

(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
2016年7月14日 (14.07.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/110153 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02B 6/024 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/093683
- (22) 国际申请日: 2015年11月3日 (03.11.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510005831.2 2015年1月7日 (07.01.2015) CN
- (71) 申请人: 烽火通信科技股份有限公司 (FIBER-HOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO.,LTD) [CN/CN]; 中国湖北省武汉东湖开发区关东科技园东信路5号, Hubei 430074 (CN)。
- (72) 发明人: 罗文勇 (LUO, Wenyong); 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)。 刘志坚 (LIU, Zhijian); 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); 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); 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); 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)。 雷琼 (LEI, Qiong); 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)。 康志文 (KANG, Zhiwen); 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)。 但融 (DAN, Rong); 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)。 赵磊 (ZHAO, Lei); 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)。

[见续页]

(54) Title: SMALL-DIAMETER POLARIZATION MAINTAINING OPTICAL FIBRE

(54) 发明名称: 一种细径保偏光纤

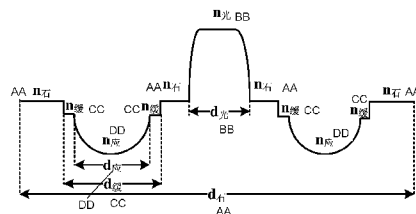


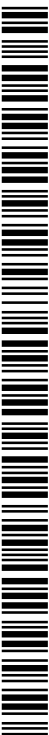
图3

AA Quartz
BB Optical fibre
CC Buffer
DD Stress

(57) Abstract: Disclosed is a small-diameter polarization maintaining optical fibre, which relates to the field of special optical fibres. The small-diameter polarization maintaining optical fibre comprises a quartz optical fibre (5); the periphery thereof is provided with an inner coating (6) and an outer coating (8); the interior of the quartz optical fibre (5) is provided with an optical fibre core layer (1) and a quartz cladding (2); two stress zones (4) are arranged between the optical fibre core layer (1) and the quartz cladding (2); a buffer coating (7) is arranged between the inner coating (6) and the outer coating (8); the periphery of each stress zone (4) is provided with a buffer layer (3) which is concentric with the stress zone (4); when a working wavelength of a small-diameter polarization maintaining optical fibre is 1310 nm, the attenuation thereof reaches less than 0.5 dB/km, and the crosstalk reaches -35 dB/km; and when the working wavelength of the small-diameter polarization maintaining optical fibre is 1550 nm, the attenuation thereof reaches less than 0.4 dB/km, and the crosstalk reaches -30 dB/km. The optical fibre not only has excellent stability characteristics of attenuation and crosstalk, but also has the excellent stability characteristic of long-term operation, and can provide a better optical fibre ring for research on a high-precision optical fibre gyroscope, thereby laying the foundation for the development directions of miniaturization and high precision of the optical fibre gyroscope.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/110153 A1



(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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, LR, LS, MW, MZ,

NA, RW, SD, SL, ST, 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, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种细径保偏光纤, 涉及特种光纤领域, 包括石英光纤(5), 其外围设置有内涂层(6)和外涂层(8), 石英光纤(5)的内部设置有光纤芯层(1)和石英包层(2), 光纤芯层(1)和石英包层(2)之间设置有 2 个应力区(4), 内涂层(6)和外涂层(8)之间设置有缓冲涂层(7), 每个应力区(4)外围均设置有与应力区(4)同心的缓冲层(3); 细径保偏光纤的工作波长为 1310nm 时, 其衰减达到 0.5dB/km 以下, 串音达到 -35dB/km; 所述细径保偏光纤的工作波长为 1550nm 时, 其衰减达到 0.4dB/km 以下, 串音达到 -30dB/km。该光纤不仅具有优良的衰减和串音稳定特性, 而且具有优良的长期工作稳定特性, 能够为高精度光纤陀螺的研制提供更好的光纤环, 进而为光纤陀螺向小型化、高精度方向的发展奠定基础。

一种细径保偏光纤

技术领域

本发明涉及特种光纤领域，具体涉及一种细径保偏光纤。

背景技术

PMF (Polarization Maintaining Optical Fiber, 偏振保持光纤, 简称保偏光纤) 是一种在实现光的单模传输特性的同时保持其线偏振状态的特种光纤。由于 PMF 具有应力双折射效应, 因此 PMF 能够在传输线偏振光时良好地保持偏振态。PMF 的线偏振保持能力在许多与偏振相关的应用领域具有使用价值 (例如多维复用相干通信、光纤陀螺技术、电流互感技术、光纤水听器 and 偏振传感等)。

PMF 在光纤陀螺中使用, 将 PMF 绕制为光纤环进行应用。光纤环是光纤陀螺中的核心部件, 光纤环的性能直接决定光纤陀螺的性能表现, 光纤环中光纤的长度决定光纤陀螺的精度, 光纤自身性能决定光纤环圈环境适应性的关键, 进而决定了光纤陀螺的环境适应性表现。采用 PMF 的光纤陀螺与一般通信用光纤的使用环境和过程均不一样, 采用 PMF 的光纤陀螺重点在于关注光纤的力学、光学偏振和环境适应性等性能指标 (主要包括常温串音、全温串音、常温损耗、全温附加损耗变化、模场直径、拍长、张力筛选、包层直径、涂敷直径等)。

PMF 的类别主要包括几何双折射保偏光纤和应力双折射保偏光纤。几何双折射保偏光纤主要为椭圆纤芯保偏光纤, 几何双折射保偏光纤使用时, 利用纤芯的几何不对称来实现双折射效应控制光的线偏

