

(12) 按照专利合作条约所公布国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2010年12月29日 (29.12.2010)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2010/148662 A1

- (51) 国际专利分类号:
C03B 37/012 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2010/070774
- (22) 国际申请日: 2010年2月26日 (26.02.2010)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
200910062805.8 2009年6月23日 (23.06.2009) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 长飞光纤光缆有限公司 (YANGTZE OPTICAL FIBRE AND CABLE COMPANY, LTD.) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市关山二路4号, Hubei 430073 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 韩庆荣 (HAN, Qingrong) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市关山二路4号, Hubei 430073 (CN)。 杨晨 (YANG, Chen) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市关山二路4号, Hubei 430073 (CN)。 刘泳涛 (LIU, Yongtao) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市关山二路4号, Hubei 430073 (CN)。 罗杰 (LUO, Jie) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市关山二路4号, Hubei 430073 (CN)。 拉吉·马泰 (RADJJ, Matai) [NL/CN]; 中国湖北省武汉市关山二路4号, Hubei 430073 (CN)。
- (74) 代理人: 武汉开元知识产权代理有限公司 (WUHAN KAIYUAN INTELLECTUAL PROPERTY AGENT LTD.); 中国湖北省武汉市江岸区香港路145号远洋大厦14层, Hubei 430015 (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, 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, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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。
- (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。
- 本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: OPTICAL FIBER PREFORM AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 一种光纤预制棒及其制造方法

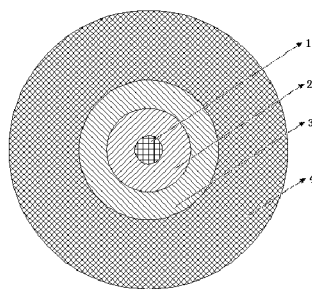


图3 / Fig. 3

(57) Abstract: An optical fiber preform and the manufacturing method thereof are disclosed. The ratio of the diameter of the optical fiber core rod to the diameter of the core layer is 2.1-2.8. The optical fiber core rod is fitted within a small cladding tube, which is made of fluorine-doped quartz glass. The optical fiber core rod and the small cladding tube are melted and combined together to form an assembled core rod. The ratio of the diameter difference between the assembled core rod and the optical fiber core rod to the diameter of the core layer is 0.5-2.2. The fluorine content ΔF of the small cladding tube made of fluorine-doped quartz glass is -0.20% to -0.35%, and the hydroxyl content is equal to or less than 500 ppb. A large cladding tube made of quartz glass is fitted outside of the assembled core rod, or a SiO₂ glass jacket is deposited directly onto the assembled core rod. The ratio of the effective diameter of the optical fiber preform to the diameter of the assembled core rod is 2.5-5.6. Said optical fiber preform can be used to make bend-resistant single mode fiber with low water peak that meets the standards of ITU-T G.652.D and G.657.

[见续页]



WO 2010/148662 A1



(57) 摘要:

一种光纤预制棒及其制造方法。光纤芯棒直径与芯层直径的比值为 2.1-2.8。光纤芯棒外套掺氟石英玻璃小套管，二者熔缩到一起得到组合芯棒。所述组合芯棒与光纤芯棒的直径之差与芯层直径的比值为 0.5-2.2。所述掺氟石英玻璃小套管的掺氟量 ΔF 为 0.20% 至 0.35%，羟基含量小于或等于 500ppb。组合芯棒外配置石英玻璃大套管或在组合芯棒上直接沉积 SiO_2 玻璃外包层。光纤预制棒的有效直径与组合芯棒的直径比值为 2.5-5.6。由该预制棒可制备出抗弯曲低水峰单模光纤，其可满足 ITU-T G.652.D 和 G.657 的标准。

一种光纤预制棒及其制造方法

技术领域

本发明涉及一种光纤预制棒及其光纤的制造方法以及用该预制棒制造光纤的方法，具体涉及抗弯曲低水峰单模光纤预制棒及其光纤的制造方法，属于光通信技术领域。

背景技术

在光纤制造中由于羟基（OH）在 1360nm ~ 1460nm 范围内所造成的吸收峰（俗称“水峰”）的存在，限制了该窗口的使用，因此为了使光纤在全波段范围内，包括在扩展波段 1360nm ~ 1460nm 范围内使用，就必须消除该波段的水峰影响。这样的光纤可以提供宽达 400nm 的可用波段，按 ITU-T G.652.C/D 规范，其在 $1383\pm 3\text{nm}$ 范围内衰耗小于 1310nm 的规定值，一般称为“低水峰光纤”或“无水峰光纤”。

这种低水峰光纤尤其适合城域网的建设，O 波段（1260nm ~ 1360nm）可以用于 WDM 模拟视频；在 E 波段（1360nm ~ 1460nm）能实现高比特率（10Gb/s）速率多波段数据传输；在 S、C、L 波段（1460nm ~ 1625nm）开通 2.5Gb/s 密集波分复用（DWDM）传输。采用这种光纤的系统可以有很多好处：（1）可复用的波长数大大增加；（2）可以分配不同的业务给最适合这种业务的波长传输，改进网络管理；（3）可以使用粗波分复用和更低成本的元器件，降低整个系统的成本。

近年来光纤接入（FTTx）开始成为光纤网络建设的热点，人们对各种可能用于 FTTx 领域的光纤进行了深入的研究。各种光纤从不同角度出發，

以适应 FTTx 的特殊工作环境，并在某些方面具有自己的独特优势：如塑料光纤具有极佳的柔软性，在室内布线方面具有优势；激光优化多模光纤具有很高的带宽和传输速率，适合小区和楼宇等短距离系统；弯曲不敏感光纤适合室内狭窄环境的应用，能充分发挥单模光纤的高带宽优点；高受激布里渊散射(SBS)阈值单模光纤则能提高注入光功率，方便小区三网合一建设。

由于目前接入网用得较多的是单模光纤，且随着低水峰单模光纤的广泛使用，具备弯曲不敏感性能的低水峰光纤逐渐受到重视。常规的低水峰光纤（符合 ITU-T G.652C/D）弯曲半径一般为 30mm，在室内及狭窄环境下的布线受到很大限制，且长波长的使用（U 波段：1625-1725nm）受到一定的限制，因此需要设计开发具有抗弯曲性能的光纤，以满足 FTTH 网络铺设和长波长的使用要求。2006 年 12 月，ITU-T 通过了新的光纤标准（G.657 光纤）：《接入网使用的弯曲损耗不敏感的单模光纤和光缆的特性》（“Characteristics of a bending loss insensitive single mode optical fibre and cable for the access network”），因而开发抗弯曲的低水峰单模光纤对推动光纤接入技术的发展具有十分重要的意义。

