



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113078552 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 30

(21) 申请号 202110274645.4

H01S 3/13 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.15

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113078552 A

CN 104332817 A, 2015.02.04
CN 105048278 A, 2015.11.11
CN 104409960 A, 2015.03.11
CN 2747756 Y, 2005.12.21

(43) 申请公布日 2021.07.06

CN 107240854 A, 2017.10.10
CN 104198057 A, 2014.12.10
JP 2008251945 A, 2008.10.16
US 6175579 B1, 2001.01.16

(73) 专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市嘉定区清河路390号

(72) 发明人 应康 陈迪俊 皮浩洋 王照勇
卢斌 刘雷 程楠 蔡海文

审查员 林玉华

(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 张宁展

(51) Int. Cl.

H01S 5/0687 (2006.01)

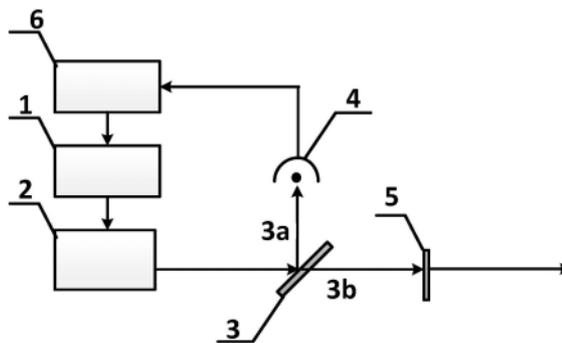
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置

(57) 摘要

一种基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置,包括频率控制模块、单频激光器、半透半反镜、光电探测器、和频率鉴相器,所述的单频激光器内部存在两个非简并的激光模式,且两个非简并的激光模式的频率差分别与两个激光模式的激光频率对应。本发明通过在激光器激光腔内引入两个非简并模式,利用非简并模式的拍频信号与激光频率的相互关系,以拍频信号作为频率参考,得到激光器的中心频率漂移量,最终通过反馈控制实现单频激光器中心频率的稳定,提升频率稳定性。本发明具有不需要第三方频率参考、装置简单紧凑、频率稳定性高、可以实现任意中心波长频率稳定的优势,可有效的推动单频激光器在相干激光通信等许多领域中的应用。



1. 一种基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置,包括频率控制模块(1)、单频激光器(2)、半透半反镜(3)、光电探测器(4)、和频率鉴相器(6),其特征在于,所述的单频激光器(2)内部存在两个非简并的激光模式,且两个非简并的激光模式的频率差与两个模式各自的绝对激光频率存在着一一对应的关系;

所述的光电探测器(4),用于探测两个非简并的激光模式的拍频信号,该拍频信号的频率等于所述两个非简并的激光模式的频率差;

所述的光电探测器4用于探测两个非简并的激光模式的拍频信号,拍频信号的频率等于两个非简并的激光模式的频率差,且拍频信号的频率波动与激光的绝对频率存在着一一对应的关系;

所述的频率鉴相器(6),用于探测光电探测器探测到的拍频信号的频率波动,并转化成直流电压信号输入频率控制模块(1);

所述的频率控制模块(1),用于接收频率鉴相器(6)输出的直流电压信号,并输出相对应的频率控制信号到单频激光器(2),控制单频激光器(2)的输出频率;

所述的单频激光器(2)输出的激光经所述的半透半反镜(3)分成反射光(3a)和透射光(3b),所述的反射光(3a)入射至光电探测器(4),用于激光频率稳定。

2. 根据权利要求1所述的基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置,其特征在于,沿所述的透射光(3b)方向,还设有光学滤波器(5),用于滤除两个非简并的激光模式中的一个激光模式。

基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置

技术领域

[0001] 本发明涉及单频激光器,特别是一种基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置及其调整方法,该装置可应用于激光原子冷却、高分辨率激光光谱、冷原子钟、激光雷达、相干激光通信等前沿基础科学和高技术领域。

背景技术

[0002] 近年来单频激光器技术迅猛发展,单频激光器的性能不断提高,应用越来越广泛。基于其窄线宽、低噪声等优点,单频激光器广泛应用于激光原子冷却、高分辨率激光光谱、冷原子钟等许多领域。这些应用领域对激光器的线宽和频率稳定性要求很高,而自由运转的单频激光器(如半导体激光器、光纤激光器等)的输出频率对泵浦强度和工作温度很敏感,即使是在单纵模下运转,其光谱线宽也比较宽,使它的中心波长会在一个相当大的范围内波动,频率稳定性很差。这对于激光原子冷却、高分辨率激光光谱等的应用,都是必须解决的问题,需要采取进一步的主动稳频措施来满足科学研究领域对单频激光器的要求。因此研究单频激光器的频率稳定技术,解决其中涉及的关键物理问题,具有重要的学术意义和应用价值,受到广泛关注。