振态。应力双折射保偏光纤主要包括领结型保偏光纤、椭圆包层型保偏光纤和熊猫型保偏光纤；双折射保偏光纤使用时，通过在光纤的包层引入和包层材料膨胀系数相差巨大的材料形成应力区，通过应力来压缩纤芯传输的光的模场实现双折射效应，以保持光的线偏振特性。

自熊猫型保偏光纤成功推出以来，受到光纤陀螺的技术需求的推动，自熊猫型保偏光纤的包层直径/涂层直径的演变过程为：200 μm /400 μm 、125 μm /245 μm 、80 μm /165 μm 。自熊猫型保偏光纤的包层直径在 80 μm 时，其涂层直径最小达到 165 μm 左右，与 125 μm /245 μm 的常规光纤相比，80 μm /165 μm 的自熊猫型保偏光纤的涂层直径（165 μm ）减小了 30%以上，体积减小了 50%以上。

综上所述，将 80 μm /165 μm 的自熊猫型保偏光纤作为光纤陀螺的光纤环的外形尺寸较小，进而为光纤陀螺的应用带来了一系列好处，其中以对光纤环温度性能的改善效果最为显著。但是，随着光纤陀螺技术的进一步发展，以及智能电网用电流互感技术的应用发展要求，光纤环需要更好的温度性能和更小的尺寸。

面对这一新的要求，有必要研究出更小外形尺寸的保偏光纤；传统的减小保偏光纤外形尺寸的方法一般为单纯的直接降低光纤的直径。但是，因为光纤的直径越小、涂层越薄，进而导致光纤抗外界干扰能力下降的困扰，所以传统的减小保偏光纤外形尺寸的方法难以应用于精度需求较高的光纤陀螺。

因此，如何发展出即与常规通信光纤和保偏光纤具有良好熔接性能，还具有更细小的体积，同时还具有优良的几何与光学性能的保偏光纤成为诸多更高性能的光纤陀螺、互感器等应用技术急需解决的难题。

众所周知，当光纤环中某一段光纤存在时变温度扰动时，两束反

向传播光波在不同时间经过该光纤时，会因温度扰动而经历不同的相移，该相移为环境温度引起的非互易相移（即 Shupe 效应）。Shupe 效应带来的光纤陀螺的测量误差称之为 Shupe 误差。

某段光纤上的温度变化率通常由环境温度引起的光纤环内侧、外侧的温度梯度造成，表征 Shupe 误差的温度速率灵敏度也称为温度梯度灵敏度。环境温度引起的光纤陀螺偏置漂移是由温度变化率引起的，由于这种 Shupe 误差与旋转引起的 Sagnac 效应相移难以区分，因此必须采取措施抑制光纤陀螺的温度漂移。

现在抑制光纤陀螺的温度漂移的方法一般为：通过四极法或八极法等对称绕制方法来绕制光纤环，通过使相邻两对对称的光纤层层序相反，以补偿径向温度场梯度。该方法对光纤陀螺中的 Shupe 误差起到了非常有效的抑制效果，但受工艺设备所限，光纤环绕制状态依然存在非理想性，在中高精度的光纤陀螺应用中，残余温度漂移仍是不可忽略的。

细径保偏光纤可以抑制光纤陀螺的温度漂移，细径保偏光纤包层直径为 $80\mu\text{m}$ 或更小，涂层直径从 $90\sim 140\mu\text{m}$ 不等。与 $80/165\mu\text{m}$ （包层直径/涂层直径）的保偏光纤相比，细径保偏光纤的抗弯曲性能较好；同样长度的光纤可以绕制更小尺寸的环，同时光纤在陀螺结构上的层数也相应减少，光纤环内外侧的温度差降低，从而可以有效抑制光纤陀螺的 Shupe 误差，提高光纤陀螺的全温性能。与此同时，对于几何尺寸确定的光纤陀螺而言，使用细径保偏光纤可以绕制长度更长的光纤环，能大幅提高同等尺寸下光纤陀螺的极限精度，满足了中高精度光纤陀螺的小型化应用需求。

然而，随着光纤几何尺寸的不断缩小，如何在减小光纤包层直径和涂层直径的同时保持保偏光纤的优异性能成为光纤设计和制造过

程中的一大难题。

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细径保偏光纤，不仅具有优良的衰减和串音稳定特性，而且具有优良的长期工作稳定特性，能够为高精度光纤陀螺的研制提供更好的光纤环，进而为光纤陀螺向小型化、高精度方向的发展奠定基础。

为达到以上目的，本发明提供的：一种细径保偏光纤，包括石英光纤，石英光纤的外围设置有内涂层和外涂层，石英光纤的内部设置有光纤芯层和石英包层，石英包层位于光纤芯层的外围；光纤芯层和石英包层之间设置有 2 个应力区，2 个应力区沿光纤芯层的中心对称分布；所述内涂层和外涂层之间设置有缓冲涂层，每个应力区外围均设置有与应力区同心的缓冲层；

所述光纤芯层的折射率为 $n_{光}$ ，所述缓冲层的折射率为 $n_{缓}$ ，所述石英包层的折射率为 $n_{石}$ ；所述应力区的折射率为 $n_{应}$ ，应力区外围的折射率为 $n_{应外}$ ，应力区中心的折射率为 $n_{应中}$ ；

$n_{光}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{光}$ 为 0.5%~1.3%， $n_{缓}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{缓}$ 为 -0.1%~-0.4%； $n_{应外}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{应外}$ 为 -0.1%~-0.4%， $n_{应中}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{应中}$ 为 -1.2%~-0.8%；

