

(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
2025年6月19日 (19.06.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/123624 A1

(51) 国际专利分类号:
G02B 6/036 (2006.01) **G02B 6/028** (2006.01)

OPTICS CO., LTD. [CN/CN]; 中国江苏省南通市经济技术开发区中天路6号 226000 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/099275

(72) 发明人: 王见青 (**WANG, Jianqing**); 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。沈一春 (**SHEN, Yichun**); 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。秦钰 (**QIN, Yu**); 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。蒋新力 (**JIANG, Xinli**); 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。陈娅丽 (**CHEN, Yali**); 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。徐希凯 (**XU, Xikai**); 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。周慧 (**ZHOU, Hui**); 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。张俊逸 (**ZHANG, Junyi**); 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。张泽霖 (**ZHANG, Zelin**); 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。

(22) 国际申请日: 2024年6月14日 (14.06.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202311701394.9 2023年12月11日 (11.12.2023) CN

(71) 申请人: 中天科技精密材料有限公司 (**ZHONGTIAN TECHNOLOGY ADVANCED MATERIALS CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国江苏省南通市开发区中天路3号 226010 (CN)。中天科技集团有限公司 (**ZHONGTIAN TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国江苏省南通市如东县河口镇中天路1号 226463 (CN)。中天科技光纤有限公司 (**ZHONGTIAN TECHNOLOGY FIBER**

(54) Title: LOW-LOSS SINGLE-MODE OPTICAL FIBER

(54) 发明名称: 低损耗单模光纤

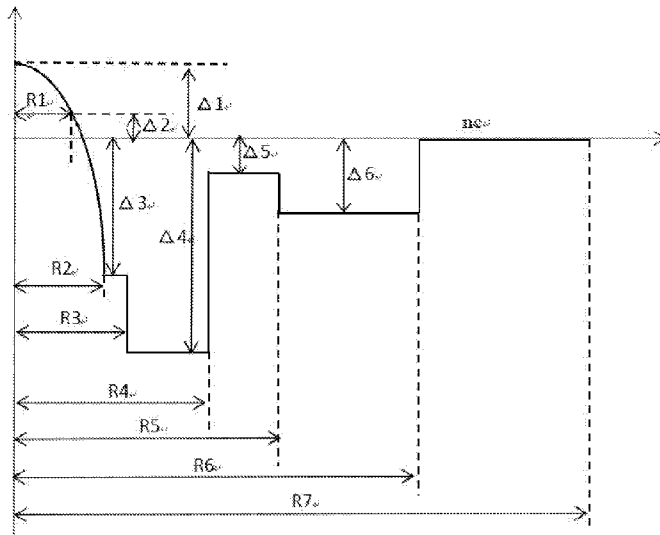


图 2

(57) Abstract: A low-loss single-mode optical fiber, which relates to the technical field of communication optical fibers. The low-loss single-mode optical fiber comprises a core layer and a cladding layer surrounding the periphery of the core layer, wherein the core layer comprises an inner core layer (100) and an outer core layer (200), the inner core layer (100) is doped with P and GeO₂, and the outer core layer (200) is doped with F, P and GeO₂. By means of adjusting the elements doped in the inner core layer (100) and the outer core layer (200), Rayleigh scattering is decreased, thereby achieving the aim of reducing the attenuation coefficient of the optical fiber, such that the optical fiber has lower attenuation loss and better bending resistance.



WO 2025/123624 A1

(74) 代理人:北京德崇智捷知识产权代理有限公司
(**JW IP LAW FIRM**); 中国北京市朝阳区酒仙桥
路14号A5楼7层701 100015 (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,
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

(57) 摘要: 一种低损耗单模光纤, 涉及通信光纤技术领域, 该低损耗单模光纤包括芯层和围绕于芯层外围的包层, 芯层包括内芯层(100)和外芯层(200), 内芯层(100)中掺杂有P、GeO₂, 外芯层(200)中掺杂有F、P、GeO₂。通过调整内芯层(100)和外芯层(200)中掺杂的元素减少瑞利散射, 从而达到降低光纤衰减系数的目的, 使光纤具有更低的衰减损耗和更优的抗弯曲特性。

低损耗单模光纤

技术领域

本申请涉及通信光纤技术领域，尤其涉及一种低损耗单模光纤。

背景技术

光纤是光纤通信网络的传输媒质，光纤衰减越低，整个链路的光功率损耗将越少，在传输过程中能得到更长的无中继传输距离，可以有效降低网络和系统建设的成本。

光纤的主要成分是 SiO_2 ，在制造光纤预制棒时，通过掺入 GeO_2 来提高芯层的折射率，是降低光纤衰减的最主要来源；同时，还可以在包层中掺入 F 元素，以降低包层的折射率，保证芯层与包层之间的折射率差值，进一步降低光纤衰减。

然而，上述技术方案中，在制造光纤预制棒时，芯层与包层之间的粘度/热膨胀系数出现倒置，光纤结构粘度/热膨胀系数匹配失衡，芯层和包层界面产生较大应力，将导致光纤衰减增加。

发明内容

鉴于上述问题，本申请实施方式提供一种低损耗单模光纤，以解决相关技术中的单模光纤的光纤衰减大的技术问题。

为了实现上述目的，本申请实施方式提供如下技术方案：

本申请实施方式提供的一种低损耗单模光纤，其包括芯层和围绕于所述芯层外围的包层，所述芯层包括内芯层和外芯层，所述内芯层中掺杂有 P、 GeO_2 ，所述外芯层中掺杂有 F、P、 GeO_2 。

在一种可能的实现方式中，所述内芯层中掺杂有摩尔浓度为 0.10-1.5% 的 GeO_2 和摩尔浓度为 0.01-0.3% 的 P 元素；所述外芯层中掺杂有摩尔浓度为 0.10-1.5% 的 GeO_2 、摩尔浓度为 0.01-0.3% 的 P 元素和摩尔浓度为 0-1.5% 的 F 元素。

在一种可能的实现方式中，所述芯层的折射率呈抛物线渐变型分布。

在一种可能的实现方式中，所述包层包括由中心至外周依次层叠设置的内包层、第一凹陷层、掺杂层、第二凹陷层以及外包层；所述内包层中掺杂有摩尔浓度为0-0.2%的 GeO_2 、摩尔浓度为0.01-0.3%的P元素和摩尔浓度为0.5-1.5%的F元素；所述第一凹陷层中掺杂有摩尔浓度为0-0.2%的 GeO_2 和摩尔浓度为0-2.0%的F元素；所述掺杂层中掺杂有摩尔浓度为0-0.2%的 GeO_2 和摩尔浓度为0-2.0%的F元素；所述第二凹陷层中掺杂有摩尔浓度为0-0.2%的 GeO_2 和摩尔浓度为0-3.0%的F元素。

在一种可能的实现方式中，所述内芯层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 1$ 为0.10-0.25%；所述外芯层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 2$ 为0-0.20%；所述内包层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 3$ 为-0.10至-0.30%；所述第一凹陷层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 4$ 为-0.25至-0.50%；所述掺杂层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 5$ 为-0.30至-0%；所述第二凹陷层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 6$ 为-0.50-0%。

在一种可能的实现方式中，所述内芯层的半径 R_1 为2-6 μm ；所述外芯层的半径为 R_2 ， R_2-R_1 的范围为3.0-5.0 μm ；所述内包层的半径为 R_3 ， R_3-R_2 的范围为2-5 μm ；所述第一凹陷层的半径为 R_4 ， R_4-R_3 的范围为2-8 μm ；所述掺杂层的半径为 R_5 ， R_5-R_4 的范围为5-30 μm ；所述第二凹陷层的半径为 R_6 ， R_6-R_5 的范围为10-22 μm ；所述外包层的半径 R_7 为60-65 μm 。

在一种可能的实现方式中，所述低损耗单模光纤的应用波长范围为1310-1550nm。

在一种可能的实现方式中，所述低损耗单模光纤在应用波长1310nm处的模场直径为8.7-9.7 μm ；所述低损耗单模光纤在应用波长1550nm处的模场直径为9.5-10.5 μm 。

