



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103075620 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 01

(21) 申请号 201210574167. X

(22) 申请日 2012. 12. 19

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 王雷 谭久彬 赵勃

(51) Int. Cl.

F16M 11/04 (2006. 01)

F16M 11/18 (2006. 01)

F16F 15/04 (2006. 01)

F16F 15/023 (2006. 01)

F16F 15/02 (2006. 01)

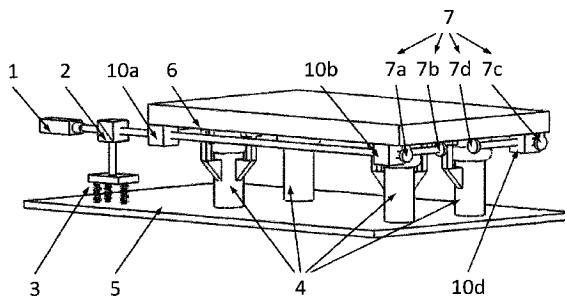
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台

(57) 摘要

基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台属于超精密测量与超精密加工装备,该装置采用3个或3个以上静压空气弹簧结构的隔振器支撑空气弹簧隔振平台台体及其负载,采用分光棱镜和光电检测器实现平台六自由度姿态监测,并在隔振器与台体之间垂向、水平位移执行器,实现台体六自由度姿态调整;该装置中由弹簧式减振器支撑的零位基准装置有效隔离地面的振动对参考光束检测的影响,提高了激光束零位基准的稳定性;采用光电检测器检测参考光束的平漂和角漂,并用一对可调整相对位置间距和角度的楔角棱镜实时调整参考光束的平漂和角漂,实现参考光束校准,可显著提高平台隔振性能。



1. 基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台,其特征在于空气弹簧隔振平台台体(6)配置在3个或3个以上均匀分布的隔振器(4)上,隔振器(4)配置在基座(5)上,所述隔振器(4)由隔振器基座(4a)、隔振器支架(4b)和隔振器工作台(4c)构成,隔振器工作台(4c)安装在隔振器基座(4a)内,隔振器支架(4b)配置在隔振器基座(4a)外侧部上,在各个隔振器(4)与空气弹簧隔振平台台体(6)之间配置垂向位移执行器(8)和水平位移执行器(9),所述的垂向位移执行器(8)采用垂向放置的直线型音圈电机,垂向位移执行器(8)的直线型音圈电机定子(8b)配置在隔振器支座(4b)上,所述的水平位移执行器(9)采用水平放置的直线型音圈电机,水平位移执行器(9)的直线型音圈电机定子(9b)配置在隔振器支座(4b)上;测量空气弹簧隔振平台台体(6)六自由度姿态的激光位置测量光路由He-Ne激光器(1)、激光自准直系统(2)、零位基准装置(3)、台体姿态光电检测器(7)、台体姿态分光棱镜(10)构成,其中台体姿态光电检测器(7)、台体姿态分光棱镜(10)固装在空气弹簧隔振平台台体(6)下侧部上,所述的台体姿态分光棱镜(10)包括第一分光棱镜(10a)、第二分光棱镜(10b)、第三分光棱镜(10c)和第四分光棱镜(10d),且第一分光棱镜(10a)位于激光自准直系统(2)的后侧透射激光光路上,第二分光棱镜(10b)和第三分光棱镜(10c)分别位于第一分光棱镜(10a)的透射和反射光路上,第四分光棱镜(10d)位于第三分光棱镜(10c)的反射光路上;所述的台体姿态光电检测器(7)包括第一光电检测器(7a)、第二光电检测器(7b)、第三光电检测器(7c)和第四光电检测器(7d),其中第一光电检测器(7a)和第二光电检测器(7b)分别位于第二分光棱镜(10b)的透射和反射光路上,第三光电检测器(7c)和第四光电检测器(7d)分别位于第四分光棱镜(10d)的透射和反射光路上;所述的激光自准直系统(2)由激光扩束准直系统(11)、凸透镜(12)、平漂与角漂检测光电检测器(13)、光束调整机构(14)、平漂与角漂检测分光棱镜(15)构成,其中光束调整机构(14)位于激光扩束准直系统(11)和平漂与角漂检测分光棱镜(15)之间,凸透镜(12)位于平漂与角漂检测分光棱镜(15)和平漂与角漂检测光电检测器(13)之间,光束调整机构(14)包括可调整相对位置间距和角度的楔角棱镜A(14a)、楔角棱镜B(14b);所述的零位基准装置(3)包括零位基准光电检测器安装平台(3a)和固有频率低于0.5Hz的被动减振器(3b),零位基准光电检测器安装平台(3a)通过被动减振器(3b)安装在基座(5)上,并位于激光自准直系统(2)的下侧折射光路上;由平漂光电检测器(13a)和角漂光电检测器(13b)构成的平漂与角漂检测光电检测器(13)固装在零位基准装置(3)的零位基准光电检测器安装平台(3a)上,其初始位置,各平漂、角漂光电检测器(13a、13b)接收面分别与各自运动方向垂直,且接收面中心与对应光束中心重合。

