

证书号第8547251号



专利公告信息

发明专利证书

发明名称：一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法

专利权人：上海交通大学

地址：200240 上海市闵行区东川路800号

发明人：沈阳;何广强

专利号：ZL 2022 1 1134813.0

授权公告号：CN 115453798 B

专利申请日：2022年09月19日

授权公告日：2025年12月05日

申请日时申请人：上海交通大学

申请日时发明人：沈阳;何广强

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨





(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115453798 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 09

(21) 申请号 202211134813.0

(22) 申请日 2022.09.19

(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 沈阳 何广强

(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

专利代理师 徐红银 张琳

(51) Int. Cl.

G02F 1/35 (2006.01)

G02F 1/365 (2006.01)

G02B 6/293 (2006.01)

H01S 3/23 (2006.01)

H01S 3/13 (2006.01)

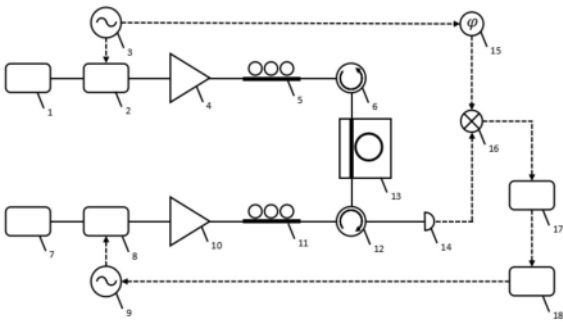
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与
方法

(57) 摘要

本发明提供一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,包括:泵浦激光发生单元,泵浦激光发生单元产生连续调谐泵浦激光;辅助激光发生单元,辅助激光发生单元产生辅助激光;微纳谐振腔,连续调谐泵浦激光正向耦合至微纳谐振腔,产生孤子;辅助激光反向耦合至微纳谐振腔,控制热效应并影响微纳谐振腔谐振峰位置;辅助激光反馈单元,辅助激光反馈单元处理微纳谐振腔的输出,得到反馈信号并将其反馈至辅助激光发生单元,改变辅助激光频率,改变微纳谐振腔谐振峰位置,锁定孤子失谐量,实现孤子锁定。本发明的反馈控制回路不改变泵浦激光频率,减少对孤子频梳频率的影响,使孤子各梳齿频率、重复频率与偏置频率等参量具有更好的稳定性。



1. 一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,其特征在于,包括:
泵浦激光发生单元,所述泵浦激光发生单元产生连续调谐泵浦激光;
辅助激光发生单元,所述辅助激光发生单元产生辅助激光;
微纳谐振腔,所述连续调谐泵浦激光正向耦合至所述微纳谐振腔,产生孤子;所述辅助激光反向耦合至所述微纳谐振腔,控制热效应并影响所述微纳谐振腔谐振峰位置;
辅助激光反馈单元,所述辅助激光反馈单元处理所述微纳谐振腔的输出,得到反馈信号并将其反馈至所述辅助激光发生单元,改变所述辅助激光频率,改变所述微纳谐振腔谐振峰位置,锁定孤子失谐量,实现孤子锁定。
2. 根据权利要求1所述的一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,其特征在于,泵浦激光发生单元,包括:
第一激光器,所述第一激光器用于产生泵浦激光;
第一压控振荡器,所述第一压控振荡器提供调制频率;
第一调制器,所述第一调制器依据所述调制频率对所述泵浦激光进行相位调制;
第一光放大器,所述第一光放大器用于放大所述泵浦激光功率;
第一光纤偏振控制器,所述第一光纤偏振控制器用于改变所述泵浦激光偏振态;
第一环行器,所述第一环行器用于分离输入光与输出光。
3. 根据权利要求1所述的一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,其特征在于,所述辅助激光发生单元,包括:
第二激光器,所述第二激光器用于产生辅助激光;
第二压控振荡器,所述第二压控振荡器提供调制频率;
第二调制器,所述第二调制器根据所述调制频率对所述辅助激光进行相位调制;
第二光放大器,所述第二光放大器用于放大所述辅助激光功率;
第二光纤偏振控制器,所述第二光纤偏振控制器用于改变所述辅助激光偏振态;
第二环行器,所述第二环行器用于分离输入光与输出光。
4. 根据权利要求3所述的一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,其特征在于,所述辅助激光反馈单元,包括:
光探测器,所述光探测器与所述第二环行器连接,用于探测所述微纳谐振腔正向输出的光功率并转化为电信号;
混频器,所述混频器与所述光探测器连接,将所述电信号与所述第一压控振荡器输出混频;
低通滤波器,所述低通滤波器与所述混频器连接,过滤高频信号,产生误差信号;
PID控制器,所述PID控制器与所述低通滤波器、所述第二压控振荡器连接,根据所述误差信号产生反馈信号,所述反馈信号与所述辅助激光发生单元设置的初始偏置信号叠加后,输入所述第二压控振荡器,反馈至所述第二调制器。
5. 根据权利要求3所述的一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,其特征在于,所述第二调制器为双平行马赫曾德调制器,通过改变调制电压改变所述辅助激光各边带强度。
6. 根据权利要求3所述的一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,其特征在于,还包括移相器,所述移相器改变第一压控振荡器输出信号的相位,使混频器两端输入信号正交,所述移相器为一段延长同轴线。

