



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114152193 B

(45) 授权公告日 2023. 02. 21

(21) 申请号 202010929743.2

G03F 9/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.09.07

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 103309177 A, 2013.09.18

申请公布号 CN 114152193 A

CN 102944982 A, 2013.02.27

CN 107664482 A, 2018.02.06

(43) 申请公布日 2022.03.08

CN 106933053 A, 2017.07.07

(73) 专利权人 上海微电子装备(集团)股份有限公司

EP 0440169 A2, 1991.08.07

地址 201203 上海市浦东新区张东路1525号

李潇男. 矢量光共焦扫描显微系统纳米标准样品的制备与物理测量精度.《物理学报》.2019, 第68卷(第14期),

(72) 发明人 吴萍

郝春晓等. 掩模台水平向的二维衍射平面光栅测量模型验证.《仪器仪表用户》.2019, (第06期),

(74) 专利代理机构 上海思捷知识产权代理有限公司 31295

张海波等. 一维直线光栅线位移传感器检测系统.《黑龙江科技信息》.2017, (第11期),

专利代理师 王宏婧

审查员 李传霞

(51) Int. Cl.

G01B 11/02 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

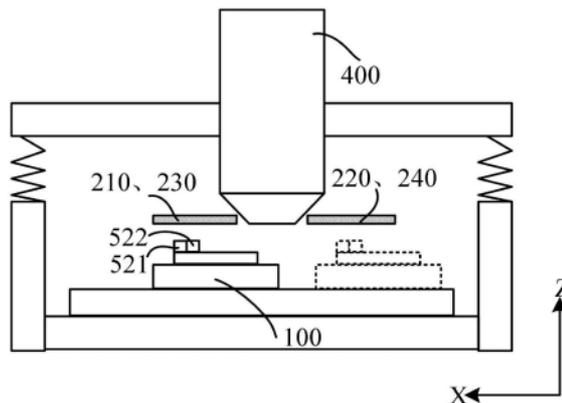
权利要求书2页 说明书14页 附图12页

(54) 发明名称

运动台光栅测量系统和光刻机

(57) 摘要

本发明提供了一种运动台光栅测量系统和光刻机,运动台光栅测量系统,包括运动台、曝光位光栅组件、测量位光栅组件和读头组件;曝光位光栅组件包括至少一个刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅,第一方向和第二方向在水平面内相互正交;测量位光栅组件包括至少一个刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅;读头组件包括至少一个读头,读头包括水平向测量模块和垂向测量模块,水平向测量模块包括第一方向测量子模块和第二方向测量子模块。本发明可以解决现有的平面光栅测量系统存在的二维光栅成本高、加工难度大、系统的光功率利用率低、杂散光多等问题。



1. 一种运动台光栅测量系统,其特征在于,包括运动台、曝光位光栅组件、测量位光栅组件和读头组件,所述曝光位光栅组件和所述测量位光栅组件均相对于曝光物镜静止安装;

所述曝光位光栅组件安装于所述运动台的曝光位侧,所述曝光位光栅组件包括至少一个刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅,所述第一方向和所述第二方向在水平面内相互正交;

所述测量位光栅组件安装于所述运动台的测量位侧,所述测量位光栅组件包括至少一个刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅;

所述读头组件包括至少一个读头,所述读头包括水平向测量模块和垂向测量模块,所述水平向测量模块包括第一方向测量子模块和第二方向测量子模块,所述读头安装于所述运动台上;

所述第一曝光位光栅、所述第二曝光位光栅、所述第一测量位光栅和所述第二测量位光栅均为一维光栅,光栅衍射只在一维方向上进行。

2. 根据权利要求1所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,所述曝光位光栅组件包括两个刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅和两个刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅;所述测量位光栅包括两个刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅和两个刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅。

3. 根据权利要求2所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,两所述第一曝光位光栅分别设于所述曝光位的两个对角处,两所述第二曝光位光栅分别设于所述曝光位的另两个对角处;两所述第一测量位光栅分别设于所述测量位的两个对角处,两所述第二测量位光栅分别设于所述测量位的另两个对角处。

4. 根据权利要求2所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,所述读头组件包括四个读头,所述四个读头分别安装于所述运动台的四个顶角处。

5. 根据权利要求1所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,所述读头包括正交设置的第一方向子读头和第二方向子读头,所述第一方向子读头包括所述第一方向测量子模块,所述第二方向子读头包括所述第二方向测量子模块。

6. 根据权利要求5所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,所述第一方向子读头包括第一回射器、第二回射器和第一反射元件,所述第二方向子读头均包括第三回射器、第四回射器和第二反射元件,所述第一回射器和所述第二回射器构成第一方向测量子模块,所述第三回射器和所述第四回射器构成第二方向测量子模块。

7. 根据权利要求1所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,所述读头为二维可切换读头,所述水平向测量模块包括第五回射器、第六回射器、第七回射器和第八回射器,所述第五回射器与所述第六回射器构成所述第一方向测量子模块,所述第七回射器与所述第八回射器构成所述第二方向测量子模块。

8. 根据权利要求7所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,所述第一方向测量子模块和所述第二方向测量子模块的位移干涉信号的输出通道相同。

9. 根据权利要求7所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,所述垂向测量模块包括第三反射元件、第四反射元件、第五反射元件、第六反射元件、第七反射元件、第八反射元件、

第九反射元件和第十反射元件,其中所述第三反射元件、第四反射元件和第五反射元件构成第一垂向测量子模块,所述第六反射元件、第七反射元件和第八反射元件构成第二垂向测量子模块,所述第九反射元件构成第三垂向测量子模块,所述第十反射元件构成第四垂向测量子模块;所述第一垂向测量子模块和所述第二垂向测量子模块用于刻线沿第一方向设置的光栅的垂向位移的测量;所述第三垂向测量子模块和所述第四垂向测量子模块用于刻线沿第二方向设置的光栅的垂向位移的测量。

10. 根据权利要求9所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,所述第一垂向测量子模块与所述第三垂向测量子模块的垂向位移干涉信号的输出通道相同,所述第二垂向测量子模块与所述第四垂向测量子模块的垂向位移干涉信号的输出通道相同。

11. 根据权利要求10所述的运动台光栅测量系统,其特征在于,所述第一垂向测量子模块和所述第三垂向测量子模块的垂向位移干涉信号均通过第一合光元件输出,所述第二垂向测量子模块与所述第四垂向测量子模块的垂向位移干涉信号均通过第二合光元件输出。

12. 一种光刻机,其特征在于,包括如权利要求1至11中任一项所述的运动台光栅测量系统。

运动台光栅测量系统和光刻机

技术领域

[0001] 本发明涉及集成电路制造技术领域,特别涉及一种运动台光栅测量系统和光刻机。

背景技术

[0002] 纳米测量技术是纳米加工、纳米操控、纳米材料等领域的基础。IC产业、精密机械、微机电系统等都需要高分辨率、高精度的位移传感器,以达到纳米精度定位。

[0003] 随着集成电路朝大规模、高集成度的方向飞跃发展,光刻机的套刻精度要求也越来越高,与之相应地,获取工件台、掩模台的六自由度位置信息的精度也随之提高。

[0004] 干涉仪有较高的测量精度,可达纳米量级,在光刻系统中,被运用于测量工件台、掩模台的位置。然而,目前干涉仪的测量精度几乎达到极限,同时干涉仪测量精度受周围环境影响较大,测量重复精度不高(即便环境很好,也会超过1nm),传统干涉仪测量系统很难满足进一步提高套刻精度的要求。所以高精度、高稳定性的皮米测量方案迫切需要。

[0005] 相比之下,光栅尺测量系统的光程可以做到很小,通常为几毫米,其光程和测量范围无关,因此它的测量精度对环境影响不敏感,具有测量稳定性高,结构简单,易于小型化的特点,使其在纳米测量领域占据重要的一席之地。在新一代光刻系统中已开始逐渐取代干涉仪,承担高精度、高稳定性皮米精度测量任务。

