



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117948897 B

(45) 授权公告日 2024.06.04

(21) 申请号 202410358004.0

(22) 申请日 2024.03.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 117948897 A

(43) 申请公布日 2024.04.30

(73) 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
地址 130033 吉林省长春市经济技术开发区东南湖大路3888号

(72) 发明人 刘兆武 王新宇 姜珊 朱星宇 王玮 李文昊 巴音贺希格

(74) 专利代理机构 长春中科长光知识产权代理事务所(普通合伙) 22218
专利代理师 高一明

(51) Int. Cl.
G01B 11/02 (2006.01)
G01B 9/02 (2022.01)

(56) 对比文件
CN 117647204 A, 2024.03.05
CN 112229332 A, 2021.01.15
CN 117091513 A, 2023.11.21
CN 112577431 A, 2021.03.30
CN 102937411 A, 2013.02.20

CN 102944176 A, 2013.02.27
CN 103759656 A, 2014.04.30
CN 106289068 A, 2017.01.04
CN 107345787 A, 2017.11.14
CN 108362206 A, 2018.08.03
CN 108692663 A, 2018.10.23
CN 110631484 A, 2019.12.31
CN 112097648 A, 2020.12.18
CN 112097652 A, 2020.12.18
CN 113701640 A, 2021.11.26
CN 117450932 A, 2024.01.26
JP 2011220890 A, 2011.11.04
US 2015268031 A1, 2015.09.24

马毅;颜宏;孙殷宏;彭万敬;李建民;王树峰;李腾龙;王岩山;唐淳;张凯.基于双光栅的光纤激光光谱合成关键技术研究进展(特邀).红外与激光工程.2018,(01),全文.
潘永东,钱梦.激光超声位移场的共焦法布里-佩罗干涉仪检测技术.声学学报(中文版).2003,(03),全文. (续)

审查员 王政文

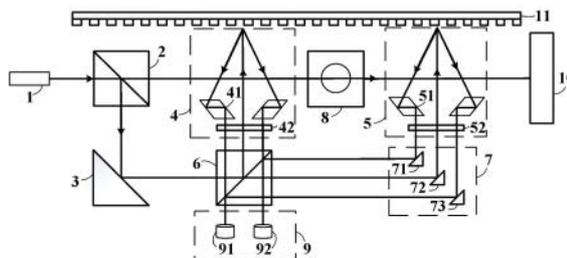
权利要求书3页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称
一种混合位移测量装置

(57) 摘要

本发明涉及光学领域,具体涉及一种混合位移测量装置,包括待测工作台、光栅尺、激光光源、第一分光镜、第一测量组件以及第二测量组件,激光光源、第一分光镜、折转镜组以及第一反射镜均相对于待测工作台保持固定,第一基础反射光束在折转镜组的作用下射入光栅尺并被光栅尺所衍射生成衍射光束,再由读数头采集待测工作台的第一位移信息,第一基础透射光束通过第一反射镜反射后进入第一干涉仪,由第一干涉仪采集待测工作台的第二位移信息。通过结合两

种测量方式的优点,提出光栅与激光混合测量的方式,远镜处利用光栅尺进行长距离测量,近镜处利用第一干涉仪进行短距离测量,解决待测工作台位移测量量程与精度难以同时保证的问题。



CN 117948897 B

[接上页]

(56) 对比文件

孔令雯;蔡文魁;施立恒;郭冬梅;夏巍;倪小琦;郝辉;王鸣.基于利特罗式激光反馈光栅干涉

的微位移测量技术.中国激光.2019,(04),全文.

张帆;刘瑾;杨海马.双频激光干涉仪互补校准式高精度位移检测系统研究.传感器与微系统.2020,(03),全文.

1. 一种混合位移测量装置,其特征在于,包括:

待测工作台;

光栅尺;

激光光源,用于产生激光光束;

第一分光镜,设置在所述激光光源的输出端,所述第一分光镜用于对所述激光光束进行分光,以产生第一基础反射光束以及第一基础透射光束;

第一测量组件,设置在所述第一基础反射光束的光路上,所述第一测量组件包括折转镜组以及读数头组,所述读数头组包括至少一个读数头,所述折转镜组用于将所述第一基础反射光束折转至所述光栅尺,以使所述光栅尺对所述第一基础反射光束衍射并生成衍射光束,所述折转镜组还用于将所述衍射光束折转至所述读数头,所述读数头用于根据所述衍射光束生成所述待测工作台的第一位移信息;

第二测量组件,包括第一反射镜以及第一干涉仪,所述第一干涉仪、第一反射镜依次设置在所述第一基础透射光束的光路上,所述第一反射镜设置在所述待测工作台上,所述第一反射镜用于将所述第一基础透射光束反射至所述第一干涉仪,所述第一干涉仪用于根据所述第一反射镜所反射的第一基础透射光束生成所述待测工作台的第二位移信息;

所述第一分光镜、折转镜组以及所述第一反射镜均相对于所述待测工作台保持固定;

所述折转镜组包括:

第二反射镜,设置在所述第一基础反射光束的光路上;

第二分光镜,朝向所述第二反射镜的反射面设置,所述第二分光镜用于将经由第二反射镜折转的第一基础反射光束进行分光,以产生第一反射光束以及第一透射光束,所述第一反射光束经由所述第二分光镜折转至光栅尺,以使所述光栅尺对所述第一反射光束衍射并生成第一一级衍射光束;

第一折转镜,设置在所述第一一级衍射光束的光路上,用于将所述第一一级衍射光束折转至所述第二分光镜,并自所述第二分光镜透射至所述读数头;

第三反射镜,设置在所述第一透射光束的光路上,所述第三反射镜用于将所述第一透射光束折转至光栅尺,以使所述光栅尺对所述第一透射光束衍射并生成第二一级衍射光束;

第二折转镜,设置在所述第二一级衍射光束的光路上,用于将所述第二一级衍射光束进行折转;

第四反射镜,设置在所述第二一级衍射光束的折转路径上,所述第四反射镜用于将所述第二一级衍射光束折转至所述第二分光镜,并自所述第二分光镜反射至所述读数头;

所述第一一级衍射光束以及所述第二一级衍射光束产生干涉信号,所述读数头根据所述干涉信号生成所述第一位移信息。

2. 根据权利要求1所述的混合位移测量装置,其特征在于,所述第一一级衍射光束包括第一正一级衍射光束以及第一负一级衍射光束,所述第二一级衍射光束包括第二正一级衍射光束以及第二负一级衍射光束;

所述第一折转镜的数量为两个,每一所述第一折转镜与一个所述第一一级衍射光束对应设置;

所述第二折转镜的数量为两个,每一所述第二折转镜与一个所述第二一级衍射光束对

应设置；

所述第四反射镜的数量为两个，每一所述第四反射镜与一个所述第二一级衍射光束对应设置；

所述读数头的数量为两个，每一所述读数头与一个所述第一一级衍射光束对应设置；

所述干涉信号包括第一干涉信号以及第二干涉信号，所述第一正一级衍射光束以及所述第二负一级衍射光束产生所述第一干涉信号，所述第一负一级衍射光束以及所述第二正一级衍射光束产生所述第二干涉信号，所述读数头组根据所述第一干涉信号以及所述第二干涉信号生成所述第一位移信息。

