



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112171459 A

(43) 申请公布日 2021.01.05

(21) 申请号 202010917748.3

(22) 申请日 2020.09.03

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72) 发明人 王健 秦越

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 李智

(51) Int. Cl.

B24B 19/22 (2006.01)

B24B 49/02 (2006.01)

B24B 49/12 (2006.01)

B24B 41/00 (2006.01)

G02B 6/245 (2006.01)

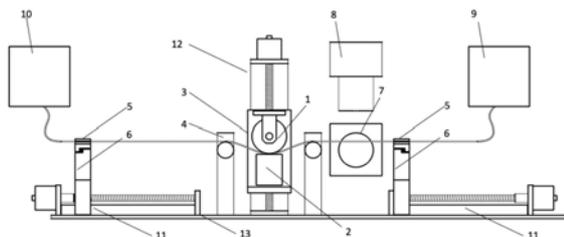
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置与方法

(57) 摘要

本发明公开了一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置与方法,可以实现对光纤侧抛区域和侧抛长度的控制及对抛磨深度、抛磨长度、抛磨表面质量和损耗的监控,属于光纤器件微加工领域。通过旋转光纤控制绕轴方向的光纤侧抛区域;通过控制光纤与光纤抛磨轮的贴合程度调节侧抛长度;通过与光纤密贴合的位移测量模块实时监控光纤抛磨深度;通过对光纤进行特定轴向运动,对侧抛光纤的抛磨深度、抛磨长度、抛磨表面质量等参数进行直观监控;通过激光器和光功率计组合监控光纤损耗;从而全方位改善了传统光纤抛磨仪器中对光纤抛磨参数监控不全面特别是抛磨深度参数难以实时监控等问题。本发明在光纤微加工领域有着广泛应用前景,填补了相关技术领域的空白。



1. 一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置,其特征在于,包括:光纤抛磨轮(1)、位移测量模块(2)、垂直固定基板(3)、定滑轮(4)、在光纤抛磨轮(1)两侧对称放置的两个光纤夹持器(5)、两个轴向弹力连接座(6)和两个水平位移平台(11),以及侧面显微相机(7)、垂直显微相机(8)、光源(9)、光功率计(10)和垂直位移平台(12);

其中,光纤抛磨轮(1)与位移测量模块(2)的主体部分均固定在垂直固定基板(3)上,二者始终保持相对静止,光纤位于二者之间,并弯曲贴合在光纤抛磨轮(1)上,光纤背侧始终与位移测量模块(2)的测量端通过微弹力保持贴合,位移测量模块(2)用于在不影响光纤抛磨质量的情况下实时测量光纤侧抛深度;垂直固定基板(3)固定在垂直位移平台(12)上,用于调控光纤贴合在光纤抛磨轮(1)上的长度从而调节侧抛长度;光纤经过定滑轮(4)从弯曲转成水平状态,两端通过光纤夹持器(5)进行固定,光纤夹持器(5)具有绕轴360度旋转的功能,用于控制绕轴方向的侧抛区域;两端的光纤夹持器(5)通过轴向弹力连接座(6)固定在水平位移平台(11)上,轴向弹力连接座(6)用于提供向两侧的可调节的张力,保持光纤在抛磨与移动过程中的张紧状态;侧面显微相机(7)和垂直显微相机(8)放置于一侧的定滑轮(4)与光纤夹持器(5)之间,用于检测侧抛光纤的抛磨深度、抛磨长度及表面质量;光纤两端分别连接光源(9)与光功率计(10),用于测量侧抛光纤的损耗。

2. 根据权利要求1所述的一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置,其特征在于,位移测量模块(2)具有亚微米级的测量精度,包括模块主体与测量端两部分,其中,模块主体与垂直固定基板(3)固定并与光纤抛磨滚轮(1)保持相对静止,测量端与光纤背侧通过微弹力效应应保持始终贴合,微弹力贴合不影响光纤抛磨质量,同时可以实时获取光纤侧抛过程中的抛磨深度信息。

