



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116929250 A

(43) 申请公布日 2023. 10. 24

(21) 申请号 202310858080.3

(22) 申请日 2023.07.13

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 王少鑫 齐克奇 刘河山 罗子人

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

专利代理师 席卷

(51) Int. Cl.

G01B 11/26 (2006.01)

G01B 11/27 (2006.01)

G01B 9/02 (2022.01)

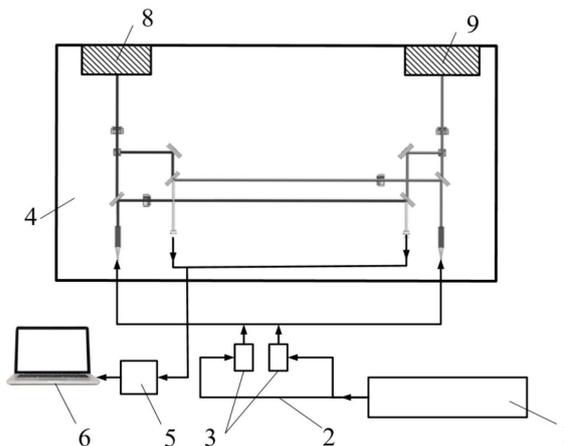
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于平行反射面间角度误差的测量装置

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种用于平行反射面间角度误差的测量装置,包括:光源提供单元,用于提供出射激光;激光分束调制单元,用于将出射激光分束,并对分束后的出射激光的频率差进行调制;激光干涉单元,用于将调制后的出射激光引导到达一组反射面相平行的待测件上,并返回形成与所述待测件一一对应的两套干涉信号;数据采集处理单元,用于采集所述干涉信号,并根据采集的干涉信号得到一组所述待测件的反射面上的角度误差信息。本发明以外差干涉技术为基础,构建了具有高精度测量能力,对反射平面的测量精度水平能够达到亚微弧度水平,可以有效地适用于标定平行反射面的平行度以及校准平行反射面。



1. 一种用于平行反射面间角度误差的测量装置,其特征在于,包括:
光源提供单元,用于提供出射激光;
激光分束调制单元,用于将出射激光分束,并对分束后的出射激光的频率差进行调制;
激光干涉单元(4),用于将调制后的出射激光引导到达一组反射面相平行的待测件上,并返回形成与所述待测件一一对应的两套干涉信号;
数据采集处理单元,用于采集所述干涉信号,并根据采集的干涉信号得到一组所述待测件的反射面上的角度误差信息。
2. 根据权利要求1所述的一种测量装置,其特征在于,所述光源提供单元为稳频激光光源(1),且所述稳频激光光源(1)的相干长度不小于十米量级。
3. 根据权利要求1或2所述的一种测量装置,其特征在于,所述激光分束调制单元包括用于对出射激光进行分束的光纤分束器(2),以及用于对分束后的出射激光的频率差进行调制的声光调制器(3)。
4. 根据权利要求1或2所述的一种测量装置,其特征在于,所述激光干涉单元(4)包括汇集到第一探测器(417)的第一测量光链路和第二参考光链路,以及汇集到第二探测器(427)的第一参考光链路和第二测量光链路;其中,
所述第一测量光链路经过第一待测件(8)反射,所述第二测量光链路经过第二待测件(9)反射;
所述第一参考光链路和所述第二参考光链路各自不经过所述待测件反射。
5. 根据权利要求4所述的一种测量装置,其特征在于,所述激光干涉单元(4)包括形成成为第一区域的第一准直器(411)、第一分光镜(412)、第一波片(414)、第一偏振分光镜(413)、第一反射镜(415)、第二分光镜(416)和第一探测器(417),以及形成成为第二区域的第二准直器(421)、第三分光镜(422)、第二波片(424)、第二偏振分光镜(423)、第二反射镜(425)、第四分光镜(426)和第二探测器(427);且,
所述第一测量光链路位于所述第一区域中;
所述第二测量光链路位于所述第二区域中。
6. 根据权利要求5所述的一种测量装置,其特征在于,所述第一测量光链路通过所述第一准直器(411)输出后,顺次经过所述第一分光镜(412)、所述第一波片(414)、所述第一偏振分光镜(413)、第一待测件(8)、所述第一偏振分光镜(413)、所述第一反射镜(415)和所述第二分光镜(416),并被所述第一探测器(417)接收;
所述第一参考光链路通过所述第一准直器(411)输出后,顺次经过所述第一分光镜(412)和所述第四分光镜(426),并被所述第二探测器(427)接收;
所述第二测量光链路通过所述第二准直器(421)输出后,顺次经过所述第三分光镜(422)、所述第二波片(424)、所述第二偏振分光镜(423)、第二待测件(9)、所述第二偏振分光镜(423)、所述第二反射镜(425)和所述第四分光镜(426),并被所述第二探测器(427)接收;
所述第二参考光链路通过所述第二准直器(421)输出后,顺次经过所述第三分光镜(422)和所述第二分光镜(416),并被所述第一探测器(417)接收。
7. 根据权利要求1或2所述的一种测量装置,其特征在于,所述激光干涉单元(4)设置于调整单元(7)上,所述调整单元(7)用于对所述激光干涉单元(4)的设置位置和设置角度进