[0003] 单频激光器的稳频技术通常是将输出激光的中心频率锁定在某个频率稳定度较高的频率参考上,例如原子、分子的吸收谱线、法布里珀罗标准具等。其中,基于原子吸收谱线的激光频率稳定技术应用最为广泛。它的主要原理是激光器的输出光的频率和原子吸收峰处的频率相比较,得到误差信号并反馈到激光器的频率调谐机构中,完成闭环控制,从而使激光器的中心频率锁定到对应的参考频率上,完成稳频。比如,铷(Rb)原子的吸收谱线可以用于780nm波段的半导体激光器的稳频;铯(Cs)原子的吸收谱线可以用于852nm波段半导体激光器的稳频。这方面MotoichiOhtsu提出了一种原子吸收谱线的半导体激光器调制稳频技术(参见在先技术[1]:“Linewidth reduction of a semiconductor laser by electrical feedback”,IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS,Vol.QE-21,No.12,December 1985)。其基本原理是对激光频率进行调制,再与参考的原子吸收谱线做比较,获得交流的误差信号,产生闭环控制进行稳频。但是基于原子吸收谱线的稳频技术会产生一系列的问题:

[0004] 1. 频率稳定的中心波长取决于原子或分子吸收谱线的位置,限制较大,无法实现任意波长的激光频率稳定。

[0005] 2. 为了产生较强的吸收谱线,往往需要较长的原子或分子吸收池装置,这样大大增加了整个单频激光器稳频装置的体积。

[0006] 为了克服上述第一点的问题,Timothy Day提出了一种利用法布里珀罗标准具的透射峰作为频率参考的单频激光器频率稳定技术(参见在先技术[2]:“Sub-Hertz relative frequency stabilization of two diode laser-pumped Nd:YAG lasers locked to a Fabry-Perot Interferometer”,IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS,Vol.28,No.4,1992),它的主要原理是激光器的输出光的频率和法布里珀罗标准具的透射峰处的频率相

比较,得到误差信号并反馈到激光器的频率调谐机构中,完成闭环控制,从而使激光器的中心频率锁定到法布里珀罗标准具的透射峰处对应的参考频率上,完成稳频。优点是法布里珀罗标准具具有多个透射峰,原则上可以实现任意中心波长的频率稳定。但仍然有如下缺点:

[0007] 1.法布里珀罗标准具的透射峰的中心频率本身容易受到环境温度和振动的影响,其频率稳定性不如原子或分子吸收光谱,直接影响了激光器频率稳定的精度。

[0008] 2.法布里珀罗标准具本身体积较大,这样增加了整个单频激光器稳频装置的体积。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于克服上述在先技术的不足,提供基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置及其调整方法,通过在单频激光器激光腔内产生两个非简并激光模式,利用单频激光器激光腔内非简并模式的拍频信号与激光绝对频率的相互关系,在激光振荡腔内构建频率参考,形成单频激光器激光频率自参考效应,进而精确得到激光器的中心频率漂移量,最终通过反馈控制实现单频激光器中心频率的稳定,可有效的抑制自由运转单频激光器中心频率的波动,提升频率稳定性。

[0010] 本发明的技术解决方案如下:

[0011] 一种基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置,包括频率控制模块、单频激光器、半透半反镜、光电探测器、和频率鉴相器,其特点在于,所述的单频激光器内部存在两个非简并的激光模式,且两个非简并的激光模式的频率差分别与两个非简并的激光模式的激光频率对应;

[0012] 所述的光电探测器,用于探测两个非简并的激光模式的拍频信号,该拍频信号的频率等于所述两个非简并的激光模式的频率差;

[0013] 所述的频率鉴相器,用于探测光电探测器探测到的拍频信号的频率波动,并转化成直流电压信号输入频率控制模块;

[0014] 所述的频率控制模块,用于接收频率鉴相器输出的直流电压信号,并输出相对应的频率控制信号到单频激光器,控制单频激光器的输出频率;

[0015] 所述的单频激光器输出的激光经所述的半透半反镜分成反射光和透射光,所述的反射光入射至光电探测器,用于激光频率稳定。

[0016] 沿所述的透射光方向,还设有光学滤波器,用于滤除两个非简并的激光模式中的一个激光模式,剩下的一个激光模式作为整个装置的输出。

[0017] 本发明与在先技术相比,具有以下优点和积极效果:

[0018] 1、与在先技术[1]相比,本发明的基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置采用单频激光器激光腔内两个非简并模式的拍频信号作为激光频率的自参考信号,不受限于原子或分子吸收谱线的频率位置,可以实现任意中心波长的频率稳定。

[0019] 2、与在先技术[2]相比,基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置采用单频激光器激光腔内两个非简并模式的拍频信号作为激光频率的自参考信号,避免了第三方频率参考如法布里珀罗标准具的透射峰的中心频率本身容易受到环境温度和振动的影响的问题,可以有效提高频率稳定精度。

[0020] 3、与在先技术[1]和在先技术[2]相比,本发明基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置,采用单频激光器激光腔内两个非简并模式的拍频信号作为激光频率的自参考信号,不需要外部的原子/分子吸收池或法布里珀罗标准具等频率参考,有效简化了整个装置,减小体积并降低成本。

