

光纤型3-5微米连续波差频产生中 红外激光光源及其实现方法

申请号: [200810246245.7](#)

申请日: 2008-12-31

申请(专利权)人 [中国科学院安徽光学精密机械研究所](#)
地址 [230031安徽省合肥市蜀山湖路350号](#)
发明(设计)人 [毛庆和](#) [蒋建](#) [常建华](#)
主分类号 [G02F1/39\(2006.01\)I](#)
分类号 [G02F1/39\(2006.01\)I](#) [G02F1/377\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 [101504507](#)
公开(公告)日 [2009-08-12](#)
专利代理机构 [安徽合肥华信知识产权代理有限公司](#)
代理人 [余成俊](#)

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02F 1/39 (2006.01)
G02F 1/377 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810246245.7

[43] 公开日 2009年8月12日

[11] 公开号 CN 101504507A

[22] 申请日 2008.12.31

[21] 申请号 200810246245.7

[71] 申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所
地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号

[72] 发明人 毛庆和 蒋建 常建华

[74] 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理有限公司
代理人 余成俊

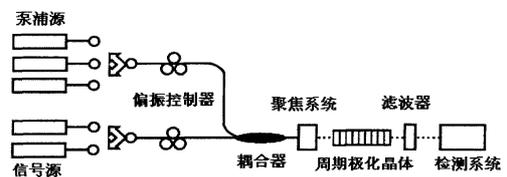
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

[54] 发明名称

光纤型3-5微米连续波差频产生中红外激光光源及其实现方法

[57] 摘要

本发明公开了一种光纤型3-5微米连续波差频产生中红外激光光源及其实现方法，泵浦光和信号光采用波长分段组合方案，选用合适波长的稀土掺杂光纤激光器，泵浦源采用1060nm波段和1100nm以上波段掺镱光纤激光器，相互间可切换。信号光采用S波段、C波段及L波段掺铒光纤激光器，可相互切换。各有一个掺镱光纤激光器与掺铒光纤激光器分别发出泵浦光与信号光，并由偏振控制器分别将泵浦光与信号光的偏振态调整到与晶体的光轴平行，后由光纤耦合器合束，再由透镜聚焦系统将两束光聚焦到周期极化铌酸锂晶体中，通过调整周期极化铌酸锂晶体晶体的极化周期大小和晶体温度，泵浦光、信号光和差频光满足相位匹配条件，最终实现差频产生中红外输出。



- 1、光纤型 3-5 微米连续波差频产生中红外激光光源，泵浦源、信号源分别采用波长分段组合方案，其特征在于信号源有多个波段掺铒光纤激光器组成，波段选自 S 波段（1480-1530nm）、C 波段（1530-1560nm）及 L 波段（1565-1610nm）；泵浦源亦由多个波段掺镱光纤激光器组成，波段选自 1000-1100nm 波段和 1100-1200nm 波段；所述的各掺铒光纤激光器的光输出口均连接到第一输出光纤，各掺镱光纤激光器的光输出口均连接第二输出光纤；所述的第一、第二输出光纤中分别连接有偏振控制器，所述的第一、第二输出光纤合束耦合到一光纤耦合器中，光纤耦合器后的光路中依次安装有聚焦系统、周期极化铌酸锂晶体 PPLN。
- 2、光纤型 3-5 微米连续波差频产生中红外激光光源的实现方法，其特征在于：泵浦源、信号源分别采用波长分段组合方案，采用 1000-1100nm 波段和 1100-1200nm 波段掺镱光纤激光器为泵浦源，采用 S 波段、C 波段及 L 波段掺铒光纤激光器为信号源；各有一个泵浦源与信号源分别发出泵浦光与信号光，并由偏振控制器分别将泵浦光与信号光的偏振态调整到与周期极化铌酸锂晶体 PPLN 的光轴平行，后由光纤耦合器合束，再由透镜聚焦系统将两束光聚焦到周期极化铌酸锂晶体中，通过调整周期极化铌酸锂晶体晶体的极化周期大小和晶体温度，使得泵浦光、信号光和差频光满足相位匹配条件，最终实现差频产生中红外输出。