3. 根据权利要求2所述的混合位移测量装置，其特征在于，所述第一折转镜和/或所述第二折转镜为梯形折转棱镜、平面反射镜、一维透射光栅以及聚光透镜的任一项。

4. 根据权利要求3所述的混合位移测量装置，其特征在于，所述第二分光镜为偏振分光棱镜，所述折转镜组还包括：

第一四分之一波片，设置在所述第一折转镜与所述第二分光镜之间，用于调节所述第一一级衍射光束的偏振状态；

第二四分之一波片，设置在所述第二折转镜与所述第四反射镜之间，用于调节所述第二一级衍射光束的偏振状态。

5. 根据权利要求4所述的混合位移测量装置，其特征在于，所述待测工作台包括自下而上设置的第一工作台以及第二工作台，所述第一工作台可相对于所述光栅尺沿第一方向移动，所述第二工作台可相对于所述光栅尺沿第二方向移动，所述第一方向与所述第二方向垂直；

所述折转镜组与所述第一工作台保持相对固定，所述第一位移信息为所述第一工作台的位移信息；

所述第一反射镜与所述第二工作台保持相对固定，所述第二位移信息为所述第二工作台的位移信息。

6. 根据权利要求5所述的混合位移测量装置，其特征在于，所述光栅尺包括沿第二方向并列设置的第一光栅尺以及第二光栅尺，所述第一光栅尺与所述第二光栅尺均沿所述第一方向延伸；

所述第一测量组件的数量为两个，其中一个所述第一测量组件与第一光栅尺对应设置，另一个所述第二测量组件与第二光栅尺对应设置。

7. 根据权利要求6所述的混合位移测量装置，其特征在于，还包括：

第二干涉仪，设置在所述第一反射镜的折转路径上，所述第二干涉仪用于测量第一方向上所述待测工作台的第三位移信息；

第三干涉仪，设置在所述第一光栅尺的下方，所述第三干涉仪用于测量所述待测工作台在第三方向上的第四位移信息，所述第三方向分别与所述第一方向、第二方向垂直；

第四干涉仪，设置在所述第二光栅尺的下方，所述第四干涉仪与所述第三干涉仪沿第二方向并列设置，所述第四干涉仪用于测量所述待测工作台在第三方向上的第五位移信息；

第五干涉仪，设置在所述第二光栅尺的下方，且设置在所述第四干涉仪与所述第二光栅尺下方的所述第一测量组件之间，所述第五干涉仪用于测量所述待测工作台在第三方向

上的第六位移信息。

8. 根据权利要求1-7任意一项所述的混合位移测量装置,其特征在于,还包括:

位移测量单元,与所述读数头电连接,所述位移测量单元用于根据所述第一级衍射光束以及所述第二级衍射光束产生干涉信号;

光电转换模块,与所述位移测量单元电连接,用于将所述干涉信号转换为电信号;

控制单元,用于根据所述电信号生成所述第一位移信息。

9. 根据权利要求8所述的混合位移测量装置,其特征在于,还包括:

显示单元,与所述控制单元电连接,所述显示单元用于将所述第一位移信息进行显示。

一种混合位移测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光学领域,具体涉及一种混合位移测量装置。

背景技术

[0002] 扫描干涉场曝光系统是采用小尺寸的高斯光束,在光栅基底表面重合并干涉形成干涉场,利用工作台的二维运动,通过扫描的方式曝光,用动态相位锁定的方式实现干涉条纹与光栅基底的随动,拼接制作大尺寸全息光栅。然而,工作台非理想运动,如果不校正,在制作光栅时会引入额外误差。

[0003] 光学测量法在如今的国际世界得到广泛应用,其中最常见的是激光干涉仪和光栅干涉测量系统。受到直流飘移的影响,单频激光干涉仪在工作台位移测量领域应用并不广泛,双频激光干涉仪由于系统的交流特性,抗干扰能力强,计量精确,大多数长行程、高精度的工作台位移测量都选用双频激光干涉仪。光栅位移测量系统以光栅作为量尺,以光栅的栅距为测量基准,光栅刻槽对环境的敏感度低,而且光栅与读数头之间的间距较小,且不会随测量距离的增加而变大,是工业生产中常用的工作台测量技术。

[0004] 激光干涉仪的测量基准是激光波长,非真空环境中,波长随温度、湿度、压力梯度等环境因素的波动而变化,影响激光干涉仪的测量精度,从而导致扫描干涉场曝光系统的扫描曝光质量下降。在同等的环境控制指标下,光栅干涉仪凭借极短的光程实现了比激光干涉仪更高的测量稳定性,减少了对工作环境的依赖;但由于其以与被测物体机械连接的读数头作为位置反馈,并不适用于步进扫描式的二维工作台的位移测量。

发明内容

[0005] 本发明为解决上述问题,提供了一种混合位移测量装置,解决了现有的光栅干涉仪与激光干涉仪在测量过程中使用受限的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了一种混合位移测量装置,包括待测工作台、光栅尺、激光光源、第一分光镜、第一测量组件以及第二测量组件;激光光源用于产生激光光束;第一分光镜设置在激光光源的输出端,第一分光镜用于对激光光束进行分光,以产生第一基础反射光束以及第一基础透射光束;第一测量组件设置在第一基础反射光束的光路上,第一测量组件包括折转镜组以及读数头组,读数头组包括至少一个读数头,折转镜组用于将第一基础反射光束折转至光栅尺,以使光栅尺对第一基础反射光束衍射并生成衍射光束,折转镜组还用于将衍射光束折转至读数头,读数头用于根据衍射光束生成待测工作台的第一位移信息;第二测量组件包括第一反射镜以及第一干涉仪,第一干涉仪、第一反射镜依次设置在第一基础透射光束的光路上,第一反射镜设置在待测工作台上,第一反射镜用于将第一基础透射光束反射至第一干涉仪,第一干涉仪用于根据第一反射镜所反射的第一基础透射光束生成待测工作台的第二位移信息;第一分光镜、折转镜组以及第一反射镜均相对于待测工作台保持固定。

[0007] 在一些实施例中,折转镜组包括第二反射镜、第二分光镜、第一折转镜、第三反射

镜、第二折转镜以及第四反射镜,第二反射镜设置在第一基础反射光束的光路上;第二分光镜朝向第二反射镜的反射面设置,第二分光镜用于将经由第二反射镜折转的第一基础反射光束进行分光,以产生第一反射光束以及第一透射光束,第一反射光束经由第二分光镜折转至光栅尺,以使光栅尺对第一反射光束衍射并生成第一一级衍射光束;

[0008] 第一折转镜设置在第一一级衍射光束的光路上,用于将第一一级衍射光束折转至第二分光镜,并自第二分光镜透射至读数头;第三反射镜设置在第一透射光束的光路上,第三反射镜用于将第一透射光束折转至光栅尺,以使光栅尺对第一透射光束衍射并生成第二一级衍射光束;第二折转镜设置在第二一级衍射光束的光路上,用于将第二一级衍射光束进行折转;第四反射镜设置在第二一级衍射光束的折转路径上,第四反射镜用于将第二一级衍射光束折转至第二分光镜,并自第二分光镜反射至读数头;第一一级衍射光束以及第二一级衍射光束产生干涉信号,读数头根据干涉信号生成第一位移信息。

[0009] 在一些实施例中,第一一级衍射光束包括第一正一级衍射光束以及第一负一级衍射光束,第二一级衍射光束包括第二正一级衍射光束以及第二负一级衍射光束;第一折转镜的数量为两个,每一第一折转镜与一个第一一级衍射光束对应设置;第二折转镜的数量为两个,每一第二折转镜与一个第二一级衍射光束对应设置;第四反射镜的数量为两个,每一第四反射镜与一个第二一级衍射光束对应设置;读数头的数量为两个,每一读数头与一个第一一级衍射光束对应设置;干涉信号包括第一干涉信号以及第二干涉信号,第一正一级衍射光束以及第二负一级衍射光束产生第一干涉信号,第一负一级衍射光束以及第二正一级衍射光束产生第二干涉信号,读数头组根据第一干涉信号以及第二干涉信号生成第一位移信息。

