



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104776923 B

(45)授权公告日 2018.11.02

(21)申请号 201510150513.5

(22)申请日 2015.03.31

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104776923 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(73)专利权人 天津大学
地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 刘琨 刘铁根 江俊峰 冯博文
丁振扬 杜阳

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 李素兰

(51)Int.Cl.
G01J 9/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 102636196 A,2012.08.15,
CN 102420650 A,2012.04.18,
CN 102997937 A,2013.03.27,
US 2005129361 A1,2005.06.16,
杜阳 等.基于FBG和光频域反射技术的混合
式光纤传感网研究.《光电子·激光》.2013,第24
卷(第10期),第1900-1905页.

审查员 刘营

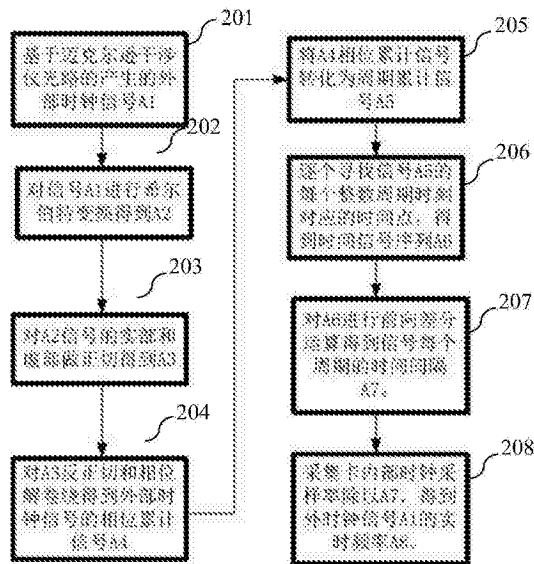
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于频率扫描干涉的外时钟信号频率振荡
测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于频率扫描干涉的外时钟信号频率振荡测量装置及方法,该装置包括可调谐激光器(1)、基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统(9)、光电探测系统(4)和数据采集卡(8)和计算机(10);通过实时采集频率扫描干涉系统的外部时钟信号,并采用相关算法提取外部时钟信号的实时频率,进而获得拍频信号的频率振荡信息,实时准确的获得外部时钟实时的频率振荡情况。相比于其他频谱分析仪器,本发明能够通过相关算法消除高频噪声带来的影响,为降低采样时钟的频率振荡幅度,提高频率扫描干涉系统的空间传感分辨率提供了理论保证。



1. 一种基于频率扫描干涉的外时钟信号频率振荡测量方法,包括可调谐激光器(1)、基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统(9)、光电平衡探测器(4)和数据采集卡(8)和计算机(10);其中:可调谐激光器(1)采用超窄线宽线性调谐激光光源,其光频能够实现高速线性扫描,用于为系统提供光源;

基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统(9),用于产生测量装置的外时钟拍频信号,包括50:50耦合器(3)、第一法拉第旋转镜(5)和第二法拉第旋转镜(6)、延迟光纤(7);50:50耦合器(3)用于光干涉,光从50:50耦合器(3)的a端口进入,从50:50耦合器(3)的c端口和d端口出射,分别被基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统的两臂的第一法拉第旋转镜(5)和第二法拉第旋转镜(6)反射,并返回到50:50耦合器(3)的c端口和d端口,两束光在50:50耦合器(3)中发生干涉,从50:50耦合器(3)的b端口输出;第一法拉第旋转镜(5)和第二法拉第旋转镜(6)利用外时钟拍频信号产生系统提供反射;延迟光纤(7)用于实现非等臂的拍频干涉;光电平衡探测器(4),用于将基于迈克尔逊干涉仪的外时钟信号产生系系统(9)产生的光信号转换为电信号以及消除进入光电平衡探测器两路信号存在的共模噪声;数据采集卡(8),同于采集光电平衡探测器(4)输出的模拟电信号;计算机(10):对数据采集卡(8)采集的干涉信号进行数据处理,实现基于外时钟采样技术的时钟拍频信号频率振荡的测量;其特征在于,该测量方法包括以下步骤:

步骤201,基于迈克尔逊干涉仪光路产生外时钟信号A1;

步骤202,对信号A1进行希尔伯特变换得到信号A1的复指数表达A2;

步骤203,对得到的复指数信号A2实部和虚部做正切运算,得到相位信号的正切表达式A3;