[0006] 专利US7289212B2公开了一种运动台平面光栅测量系统,所述光栅测量系统包括至少一个栅格光栅,以及与其相对放置的二维测量读头。该专利所公开的光栅测量系统采用至少一个栅格光栅,由于所述栅格光栅为二维光栅,因此成本高,加工难度大;且系统的光功率利用率低,杂散光多。

[0007] 专利US7602489B2公开了一种运动台平面光栅测量系统,所述光栅测量系统包括至少3个读头,其测量方向定义了与X-Y-Z坐标系的X和Y轴的非零角。该专利所公开的运动台平面光栅测量系统中每个读头只能采集光栅面内一个方向的位移信息;当存在工位间切换时,为保证读头能采集到位移信息,光栅需要设置为二维光栅。故也存在成本高,加工难度大;且系统的光功率利用率低,杂散光多等问题。

[0008] 专利W02104076009A2公开了一种运动台平面光栅测量系统的应用场景及光栅衍射方向选择。当工件台处于曝光位或测量位时,光栅的衍射方向为主衍射方向。当工件台处于切换位时,光栅的衍射方向为次衍射方向。该专利申请中每个读头只能采集光栅面内一个方向的位移信息;当存在工位间切换时,为保证读头能采集到位移信息,光栅需要为二维光栅。故也存在成本高,加工难度大;且系统的光功率利用率低,杂散光多等问题。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种运动台光栅测量系统和光刻机,可以解决现有的平面光栅测量系统存在的二维光栅成本高、加工难度大、系统的光功率利用率低、杂散光多等问题。

[0010] 为解决上述技术问题,本发明提供一种运动台光栅测量系统,包括运动台、曝光位光栅组件、测量位光栅组件和读头组件,所述曝光位光栅组件和所述测量位光栅组件均相对于曝光物镜静止安装;

[0011] 所述曝光位光栅组件安装于所述运动台的曝光位侧,所述曝光位光栅组件包括至少一个刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅,所述第一方向和所述第二方向在水平面内相互正交;

[0012] 所述测量位光栅组件安装于所述运动台的测量位侧,所述测量位光栅组件包括至少一个刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅;

[0013] 所述读头组件包括至少一个读头,所述读头包括水平向测量模块和垂向测量模块,所述水平向测量模块包括第一方向测量子模块和第二方向测量子模块,所述读头安装于所述运动台上。

[0014] 可选的,所述曝光位光栅组件包括两个刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅和两个刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅;所述测量位光栅包括两个刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅和两个刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅。

[0015] 可选的,两所述第一曝光位光栅分别设于所述曝光位的两个对角处,两所述第二曝光位光栅分别设于所述曝光位的另两个对角处;两所述第一测量位光栅分别设于所述测量位的两个对角处,两所述第二测量位光栅分别设于所述测量位的另两个对角处。

[0016] 可选的,所述读头组件包括四个读头,所述四个读头分别安装于所述运动台的四个顶角处。

[0017] 可选的,所述读头包括正交设置的第一方向子读头和第二方向子读头,所述第一方向子读头包括所述第一方向测量子模块,所述第二方向子读头包括所述第二方向测量子模块。

[0018] 可选的,所述第一方向子读头包括第一回射器、第二回射器和第一反射元件,所述第二方向子读头均包括第三回射器、第四回射器和第二反射元件,所述第一回射器和所述第二回射器构成所述第一方向测量子模块,所述第三回射器和所述第四回射器构成所述第二方向测量子模块。

[0019] 可选的,所述读头为二维可切换读头,所述水平向测量模块包括第五回射器、第六回射器、第七回射器和第八回射器,所述第五回射器与所述第六回射器构成所述第一方向测量子模块,所述第七回射器与所述第八回射器构成所述第二方向测量子模块。

[0020] 可选的,所述第一方向测量子模块和所述第二方向测量子模块的位移干涉信号的输出通道相同。

[0021] 可选的,所述垂向测量模块包括第三反射元件、第四反射元件、第五反射元件、第六反射元件、第七反射元件、第八反射元件、第九反射元件和第十反射元件,其中所述第三反射元件、第四反射元件和第五反射元件构成第一垂向测量子模块,所述第六反射元件、第七反射元件和第八反射元件构成第二垂向测量子模块,所述第九反射元件构成第三垂向测量子模块,所述第十反射元件构成第四垂向测量子模块;所述第一垂向测量子模块和所述第二垂向测量子模块用于刻线沿第一方向设置的光栅的垂向位移的测量;所述第三垂向测量子模块和所述第四垂向测量子模块用于刻线沿第二方向设置的光栅的垂向位移的测量。

[0022] 可选的,所述第一垂向测量子模块与所述第三垂向测量子模块的垂向位移干涉信号的输出通道相同,所述第二垂向测量子模块与所述第四垂向测量子模块的垂向位移干涉信号的输出通道相同。

[0023] 可选的,所述第一垂向测量子模块和所述第三垂向测量子模块的垂向位移干涉信号均通过第一合光元件输出,所述第二垂向测量子模块与所述第四垂向测量子模块的垂向位移干涉信号均通过第二合光元件输出。

[0024] 为解决上述技术问题,本发明还提供一种光刻机,所述光刻机包括上文所述的运动台光栅测量系统。

[0025] 与现有技术相比,本发明提供的运动台光栅测量系统和光刻机具有以下优点:

[0026] (1) 本发明提供的运动台光栅测量系统通过在运动台的曝光位设置至少一个刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅,在所述运动台的测量位设置至少一个刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅,由于所述运动台光栅组件的读头包括具有第一方向测量子模块、第二方向测量子模块的水平向测量模块和垂向测量模块,由此,当所述运动台位于所述曝光位时,可以通过所述读头中的垂向测量模块、第一方向测量子模块和所述第一曝光位光栅测量出所述运动台在曝光位的垂向位移和沿第一方向的水平向位移;通过所述读头中的垂向测量模块、第二方向测量子模块和所述第二曝光位光栅可以测量出所述运动台在曝光位的垂向位移和沿第二方向的水平向位移。同理,当所述运动台位于所述测量位时,可以通过所述读头中的垂向测量模块、第一方向测量子模块和所述第一测量位光栅测量出所述运动台在测量位的垂向位移和沿第一方向的水平向位移;通过所述读头中的垂向测量模块、第二方向测量子模块和所述第二测量位光栅可以测量出所述运动台在测量位的垂向位移和沿第二方向的水平向位移。由于本发明中的第一曝光位光栅、第二曝光位光栅、第一测量位光栅和第二测量位光栅均为一维光栅,光栅衍射只在一维方向上进行,因此相对于以二维光栅作为衍射目标的情况,可以有效提高激光器的光功率利用率,减小杂散光。此外,本发明中,光栅的刻线方向固定,读头的工作方向随着运动台进入/离开曝光位或测量位而进行切换适应,以与光栅的衍射测量方向相匹配,由于读头的调节难度较低,对光栅系统影响较小,且可使用一维光栅,因此可以显著降低成本。

[0027] (2) 由于本发明提供的运动台光栅测量系统包括两个刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅、两个刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅、两个刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅以及两个刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅,由此,此种设置可以实现运动台在曝光位、测量位或工位切换场景下的六个自由度的位移的测量。

[0028] (3) 由于所述读头组件包括四个读头,且所述读头位于所述运动台的四个顶角处,由此,此种设置可以进一步实现运动台在曝光位、测量位或工位切换场景下的六个自由度的位移连续测量,有效避免出现测量盲区。

[0029] (4) 由于所述读头包括正交设置的第一方向子读头和第二方向子读头,由此通过正交布置的第一方向子读头和第二方向子读头,可以替代二维光栅的功能,有效降低光栅制造难度和成本。此外,由于将所述读头设计为包括正交设置的第一方向子读头和第二方向子读头的结构,可以使得读头的测量结果更加简单,更加容易实现二维测量。