附图说明

[0021] 图1是本发明基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置结构框图。

具体实施方式

[0022] 下面结合实例和附图对本发明进行进一步说明,但不应以此限制本发明的保护范围。

[0023] 先请参阅图1,图1是本发明基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置结构框图。由图可见,基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置,包括带有频率控制模块1的单频激光器2、半透半反镜3,光电探测器4,光学滤波器5,频率鉴相器6。

[0024] 所述的单频激光器2内部存在两个非简并的激光模式,两个激光模式的频率差与两个模式各自的绝对激光频率存在着一一对应的关系。

[0025] 所述的光电探测器4用于探测两个非简并的激光模式的拍频信号,拍频信号的频率等于两个非简并的激光模式的频率差。

[0026] 所述的频率鉴相器6用于得到光电探测器探测的拍频信号的频率波动,并转化成直流电压信号输入频率控制模块。由于拍频信号的频率波动与激光的绝对频率存在着一一对应的关系,这样通过频率鉴相器输出的直流电压信号就直接代表了激光器输出激光的频率波动。

[0027] 所述的频率控制模块1接收频率鉴相器6输出的直流电压信号,并输出相对应的频率控制信号到单频激光器,控制单频激光器2的输出频率。

[0028] 所述的半透半反镜3用于将输出激光分成两束,反射光3a用于激光频率稳定,透射光3b经过所述的光学滤波器5,滤除两个非简并的激光模式中的其中一个模式,剩下的一个激光模式作为整个装置的输出。

[0029] 本发明的具体操作步骤如下:

[0030] 1.通过频率控制模块粗调单频激光器的工作波长,将单频激光器的波长粗略调至所需要的工作波长附近。

[0031] 2.调节整体光路,将半透半反镜反射部分的光输入光电探测器,使光电探测器探测到两个非简并的激光模式的拍频信号。

[0032] 3.将拍频信号输入到频率鉴相器中,将拍频信号的频率波动转化成直流电压信号。此时的直流电压信号直接代表了单频激光器的频率波动。

[0033] 4.将得到的直流电压信号直接输入频率控制模块,用于稳定单频激光器的输出波长。

[0034] 本发明基于腔内自参考的单频激光器频率稳定装置,将激光腔内非简并模的拍频信号作为激光频率参考信号,具有不需要第三方频率参考、装置简单紧凑、频率稳定性高、可以实现任意中心波长的频率稳定的优势。本发明可有效的推动单频激光器在微波光子

学、激光雷达、相干激光通信等许多领域中的应用。

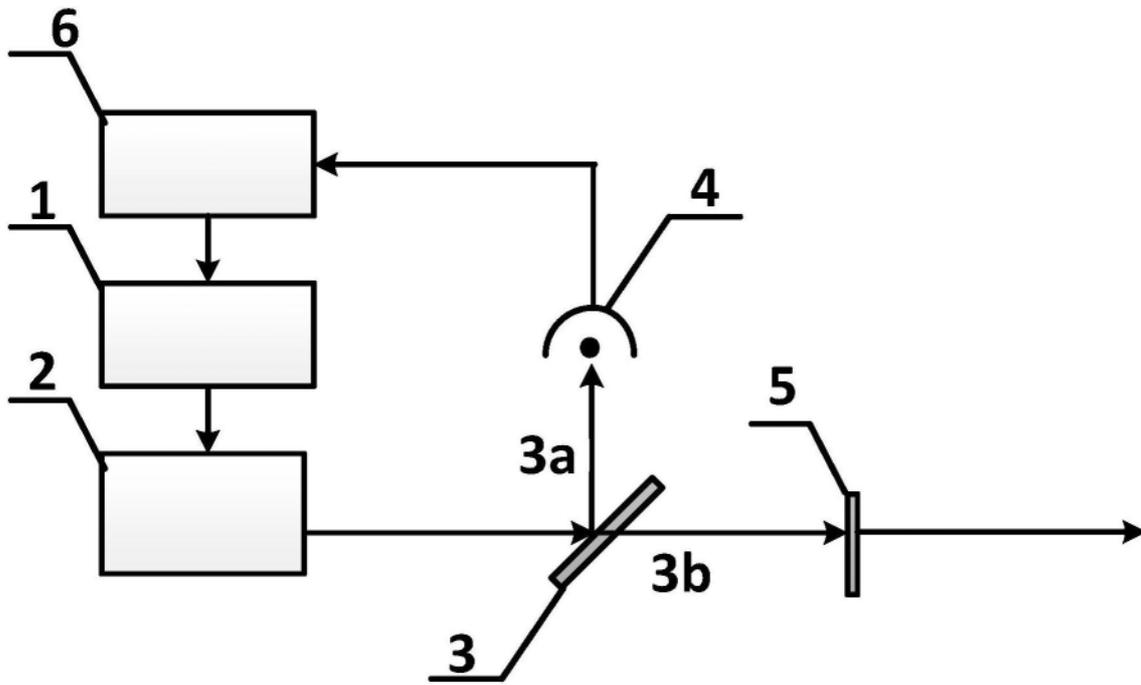


图1