.5%其中,
$$\Delta_{14} = \frac{n_1 - n_4}{n_4} \times 100\%$$

10. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述芯层与环形包层的相对折射率差 Δ_{14} 的取值范围是0.65%~0.96%。

11. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述外包层,其直径在58 μm ~62 μm 之间。

12. 如权利要求11所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述外包层,其直径在59 μm ~61 μm 。

13. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述外包层材料为纯石英或接近于纯石英的石英玻璃材料,为气相法或溶胶-凝胶法合成石英,或高纯石英砂熔融石英。

14. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述应力区与环形包层不相交,即应力区位于外包层外边界与环形包层外边界之间。

15. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述应力区直径在10 μm ~20 μm 之间。

16. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述应力区直径在12 μm ~17 μm 之间。

17. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述应力区圆心与光纤横截面圆心的距离在10 μm ~25 μm 之间。

18. 如权利要求17所述的熊猫型保偏光纤,其特征在於,所述应力区圆心与光纤横截面

圆心的距离在 $11\mu\text{m}\sim 16\mu\text{m}$ 之间。

19. 如权利要求1所述的熊猫型保偏光纤,其特征在于,所述应力区含有摩尔含量百分比为1到33%的 B_2O_3 。

20. 如权利要求19所述的熊猫型保偏光纤,其特征在于,所述应力区含有摩尔含量百分比为11到23%的 B_2O_3 。

21. 一种光纤环,其特征在于,采用如权利要求1至20任意一项所述的保偏光纤制作。

22. 如权利要求21所述的光纤环,其特征在于,骨架直径80mm,以15g张力绕制300m光纤。

一种熊猫型保偏光纤及光纤环

技术领域

[0001] 本发明属于传感光纤领域,更具体地,涉及一种熊猫型保偏光纤。

背景技术

[0002] 光纤陀螺是广泛应用于对力、热、磁等物理量进行测量和控制的传感器件,具有成本低、精度高、启动快、小型化、环境适应能力强等优势。光纤陀螺的性能,主要取决于绕环用的保偏光纤光学性能。在光纤陀螺市场,小型化、高精度是发展趋势。目前光纤陀螺使用的保偏光纤几何规格基本上都是125/250,80/165型,也有60/100型保偏光纤报道,但是未见规模使用的成熟产品。

[0003] 保偏光纤的包层直径减小到60微米时,其玻璃包层直径减小使得包层对光波导的约束能力降低;相对于常规光纤125微米包层直径,60微米规格的小型化器件用保偏光纤其应力区与光纤芯层间距也相应减小,在外界条件如弯曲、扭转、侧压与温度变化等影响下,应力区边界缺陷增加,很容易引起纤芯光波导不稳定,从而引起对串音性能的扰动。保偏光纤器件向小型化方向发展的同时,也要求器件具有足够高的精度,良好的串音性能和串音稳定性。

[0004] 现有技术无法解决60微米保偏光纤串音不合格及不稳定的问题。为解决此问题,本发明提出一种改进了串音参数及稳定性的保偏光纤产品及其制造方法。

发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种熊猫型保偏光纤,其目的在于通过改进细径熊猫型保偏光纤的环形包层成分,实现各层之间在高温下的粘度过渡,配合几何结构设计,减小保偏光纤制备的光纤环的串音,由此解决现有的细径保偏光纤串音不合格或不稳定的技术问题。

[0006] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种熊猫型保偏光纤,由内而外依次包括:芯层、环形包层和外包层;所述外包层设有两个沿所述芯层呈中心对称的应力区;所述环形包层含有摩尔含量百分比为0到6%的氟,优选含有0.4到2.7%的氟;以及含有摩尔含量百分比为0到6.5%的锆,优选含有摩尔含量百分比为1.0到4.5%的锆。

[0007] 优选地,所述熊猫型保偏光纤,其所述环形包层在1900℃下粘度 $\lg\eta_4$ 介于5.51到5.82之间,优选介于5.54到5.78之间。

[0008] 优选地,所述熊猫型保偏光纤,其所述环形包层在-100℃到200℃范围内的热膨胀系数为 $3\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}\sim 5\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 。

[0009] 优选地,所述熊猫型保偏光纤,其所述芯层直径在 $5\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 之间,1900℃下粘度 $\lg\eta_1$ 介于4.26到5.35之间。

[0010] 优选地,所述熊猫型保偏光纤,其所述芯层含有摩尔含量百分比为2到15%的锆,优选含有3到8%的锆。

[0011] 优选地,所述熊猫型保偏光纤,其所述芯层的折射率为 n_1 ,其环形包层折射率为 n_4 ,

芯层与环形包层的相对折射率差 Δ_{14} 的取值范围是 0.3%~1.5%，优选 Δ_{14} 处于 0.65%~0.96%，其中， $\Delta_{14} = \frac{n_1 - n_4}{n_4} \times 100\%$ 。