光纤型 3-5 微米连续波差频产生中红外激光光源及其实现方法

技术领域

本发明涉及光学技术领域，具体是一种光纤型分段组合 3-5 微米连续波差频产生中红外激光光源及其实现方法。

背景技术

大量气体分子的基带吸收处于中红外光波段，吸收强度比近红外波段大 2-3 个数量级，且主要为分子的振动和转动光谱，谱线非常密集，因此，利用中红外波段光源可以实现高灵敏度检测与分析。基于差频产生（Difference frequency generation, DFG）技术的中红外激光光源，将处于近红外波段的泵浦激光和信号激光输入至非线性晶体，通过相位匹配，利用其二阶非线性效应可实现泵浦光和信号光之间的差频，进而产生中红外波段的激光，具有可在室温下连续工作、无阈值限制、线宽窄、调谐方便等优点。特别是，随着近年来对新型周期极化（畴反转）晶体及准相位匹配（Quasi-phase matching, QPM）技术的应用，基于 DFG / QPM 技术在工农业生产、医学诊断、过程控制、环境治理、空间探测以及国防军工等领域都具有重要的应用。

DFG 系统的泵浦和信号源多为固体激光器，成本高、系统复杂，难以实现宽带调谐和小型化。近年来，人们将光纤传输与光纤器件应用于 DFG / QPM 连续波中红外激光器，采用掺镱光纤激光器（YDFL）、掺铒光纤激光器（EDFL）以及相应的光纤放大器分别作为泵浦源和信号源，使得 DFG 系统具有以下优势：1) 光纤及其器件具有微型、柔韧、质轻的特点，从而可用来克服当前这类中红外激光光源的系统复杂、稳定性差、不利于小型化和仪器化等问题；2) 光纤（基）模式传输特性保证了泵浦光和信号光的光束质量，有利于提高 DFG 过程的转化效率；3) 稀土掺杂玻璃光纤是优良的增益介质，掺铒光纤和掺镱光纤的增益分别处于 1480-1620nm 和 1000-1200nm，对应的 DFG 中红外调谐范围约为 2.6-6.3 微米（未考虑晶体透明窗口），因而，当采用基于稀土掺杂玻璃光纤的光纤激光

器和放大器作为 DFG 系统泵浦源和信号源时，可望获得 3-5 微米波段的宽带调谐中红外光源。

尽管稀土掺杂玻璃光纤的宽增益谱特性为实现 3-5 微米波段中红外激光的宽带调谐提供了可能，但是，受滤波器件限制，单一光纤激光器的波长调谐范围往往只有在几十纳米。同时，光纤放大器的均衡输出光谱范围也受到限制，难以满足覆盖 3-5 微米中红外波段宽带调谐的要求。

发明内容

本发明的目的是通过泵浦光和信号光的分段调谐及波段组合，提出一种光纤型 3-5 微米连续波差频产生中红外激光光源及其实现方法，弥补了单一可调光纤激光器的调谐范围和光纤放大器的均衡输出光谱范围都难以覆盖 3-5 微米中红外宽带调谐的缺陷，同时减小泵浦（信号）源调谐宽度、节约波长资源。

本发明的技术方案如下：

光纤型 3-5 微米连续波差频产生中红外激光光源，泵浦源、信号源分别采用波长分段组合方案，其特征在于信号源有多个波段掺铒光纤激光器组成，波段选自 S 波段（1480-1530nm）、C 波段（1530-1560nm）及 L 波段（1565-1610nm）；泵浦源亦由多个波段掺镱光纤激光器组成，波段选自 1000-1100nm 波段和 1100-1200nm 波段；所述的各掺铒光纤激光器的光输出口均连接到第一输出光纤，各掺镱光纤激光器的光输出口均连接第二输出光纤；所述的第一、第二输出光纤中分别连接有偏振控制器，所述的第一、第二输出光纤合束耦合到一光纤耦合器中，光纤耦合器后的光路中依次安装有聚焦系统、周期极化铌酸锂晶体 PPLN。

光纤型 3-5 微米连续波差频产生中红外激光光源的实现方法，其特征在于：泵浦源、信号源分别采用波长分段组合方案，采用 1000-1100nm 波段和 1100-1200nm 波段掺镱光纤激光器为泵浦源，采用 S 波段、C 波段及 L 波段掺铒光纤激光器为信号源；各有一个泵浦源与信号源分别发出泵浦光与信号光，并由偏振控制器分别将泵浦光与信号光的偏振态调整到与周期极化铌酸锂晶体 PPLN 的光轴平行，后由光纤耦合器合束，再由透镜聚焦系统将两束光聚焦到周期极化铌酸锂晶体中，通过调整周期极化铌酸锂晶体晶体的极化周期大小和晶体温度，使得泵浦光、信号光和差频光满足相位匹配条件，最终实现差频产生中红外输出。