7. 一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定方法,采用权利要求1-6任一项所述的一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,其特征在于,包括:

设置第一激光器、第二激光器光频率,设置第一光放大器、第二光放大器输出功率,调整泵浦激光与辅助激光偏振态;

设置第二压控振荡器输出频率,第二调制器依据所述输出频率调制所述辅助激光,使调制后的辅助激光进入微纳谐振腔谐振峰蓝失谐区;

连续调谐泵浦激光进入微纳谐振腔谐振峰红失谐区,产生孤子;

根据泵浦激光失谐量设置第一压控振荡器输出频率,使所述泵浦激光经过第一调制器相位调制产生的一级边带位于谐振峰中心;

开启PID控制器,产生反馈信号,反馈控制调制后的辅助激光频率,实现孤子锁定。

8. 根据权利要求7所述的一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定方法,其特征在于,所述根据泵浦激光失谐量设置第一压控振荡器输出频率,包括:

使用网络分析仪,连接第一调制器与光探测器,进行频率扫描,测量从第一调制器端口到光探测器端口之间的频率相关的传输曲线;

测量所述传输曲线中,孤子波峰对应的频率,即泵浦激光失谐量,以此设置所述第一压控振荡器输出频率。

9. 一种终端,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时可用于执行权利要求1-6中任一项所述的方法,或,运行权利要求7-8中任一项所述的系统。

10. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时可用于执行权利要求1-6中任一项所述的方法,或,运行权利要求7-8中任一项所述的系统。

一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光学频率梳技术领域,具体地,涉及一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法。

背景技术

[0002] 光学频率梳是一种由频率间隔相等的谱线组成的电磁波。其中,基于微纳谐振腔非线性参量过程产生的耗散克尔孤子光学频率梳,具有高度相干、高重复频率和低噪声等特性,在光通信、超快测距、调频连续波激光雷达、低相噪微波产生、光学频率合成、双梳光谱和量子密钥分布等领域得到广泛应用。

[0003] 克尔孤子在微腔中的产生是一个非线性与色散、损耗与泵浦同时达到平衡的光学参量过程。由于热效应的影响,微腔内折射率、谐振频率等状态快速变化,使得克尔孤子的产生难以实现。目前,已经提出了多种稳定实现单孤子态的方案,包括泵浦激光快速扫描、反向调谐、脉冲驱动、辅助泵浦热效应控制、加热器快速扫描等。在微腔中的克尔孤子产生后,泵浦激光频率、输出功率等的抖动以及外部环境变化会干扰孤子的稳定,使得孤子消失。为将孤子状态锁定,使孤子长时间保持稳定,常用的方法有孤子功率锁定以及Pound-Drever-Hall (PDH) 锁定。