为了减小光纤的弯曲附加损耗，现有技术中已有多种解决方案，如减小光纤的模场直径从而减小 MAC 值（光纤在 1550nm 处的模场直径与有效截止波长之比）。I.Sakabe 等人在 IWCS Proceeding 2004 年第 53 期第 112-118 页中发表的文献“Enhanced Bending Loss Insensitive Fiber and New Cable for CWDM Access Networks”中，就建议减小光纤的模场直径以减小弯曲附加损耗。然而，模场直径的减少会牺牲与常规 G.652 光纤的接续性能和降低光纤的入纤功率。当前比较有效的方式是通过在光纤内包层外加一个下陷包层，S.Matsuo 等人在 Journal of Lightwave Technology 2005 年第 23 卷第 11 期第

3494-3499 页中发表的文献“Low-bending-loss and low-splice-loss single-mode fibres employing a trench index profile”中,就提出这种光纤结构以减小弯曲附加损耗。这些文献中,下陷包层的设计都是通过掺氟来实现的。

典型的光纤预制棒制造方法有四种:改进的化学气相沉积法(MCVD)、等离子体化学气相沉积法(PCVD)、管外气相沉积法(OVD)和轴向气相沉积法(VAD)。其中 MCVD 和 PCVD 的方法属于管内法,要制造外下陷包层,受衬管的限制将很难做大尺寸的预制棒(预制棒直径大于 100mm);而 OVD 和 VAD 工艺,要在沉积芯层和内包层过程中一起制造掺氟包层,不仅工艺控制很难,且烧结过程中由于氟的扩散将很难对折射率剖面进行有效控制。能用于实际生产的方法是先沉积具有一定厚度包层的芯棒,经脱水烧结后再在玻璃芯棒上沉积掺氟包层,可采用沉积过程直接掺氟或在烧结中掺氟。美国专利 5895515 和美国专利 4579571 中就分别介绍了这两种方法,但由于 OVD 和 VAD 均属于火焰(H_2/O_2)水解方法,在玻璃芯棒上沉积时,将不得不直接暴露在氢/氧焰(H_2/O_2)中, H_2/O_2 焰产生的大量羟基(OH)会向芯层中扩散,致使所拉光纤水峰衰减增加,因而需要玻璃芯棒包层足够厚以阻挡 OH 向内的扩散。但一旦包层过厚,形成的掺氟包层将远离芯层又起不到提高所拉光纤弯曲性能的作用。

此外,作为接入网用光纤,更多的会采用机械连接,需要光纤具有很好的芯/包同心度以保证低的连接损耗。因而需要一种同时满足 G.652.D 和 G.657 标准的抗弯曲光纤,且该光纤的制造成本与 G.652.D 的成本应相当,使其能在光纤接入中得到广泛应用。

发明内容

为方便介绍本发明内容，定义如下术语：

光纤预制棒：是由芯层和包层组成的径向折射率分布符合光纤设计要求可直接拉制成所设计光纤的玻璃棒或组合体；

光纤芯棒：含有芯层和部分包层的预制件；

CSA：横截面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；

小套管：符合一定几何要求的小 CSA 掺氟石英玻璃管；

大套管：符合一定几何要求的大 CSA 纯石英玻璃管；

低水峰光纤芯棒：匹配纯石英外包层后可拉制成水峰（ $1383\pm 3\text{nm}$ ）处衰减不大于 0.4dB/km 的光纤的芯棒；

组合芯棒：光纤芯棒和小套管熔缩到一起后所形成的预制件（如图 2 所示：1—芯棒芯层；2—芯棒部分包层；3—小套管）

a：光纤芯棒芯层直径，单位为毫米（ mm ）；

b：光纤芯棒直径，单位为毫米（ mm ）；

c：组合芯棒直径，单位为毫米（ mm ）；

弓曲度（BOW）：对棒材绕中心轴旋转一周时，单位长度内棒材中心偏离旋转轴位置的最大值与最小值之和的平均值，单位为毫米/米（ mm/m ）；

相对折射率差： $\Delta\% = \left[\frac{(n_1^2 - n_0^2)}{2n_1^2} \right] \times 100\%$ ， n_1 和 n_0 分别为两种玻璃材料的折射率；

RIC 工艺：将组合芯棒和大套管经过处理（包括拉锥、延长、腐蚀、清洗和干燥等）后，将组合芯棒插入大套管中所组成的大尺寸光纤预制棒的制造工艺；

芯/包同心度误差：光纤中芯层的圆心和光纤的圆心之间的距离，单位

为微米 (μm);

d: 光纤预制棒的有效直径, 对于实心预制棒即为其外径, 对于 RIC 预制棒, $d = \sqrt{(\text{大套管的CSA} + \text{组合芯棒的CSA}) \times 4 / \pi}$, 单位为毫米 (mm);

掺氟 (F) 量: 掺氟 (F) 石英玻璃相对于纯石英玻璃的相对折射率差 (Δ_F), 以此来表示掺氟 (F) 量;

组合芯棒与大套管的间隙 (Gap): 组合芯棒与大套管之间的单侧距离, 即 $\text{Gap} = [\text{大套管内径 (ID)} - \text{组合芯棒外径 (c)}] / 2$;

OVD 外包沉积工艺: 用外部气相沉积和烧结工艺在芯棒表面制备所需厚度的 SiO_2 玻璃;

VAD 外包沉积工艺: 用轴向气相沉积和烧结工艺在芯棒表面制备所需厚度的 SiO_2 玻璃;

APVD 外包工艺: 用高频等离子体焰将天然或合成石英粉熔制于芯棒表面制备所需厚度的 SiO_2 玻璃;

