



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104991307 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201510464355. 0

(22) 申请日 2015. 07. 31

(71) 申请人 长飞光纤光缆股份有限公司

地址 430073 湖北省武汉市东湖新技术开发
区光谷大道 9 号

(72) 发明人 张磊 朱继红 龙胜亚 吴俊
王瑞春

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 胡建平

(51) Int. Cl.

G02B 6/036(2006. 01)

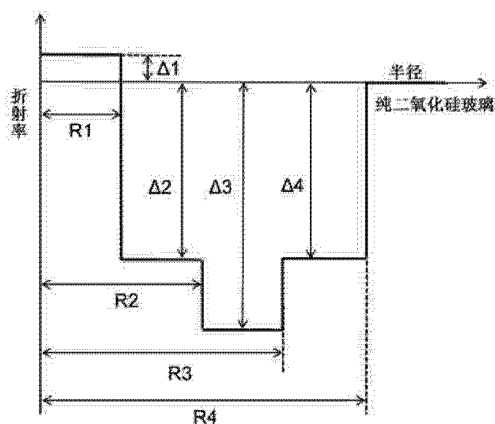
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种超低衰减大有效面积的单模光纤

(57) 摘要

本发明涉及一种超低衰减大有效面积的单模光纤, 包括有芯层和包层, 其特征在于所述的芯层半径 r_1 为 $4.8 \sim 6.5 \mu\text{m}$, 芯层相对折射率差 Δn_1 为 $-0.06\% \sim 0.10\%$; 芯层外从内向外依次包覆内包层, 下陷内包层, 辅助外包层和外包层, 所述的光纤的内包层半径 r_2 为 $9 \sim 15 \mu\text{m}$, 相对折射率差 Δn_2 为 $-0.40\% \sim -0.15\%$; 所述的下陷内包层半径 r_3 为 $12 \sim 17 \mu\text{m}$, 相对折射率差 Δn_3 为 $-0.8\% \sim -0.3\%$; 所述的辅助外包层半径 r_4 为 $37 \sim 50 \mu\text{m}$, 相对折射率差 Δn_4 范围为 $-0.6\% \sim -0.25\%$; 所述外包层为纯二氧化硅玻璃层。本发明合理的设计了光纤芯包层剖面结构和光纤内部的粘度匹配, 芯层中加入碱金属掺杂以对芯层粘度进行优化, 不仅具有较低衰减系数和较大有效面积, 制造成本低, 而且光纤的截止波长、弯曲损耗、色散等综合性能参数在应用波段良好。



1. 一种超低衰减大有效面积的单模光纤,包括有芯层和包层,其特征在于所述的芯层半径 r_1 为 $4.8 \sim 6.5 \mu\text{m}$,芯层相对折射率差 Δn_1 为 $-0.06\% \sim 0.10\%$,芯层外从内向外依次包覆内包层,下陷内包层,辅助外包层和外包层,所述的内包层半径 r_2 为 $9 \sim 15 \mu\text{m}$,相对折射率差 Δn_2 为 $-0.40\% \sim -0.15\%$,所述的下陷内包层半径 r_3 为 $12 \sim 17 \mu\text{m}$,相对折射率差 Δn_3 为 $-0.8\% \sim -0.3$,所述的辅助外包层半径 r_4 为 $37 \sim 50 \mu\text{m}$,相对折射率差 Δn_4 范围为 $-0.6\% \sim -0.25\%$;所述外包层为纯二氧化硅玻璃层。

2. 按权利要求 1 所述的超低衰减大有效面积的单模光纤,其特征在于所述的芯层为锆氟及碱金属共掺的二氧化硅玻璃层,或为锆与碱金属共掺的二氧化硅玻璃层,其中锆的相对折射率贡献量 $0.02\% \sim 0.10\%$,碱金属含量为 $5 \sim 5000\text{ppm}$ 。

3. 按权利要求 2 所述的超低衰减大有效面积的单模光纤,其特征在于所述芯层中的碱金属为锂、钠、钾、铷、铯、钫碱金属离子中的一种或多种。

4. 按权利要求 1 或 2 所述的超低衰减大有效面积的单模光纤,其特征在于所述光纤在 1550nm 波长的有效面积为 $100 \sim 140 \mu\text{m}^2$ 。