在一种可能的实现方式中，所述低损耗单模光纤在应用波长1310nm处的衰减系数 $\leq 0.350\text{dB/km}$ ；所述低损耗单模光纤在应用波长1550nm处的衰减系数 $\leq 0.175\text{dB/km}$ 。

在一种可能的实现方式中，所述低损耗单模光纤的零色散波长范围为1300-1324nm，所述低损耗单模光纤在零色散波长处的色散斜率 $\leq 0.092\text{ps}/(\text{nm}^2*\text{km})$ ；所述低损耗单模光纤在应用波长1550nm处的色散系数 $\leq 18\text{ps}/(\text{nm}*\text{km})$ 。

本申请实施方式提供的一种低损耗单模光纤，其包括芯层和围绕于芯层外围的包层，芯层包括内芯层和外芯层，内芯层中掺杂有 P、 GeO_2 ，外芯层中掺杂有 F、P、 GeO_2 。通过合理的光纤结构设计和芯层掺杂元素的控制，在芯棒剖面结构不变的前提下，减少瑞利散射，从而达到降低光纤衰减系数的目的；在光纤各项性能兼容 G.652 标准的前提下，使光纤具有更低的衰减损耗和更优的抗弯曲特性。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施方式或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本申请实施方式提供的低损耗单模光纤的横截面示意图；

图 2 为本申请实施方式提供的低损耗单模光纤的剖面结构示意图；

图 3 为本申请实施方式提供的实施例一的低损耗单模光纤的折射率分布示意图；

图 4 为本申请实施方式提供的实施例一的低损耗单模光纤的应力分布对比示意图；

图 5 为本申请实施方式提供的实施例四的低损耗单模光纤的折射率分布示意图；

图 6 为本申请实施方式提供的实施例五的低损耗单模光纤的折射率分布示意图；

图 7 为本申请实施方式提供的实施例六的低损耗单模光纤的折射率分布示意图。

附图标记：

100：内芯层；

200：外芯层；

300：内包层；

400：第一凹陷层；

500：掺杂层；

600: 第二凹陷层;

700: 外包层。

具体实施方式

正如背景技术中所阐述的, 相关技术中的单模光纤有光纤衰减大的问题, 经技术人员研究发现, 出现这种问题的原因在于, 现有低损耗弯曲不敏感单模光纤剖面设计为了平衡掺杂量、以及石英粘度实现较低的衰减, 光纤芯层一般采用 Ge 元素和 F 元素共掺, 由于 F 元素的掺杂降低了芯层折射率, 需要掺杂更多的 Ge 才能保持芯层折射率不变, 掺杂更多的 GE 将导致散射增加; 同时低损耗截止波长位移单模光纤的衰减、色散参数、模场直径、缆波长等参数也受芯层结构的影响, 现有的芯层剖面采用阶跃型设计, 芯包层之间存在明显的应力突变, 衰减偏高。且在调整芯层剖面结构时, 各参数也都在同步变化, 各项指标难以达到 G.652 标准 (G.652 标准指定了单模光纤 (SMF) 的特性和性能, 包括模式分布、模分布常数、最大衰减、最大折射率变化、抗拉伸强度和热变形温度等); 为保证各参数兼容 G.652 标准, 环芯凹陷层的深度和宽度设计值有限, 光纤抗弯曲性能改善效果有限, 难以达到 G.657 弯损标准。

另外, 现有低损耗截止波长位移单模光纤在芯棒剖面定型后, 直接匹配纯硅套管拉丝, 截止波长迁移的位置不便再调整, 导致预制棒拉制光纤适用波长范围较窄。针对上述技术问题, 本申请实施方式提供了一种低损耗单模光纤, 通过合理的光纤结构设计、芯层掺杂控制和外芯层掺杂控制, 在光纤各项性能兼容 G.652 标准的前提下, 使光纤具有更低的衰减损耗和更优的抗弯曲特性; 同时, 还能在芯棒剖面结构不变的前提下, 通过调整匹配拉丝的掺 F 夹层管折射率高低控制截止波长迁移的位置, 使得拉制光纤能够调整至不同的波长范围, 并进一步提高弯曲性能。

为了使本申请实施方式的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂, 下面将结合本申请实施方式中的附图, 对本申请实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然, 所描述的实施例仅仅是本申请的一部分实施例, 而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例, 本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施例, 均属于本申请保护的范

本申请实施方式提供了一种低损耗单模光纤，参考图 1 和图 2，图 1 为本申请实施方式提供的低损耗单模光纤的横截面示意图，图 2 为本申请实施方式提供的低损耗单模光纤的剖面结构示意图；该低损耗单模光纤包括芯层和围绕于芯层外围的包层，芯层包括内芯层 100 和外芯层 200，包层包括由中心至外周依次层叠设置的内包层 300、第一凹陷层 400、掺杂层 500、第二凹陷层 600 以及外包层 700；本申请实施例中，内芯层 100 的半径 R_1 可以为 $2-6\mu\text{m}$ ，外芯层 200 的半径为 R_2 ， R_2-R_1 的范围为 $3.0-5.0\mu\text{m}$ ；内包层 300 的半径为 R_3 ， R_3-R_2 的范围为 $2-5\mu\text{m}$ ；第一凹陷层 400 的半径为 R_4 ， R_4-R_3 的范围为 $2-8\mu\text{m}$ ；掺杂层 500 的半径为 R_5 ， R_5-R_4 的范围为 $5-30\mu\text{m}$ ；第二凹陷层 600 的半径为 R_6 ， R_6-R_5 的范围为 $10-22\mu\text{m}$ ；外包层 700 的半径 R_7 为 $60-65\mu\text{m}$ ，外包层 700 的半径 R_7 可以为 $62.5\mu\text{m}$ 。

通过在内芯层 100 中掺杂 GeO_2 和 P 元素改变折射率，其中，内芯层 100 中掺杂有摩尔浓度为 $0.10-1.5\%$ 的 GeO_2 和摩尔浓度为 $0.01-0.3\%$ 的 P 元素。

通过在外芯层 200 中掺杂 GeO_2 、P 元素和 F 元素改变折射率，其中，外芯层 200 中掺杂有摩尔浓度为 $0.10-1.5\%$ 的 GeO_2 、摩尔浓度为 $0.01-0.3\%$ 的 P 元素和摩尔浓度为大于 0 且 1.5% 以下的 F 元素。

通过在内包层 300 中掺杂 GeO_2 、P 元素和 F 元素改变折射率，其中，内包层 300 中掺杂有摩尔浓度为 $0-0.2\%$ 的 GeO_2 、摩尔浓度为 $0.01-0.3\%$ 的 P 元素和摩尔浓度为 $0.5-1.5\%$ 的 F 元素。

通过在第一凹陷层 400 中掺杂 GeO_2 和 F 元素改变折射率，其中，第一凹陷层 400 中掺杂有摩尔浓度为 $0-0.2\%$ 的 GeO_2 和摩尔浓度为 $0-2.0\%$ 的 F 元素。

通过在掺杂层 500 中掺杂 GeO_2 和 F 元素改变折射率，其中，掺杂层 500 中掺杂有摩尔浓度为 $0-0.2\%$ 的 GeO_2 和摩尔浓度为 $0-2.0\%$ 的 F 元素。

通过在第二凹陷层 600 中掺杂 GeO_2 和 F 元素改变折射率，其中，第二掺杂层中掺杂有摩尔浓度为 $0-0.2\%$ 的 GeO_2 和摩尔浓度为 $0-3.0\%$ 的 F 元素。

使得芯层的折射率呈现抛物线渐变型分布，能够实现物理性能和掺杂浓度的渐变，消除或减小芯包层间的界面应力差，还能在保持模场直径不变的情况下，降低 1550 色散值以满足 G652 标准要求。

需要说明的是，还能够使得内芯层 100 与外包层 700 之间的相对折射率差 $\Delta 1$ 保持在 $0.10-0.25\%$ 之间，外芯层 200 与外包层 700 之间的相对折

