

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2014 年 10 月 16 日 (16.10.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/166178 A1

- (51) 国际专利分类号:
C03B 37/012 (2006.01) G02B 6/024 (2006.01)
C03B 37/027 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/079970
- (22) 国际申请日: 2013 年 7 月 24 日 (24.07.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310125392.X 2013 年 4 月 11 日 (11.04.2013) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 烽火通信科技股份有限公司 (FIBERHOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人 (仅对美国): 杜城 (DU, Cheng) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。 陈伟 (CHEN, Wei) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。 李诗愈 (LI,

Shiyu) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。 莫琦 (MO, Qi) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。 张涛 (ZHANG, Tao) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。 柯一礼 (KE, Yili) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。 罗文勇 (LUO, Wenyong) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。 杜琨 (DU, Kun) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。 胡福明 (HU, Fuming) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖开发区关东科技园东信路 5 号, Hubei 430074 (CN)。

(74) 代理人: 北京捷诚信通专利事务所 (普通合伙) (BEIJING PSCU PATENT OFFICE); 中国北京市西城区三里河一区 5-5, Beijing 100045 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,

[见续页]

(54) Title: CHIRALLY COUPLED CORE OPTICAL FIBRE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种手征性耦合芯径光纤及其制造方法

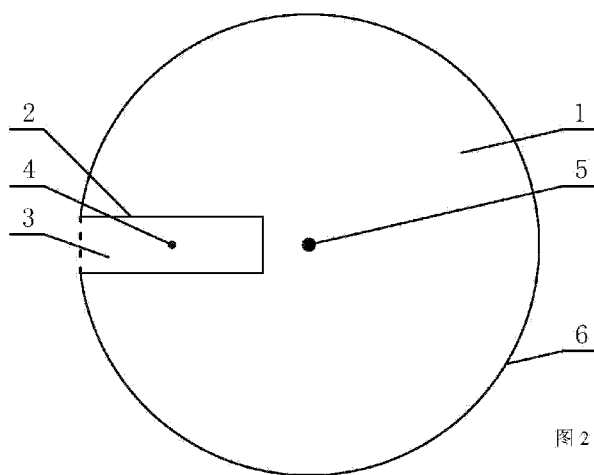


图 2 / Fig. 2

(57) Abstract: Disclosed is a chirally coupled core optical fibre and a manufacturing method therefor, which relate to the field of laser transmission and amplification in optical fibres. The manufacturing method comprises the following steps of: processing a semi-finished product of a guide fibre core preform and a semi-finished product of a satellite fibre core preform, so as to form a satellite fibre core preform and a guide fibre core preform provided with a fibre core slot; embedding the satellite fibre core preform into the fibre core slot; performing fused tapering at the end of the guide fibre core preform to form a chirally coupled core optical fibre preform; and performing fused wire-drawing on the chirally coupled core optical fibre preform, so as to form a chirally coupled core optical fibre. The output optical beam quality of the chirally coupled core optical fibre is less than 1.1, the fundamental mode loss thereof is less than 0.5 dB/m, and the high-order mode loss thereof is more than 100 dB/m.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2014/166178 A1



KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

— 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

一种手征性耦合芯径光纤及其制造方法, 涉及光纤激光传输与放大领域。该制造方法包括以下步骤: 对导引纤芯预制棒半成品和卫星纤芯预制棒半成品进行加工, 形成卫星纤芯预制棒和开有纤芯槽的导引纤芯预制棒; 将卫星纤芯预制棒嵌入纤芯槽; 在导引纤芯预制棒的端部进行熔融拉锥, 形成手征性耦合芯径光纤预制棒; 将手征性耦合芯径光纤预制棒熔融拉丝, 形成手征性耦合芯径光纤。该手征性耦合芯径光纤的输出光束质量小于 1.1, 基模损耗小于 0.5dB/m, 高阶模损耗大于 100dB/m。

说明书

一种手征性耦合芯径光纤及其制造方法

技术领域

本发明涉及光纤激光传输与放大领域，具体涉及一种手征性耦合芯径光纤及其制造方法。

背景技术

光纤激光器是采用光纤作为光纤介质的激光器，光纤激光器以其高转换效率、良好散热性能和稳定性的特点，已成为激光器应用领域的主流激光器之一。

随着激光器应用领域的不断扩展，用户对光纤激光器输出功率的需求越来越高。人们一般采用大模场面积光纤来提升光纤激光器的输出功率；由于大模场光纤纤芯中的激光模式振荡会造成光束质量下降，因此为了优化光束质量，人们一般采取降低光纤纤芯的数值孔径的方式。但是，光纤纤芯数值孔径下降会造成光纤光束束缚能力下降，不利于光纤弯曲使用，并且现有降低数值孔径的幅度有限。