[0004] 在以往的孤子PDH锁定技术中,通过反馈至泵浦激光频率,实现孤子失谐量锁定。然而,泵浦激光频率与产生的孤子频梳频率相关,在反馈系统工作过程中会改变泵浦激光频率实现锁定,相应地对孤子频梳频率产生影响,降低孤子各梳齿频率的稳定性。并且,该技术需要泵浦激光依次通过两个不同的调制器,一方面,调制器衰减较大,泵浦激光经过两个调制器衰减,难以满足微腔功率阈值或光放大器输入功率阈值,需要大幅提高激光器输出功率;另一方面,各种类型的调制器均不可避免产生大量边带,引入噪声,两个调制器边带与噪声叠加,降低泵浦激光性能,对泵浦激光产生孤子有较大影响。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法。

[0006] 根据本发明的一个方面,提供一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,包括:

[0007] 泵浦激光发生单元,所述泵浦激光发生单元产生连续调谐泵浦激光;

[0008] 辅助激光发生单元,所述辅助激光发生单元产生辅助激光;

[0009] 微纳谐振腔,所述连续调谐泵浦激光正向耦合至所述微纳谐振腔,产生孤子;所述辅助激光反向耦合至所述微纳谐振腔,控制热效应并影响所述微纳谐振腔谐振峰位置;

[0010] 辅助激光反馈单元,所述辅助激光反馈单元处理所述微纳谐振腔的输出,得到反馈信号并将其反馈至所述辅助激光发生单元,改变所述辅助激光频率,改变所述微纳谐振腔谐振峰位置,锁定孤子失谐量,实现孤子锁定。

[0011] 优选地,泵浦激光发生单元,包括:

- [0012] 第一激光器,所述第一激光器用于产生泵浦激光;
- [0013] 第一压控振荡器,所述第一压控振荡器提供调制频率;
- [0014] 第一调制器,所述第一调制器依据所述调制频率对所述泵浦激光进行相位调制;
- [0015] 第一光放大器,所述第一光放大器用于放大所述泵浦激光功率;
- [0016] 第一光纤偏振控制器,所述第一光纤偏振控制器用于改变所述泵浦激光偏振态;
- [0017] 第一环行器,所述第一环行器用于分离输入光与输出光。
- [0018] 优选地,所述辅助激光发生单元,包括:
- [0019] 第二激光器,所述第二激光器用于产生辅助激光;
- [0020] 第二压控振荡器,所述第二压控振荡器提供调制频率;
- [0021] 第二调制器,所述第二调制器根据所述调制频率对所述辅助激光进行相位调制;
- [0022] 第二光放大器,所述第二光放大器用于放大所述辅助激光功率;
- [0023] 第二光纤偏振控制器,所述第二光纤偏振控制器用于改变所述辅助激光偏振态;
- [0024] 第二环行器,所述第二环行器用于分离输入光与输出光。
- [0025] 优选地,所述辅助激光反馈单元,包括:
- [0026] 光探测器,所述光探测器与所述第二环行器连接,用于探测所述微纳谐振腔正向输出的光功率并转化为电信号;
- [0027] 混频器,所述混频器与所述光探测器连接,将所述电信号与所述第一压控振荡器输出混频;
- [0028] 低通滤波器,所述低通滤波器与所述混频器连接,过滤高频信号,产生误差信号;
- [0029] PID控制器,所述PID控制器与所述低通滤波器、所述第二压控振荡器连接,根据所述误差信号产生反馈信号,所述反馈信号与所述辅助激光发生单元设置的初始偏置信号叠加后,输入所述第二压控振荡器,反馈至所述第二调制器。
- [0030] 优选地,所述第二调制器为双平行马赫曾德调制器,通过改变调制电压改变所述辅助激光各边带强度。
- [0031] 优选地,还包括移相器,所述移相器改变第一压控振荡器输出信号的相位,使混频器两端输入信号正交,所述移相器为一段延长同轴线。
- [0032] 根据本发明的第二个方面,提供一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定方法,采用任一项所述的一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,包括:
- [0033] 设置第一激光器、第二激光器光频率,设置第一光放大器、第二光放大器输出功率,调整泵浦激光与辅助激光偏振态;
- [0034] 设置第二压控振荡器输出频率,第二调制器依据所述输出频率调制所述辅助激光,使调制后的辅助激光进入微纳谐振腔谐振峰蓝失谐区;
- [0035] 连续调谐泵浦激光进入微纳谐振腔谐振峰红失谐区,产生孤子;
- [0036] 根据泵浦激光失谐量设置第一压控振荡器输出频率,使所述泵浦激光经过第一调制器相位调制产生的一级边带位于谐振峰中心;
- [0037] 开启PID控制器,产生反馈信号,反馈控制调制后的辅助激光频率,实现孤子锁定。
- [0038] 优选地,所述根据泵浦激光失谐量设置第一压控振荡器输出频率,包括:
- [0039] 使用网络分析仪,连接第一调制器与光探测器,进行频率扫描,测量从第一调制器端口到光探测器端口之间的频率相关的传输曲线;