5. 按权利要求 1 或 2 所述的超低衰减大有效面积的单模光纤,其特征在于所述光纤的成缆截止波长等于或小于 1530nm 。

6. 按权利要求 1 或 2 所述的超低衰减大有效面积的单模光纤,其特征在于所述光纤在波长 1550nm 处的色散等于或小于 $23\text{ps}/\text{nm}\cdot\text{km}$,所述光纤在波长 1625nm 处的色散等于或小于 $27\text{ps}/\text{nm}\cdot\text{km}$ 。

7. 按权利要求 1 或 2 所述的超低衰减大有效面积的单模光纤,其特征在于所述光纤在波长 1550nm 处的衰减等于或小于 $0.185\text{dB}/\text{km}$ 。

8. 按权利要求 1 或 2 所述的超低衰减大有效面积的单模光纤,其特征在于所述光纤在波长 1700nm 处的微弯损耗等于或小于 $5\text{dB}/\text{km}$ 。

9. 按权利要求 1 或 2 所述的超低衰减大有效面积的单模光纤,其特征在于所述光纤在波长 1550nm 处, $R15\text{mm}$ 弯曲半径弯曲 10 圈的宏弯损耗等于或小于 0.25dB , $R10\text{mm}$ 弯曲半径弯曲 1 圈的宏弯损耗等于或小于 0.75dB 。

10. 按权利要求 1 或 2 所述的超低衰减大有效面积的单模光纤,其特征在于所述光纤在 1550nm 波长处的模场直径为 $11 \mu\text{m} \sim 13 \mu\text{m}$ 。

一种超低衰减大有效面积的单模光纤

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤传输技术领域,具体涉及一种具有超低衰减大有效面积的单模光纤。

背景技术

[0002] 随着 IP 网络数据业务的迅速增长,运营商对于传输容量的需求不断提高,现网中单纤容量已逐渐在逼近极限值 100Tbps。100G 传输系统已开始进入商用元年。如何在 100G 传输信号的基础上进一步增加传输容量,是各系统设备商和运营商关注的焦点。

[0003] 在 100G 和超 100G 系统中,接收端采用相干接收及数字信号处理技术 (DSP),能够在电域中数字补偿整个传输过程中累积的色散和偏振模色散 (PMD);信号通过采用偏振复用和各种高阶调制方式来降低信号的波特率,例如 PM-QPSK、PDM-16QAM、PDM-32QAM,甚至 PDM-64QAM 和 CO-OFDM。然而高阶调制方式对非线性效应非常敏感,因此对光信噪比 (OSNR) 提出了更高的要求。引入低损耗大有效面积光纤,能为系统带来提高 OSNR 和降低非线性效应的效果当采用高功率密度系统时,非线性系数是用于评估非线性效应造成的系统性能优劣的参数,其定义为 n_2/A_{eff} 。其中, n_2 是传输光纤的非线性折射指数, A_{eff} 是传输光纤的有效面积。增加传输光纤的有效面积,能够降低光纤中的非线性效应。

[0004] 目前,用于陆地传输系统线路的普通单模光纤,其有效面积仅约 $80 \mu\text{m}^2$ 左右。而在陆地长距离传输系统中,对光纤的有效面积要求更高,一般的有效面积在 $100 \mu\text{m}^2$ 以上。为了降低铺设成本,尽可能的减少中继器的使用,在无中继传输系统,如海底传输系统,传输光纤的有效面积最好在 $130 \mu\text{m}^2$ 以上。然而,目前大有效面积光纤的折射率剖面的设计中,往往通过增大用于传输光信号的光学芯层的直径来获得大的有效面积。该类方案存在着一定的设计难点。一方面,光纤的芯层和靠近它的包层主要决定光纤的基本性能,并在光纤制造的成本中占据较大的比重,如果设计的径向尺寸过大,必然会提高光纤的制造成本,抬高光纤价格,将成为此类光纤普遍应用的障碍。另一方面,相比普通单模光纤,光纤有效面积的增大,会带来光纤其它一些参数的恶化:比如,光纤截止波长会增大,如果截止波长过大则难以保证光纤在传输波段中光信号的单模状态;此外,光纤折射率剖面如果设计不当,还会导致弯曲性能、色散等参数的恶化。