随着时代的进步，人们发现手征性耦合芯径光纤在能够实现大模场面积光纤特性的同时，可以通过周期性环绕的卫星纤芯抑制光纤中高阶模式传输，实现激光光纤的单模输出。因此，手征性耦合芯径光纤可以实现光纤激光器的输出功率的目的。手征性耦合芯径光纤包括石英包层材料、位于石英包层材料内部中心的导引纤芯和至少一根螺旋环绕于导引纤芯周围的卫星纤芯。

现有的手征性耦合芯径光纤的制造时一般采用管套棒（RIT）法或者机械钻孔法。但是，管套棒和钻孔法制造手征性耦合芯径光纤时，

分别存在以下缺陷：

采用管套棒法制造手征性耦合芯径光纤时，将导引纤芯预制棒和卫星纤芯预制棒装在套管中，对套管进行加温和拉丝，形成手征性耦合芯径光纤，拉丝过程中控制卫星纤芯预制棒装的旋转速度与套管内的压力。管套棒法在拉丝过程中，由于套管与导引纤芯预制棒中有卫星纤芯预制棒，难以紧密贴合，旋转拉丝过程中需要在线调节套管中的气压，以避免空气线夹入光纤，而且波导结构容易变形，不同手征性耦合芯径光纤的精度难以统一，工艺重复性差，不适合大批量生产。

采用机械钻孔法制造手征性耦合芯径光纤时，首先通过机械钻在导引纤芯预制棒中略偏离中心轴的位置钻圆形的加工通孔，然后将卫星纤芯预制棒插入圆孔中，将导引纤芯预制棒和卫星纤芯预制棒通过旋转的拉丝工艺形成手征性耦合芯径光纤。采用机械钻孔法制造手征性耦合芯径光纤时的缺陷为：

（1）机械钻钻圆形的加工通孔时，由于需要保证加工通孔内表面的粗糙度、以及加工通孔与卫星纤芯预制棒匹配度，因此机械钻钻加工通孔时需要较高的机械加工精度；而且机械钻钻加工通孔，机械钻的钻头的力度难以控制，随着加工通孔深度的增大，机械钻的钻头的尖端会产生向导引纤芯预制棒外壁方向甩动的离心力，进而造成加工通孔的两端的尺寸不同。因此，采用机械钻孔法制造手征性耦合芯径光纤制造难度较大，不便于人们制造。

（2）钻孔法加工时，卫星纤芯预制棒的横截面为圆形，卫星纤芯位于卫星纤芯预制棒的中心，由于卫星纤芯预制棒外部设置有一定厚度的包层，因此卫星纤芯与导引纤芯之间的间距较大；为了减小卫星纤芯与导引纤芯之间的间距，必须减小加工通孔的孔径和卫星纤芯预制棒的体积，减小加工通孔的孔径和卫星纤芯预制棒的体积比较困

难，制造难度较大。

发明内容

针对现有技术中存在的缺陷，本发明的目的在于提供一种手征性耦合芯径光纤及其制造方法，本发明制造的手征性耦合芯径光纤不仅光学性能和可靠性均较好，而且制造难度较低，适合大批量生产。

为达到以上目的，本发明提供的种手征性耦合芯径光纤的制造方法，包括以下步骤：A、对导引纤芯预制棒半成品和卫星纤芯预制棒半成品进行加工，形成卫星纤芯预制棒和开有纤芯槽的导引纤芯预制棒；所述纤芯槽的形状与卫星纤芯预制棒的外形匹配；B、将所述卫星纤芯预制棒嵌入纤芯槽，所述卫星纤芯预制棒内的卫星纤芯、纤芯槽的中心和导引纤芯预制棒内的导引纤芯位于同一平面；在导引纤芯预制棒的端部进行熔融拉锥，形成手征性耦合芯径光纤预制棒；C、将所述手征性耦合芯径光纤预制棒在 $1800^{\circ}\text{C}\sim 2200^{\circ}\text{C}$ 的温度下熔融拉丝，拉丝速度为 $15\text{m/min}\sim 180\text{m/min}$ ，拉丝张力为 $0.25\text{N}\sim 1.42\text{N}$ ；拉丝过程中以 $18\text{r/min}\sim 89\text{r/min}$ 的旋转速度旋转卫星纤芯，将卫星纤芯螺旋环绕于导引纤芯周围，手征性耦合芯径光纤预制棒拉丝后形成手征性耦合芯径光纤；所述手征性耦合芯径光纤的输出光束质量小于 1.1，基模损耗小于 0.5dB/m ，高阶模损耗大于 100dB/m 。

在上述技术方案的基础上，步骤 A 包括以下流程：在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽，形成开有纤芯槽的导引纤芯预制棒；根据纤芯槽的形状对卫星纤芯预制棒半成品进行加工，形成卫星纤芯预制棒，所述纤芯槽的形状与卫星纤芯预制棒的外形匹配。

在上述技术方案的基础上，步骤 A 包括以下流程：对卫星纤芯预制棒半成品进行加工；形成卫星纤芯预制棒；根据卫星纤芯预制棒的形状，在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽，形成开

