



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114899688 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 15

(21) 申请号 202210555841.3

G02B 27/28 (2006.01)

(22) 申请日 2022.05.20

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 105826804 A, 2016.08.03

申请公布号 CN 114899688 A

CN 112310792 A, 2021.02.02

(43) 申请公布日 2022.08.12

审查员 陈贵阳

(73) 专利权人 西北大学

地址 710127 陕西省西安市太白北路229号

(72) 发明人 刘辉 宋鹏堃

(74) 专利代理机构 西安正华恒远知识产权代理  
事务所(普通合伙) 61271

专利代理师 傅晓

(51) Int. Cl.

H01S 3/067 (2006.01)

H01S 3/10 (2006.01)

H01S 3/1118 (2023.01)

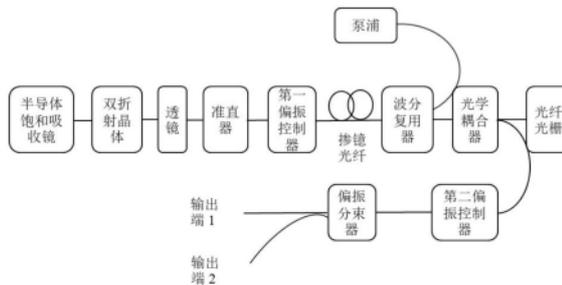
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54) 发明名称

一种偏振复用双光频梳的产生装置及产生方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种偏振复用双光频梳的产生装置及产生方法,其装置包括半导体饱和吸收镜、双折射晶体、透镜、准直器、第一偏振控制器、泵浦、掺镜光纤、波分复用器、光学耦合器、光纤光栅、第二偏振控制器和偏振分束器。本发明通过线形腔设计,利用半导体可饱和吸收镜进行锁模,实现掺镜单模光纤激光器的被动锁模输出。该激光腔由一端作为可饱和吸收器的半导体可饱和吸收镜和另一端以光纤光栅组成。双频梳的产生利用腔内双折射晶体以获得从同一线性腔中同时发射两束偏振光束,从而稳定双梳激光器的脉冲重复频率;这种单腔双光梳既维持了两套光频梳间的高相干性,又极大地简化了双光梳系统的复杂性,具有体积小、成本低、安装方便等优点。



1. 一种偏振复用双光频梳的产生装置,其特征在于,包括半导体饱和吸收镜、双折射晶体、透镜、准直器、第一偏振控制器、泵浦、掺镜光纤、波分复用器、光学耦合器、光纤光栅、第二偏振控制器和偏振分束器;

利用连续激光器将连续激光注入谐振腔中,所述半导体饱和吸收镜用于作为谐振腔的腔内锁模元件,得到锁模光纤激光器;

所述双折射晶体和第一偏振控制器用于进行偏振状态调整,以使双折射晶体中o光和e光保持相互正交;

所述透镜用于对准直器的正交偏振光进行聚焦;

所述准直器用于确保正交偏振光准直输出;

所述掺镜光纤用于实现粒子数反转并产生光的受激辐射放大作用的激光工作物质;

所述泵浦用于对激光工作物质实现粒子数反转提供能量;

所述波分复用器用于将多个不同波长或频率的调制光信号一起输入至光纤传输链路;

所述光学耦合器用于将光信号从一条光纤中分至多条光纤中的元件;

所述光纤光栅用于在谐振腔内形成反射镜;

所述第二偏振控制器用于调节正交偏振光输出的偏振状态;

所述偏振分束器用于将一根光纤中含有的正交偏振光分别耦合到两个光纤输出。

2. 一种偏振复用双光频梳的产生方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1: 利用半导体饱和吸收镜搭建锁模光纤激光器;

S2: 在锁模光纤激光器中加入双折射晶体和偏振控制器,通过调节偏振状态产生偏振复用双光频梳;

所述步骤S1中,搭建锁模光纤激光器的具体方法为:获取掺镜光纤的器件参数以及半导体饱和吸收镜的锁模机制,并根据谐振腔腔长、谐振腔腔内色散量、掺镜光纤的长度以及准直器到半导体饱和吸收镜的距离,搭建锁模光纤激光器;

所述步骤S2包括以下子步骤:

S21: 在锁模光纤激光器中加入双折射晶体和第一偏振控制器,通过调节第一偏振控制器和转动双折射晶体的角度,获取双光频梳的时域信号和频域信号;