射率差 $\Delta 2$ 保持在 0-0.20% 之间, 内包层 300 与外包层 700 之间的相对折射率差 $\Delta 3$ 保持在 -0.10 至 -0.30% 之间, 第一凹陷层 400 与外包层 700 之间的相对折射率差 $\Delta 4$ 保持在 -0.25 至 -0.50% 之间, 掺杂层 500 与外包层 700 之间的相对折射率差 $\Delta 5$ 保持在 -0.30 至 -0% 之间, 第二凹陷层 600 与外包层 700 之间的相对折射率差 $\Delta 6$ 保持在 -0.50-0% 之间。

上述折射率能够使得单模光纤的应用波长范围保持在 1310-1550nm 之间。

其中, 单模光纤在应用波长 1310nm 处时, 其模场直径为 8.7-9.7 μm , 优选模场直径为 9.2 μm , 其衰减系数 $\leq 0.350\text{dB/km}$, 单模光纤在应用波长 1310nm 处时, 其衰减系数也可以 0.290dB/km 。单模光纤在应用波长 1550nm 处时, 其模场直径为 9.5-10.5 μm , 优选模场直径为 10.5 μm , 其衰减系数 $\leq 0.175\text{dB/km}$; 单模光纤在应用波长 1550nm 处时, 其衰减系数也可以 $\leq 0.165\text{dB/km}$ 。各项性能指标可兼容 G.652 和 G.657A2 标准。

上述折射率还能够使得单模光纤的零色散波长范围保持在 1300-1324nm 之间; 其中, 单模光纤在零色散波长处, 其色散斜率 $\leq 0.092\text{ps}/(\text{nm}^2*\text{km})$; 单模光纤在应用波长 1550nm 处, 其色散系数 $\leq 18\text{ps}/(\text{nm}*\text{km})$ 。

需要说明的是, 掺杂 P 元素的摩尔浓度低于 0.3% 摩尔浓度, 同时通过和 F 元素共掺能够基本消除 P 元素在 1570nm 吸收峰对光纤 1530~1625 波导衰减的影响。当掺杂 P 元素的摩尔浓度低于 0.3% 摩尔浓度, 且掺杂 P 元素的单模光纤通过氙气处理后, 单模光纤的抗氢老损性能和不掺杂 P 元素的普通单模光纤测试结果基本相同, 符合标准要求。

同时, 通过调节 SiO_2 、 GeO_2 、F 元素和 P 元素在沉积过程中的流量比实现剖面结构设计; 其中, GeO_2 掺杂的原则为尽量降低其掺杂量, 以降低 GeO_2 掺杂引起的瑞利散射损耗。由于芯层中微量 P 的掺杂替代了 F 掺杂对于芯层粘度调节的作用, 在芯层和包层折射率差值不变的前提下, 内芯层不掺 F 可进一步减少芯层掺 GeO_2 的量, 进而减少瑞利散射。

本申请实施方式的低损耗单模光纤包括芯层和围绕于芯层外围的包层, 芯层包括内芯层 100 和外芯层 200, 包层包括由中心至外周依次层叠设置的内包层 300、第一凹陷层 400、掺杂层 500、第二凹陷层 600 以及外包层 700; 内芯层 100 中掺杂有 P、 GeO_2 , 外芯层 200 中掺杂有 F、P、 GeO_2 , 内包层 300

中掺杂有 GeO_2 、P 元素和 F 元素，第一凹陷层 400 中掺杂有 GeO_2 和 F 元素，掺杂层 500 中掺杂有 GeO_2 和 F 元素，第二凹陷层 600 中掺杂有 GeO_2 和 F 元素。通过合理的光纤结构设计和芯层掺杂控制，在芯棒剖面结构不变的前提下，通过调整内芯层和外芯层中掺杂的元素减少瑞利散射，从而达到降低光纤衰减系数的目的。

同时，还通过调整匹配拉丝的掺 F 夹层管折射率高低控制截止波长迁移的位置，使得拉制光纤能够调整至不同的波长范围，在光纤各项性能兼容 G.652 标准的前提下，使光纤具有更低的衰减损耗和更优的抗弯曲特性。

需要说明的是，本申请实施方式提供的低损耗单模光纤在靠近外包层 700 的位置设有掺杂层 500 和第二凹陷层 600，一方面可以在防止光功率泄漏的前提下，有效降低芯层折射率，降低 GeO_2 掺杂引起的瑞利散射损耗；另一方面在保证芯棒折射率不变的情况下，通过第二凹陷层 600 折射率的高低调整，实现截止波长迁移位置可调，光纤在 1260~1625nm (O+S+L 波段) 宽波长范围内可调整使用，降低了光纤预制棒差异化设计的制造工艺难度。

同时，除控制截止波长迁移的位置外，本申请实施例的低损耗单模光纤在其他主要性能 (MFD, 色散性能) 和 G652 相匹配的前提下，截止波长可根据应用波段调整，得到最优的弯曲性能。

例如：O 波段应用时，缆截止波长 $\leq 1260\text{nm}$ ，C+L 波段应用时，缆截止波长 $\leq 1530\text{nm}$ ，S+C+L 波段应用时，截止波长 $\leq 1420\text{nm}$ 。

还需要说明的是，本申请实施方式提供的低损耗单模光纤的内芯层 100 和外芯层 200 通过微量掺 P 元素替代了 F 元素掺杂对于粘度调节的效果，在保持芯层折射率不变的情况下，有效降低芯层掺 GE 量，降低了瑞利散射。

进一步的，本申请实施方式提供的低损耗单模光纤，其芯层采用抛物线渐变型设计，能够实现物理性能和掺杂浓度的渐变，消除或减小芯包层间的界面应力差，还能在保持模场直径不变的情况下，降低 1550 色散值以满足 G652 标准要求。

本申请实施例中，外包层 700 为纯二氧化硅制成，其中不掺杂其他元素。

本申请实施例中，外芯层 200 为掺杂有 GeO_2 、P 元素和 F 元素的二氧化硅玻璃层。

本申请实施例中，该低损耗单模光纤适用于 MCVD、PCVD 等各种制造工艺或混合工艺。

本申请实施例中，该低损耗单模光纤的光纤截止波长迁移位置可调 ($\leq 1530\text{nm}$)。

需要说明的是，单模光纤在应用波长 1550nm 处时，15mm 半径-10 圈的宏弯损耗 $\leq 0.03\text{dB}$ ；10mm 半径-1 圈的宏弯损耗 $\leq 0.1\text{dB}$ ，7.5mm 半径-1 圈的宏弯损耗 $\leq 0.5\text{dB}$ 。

以下通过实施例一至实施例六对本申请的低损耗单模光纤进行详细说明。

采用改进管内化学气相沉积法 MCVD 或等离子化学气相沉积法 PCVD 工艺制备预制芯棒，其中，掺杂层 500 可以由掺 F 元素的石英基管构成，以掺 F 元素的石英管作为沉积基管， SiCl_4 和 O_2 为 SiO_2 的原料， SiF_4 、 SF_6 、 C_2F_6 或 CF_4 作为掺 F 元素的原料， GeCl_4 作为掺 GE 元素的原料， POCl_3 为掺 P 元素的原料。

使用往返移动的氢氧喷灯或等离子体作为热源，通过控制管内各掺杂元素浓度，依次在掺 F 基管内表面沉积得到凹陷层、内包层、外芯层和内芯层；然后在高温下将沉积管熔缩到合适的内径，内径收死前通入 SF_6 或 C_2F_6 和 O_2 在氢氧喷灯或石墨炉加热下对内径表面粘附的杂质进行刻蚀去除，最终高温融缩为实心芯棒。

采用掺 F 石英套管作为第二凹陷层 600 和纯石英材质套管作为外包层 700 匹配拉丝，高温拉丝得到光纤。

光纤剖面结构包括内芯层 100、外芯层 200、内包层 300、第一凹陷层 400、掺杂层 500、第二凹陷层 600 和外包层 700，内芯层 100 的半径为 R_1 ，相对折射率差为 $\Delta 1$ ；外芯层 200 的半径为 R_2 ，相对折射率差为 $\Delta 2$ ；内包层 300 的半径为 R_3 ，相对折射率差为 $\Delta 3$ ；第一凹陷层 400 的半径为 R_4 ，相对折射率差为 $\Delta 4$ ；掺杂层 500 的半径为 R_5 ，相对折射率差为 $\Delta 5$ ；第二凹陷层 600 的半径为 R_6 ，相对折射率差为 $\Delta 6$ ；外包层 700 为纯二氧化硅，其半径 R_7 为 $62.5\ \mu\text{m}$ ，相对折射率差为 0%。