2. 根据权利要求1所述的基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台,其特征在于所述的台体姿态光电检测器(7)和平漂与角漂检测光电检测器(13)包括位置敏感器件PSD、CCD、四象限探测器QPD和硅光电池。

3. 根据权利要求1所述的基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台,其特征在于所述的被动减振器(3b)采用弹簧结构,且被动减振器(3b)为零刚度减振器。

4. 根据权利要求1所述的基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台,其特征在于所述的垂向位移执行器(8)采用垂向放置的直线型音圈电机,垂向位移执行器

(8) 的直线型音圈电机定子 (8b) 配置在隔振器支座 (4b) 上 ;所述的水平位移执行器 (9) 采用水平放置的直线型音圈电机,水平位移执行器 (9) 的直线型音圈电机定子 (9b) 配置在隔振器支座 (4b) 上。

基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台

技术领域

[0001] 本发明属于超精密测量与超精密加工装备,主要涉及一种基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台。

背景技术

[0002] 在超精密计量测试和超精密加工领域中,具有高质量水平姿态的平台是进行精密测量和大规模集成电路制造的基本保证。高质量水平姿态空气弹簧隔振平台的应用十分广泛。在生物科学、电子光学、精密机械加工、理化试验及其研究相关的工厂中,平台的水平姿态控制会影响到机器设备的测量实验结果和仪表器械的使用性能,并且会直接影响空气弹簧隔振平台对振动的抑制性能。随着超精密测量仪器和超精密加工制造设备的精度等级的提高,环境振动对仪器设备的影响越来越大。空气弹簧隔振平台作为新兴的隔振设备也随着精密仪器制造业的发展而发展。而空气弹簧隔振平台的水平姿态则直接影响到其上所放仪器和装备的精度,因此空气弹簧隔振平台姿态的稳定在精密仪器制造和科研中显得尤为重要。特别是对于我国科研单位和企业,随着超大规模集成电路制造业的高速发展以及对测量精度和测量稳定性要求的不断提高,作为基础的隔振平台的稳定性也受到了更加严峻的考验。

[0003] 随着超精密仪器及系统对工作环境要求的提高,传统的被动隔振方式受隔振器材料特性、结构刚度等因素制约,已无法满足对低频信号的隔振要求。针对这一问题,研究人员将主动隔振技术与被动隔振器相结合,达到提升低频隔振性能的目的(Vibration Isolation Apparatus For Stage. 美国专利公开号 US006327024B1)。该方法将一个或多个振动阻尼器安装在工作台与基座之间,阻尼器件具有一个电执行器,执行器对一个位置传感器的信号进行响应,起到主动隔振作用,提升了其低频隔振性能。该方法存在的问题在于:1) 工作台不具备姿态调整功能;2) 位置传感器反馈信号为相对量,没有绝对零位基准,无法对工作台位置精确定位。

[0004] 为了实现隔振台体姿态调整功能,中国计量学院提出了一种隔振平台气动姿态调整方案(隔振地基精密调平系统。专利公开号:CN 101353897A)。该方案采用两级隔振平台,精密光学隔振平台放置于隔振地基上,通过测量隔振平台与水平面的夹角,对空气弹簧进行充放气控制,达到调整隔振平台姿态的目的。该方案存在的问题在于:1) 已公开技术方案中,隔振平台无法实现精确定位;2) 通过对空气弹簧充放气调整隔振平台姿态,系统响应速度慢。

[0005] 中船第九设计研究院工程有限公司提出一种隔微振基础(多台精密仪器集中布置的防微振基础。专利公开号:CN 200920078087.9)。该方案设计了上下两层独立的隔振台,上层采用 T 型截面隔振座,隔振座由隔振元件支撑在下层砧梁上,该结构能够降低隔振系统质心,提高了隔振效率。该方案的问题在于,仅采用被动隔振方式,无法隔离低频振动信号。

[0006] 重庆师范大学提出一种精密隔振装置(一种精密隔振装置。公开号:

CN200920207338.9)。该方案采用两层隔振结构,第一层被动隔振器由空气弹簧与磁流变体并联构成,第二层隔振器由空气弹簧与微作动器并联构成,两层结构串联布置,该方案提高了隔振装置对低频信号的隔振性能。该方案的问题在于,隔振平台不具备姿态调整功能。

[0007] 现有发明专利存在的共性问题:

[0008] 1. 对隔振平台的测量均为相对位置,没有绝对零位基准,因此无法对隔振平台位置进行精确定位;