3. 根据权利要求2所述的一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置,其特征在于,所述位移测量模块(2)为位移干涉测量仪或者千分尺。

4. 根据权利要求1所述的一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置,其特征在于,轴向弹力连接座(6)、光纤夹持器(5)、水平位移平台(11)处于同一固定平面上;在水平移动中,两个水平位移平台(11)保持同步移动,在光纤抛磨过程中,两个水平位移平台(11)用于平移光纤侧抛区域至显微相机位置处进行抛磨性能的监控,同时监控后复位至光纤抛磨轮位置继续抛磨。

5. 据权利要求1所述的一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置,其特征在于,光纤位于光纤抛磨轮(1)与位移测量模块(2)之间,并弯曲贴合在光纤抛磨轮(1)下。

6. 根据权利要求1所述的一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置,其特征在于,所述光纤抛磨轮(1)为表面磨砂的金属材料的一体化抛磨轮或者滚轮与研磨纸组合成的组合式抛磨轮。

7. 根据权利要求1所述的一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置,其特征在于,所述侧抛光纤为单模光纤、少模光纤、多模光纤或者特种光纤等。

8. 基于权利要求1至7任一项所述的一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置的光纤侧抛方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:在抛磨开始前,首先进行光纤抛磨轮(1)高度的预调节,以此来调节光纤与光纤抛磨轮(1)的接触长度,从而调节光纤的抛磨长度;其次,光纤通过光纤夹持器(5)进行绕轴的旋转,并固定在轴向弹力连接座(6)上,以获得使光纤张紧但不断裂的张力;

步骤2:在抛磨过程中,光纤抛磨轮(1)的轮轴与位移测量模块(2)的主体部分始终保持相对不动,位移测量模块(2)的测量端通过微弹力与光纤抛磨区域背侧始终保持贴合,进而实时监测光纤抛磨深度;同时,通过光源与光功率计,以实时监测侧抛光纤的损耗;之后,通过水平位移平台(11)将光纤抛磨区域平滑移动至侧面显微相机(7)与垂直显微相机(8)所在的观测区域,此时光纤处于水平张紧状态,完成光纤抛磨深度、抛磨长度、抛磨表面质量的可视化直观测量,直至抛磨深度、抛磨长度符合预设标准;

步骤3:先将光纤抛磨轮(1)替换为粗糙程度更低的抛光型抛磨轮,再通过水平位移平台(11)将光纤抛磨区域平滑移回抛磨区域,反复抛光研磨并多次观测光纤的表面质量,直至侧抛质量达到预设要求。

一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤技术领域,更具体地是涉及一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置与方法。

背景技术

[0002] 光纤侧抛技术的出现,使光纤中的消逝场得到了越来越广泛的应用,也在此基础上发展出了众多的光纤器件。在一方面,光纤侧抛技术被广泛应用到光纤传感器的制备当中。当光纤包层被移除,其内部光场的束缚减弱,消逝场开始与外界产生较强的相互作用,此时就会发生散射、吸收、反射等现象,通过适当的方法进行接收检测,即可得到需要测量的环境变量;或者也可以采用镀膜或掩埋的办法,使侧抛平面直接接触到金属或液体,激发表面等离子基元等微纳尺度光学现象,从而能更加灵敏检测到外界环境的变量。另一方面,侧面抛磨光纤还可以用来制备性能稳定的光纤耦合器,当两根光纤通过抛磨面紧紧贴合时,仅距离几个微米的纤芯通过消逝场可产生较好的耦合效果。除此之外,侧面抛磨光纤还可以用于制备激光器、光调制器等光学器件。

