



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114178677 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 15

(21) 申请号 202111500475.3

(22) 申请日 2021.12.09

(71) 申请人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

(72) 发明人 李明 谭羽

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 汪海艳

(51) Int. Cl.

B23K 26/00 (2014.01)

B23K 26/70 (2014.01)

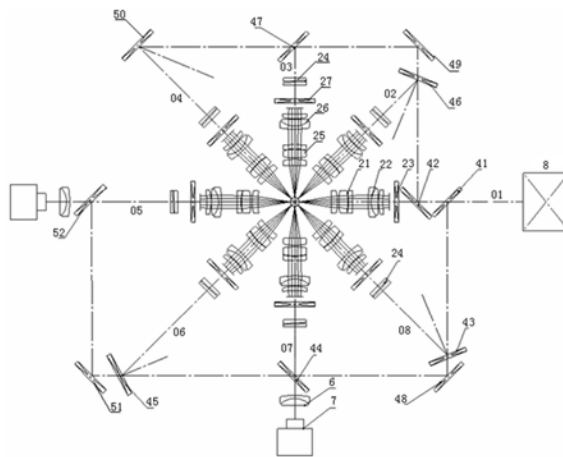
权利要求书4页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种微结构激光加工头、加工系统及调试加工方法

(57) 摘要

本发明涉及一种微结构激光加工头、加工系统及调试加工方法。克服采用激光在光纤表面进行微结构加工时,存在的一致性较差及效率较低的问题。加工头包括加工头座体及固定在加工头座体上的光学组件;加工头座体上开设通孔及激光入射孔,光学组件包括分光组件及n组独立聚焦模组;分光组件固定在通孔内,用于将激光加工光束分为n束;n组独立聚焦模组沿通孔内壁周向均布,用于将n束子光束调焦整形及滤光。加工系统包括上述加工头。加工时,将光纤穿入激光加工头座体上的通孔,确保与通孔轴向中心线重合;当激光加工光束从激光入射孔进入加工头后,带动激光加工头沿光纤轴向运动,则可在光纤表面一次加工出多列均匀分布的微结构。



1. 一种微结构激光加工头,其特征在于:包括加工头座体(1)及光学组件;

所述加工头座体(1)上开设通孔(11)及激光入射孔(12),所述通孔(11)与激光入射孔(12)的轴线相互垂直;所述通孔(11)的孔径大于棒状待加工件(3)的外径;

所述光学组件包括分光组件及n组独立聚焦模组(2);其中n为大于等于2的自然数;

所述分光组件固定在通孔(11)内,用于将通过激光入射孔(12)入射至通孔(11)内的激光加工光束分为n束激光加工子光束;

所述n组独立聚焦模组(2)沿通孔11内壁周向均布,每组独立聚焦模组(2)形成一条激光加工子光路;

所述n组独立聚焦模组(2)用于将n束激光加工子光束调焦整形及滤光;使得n束激光加工子光束的焦斑沿同轴插入通孔(11)内棒状待加工件(3)的外周面周向均布、n束激光加工子光束的焦斑形貌一致及n束激光加工子光束具有相同的激光功率。

2. 根据权利要求1所述的微结构激光加工头,其特征在于:所述n组独立聚焦模组(2)包括1组基准聚焦模组与n-1组出射角可调的聚焦模组;

所述基准聚焦模组包括沿光路设置的第一调焦整形固定组(21)、第一调焦整形移动组(22)以及第一可调滤光片(23);

所述第一调焦整形固定组(21)位置固定,第一调焦整形移动组(22)能够沿光轴方向移动,通过调整第一调焦整形移动组(22),调整激光加工子光束的焦斑形貌,确保n束激光加工子光束的焦斑形貌一致;

通过第一可调滤光片(23)调整激光加工子光束功率,确保n束激光加工子光束具有相同的激光功率;

每组出射角可调的聚焦模组均包括沿光路设置的可调光楔组(24)、第二调焦整形固定组(25)、第二调焦整形移动组(26)以及第二可调滤光片(27);

以基准聚焦模组出射的激光加工子光束的焦斑位置为基准,通过可调光楔组(24)调整相应出射角可调的聚焦模组出射的激光加工子光束出射角度,确保n束激光加工子光束的焦斑沿棒状待加工件的外周面周向均布;

所述第二调焦整形固定组(25)位置固定,第二调焦整形移动组(26)能够沿光轴方向移动,通过调整第二调焦整形移动组(26),调节激光加工子光束焦点沿光轴轴向距离,确保n束激光加工子光束的焦斑形貌一致;

通过第二可调滤光片(27)调整激光加工子光束功率,确保n束激光加工子光束具有相同的激光功率。

3. 根据权利要求2所述的微结构激光加工头,其特征在于:所述第一调焦整形固定组(21)与第二调焦整形固定组(25)均包括沿光路依次设置的三片透镜;所述第一调焦整形移动组(22)与第二调焦整形移动组(26)均包括沿光路依次设置的一个胶合镜和单片平凸镜。

4. 根据权利要求3所述的微结构激光加工头,其特征在于:所述可调光楔组(24)由两组楔角相同的光楔组成,两者能够绕光轴360°旋转。

5. 根据权利要求4所述的微结构激光加工头,其特征在于:所述独立聚焦模组(2)还包括衍射光学元件,用于对激光焦点空间能量分布进行调控。

6. 根据权利要求5所述的微结构激光加工头,其特征在于:还包括固定在加工头座体(1)上的两个成像镜组(6)和两个相机(7);其中一个成像镜组(6)和一个相机(7)与其中一

路激光加工子光路共光轴,该激光加工子光路中的第二调焦整形固定组(25)和第二调焦整形移动组(26)与成像镜组(6)构成一个远心成像光学系统,将棒状待加工件(3)成像在相机(7)上;