[0010] 在一些实施例中,第一折转镜和/或第二折转镜为梯形折转棱镜、平面反射镜、一维透射光栅以及聚光透镜的任一项。

[0011] 在一些实施例中,第二分光镜为偏振分光棱镜,折转镜组还包括第一四分之一波片以及第二四分之一波片,第一四分之一波片设置在第一折转镜与第二分光镜之间,用于调节第一一级衍射光束的偏振状态;第二四分之一波片设置在第二折转镜与第四反射镜之间,用于调节第二一级衍射光束的偏振状态。

[0012] 在一些实施例中,待测工作台包括自下而上设置的第一工作台以及第二工作台,第一工作台可相对于光栅尺沿第一方向移动,第二工作台可相对于光栅尺沿第二方向移动,第一方向与第二方向垂直;折转镜组与第一工作台保持相对固定,第一位移信息为第一工作台的位移信息;第一反射镜与第二工作台保持相对固定,第二位移信息为第二工作台的位移信息。

[0013] 在一些实施例中,光栅尺包括沿第二方向并列设置的第一光栅尺以及第二光栅尺,第一光栅尺与第二光栅尺均沿第一方向延伸;第一测量组件的数量为两个,其中一个第一测量组件与第一光栅尺对应设置,另一个第二测量组件与第二光栅尺对应设置。

[0014] 在一些实施例中,还包括第二干涉仪、第三干涉仪、第四干涉仪以及第五干涉仪;第二干涉仪设置在第一反射镜的折转路径上,第二干涉仪用于测量第一方向上待测工作台的第三位移信息;第三干涉仪设置在第一光栅尺的下方,第三干涉仪用于测量待测工作台在第三方向上的第四位移信息,第三方向分别与第一方向、第二方向垂直;第四干涉仪设置在第二光栅尺的下方,第四干涉仪与第三干涉仪沿第二方向并列设置,第四干涉仪用于测

量待测工作台在第三方向上的第五位移信息;第五干涉仪设置在第二光栅尺的下方,且设置在第四干涉仪与第二光栅尺下方的第一测量组件之间,第五干涉仪用于测量待测工作台在第三方向上的第六位移信息。

[0015] 在一些实施例中,还包括位移测量单元、光电转换模块以及控制单元,位移测量单元与读数头电连接,位移测量单元用于根据第一一级衍射光束以及第二一级衍射光束产生干涉信号;光电转换模块与位移测量单元电连接,用于将干涉信号转换为电信号;控制单元用于根据电信号生成第一位移信息。

[0016] 在一些实施例中,还包括显示单元,显示单元与控制单元电连接,显示单元用于将第一位移信息进行显示。

[0017] 与现有技术相比,本发明能够取得如下有益效果:

[0018] 混合位移测量装置包括待测工作台、光栅尺、激光光源、第一分光镜、第一测量组件以及第二测量组件,第一分光镜、折转镜组以及第一反射镜均相对于待测工作台保持固定,激光光源用于产生激光光束,第一分光镜对激光光束进行分光并产生第一基础反射光束以及第一基础透射光束,其中,第一基础反射光束在折转镜组的作用下射入光栅尺并被光栅尺所衍射生成衍射光束,再由读数头将衍射光束进行采集,以生成待测工作台的第一位移信息,第一基础透射光束通过第一反射镜反射后进入第一干涉仪,由第一干涉仪采集待测工作台的第二位移信息,通过第一位移信息、第二位移信息即实现了整个混合位移测量装置对待测工作台的位移测量。本技术方案结合两种测量方式的优点,提出光栅与激光混合测量的方式,远镜处利用光栅尺进行长距离测量,近镜处利用第一干涉仪进行短距离测量,解决步进扫描式二维待测工作台位移测量量程与精度难以同时保证的问题。

附图说明

[0019] 图1为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第一示意图;

[0020] 图2为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第二示意图;

[0021] 图3为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第三示意图;

[0022] 图4为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第四示意图;

[0023] 图5为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第五示意图;

[0024] 图6为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第六示意图;

[0025] 图7为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第七示意图;

[0026] 图8为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第八示意图;

[0027] 图9为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第九示意图;

[0028] 图10为根据本发明实施例提供的混合位移测量装置的第十示意图。

[0029] 其中的附图标记包括:1、激光光源;2、第一分光镜;3、第二反射镜;4、第一测量单元;41、第一折转镜;42、第一四分之一波片;5、第二测量单元;51、第二折转镜;52、第二四分之一波片;6、第二分光镜;7、反射镜组;71、第五反射镜;72、第三反射镜;73、第六反射镜;8、第一干涉仪;9、读数头组;91、第一读数头;92、第二读数头;10、第一反射镜;11、光栅尺;12、第三干涉仪;13、第四干涉仪;14、第五干涉仪;15、第一测量组件;16、第三测量组件;17、第二干涉仪;18、第一光栅尺;19、第二光栅尺;100、混合位移测量装置;101、折转镜组;102、第一工作台;103、第二工作台;104、位移测量单元;105、光电转换模块;106、控制单元;107、显

示单元;X、第一方向;Y、第二方向;Z、第三方向。

具体实施方式

[0030] 在下文中,将参考附图描述本发明的实施例。在下面的描述中,相同的模块使用相同的附图标记表示。在相同的附图标记的情况下,它们的名称和功能也相同。因此,将不重复其详细描述。

[0031] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及具体实施例,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用以解释本发明,而不构成对本发明的限制。

[0032] 请参阅图1至图7,本实施例提供了一种混合位移测量装置,包括待测工作台、光栅尺11、激光光源1、第一分光镜2、第一测量组件以及第二测量组件;激光光源1用于产生激光光束;第一分光镜2设置在激光光源1的输出端,第一分光镜2用于对激光光束进行分光,以产生第一基础反射光束以及第一基础透射光束;第一测量组件设置在第一基础反射光束的光路上,第一测量组件包括折转镜组以及读数头组9,读数头组9包括至少一个读数头,折转镜组用于将第一基础反射光束折转至光栅尺11,以使光栅尺11对第一基础反射光束衍射并生成衍射光束,折转镜组还用于将衍射光束折转至读数头,读数头用于根据衍射光束生成待测工作台的第一位移信息;第二测量组件包括第一反射镜10以及第一干涉仪8,第一干涉仪8、第一反射镜10依次设置在第一基础透射光束的光路上,第一反射镜10设置在待测工作台上,第一反射镜10用于将第一基础透射光束反射至第一干涉仪8,第一干涉仪8用于根据第一反射镜10所反射的第一基础透射光束生成待测工作台的第二位移信息;第一分光镜2、折转镜组相对于下层工作台保持固定,第一反射镜10相对于上层工作台保持固定。

[0033] 本实施例中,待测工作台可以理解为需要进行位移测量的扫描步进二维工作台。激光光源1用于产生激光光束,第一分光镜2的设置位置如图1所示,第一分光镜2对激光光源1发出的激光光束进行分光。需要说明的是,激光光束可以是包含有正交偏振状态的激光光束,第一分光镜2可以不是偏振分光镜,则第一分光镜2的分光作用不会与激光光束的偏振状态相关联,也即第一基础反射光束中包含有两个偏振状态的光波,第一基础透射光束中包含有两个偏振状态的光波。

[0034] 其中,第一测量组件设置在第一基础反射光束的光路上,第一测量组件包括折转镜组以及读数头组9,折转镜组可以理解为按照预设位置布置的多个光学镜片的组合,折转镜组可以将第一基础反射光束通过折射、反射、透射等方式使其进入光栅尺11,光栅尺11对第一基础反射光束产生衍射并形成衍射光束,再经由折转镜组的折射、反射、透射等以进入读数头组9中,使得衍射光束被读数头所采集,从而将第一基础反射光束中所携带的位移信息进行采集,也即待测工作台的第一位移信息。

