



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109574491 B

(45)授权公告日 2020.07.07

(21)申请号 201910101344.4

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2019.01.31

C03B 37/025(2006.01)

C03B 37/012(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109574491 A

审查员 钱帅

(43)申请公布日 2019.04.05

(73)专利权人 烽火通信科技股份有限公司

地址 430000 湖北省武汉市东湖高新技术
开发区高新四路6号

专利权人 深圳中广核工程设计有限公司

(72)发明人 张一弛 喻煌 骆城 祝威

陈黎明 刘骋 陈卫华 张龙强

孙伟 麻金娜 苏玉军

(74)专利代理机构 武汉智权专利代理事务所

(特殊普通合伙) 42225

代理人 张凯

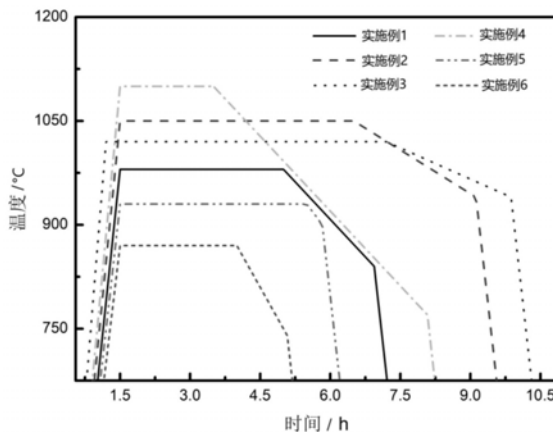
权利要求书1页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

一种耐辐射光纤的制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种耐辐射光纤的制备方法，涉及光纤制造领域，该方法包括如下步骤：对光纤预制棒依次进行退火、载氢以及预辐照预处理；对经预处理后的光纤预制棒进行拉丝，制得耐辐射单模光纤或耐辐射多模光纤。本发明方法可以从整体消除石英玻璃内部的材料缺陷、抑制光纤预制棒内部应力分布不均匀的情况、降低所拉制光纤的衰减；同时可以有效降低光纤的辐照敏感程度，有助于实现耐辐射光纤的快速制备；还可以整体提高拉制光纤的耐辐射水平，有利于实现耐辐射光纤的大规模制造。此外，本发明方法对光纤预制棒的种类不作限制，适用范围广。



1. 一种耐辐射光纤的制备方法,其包括如下步骤:

对光纤预制棒依次进行退火、载氢以及预辐照预处理;

对经预处理后的光纤预制棒进行拉丝,制得耐辐射单模光纤或耐辐射多模光纤;

所述退火的方法包括:将光纤预制棒升温至设定温度 T_1 并保持一段时间 t_1 ,随后按照固定退火速率 K_1 降温,到达目标温度 T_2 后自然冷却,制得经退火后的光纤预制棒;

所述设定温度 T_1 为 850°C - 1100°C ,保持时间 t_1 为 1h - 6h ,所述退火速率 K_1 为 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ - $2.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$,所述目标温度 T_2 为 720°C - 980°C 。

2. 根据权利要求1所述的耐辐射光纤的制备方法,其特征在于,所述设定温度 T_1 为 870°C - 1050°C ,保持时间 t_1 为 2h - 6h ,所述退火速率 K_1 为 $0.7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ - $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$,所述目标温度 T_2 为 740°C - 940°C 。

3. 根据权利要求1所述的耐辐射光纤的制备方法,其特征在于,所述载氢的方法包括:将经退火后的光纤预制棒置于氢气气氛中进行载氢处理,制得经载氢后的光纤预制棒。

4. 根据权利要求3所述的耐辐射光纤的制备方法,其特征在于,所述氢气的压力为 0.5MPa - 2.0MPa ,所述氢气的浓度大于 $99\text{v}\%$;所述载氢处理的时间为 1h - 24h 。

5. 根据权利要求3所述的耐辐射光纤的制备方法,其特征在于,所述氢气的压力为 0.8 - 1.5MPa ,所述氢气的浓度大于 $99\text{v}\%$,所述载氢处理的时间为 4h - 12h 。

6. 根据权利要求1所述的耐辐射光纤的制备方法,其特征在于,所述预辐照的方法包括:采用 γ 射线源对经载氢后的光纤预制棒进行预辐照处理,制得经预辐照后的光纤预制棒。