[0030] (5) 由于所述读头为二维可切换读头,由此可以更加容易的实现可切换测量。此

外,由于所述第一方向测量子模块和所述第二方向测量子模块的位移干涉信号的输出通道相同,由此可以有效减少探测器数量,降低成本。

[0031] (6) 由于本发明提供的光刻机包括上文所述的运动台测量光栅,由此本发明提供的光刻机具有上文所述的运动台测量光栅的所有优点,以满足光刻机对套刻精度的要求。

附图说明

[0032] 图1为本发明第一种实施方式中的运动台光栅测量系统的结构示意图;

[0033] 图2a为本发明第一种实施方式中的运动台光栅测量系统在第一场景下的位移测量示意图;

[0034] 图2b为本发明第一种实施方式中的运动台光栅测量系统在第二场景下的位移测量示意图;

[0035] 图3为本发明第一种实施方式中的第一方向子读头的结构示意图;

[0036] 图4a为本发明第一种实施方式中的运动台光栅测量系统在曝光位和测量位的读头与光栅衍射方向的匹配情况示意图;

[0037] 图4b为本发明第一种实施方式中的运动台光栅测量系统在切换位时的读头与光栅衍射方向的匹配情况示意图;

[0038] 图5为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统的结构示意图;

[0039] 图6a为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统在第一场景下的位移测量示意图;

[0040] 图6b为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统在第二场景下的位移测量示意图;

[0041] 图7a为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统的测量原理示意图;

[0042] 图7b为图7a的光斑及光路分布示意图;

[0043] 图7c为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统在第一场景下的测量光路分布示意图;

[0044] 图7d为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统在第二场景下的测量光路分布示意图;

[0045] 图8a为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统在曝光位和测量位的读头与光栅衍射方向的匹配情况示意图;

[0046] 图8b为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统在切换位时的读头与光栅衍射方向的匹配情况示意图;

[0047] 图9a为本发明第一种实施方式中的回射器的结构示意图;

[0048] 图9b为本发明第二种实施方式中的回射器的结构示意图;

[0049] 图9c为本发明第三种实施方式中的回射器的结构示意图;

[0050] 图9d为本发明第四种实施方式中的回射器的结构示意图;

[0051] 图9e为本发明第五种实施方式中的回射器的结构示意图;

[0052] 图9f为本发明第六种实施方式中的回射器的结构示意图。

[0053] 其中,附图标记如下:

[0054] 运动台-100;承载台-110;光栅-201、202;第一曝光位光栅-210、220;第二曝光位

光栅230、240；第一测量位光栅-310、320；第二测量位光栅-330、340；曝光物镜-400；读头510、520、530、540；第一方向子读头-511、521、531、541；第二方向子读头-512、522、532、542；第一回射器-551；第二回射器-552；第一反射元件-553；第五回射器-561；第六回射器-562；第七回射器-563；第八回射器-564；第三反射元件-571；第四反射元件-572；第五反射元件-573；第六反射元件-574；第七反射元件-575；第八反射元件-576；第九反射元件-577；第十反射元件-578；第一合光元件-581，第二合光元件-582；第一光束角度控制器-591；第二光束角度控制器-592；第三光束角度控制器-593；第四光束角度控制器-594；第五光束角度控制器-595；测量光束-610、620；一次衍射光束-611、612、621、622、615、616、625、626；二次衍射光束-613、623、617、627；反射光束-614、624、618、628；光斑-640、641、642；读头出光-631、631-1、631-2；衍射光-632、633、634、635；探测器-710、720；光信号处理器-800；入射光-910；出射光-920；透镜-930，凹面反射镜-940；透射式光栅-950；反射棱镜-960。

具体实施方式

[0055] 以下结合附图和具体实施方式对本发明提出的运动台光栅测量系统和光刻机作进一步详细说明。根据下面说明，本发明的优点和特征将更清楚。需要说明的是，附图采用非常简化的形式且均使用非精准的比例，仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施方式的目的。为了使本发明的目的、特征和优点能够更加明显易懂，请参阅附图。须知，本说明书所附图式所绘示的结构、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能涵盖的范围内。

[0056] 需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0057] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

[0058] 在本发明的描述中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0059] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征之“上”或之“下”可以包括第一和第二特征直接接触,也可以包括第一和第二特征不是直接接触而是通过它们之间的另外的特征接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”包括第一特征在第二特征正上方和斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”包括第一特征在第二特征正下方和斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0060] 需要说明的是,在本文中,所述第一场景是指被测光栅为刻线沿第一方向设置的光栅时的场景,第二场景是指被测光栅为刻线沿第二方向设置的光栅时的场景。此外需要说明的是本文中的X'代表第一方向,Y'代表第二方向。

[0061] 本发明的核心思想在于提供一种运动台光栅测量系统和光刻机,以解决现有的平面光栅测量系统存在的二维光栅成本高、加工难度大、系统的光功率利用率低、杂散光多等问题。

[0062] 为实现上述思想,本发明提供一种运动台光栅测量系统,请参考图1至图2b,其中图1示意性地给出了本发明第一种实施方式提供的运动台光栅测量系统的结构示意图;图2a示意性地给出了本发明第一种实施方式中提供的运动台光栅测量系统在第一场景下的位移测量示意图;图2b示意性地给出了本发明第一种实施方式提供的运动台光栅测量系统在第二场景下的位移测量示意图。如图1至图2b所示,所述运动台光栅测量系统包括运动台100、曝光位光栅组件、测量位光栅组件和读头组件,所述运动台100上设有用于承载硅片的承载台110。

[0063] 所述曝光位光栅组件安装于所述运动台100的曝光位侧,所述曝光位光栅组件相对于曝光物镜静止安装,所述曝光位光栅组件包括至少一个第一曝光位光栅和至少一个第二曝光位光栅,所述第一方向和所述第二方向在水平面内相互正交。所述第一曝光位光栅的刻线沿第一方向设置,所述第二曝光位光栅的刻线沿第二方向设置。

[0064] 所述测量位光栅组件安装于所述运动台100的测量位侧,所述测量位光栅组件相对于曝光物镜静止安装,所述测量位光栅组件包括至少一个第一测量位光栅和至少一个第二测量位光栅,所述第一测量位光栅的刻线沿第一方向设置,所述第二测量位光栅的刻线沿第二方向设置。

[0065] 所述读头组件包括至少一个读头,所述读头包括水平向测量模块和垂向测量模块,所述水平向测量模块包括第一方向测量子模块和第二方向测量子模块,所述读头安装于所述运动台100上。由此,通过所述读头中的第一方向测量子模块与所述第一曝光位光栅,可以测量出所述运动台100在曝光位或切换位的沿第一方向的水平向位移;通过所述读头中的第二方向测量子模块与所述第二曝光位光栅,可以测量出所述运动台100在曝光位或切换位的沿第二方向的水平向位移;通过所述读头中的垂向测量模块与第一曝光位光栅或第二曝光位光栅可以测量出所述运动台100在曝光位或切换位的垂向位移。同理,通过所述读头中的第一方向测量子模块与所述第一测量位光栅,可以测量出所述运动台100在测量位或切换位的沿第一方向的水平向位移;通过所述读头中的第二方向测量子模块与所述第二测量位光栅,可以测量出所述运动台100在测量位或切换位的沿第二方向的水平向位移;通过所述读头中的垂向测量模块与第一测量位光栅或第二测量位光栅可以测量出所述运动台100在测量位或切换位的垂向位移。

[0066] 由此可见,本发明中,光栅的刻线方向固定,读头的工作方向随着运动台进入/离开曝光位或测量位而进行切换适应,以与光栅的衍射测量方向相匹配,由于读头的调节难度较低,对光栅系统影响较小,且可使用一维光栅,因此可以显著降低成本。

[0067] 读头输出光束的干涉信号的相位变化与衍射元件光栅沿垂向自由度的位移满足关系式:

$$[0068] \quad \varphi z'1 = \frac{8\pi m \cos\theta}{\lambda} * \Delta Z' \quad (1)$$

[0069] 其中, $\varphi z'1$ 为所述读头输出光束的干涉信号的相位变化, $\Delta Z'$ 为所述衍射元件光栅在垂向自由度上的位移量, λ 为所述第一输入光束和所述第二输入光束的波长平均值, θ 为第一输入光束和第二输入光束平行地接触所述衍射元件后发生的一次衍射的m级衍射角,m为 $\pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ 。

