



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107104354 B

(45)授权公告日 2019.05.14

(21)申请号 201710361224.9

审查员 周宇畅

(22)申请日 2017.05.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107104354 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(73)专利权人 北京大学

地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号

(72)发明人 王平俊 张胤 熊炜 陈徐宗

(74)专利代理机构 北京万象新悦知识产权代理

有限公司 11360

代理人 王岩

(51)Int.Cl.

H01S 3/10(2006.01)

H01S 3/098(2006.01)

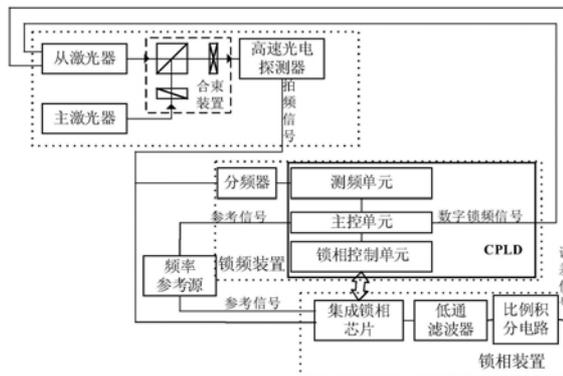
权利要求书2页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种大调谐量高精度锁定激光频率的控制系统及控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种大调谐量高精度锁定激光频率的控制系统及控制方法。本发明采用主激光器和从激光器，合束获得拍频信号；调节从激光器的注入电流实现对从激光器的输出频率的控制，进而控制拍频信号的频率；采用CPLD将锁频和锁相两个控制环路结合起来，实现了同时大动态范围和高精度控制激光频率的目标；以主激光器的输出光频率为基准，精确锁定从激光器的输出光频率，实现了从激光器的输出光频率大调谐量和高精度控制。本发明能够实现快速、大调谐量(40GHz以上)和高精度(1Hz)的激光频率调谐和锁定；本发明的方法可以广泛应用在激光冷却、原子频标和原子干涉仪等基础研究和精密测量技术领域。



1. 一种大调谐量高精度控制激光频率的控制系统,其特征在于,所述控制系统包括:主激光器、从激光器、合束装置、高速光电探测器、频率参考源、锁频装置和锁相装置;其中,所述主激光器和从激光器分别输出激光至合束装置;所述合束装置输出光至高速光电探测器产生拍频信号;拍频信号分别传输至锁频装置和锁相装置;所述锁频装置包括分频器和可编程逻辑器件CPLD,通过编写程序在CPLD中形成测频单元、锁相控制单元和主控单元;拍频信号经分频器转变成频率为原信号频率 $1/N$ 的频率信号,传输至CPLD,CPLD以频率参考源提供的参考信号作为时钟基准,测频单元测得拍频信号的频率,传输至主控单元;主控单元将当前的拍频信号频率与拍频信号频率设定值相比较,获得数字锁频信号,并将数字锁频信号反馈回从激光器的电源,形成锁频环路;数字锁频信号调节从激光器的注入电流,从而调节从激光器的输出频率,以调节拍频信号的频率;调节频率后的拍频信号进一步输入至锁频装置,当拍频信号与拍频信号频率设定值的差值调节至锁相装置的工作动态范围内时,主控单元保持输出的数字锁频信号不变,通过锁相控制单元启动锁相装置工作;所述锁相装置包括依次连接的集成锁相芯片、低通滤波器和比例积分电路;集成锁相芯片将拍频信号与频率参考源提供的参考信号鉴相得到相应的误差信号,经过低通滤波器和比例积分电路调节后反馈回从激光器的电源,形成锁相环路;误差信号调节从激光器的注入电流,从而实现激光频率的锁定;同时,CPLD持续对拍频信号测频,当拍频信号的频率与拍频信号频率设定值的差值位于锁相装置的工作动态范围内时,保持输出的数字锁频信号不变;当拍频信号与拍频信号频率设定值的差值超出锁相装置的工作动态范围内时,CPLD断开锁相环路,开始更新输出的数字锁频信号,通过输出的数字锁频信号调节拍频信号,直至拍频信号再次满足锁相要求,最终通过锁相环路实现从激光器的输出频率锁定;其中, N 为分频比, N 为自然数。