[0009] 2. 没有对隔振平台的姿态高精度控制方案,因此隔振平台无法获得高水平隔振性能。

[0010] 空气弹簧隔振平台台体水平姿态的检测方案有多种,精确定位的方法主要是通过建立直角坐标系来检测水平姿态,测量台体各自由度位移变化。空气弹簧隔振平台台体的位移测量需采用光学非接触式测量方法,否则传感器将会给隔振系统附加刚度和阻尼,破坏空气弹簧隔振平台固有频率,降低隔振性能。传统非接触式光学测量位移的方法种类有基于 CCD 图像检测、基于激光的鉴频和鉴幅测量等。由于平台台体是六个自由度上的位移变化,各自由度之间相互干涉,基于图像的测量方法无法实现;而基于激光检测的方法又受激光自身漂移的影响很难实现高精度的测量。但是,对空气弹簧隔振平台隔振性能要求的不断提高,对台体姿态位移的控制精度要求达到微米量级,而且平台均是大或超大台体情况下。所以具有位移控制精度高、隔振性能优异、达到 VC-F 级别以上的大型或超大型空气弹簧隔振平台是目前国内外超精密测量和加工制造设备迫切需求的隔/减振设备。

发明内容

[0011] 本发明的目的就是针对上述现有技术存在的问题,结合实际需求,设计提供一种基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台,达到提高激光束零位基准的稳定性、实现参考光束校准、提高平台隔振性能的目的。

[0012] 本发明的技术解决方案是:

[0013] 基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台,所述的空气弹簧隔振平台台体配置在3个或3个以上均匀分布的隔振器上,隔振器配置在基座上,所述隔振器由隔振器基座、隔振器支架和隔振器工作台构成,隔振器工作台安装在隔振器基座内,隔振器支架配置在隔振器基座外侧部上,在各个隔振器与空气弹簧隔振平台台体之间配置垂向位移执行器和水平位移执行器,所述的垂向位移执行器采用垂向放置的直线型音圈电机,垂向位移执行器的直线型音圈电机定子与空气弹簧隔振平台台体固连,垂向位移执行器的直线型音圈电机定子配置在隔振器支架上,所述的水平位移执行器采用水平放置的直线型音圈电机,水平位移执行器的直线型音圈电机定子与空气弹簧隔振平台台体固连,水平位移执行器的直线型音圈电机定子配置在隔振器支架上;测量空气弹簧隔振平台台体六自由度姿态的激光位置测量光路由 He-Ne 激光器、激光自准直系统、零位基准装置、台体姿态光电检测器、台体姿态分光棱镜构成,其中台体姿态光电检测器、台体姿态分光棱镜固装在空气弹簧隔振平台台体下侧部上,所述的台体姿态分光棱镜包括第一分光棱镜、第二分光棱镜、第三分光棱镜和第四分光棱镜,且第一分光棱镜位于激光自准直系统的后侧透射激光光路上,第二分光棱镜和第三分光棱镜分别位于第一分光棱镜的透射和反射光路上,第四分光棱镜位于第三分光棱镜的反射光路上;所述的台体姿态光电检测器包括第一光电检测器、

第二光电检测器、第三光电检测器和第四光电检测器,其中第一光电检测器和第二光电检测器分别位于第二分光棱镜的透射和反射光路上,第三光电检测器和第四光电检测器分别位于第四分光棱镜的透射和反射光路上;所述的激光自准直系统由激光扩束准直系统、凸透镜、平漂与角漂检测光电检测器、光束调整机构、平漂与角漂检测分光棱镜构成,其中光束调整机构位于激光扩束准直系统和平漂与角漂检测分光棱镜之间,凸透镜位于平漂与角漂检测分光棱镜和平漂与角漂检测光电检测器之间,光束调整机构包括可调整相对位置间距和角度的楔角棱镜、楔角棱镜;所述的零位基准装置包括零位基准光电检测器安装平台和固有频率低于 0.5Hz 的被动减振器,零位基准光电检测器安装平台通过被动减振器安装在基座上,并位于激光自准直系统的下侧折射光路上;由平漂光电检测器和角漂光电检测器构成的平漂与角漂检测光电检测器固装在零位基准装置零位基准光电检测器安装平台上,其初始位置,各平漂、角漂光电检测器接收面分别与各自运动方向垂直,且接收面中心与对应光束中心重合。

[0014] 所述的台体姿态光电检测器和平漂与角漂检测光电检测器包括位置敏感器件 PSD、CCD、四象限探测器 QPD 和硅光电池。

[0015] 所述的被动减振器采用弹簧结构,且被动减振器为零刚度减振器。

[0016] 所述的垂向位移执行器采用垂向放置的直线型音圈电机,垂向位移执行器的直线型音圈电机动子与空气弹簧隔振平台台体固连,垂向位移执行器的直线型音圈电机定子配置在隔振器支座上;水平位移执行器采用水平放置的直线型音圈电机,水平位移执行器的直线型音圈电机动子与空气弹簧隔振平台台体固连,水平位移执行器的直线型音圈电机定子配置在隔振器支座上。