裸光纤: 指光纤中不含涂覆层的玻璃丝。

本发明所要解决的技术问题是针对上述现有技术存在的不足而提供一种抗弯曲低水峰单模光纤预制棒及其光纤的制造方法。

本发明进一步所要解决的技术问题是提供一种生产成本较低的大尺寸抗弯曲低水峰单模光纤预制棒及其光纤的制造方法。

本发明光纤预制棒的技术方案为:

一种光纤预制棒, 包括低水峰光纤芯棒和外包层, 其特征在于: 光纤芯棒的直径与芯层直径比值 b/a 为 2.1 ~ 2.8; 光纤芯棒外套掺氟石英玻璃小套管内, 熔缩到一起得到组合芯棒, 所述组合芯棒与光纤芯棒的直径之差与芯层直径比值 $(c-b)/a$ 为 0.5 ~ 2.2; 所述的掺氟石英玻璃小套管的掺氟量 Δ_F 为

-0.20%至-0.35%，羟基含量小于或等于 500ppb；组合芯棒外按 RIC 工艺配置纯石英玻璃大套管或在组合芯棒上直接沉积 SiO₂ 玻璃外包层，光纤预制棒的有效直径与组合芯棒的直径比值 d/c 为 2.0~5.6。

本发明光纤预制棒制造方法的技术方案为：

先制备低水峰光纤芯棒，使得光纤芯棒的直径与芯层直径比值 b/a 为 2.1 ~ 2.8；

制备掺氟石英玻璃小套管，要求其相对于纯石英玻璃的相对折射率差，即掺氟量 Δ_F 为-0.20%至-0.35%，羟基含量小于或等于 500ppb；

将一段或多段光纤芯棒插入掺氟石英玻璃小套管内，将其熔缩到一起得到组合芯棒，使得组合芯棒与光纤芯棒的直径之差与芯层直径比值(c-b)/a 为 0.5 ~ 2.2；

将组合芯棒与纯石英玻璃大套管按 RIC 工艺组装，或在组合芯棒上直接沉积 SiO₂ 玻璃外包层，制得光纤预制棒，使得光纤预制棒的有效直径与组合芯棒的直径比值 d/c 为 2.0~5.6。

按上述方案，所述的低水峰光纤芯棒为低水峰光纤芯棒。

按上述方案，所述光纤芯棒芯层直径 a 为 6mm ~ 14 mm。

按上述方案，所述掺氟石英玻璃小套管可由 OVD 或 VAD 方法制成，羟基含量进一步的要求为小于或等于 50ppb。

按上述方案，所述光纤芯棒插入掺氟石英玻璃小套管内的配合间隙为 0.5-1.5mm；在熔缩组合芯棒的过程中，使得芯棒和掺氟小套管熔缩到一起后所形成的组合芯棒的弓曲度小于或等于 2mm/m。

按上述方案，所述的 RIC 工艺中纯石英玻璃管大套管壁厚大于或等于 30mm，为了确保最终光纤的芯/包同心度，将组合芯棒固定在大套管的中心，

保持同心，控制组合芯棒和大套管内孔之间的间隙小于或等于 2mm，进一步的要求小于或等于 1.5mm。

按上述方案，所述的直接沉积 SiO₂ 玻璃外包层的方法为 OVD 或 VAD 或 APVD 方法，对于 VAD 或 OVD 方法，组合芯棒与芯层直径的比值 c/a 大于或等于 4.2；对于 APVD 方法，组合芯棒与芯层直径的比值 c/a 大于或等于 3.5。

按上述方案，所述的光纤预制棒在拉伸前的直径为 100mm ~ 200mm。

本发明光纤制造方法的技术方案为：

对于用 RIC 工艺制备的光纤预制棒，用大拉丝炉直接将其拉丝成纤，拉丝过程中，对组合芯棒和大套管之间抽真空，其内压力为 1,000pa ~ 10,000pa；或者在拉伸塔上将纯石英玻璃大套管和组合芯棒熔缩拉伸成小尺寸预制棒；熔缩拉伸过程中，对组合芯棒和大套管之间抽真空，其内压力为 1,000pa ~ 10,000pa；再将小尺寸预制棒拉丝成纤。

本发明的有益效果在于：1、通过设置掺氟石英玻璃小套管，并控制其掺氟量获得下陷包层，可制备出抗弯曲低水峰单模光纤；2、本发明可用于制备同时满足 ITU-T G.652.D 和 G.657 的光纤，所制备的光纤在 1310nm 处的模场直径为 8.4-9.4 微米，在 1310nm 处衰耗小于或等于 0.344dB/km，1383nm 处的衰耗小于或等于 0.344dB/km，1550nm 处的衰耗小于或等于 0.214dB/km，1625nm 处的衰耗小于或等于 0.224dB/km，光纤的芯/包同心度误差小于或等于 0.54 微米；在 1625nm 处，弯曲半径为 10mm 时的弯曲附加衰耗不大于 0.2dB/圈，弯曲半径为 7.5mm 时的弯曲附加衰耗不大于 1.0dB/圈；3、本发明能够制备大尺寸光纤预制棒，单根预制棒的拉丝长度可达上千公里，从而提高了生产效率，以较低成本生产抗弯曲低水峰单模光纤，在

光纤大规模生产时效果尤其显著。此外，用本发明提供的方法不局限于制备 G.652 和 G.657 光纤，任何一种具有外下陷环结构的光纤都可以用这种方法来实现，如 G.655 光纤。

附图说明

图 1 是本发明制造光纤预制棒和光纤的工艺流程图。

图 2 是本发明组合芯棒截面示意图。

图 3 是本发明预制棒或裸光纤截面示意图。

图 4 是本发明组装好的 RIC 工艺预制棒示意图。

图 5 是本发明芯棒折射率剖面结构示意图。

图 6 是本发明 RIC 工艺内压力与所拉光纤动态疲劳参数 n_d 的关系曲线。

图 7 是本发明组合芯棒与大套管之间的 Gap 与光纤的芯/包同心度误差的关系曲线。

图 8 是本发明采用 OVD 和 APVD 制造外包层时组合芯棒的 c/a 与光纤水峰衰耗的关系曲线。

具体实施方式

下面结合实施例对本发明作进一步的详细说明。

实施例一：

以 PCVD 工艺制备 G.652 低水峰光纤芯棒，具有光纤芯棒芯层 1 和光纤芯棒部分包层 2；所用衬管的外径为 31 毫米，壁厚为 2 毫米，芯棒的折射率剖面如图 5 所示；以 OVD 工艺制备的掺氟石英管，经机械加工后再拉伸成所需尺寸的小套管 3，掺氟石英小套管中的 OH 含量为 10-500ppb；将光