行调节。

8. 根据权利要求7所述的一种测量装置,其特征在于,所述调整单元(7)包括沿高度方向上顺次设置的底板(71)和顶板(75),连接于所述底板(71)与所述顶板(75)之间的弹性复位元件(74),以及设置于所述底板(71)和/或所述顶板(75)上的位移调节件,所述位移调节件用于在高度方向或水平方向上调节所述顶板(75)与放置台面之间的相对位移。

9. 根据权利要求8所述的一种测量装置,其特征在于,所述位移调节件包括连接于所述底板(71)和所述顶板(75)之间的高度调节螺纹件(73),以及设置于所述底板(71)上的水平位移调节螺纹件(72)。

10. 根据权利要求1或2所述的一种测量装置,其特征在于,所述测量装置还包括相对于所述激光干涉单元(4)可限定地设置的基准反射面(10),所述基准反射面(10)用于提供参比干涉信号;

通过调节其中一个所述待测件至采集到的所述待测件的干涉信号与所述基准反射面(10)的参比干涉信号一致后,对采集到的另一所述待测件的干涉信号进行处理,得到一组所述待测件的反射面上的角度误差信息。

一种用于平行反射面间角度误差的测量装置

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及对平面的误差角度的精密测量技术领域,具体涉及一种用于平行反射面间角度误差的测量装置。

背景技术

[0002] 在高精度的光机系统研制过程中,以激光为基础的非接触式测量方法相较于传统接触式测量方法来说,在测量便利性、结构形式适应性方面有明显优势,尤其是对于严格要求表面质量的光机系统来说,非接触式测量几乎是唯一途径。

[0003] 随着激光干涉技术被越来越多地应用于光机系统中,几何量的测量精度也得到了显著的提升,各种测量装置也不断出现,并且涉及到设计、制造、装配、试验等方方面面。

[0004] 在光机系统应用中,常会因为要反射多束大间距平行光线而应用大口径或者长条形的反射镜,而导致加工难度、成本大幅增加。此外阶梯型的光机零部件通常也都有严格的端面平行度要求。但是针对大间距平行平面间平行度的精密测量鲜有报道。

发明内容

[0005] 为此,本发明实施例提供一种用于平行反射面间角度误差的测量装置,以外差干涉技术为基础,构建了具有高精度测量能力,对反射平面的测量精度水平能够达到亚微弧度水平,可以有效地适用于标定平行反射面的平行度以及校准平行反射面的用于平行反射面间角度误差的测量装置。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的实施方式提供如下技术方案:

[0007] 在本发明实施例的一个方面,提供了一种用于平行反射面间角度误差的测量装置,包括:

[0008] 光源提供单元,用于提供出射激光;

[0009] 激光分束调制单元,用于将出射激光分束,并对分束后的出射激光的频率差进行调制;

[0010] 激光干涉单元,用于将调制后的出射激光引导到达一组反射面相平行的待测件上,并返回形成与所述待测件一一对应的两套干涉信号;

[0011] 数据采集处理单元,用于采集所述干涉信号,并根据采集的干涉信号得到一组所述待测件的反射面上的角度误差信息。

[0012] 作为本发明的一种优选方案,所述光源提供单元为稳频激光光源,且所述稳频激光光源的相干长度不小于十米量级。

[0013] 作为本发明的一种优选方案,所述激光分束调制单元包括用于对出射激光进行分束的光纤分束器,以及用于对分束后的出射激光的频率差进行调制的声光调制器。

[0014] 作为本发明的一种优选方案,所述激光干涉单元包括汇集到第一探测器的第一测量光链路和第二参考光链路,以及汇集到第二探测器的第一参考光链路和第二测量光链路;其中,

