



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108917909 A

(43)申请公布日 2018. 11. 30

(21)申请号 201810648440.6

(22)申请日 2018.06.22

(71)申请人 厦门大学

地址 361000 福建省厦门市思明区思明南路422号

(72)发明人 黄文财 魏铮 张燕亭 冯腾
熊彦彬

(74)专利代理机构 厦门致群专利代理事务所
(普通合伙) 35224

代理人 刘兆庆 陆庆红

(51)Int.Cl.

G01H 9/00(2006.01)

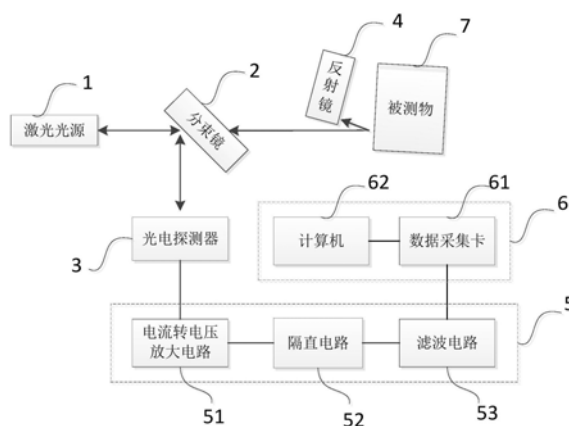
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

基于自混合干涉的高精度振幅实时测量装置和方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于自混合干涉的高精度振幅实时测量装置,包括激光光源、分束镜、光电探测器、反射镜、信号处理单元、数据处理显示单元及被测物,所述激光光源、分束镜、光电探测器、被测物及反射镜依次光路连接,所述信号处理单元的输入端与所述光电探测器相连,其输出端与所述数据处理单元相连。本发明还公开了一种基于自混合干涉的高精度实时振幅测量方法。本发明无需传统激光干涉仪的参考臂,其单臂光路具有易准直且减小系统对外界的噪声敏感度。采用自混合干涉原理对激光光源相干性无特定要求,激光器选择自由度大。同时,装置的增益参数可控,可测的最小振幅值可达纳米级;在频域获取信号频谱特征值,无需数条纹,易实现宽范围实时测量。



1. 一种基于自混合干涉的高精度振幅测量装置,其特征在于:包括激光光源、分束镜、光电探测器、反射镜、被测物、信号处理单元及数据处理显示单元;所述激光光源、分束镜、被测物及反射镜依次光路连接;所述光电探测器、信号处理单元及数据处理显示单元依次电路连接;

所述分束镜将所述激光光源发出的激光分成两束,其中一束照射在所述被测物表面,经所述被测物反射后再经所述反射镜返回所述激光光源的内腔中以发生激光自混合干涉;另一束输入至所述光电探测器,所述光电探测器检测所述激光光源的输出功率,获得对应的信号;所述信号处理单元对信号进行处理后输送至所述数据处理单元;所述数据处理显示单元对信号进行计算分析,获得被测物的振幅。

2. 如权利要求1所述的一种基于自混合干涉的高精度振幅测量装置,其特征在于:所述信号处理单元包括电流电压转换放大电路、隔直电路及滤波电路;所述电流电压转换放大电路的输入端连接所述光电探测器的输出端,所述隔直电路的输入端连接所述电流电压转换放大电路的输出端,其输出端连接所述滤波电路的输入端。

3. 如权利要求1所述的一种基于自混合干涉的高精度振幅测量装置,其特征在于:所述数据处理显示单元包括数据采集卡及计算机,所述数据采集卡连接所述信号处理单元的输出端,并与所述计算机进行通信,所述计算机用于存储所述信号处理单元发出的数据并进行实时分析处理。

4. 一种基于自混合干涉的高精度振幅测量方法,利用如权利要求1所述的基于自混合干涉的高精度振幅测量装置进行测量,其特征在于,包括以下步骤:

S1、准备被测物,保证该被测物具有一定的反射率,若允许在被测物表面贴镜子,被测物可不具有反射率;

S2、调整被测物与反射镜的位置关系,保证被测物与反射镜形成多光程结构;

S3、开启激光光源,调节反射镜改变多光程结构以适应不同振幅测量需求,并保证激光能够返回激光光源;

S4、光电探测器探测激光功率的变化获得对应的信号,所述信号处理单元对信号进行隔直、滤波处理后传输至所述数字处理显示单元;

S5、所述数据处理显示单元对信号进行分析计算,求解被测物的振幅;

