



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112505976 A

(43) 申请公布日 2021.03.16

(21) 申请号 202110144881.4

(22) 申请日 2021.02.03

(71) 申请人 深圳市汇海鑫科技有限公司
地址 518000 广东省深圳市光明新区公明街道楼村社区第二工业区中泰路1号第5栋A段

(72) 发明人 徐嘉鹏

(74) 专利代理机构 深圳市智胜联合知识产权代理有限公司 44368
代理人 张广兴

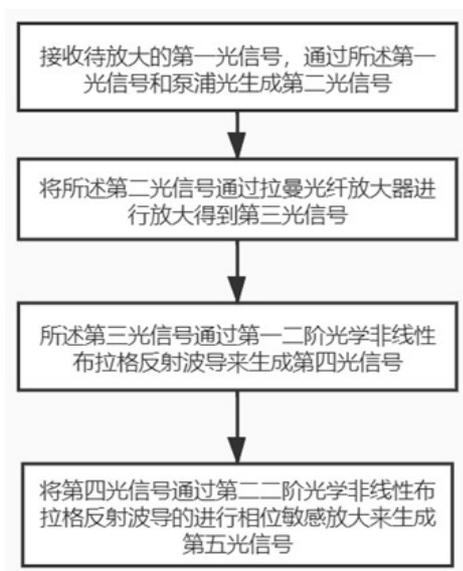
(51) Int. Cl.
G02F 1/39 (2006.01)
H01S 3/067 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称
一种光信号放大方法

(57) 摘要

本发明提出一种光信号放大方法包括:接收待放大的第一光信号,通过所述第一光信号和泵浦光生成第二光信号;将所述第二光信号通过拉曼光纤放大器进行放大得到第三光信号;所述第三光信号通过第一二阶光学非线性布拉格反射波导来生成第四光信号,第四光信号还包括一无效信号;将第四光信号通过第二二阶光学非线性布拉格反射波导的进行相位敏感放大来生成第五光信号。通过本发明的方法,一方面可以有效降低光纤放大器的噪声指数,改善系统的光信噪比;另一方面在光信号的放大的过程中通过布拉格反射波导对光信号的过滤处理,降低了放大过程中的噪声,有效提升的光信噪比。



1. 一种光信号放大方法,其特征在于,包括:接收待放大的第一光信号,通过所述第一光信号和泵浦光装置生成第二光信号;

将所述第二光信号通过拉曼光纤放大器进行放大得到第三光信号;

所述第三光信号通过第一二阶光学非线性布拉格反射波导来生成第四光信号,第四光信号还包括一无效信号;

将第四光信号通过第二二阶光学非线性布拉格反射波导的进行相位敏感放大来生成第五光信号;

所述泵浦光装置包括至少一个泵浦光源、合波器、控制模块;

所述控制模块用于实现对泵浦光源工作状态的检测和控制;

所述二阶光学非线性布拉格反射波导由中心腔、两个p型布拉格反射镜组成,中心缺陷层采用 $1\mu\text{m}$ 厚的AlGaAs材料,上下布拉格反射镜选择厚度为120nm/700nm的AlGaAs/GaAs材料,且所述中心腔与所述布拉格反射镜的高折射率相同。

2. 根据权利要求1所述的光信号放大方法,其特征在于,所述第一光信号包含至少一个波长信道来进行波分复用。

3. 根据权利要求2所述的光信号放大方法,其特征在于,所述波长信道通过正交双极化来调制,其中包括X极和Y极的部分。

4. 根据权利要求2所述的光信号放大方法,其特征在于,波长信道主要通过PSK、FSK、ASK、QAM进行调制。

5. 根据权利要求1所述的光信号放大方法,其特征在于,对第五光信号通过波长选择来去除泵浦光和无效信号。

6. 根据权利要求1所述的光信号放大方法,其特征在于,所述泵浦光源为线偏振光或圆偏振光。

7. 根据权利要求6所述的光信号放大方法,其特征在于,所述泵浦光的光源为波长范围为1455~1510nm的泵浦激光器。

8. 根据权利要求1所述的光信号放大方法,其特征在于,所述无效信号是所述第一光信号的共轭信号。

9. 根据权利要求8所述的光信号放大方法,其特征在于,所述无效信号和所述第一光信号的波长与所述泵浦光的波长是等距的。

10. 根据权利要求1所述的光信号放大方法,其特征在于,所述拉曼光纤放大器包括:合波器、第二泵浦光、第一隔离器、第二隔离器和增益平坦滤波器;其中,

所述合波器的公共端与所述第一隔离器的输出端连接,所述合波器的反射端与第二泵浦光连接,所述合波器的透射端与所述第二隔离器的输入端连接,所述第二隔离器的输出端与所述增益平坦滤波器的输入端连接,所述增益平坦滤波器的输出端作为所述拉曼光纤放大器的输出端。

