(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
2019 年 4 月 18 日 (18.04.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/071921 A1

(51) 国际专利分类号:
G02B 6/032 (2006.01) *G02B 6/036* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/080599

(22) 国际申请日: 2018 年 3 月 27 日 (27.03.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710954172.6 2017年10月13日 (13.10.2017) CN

(71) 申请人: 北京工业大学(**BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。

(72) 发明人: 王璞(**WANG, Pu**); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。 高寿飞(**GAO, Shoufei**); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。 汪滢莹(**WANG, Yingying**); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。

(74) 代理人: 北京路浩知识产权代理有限公司(**CN-KNOWHOW INTELLECTUAL PROPERTY AGENT LIMITED**); 中国北京市海淀区丹棱街3号中国电子大厦B座18层, Beijing 100080 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) **Title:** ANTI-RESONANT HOLLOW CORE OPTICAL FIBER HAVING MULTIPLE RESONANT LAYERS

(54) 发明名称: 一种多谐振层的空芯反谐振光纤

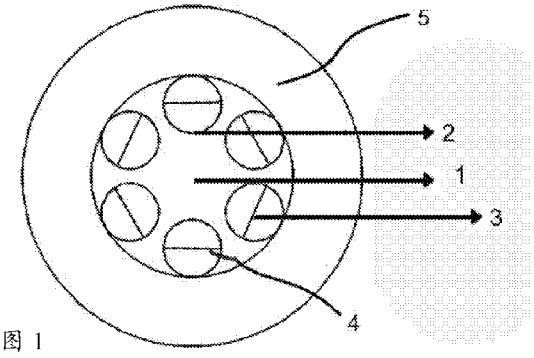


图 1

(57) **Abstract:** An anti-resonant hollow core optical fiber having multiple resonant layers. The optical fiber comprises a low refractive index core region (1) and a high refractive index cladding region. The high refractive index cladding region comprises an inner cladding region (4) and an outer cladding region (5). The outer cladding region (5) clads the inner cladding region (4) and the core region (1). The inner cladding region (4) comprises a first anti-resonant layer (2) and a second anti-resonant layer (3), and the first anti-resonant layer (2) and the second anti-resonant layer (3) surround the core region (1); and the first anti-resonant layer (2) comprises several layers of micro-capillary tubes and the second anti-resonant layer (3) supports the first anti-resonant layer (2). The optical fiber adopts a double-clad structure and uses two or more anti-resonant layers such that theoretically simulated loss is reduced to 0.1 dB/km, and has the features of ultra-low transmission loss, wide spectral bandwidth, low bending loss, low transmission loss, high damage threshold, and single mode transmission.

WO 2019/071921 A1

[见续页]

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))。

(57) 摘要: 一种多谐振层的空芯反谐振光纤，包括低折射率的纤芯区域（1）和高折射率的包层区域，高折射率的包层区域包括内包层区域（4）和外包层区域（5），外包层区域（5）包覆内包层区域（4）和纤芯区域（1）。内包层区域（4）包括第一反谐振层（2）和第二反谐振层（3），且第一反谐振层（2）和第二反谐振层（3）包围纤芯区域（1）；第一反谐振层（2）包括若干层微毛细管，第二反谐振层（3）支撑第一反谐振层（2）。采用双包层结构，通过两层及以上的反谐振层，理论仿真上损耗能降低至0．1dB/km，具有超低传输损耗、光谱带宽宽、弯曲损耗小、传输损耗低、损伤阈值高和保持单模传输的特点。

一种多谐振层的空芯反谐振光纤

交叉引用

本申请引用于2017年10月13日提交的专利名称为“一种多谐振层的空芯反谐振光纤”的第2017109541726号中国专利申请，其通过引用被全部并入本申请。

技术领域

本发明涉及光纤通信技术领域，更具体地，涉及一种多谐振层的空芯反谐振光纤。

背景技术

光纤作为宽带接入一种主流的方式，有着通信容量大、中继距离长、保密性能好、适应能力强、体积小重量轻、原材料来源广价格低廉等的优点，未来在宽带互联网接入的应用会非常广泛。

作为光纤光学的一个主要研究方向，空芯光纤因其利用纤芯的空气导光而具有一些显著的优点。相比于实芯光纤，空芯光纤利用空气的超低的瑞利散射和非线性系数（比所有玻璃材料低几个数量级），原则上可以实现超低损耗和低非线性的光传输，此外，还可以提供更高的传播速度（即更小的延迟）和激光损伤阈值。

