



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107275916 B

(45)授权公告日 2019.05.17

(21)申请号 201710562798.2

H01S 3/10(2006.01)

(22)申请日 2017.07.11

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107275916 A

CN 102263360 A, 2011.11.30, 附图1、说明书0005段、0019-0022段.

(43)申请公布日 2017.10.20

US 5673281 A, 1997.09.30, 全文.

CN 104269731 A, 2015.01.07, 全文.

(73)专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

审查员 胡涛

地址 201800 上海市嘉定区清河路390号

(72)发明人 冯衍 杨学宗 张磊 崔淑珍  
范婷威

(74)专利代理机构 上海恒慧知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 31317

代理人 张宁展

(51)Int.Cl.

H01S 3/067(2006.01)

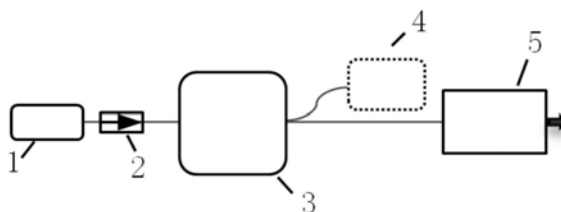
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种高重频脉冲光纤钠导星激光器系统

(57)摘要

一种高重频的脉冲光纤钠导星激光器系统,包括:单频半导体激光器、光纤隔离器、拉曼光纤放大器、泵浦源脉冲光纤激光器、倍频腔,其脉冲重复频率100kHz-500kHz连续可调,脉冲宽度10ns-1 μ s连续可调。本发明输出的脉冲589nm激光具有功率高、重频高的特点,可有效提高钠导星亮度,也可应用于远程磁场探测等领域,此外该光纤激光器系统,具有设计灵活轻便、激光功率高、光束稳定性强等优势。



1. 一种高重频脉冲光纤钠导星激光器系统,其构成包括:单频半导体激光器(1)、光纤隔离器(2)、拉曼光纤放大器(3)、泵浦源脉冲光纤激光器(4)、倍频腔(5),其特征在于:所述的单频半导体激光器(1)输出线宽小于100MHz的1178nm种子激光,经所述的光纤隔离器(2)进入拉曼光纤放大器(3),所述的泵浦源脉冲光纤激光器(4)泵浦所述的拉曼光纤放大器(3),经所述的拉曼光纤放大器(3)输出的1178nm脉冲激光注入所述的倍频腔(5),倍频得到与钠原子吸收谱线共振的589nm脉冲激光;

所述的拉曼光纤放大器(3)包括依次连接的第一波分复用器(3-1)、一段拉曼增益光纤(3-2)和第二波分复用器(3-2);

所述的泵浦源脉冲光纤激光器(4)包括第一种子激光器(4-1-1)、第二种子激光器(4-1-2)、波分复用器(4-1-3)、光调制器(4-1-4)和掺镱-拉曼混合光纤放大器(4-1-5),所述的第一种子激光器(4-1-1)输出工作波长在1110-1130nm范围内的连续激光种子和所述的第二种子激光器(4-1-2)输出工作波长在1050-1070nm范围内的连续激光种子,分别经所述的波分复用器(4-1-3)合束后,由所述的光调制器(4-1-4)调制成高重频脉冲种子激光,再经所述的掺镱-拉曼混合光纤放大器(4-1-5)放大,得到高功率、高重频的脉冲激光。

2. 根据权利要求1所述的高重频脉冲光纤钠导星激光器系统,其特征在于,所述的第一种子激光器和第二种子激光器是基于光纤光栅谐振腔的掺镱光纤激光器或是光纤尾纤输出的半导体激光器。

3. 根据权利要求1所述的高重频脉冲光纤钠导星激光器系统,其特征在于,所述的光调制器是带光纤尾纤的声光调制器或电光调制器。

4. 根据权利要求1所述的高重频脉冲光纤钠导星激光器系统,其特征在于,所述的拉曼光纤放大器的拉曼增益光纤是普通石英光纤。

5. 根据权利要求1所述的高重频脉冲光纤钠导星激光器系统,其特征在于,所述的掺镱-拉曼混合光纤放大器其增益介质包括掺镱光纤和普通石英光纤。

## 一种高重频脉冲光纤钠导星激光器系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种高功率、高重复频率的脉冲光纤钠导星激光器系统,属于激光器应用领域。

### 背景技术

[0002] 在大型地基天文望远镜的观测中,大气扰动会造成成像的畸变,从而限制了望远镜的分辨率。自适应光学系统可以通过分析参考信标光的信息,实时反馈并纠正这种成像的畸变。工作波长在589nm的钠导星激光器,是自适应光学系统理想的信标光。地面发射的589nm激光,在高空(~90km)激发钠层原子产生后向散射的荧光。钠导星激光器按工作模式可分为:连续波运转与脉冲波运转的钠导星激光器。与连续波相比,脉冲钠导星激光器具有明显的优势:可以减小大气瑞利散射的干扰,提高返回荧光信号的信噪比;可以减小钠导星像斑拉长现象,提高成像精度;与地磁场进动频率共振的高重频脉冲钠导星激光器可以有效增强返回荧光强度,并且可用于远程磁场探测等领域。但是受限于该发光波段缺少有效的增益介质,因此高功率、高重频脉冲589nm激光器的研制较为困难。