表 1 不同结构设计光纤参数

示例	R1/μm	Δ 1/%	R2/μm	Δ 2/%	R3/μm	Δ 3/%	R4/μm	Δ 4/%	R5/μm	Δ 5/%	R6/μm	Δ 6/%
例 1	2.5	0.14	6.3	0.00	8.8	-0.23	13.6	-0.34	20.5	-0.22	40.5	-0.28
例 2	2.5	0.11	6.4	0.00	9.0	-0.22	13.5	-0.35	21.0	-0.23	41.0	-0.28
例 3	2.4	0.14	6.3	0.00	8.9	-0.22	13.7	-0.34	21.0	-0.22	40.0	-0.27
例 4	5.8	0.15	\	\	8.3	-0.21	13.3	-0.34	20.3	-0.20	41.3	-0.27
例 5	2.6	0.19	6.3	0.02	8.7	-0.21	13.8	-0.34	41.5	-0.23	\	\
例 6	2.6	0.14	6.3	0.00	9.1	-0.21	16.5	-0.42	42.0	-0.21	\	\

表 2 不同结构设计光纤掺杂元素浓度分布

掺杂元素	实施例 1					
	内芯层	外芯层	内包层	凹陷层 1	过渡层	凹陷层 2
F (mol%)	/	0.1~0.95	0.95	1.47	0.85	1.2
P (mol%)	0.1	0.1	0.1	0	0	/
GeO2 (mol%)	0.14~0.55	0.14	0.14	0	0	/
实施例 2						
	内芯层	外芯层	内包层	凹陷层 1	过渡层	凹陷层 2
F (mol%)	/	0.1~0.95	0.95	1.47	0.85	1.2
P (mol%)	0.1	0.1	0.1	0	0	/
GeO2 (mol%)	0.14~0.45	0.14	0.14	0	0	/
实施例 3						
	内芯层	外芯层	内包层	凹陷层 1	过渡层	凹陷层 2
F (mol%)	0.1	0.1~0.95	0.95	1.47	0.85	1.2
P (mol%)	0.1	0.1	0.1	0	0	/
GeO2 (mol%)	0.14~0.65	0.14	0.14	0	0	/
实施例 4						
	内芯层	外芯层	内包层	凹陷层 1	过渡层	凹陷层 2
F (mol%)	/	/	0.95	1.47	0.85	1.2
P (mol%)	0.1	/	0.1	0	0	/
GeO2 (mol%)	0.55	/	0.14	0	0	/
实施例 5						
	内芯层	外芯层	内包层	凹陷层 1	过渡层	凹陷层 2
F (mol%)	/	0.1~0.95	0.95	1.47	0.85	/
P (mol%)	0.1	0.1	0.1	0	0	/
GeO2 (mol%)	0.14~0.68	0.14	0.14	0	0	/
实施例 6						
	内芯层	外芯层	内包层	凹陷层 1	过渡层	凹陷层 2
F (mol%)	/	0.1~0.95	0.95	2.4	0.85	/
P (mol%)	0.1	0.1	0.1	0	0	/
GeO2 (mol%)	0.14~0.55	0.14	0.14	0	0	/

表 3 不同结构参数光纤的测试性能

例	MF D@ 1310 nm / μ m	MF D@ 1550 nm / μ m	缆截 止波 长/nm	衰减 系数 @1310 nm/ (dB/ km)	衰减 系数 @1550 nm/ (dB/ km)	零色 散波 长/nm	零色 散波 长斜 率 ps/ (nm 2*km)	色 散 值 @1 550 nm ps/ (n m*k m)	宏弯 损耗 (R1 5-10 @1550 nm) /dB	宏弯 损耗 (R1 0-1@ 1550n m) /dB	宏弯损耗 (R7.5-1 @1550n m) /dB
1	9.2	10.5	1240	0.288	0.163	1314	0.087	16.6	0.008	0.04	0.15
2	9.3	10.5	1120	0.285	0.180	1318	0.087	16.4	0.050	0.23	0.88
3	9.1	10.4	1235	0.297	0.169	1312	0.086	16.5	0.010	0.05	0.12
4	9.2	10.3	1340	0.304	0.170	1298	0.093	18.9	0.005	0.03	0.10
5	9.1	10.4	1255	0.290	0.172	1308	0.091	17.9	0.021	0.07	0.32
6	8.8	10.4	1335	0.289	0.165	1312	0.098	17.1	0.012	0.06	0.23

MFD（模场直径）的检测标准：《GBT-15972.45-2008 光纤试验方法规范 第 45 部分：传输特性和光学特性的测量测试方法和试验程序 模场直径》。

缆截止波长检测标准：《GBT-15972.44-2008 光纤试验方法规范 第 44 部分：传输特性和光学特性的测量测试方法和试验程序 截止波长》。

衰减系数检测标准：《GBT-15972.40-2008 光纤试验方法规范 第 40 部分：传输特性和光学特性的测量测试方法和试验程序 衰减》。

宏弯损耗检测标准：《GBT-15972.47-2008 光纤试验方法规范 第 47 部分：传输特性和光学特性的测量测试方法和试验程序 宏弯损耗》。

色散检测标准：《GBT-15972.42-2008 光纤试验方法规范 第 42 部分：传输特性和光学特性的测量测试方法和试验程序 波长色散》。

对实施例一至实施例六得到的光纤的抗氢老损性能进行测试，测试的方法见表 4，测试的结果见表 5。

表 4 抗氢老损检测方法

	氢分压	温度	试样放置典型时间
基准方法	1kPa (0.01atm)	+23℃±5℃	约 (4~6) 天
替代方法	1kPa (0.01atm)	+65℃±2℃	大于 16h

表 5 抗氢老损性能测试

样品编号	氢前 1240	氢后 1240	氢前 1383	氢后 1383	$\Delta 1240 \geq$ 0.03	$\Delta 1383 \leq$ 0.01	结论
实施例 1	0.377	0.442	0.492	0.495	0.065	0.003	合格
实施例 2	0.366	0.432	0.490	0.492	0.066	0.002	合格
比较例 3	0.366	0.447	0.479	0.483	0.081	0.004	合格
比较例 4	0.372	0.442	0.461	0.466	0.070	0.005	合格
比较例 5	0.365	0.442	0.398	0.403	0.077	0.005	合格
比较例 6	0.363	0.451	0.442	0.445	0.088	0.003	合格

对于实施例一：

内芯层 100 的半径 R_1 为 $2.5 \mu\text{m}$ ， $\Delta 1$ 为 0.14%；外芯层 200 的厚度 R_2-R_1 为 $3.8 \mu\text{m}$ ， $\Delta 2$ 为 0%；内包层 300 的厚度 R_3-R_2 为 $2.5 \mu\text{m}$ ， $\Delta 3$ 为 -0.22%；第一凹陷层 400 的厚度 R_4-R_3 为 $4.8 \mu\text{m}$ ， $\Delta 4$ 为 -0.34%；掺杂层 500 的厚度 R_5-R_4 为 $7.9 \mu\text{m}$ ，相对折射率差为 $\Delta 5$ 为 -0.22%，第二凹陷层 600 的厚度 R_6-R_5 为 $20 \mu\text{m}$ ，相对折射率差为 $\Delta 6$ 为 -0.28%；外包层为纯二氧化硅，半径 R_7 为 $62.5 \mu\text{m}$ 。

该拉丝光纤在 1310nm 处的模场直径为 $9.2 \mu\text{m}$ ，在 1550nm 处的模场直径为 $10.5 \mu\text{m}$ ，截止波长为 1240nm，1310nm 和 1550nm 衰减分别为 0.288dB/km 和 0.163dB/km，零色散波长 1314nm，零色散波长斜率 $0.087\text{ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ ，1550nm 色散值 $16.6\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ ，光纤各项性能符合 G652 标准。