另一个成像镜组(6)和另一个相机(7)与其中另一路激光加工子光路共光轴,该激光加工子光路中的第二调焦整形固定组(25)和第二调焦整形移动组(26)和成像镜组(6)构成一个远心成像光学系统,将棒状待加工件(3)成像在相机7上;

所述其中一路激光加工子光路与另一路激光加工子光路光轴之间的夹角为 90° 。

7.根据权利要求6所述的微结构激光加工头,其特征在于:所述n等于8。

8.根据权利要求7所述的微结构激光加工头,其特征在于:所述分光组件包括分光镜组件与反射镜组件,所述分光镜组件包括分光镜一(41)、分光镜二(42)、分光镜三(43)、分光镜四(44)、分光镜五(45)、分光镜六(46)及分光镜七(47);所述反射镜组件包括反射镜一(48)、反射镜二(49)、反射镜三(50)、反射镜四(51)及二向色镜(52);

沿逆时针方向,依次将各条激光加工子光路定义为:第一激光加工子光路(01)、第二激光加工子光路(02)……第八激光加工子光路(08);

分光镜一(41)和分光镜二(42)沿光路依次设在第一激光加工子光路(01)中;通过激光入射孔(12)入射至通孔(11)内的激光束经分光镜一(41)分光后,透射光到达分光镜二(42),反射光到达分光镜三(43);

入射至分光镜二(42)的光束经分光后,透射光进入第一激光加工子光路(01),反射光入射至分光镜六(46);

入射至分光镜三(43)的光束经分光后,反射光进入第八激光加工子光路(08),透射光经反射镜一(48)反射后入射至分光镜四(44);

入射至分光镜六(46)的光束经分光后,反射光进入第二激光加工子光路(02),透射光经反射镜二(49)反射后入射至分光镜七(47);

入射至分光镜四(44)的光束经分光后,反射光进入第七激光加工子光路(07),透射光入射至分光镜五(45);

入射至分光镜七(47)的光束经分光后,反射光进入第三激光加工子光路(03),透射光经反射镜三(50)反射后进入第四激光加工子光路(04);

入射至分光镜五(45)的光束经分光后,反射光进入第六激光加工子光路(06),透射光经反射镜四(51)反射后入射至二向色镜(52),经二向色镜(52)反射后进入第五激光加工子光路(05)。

9.根据权利要求8所述的微结构激光加工头,其特征在于:分光镜一(41)的透过率为50%,反射率为50%;分光镜二(42)的透过率为25%,反射率为75%;分光镜三(43)的透过率为75%,反射率为25%;分光镜四(44)的透过率为66.6%,反射率为33.3%;分光镜五(45)的透过率为50%,反射率为50%;分光镜六(46)的透过率为66.6%,反射率为33.3%;分光镜七(47)的透过率为50%,反射率为50%。

10.根据权利要求9所述的微结构激光加工头,其特征在于:反射镜一(48)、反射镜二(49)、反射镜三(50)、反射镜四(51)及二向色镜(52)的反射率为100%。

11.根据权利要求10所述的微结构激光加工头,其特征在于:其中一个成像镜组(6)和一个相机(7)与第七激光加工子光路(07)共光轴;另一个成像镜组(6)和另一个相机(7)与

第五激光加工子光路(05)共光轴;分光镜四(44)对成像光源波长全透;二向色镜(52)对激光波长全反射,对成像光源波长全透。

12. 根据权利要求1-11所述的微结构激光加工头,其特征在于:所述棒状待加工件(3)为光纤。

13. 一种微结构激光加工系统,其特征在于:包括激光器(8)、位于激光器(8)出设光路中的光路传输系统及位于光路传输系统出射端的权利要求1-12任一所述微结构激光加工头;光路传输系统出射的激光加工光束与微结构激光加工头中激光入射孔(12)同轴。

14. 一种基于权利要求13所述激光加工系统的调试方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、将激光功率计放置在微结构加工头通孔(11)中心位置处,对准其中一组独立聚焦模组(2),功率探测面须一定离焦;

步骤2、开启激光器(8),使激光加工子光束通过所述独立聚焦模组(2)后进入功率探测面,调节该组独立聚焦模组(2),使功率数值约等于激光器输出功率的 n 分之一;

步骤3、分别对其他独立聚焦模组(2)进行步骤1-步骤2的操作,使得 n 组独立聚焦模组(2)的聚焦光束激光功率基本一致;

步骤4、沿轴向将棒状待加工件(3)插入微结构加工头通孔(11)内,调整棒状待加工件(3)的位置,使棒状待加工件(3)轴向中心线与加工头通孔轴向中心线重合;

步骤5、开启激光器,在棒状待加工件(3)周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的分布情况,若微结构周向分布不均匀,则调整对应独立聚焦模组,改变聚焦焦点沿垂直光轴方向的位置,直至周向分布的微结构均匀分布;

步骤6、开启激光器,在光纤周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的形貌,若某微结构尺寸不满足要求,则调整对应独立聚焦模组,改变聚焦焦点沿光轴方向位置,直至周向分布的微结构形貌一致。

15. 根据权利要求14所述的调试方法,其特征在于,步骤4具体为:

沿轴向将棒状待加工件(3)插入微结构加工头通孔(11)内,调整棒状待加工件(3)位置,使棒状待加工件(3)在相机(7)上成像,进一步对棒状待加工件位置进行微调,使棒状待加工件轴向中心与两组相机(7)视场中心重合,此时棒状待加工件(3)轴向中心线与加工头通孔轴向中心线重合。

16. 根据权利要求15所述的调试方法,其特征在于,步骤2具体为:

开启激光器(8),使激光加工子光束通过所述独立聚焦模组(2)后进入功率探测面,调节该组独立聚焦模组(2)对应的第一可调滤光片或第二可调滤光片,使功率数值约等于激光器输出功率的 n 分之一。