[0005] 另一种限制长距离大容量传输的光纤特性就是衰减,目前常规的 G.652.D 光纤的衰减一般在 0.20dB/km,激光能量在经过长距离传输后逐渐减小,所以需要采用中继的形式对信号再次放大。而相对与光纤光缆的成本,中继站相关设备和维护成本在整个链路系统的 70% 以上,所以如果涉及一种低衰减或者超低衰减光纤,就可以有效的延长传输距离,减少建设和维护成本。经过相关计算,如果将光纤的衰减从 0.20 降低到 0.16dB/km,整个链路的建设成本将总体降低 30% 左右。

[0006] 综上所述,开发设计一种超低衰减大有效面积光纤成为光纤制造领域的一个重要课题。文献 US2010022533 提出了一种大有效面积光纤的设计,为了得到更低的瑞利系数,其采用纯硅芯的设计,在芯层中没有进行锗和氟的共掺杂,并且其设计采用掺氟的二氧化

硅作为外包层。对于这种纯硅芯的设计,其要求光纤内部必须进行复杂的粘度匹配,并要求在拉丝过程中采用极低的速度,避免高速拉丝造成光纤内部的缺陷引起的衰减增加,制造工艺极其复杂。

[0007] 文献 EP2312350 提出了一种非纯硅芯设计的大有效面积光纤设计,其采用阶梯状下陷包层结构设计,且有一种设计采用纯二氧化硅外包层结构,相关性能能够达到大有效面积光纤 G. 654. B 和 D 的要求。但在其设计中氟掺杂的包层部分最大半径为 $36\ \mu\text{m}$,虽然可以保证光纤的截止波长小于等于 1530nm ,但受到其较小氟掺杂半径的影响,光纤的微观和宏观弯曲性能变差,所以在光纤成缆过程中,会导致衰减增加,在其文献中也未提及相关弯曲性能。

[0008] 文献 CN10232392A 描述了一种具有更大有效面积的光纤。该发明所述光纤的有效面积虽然达到了 $150\ \mu\text{m}^2$ 以上,但却因为采用了常规的锗氟共掺方式的芯层设计,且通过牺牲了截止波长的性能指标实现的。其允许光缆截止波长在 1450nm 以上,在其所述实施例中,成缆截止波长甚至达到了 1800nm 以上。在实际应用当中,过高的截止波长难以保证光纤在应用波段中得到截止,便无法保证光信号在传输时呈单模状态。因此,该类光纤在应用中可能面临一系列实际问题。此外,该发明所列举的实施例中,下陷包层外径 r_3 最小为 $16.3\ \mu\text{m}$,同样有所偏大。该发明没有能够在光纤参数(如,有效面积、截止波长等)和光纤制造成本中得到最优组合。

[0009] 在常规光纤的剖面设计及制造方法中,芯层使用较大量的 Ge/F 共掺,为了获得最优的宏弯性能,芯层的相对折射率一般都大于 0.35% ,即芯层 Ge 掺杂较多,因此会带来较大的瑞利散射从而增加光纤的衰减。

[0010] 文献 CN201310394404 提出一种超低衰减光纤的设计,其使用了纯二氧化硅的外包层设计,但因为其使用的是典型的阶跃剖面结构,没有使用下陷内包层设计优化光纤的弯曲,且其芯层没有使用 Ge 进行掺杂,所以可能造成预制棒制备时出现粘度失配,所以可以发现其衰减和弯曲水平,相对较差。

[0011] 对于石英光纤在 600nm – 1600nm 的衰减主要来自于瑞利散射,由瑞利散射所引起的衰减 α_R 可由下式计算:

$$[0012] \quad \alpha_R = \frac{1}{\lambda^4} \int_0^{+\infty} R(r)P(r)rdr / \int_0^{+\infty} P(r)rdr = \frac{R}{\lambda^4} + B$$