[0015] 所述第一测量光链路经过第一待测件反射,所述第二测量光链路经过第二待测件反射;

[0016] 所述第一参考光链路和所述第二参考光链路各自不经过所述待测件反射。

[0017] 作为本发明的一种优选方案,所述激光干涉单元包括形成为第一区域的第一准直器、第一分光镜、第一波片、第一偏振分光镜、第一反射镜、第二分光镜和第一探测器,以及形成为第二区域的第二准直器、第三分光镜、第二波片、第二偏振分光镜、第二反射镜、第四分光镜和第二探测器;且,

[0018] 所述第一测量光链路位于所述第一区域中;

[0019] 所述第二测量光链路位于所述第二区域中。

[0020] 作为本发明的一种优选方案,所述第一测量光链路通过所述第一准直器输出后,顺次经过所述第一分光镜、所述第一波片、所述第一偏振分光镜、第一待测件、所述第一偏振分光镜、所述第一反射镜和所述第二分光镜,并被所述第一探测器接收;

[0021] 所述第一参考光链路通过所述第一准直器输出后,顺次经过所述第一分光镜和所述第四分光镜,并被所述第二探测器接收;

[0022] 所述第二测量光链路通过所述第二准直器输出后,顺次经过所述第三分光镜、所述第二波片、所述第二偏振分光镜、第二待测件、所述第二偏振分光镜、所述第二反射镜和所述第四分光镜,并被所述第二探测器接收;

[0023] 所述第二参考光链路通过所述第二准直器输出后,顺次经过所述第三分光镜和所述第二分光镜,并被所述第一探测器接收。

[0024] 作为本发明的一种优选方案,所述激光干涉单元设置于调整单元上,所述调整单元用于对所述激光干涉单元的设置位置和设置角度进行调节。

[0025] 作为本发明的一种优选方案,所述调整单元包括沿高度方向上顺次设置的底板和顶板,连接于所述底板与所述顶板之间的弹性复位元件,以及设置于所述底板和/或所述顶板上的位移调节件,所述位移调节件用于在高度方向或水平方向上调节所述顶板与放置台面之间的相对位移。

[0026] 作为本发明的一种优选方案,所述位移调节件包括连接于所述底板和所述顶板之间的高度调节螺纹件,以及设置于所述底板上的水平位移调节螺纹件。

[0027] 作为本发明的一种优选方案,所述测量装置还包括相对于所述激光干涉单元可限定地设置的基准反射面,所述基准反射面用于提供参比干涉信号;

[0028] 调节其中一个所述待测件至采集到的所述待测件的干涉信号与所述基准反射面的参比干涉信号一致后,对采集到的另一所述待测件的干涉信号进行处理,得到一组所述待测件的反射面上的角度误差信息。

[0029] 本发明的实施方式具有如下优点:

[0030] 本发明的技术方案通过将出射激光分束、调制后输入至激光干涉单元;并基于激光干涉单元形成两套用于测量两平行面平行度误差的测量光路和本地光路,经待测件反射的测量激光与本地激光发生干涉,形成干涉信号;进一步地,通过数据采集处理单元采集所述干涉信号并通过数据处理计算机输出图像进而得到平行面间的平行度误差。本发明利用外差干涉信号来精确获取两平行反射面角度误差信息,能够对具有一定间距的平行反射面进行便捷、稳定、可靠、精确的测量。

附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是示例性的,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0032] 本说明书所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。

[0033] 图1为本发明实施例提供的测量装置的结构示意图;

[0034] 图2为本发明实施例提供的激光干涉单元的结构示意图;

[0035] 图3为本发明实施例提供的调整单元的侧视图;

[0036] 图4为本发明实施例提供的调整单元的俯视图;

[0037] 图5为本发明实施例提供的测量装置在角度误差测量中的稳定性图。

[0038] 图中:

[0039] 1-稳频激光光源;2-光纤分束器;3-声光调制器;4-激光干涉单元;5-相位计;6-数据处理计算机;7-调整单元;8-第一待测件;9-第二待测件;10-基准反射面;

