

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 6/036 (2006.01)

G02B 1/02 (2006.01)



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710046012.8

[45] 授权公告日 2009 年 1 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 100451699C

[22] 申请日 2007.9.14

Scalable antiguided ribbon laser. Raymond J. Beach, Michael D. Feit, Ralph H. Page, LeAnn D. Brasure, Russell Wilcox, and Stephen A. Payne. J. Opt. Soc. Am. B, Vol. 19 No. 7. 2002

[21] 申请号 200710046012.8

审查员 徐恩波

[73] 专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

[74] 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司  
代理人 张泽纯

地址 201800 上海市 800-211 邮政信箱

[72] 发明人 赵楚军 范滇元 唐志祥 钱列加

[56] 参考文献

US5633972A 1997.5.27

US6570702B2 2003.5.27

Microstructured optical fiber with 16 linearly arrayed antiguided cores fabricated through stacking. X. Feng, A. K. Mairaj, T. M. Monro. ELECTRONICS LETTERS, Vol. 40 No. 12. 2004

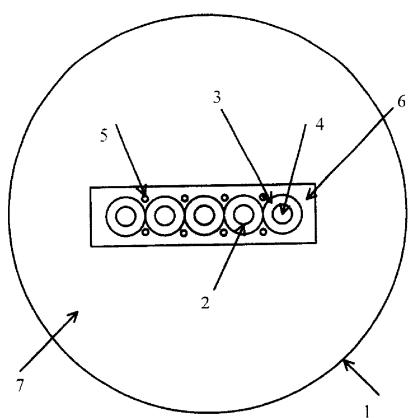
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

[54] 发明名称

折射率反导引多芯光纤

[57] 摘要

一种折射率反导引多芯光纤，包括多根纤芯和包层区，其特点是所述的包层区包括内包层区和外包层区，在所述的内包层区中线性地排列着多根折射率反导引纤芯和位于该折射率反导引纤芯之间的多根亚波长直径纤芯；所述的折射率反导引纤芯是由中间的低折射率和外围的高折射率同轴的两部分材料构成，所述的内包层区的折射率小于折射率反导引纤芯和亚波长直径纤芯的折射率，而大于外包层区折射率；内包层区和外包层区均由折射率均匀分布的固体材料构成。本发明能够实现多根纤芯的相位锁定，而且能改善该多芯光纤的弯曲性能，可以应用在高功率光纤放大器、激光器等领域。



1. 一种折射率反导引多芯光纤，包括多根纤芯和包层区，其特征在于所述的包层区包括内包层区（6）和外包层区（7），在所述的内包层区（6）中线性地排列着多根折射率反导引纤芯（2）和位于该折射率反导引纤芯（2）之间的多根亚波长直径纤芯（5）；所述的折射率反导引纤芯（2）是由中间的低折射率（4）和外围的高折射率（3）同轴的两部分材料构成，所述的内包层区（6）的折射率小于折射率反导引纤芯（2）和亚波长直径纤芯（5）的折射率，而大于外包层区（7）折射率；内包层区（6）和外包层区（7）均由折射率均匀分布的固体材料构成。

2. 根据权利要求 1 所述的折射率反导引多芯光纤，其特征在于所述的折射率反导引纤芯（2）的芯径为微米级，亚波长直径纤芯（5）的芯径在百纳米量级。

3. 根据权利要求 1 所述的折射率反导引多芯光纤，其特征在于所述的折射率反导引纤芯（2）彼此紧密排列。

4. 根据权利要求 1 所述的折射率反导引多芯光纤，其特征在于内包层区（6）的形状为多边形。

5. 根据权利要求 1 所述的折射率反导引多芯光纤，其特征在于折射率反导引纤芯（2）中的低折射率部分（4）是掺杂稀土元素钕、铒、镱、铥、镧的至少一种，同时还掺杂铝、磷、氟化物的至少一种的石英玻璃、硅酸盐玻璃、磷酸盐玻璃、或碲酸盐玻璃。