[0040] 测量所述传输曲线中,孤子波峰对应的频率,即泵浦激光失谐量,以此设置所述第一压控振荡器输出频率。

[0041] 根据本发明的第三个方面,提供一种终端,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时可用于执行任一项所述的方法,或,运行任一项所述的系统。

[0042] 根据本发明的第四个方面,提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时可用于执行任一项所述的方法,或,运行任一项所述的系统。

[0043] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:

[0044] 本发明实施例中的辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法,通过反馈至辅助激光频率,改变微腔谐振峰位置,锁定孤子失谐量(指泵浦激光与谐振峰的频率差),实现孤子锁定,反馈控制回路不改变泵浦激光频率,减少对孤子频梳频率的影响,使孤子各梳齿频率、重复频率与偏置频率等参量具有更好的稳定性。

[0045] 本发明实施例中的辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法,采用两个激光器分别通过一个调制器调制的方案,减少泵浦激光需要通过的调制器个数,减少泵浦激光调制后的边带功率与噪声,提高泵浦激光噪声性能,减少边带与噪声干扰对微腔孤子产生与稳定的影响,提高微腔孤子的稳定性。

[0046] 本发明实施例中的辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法,减少泵浦激光需要通过的调制器个数,降低泵浦激光的衰减,降低了对光放大器输入功率阈值、激光器输出功率或微腔功率阈值的要求。

[0047] 本发明实施例中的辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法,通过调整第二调制器调制电压,可以改变输入微腔中的辅助激光功率,采用增益固定的光放大器或交换第二调制器与第二光放大器的位置,可以提供一个辅助激光功率高速控制端口,兼容反馈至辅助激光功率的反馈锁定系统与方法。

[0048] 本发明实施例中的辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法,在需要双孤子频率锁定的应用中,由于反馈至辅助激光,两个孤子可以共用来自同一个激光器的泵浦激光,相比使用两个不相干的泵浦激光,可以减少一个系统需要的频率锁定回路,降低系统锁定模块的复杂度。

附图说明

[0049] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0050] 图1为本发明一实施例中辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统的结构示意图;

[0051] 图中:1为第一激光器,2为第一调制器,3为第一压控振荡器,4为第一光放大器,5为第一光纤偏振控制器,6为第一环行器,7为第二激光器,8为第二调制器,9为第二压控振荡器,10为第二光放大器,11为第二光纤偏振控制器,12为第二环行器,13为微纳谐振腔,14为光探测器,15为移相器,16为混频器,17为低通滤波器,18为PID控制器;