[0013] 式中, λ 为波长 (μm), R 为瑞利散射系数 ($\text{dB/km}/\mu\text{m}^4$); P 为光强;当瑞利散射系数确认时, B 为相对应的常数。因而只要确定了瑞利散射系数 R 就可得到因瑞利散射所引起的衰减 α_R (dB/km)。瑞利散射一方面是由于密度波动引起的,另一方面是由于浓度波动引起的。因而瑞利散射系数 R 可表示为:

$$[0014] \quad R = R_d + R_c$$

[0015] 上式中, R_d 和 R_c 分别表示由于密度波动和浓度波动所引起的瑞利散射系数变化。其中 R_c 为浓度波动因子,其主要受到光纤玻璃部分掺杂浓度的影响,理论上采用越少的 Ge 和 F 或者其他掺杂, R_c 越小,这也是目前国外某些企业采用纯硅芯设计,实现超低衰减性能的原因。

[0016] 但是我们需要注意到,瑞利散射系数中还包括另外一个参数 R_d 。 R_d 与玻璃的假想温度 T_F 相关,且伴随玻璃的结构变化和温度变化而变化。玻璃的假想温度 T_F 是表征玻璃结

构一个物理参数,定义为从某温度 T' 将玻璃迅速冷却到室温玻璃的结构不再调整而达到某平衡状态对应的温度。当 $T' > T_f$ (玻璃的软化温度),由于玻璃的粘度较小,玻璃结构易于调整,因而每一瞬间玻璃均处于平衡状态,故 $T_f = T'$; 当 $T' < T_g$ (玻璃的转变温度),由于玻璃的粘度较大,玻璃结构难于调整,玻璃的结构调整滞后于温度变化,故 $T_f > T'$; 当 $T_g < T' < T_f$ (玻璃的软化温度),玻璃趋向于平衡所需要的时间较短一些,具体与玻璃的组分和冷却速度有关,故 $T_f > T'$ 或 $T_f < T'$ 。

[0017] 在使用纯硅芯设计时,为了保证光纤的全反射,必须使用相对较低折射率的 F 掺杂内包层进行匹配,以保证芯层和内包层之间保持足够的折射率差异。这样纯硅芯的芯层部分粘度相对较高,而同时大量 F 掺杂的内包层部分粘度较低,从而造成光纤结构粘度匹配失衡,从而使纯硅芯结构的光纤虚拟温度迅速增加,造成光纤的 R_d 增加。这样就不仅抵消掉 R_d 降低带来的好处,更可能造成光纤衰减反向异常。

[0018] 为了保证纯硅芯光纤的芯层粘度与外包层粘度匹配,我们可以利用在芯层中进行碱金属掺杂的方法对芯层粘度进行优化。文献 US20100195999A1 中采用在芯层中添加碱金属的方法,在保持光纤芯层纯硅芯的情况下,通过改变光纤芯层部分的粘度以及芯层结构弛豫的时间,来解决粘度失配造成的 R_d 增加,从而整体降低光纤的瑞利散射系数。但是该方法虽然可以有效的降低光纤衰减,但相对工艺制备复杂,需要分多批次对芯棒进行处理,且对碱金属掺杂浓度控制要求极高,不利于光纤大规模制备。

[0019] 文献 CN201310394404 提出一种超低衰减光纤的设计,其使用了纯二氧化硅的外包层设计,但因为其使用的是典型的阶跃剖面结构,没有使用下陷内包层设计优化光纤的弯曲,且其芯层没有使用 Ge 进行掺杂,所以可能造成预制棒制备时出现粘度失陪,所以可以发现其衰减和弯曲水平,相对较差。

[0020] 文献 US6917740 中提出了一种利用粘度变化获得性能改进的纯硅芯光纤。其在芯层中掺杂大量的 F 和 Cl,利用了 F 和 Cl 掺杂对芯层粘度的贡献,降低光纤瑞利系数,文中所述光纤没有涉及剖面设计,且芯层中没有 Ge 掺杂。