步骤204,对A3做反正切和相位展开运算解卷绕得到外时钟信号的相位累计信号A4;

步骤205,对信号A4的相位累计信号转化为周期累计信号A5;

步骤206,逐个寻找信号A5的每个整数周期时刻对应的时间点,得到时间点信号序列A6;

步骤207,对信号A6进行前向差分运算得到信号A7,即信号A1每个信号周期对应的时间间隔;

步骤208,利用采集卡初始设定的内部时钟采样频率除以信号A7,得到系统外时钟信号A1的实时频率A8,即可提取A1频率振荡信息。

基于频率扫描干涉的外时钟信号频率振荡测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于分布式光纤传感仪器技术领域,具体涉及一种基于频率扫描干涉系统的外时钟信号频率振荡的测量方法。

背景技术

[0002] 频率扫描干涉技术(SWI, Sweep-wavelength interferometry) 凭借其具有非接触损伤、信号噪声小、响应速度快、测量范围大、信噪比高、受光强变化影响等优点,得到了广泛的研究和应用。其典型应用包括:用于光纤通讯网络及器件测试及应力、温度、扰动传感领域的光频域反射技术(OFDR, Optical Frequency Domain Reflectometry) 和用于生物医学成像及工业材料检测等领域的光学相干层析技术(OCT, optical coherent tomography)。该技术采用高相干激光器进行高速和线性波长扫描,利用参考臂上由法拉第反射镜反射的光与单模光纤背向散射光进行干涉。由于二者的光程不同,干涉端实际上是不同频率两束光进行干涉,形成拍频。通过探测不同的拍频信号,就可以探测传感光纤不同位置的背向散射信息。

[0003] 频率扫描干涉技术的关键是需要激光器光源提供较大的光频扫描范围,并且光频在扫描过程中保持高速和线性特性。这是因为在频率扫描干涉技术中的信号处理需要将信号转换到频域,通常使用快速傅里叶算法(FFT, Fast Fourier Transform) 实现,而FFT算法要求自变量采取等间隔采样,由于频率扫描干涉技术的自变量不是时间而是激光器的瞬时光频率,如果激光器输出光存在相位噪声,即使采用FFT算法,由于自变量非等间隔采样,会造成频率扫描干涉系统的空间分辨率严重恶化。针对这一问题,可以考虑采用附加干涉仪作为系统的外时钟进行采样的方案解决,但这种方案要求作为采样时钟的拍频信号频率稳定。而实际的采样时钟的拍频信号的频率并不稳定,其振荡的幅度大小对系统的空间分辨率及测试稳定性有很大的影响。

[0004] 在频率扫描干涉系统中,光源的相位噪声会严重影响系统的空间分辨率及测试距离,利用外时钟采样技术在一定程度上可以消除相位噪声的影响,其原理是实现每个采样周期内的等光频采样。而实际系统外时钟的拍频信号的频率并不稳定,且其振荡的幅度会严重影响系统的空间分辨率及测试稳定性。

[0005] 目前,克服激光器光源相位噪声的主要方法就是利用外时钟采样的方法获得拍频信号。但实际系统中的外时钟频率不稳定,对信号的空间分辨率和测试的稳定性都造成了很大的影响,只有通过相关的技术手段,检测出外时钟实时的频率振荡情况,才能够探索相应的方法降低其影响。

发明内容

[0006] 基于上述现有技术上的不足,本发明提出了一种基于频率扫描干涉的外时钟信号频率振荡测量方法,通过实时采集频率扫描干涉系统的外时钟信号,并采用相关算法提取外时钟信号的实时频率,进而获得拍频信号的频率振荡信息,实时准确的获得外时钟实时

的频率振荡情况。

[0007] 本发明提出了一种基于频率扫描干涉系统的外时钟信号频率振荡的测量方法,包括可调谐激光器1、基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统9、光电探测系统4和数据采集卡8和计算机10;可调谐激光器1采用超窄线宽线性调谐激光光源,其光频能够实现高速线性扫描,用于为系统提供光源;基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统9,用于产生测量装置的外时钟拍频信号,包括50:50耦合器3、第一法拉第旋转镜5和第二法拉第旋转镜6、延迟光纤7;50:50耦合器3用于光干涉,光从50:50耦合器3的a端口进入,从50:50耦合器3的c端口和d端口出射,分别被基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统的两臂的第一法拉第旋转镜5和第二法拉第旋转镜6反射,并返回到50:50耦合器3的c端口和d端口,两束光在50:50耦合器3中发生干涉,从50:50耦合器3的b端口输出;第一法拉第旋转镜5和第二法拉第旋转镜6利用迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统提供反射;延迟光纤7用于实现非等臂的拍频干涉;光电探测器4,用于将基于迈克尔逊干涉仪的外时钟信号产生系统9产生的光信号转换为电信号以及消除进入探测器两路信号存在的共模噪声;数据采集卡8,用于采集平衡探测器4输出的模拟电信号;计算机10,对数据采集卡8采集的干涉信号进行数据处理,实现基于外时钟采样技术的时钟拍频信号频率振荡的测量;该方法包括以下步骤:

[0008] 步骤201,基于迈克尔逊干涉仪光路产生外时钟信号A1;

[0009] 步骤202,对信号A1进行希尔伯特变换得到信号A1的复指数表达A2;

[0010] 步骤203,对得到的复指数信号A2实部和虚部做正切运算,得到相位信号的正切表达式A3;

[0011] 步骤204,对A3做反正切和相位展开运算解卷绕得到外时钟信号的相位累计信号A4;

[0012] 步骤205,对信号A4的相位累计信号转化为周期累计信号A5;

[0013] 步骤206,逐个寻找信号A5的每个整数周期时刻对应的时间点,得到时间点信号序列A6;

[0014] 步骤207,对信号A6进行前向差分运算得到信号A7,即信号A1每个信号周期对应的时间间隔;

[0015] 步骤208,利用采集卡初始设定的内部时钟采样频率除以信号A7,得到系统外时钟信号A1的实时频率A8,即可提取A1频率振荡信息。

[0016] 相比于其他频谱分析仪器,本发明能够通过相关算法消除高频噪声带来的影响,为降低采样时钟的频率振荡幅度,提高频率扫描干涉系统的空间传感分辨率提供了理论保证。

附图说明

[0017] 图1是一种基于频率扫描干涉系统的外时钟信号频率振荡的测量装置示意图;

[0018] 其中:1、可调谐激光器,2、环形器,3、50:50耦合器,4、光电探测器,5、第一法拉第旋转镜,6、第二法拉第旋转镜,7、延迟光纤,8、数据采集卡,9、基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统,10、计算机;

[0019] 图2是基于频率扫描干涉系统的外时钟信号频率振荡的测量算法框图;

[0020] 图3是基于外时钟采样技术获得的时钟信号曲线；

[0021] 其中：(A)为基于迈克尔逊干涉仪光路产生的外部时钟信号，(B)图为外时钟信号拍频细节图。

[0022] 图4是基于外时钟采样技术的时钟信号对应拍频周期示意图；

[0023] 图5是在延迟光纤长度为1000m,光源的扫描速率为40nm/s的条件下测得的外时钟信号实时频率图。

具体实施方式

[0024] 以下结合附图及具体实施方式,进一步详述本发明的技术方案。

[0025] 如图1所示,本发明为一种基于频率扫描干涉系统的外时钟信号频率振荡的测量装置,包括:可调谐激光器1、基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统、光电探测系统、和数据采集卡、和计算机；

[0026] 1、可调谐激光器,2、环形器,3、50:50耦合器,4、光电探测器,5、第一法拉第旋转镜,6、第二法拉第旋转镜,7、延迟光纤,8、数据采集卡,9、基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统,10、计算机；

[0027] 可调谐激光器1,用于为系统提供光源,光源采用超窄线宽线性调谐激光光源,其光频能够实现高速线性扫描；

[0028] 基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统9用于产生测量装置的外时钟拍频信号,其结构包括:50:50耦合器3、第一法拉第旋转镜5和第二法拉第旋转镜6、延迟光纤7;50:50耦合器3用于光干涉,光从50:50耦合器3的a端口进入,从50:50耦合器3的c端口和d端口出射,分别被基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统的两臂的第一法拉第旋转镜5和第二法拉第旋转镜6反射,并返回到50:50耦合器3的c端口和d端口,两束光在50:50耦合器3中发生干涉,从50:50耦合器3的b端口输出;第一法拉第旋转镜5和第二法拉第旋转镜6基于迈克尔逊干涉仪的外时钟拍频信号产生系统提供反射;延迟光纤7用于实现非等臂的拍频干涉；