[0040] 411-第一准直器;412-第一分光镜;413-第一偏振分光镜;414-第一波片;415-第一反射镜;416-第二分光镜;417-第一探测器;

[0041] 421-第二准直器;422-第三分光镜;423-第二偏振分光镜;424-第二波片;425-第二反射镜;426-第四分光镜;427-第二探测器;

[0042] 71-底板;72-水平位移调节螺纹件;73-高度调节螺纹件;74-弹性复位元件;75-顶板;76-激光干涉仪底座。

具体实施方式

[0043] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0044] 以下通过具体实施例对本发明的技术方案进行详细的说明。

[0045] 如图1-图3所示,本发明提供了一种用于平行反射面间角度误差的测量装置,具体地,包括稳频激光光源1(具体地,可以选用激光器)、光纤分束器2、声光调制器3、激光干涉单元4、相位计5、数据处理计算机6(其中,相位计5和数据处理计算机共同构成数据采集处理单元,用于对干涉信号采集后进行分析)、调整单元7、第一待测件8(具有第一反射面)、第二待测件9(具有第二反射面)、基准反射面10组成。

[0046] 具体地,激光器1可以选用1064nm波长100MHz的稳频光源,相干长度应该至少在十米量级。

[0047] 具体地,光纤分束器2为保偏光纤,能够将入射激光根据功率大小1:1一分为二。

[0048] 具体地,声光调制器3为外差干涉差频生成装置,可根据实际需求为经由光纤分束

器2一分为二的两束激光进行频率调制。

[0049] 具体地,激光干涉单元4由第一准直器411、第一分光镜412、第一偏振分光镜413、第一波片414、第一反射镜415、第二分光镜416、第一探测器417、第二准直器421、第三分光镜422、第二偏振分光镜423、第二波片424、第二反射镜425、第四分光镜426、第二探测器427组成。这里的第一探测器417和第二探测器427可以具体选用四象限探测器。

[0050] 所述第一准直器411将入射激光进行准直。

[0051] 所述第一分光镜412、第二分光镜416、第三分光镜422、第四分光镜426呈45°布置,将光路中激光一分为二,分光比为1:1。

[0052] 所述第一波片414、第二波片424分别对应与第二分光镜416和第四分光镜426呈90°放置,用于调整激光偏振态。

[0053] 所述第一偏振分光镜413和第二偏振分光镜423用于将透射穿过其的两束激光经由第一待测件8和第二待测件9后改变偏振态再由其进行45°反射,经过45°放置的所述第一反射镜415、第二反射镜425后进入所述第一探测器417、第二探测器427。

[0054] 所述第一探测器417、第二探测器427为干涉信号接收装置,敏感干涉光位置和干涉信号强度的变化并将其转变为电信号输出。

[0055] 所述第一准直器411与第一分光镜412、第一偏振分光镜413、第一波片414、第一待测件8、第一偏振分光镜413、第一反射镜415、第二分光镜416、第一探测器417按照顺序构成光链路A(即第一测量光链路)。

[0056] 所述第一准直器411与第一分光镜412、第四分光镜426、第二探测器427按照顺序构成光链路B(即第一参考光链路)。

[0057] 所述光链路A是第一待测件8的测量光路,包含着其角度信息。所述光链路B是本地光线,用于与所述光链路A形成干涉,从而能够获取第一待测件8的角度变化大小。

[0058] 所述第二准直器421与第三分光镜422、第二偏振分光镜423、第二波片424、第二待测件9、第二波片424、第二反射镜425、第四分光镜426、第二探测器427按照顺序构成光链路C(即第二测量光链路)。

[0059] 所述第二准直器421与第三分光镜422、第二分光镜416、第一探测器417按照顺序构成光链路D(即第二参考光链路)。

[0060] 所述光链路C是第二待测件9的测量光路,包含着其角度信息。所述光链路C是本地光线,用于与所述光链路D形成干涉,从而能够获取第二待测件9的角度变化大小。

[0061] 具体地,所述相位计5接收所述第一探测器417、第二探测器427输出的带有角度信息的电信号并对其进行解算,提取其中相位变化信息,并将其转换成所对应的不同被测元件的角度变化信息输出给所述数据处理计算机6进行显示打印。

[0062] 具体地,所述调整单元7包括:底板71、水平位移调节螺纹件72、高度调节螺纹件73、弹性复位元件74(具体可以用弹簧)、顶板75、激光干涉仪底座76(即激光干涉单元4的底座)。