其中，光子带隙型空芯光子晶体光纤受“光子带隙”概念启发，在包层中引入周期性排列的空气孔结构形成了光子带隙，结构中心的缺陷为空气孔时，波长在带隙内的光可以完全束缚在空气芯中。实际上，由于石英和空气界面处粗糙度的影响，纤芯中的基模和包层中的表面模之间产生了强烈的耦合，这不仅导致目前这类光纤实验上获得的最低损耗仅为1.2dB/km，还影响了光纤的传输性能，尤其限制了高功率激光的传输。另一方面，光子带隙型空芯光子晶体光纤的带隙生成原理决定了它存在一个本征的缺陷：传输带宽较窄（很难超过70 THz）。这意味着光子带隙型空芯光子晶体光纤的应用被局限在了很窄的一个光谱带宽范围内，从而限制了在一些要求宽光谱带宽传输的应用需求。

发明内容

本发明提供一种克服上述问题或者至少部分地解决上述问题的一种多谐振层的空芯反谐振光纤，解决了现有技术中光纤传输效率低、传输带宽较窄、弯曲损耗大、传输损耗高、损伤阈值低的问题。

根据本发明的一个方面，提供一种空芯反谐振光纤，包括低折射率的纤芯区域和高折射率的包层区域，所述高折射率的包层区域包括内包层区和外包层区域，所述外包层区域包覆内包层区域和纤芯区域，所述内包层区域包括第一反谐振层和第二反谐振层，且所述第一反谐振层和第二反谐振层包围纤芯区域；所述第一反谐振层包括若干层微毛细管，所述第二反谐振层支撑所述第一反谐振层。

作为优选的，所述高折射率的包层区域为二氧化硅、软玻璃或塑料。

作为优选的，所述每层微毛细管中的微毛细管形成环形分布结构，且最内侧的一圈微毛细管中各微毛细管相互间不接触。

作为优选的，所述第二反谐振层为环形毛细管或长方体管，所述第二反谐振层设于相邻两层第一反谐振层间，且与两层第一反谐振层中的每个微毛细管相切。

作为优选的，所述第二反谐振层上还设有用于支撑相邻两层第一反谐振层的支撑组件，所述支撑组件设于第二反谐振层与微毛细管相切点以外的位置处，最外层第二反谐振层与外包层区域之间设有若干具有支撑作用的微毛细管。

作为优选的，所述第一反谐振层为一层或两层，所述微毛细管内还设有若干层一字型薄壁，所述若干层一字型薄壁平行设置于所述微毛细管内。

作为优选的，所述最内层微毛细管横截面为圆形或椭圆形。

作为优选的，所述一字型薄壁为厚度在 100nm 至 5000nm 左右的直线结构的石英壁，所述石英壁镶在最内层毛细管内。

作为优选的，所述第一反谐振层中最内层微毛细管为负曲率形状。

作为优选的，所述第一反谐振层中相邻两个微毛细管圆心间距离不小于 10μm。

本申请提出一种多谐振层的空芯反谐振光纤，通过在光纤的内包层区

域内设置第一反谐振层和第二反谐振层，采用双包层结构，通过两层及以上的反谐振层，理论仿真上损耗能降低至 0.1 dB/km，具有超低传输损耗、光谱带宽宽、弯曲损耗小、传输损耗低、损伤阈值高和保持单模传输的特点；同时为非线性频率转换、痕量气体/液体检测、高功率脉冲压缩等前沿应用创造了一个高效率高灵敏度的理想平台。

附图说明

图 1 为根据本发明实施例 1 的空芯反谐振光纤截面示意图；

图 2 为根据本发明实施例 2 的空芯反谐振光纤截面示意图；

图 3 为根据本发明实施例 4 的空芯反谐振光纤截面示意图；

图 4 为根据本发明实施例 5 的空芯反谐振光纤截面示意图；

图 5 为根据本发明实施例 6 的空芯反谐振光纤截面示意图；

图 6 为根据本发明实施例 8 的空芯反谐振光纤截面示意图；

图 7 为根据本发明实施例 9 的空芯反谐振光纤截面示意图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例，对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明，但不用来限制本发明的范围。

一种空芯反谐振光纤，包括低折射率的纤芯区域和高折射率的包层区域，所述高折射率的包层区域包括内包层区和外包层区域，所述外包层区域包覆内包层区域和纤芯区域，所述内包层区域包括第一反谐振层和第二反谐振层，且所述第一反谐振层和第二反谐振层包围纤芯区域；所述第一反谐振层包括若干层微毛细管，所述第二反谐振层支撑所述第一反谐振层。

所述高折射率的包层区域为二氧化硅、软玻璃或塑料。

所述每层微毛细管中的微毛细管形成环形分布结构，且最内侧的一圈微毛细管中各微毛细管相互间不接触。

实施例 1

如图 1 所示，图中示出了一种多反谐振层的空芯反谐振光纤，包括低折射率的纤芯区域和高折射率的包层区域，所述高折射率的包层区域包括内包层区域 4 和外包层区域 5，所述外包层区域 5 包覆内包层区域 4 和纤