有纤芯槽的导引纤芯预制棒，所述纤芯槽的形状与加工后的卫星纤芯预制棒的外形匹配。

在上述技术方案的基础上，所述纤芯槽的横截面和导引纤芯预制棒的横截面均为矩形。

在上述技术方案的基础上，所述卫星纤芯预制棒的横截面的长度为 4.22mm~33mm，宽度为 2.17mm~17.87mm，所述卫星纤芯预制棒与纤芯槽的尺寸偏差小于 0.25mm。

在上述技术方案的基础上，步骤 B 中将所述卫星纤芯预制棒嵌入纤芯槽后，所述卫星纤芯预制棒靠近导引纤芯的侧壁与卫星纤芯之间的间距为 1.84mm~4.02mm。

在上述技术方案的基础上，步骤 A 和步骤 B 之间还包括以下步骤：对所述纤芯槽进行抛光。

在上述技术方案的基础上，所述导引纤芯预制棒半成品的包层的直径为 12mm~72.02mm，所述导引纤芯的直径为 3.50 mm~16.50mm。

本发明提供的手征性耦合芯径光纤，采用上述制造方法制成，所述手征性耦合芯径光纤的输出光束质量小于 1.1，基模损耗小于 0.5dB/m，高阶模损耗大于 100dB/m。

在上述技术方案的基础上，所述手征性耦合芯径光纤的直径为 400 μ m~410 μ m。

与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

(1) 本发明制造手征性耦合芯径光纤时，在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽，将外形与纤芯槽匹配的卫星纤芯预制棒嵌入纤芯槽内。与现有技术中通过机械钻加工通孔制造的手征性耦合芯径光纤相比，本发明只需通过数控机床在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽，开纤芯槽不需要高精度的机械钻，开纤

芯槽的过程不仅比较容易，制造成本较低；而且纤芯槽内壁的光洁度处理的工艺难度较低，纤芯槽的形状和卫星纤芯预制棒的外形容易匹配。因此，通过本发明的方法制造手征性耦合芯径光纤时，不仅制造难度较低，工作效率较高，而且适合大批量、规模化生产。

(2) 本发明将卫星纤芯预制棒嵌入纤芯槽后，卫星纤芯预制棒内的卫星纤芯、纤芯槽的中心和导引纤芯预制棒内的导引纤芯位于同一平面，卫星纤芯在拉丝时能够按照需求准确的环绕于导引纤芯周围；卫星纤芯预制棒靠近导引纤芯的侧壁与卫星纤芯之间的间距为1mm~49mm，卫星纤芯与导引纤芯的距离较近，便于拉丝。因此，本发明制造手征性耦合芯径光纤时，容易将卫星纤芯环绕于导引纤芯周围，卫星纤芯和导引纤芯的位置控制难度不仅较低，而且能够精确的实现波导结构设计。

(3) 通过本发明的制造方法制得的手征性耦合芯径光纤的输出光束质量小于 1.1，基模损耗小于 0.5dB/m，高阶模损耗大于 100dB/m；手征性耦合芯径光纤光学性能和可靠性均较好。

附图说明

图 1 为本发明中方法的流程图；

图 2 为本发明中手征性耦合芯径光纤预制棒的结构示意图；

图 3 为本发明中手征性耦合芯径光纤的结构示意图。

图中：1-导引纤芯预制棒，2-纤芯槽，3-卫星纤芯预制棒，4-卫星纤芯，5-导引纤芯，6-手征性耦合芯径光纤预制棒，7-手征性耦合芯径光纤。

具体实施方式

以下结合附图及实施例对本发明作进一步详细说明。

参见图 1、图 2 所示，本发明实施例中的手征性耦合芯径光纤的制造方法，包括以下步骤：

S1：对导引纤芯预制棒半成品和卫星纤芯预制棒半成品进行加工，形成卫星纤芯预制棒 3 和开有纤芯槽 2 的导引纤芯预制棒 1；纤芯槽 2 的形状与卫星纤芯预制棒 3 的外形匹配，纤芯槽 2 的横截面和导引纤芯预制棒 1 的横截面均为矩形。

导引纤芯预制棒半成品的包层的直径为 12mm~72.02mm，导引纤芯 5 的直径为 3.50 mm~16.50mm；卫星纤芯预制棒 3 的横截面的长度为 4.22mm~33mm，宽度为 2.17mm~17.87mm，卫星纤芯预制棒 3 与纤芯槽 2 的尺寸偏差小于 0.25mm。

为了满足用户不同的需求，S1 可以通过以下两种方式实现：

(1) 在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽 2，形成开有纤芯槽 2 的导引纤芯预制棒 1；根据纤芯槽 2 的形状对卫星纤芯预制棒半成品进行加工，形成卫星纤芯预制棒 3，纤芯槽 2 的形状与卫星纤芯预制棒 3 的外形匹配；