7. 根据权利要求6所述的耐辐射光纤的制备方法,其特征在于,所述预辐照处理在辐射剂量率为 $10\text{Gy}/\text{h}$ - $200\text{Gy}/\text{h}$ 和辐射总剂量为 0.4kGy - 2.0kGy 的条件下进行。

8. 根据权利要求1所述的耐辐射光纤的制备方法,其特征在于,

在辐射总剂量为 10Gy 的环境下,所述单模光纤在 1300nm 和 1550nm 波段的衰减均不超过 $0.5\text{dB}/\text{km}$;所述多模光纤在 1300nm 波段的衰减不超过 $0.6\text{dB}/\text{km}$;

在辐射总剂量为 10kGy 的环境下,所述单模光纤在 1300nm 和 1550nm 波段的衰减均不超过 $4.0\text{dB}/100\text{m}$;所述多模光纤在 1300nm 波段的衰减不超过 $6.0\text{dB}/100\text{m}$ 。

一种耐辐射光纤的制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于光纤制造领域,具体涉及一种耐辐射光纤的制备方法。

背景技术

[0002] 随着现代通信技术的不断发展,特殊环境条件下使用的通信设备需求更高的数据传输量和传输速度。在航空航天、核电工程、医疗设备等领域,由于放射源/高能粒子射线的存在或使用,对通信媒介(尤其是光纤光缆本身)提出了严苛的要求。在辐照条件中,主要威胁通信设备和通信光纤的辐照射线是 γ 射线。处于辐照环境的光纤,其主体石英材料受 γ 射线作用而产生游离电子和空穴,并被带相反电荷的缺陷中心捕获而形成“色心”,在多个波段上产生额外的光吸收峰。辐射导致的吸收峰引起光纤内光信号衰减增大,位于通信波段附近的吸收峰对光纤衰减的影响尤其明显。

[0003] 光纤制造过程包含上千摄氏度的温场快速切换,会引入大量的材料缺陷。这些缺陷是辐射射线诱发产生“色心”的主要来源,如何控制光纤中的材料缺陷是提高光纤耐辐射性能的关键。专利CN2016102090177和专利CN2013105526038描述了一种通过在光纤石英材料中掺杂氟元素的方法提高光纤耐辐射特性,氟元素本身在石英玻璃网络结构中起到“开环”的作用,能够减少Si-O五元环和四元环的数量,转变为二元环或三元环结构,结合光纤中不掺杂Ge元素这一特点,可以减少材料缺陷数量,抑制辐照“色心”的形成。但该技术方法需要用到高浓度氟掺杂技术,而氟元素在石英基质中较低的溶解度以及Si-O-F系列产物的不稳定性导致该方法工艺相对复杂,可能需要改进型化学气相沉积(modified chemical vapor deposition MCVD)或等离子体气相沉积(plasma-assisted chemical vapor deposition PCVD)技术配合先进的氟元素掺杂控制技术来实现。同样由于上述氟元素的特性,该法在制备数值孔径较高的光纤时受到严重限制。专利CN2013102184359描述了一种利用热处理和预辐照技术提高光纤耐辐射性能的方法。热处理技术,在玻璃假象温度(fictive temperature)附近温区进行长时间保温,利用热效应消除石英基质中的材料缺陷,达到减少“色心”形成的目的。预辐照技术利用 γ 射线与光纤中不稳定的格点作用,虽然会小幅提高光纤的固有损耗,但同样可以达到消除材料缺陷的目的。该法主要适用于长度不长的光纤,而较长的光纤由于在除去涂覆层(聚丙烯酸基涂覆层在高于130°C的温度下变形失效)后难以保证光纤强度,故无法使用该方法,在拉丝过程中引入这一方法则需要很长的热退火时间(>0.5h),不符合光纤工业生产的实际设备条件(常规拉丝速度在50m/min~2000m/min)。

[0004] 鉴于现有的耐辐射光纤的制备需要使用复杂的沉积工艺并制备“纯石英芯区+掺氟石英包层”的结构,制备周期长,工艺复杂;同时,现有的耐辐射光纤的制备工艺主要涉及对光纤的处理,难以保证光纤强度且不符合光纤工业生产的实际设备条件。因此,目前存在的问题是急需研究开发一种新型耐辐射光纤的制备方法。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的缺陷,本发明的目的在于提供一种耐辐射光纤的制备方法。本发明方法通过对光纤预制棒依次进行退火、载氢以及预辐照预处理,使制得的光纤具有良好的耐辐射性能,有效解决了现有的耐辐射光纤只能通过气相沉积工艺和深掺氟工艺才能制造的难题。同时本发明方法不涉及复杂的预制棒制造设备,预制棒的种类不受限制,适用范围广。

