



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107272110 A

(43)申请公布日 2017. 10. 20

(21)申请号 201710707547.9

(22)申请日 2017.08.17

(71)申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)
西源大道2006号

(72)发明人 李剑峰 赖雪 王妍妍 海永晨
刘永

(74)专利代理机构 成都弘毅天承知识产权代理
有限公司 51230

代理人 徐金琼 刘东

(51)Int.Cl.

G02B 6/02(2006.01)

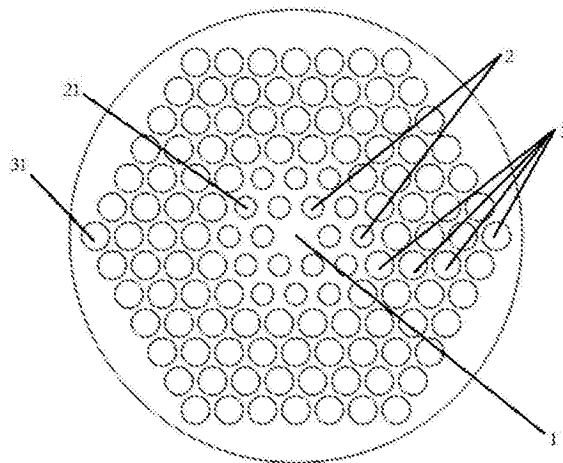
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤

(57)摘要

本发明公开一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤,涉及光纤通信系统中色散补偿器件领域,所述光纤包括纤芯、包覆在纤芯外的内包层、包覆在内包层外的外包层,所述内包层为由两层小空气孔道构成的正六边形结构,所述外包层为由四层大空气孔道构成的正六边形结构。所述大空气孔道的横截面积不超过所述小空气孔道的横截面积的2倍数。本发明通过设计氟化物光纤的内部结构实现光纤在1.8um-3.6um波长范围内获得正色散,尤其是2.9um处获得-351.3ps/km/nm的最大正色散值,且保持0.05dB/m的低限制损耗,从而将激光腔内产生的色散补偿为近零色散以达到获得超短和高能脉冲的目的。



1. 一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤, 光纤的材料为 $53\text{ZrF}_4-20\text{BaF}_2-4\text{LaF}_3-3\text{AlF}_3-20\text{NaF}$, 其特征在于, 所述光纤包括纤芯(1)、包覆在纤芯(1)外的内包层(2)、包覆在内包层(2)外的外包层(3), 所述内包层(2)为由两层小空气孔道(21)构成的正六边形结构, 所述外包层(3)为由四层大空气孔道(31)构成的正六边形结构;

所述大空气孔道(31)的横截面积不超过所述小空气孔道(21)的横截面积的2倍。

2. 根据权利要求1所述的一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤, 其特征在于, 在光纤同一截面中, 每一层小空气孔道(21)和每一层大空气孔道(31)中位于正六边形六个顶点处的小空气孔道(21)中心和大空气孔道(31)中心在同一直线上。

3. 根据权利要求2所述的一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤, 其特征在于, 所述内包层(2)的两层小空气孔道(21)构成的正六边形的边长分别为 $1.35\mu\text{m}$ 和 $2.7\mu\text{m}$; , 所述外包层(3)的四层大空气孔道(31)构成的正六边形的边长分别为 $4.05\mu\text{m}$ 、 $5.4\mu\text{m}$ 、 $6.75\mu\text{m}$ 、 $8.1\mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求3所述的一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤, 其特征在于, 所述光纤直径为 $18\mu\text{m}$, 小空气通道(21)的直径为 $1\mu\text{m}$, 大空气通道(31)的直径为 $1.3\mu\text{m}$;

相邻的小空气通道(21)的间距为 $1.35\mu\text{m}$, 相邻的大空气通道(31)的间距为 $1.35\mu\text{m}$; 小空气通道(21)和大空气通道(31)的接壤处, 小空气通道(21)和大空气通道(31)的间距也为 $1.35\mu\text{m}$ 。

一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤通信系统中色散补偿器件领域,尤其涉及一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤。