(2) 对卫星纤芯预制棒半成品进行加工；形成卫星纤芯预制棒 3；根据卫星纤芯预制棒 3 的形状，在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽 2，形成开有纤芯槽 2 的导引纤芯预制棒 1，纤芯槽 2 的形状与加工后的卫星纤芯预制棒 3 的外形匹配。

S2：对纤芯槽 2 进行抛光处理。

对纤芯槽 2 进行抛光处理能够使得纤芯槽 2 的光洁度较高，将纤芯槽 2 内的杂质降到最低，卫星纤芯预制棒 3 嵌入抛光后的纤芯槽 2 时，卫星纤芯预制棒 3 能够与纤芯槽 2 紧密贴合。

S3：将卫星纤芯预制棒 3 嵌入纤芯槽 2，卫星纤芯预制棒 3 嵌入纤芯槽 2 后，卫星纤芯预制棒 3 内的卫星纤芯 4、纤芯槽 2 的中心 5

和导引纤芯预制棒 1 内的导引纤芯 5 位于同一平面, 卫星纤芯预制棒 3 靠近导引纤芯 5 的侧壁与卫星纤芯 4 之间的间距为 1.84mm~4.02mm。

卫星纤芯预制棒 3 内的卫星纤芯 4、纤芯槽 2 的中心 5 和导引纤芯预制棒 1 内的导引纤芯 5 位于同一平面能够保证卫星纤芯 4 能够准确的螺旋环绕于导引纤芯 5 周围。

S4: 在导引纤芯预制棒 1 的端部进行熔融拉锥, 形成手征性耦合芯径光纤预制棒 6。

在导引纤芯预制棒 1 的端部进行熔融拉锥能够防止导引纤芯预制棒 1 和导引纤芯预制棒 1 内部的卫星纤芯预制棒 3 发生位于, 熔融拉锥形成的手征性耦合芯径光纤预制棒 6 便于拉丝。

S5: 将手征性耦合芯径光纤预制棒 6 在 1800℃~2200℃的温度下熔融拉丝, 拉丝速度为 15m/min~180m/min, 拉丝张力为 0.25N~1.42N; 拉丝过程中以 18r/min~89r/min 的旋转速度旋转卫星纤芯 4, 将卫星纤芯 4 螺旋环绕于导引纤芯 5 周围, 手征性耦合芯径光纤预制棒 6 拉丝后形成手征性耦合芯径光纤。手征性耦合芯径光纤 7 的直径为 400μm~410μm、输出光束质量小于 1.1、基模损耗小于 0.5dB/m、高阶模损耗大于 100dB/m。

参见图 3 所示, 本发明实施例中的手征性耦合芯径光纤 7 通过上述制造方法制成, 手征性耦合芯径光纤 7 包括导引纤芯 5 和螺旋环绕于导引纤芯 5 周围的卫星纤芯 4。该手征性耦合芯径光纤 7 的直径为 400μm~410μm、输出光束质量小于 1.1、基模损耗小于 0.5dB/m、高阶模损耗大于 100dB/m。

下面通过三个实施例进行具体说明。

实施例 1: 制造光束质量为 1.07 的手征性耦合芯径光纤 7。

选择包层直径为 42.10mm、导引纤芯 5 的直径为 7.50mm 的导引纤芯预制棒半成品，在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽 2，形成开有纤芯槽 2 的导引纤芯预制棒 1。纤芯槽 2 的横截面为矩形，根据纤芯槽 2 的形状对卫星纤芯预制棒半成品（卫星纤芯预制棒半成品内部的卫星纤芯 4 稀土掺杂）进行加工，形成卫星纤芯预制棒 3。卫星纤芯预制棒 3 的横截面也为矩形，其长度为 17.05mm，宽度为 9.60mm；卫星纤芯预制棒 3 与纤芯槽 2 的尺寸偏差为 0.15mm。

对纤芯槽 2 进行抛光，将卫星纤芯预制棒 3 嵌入纤芯槽 2，卫星纤芯预制棒 3 嵌入纤芯槽 2 后，卫星纤芯预制棒 3 内的卫星纤芯 4、纤芯槽 2 的中心 5 和导引纤芯预制棒 1 内的导引纤芯 5 位于同一平面，卫星纤芯预制棒 3 靠近导引纤芯 5 的侧壁与卫星纤芯 4 之间的间距为 4.02mm。

在导引纤芯预制棒 1 的端部进行熔融拉锥，形成手征性耦合芯径光纤预制棒 6；将手征性耦合芯径光纤预制棒 6 在 2050℃ 的温度下熔融拉丝，拉丝速度为 110m/min，拉丝张力为 0.88N；拉丝过程中以 57r/min 的旋转速度旋转卫星纤芯 4，将卫星纤芯 4 螺旋环绕于导引纤芯 5 周围，手征性耦合芯径光纤预制棒 6 拉丝后形成手征性耦合芯径光纤 7。