[0052] 图2为本发明一实施例中辅助激光反馈的孤子失谐量锁定方法的流程图。

具体实施方式

[0053] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0054] 本发明提供一个实施例,一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统,如图1所示,包括:泵浦激光发生单元、辅助激光发生单元、微纳谐振腔和辅助激光反馈单元;泵浦激光发生单元产生连续调谐泵浦激光;辅助激光发生单元产生辅助激光;连续调谐泵浦激光正向耦合至微纳谐振腔;辅助激光反向耦合至微纳谐振腔;辅助激光反馈单元处理微纳谐振腔的输出,得到反馈信号并将其反馈至辅助激光发生单元,改变辅助激光频率,改变微纳谐振腔谐振峰位置,锁定孤子失谐量,实现孤子锁定。

[0055] 本实施例中的辅助激光反馈的孤子失谐量锁定系统与方法,通过反馈至辅助激光频率,改变微腔谐振峰位置,锁定孤子失谐量,实现孤子锁定。

[0056] 在本发明的一个优选实施例中,泵浦激光发生单元包括:第一激光器1、第一调制器2、第一压控振荡器3、第一光放大器4、第一光纤偏振控制器5和第一环形器6,第一激光器1用于产生泵浦激光,依次经过第一调制器2、第一光放大器4、第一光纤偏振控制器5、第一环形器6后,正向耦合至微纳谐振腔13;

[0057] 第一激光器1用于产生泵浦激光;第一调制器2用于对泵浦激光进行相位调制,调制频率为第一压控振荡器3输出频率;第一压控振荡器3提供调制频率;第一光放大器4用于放大泵浦激光功率;第一光纤偏振控制器5用于改变泵浦激光偏振态;第一环形器6用于分离输入光与输出光。

[0058] 在本发明的一个优选实施例中,辅助激光发生单元包括第二激光器7、第二调制器8、第二压控振荡器9、第二光放大器10、第二光纤偏振控制器11和第二环形器12;第二激光器7用于产生辅助激光,依次经过第二调制器8、第二光放大器10、第二光纤偏振控制器11、第二环形器12后,反向耦合至微纳谐振腔13;

[0059] 第二激光器7用于产生辅助激光;第二调制器8用于调制辅助激光,调制频率为第二压控振荡器9输出频率。第二压控振荡器9提供调制频率;第二光放大器10用于放大辅助激光功率;第二光纤偏振控制器11用于改变辅助激光偏振态;第二环形器12用于分离输入光与输出光。

[0060] 上述实施例,通过调整第二调制器调制电压,可以改变输入微腔中的辅助激光功率,采用增益固定的光放大器或交换第二调制器与第二光放大器的位置,可以提供一个辅助激光功率高速控制端口,兼容反馈至辅助激光功率的反馈锁定系统与方法。

[0061] 上述两个实施例中,采用两个激光器分别通过一个调制器调制的方案,减少泵浦激光需要通过的调制器个数,减少泵浦激光调制后的边带功率与噪声,提高泵浦激光噪声性能,减少边带与噪声干扰对微腔孤子产生与稳定的影响,提高微腔孤子的稳定性。

[0062] 上述两个实施例中,减少泵浦激光需要通过的调制器个数,降低泵浦激光的衰减,降低了对光放大器输入功率阈值、激光器输出功率或微腔功率阈值的要求。

[0063] 在本发明的一个优选实施例中,辅助激光反馈单元,包括:光探测器14、混频器16、低通滤波器17和PID控制器18;

[0064] 光探测器14光探测器与第二环行器连接,用于探测微纳谐振腔13正向输出的光功率,转化为电信号,依次经过混频器16、低通滤波器17,产生误差信号;

[0065] 混频器16与光探测器14连接,将电信号与第一压控振荡器输出混频;

[0066] 低通滤波器17与混频器16连接,过滤高频信号,产生误差信号;

[0067] PID控制器18与低通滤波器17、第二压控振荡器9连接,根据误差信号产生反馈信号,反馈信号与辅助激光发生单元设置的初始偏置信号叠加后,输入第二压控振荡器,反馈至第二调制器8。

[0068] 第二调制器8、第二压控振荡器9、光探测器14、混频器16、低通滤波器17和PID控制器18共同组合形成反馈控制回路,改变辅助激光频率,改变微纳谐振腔谐振峰位置,锁定孤子失谐量,实现孤子锁定。