[0070] 读头输出光束的干涉信号的相位变化与所述衍射元件光栅在对应的水平自由度的位移满足关系式:

$$[0071] \quad \varphi x' = \frac{8\pi m}{P} * \Delta X' \quad (2)$$

[0072] 其中, $\varphi x'$ 为所述读头输出光束的干涉信号的相位变化, $\Delta X'$ 为所述衍射元件光栅在水平自由度上的位移,P为所述衍射元件的多个重复衍射单元沿所述水平自由度方向的间距,m为 $\pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ 。

[0073] 优选的,在本实施方式中,所述读头包括正交设置的第一方向子读头和第二方向子读头,所述第一方向子读头包括所述第一方向测量子模块和垂向测量模块,所述第二方向子读头包括所述第二方向测量子模块和垂向测量模块。由此,通过所述第一方向子读头和刻线沿第一方向设置的光栅,可以测量出所述运动台100的沿第一方向的水平向位移和垂向位移;通过所述第二方向子读头和刻线沿第二方向设置的光栅,可以测量出所述运动台100的沿第二方向的水平向位移和垂向位移。

[0074] 如图2a所示,当所述读头510随着所述运动台100运动至与刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅210相对应的位置处时,所述第一方向子读头511以所述第一曝光位光栅210为测量目标,第一方向子读头511的读头出光631-1在所述第一曝光位光栅210表面发生衍射,产生衍射光632和衍射光633并出射至所述第一方向子读头511,其中衍射光632带有沿第一方向的水平向位移干涉信号,衍射光633带有垂向位移干涉信号,所述衍射光632通过所述第一方向子读头511内的水平向位移干涉信号输出通道输出,所述衍射光633通过所述第一方向子读头511内的垂向输出通道输出。同理,如图2b所示,当所述读头510随着所述运动台100运动至与刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅240相对应的位置处时,所述第二方向子读头512以所述第二曝光位光栅240为测量目标,所述第二方向子读头512的读头出光631-2在所述第二曝光位光栅240表面发生衍射,产生衍射光634和衍射光635并出射至所述第二方向子读头512,其中衍射光634带有沿第二方向的水平向位移干涉信号,衍射光635带有垂向位移干涉信号,所述衍射光634通过所述第二方向子读头512内的水平向位移干涉信号输出通道输出,所述衍射光635通过所述第二方向子读头512内的垂向输出通道输出。综上所述,本实施方式中的第一方向子读头511和第二方向子读头512可以自动匹配光栅方向,从而实现运动台100的水平向和垂向的位移测量。

[0075] 请参考图3,其示意性地给出了本发明一实施方式中的第一方向子读头的结构示意图,如图3所示,所述第一方向子读头包括第一回射器551、第二回射器552和第一反射元件553,所述第一回射器551和所述第二回射器552对称设置。所述第一方向子读头511的测量原理为:测量光束610经所述第一方向子读头511入射至刻线沿第一方向设置的光栅201,并在所述光栅201的表面发生衍射,产生一次衍射光束611,一次衍射光束611投射至所述第一回射器551,经所述第一回射器551回射至所述光栅201,再次发生衍射,并产生二次衍射光束613;测量光束620经所述第一方向子读头511入射所述光栅201,并在所述光栅201的表面发生衍射,产生一次衍射光束621和622,其中一次衍射光束621投射至所述第二回射器552,经所述第二回射器552回射至所述光栅201,再次发生衍射,产生大体上与所述二次衍射光束613平行且至少部分光束重合的二次衍射光束623,所述二次衍射光束613和所述二次衍射光束623汇聚形成水平向位移干涉信号,探测器710探测到所述水平向位移干涉信号后传输给光信号处理器800,通过所述光信号处理器800的处理和计算即可得到水平向位移;所述第一衍射光束622投射至所述第一反射元件553,经所述第一反射元件553反射后产生用于垂向测量的反射光束624,所述反射光束624与所述第一方向子读头511内的参考光束合束后形成垂向位移干涉信号,探测器720探测到所述垂向位移干涉信号后传输给所述光信号处理器800,通过所述光信号处理器800的处理和计算即可得到垂向位移。

[0076] 优选的,如图3所示,所述第一方向子读头511还包括第一光束角度控制器591和第二光束角度控制器592,所述第一光束角度控制器591用于调整所述测量光束610与所述测量光束620之间的平行度;所述第二光束角度控制器592用于调整所述一次衍射光束621回射至所述光栅201时的入射角度。

[0077] 优选的,所述第二方向子读头包括第三回射器、第四回射器和第二反射元件,所述第三回射器和所述第四回射器构成所述第二方向测量子模块,用于沿第二方向的水平向位移的测量,所述第二反射元件用于垂向位移的测量。除了所述第二方向子读头的测量目标为刻线沿第二方向设置的光栅外,所述第二方向子读头的测量原理与所述第一方向子读头的测量原理类似,关于所述第二方向子读头的测量原理可参考上文所述的第一方向子读头的测量原理。

[0078] 优选的,请参考图4a和4b,其中,图4a示意性地给出了本发明第一种实施方式提供的运动台光栅测量系统在曝光位和测量位的读头与光栅衍射方向的匹配情况示意图;图4b示意性地给出了本发明第一种实施方式提供的运动台光栅测量系统在切换位时的读头与光栅衍射方向的匹配情况示意图。如图4a和4b所示,所述曝光位光栅组件包括刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅210、220和刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅230、240。所述测量位光栅包括刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅310、320和刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅330、340。由此,此种设置可以实现运动台100在曝光位、测量位或工位切换场景下的六个自由度的位移的测量。

[0079] 优选的,如图4a和4b所示,所述读头组件包括四个读头,分别为读头510、520、530、540,读头510、520、530、540分设于所述运动台100的四周。由此,通过设置四个读头,可以有效避免测量盲区,进一步实现运动台100在曝光位、测量位或工位切换场景下的六个自由度的位移的连续测量。

[0080] 优选的,如图4a和4b所示,所述读头510、520、530、540分别安装于所述运动台100

的四个顶角处。由此,通过将所述第一曝光位光栅210、220和第二曝光位光栅230、240分别设于所述曝光位的四个顶角处,将所述第一测量位光栅310、320和第二测量位光栅330、340分别设于所述测量位的四个顶角处,将所述读头510、520、530、540分别安装于所述运动台100的四个顶角处,可以充分利用空间,有效提高本发明提供的光栅测量系统的测量范围,以使得本发明提供的运动台光栅测量系统具有宽角度适应性。

[0081] 更为优选的,如图4a所示,所述第一曝光位光栅210、220分别设于所述曝光位的两个对角处,所述第二曝光位光栅230、240分别设于所述曝光位的另两个对角处。所述第一测量位光栅310、320分别设于所述测量位的两个对角处,所述第二测量位光栅330、340分别设于所述测量位的另两个对角处。由此,此种设置,可以进一步便于实现运动台100在曝光位、测量位或工位切换场景下的六个自由度的位移连续测量。

[0082] 如图4a所示,所述运动台100的曝光位设有刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅210和220以及刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅230和240,所述第一曝光位光栅210和220的衍射测量方向分别为210MD和220MD,所述第二曝光位光栅230和240的衍射测量方向分别为230MD和240MD。所述运动台100的测量位设有刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅310和320以及刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅330和340,所述第一测量位光栅310和320的衍射测量方向分别为310MD和320MD,所述第二测量位光栅330和340的衍射测量方向分别为330MD和340MD。所述运动台100的四个角落分别设有读头510、520、530和540,所述读头510包括正交设置的第一方向子读头511和第二方向子读头512,所述第一方向子读头511和第二方向子读头512的测量方向分别为510MD1和510MD2;所述读头520包括正交设置的第一方向子读头521和第二方向子读头522,所述第一方向子读头521和第二方向子读头522的测量方向分别为520MD1和520MD2;所述读头530包括正交设置的第一方向子读头531和第二方向子读头532,所述第一方向子读头531和第二方向子读头532的测量方向分别为530MD1和530MD2;所述读头540包括正交设置的第一方向子读头541和第二方向子读头542;所述第一方向子读头541和第二方向子读头542的测量方向分别为540MD1和540MD2。

