



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310108304.1

[43] 公开日 2004 年 10 月 27 日

[11] 公开号 CN 1540429A

[22] 申请日 2003. 10. 30

[21] 申请号 200310108304.1

[71] 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

[72] 发明人 詹黎 义理林

[74] 专利代理机构 上海交大专利事务所

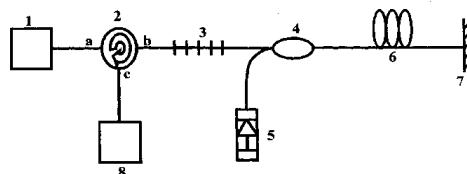
代理人 王锡麟 王桂忠

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称 光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器

[57] 摘要

一种光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器，属于光通讯领域。本发明包括：光环行器、光纤反射镜、光纤布拉格光栅、980nm/1550nm 波长选择耦合器、掺铒光纤、980nm 泵浦激光器、可调谐激光器、光谱分析仪，可调谐激光器输出连接到光环行器的 a 端口，光环行器 b 端口连接到光纤布拉格光栅，光纤布拉格光栅另一端连接到 980nm/1550nm 波长选择耦合器的 1550nm 端口，980nm/1550nm 波长选择耦合器 980nm 端口则连接 980nm 泵浦激光器，波长选择耦合器另一端连接掺铒光纤，掺铒光纤另一端连接光纤反射镜，光环行器 c 端口连接到光谱分析仪。本发明利用较低泵浦功率及较短掺铒光纤得到高的小信号增益和低的噪声指数，改变光纤布拉格光栅反射波长，选择合适的反射波长以及反射率，本发明的性能可进一步优化。



1、一种光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器，包括：可调谐激光器（1）、光环行器（2）、980/1550nm 波长选择耦合器（4）、980nm 泵浦激光器（5）、掺铒光纤（6）、光谱分析仪（8），其特征在于还包括：光纤布拉格光栅（3）、光纤反射镜（7），其连接方式为：光环行器（2）和光纤反射镜（7）构成双通结构，可调谐激光器（1）的输出连接到光环行器（2）的 a 端口，光环行器（2）的 b 端口连接到光纤布拉格光栅（3），光纤布拉格光栅（3）的另一端连接到 980/1550nm 波长选择耦合器（4）的 1550nm 端口，980/1550nm 波长选择耦合器（4）的 980nm 端口则连接 980nm 泵浦激光器（5），波长选择耦合器（4）的另一端连接掺铒光纤（6），掺铒光纤（6）的另一端连接光纤反射镜（7），光环行器（2）的 c 端口输出连接到光谱分析仪（8）。

2、根据权利要求 1 所述的光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器，其特征是，光纤布拉格光栅（3）或者为可调谐反射型滤波器。

3、根据权利要求 1 所述的光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器，其特征是，光纤反射镜（7）或者采用在掺铒光纤（6）末端镀反射膜，或者为一个光环行器。

4、根据权利要求 1 或 3 所述的光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器，其特征是，掺铒光纤（6）的长度和类型根据输出功率和增益需求进行调整。

5、根据权利要求 1 所述的光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器，其特征是，980nm 泵浦激光器（5）或者由 1480nm 泵浦激光器代替。

6、根据权利要求 1 所述的光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器，其特征是，可调谐激光器（1）前的光衰减器由多个分光比的耦合器级联而成或按各损耗熔接光纤跳线而成。

7、根据权利要求 1 所述的光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器，其特征是，可调谐激光器（1）为波长固定的单一波长或可调谐多波长激光器。

## 光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器

### 技术领域

本发明涉及的是一种掺铒光纤放大器，特别是一种光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器。属于光通讯领域。

### 背景技术

随着 Internet 数据传输的迅速增长，在系统中使用 L 波段（1565nm-1610nm）变得越来越重要，L 波段掺铒光纤放大器具有内在的增益平坦性能。但是，因为 L 波段掺铒光纤放大器工作波长远离铒离子的辐射峰，其泵浦转换效率相当低。尽管目前有些技术可有效提高 L 波段信号增益，但由于较高的成本或者较差的噪声指数，在实际应用中的作用并不大。

