

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610016526.4

[51] Int. Cl.

H01S 3/067 (2006.01)

H01S 3/08 (2006.01)

H01S 3/0941 (2006.01)

H01S 3/00 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 7 月 12 日

[11] 公开号 CN 1801550A

[22] 申请日 2006.1.13

[21] 申请号 200610016526.4

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 刘 洋 王 蓓 赵崇光 张 亮
王立军

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司
代理人 马守忠

权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

[54] 发明名称

一种高功率密度激光输出的光纤激光器

[57] 摘要

本发明属于光纤激光器技术领域，涉及一种高功率密度输出的光纤激光器。它包括端面泵浦激光器 0，侧面泵浦激光器 1，采用了级连式变相 Fox - Smith 腔及采用端面和侧面混合泵浦方式，从而使每个变相 Fox - Smith 腔的每个激光臂产生的光纤激光，分别通过光纤耦合器 3 耦合进折射率渐变型多模光纤 4 中进行传输至 Bragg 光栅 6 后再经过射率渐变型多模光纤 4 输出光纤激光；由于采用了大芯径的折射率渐变型多模光纤和新颖的级连式变相 Fox - Smith 腔结构，实现了高功率密度光纤激光的输出，其峰值强度相比于同一直径的折射率阶跃型光纤激光器高出五倍，因此实现了在折射率渐变型多模光纤中传输高功率密度的光纤激光器。

1、一种高功率密度激光输出的光纤激光器，包括端面泵浦源半导体激光器 0，侧面泵浦源半导体激光器 1，采用端面和侧面混合泵浦方式，其特征在于它还包括变相 Fox-Smith 腔，变相 Fox-Smith 腔的个数可以根据纤激光器要输出的功率选择；采用变相 Fox-Smith 腔级连的方式；所说的变相 Fox-Smith 腔包括两个激光臂和一个光纤耦合器 3，而所说的一个激光臂包括一段相对独立的双包层掺杂光纤 5 和其两端分别刻制有一个可反射相应激光波长的 Bragg 光栅 2，每一段相对独立的双包层掺杂光纤 5 作为产生激光的增益介质，该双包层掺杂光纤 5 的 Bragg 光栅 2 起激光选频的作用；所说的将变相 Fox-Smith 腔采用级连式，就是通过折射率渐变型多模光纤 4 将一个变相 Fox-Smith 腔顺次分别通过光纤耦合器 3 连接起来，从而使每个变相 Fox-Smith 腔能接受泵浦激光，使每个激光臂产生的光纤激光，再分别通过光纤耦合器 3 耦合进折射率渐变型多模光纤 4 中进行传输至 Bragg 光栅 6；第一个变相 Fox-Smith 腔采用端面泵浦激光器 0 的端面泵浦方式，即端面泵浦的半导体激光器 0 产生的泵浦激光以尾纤方式直接将其耦合进折射率渐变型多模光纤 4，再由光纤耦合器 3 耦合进第一个变相 Fox-Smith 腔的激光臂的每个双包层掺杂光纤 5，再与两个 Bragg 光栅 2 的共同作用达到粒子数反转并产生增益，于是就形成了一个激光振荡腔产生光纤激光，第一个变相 Fox-Smith 腔产生的光纤激光经光纤耦合器 3 耦合到折射率渐变型多模光纤 4 传输；

在第二个变相 Fox-Smith 腔的前端，有两个半导体激光器 1 作为侧面泵浦源将泵浦激光以尾纤方式耦合进折射率渐变型多模光纤 4，再通过光

纤耦合器 3 耦合进第二个变相 Fox-Smith 腔的每个激光臂，每个激光臂产生的光纤激光通过光纤耦合器 3 耦合进折射率渐变型多模光纤 4 传输；

第三个及以后的变相 Fox-Smith 腔工作的机理和吸收侧面泵浦激光并产生光纤激光及其连接方式均与第二个变相 Fox-Smith 腔相同；所有级连的变相 Fox-Smith 腔产生的光纤激光由光纤耦合器 3 耦合进折射率渐变型多模光纤 4 里面传输，在折射率渐变型多模增益 4 的末端刻有 Bragg 光栅 6，该光栅对泵浦激光全反射，对光纤激光全透射这样，在折射率渐变型多模光纤 4 输出的激光仅上单波长、高功率密度的光纤激光，实现了一种高功率密度激光输出的光纤激光器。