[0021] 文献 US2010022533 提出了一种光纤的设计,为了得到更低的瑞利系数,其采用纯硅芯的设计,在芯层中没有进行锗和氟的共掺杂,并且其设计采用掺氟的二氧化硅作为外包层。对于这种纯硅芯的设计,其要求光纤内部必须进行复杂的粘度匹配,并要求在拉丝过程中采用极低的速度,避免高速拉丝造成光纤内部的缺陷引起的衰减增加,制造工艺及其复杂。

[0022] 对于常见的超低衰减单模光纤设计,其使用的全 F 掺杂的外包层设计。从光纤光学的角度上来说,这样的设计相对简单,只要保证了外包层和芯层的折射率差值,就能满足光纤的全反射要求。但是目前限制超低衰减光纤制造成本的主要因素有三个:第一,芯层的碱金属掺杂工艺要求对金属离子的种类和浓度进行精确控制,所以工艺制造成本高;第二,采用纯掺 F 设计的预制棒尺寸较小,拉丝工艺复杂;第三,采用纯 F 掺杂设计的光纤,因为使用 F 掺杂工艺,制造成本非常高。按照目前市场价格进行初步估算,掺 F 套管价格是纯二氧化硅套管价格的 5-8 倍。按照 F 掺杂材料是纯二氧化硅材料成本 6 倍的初步关系计算,如果通过合理的工艺设计,适当减少 F 掺杂层的厚度,光纤制造成本将显著降低。假设只是从光纤直径 30 微米到 80 微米位置使用 F 掺杂材料,80 到 125 微米使用普通纯二氧化硅,则这种设计相对于传统使用全 F 掺杂材料的超低衰减光纤设计,材料成本降低 40%;如果从 30 微

米到 60 微米使用 F 掺杂材料,60 到 125 微米使用普通纯二氧化硅,则材料成本降低 65%。

[0023] 从上面的分析我们可以发现,存在使用非纯硅芯和部分氟掺杂包层进行超低衰减光纤工艺设计的可行性。但是受到前面两个限制因素的影响,如何在这样的设计下,控制光纤的光学参数,是我们面临的最后一个挑战。

[0024] 因为如果使用没有氟掺杂的纯二氧化硅作为外包层材料,会面临 3 个问题。

[0025] 第一,抑制基模截止:外包层材料和芯层材料折射率差值太小,会造成光纤基模泄露,从而影响光纤的衰减。所以采用非掺 F 外包层材料设计的超低衰减光纤,必须在外包层和芯层中间位置,通过合理的光纤剖面设计,抑制基模泄露。

[0026] 第二,考虑粘度匹配:如果外包层材料中没有做任何的粘度优化设计,其粘度与内包层和芯层粘度梯度失配,所以我们通过芯层中碱金属离子掺杂对芯层粘度进行控制;通过内包层和下陷内包层的不同氟掺杂浓度对芯层外部的玻璃粘度进行优化,以减少界面位置的缺陷以及虚拟温度升高等问题,从而降低光纤衰减。

[0027] 第三,考虑光学剖面匹配:如果使用纯二氧化硅玻璃作为外包层材料,在考虑负责粘度匹配设计时,就限定了各个部分掺杂的浓度,而为了证光纤的光学参数满足 G652 或 G654 光纤的参数要求,即保证光纤的 MFD,色散和弯曲性能符合标准要求,又要求我们必须考虑光学剖面设计。这就要求我们在进行粘度设计时,综合考虑光纤的光学设计,增加了工艺实现的难度。

[0028] 综上所述,目前没有相关专利披露同时具有以下特点的,可以满足 ITU-T G654. B 或 D 标准要求的,超低衰减大有效面积光纤设计:1. 芯层为非纯硅芯,具有锗掺杂的特点;2 芯层中具有碱金属进行掺杂以对芯层粘度进行优化;3. 在芯层和外包层中间具有下陷结构,抑制基模截止;4. 具有超低衰减性能的光纤,其最外侧玻璃材料为没有氟掺杂的二氧化硅玻璃。