S51、根据信号幅值最大的频率与基频的比值,查找对应的贝塞尔函数对应的自变量获得信号频谱的特征值 m ;

S52、求解多光程结构的增益参数 G ;

$$G(N, \theta) = \frac{1}{\cos \theta} + \sum_{n=1}^{N-1} \frac{\cos \frac{N\theta}{N-1}}{\cos \frac{(n-1)\theta}{N-1} \cos \frac{n\theta}{N-1}}, \text{其中} N \text{为反射次数, } \theta \text{为激光入射角};$$

S53、建立振幅求解模型,求解被测物的振幅 A :

$$A = \frac{m\lambda}{4\pi G};$$

其中, λ 为激光波长。

基于自混合干涉的高精度振幅实时测量装置和方法

技术领域

[0001] 本发明属于光学纳米测量技术领域,具体涉及一种基于自混合干涉的高精度振幅实时测量装置和方法。

背景技术

[0002] 纳米振动测量在高精密工程技术、精密加工、航空航天等许多应用中具有越来越重要的意义。目前研究学者们提出了一些有意义的微弱振动物体的振幅测量方法。其中,基于光学技术的测量手段具有非接触高精度的优点而倍受重视。常用的光学振动测量方法有几何光学法和光学干涉法。然而,已有报道的光学测量方法大多要求复杂精密的光学调整系统,同时测量范围受限于激光波长的影响,对于极弱振动无法感知;此外对于被测物振动幅度较大时,传统的条纹计数法耗时且容易出错。此前有报道的频谱法【Optical Engineering, 52 (5), 2013】能够探测的最小振幅值约为 0.21λ ,其分辨率约为 $\lambda/11.94$ 。多次反射法【IEEE Photonics Journal, 5 (3), 2013】虽然随着反射次数的增多其测量精度也相应的变高,但是对于幅值较大时,追求高精度的同时条纹数也随之剧增,给传统的条纹计数法带来了难度。因此,这些对于实现简单测量实时获得纳米级高精度分辨率的应用场合并不适宜。

发明内容

[0003] 为了高效、简单、精确的测量极弱的纳米级振动物体的振动幅值,本发明设计了一种基于自混合干涉的高精度振幅测量装置和方法;其结构简单紧凑、方法简单高效、使用范围广。

[0004] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0005] 一种基于自混合干涉的高精度振幅测量装置,包括激光光源、分束镜、光电探测器、反射镜、被测物、信号处理单元及数据处理显示单元;所述激光光源、分束镜、被测物及反射镜依次光路连接;所述光电探测器、信号处理单元及数据处理显示单元依次电路连接;

[0006] 所述分束镜将所述激光光源发出的激光分成两束,其中一束照射在所述被测物表面,经所述被测物反射后再经所述反射镜返回所述激光光源的内腔中以发生激光自混合干涉;另一束输入至所述光电探测器,所述光电探测器检测所述激光光源的输出功率,获得对应的信号;所述信号处理单元对信号进行处理后输送至所述数据处理单元;所述数据处理显示单元对信号进行计算分析,获得被测物的振幅。

[0007] 进一步地,所述信号处理单元包括电流电压转换放大电路、隔直电路及滤波电路;所述电流电压转换放大电路的输入端连接所述光电探测器的输出端,所述隔直电路的输入端连接所述电流电压转换放大电路的输出端,其输出端连接所述滤波电路的输入端。

[0008] 进一步地,所述数据处理显示单元包括数据采集卡及计算机,所述数据采集卡连接所述信号处理单元的输出端,并与所述计算机进行通信,所述计算机用于存储所述信号处理单元发出的数据并进行实时分析处理。

[0009] 本发明还公开了一种基于自混合干涉的高精度振幅测量方法,利用前述的基于自混合干涉的高精度振幅测量装置进行测量,包括以下步骤:

[0010] S1、准备被测物,保证该被测物具有一定的反射率,若允许在被测物表面贴镜子,被测物可不具有反射率;

[0011] S2、调整被测物与反射镜的位置关系,保证被测物与反射镜形成多光程结构;

[0012] S3、开启激光光源,调节反射镜改变多光程结构以适应不同振幅测量需求,并保证激光能够返回激光光源;

[0013] S4、光电探测器探测激光功率的变化获得对应的信号,所述信号处理单元对信号进行隔值、滤波处理后传输至所述数字处理显示单元;

[0014] S5、所述数据处理显示单元对信号进行分析计算,求解被测物的振幅:

[0015] S51、根据信号幅值最大的频率与基频的比值,查找对应的贝塞尔函数对应的自变量获得信号频谱的特征值 m ;

[0016] S52、求解多光程结构的增益参数 G ;

[0017]
$$G(N, \theta) = \frac{1}{\cos \theta} + \sum_{n=1}^{N-1} \frac{\cos \frac{N\theta}{N-1}}{\cos \frac{(n-1)\theta}{N-1} \cos \frac{n\theta}{N-1}},$$
 其中 N 为反射次数, θ 为激光入射角;

[0018] S53、建立振幅求解模型,求解被测物的振幅 A :

[0019]
$$A = \frac{m\lambda}{4\pi G};$$

[0020] 其中, λ 为激光波长。

[0021] 采用上述技术方案后,本发明与背景技术相比,具有如下优点:

[0022] 1. 本发明无需传统激光干涉仪的参考臂,其单臂光路具有易准直且减小系统对外界的噪声敏感度。采用自混合干涉原理对激光光源相干性无特定要求,激光器选择自由度大。

[0023] 2. 本发明提出了多光程结构结合频谱的新方法,其相比于单一的频谱法不仅具有更高的分辨率,而且具有更大的测量范围;而相比于单一的多次反射法,在反射次数相同的情况下,该方法不仅具有更高的测量精度(可达纳米级),同时避免了找翻转点结合条纹计数法测量振幅的繁琐性。

[0024] 3. 测量系统的整体设计易于集成,测量方式简便可靠,适合产业化应用。

附图说明

[0025] 图1为激光自混合干涉技术的原理图。

[0026] 图2为本发明振幅测量装置的结构示意图。

[0027] 图3为本发明振幅测量方法的流程示意图。

[0028] 图4为本发明测量显示的LabVIEW界面图。

具体实施方式

[0029] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并

不用于限定本发明。

[0030] 在对实施例进行描述之前,首先对本发明的基本原理进行说明。本发明是基于激光的自混合干涉原理进行设计的,当被测物发生位移时,携带外腔光程变化信号的反射光将影响内腔,使激光功率发生扰动,即被测物的位移信息体现在光功率波动中。

[0031] 实施例一

[0032] 请参阅图2,本发明公开了一种基于自混合干涉的振幅测量装置,包括激光光源1、分束镜2、光电探测器3、反射镜4、信号处理单元5、数据处理显示单元6及被测物7,其中:

[0033] 激光光源1采用半导体泵浦全固态绿光激光器。当然,激光光源1也可采用其他准直性符合要求的激光器,本发明不做具体限制。

[0034] 参考图2所示,分束镜2用于将出射的激光分为两路,一路打到被测物7,另一路打到光电探测器3以检测激光功率的波动;

[0035] 反射镜4用于与被测物形成多光程结构以满足不同的测量需求,同时保证激光返回到激光光源1。在本实施例中,激光光源1、分束镜2、光电探测器3、被测物7及反射镜4同光轴依次设置。

[0036] 信号处理单元5包括电流电压转换放大电路51、隔直电路52及滤波电路53,其中:

[0037] 电流电压转换放大电路51的输入端连接光电探测器3的输出端,电流电压转换电路51可采用取样电阻、三极管或积分电路,在本实施例中,电流电压转换电路51采用积分电路,光电探测器3输出的电流信号通过积分电路转换成电压信号。

[0038] 隔直电路52的输入端连接电流电压转换放大电路51的输出端,其输出端连接滤波电路53的输入端。

[0039] 本领域技术人员应该理解的是,当激光光源1采用上述的其他光电探测器时,信号处理单元5的结构也需要做相应的调整,以满足对光功率信号的处理要求。

[0040] 数据处理显示单元6包括数据采集卡61及计算机62,数据采集卡61连接信号处理单元5的输出端,并与计算机62进行通信,计算机62用于存储信号处理单元5发出的数据并进行实时分析处理。

[0041] 实施例二

[0042] 配合图2和图3所示,本发明公开了一种基于自混合干涉的高精度振幅测量方法,该方法采用实施例一的基于自混合干涉的高精度振幅测量装置,具体通过以下步骤实现:

[0043] S1、准备被测物,保证该被测物具有一定的反射率;

[0044] S2、调整被测物与反射镜的位置关系,保证被测物与反射镜形成多光程结构;

[0045] S3、开启激光光源,调节反射镜改变多光程结构以适应不同振幅测量需求,并保证激光能够返回激光光源;