一种光信号放大方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光通信系统,尤其涉及一种光信号放大方法。

背景技术

[0002] 在光通信网络中,信息通过光纤以光信号的形式传输,而光纤是能够长距离传输信号的薄玻璃丝,光通信设备主要包括光通信设备、光接入设备以及光传输设备。在光纤网络中,原始信息需要经过调制才能进行传输,而常见的调制方式包括相移键控(PSK)、频移键控(FSK)、幅度移位键控(ASK)和正交幅度调制(QAM)。

[0003] 相移键控(PSK):一种用载波相位表示输入信号信息的调制技术。移相键控分为绝对移相和相对移相两种。以未调载波的相位作为基准的相位调制叫作绝对移相。以二进制调相为例,取码元为“1”时,调制后载波与未调载波同相;取码元为“0”时,调制后载波与未调载波反相;“1”和“0”时调制后载波相位差 180° 。

[0004] 而以数字信号控制载波频率变化的调制方式,称为频移键控。而振幅键控以ASK为实现方式,这种调制方式是根据信号的不同,调节正弦波的幅度。幅度键控可以通过乘法器和开关电路来实现。载波在数字信号1或0的控制下通或断,在信号为1的状态载波接通,此时传输信道上载波出现;在信号为0的状态下,载波被关断,此时传输信道上无载波传送。那么在接收端我们就可以根据载波的有无还原出数字信号的1和0。对于二进制幅度键控信号的频带宽度为二进制基带信号宽度的两倍。

[0005] 正交幅度调制(QAM, Quadrature Amplitude Modulation)是一种在两个正交载波上进行幅度调制的调制方式。这两个载波通常是相位差为 90° 的正弦波,因此被称作正交载波。

[0006] 随着光网络的数据传输速率不断提高,目前已经达到T/s级了,对光信噪比(OSNR)的要求也越来越高。而在高速传输的光网络中,由光放大器的级联而积累的噪音对光信噪比产生了很大的影响,间接的增加了光-电-光的转换次数,增加了信号的传输成本。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于解决上述问题,提供一种光信号放大的方法,用以解决光信号在高速的光网络传输的过程中要求OSNR尽可能高的问题。

[0008] 本发明通过以下的方案来实现:

一种光信号放大方法,包括:接收待放大的第一光信号,通过所述第一光信号和泵浦光装置生成第二光信号;

将所述第二光信号通过拉曼光纤放大器进行放大得到第三光信号;

所述第三光信号通过第一二阶光学非线性布拉格反射波导来生成第四光信号,第四光信号还包括一无效信号;

将第四光信号通过第二二阶光学非线性布拉格反射波导的进行相位敏感放大来生成第五光信号;

所述泵浦光装置包括至少一个泵浦光源、合波器、控制模块；

所述控制模块用于实现对泵浦光源工作状态的检测和控制；

所述二阶光学非线性布拉格反射波导由中心腔、两个p型布拉格反射镜组成，中心缺陷层采用 1 μ m厚的AlGaAs材料，上下布拉格反射镜选择厚度为120nm/700nm的AlGaAs/GaAs材料，且所述中心腔与所述布拉格反射镜的高折射率相同。