[0029] 光电探测器4,用于将基于迈克尔逊干涉仪的外时钟信号产生系统9产生的光信号转换为电信号,光电探测器4采用的是低噪声平衡探测器,用于消除进入探测器两路信号存在的共模噪声；

[0030] 数据采集卡8,同于采集平衡探测器4输出的模拟电信号；

[0031] 计算机10:对数据采集卡8采集的干涉信号进行数据处理,实现基于外时钟采样技术的时钟拍频信号频率振荡的测量。

[0032] 如图2所示,本发明的测量算法的步骤是：

[0033] 步骤201,基于迈克尔逊干涉仪光路产生外时钟信号A1；

[0034] 步骤202,对信号A1进行希尔伯特变换得到信号A1的复指数表达A2；

[0035] 步骤203,对得到的复指数信号A2实部和虚部做正切运算,得到相位信号的正切表达式A3；

[0036] 步骤204,对A3做反正切和相位展开运算解卷绕得到外时钟信号的相位累计信号A4；

[0037] 步骤205,对信号A4的相位累计信号转化为周期累计信号A5；

[0038] 步骤206,逐个寻找信号A5的每个整数周期时刻对应的时间点,得到时间点信号序列A6;

[0039] 步骤207,对信号A6进行前向差分运算得到信号A7,即信号A1每个信号周期对应的时间间隔;

[0040] 步骤208,利用采集卡初始设定的内部时钟采样频率除以信号A7,得到系统外时钟信号A1的实时频率A8,即可提取A1频率振荡信息。

[0041] 在频率扫描干涉系统中,设光源的扫描速率为 γ ,延迟光纤产生的时延为 τ ,则系统产生的信号的频率为 $f_b = \gamma \tau$ 。由于法拉第旋转镜产生的反射光的强度远大于背向散射光的强度,所以附加干涉仪产生的时钟信号的频率仅取决于产生时钟信号的延迟光纤长度,其他位置的背向散射信号对系统的时钟基本没有影响。

[0042] 利用上述装置的测量方法对一段长约为1000m的延迟光纤进行测试,设定光源的扫描速率为40nm/s,利用频谱分析的方法测得系统的平均拍频为48.9M。采用上述测量方法可以得到采样时钟每个周期对应的实时频率,如图5所示。实验结果表明:该装置和方法可以较准确的测量系统的实时拍频并能够分析频率振荡的实时分布。

[0043] 尽管上面结合图对本发明进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示之下,在不脱离本发明宗旨的情况下,还可以做出很多变形,这些均属于本发明的保护之内。