[0017] 本发明的技术创新性及产生的良好效果在于:

[0018] 1) 该装置零位基准装置采用被动减振器支撑,被动减振器固有频率低于 0.5Hz,可有效隔离地面的振动对参考光束检测的影响,大大提高了激光束零位基准的稳定性,这是本发明的创新点和突出优点之一。

[0019] 2) 本发明采用两个光电检测器分别检测参考光束的平漂和角漂,并用一对可调整相对位置间距和角度的楔角棱镜实时消减参考光束的平漂和角漂,实现参考光束校准;采用光电检测器和分光棱镜实现平台六自由度姿态监测,并由垂向位移执行器和水平位移执行器分别实现隔/减振平台垂直方向和水平姿态运动高精度控制,提高了平台隔振性能,这是本发明的创新点和突出优点之二。

附图说明:

[0020] 图 1 是基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台三维结构示意图;

[0021] 图 2 是基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台的结构示意图;

[0022] 图 3 是图 2 的俯视图;

[0023] 图 4 是激光自准直系统结构示意图;

[0024] 图 5 是零位基准装置结构示意图;

[0025] 图 6 是光束调整机构两种方案结构示意图;

[0026] 图 7 是激光光束平漂与角漂检测原理示意图;

[0027] 图 8 是隔振器与垂直位移执行器、水平位移执行器装配结构示意图。

[0028] 图中件号:1-He-Ne 激光器;2-激光自准直系统;3-零位基准装置;3a-零位基准光电检测器安装平台;3b-被动减振器;4-隔振器;4a-隔振器基座;4b-隔振器支架;4c-隔振器工作台;5-基座;6-空气弹簧隔振平台台体;7-台体姿态光电检测器;7a-第一光电检测器;7b-第二光电检测器;7c-第三光电检测器;7d-第四光电检测器;8-垂向位移执行器;8a-直线型音圈电机定子;8b-直线型音圈电机定子;9-水平位移执行器;9a-直线型音圈电机定子;9b-直线型音圈电机定子;10-台体姿态分光棱镜;10a-第一分光棱镜;10b-第二分光棱镜;10c-第三分光棱镜;10d-第四分光棱镜;11-激光扩束准直系统;12-凸透镜;13-平漂与角漂检测光电检测器;13a-平漂光电检测器;13b-角漂光电检测器;14-光束调整机构;14a-楔角棱镜 A;14b-楔角棱镜 B;15-平漂与角漂检测分光棱镜。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本发明实施方案作进一步详细说明:

[0030] 基于弹簧零位基准和激光自准直测量的空气弹簧隔振平台,所述的空气弹簧隔振平台台体 6 配置在 3 个或 3 个以上均匀分布的隔振器 4 上,隔振器 4 配置在基座 5 上,所述隔振器 4 由隔振器基座 4a、隔振器支架 4b 和隔振器工作台 4c 构成,隔振器工作台 4c 安装在隔振器基座 4a 内,隔振器支架 4b 配置在隔振器基座 4a 外侧部上,在各个隔振器 4 与空气弹簧隔振平台台体 6 之间配置垂向位移执行器 8 和水平位移执行器 9,所述的垂向位移执行器 8 采用垂向放置的直线型音圈电机,垂向位移执行器 8 的直线型音圈电机定子 8a 与空气弹簧隔振平台台体 6 固连,垂向位移执行器 8 的直线型音圈电机定子 8b 配置在隔振器支架 4b 上,所述的水平位移执行器 9 采用水平放置的直线型音圈电机,水平位移执行器 9 的直线型音圈电机定子 9a 与空气弹簧隔振平台台体 6 固连,水平位移执行器 9 的直线型音圈电机定子 9b 配置在隔振器支架 4b 上;测量空气弹簧隔振平台台体 6 六自由度姿态的激光位置测量光路由 He-Ne 激光器 1、激光自准直系统 2、零位基准装置 3、台体姿态光电检测器 7、台体姿态分光棱镜 10 构成,其中台体姿态光电检测器 7、台体姿态分光棱镜 10 固装在空气弹簧隔振平台台体 6 下侧部上,所述的台体姿态分光棱镜 10 包括第一分光棱镜 10a、第二分光棱镜 10b、第三分光棱镜 10c 和第四分光棱镜 10d,且第一分光棱镜 10a 位于激光自准直系统 2 的后侧透射激光光路上,第二分光棱镜 10b 和第三分光棱镜 10c 分别位于第一分光棱镜 10a 的透射和反射光路上,第四分光棱镜 10d 位于第三分光棱镜 10c 的反射光路上;所述的台体姿态光电检测器 7 包括第一光电检测器 7a、第二光电检测器 7b、第三光电检测器 7c 和第四光电检测器 7d,其中第一光电检测器 7a 和第二光电检测器 7b 分别位于第二分光棱镜 10b 的透射和反射光路上,第三光电检测器 7c 和第四光电检测器 7d 分别位于第四分光棱镜 10d 的透射和反射光路上;所述的激光自准直系统 2 由激光扩束准直系统 11、凸透镜 12、平漂与角漂检测光电检测器 13、光束调整机构 14、平漂与角漂检测分光棱镜 15 构成,其中光束调整机构 14 位于激光扩束准直系统 11 和平漂与角漂检测分光棱镜 15 之间,凸透镜 12 位于平漂与角漂检测分光棱镜 15 和平漂与角漂检测光电检测器 13 之间,光束调整机构 14 包括可调整相对位置间距和角度的楔角棱镜 A14a、楔角棱镜 B14b;所述的零位基准装置 3 包括零位基准光电检测器安装平台 3a 和固有频率低于 0.5Hz 的被动减振器 3b,零位基准光电检测器安装平台 3a 通过被动减振器 3b 安装在基座 5 上,并位于激光自准直系