发明内容

[0029] 以下为本发明中涉及的一些术语的定义和说明:

[0030] 相对折射率差 Δn_i :

[0031] 从光纤纤芯轴线开始算起,根据折射率的变化,定义为最靠近轴线的那层为纤芯层,光纤的最外层即纯二氧化硅层定义为光纤外包层。

[0032] 光纤各层相对折射率差 Δn_i 由以下方程式定义,

$$[0033] \quad \Delta n_i = \frac{n_i - n_c}{n_c} \times 100\%$$

[0034] 其中 n_i 为纤芯的折射率,而 n_c 为外包层折射率,即纯二氧化硅的折射率。

[0035] 光纤芯层 Ge 掺杂的相对折射率差贡献量 ΔGe 由以下方程式定义,

$$[0036] \quad \Delta Ge = \frac{n_{Ge} - n_c}{n_c} \times 100\%$$

[0037] 其中 n_{Ge} 为假设纤芯的 Ge 掺杂物,在掺杂到没有其他掺杂物的纯二氧化硅中,引起二氧化硅玻璃折射率的变化量,其中 n_c 为最外包层折射率,即纯二氧化硅的折射率。

[0038] 光纤的有效面积 A_{eff} :

$$[0039] \quad A_{eff} = 2\pi \frac{\left(\int_0^\infty E^2 r dr \right)^2}{\int_0^\infty E^4 r dr}$$

[0040] 其中, E 是与传播有关的电场, r 为轴心到电场分布点之间的距离。

[0041] 光缆截止波长 λ_{cc} :

[0042] IEC(国际电工委员会)标准 60793-1-44 中定义:光缆截止波长 λ_{cc} 是光信号在光纤中传播了 22 米之后不再作为单模信号进行传播的波长。在测试时需通过对光纤绕一个半径 14cm 的圈,两个半径 4cm 的圈来获取数据。

[0043] 微弯测试方法参照 IEC TR 62221-2012 中规定 Method B 的方法进行测试,由于长波长对于弯曲更为敏感,且为指数形式增加,且测试波长范围为 1250nm 至 1700nm,所以在本发明中重点考察长波长位置微弯,且以 1700nm 处微弯值核算某种设计的光纤微弯性能。

[0044] 本发明所要解决的技术问题旨在设计一种具有较低光纤制造成本的超低衰减大有效面积的光纤,其成缆截止波长小于 1530nm,并且具有较好的弯曲损耗、色散性能。

[0045] 本发明为解决上述提出的问题所采用的技术方案为:包括有芯层和包层,其特征在于所述的芯层半径 r_1 为 $4.8 \sim 6.5 \mu m$,芯层相对折射率差 Δn_1 为 $-0.06\% \sim 0.10\%$,芯层外从内向外依次包覆内包层,下陷内包层,辅助外包层和外包层,所述的内包层半径 r_2 为 $9 \sim 15 \mu m$,相对折射率差 Δn_2 为 $-0.40\% \sim -0.15\%$,所述的下陷内包层半径 r_3 为 $12 \sim 17 \mu m$,相对折射率差 Δn_3 为 $-0.8\% \sim -0.3$,所述的辅助外包层半径 r_4 为 $37 \sim 50 \mu m$,相对折射率差 Δn_4 范围为 $-0.6\% \sim -0.25\%$;所述外包层为纯二氧化硅玻璃层。

[0046] 按上述方案,所述的芯层为锗氟及碱金属共掺的二氧化硅玻璃层,或为锗与碱金属共掺的二氧化硅玻璃层,其中锗的相对折射率贡献量 $0.02\% \sim 0.10\%$,碱金属含量为 $5 \sim 5000ppm$ 。

[0047] 按上述方案,所述芯层中的碱金属为锂、钠、钾、铷、铯、钫碱金属离子中的一种或多种。

[0048] 按上述方案,所述光纤在 1550nm 波长的有效面积为 $100 \sim 140 \mu m^2$,优选条件下为 $119 \sim 140 \mu m^2$ 。