2. 如权利要求1所述的控制系统,其特征在于,所述合束装置采用 $1/2$ 玻片、偏振分束棱镜和 $1/4$ 玻片;其中,主激光器输出激光,经 $1/2$ 玻片调整偏振方向,与从激光器输出的激光一同输入偏振分束棱镜,合束后的激光经 $1/4$ 玻片输入至高速光电探测器形成拍频信号。

3. 如权利要求1所述的控制系统,其特征在于,所述高速光电探测器采用铟镓砷探测器。

4. 一种基于权利要求1所述的控制系统的大调谐量高精度控制激光频率的控制方法,其特征在于,所述控制方法包括以下步骤:

- 1) 主激光器和从激光器分别输出激光至合束装置;
- 2) 合束装置输出光至高速光电探测器产生拍频信号;
- 3) 拍频信号分别传输至锁频装置和锁相装置;

4) 拍频信号经分频器转变成频率为原信号频率 $1/N$ 的频率信号,然后传输至CPLD,CPLD以频率参考源提供的参考信号作为时钟基准,测频单元测得拍频信号的频率,传输至主控单元,其中, N 为分频比, N 为自然数;

5) 主控单元将拍频信号的频率与拍频信号频率设定值相比较,如果拍频信号与拍频信号频率设定值的差值超出锁相装置的工作动态范围内时,进入步骤a),如果拍频信号与拍频信号频率设定值的差值位于锁相装置的工作动态范围内时,进入步骤b):

a) 主控单元通过控制锁相控制单元停止锁相装置工作,主控单元更新数字锁频信号,并将数字锁频信号反馈回从激光器的电源,形成锁频环路;数字锁频信号调节从激光器的

注入电流,从而调节从激光器的输出频率,以调节与主激光器合束后的拍频信号的频率,然后返回步骤1);

b) 主控单元保持输出的数字锁频信号不变,通过锁相控制单元启动锁相装置工作;集成锁相芯片将拍频信号与频率参考源提供的参考信号鉴相得到相应的误差信号,经过低通滤波器和比例积分电路调节后反馈回从激光器的电源,形成锁相环路,误差信号调节从激光器的注入电流,返回步骤1),最终通过锁相环路实现从激光器的输出频率锁定。

一种大调谐量高精度锁定激光频率的控制系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于光电子技术领域,具体涉及一种大调谐量高精度锁定激光频率的控制系统及控制方法。

背景技术

[0002] 在激光精密调控原子,激光相关的精密测量场景中,通常需要在很大范围内调节激光频率,同时需要保证激光频率的高精度。

[0003] 通常,对于一台激光器来说,激光频率的大范围调谐和高精度锁定很难同时实现。为了实现大范围调节激光频率,常用的方法是调节激光器外腔长度、管芯温度或注入电流,但是由于外腔的稳定性不高,温度和电流的控制精度有限以及激光管跳模等因素,频率控制精度低。为了提高激光器频率控制精度,常用的方法是采用声光调制(一般在50MHz)或者电光调制(一般在100MHz)等外调制等方式进行移频,或者将激光频率锁定在超稳腔或高Q值的原子跃迁谱线上,但这些方法的调谐范围很小。

发明内容

[0004] 针对目前激光频率控制技术存在的问题,本发明提出了一种大调谐量高精度控制激光频率的控制系统及控制方法;对拍频频率的控制常用的有锁频和锁相两种方法,锁频可以实现大动态范围的调谐,但控制精度不高;锁相可以实现高精度的频率锁定,但是无法同时满足大动态范围的调谐。本发明采用可编程逻辑器件CPLD将锁频和锁相两个环节结合起来,实现了同时大动态范围和高精度控制激光频率的目标。