[0003] 典型的高功率、高重复频率的脉冲589nm钠导星激光器装置,其包括,高功率脉冲1319nm激光和高功率脉冲1064nm激光通过非线性晶体合频得到589nm脉冲激光,多束589nm脉冲激光通过时序控制、模式匹配合束到一起得到高功率、高重频的589nm脉冲激光(彭钦军.一种产生高平均功率高重复频率脉冲钠信标激光的装置,201210039266.8 2012.02.20 CN);该装置是基于全固态激光器技术,其结构非常庞大且复杂,其激光稳定性较差、整套系统的机动性差、维护成本较高。

[0004] 近些年来,基于拉曼光纤激光技术发展的光纤钠导星激光器,由于其结构简单、设计灵活轻便、光束质量优越、激光功率高的优势,已经引起广泛关注。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是克服上述现有技术的不足,提供一种高功率、高重频589nm脉冲光纤钠导星激光器,其脉冲重复频率从100kHz-500kHz连续可调,脉冲宽度从10ns-1 $\mu$ s连续可调。该激光器装置利用高功率、高重频脉冲光纤激光器作为泵浦源,泵浦拉曼光纤放大器,放大连续的1178nm单频激光,放大后的1178nm脉冲激光注入倍频腔,通过非线性晶体倍频得到589nm脉冲激光。作为泵浦源的高功率脉冲光纤激光器的脉冲重复频率从100kHz-500kHz连续可调,脉冲宽度从10ns-1 $\mu$ s连续可调。根据拉曼光纤放大器中增益光纤的不同,泵浦源脉冲光纤激光器的设计有多种实现方案。脉冲重复频率在100kHz-500kHz,脉冲宽度在10ns-1 $\mu$ s的589nm脉冲激光器,可有效提高钠导星亮度,也可应用于远程磁场探测等领域。此外该光纤激光器系统,具有设计灵活轻便、激光功率高、光束质量优越等优势。

[0006] 本发明的技术解决方案如下:

[0007] 一种高重频脉冲光纤钠导星激光器系统,包括:单频半导体激光器、光纤隔离器、拉曼光纤放大器、泵浦源脉冲光纤激光器、倍频腔,其特点在于:所述的单频半导体激光器

输出线宽小于100MHz的1178nm种子激光,经所述的法拉第隔离器进入拉曼光纤放大器,所述的泵浦源脉冲光纤激光器泵浦所述的拉曼光纤放大器,经所述的拉曼光纤放大器输出的1178nm脉冲激光注入所述的倍频腔,倍频得到与钠原子吸收谱线共振的589nm脉冲激光;

[0008] 所述的拉曼光纤放大器包括依次连接的第一波分复用器、一段拉曼增益光纤和第二波分复用器;

[0009] 所述的泵浦源脉冲光纤激光器包括第一种子激光器、第二种子激光器、波分复用器、光调制器和掺镜-拉曼混合光纤放大器,所述的第一种子激光器输出工作波长在1110-1130nm范围内的连续激光种子和所述的第二种子激光器输出工作波长在1050-1070nm范围内的连续激光种子,分别经所述的波分复用器合束后,由所述的光调制器调制成高重频脉冲种子激光,再经所述的掺镜-拉曼混合光纤放大器放大,得到高功率、高重频的脉冲激光。

[0010] 一种高重频脉冲光纤钠导星激光器系统,包括:单频半导体激光器、光纤隔离器、拉曼光纤放大器、泵浦源脉冲光纤激光器、倍频腔,其特征在于:所述的单频半导体激光器输出线宽小于100MHz的1178nm种子激光,经所述的法拉第隔离器进入拉曼光纤放大器,所述的泵浦源脉冲光纤激光器泵浦所述的拉曼光纤放大器,经所述的拉曼光纤放大器输出的1178nm脉冲激光注入所述的倍频腔,倍频得到与钠原子吸收谱线共振的589nm脉冲激光;

[0011] 所述的拉曼光纤放大器包括依次连接的第一波分复用器、一段拉曼增益光纤和第二波分复用器;

[0012] 所述的泵浦源脉冲光纤激光器包括依次连接的种子激光器、光调制器、掺镜光纤放大器,所述的种子激光器输出连续激光,其工作波长在1017-1019nm范围内,所述的种子激光器经所述的光调制器后,被调制成高重频脉冲种子激光,然后注入所述的掺镜光纤放大器,经放大得到高功率、高重频脉冲激光。