芯区域 1，外包层区域 5 即光纤外层套管，在本实施例中，所述内包层区域 4 包括一层第一反谐振层 2，所述第一反谐振层 2 包括若干微毛细管组成，所述微毛细管等间隔成环形分布于纤芯区域 1 四周，且所述各微毛细管相互之间无接触，形成无节点不接触的环形结构。

在本实施例中，所述低折射率的纤芯区域为一种或多种空气填充，或为真空。

在本实施例中，所述高折射率的包层区域为二氧化硅、软玻璃或塑料，且微毛细管具有负曲率形状，其厚度与需传输的激光工作波长在同一数量级。

在本实施例中，所述微毛细管的圆心与相邻微毛细管的圆心之间的距离至少为 10μm。

在本实施例中，所述第一反谐振层 2 中，每个微毛细管内还设有一层一字型薄壁 3，所述一字型薄壁 3 平行分布于所述微毛细管内，且所述一字型薄壁 3 横截面中点与所述外包层区域 5 圆心的连接的直线经过所述微毛细管的圆心或中心。

在本实施例中，所述一字型薄壁 3 为若干厚度在 100nm 到 5000nm 的直线结构石英壁，该石英壁镶嵌在微毛细管内。

实施例 2

如图 2 所示，图中示出了一种如图 1 所示，图中示出了一种多反谐振层的空芯反谐振光纤，包括低折射率的纤芯区域 1 和高折射率的包层区域，所述高折射率的包层区域包括内包层区域 4 和外包层区域 4，所述外包层区域 5 包覆内包层区域 4 和纤芯区域 1，外包层区域 5 即光纤外层套管，在本实施例中，所述内包层区域 4 包括一层第一反谐振层 2，所述第一反谐振层 2 包括若干微毛细管组成，所述微毛细管等间隔成环形分布于纤芯区域 1 四周，且所述各微毛细管相互之间无接触，形成无节点不接触的环形结构。

在本实施例中，所述低折射率的纤芯区域为一种或多种空气填充，或为真空。

在本实施例中，所述高折射率的包层区域为二氧化硅、软玻璃或塑料，且微毛细管具有负曲率形状，其厚度与需传输的激光工作波长在同一数量

级。

在本实施例中，所述微毛细管的圆心与相邻微毛细管的圆心之间的距离至少为 10μm。

在本实施例中，所述第一反谐振层 2 中，每个微毛细管内还设有两层一字型薄壁 3，所述为一字型薄壁 3 包括两层，其他结构与实施例 1 相同，所述两层一字型薄壁 3 平行分布于所述微毛细管内，且所述一字型薄壁 3 横截面中点与所述外包层圆心的连接的直线经过所述微毛细管的圆心或中心。

在本实施例中，所述一字型薄壁 3 为若干厚度在 100nm 到 5000nm 的直线结构石英壁，该石英壁镶嵌在微毛细管内。

实施例 3

在本实施例中，所述一字型薄壁包括若干层，分布于所述微毛细管内，其他特征与实施例 1、实施例 2 相同，因此不做赘述。

实施例 4

如图 3 所示，在本实施例中，所述微毛细管为椭圆形，其他特征与实施例 1 至 3 相同，因此不再赘述。

实施例 5

如图 4 所示，图中示出了一种多反谐振层的空芯反谐振光纤，包括低折射率的纤芯区域 1 和高折射率的包层区域，所述高折射率的包层区域包括内包层区域 4 和外包层区域 5，所述外包层区域 5 包覆内包层区域 4 和纤芯区域 1，外包层区域 5 即光纤外层套管，在本实施例中，所述内包层区域 4 包括一层第一反谐振层 2，所述第一反谐振层 2 包括若干微毛细管组成，所述微毛细管等间隔成环形分布于纤芯区域四周，且所述各微毛细管相互之间无接触，形成无节点不接触的环形结构。

在本实施例中，所述低折射率的纤芯区域为一种或多种空气填充，或为真空。

在本实施例中，所述微毛细管间无接触，形成无节点不接触的环形结构，且所述微毛细管具有负曲率形状，所述微毛细管的厚度与需传输激光在同一数量级。

在本实施例中，所述微毛细管的圆心与相邻微毛细管的圆心之间的距

离至少为 10μm。

在本实施例中，还包括第二反谐振层 3，所述第二反谐振层 3 为环形毛细管，如图 4 所示，所述第二反谐振层 3 的内侧与第一反谐振层 2 中的每个微毛细管相切，外侧与外包层区域 5 之间设有若干具有支撑作用的微毛细管。

在本实施例中，所述第二反谐振层 3 上还设有用于支撑相邻两层第一反谐振层 2 的支撑组件，所述支撑组件设于第二反谐振层 2 与微毛细管相切点以外的位置处。

在本实施例中，所述微毛细管横截面为圆形。

在本实施例中，所述第一反谐振层 2 中最内层微毛细管为负曲率形状。

在本实施例中，所述第一反谐振层 2 中相邻两个微毛细管圆心间距离不小于 10μm，所述第二反谐振层 2 是厚度和微毛细管近似、材料相同的环形结构。厚度在 200nm 到 5000nm 左右。