[0083] 如图4a和4b所示,当所述运动台100位于曝光位时,所述读头510中参与测量的子读头为测量方向与第一曝光位光栅210的衍射测量方向相对应的第一方向子读头511;所述读头520中参与测量的子读头为测量方向与第二曝光位光栅230的衍射测量方向相对应的第二方向子读头522;所述读头530中参与测量的子读头为测量方向与第一曝光位光栅220的衍射测量方向相对应的第一方向子读头531;所述读头540中参与测量的子读头为测量方向与第二曝光位光栅240的衍射测量方向相对应的第二方向子读头542。当所述运动台100位于测量位时,所述读头510中参与测量的子读头为测量方向与第一测量位光栅310的衍射测量方向相对应的第一方向子读头511;所述读头520中参与测量的子读头为测量方向与第二测量位光栅330的衍射测量方向相对应的第二方向子读头522;所述读头530中参与测量的子读头为测量方向与第一测量位光栅320的衍射测量方向相对应的第一方向子读头531;所述读头540中参与测量的子读头为测量方向与第二测量位光栅340的衍射测量方向相对应的第二方向子读头542。当所述运动台100位于切换位时,所述读头510中参与测量的子读头为测量方向与第二曝光位光栅230的衍射测量方向相对应的第二方向子读头512;所述读头520中参与测量的子读头为测量方向与第一测量位光栅310的衍射测量方向相对应的第一方向子读头521;所述读头530中参与测量的子读头为测

量方向与所述第二测量位光栅340的衍射测量方向相对应的第二方向子读头532;所述读头540中参与测量的子读头为测量方向与所述第一曝光位光栅220的衍射测量方向相对应的第一方向子读头541。由此可见,本发明提供的运动台光栅测量系统,通过多个一维光栅,即可实现曝光位和测量位的位移测量,以及由测量位向曝光位运动过程中的连续切换控制。

[0084] 请参考图5、图6a和图6b,其中图5示意性地给出了本发明第二种实施方式提供的运动台光栅测量系统的结构示意图;图6a示意性地给出了本发明第二种实施方式提供的运动台光栅测量系统在第一场景下的位移测量示意图;图6b示意性地给出了本发明第二种实施方式提供的运动台光栅测量系统在第二场景下的位移测量示意图。如图5、6a和6b所示,在本实施方式中,所述读头为二维可切换读头,所述读头的水平向测量模块包括第一方向测量子模块和第二方向测量子模块。由此,通过所述读头的第一方向测量子模块、垂向测量模块和刻线沿第一方向设置的光栅,可以测量出所述运动台100的沿第一方向的水平向位移和垂向位移;通过所述读头的第二方向测量子模块、垂向测量模块和刻线沿第二方向设置的光栅,可以测量出所述运动台100的沿第二方向的水平向位移和垂向位移。

[0085] 如图6a所示,当读头510随着所述运动台100运动至与刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅210相对应的位置处时,所述读头510以所述第一曝光位光栅210为测量目标,读头510出光在所述第一曝光位光栅210表面发生衍射,产生衍射光632和衍射光633并出射至所述读头510,其中衍射光632带有沿第一方向的水平向位移干涉信号,衍射光633带有垂向位移干涉信号,所述衍射光632通过所述读头510内的水平向位移干涉信号输出通道输出,所述衍射光633通过所述读头510内的垂向位移干涉信号输出通道输出。如图6b所述,当所述读头510随着所述运动台100运动至与刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅240相对应的位置处时,所述读头510以所述第二曝光位光栅240为测量目标,读头510出光在所第二曝光位光栅240表面发生衍射,产生衍射光634和衍射光635并出射至所述读头510,其中衍射光634带有沿第二方向的水平向位移干涉信号,衍射光635带有垂向位移干涉信号,所述衍射光634通过所述读头510内的水平向位移干涉信号输出通道输出,所述衍射光635通过所述读头510内的垂向位移干涉信号输出通道输出。

[0086] 优选的,所述第一方向测量子模块和所述第二方向测量子模块的位移干涉信号的输出通道相同。由于所述第一方向测量子模块和所述第二方向测量子模块的位移干涉信号的输出通道相同,由此可以减少探测器数量,有效降低成本。

[0087] 优选的,请参考图7d至7d,其中图7a示意性地给出了本发明第二种实施方式提供的运动台100光栅测量系统的测量原理示意图;图7b为图7a的光斑及光路分布示意图;图7c示意性地给出了本发明第二种实施方式提供的运动台光栅测量系统在第一场景下的测量光路分布示意图;图7d示意性地给出了本发明第二种实施方式提供的运动台光栅测量系统在第二场景下的测量光路分布示意图。如图7a至7d所示,所述水平向测量模块包括第五回射器561、第六回射器562、第七回射器563和第八回射器564,所述第五回射器561与所述第六回射器562构成第一方向测量子模块,所述第五回射器561与所述第六回射器562的回射面垂直于第一方向,所述第七回射器563与所述第八回射器564构成第二方向测量子模块,所述第七回射器563和所述第八回射器564的回射面垂直于第二方向。

[0088] 优选的,如图7a所示,所述垂向测量模块包括第三反射元件571、第四反射元件572、第五反射元件573、第六反射元件574、第七反射元件575、第八反射元件576、第九反射

元件577和第十反射元件578,其中所述第三反射元件571、第四反射元件572和第五反射元件573构成第一垂向测量子模块,所述第六反射元件574、第七反射元件575和第八反射元件576构成第二垂向测量子模块,所述第九反射元件577构成第三垂向测量子模块,所述第十反射元件578构成第四垂向测量子模块。所述第一垂向测量子模块和所述第二垂向测量子模块用于刻线沿第一方向设置的光栅201的垂向位移的测量;所述第三垂向测量子模块和所述第四垂向测量子模块用于刻线沿第二方向设置的光栅202的垂向位移的测量。

[0089] 优选的,如图7a所示,所述第一垂向测量子模块与所述第三垂向测量子模块的垂向位移干涉信号的输出通道相同,所述第二垂向测量子模块与所述第四垂向测量子模块的垂向位移干涉信号的输出通道相同。由于,所述第一垂向测量子模块与所述第三垂向测量子模块的垂向位移干涉信号的输出通道相同,所述第二垂向测量子模块与所述第四垂向测量子模块的垂向位移干涉信号的输出通道相同,由此可以进一步减少探测器数量,降低成本。

[0090] 优选的,如图7a所示,所述第一垂向测量子模块和所述第三垂向测量子模块的垂向位移干涉信号均通过第一合光元件581输出,所述第二垂向测量子模块与所述第四垂向测量子模块的垂向位移干涉信号均通过第二合光元件582输出。由此,通过采用第一合光元件581,可以使得所述第一垂向测量子模块和所述第三垂向测量子模块的垂向位移干涉信号共光路;通过所述第二合光元件582,可以使得所述第二垂向测量子模块和所述第四垂向测量子模块的垂向位移干涉信号共光路。所述第一合光元件581和/或所述第二合光元件582为分光元件、偏振控制元件的组合或合光光纤束。