[0005] 本发明的一个目的在于提出一种大调谐量高精度控制激光频率的控制系统。

[0006] 本发明的大调谐量高精度控制激光频率的控制系统包括:主激光器、从激光器、合束装置、高速光电探测器、频率参考源、锁频装置和锁相装置;其中,主激光器和从激光器分别输出激光至合束装置;合束装置输出光至高速光电探测器产生拍频信号;拍频信号分别传输至锁频装置和锁相装置;锁频装置包括分频器和可编程逻辑器件CPLD,通过编写程序在CPLD中形成测频单元、锁相控制单元和主控单元;拍频信号经分频器转变成频率为原信号频率 $1/N$ 的频率信号,传输至CPLD,CPLD以频率参考源提供的参考信号作为时钟基准,测频单元测得拍频信号的频率,传输至主控单元;主控单元将当前的拍频信号频率与拍频信号频率设定值相比较,获得数字锁频信号,并将数字锁频信号反馈回从激光器的电源,形成锁频环路;数字锁频信号调节从激光器的注入电流,从而调节从激光器的输出频率,以调节拍频信号的频率;调节频率后的拍频信号进一步输入至锁频装置,当拍频信号与拍频信号频率设定值的差值调节至锁相装置的工作动态范围内时,主控单元保持输出的数字锁频信号不变,通过锁相控制单元启动锁相装置工作;锁相装置包括依次连接的集成锁相芯片、低通滤波器和比例积分电路;集成锁相芯片将拍频信号与频率参考源提供的参考信号鉴相得到相应的误差信号,经过低通滤波器和比例积分电路调节后反馈回从激光器的电源,形成锁相环路;误差信号调节从激光器的注入电流,从而实现激光频率的锁定;同时,CPLD持续

对拍频信号测频,当拍频信号的频率与拍频信号频率设定值的差值位于锁相装置的工作动态范围内时,保持输出的数字锁频信号不变;当拍频信号与拍频信号频率设定值的差值超出锁相装置的工作动态范围内时,CPLD断开锁相环路,开始更新输出的数字锁频信号,通过输出的数字锁频信号调节拍频信号,直至拍频信号再次满足锁相要求,,最终通过锁相环路实现从激光器的输出频率锁定;其中,N为分频比,N为自然数。

[0007] 合束装置采用1/2玻片、偏振分束棱镜和1/4玻片;其中,主激光器输出激光,经1/2玻片调整偏振方向,与从激光器输出的激光一同输入偏振分束棱镜,合束后的激光经1/4玻片输入至高速光电探测器形成拍频信号。

[0008] 高速光电探测器采用铟镓砷探测器。

[0009] 主激光器的输出频率锁定在精确值;调节从激光器的注入电流实现从激光器的输出频率在大范围内调节,将从激光器的频率锁定。该控制系统能够锁定的从激光器的输出频率与主激光器的输出频率之差的范围仅受限于高速光电探测器的响应带宽以及分频器的工作带宽。

[0010] 本发明的另一个目的在于提供一种大调谐量高精度控制激光频率的控制方法。

[0011] 本发明的大调谐量高精度控制激光频率的控制方法,包括以下步骤:

[0012] 1) 主激光器和从激光器分别输出激光至合束装置;

[0013] 2) 合束装置输出光至高速光电探测器产生拍频信号;

[0014] 3) 拍频信号分别传输至锁频装置和锁相装置;

[0015] 4) 拍频信号经分频器转变成频率为原信号频率 $1/N$ 的频率信号,然后传输至CPLD,CPLD以频率参考源提供的参考信号作为时钟基准,测频单元测得拍频信号的频率,传输至主控单元,其中,N为分频比,N为自然数;