纤芯棒和掺氟石英小套管熔缩到一起制得组合芯棒，然后用氢氟酸（HF）对其表面进行腐蚀，腐蚀厚度（单边）为 0.5mm ~ 1.0mm，采用不同外径(OD)和内径(ID)的石英管作为大套管 4，采用 RIC 工艺组装成图 4 所示的 RIC 工艺预制棒，组合芯棒 5 套装在大套管 4 内并使组合芯棒的中心位于大套管的中心，大套管上端接有大套管延长管 6；组合芯棒上端接组合芯棒延长棒 7；在组合芯棒延长棒和大套管延长管最上端之间安设有 RIC 堵头 8 和抽气口 9，RIC 预制棒的主要参数如表 1 所示；将 RIC 预制棒直接拉丝，采用单模光纤生产用光纤涂覆材料，拉丝速度为 1500 米/分钟；所拉光纤的主要参数如表 2 所示。

表 1. RIC 预制棒的基本参数

序号	组合芯棒参数				小套管		大套管	
	$\Delta(\%)$	a (mm)	b (mm)	c (mm)	OH 含量(ppb)	掺 F 量 (%)	ID(mm)	OD(mm)
1	0.323	6.50	15.57	27.9	180	0.23	29.2	100.4
2	0.334	10.21	21.42	26.5	26	0.35	28.1	119.8
3	0.329	9.41	22.92	41.5	26	0.26	43.0	150.1
4	0.326	10.20	25.13	41.9	26	0.30	43.2	149.6
5	0.345	9.82	25.2	42.1	26	0.27	44.1	150.2
6	0.326	10.82	30.18	54.2	26	0.20	55.8	110.8
7	0.334	10.21	21.42	26.5	494	0.35	30.4	149.8
8	0.326	9.75	23.32	41.7	320	0.24	43.0	150.0

表 2. 实施例一光纤结果

序号	裸光纤直径 (μm)	模场直径 (μm)	截止波长 (nm)	衰 耗 (dB/km)				芯/包同心度误差 (μm)	1625nm 处的弯曲附加损耗 (dB/圈)	
				1310 nm	1383 nm	1550 nm	1625 nm		$\Phi 20$ mm	$\Phi 15$ m
1	124.8	8.91	1258	0.330	0.312	0.194	0.206	0.14	0.04	0.11
2	100.1	9.15	1276	0.334	0.305	0.196	0.205	0.21	0.17	0.36
3	125.0	8.73	1243	0.333	0.294	0.194	0.206	0.09	0.06	0.17
4	125.0	9.20	1308	0.328	0.291	0.191	0.201	0.12	0.09	0.18
5	125.0	8.81	1289	0.330	0.307	0.190	0.191	0.17	0.04	0.10
6	79.9	8.67	1226	0.333	0.289	0.192	0.199	0.12	0.10	0.16
7	125.0	9.16	1272	0.333	0.342	0.194	0.207	0.24	0.17	0.36
8	125.0	8.97	1265	0.334	0.328	0.196	0.205	0.16	0.04	0.10

结果表明, 采用本发明的技术方案, 可制造完全满足 ITU-T G.652.D 和 G.657 的光纤预制棒和光纤。需要说明的是, 采用 RIC 工艺, 为避免组合芯棒和大套管之间的界面上产生缺陷, 对组合芯棒和大套管之间抽真空, 且其压力要控制在 10,000pa 以内; 对于抗弯曲光纤, 对光纤内缺陷的控制尤为重要, 按 IEC 60793-1-33, 采用两点弯曲的方法测光纤的抗疲劳参数 n_d 值, 对于同一根预制棒, 采用同样的拉丝工艺和涂覆材料, RIC 内压力与所拉光纤动态疲劳参数 n_d 的关系如图 6 所示。结果表明, RIC 内真空度越高, 所拉光纤动态疲劳参数 n_d 就越高; 但需要大套管的管壁厚度大于或等于 30mm, 否则, 在拉伸或拉丝过程中将很难保证大套管的均匀收缩以确保其

圆度。

实施例二：

以 VAD 工艺制备 G.652 低水峰光纤芯棒母棒，采用 H_2/O_2 焰将其延伸成所需芯径的 RIC 芯棒，然后用氢氟酸（HF）对表面刻蚀成目标外径的芯棒，采用实施例一中的小套管和方案制得组合芯棒，采用外径为 200mm 和内径为 53mm 的石英大套管，组装成 RIC 预制棒。组合芯棒相关参数如表 3 所示。在拉伸塔上将组合芯棒和大套管熔缩到一起的同时拉伸成外径为 80mm 的小尺寸实心预制棒后再拉丝，采用单模光纤生产用光纤涂覆材料，拉丝速度为 1500 米/分钟，裸光纤直径为 $124\mu m \sim 126\mu m$ ；所拉光纤的主要参数如表 4 所示。

表 3. 组合芯棒的相关参数

序号	VAD 芯棒母棒			延伸后的芯棒参数			小套管			
	$\Delta(\%)$	芯径 (mm)	外径 (mm)	a(mm)	b'-刻 蚀前 (mm)	b-刻 蚀后 (mm)	OH 含 量(ppb)	掺 F 量 (%)	ID(mm)	OD (mm)
9	0.344	16.25	66.20	12.81	52.14	32.15	35	0.28	36.0	54.5
10	0.346	22.12	90.10	12.53	50.92	32.82	35	0.28	36.0	54.5

表 4. 实施例二光纤结果

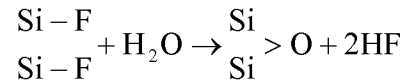
序号	模场直径 (μm)	截止波长 (nm)	衰 耗 (dB/km)				芯/包同心 度误差 (μm)	1625nm 处的 弯曲附加损耗(dB/ 圈)	
			1310 nm	1383 nm	1550 nm	1625 nm		$\Phi 20\text{mm}$	$\Phi 15\text{mm}$
9	9.12	1263	0.327	0.271	0.187	0.195	0.11	0.14	0.36
10	9.05	1248	0.326	0.275	0.188	0.196	0.09	0.13	0.34