经验证得出，实施例 1 中的手征性耦合芯径光纤 7 外部涂层的直径为 564 μ m，手征性耦合芯径光纤 7 的直径为 402 μ m、工作波长为 1082.05nm、内包层数值孔径为 0.46、光束质量为 1.07、包层吸收系数为 2.97 dB/m、基模损耗为 0.35dB/m、高阶模损耗为 102dB/m。

实施例 2：制造光束质量为 1.09 的手征性耦合芯径光纤 7。

选择包层直径为 12.12mm、导引纤芯 5 的直径为 3.60mm 的导引纤芯预制棒半成品，在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯

槽 2，形成开有纤芯槽 2 的导引纤芯预制棒 1。纤芯槽 2 的横截面为矩形，根据纤芯槽 2 的形状对卫星纤芯预制棒半成品（卫星纤芯预制棒半成品内部的卫星纤芯 4 稀土掺杂）进行加工，形成卫星纤芯预制棒 3。卫星纤芯预制棒 3 的横截面也为矩形，其长度为 4.22mm，宽度为 2.17mm；卫星纤芯预制棒 3 与纤芯槽 2 的尺寸偏差为 0.11mm。

对纤芯槽 2 进行抛光，将卫星纤芯预制棒 3 嵌入纤芯槽 2，卫星纤芯预制棒 3 嵌入纤芯槽 2 后，卫星纤芯预制棒 3 内的卫星纤芯 4、纤芯槽 2 的中心 5 和导引纤芯预制棒 1 内的导引纤芯 5 位于同一平面，卫星纤芯预制棒 3 靠近导引纤芯 5 的侧壁与卫星纤芯 4 之间的间距为 1.84mm。

在导引纤芯预制棒 1 的端部进行熔融拉锥，形成手征性耦合芯径光纤预制棒 6；将手征性耦合芯径光纤预制棒 6 在 1800℃ 的温度下熔融拉丝，拉丝速度为 15m/min，拉丝张力为 0.25N；拉丝过程中以 89r/min 的旋转速度旋转卫星纤芯 4，将卫星纤芯 4 螺旋环绕于导引纤芯 5 周围，手征性耦合芯径光纤预制棒 6 拉丝后形成手征性耦合芯径光纤 7。

经验证得出，实施例 2 中的手征性耦合芯径光纤 7 外部涂层的直径为 570 μ m，手征性耦合芯径光纤 7 的直径为 405 μ m、工作波长为 1070.94nm、内包层数值孔径为 0.46、光束质量为 1.09、包层吸收系数为 2.76dB/m、基模损耗为 0.32dB/m、高阶模损耗为 103dB/m。

实施例 3：制造光束质量为 1.01 的手征性耦合芯径光纤 7。

选择包层直径为 72.01mm、导引纤芯 5 的直径为 16.40mm 的导引纤芯预制棒半成品，在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽 2，形成开有纤芯槽 2 的导引纤芯预制棒 1。纤芯槽 2 的横截面为矩形，根据纤芯槽 2 的形状对卫星纤芯预制棒半成品（卫星纤芯预

制棒半成品内部的卫星纤芯 4 稀土掺杂) 进行加工, 形成卫星纤芯预制棒 3。卫星纤芯预制棒 3 的横截面也为矩形, 其长度为 32.92mm, 宽度为 17.87mm; 卫星纤芯预制棒 3 与纤芯槽 2 的尺寸偏差为 0.23mm。

对纤芯槽 2 进行抛光, 将卫星纤芯预制棒 3 嵌入纤芯槽 2, 卫星纤芯预制棒 3 嵌入纤芯槽 2 后, 卫星纤芯预制棒 3 内的卫星纤芯 4、纤芯槽 2 的中心 5 和导引纤芯预制棒 1 内的导引纤芯 5 位于同一平面, 卫星纤芯预制棒 3 靠近导引纤芯 5 的侧壁与卫星纤芯 4 之间的间距为 3.08mm。

在导引纤芯预制棒 1 的端部进行熔融拉锥, 形成手征性耦合芯径光纤预制棒 6; 将手征性耦合芯径光纤预制棒 6 在 2200℃ 的温度下熔融拉丝, 拉丝速度为 180m/min, 拉丝张力为 1.42N; 拉丝过程中以 18r/min 的旋转速度旋转卫星纤芯 4, 将卫星纤芯 4 螺旋环绕于导引纤芯 5 周围, 手征性耦合芯径光纤预制棒 6 拉丝后形成手征性耦合芯径光纤 7。

经验证得出, 实施例 3 中的手征性耦合芯径光纤 7 外部涂层的直径为 570 μ m, 手征性耦合芯径光纤 7 的直径为 410 μ m、工作波长为 1068.77nm、内包层数值孔径为 0.46、光束质量为 1.01、包层吸系数为 2.01dB/m、基模损耗为 0.45dB/m、高阶模损耗为 111dB/m。