实施例 6

如图 5 所示，图中示出了一种多反谐振层的空芯反谐振光纤，包括低折射率的纤芯区域 1 和高折射率的包层区域，所述高折射率的包层区域包括内包层区域 4 和外包层区域 5，所述外包层区域 5 包覆内包层区域 4 和纤芯区域 1，外包层区域 5 即光纤外层套管，在本实施例中，所述内包层区域包括两层第一反谐振层 2，所述第一反谐振层 2 包括若干微毛细管组成，所述微毛细管等间隔成环形分布于纤芯区域四周，且所述各微毛细管相互之间无接触，形成无节点不接触的环形结构。

在本实施例中，所述低折射率的纤芯区域为一种或多种空气填充，或为真空。

在本实施例中，所述微毛细管间无接触，形成无节点不接触的环形结构，且所述微毛细管具有负曲率形状，所述微毛细管的厚度与需传输激光在同一数量级。

在本实施例中，所述微毛细管的圆心与相邻微毛细管的圆心之间的距离至少为 10μm。

在本实施例中，还包括第二反谐振层，所述第二反谐振层为环形毛细管，如图 5 所示，所述第二层反谐振层 3 包括两层，一层设于所述两层第

一反谐振层 2 之间，且与所述每层第一反谐振层 2 中的微毛细管相切，另一第二反谐振层 3 的内侧与最外层第一反谐振层 1 中的每个微毛细管相切，外侧与外包层区域 5 之间设有若干具有支撑作用的微毛细管。所述第二反谐振层 3 是厚度和微毛细管近似、材料相同的环形结构。厚度在 200nm 到 5000nm 左右。

在本实施例中，所述第二反谐振层 3 上还设有用于支撑相邻两层第一反谐振层 2 的支撑组件，所述支撑组件设于第二反谐振层 3 与微毛细管相切点以外的位置处。

在本实施例中，所述微毛细管横截面为圆形。

在本实施例中，所述第一反谐振层 2 中最内层微毛细管为负曲率形状。

在本实施例中，所述第一反谐振层 2 中相邻两个微毛细管圆心间距离不小于 10μm。

实施例 7

在本实施例中，在本实施例中，包括低折射率的纤芯区域和高折射率的包层区域，所述高折射率的包层区域包括内包层区和外包层区域，所述外包层区域包覆内包层区域和纤芯区域，所述内包层区域包括第一反谐振层和第二反谐振层，且所述第一反谐振层和第二反谐振层包围纤芯区域；所述第一反谐振层包括若干层微毛细管，所述第二反谐振层支撑所述第一反谐振层。

所述第二反谐振层为环形毛细管或长方体管，所述第二反谐振层设于相邻两层第一反谐振层间，且与两层第一反谐振层中的每个微毛细管相切。

在本实施例中，所述第二反谐振层上还设有用于支撑相邻两层第一反谐振层的支撑组件，所述支撑组件设于第二反谐振层与微毛细管相切点以外的位置处，最外层第二反谐振层与外包层区域之间设有若干具有支撑作用的微毛细管。

实施例 8

如图 6 所示，本实施例中，结合实施例 1-7 中的特征，提出一种具有三层反谐振层的光纤结构，在实施例 6 的基础上，在每层微毛细管中，加入一字型薄壁这一结构特征，图中只是示出了一层， 但并不限于此，可

以为多层，图中第一反谐振层、第二反谐振层也可以是一层或多层。本实施例的其他特征与实施例 1-7 相同，因此不再赘述。

实施例 9

如图 7 所示，在上述 1 至 8 中任一实施例的基础上，在具体制造过程中，内包层区域 4 在拉伸过程中，还会存在如图 7 中所示的变形，使内包层区域分成由两个或多个不完整的圆形区域相接而成。

综上所述，本申请提出一种多谐振层的空芯反谐振光纤，通过在光纤的内包层区域内设置第一反谐振层和第二反谐振层，采用双包层结构，通过两层及以上的反谐振层，理论仿真上损耗能降低至 0.1 dB/km，具有超低传输损耗、光谱带宽宽、弯曲损耗小、传输损耗低、损伤阈值高和保持单模传输的特点；同时为非线性频率转换、痕量气体/液体检测、高功率脉冲压缩等前沿应用创造了一个高效率高灵敏度的理想平台。

最后，本申请的方法仅为较佳的实施方案，并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种空芯反谐振光纤，其特征在于，包括低折射率的纤芯区域和高折射率的包层区域，所述高折射率的包层区域包括内包层区和外包层区域，所述外包层区域包覆内包层区域和纤芯区域，所述内包层区域包括第一反谐振层和第二反谐振层，且所述第一反谐振层和第二反谐振层包围纤芯区域；所述第一反谐振层包括若干层微毛细管，所述第二反谐振层支撑所述第一反谐振层。