S22: 利用泵浦处理时域信号和频域信号,并调制双折射晶体和第一偏振控制器,以使输出时域稳定信号和频域稳定信号;

S23: 利用偏振分束器和第二偏振控制器调节双光频梳的两束脉冲光的偏振状态。

3. 根据权利要求2所述的偏振复用双光频梳的产生方法,其特征在于,所述步骤S1中,所述谐振腔内通过光纤光栅形成有滤波作用的反射镜。

## 一种偏振复用双光频梳的产生装置及产生方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于光频梳技术领域,具体涉及一种偏振复用双光频梳的产生装置及产生方法。

### 背景技术

[0002] 光频梳是指在频谱上由一系列均匀间隔且具有相干稳定相位关系的频率分量组成的光谱,频率稳定的光频梳具有相当重要且广泛的应用,例如在光学原子钟、光学频率测量、光梳光谱、天文光谱刻度等。

[0003] 对于产生光频梳甚至相干双光频梳的技术主要有三种:锁模激光器、电光调制和非线性光学微谐振腔。其中,基于锁模激光器的光频梳相比而言具有更宽的带宽和更小的谱线间隔,更适用于精密光谱探测领域。目前,采用两套飞秒锁模激光器,并将它们的重复频率和包络载波相移频率严格锁定到原子钟等参考频率,是较为成熟的双光梳生成技术。但是由于需要复杂的频率锁定电子反馈控制系统,其复杂度和成本仍然较高,因而难以将其在有体积、功耗等严格限制的诸多应用中进一步实用化。

[0004] 因此,如何简化双光梳系统的复杂性,是本领域技术人员亟待解决的技术问题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决简化双光梳系统的复杂性的问题,提出了一种偏振复用双光频梳的产生装置及产生方法。

[0006] 本发明的技术方案是:一种偏振复用双光频梳的产生装置包括半导体饱和吸收镜、双折射晶体、透镜、准直器、第一偏振控制器、泵浦、掺镱光纤、波分复用器、光学耦合器、光纤光栅、第二偏振控制器和偏振分束器;

[0007] 利用连续激光器将连续激光注入谐振腔中,半导体饱和吸收镜用于作为谐振腔的腔内锁模元件,得到锁模光纤激光器;

[0008] 双折射晶体和第一偏振控制器用于进行偏振状态调整,以使双折射晶体中o光和e光保持相互正交;

[0009] 透镜用于对准直器的正交偏振光进行聚焦;

[0010] 准直器用于确保正交偏振光准直输出;

[0011] 掺镱光纤用于实现粒子数反转并产生光的受激辐射放大作用的激光工作物质;

[0012] 泵浦用于对激光工作物质实现粒子数反转提供能量;

[0013] 波分复用器用于将多个不同波长或频率的调制光信号(携带有用信息)一起输入至光纤传输链路;

[0014] 光学耦合器用于将光信号从一条光纤中分至多条光纤中的元件;

[0015] 光纤光栅用于在谐振腔内形成反射镜;

[0016] 第二偏振控制器用于调节正交偏振光输出的偏振状态;

[0017] 偏振分束器用于将一根光纤中含有的正交偏振光分别耦合到两个光纤输出。

[0018] 本发明的有益效果是:本发明通过线形腔设计,利用半导体可饱和吸收镜进行锁模,实现掺镜单模光纤激光器的被动锁模输出。该激光腔由一端作为可饱和吸收镜的半导体可饱和吸收镜和另一端以光纤光栅组成。双频梳的产生利用腔内双折射晶体以获得从同一线性腔中同时发射两束偏振光束,从而稳定双梳激光器的脉冲重复频率;这种单腔双光梳既维持了两套光频梳间的高相干性,又极大地简化了双光梳系统的复杂性,具有体积小、成本低、安装方便等优点。

[0019] 基于以上系统,本发明还提出一种偏振复用双光频梳的产生方法,包括以下步骤:

[0020] S1:利用半导体饱和吸收镜搭建锁模光纤激光器;

[0021] S2:在锁模光纤激光器中加入双折射晶体和偏振控制器,通过调节偏振状态产生偏振复用双光频梳。

[0022] 进一步地,步骤S1中,搭建锁模光纤激光器的具体方法为:获取掺镜光纤的器件参数以及半导体饱和吸收镜的锁模机制,并根据谐振腔腔长、谐振腔腔内色散量、掺镜光纤的长度以及准直器到半导体饱和吸收镜的距离,搭建锁模光纤激光器。