[0009] 优选的是，所述的光信号放大方法中，所述第一光信号包含至少一个波长信道来进行波分复用。

[0010] 优选的是，所述的光信号放大方法中，所述波长信道通过正交双极化来调制，其中包括X极和Y极的部分。

[0011] 优选的是，所述的光信号放大方法中，波长信道主要通过PSK、FSK、ASK、QAM进行调制。

[0012] 优选的是，所述的光信号放大方法中，对第五光信号通过波长选择来去除泵浦光和无效信号。

[0013] 优选的是，所述的光信号放大方法中，所述泵浦光为线偏振光或圆偏振光。

[0014] 优选的是，所述的光信号放大方法中，所述泵浦光的光源为波长范围为1455~1510nm的泵浦激光器。

[0015] 优选的是，所述的光信号放大方法中，所述无效信号是所述第一光信号的共轭信号。

[0016] 优选的是，所述的光信号放大方法中，所述无效信号和所述第一光信号的波长与所述泵浦光的波长是等距的。

[0017] 优选的是，所述的光信号放大方法中，所述拉曼光纤放大器包括：合波器、第二泵浦光、第一隔离器、第二隔离器和增益平坦滤波器；其中，

所述合波器的公共端与所述第一隔离器的输出端连接，所述合波器的反射端与第二泵浦光连接，所述合波器的透射端与所述第二隔离器的输入端连接，所述第二隔离器的输出端与所述增益平坦滤波器的输入端连接，所述增益平坦滤波器的输出端作为所述拉曼光纤放大器的输出端。

[0018] 本发明与现有技术相比，其有益效果在于：

本发明首先通过泵浦光对原始光信号进行泵浦，然后使用拉曼光纤放大器来进行放大，再通过二阶光学非线性布拉格反射波导对光信号进行两次的处理得到最终的放大信号。通过上述的方法，一方面可以有效降低光纤放大器的噪声指数，改善系统的光信噪比；另一方面在光信号的放大的过程中通过布拉格反射波导对光信号的过滤处理，降低了放大过程中的噪声，有效提升的光信噪比；同时，具有较好的载流子限制，提升了反射波导的热稳定性，获得了较大的电流特征温度，还可以抑制折射率导引，确保反射波导进行有效的光场抑制。

附图说明

[0019] 图1为本发明的方法流程图。

具体实施方式

[0020] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0021] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“设置”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。下面根据本发明的整体结构,对其实施例进行说明。

[0022] 图1示出了本发明的一种光信号放大方法的流程图,该方法包括:接收待放大的第一光信号,通过所述第一光信号和泵浦光装置生成第二光信号;

将所述第二光信号通过拉曼光纤放大器进行放大得到第三光信号;

所述第三光信号通过第一二阶光学非线性布拉格反射波导来生成第四光信号,第四光信号还包括一无效信号;

将第四光信号通过第二二阶光学非线性布拉格反射波导的进行相位敏感放大来生成第五光信号;

所述泵浦光装置包括至少一个泵浦光源、合波器、控制模块;

所述控制模块用于实现对泵浦光源工作状态的检测和控制;

布拉格反射波导是一种具有线缺陷的一维光子晶体材料,它由上、下布拉格反射镜(DBR)和中心腔组成,而中心腔在光学上形成线缺陷,光传输方向垂直于DBR的折射率调制方向。DBR由折射率分别为 n_1 、 n_2 的高、低折射率材料交替组成,高、低折射率层厚度分别为 d_1 、 d_2 。中心缺陷层折射率和厚度分别为 m 和 n 。当光在这种周期性介质材料中传播时会发生布拉格散射,产生光子带隙,当光传输常数位于光子带隙内时,光将不能沿此特定方向传播。

[0023] AlGaAs材料在半导体行业中已有多年的历史,与等效的GaAs PIN结构相比,其可以有效的改善回波损耗、插入损耗和P-1db指标。为了提升导电特性,二阶光学非线性布拉格反射波导采用N型的中心腔、两个p型布拉格反射镜组成,中心缺陷层采用 $1\mu\text{m}$ 厚的AlGaAs材料,上下布拉格反射镜选择厚度为 $120\text{nm}/700\text{nm}$ 的AlGaAs/GaAs材料,且所述中心腔与所述布拉格反射镜的高折射率相同。 $1\mu\text{m}$ 的厚可以兼顾布拉格反射波导的电学性能和光学特性。

[0024] 光泵浦是一种使用光将电子从原子或分子中较低的能级升高到较高能级的过程,通过用于激光结构,泵浦激光介质以实现群体反转。在实际应用中,由于过渡的谱线宽度和超精细结构捕获和辐射捕获等不良影响,光的泵浦往往是不相干的。

[0025] 所述控制模块中还包括微处理器,泵浦光源驱动单元、光源工作性能采集单元和温度控制单元;各电路之间通过数据线和控制线相连接。当需要控制泵浦激光光源的输出功率时,微处理器通过控制信号线CS输出至泵浦光源驱动单元;同时微处理器通过第二控制信号数据线向泵浦光源驱动单元输出数据,再经过放大后送到泵浦光源的偏置电流输入端。光泵浦可以有效实现原始信号光的能级跃迁,但是不同波长的信号光有着不同的能级差,这就要求泵浦光能够满足不同波长信号光的跃迁需求。通过泵浦光驱动单元,可以有效调整泵浦光的输出功率,极大的提升方法的灵活性和适用性。