[0046] S4、光电探测器探测激光功率的变化获得对应的信号,所述信号处理单元对信号进行处理后传输至所述数字处理显示单元;

[0047] 具体为:启动计算机62上的LabVIEW程序,光电探测器3产生的电流信号经信号处理单元5进行隔值、滤波处理后传输给数据采集卡61,并通过数据采集卡61发送给计算机62进行实时处理显示。

[0048] S5、所述数据处理显示单元对信号进行分析计算,求解被测物的振幅:

[0049] S51、根据信号幅值最大的频率与基频的比值,查找对应的贝塞尔函数对应的自变

量获得信号频谱的特征值 m ;

[0050] S52、求解多光程结构的增益参数 G ;

$$[0051] \quad G(N, \theta) = \frac{1}{\cos \theta} + \sum_{n=1}^{N-1} \frac{\cos \frac{N\theta}{N-1}}{\cos \frac{(n-1)\theta}{N-1} \cos \frac{n\theta}{N-1}};$$

[0052] 其中 N 为反射次数, θ 为激光入射角;

[0053] S53、建立振幅求解模型, 求解被测物的振幅 A :

$$[0054] \quad A = \frac{m\lambda}{4\pi G};$$

[0055] 其中, λ 为激光波长。

[0056] S63、将 λ 、 m 、 G 的值代入振幅求解模型, 计算出被测物7的振幅 A 。

[0057] 为了验证本发明的可行性, 选取纳米平移台 (设置振幅为75nm) 作为被测物7, 采用本发明的测量方法进行振幅测量, 具体如下:

[0058] 半导体泵浦全固态绿光激光器中心波长 λ 为532nm。

[0059] 测量过程中, 多光程结构的增益参数 G 为3.924, 信号频谱的特征值 m 为6.5。

[0060] 将以上 λ 、 G 、 m 的值代入下式:

$$[0061] \quad A = \frac{m\lambda}{4\pi G}$$

[0062] 最终计算出振幅 A 为70.13nm, 与纳米平移台的设置的振幅75nm相比, 误差为4.87nm, 图4为LabVIEW显示测量结果, 从而可以得出本发明的测量方法是可行的。

[0063] 以上所述, 仅为本发明较佳的具体实施方式, 但本发明的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内, 可轻易想到的变化或替换, 都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此, 本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