[0091] 如图7a所示,当被测目标为刻线沿第一方向设置的光栅201时,测量光束610经所述读头入射至所述刻线沿第一方向设置的光栅201,并在所述光栅201表面发生衍射,产生一次衍射光束611和612,所述一次衍射光束611投射至第五回射器561,经所述第五回射器561回射至所述光栅201,再次发生衍射,并产生二次衍射光束613;所述一次衍射光束612投射至第三反射元件571,经所述第三反射元件571反射至第四反射元件572,再经所述第四反射元件572反射至第五反射元件573,经所述第五反射元件573反射后产生用于垂向测量的反射光束614,所述反射光束与所述读头内的参考光束形成干涉信号后通过所述第一合光元件581输出。测量光束620经所述读头入射至所述刻线沿第一方向设置的光栅201,并在所述光栅201表面发生衍射,产生一次衍射光束621和622,所述一次衍射光束621投射至第七回射器563,经所述第七回射器563回射至所述光栅201,再次发生衍射,并产生二次衍射光束623;所述一次衍射光束622投射至第六反射元件574,经所述第六反射元件574反射至第七反射元件575,再经所述第七反射元件575反射至第八反射元件576,经所述第八反射元件576反射后产生用于垂向测量的反射光束624。所述反射光束624与所述读头内的参考光束形成干涉信号后通过所述第二合光元件582输出。所述二次衍射光束613和623汇聚形成第一方向的水平向位移干涉信号。

[0092] 如图7a所示,当被测目标为刻线沿第二方向设置的光栅202时,测量光束610经所述读头入射至所述刻线沿第一方向设置的光栅202,并在所述光栅202表面发生衍射,产生一次衍射光束615和616,所述一次衍射光束615投射至第七回射器563,经所述第七回射器563回射至所述光栅202,再次发生衍射,并产生二次衍射光束617;所述一次衍射光束616投射至第九反射元件577,经所述第九反射元件577反射后产生用于垂向测量的反射光束618,

所述反射光束618与所述读头内的参考光束形成干涉信号后通过所述第一合光元件581输出。测量光束620经所述读头入射至所述刻线沿第一方向设置的光栅202,并在所述光栅202表面发生衍射,产生一次衍射光束625和626,所述一次衍射光束625投射至第八回射器564,经所述第八回射器564回射至所述光栅202,再次发生衍射,并产生二次衍射光束627;所述一次衍射光束626投射至第十反射元件578,经所述第十反射元件578反射后产生用于垂向测量的反射光束628,所述反射光束628与所述读头内的参考光束形成干涉信号后通过所述第二合光元件582输出。所述二次衍射光束617和627汇聚形成第二方向的水平向位移干涉信号。

[0093] 优选的,如图7a所示,所述读头还包括第三光束角度控制器593、第四光束角度控制器594和第五光束角度控制器595,所述第三光束角度控制器593用于控制所述测量光束610和620之间的平行度,所述第四光束角度控制器594用于控制所述反射光束618入射至所述第一合光元件581时的入射角度,所述第五光束角度控制器595用于控制所述反射光束628入射至所述第二合光元件582时的入射角度。

[0094] 如图7b所示,第五回射器561、第六回射器562、第七回射器563和第八回射器564分布在光斑外围,测量光束610和620在光栅201、202上的光斑分别为640和641,二次衍射光束613、623、617、627在光栅201、202上的光斑为642。二次衍射光束613和623中包含刻线沿第一方向设置的光栅201相对于读头的水平向位移的信息;二次衍射光束617和627中包含刻线沿第二方向设置的光栅202相对于读头的水平向位移的信息;反射光束614和624中包含刻线沿第一方向设置的光栅201相对于读头的垂向位移的信息;反射光束618和628中包含刻线沿第二方向设置的光栅202相对于读头的垂向位移的信息。

[0095] 如图7c和7d所示,当读头随着运动台100运动,被测目标由刻线沿第一方向设置的光栅201变为刻线沿第二方向设置的光栅201时,读头的输入光束(测量光束)不变,仍然为测量光束610和620,其在光栅201、202上的光斑为640和641,读头的输出光束(二次衍射光束和反射光束)通道也不变,只是在测量过程中,起作用的回射器由第五回射器561和第六回射器562变为第七回射器563和第八回射器564。由此可见,本实施方式提供的运动台光栅测量系统,在不同光栅方向情况下,读头可以自动匹配光栅刻线方向,测量光栅面内正交方向的位移信息。

[0096] 请参考图8a和图8b,其中图8a为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统在曝光位和测量位的读头与光栅衍射方向的匹配情况示意图;图8b为本发明第二种实施方式中的运动台光栅测量系统在切换位时的读头与光栅衍射方向的匹配情况示意图。如图8a所示,在本实施方式中,所述运动台100的四个角落分别设有读头510、520、530和540,其中所述读头510具有两个相互正交的水平测量方向510DM1和510DM2,所述读头520具有两个相互正交的水平测量方向520DM1和520DM2,所述读头530具有两个相互正交的水平测量方向530DM1和530DM2,所述读头540具有两个相互正交的水平测量方向540DM1和540DM2。当所述运动台100位于曝光位时,所述读头510的测量方向为与所述第一曝光位光栅210的衍射测量方向相对应的水平向测量方向510DM1;所述读头520的测量方向为与所述第二曝光位光栅230的衍射测量方向相对应的水平向测量方向520DM2;所述读头530的测量方向为与所述第一曝光位光栅220的衍射测量方向相对应的水平向测量方向530DM1;所述读头540的测量方向为与所述第二曝光位光栅240的衍射测量方向相对应的水平向测量方向540DM2。当所

述运动台100位于测量位时,所述读头510的测量方向为与所述第一测量位光栅310的衍射测量方向相对应的水平向测量方向510DM1;所述读头520的测量方向为与所述第二测量位光栅330的衍射测量方向相对应的水平向测量方向520DM2;所述读头530的测量方向为与所述第一测量位光栅320的衍射测量方向相对应的水平向测量方向530DM1;所述读头540的测量方向为与所述第二测量位光栅340的衍射测量方向相对应的水平向测量方向540DM2。

[0097] 如图8b所示,当所述运动台100位于切换位时,所述读头510的测量方向为与所述第二曝光位光栅230的衍射测量方向相对应的水平向测量方向510DM2;所述读头520的测量方向为与所述第一测量位光栅310的衍射测量方向相对应的水平向测量方向520DM1;所述读头530的测量方向为与所述第二测量位光栅340的衍射测量方向相对应的水平向测量方向530DM2;所述读头540的测量方向为与所述第一曝光位光栅220的衍射测量方向相对应的水平向测量方向540DM1。由此可见,本发明提供的运动台光栅测量系统,通过多个一维光栅,即可实现曝光位和测量位的位移测量,以及由测量位向曝光位运动过程中的连续切换控制。

[0098] 请参考图9a,其示意性地给出了本发明第一种实施方式中的回射器的结构示意图,即角锥棱镜的结构示意图。如图9a所示,通过使用角锥棱镜作为回射器,可以实现入射光910与出射光920相互平行,方向相反,且二者偏移一定距离。

[0099] 请参考图9b,其示意性地给出了本发明第二种实施方式中的回射器的结构示意图,即直角棱镜的结构示意图。如图9b所示,通过使用直角棱镜作为回射器,可以实现入射光910与出射光920相互平行,方向相反,且二者偏移一定距离。

[0100] 请参考图9c,其示意性地给出了本发明第三种实施方式中的回射器的结构示意图,即猫眼反射器的结构示意图,如图9c所示,所述猫眼反射器包括一透镜930和一凹面反射镜940,所述凹面反射镜940的球心与所述透镜930的中心相重合,所述透镜930的焦点位于所述凹面反射镜940的反射面上。由此,入射光910由透镜930汇聚到凹面反射镜940上,被凹面反射镜940反射,再经过透镜930射出与入射光910平行但方向相反的出射光920。

[0101] 请参考图9d,其示意性地给出了本发明第四种实施方式中的回射器的结构示意图,即道威棱镜的结构示意图,如图9d所示,通过采用道威棱镜作为回射器,同样也可以实现入射光910与出射光920相互平行,方向相反,且二者偏移一定距离。

[0102] 请参考图9e,其示意性地给出了本发明第五种实施方式中的回射器的结构示意图,即中空回射器的结构示意图,如图9e所示,所述中空回射器包括三个相互垂直的反射面,通过所述三个相互垂直的反射面,同样也可以实现入射光910与出射光920相互平行,方向相反,且二者偏移一定距离。