利用光纤折射率剖面测试仪表（扫描激光使用标准波长 632 nm）对实施例一中得到的光纤的折射率分布进行测试，得到其折射率分布图如图 3 所示。

利用光纤应力测试仪对实施例一中得到的光纤的应力分布进行测试，另在相同剖面设计下，对内/外芯层采用只掺 F 未掺 P 方式进行制备，两者光纤应力分布图比对如图 4 所示。

可以看出，在相同剖面设计下，相比芯层掺 P 光纤，掺 F 光纤为保证芯层折射率差值，芯层需要掺杂更多的 GE，除了导致瑞利散射增加外，另芯层和下陷层之间的应力突变更明显。芯层掺 P 相比芯层掺 F 对于减少芯层和下陷层之间的应力不匹配效果更佳。

对于实施例二：

在实施例一的基础上折射率 $\Delta 1$ 从 0.14% 降低至 0.12%，其它结构参数和实施例一基本相同。该设计光纤降低芯层折射率后，零色散波长迁移至 1318nm，零色散波长斜率 0.087ps/(nm²*km)，1550nm 色散值 16.4ps/(nm*km)，1550nm 衰减 0.180dB/km 增加明显，1310nm 衰减 0.285dB/km 小幅度降低，缆截止波长降低至 1120nm，R15*10 @1550nm、R10*1@1550nm、R7.5*1@1550nm 弯损增加明显，说明光信号在长波长存在泄漏。

对于模场直径较小的光纤设计，降低芯包层折射率差将导致基模的截止波长偏小而发生长波长输光泄露，需加宽或加深凹陷层或维持足够大的芯包层折射率差。

实施例三：

相比实施例一，实施例三中光纤各结构层对应的折射率参数基本保持不变，因内芯层采用 Ge/F/P 共掺方式，在芯层折射率保持不变的条件下，芯层掺 Ge 量相比增加，引起的瑞利散射损耗也增加，该设计光纤 1310nm 衰减和 1550nm 衰减增加至 0.297dB/km 和 0.169dB/km，其他参数基本无变化。

实施例四：

相比实施例一，在芯层直径和高度保持不变的情况下，芯层改为阶跃式设计，芯层半高宽相比实施例一增加，另因芯包层应力突变加剧，弯损虽有降低，但 1310nm 衰减和 1550nm 衰减增加至 0.304dB/km 和 0.178dB/km，缆波长增加至 1340nm，零色散波长迁移至 1298nm，零色散波长斜率 0.093ps/(nm²*km)，1550nm 色散值 18.9ps/(nm*km)，光纤色散指标超出 G652 标准。

如图 5 所示，在相同芯层折射率差和保证模场直径不变的情况下，相比芯层抛物线渐变型设计，芯层阶跃型设计在衰减，色散控制方面存在较

明显不足。

实施例五：

参考图 6 及表格内容，相比实施例一，实施例五无第二凹陷层 600 设计，为防止光功率泄漏，芯层折射率增加 0.19%，芯层掺 Ge 量相比增加，@1550nm 衰减增加至 0.172dB/km，缆波长无明显变化。零色散波长迁移至 1308nm，零色散波长斜率 0.090ps/(nm²*km)，1550nm 色散值 17.9ps/(nm*km)，光纤色散指标接近 G652 标准上限。

实施例六：

参考图 7 及表格内容，相比实施例一，实施例六无第二凹陷层 600 设计，为防止光功率泄漏和确保低弯曲损耗，第一凹陷层 400 宽度和深度分别增加到 7.4 μm 和 -0.42%，缆波长增加到 1335nm 超出 G652 标准上限，另模场直径减小到 8.8 μm 接近标准下限，色散参数无明显变化。

综上所述，本申请实施方式的低损耗单模光纤包括芯层和围绕于芯层外围的包层，芯层包括内芯层 100 和外芯层 200，包层包括由中心至外周依次层叠设置的内包层 300、第一凹陷层 400、掺杂层 500、第二凹陷层 600 以及外包层 700；内芯层 100 中掺杂有 P、GeO₂，外芯层 200 中掺杂有 F、P、GeO₂，内包层 300 中掺杂有 GeO₂、P 元素和 F 元素，第一凹陷层 400 中掺杂有 GeO₂ 和 F 元素，掺杂层 500 中掺杂有 GeO₂ 和 F 元素，第二凹陷层 600 中掺杂有 GeO₂ 和 F 元素。通过合理的光纤结构设计和芯层掺杂控制，在芯棒剖面结构不变的前提下，通过调整内芯层和外芯层中掺杂的元素减少瑞利散射，从而达到降低光纤衰减系数的目的。

还通过调整匹配拉丝的掺 F 夹层管折射率高低控制截止波长迁移的位置，使得拉制光纤能够调整至不同的波长范围，在光纤各项性能兼容 G.652 标准的前提下，使光纤具有更低的衰减损耗和更优的抗弯曲特性。

进一步的，本申请实施方式提供的低损耗单模光纤采用抛物线渐变型设计，一方面可实现物理性能和掺杂浓度的渐变，消除或减小芯包层间的界面应力差，另一方面在保持模场直径不变的情况下，有效降低光纤零色散波长斜率和 1550 色散值，作为长距离干线传输光纤使用时，减少了色散补偿。

同时，本申请实施方式提供的低损耗单模光纤在靠近外包层 700 设有

第二凹陷层 600，可以在防止光功率泄漏的前提下，有效降低了芯层折射率，降低 GeO₂ 掺杂引起的瑞利散射损耗，确保了光纤的低衰减损耗。

本说明书中各实施例或实施方式采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分相互参见即可。

应当指出，在说明书中提到的“一个实施例”、“实施例”、“示例性实施例”、“一些实施例”等表示所述的实施例可以包括特定特征、结构或特性，但未必每个实施例都包括该特定特征、结构或特性。此外，这样的短语未必是指同一实施例。此外，在结合实施例描述特定特征、结构或特性时，结合明确或未明确描述的其他实施例实现这样的特征、结构或特性处于本领域技术人员知识范围之内。

一般而言，应当至少部分地由语境下的使用来理解术语。例如，至少部分地根据语境，文中使用的术语“一个或多个”可以用于描述单数的意义的任何特征、结构或特性，或者可以用于描述复数的意义的特征、结构或特性的组合。类似地，至少部分地根据语境，还可以将诸如“一”或“所述”的术语理解为传达单数用法或者传达复数用法。

应当容易地理解，应当按照最宽的方式解释本公开中的“在……上”、“在……以上”和“在……之上”，以使得“在……上”不仅意味着“直接处于某物上”，还包括“在某物上”且其间具有中间特征或层的含义，并且“在……以上”或者“在……之上”不仅包括“在某物以上”或“之上”的含义，还可以包括“在某物以上”或“之上”且其间没有中间特征或层(即，直接处于某物上)的含义。

此外，文中为了便于说明可以使用空间相对术语，例如，“下面”、“以下”、“下方”、“以上”、“上方”等，以描述一个元件或特征相对于其他元件或特征的如图所示的关系。空间相对术语意在包含除了附图所示的取向之外的处于使用或操作中的器件的不同取向。装置可以具有其他取向(旋转 90 度或者处于其他取向上)，并且文中使用的空间相对描述词可以同样被相应地解释。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通

技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求 书

1、一种低损耗单模光纤，其特征在于，包括芯层和围绕于所述芯层外围的包层，所述芯层包括内芯层和外芯层，所述内芯层中掺杂有 P、GeO₂，所述外芯层中掺杂有 F、P、GeO₂。

2、根据权利要求 1 所述的低损耗单模光纤，其特征在于，

所述内芯层中掺杂有摩尔浓度为 0.10-1.5% 的 GeO₂ 和摩尔浓度为 0.01-0.3% 的 P 元素；

所述外芯层中掺杂有摩尔浓度为 0.10-1.5% 的 GeO₂、摩尔浓度为 0.01-0.3% 的 P 元素和摩尔浓度为大于 0 且 1.5% 以下的 F 元素。