[0003] 在上世纪80年底,人们将光纤固定于石英块上,通过手动打磨的方式将光纤的包层连同石英块表面一同剥离的方法,成功制备了光模式偏振选择器(R.A.Bergh, H.C.Lefevre, H.J.Shaw, "Single-mode fiber-optic polarizer," Optics Letters, vol.5, no.11, pp.479-481, 1980)。该光纤侧抛工艺的操作简单,成本低廉,但是由于没有控制深度的方法,导致侧抛深度控制的不稳,并且需要大量的人工测量,制作周期长,效率低,并且光纤容易断裂,产率较低。

[0004] 在此之后,有人利用带有V型槽的硅片代替以往的石英块作为光纤的抛磨载体,在可解除的固化剂作用下固定或取出光纤(S.-M.Tseng, C.-L.Chen, "Side polished fibers," Applied Optics, vol.31, no.18, pp.3438-3447, 1992)。该方法可以有效控制研磨的深度,但是并没有解决因为人工操作而引起的断裂与耗时问题。并且,对于不同外径的光纤、不同需求的抛磨深度与长度,需要重新制作不同的V型槽硅圆片,无法做到对抛磨深度长度的自由调控,也带来了相对较高的成本。

[0005] 为了解决人工抛磨带来的不足,利用抛磨轮沿着光纤纵向进行打磨的技术得以运用并且取得了成功(M.H.Cordaro, D.L.Rode, T.S.Barry, R.R.Krchnavek, "Precision Fabrication of D-Shaped Single-Mode Optical Fibers by In Situ Monitoring," Journal of Lightwave Technology, vol.12, no.9, pp.1524-1531, 1994)。该方法实现了较为精密的抛磨深度控制。但是由于该方法的抛磨轮和光纤均是固定状态,而且光纤始终保持水平,所以该方法的抛磨面在纵切方向上与抛磨轮半径相同的圆形,抛磨深度与长度两个参数无法独立控制,无法做到可控的长距离抛磨。

[0006] 为了解决抛磨长度可控的问题,哈尔滨工程大学提出了使用光纤与抛磨轮紧密贴合的办法。该方法用施加外力的办法来保证光纤始终张紧,从而弯曲贴合在抛磨轮上,通过抛磨轮与光纤两端形成的三角形的高度,来调节光纤贴合在抛磨轮上的有效长度,从而来

调控光纤有效的抛磨长度。不过,这种方法面临着测量上的困难,因为光纤与研磨滚轮是一直接触的,所以只有将滚轮与光纤分离时候才能用显微镜进行抛磨深度的测量,无法进行实时的测量,并且光纤抛磨区域被研磨滚轮在投影方向遮盖,所以在不取出光纤的情况下无法进行光纤表面质量的观测。

[0007] 为了能够进行对光纤深度的实时测量,深圳大学提出了利用宽谱光源与频谱仪来实时监控光纤抛磨的深度的方法(J.Zhao,G.Yin,C.Liao,S.Liu,J.He,B.Sun,G.Wang,X.Xu,Y.Wang,“Rough side-polished fiber with surface scratches for sensing applications,”IEEE Photonics Journal,vol.7,no.3,pp.6801107,2015)。该工艺利用特征识别的方法,可以匹配出特定光纤在特定抛磨长度与深度下的透射谱信息,从而识别光纤是否达到了指定的抛磨深度。然而这样的操作不具有普遍性,因为谱特征需要针对光纤的结构、本征模式、材料、指定抛磨深度与指定抛磨长度进行测量,无法适用更为广泛种类的光纤与更加任意的抛磨参数设置,更无法得知光纤抛磨平面质量的信息。

[0008] 对光纤进行快速准确的侧边抛磨是光纤微加工领域非常重要的技术,然而,目前能够自由调控光纤侧抛参数的方法无法实现对光纤侧抛深度实时的监控,能够实时测量光纤侧抛深度的技术又十分受限于光纤的种类并且无法自由调控光纤侧抛参数,并且现存的技术中,又无法做到在不拆除设备或者不取出光纤的情况下进行光纤表面质量的观测。鉴于此,如何提供一种可以自由调控光纤侧抛参数,能够实时检测侧抛光纤深度信息,还能够全参数监控侧抛光纤的损耗、抛磨深度、抛磨长度、抛磨表面质量的装置与方法,正是本领域技术人员亟需解决的问题。