所述细径保偏光纤的工作波长为 1310nm 时，其衰减达到 0.5dB/km 以下，串音达到 -35dB/km；所述细径保偏光纤的工作波长为 1550nm 时，其衰减达到 0.4dB/km 以下，串音达到 -30dB/km。

在上述技术方案的基础上，所述光纤芯层的直径为 $d_{光}$ ，所述缓冲层的直径为 $d_{缓}$ ，所述石英光纤的直径为 $d_{石}$ ，所述应力区的直径为 $d_{应}$ ； $d_{光}$ 与 $d_{石}$ 的比值为 0.05~0.08， $d_{缓}$ 与 $d_{应}$ 的比值为 1.0~

1.2, d 应与 $d_{石}$ 的比值为 0.2~0.4。

在上述技术方案的基础上, 所述内涂层的直径为 $d_{内}$, 所述缓冲涂层的直径为 $d_{缓涂}$, 所述外涂层的直径为 $d_{外}$, $d_{内}$ 与 $d_{外}$ 的比值为 0.65~0.85, $d_{缓涂}$ 与 $d_{外}$ 的比值为 0.75~0.9。

在上述技术方案的基础上, 所述石英光纤的直径 $d_{石}$ 为 50um 或 80um, 所述 $d_{外}$ 为 90um~140um。

在上述技术方案的基础上, 所述内涂层的杨氏模量为 0.05Mpa~20Mpa, 所述外涂层的杨氏模量为 0.5Gpa~1.5Gpa; 所述缓冲涂层的杨氏模量为 0.1Mpa~600MPa、且缓冲涂层的杨氏模量在内涂层和外涂层之间。

在上述技术方案的基础上, 所述内涂层、缓冲涂层和外涂层制作时, 所述内涂层采用单模具涂覆、并经紫外线固化后, 再经双模具同时涂覆缓冲涂层和外涂层, 最后将缓冲涂层和外涂层同时通过紫外线固化。

在上述技术方案的基础上, 所述相对折射率差的计算公式为: $\Delta = (n_{折} - n_{石}) / (n_{折} + n_{石}) \cdot 100\%$, 其中 Δ 为相对折射率差; 当计算光纤芯层与石英包层相对折射率差时, 上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{光}$; 当计算缓冲层与石英包层的相对折射率差时, 上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{缓}$; 当计算应力区外围与石英包层的相对折射率差时, 上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{应外}$; 当计算应力区中心与石英包层的相对折射率差时, 上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{应中}$ 。

在上述技术方案的基础上, 所述光纤芯层采用掺锗的方式制成, 所述缓冲层采用浅掺硼的方式制成, 所述应力区采用深掺硼的方式制成。

与现有技术相比, 本发明的优点在于:

(1) 本发明设计了一种新的保偏光纤的波导结构，保偏光纤的应力区周围设置有一层缓冲层，应力区采用平滑抛物线型波导结构，芯区为抛物线结合平台型的波导结构。因此，本发明能够在光纤包层直径减小的情况下，解决由于应力区占整个石英区的比例偏大时造成的衰减偏大问题。

与此同时，本发明在常规的内涂层和外涂层之间设计有一层很薄的缓冲涂层，从而能够有效解决薄涂层情况下，由于涂层变薄造成的保偏光纤的串音难以优良控制的问题。

综上所述，本发明通过缓冲层和缓冲涂层的双重缓冲设计，为保偏光纤的直径的进一步变细提供基础，本发明中具有双重缓冲设计的细径保偏光纤不仅具有优良的衰减和串音稳定特性，而且具有优良的长期工作稳定特性，能够为高精度光纤陀螺的研制提供更好的光纤环，进而为光纤陀螺向小型化、高精度方向的发展奠定基础。

(2) 本发明为良好的实现内涂层、缓冲涂层和外涂层（可形象的理解为三明治式涂层），开发出干+湿+湿的全新涂覆技术，即内涂层为单模具涂覆，缓冲涂层和外涂层则采用双模具同时涂覆，从而在光纤具有三层涂层结构的情况下，仍可使用两道涂覆固化技术即可实现光纤的良好固化，对于具有优良衰减和串音特性的保偏光纤的研制提供了可行的技术方案。

附图说明

图 1 为本发明实施例中细径保偏光纤石英端面的结构示意图；

图 2 为本发明实施例中细径保偏光纤涂层端面的结构示意图；

图 3 为本发明实施例中细径保偏光纤有应力区部分的波导结构示意图；

图 4 为本发明实施例中细径保偏光纤在长期老化条件下的光纤

衰减的稳定特性曲线的走势图；

图 5 为本发明实施例中细径保偏光纤在长期老化条件下的光纤串音的稳定特性曲线的走势图。

图中：1-光纤芯层，2-石英包层，3-缓冲层，4-应力区，5-石英光纤，6-内涂层，7-缓冲涂层，8-外涂层。

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，本发明实施例中的细径保偏光纤包括石英光纤 5，石英光纤 5 的内部设置有光纤芯层 1 和石英包层 2，石英包层 2 位于光纤芯层 1 的外围。光纤芯层 1 和石英包层 2 之间设置有 2 个应力区 4，2 个应力区 4 沿光纤芯层 1 的中心对称分布，每个应力区 4 外围均设置有 1 层与应力区 4 同心的缓冲层 3。石英光纤 5 的外围设置有内涂层 6 和外涂层 8，内涂层 6 和外涂层 8 之间设置有缓冲涂层 7。

光纤芯层 1 的折射率为 $n_{光}$ ，缓冲层 3 的折射率为 $n_{缓}$ ，石英包层 2 的折射率为 $n_{石}$ ；应力区 4 的折射率为 $n_{应}$ ，应力区 4 外围的折射率为 $n_{应外}$ ，应力区 4 中心的折射率为 $n_{应中}$ 。