17. 根据权利要求16所述的调试方法,其特征在于,步骤5具体为:

开启激光器(8),在棒状待加工件(3)周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的分布情况,若微结构周向分布不均匀,以基准聚焦模组出射的激光加工子光束的焦斑位置为基准,调整出射角可调的聚焦模组中的可调光楔组(24),改变聚焦焦点沿垂直光轴方向的位置,直至周向分布的微结构均匀分布。

18. 根据权利要求17所述的调试方法,其特征在于,步骤6具体为:

开启激光器(8),在棒状待加工件(3)周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的形貌,若某微结构尺寸不满足要求,则调整对应独立聚焦模组的第一调焦整形移动组

(22) 或第二调焦整形移动组 (26), 改变聚焦焦点沿光轴方向位置, 直至周向分布的微结构形貌一致。

19. 一种微结构加工方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

步骤1、按照权利要求14-18任一所述调试方法, 进行调试;

步骤2、开启激光器, 运动机构带动加工头延光纤轴向运动, 在光纤表面一次加工出n列均匀分布的微结构。

一种微结构激光加工头、加工系统及调试加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种周期性微结构加工方法,尤其涉及一种微结构激光加工头、加工系统及调试加工方法。

背景技术

[0002] 晶体光纤是以激光晶体为纤芯的新型功能晶体材料,结合了单晶增益和光纤激光的核心理念,可用为高功率光纤激光器的增益介质。为了实现高功率激光输出,首先需要制备高质量的包层结构,目前玻璃光纤所使用的包层大多数为二氧化硅,结合玻璃光纤良好的耦合效率,可以最大程度的提高玻璃光纤的光波导性能。然而,二氧化硅与晶体光纤的光学及热学性能(如折射率、热导率、热膨胀系数等)适配性较差,导致包层稳定性差,光波导效率低。

[0003] 为了克服上述问题,目前,可通过表面腐蚀或微纳加工的方法在晶体光纤的表面加工周期性微结构(光纤截面如图1所示),作为晶体光纤包层,微结构光纤包层将光束限制在纤芯内部,实现全反射,相比于传统的外置包层,微结构光纤包层避免了包层材料与纤芯材料耦合带来的能量损耗,降低了光纤纤芯尺寸和光波导模数,从而提高光纤的热管理性能。

[0004] 由于表面腐蚀方案存在污染、微结构形貌控制不精确等问题,因此通常采用直接加工微米级的阵列结构形成微结构光纤包层。传统的机械加工受限于刀具尺寸和加工应力等因素,无法实现微结构光纤包层的加工。激光加工具有高精度、高灵活性等优势,是目前唯一可用来实现微结构光纤包层制造的手段。然而,采用激光在光纤表面进行微结构加工时,仍存在以下两个问题:1)受限于机械结构旋转轴精度,逐条加工的光纤微结构在光纤截面分布不均匀,且一致性较差;2)逐条加工光纤微结构效率较低。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种微结构激光加工头、加工系统及加工方法,以克服采用激光在光纤表面进行微结构加工时,存在的一致性较差及效率较低的问题。

[0006] 本发明的技术方案是提供一种微结构激光加工头,其特殊之处在于:包括加工头座体及固定在加工头座体上的光学组件;

[0007] 上述加工头座体上开设通孔及激光入射孔,上述通孔与激光入射孔的轴线相互垂直;上述通孔的孔径大于棒状待加工件的外径;加工时,将棒状待加工件沿轴向插入上述通孔内,通过调整,需确保棒状待加工件的轴向中心线和通孔的轴向中心线重合;

[0008] 上述光学组件包括分光组件及n组独立聚焦模组;其中n为大于等于2的自然数;

[0009] 上述分光组件固定在通孔内,用于将通过激光入射孔入射至通孔内的激光加工光束分为n束激光加工子光束;

[0010] 上述n组独立聚焦模组沿通孔内壁周向均布,每组独立聚焦模组形成一条激光加工子光路;

[0011] 上述n组独立聚焦模组用于将n束激光加工子光束调焦整形及滤光,使得n束激光加工子光束的焦斑沿棒状待加工件的外周面周向均布、n束激光加工子光束的焦斑形貌一致及n束激光加工子光束具有相同的激光功率;

[0012] 激光加工光束通过激光入射孔入射至通孔内,经分光组件分为n束激光加工子光束,n束激光加工子光束分别进入n组独立聚焦模组;经独立聚焦模组调焦、整形及滤光后出射。

[0013] 进一步地,上述n组独立聚焦模组包括1组基准聚焦模组与n-1组出射角可调的聚焦模组;

[0014] 1组基准聚焦模组包括沿光路设置的第一调焦整形固定组、第一调焦整形移动组以及第一可调滤光片;

[0015] 上述第一调焦整形固定组与第一调焦整形移动组共同构成调焦整形系统,其中第一调焦整形固定组位置固定,第一调焦整形移动组可沿光轴方向移动,通过调整第一调焦整形移动组,调节激光加工子光束焦点沿光轴轴向距离,调整激光加工子光束的焦斑形貌,确保n束激光加工子光束的焦斑形貌一致;

[0016] 通过第一可调滤光片调整激光加工子光束功率,确保n束激光加工子光束具有相同的激光功率;

[0017] 每组出射角可调的聚焦模组均包括沿光路设置的可调光楔组、第二调焦整形固定组、第二调焦整形移动组以及第二可调滤光片;

[0018] 以基准聚焦模组出射的激光加工子光束的焦斑位置为基准,通过可调光楔组调整相应出射角可调的聚焦模组出射的激光加工子光束出射角度,确保n束激光加工子光束的焦斑沿棒状待加工件的外周面周向均布;