发明内容

[0009] 本发明提供了一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置与方法,解决了光纤抛磨深度实时测量的问题,提供了对侧抛光纤全参数进行监控的解决方案,实现了对光纤侧抛的抛磨深度、抛磨长度、抛磨表面质量以及光纤抛磨旋转方向的实时/直观监测与调控。

[0010] 本发明一方面提供了一种全参数监控的光纤侧抛工艺装置,包括:光纤抛磨轮、位移测量模块、垂直固定基板、定滑轮、在光纤抛磨轮两侧对称放置的两个光纤夹持器、两个轴向弹力连接座和两个水平位移平台、以及侧面显微相机、垂直显微相机、光源、光功率计和垂直位移平台。

[0011] 其中,光纤抛磨轮与位移测量模块的主体部分均固定在垂直固定基板上,二者始终保持相对静止。光纤从二者之间穿过,并部分弯曲贴合在光纤抛磨轮上,光纤背侧始终与密贴合的精密位移测量模块的测量端通过微弹力保持贴合,在不影响光纤抛磨质量的情况下实时测量光纤侧抛深度。垂直固定基板固定在垂直位移平台,用于调控光纤贴合在光纤抛磨轮上的长度从而调节侧抛长度。光纤经过定滑轮从弯曲转成水平状态,两端通过可旋转的光纤夹持器进行固定,具有绕轴360度旋转的功能,用于控制绕轴方向的侧抛区域。两端的光纤夹持器通过轴向弹力连接座固定在水平位移平台上,因为轴向弹力连接座可以提供向两侧的可调节的张力,保持了光纤在抛磨与移动过程中的张紧状态。在一侧的定滑轮与光纤夹持器之间,放有侧面显微相机和垂直显微相机,当平移光纤侧抛区域至显微相机位置时,用于可视化检测侧抛光纤的抛磨深度、抛磨长度及表面质量。光纤两端连接光源与光功率计,用于测量侧抛光纤的损耗。因此,该装置可以控制绕轴方向的侧抛区域和调节侧

抛长度,同时可以对光纤侧抛工艺进行全参数监控,包括:抛磨深度、抛磨长度、抛磨表面质量、损耗。

[0012] 优选地,位移测量模块具有亚微米级的测量精度,包括模块主体与测量端两部分,其中,模块主体与垂直固定基板固定并与抛磨滚轮保持相对静止,测量端与光纤背侧通过微弹力效应保持贴合,微弹力贴合不影响光纤抛磨质量,同时可以实时获取光纤侧抛过程中的抛磨深度信息。位移测量模块可以是精密位移干涉测量仪等光学传感装置或者千分尺等机械式精密位移测量仪。

[0013] 优选地,两侧的轴向弹力连接座、光纤夹持器、水平位移平台处于同一固定平面上。在水平移动中,左右两侧水平位移平台可保持同步移动,这样可以在光纤抛磨过程中平移光纤侧抛区域至显微相机位置处进行抛磨性能的监控,同时监控后可以复位至光纤抛磨轮位置继续抛磨。

[0014] 优选地,光纤抛磨轮与光纤的相对位置可以进行垂直方向上的 180° 的反转,从原有的光纤抛磨轮在上变成光纤在上,此时,相应的位移测量模块也调整至光纤上方,并与光纤侧抛区域背侧通过微弹力保持贴合,相应的垂直相位相机也处于光纤的下方。