背景技术

[0002] 在中红外波长(2.5 μm -25 μm)的高峰值功率的超短脉冲波长在国防、激光手术、工业加工、作为产生中红外和远红外光谱的泵浦源等领域具有重要的应用前景。同时中红外波长的高峰值功率的超短脉冲也是对塑料,聚合物,玻璃等物质整形和处理的理想光源。2015年,Duval等人已经实现了中红外波段下,脉冲间距为207fs,峰值功率为3.5kW的超短高峰值脉冲。然而没有额外的色散补偿器引入到产生超短脉冲的腔内,很难再进一步缩短脉冲。ZBLAN氟化物在中红外波段吸收损耗很低,是选作色散补偿器的一种很好的材料。2016年,Qinglin Yang等人设计了一种正色散的单包层ZBLAN氟化物光纤,通过减少核心的直径和扩大数值孔径NA,最终在3 μm 处色散值达到了-685ps/km/nm。然而,设计小核心直径将会导致大的插入损耗和限制损耗,同时也容易引起模场的畸变,影响产生脉冲的带宽。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于:为解决现有的氟化物光纤由于色散不能补偿而不能产生脉宽很窄的锁模脉冲和有较大限制损耗的问题,本发明提供一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤。

[0004] 本发明的技术方案如下:

[0005] 一种超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤,光纤的材料为 $53\text{ZrF}_4-20\text{BaF}_2-4\text{LaF}_3-3\text{AlF}_3-20\text{NaF}$,所述光纤包括纤芯、包覆在纤芯外的内包层、包覆在内包层外的外包层,所述内包层为由两层小空气孔道构成的正六边形结构,所述外包层为由四层大空气孔道构成的正六边形结构。

[0006] 所述大空气孔道的横截面积不超过所述小空气孔道的横截面积的2倍。

[0007] 优选地,在光纤同一截面中,每一层小空气孔道和每一层大空气孔道中位于正六边形六个顶点处的小空气孔道中心和大空气孔道中心在同一直线上。

[0008] 进一步地,所述内包层的两层小空气孔道构成的正六边形的边长分别为1.35 μm 和2.7 μm ; ,所述外包层的四层大空气孔道构成的正六边形的边长分别为4.05 μm 、5.4 μm 、6.75 μm 、8.1 μm 。

[0009] 进一步地,所述光纤直径为18 μm ,小空气通道的直径为1 μm ,大空气通道的直径为1.3 μm ;

[0010] 相邻的小空气通道的间距为1.35 μm ,相邻的大空气通道的间距为1.35 μm ;小空气通道和大空气通道的接壤处,小空气通道和大空气通道的间距也为1.35 μm 。

[0011] 具体地,所述光纤的材料为 $53\text{ZrF}_4-20\text{BaF}_2-4\text{LaF}_3-3\text{AlF}_3-20\text{NaF}$ 。

[0012] 采用上述方案后,本发明的有益效果如下:

[0013] (1) 通过设计的超大正色散ZBLAN氟化物光子晶体光纤,达到了在1.8 μ m-3.6 μ m波长范围内能够产生正色散,尤其在波长为2.9 μ m处产生-351.3ps/km/nm的最大正色散值且限制损耗小到0.05dB/m,可以用作产生3 μ m超短高能脉冲的色散补偿光纤。

[0014] (2) 有效地解决了传统的中红外脉冲光纤激光器由于色散无法补偿导致脉冲不能压缩的问题。

[0015] (3) 装置可移植性好,可以和任意浓度的掺杂氟化物光纤结合使用,另外,本发明中光纤的结构加工工艺简单,工艺加工易实现,有利于实际应用。

附图说明

[0016] 图1为本发明的光纤截面结构示意图;

[0017] 图2为本发明的光纤色散和限制损耗随着波长变化的曲线图;

[0018] 图中标记:1-纤芯,2-内包层,21-小空气孔道,3-外包层,31大空气孔道。

具体实施方式

[0019] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本实施例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发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0020] 本实施例中的超大正色散的ZBLAN氟化物光子晶体光纤,光纤的材料为53ZrF₄-20BaF₂-4LaF₃-3AlF₃-20NaF。

[0021] 如图1所示,光纤包括纤芯1、包覆在纤芯1外的内包层2、包覆在内包层2外的外包层3,在光纤的同一截面,所述内包层2为由两层小空气孔道21构成的正六边形结构,所述外包层3为由四层大空气孔道31构成的正六边形结构,正六边形的结构更加方便对色散值进行控制,所述光纤1横截面呈中心对称图形。所述的小空气道2和大空气孔道3沿光纤轴线平行排列。小空气道2和大空气孔道3均为圆形,圆形的空气孔道也方便工艺上的加工。