2、根据权利要求所述的高功率密度激光输出的光纤激光器，其特征在于：用折射率渐变型多模光纤传输高峰值密度和高功率密度的光纤激光。

3、根据权利要求 1 至 2 任意一个权利要求所述的高功率密度激光输出的光纤激光器，其特征在于：每一个产生光纤激光的臂是相对独立的。

一种高功率密度激光输出的光纤激光器

技术领域

本发明属于光纤激光器技术领域，特别涉及一种高功率密度激光输出的光纤激光器。

技术背景

光纤激光器的历史和激光器本身的历史几乎一样长。激光器问世不久，美国光学公司(American optical corporation)的 Znitzer 和 Koestor 于 1963 年首先提出了光纤激光器和放大器的构思。光纤激光器作为二十一世纪初最伟大的发明之一，它是集半导体激光技术、光纤激光技术以及光纤耦合技术于一体的新兴技术。光纤激光器以其超高的稳定性、卓越的光束质量、超大的光功率密度、高的光光转换效率、体积小、结构紧凑、激光波长可覆盖从可见光到红外、寿命长（大于 4 万小时）、易于调制、使用简便以及免于维护功能等显著特点，成为全面提升目前传统激光器性能和掀起激光产业技术改造的先锋和领航者。

高功率的光纤激光器在工业加工和国防军事应用上具有极大的潜力，因此成为了当前光纤激光器研究的一个热点。高功率光纤激光器要求有高功率的泵浦源，一般是采用端面和侧面混合泵浦的方式泵浦双包层掺杂光纤，此时双包层掺杂光纤既作为增益介质又作为激光的传输介质。由于要产生高质量的单模激光必然要求小芯径的单模光纤，而小芯径的单模光纤所能承受的功率必然就小，因此限制了光纤激光器的更高功率，如何解决这一矛盾是现阶段高功率光纤激光器的一个难点。另外，小芯径的光纤很容易折断，高功率光纤激光器需要很长的增益光纤，增益光纤一旦折断便不会再产生激光，器件性能很不稳定。现有的高功率光纤激光器普遍存在着泵浦能量不均匀，吸收效率低，器件性能不稳定等诸多问题。

发明内容

本发明的目的在于克服上述现有高功率光纤激光器的不足，提供一种

全光纤一体化、可实现高功率密度激光输出的光纤激光器。

实施本发明的技术方案如下：

一种高功率密度激光输出的光纤激光器，图 1 是它的结构示意图。图 2 是变相 Fox-Smith 腔的示意图。

它包括端面泵浦源半导体激光器 0，侧面泵浦源半导体激光器 1，采用端面和侧面混合泵浦方式，其特征在于还包括变相 Fox-Smith 腔，变相 Fox-Smith 腔的个数可以根据纤激光器要输出的功率选择；采用变相 Fox-Smith 腔级连的方式；所说的变相 Fox-Smith 腔包括两个激光臂和一个光纤耦合器 3，而所说的一个激光臂包括一段相对独立的双包层掺杂光纤 5 和其两端分别刻制有一个可反射相应激光波长的 Bragg 光栅 2，每一段相对独立的双包层掺杂光纤 5 作为产生激光的增益介质，该双包层掺杂光纤 5 的 Bragg 光栅 2 起激光选频的作用；所说的将变相 Fox-Smith 腔采用级连式，就是通过折射率渐变型多模光纤 4 将一个变相 Fox-Smith 腔依次分别通过光纤耦合器 3 连接起来，从而使每个变相 Fox-Smith 腔能接受泵浦激光，使它的每个激光臂产生光纤激光，每个激光臂产生的光纤激光再分别通过光纤耦合器 3 耦合进折射率渐变型多模光纤 4 中进行传输至 Bragg 光栅 6；第一个变相 Fox-Smith 腔采用端面泵浦激光器 0 的端面泵浦方式，即半导体激光器 0 产生的泵浦激光以尾纤方式直接将其耦合进折射率渐变型多模光纤 4，由光纤耦合器 3 耦合进第一个变相 Fox-Smith 腔的激光臂的每个双包层掺杂光纤 5，再与两个 Bragg 光栅 2 的共同作用达到粒子数反转并产生增益，于是就形成了一个激光振荡腔产生光纤激光；第一个变相 Fox-Smith 腔产生的光纤激光经光纤耦合器 3 耦合到折射率渐变型多模光纤 4 传输；

在第二个变相 Fox-Smith 腔的前端，有两个半导体激光器 1 作为侧面泵浦源将泵浦激光以尾纤方式耦合进折射率渐变型多模光纤 4，再通过光纤耦合器 3 耦合进第二个变相 Fox-Smith 腔的每个激光臂，每个激光臂产生的光纤激光通过光纤耦合器 3 耦合进折射率渐变型多模光纤 4 传输；

第三个及以后的变相 Fox-Smith 腔工作的机理和吸收侧面泵浦激光并产生光纤激光及其连接方式均与第二个变相 Fox-Smith 腔相同；所有级连

的变相 Fox-Smith 腔产生的光纤激光由光纤耦合器 3 耦合进折射率渐变型多模光纤 4 传输，在折射率渐变型多模光纤 4 的末端刻有对泵浦激光高反射率的 Bragg 光栅 6，该光栅对泵浦激光全反射，对光纤激光全透射，这样，在折射率渐变型多模光纤 4 输出的激光仅是单波长、高功率密度的光纤激光，从而实现了一种高功率密度激光输出的光纤激光器。