本发明实施例中的细径保偏光纤的相对折射率差的计算公式为： $\Delta=(n_{折}-n_{石})/(n_{折}+n_{石})\cdot 100\%$ ，其中 Δ 为相对折射率差；当计算光纤芯层 1 与石英包层 2 相对折射率差时，上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{光}$ ；当计算缓冲层 3 与石英包层 2 的相对折射率差时，上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{缓}$ ；当计算应力区 4 外围与石英包层 2 的相对折射率差时，上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{应外}$ ；当计算应力区 4 中心与石英包层 2 的相对折射率差时，上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{应中}$ 。

参见图 3 所示，光纤芯层 1 的波导结构为阶跃式波导结构，光纤

芯层 1 采用掺锗的方式制成, $n_{光}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{光}$ 为 0.5%~1.3%。缓冲层 3 采用浅掺硼的方式制成, $n_{缓}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{缓}$ 为 -0.1%~-0.4%。应力区 4 采用深掺硼的方式制成, $n_{应外}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{应外}$ 为 -0.1%~-0.4%, $n_{应中}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{应中}$ 为 -1.2%~-0.8%。

光纤芯层 1 的直径为 $d_{光}$, 缓冲层 3 的直径为 $d_{缓}$, 石英光纤 5 (即石英包层 2) 的直径为 $d_{石}$, 应力区 4 的直径为 $d_{应}$; $d_{光}$ 与 $d_{石}$ 的比值为 0.05~0.08, $d_{缓}$ 与 $d_{应}$ 的比值为 1.0~1.2, $d_{应}$ 与 $d_{石}$ 的比值为 0.2~0.4。

本发明实施例中石英光纤 5 的直径 $d_{石}$ 为 50um 或 80um, 内涂层 6 的直径为 $d_{内}$, 缓冲涂层 7 的直径为 $d_{缓涂}$, 外涂层 8 的直径 $d_{外}$ 为 90um~140um。 $d_{内}$ 与 $d_{外}$ 的比值为 0.65~0.85, $d_{缓涂}$ 与 $d_{外}$ 的比值为 0.75~0.9。

缓冲涂层 7 的杨氏模量在内涂层 6 和外涂层 8 之间, 内涂层 6 的杨氏模量为 0.05Mpa~20Mpa, 外涂层 8 的杨氏模量为 0.5Gpa~1.5Gpa, 缓冲涂层 7 的杨氏模量为 0.1Mpa~600MPa。

内涂层 6、缓冲涂层 7 和外涂层 8 均采用紫外线固化而成, 具体为: 内涂层 6 采用单模具涂覆、并经紫外线固化后, 再经双模具同时涂覆缓冲涂层 7 和外涂层 8, 最后将缓冲涂层 7 和外涂层 8 同时通过紫外线固化, 从而实现特殊的干+湿+湿涂覆固化。

本发明实施例中的细径保偏光纤的工作波长为 1310nm 时, 其衰减达到 0.5dB/km 以下, 串音达到 -35dB/km; 细径保偏光纤的工作波长为 1550nm 时, 其衰减达到 0.4dB/km 以下, 串音达到 -30dB/km。

本发明实施例中的细径保偏光纤的制作原理如下:

$\Delta n_{光}$ 较大时, 模场直径可控制小一些, 保偏光纤的抗弯曲能力

较强， $\Delta n_{光}$ 较小时，保偏光纤的衰减会更好一些，同时模场直径会变大，保偏光纤的抗弯曲能力较弱。

$n_{缓}$ 、 $n_{光}$ 和 $n_{应中}$ 相匹配，当 $n_{光}$ 较高、且 $n_{应中}$ 较大时， $n_{缓}$ 的取值可偏大，此时只需对保偏光纤较低的缓冲能力；当 $n_{光}$ 较高较低、且而 n_4 的最低值较小时， n_3 的取值可偏小，此时需对保偏光纤提供较高的缓冲能力。

$\Delta n_{应外}$ 和 $\Delta n_{应中}$ 能够控制折射率范围，进而实现在细径保偏光纤条件下良好的串音与拍长性能的控制。

本发明特定的直径比值能够实现保偏光纤的良好的模场直径、截止波长以及光纤的串音与拍长等性能控制。

下面通过 2 个实施例具体说明本发明的细径保偏光纤。

实施例 1: 石英光纤 5 的直径 $d_{石}$ 为 80um 时的 4 种细径保偏光纤：光纤 1、光纤 2、光纤 3 和光纤 4，光纤 1、光纤 2、光纤 3 和光纤 4 的具体参数见表 1。

表 1、 $d_{石}$ 为 80um 时的 4 种细径保偏光纤的参数表

参数名称	光纤 1	光纤 2	光纤 3	光纤 4
$d_{光}/d_{石}$	0.05	0.06	0.07	0.08
$\Delta n_{光}$	1.2%	0.8%	1.3%	0.50%
$d_{缓}/d_{应}$	1.0	1.1	1.2	1.05
$\Delta n_{缓}$	-0.3%	-0.85%	-0.4%	-0.1%
$d_{应}/d_{石}$	0.2	0.35	0.4	0.25
$\Delta n_{应中}$	-0.9%	-1.05%	-1.2%	-0.8%
$\Delta n_{应外}$	-0.3%	-0.85%	-0.4%	-0.1%
$d_{外}$ (um)	120	135	140	125
$d_{内}/d_{外}$	0.65	0.85	0.75	0.7
$d_{缓涂}/d_{外}$	0.75	0.8	0.9	0.85
内涂层 6 杨氏模量 (Mpa)	0.05	0.1	0.5	20
缓冲涂层 7 杨氏模量 (Mpa)	250	0.1	10	600
外涂层 8 杨氏模量 (Gpa)	1. 5	0.8	0.5	1.0
工作波长	1310	1310	1550	1550
衰减 dB/km	0.43	0.32	0.28	0.35
串音 dB/km	-32	-35	-30	-27