[0026] 当需要控制泵浦光源的管心温度时,微处理器将控制信息输出至温度控制单元;当对泵浦光源进行控制时需要对其性能进行检测以便进行更精确的反馈调节。泵浦光在泵浦的过程中,会在短时间内迸发出极大的能量,造成整个泵浦光源的温度快速攀升,不断温度进行控制,会极大的影响泵浦光元的寿命和稳定性,通过温度控制单元对泵浦光源的温度进行监控,可以保证泵浦光源稳定可靠的运行。

[0027] 砷化铝镓是一种新型的半导体材料,在中心层设置 $1\mu\text{m}$ 厚度的ALGAAS基材料,其折射率与布拉格反射镜的高折射率层相同,这可以抑制折射率导引,确保布拉格反射波导可以有效的进行光场限制。

[0028] RFA的工作原理是基于光纤中的受激拉曼散射(SRS)效应,用量子力学的观点可解释为:一个泵浦光子入射到光纤,光纤中电子受激并从基态跃迁到虚能级,然后处在虚能级的电子在信号光的感应下回到振动态的高能级,同时发出一个低频斯托克斯。在光纤中,位于基态之上的振动态能级有一个较大范围,故拉曼增益具有很宽的频谱(3dB带宽约 $6\sim 7\text{THz}$),在频移 13.2THz 附近有一个主峰。如果弱信号光与强泵浦光同时在光纤中传输,且信号光波长在泵浦光的拉曼增益谱内,那么一部分能量从泵浦光转移到信号光,实现信号光的放大,基于这种原理的放大器就称为RFA。其特点在于:(1)可实现全波段放大,拉曼散射增益波长主要由泵浦波长决定,故选择适当波长的泵浦,理论上可实现任意波长的放大;(2)增益介质是传输光纤本身,可对光信号进行在线放大,实现长距离的无中继传输和远程泵浦,尤其适合海底光缆通信等不便设立中继器的场合,且因为放大是沿光纤分布而不是集中作用,光纤中各处的信号功率较小,从而可降低非线性效应特别是四波混频(FWM)效应的干扰;(3)RFA的噪声指数(NF)比EDFA低,两者配合使用,可降低系统的噪声指数,提高信噪比,增加无中继距离;(4)增益频谱宽,利用多个波长的泵浦,可实现较宽的平坦增益谱。在本发明的实施例中,前级采用拉曼光纤放大器,可以有效的兼顾各种波长信号,并提升了放大距离,在后续连接二阶布拉格反射光栅时可以更为灵活的设置连接距离和泵浦波长和泵浦功率。

[0029] RFA可分为分立式和分布式两类,其中,分立式RFA所用的增益光纤相对较短,一般几千米;泵浦光与信号光同方向传输的称为前向泵浦,反之称为后向泵浦,两个方向同时泵浦的则称为双向泵浦。与前向泵浦相比较,采用后向泵浦可以避免泵浦噪声串扰到信号中,从而放大器的噪声较低,同时后向泵浦的偏振依赖性也较小。因此,本发明中优选采用双向泵浦的驱动方式。

[0030] 由于使用的具备二阶光学非线性的布拉格反射波导是一种固态的半导体元件,光放大器的很多元素被整合在一个半导体平台上,因此可以有效的降低噪声,同时还可以降低成本。

[0031] 优选的是,所述的光信号放大方法中,所述第一光信号包含至少一个波长信道来进行波分复用。

[0032] 优选的是,所述的光信号放大方法中,所述波长信道通过正交双极化来调制,其中包括X极和Y极的部分。

[0033] 优选的是,所述的光信号放大方法中,波长信道主要通过PSK、FSK、ASK、QAM进行调制。

[0034] 相移键控(PSK):一种用载波相位表示输入信号信息的调制技术。移相键控分为绝对移相和相对移相两种。而以数字信号控制载波频率变化的调制方式,称为频移键控。而振幅键控以ASK为实现方式,这种调制方式是根据信号的不同,调节正弦波的幅度。正交幅度调制(QAM,Quadrature Amplitude Modulation)是一种在两个正交载波上进行幅度调制的调制方式。