[0022] 在光纤同一截面中,每一层小空气孔道21和每一层大空气孔道31的排列规则相同,每一层小空气孔道21和每一层大空气孔道31中位于正六边形六个顶点处的小空气孔道21中心和大空气孔道31中心在同一直线上。所有的内包层2和外包层3均为正六边形,对于相邻两层的排列,本实施例中选择的排列方式为所有的六边形对应相同的端点在同一条直线上,如果按照其他方式排列,比如内层的六边形的端点正对于相邻的外层的六边形的边长中间,这种情况会导致对应的内包层2与外包层3间折射率间有个较大的过度区,导致限制损耗大。并且内包层2和外包层3各自内部两层之间呈现这种不规则的排列,使得其内部空气孔道之间的距离不一致,在一定程度上也会分别影响到内包层2和外包层3各自的折射率,从而分别导致限制损耗的增大和色散值的减小。

[0023] 内包层2的两层小空气孔道21构成的正六边形的边长分别为1.35 μ m和2.7 μ m;所述外包层3的四层大空气孔道31构成的正六边形的边长分别为4.05 μ m、5.4 μ m、6.75 μ m、8.1 μ m。光纤直径为18 μ m,这是一个定值。小空气通道21的直径为1 μ m,大空气通道31的直径为1.3 μ m。相邻的小空气通道21的间距(孔心和孔心之间的距离)为1.35 μ m,大空气通道31的间距为1.35 μ m;小空气通道21和大空气通道31的接壤处,小空气通道21和大空气

通道31的间距也为1.35um。

[0024] 小空气孔道的直径为1um小于大空气孔道的直径1.3um,使得内包层2的有效折射率高于外包层3的有效折射率,这种渐变增大的空气孔的结构,在减少内包层2和内包层3空气孔的层数的同时降低了损耗。外包层3的层数为4层,当外包层3的层数小于4层时,外包层3的大空气孔道31的面积减小,使得外包层的折射率过高,会增大限制损耗;当外包层3的层数大于4层时,光纤结构会变得复杂。当内包层2的层数小于2层时,内包层2的折射率过高,色散值降低;当内包层2的层数大于层2时候,内包层2的折射率变小,纤芯的相对折射变高,使得纤芯对传输光的约束能力变强,导致光束色散值降低。光纤中心没有空气孔,即为纤芯1。

[0025] 本发明中整个氟化物光纤的结构使得纤芯1的折射率高于内包层2折射率。由于折射率:外包层3>内包层2>纤芯1,所以群速度:外包层3<内包层4<纤芯1。当光纤中的波长发生变化时候,模场在外包层3,内包层2,纤芯1中的分布受到影响,群速度发生改变,从而导致色散的大幅度变化。

[0026] 根据光子晶体光纤的色散D和限制损耗CL计算公式:

$$[0027] \quad D = -\frac{\lambda}{c} \frac{d^2 \operatorname{Re}(n_{\text{eff}})}{d\lambda^2}, \quad CL = \frac{40\pi}{\ln(10)\lambda} I_m(n_{\text{eff}}) = 8.868k_0 I_m(n_{\text{eff}})$$

[0028] 其中的 $\operatorname{Re}(n_{\text{eff}})$ 是有效折射率的实部, $\operatorname{Im}(n_{\text{eff}})$ 是有效折射率的虚部。

[0029] 设计的结构通过改变 n_{eff} 从而改变了色散D和限制损耗CL。

[0030] 如图2所示,经过COMSOL Multiphysics软件在我们设计的光子晶体氟化物光纤上进行仿真,得到了超大正色散光子晶体光纤在波长范围为1.8um-3.6um内色散和限制损耗随着波长变化的关系。色散值随着波长的增加先增大后减小,且在波长为2.9um处达到了最大的色散值为-351.3ps/km/nm。限制损耗随着波长的增加而增加,在波长为2.9um处为0.05dB/m,是一个很小的限制损耗值。

[0031] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0032] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