实施例 2: 石英光纤 5 的直径 $d_{石}$ 为 50 μm 时的 4 种细径保偏光纤: 光纤 5、光纤 6、光纤 7 和光纤 8, 光纤 5、光纤 6、光纤 7 和光纤 8 具体参数见表 2。

表 2、 $d_{石}$ 为 50 μm 时的 4 种细径保偏光纤的参数表

参数名称	光纤 5	光纤 6	光纤 7	光纤 8
$d_{光}/d_{石}$	0.06	0.05	0.07	0.08
$\Delta n_{光}$	1.3%	0.5%	0.8%	1.2
$d_{缓}/d_{应}$	1.1	1.0	1.05	1.2
$\Delta n_{缓}$	-0.3%	-0.85%	-0.4%	-0.1%
$d_{应}/d_{石}$	0.25	0.4	0.35	0.2
$\Delta n_{应中}$	-0.8%	-1.05%	-1.2%	-0.9%
$\Delta n_{应外}$	-0.1%	-0.85%	-0.4%	-0.3%
$d_{外}$ (μm)	90	105	135	110
$d_{内}/d_{外}$	0.65	0.75	0.8	0.7
$d_{缓涂}/d_{外}$	0.75	0.9	0.8	0.85
内涂层 6 杨氏模量 (Mpa)	20	0.5	0.2	0.05
缓冲涂层 7 杨氏模量 (Mpa)	250	10	0.2	600
外涂层 8 杨氏模量 (Gpa)	1	0.8	0.5	1.5
工作波长	1310	1310	1550	1550
衰减 dB/km	0.46	0.42	0.36	0.39
串音 dB/km	-39	-35	-30	-25

本发明对实施例 1 和 2 得到的光纤进行 85 度高温和 85%湿度的长期老化试验。通过近 1 个月的多个样品的重复试验, 经过大量数据分析, 得出光纤在工作 5 年条件下的光纤衰减和串音的稳定工作特性的理论值。参见图 4 所示, 光纤 5 年内在温度 85 度和湿度 85%的条件下, 衰减系数增加量不会超过其本征附加衰减的 1.6%。对于出厂时附加损耗小于 0.05dB 的保偏光纤来说, 保偏光纤 5 年衰减系数增加量在 0.0008dB 左右。参见图 5 所示, 光纤在温度 85 度和湿度 85%的条件下, 历经 5 年后会比出厂前在同等外界应力条件下双折射下降 2.6%左右, 并将保持平衡。

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、一种细径保偏光纤，包括石英光纤（5），石英光纤（5）的外围设置有内涂层（6）和外涂层（8），石英光纤（5）的内部设置有光纤芯层（1）和石英包层（2），石英包层（2）位于光纤芯层（1）的外围；光纤芯层（1）和石英包层（2）之间设置有2个应力区（4），2个应力区（4）沿光纤芯层（1）的中心对称分布；其特征在于：所述内涂层（6）和外涂层（8）之间设置有缓冲涂层（7），每个应力区（4）外围均设置有与应力区（4）同心的缓冲层（3）；

所述光纤芯层（1）的折射率为 $n_{光}$ ，所述缓冲层（3）的折射率为 $n_{缓}$ ，所述石英包层（2）的折射率为 $n_{石}$ ；所述应力区（4）的折射率为 $n_{应}$ ，应力区（4）外围的折射率为 $n_{应外}$ ，应力区（4）中心的折射率为 $n_{应中}$ ；

$n_{光}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{光}$ 为 0.5%~1.3%， $n_{缓}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{缓}$ 为-0.1%~-0.4%； $n_{应外}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{应外}$ 为-0.1%~-0.4%， $n_{应中}$ 与 $n_{石}$ 的相对折射率差 $\Delta n_{应中}$ 为-1.2%~-0.8%；

所述细径保偏光纤的工作波长为 1310nm 时，其衰减达到 0.5dB/km 以下，串音达到-35dB/km；所述细径保偏光纤的工作波长为 1550nm 时，其衰减达到 0.4dB/km 以下，串音达到-30dB/km。

2、如权利要求 1 所述的细径保偏光纤，其特征在于：所述光纤芯层（1）的直径为 $d_{光}$ ，所述缓冲层（3）的直径为 $d_{缓}$ ，所述石英光纤（5）的直径为 $d_{石}$ ，所述应力区（4）的直径为 $d_{应}$ ； $d_{光}$ 与 $d_{石}$ 的比值为 0.05~0.08， $d_{缓}$ 与 $d_{应}$ 的比值为 1.0~1.2， $d_{应}$ 与 $d_{石}$ 的比值为 0.2~0.4。

3、如权利要求 1 所述的细径保偏光纤，其特征在于：所述内涂层（6）的直径为 $d_{内}$ ，所述缓冲涂层（7）的直径为 $d_{缓涂}$ ，所述外涂

层(8)的直径为 $d_{外}$, $d_{内}$ 与 $d_{外}$ 的比值为0.65~0.85, $d_{缓涂}$ 与 $d_{外}$ 的比值为0.75~0.9。

4、如权利要求3所述的细径保偏光纤, 其特征在于: 所述石英光纤(5)的直径 $d_{石}$ 为50um或80um, 所述 $d_{外}$ 为90um~140um。