[0015] 优选地,所述光纤抛磨轮的材质不唯一,可以是表面磨砂的金属或其他硬质材料的一体化抛磨轮,也可以是普通滚轮与研磨纸组合成的组合式抛磨轮。光纤抛磨轮具有多种表面粗糙程度可以选择,粗糙的表面用于调控研磨深度,精细的表面用于进行光纤侧抛表面抛光,即抛光型抛磨轮。并且,所述光纤抛磨轮的大小可以切换,或者可以装配多个不同大小的或者具有不同表面粗糙程度的光纤抛磨轮在垂直固定基板上便于灵活选择替换,通过控制光纤抛磨轮与光纤的贴合程度可以调节侧抛长度。

[0016] 优选地,所述侧抛光纤可以是单模光纤、少模光纤、多模光纤、特种光纤等各种光纤。

[0017] 本发明还提供了基于上述装置的一种全参数监控的侧抛工艺方法,包括以下步骤:

[0018] 步骤1,预调阶段。在抛磨开始前,首先,需进行光纤抛磨轮高度的预调节,以此来调节光纤与光纤抛磨轮的接触长度,从而调节光纤的抛磨长度。其次,光纤通过可旋转的光纤夹持器进行绕轴的旋转,并固定在轴向弹力连接座上,以获得使光纤张紧但不断裂的张力。光纤待抛磨部分处于光纤抛磨轮与光纤密贴合的精密位移测量模块之间,光纤两端分别连接光源与光功率计。

[0019] 步骤2,抛磨阶段。在抛磨过程中,光纤抛磨轮的轮轴与光纤密贴合的精密位移测量模块的主体部分始终保持相对不动,光纤密贴合的精密位移测量模块的测量端通过微弹力与光纤抛磨区域背侧始终保持贴合,进而实时监测光纤抛磨深度。同时,通过光源与光功率计,以实时监测侧抛光纤的损耗。之后,通过水平位移平台将光纤抛磨区域平滑移动至侧面显微相机与垂直显微相机所在的观测区域,此时光纤处于水平张紧状态,可以完成光纤抛磨深度、抛磨长度、抛磨表面质量的可视化直观精细测量。当抛磨深度、抛磨长度初步符合标准后,即可进行下一步。反之将继续进行抛磨。

[0020] 步骤3,抛光阶段。先将光纤抛磨轮替换为粗糙程度更低的抛光型抛磨轮,再通过水平位移平台将光纤抛磨区域平滑移回抛磨区域,反复抛光研磨并多次观测光纤的表面质量,直至侧抛质量达到要求。同时测量侧抛光纤的损耗。最后取出侧抛光纤。

[0021] 通过本发明所构思的以上技术方案,与现有技术相比,能够取得以下有益效果:

[0022] (1) 本发明实现了对光纤侧抛工艺中抛磨长度和抛磨旋转方向等的自由调节和控制,提高了光纤侧抛工艺的灵活性和可控性。

[0023] (2) 本发明实现了对光纤侧抛工艺中非常重要的抛磨深度参数进行在线实时精确测量,这是以往光纤侧抛工艺比较难实现的技术。

[0024] (3) 本发明实现了光纤侧抛工艺全参数的同时监控,除了对抛磨深度进行在线实时精确测量,还可以对抛磨深度、抛磨长度、抛磨表面质量进行直观监测,也可以对侧抛光纤的损耗进行检测,从而可以全方位的监控光纤侧抛工艺的质量,可以全面掌握侧抛光纤的制备成功率和各种性能参数,可以充分保证制备出满足各种应用需求的高质量侧抛光纤,这是以往光纤侧抛工艺不具备的。

[0025] (4) 本发明实现了光纤侧抛工艺抛磨深度控制的粗抛磨和抛磨质量控制的精抛光。

[0026] (5) 本发明实现了可以兼容各种类型光纤的光纤侧抛工艺,包括单模光纤、少模光纤、多模光纤、特种光纤等各种光纤,并且不限于光纤的尺寸、内部结构与材料,可广泛应用于光纤通信和传感测量等领域。