经文献检索发现，马来西亚大学物理系 S. W. Harun, P. Poopalan, 和 H. Ahmad 等人发表论文“Gain Enhancement in L-Band EDFA Through a Double-Pass Technique(通过双通技术提高 L 波段掺铒光纤放大器的增益)”，IEEE Photon. Technol. Lett., vol.14, NO.3, MARCH 2002（2002年3月发表于美国电子电气工程学会光电子技术快报）。该文献报道了 L 波段信号增益的提高可通过双通技术实现。即在掺铒光纤的输出端连接一个环行器，将放大的信号沿反方向再次输入掺铒光纤进行二次放大，最终放大的信号利用第一个环行器的第三个输出端口接入光谱分析仪进行测量。该结构使用 98mW 的 980nm 泵浦激光器以及 50m 长铒离子浓度为 400ppm 的掺铒光纤，与单通结构相比，当输入 -20dBm 的 1570nm 信号光时，可提高增益约 11dB，噪声指数劣化约 2dB。因其噪声指数偏高，尤其当泵浦功率较低的时候，当泵浦功率为 60mW 时，1580nm 信号的噪声指数高达 10dB。这在某些应用场合是非常不利的。

### 发明内容

本发明的目的在于克服现有技术中的不足，提供一种光纤光栅增强的 L 波段双通掺铒光纤放大器，使其具有低成本高性能的特点。本发明在双通光路结构中通过插入一个光纤布拉格光栅来提高 L 波段信号的增益并且降低信号的噪声指数，从而

解决上述两个存在于传统的 L 波段掺铒光纤放大器中的问题，即既能有效提高 L 波段的增益，由于光栅反射了一部分 C 波段自发辐射从而抑制了后向自发辐射，可以得到较低的噪声指数，更重要的是系统的成本可以得到有效降低。

本发明是通过以下技术方案实现的，本发明包括：光环行器、光纤反射镜、光纤布拉格光栅、980nm/1550nm 波长选择耦合器、掺铒光纤、980nm 泵浦激光器、可调谐激光器、光谱分析仪，其连接方式为：可调谐激光器的输出连接到光环行器的 a 端口，光环行器的 b 端口连接到光纤布拉格光栅，光纤布拉格光栅的另一端连接到 980nm/1550nm 波长选择耦合器的 1550nm 端口，980nm/1550nm 波长选择耦合器的 980nm 端口则连接 980nm 泵浦激光器，波长选择耦合器的另一端连接掺铒光纤，掺铒光纤的另一端连接光纤反射镜，光环行器的 c 端口输出连接到光谱分析仪。

本发明所用信号光由可调谐激光器提供，也可由波长固定的单一波长激光器提供，为了得到较小的输入信号功率，可在可调谐激光器输出端连接衰减器降低信号功率，光衰减器可由多个分光比的耦合器级联而成或按各损耗熔接光纤跳线而成。信号光从环行器 a 端进入 b 端输出，光纤布拉格光栅将 C 波段自发辐射中的 1553nm 光的 90%功率反射进掺铒光纤作为中间泵浦放大 L 波段信号，1550/980 的波长选择耦合器，将信号光和激光耦合在一起输入掺铒光纤，半导体激光二极管输出 60mw 的 980nm 泵浦光，光纤反射镜将未吸收完的 1553nm C 波段光以及被放大的 L 波段信号光反射回掺铒光纤对信号光进行二次放大，最终放大信号光从环行器 b 端进入 c 端输出，然后从光环行器的 c 端口输出连接到光谱分析仪，光谱分析仪用于测试输入输出信号光功率、增益及噪声指数。