[0016] 5) 主控单元将拍频信号的频率与拍频信号频率设定值相比较,如果拍频信号与拍频信号频率设定值的差值超出锁相装置的工作动态范围内时,进入步骤a),如果拍频信号与拍频信号频率设定值的差值位于锁相装置的工作动态范围内时,进入步骤b):

[0017] a) 主控单元通过控制锁相控制单元停止锁相装置工作,主控单元更新数字锁频信号,并将数字锁频信号反馈回从激光器的电源,形成锁频环路;数字锁频信号调节从激光器的注入电流,从而调节从激光器的输出频率,以调节与主激光器合束后的拍频信号的频率,然后返回步骤1);

[0018] b) 主控单元保持输出的数字锁频信号不变,通过锁相控制单元启动锁相装置工作;集成锁相芯片将拍频信号与频率参考源提供的参考信号鉴相得到相应的误差信号,经过低通滤波器和比例积分电路调节后反馈回从激光器的电源,形成锁相环路,误差信号调节从激光器的注入电流,返回步骤1),最终通过锁相环路实现从激光器的输出频率锁定。

[0019] 本发明的优点:

[0020] 本发明采用主激光器和从激光器,输出光合束获得拍频信号;调节从激光器的注入电流实现对从激光器的输出频率的控制,进而控制拍频信号的频率;采用CPLD将锁频和锁相两个控制环路结合起来,实现了同时大动态范围和高精度控制激光频率的目标;以主激光器的输出光频率为基准,精确锁定从激光器的输出光频率,两台激光器输出光的频率差能够在较大范围内调节,这样就实现了从激光器的输出光频率大调谐量和高精度控制。本发明解决了现有激光频率控制方法大调谐量和高精度锁定不能同时实现的问题,能够实

现快速、大调谐量(40GHz以上)和高精度(1Hz)的激光频率调谐和锁定;本发明的方法可以广泛应用在激光冷却、原子频标和原子干涉仪等基础研究和精密测量技术领域。

附图说明

[0021] 图1为本发明的大调谐量高精度控制激光频率的控制系统的结构框图。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图,通过具体实施例,进一步阐述本发明。

[0023] 如图1所示,本实施例的大调谐量高精度锁定激光频率的控制系统包括:主激光器、从激光器、合束装置、高速光电探测器、频率参考源、锁频装置和锁相装置;其中,合束装置采用1/2玻片、偏振分束棱镜和1/4玻片;主激光器输出激光,经1/2玻片调整偏振方向,与从激光器输出的激光一同输入偏振分束棱镜,合束后的激光经1/4玻片输出;合束装置输出光至高速光电探测器产生拍频信号;拍频信号分别传输至锁频装置和锁相装置;锁频装置包括分频器和可编程逻辑器件CPLD,通过编写程序在CPLD中形成测频单元、锁相控制单元和主控单元;拍频信号经分频器转变成频率为原信号频率1/N的频率信号,传输至CPLD,CPLD以频率参考源提供的参考信号作为时钟基准,测频单元测得拍频信号的频率,传输至主控单元,主控单元将当前的拍频信号频率与拍频信号频率设定值相比较,获得数字锁频信号,并将数字锁频信号反馈回从激光器的电源,形成锁频环路,数字锁频信号调节从激光器的注入电流,从而调节从激光器的输出频率,以调节拍频信号的频率,调节频率后的拍频信号进一步输入至锁相装置,当拍频信号与拍频信号频率设定值的差值调节至锁相装置的工作动态范围内时,主控单元保持输出的数字锁频信号不变,通过控制锁相控制单元启动锁相装置工作;锁相装置包括依次连接的集成锁相芯片、低通滤波器和比例积分电路,集成锁相芯片将拍频信号与频率参考源提供的参考信号鉴相得到相应的误差信号,经过低通滤波器和比例积分电路调节后反馈回从激光器的电源,形成锁相环路,误差信号调节从激光器的注入电流,从而实现激光频率的锁定;此时,CPLD持续对拍频信号测频,当拍频信号频率与拍频信号频率设定值的差值位于锁相装置的工作动态范围内时,保持输出的数字锁频信号不变;当拍频信号与拍频信号频率设定值的差值超出锁相装置的工作动态范围内时,CPLD断开锁相环路,开始更新输出的数字锁频信号,通过输出的数字锁频信号调节拍频信号频率,直至拍频信号频率再次满足锁相要求,最终通过锁相环路实现从激光器的输出频率锁定,从激光器与主激光器的频率差等于拍频信号频率设定值。