[0019] 上述第二调焦整形固定组与第二调焦整形移动组共同构成调焦整形系统,其中第二调焦整形固定组位置固定,第二调焦整形移动组可沿光轴方向移动,通过调整第二调焦整形移动组,调节激光加工子光束焦点沿光轴轴向距离,确保n束激光加工子光束的焦斑形貌一致;

[0020] 通过第二可调滤光片调整激光加工子光束功率,确保n束激光加工子光束具有相同的激光功率。

[0021] 进一步地,上述第一调焦整形固定组与第二调焦整形固定组均包括沿光路依次设置的三片透镜;上述第一调焦整形移动组与第二调焦整形移动组均包括沿光路依次设置的一个胶合镜和单片平凸镜。

[0022] 进一步地,上述可调光楔组由两组楔角相同的光楔组成,两者可以绕光轴360°旋转。

[0023] 进一步地,上述独立聚焦模组还可以包括衍射光学元件,用于对激光焦点空间能量分布进行调控,可满足不同形状微结构加工需求。

[0024] 进一步地,该微结构激光加工头还包括固定在加工头座体上的两个成像镜组和两个相机;其中一个成像镜组和一个相机与其中一路激光加工子光路共光轴,该激光加工子光路中的第二调焦整形固定组和第二调焦整形移动组和成像镜组构成一个远心成像光学系统,将棒状待加工件成像在相机上;

[0025] 另一个成像镜组和另一个相机与其中另一路激光加工子光路共光轴,该激光加工

子光路中的第二调焦整形固定组和第二调焦整形移动组和成像镜组构成一个远心成像光学系统,将棒状待加工工件成像在相机上;

[0026] 上述其中一路激光加工子光路与另一路激光加工子光路光轴之间的夹角为 90° 。

[0027] 进一步地,上述n等于8。

[0028] 进一步地,上述分光组件包括分光镜组件与反射镜组件,上述分光镜组件包括分光镜一、分光镜二、分光镜三、分光镜四、分光镜五、分光镜六及分光镜七;上述反射镜组件包括反射镜一、反射镜二、反射镜三、反射镜四及二向色镜;

[0029] 沿逆时针方向,依次将各条激光加工子光路定义为:第一激光加工子光路、第二激光加工子光路……第八激光加工子光路;

[0030] 分光镜一和分光镜二沿光路依次设在第一激光加工子光路中;通过激光入射孔入射至通孔内的激光束经分光镜一分光后,透射光到达分光镜二,反射光到达分光镜三;

[0031] 入射至分光镜二的光束经分光后,透射光进入第一激光加工子光路,反射光入射至分光镜六;

[0032] 入射至分光镜三的光束经分光后,反射光进入第八激光加工子光路,透射光经反射镜一反射后入射至分光镜四;

[0033] 入射至分光镜六的光束经分光后,反射光进入第二激光加工子光路,透射光经反射镜二反射后入射至分光镜七;

[0034] 入射至分光镜四的光束经分光后,反射光进入第七激光加工子光路,透射光入射至分光镜五;

[0035] 入射至分光镜七的光束经分光后,反射光进入第三激光加工子光路,透射光经反射镜三反射后进入第四激光加工子光路;

[0036] 入射至分光镜五的光束经分光后,反射光进入第六激光加工子光路,透射光经反射镜四反射后入射至二向色镜,经二向色镜反射后进入第五激光加工子光路。

[0037] 进一步地,分光镜一的透过率为50%,反射率为50%;分光镜二的透过率为25%,反射率为75%;分光镜三的透过率为75%,反射率为25%;分光镜四的透过率为66.6%,反射率为33.3%;分光镜五的透过率为50%,反射率为50%;分光镜六的透过率为66.6%,反射率为33.3%;分光镜七的透过率为50%,反射率为50%。

[0038] 进一步地,反射镜一、反射镜二、反射镜三、反射镜四及二向色镜的反射率接近100%。

[0039] 进一步地,上述其中一路激光加工子光路为第七激光加工子光路;上述另一路激光加工子光路为第五激光加工子光路;分光镜四对成像光源波长全透;二向色镜对激光波长全反射,对成像光源波长全透。

[0040] 进一步地,上述棒状待加工工件为光纤。

[0041] 本发明还提供一种微结构激光加工系统,其特殊之处在于:包括激光器、位于激光器出射光路中的光路传输系统及位于光路传输系统出射端的上述微结构激光加工头;光路传输系统出射的激光加工光束与微结构激光加工头中激光入射孔同轴。

[0042] 本发明还提供一种基于上述激光加工系统的调试方法,其特殊之处在于,包括以下步骤:

[0043] 步骤1、将激光功率计放置在加工头通孔中心位置处,对准其中一组独立聚焦模

组,功率探测面须一定离焦;

[0044] 步骤2、开启激光器,使激光加工子光束通过上述独立聚焦模组后进入功率探测面,调节该组独立聚焦模组,使功率数值约等于激光器输出功率的 n 分之一;

[0045] 步骤3、分别对其他独立聚焦模组进行步骤1-步骤2的操作,使得 n 组独立聚焦模组的聚焦光束激光功率基本一致;

[0046] 步骤4、沿轴向将棒状待加工件插入微结构加工头通孔内,调整棒状待加工件的位置,使棒状待加工件轴向中心线与加工头通孔轴向中心线重合;

[0047] 步骤5、开启激光器,在棒状待加工件周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的分布情况,若微结构周向分布不均匀,则调整对应独立聚焦模组,改变聚焦焦点沿垂直光轴方向的位置,直至周向分布的微结构均匀分布;

[0048] 步骤6、开启激光器,在光纤周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的形貌,若某微结构尺寸不满足要求,则调整对应独立聚焦模组,改变聚焦焦点沿光轴方向位置,直至周向分布的微结构形貌一致;

[0049] 进一步地,步骤4具体为:

[0050] 沿轴向将棒状待加工件插入微结构加工头通孔内,调整棒状待加工件位置,使棒状待加工件在相机上成像,进一步对棒状待加工件位置进行微调,使棒状待加工件轴向中心与两组相机视场中心重合,此时棒状待加工件轴向中心线与加工头通孔轴向中心线重合。

[0051] 进一步地,步骤2具体为:

[0052] 开启激光器,使激光加工子光束通过上述独立聚焦模组后进入功率探测面,调节该组独立聚焦模组对应的第一可调滤光片或第二可调滤光片,使功率数值约等于激光器输出功率的 n 分之一。

[0053] 进一步地,步骤5具体为:

[0054] 开启激光器,在棒状待加工件周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的分布情况,若微结构周向分布不均匀,以基准聚焦模组出射的激光加工子光束的焦斑位置为基准,调整出射角可调的聚焦模组中的可调光楔组,改变聚焦焦点沿垂直光轴方向的位置,直至周向分布的微结构均匀分布。

[0055] 进一步地,步骤6具体为:

[0056] 开启激光器,在棒状待加工件周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的形貌,若某微结构尺寸不满足要求,则调整对应独立聚焦模组的第一调焦整形移动组或第二调焦整形移动组,改变聚焦焦点沿光轴方向位置,直至周向分布的微结构形貌一致。

[0057] 本发明还提供一种微结构加工方法,其特殊之处在于:

[0058] 步骤1、按照上述调试方法,进行调试;

[0059] 步骤2、开启激光器,运动机构带动加工头延光纤轴向运动,在光纤表面一次加工出 n 列均匀分布的微结构。

[0060] 本发明的有益效果是:

[0061] 1、本发明通过在激光加工头座体上开设通孔及与其轴线垂直的激光入射孔,并在通孔内壁沿其周向均布 n 组独立聚焦模组,通过相应分光组件将激光加工光束分为 n 束激光加工子光束; n 束激光加工子光束分别进入 n 组独立聚焦模组,通过调节 n 组独立聚焦模组,

可确保 n 束激光加工子光束的焦斑沿光纤的外周面周向均布、 n 束激光加工子光束的焦斑形貌一致及 n 束激光加工子光束具有相同的激光功率；加工时，将待加工光纤穿入激光加工头座体上的通孔，调整其位置，确保待加工光纤的轴向中心线与通孔轴向中心线重合；当激光加工光束从激光入射孔进入加工头后，运动机构带动激光加工头沿光纤轴向运动，则可在光纤表面一次加工出多列均匀分布的微结构，提高了光纤表面微结构制造精度和一致性，并提升了加工效率。

[0062] 2、本发明可根据微结构沿光纤周向的列数，调整独立聚焦模組的数量，可满足不同的应用需求。

[0063] 3、本发明利用两组成像镜组和相应聚焦整形移动组、聚焦整形固定组构成的两组远心光学成像系统，将光纤成像在两个相机上，通过判断两组相机上光纤轮廓的中心位置，调整光纤位置，使得待加工光纤的轴向中心线与通孔轴向中心线严格重合，进一步确保加工精度，且调整方法简单，易操作。

[0064] 4、本发明利用激光功率计检测每束激光加工子光束的功率，通过旋转可调滤光片，调整所有激光加工子光束的功率基本一致，调整过程简单，调整数据可视化，确保具有较高的调整精度，进一步确保具有较高的加工精度。

[0065] 5、本发明利用可调光楔组，改变聚焦焦点沿垂直光轴方向的位置，直至周向分布的微结构均匀分布；可调光楔组由两组楔角相同的光楔组成，两者可以绕光轴 360° 旋转，通过旋转两组光楔，实现相应激光加工子光路光斑位置的调整，易于实现，调节灵活。

[0066] 6、本发明利用聚焦整形移动组及聚焦整形固定组构成聚焦整形系统，调节激光焦点沿轴向距离，若某微结构尺寸不满足要求，则调整对应独立聚焦模組的聚焦整形移动组，直至所有周向分布的微结构形貌一致；通过更换不同光学参数的聚焦整形移动组和聚焦整形固定组，其组成的光学系统总体光学放大倍率可为5倍—100倍，聚焦光斑也随倍率进行变化，聚焦整形系统中还可以包含衍射光学元件，用于对激光焦点空间能量分布进行调控，可满足不同形状加工需求。

[0067] 7、本发明除了可以在光纤外表面加工微结构外，还可以在其他适用于激光加工的任何棒状工件的外表面加工周期性排布的微结构。

附图说明

[0068] 图1为具有不同形状周期性微结构的光纤截面示意图；

[0069] 图2为实施例微结构激光加工头结构示意图；

[0070] 图3为实施例微结构激光加工头内光学组件示意图；

[0071] 图中附图标记为：

[0072] 1-加工头座体，2-独立聚焦模組，3-棒状待加工件；

[0073] 11-通孔，12-激光入射孔；

[0074] 21-第一调焦整形固定组，22-第一调焦整形移动组，23-第一可调滤光片；

[0075] 24-可调光楔组，25-第二调焦整形固定组，26-第二调焦整形移动组，27-第二可调滤光片；

[0076] 41-分光镜一，42-分光镜二，43-分光镜三，44-分光镜四，45-分光镜五，46-分光镜六，47-分光镜七；

[0077] 48-反射镜一,49-反射镜二,50-反射镜三,51-反射镜四,52-二向色镜;
[0078] 01-第一激光加工子光路,02-第二激光加工子光路,03-第三激光加工子光路,04-第四激光加工子光路,05-第五激光加工子光路,06-第六激光加工子光路,07-第七激光加工子光路,08-第八激光加工子光路;
[0079] 6-成像镜组,7-相机,8-激光器。

具体实施方式

[0080] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合说明书附图对本发明的具体实施方式做详细的说明,显然所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明的保护的范围。