2、根据权利要求 1 所述的空芯反谐振光纤，其特征在于，所述高折射率的包层区域为二氧化硅、软玻璃或塑料。

3、根据权利要求 1 所述的空芯反谐振光纤，其特征在于，所述每层微毛细管中的微毛细管形成环形分布结构，且最内侧的一圈微毛细管中各微毛细管相互间不接触。

4、根据权利要求 1 所述的空芯反谐振光纤，其特征在于，所述第二反谐振层为环形毛细管或长方体管，所述第二反谐振层设于相邻两层第一反谐振层间，且与两层第一反谐振层中的每个微毛细管相切。

5、根据权利要求 4 所述的空芯反谐振光纤，其特征在于，所述第二反谐振层上还设有用于支撑相邻两层第一反谐振层的支撑组件，所述支撑组件设于第二反谐振层与微毛细管相切点以外的位置处，最外层第二反谐振层与外包层区域之间设有若干具有支撑作用的微毛细管。

6、根据权利要求 1 或 4 所述的空芯反谐振光纤，其特征在于，所述第一反谐振层为一层或两层，所述微毛细管内还设有若干层一字型薄壁，所述若干层一字型薄壁平行设置于所述微毛细管内。

7、根据权利要求 6 所述的空芯反谐振光纤，其特征在于，所述最内层微毛细管横截面为圆形或椭圆形。

8、根据权利要求 6 所述的空芯反谐振光纤，其特征在于，所述一字型薄壁为厚度在 100nm 至 5000nm 左右的直线结构的石英壁，所述石英壁镶在最内层毛细管内。