[0035] 此处需要说明的是,折转镜组相对于待测工作台固定,因此,当待测工作台移动时,折转镜组对第一基础反射光束所折转的光路会跟随待测工作台移动,也即第一基础反射光束所折转的光路会相对于光栅尺11移动,从而使得光栅尺11对折转后的第一基础反射光束产生的衍射光束携带有位置信息,利用这一原理即可实现对待测工作台的位置跟踪。

[0036] 第二测量组件用于对第一基础透射光束进行位置测量,具体的,第二测量组件包括第一反射镜10以及第一干涉仪8,其中第一干涉仪8可以是激光干涉仪,第一干涉仪8设置

在如图1所示的位置,第一反射镜10设置在待测工作台上,则当第一反射镜10在待测工作台的带动下移动时,会使得第一基础透射光束的反射路径存在变化,进而被第一干涉仪8所捕捉,第一干涉仪8根据第一基础透射光束经由第一反射镜10反射后的反射光束生成待测工作台的第二位移信息。

[0037] 本实施例通过第一位移信息、第二位移信息即实现了整个混合位移测量装置对待测工作台的位移测量;结合两种测量方式的优点,提出光栅与激光混合测量的方式,远镜处利用光栅尺11进行长距离测量,近镜处利用第一干涉仪8进行短距离测量,解决步进扫描式二维待测工作台位移测量量程与精度难以同时保证的问题。

[0038] 请参阅图1至图7,在一些实施例中,折转镜组包括第二反射镜3、第二分光镜6、第一折转镜41、第三反射镜72、第二折转镜51以及第四反射镜,第二反射镜3设置在第一基础反射光束的光路上;第二分光镜6朝向第二反射镜3的反射面设置,第二分光镜6用于将经由第二反射镜3折转的第一基础反射光束进行分光,以产生第一反射光束以及第一透射光束,第一反射光束经由第二分光镜6折转至光栅尺11,以使光栅尺11对第一反射光束衍射并生成第一一级衍射光束;

[0039] 第一折转镜41设置在第一一级衍射光束的光路上,用于将第一一级衍射光束折转至第二分光镜6,并自第二分光镜6透射至读数头;第三反射镜72设置在第一透射光束的光路上,第三反射镜72用于将第一透射光束折转至光栅尺11,以使光栅尺11对第一透射光束衍射并生成第二一级衍射光束;第二折转镜51设置在第二一级衍射光束的光路上,用于将第二一级衍射光束进行折转;第四反射镜设置在第二一级衍射光束的折转路径上,第四反射镜用于将第二一级衍射光束折转至第二分光镜6,并自第二分光镜6反射至读数头;第一一级衍射光束以及第二一级衍射光束产生干涉信号,读数头根据干涉信号生成第一位移信息。

[0040] 需要说明的是,为便于理解,本实施例新增第一测量单元4、第二测量单元5以及反射镜组7的上位表述,其中,第一测量单元4包括至少一个第一折转镜41,以及包括后文所述的第一四分之一波片42,第二测量单元5包括至少一个第二折转镜51,以及包括后文所述的第二四分之一波片52;反射镜组7包括第三反射镜72,以及包括至少一个第四反射镜。可以理解的是,当第四反射镜的数量为两个时,将两个第四反射镜分别记为第五反射镜71、第六反射镜73,当读数头的数量为两个时,将读数头记为第一读数头91、第二读数头92。

[0041] 本实施例中,第二反射镜3设置在第一分光镜2的分光面上,且设置在第一基础反射光束的光路上,第二反射镜3用于将第一基础反射光束进行反射,以使第一基础反射光束的光路产生折转并射入第二分光镜6,第二分光镜6进一步对第一基础反射光束进行分光,为便于表述,将第一基础反射光束经由第二分光镜6分光后的两个光束记为第一反射光束以及第一透射光束,其中,第一反射光束射入光栅尺11,光栅尺11对第一反射光束产生衍射后形成第一一级衍射光束,并自第一折转镜41折转后重新射入第二分光镜6,并从第二分光镜6透射至读数头;第一透射光束经由第三反射镜72反射至光栅尺11,光栅尺11对第一透射光束产生衍射后形成第二一级衍射光束,并自第二折转镜51折转后射入第四反射镜,再经由第四反射镜射入第二分光镜6并通过第二分光镜6反射至读数头,这一过程中,第一一级衍射光束与第二一级衍射光束会产生干涉,从而使得读数头同时接收待第一一级衍射光束与第二一级衍射光束,具体如图2与图3所示,当第一折转镜41、第二折转镜51以及读数头的

数量均为一时,第一反射光束与第一透射光束的光路分布图,图1为第一折转镜41、第二折转镜51以及读数头的数量为两个时的光路分布图。

[0042] 请参阅图1,在一些实施例中,第一一级衍射光束包括第一正一级衍射光束以及第一负一级衍射光束,第二一级衍射光束包括第二正一级衍射光束以及第二负一级衍射光束;第一折转镜41的数量为两个,每一第一折转镜41与一个第一一级衍射光束对应设置;第二折转镜51的数量为两个,每一第二折转镜51与一个第二一级衍射光束对应设置;第四反射镜的数量为两个,每一第四反射镜与一个第二一级衍射光束对应设置;读数头的数量为两个,每一读数头与一个第一一级衍射光束对应设置;干涉信号包括第一干涉信号以及第二干涉信号,第一正一级衍射光束以及第二负一级衍射光束产生第一干涉信号,第一负一级衍射光束以及第二正一级衍射光束产生第二干涉信号,读数头组9根据第一干涉信号以及第二干涉信号生成第一位移信息。

[0043] 本实施例中,读数头组9包括第一读数头91以及第二读数头92,其中,第一正一级衍射光束与第二负一级衍射光束干涉并射入第二读数头92中,第一负一级衍射光束与第二正一级衍射光束干涉并射入第一读数头91中,从而实现第一干涉信号与第二干涉信号的分别采集。

[0044] 具体的,当光栅尺11沿着光栅矢量方向发生运动时,其中第一负一级衍射光和第二正一级衍射光干涉形成的 $2\Delta f$ 多普勒频移,第一正一级衍射光和第二负一级衍射光干涉形成 $2\Delta f$ 的多普勒频移,对二者分别对应的第一干涉信号以及第二干涉信号进行差分处理,实现待测工作台在第一方向X的位移测量,也即获得第一位移信息。

[0045] 请参阅图1至图7,在一些实施例中,第一折转镜41和/或第二折转镜51为梯形折转棱镜、平面反射镜、一维透射光栅以及聚光透镜的任一项。

[0046] 选择梯形折转棱镜,可使第一一级衍射光束和/或第二一级衍射光束在空间之中偏移一个微小距离,可实现节约空间的目的;平面反射镜可实现第一一级衍射光束和/或第二一级衍射光束的直接出射,同时消除了光栅尺11所附带的其他杂光的影响,实现了一次衍射,达到了4倍光学细分的目的;一维透射光栅设置为中心为空白的透镜组件,可实现光栅0级衍射光的平行出射,两边分别为相互平行栅线的一维透射光栅,可实现 ± 1 级衍射光的平行出射;聚光透镜由于自身焦距的限制,测量距离限制很大,对Z轴的位移测量只能限制在聚光透镜的焦距范围之内。