[0006] 为达到以上目的,本发明提供了一种耐辐射光纤的制备方法,其包括如下步骤:

[0007] 对光纤预制棒依次进行退火、载氢以及预辐照预处理;

[0008] 对经预处理后的光纤预制棒进行拉丝,制得耐辐射单模光纤或耐辐射多模光纤。

[0009] 在上述技术方案的基础上,所述退火的方法包括:将光纤预制棒升温至设定温度 T_1 并保持一段时间 t_1 ,随后按照固定退火速率 K_1 降温,到达目标温度 T_2 后自然冷却,制得经退火后的光纤预制棒。

[0010] 在上述技术方案的基础上,所述设定温度 T_1 为 850°C – 1100°C ,保持时间 t_1 为1h–6h,所述退火速率 K_1 为 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ – $2.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$,所述目标温度 T_2 为 720°C – 980°C 。

[0011] 在上述技术方案的基础上,所述设定温度 T_1 为 870°C – 1050°C ,保持时间 t_1 为2h–6h,所述退火速率 K_1 为 $0.7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ – $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$,所述目标温度 T_2 为 740°C – 940°C 。

[0012] 在上述技术方案的基础上,所述载氢的方法包括:将经退火后的光纤预制棒置于氢气气氛中进行载氢处理,制得经载氢后的光纤预制棒。

[0013] 在上述技术方案的基础上,所述氢气的压力为 0.5MPa – 2.0MPa ,所述氢气的浓度大于99v%;所述载氢处理的时间为1h–24h。

[0014] 在上述技术方案的基础上,所述氢气的压力为 0.8 – 1.5MPa ,所述氢气的浓度大于99v%,所述载氢处理的时间为4h–12h。

[0015] 在上述技术方案的基础上,所述预辐照的方法包括:采用 γ 射线源对经载氢后的光纤预制棒进行预辐照处理,制得经预辐照后的光纤预制棒。

[0016] 在上述技术方案的基础上,所述预辐照处理在辐射剂量率为 $10\text{Gy}/\text{h}$ – $200\text{Gy}/\text{h}$ 和辐射总剂量为 0.4kGy – 2.0kGy 的条件下进行。

[0017] 在上述技术方案的基础上,在辐射总剂量为 10Gy 的环境下,所述单模光纤在 1300nm 和 1550nm 波段的衰减均不超过 $0.5\text{dB}/\text{km}$;所述多模光纤在 1300nm 波段的衰减不超过 $0.6\text{dB}/\text{km}$;在辐射总剂量为 10kGy 的环境下,所述单模光纤在 1300nm 和 1550nm 波段的衰减均不超过 $4.0\text{dB}/100\text{m}$;所述多模光纤在 1300nm 波段的衰减不超过 $6.0\text{dB}/100\text{m}$ 。

[0018] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0019] (1) 本发明提供的对光纤预制棒依次进行退火、载氢以及预辐照预处理再对其进行拉丝的耐辐射光纤的制备方法有利于从整体消除石英玻璃内部的材料缺陷、抑制光纤预制棒内部应力分布不均匀的情况、降低所拉制光纤的衰减,同时可以有效降低光纤的辐照敏感程度,有助于实现耐辐射光纤的快速制备。此外,本发明提供的耐辐射光纤的制备方法可以整体提高拉制光纤的耐辐射水平,有利于实现耐辐射光纤的大规模制造。

[0020] (2) 本发明提供的耐辐射光纤的制备方法中不涉及复杂的预制棒制造设备,待处理的预制棒的种类不受限制,可以为单模光纤预制棒、多模光纤预制棒或其他特种光纤预制棒。因此,本发明提供的耐辐射光纤的制备方法的适用范围广,预制棒来源可以涵盖