试验表明, 采用 VAD 芯棒利用本发明的技术方案同样可获得完全满足 ITU-T G.652.D 和 G.657 的光纤。试验中, 由于 VAD 芯棒母棒经延伸后外径足够大, 用其取代组合芯棒与外径为 200mm、内径为 53mm 的石英管, 组装成 RIC 预制棒, 采用不同的氢氟酸 (HF) 刻蚀量以获得与大套管之间不同的 Gap, 在拉伸塔上将组合芯棒和大套管熔缩到一起的同时拉伸成外径为 80mm 的小尺寸实心预制棒后再拉丝, 组合芯棒与大套管之间的 Gap 与所拉光纤的芯/包同心度的关系如图 7 所示, 要将光纤的芯/包同心度误差控制在 $0.54\mu\text{m}$ 以内, 需要控制组合芯棒和大套管内孔之间的间隙小于或等于 2mm, 进一步的要求小于或等于 1.5mm。

实施例三:

在 VAD 或 OVD 制造外包层沉积过程中, 由于用到 H_2/O_2 焰, 因而对芯棒的 OH 污染是显而易见的; 在等离子体外喷技术中, 不仅所沉积的玻璃中 OH 含量较高, 还会引起环境中的 OH 被吸附在靶棒上并向内扩散; 一旦 OH 扩散到预制棒的芯层就会引起光纤水峰的增加, OH 能否向内扩散到预

制棒的芯层主要取决于扩散距离和扩散系数。增加扩散距离的方法就是增加芯棒的 c/a 值，增加 c/a 值会增加芯棒的制造成本。掺氟石英玻璃能有效阻止外部羟基向芯层的扩散，相应的反应方程式为：



采用实施例一中 5 号芯棒，增加掺氟小套管的外径，使制备的组合芯棒的外径 c=50mm，将其接延长棒后垂直浸入氢氟酸（HF）中进行表面刻蚀，控制组合芯棒的提升速度，使同一根组合芯棒具有连续变化的腐蚀量，使组合芯棒的外直径 c 从 29mm（对应的 c/a=2.97）至 50mm（对应的 c/a=5.13）连续变化，分别采用 OVD 和 APVD 工艺制造外包，制造外径为 145-150mm 的预制棒，再拉成光纤，裸光纤直径为 124 μm ~ 126 μm ，所得光纤的水峰衰减与 c/a 的关系如图 8 所示，采用本发明的技术，利用 OVD 或 APVD 工艺制造外包，同样可获得完全满 ITU-T G.652.D 和 G.657 的光纤预制棒和光纤；由于 VAD 制造外包的工艺和 OVD 工艺机理一样，因而对于 VAD 或 OVD 外包，需要组合芯棒的 c/a 大于或等于 4.2；对于 APVD 外包，需要组合芯棒的 c/a 大于或等于 3.5。

权 利 要 求 书

1、一种光纤预制棒，包括低水峰光纤芯棒和外包层，其特征在于：光纤芯棒的直径与芯层直径比值 b/a 为 2.1 ~ 2.8；光纤芯棒外套掺氟石英玻璃小套管内，熔缩到一起得到组合芯棒，所述组合芯棒与光纤芯棒的直径之差与芯层直径比值 $(c-b)/a$ 为 0.5 ~ 2.2；所述的掺氟石英玻璃小套管的掺氟量 Δ_F 为 -0.20% 至 -0.35%，羟基含量小于或等于 500ppb；组合芯棒外按 RIC 工艺配置纯石英玻璃大套管或在组合芯棒上直接沉积 SiO_2 玻璃外包层，光纤预制棒的有效直径与组合芯棒的直径比值 d/c 为 2.0~5.6。

2、一种光纤预制棒的制造方法，其特征在于：

先制备低水峰光纤芯棒，使得光纤芯棒的直径与芯层直径比值 b/a 为 2.1 ~ 2.8；

制备掺氟石英玻璃小套管，要求其相对于纯石英玻璃的相对折射率差，即掺氟量 Δ_F 为 -0.20% 至 -0.35%，羟基含量小于或等于 500ppb；

将一段或多段光纤芯棒插入掺氟石英玻璃小套管内，将其熔缩到一起得到组合芯棒，使得组合芯棒与光纤芯棒的直径之差与芯层直径比值 $(c-b)/a$ 为 0.5 ~ 2.2；

将组合芯棒与纯石英玻璃大套管按 RIC 工艺组装或在组合芯棒上直接沉积 SiO_2 玻璃外包层，制得光纤预制棒，光纤预制棒的有效直径与组合芯棒的直径比值 d/c 为 2.0~5.6。

3、按权利要求 2 所述的光纤预制棒的制造方法，其特征在于所述的光

纤芯棒为低水峰单模光纤芯棒。

4、按权利要求 2 或 3 所述的光纤预制棒的制造方法，其特征在于所述光纤芯棒芯层直径 a 为 6mm ~ 14mm。

5、按权利要求 2 或 3 所述的光纤预制棒的制造方法，其特征在于所述掺氟石英玻璃套管由 OVD 或 VAD 方法制成，羟基含量进一步的要求为小于或等于 50ppb。

6、按权利要求 2 或 3 所述的光纤预制棒的制造方法，其特征在于在将芯棒和掺氟小套管熔缩到一起后所形成的组合芯棒的弓曲度小于或等于 2mm/m。

7、按权利要求 2 或 3 所述的光纤预制棒的制造方法，其特征在于在对芯棒和掺氟小套管熔缩到一起后所形成的组合芯棒用氢氟酸对其表面进行腐蚀，腐蚀厚度为 0.5mm ~ 1.0mm。

8、按权利要求 2 或 3 所述的光纤预制棒的制造方法，其特征在于所述的 RIC 工艺中纯石英玻璃管大套管壁厚大于或等于 30mm，将组合芯棒固定在大套管的中心，保持同心，控制组合芯棒和大套管内孔之间的间隙小于或等于 2mm。

9、按权利要求 2 或 3 所述的光纤预制棒的制造方法，其特征在于所述

的直接沉积 SiO₂ 玻璃外包层的方法为 OVD 或 VAD 或 APVD 方法, 对于 VAD 或 OVD 方法, 组合芯棒与芯层直径的比值 c/a 大于或等于 4.2; 对于 APVD 方法, 组合芯棒与芯层直径的比值 c/a 大于或等于 3.5。