[0047] 请参阅图1至图7,在一些实施例中,第二分光镜6为偏振分光棱镜,折转镜组还包括第一四分之一波片42以及第二四分之一波片52,第一四分之一波片42设置在第一折转镜41与第二分光镜6之间,用于调节第一一级衍射光束的偏振状态;第二四分之一波片52设置在第二折转镜51与第四反射镜之间,用于调节第二一级衍射光束的偏振状态。

[0048] 本实施例中,第二分光镜6为偏振分光棱镜,则第二分光镜6会对置于其中一个偏振状态的第一基础反射光束进行透射,而对另一个偏振状态的第一基础反射光束进行反射。在这一状态下,光栅尺11所产生的衍射光束还需要通过第一四分之一波片42以及第二四分之一波片52的偏振态的调制后再进入第二分光镜6,以实现第二分光镜6处第一一级衍射光束的透射、第二一级衍射光束的反射效果。

[0049] 请参阅图9,在一些实施例中,混合位移测量装置100中,待测工作台包括自下而上设置的第一工作台102以及第二工作台103,第一工作台102可相对于光栅尺11沿第一方向X

移动,第二工作台103可相对于光栅尺11沿第二方向Y移动,第一方向X与第二方向Y垂直;折转镜组101与第一工作台102保持相对固定,第一位移信息为第一工作台102的位移信息;第一反射镜10与第二工作台103保持相对固定,第二位移信息为第二工作台103的位移信息。

[0050] 本实施例中,第一方向X与第二方向Y、激光光源1、折转镜组101、第一干涉仪8、第一反射镜10、光栅尺11、第一读数头91与第二读数头92和待测工作台之间的位置关系如图9所示,则第一工作台102与第二工作台103可以为叠放设置,第一工作台102带动第二工作台103及其自身沿第一方向X移动,第二工作台103带动自身沿第二方向Y移动,从而实现待测工作台在两个方向上的位移。具体的,第一反射镜10设置在第二工作台103上,则第一反射镜10所反射后的第一基础透射光束包含有第二工作台103的位移信息,而第一工作台102与折转镜组101保持固定,因此第一基础反射光束经由光栅尺11衍射后所获得的衍射光束包含有第一工作台102的位移信息。

[0051] 通过对第一位移信息以及第二位移信息进行计算,可以相应获得第一工作台102、第二工作台103的空间位移信息,包含有第一工作台102、第二工作台103在第一方向X、第二方向Y上的旋转位移等。

[0052] 请参阅图8,在一些实施例中,光栅尺组具体包括沿第二方向Y并列设置的第一光栅尺18以及第二光栅尺19,第一光栅尺18与第二光栅尺19均沿第一方向X延伸;第一测量组件15的数量为两个,其中一个第一测量组件15与第一光栅尺18对应设置,另一个第二测量组件与第二光栅尺19对应设置。

[0053] 请参阅图8,在一些实施例中,还包括第二干涉仪17、第三干涉仪12、第四干涉仪13以及第五干涉仪14;第二干涉仪17设置在第一反射镜10的折转路径上,第二干涉仪17用于测量第一方向X上待测工作台的第三位移信息;第三干涉仪12设置在第一光栅尺18的下方,第三干涉仪12用于测量待测工作台在第三方向Z上的第四位移信息,第三方向Z分别与第一方向X、第二方向Y垂直;第四干涉仪13设置在第二光栅尺19的下方,第四干涉仪13与第三干涉仪12沿第二方向Y并列设置,第四干涉仪13用于测量待测工作台在第三方向Z上的第五位移信息;第五干涉仪14设置在第二光栅尺19的下方,且设置在第四干涉仪13与第二光栅尺19下方的第一测量组件15之间,第五干涉仪14用于测量待测工作台在第三方向Z上的第六位移信息。

[0054] 结合图8对上述表述进行理解:本实施例中,第一测量组件15的数量为两个,为便于表述,将其记为第一测量组件15、第三测量组件16,两个第一测量组件15设置在混合位移测量装置的中心两端成对称分布;引入第三方向Z,第三方向Z为空间坐标系中的竖直方向,其中,第三干涉仪12、第四干涉仪13以及第十五干涉仪用于测量待测工作台在第三方向Z上的位移,第三干涉仪12与第四干涉仪13沿测量装置的中心两端成对称分布,第四干涉仪13与第五干涉仪14并列,且第五干涉仪14设置在第三测量组件16与第四干涉仪13之间;第二干涉仪17用于测量待测工作台在第一方向X上的位移;光栅尺与第一测量组件15垂直方向放置,其中,第一光栅尺18对应于第一测量组件15,第二光栅尺19对应于第三测量组件16;第一反射镜10为第二干涉仪17的测量基准;待测工作台在第一方向X上的位移信息可表示为第一测量组件15与第三测量组件16的平均值与第二干涉仪17数据相加之和;待测工作台在第二方向Y上的位移信息可表示为用第三干涉仪12,第四干涉仪13和第五干涉仪14所采集的位移数据求平均值得到;整个测量装置的自身偏摆(R_z)可由第一测量组件15与第三测

量组件16中的读数头的位移数据计算得到:测量装置自身旋转(R_x)可根据第三干涉仪12、第四干涉仪13所采集的位移数据计算得到;测量装置自身俯仰(R_y)可根据第四干涉仪13以及第五干涉仪14所采集的位移数据计算得到。

[0055] 请参阅图10,在一些实施例中,混合位移测量装置100还包括位移测量单元104、光电转换模块105以及控制单元106,位移测量单元104与读数头组9电连接,位移测量单元104用于根据第一一级衍射光束以及第二一级衍射光束产生干涉信号;光电转换模块105与位移测量单元104电连接,用于将干涉信号转换为电信号;控制单元106用于根据电信号生成第一位移信息。本实施例中,控制单元106用于对电信号进行整形、细分和辨向等操作后得到位移数据。

[0056] 请参阅图10,在一些实施例中,还包括显示单元107,显示单元107与控制单元106电连接,显示单元107用于将第一位移信息进行显示。其中,激光光源1、读数头组9、光栅尺11、位移测量单元104、光电转换模块105、控制单元106与显示单元107的位置关系可结合图10进行理解。

[0057] 上述技术方案中,混合位移测量装置包括待测工作台、光栅尺、激光光源、第一分光镜、第一测量组件以及第二测量组件,激光光源、第一分光镜、折转镜组以及第一反射镜均相对于待测工作台保持固定,激光光源用于产生激光光束,第一分光镜对激光光束进行分光并产生第一基础反射光束以及第一基础透射光束,其中,第一基础反射光束在折转镜组的作用下射入光栅尺并被光栅尺所衍射生成衍射光束,再由读数头将衍射光束进行采集,以生成待测工作台的第一位移信息,第一基础透射光束通过第一反射镜反射后进入第一干涉仪,由第一干涉仪采集待测工作台的第二位移信息,通过第一位移信息、第二位移信息即实现了整个混合位移测量装置对待测工作台的位移测量。本技术方案结合两种测量方式的优点,提出光栅与激光混合测量的方式,远镜处利用光栅尺进行长距离测量,近镜处利用第一干涉仪进行短距离测量,解决步进扫描式二维待测工作台位移测量量程与精度难以同时保证的问题。

[0058] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制。本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

[0059] 以上本发明的具体实施方式,并不构成对本发明保护范围的限定。任何根据本发明的技术构思所做出的各种其他相应的改变与变形,均应包含在本发明权利要求的保护范围内。