[0023] 进一步地,步骤S1中,谐振腔内通过光纤光栅形成有滤波作用的反射镜。

[0024] 进一步地,步骤S2包括以下子步骤:

[0025] S21:在锁模光纤激光器中加入双折射晶体和第一偏振控制器,通过调节第一偏振控制器和转动双折射晶体的角度,获取双光频梳的时域信号和频域信号;

[0026] S22:利用泵浦处理时域信号和频域信号,并调制双折射晶体和第一偏振控制器,以使输出时域稳定信号和频域稳定信号;

[0027] S23:利用偏振分束器和第二偏振控制器调节双光频梳的两束脉冲光的偏振状态。

[0028] 本发明的有益效果是:本发明中两束偏振光束因共腔而具有共模噪声抑制作用,其生成的脉冲间的相对频率稳定性高,因而无需对该激光腔进行频率锁定等主动控制,显著降低了双光梳光源的复杂度和成本。

## 附图说明

[0029] 图1为偏振复用双光频梳的产生装置的结构图;

[0030] 图2为偏振复用双光频梳的产生方法的流程图。

## 具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本发明的实施例作进一步的说明。

[0032] 如图1所示,本发明提供了一种偏振复用双光频梳的产生装置,包括半导体饱和吸收镜、双折射晶体、透镜、准直器、第一偏振控制器、泵浦、掺镜光纤、波分复用器、光学耦合器、光纤光栅、第二偏振控制器和偏振分束器;

[0033] 利用连续激光器将连续激光注入谐振腔中,半导体饱和吸收镜用于作为谐振腔的腔内锁模元件,得到锁模光纤激光器;

[0034] 双折射晶体和第一偏振控制器用于进行偏振状态调整,以使双折射晶体中o光和e光保持相互正交;

[0035] 透镜用于对准直器的正交偏振光进行聚焦;

[0036] 准直器用于确保正交偏振光准直输出;

- [0037] 掺镜光纤用于实现粒子数反转并产生光的受激辐射放大作用的激光工作物质；
- [0038] 泵浦用于对激光工作物质实现粒子数反转提供能量；
- [0039] 波分复用器用于将多个不同波长或频率的调制光信号(携带有用信息)一起输入至光纤传输链路；
- [0040] 光学耦合器用于将光信号从一条光纤中分至多条光纤中的元件；
- [0041] 光纤光栅用于在谐振腔内形成反射镜；
- [0042] 第二偏振控制器用于调节正交偏振光输出的偏振状态；
- [0043] 偏振分束器用于将一根光纤中含有的正交偏振光分别耦合到两个光纤输出。
- [0044] 基于以上系统,本发明还提出一种偏振复用双光频梳的产生方法,如图2所示,包括以下步骤:
- [0045] S1:利用半导体饱和吸收镜搭建锁模光纤激光器；
- [0046] S2:在锁模光纤激光器中加入双折射晶体和偏振控制器,通过调节偏振状态产生偏振复用双光频梳。
- [0047] 在本发明实施例中,步骤S1中,搭建锁模光纤激光器的具体方法为:获取掺镜光纤的器件参数以及半导体饱和吸收镜的锁模机制,并根据谐振腔腔长、谐振腔腔内色散量、掺镜光纤的长度以及准直器到半导体饱和吸收镜的距离,搭建锁模光纤激光器。
- [0048] 在具体应用场景中,激光器搭建需要选择合适的器件参数,方便设计腔长和计算腔内色散量,使其激光器在理论上更加容易锁模。在线形腔中,半导体饱和吸收体和光纤光栅分别作为两端端镜。在准直器的光透过透镜,聚焦到半导体饱和吸收体上,透镜的焦距与透镜到半导体饱和吸收体的距离有关。
- [0049] 需要说明的是,上述中激光器器件的选择仅是本申请中一种具体实现方式,本领域技术人员可根据实际情况灵活选择其他激光器器件,这并不影响本申请的保护范围。
- [0050] 在本发明实施例中,步骤S1中,谐振腔内通过光纤光栅形成有滤波作用的反射镜。
- [0051] 在本发明实施例中,步骤S2包括以下子步骤:
- [0052] S21:在锁模光纤激光器中加入双折射晶体和第一偏振控制器,通过调节第一偏振控制器和转动双折射晶体的角度,获取双光频梳的时域信号和频域信号；
- [0053] S22:利用泵浦处理时域信号和频域信号,并调制双折射晶体和第一偏振控制器,以使输出时域稳定信号和频域稳定信号；
- [0054] S23:利用偏振分束器和第二偏振控制器调节双光频梳的两束脉冲光的偏振状态。
- [0055] 双光频梳的调制是通过仔细转动双折射晶体的角度和调节偏振控制器获取双光频梳时域和频域信号,由于激光器的器件都是由单模光纤组成,激光器输出双光频梳时域和频域信号会受到机械振动、热漂移、光功率波动和环境温度等因素影响,所以输出信号有点不稳定。在避免信号不稳定的情况下,在微小转动双折射角度,使传输的两束脉冲光的偏振状态稳定,则输出双频梳的信号会稳定。通过稳定两束脉冲光的偏振状态,从而实现双频梳的输出信号的稳定性。
- [0056] 双光频梳的时域和频域信号是通过示波器和频谱仪获取。另外,在输出端需要将双光频梳的两束脉冲光分开分别测它们的信号。就需要用光纤PBS,在光纤PBS前加一个偏振控制器调节输出端两束脉冲光的偏振状态。
- [0057] 本发明的工作原理及过程为:本发明公开了一种偏振复用双光频梳的产生装置及