6. 根据权利要求 1 所述的折射率反导引多芯光纤，其特征在于所述的亚波长直径纤芯（5）、内包层区（6）和外包层区（7）的基质材料是石英玻璃、硅酸盐玻璃、磷酸盐玻璃、或碲酸盐玻璃。

## 折射率反导引多芯光纤

### 技术领域

本发明涉及光纤，尤其是一种对弯曲不敏感的折射率反导引多芯光纤。

### 背景技术

高功率光纤激光器以其卓越的性能和超值的价格，在激光加工、激光医疗、激光雷达、激光测距等多方面得了日益广泛的应用。在同样的输出功率下，光纤激光器的光束质量、可靠性和体积大小等都占有优势，此外由于光纤成本的降低和易于实现流水化及大批量生产等特点，这不仅引起科学家们的兴趣，而且更吸引产业界专家们的极大关注。

光纤激光器最初在上世纪 60 年代提出，但一直进展缓慢，直至低损耗光纤制造技术和半导体激光器的发展与应用，方为光纤激光器带来了新的前景。光纤激光器以掺杂光纤作为激光介质，与块状激光介质相比，具有以下显著的优点：介质细长易于散热；光纤的波导结构易于达到单横模；利用双包层技术易于达到高效率和高功率。近年来，对以双包层光纤为基础的包层泵浦技术的研发，使光纤激光器的输出功率已经突破 kW，在工业及通信等领域具有广阔的应用前景。

光纤纤芯的大小与输出功率有很大关系。纤芯越大可传输的功率就越大，而纤芯越小传输的功率过大会产生非线性效应，影响光纤输出功率，甚至会对光纤造成损伤。因此在双包层光纤中在保证输出光束质量的前提下尽量增大光纤的纤芯，但在一般的双包层掺稀土光纤中，纤芯的增大会影响光束质量，造成光纤激光器和放大器的多模输出，因此纤芯的增大程度是有限的。

微结构光纤(Microstructured fiber, MF)，是由晶格常数为光波长量级的二维光子晶体构成的，即规则排列着空气孔的二氧化硅光纤阵列构成光纤的包层，光纤的核心是由一个破坏了包层结构周期性的缺陷构成。微结构光纤与传统光纤相比有许多特性，有效地扩展和增加了光纤的应用领域。

另外一种提升功率，而同时又能够保持优质光束质量的方法就是组束方法。当今，高功率光纤激光器的相干组束技术的研究已经成国际研究热点之一，美国、德国和法国等国家非常鼓励和支持这类研究的开展。目前国内外的研究人员已经提出多种相干组束技术，主要有：主振荡放大(MOPA)技术、多芯光纤自组装技术、全光

纤束技术、光谱束技术、外腔相干束技术。其中多芯光纤自组装技术是一种相对简单的方法，这种方法通过相邻纤芯传输光束的倏逝波产生耦合，实现锁相。但是倏逝波耦合较弱，人们提出了利用折射率反导引结构的泄漏波来提高耦合。2002年，美国 Livermore 实验室的 Raymond J. Beach 等人提出了折射率反导引的带状光纤设计，利用泄漏波提高多光纤的耦合，通过添加纤芯，这种方法可以实现输出功率定标放大的同时，保持优异的光束质量【J. Opt. Soc. Am. B 19(7) 1521-1534, 2002】。最近 Feng. X. 等人用堆积方法制备了 16 芯的折射率反导引多芯光纤，但是这种光纤对弯曲很敏感【Electronics Letters 40(12) 10-11, 2004】。

最近，由浙江大学童利民等人采用两步拉制法得到的光纤直径可低至 50nm，并且保持较低的光纤损耗【Nature 426 816-819, 2003】。上海交通大学陈险峰等人总结了前人经验提出了条形电加热炉拉锥方法，采用这种新的拉锥方法已经成功的拉制出直径可低至 650nm，长度可达十几个厘米量级，光损耗在 0.1dB/cm 左右的亚波长直径光纤【Opt. Express 14(12) 5055-5060, 2006】。这种光纤具有很强的倏逝场，这一特性可以在很多领域有广泛应用。