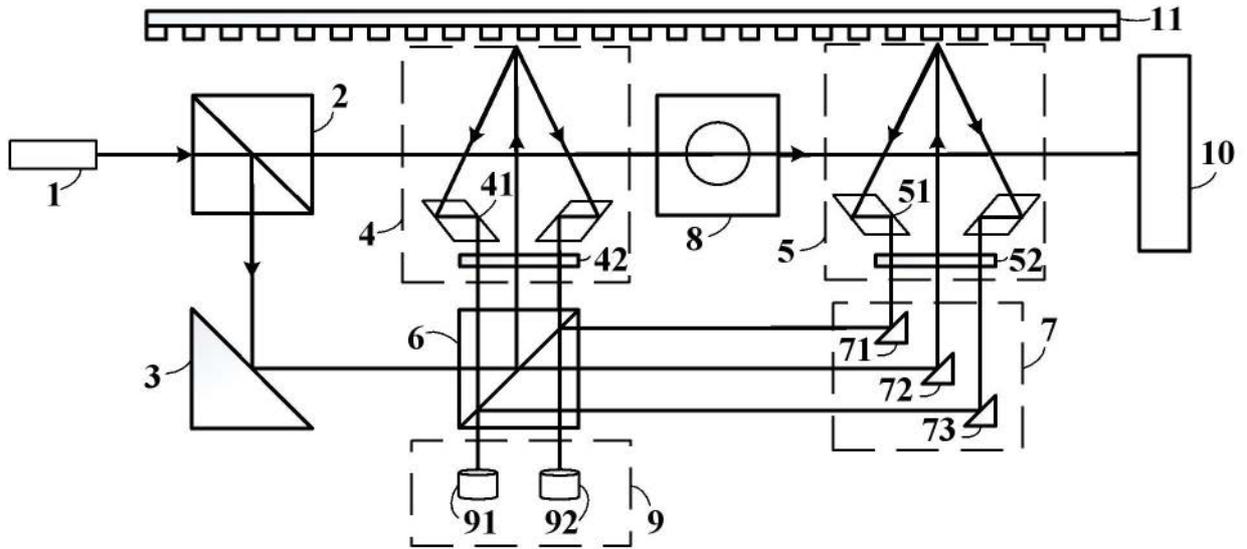


图1

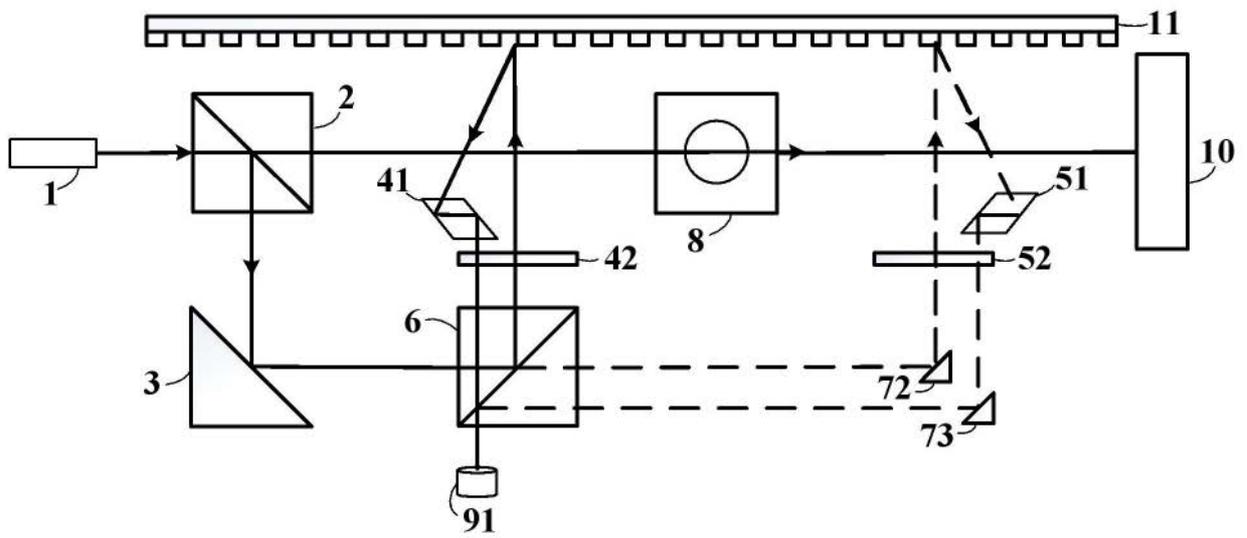


图2

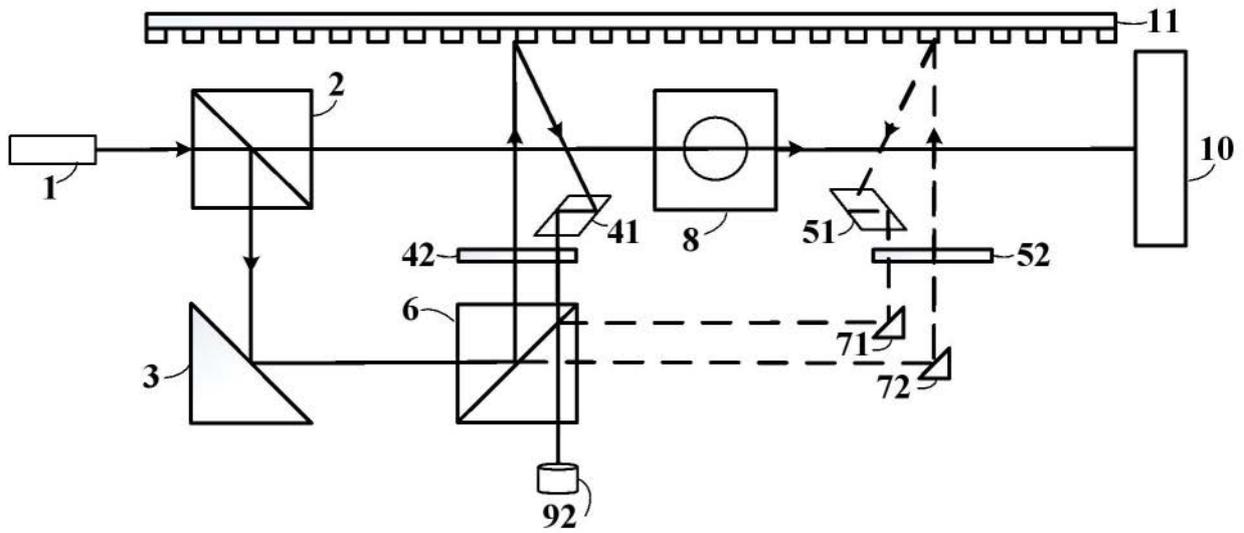


图3