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。

权 利 要 求 书

1. 一种手征性耦合芯径光纤的制造方法，其特征在于：包括以下步骤：

A、对导引纤芯预制棒半成品和卫星纤芯预制棒半成品进行加工，形成卫星纤芯预制棒（3）和开有纤芯槽（2）的导引纤芯预制棒（1）；所述纤芯槽（2）的形状与卫星纤芯预制棒（3）的外形匹配；

B、将所述卫星纤芯预制棒（3）嵌入纤芯槽（2），所述卫星纤芯预制棒（3）内的卫星纤芯（4）、纤芯槽（2）的中心（5）和导引纤芯预制棒（1）内的导引纤芯（5）位于同一平面；在导引纤芯预制棒（1）的端部进行熔融拉锥，形成手征性耦合芯径光纤预制棒（6）；

C、将所述手征性耦合芯径光纤预制棒（6）在 1800℃~2200℃ 的温度下熔融拉丝，拉丝速度为 15m/min~180m/min，拉丝张力为 0.25N~1.42N；拉丝过程中以 18r/min~89r/min 的旋转速度旋转卫星纤芯（4），将卫星纤芯（4）螺旋环绕于导引纤芯（5）周围，手征性耦合芯径光纤预制棒（6）拉丝后形成手征性耦合芯径光纤（7）；所述手征性耦合芯径光纤（7）的输出光束质量小于 1.1，基模损耗小于 0.5dB/m，高阶模损耗大于 100dB/m。

2. 如权利要求 1 所述的手征性耦合芯径光纤的制造方法，其特征在于，步骤 A 包括以下流程：在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽（2），形成开有纤芯槽（2）的导引纤芯预制棒（1）；根据纤芯槽（2）的形状对卫星纤芯预制棒半成品进行加工，形成卫星纤芯预制棒（3），所述纤芯槽（2）的形状与卫星纤芯预制棒（3）的外形匹配。

3. 如权利要求 1 所述的手征性耦合芯径光纤的制造方法，其特征在于，步骤 A 包括以下流程：对卫星纤芯预制棒半成品进行加工；

形成卫星纤芯预制棒（3）；根据卫星纤芯预制棒（3）的形状，在导引纤芯预制棒半成品的外侧壁沿径向开纤芯槽（2），形成开有纤芯槽（2）的导引纤芯预制棒（1），所述纤芯槽（2）的形状与加工后的卫星纤芯预制棒（3）的外形匹配。

4. 如权利要求 1 所述的手征性耦合芯径光纤的制造方法，其特征在于：所述纤芯槽（2）的横截面和导引纤芯预制棒（1）的横截面均为矩形。

5. 如权利要求 4 所述的手征性耦合芯径光纤的制造方法，其特征在于：所述卫星纤芯预制棒（3）的横截面的长度为 4.22mm~33mm，宽度为 2.17mm~17.87mm，所述卫星纤芯预制棒（3）与纤芯槽（2）的尺寸偏差小于 0.25mm。

6. 如权利要求 1 所述的手征性耦合芯径光纤的制造方法，其特征在于：步骤 B 中将所述卫星纤芯预制棒（3）嵌入纤芯槽（2）后，所述卫星纤芯预制棒（3）靠近导引纤芯（5）的侧壁与卫星纤芯（4）之间的间距为 1.84mm~4.02mm。

7. 如权利要求 1 至 6 任一项所述的手征性耦合芯径光纤的制造方法，其特征在于：步骤 A 和步骤 B 之间还包括以下步骤：对所述纤芯槽（2）进行抛光。

8. 如权利要求 1 至 6 任一项所述的手征性耦合芯径光纤的制造方法，其特征在于：所述导引纤芯预制棒半成品的包层的直径为 12mm~72.02mm，所述导引纤芯（5）的直径为 3.50 mm~16.50mm。

9. 一种手征性耦合芯径光纤，其特征在于：采用权利要求 1 至 8 任一项所述的制造方法制成，所述手征性耦合芯径光纤（7）的输出光束质量小于 1.1，基模损耗小于 0.5dB/m，高阶模损耗大于 100dB/m。