3、根据权利要求 1 所述的低损耗单模光纤，其特征在于，所述芯层的折射率呈抛物线渐变型分布。

4、根据权利要求 1 所述的低损耗单模光纤，其特征在于，所述包层包括由中心至外周依次层叠设置的内包层、第一凹陷层、掺杂层、第二凹陷层以及外包层；所述内包层中掺杂有摩尔浓度为 0-0.2% 的 GeO₂、摩尔浓度为 0.01-0.3% 的 P 元素和摩尔浓度为 0.5-1.5% 的 F 元素；

所述第一凹陷层中掺杂有摩尔浓度为 0-0.2% 的 GeO₂ 和摩尔浓度为 0-2.0% 的 F 元素；

所述掺杂层中掺杂有摩尔浓度为 0-0.2% 的 GeO₂ 和摩尔浓度为 0-2.0% 的 F 元素；

所述第二凹陷层中掺杂有摩尔浓度为 0-0.2% 的 GeO₂ 和摩尔浓度为 0-3.0% 的 F 元素。

5、根据权利要求 4 所述的低损耗单模光纤，其特征在于，

所述内芯层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 1$ 为 0.10 至 0.25%；

所述外芯层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 2$ 为 0 至 0.20%；

所述内包层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 3$ 为 -0.10 至 -0.30%；

所述第一凹陷层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 4$ 为 -0.25 至 -0.50%；

所述掺杂层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 5$ 为 -0.30 至 0%；

所述第二凹陷层与所述外包层之间的相对折射率差 $\Delta 6$ 为 -0.50 至 0%。

6、根据权利要求 4 所述的低损耗单模光纤，其特征在于，

所述内芯层的半径 R1 为 2 至 6 μm ;

所述外芯层的半径为 R2, R2 减去 R1 的范围为 3 至 5 μm ;

所述内包层的半径为 R3, R3 减去 R2 的范围为 2 至 5 μm ;

所述第一凹陷层的半径为 R4, R4 减去 R3 的范围为 2 至 8 μm ;

所述掺杂层的半径为 R5, R5 减去 R4 的范围为 5 至 30 μm ;

所述第二凹陷层的半径为 R6, R6 减去 R5 的范围为 10 至 22 μm ;

所述外包层的半径 R7 为 60 至 65 μm 。

7、根据权利要求 1 所述的低损耗单模光纤, 其特征在于, 所述低损耗单模光纤的应用波长范围为 1310-1550nm。

8、根据权利要求 7 所述的低损耗单模光纤, 其特征在于,

所述低损耗单模光纤在应用波长 1310nm 处的模场直径为 8.7 至 9.7 μm ;

所述低损耗单模光纤在应用波长 1550nm 处的模场直径为 9.5 至 10.5 μm 。

9、根据权利要求 7 所述的低损耗单模光纤, 其特征在于, 所述低损耗单模光纤在应用波长 1310nm 处的衰减系数 $\leq 0.350\text{dB/km}$;

所述低损耗单模光纤在应用波长 1550nm 处的衰减系数 $\leq 0.175\text{dB/km}$ 。

10、根据权利要求 7 所述的低损耗单模光纤, 其特征在于,

所述低损耗单模光纤的零色散波长范围为 1300-1324nm, 所述低损耗单模光纤在零色散波长处的色散斜率 $\leq 0.092\text{ps}/(\text{nm}^2*\text{km})$;