PCVD、MCVD和OVD等多种制造技术。

附图说明

[0021] 图1为本发明实施例中退火方法的流程示意图。

[0022] 图2为本发明实施例制备的耐辐射光纤在10Gy辐射剂量下光纤在1300nm波段的衰减(dB/km)水平。

[0023] 图3为本发明实施例制备的耐辐射光纤在10kGy辐射剂量下光纤在1300nm波段的衰减(dB/100m)水平。

具体实施方式

[0024] 为使本发明更加容易理解,以下结合附图及具体实施例来详细说明本发明。应当理解,这些实施例仅起说明性作用,并不用于限定本发明。

[0025] 为方便理解本发明,首先将本发明涉及的专业术语定义如下:

[0026] 术语“单模光纤”是指光纤纤芯内只传输一种模式光信号的光纤。

[0027] 术语“多模光纤”是指光纤纤芯内同时传输多种模式光信号的光纤。

[0028] 本发明涉及的单模光纤为国际电信联盟电信标准分局(ITU-T)定义的G.652光纤(非色散位移单模光纤)、G.654光纤(截止波长位移单模光纤)、G.655光纤(非零色散位移单模光纤)和G.657光纤(弯曲不敏感单模光纤)。

[0029] 本发明涉及的多模光纤为国际电工委员会(IEC)定义的A1a,A1b多模光纤,分别记作50/125多模光纤(纤芯直径为50 μm 、包层直径为125 μm 的多模光纤)和62.5/125多模光纤(纤芯直径为62.5 μm 、包层直径为125 μm 的多模光纤)。

[0030] 如前所述,现有的耐辐射光纤的制备需要使用复杂的沉积工艺并制备“纯石英芯区+掺氟石英包层”的结构,制备周期长,工艺复杂;同时,现有的耐辐射光纤的制备工艺主要涉及对光纤的处理,难以保证光纤强度且不符合光纤工业生产的实际设备条件。本发明的发明人在耐辐射光纤的制备领域经过大量的试验研究发现,采用对光纤预制棒依次进行退火、载氢以及预辐照预处理,然后再对其进行拉丝的方法可以有效提高所制备光纤的耐辐射性能,且该制备方法不受光纤预制棒种类的限制,可以简单、快速、大规模制造耐辐射光纤。

[0031] 因此,本发明实施例提供了一种耐辐射光纤的制备方法,其包括如下步骤:

[0032] S1,对光纤预制棒进行退火,制得经退火后的光纤预制棒;

[0033] S2,对经退火后的光纤预制棒进行载氢,制得经载氢后的光纤预制棒;

[0034] S3,对载氢后的光纤预制棒进行预辐照,制得经预辐照后的光纤预制棒;

[0035] S4,对经预辐照后的光纤预制棒进行拉丝,制得耐辐射单模光纤或耐辐射多模光纤。

[0036] 本发明方法所采用的待处理的光纤预制棒为商用光纤预制棒,其主要成分为光纤级高纯SiO₂玻璃。容易理解,为了满足波导结构和光纤性能的需求,本发明所采用的光纤预制棒的芯区及包层材料还可以包括一定浓度的掺杂元素,如Ge、F、P、B或Al等。

[0037] 本发明方法所采用的光纤预制棒的直径为15mm-150mm,长度为100mm-3000mm。该商用光纤预制棒的制作工艺可以为MCVD、PCVD、OVD或VAD。该商用光纤预制棒既可以为单模

光纤预制棒,也可以为多模光纤预制棒。

[0038] 本发明步骤S1中的退火方法包括:将光纤预制棒升温至设定温度 T_1 并保持一段时间 t_1 ,随后按照固定退火速率 K_1 降温,到达目标温度 T_2 后自然冷却,制得经退火后的光纤预制棒。

[0039] 优选地,所述设定温度 T_1 为 850°C – 1100°C ,保持时间 t_1 为1h–6h,所述退火速率 K_1 为 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ – $2.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$,所述目标温度 T_2 为 720°C – 980°C 。

[0040] 进一步优选地,所述设定温度 T_1 为 870°C – 1050°C ,保持时间 t_1 为2h–6h,所述退火速率 K_1 为 $0.7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ – $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$,所述目标温度 T_2 为 740°C – 940°C 。

[0041] 本发明的退火方法可以调整石英玻璃的假想温度,改变微观结构弛豫,从而消除石英的内应力。

[0042] 本发明的发明人研究发现,退火处理的条件会影响最终制得的光纤的耐辐射性能。退火的三个步骤(升温/保温)——退火——冷却中,退火不同于保温,其是按照一个较慢的速率降温。控温精度较差(如降温速率为 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$)的退火设备会影响光纤预制棒的退火效果,最终影响制得的光纤的耐辐射性能。