[0049] 按上述方案,所述光纤的成缆截止波长等于或小于 1530nm。

[0050] 按上述方案,所述光纤在波长 1550nm 处的色散等于或小于 $23ps/nm \cdot km$,所述光纤在波长 1625nm 处的色散等于或小于 $27ps/nm \cdot km$ 。

[0051] 按上述方案,所述光纤在波长 1550nm 处的衰耗等于或小于 $0.184dB/km$;优选条件下等于或小于 $0.170dB/km$ 。

[0052] 按上述方案,所述光纤在波长 1700nm 处的微弯损耗等于或小于 $5dB/km$ 。微弯是指光纤发生一些曲率半径可以与光纤横截面尺寸相比拟的畸变。

[0053] 按上述方案,所述光纤在波长 1550nm 处, $R15mm$ 弯曲半径弯曲 10 圈的宏弯损耗等于或小于 $0.25dB$, $R10mm$ 弯曲半径弯曲 1 圈的宏弯损耗等于或小于 $0.75dB$ 。

[0054] 按上述方案,所述光纤在 1550nm 波长处的模场直径 (MFD) 为 $11 \mu m \sim 13 \mu m$ 。

[0055] 本发明的有益效果在于:1、采用掺锗及碱金属的芯层设计,合理的设计了光纤内部的粘度匹配,减少光纤制备过程中缺陷,降低光纤的衰减参数。2、设计了合理的光纤氟掺

杂下陷结构,并通过对光纤各纤芯层剖面的合理设计,使光纤具有等于或大于 $100\ \mu\text{m}^2$ 的有效面积,在较佳参数范围下,可以达到等于或大于 $130\ \mu\text{m}^2$,甚至大于 $140\ \mu\text{m}^2$ 的有效面积。

3、本发明的截止波长、弯曲损耗、色散等综合性能参数在应用波段良好,足够小的的成缆截止波长,以保证该类光纤在 C 波段传输应用中光信号的单模状态,光纤剖面采用多层阶梯状下陷包层结构,具有较宽的下陷包层结构用于限制基模泄露,对光纤的弯曲损耗具有较好的改进作用。4、最外层的外包层结构采用了纯二氧化硅的设计,降低了氟掺杂玻璃在光纤中比重,从而降低了光纤制造生产成本。

附图说明

[0056] 图 1 本发明一个实施例的折射率剖面结构分布图。

具体实施方式

[0057] 以下结合实施例进行详细描述。

[0058] 包括有芯层和包层,所述的芯层为锗氟及碱金属共掺的二氧化硅玻璃层,或为锗与碱金属共掺的二氧化硅玻璃层,芯层外从内向外依次包覆内包层,下陷内包层,辅助外包层和外包层。所述外包层为纯二氧化硅玻璃层,外包层的直径为 $125\ \mu\text{m}$ 。

[0059] 表一所列为本发明优选的实施例的折射率剖面参数,其中 $\Delta 1\text{-Ge}$ 为芯层中 Ge 掺杂的折射率贡献量,K 为芯层钾元素含量。表二为表一所述光纤所对应的光传输特性。

[0060] 表一、本发明实施例的光纤剖面参数

[0061]

序号	R1 [μm]	$\Delta 1$ [%]	芯层 ΔGe [%]	K [ppm]	R2 [μm]	$\Delta 2$ [%]	R3 [μm]	$\Delta 3$ [%]	R4 [μm]	$\Delta 4$ [%]
1	5.3	0.03	0.06	300	11.1	-0.22	13.2	-0.51	41	-0.36
2	5.5	0.04	0.02	100	11.4	-0.24	15.3	-0.42	47	-0.37
3	6	0	0.07	200	12.4	-0.26	15.4	-0.43	46	-0.41
4	5.4	0.02	0.05	500	11	-0.23	14.6	-0.59	39	-0.29
5	5.1	0.07	0.11	300	10.3	-0.18	14.1	-0.37	42	-0.26
6	6	0.04	0.06	2000	12.9	-0.2	16	-0.54	40	-0.41
7	5.2	0	0.07	50	10.1	-0.25	12.9	-0.52	47	-0.43
8	5.4	-0.05	0.03	1000	13	-0.36	16.3	-0.72	45	-0.58
9	6.2	-0.05	0.02	400	11.8	-0.31	13.9	-0.64	43	-0.51
10	4.9	-0.02	0.04	900	14.5	-0.21	16.2	-0.63	41	-0.33