本发明所使用的光纤布拉格光栅的反射波长为 1553nm，由于 1553nm 向 L 波段信号转化的效率比较低，因此在前向通过掺铒光纤后，从掺铒光纤输出的光除了被放大 L 波段信号光外，还包括很大一部分 1553nm 光功率。光纤反射镜将这两部分光功率同时反射回掺铒光纤，此时泵浦激光器相当于对 L 波段信号光进行后向泵浦放大，1553nm 光功率则作为附加泵浦对 L 波段信号光进行前向放大，转化为 L 波段信号。如果使用其它反射波长的光栅，如向 L 波段信号转换效率较高的 C 波段波长，则信号正向通过掺铒光纤后，输出光中只有被放大的 L 波段信号，光纤反射镜将信号光反射回掺铒光纤，泵浦激光器对信号光进行后向放大。在实际应用中，可改变光纤布拉格光栅的反射波长，选择合适的反射波长以及反射率，掺铒光纤放大器的性能可以得到进一步优化。

本发明结构中所使用的泵浦激光器、掺铒光纤、光纤布拉格光栅以及光纤反射镜的参数不是唯一的、固定的，在实际使用中可根据需要做相应的变动，如泵浦激光可由 980nm 泵浦激光器或者 1480nm 泵浦激光器提供，而且泵浦功率可调；掺铒光纤的长度可改变而且可使用其它掺杂光纤；光纤布拉格光栅可由可调谐反射型滤波器替代，可改变其反射波长和反射率；光纤反射镜可采用在掺铒光纤末端镀反射膜实现，也可用一个光环行器替代。

与传统的 L 波段掺铒光纤放大器相比，本发明使掺铒光纤放大器的成本可以得到有效降低，利用较低泵浦功率及较短掺铒光纤不仅能得到较高的增益和较低的噪声指数，而且由于经济使用泵浦功率和掺铒光纤长度，其成本优势也是相当明显的。改变光纤布拉格光栅的反射波长，选择合适的反射波长以及反射率，掺铒光纤放大器的性能可以进一步优化。因此该结构在掺铒光纤放大器的实际应用中将非常有竞争力。

#### 附图说明

#### 图 1 本发明结构示意图

#### 具体实施方式

如图 1 所示，本发明包括：可调谐激光器 1、光环行器 2、光纤布拉格光栅 3、980/1550nm 波长选择耦合器 4、980nm 泵浦激光器 5、掺铒光纤 6、光纤反射镜 7、光谱分析仪 8，其连接方式为：光环行器 2 和光纤反射镜 7 构成双通结构，可调谐激光器 1 的输出连接到光环行器 2 的 a 端口，光环行器 2 的 b 端口连接到光纤布拉格光栅 3，光纤布拉格光栅 3 的另一端连接到 980/1550nm 波长选择耦合器 4 的 1550nm 端口，980/1550nm 波长选择耦合器 4 的 980nm 端口则连接 980nm 泵浦激光器 5；波长选择耦合器 4 的另一端连接掺铒光纤 6，掺铒光纤 6 的另一端连接光纤反射镜 7，光环行器 2 的 c 端口输出连接到光谱分析仪 8。

光纤布拉格光栅 3 或者为可调谐反射型滤波器。光纤反射镜 7 或者采用在掺铒光纤末端镀反射膜，或者为一个光环行器。掺铒光纤的长度和类型根据不同输出功率和增益需求进行调整。980nm 泵浦激光器 5 或者由 1480nm 泵浦激光器代替。可调谐激光器 1 前的光衰减器由多个分光比的耦合器级联而成或按各损耗熔接光纤跳线而成。可调谐激光器 1 为波长固定的单一波长或可调谐多波长激光器。