[0024] 在本实施例中,高速光电探测器采用铟镓砷探测器;主激光器的频率为384234683MHz,从激光器的频率为384223114MHz,频率参考源提供的参考频率为10MHz,锁相装置的工作动态范围为500MHz,拍频信号频率设定值为6580MHz。本实施例实现了±20GHz的大调谐量,同时1Hz的高精度的激光频率调谐和锁定。本实施例中,该频率范围为-20GHz~20GHz,与拍频信号频率设定值范围一致。

[0025] 最后需要注意的是,公布实施例的目的在于帮助进一步理解本发明,但是本领域的技术人员可以理解:在不脱离本发明及所附的权利要求的精神和范围内,各种替换和修改都是可能的。因此,本发明不应局限于实施例所公开的内容,本发明要求保护的范围以权利要求书界定的范围为准。

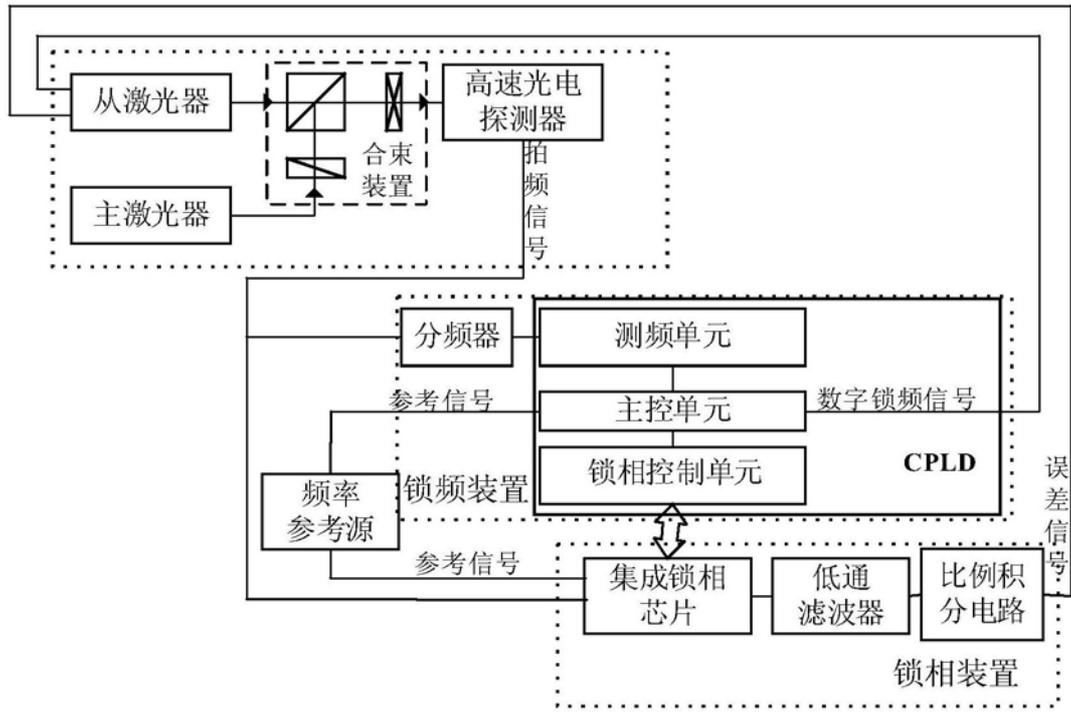


图1