10、按权利要求 2 或 3 所述的光纤预制棒的制造方法, 其特征在于所述的光纤预制棒的在拉伸前的直径为 100 ~ 200mm。

11、按权利要求 2 或 3 所述的光纤预制棒的制造方法, 其特征在于对于用 RIC 工艺组装的光纤预制棒, 在拉伸塔上将纯石英玻璃管大套管和组合芯棒熔缩拉伸成预制棒; 熔缩拉伸过程中, 对组合芯棒和大套管之间抽真空, 其内压力为 1,000pa ~ 10,000pa。

12、按权利要求 2 所述的光纤预制棒制造光纤的方法, 其特征在于对于用 RIC 工艺制备的光纤预制棒, 用大拉丝炉直接将其拉丝成纤, 拉丝过程中, 对组合芯棒和大套管之间抽真空, 其内压力为 1,000pa ~ 10,000pa。

13、一种抗弯曲低水峰单模光纤, 其特征在于所述的光纤由权利要求 1 所述的光纤预制棒经直接拉丝而成, 或经拉伸后再拉丝而成。

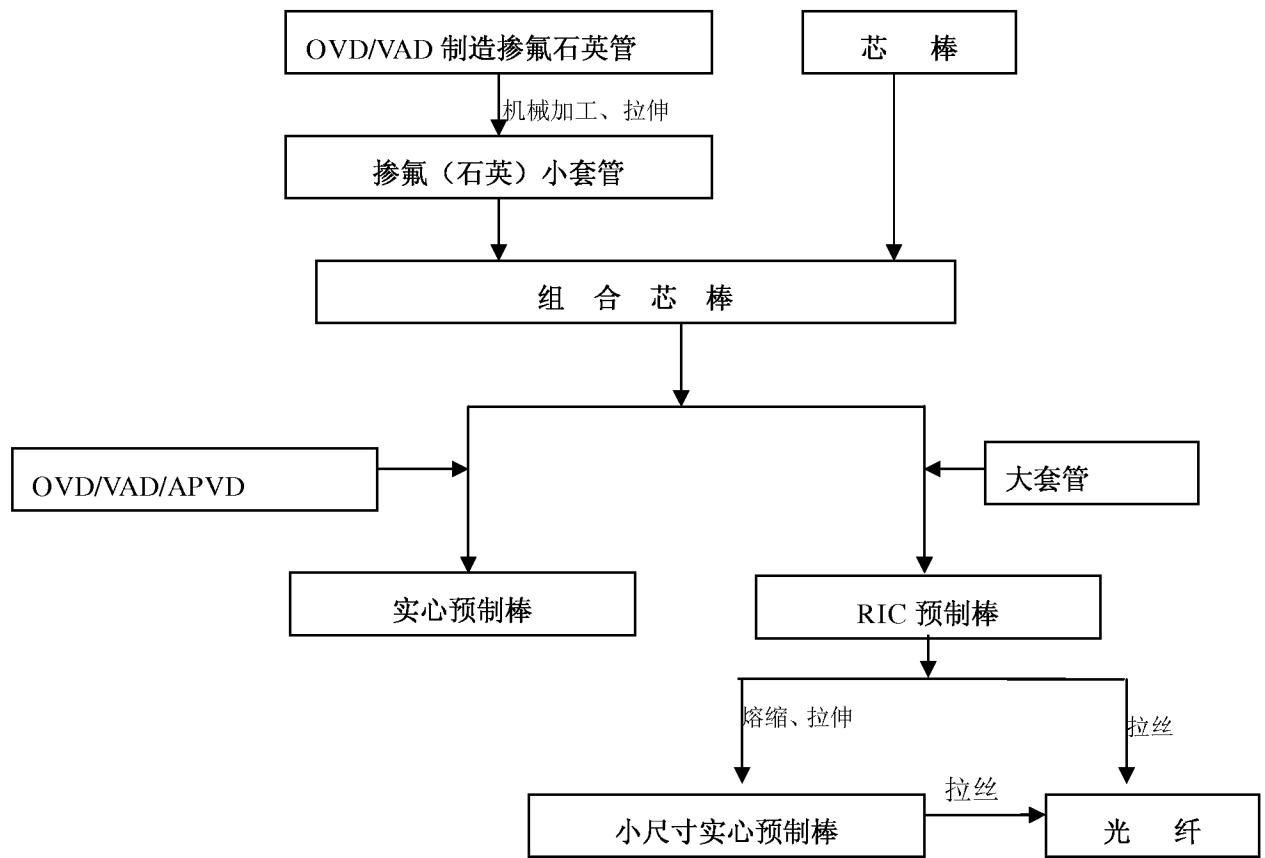


图 1

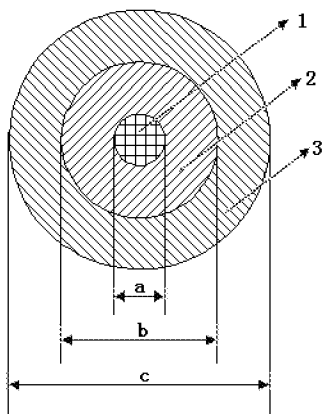


图 2

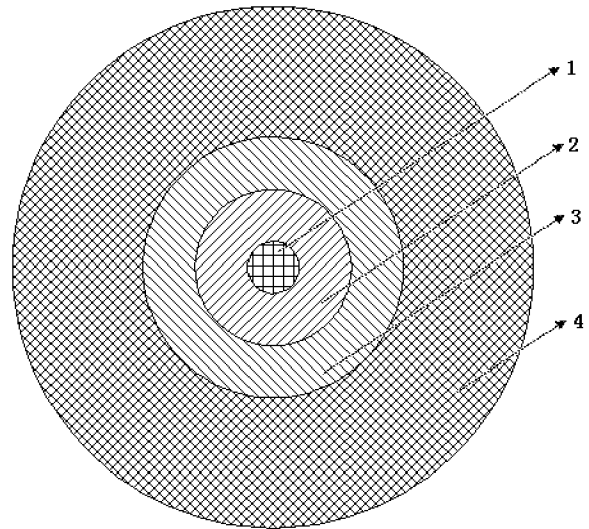


图 3

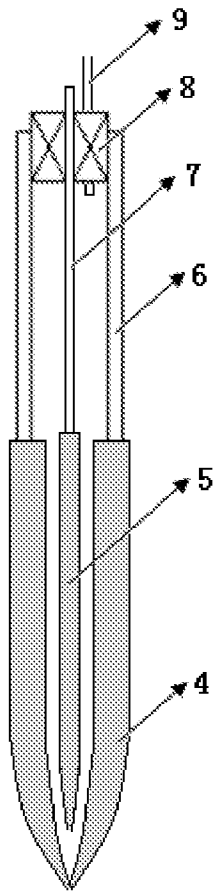


图 4

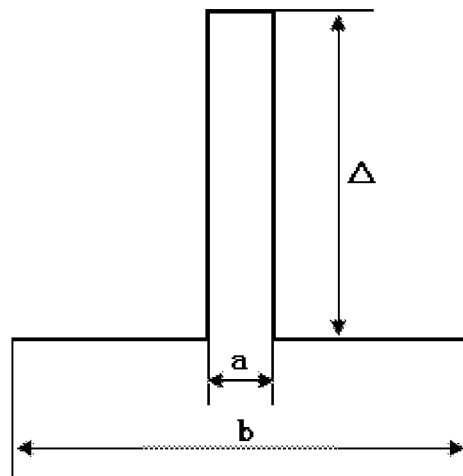


图 5

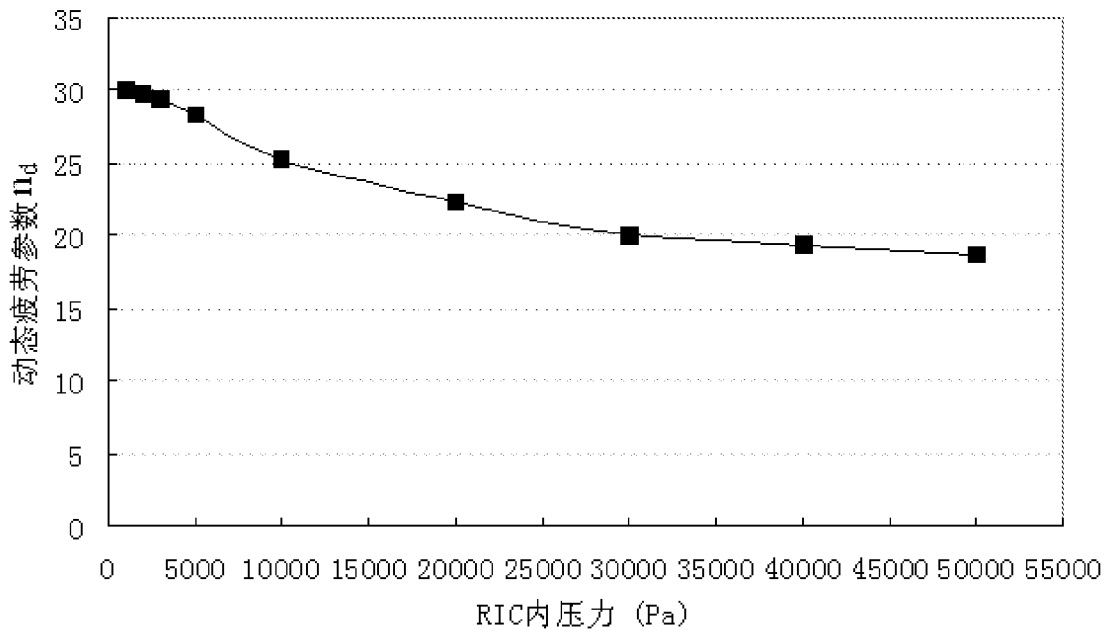


图 6

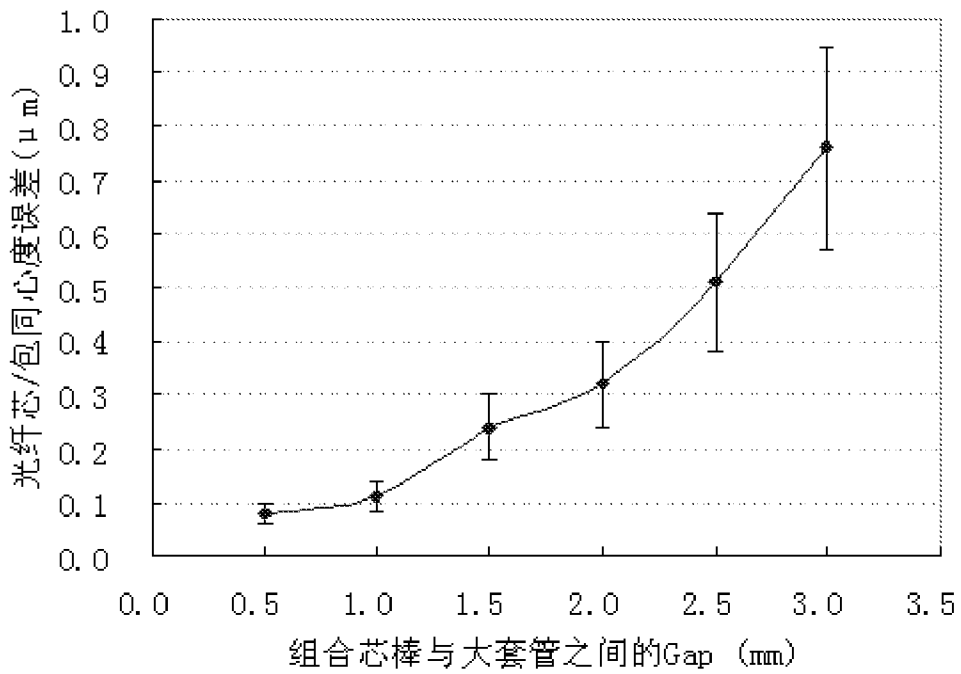


图 7

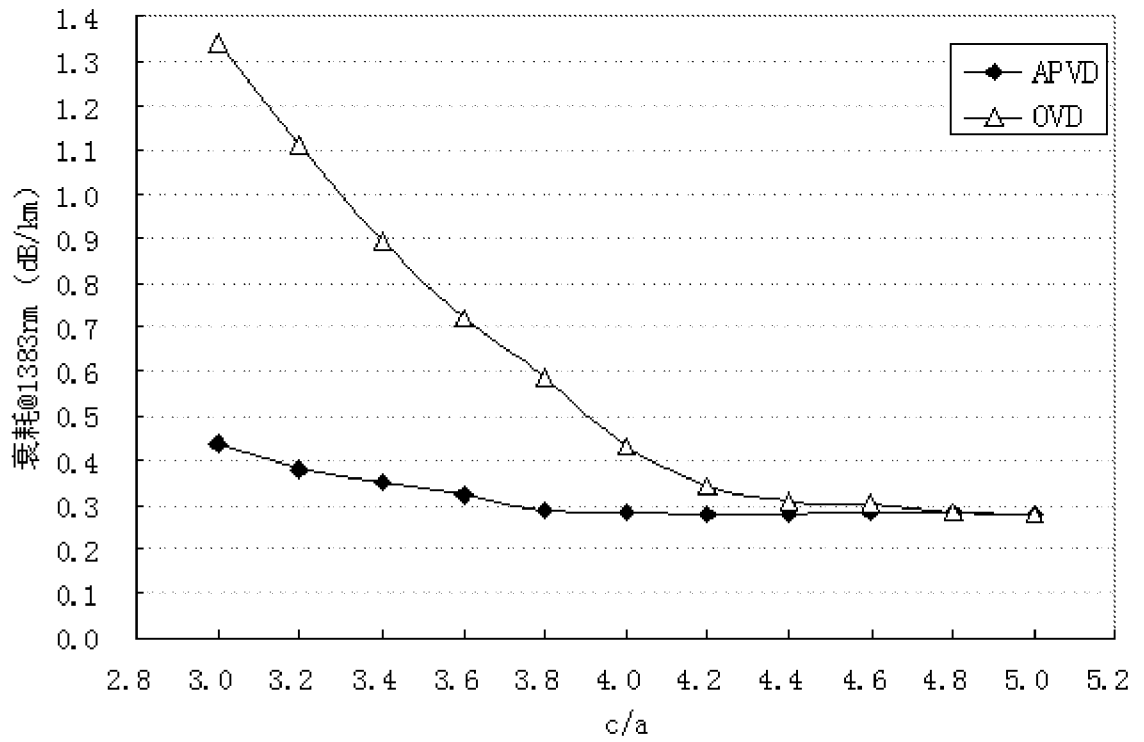


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2010/070774

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B37/012 (2006.01)j

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: C03B

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)

CPRS, CNKI, WPI, EPODOC: optical fiber, optical fibre, preform, soot, low water peak, fluorine, hydroxyl, core rod, mandrel, tube

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN1760150A (CHANGFEI FIBER GLASS & OPTICAL CABLES CO LTD) 19 Apr. 2006 (19.04.2006) Claims 1-6, paragraph 2 of page 2, lines 1-2 of page 5, lines 5-6 of page 7, paragraphs 4-5 of page 9 and table 1 of description	1-13