以下结合实施例对本发明作进一步的说明：

首先，按图 1 所示连接装置，使用一个带有光衰减器的可调谐激光源作为 L 波

段信号输入源。其中光纤布拉格光栅 3 的反射波长为 1553nm，反射率为 90%，反射 3dB 带宽为 0.2nm；所用掺铒光纤长度为 70m，掺铒浓度为 240ppm。为了便于理解本发明的优点，还测量了另外三种结构的实验结果。型号 1 是无光栅单通结构，该结构可通过在新结构中取出光纤布拉格光栅，同时用两个光隔离器分别取代光纤布拉格光栅和光纤耦合器得到；型号 2 是有光栅单通结构，该结构是在型号 1 的基础上插入一个光纤布拉格光栅；型号 3 是无光栅双通结构，该结构可通过从新结构中直接取出光纤布拉格光栅得到；型号 4 即本发明所使用的有光栅双通结构。在型号 1 和 2 中，光谱分析仪是连接到第二个隔离器的输出端口；而在型号 3 和 4 中，光谱分析仪连接到光纤耦合器的第三个输出端口。在本实验中，所有结构的测量结构都是在相同的实验条件下进行。输入输出信号的光功率、增益及噪声指数由光谱分析仪测量得出。下面结合不同的波长和不同的光功率输入作为实施例来分析说明本发明的特性。

在 60mW 的泵浦功率条件下，输入 -20dBm 的 1580nm 信号对四种结构进行测量。型号 1、2、3、4 中，1580nm 的输出功率分别为 -16.06dBm、-4.19dBm、-8.97dBm、0.04dBm。型号 1 的增益很低，只有 4dB，因为对此结构而言泵浦效率比较低。型号 2 中，一个反射波长为 1553nm 的光纤布拉格光栅反射了一部分自发辐射进入掺铒光纤作为二级泵浦。与型号 1 相比，1580nm 的增益提高了约 12dB，但 1553nm 光的输出功率相当强，达到 -9.36dBm，这将影响 L 波段信号的接收。如果增加掺铒光纤的长度，1553nm 的光可以被完全吸收，并且转化为放大的 L 波段信号光，但这种技术是不经济的。型号 3 利用双通技术来放大 L 波段信号，但后向的自发辐射太强，因而导致放大信号的噪声指数很高。而型号 4 的结构综合了型号 2 和 3 的优点，在此结构中，1580nm 的增益高达 20dB，并且由于 FRM 将剩余的 1553nm 光反射回掺铒光纤进行再次吸收，在输出光谱中不再含有此波长功率。值得一提的是，由于被反射进掺铒光纤中的 1553nm 光抑制了后向自发辐射，型号 4 中的后向自发辐射功率水平比型号 3 低约 9dB，因此该结构同时也能得到较低的噪声指数。

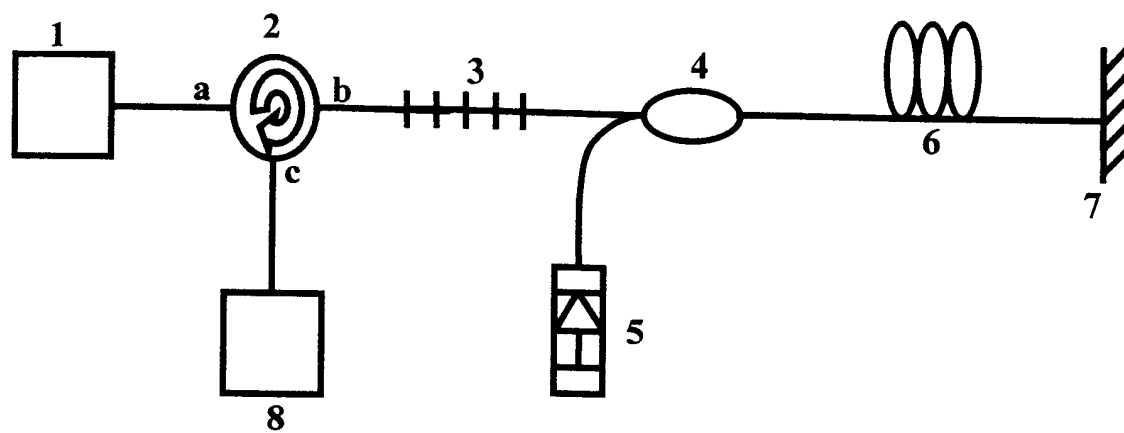


图 1