[0069] 本实施例中,反馈控制回路不改变泵浦激光频率,减少对孤子频梳频率的影响,使孤子各梳齿频率、重复频率与偏置频率等参量具有更好的稳定性。

[0070] 在一较佳实施例中,第二调制器8为双平行马赫曾德调制器,通过改变调制电压改变辅助激光各边带强度。进一步的,设置双平行马赫曾德调制器调制电压,使得辅助激光实现载波抑制单边带调制。

[0071] 在一较佳实施例中,移相器15为一段延长同轴线,移相15器改变第一压控振荡器3输出信号的相位,使混频器16两端输入信号正交。

[0072] 在一较佳实施例中,反馈信号与初始偏置信号叠加后,输入第二压控振荡器9,反馈至第二调制器8,通过设置初始偏置信号,改变辅助激光初始频率,且使叠加后信号完全位于第二压控振荡器9输入区间内。

[0073] 基于相同的发明构思,提供一种辅助激光反馈的孤子失谐量锁定方法,参见图2,包括:

[0074] S100,设置第一激光器、第二激光器光频率,设置第一光放大器、第二光放大器输出功率,调整泵浦激光与辅助激光偏振态;

[0075] S200,设置第二压控振荡器输出频率,通过第二调制器调制辅助激光,使调制后的辅助激光进入微纳谐振腔谐振峰蓝失谐区,平衡热效应;

[0076] S300,连续调谐泵浦激光进入微纳谐振腔谐振峰红失谐区,产生孤子;

[0077] S400,根据泵浦激光失谐量设置第一压控振荡器输出频率,使泵浦激光经过第一调制器相位调制产生的一级边带位于谐振峰中心;

[0078] S500,开启PID控制器,产生反馈信号,反馈控制调制后的辅助激光频率,实现孤子锁定。

[0079] 在该实施例的S200中,作为一优选实施例,通过第二调制器调制辅助激光,可以包括如下步骤:

[0080] 设置第二调制器调制电压,实现对辅助激光的载波抑制单边带调制。

[0081] 本实施例中,实现载波抑制单边带调制,使得进入微纳谐振腔谐振峰蓝失谐区的辅助激光边带功率最高,减少功率损耗。

[0082] 在该实施例的S300中,作为一优选实施例,可以包括如下步骤:

[0083] 在第一激光器上加载频率调谐波形,调整频率调谐波形形状,使泵浦激光从高频向低频连续调谐,进入微纳谐振腔谐振峰红失谐区并产生孤子后停下。

[0084] 本实施例中,加载的频率调谐波形可重复使用,操作简单,减少重复劳动,且相比人工调谐可以节省更多时间。

[0085] 在该实施例的S400中,作为一优选实施例,根据泵浦激光失谐量设置第一压控振荡器输出频率,可以包括如下步骤:

[0086] 使用网络分析仪,连接第一调制器与光探测器,进行频率扫描,测量从第一调制器端口到光探测器端口之间的频率相关的传输曲线;测传输曲线中,孤子波峰对应的频率,即泵浦激光失谐量,以此设置第一压控振荡器输出频率。

[0087] 本实施例中,使用网络分析仪可以准确地测量出泵浦激光失谐量。

[0088] 基于相同的发明构思。本发明其他实施例中还提供一种终端,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时可用于执行任一项所述的方法,或,运行任一项所述的系统。

[0089] 基于相同的发明构思。本发明其他实施例中还提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时可用于执行任一项所述的方法,或,运行任一项所述的系统。

[0090] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。上述各优选特征在互不冲突的情况下,可以任意组合使用。