统 2 的下侧折射光路上；由平漂光电检测器 13a 和角漂光电检测器 13b 构成的平漂与角漂检测光电检测器 13 固装在零位基准装置 3 的零位基准光电检测器安装平台 3a 上，其初始位置，各平漂、角漂光电检测器 13a、13b 接收面分别与各自运动方向垂直，且接收面中心与对应光束中心重合。

[0031] 所述的台体姿态光电检测器 7 和平漂与角漂检测光电检测器 13 包括位置敏感器件 PSD、CCD、四象限探测器 QPD 和硅光电池。

[0032] 所述的被动减振器 3b 采用弹簧结构，且被动减振器 3b 为零刚度减振器。

[0033] 所述的垂向位移执行器 8 采用垂向放置的直线型音圈电机，垂向位移执行器 8 的直线型音圈电机动子 8a 与空气弹簧隔振平台台体 6 固连，垂向位移执行器 8 的直线型音圈电机定子 8b 配置在隔振器支座 4b 上；所述的水平位移执行器 9 采用水平放置的直线型音圈电机，水平位移执行器 9 的直线型音圈电机动子 9a 与空气弹簧隔振平台台体 6 固连，水平位移执行器 9 的直线型音圈电机定子 9b 配置在隔振器支座 4b 上。

[0034] 本发明的工作流程如下：

[0035] 台体姿态由激光位置测量光路测量，激光器 1 发出的一束源激光首先通过激光自准直系统 2，由平漂与角漂检测分光棱镜 15 分出两束参考光束，分别由平漂光电检测器 13a 和角漂光电检测器 13b 接收，检测参考光束自身的平漂移量和角漂移量，最后通过光束调整机构 14 实时调整其平漂和角漂。平漂与角漂检测光电检测器 13 有效隔离大于 0.5Hz 的振动对参考光束检测的影响，实现零位基准装置 3 与台体和大地隔离，作为空气弹簧隔振平台台体 6 六个自由度的位置绝对零位基准。光束再经台体姿态分光棱镜 10 分出四路光束，最终由台体姿态光电检测器 7 接收，由此实现台体姿态的六个自由度的位置检测，经过解算后再通过垂向位移执行器 8 和水平位移执行器 9 实现台体姿态六自由度实时调整控制。

[0036] 由于激光光束具有平漂和角漂，因此参考光路会有一定的偏差，所以需要每时每刻都进行调整，以保证参考光束的准确性。保证参考光束的水平是保证平台水平姿态的基础。参考光束的平漂与角漂由固定在零位基准装置 3 上的平漂与角漂检测光电检测器 13 测量。光束的平漂由光电检测器 13a 检测，光束角漂由带有凸透镜 12 的光电检测器 13b 检测，并均由光束调整机构 14 抑制。光束调整机构 14 通过调整两个楔角棱镜的角度和相对位置间距，抑制光束的角漂和平漂。确定参考光束之后记录标定平漂与角漂检测光电检测器 13 的输出值为初值，校准时使输出值向标定的初值逼近即可。

[0037] 工作时，参考光束被实时校准，光电检测器实时采样，每次采 12 个值去掉一个最大值和一个最小值，并把剩下的 10 个值取平均值分别与各自的初值作比较，经过处理就可以得到空气弹簧隔振平台台体 6 在地面振动影响下的姿态变化。控制系统根据该测量值控制垂向位移执行器 8 和水平位移执行器 9 六自由度调整台体姿态误差，使空气弹簧隔振平台台体处于相对稳定状态，从而使空气弹簧隔振平台具有较小的振动传递率，实现隔 / 减振。