10. 如权利要求 9 所述手征性耦合芯径光纤，其特征在于：所述

手征性耦合芯径光纤（7）的直径为 $400\mu\text{m}\sim 410\mu\text{m}$ 。

说明书附图

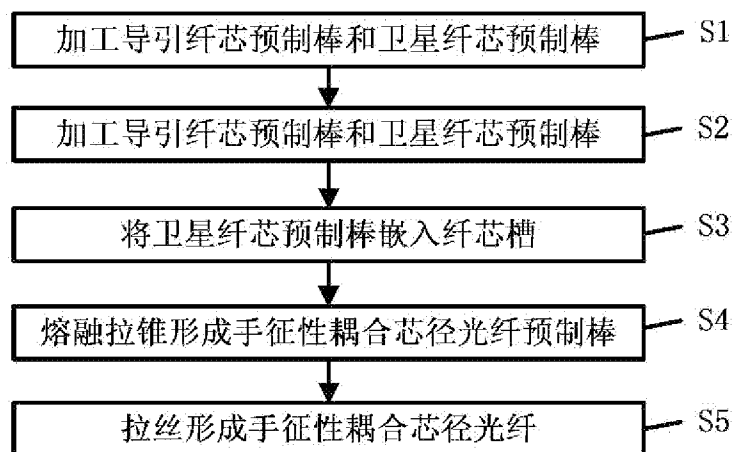


图 1

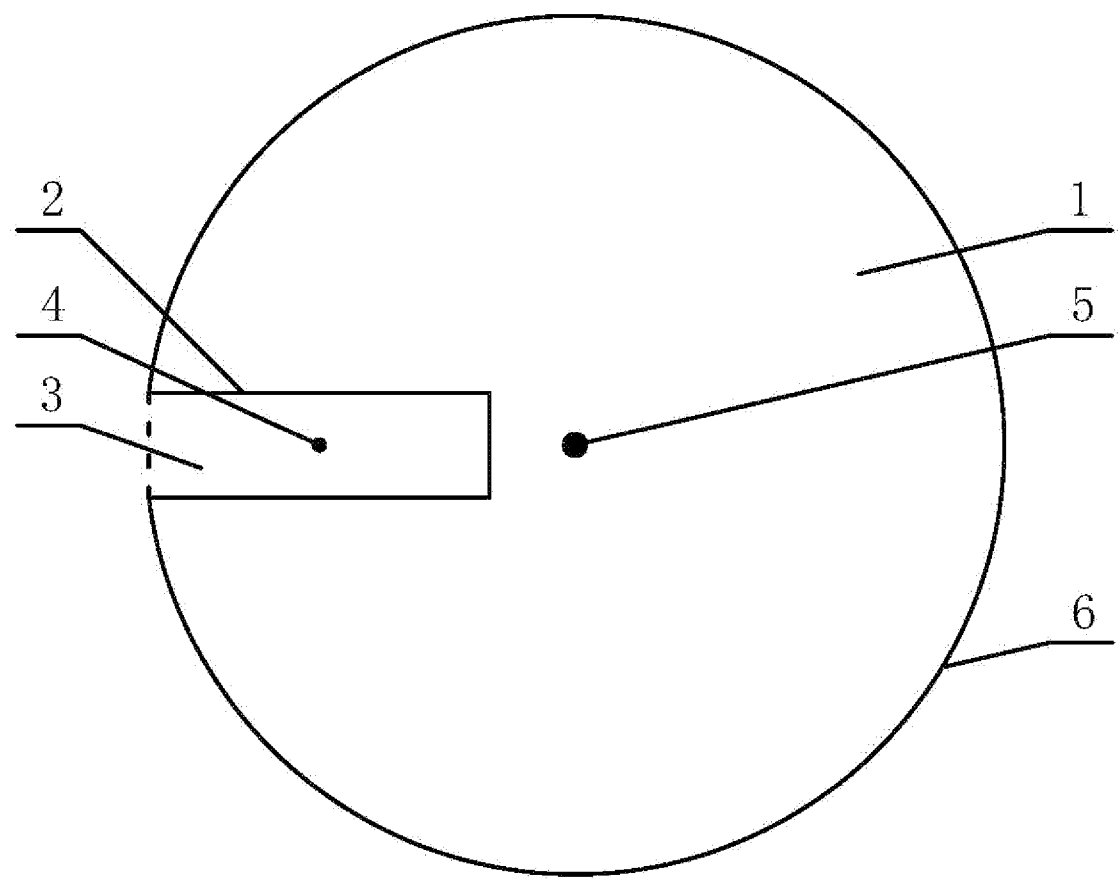


图 2

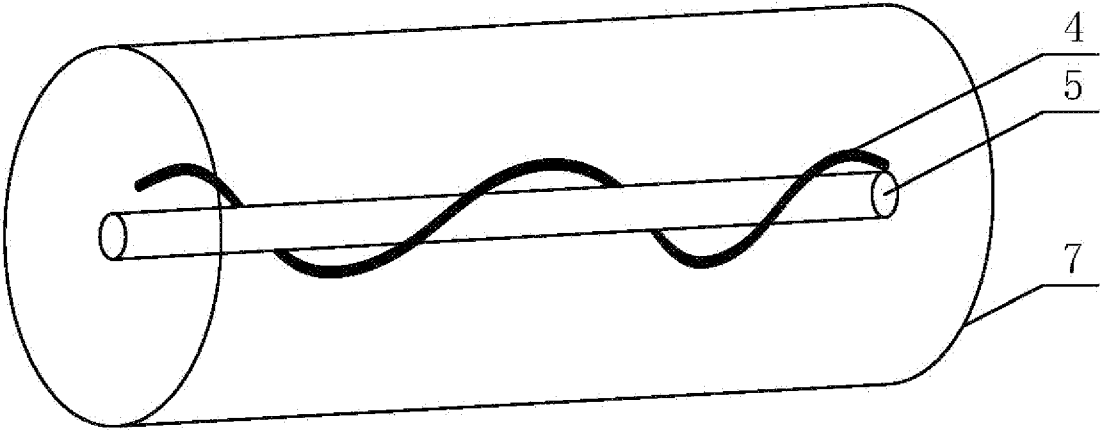


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/079970

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G02B; C03B 37

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, VEN, CNKI, ISI: DUCHENG, FENGHUO, perform, mother rod, groove, slot, chirally, coupled, single mode, coiling, whirling, helix, fiber, fibre, laser, CCC, 3C, satellite, core, rotate, prefabricated body, prefabricated rod,

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103204629 A (FIBERHOME TELECOM TECHNOLOGIES CO LTD) 17 July 2013 (17.07.2013) claims 1-10	1-10
Y	CN 102351415 A (WUHAN FENGHUO RAYS TECHNOLOGY CO LTD) 15 February 2012 (15.02.2012) description, paragraphs [0002]-[0021], paragraphs [0032]-[0040] and figures 1-5	1-10
Y	CN 101052907 A (UNIV MICHIGAN) 10 October 2007 (10.10.2007) description, page 12, paragraph [0004] to page 13, paragraph [0002] and figures 13A-13C	1-10
A	GALVANAUSKAS, A. et al. Effectively-single-mode large core passive and active fibers with chirally-coupled-core structures Lasers and Electro-Optics. May 2008, pages 1 and 2, ISBN:978-1-55752-859-9	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 10 December 2013 (10.12.2013)	Date of mailing of the international search report 23 January 2014 (23.01.2014)
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer NIU, Wenjing Telephone No. (86-10) 62084683

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/079970

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103204629 A	17.07.2013	None	
CN 102351415 A	15.02.2012	None	
CN 101052907 A	10.10.2007	CN 101052907 B	01.12.2010
		JP 2008506992 A	06.03.2008
		EP 1774379 A2	18.04.2007
		JP 2011150350 A	04.08.2011
		WO 2006014601 A3	30.03.2006
		JP 5068647 B2	07.11.2012
		US 7424193 B2	09.09.2008