### 发明内容

本发明的目的在于克服折射率反导引光纤对弯曲敏感的不足，提供一种弯曲性能改善的折射率反导引多芯光纤。该多芯光纤能够使得多根纤芯有效耦合，而且对弯曲不敏感，可以应用在高功率光纤激光束等领域。

本发明的技术解决方案如下：

一种折射率反导引多芯光纤，包括多根纤芯和包层区，其特点是所述的包层区包括内包层区和外包层区，在所述的内包层区中线性地排列着多根折射率反导引纤芯和位于该折射率反导引纤芯之间的多根亚波长直径纤芯；所述的折射率反导引纤芯是由中间的低折射率和外围的高折射率同轴的两部分材料构成，所述的内包层区的折射率小于折射率反导引纤芯和亚波长直径纤芯的折射率，而大于外包层区折射率；内包层区和外包层区均由折射率均匀分布的固体材料构成。

所述的折射率反导引纤芯的芯径为微米级，亚波长直径纤芯的芯径在百纳米量级，亚波长直径纤芯和折射率反导引纤芯的距离在波长量级。

所述的折射率反导引纤芯彼此紧密排列。

所述的内包层区的形状为矩形、或多边形。

所述的折射率反导引纤芯中的低折射率部分是掺杂稀土元素钕、铒、镱、铥、

镧的至少一种，同时还掺杂铝、磷、氟化物的至少一种的石英玻璃、硅酸盐玻璃、磷酸盐玻璃，或碲酸盐玻璃。

所述的亚波长直径纤芯、内包层区和外包层区的基质材料是石英玻璃、硅酸盐玻璃、磷酸盐玻璃，或碲酸盐玻璃。

为保证多纤芯有效的耦合，亚波长直径纤芯芯径在百纳米量级，亚波长直径纤芯和折射率反导引纤芯的距离在波长量级。

### 附图说明

图 1 为本发明实施例 1 的光纤截面示意图。

图 2 为本发明实施例 3 的光纤截面示意图。

图 3 为本发明实施例 4 的光纤截面示意图。

### 具体实施方式

以下结合附图和实施例对本发明作详细说明，但不应以此限制本发明的保护范围。

#### 实施例 1：

请参阅图 1，图 1 为本发明实施例 1 的光纤截面示意图。这是内包层区 6 中有 5 个折射率反导引纤芯 2 线性排列，亚波长直径纤芯 5 位于折射率反导引纤芯 2 之间，该内包层区 6 之外覆盖外包层区 7 的折射率反导引多芯光纤。内包层区 6 形状为矩形，大小为  $60\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$ ，外包层区 7 直径为  $125\mu\text{m}$ 。折射率反导引纤芯 2 中高折射率部分 3 由 shott SF16 硅酸盐玻璃组成，折射率为 1.637，半径为  $1.6\mu\text{m}$ ，低折射率部分 4 由 shott F7 硅酸盐玻璃组成，其中掺杂有 3.0 wt% 的氧化钕，折射率为 1.626，半径为  $1\mu\text{m}$ ，亚波长直径纤芯 5 的材料和折射率反导引纤芯 2 中高折射率部分 3 的材料相同，芯径为  $100\text{nm}$ ，距离光纤轴线的距离为  $1\mu\text{m}$ 。内包层区 6 由 shott F2 硅酸盐玻璃组成，折射率为 1.612，外包层区 7 材料为石英，折射率为 1.45。实验结果表明：如果未引入亚波长直径纤芯 5，弯曲对光纤 1 的影响很大，在引入亚波长直径纤芯 5 后，光纤 1 在同样弯曲情况下的弯曲性能有很大改善。

#### 实施例 2：

实施例 2 与实施例 1 的不同之处在于：低折射率部分 4 是 2.0 wt% 氧化镱的石英玻璃，同时可以掺杂铝离子以改善性能。

#### 实施例 3：

图 2 为发明的实施例 3 的光纤截面示意图，实施例 3 与实施例 1 的不同点是：

内包层区 6 形状为六边形，六边形边长为 60 $\mu\text{m}$ 。

**实施例 4：**

图 3 为发明的实施例 4 的光纤截面示意图，实施例 4 与实施例 1 的不同点是：折射率反导引多芯光纤的内包层区 6 中包含有 8 根折射率反导引纤芯 2 和 14 根亚波长直径纤芯 5。