[0013] 所述的种子激光器是基于光纤光栅谐振腔的掺镜光纤激光器或是光纤尾纤输出的半导体激光器。

[0014] 所述的光调制器是带光纤尾纤的声光调制器或电光调制器,其脉冲重复频率连续调节范围大于100kHz-500kHz、脉宽连续调节范围大于10ns-1 $\mu$ s。

[0015] 所述的拉曼光纤放大器的拉曼增益光纤是普通石英光纤,或是掺磷石英光纤。

[0016] 所述的掺镜-拉曼混合光纤放大器其增益介质包括掺镜光纤和普通石英光纤。

[0017] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0018] 1) 本发明克服现有技术的不足,提供一种高功率、高重频589nm脉冲光纤钠导星激光器,其脉冲重复频率从100kHz-500kHz连续可调,脉冲宽度从10ns-1 $\mu$ s连续可调,其脉冲平均功率大于20W,峰值功率大于100W,该激光器可有效提高钠导星亮度,也可应用于远程磁场探测等领域。

[0019] 2) 根据拉曼光纤放大器中增益光纤的不同,泵浦源脉冲光纤激光器的设计有多种实现方案,当增益光纤为普通石英光纤时,泵浦源脉冲光纤激光器包括两个种子激光器,第一种子激光器输出工作波长在1110-1130nm范围内,第二种子激光器输出工作波长在1050-1070nm范围内,两个种子合束后,经脉冲调制和放大,再泵浦拉曼放大器;当增益光纤为掺磷石英光纤时,泵浦源脉冲光纤激光器的种子激光器,其工作波长在1017-1019nm范围,经脉冲调制并放大后,泵浦拉曼放大器。

[0020] 3) 该泵浦源脉冲光纤激光器,其输出脉冲重复频率从100kHz-500kHz连续可调,脉

冲宽度从10ns-1 $\mu$ s连续可调,其脉冲峰值功率大于300W,脉冲平均功率大于100W。

[0021] 4) 该脉冲光纤钠导星激光器系统,设计灵活、轻便,便于集成于外部运输装备开展外场实验;激光器输出激光线宽窄、功率高、光束质量优异,可以满足钠导星激光器的应用要求;

### 附图说明

[0022] 图1是本发明提供的高重频脉冲光纤钠导星激光器示意图;

[0023] 图2是本发明提供的拉曼光纤放大器示意图;

[0024] 图3是本发明提供的工作波长在1110-1130nm范围内的高功率、高重频泵浦源脉冲光纤激光器的结构示意图;

[0025] 图4是本发明提供的工作波长在1017-1019nm范围内的高功率、高重频泵浦源脉冲光纤激光器的结构示意图。

### 具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明作进一步的详细说明。

[0027] 请先参阅图1,图1是本发明提供的高重频脉冲光纤钠导星激光器示意图,所述的单频半导体激光器输出线宽小于100MHz的1178nm种子激光,经所述的法拉第隔离器进入拉曼光纤放大器,所述的泵浦源脉冲光纤激光器泵浦所述的拉曼光纤放大器,经所述的拉曼光纤放大器输出的1178nm脉冲激光注入所述的倍频腔,倍频得到与钠原子吸收谱线共振的589nm脉冲激光。

[0028] 图2是本发明提供的拉曼光纤放大器示意图,所述的拉曼光纤放大器包括依次连接的第一波分复用器3-1、一段拉曼增益光纤3-2和第二波分复用器3-2;波分复用器3-1一方面把1178nm单频种子激光耦合进入拉曼增益光纤,另一方面把剩余泵浦激光耦合到系统外;波分复用器3-3用于输出放大后的1178nm脉冲激光,同时把脉冲泵浦激光耦合进入拉曼增益光纤。拉曼增益光纤3-2为普通的石英光纤,也可以是具有更大拉曼频移量的掺磷石英光纤。如图所示,1178nm种子激光和脉冲泵浦激光在拉曼增益光纤中反向传输。

[0029] 图3是本发明提供的工作波长在1110-1130nm范围内的高功率、高重频泵浦源脉冲光纤激光器的结构示意图,其特征包括第一种子激光器4-1-1、第二种子激光器4-1-2、波分复用器4-1-3、光调制器4-1-4和掺镱-拉曼混合光纤放大器4-1-5,所述的第一种子激光器4-1-1输出工作波长在1110-1130nm范围内的连续激光种子和所述的第二种子激光器4-1-2输出工作波长在1050-1070nm范围内的连续激光种子,分别经所述的波分复用器4-1-3合束后,由所述的光调制器4-1-4调制成高重频脉冲种子激光,再经所述的掺镱-拉曼混合光纤放大器4-1-5放大,得到高功率、高重频的脉冲激光。