[0035] 优选的是,所述的光信号放大方法中,对第五光信号通过波长选择来去除泵浦光和无效信号。

[0036] 第五光信号中已经包含了原有的泵浦光和无效光,对有效信号来说上述的泵浦光和无效光都属于噪声,因此需要将它们剔除,而波长选择是很有效的一种筛选方式。

[0037] 优选的是,所述的光信号放大方法中,所述泵浦光为线偏振光或圆偏振光。

[0038] 为了避免过渡的谱线宽度和超精细结构捕获和辐射捕获等不良影响,光的泵浦往往是不相干的,因此可以将泵浦光可以设置为不同方向的偏振光,线偏振光和圆偏振光各自具有不同的特点的优势,本领域技术人员可以根据需要选择。

[0039] 优选的是,所述的光信号放大方法中,所述泵浦光的光源为波长范围为1455~1510nm的泵浦激光器。

[0040] 所述泵浦激光器组至少包含两种不同的泵浦波长,使得能够补偿不同波段的信号光增益上的不足。

[0041] 优选的是,所述的光信号放大方法中,所述无效信号是所述第一光信号的共轭信号。

[0042] 优选的是,所述的光信号放大方法中,所述无效信号和所述第一光信号的波长与所述泵浦光的波长是等距的。

[0043] 优选的是,所述拉曼光纤放大器包括:合波器、第二泵浦光、第一隔离器、第二隔离器和增益平坦滤波器;其中,

所述合波器的公共端与所述第一隔离器的输出端连接,所述合波器的反射端与第二泵浦光连接,所述合波器的透射端与所述第二隔离器的输入端连接,所述第二隔离器的输出端与所述增益平坦滤波器的输入端连接,所述增益平坦滤波器的输出端作为所述拉曼光纤放大器的输出端。

[0044] 优选的是,所述的光信号放大方法中,所述拉曼光纤放大器还包括非线性光纤,所述非线性光纤设置于所述合波器的透射端与所述第二隔离器的输入端之间。

[0045] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的设备和方法,可以通过其它的方式实现。以上所描述的设备实施例仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,如:多个单元或组件可以结合,或可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另外,所显示或讨论的各组成部分

相互之间的耦合、或直接耦合、或通信连接可以是通过一些接口,设备或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性的、机械的或其它形式的。

[0046] 以上描述了本发明的实施方式,但是本领域技术人员应当理解,这仅是举例说明,本领域的技术人员在不背离本发明的原理和实质的前提下,可以对实施方式做出多种变更或修改,但这些变更和修改均落入本发明的保护范围。

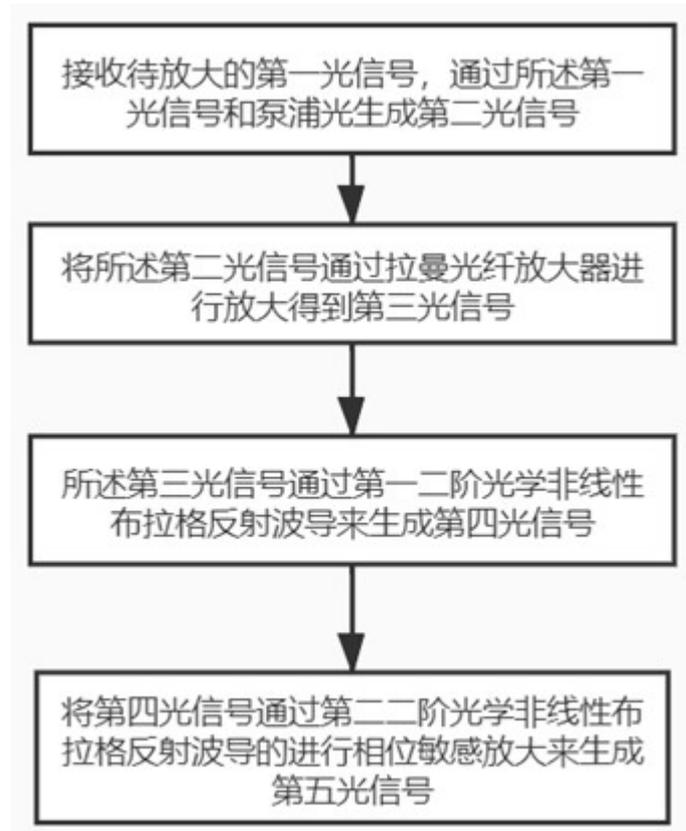


图1