		US 2006024008 A1	02.02.2006
		WO 2006014601 A2	09.02.2006

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/079970

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

C03B 37/012 (2006.01) i

C03B 37/027 (2006.01) i

G02B 6/024 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2013/079970

A. 主题的分类

见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G02B, C03B 37

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, VEN, CNKI, ISI: 杜城, 烽火, 光纤, 手征性耦合, 手征, 预制棒, 预制体, 母棒, 芯棒, 螺旋, 旋转, 开槽, 槽, 卫星纤芯, 导引纤芯, 激光器, chirally, coupled, core, single mode, coiling, whirling, helix, fiber, fibre, laser, CCC, 3C, satellite, core

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 103204629 A (烽火通信科技股份有限公司) 17.7 月 2013 (17.07.2013) 权利要求 1-10	1-10
Y	CN 102351415 A (武汉烽火锐光科技有限公司) 15.2 月 2012 (15.02.2012) 说明书[0002]-[0021]段, 第[0032]-[0040]段, 附图 1-5	1-10
Y	CN 101052907 A (密执安州立大学董事会) 10.10 月 2007 (10.10.2007) 说明书第 12 页第 4 段-13 页第 2 段, 附图 13A-13C	1-10
A	GALVANAUSKAS, A. et al. Effectively-single-mode large core passive and active fibers with chirally-coupled-core structures Lasers and Electro-Optics. 5 月 2008, 第 1-2 页, ISBN: 978-1-55752-859-9	1-10



其余文件在 C 栏的续页中列出。



见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

10.12 月 2013 (10.12.2013)

国际检索报告邮寄日期

23.1 月 2014 (23.01.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

牛文婧

电话号码: (86-10) **62084683**

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/079970

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 103204629 A	17.07.2013	无	
CN 102351415 A	15.02.2012	无	
CN 101052907 A	10.10.2007	CN 101052907 B	01.12.2010
		JP 2008506992 A	06.03.2008
		EP 1774379 A2	18.04.2007
		JP 2011150350 A	04.08.2011
		WO 2006014601 A3	30.03.2006
		JP 5068647 B2	07.11.2012
		US 7424193 B2	09.09.2008
		US 2006024008 A1	02.02.2006
		WO 2006014601 A2	09.02.2006

A. 主题的分类

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

C03B 37/012 (2006.01) i

C03B 37/027 (2006.01) i

G02B 6/024 (2006.01) i