为了能够承受更高功率密度的激光辐射，本发明采用折射率渐变型多模光纤传输激光。折射率渐变型多模光纤芯径较粗，所能承受的高功率比单模光纤要大得多。最重要的是折射率渐变型多模光纤的特性决定了在其光纤端面上的输出光强是一种类似于高斯形的强度分布，强度集中在 86% 的半径内，其峰值强度相比同芯径的阶跃型光纤高出 5 倍。因此折射率渐变型多模光纤可以耦合进更多的侧臂以实现更大功率，更高功率密度的激光输出。

另外，每个激光臂是相对独立的，单个激光臂的折断损坏只影响该个激光臂向折射率渐变多模光纤输出激光的功率，而不对整个光纤激光器输出激光产生决定性的影响，因此，本发明具有较高的系统稳定性。

附图说明

图 1 为本发明一种可以实现大激光功率输出的光纤激光器的结构示意图。

图 2 是变相 Fox-Smith 腔的示意图。

图 3 为折射率渐变型多模光纤输出光纤激光的强度分布图。

具体实施方式

为了更好的理解本发明，下面结合具体的实例进一步对本发明进行说明。

实施例 1:

如图 1 所示，以输出 1064nm 光纤激光为例，在本实施例中采用了四个变相 Fox-Smith 腔级连方式；端面泵浦激光源采用 980nm 半导体激光器 0，其以尾纤方式将 980nm 泵浦激光直接耦合进入折射率渐变型多模光纤 4，经光纤耦合器 3 耦合进入第一个变相 Fox-Smith 腔的每个激光臂的掺杂双包层光纤 5；在本实施例中采用了 Yb 掺杂双包层光纤 5，Yb 粒子吸收泵浦激光，达到粒子数反转，从而使 Yb 掺杂双包层光纤 5 产生高的激光增益，并由于 Yb 掺杂双包层光纤 5 两端刻制了 Bragg 光栅 2，该光栅相

应对 980nm 泵浦激光和产生的 1064nm 增益激光全反, 因此形成了 1064nm 的激光振荡, 最终产生 1064nm 光纤激光经光纤耦合器 3 耦合到折射率渐变型多模光纤 4 传输;

从第二个变相 Fox-Smith 腔开始及以后的每一个变相 Fox-Smith 腔都可以吸收侧面泵浦激光器 1 以侧面泵浦方式泵浦的 980nm 泵浦激光, 与第一个变相 Fox-Smith 腔一样, 折射率渐变型多模光纤 4 中的 980nm 泵浦激光通过光纤耦合器 3 耦合进入变相 Fox-Smith 腔激光臂的掺杂双包层光纤 5, Yb 掺杂双包层光纤 5 吸收 980nm 泵浦激光, 达到粒子数反转, 由两端的 Bragg 光栅 2 形成激光振荡腔, 产生 1064nm 光纤激光, 再通过光纤耦合器 3 耦合进入折射率渐变型多模光纤 4 传输; 在折射率渐变型多模光纤 4 的末端刻有对 980nm 泵浦激光高反射率的 Bragg 光栅 6, 该光栅对 980nm 泵浦激光全反射, 对 1064nm 增益激光全透射, 因此由折射率渐变型多模光纤 4 内形成单方向的单波长高功率密度的 1064nm 光纤激光输出, 从而实现了一种高功率密度激光输出的光纤激光器。

作为增益介质的 Yb 掺杂双包层光纤是小芯径, 高增益的单模光纤, 可以有效的吸收 980nm 泵浦激光, 不仅缩短了 Yb 掺杂双包层光纤 5 的长度, 而且所产生的激光还是高质量的单模激光。由于在折射率渐变型多模光纤 4 的末端刻有对 980nm 泵浦激光全反射、对 1064nm 增益激光全透的 Bragg 光栅, 输出的激光仅是 1064nm 增益激光, 实现了折射率渐变型多模光纤传输高功率密度的 1064nm 波长光纤激光器。

起传输光纤激光作用的折射率渐变型多模光纤 4, 其芯径较大, 不易折断, 易于泵浦光的耦合而且能够承受较单模光纤更高的辐射能量, 因此在其上可以加上很多的激光振荡臂, 以实现更高功率的激光输出。折射率渐变型多模光纤 4 的端面输出光强是一种类似于高斯形的强度分布, 强度集中在 86% 的半径内, 其峰值强度比同芯径的折射率阶跃型光纤高出 5 倍。图 3 为长度为 3 米, 直径 800 μ m 的折射率渐变型光纤 4 的强度输出分布图, 这说明实现了高峰值强度和高功率密度输出。