[0030] 图4是本发明提供的工作波长在1017-1019nm范围内的高功率、高重频泵浦源脉冲光纤激光器的结构示意图,其特征包括依次连接的种子激光器4-2-1、光调制器4-2-2、掺镱光纤放大器4-2-3,所述的种子激光器4-2-1输出连续激光,其工作波长在1017-1019nm范围内,所述的种子激光器4-2-1经所述的光调制器4-2-2后,被调制成高重频脉冲种子激光,然后注入所述的掺镱光纤放大器4-2-3,经放大得到高功率、高重频脉冲激光。所述的掺镱光纤放大器是掺镱光纤作为增益介质的光纤放大器,根据具体实验中实际功率需求可以增加

掺镜光纤放大器的级数。

[0031] 根据图3和图4所述的种子激光器是基于光纤光栅谐振腔的掺镜光纤激光器或是光纤尾纤输出的半导体激光器。

[0032] 根据图3和图4所述的光调制器是带光纤尾纤的声光调制器或电光调制器,其脉冲重复频率连续调节范围大于100kHz-500kHz、脉宽连续调节范围大于10ns-1 $\mu$ s。

[0033] 根据图3所述的掺镜-拉曼混合光纤放大器其增益介质包括掺镜光纤和普通石英光纤。

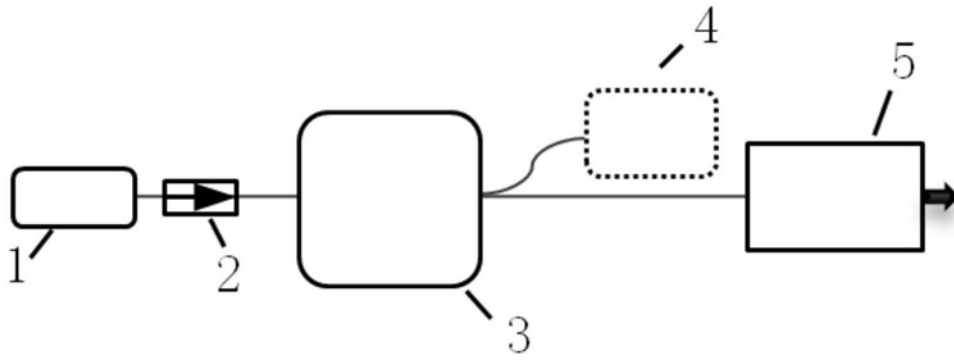


图1

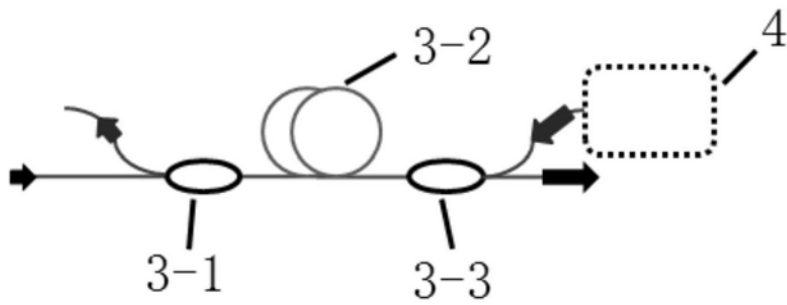


图2

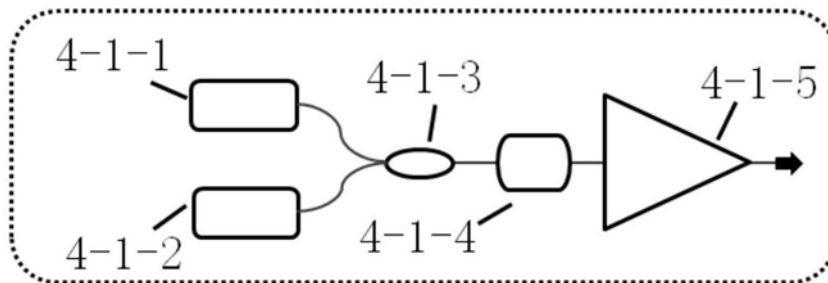


图3

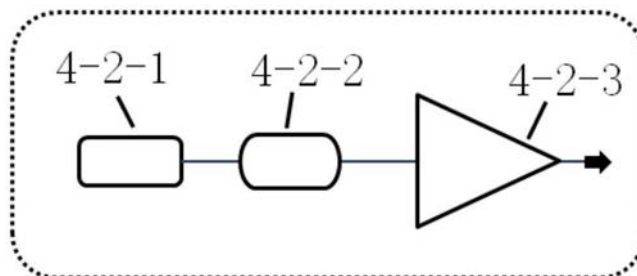


图4