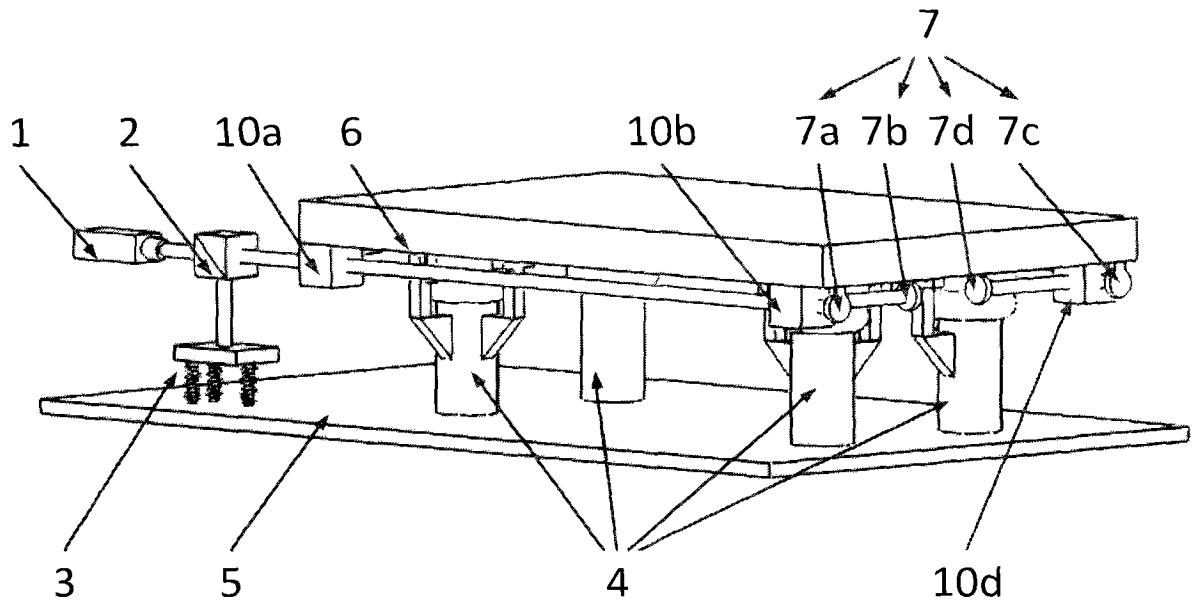


图 1

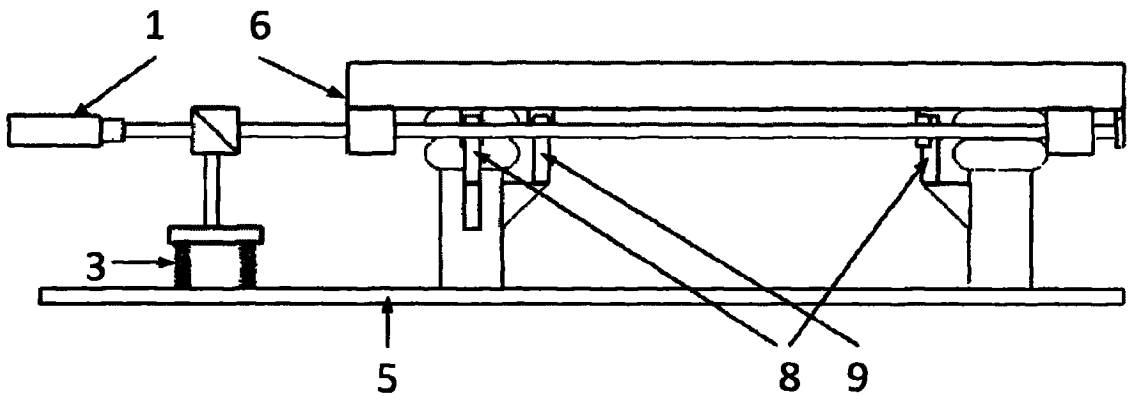


图 2

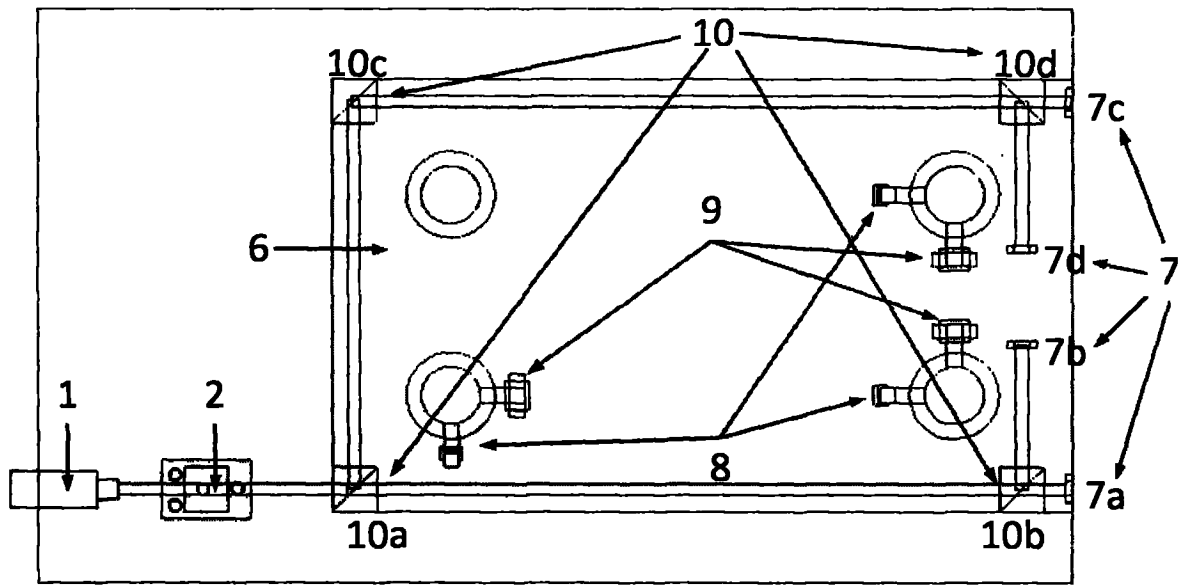