本发明包括波长组合方案、泵浦（信号）光源设计、相位匹配方案三部分，具体分析如下：

- 1、 根据差频的波长公式， $1/\lambda_i = 1/\lambda_p - 1/\lambda_s$ （其中 λ_p 、 λ_s 和 λ_i 分别为泵浦光、信号光和差频光的波长），DFG 过程波长变换具有非唯一性，将泵浦源和信号源分别分成 2-3 个波段进行分段调谐，根据 DFG 过程中的波长对应关系，以减小泵浦（信号）源调谐宽度、节约波长资源为原则，数值模拟出满足 3-5 微米波段中红外宽带调谐的泵浦光和信号光分段调谐和差频波长组合的方案。下表给出一个具体波长分段组合实例（表中单位为微米）。

差频光	泵浦光	1.040-1.060	1.125-1.145
信号光			
1.590-1.610		2.9375-3.1800	3.7345-4.0911
1.535-1.555		3.1401-3.4254	4.0683-4.5066
1.480-1.500		3.3913-3.7352	4.5000-5.0585

- 2、 泵浦光和信号光分别采用掺镱/掺铒光纤激光器，其中激光器选频器件采用可调光纤光栅，单个激光器调谐范围在常用可调光纤光栅之内（不大于 20 纳米）。光纤激光器采用半导体激光器（LD）泵浦，其他光纤器件均采用成熟的产品和技术。对泵浦（信号）光的功率提升采用相应的宽带光纤放大器，宽带光纤放大器可通过优化掺杂光纤长度、腔损耗和泵浦功率等途径，同时利用长周期光纤光栅实现增益均衡，以满足对多个分段调谐的光纤激光器进行同时放大的

需要。

- 3、非线性晶体采用多周期结构或扇形结构（Fan-out）周期极化晶体如 PPLN、PPKDP 等新型非线性晶体，采用准相位匹配技术（QPM），结合晶体的周期和温度等调谐方式满足 DFG 非线性频率变换过程中宽带相位匹配条件。

本发明利用上述波段组合方案，稀土掺杂光纤激光器和放大器、周期极化晶体和准相位匹配技术，可实现 3-5 微米波段无缝连续调谐中红外输出。

附图说明

图 1 为本发明激光光源系统结构图。

图 2 为本发明激光光源的波长组合方案实例。

具体实施方式

参见图 1，光纤型 3-5 微米连续波差频产生中红外激光光源，泵浦源、信号源分别采用波长分段组合方案，其特征在于信号源有多个波段掺铒光纤激光器组成，波段选自 S 波段（1480-1530nm）、C 波段（1530-1560nm）及 L 波段（1565-1610nm）；泵浦源亦由多个波段掺镱光纤激光器组成，波段选自 1000-1100nm 波段和 1100-1200nm 波段；所述的各掺铒光纤激光器的光输出口均连接到第一输出光纤，各掺镱光纤激光器的光输出口均连接第二输出光纤；所述的第一、第二输出光纤中分别连接有偏振控制器，所述的第一、第二输出光纤合束耦合到一光纤耦合器中，光纤耦合器后的光路中依次安装有聚焦系统、周期极化铌酸锂晶体 PPLN。

采用上述波长组合方案，泵浦光和信号光选用合适波长的稀土掺杂光纤激光器，泵浦源采用 1060nm 波段和 1100nm 以上波段掺镱光纤激光器，如由调谐范围各为 1040-1060nm 和 1125-1145nm 的两个掺镱光纤激光器并列组成，相互间可切换。信号光采用 S 波段、C 波段及 L 波段掺铒光纤激光器，如由调谐范围各为 1480-1500nm、1535-1555nm 和 1590-1610nm 的三个掺铒光纤激光器并列组成，可相互切换。各有一个掺镱光纤激光器与掺铒光纤激光器分别发出泵浦光与信号