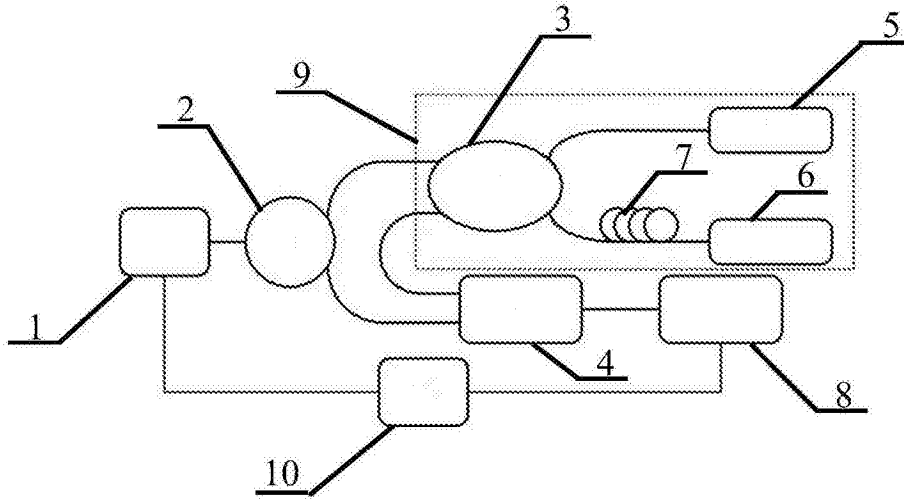


图1

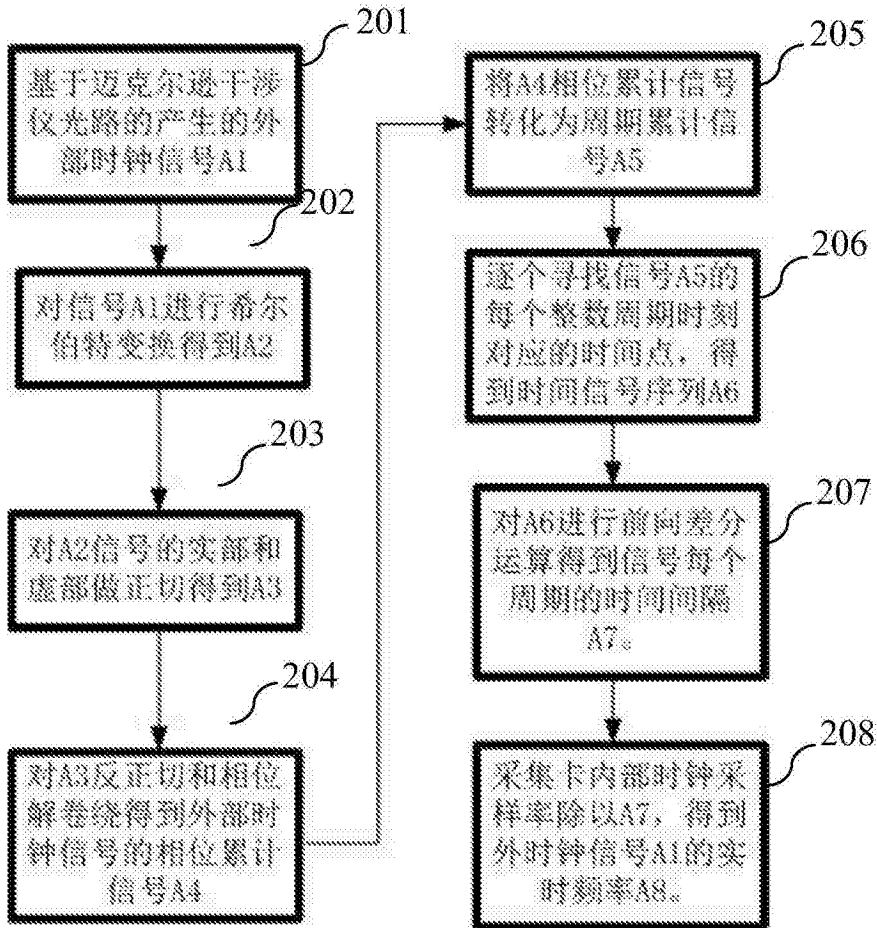


图2

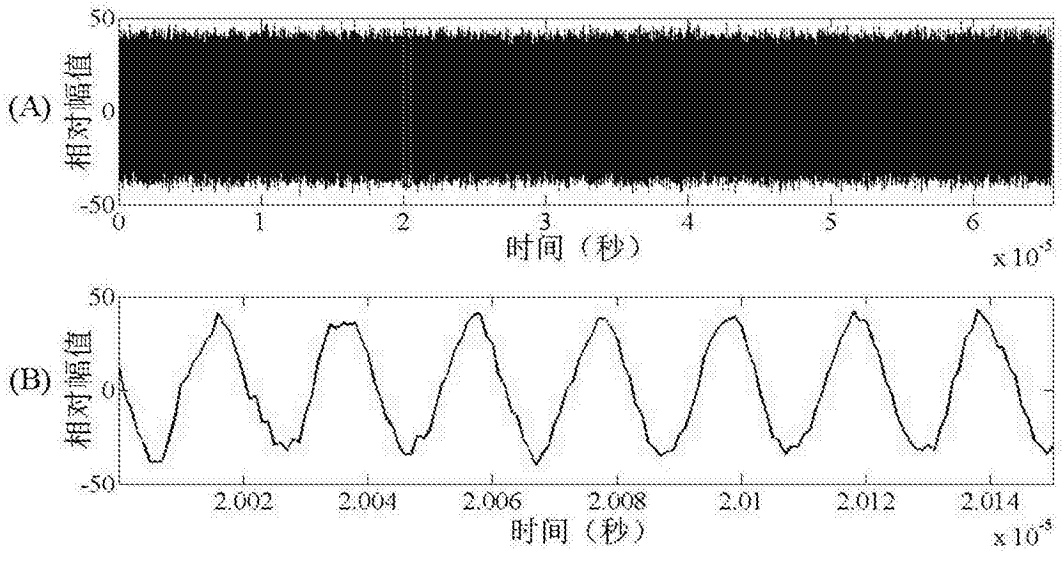