[0081] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是本发明还可以采用其他不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0082] 其次,此处所称的“一个实施例”或“实施例”是指可包含于本发明至少一个实现方式中的特定特征、结构或特性。在本说明书中不同地方出现的“在其他实施例中”并非均指同一个实施例,也不是单独的或选择性的与其他实施例互相排斥的实施例。

[0083] 再其次,本发明结合示意图进行详细描述,在详述本发明实施例时,为便于说明,表示器件结构的剖面图会不依一般比例作局部放大,而且所述示意图只是示例,其在此不应限制本发明保护的范围。此外,在实际制作中应包含长度、宽度及深度的三维空间尺寸。

[0084] 同时在本发明的描述中,需要说明的是,术语“第一、第二或第三等”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0085] 本实施例以光纤作为待加工对象,利用本发明微结构激光加工头及加工方法在光纤表面加工出沿光纤轴向延伸、周向排布的微结构。在其他实施例中,待加工对象可以为任何适用于激光加工的棒状工件。

[0086] 本发明微结构激光加工头包括加工头座体1、分光组件及n组独立聚焦模组2;其中n为大于等于2的自然数。

[0087] 从图2可以看出,本实施例加工头座体1为八棱柱体,沿其轴向中心开设通孔11,沿其径向开设激光入射孔12,激光入射孔12的轴向中心线垂直于通孔11的轴向中心线。通孔11的孔径需大于待加工光纤的外径;加工时,将光纤沿轴向插入该通孔11内,通过调整,使得光纤的轴向中心线和通孔11的轴向中心线重合。

[0088] 分光组件固定在通孔11内,用于将入射至通孔11内激光加工光束分为n束激光加工子光束。

[0089] n组独立聚焦模组2沿通孔11内壁周向均布,每组独立聚焦模组2形成一条激光加工子光路;从图3可以看出,本实施例设有8组独立聚焦模组2,每组间隔45°。沿逆时针方向,依次将各条激光加工子光路定义为:第一激光加工子光路01、第二激光加工子光路02、第三激光加工子光路03、第四激光加工子光路04、第五激光加工子光路05、第六激光加工子光路06、第七激光加工子光路07及第八激光加工子光路08。在其他实施例中独立聚焦模组2的数量可根据微结构沿光纤周向的排布数量进行确定,独立聚焦模组的数量与沿光纤周向排布

的微结构数量相等即可,如,若需要在沿光纤周向加工6列微结构,那么可设置6组独立聚焦模组,若需要在沿光纤周向加工10列微结构,那么可设置10组独立聚焦模组。

[0090] 可以将第一激光加工子光路01作为基准光路,将该光路中的独立聚焦模组2定义为基准聚焦模组,基准聚焦模组包括沿光路依次设置的第一可调滤光片23、第一调焦整形移动组22以及第一调焦整形固定组21。在其他实施例中,第一可调滤光片23可以位于第一调焦整形移动组22以及第一调焦整形固定组21的出射光路中。第一调焦整形固定组21包括沿光路依次设置的三片透镜;第一调焦整形移动组22包括沿光路依次设置的一个胶合镜和单片平凸镜。第一调焦整形固定组21与第一调焦整形移动组22共同构成调焦整形系统,其中第一调焦整形固定组21位置固定,第一调焦整形移动组22可沿光轴方向移动,通过调整第一调焦整形移动组22,调节该光路激光加工子光束焦点沿光轴轴向距离,调整激光加工子光束的焦斑形貌,确保8束激光加工子光束的焦斑形貌一致。通过旋转第一可调滤光片23可以调整该光路激光加工子光束功率,确保8束激光加工子光束具有相同的激光功率。

[0091] 将其余激光加工子光路定义为出射角可调的光路,将其余激光加工子光路中的独立聚焦模组2定义为出射角可调的基准聚焦模组,出射角可调的基准聚焦模组包括沿光路依次设置的可调光楔组24、第二可调滤光片27、第二调焦整形移动组26以及第二调焦整形固定组25。在其他实施例中,可调光楔组24、第二可调滤光片27可以位于第二调焦整形移动组26以及第二调焦整形固定组25的出射光路中。

[0092] 可调光楔组24由两组楔角相同的光楔组成,两者可以绕光轴 360° 旋转。以基准聚焦模组出射的激光加工子光束的焦斑位置为基准,通过可调光楔组24调整相应出射角可调的聚焦模组出射的激光加工子光束出射角度,确保8束激光加工子光束的焦斑沿光纤的外周面周向均布。第二调焦整形固定组25包括沿光路依次设置的三片透镜;第二调焦整形移动组26包括沿光路依次设置的一个胶合镜和单片平凸镜。第二调焦整形固定组25与第二调焦整形移动组26共同构成调焦整形系统,其中第二调焦整形固定组25位置固定,第二调焦整形移动组26可沿光轴方向移动,通过调整第二调焦整形移动组26,调节激光加工子光束焦点沿光轴轴向距离,确保8束激光加工子光束的焦斑形貌一致;通过更换不同光学参数的第二调焦整形固定组25与第二调焦整形移动组26,其组成的光学系统总体光学放大倍率可为5倍—100倍,聚焦光斑也随倍率进行变化。为了满足不同形状微结构加工需求,还可以在独立聚焦模组2中设置衍射光学元件,用于对激光焦点空间能量分布进行调控。通过旋转第二可调滤光片27调整激光加工子光束功率,确保8束激光加工子光束具有相同的激光功率。