附图说明

[0027] 图1为本发明提供的一种具体的全参数监控的光纤侧抛工艺装置。

[0028] 图2为本发明提供的侧抛方法的流程示意图。

[0029] 图3为本发明提供的一种光纤密贴合的精密位移测量模块(实时测量侧抛光纤的抛磨深度)。

[0030] 图4为本发明提供的全参数监控的光纤侧抛工艺装置的一种替换。

具体实施方式

[0031] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,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不构成冲突就可以相互组合。

[0032] 以下结合具体实施例及附图进行说明。

[0033] 如图1所示,是本发明提供的一种具体的全参数监控的光纤侧抛工艺装置,包括,光纤抛磨轮1、位移测量模块2、垂直固定基板3、定滑轮4、光纤夹持器5、轴向弹力块6、侧面显微相机7、垂直显微相机8、光源9、光功率计10、水平位移平台11、垂直位移平台12。

[0034] 具体地,如图2所示,在预调阶段,首先,需要进行光纤抛磨轮高度的预调节,以此来调节光纤与光纤抛磨轮的接触长度,从而来调节侧抛光纤的抛磨长度。其次,光纤通过可旋转的光纤夹持器进行绕轴的旋转,并固定在轴向弹力连接座上,以获得使光纤张紧但不断裂的张力。光纤待抛磨部分处于光纤抛磨轮与光纤密贴合的精密位移测量模块之间,光纤两端分别连接光源与光功率计。

[0035] 在抛磨阶段,光纤抛磨轮的轮轴与位移测量模块的主体部分始终保持相对不动,光纤密贴合的精密位移测量模块的测量端通过微弹力与光纤抛磨区域背侧始终保持贴合,

进而实时监测光纤抛磨深度。同时,通过光源与光功率计,以实时监测侧抛光纤的损耗。之后,通过水平位移平台将光纤抛磨区域平滑移动至侧面显微相机与垂直显微相机所在的观测区域,此时光纤处于水平张紧状态,可以完成光纤抛磨深度、抛磨长度、抛磨表面质量的可视化直观精细测量。当抛磨深度、抛磨长度初步符合标准后,即可进行下一步。反之将继续进行抛磨。

[0036] 在抛光阶段,先将光纤抛磨轮替换为粗糙程度更低的抛光型抛磨轮,再通过水平位移平台将光纤抛磨区域平滑移回抛磨区域,反复抛光研磨并多次观测光纤的表面质量,直至侧抛质量达到要求。同时测量侧抛光纤的损耗。最后取出侧抛光纤。

[0037] 如图3所示,本发明提供了一种光纤密贴合的精密位移测量模块,用于实时测量侧抛光纤的抛磨深度。包括:抛磨轮固定轴15,抛磨轮1,垂直基板3,精密位移测量仪移动端21,精密位移测量仪固定端22,刚性水平板23,在精密位移测量仪两侧对称放置的第一弹簧20、活动板16、第二弹簧17、固定板18和水平调节螺丝19。

[0038] 具体地,两个固定板18是垂直基板3上的固定部件。两个活动板16通过与自己相连的第二弹簧17与水平调节螺丝19与固定板18固定,通过调节两侧水平调节螺丝19可以调节活动板16的高度。刚性水平板23通过两个对称放置的第一弹簧20与两侧的活动板16固定。其中,两侧第一弹簧20是微弹力弹簧,其作用是使得刚性水平板23可以始终与光纤14保持贴合且不会因为受力过大而导致光纤14断裂。其中,两侧活动板16通过调节高度,可以保证刚性水平板23在贴合中保持水平。

[0039] 具体地,精密位移测量仪固定端21通过螺丝或压板固定在垂直基板3上,不随抛磨运动发生位移。精密位移测量仪移动端22与刚性水平板23另一侧保持固定贴合,使精密位移测量仪可以准确记录光纤抛磨深度。