[0063] 所述底板71和水平位移调节螺纹件72、高度调节螺纹件73、弹性复位元件74、顶板75所组成的多维调节结构,为了在与待测件对准过程中进行俯仰和扭摆角度的调节,实现测量前的精密对准。高度调节螺纹件73和弹簧的数量可以根据实际情况进行相应的设置,例如,一种具体的实施例中,底板71和顶板75之间可以设置四个弹簧,且四个弹簧对称设

置。高度调节螺纹件73可以在顶板75上呈90°布置多个,用于激光干涉单元4在测量过程中的俯仰角度调节。本领域技术人员能够理解和使用的布置方式在此均可以使用,在此不多作赘述。

[0064] 具体地,第一待测件8、第二待测件9为被测量面,应当是经过良好基础加工的光学面:具有一定的平面度水平,不至于超出测量的量程,同时还应该具有大于80%的反射率。

[0065] 具体地,基准反射面10为装置装配过程中使用的基准面,该基准应具有超高的平面度水平。

[0066] 基于上述设置,本发明通过调节调整单元7将其中一个待测件调整至采集到的该待测件对应的干涉信号与基准反射面10上的参比干涉信号相一致,则可以在保持该调整单元7的位置不变的情况下,对另一个待测件的干涉信号进行采集,即可根据另一个待测件的干涉信号,对应处理获得一组待测件的反射面上的角度误差信息。

[0067] 需要说明的是,这里的基准反射面10上的参比干涉信号是基于如下方式获得的:即,在测量开始前,通过基准反射面10来调节光链路,搭建好激光干涉单元4,这时,开启激光干涉仪,即可采集到基于基准反射面10反射获得的干涉信号,这时的干涉信号会有一个幅值和相位差并会被记录。而当其中一个待测件调节对准能够复现出前述基准反射面10上获得的干涉信号时,则可以通过实时读出另一个待测件的干涉信号来获得一组待测件之间的平行误差。

[0068] 更为具体地,例如,可以通过调节调整单元7,使得第一待测件8反射形成的干涉信号与基准反射面10上的参比干涉信号进行比对并达到一致,此时读取第二待测件9上反射形成的干涉信号,即可根据第二待测件9上反射形成的干涉信号分析处理获得第一待测件8和第二待测件9之间的角度误差信息。

[0069] 采用本发明的测量装置对角度误差进行了进一步的测量,结果如图4所示,通过图4可以看出,随着时间的推移,测量数据相对稳定,测量数据波动性不大,从而进一步证实了本发明的技术方案能够有效地实现对角度误差的测量,并且,测量数据的稳定性相对较好,能够有效地验证反射面的平面精度。