图3

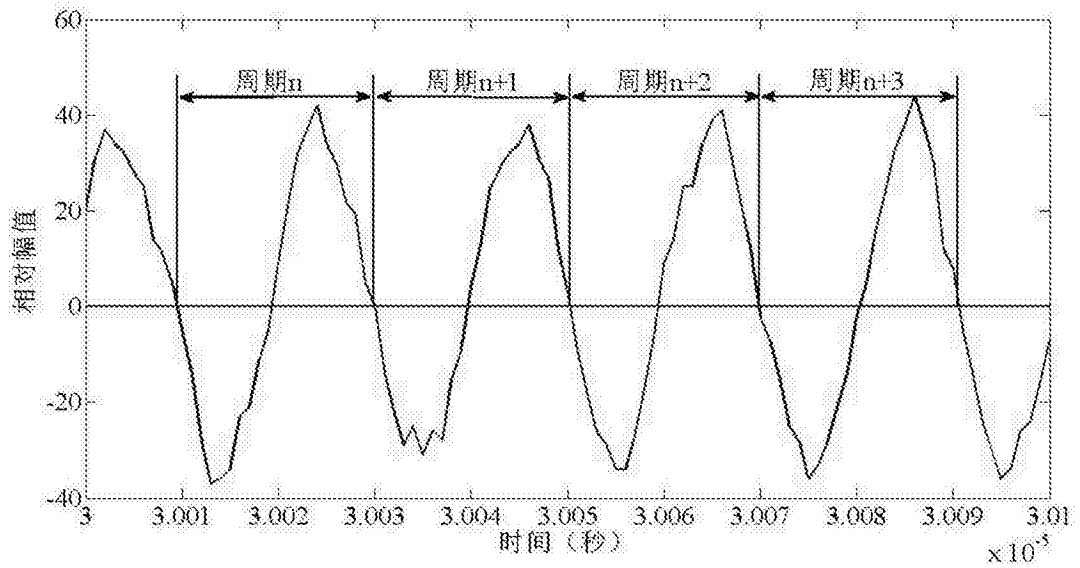


图4

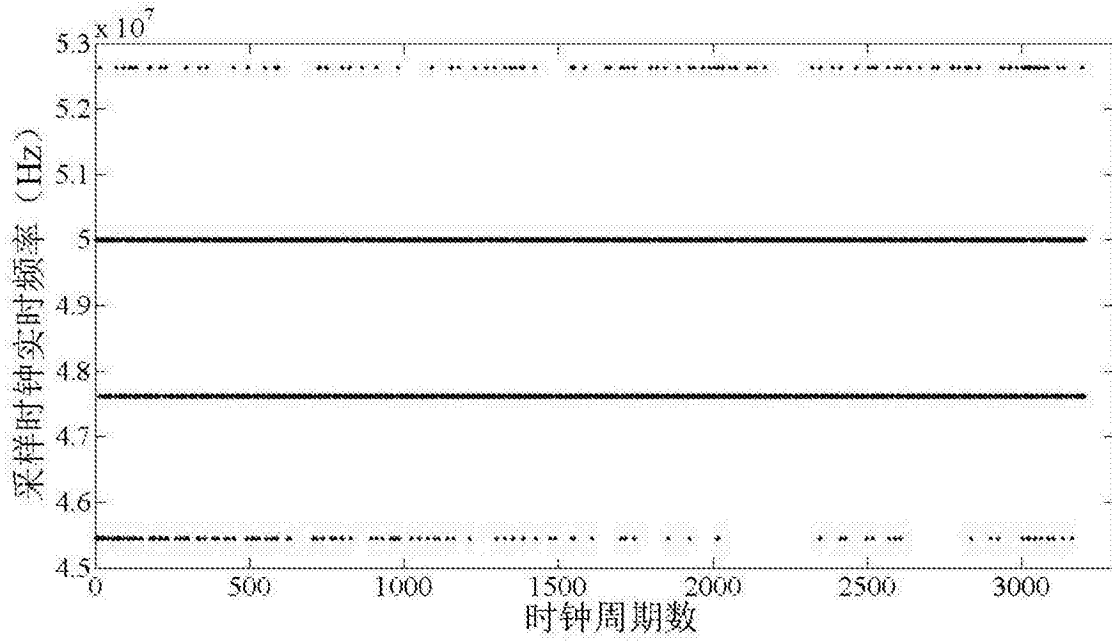


图5