图 3

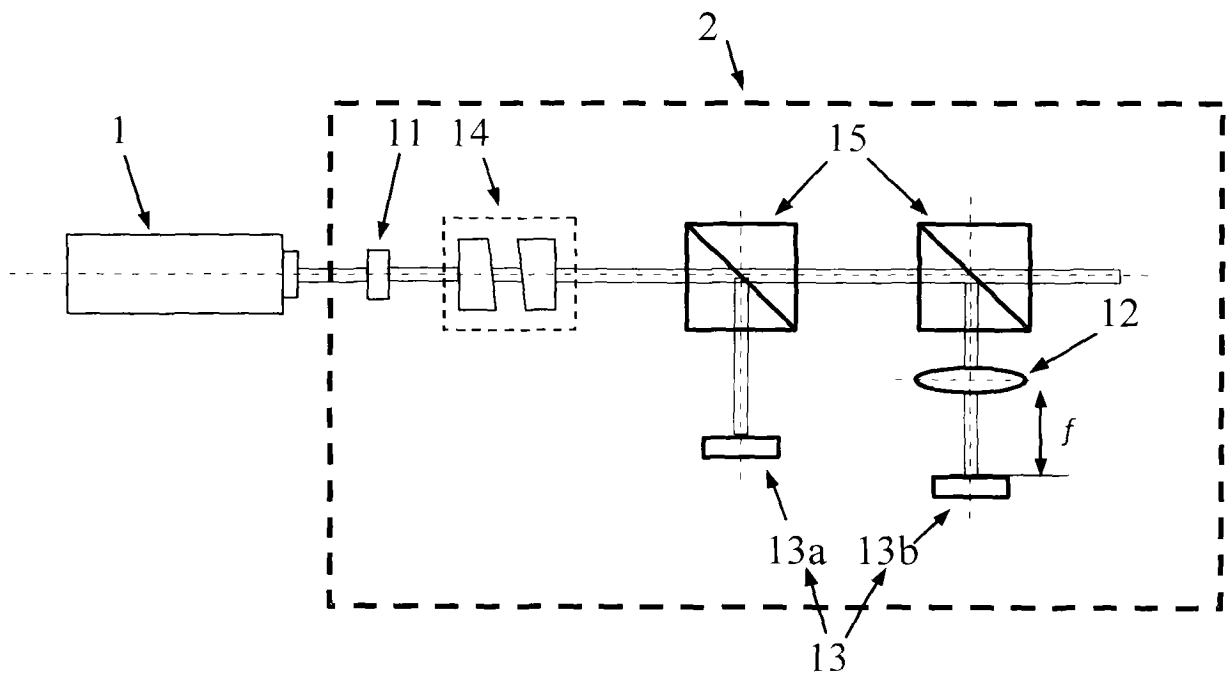


图 4

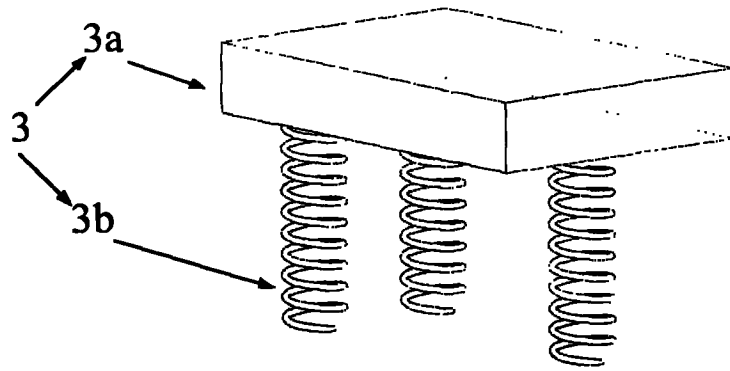


图 5