[0070] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

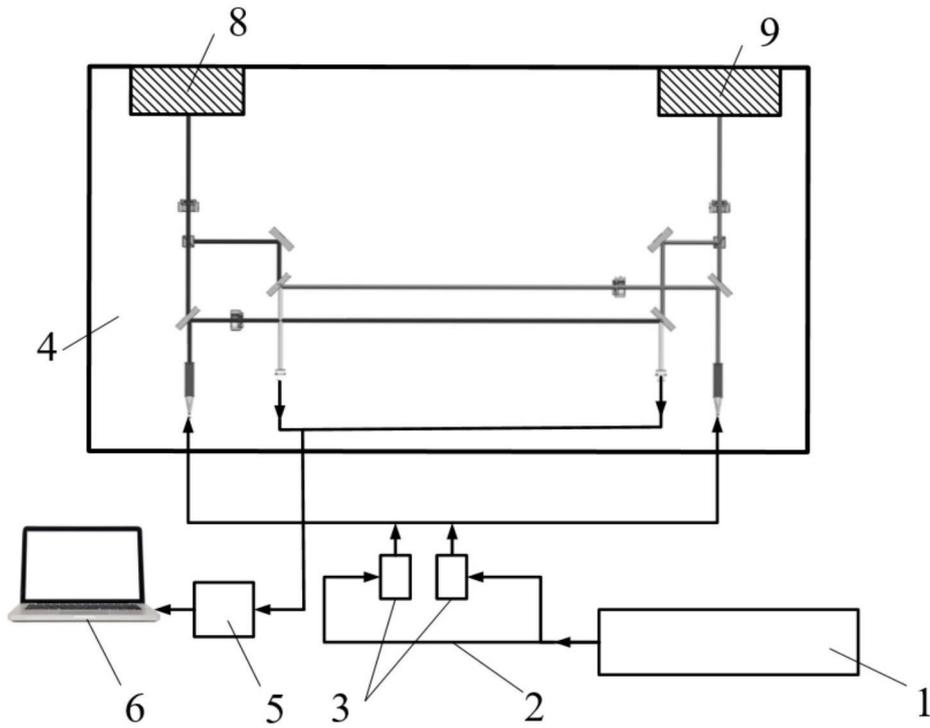


图1

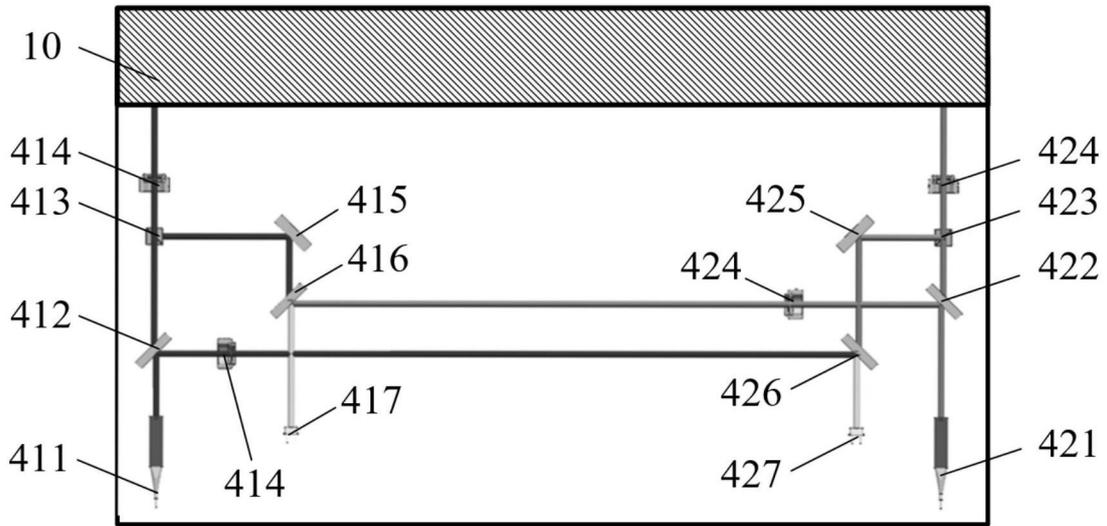