方法,通过连续激光器将连续激光注入谐振腔中,利用半导体饱和吸收镜作为腔内锁模元件,得到稳定的锁模光纤激光器;通过中稳定的锁模光纤激光器中加入双折射晶体,通过调节偏振状态产生偏振复用的双光频梳。

[0058] 基于所选择的器件进行激光器搭建,选择合适的增益光纤的长度和准直器到半导体饱和吸收镜的距离,使其激光器进行锁模;基于稳定的锁模光纤激光器同时加入双折射晶体和调节偏振控制器进行偏振状态调整,以使中双折射晶体中o光和e光保持相互正交;基于通过调节偏振控制器和仔细转动双折射晶体的角度获取双光频梳的时域和频域稳定信号,通过在输出端加入偏振控制器和偏振分束器,分别监测激光输出的两束脉冲光的偏振状态,获取双光频梳特性。

[0059] 本发明的有益效果为:

[0060] (1) 本发明通过线形腔设计,利用半导体可饱和吸收镜进行锁模,实现掺镱单模光纤激光器的被动锁模输出。该激光腔由一端作为可饱和吸收器的半导体可饱和吸收镜和另一端以光纤光栅组成。双频梳的产生利用腔内双折射晶体以获得从同一线性腔中同时发射两束偏振光束,从而稳定双梳激光器的脉冲重复频率;这种单腔双光梳既维持了两套光频梳间的高相干性,又极大地简化了双光梳系统的复杂性,具有体积小、成本低、安装方便等优点;

[0061] (2) 本发明中两束偏振光束因共腔而具有共模噪声抑制作用,其生成的脉冲间的相对频率稳定性高,因而无需对该激光腔进行频率锁定等主动控制,显著降低了双光梳光源的复杂度和成本。

[0062] 本领域的普通技术人员将会意识到,这里所述的实施例是为了帮助读者理解本发明的原理,应被理解为本发明的保护范围并不局限于这样的特别陈述和实施例。本领域的普通技术人员可以根据本发明公开的这些技术启示做出各种不脱离本发明实质的其它各种具体变形和组合,这些变形和组合仍然在本发明的保护范围内。