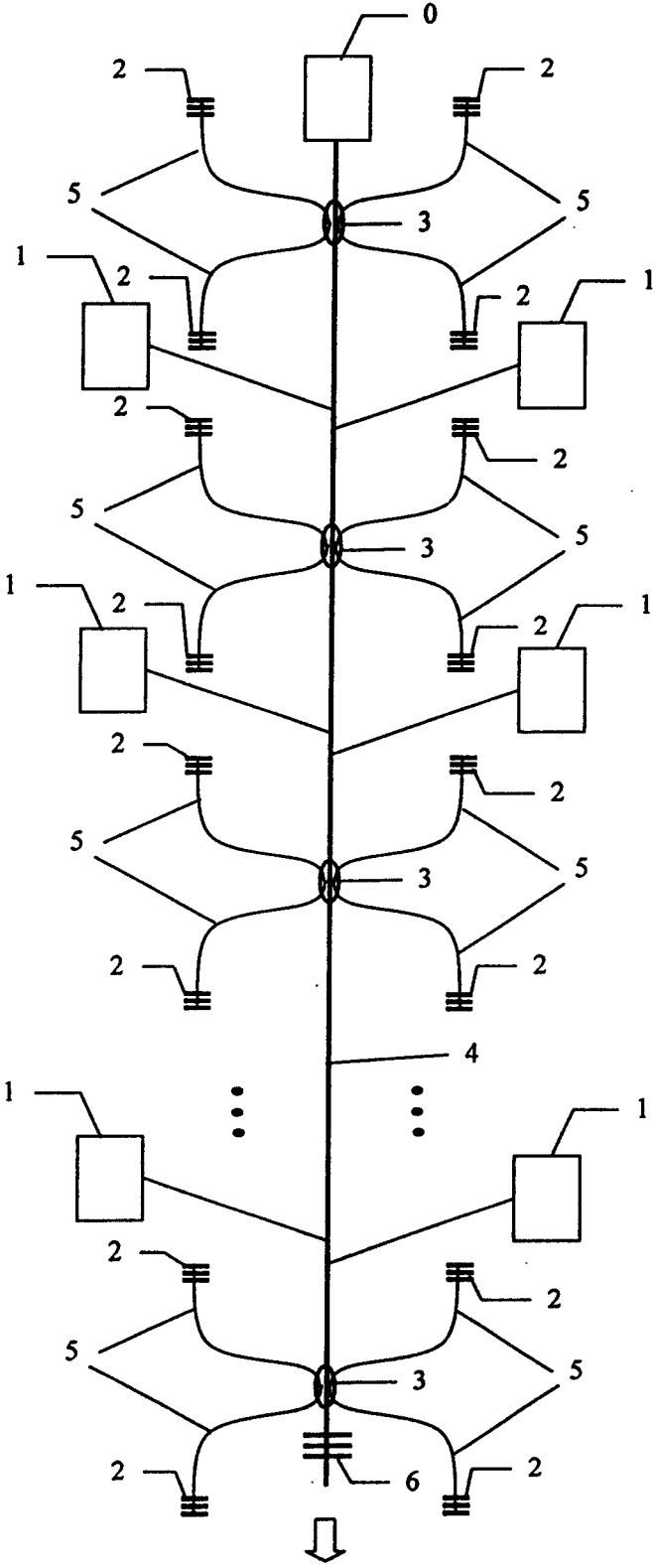


图 1

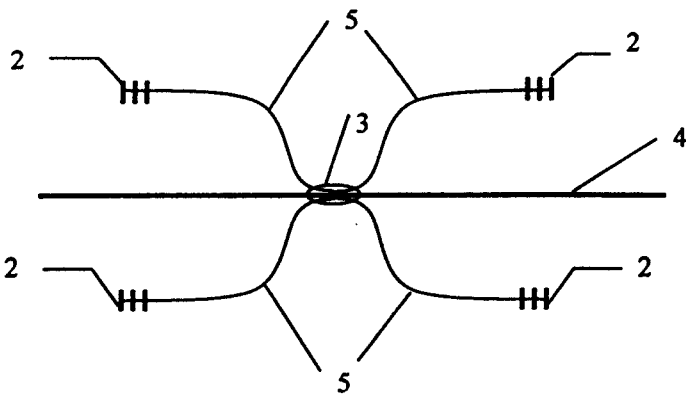


图 2

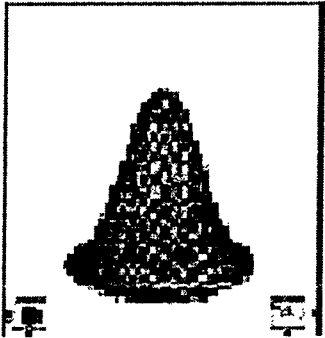


图 3