[0062] 表二、本发明实施例的光纤参数

[0063]

序号	MFD @1550	A_{eff}	Cable Cutoff	Disp @1550	Disp @1625	Att. @1550nm	Microbend @1700nm	R15mm-10turn Macroband @1550nm	R10mm-1turn Macroband @1550nm
1	12.94	140.0	1432	21.1	25.6	0.168	3.2	0.19	0.53
2	12.71	132.7	1463	20.4	24.9	0.164	2.9	0.07	0.25
3	12.73	132.7	1432	21.3	25.6	0.166	3.6	0.21	0.61
4	11.45	108.5	1501	21.0	25.6	0.171	4.1	0.14	0.40

[0064]

5	12.03	109.2	1453	21.0	25.6	0.176	4.0	0.16	0.45
6	12.70	128.7	1482	21.3	25.8	0.178	3.2	0.14	0.41
7	11.75	112.2	1436	20.9	25.2	0.174	4.1	0.20	0.60
8	11.54	109.2	1520	21.2	25.4	0.169	2.4	0.09	0.29
9	12.38	123.8	1386	21.4	25.8	0.165	4.3	0.20	0.70
10	12.6	127.5	1461	19.3	23.5	0.168	3.7	0.19	0.53

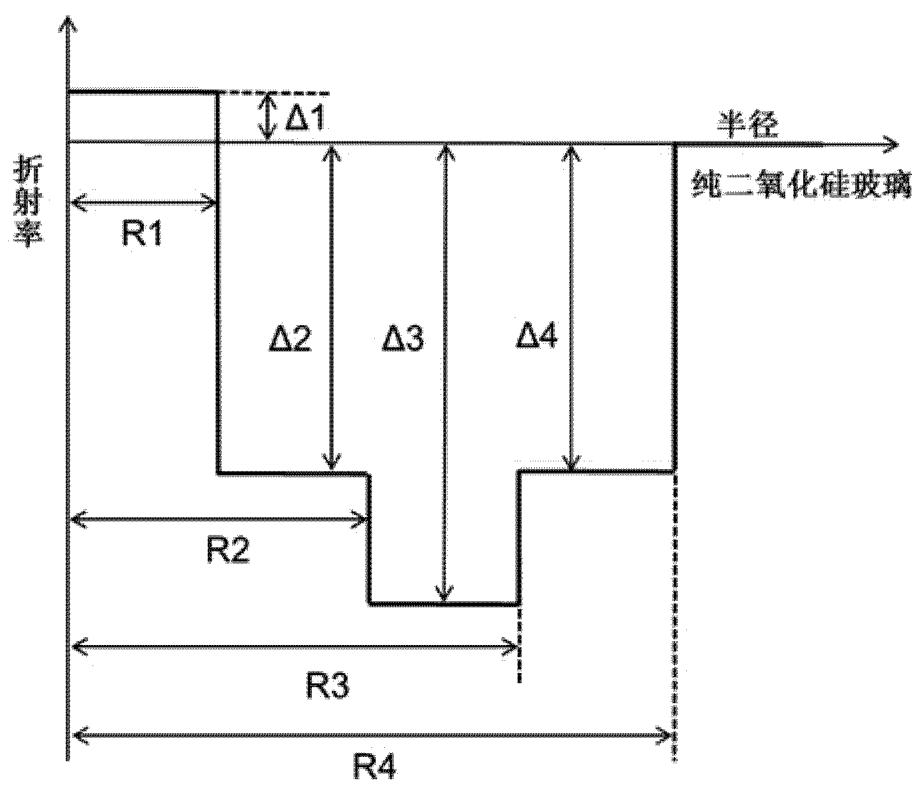


图 1