[0043] 本发明步骤S2中的载氢方法包括:将经退火后的光纤预制棒置于氢气气氛中进行载氢处理,制得经载氢后的光纤预制棒。

[0044] 优选地,所述氢气的压力为 0.5MPa – 2.0MPa ,所述氢气的浓度大于99v%;所述载氢处理的时间为1h–24h。

[0045] 进一步优选地,所述氢气的压力为 0.8 – 1.5MPa ,所述氢气的浓度大于99v%,所述载氢处理的时间为4h–12h。

[0046] 本发明的载氢方法可以使得氢分子以Si–OH形式进入石英玻璃结构中,虽然Si–OH本身会增加光纤在1383nm窗口的吸收,但少量的H进入 SiO_2 网络结构中可以大量消除非桥氧空位等材料缺陷,增强光纤的耐辐射水平。

[0047] 本发明步骤S3中的预辐照方法包括:采用 γ 射线源对经载氢后的光纤预制棒进行预辐照处理,制得经预辐照后的光纤预制棒。

[0048] 优选地,所述预辐照处理在辐射剂量率为 $10\text{Gy}/\text{h}$ – $200\text{Gy}/\text{h}$ 和辐射总剂量为 0.4kGy – 2.0kGy 的条件下进行。

[0049] 进一步优选地,所述预辐照处理在辐射剂量率为 $10\text{Gy}/\text{h}$ – $100\text{Gy}/\text{h}$ 和辐射总剂量为 0.5kGy – 1.5kGy 的条件下进行。

[0050] 本发明的发明人研究发现,一般情况下,较高辐射剂量率会在预制棒石英基质中引起不可逆材料缺陷的产生,即使辐射源撤去这些缺陷导致的吸收也无法恢复。而耐辐射光纤使用的环境多数属于长期服役的条件(0.5a – 60a),在制作耐辐射光纤时需要在光纤初始衰减方面进行严格控制,因此预制棒不宜接收过高剂量率的辐射。另一方面,预制棒的辐射总剂量和预制棒体积成正相关的关系,预制棒越大,辐射总剂量越大。因此,本发明的预辐照方法在控制光纤预制棒的辐射总剂量的情况下还需要严格控制光纤预制棒的辐射剂量率。

[0051] 本发明步骤S4中可以采用现有技术中的常规方法将经预辐照后的光纤预制棒拉制成耐辐射单模光纤或耐辐射多模光纤。

[0052] 本发明制得的耐辐射光纤具有如下特性:在辐射总剂量为 10Gy 的环境下,所述单

模光纤在1300nm和1550nm波段的衰减均不超过0.5dB/km;所述多模光纤在1300nm波段的衰减不超过0.6dB/km;在辐射总剂量为10kGy的环境下,所述单模光纤在1300nm和1550nm波段的衰减均不超过4.0dB/100m;所述多模光纤在1300nm波段的衰减不超过6.0dB/100m。

[0053] 下面结合具体的实施例和附图对本发明做出进一步详细的说明。

[0054] 实施例

[0055] 实施例1

[0056] 选取清洁完整的长度为1050mm、直径为80mm的商用单模光纤预制棒,将其置于箱式电阻炉中。首先将该光纤预制棒升温至设定温度 $T_1=980^{\circ}\text{C}$,保温 $t_1=3.5\text{h}$ 后,以 $K_1=1.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的退火速率降温至目标温度 $T_2=840^{\circ}\text{C}$,随后中止供热随炉自然冷却。将冷却后的光纤预制棒置于氢气压力罐中,其氢气压力大小为1.0MPa,氢气浓度大于99v%,载氢时长为12h。载氢结束后将光纤预制棒置于室温和空气环境下的辐照设施中进行 γ 射线预辐照。光纤预制棒的辐射剂量率为50Gy/h,辐射总剂量为1.70kGy。完成以上光纤预制棒的预处理之后,按照常规工艺拉丝,最终将该单模光纤预制棒拉制成G.652单模光纤。具体工艺和光纤指标参见表1。