PX	CN101585658A (CHANGFEI FIBER GLASS & OPTICAL CABLES CO LTD) 25 Nov. 2009 (25.11.2009) Claims 1-13	1-13
A	CN1884165A (ZHEJIANG FUTONG OPTICAL FIBER TECHN CO LTD) 27 Dec. 2006 (27.12.2006) The whole document	1-13

 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
26 Apr. 2010 (26.04.2010)Date of mailing of the international search report
03 Jun. 2010 (03.06.2010)Name and mailing address of the ISA/CN
The State Intellectual Property Office, the P.R.China
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China
100088
Facsimile No. 86-10-62019451Authorized officer
ZHAO, Shuang
Telephone No. (86-10)62084690

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2010/070774

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN1849270A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 18 Oct. 2006 (18.10.2006) The whole document	1-13
A	CN1569704A (FIBERHOME TELECOM TECHNOLOGIES CO LTD) 26 Jan. 2005 (26.01.2005) The whole document	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2010/070774

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN1760150A	19.04.2006	CN100395203C	18.06.2008
CN101585658A	25.11.2009	NONE	
CN1884165A	27.12.2006	NONE	
CN1849270A	18.10.2006	WO2005014498A1	17.02.2005
		JP2005060157A	10.03.2005
		JP4385681B2	16.12.2009
		US2006204189A1	14.09.2006
		US7376316B	20.05.2008