5、如权利要求3所述的细径保偏光纤, 其特征在于: 所述内涂层(6)的杨氏模量为0.05Mpa~20Mpa, 所述外涂层(8)的杨氏模量为0.5Gpa~1.5Gpa; 所述缓冲涂层(7)的杨氏模量为0.1Mpa~600MPa、且缓冲涂层(7)的杨氏模量在内涂层(6)和外涂层(8)之间。

6、如权利要求1至5任一项所述的细径保偏光纤, 其特征在于: 所述内涂层(6)、缓冲涂层(7)和外涂层(8)制作时, 所述内涂层(6)采用单模具涂覆、并经紫外线固化后, 再经双模具同时涂覆缓冲涂层(7)和外涂层(8), 最后将缓冲涂层(7)和外涂层(8)同时通过紫外线固化。

7、如权利要求1至5任一项所述的细径保偏光纤, 其特征在于: 所述相对折射率差的计算公式为: $\Delta=(n_{折}-n_{石})/(n_{折}+n_{石})\cdot 100\%$, 其中 Δ 为相对折射率差; 当计算光纤芯层(1)与石英包层(2)相对折射率差时, 上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{光}$; 当计算缓冲层(3)与石英包层(2)的相对折射率差时, 上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{缓}$; 当计算应力区(4)外围与石英包层(2)的相对折射率差时, 上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{应外}$; 当计算应力区(4)中心与石英包层(2)的相对折射率差时, 上述公式中 $n_{折}$ 为 $n_{应中}$ 。

8、如权利要求1至5任一项所述的细径保偏光纤, 其特征在于: 所述光纤芯层(1)采用掺铒的方式制成, 所述缓冲层(3)采用浅掺硼的方式制成, 所述应力区(4)采用深掺硼的方式制成。