[0040] 如图4所示,是本发明提供的全参数监控的光纤侧抛工艺装置的一种替换方案,包括,光纤抛磨轮1、光纤密贴合的精密位移测量模块2、垂直固定基板3、定滑轮及其固定架4、可旋转的光纤夹持器5、轴向弹力块6、侧面显微相机7、垂直显微相机8、光源9、光功率计10、水平位移平台11、垂直位移平台12。在该装置下,光纤抛磨轮1位于光纤下侧,与光纤密贴合的精密位移测量模块2位于光纤上侧,垂直显微相机8位于光纤下侧,其余的与图1保持相同。

[0041] 值得注意的是,以上所述仅为本发明的其中一种具体实施例,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。

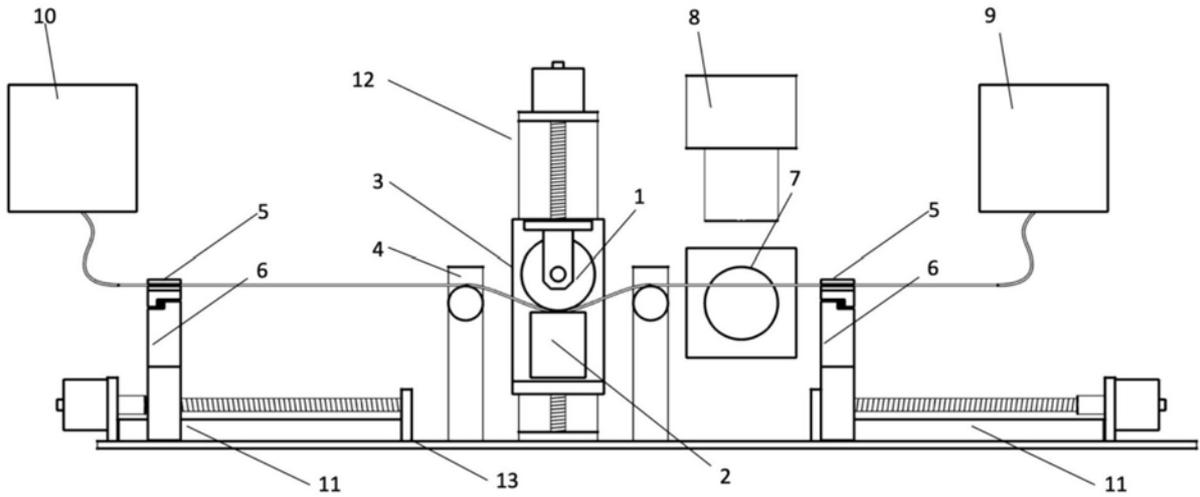


图1

预调阶段：调节侧抛滚轮高度，调节
光纤绕轴旋转角度，固定光纤

抛磨阶段：利用光纤抛磨轮对光纤侧
面进行抛磨，通过光纤密贴合的精
密位移测量模块实时监控抛磨深度，
通过水平移动将光纤抛磨部分移动
至观测相机，进行抛磨深度、抛磨
长度与抛磨面表面质量的可视化观
测