[0012] 优选地，所述熊猫型保偏光纤，其所述外包层，其直径在 58 μm ~62 μm 之间，优选 59 μm ~61 μm ；优选外包层材料为纯石英或接近于纯石英的石英玻璃材料，为气相法或溶胶-凝胶法合成石英，或高纯石英砂熔融石英；优选外包层具有两个沿所述芯层呈中心对称的应力区；该应力区与环形包层不相交，即应力区位于外包层外边界与环形包层外边界之间。

[0013] 优选地，所述熊猫型保偏光纤，其所述应力区直径在 10 μm ~20 μm 之间，优选 12 μm ~17 μm ；优选应力区圆心与光纤横截面圆心的距离在 10 μm ~25 μm 之间，优选 11 μm ~16 μm ；优选所述应力区含有摩尔含量百分比为 1 到 33% 的 B_2O_3 ，优选含有摩尔含量百分比为 11 到 23% 的 B_2O_3 。

[0014] 按照本发明的另一个方面提供了一种光纤环，其采用本发明提供的保偏光纤制作。

[0015] 优选地，所述光纤环，其骨架直径 80mm，以 15g 张力绕制 300m 光纤。

[0016] 总体而言，通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比，能够取得下列有益效果：

[0017] 本发明提供的细径 (60 微米) 保偏光纤，增加了环形包层，并通过改进环形包层的粘度设计，配合折射率和几何参数，为芯层提供了更好的保护，抵消由于光纤整体直径减小导致的环形包层对于芯层的保护能力降低，从而优化串音，获得更好的串音稳定性。

[0018] 优选方案，维持环形包层完整的外周弧面，在拉丝工艺时提供更好的抗应力区影响的能力，从而减少应力区对芯层的影响。

[0019] 整体而言本发明提供的由于本发明的环形包层能提供更好的保护能力，因此芯层受到机械加工的影响更小，具有更低的衰耗，更好的串音性能和更好的全温串音稳定性。

附图说明

[0020] 图 1 和图 2 是保偏光纤截面示意图。

[0021] 在所有附图中，相同的附图标记用来表示相同的元件或结构，其中 1 为光纤芯层，2 为外包层，3 为应力区，4 为环形包层。

具体实施方式

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0023] 粘度与温度相关，本发明以 1900 $^{\circ}\text{C}$ 下各层的粘度取对数值来表征粘度的高低。粘度 η 是玻璃的重要物理参量，定义为，面积为 S 的两平行液层以一定的速度梯度 dv/dx 移动时需要克服的内摩擦力 f ，单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (其测试方法有玻璃纤维弯曲法，伸长法等；为表述简便，省略了 $\lg\eta$ (1900 $^{\circ}\text{C}$) 的单位，仅显示以 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 为单位的粘度取对数所得的值)：

$$[0024] \quad f = \eta S \frac{dv}{dx}$$

[0025] 本发明提供的熊猫型保偏光纤,如图1或2所示,由内而外依次包括芯层、环形包层、和外包层;

[0026] 所述芯层直径在 $5\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 之间,其折射率为 n_1 ;所述芯层含有摩尔含量百分比为2到15%的锗,优选含有3到8%的锗;1900℃下粘度 $\lg\eta_1$ 介于4.26到5.35之间。

[0027] 所述环形包层厚度在 $3\sim 12\mu\text{m}$ 之间,(厚度是指光纤横截面上,半径与环形包层相交产生的线段长度的最大值)。环形包层可以与应力区相交或相离。所述环形包层为紧密围绕芯层的环形层,优选具有完整的外周弧面。

[0028] 所述环形包层其折射率为 n_4 ,芯层与环形包层的相对折射率差 Δ_{14} 的取值范围是0.3%~1.5%,优选 Δ_{14} 处于0.65%~0.96%,其中, $\Delta_{14} = \frac{n_1 - n_4}{n_4} \times 100\%$ 。

[0029] 所述环形包层含有摩尔含量百分比为0到6%的氟,优选含有0.4到2.7%的氟、以及含有摩尔含量百分比为0到6.5%的锗,优选含有摩尔含量百分比为1.0到4.5%的锗。

[0030] 所述环形包层粘度 $\lg\eta_4$ (1900℃)介于5.51到5.82之间,优选介于5.54到5.78之间。

[0031] 所述环形包层在-100℃到200℃范围内的CTE(热膨胀系数)为 $3 \times 10^{-7}/^\circ\text{C} \sim 5 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 。