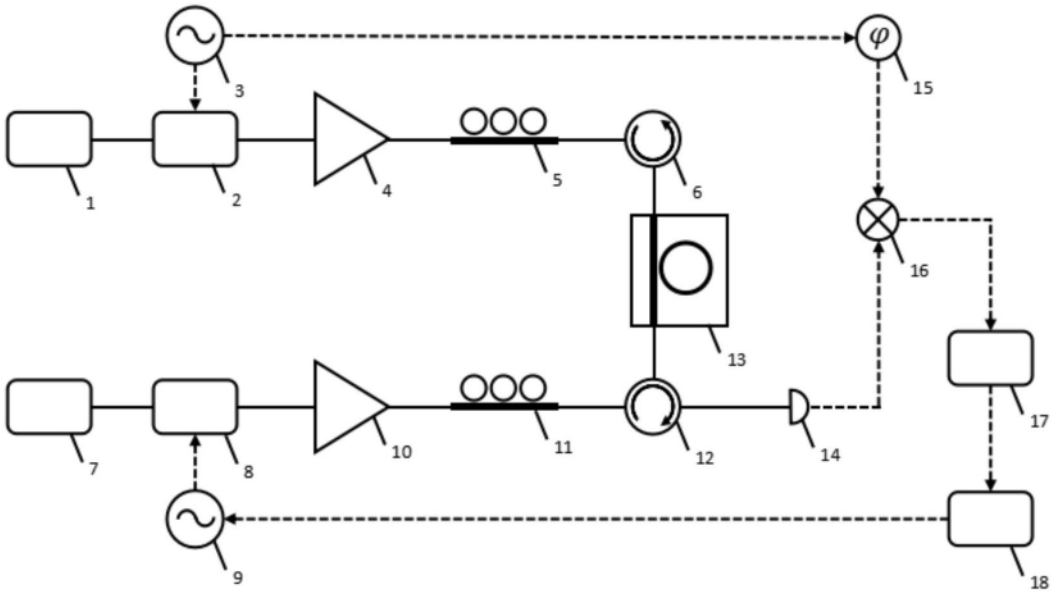


图1

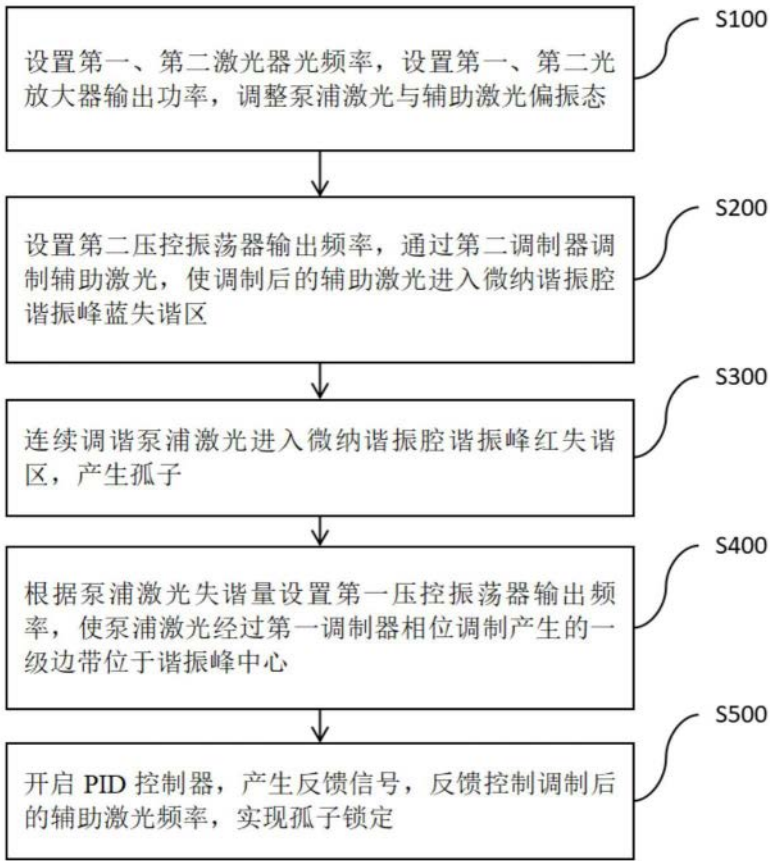


图2