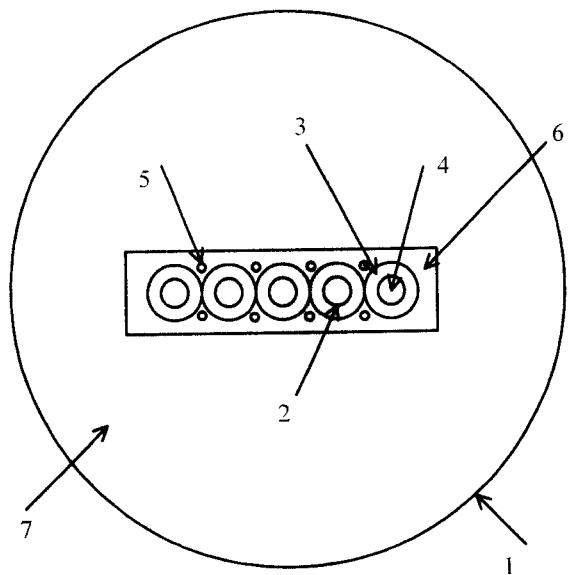


图 1

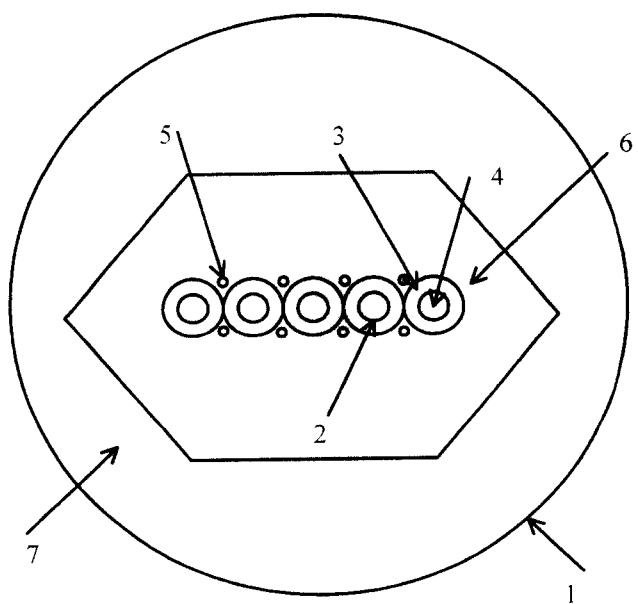


图 2

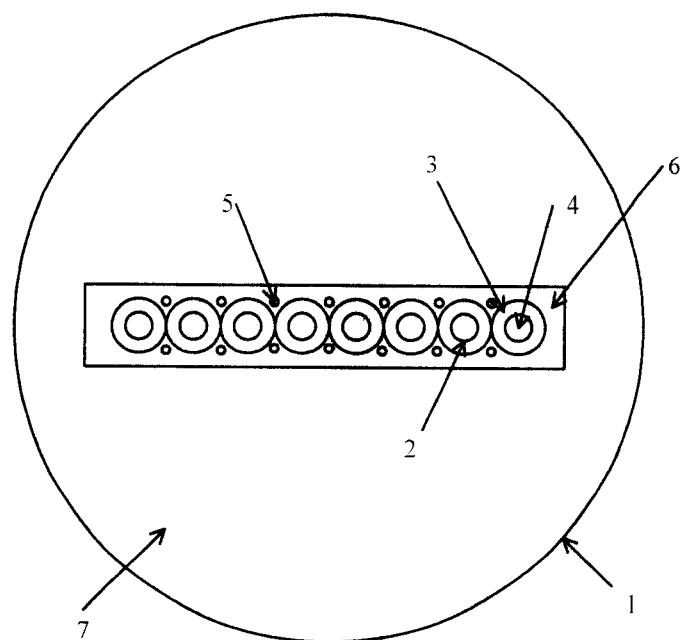


图 3