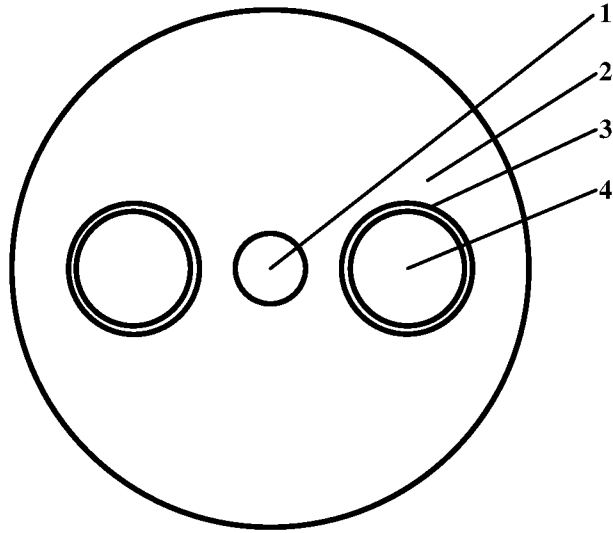


图 1

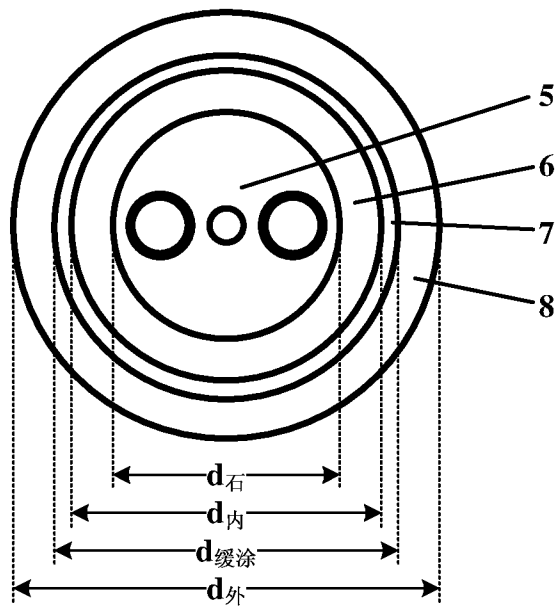


图 2

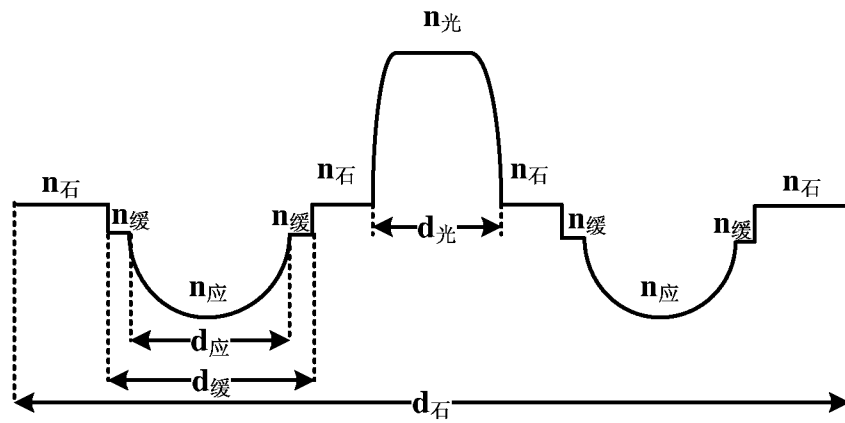


图 3

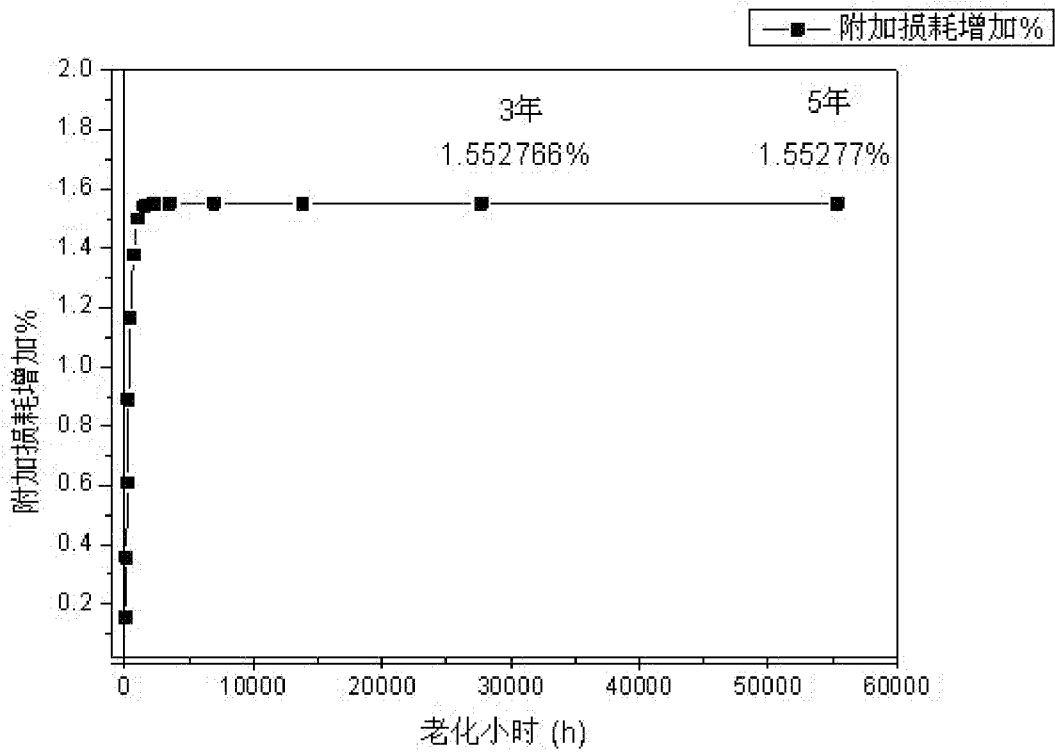


图 4

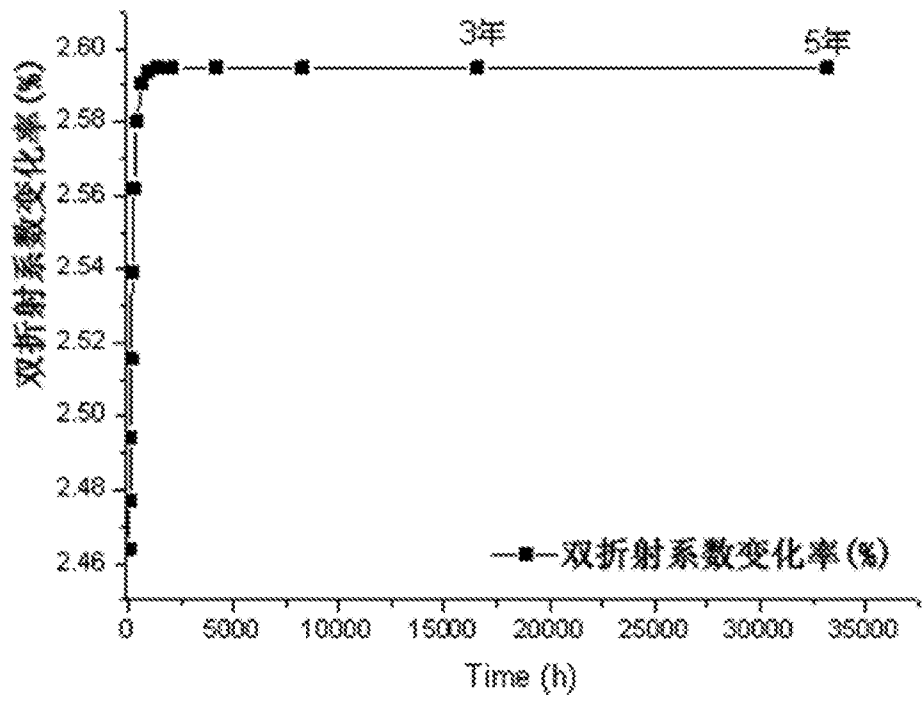


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/093683

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/024 (2006.01) i

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)

G02B 6/-

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)

WPI; EPODOC; CNPAT; CNKI: polarization maintaining fiber; PMF, polarization, fiber?, panda, symmetr+, stress, hole?, buffer+, clad+, wrap+, coat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104536085 A (FIBERHOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD. et al.), 22 April 2015 (22.04.2015), claims 1-8	1-8
A	CN 104252018 A (BEIJING AUTOMATION CONTROL EQUIPMENT INSTITUTE), 31 December 2014 (31.12.2014), description, paragraphs [0016]-[0022], and figure 1	1-8
A	CN 101833127 A (SHANGHAI HENGTONG OPTIC-ELECTRIC TECHNOLOGY CO., LTD.), 15 September 2010 (15.09.2010), the whole document	1-8
A	CN 102933995 A (CORACTIVE HIGH-TECH INC.), 13 February 2013 (13.02.2013), the whole document	1-8
A	JP H01148724 A (NIPPON KOGAKU KK.), 12 June 1989 (12.06.1989), the whole document	1-8
A	US 2013308895 A1 (WEATHERFORD/LAMB, INC.), 21 November 2013 (21.11.2013), the whole document	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search
30 December 2015 (30.12.2015)

Date of mailing of the international search report
13 January 2016 (13.01.2016)