抛光阶段：替换光纤抛磨轮为粗糙程
度更低的抛光型抛磨轮，进行反复
精细抛光并观测其表面质量，同时
测量侧抛光纤损耗，直到满足要求

取出侧抛光纤

图2

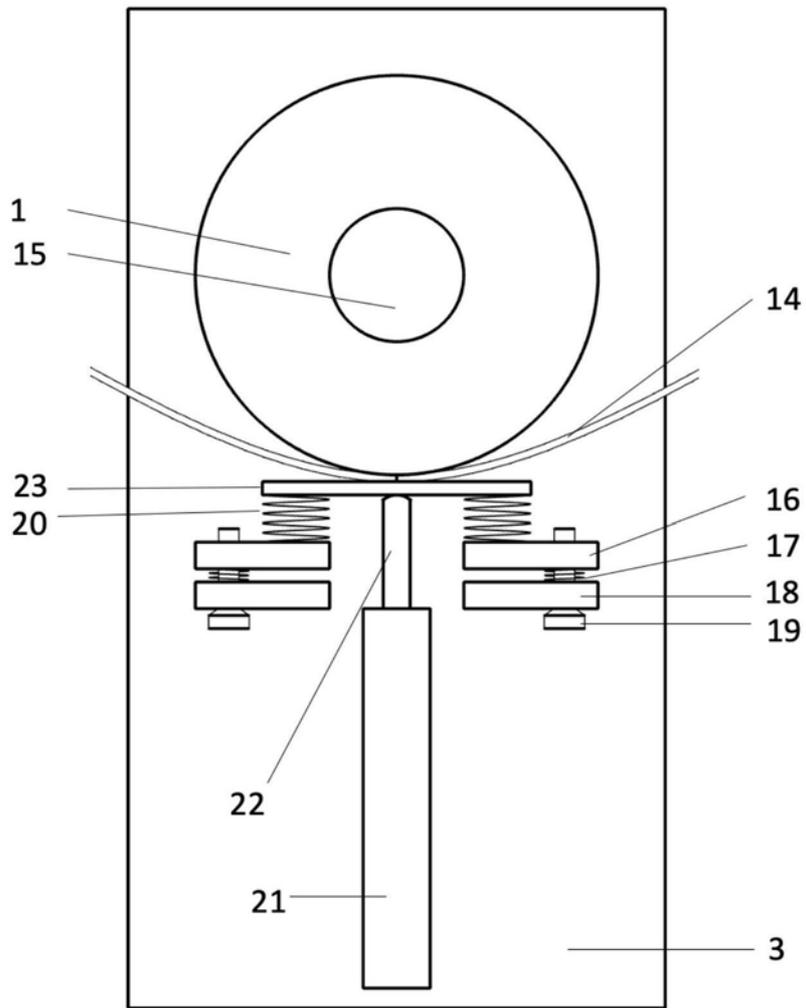


图3

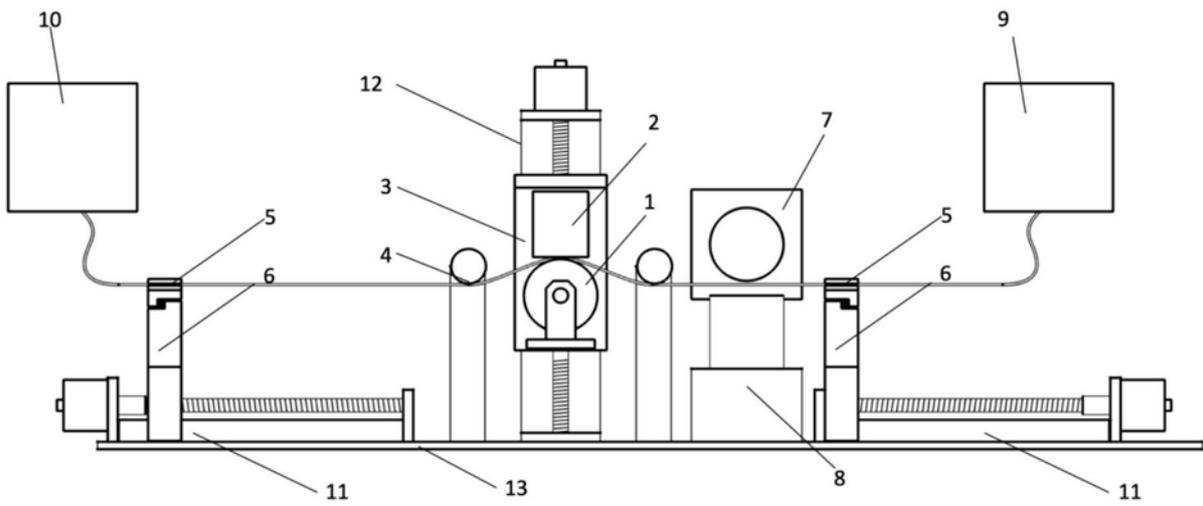


图4