9、根据权利要求 1 所述的空芯反谐振光纤，其特征在于，所述第一反谐振层中最内层微毛细管为负曲率形状。

10、根据权利要求 1 所述的空芯反谐振光纤，其特征在于，所述第一

反谐振层中相邻两个微毛细管圆心间距离不小于 10μm。

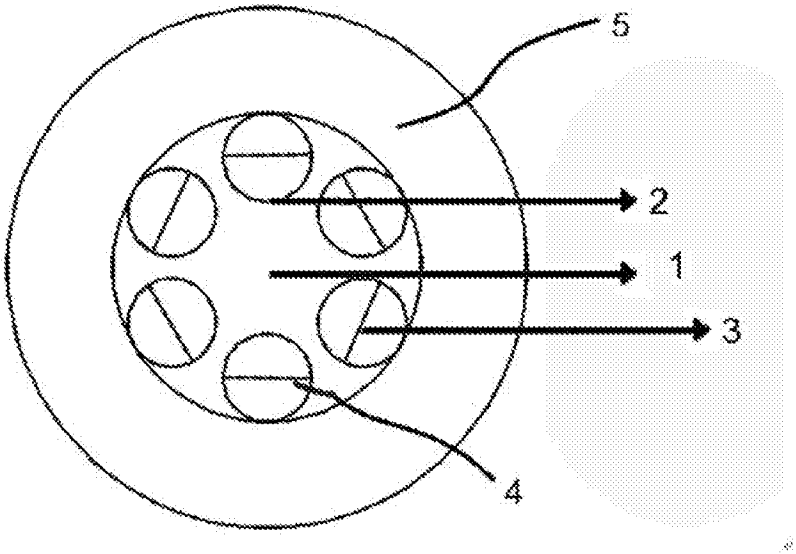


图 1

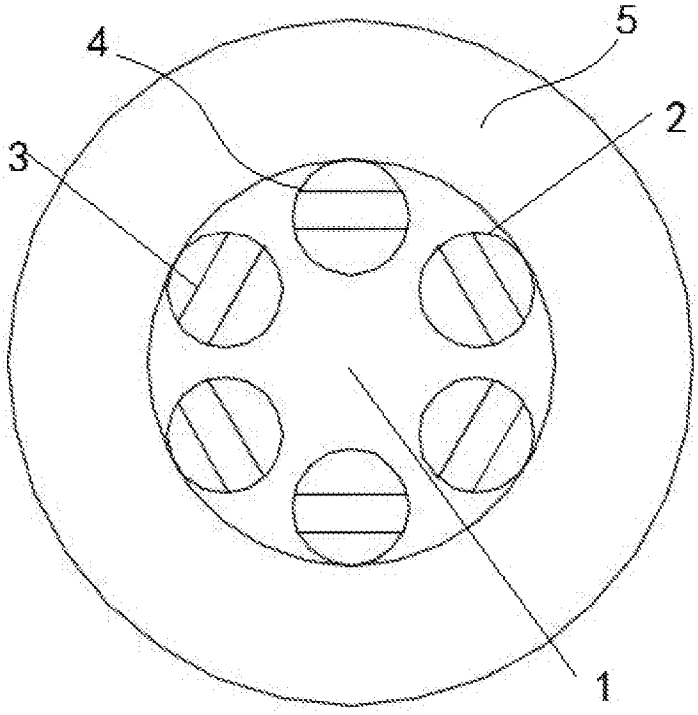


图 2

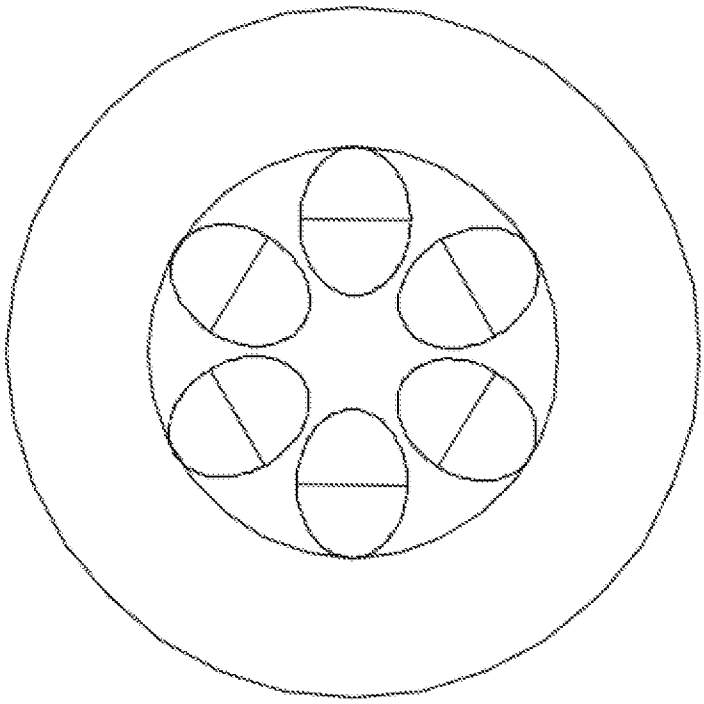


图 3

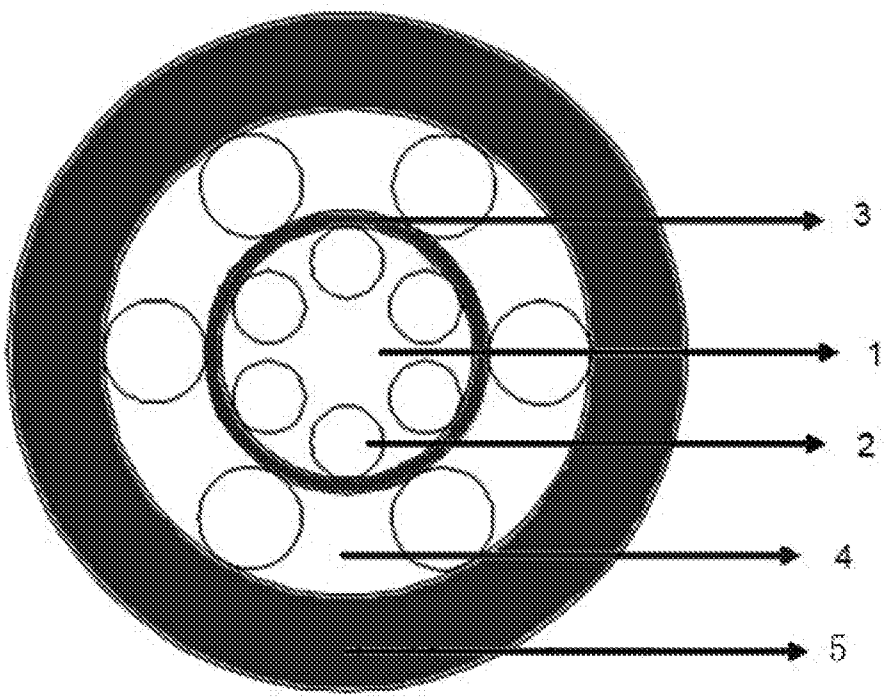


图 4

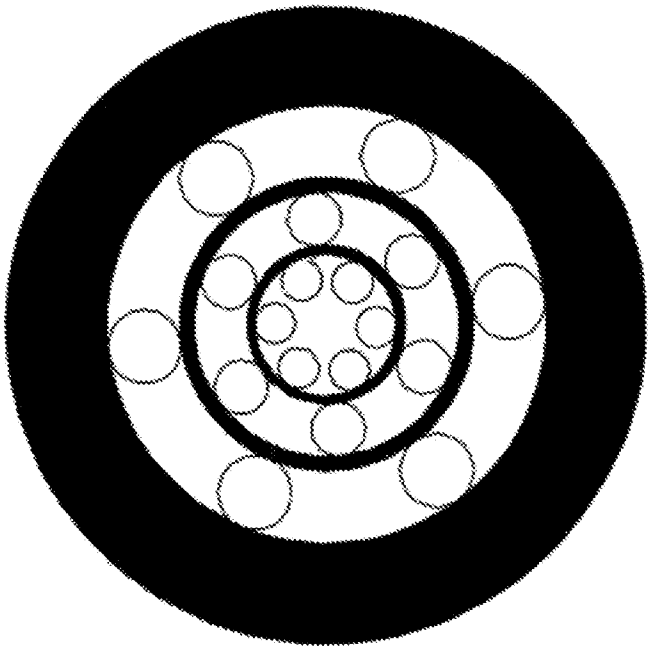


图 5

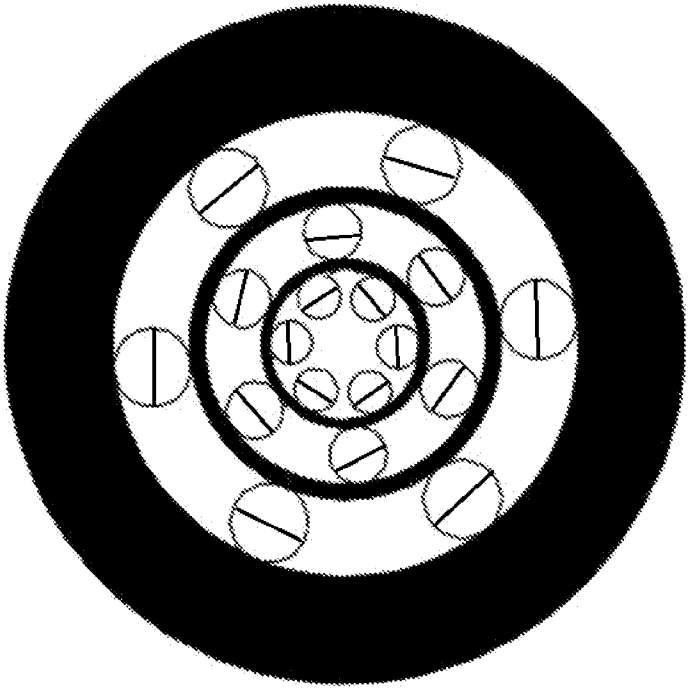


图 6

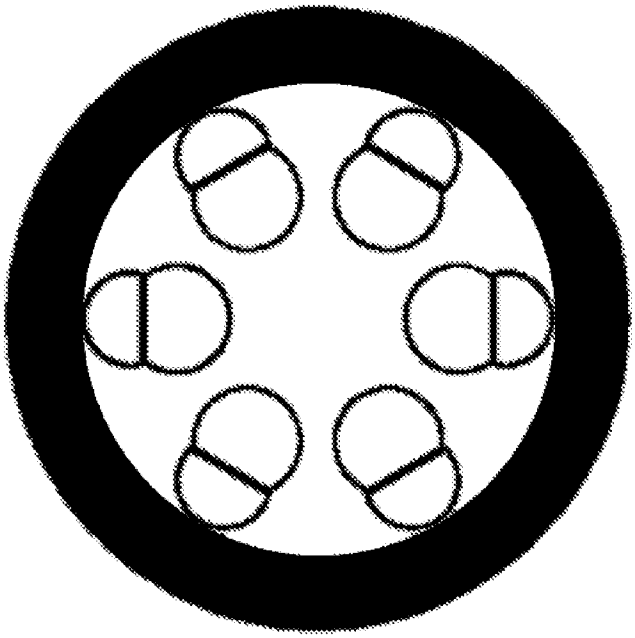


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/080599

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/032 (2006.01) i; G02B 6/036 (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)

CPRSABS; CNABS; DWPI; SIPOABS; CNKI: 光纤, 光导纤维, 光纤维, 反谐振, 微毛细管, 微管, 细管, optic+, fibre?, fiber?, anti+, resona+, micro, scopic?, capillar+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 105807363 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 27 July 2016 (27.07.2016), description, paragraphs [0004]-[0034], and figures 1-3	1-3, 9, 10
X	WO 2017032454 A1 (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E. V.) 02 March 2017 (02.03.2017), description, page 16, line 9 to page 18, line 22, and figure 1	1-3, 9, 10
PX	CN 107797175 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 13 March 2018 (13.03.2018), claims 1-10, description, paragraphs [0005]-[0074], and figures 1-7	1-10
A	CN 106814421 A (CHINA ELECTRONICS TECHNOLOGY GROUP CORPORATION NO.46 RESEARCH INSTITUTE) 09 June 2017 (09.06.2017), entire document	1-10
A	WO 2017072750 A1 (GOLDIN SHLOMO YEHUDA) 04 May 2017 (04.05.2017), entire document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 July 2018	16 July 2018
Name and mailing address of the ISA 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 ZHU, Yucheng Telephone No. (86-10) 62085161