[0093] 为了精确调整光纤位置,该微结构激光加工头中还设有至少两组成像镜组和CCD相机,从图3可以看出,其中一个成像镜组6和一个相机7与第七激光加工子光路07共光轴,该激光加工子光路中的第二调焦整形固定组25和第二调焦整形移动组26和成像镜组构成一个远心成像光学系统,将棒状待加工件3成像在相机7上;另一个成像镜组6和另一个相机7与第五激光加工子光路05共光轴,该激光加工子光路中的第二调焦整形固定组25和第二调焦整形移动组26和成像镜组构成一个远心成像光学系统,将棒状待加工件3成像在相机7上。通过判断两组相机上光纤轮廓中心的位置,调整光纤位置,使得待加工光纤的轴向中心线与通孔轴向中心线严格重合。

[0094] 本实施例分光组件包括分光镜组件与反射镜组件,分光镜组件包括分光镜一41、分光镜二42、分光镜三43、分光镜四44、分光镜五45、分光镜六46及分光镜七47;反射镜组件

包括反射镜一48、反射镜二49、反射镜三50、反射镜四51及二向色镜52；结合图3，对8条激光加工子光路进行详述：

[0095] 激光器8发出的光束经过光路传输系统后通过激光入射孔12入射至通孔11内，通过分光镜一41分光后透射光透过分光镜二42，到达第一激光加工子光路01，依次进入第一可调滤光片23，第一调焦整形移动组22和第一调焦整形固定组21，激光经过整形聚焦后在光纤表面汇聚；

[0096] 分光镜一41反射的光束经分光镜三43反射后，进入第八激光加工子光路08；依次进入该光路的可调光楔组24、第二可调滤光片27，第二调焦整形移动组26和第二调焦整形固定组25，激光经过整形聚焦后在光纤表面汇聚；

[0097] 分光镜三43的透射光束经反射镜一48反射后达到分光镜四44，其反射光束进入第七激光加工子光路07；依次进入该光路的可调光楔组24、第二可调滤光片27，第二调焦整形移动组26和第二调焦整形固定组25，激光经过整形聚焦后在光纤表面汇聚；

[0098] 分光镜四44的透射光束经分光镜五45反射后进入第六激光加工子光路06；依次进入该光路的可调光楔组24、第二可调滤光片27，第二调焦整形移动组26和第二调焦整形固定组25，激光经过整形聚焦后在光纤表面汇聚；

[0099] 分光镜五45的透射光束经反射镜四51和二向色镜52反射后进入第五激光加工子光路05；依次进入该光路的可调光楔组24、第二可调滤光片27，第二调焦整形移动组26和第二调焦整形固定组25，激光经过整形聚焦后在光纤表面汇聚；

[0100] 激光器8出射光束经过分光镜一41分光后透射光到达分光镜二42，分光镜二42的反射光束经分光镜六46反射后进入第二激光加工子光路02；依次进入该光路的可调光楔组24、第二可调滤光片27，第二调焦整形移动组26和第二调焦整形固定组25，激光经过整形聚焦后在光纤表面汇聚；

[0101] 分光镜六46的透射光束经反射镜二49和分光镜七47的反射后进入第三激光加工子光路03；依次进入该光路的可调光楔组24、第二可调滤光片27，第二调焦整形移动组26和第二调焦整形固定组25，激光经过整形聚焦后在光纤表面汇聚；

[0102] 分光镜七47的透射光束经反射镜三50反射后进入第四激光加工子光路04；依次进入该光路的可调光楔组24、第二可调滤光片27，第二调焦整形移动组26和第二调焦整形固定组25，激光经过整形聚焦后在光纤表面汇聚。

[0103] 上述分光镜对于加工激光波长的分光比分别为：

[0104] 分光镜一41透过率50%、反射率50%；分光镜二42透过率25%、反射率75%；分光镜三43透过率75%、反射率25%；分光镜四44透过率66.6%、反射率33.3%；分光镜五45透过率50%、反射率50%；分光镜六46透过率66.6%、反射率33.3%；分光镜七透过率50%、反射率50%，上述反射镜反射率接近100%。

[0105] 因成像镜组6和第七激光加工子光路07的第二调焦整形固定组25和第二调焦整形移动组26构成一个远心成像光学系统，因此分光镜四44也可以为二向色镜，对激光波长透过率66.6%、反射率33.3%，对成像光源波长全透；同理，因成像镜组6和第五激光加工子光路05的第二调焦整形固定组25和第二调焦整形移动组26构成一个远心成像光学系统，因此二向色镜52对激光波长全反射，对成像光源波长全透。

[0106] 在加工时，将上述微结构激光加工头设置在光路传输系统的出射端，光路传输系

统出射的激光加工光束与微结构激光加工头中激光入射孔12同轴。先进行以下调试：

[0107] a)、首先将激光功率计放置在通孔中心位置处,对准其中一组独立聚焦模组,功率探测面须一定离焦;

[0108] b) 开启激光器,使激光通过光学系统后进入功率探测面,调节该组独立聚焦模组对应的第一可调滤光片或第二可调滤光片,使功率数值约等于激光器输出功率的八分之一;

[0109] c) 分别对其他聚焦模组进行以上操作,通过调节可调滤光片,直至八组独立聚焦模组的聚焦光束激光功率基本一致;

[0110] d) 将光纤从光纤周向表面微结构加工头通孔中心穿过,调整光纤位置,使光纤在CCD相机上成像,进一步对光纤位置进行微调,使光纤轮廓中心与两组CCD相机视场中心重合,此时光纤位于加工头中心;

[0111] e) 开启激光器,在光纤周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的分布情况,若微结构周向分布不均匀,以基准聚焦模组出射的激光加工子光束的焦斑位置为基准,调整出射角可调的对应独立聚焦模组的可调光楔组,改变聚焦焦点延垂直光轴方向的位置,直至周向分布的微结构均匀分布;

[0112] f) 开启激光器,在光纤周向加工一组微结构,并在显微镜下观察微结构的形貌,若某微结构尺寸不满足要求,则调整对应独立聚焦模组的第一调焦整形移动组或第二调焦整形移动组,改变聚焦焦点延光轴方向位置,直至周向分布的微结构形貌一致。