光，并由偏振控制器分别将泵浦光与信号光的偏振态调整到与晶体的光轴平行，后由光纤耦合器合束，再由透镜聚焦系统将两束光聚焦到周期极化铌酸锂晶体中，通过调整周期极化铌酸锂晶体晶体的极化周期大小和晶体温度，使得（1）式为零，即泵浦光、信号光和差频光满足相位匹配条件，最终实现差频产生中红外输出。

$$\Delta k = 2\pi \left(\frac{n(\lambda_p, T)}{\lambda_p} - \frac{n(\lambda_s, T)}{\lambda_s} - \frac{n(\lambda_i, T)}{\lambda_i} - \frac{1}{\Lambda} \right) \quad (1)$$

泵浦光和信号光两两组合差频，图2给出了泵浦光、信号光和差频光波长具体实例，可完全覆盖整个3-5微米波段。

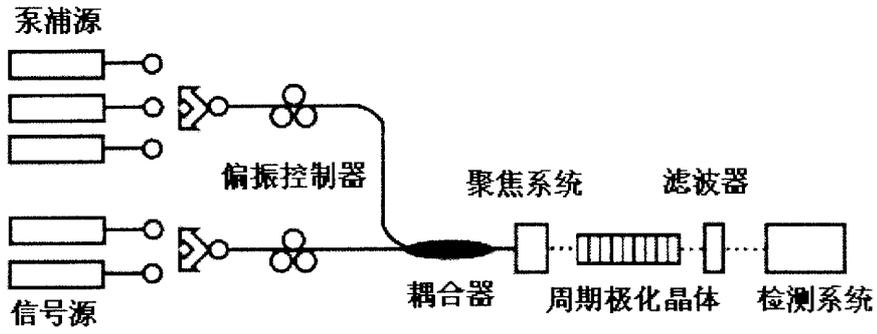


图 1

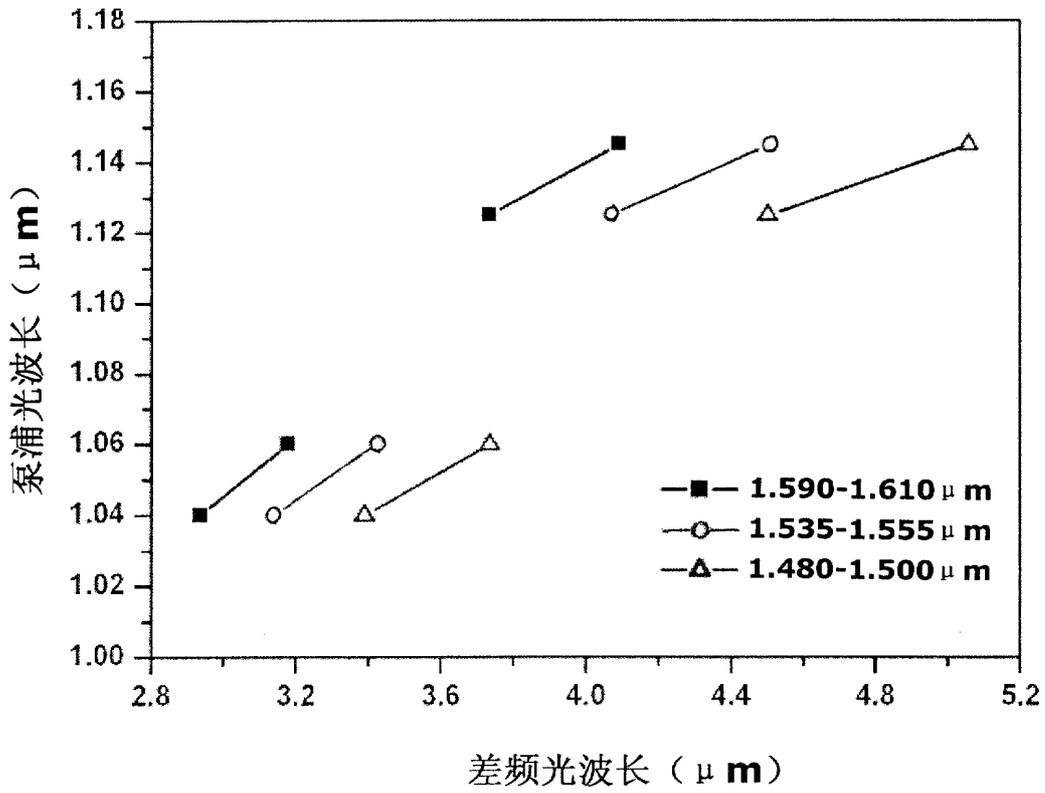


图 2