[0057] 实施例2

[0058] 选取清洁完整的长度为700mm、直径为72mm的商用单模光纤预制棒,将其置于箱式电阻炉中。首先将该光纤预制棒升温至设定温度 $T_1=1050^{\circ}\text{C}$,保温 $t_1=5\text{h}$ 后,以 $K_1=0.7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的退火速率降温至目标温度 $T_2=940^{\circ}\text{C}$,随后中止供热随炉自然冷却。将冷却后的光纤预制棒置于氢气压力罐中,其氢气压力大小为1.5MPa,氢气浓度大于99v%,载氢时长为8h。载氢结束后将光纤预制棒置于室温和空气环境下的辐照设施中进行 γ 射线预辐照。光纤预制棒的辐射剂量率为85Gy/h,辐射总剂量为1.25kGy。完成以上光纤预制棒的预处理之后,按照常规工艺拉丝,最终将该单模光纤预制棒拉制成G.654单模光纤。具体工艺和光纤指标参见表1。

[0059] 实施例3

[0060] 选取清洁完整的长度为600mm、直径为65mm的商用单模光纤预制棒,将其置于箱式电阻炉中。首先将该光纤预制棒升温至设定温度 $T_1=1020^{\circ}\text{C}$,保温 $t_1=6\text{h}$ 后,以 $K_1=0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的退火速率降温至目标温度 $T_2=940^{\circ}\text{C}$,随后中止供热随炉自然冷却。将冷却后的光纤预制棒置于氢气压力罐中,其氢气压力大小为0.8MPa,氢气浓度大于99v%,载氢时长为6h。载氢结束后将光纤预制棒置于室温和空气环境下的辐照设施中进行 γ 射线预辐照。光纤预制棒的辐射剂量率为70Gy/h,辐射总剂量为1.05kGy。完成以上光纤预制棒的预处理之后,按照常规工艺拉丝,最终将该单模光纤预制棒拉制成G.655单模光纤。具体工艺和光纤指标参见表1。

[0061] 实施例4

[0062] 选取清洁完整的长度为1300mm、直径为60mm的商用单模光纤预制棒,将其置于箱式电阻炉中。首先将该光纤预制棒升温至设定温度 $T_1=1100^{\circ}\text{C}$,保温 $t_1=2\text{h}$ 后,以 $K_1=1.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的退火速率降温至目标温度 $T_2=770^{\circ}\text{C}$,随后中止供热随炉自然冷却。将冷却后的光纤预制棒置于氢气压力罐中,其氢气压力大小为1.0MPa,氢气浓度大于99v%,载氢时长为12h。载氢结束后将光纤预制棒置于室温和空气环境下的辐照设施中进行 γ 射线预辐照。光纤预制棒的辐射剂量率为50Gy/h,辐射总剂量为1.35kGy。完成以上光纤预制棒的预处理之

后,按照常规工艺拉丝,最终将该单模光纤预制棒拉制成G.657单模光纤。具体工艺和光纤指标参见表1。

[0063] 实施例5

[0064] 选取清洁完整的长度为780mm、直径为34.5mm的商用50/125多模光纤预制棒,将其置于箱式电阻炉中。首先将该光纤预制棒升温至设定温度 $T_1=930^{\circ}\text{C}$,保温 $t_1=4\text{h}$ 后,以 $K_1=1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的退火速率降温至目标温度 $T_2=900^{\circ}\text{C}$,随后中止供热随炉自然冷却。将冷却后的光纤预制棒置于氢气压力罐中,其氢气压力大小为0.66MPa,氢气浓度大于99v%,载氢时长为6h。载氢结束后将光纤预制棒置于室温和空气环境下的辐照设施中进行 γ 射线预辐照。光纤预制棒的辐射剂量率为33Gy/h,辐射总剂量为0.62kGy。完成以上光纤预制棒的预处理之后,按照常规工艺拉丝,最终将该多模光纤预制棒拉制成50/125的多模光纤。具体工艺和光纤指标参见表1。