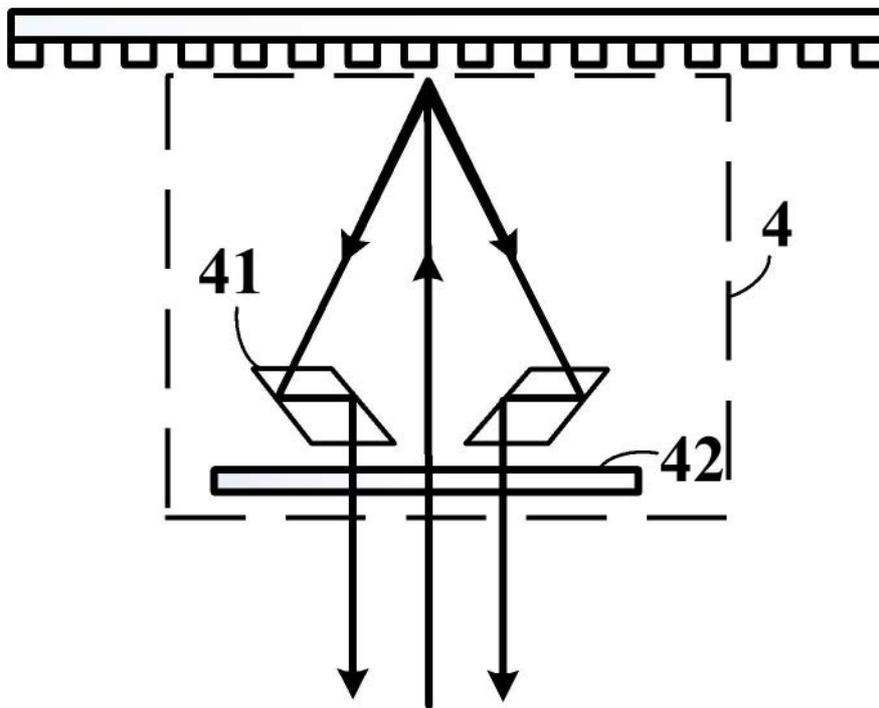


图4

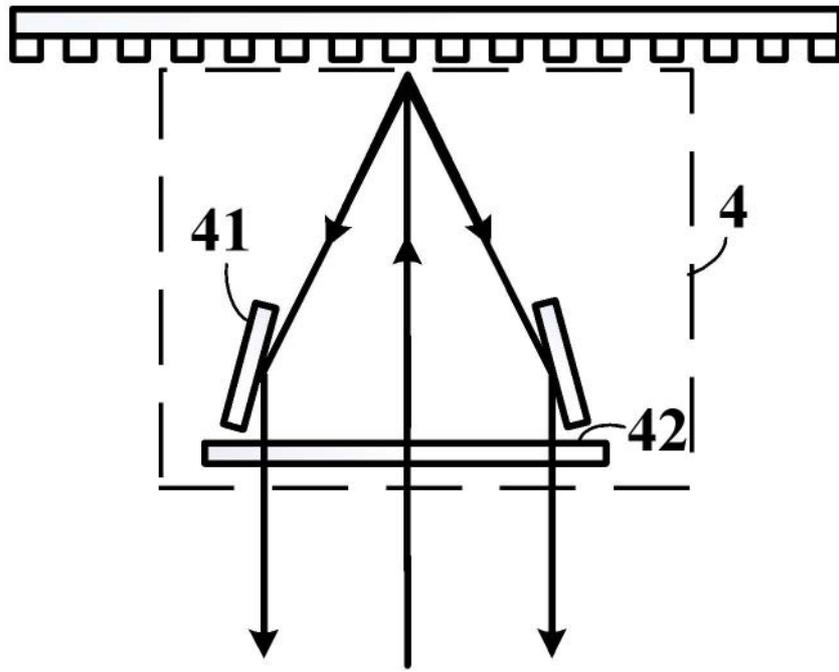


图5

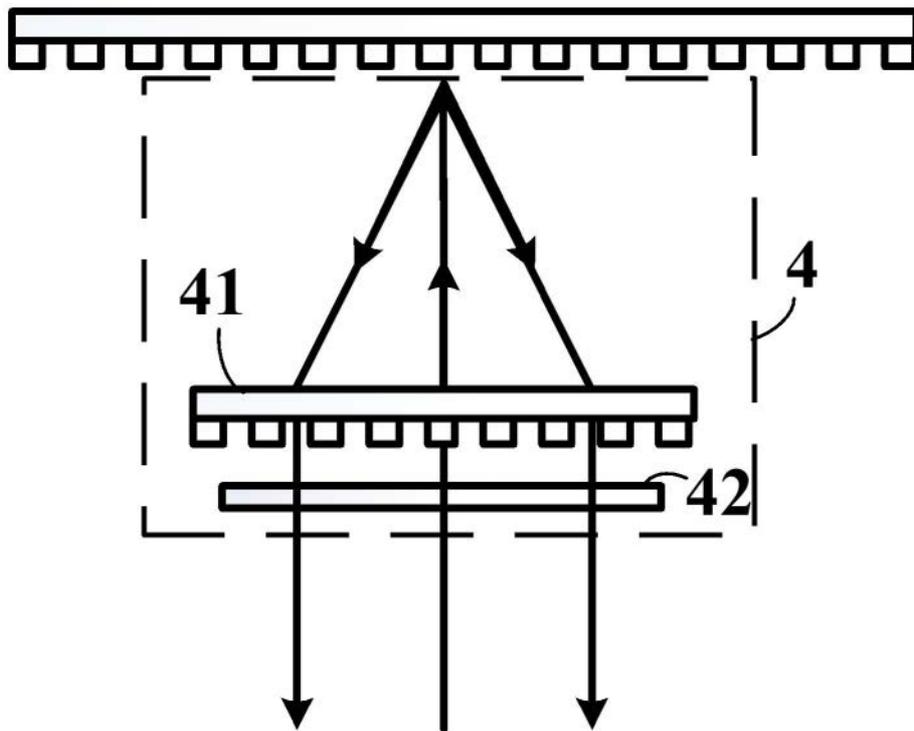


图6

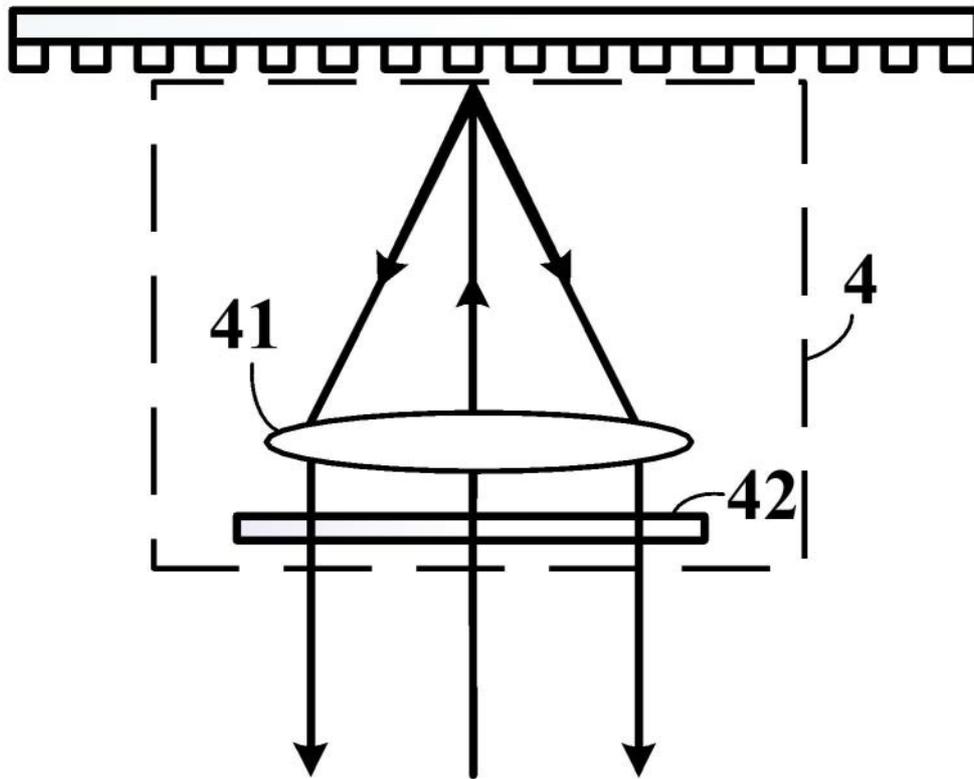