[0032] 本发明提供的环形包层,相对于现有技术中纯掺氟的环形包层,其通过氟锗共掺实现使得光纤拉丝时芯层、环形包层、外包层形成粘度过渡,在最终形成的细径保偏光纤中,配合环形包层的厚度设计提供更好的保护,抵消由于光纤整体直径减小导致的环形包层对于芯层的保护能力降低,从而减小串音,提供更好的串音稳定性。

[0033] 尤其是环形包层具有较为合适的热膨胀系数,减小由于温度变化芯包热膨胀系数差异导致的应力变化,从而减小串音对温度变化的敏感性,提高串音稳定性。

[0034] 另外本发明提供的环形包层,不仅具备更加合适的粘度和更加合适的热膨胀系数,同样具备了较低的折射率,对芯层光波导的约束能力良好。

[0035] 所述外包层,其直径在 $58\mu\text{m}\sim 62\mu\text{m}$ 之间,优选 $59\mu\text{m}\sim 61\mu\text{m}$;外包层材料为纯石英或接近于纯石英的石英玻璃材料,为气相法或溶胶-凝胶法合成石英,或高纯石英砂熔融石英。外包层具有两个沿所述芯层呈中心对称的应力区;所述应力区优选与环形包层不相交,即应力区位于外包层外边界与环形包层外边界之间。

[0036] 所述应力区为圆形或近似圆形,直径在 $10\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 之间,优选 $12\mu\text{m}\sim 17\mu\text{m}$,应力区圆心与光纤横截面圆心的距离在 $10\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ 之间,优选 $11\mu\text{m}\sim 16\mu\text{m}$;所述应力区含有摩尔含量百分比为1到33%的 B_2O_3 ,优选含有摩尔含量百分比为11到23%的 B_2O_3 。

[0037] 该光纤优选还包括聚合物组成的涂层结构,为双涂层或单涂层。优选为单涂层结构,所述涂层的直径 d 满足: $90.0\mu\text{m} \leq d \leq 120.0\mu\text{m}$,优选 $90.0\mu\text{m} \leq d \leq 105.0\mu\text{m}$;所述涂层材料为聚丙烯酸酯,其作为光纤涂层,固化后杨氏模量为80Mpa~350Mpa,更优选为90Mpa~210Mpa。

[0038] 本发明提供的熊猫型保偏光纤,光纤环形包层在快轴方向上的压应力绝对值最大值大于15MPa,优选大于25MPa。

[0039] 本发明提供的熊猫型保偏光纤,在慢轴方向上的具有张应力,其张应力绝对值最大值大于10MPa,优选大于15MPa。光纤芯层区域在慢轴方向上的张应力绝对值最大值大于12MPa;在快轴方向上具有压应力,压应力的绝对值最大值大于17MPa。光纤在常温下各层的应力由材料应力和光纤拉丝工艺中残余的应力两部分组成。

[0040] 光纤工作波长(截止波长)小于1530nm。光纤截止波长由纤芯直径、芯包折射率差决定。本发明提供的细径保偏光纤,其双折射系数 $6.05\sim 9.82\times 10^{-4}$;

[0041] 当工作波长为850nm时,保偏光纤衰减小于3.0dB/km,消光比高于20dB/km,所述保偏光纤的截止波长小于830nm;

[0042] 当工作波长为1310nm时,保偏光纤衰减小于0.4dB/km,消光比高于26dB/km,所述保偏光纤的截止波长小于1295nm;

[0043] 当工作波长为1550nm时,保偏光纤衰减小于0.3dB/km,消光比高于24dB/km,所述保偏光纤的截止波长小于1530nm;

[0044] 在 $-55^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 下,所述保偏光纤1550nm的每公里全温衰减变化量小于0.2dB,全温消光比变化量小于3dB。

[0045] 采用本发明提供的熊猫型保偏光纤制作的光纤环,骨架直径80mm,以15g张力绕制300m光纤,常温串音典型值在 $-26\text{dB}\sim -23\text{dB}$,全温(-55°C 至 85°C)串音变化 $<3\text{dB}$ 。

[0046] 本发明提供的熊猫型保偏光纤的制备方法,包括以下步骤:

[0047] 将石英玻璃基质的光纤预制棒加热至粘弹态甚至熔融态,拉丝冷却定形成为光纤;拉丝速率在80m/min以上;光纤从拉丝炉到达收线装置过程中经过强制冷却,冷却速率 $1490^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 到 $4700^{\circ}\text{C}/\text{s}$,优选 $1575^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 到 $3800^{\circ}\text{C}/\text{s}$,拉丝过程中,未经涂覆的裸光纤在粘弹态下承受的沿光纤运动方向的张力为13MPa至37MPa。