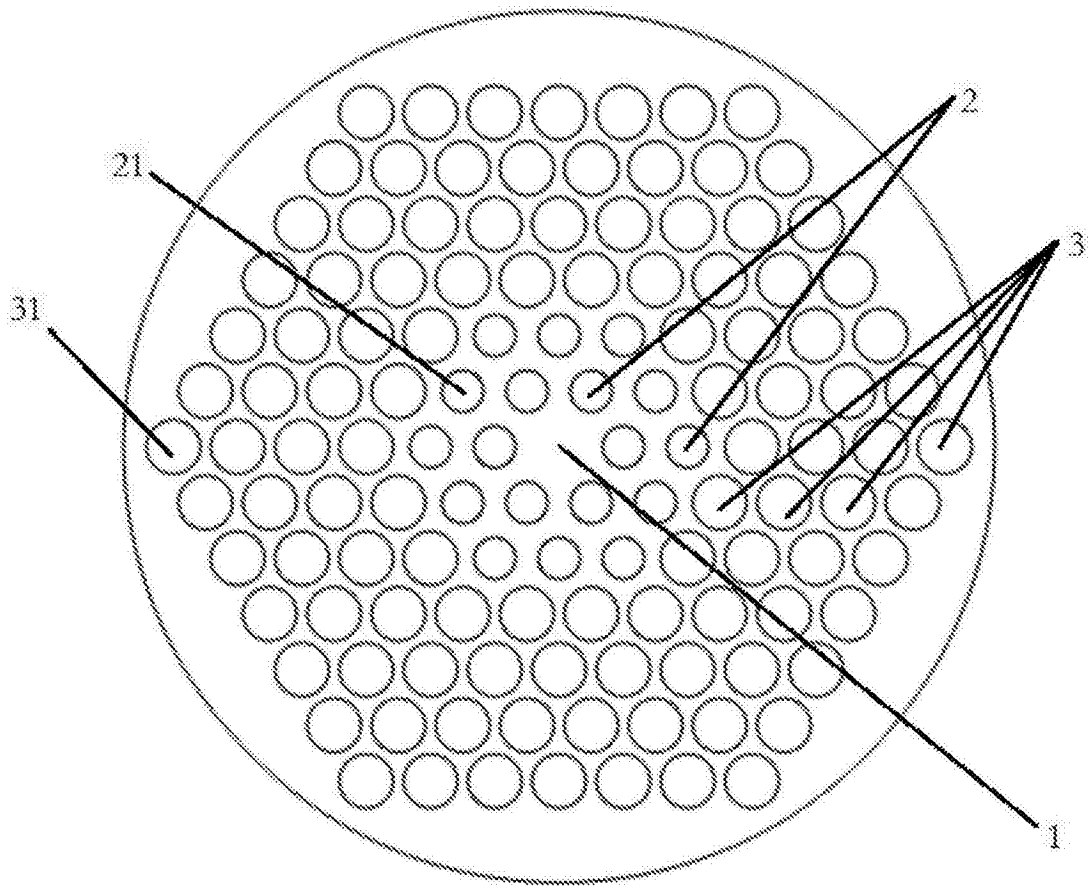


图1

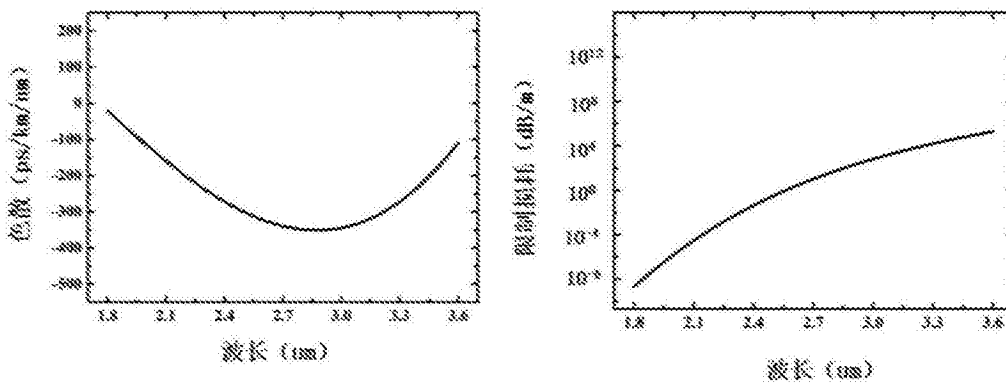


图2