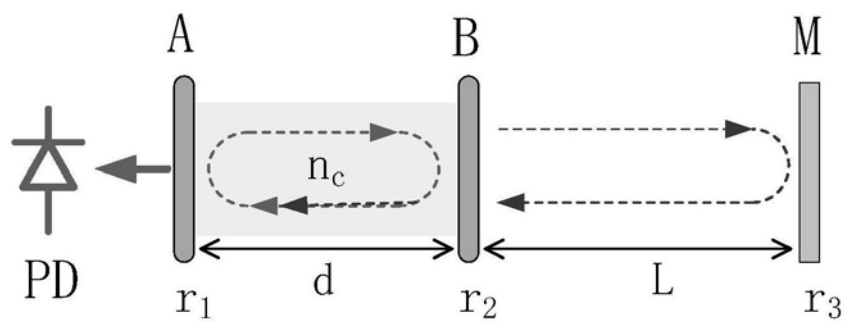


图1

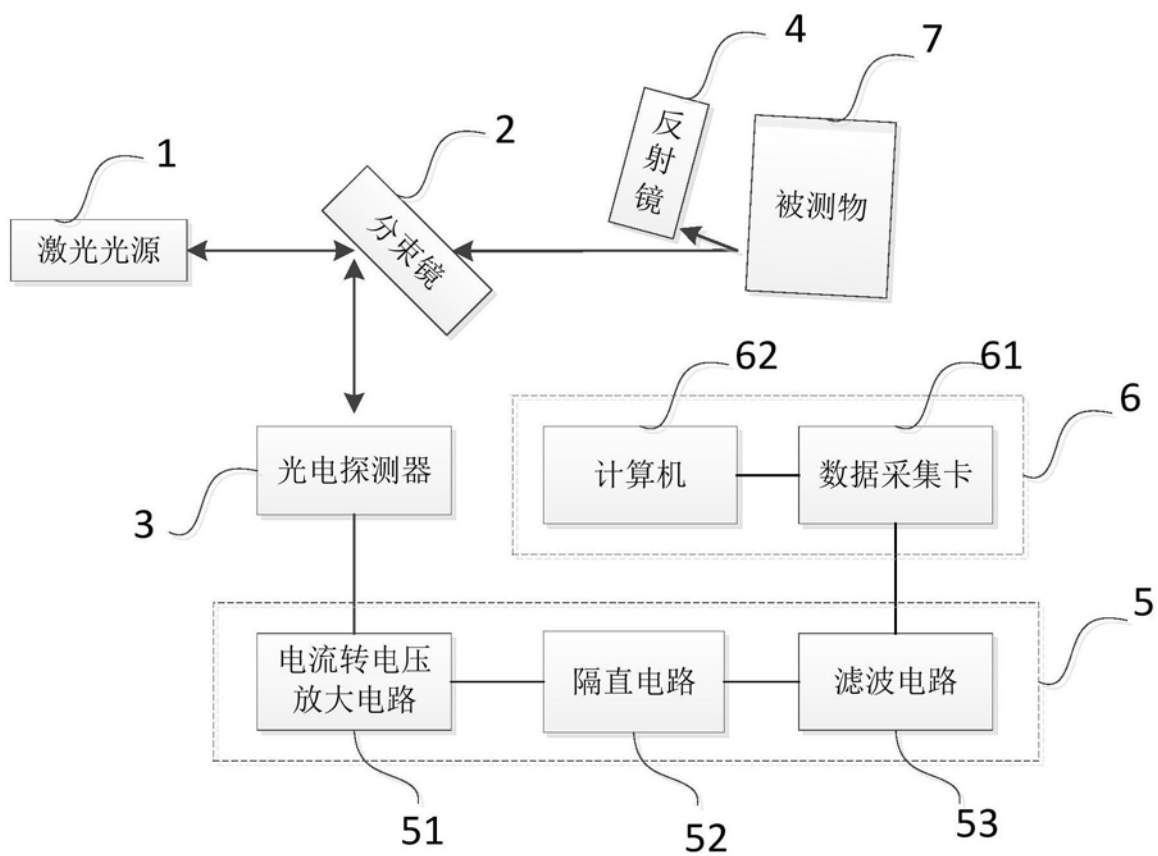


图2



图3

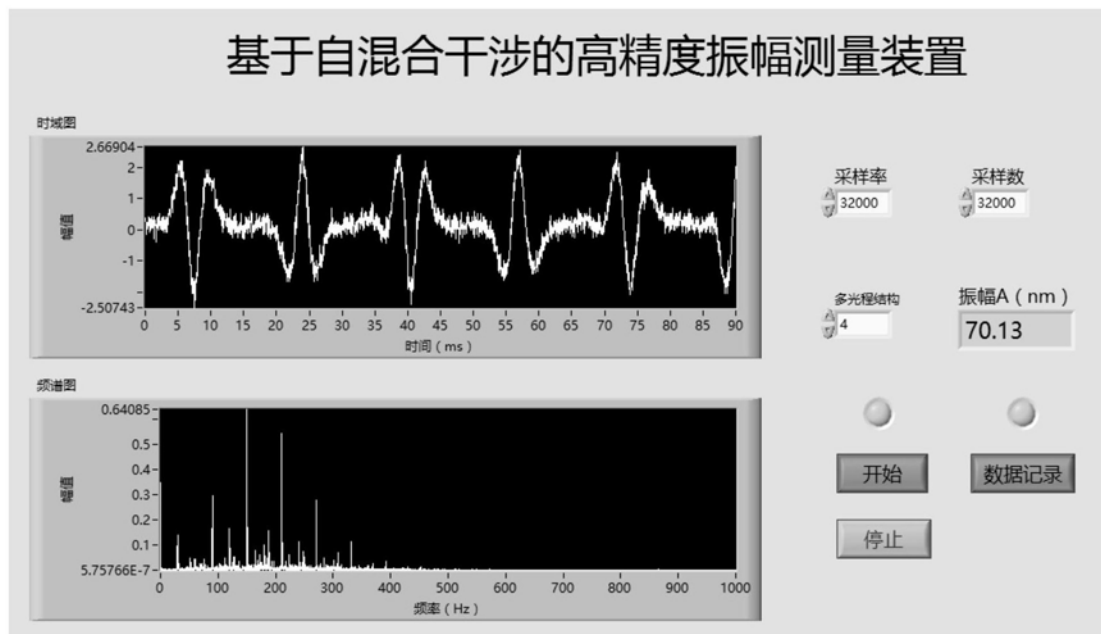


图4