图2

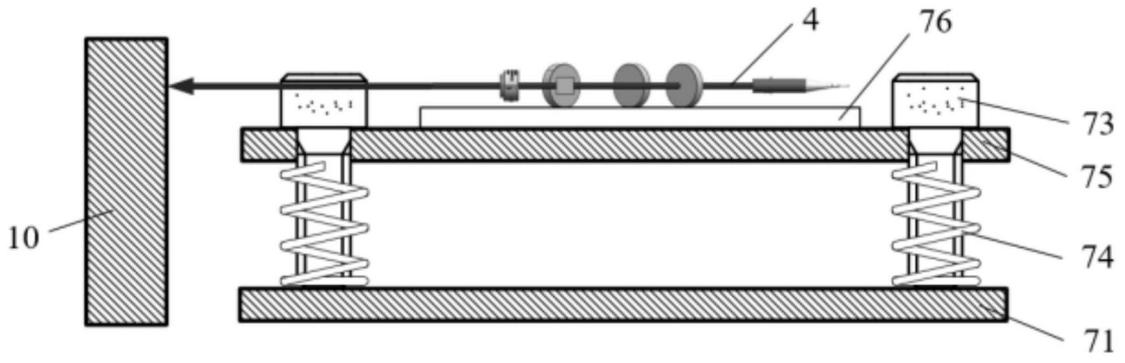


图3

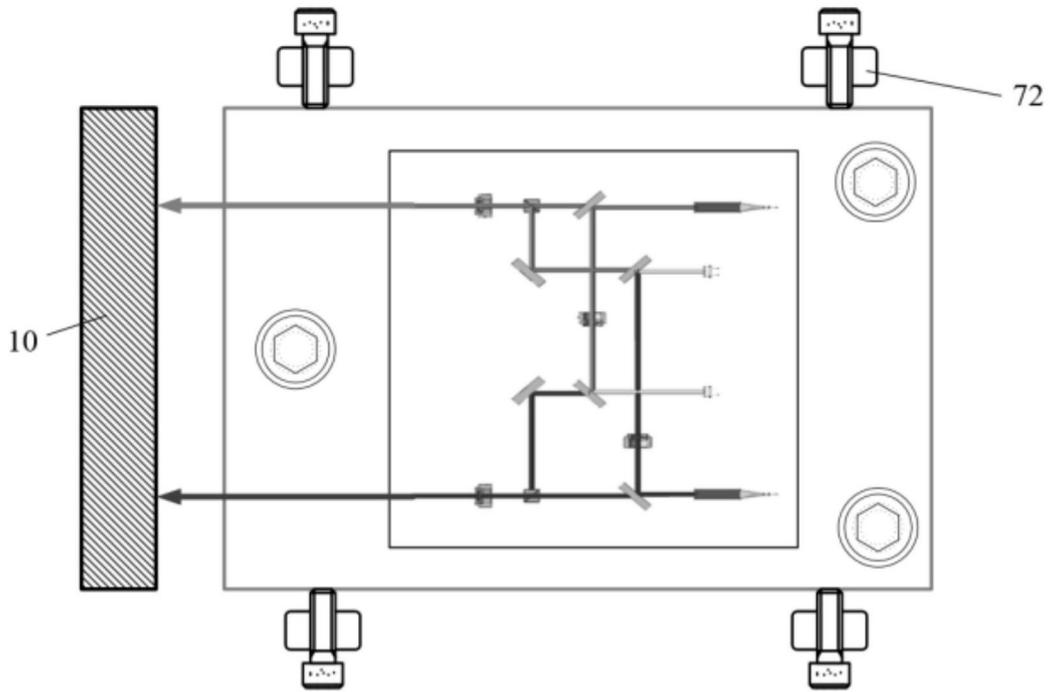


图4

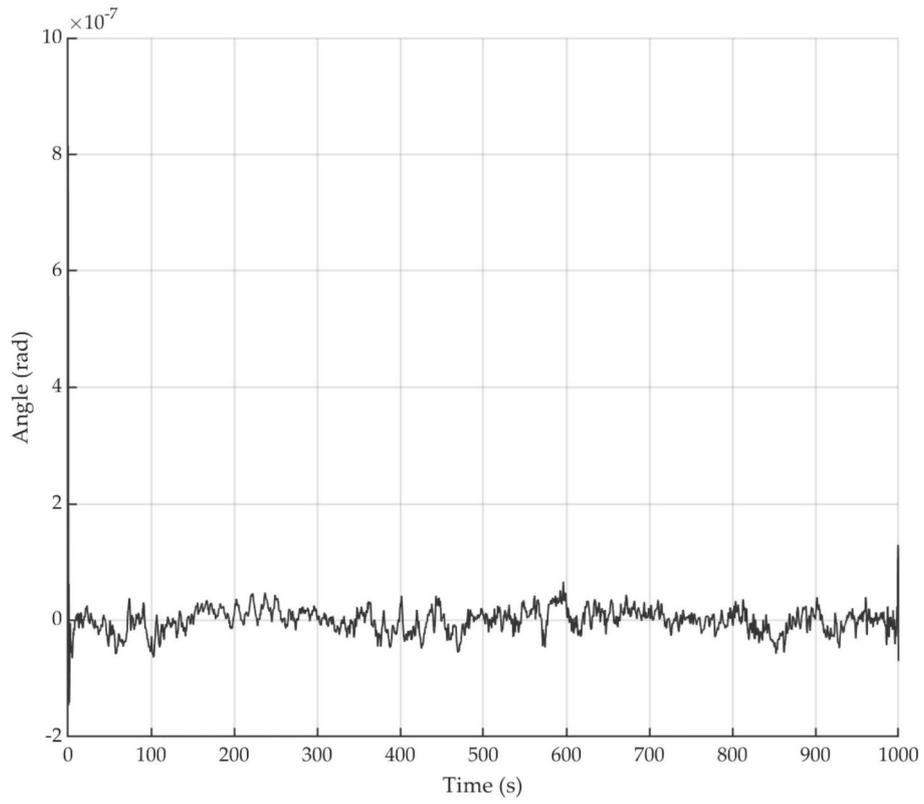


图5