Name and mailing address of the ISA/CN:
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
SONG, Yue
Telephone No.: (86-10) **82245970**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/093683

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104536085 A	22 April 2015	None	
CN 104252018 A	31 December 2014	None	
CN 101833127 A	15 September 2010	None	
CN 102933995 A	13 February 2013	US 2013071082 A1	21 March 2013
		EP 2569664 A1	20 March 2013
		WO 2011140657 A1	17 November 2011
JP H01148724 A	12 June 1989	None	
US 2013308895 A1	21 November 2013	CA 2897288 A1	21 August 2004
		CA 2740053 C	06 October 2015
		GB 2399877 A	29 September 2004
		US 2004165809 A1	26 August 2004
		GB 2399877 B	10 May 2006
		US 8687926 B2	01 April 2014
		US 2005247082 A1	10 November 2005
		US 6931188 B2	16 August 2005
		CA 2740053 A1	21 August 2004
		US 2010158435 A1	24 June 2010
		US 2014147074 A1	29 May 2014
		US 8494322 B2	23 July 2013
		CA 2458185 A1	21 August 2004
		US 7669440 B2	02 March 2010
		CA 2458185 C	02 August 2011
		GB 0403963 D0	24 March 2004

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/093683

<p>A. 主题的分类</p> <p>G02B 6/024(2006.01)i</p> <p>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</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G02B 6/-</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>WPI;EPODOC;CNPAT;CNKI: 保偏光纤, 熊猫, 对称, 应力, 孔, 缓冲, 包层, 包覆, 涂层; PMF, polarization, fiber?, panda, symmetr+, stress, hole?, buffer+, clad+, wrap+, coat+</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 104536085 A (烽火通信科技股份有限公司 等) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22) 权利要求1-8</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104252018 A (北京自动化控制设备研究所) 2014年 12月 31日 (2014 - 12 - 31) 说明书第[0016]段-第[0022]段, 附图1</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101833127 A (上海亨通光电科技有限公司) 2010年 9月 15日 (2010 - 09 - 15) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102933995 A (科拉克蒂夫高科技公司) 2013年 2月 13日 (2013 - 02 - 13) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP H01148724 A (NIPPON KOGAKU KK.) 1989年 6月 12日 (1989 - 06 - 12) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2013308895 A1 (WEATHERFORD/LAMB, INC.) 2013年 11月 21日 (2013 - 11 - 21) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 104536085 A (烽火通信科技股份有限公司 等) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22) 权利要求1-8	1-8	A	CN 104252018 A (北京自动化控制设备研究所) 2014年 12月 31日 (2014 - 12 - 31) 说明书第[0016]段-第[0022]段, 附图1	1-8	A	CN 101833127 A (上海亨通光电科技有限公司) 2010年 9月 15日 (2010 - 09 - 15) 全文	1-8	A	CN 102933995 A (科拉克蒂夫高科技公司) 2013年 2月 13日 (2013 - 02 - 13) 全文	1-8	A	JP H01148724 A (NIPPON KOGAKU KK.) 1989年 6月 12日 (1989 - 06 - 12) 全文	1-8	A	US 2013308895 A1 (WEATHERFORD/LAMB, INC.) 2013年 11月 21日 (2013 - 11 - 21) 全文	1-8
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 104536085 A (烽火通信科技股份有限公司 等) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22) 权利要求1-8	1-8																					
A	CN 104252018 A (北京自动化控制设备研究所) 2014年 12月 31日 (2014 - 12 - 31) 说明书第[0016]段-第[0022]段, 附图1	1-8																					
A	CN 101833127 A (上海亨通光电科技有限公司) 2010年 9月 15日 (2010 - 09 - 15) 全文	1-8																					
A	CN 102933995 A (科拉克蒂夫高科技公司) 2013年 2月 13日 (2013 - 02 - 13) 全文	1-8																					
A	JP H01148724 A (NIPPON KOGAKU KK.) 1989年 6月 12日 (1989 - 06 - 12) 全文	1-8																					
A	US 2013308895 A1 (WEATHERFORD/LAMB, INC.) 2013年 11月 21日 (2013 - 11 - 21) 全文	1-8																					
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2015年 12月 30日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2016年 1月 13日</p>																						
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>受权官员</p> <p>宋玥</p> <p>电话号码 (86-10)82245970</p>																						

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/093683

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104536085	A	2015年 4月 22日	无			
CN	104252018	A	2014年 12月 31日	无			
CN	101833127	A	2010年 9月 15日	无			
CN	102933995	A	2013年 2月 13日	US	2013071082	A1	2013年 3月 21日
				EP	2569664	A1	2013年 3月 20日
				WO	2011140657	A1	2011年 11月 17日
JP	H01148724	A	1989年 6月 12日	无			
US	2013308895	A1	2013年 11月 21日	CA	2897288	A1	2004年 8月 21日
				CA	2740053	C	2015年 10月 6日
				GB	2399877	A	2004年 9月 29日
				US	2004165809	A1	2004年 8月 26日
				GB	2399877	B	2006年 5月 10日
				US	8687926	B2	2014年 4月 1日
				US	2005247082	A1	2005年 11月 10日
				US	6931188	B2	2005年 8月 16日
				CA	2740053	A1	2004年 8月 21日
				US	2010158435	A1	2010年 6月 24日
				US	2014147074	A1	2014年 5月 29日
				US	8494322	B2	2013年 7月 23日
				CA	2458185	A1	2004年 8月 21日
				US	7669440	B2	2010年 3月 2日
				CA	2458185	C	2011年 8月 2日
				GB	0403963	D0	2004年 3月 24日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)