[0065] 实施例6

[0066] 选取清洁完整的长度为620mm、直径为32mm的商用62.5/125多模光纤预制棒,将其置于箱式电阻炉中。首先将该光纤预制棒升温至设定温度 $T_1=870^{\circ}\text{C}$,保温 $t_1=2.5\text{h}$ 后,以 $K_1=2.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的退火速率降温至目标温度 $T_2=740^{\circ}\text{C}$,随后中止供热随炉自然冷却。将冷却后的光纤预制棒置于氢气压力罐中,其氢气压力大小为0.78MPa,氢气浓度大于99v%,载氢时长为4h。载氢结束后将光纤预制棒置于室温和空气环境下的辐照设施中进行 γ 射线预辐照。光纤预制棒的辐射剂量率为14Gy/h,辐射总剂量为0.47kGy。完成以上光纤预制棒的预处理之后,按照常规工艺拉丝,最终将该多模光纤预制棒拉制成62.5/125的多模光纤。具体工艺和光纤指标参见表1。为了便于比较,在下表2中给出了现有的耐辐射单模光纤(购自日本藤仓公司)和耐辐射多模光纤(购自Draka公司)分别在10Gy和10kGy剂量辐射后的光纤衰减结果。

[0067] 表1实施例1-6的具体工艺和光纤指标

实施例编号	1	2	3	4	5	6
[0068] 耐辐射光纤类型	单模光纤	单模光纤	单模光纤	单模光纤	多模光纤 50/125	多模光纤 62.5/125

[0069]	设定温度 T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	980	1050	1020	1100	930	870
	保温时间 t_1 (h)	3.5	5	6	2	4	2.5
	退火速率 K_1 ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)	1.2	0.7	0.5	1.2	1.5	2.0
	目标温度 T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	840	940	940	770	900	740
	载氢压力 (MPa)	1.0	1.5	0.8	1.0	0.66	0.78
	载氢时长 (h)	12	8	6	12	6	4
	预辐照辐射 剂量率 (Gy/h)	50	85	70	50	33	14
	预辐照辐射 总剂量 (kGy)	1.70	1.25	1.05	1.35	0.62	0.47
	10Gy 剂量辐 射后光纤衰 减 (dB/km)	0.32/0.27 (1300nm/ 1550nm)	0.34/0.31 (1300nm/ 1550nm)	0.42/0.39 (1300nm/ 1550nm)	0.48/0.43 (1300nm/ 1550nm)	0.52 (1300nm)	0.56 (1300nm)
	10kGy 剂量 辐射后光纤 衰减 (dB/100m)	2.72/2.57 (1300nm/ 1550nm)	2.85/2.69 (1300nm/ 1550nm)	3.07/2.88 (1300nm/ 1550nm)	3.31/2.94 (1300nm/ 1550nm)	5.25 (1300nm)	5.68 (1300nm)

[0070] 表2现有的耐辐射单模光纤和多模光纤的光纤指标

[0071]	耐辐射光纤类型	单模光纤	多模光纤 50/125	多模光纤 62.5/125
	10Gy 剂量辐射后光	0.75/0.66	0.68	0.76

[0072]	纤衰减 (dB/km)	(1300nm/1550nm)	(1300nm)	(1300nm)
	10kGy 剂量辐射后 光纤衰减 (dB/100m)	4.76/3.88 (1300nm/1550nm)	7.7 (1300nm)	8.3 (1300nm)

[0073] 通过对比表1和表2数据可以看出,本发明提供的耐辐射光纤在10Gy剂量辐射和10kGy剂量辐射后的光纤衰减均较现有的耐辐射光纤小,因此,本发明提供的耐辐射光纤具有良好的耐辐射性能。

[0074] 本发明不局限于上述实施方式,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为在本发明的保护范围之内。本说明书中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。