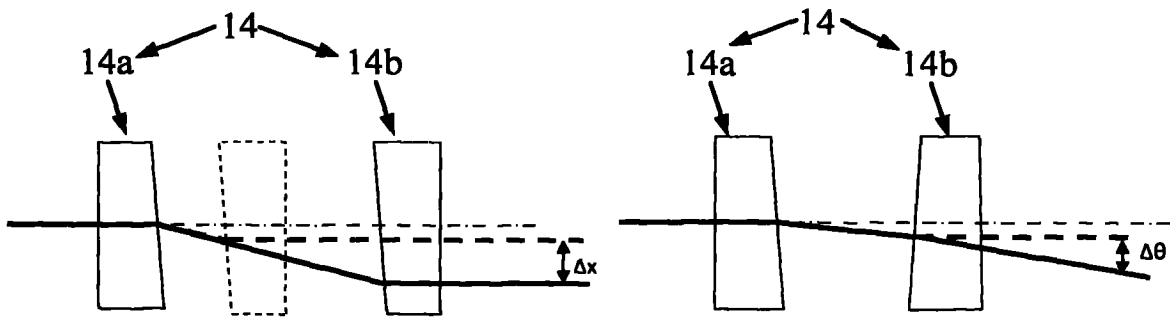


图 6

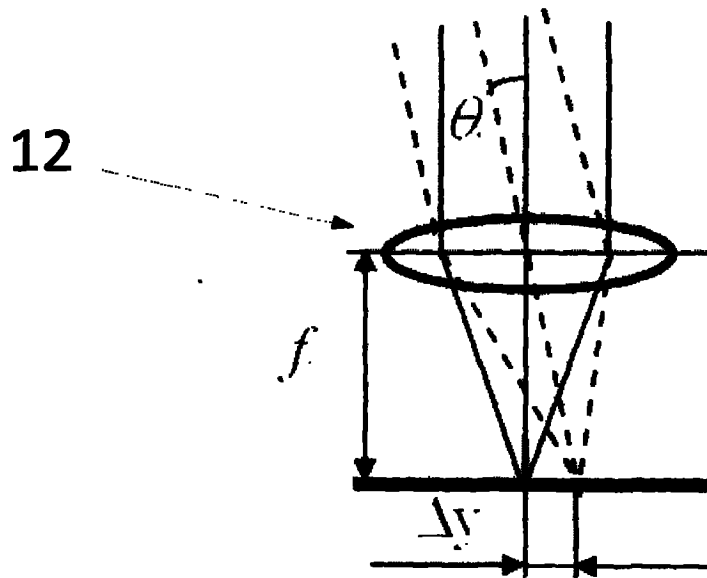


图 7

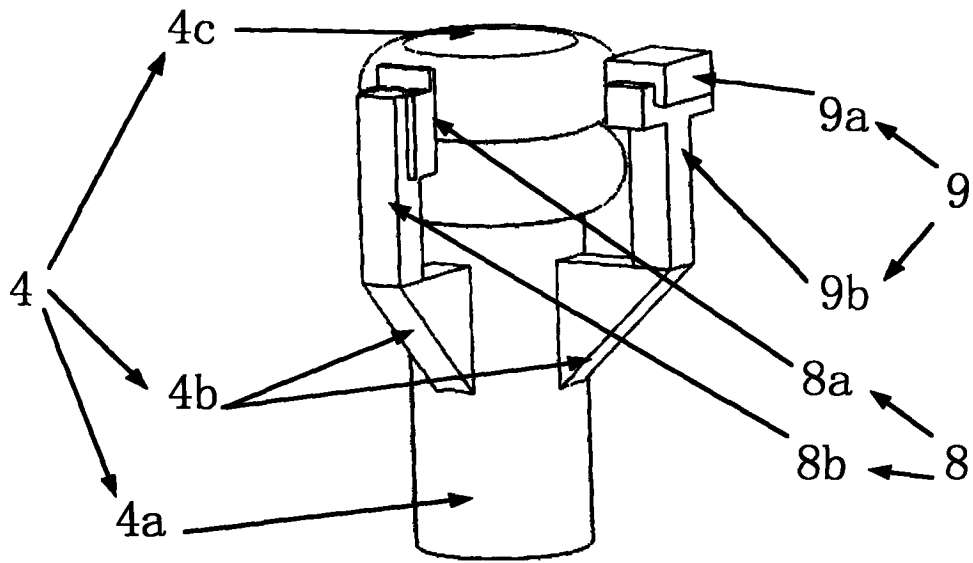


图 8