所述低损耗单模光纤在应用波长 1550nm 处的色散系数 $\leq 18\text{ps}/(\text{nm}*\text{km})$ 。

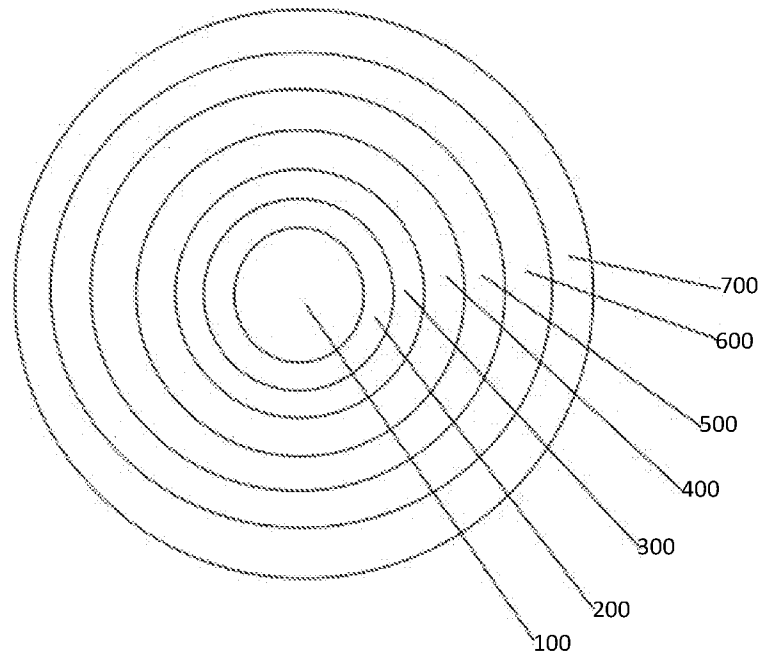


图 1

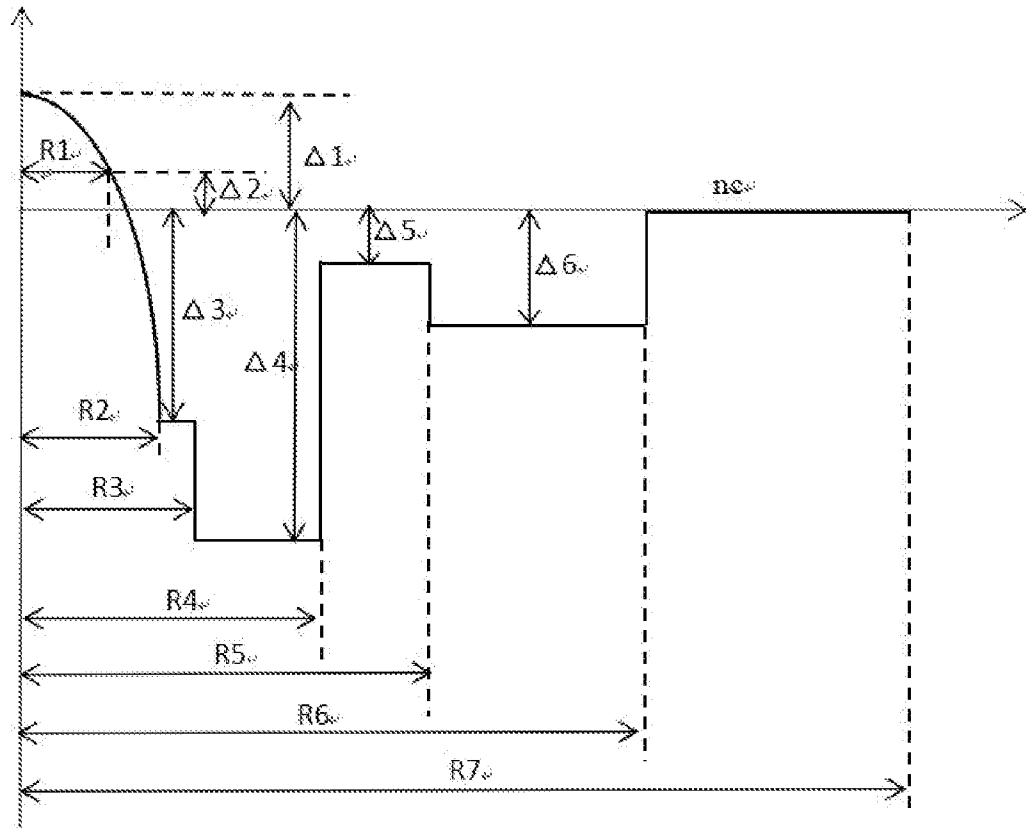


图 2

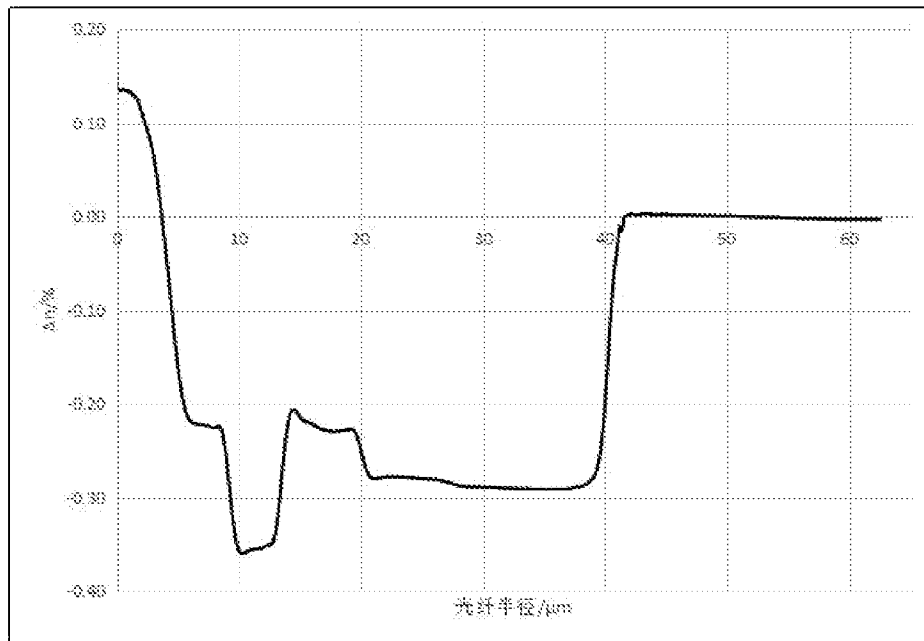


图 3

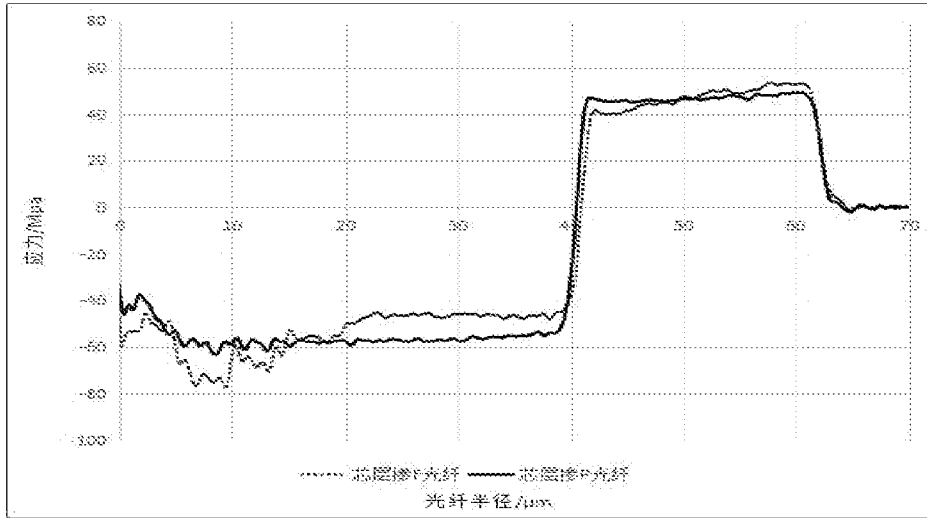


图 4

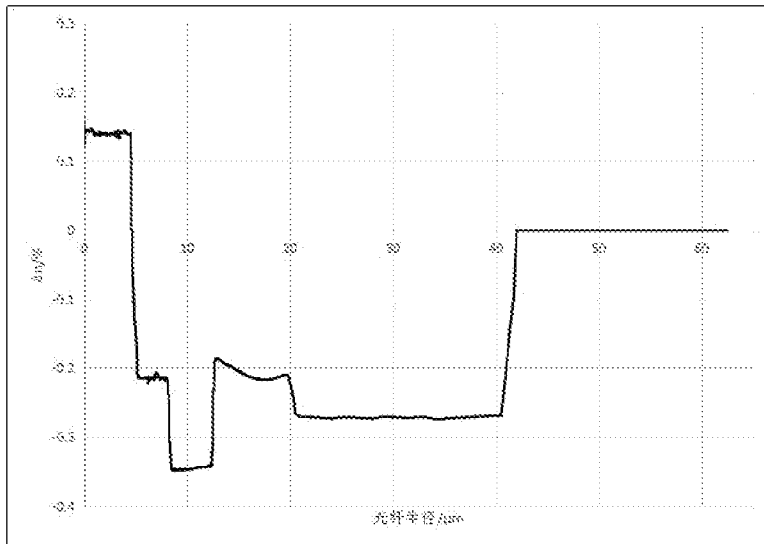


图 5

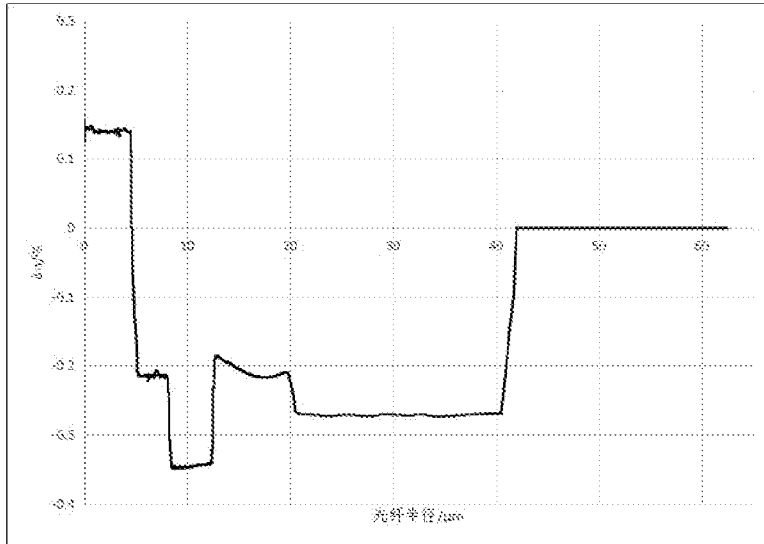


图 6

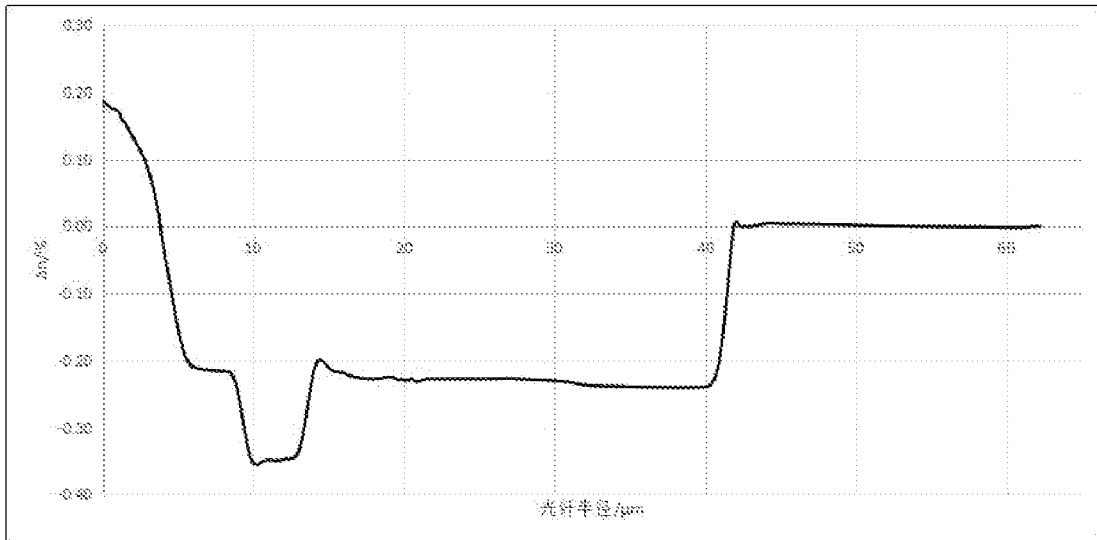


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/099275

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02B6/036(2006.01)i; G02B6/028(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) IPC: 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) CNTXT, CJFD, VEN, DWPI, ENTXT, WPABS: 单模, 光纤, 光导纤维, 多, 两, 双, 内, 里, 外, 第一, 第二, 芯层, 掺杂, 混合, 掺入, 添加, F, P, Ge, 氟, 磷, 锗, 低损耗, Optic+, fibre?, fiber?, single, mode, SM, multi+, core, clad+, layer?, inner, outer, first, second, dop+, fluorin?, phosphor+, germanium, low, loss+		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 111308609 A (ZHONGTIAN TECHNOLOGY PRECISION MATERIALS CO., LTD.) 19 June 2020 (2020-06-19) description, paragraphs 46-129, and figures 1-5	1-3, 7-10
A	CN 116626805 A (ZHONGTIAN TECHNOLOGY OPTICAL FIBER CO., LTD. et al.) 22 August 2023 (2023-08-22) description, paragraphs 30-67, and figures 1-2	4-6
X	CN 109839694 A (ZHONGTIAN TECHNOLOGY PRECISION MATERIALS CO., LTD.) 04 June 2019 (2019-06-04) description, paragraphs 6-37, and figures 1-7	1, 3, 7-10
X	CN 115542454 A (YANGTZE OPTICAL FIBRE AND CABLE JOINT STOCK CO., LTD.) 30 December 2022 (2022-12-30) description, paragraphs 7-41, and figures 1-3	1, 7-10
PX	CN 117555068 A (ZHONGTIAN TECHNOLOGY PRECISION MATERIALS CO., LTD. et al.) 13 February 2024 (2024-02-13) claims 1-10, description, paragraphs 34-105, and figures 1-7	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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>“D” document cited by the applicant in the international application</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 27 September 2024		Date of mailing of the international search report 07 October 2024
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/099275

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109445023 A (YANGTZE OPTICAL FIBRE AND CABLE JOINT STOCK CO., LTD.) 08 March 2019 (2019-03-08) entire document	1-10
A	US 2018252866 A1 (CORNING INC.) 06 September 2018 (2018-09-06) entire document	1-10
A	GB 2071351 A (NORTHERN TELECOM LTD.) 16 September 1981 (1981-09-16) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2024/099275

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	111308609	A	19 June 2020	None	
CN	116626805	A	22 August 2023	None	
CN	109839694	A	04 June 2019	None	
CN	115542454	A	30 December 2022	None	
CN	117555068	A	13 February 2024	None	
CN	109445023	A	08 March 2019	None	
US	2018252866	A1	06 September 2018	US 10139561 B2	27 November 2018
				WO 2017048820 A1	23 March 2017
GB	2071351	A	16 September 1981	CA 1122079 A	20 April 1982
				SE 8005973 L	28 February 1981
				IT 8022414 A0	29 May 1980
				IT 1130698 B	18 June 1986
				JPS 5635108 A	07 April 1981
				NL 8003105 A	03 March 1981