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/080599

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106575012 A (UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON) 19 April 2017 (19.04.2017), entire document	1-10
A	EP 3199991 A1 (DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITY) 02 August 2017 (02.08.2017), entire document	1-0
A	CN 101836143 A (UNIVERSITY OF BATH) 15 September 2010 (15.09.2010), entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/080599

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105807363 A	27 July 2016	None	
WO 2017032454 A1	02 March 2017	TW 201712381 A	01 April 2017
		EP 3136143 A1	01 March 2017
		CA 2995736 A1	02 March 2017
CN 107797175 A	13 March 2018	None	
CN 106814421 A	09 June 2017	None	
WO 2017072750 A1	04 May 2017	None	
CN 106575012 A	19 April 2017	GB 201410100 D0	23 July 2014
		EP 3249431 A1	29 November 2017
		GB 2526879 A	09 December 2015
		EP 3249432 A1	29 November 2017
		EP 3152607 A1	12 April 2017
		US 2017160467 A1	08 June 2017
		WO 2015185761 A1	10 December 2015
		JP 2017520804 A	27 July 2017
		SG 11201610233X A	27 January 2017
EP 3199991 A1	02 August 2017	None	
CN 101836143 A	15 September 2010	JP 5813952 B2	17 November 2015
		EP 2201416 A1	30 June 2010
		GB 0719376 D0	14 November 2007
		CN 101836143 B	08 May 2013
		US 8306379 B2	06 November 2012
		WO 2009044100 A1	09 April 2009
		JP 2010541011 A	24 December 2010
		US 2010328658 A1	30 December 2010

国际检索报告

国际申请号 PCT/CN2018/080599

A. 主题的分类

G02B 6/032(2006.01)i；G02B 6/036(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)

G02B 6

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））

CPRSABS;CNABS;DWPI;SIPOABS;CNKI:光纤,光导纤维,光纤维,反谐振,微毛细管,微管,细管, optic+,fibre?,fiber?, anti+,resona+,micro,scopic?,capillar+

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	CN 105807363 A (北京工业大学) 2016年 7月 27日 (2016-07-27) 说明书第4-34段，附图1-3	1-3，9，10
X	WO 2017032454 A1 (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER WSS E V) 2017年 3月 2日 (2017-03-02) 说明书第16页第9行至第18页第22行，附图1	1-3，9，10
PX	CN 107797175 A (北京工业大学) 2018年 3月 13日 (2018-03-13) 权利要求1-10，说明书第5-74段，附图1-7	1-10
A	CN 106814421 A (中国电子科技集团公司第四十六研究所) 2017年 6月 9日 (2017-06-09) 全文	1-10
A	WO 2017072750 A1 (GOLDIN SHLOMO YEHUDA) 2017年 5月 4日 (2017-05-04) 全文	1-10
A	CN 106575012 A (南安普敦大学) 2017年 4月 19日 (2017-04-19) 全文	1-10
A	EP 3199991 A1 (DANMARKS TEKNISKE UNIV) 2017年 8月 2日 (2017-08-02) 全文	1-0

☑ 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	国际检索报告邮寄日期
2018年 7月 6日	2018年 7月 16日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
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	朱宇澄
传真号 (86-10)62019451	电话号码 62085161

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2018/080599

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	CN 101836143 A（巴斯大学）2010年 9月 15日（2010 - 09 - 15） 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/CN2018/080599

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	105807363	A	2016年 7月 27日	无			
WO	2017032454	A1	2017年 3月 2日	TW	201712381	A	2017年 4月 1日
				EP	3136143	A1	2017年 3月 1日
				CA	2995736	A1	2017年 3月 2日
CN	107797175	A	2018年 3月 13日	无			
CN	106814421	A	2017年 6月 9日	无			
WO	2017072750	A1	2017年 5月 4日	无			
CN	106575012	A	2017年 4月 19日	GB	201410100	D0	2014年 7月 23日
				EP	3249431	A1	2017年 11月 29日
				GB	2526879	A	2015年 12月 9日
				EP	3249432	A1	2017年 11月 29日
				EP	3152607	A1	2017年 4月 12日
				US	2017160467	A1	2017年 6月 8日
				WO	2015185761	A1	2015年 12月 10日
				JP	2017520804	A	2017年 7月 27日
				SG	11201610233X	A	2017年 1月 27日
EP	3199991	A1	2017年 8月 2日	无			
CN	101836143	A	2010年 9月 15日	JP	5813952	B2	2015年 11月 17日
				EP	2201416	A1	2010年 6月 30日
				GB	0719376	D0	2007年 11月 14日
				CN	101836143	B	2013年 5月 8日
				US	8306379	B2	2012年 11月 6日
				WO	2009044100	A1	2009年 4月 9日
				JP	2010541011	A	2010年 12月 24日
				US	2010328658	A1	2010年 12月 30日