CN1569704A	26.01.2005	CN1301225C	21.02.2007

A. 主题的分类
C03B37/012 (2006.01) i
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: C03B

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))
CPRS, CNKI, WPI, EPODOC: 光纤, 预制棒, 低水峰, 氟, 羟基, 芯棒, 套管; optical fiber, optical fibre, preform, soot, low water peak, fluorine, hydroxyl, core rod, mandrel, tube

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
X	CN1760150A (长飞光纤光缆有限公司) 19.4 月 2006 (19.04.2006) 权利要求 1-6, 说明书第 2 页第 2 段, 第 5 页第 1-2 行, 第 7 页 5-6 行 第 9 页 4-5 段以及表 1	1-13
PX	CN101585658A (长飞光纤光缆有限公司) 25.11 月 2009 (25.11.2009) 权利要求 1-13	1-13
A	CN1884165A (浙江富通光纤技术有限公司) 27.12 月 2006 (27.12.2006) 全文	1-13
A	CN1849270A (住友电气工业株式会社) 18.10 月 2006 (18.10.2006) 全文	1-13
A	CN1569704A (烽火通信科技股份有限公司) 26.1 月 2005 (26.01.2005) 全文	1-13

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
26.4 月 2010 (26.04.2010)
国际检索报告邮寄日期
03.6 月 2010 (03.06.2010)

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
赵爽
电话号码: (86-10) **62084690**

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2010/070774

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN1760150A	19.04.2006	CN100395203C	18.06.2008
CN101585658A	25.11.2009	无	
CN1884165A	27.12.2006	无	
CN1849270A	18.10.2006	WO2005014498A1	17.02.2005
		JP2005060157A	10.03.2005
		JP4385681B2	16.12.2009
		US2006204189A1	14.09.2006
		US7376316B	20.05.2008
CN1569704A	26.01.2005	CN1301225C	21.02.2007