图7

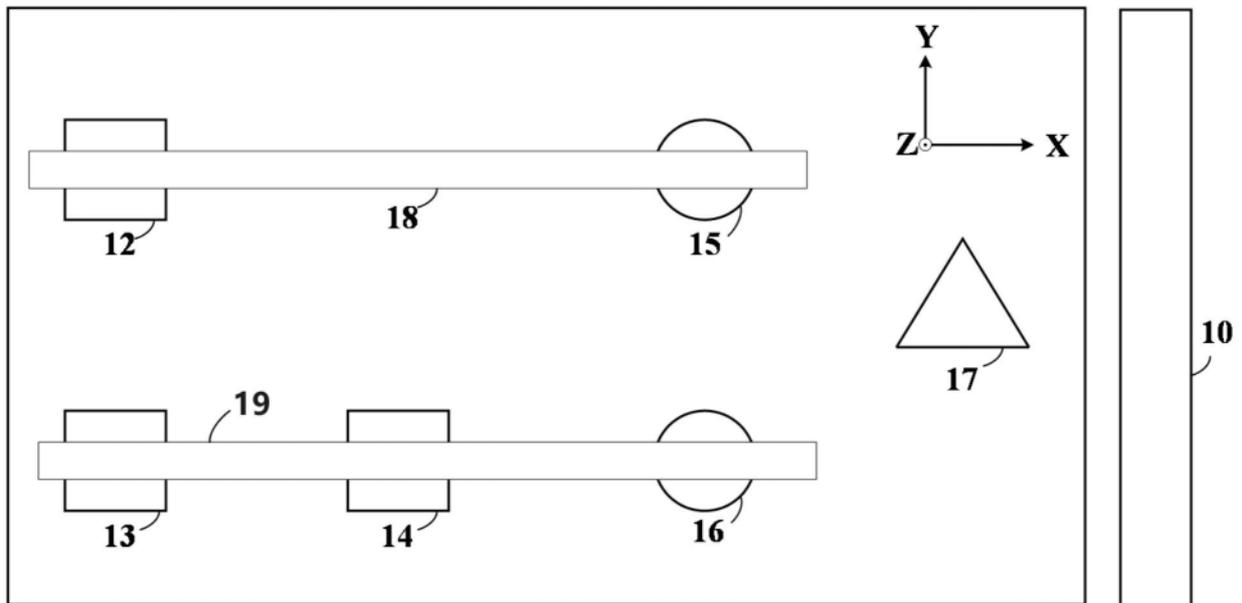


图8

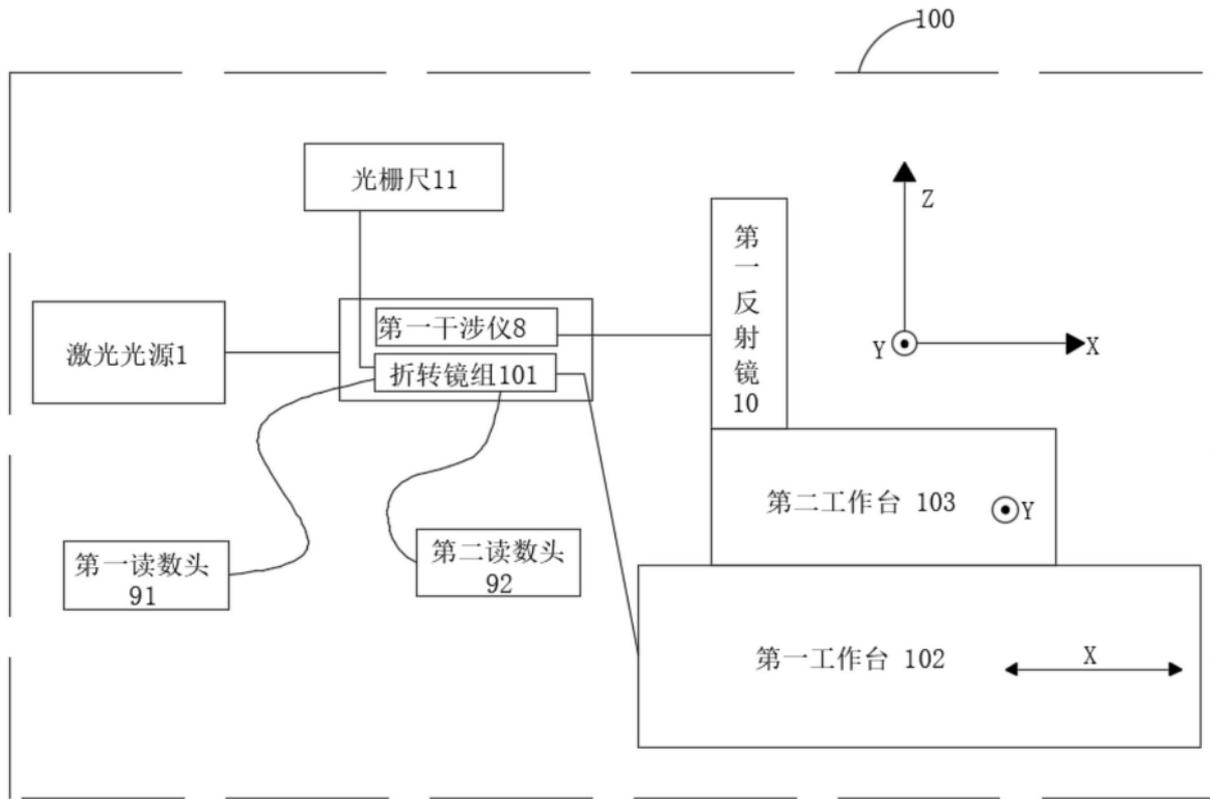


图9

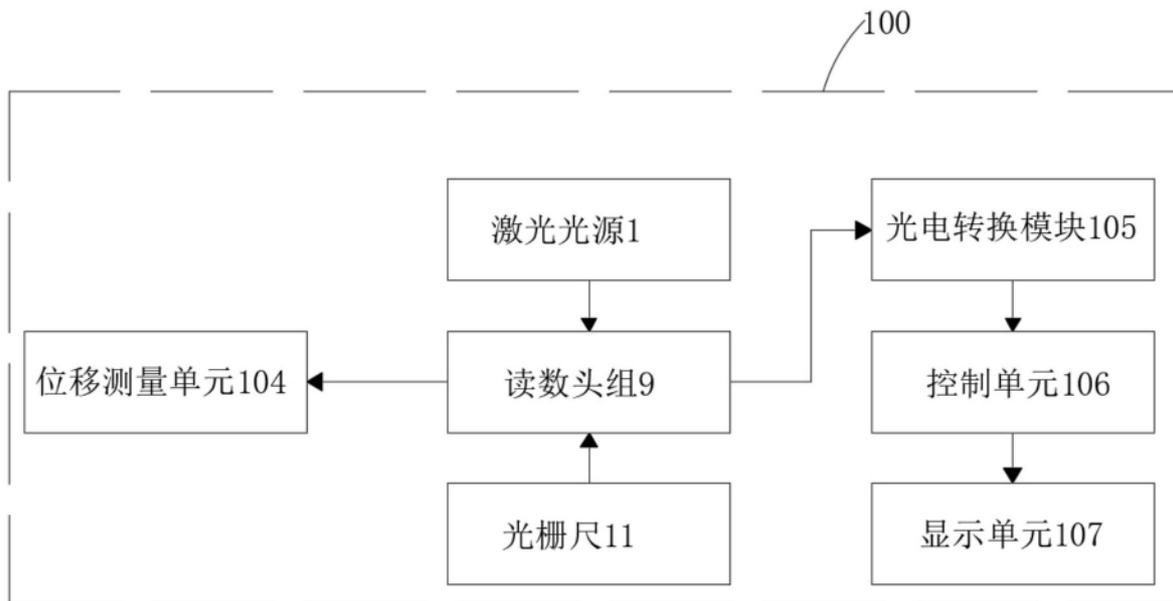


图10