[0103] 请参考图9f,其示意性地给出了本发明第六种实施方式中的回射器的结构示意图,即光栅反射器的结构示意图,如图9f所示,所述光栅反射器包括一透射式光栅950和一反射棱镜960。入射光910由所述透射式光栅950透射至所述反射棱镜960上,经所述反射棱镜960回射至所述透射式光栅950,再经所述透射式光栅950射出与所述入射光910平行但方向相反的出射光920。

[0104] 综上所述,与现有技术相比,本发明提供的运动台光栅测量系统和光刻机具有以下优点:

[0105] (1) 本发明提供的运动台光栅测量系统通过在运动台的曝光位设置至少一个刻线

沿第一方向设置的第一曝光位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅,在所述运动台的测量位设置至少一个刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅和至少一个刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅,由于所述运动台光栅组件的读头包括具有第一方向测量子模块、第二方向测量子模块的水平向测量模块和垂向测量模块,由此,当所述运动台位于所述曝光位时,可以通过所述读头中的垂向测量模块、第一方向测量子模块和所述第一曝光位光栅测量出所述运动台在曝光位的垂向位移和沿第一方向的水平向位移;通过所述读头中的垂向测量模块、第二方向测量子模块和所述第二曝光位光栅可以测量出所述运动台在曝光位的垂向位移和沿第二方向的水平向位移。同理,当所述运动台位于所述测量位时,可以通过所述读头中的垂向测量模块、第一方向测量子模块和所述第一测量位光栅测量出所述运动台在测量位的垂向位移和沿第一方向的水平向位移;通过所述读头中的垂向测量模块、第二方向测量子模块和所述第二测量位光栅可以测量出所述运动台在测量位的垂向位移和沿第二方向的水平向位移。由于本发明中的第一曝光位光栅、第二曝光位光栅、第一测量位光栅和第二测量位光栅均为一维光栅,光栅衍射只在一维方向上进行,因此相对于以二维光栅作为衍射目标的情况,可以有效提高激光器的光功率利用率,减小杂散光。此外,本发明中,光栅的刻线方向固定,读头的工作方向随着运动台进入/离开曝光位或测量位而进行切换适应,以与光栅的衍射测量方向相匹配,由于读头的调节难度较低,对光栅系统影响较小,且可使用一维光栅,因此可以显著降低成本。

[0106] (2) 由于本发明提供的运动台光栅测量系统包括两个刻线沿第一方向设置的第一曝光位光栅、两个刻线沿第二方向设置的第二曝光位光栅、两个刻线沿第一方向设置的第一测量位光栅以及两个刻线沿第二方向设置的第二测量位光栅,由此,此种设置可以实现运动台在曝光位、测量位或工位切换场景下的六个自由度的位移的测量。

[0107] (3) 由于所述读头组件包括四个读头,且所述读头位于所述运动台的四个顶角处,由此,此种设置可以进一步实现运动台在曝光位、测量位或工位切换场景下的六个自由度的位移连续测量,有效避免出现测量盲区。

[0108] (4) 由于所述读头包括正交设置的第一方向子读头和第二方向子读头,由此通过正交布置的第一方向子读头和第二方向子读头,可以替代二维光栅的功能,有效降低光栅制造难度和成本。此外,由于将所述读头设计为包括正交设置的第一方向子读头和第二方向子读头的结构,可以使得读头的测量结果更加简单,更加容易实现二维测量。

[0109] (5) 由于所述读头为二维可切换读头,由此可以更加容易的实现可切换测量。此外,由于所述第一方向测量子模块和所述第二方向测量子模块的位移干涉信号的输出通道相同,由此可以有效减少探测器数量,降低成本。

[0110] (6) 由于本发明提供的光刻机包括上文所述的运动台测量光栅,由此本发明提供的光刻机具有上文所述的运动台测量光栅的所有优点,以满足光刻机对套刻精度的要求。

[0111] 上述描述仅是对本发明较佳实施方式的描述,并非对本发明范围的任何限定,本发明领域的普通技术人员根据上述揭示内容做的任何变更、修饰,均属于权利要求书的保护范围。显然,本领域的技术人员可以对发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包括这些改动和变型在内。