<p>A. 主题的分类</p> <p>G02B6/036(2006.01)i; G02B6/028(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>IPC: 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>CNTEXT,CJFD, VEN,DWPL, ENTXT,WPABS 单模, 光纤, 光导纤维, 多, 两, 双, 内, 里, 外, 第一, 第二, 芯层, 掺杂, 混合, 掺入, 添加, F, P, Ge, 氟, 磷, 锗, 低损耗 Optic+, fibre?, fiber?, single,mode,SM,multi+,core,clad +,layer?,inner,outer, first,second,dop+,fluorin?,phosphor+,germanium,low,loss+</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>X</td> <td>CN 111308609 A (中天科技精密材料有限公司) 2020年6月19日 (2020 - 06 - 19) 说明书第46-129段, 图1-5</td> <td>1-3,7-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 116626805 A (中天科技光纤有限公司 等) 2023年8月22日 (2023 - 08 - 22) 说明书第30-67段, 图1-2</td> <td>4-6</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 109839694 A (中天科技精密材料有限公司) 2019年6月4日 (2019 - 06 - 04) 说明书第6-37段, 图1-7</td> <td>1,3,7-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 115542454 A (长飞光纤光缆股份有限公司) 2022年12月30日 (2022 - 12 - 30) 说明书第7-41段, 图1-3</td> <td>1,7-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 117555068 A (中天科技精密材料有限公司 等) 2024年2月13日 (2024 - 02 - 13) 权利要求1-10, 说明书第34-105段, 图1-7</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109445023 A (长飞光纤光缆股份有限公司) 2019年3月8日 (2019 - 03 - 08) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2018252866 A1 (CORNING INC) 2018年9月6日 (2018 - 09 - 06) 全文</td> <td>1-10</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	X	CN 111308609 A (中天科技精密材料有限公司) 2020年6月19日 (2020 - 06 - 19) 说明书第46-129段, 图1-5	1-3,7-10	A	CN 116626805 A (中天科技光纤有限公司 等) 2023年8月22日 (2023 - 08 - 22) 说明书第30-67段, 图1-2	4-6	X	CN 109839694 A (中天科技精密材料有限公司) 2019年6月4日 (2019 - 06 - 04) 说明书第6-37段, 图1-7	1,3,7-10	X	CN 115542454 A (长飞光纤光缆股份有限公司) 2022年12月30日 (2022 - 12 - 30) 说明书第7-41段, 图1-3	1,7-10	PX	CN 117555068 A (中天科技精密材料有限公司 等) 2024年2月13日 (2024 - 02 - 13) 权利要求1-10, 说明书第34-105段, 图1-7	1-10	A	CN 109445023 A (长飞光纤光缆股份有限公司) 2019年3月8日 (2019 - 03 - 08) 全文	1-10	A	US 2018252866 A1 (CORNING INC) 2018年9月6日 (2018 - 09 - 06) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
X	CN 111308609 A (中天科技精密材料有限公司) 2020年6月19日 (2020 - 06 - 19) 说明书第46-129段, 图1-5	1-3,7-10																								
A	CN 116626805 A (中天科技光纤有限公司 等) 2023年8月22日 (2023 - 08 - 22) 说明书第30-67段, 图1-2	4-6																								
X	CN 109839694 A (中天科技精密材料有限公司) 2019年6月4日 (2019 - 06 - 04) 说明书第6-37段, 图1-7	1,3,7-10																								
X	CN 115542454 A (长飞光纤光缆股份有限公司) 2022年12月30日 (2022 - 12 - 30) 说明书第7-41段, 图1-3	1,7-10																								
PX	CN 117555068 A (中天科技精密材料有限公司 等) 2024年2月13日 (2024 - 02 - 13) 权利要求1-10, 说明书第34-105段, 图1-7	1-10																								
A	CN 109445023 A (长飞光纤光缆股份有限公司) 2019年3月8日 (2019 - 03 - 08) 全文	1-10																								
A	US 2018252866 A1 (CORNING INC) 2018年9月6日 (2018 - 09 - 06) 全文	1-10																								
<p><input checked="" 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>“D” 申请人在国际申请中引证的文件</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>2024年9月27日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2024年10月7日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>		<p>授权官员</p> <p>朱宇澄</p> <p>电话号码 (+86) 010-62085161</p>																								

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
A	GB 2071351 A (NORTHERN TELECOM LTD) 1981年9月16日 (1981 - 09 - 16) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2024/099275

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	111308609	A	2020年6月19日	无		
CN	116626805	A	2023年8月22日	无		
CN	109839694	A	2019年6月4日	无		
CN	115542454	A	2022年12月30日	无		
CN	117555068	A	2024年2月13日	无		
CN	109445023	A	2019年3月8日	无		
US	2018252866	A1	2018年9月6日	US	10139561 B2	2018年11月27日
				WO	2017048820 A1	2017年3月23日
GB	2071351	A	1981年9月16日	CA	1122079 A	1982年4月20日
				SE	8005973 L	1981年2月28日
				IT	8022414 A0	1980年5月29日
				IT	1130698 B	1986年6月18日
				JPS	5635108 A	1981年4月7日
				NL	8003105 A	1981年3月3日