[0048] 在拉丝冷却过程中,光纤的应力区和包层由粘弹态转化为固态,由拉丝张力造成的快轴方向包层残余应力大于5MPa。这些残余应力增加了光纤的双折射系数,对增加保偏光纤的双折射系数是有益的。残余应力的测试方法为,将同一批次光纤,取样进行热处理,其中一个热处理程序是,将光纤以每分钟小于 10°C 的升温速率从常温缓慢升温至 1100°C ,保持30分钟,再缓慢降温至常温,降温速率小于 10°C 每分钟,更优地,小于 10°C 每分钟。将经过热处理与未经热处理的光纤,用FSA-100型热应力分析仪进行应力测量并比对,可测出残余应力的差值。

[0049] 以下为实施例:

[0050] 本发明提供的熊猫型保偏光纤横截面结构,如图1或2所示,几何参数如下表:

实施例	d_1 (μm)	T (μm)	d_2 (μm)	d_s (μm)	D (μm)	d_0 (μm)
1	3.5	4.8	59.5	18.5	13.0	100
2	6	7	60.2	18.0	13.9	100
3	6.3	8.9	59.9	20.0	16.0	90
4	3.0	3.0	60.0	19.0	15.5	85
5	7	11	60.5	15.5	14.1	120

[0051]

[0052] 其中, d_1 为芯层直径, T 为环形包层的厚度, d_2 为外包层直径, d_s 为应力区直径, D 为应力区圆心与光纤横截面圆心的距离, d_0 为涂层直径。

[0053] 本发明提供的熊猫型保偏光纤折射率剖面, 如图1所示, 其折射率和应力值如下:

实施例	Δ_{14} (%)	n_2	$S_{r,q}$ (MPa)	S_s (MPa)	$S_{1,s}$ (MPa)	$S_{1,q}$ (MPa)
[0054] 1	0.79	0	21	13	12	20
2	0.6	0	25	15	14	23

[0055] 3	1.5	0	15	11	13	17
4	0.96	0	18	12	15	19
5	1.28	0	12	10	17	22

[0056] 其中, n_1 为芯层折射率, Δ_{14} 为芯层与环形包层的相对折射率差, n_2 为外包层折射率, $S_{r,q}$ 为光纤环形包层快轴方向上的压应力绝对值最大值, S_s 为环形包层慢轴方向上的具有张应力绝对值最大值;

[0057] $S_{1,s}$ 为光纤芯层区域慢轴方向上的张应力绝对值最大值, $S_{1,q}$ 为光纤芯层区域快轴方向上的压应力绝对值最大值。

[0058] 本发明提供的熊猫型保偏光纤其理化参数如下表所示:

实施例	$Ge_1\%$	$Ge_r\%$	$F_r\%$	$B_2O_3\%$	E_c (Mpa)	$lg\eta_1$	$lg\eta_4$	CTE	$lg\eta_0$
[0059] 1	15	4.5	1.3	20	350	4.26	5.71	3	6.1
2	7.6	0.9	0.8	27	80	5.11	5.82	5	6.02
3	8	1.6	0.4	23	210	5.03	5.69	3.4	6.05
4	7.1	0.2	2.7	11	140	5.15	5.54	2.7	6.07
5	9.2	1.0	0.2	21	170	4.97	5.66	4.5	6.03

[0060] 其中, $Ge_1\%$ 为芯层化学成分锗含量摩尔百分比, $Ge_r\%$ 为环形包层化学成分锗含量摩尔百分比, $F_r\%$ 为环形包层化学成分氟含量摩尔百分比, $B_2O_3\%$ 为应力区成分 B_2O_3 含量, E_c 为涂层杨氏模量, $lg\eta_1$ 为1900℃芯层粘度, $lg\eta_4$ 为1900℃环形包层粘度, CTE为环形包层热膨胀系数(单位 $10^{-7}/^\circ\text{C}$), $lg\eta_0$ 为外包层粘度参数。

[0061] 采用本发明提供的熊猫型保偏光纤制作的光纤环, 骨架直径80mm, 以15g张力绕制300m光纤, 测试光纤环性能如下:

实施例	常温串音 (dB)	全温串音变化量 (dB)
1	-26	0.5
2	-25	0.8
3	-23	0.3
4	-24	0.6
5	-26	1.0

[0063] 对比例

[0064] 本例与实施例1-3具有相同的结构,区别仅在于:

[0065] 环形包层为纯掺氟石英玻璃,掺杂量为0~2.7%摩尔含量的氟,粘度 $\lg\eta$ (1900℃)为5.92~6.03,纤制作的光纤环,骨架直径80mm,以15g张力绕制300m光纤,测试光纤环性能为:

	常温串音 (dB)	全温串音变化量 (dB)
实施例 1 的对比例	-18	3
实施例 2 的对比例	-24	6
实施例 3 的对比例	-21	4

[0067] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

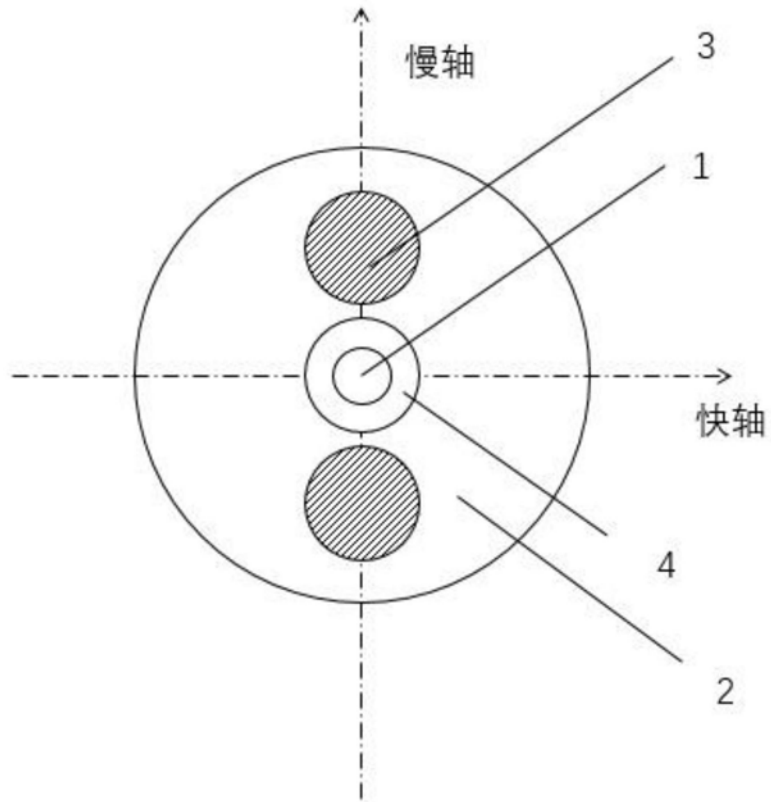


图1

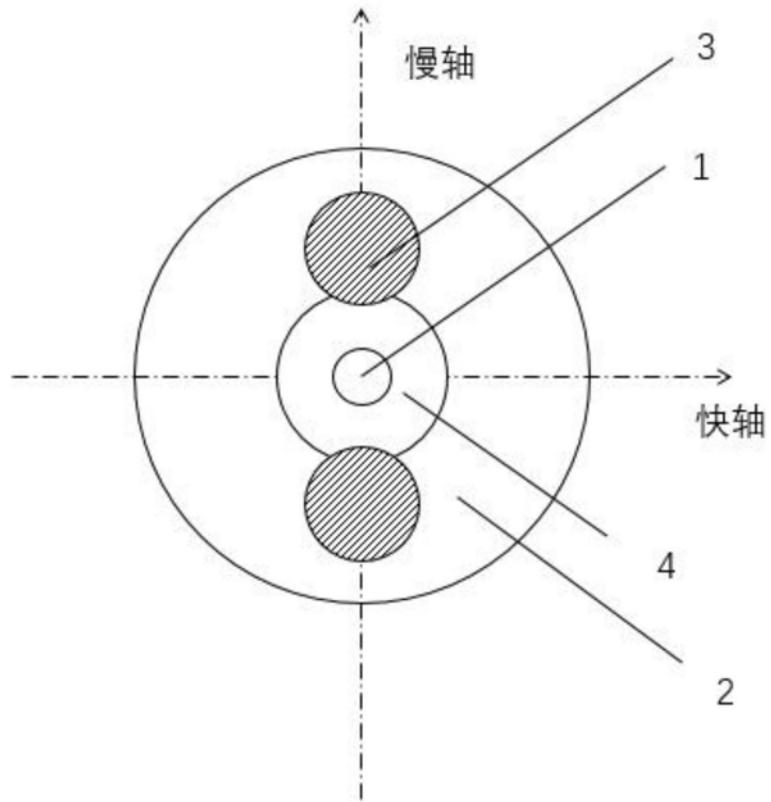


图2