[0113] 调试完成后,当激光光束从激光入射口进入加工头后,运动机构带动加工头延光纤轴向运动,在光纤表面即可一次加工出8列均匀分布的微结构。

[0114] 针对同种结构尺寸的光纤,每次加工时,不需再次进行调试,根据相机视场中心与光纤轮廓中心重合的原则将光纤固定在相应位置即可。

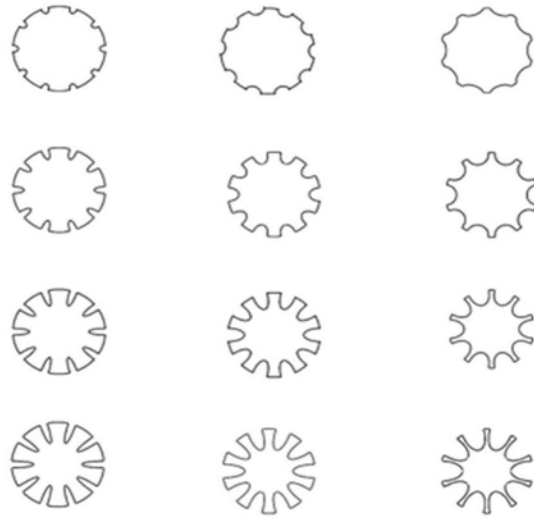


图1

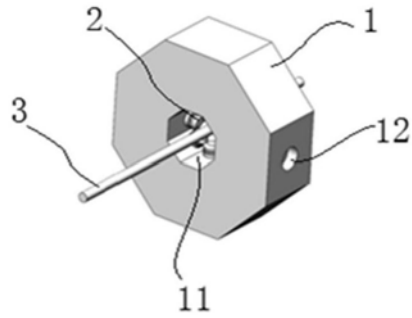


图2

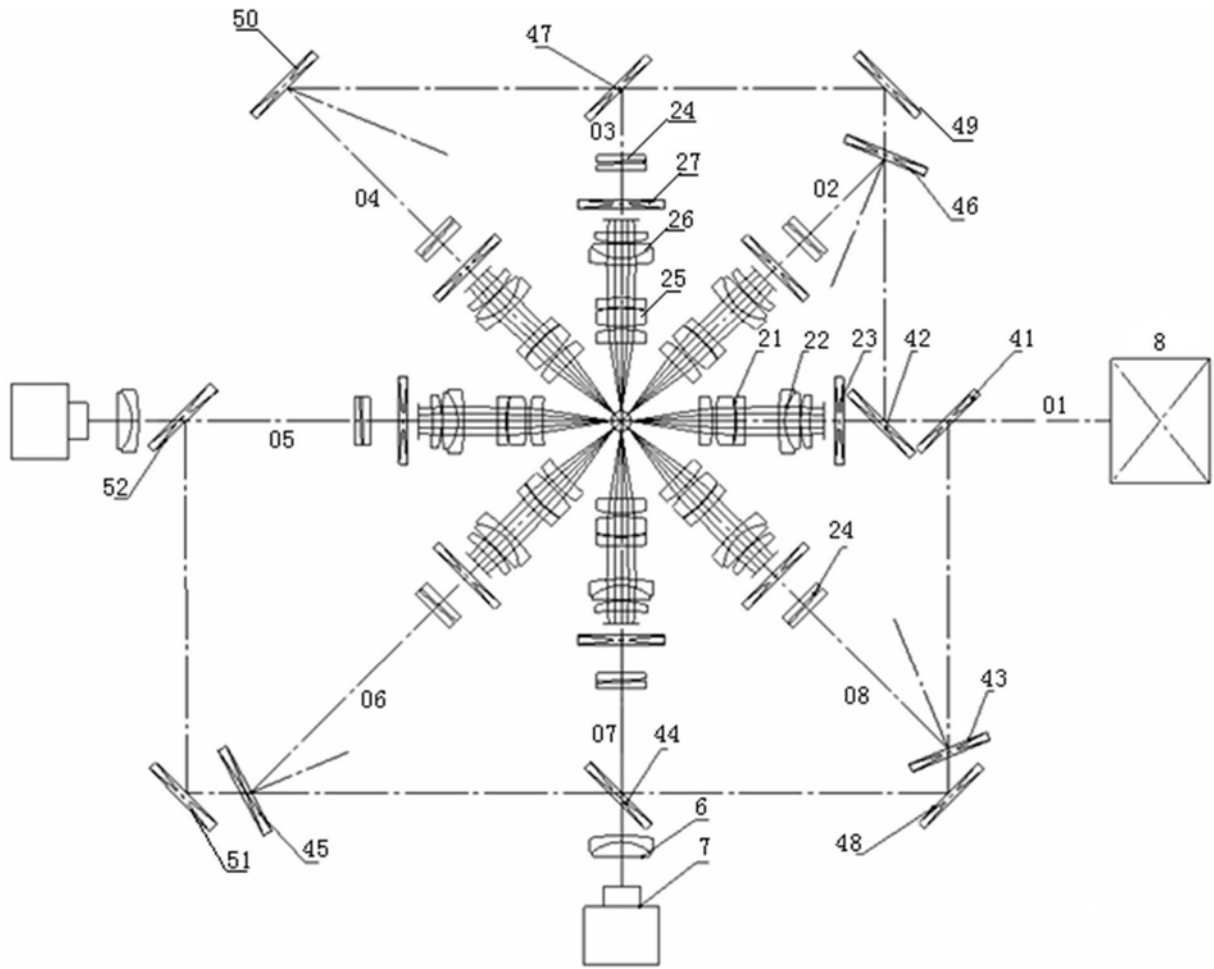


图3