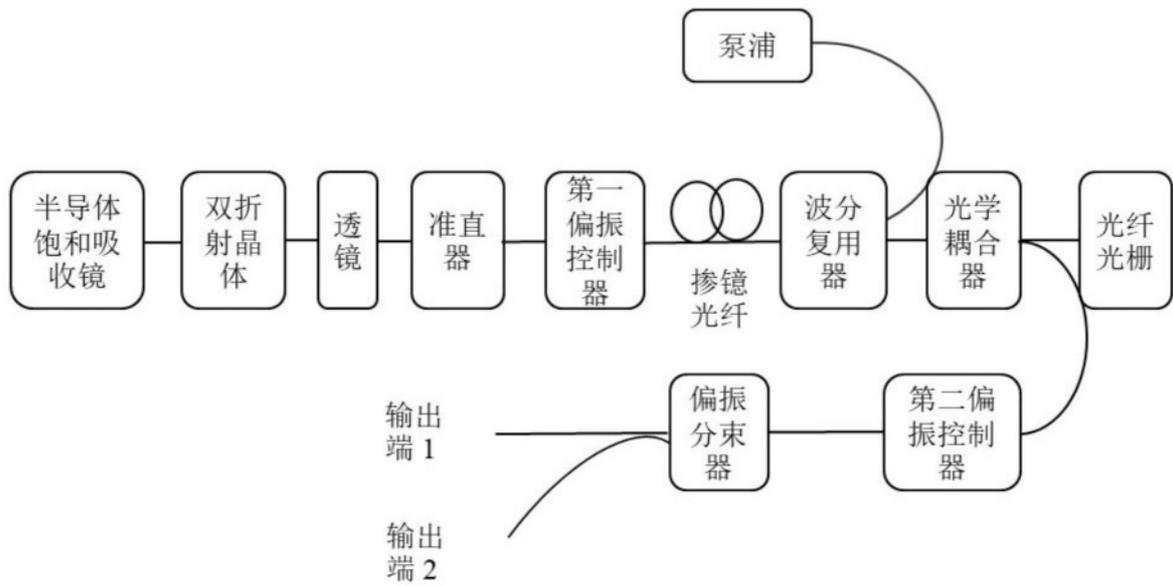


图1

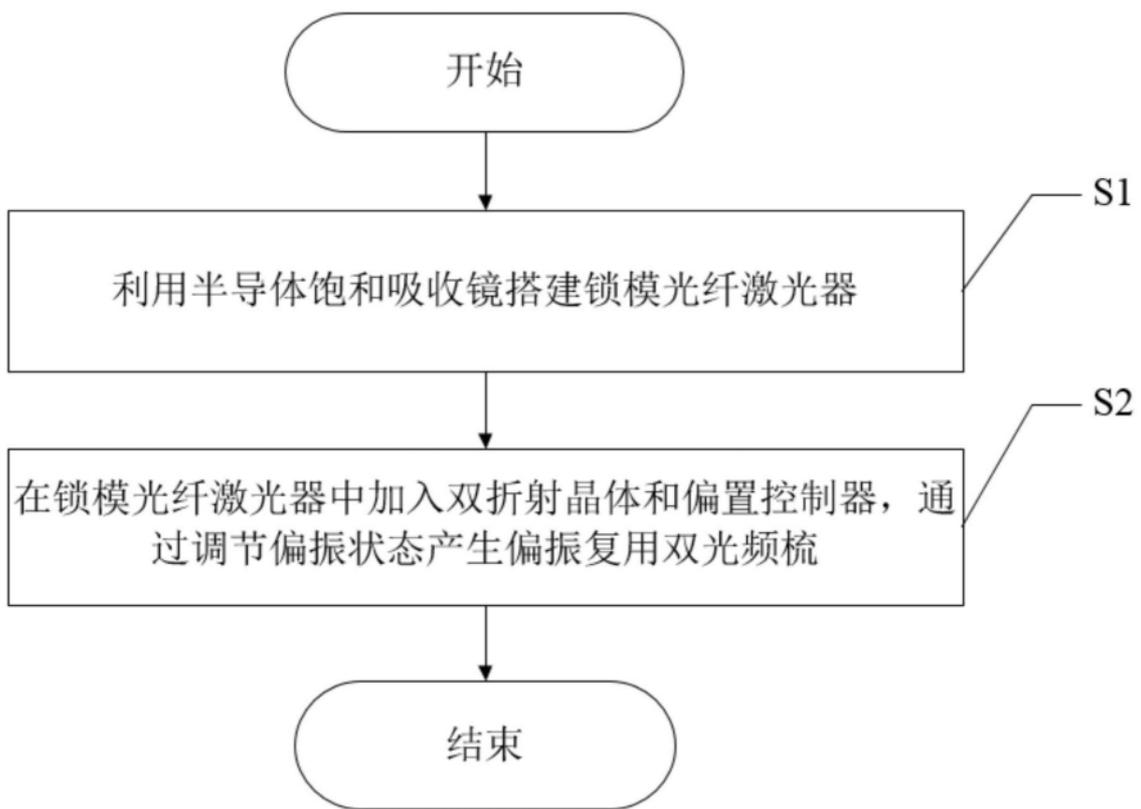


图2