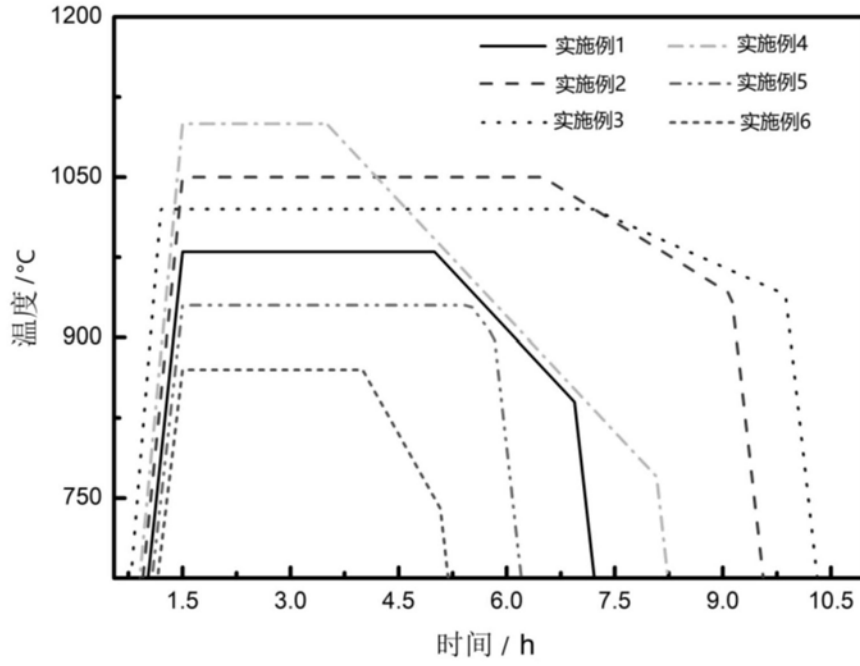


图1

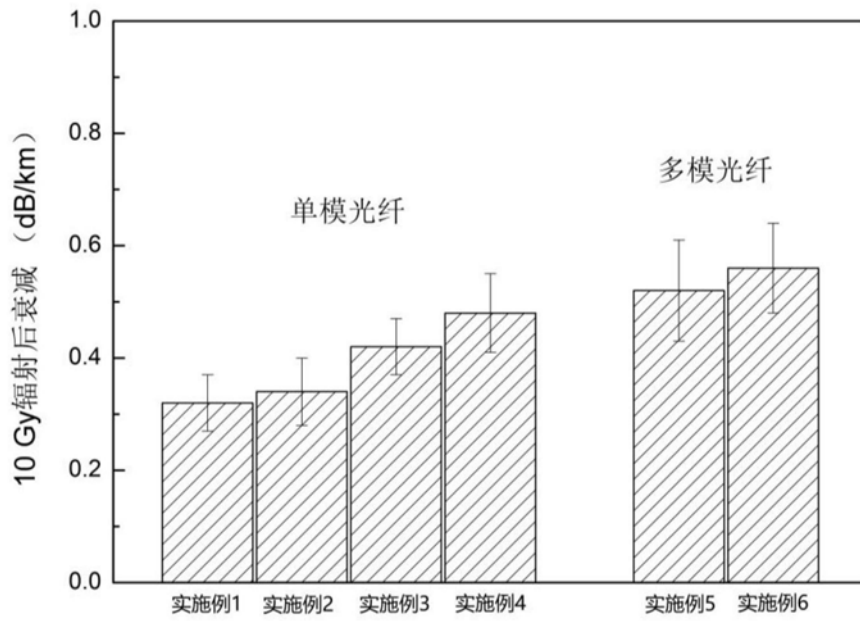


图2

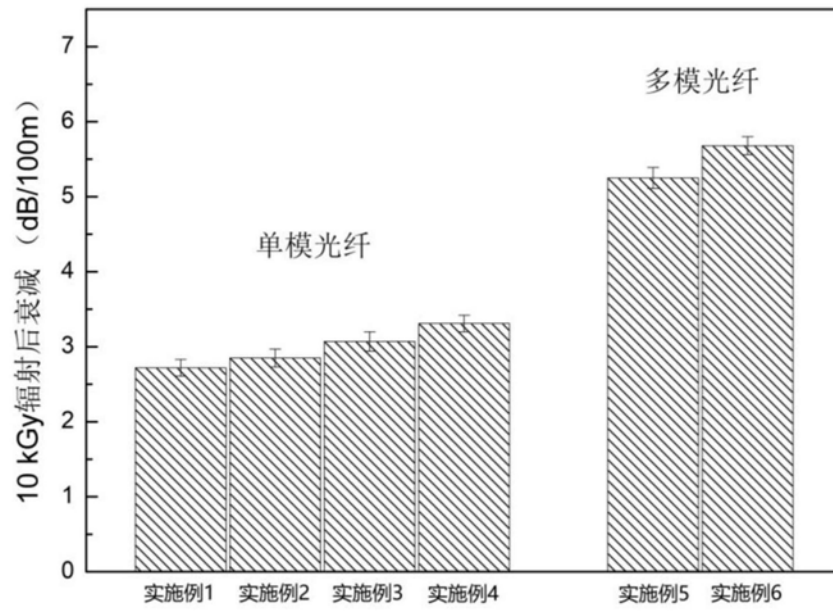


图3