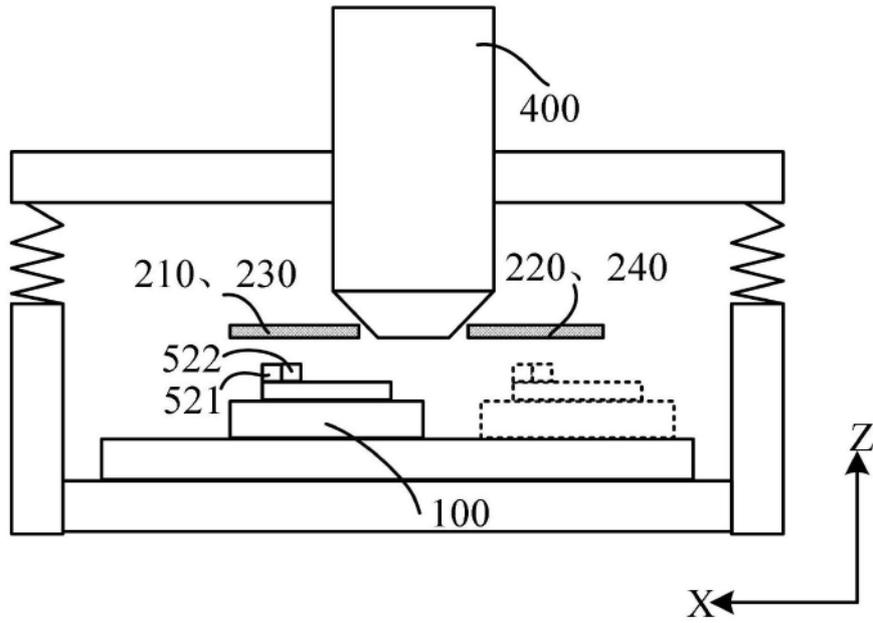


图1

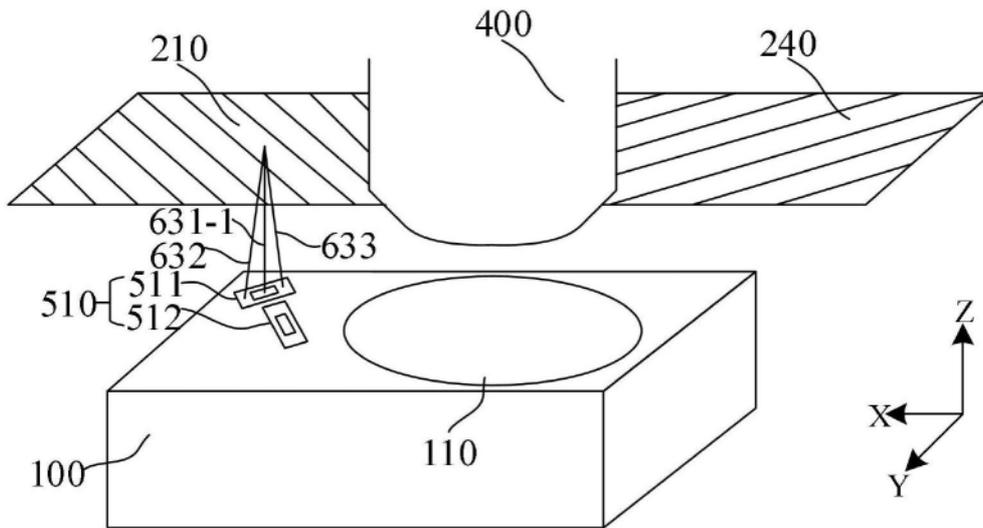


图2a

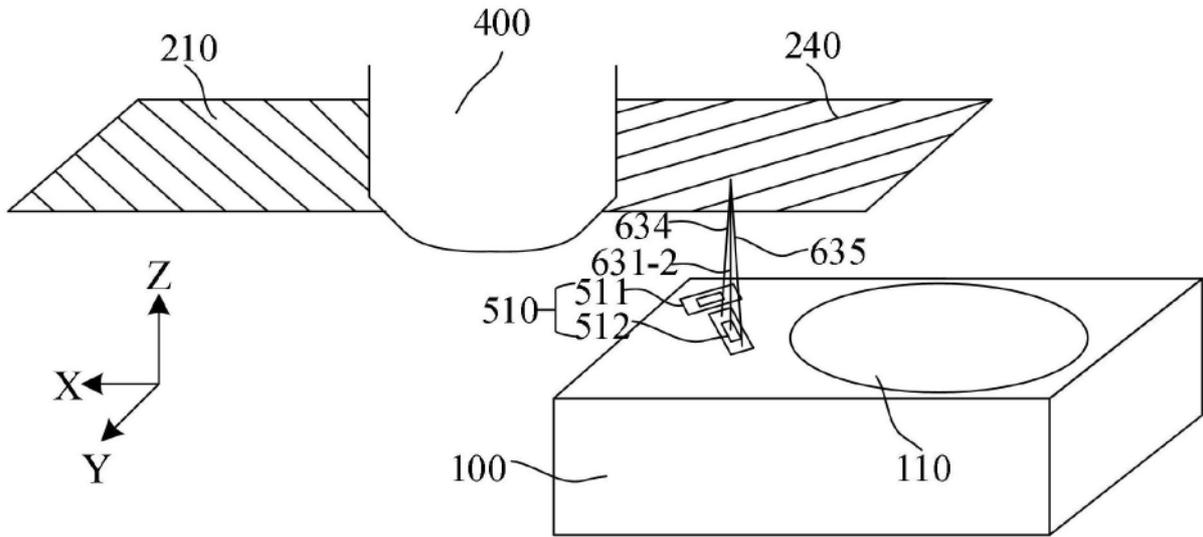


图2b

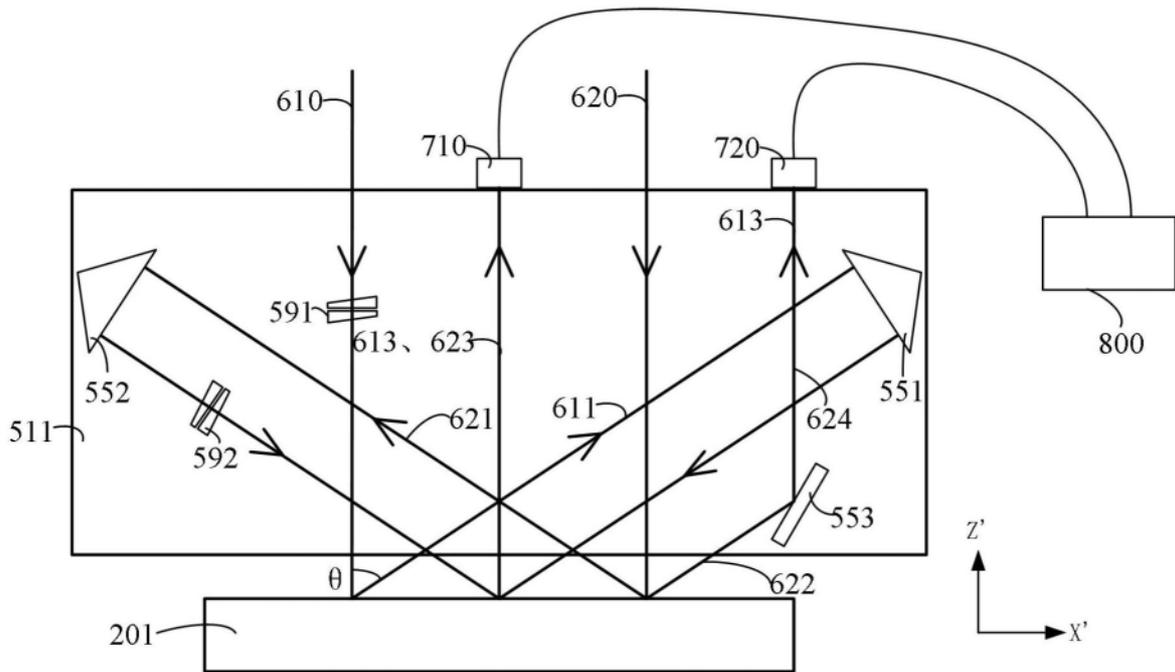


图3

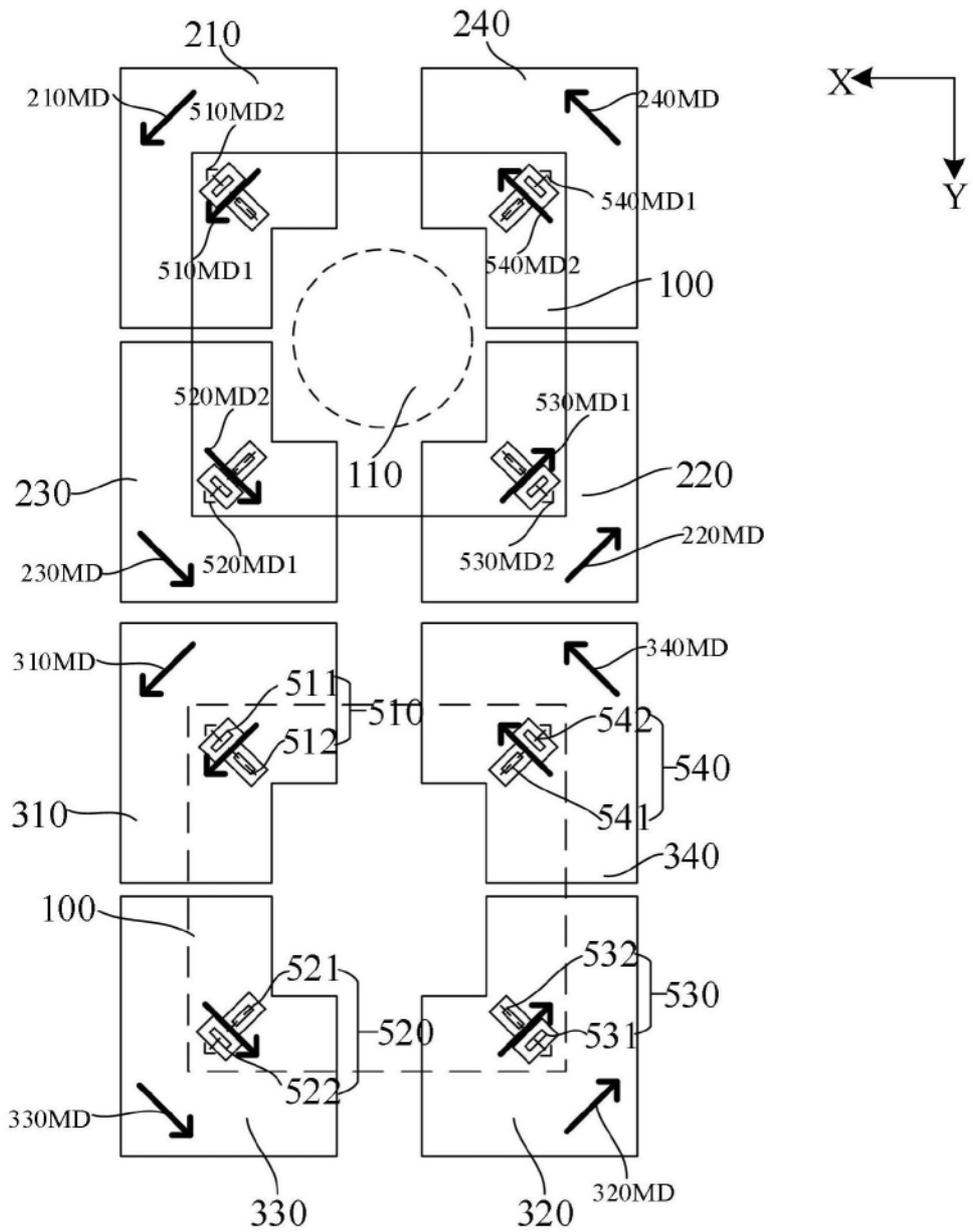


图4a

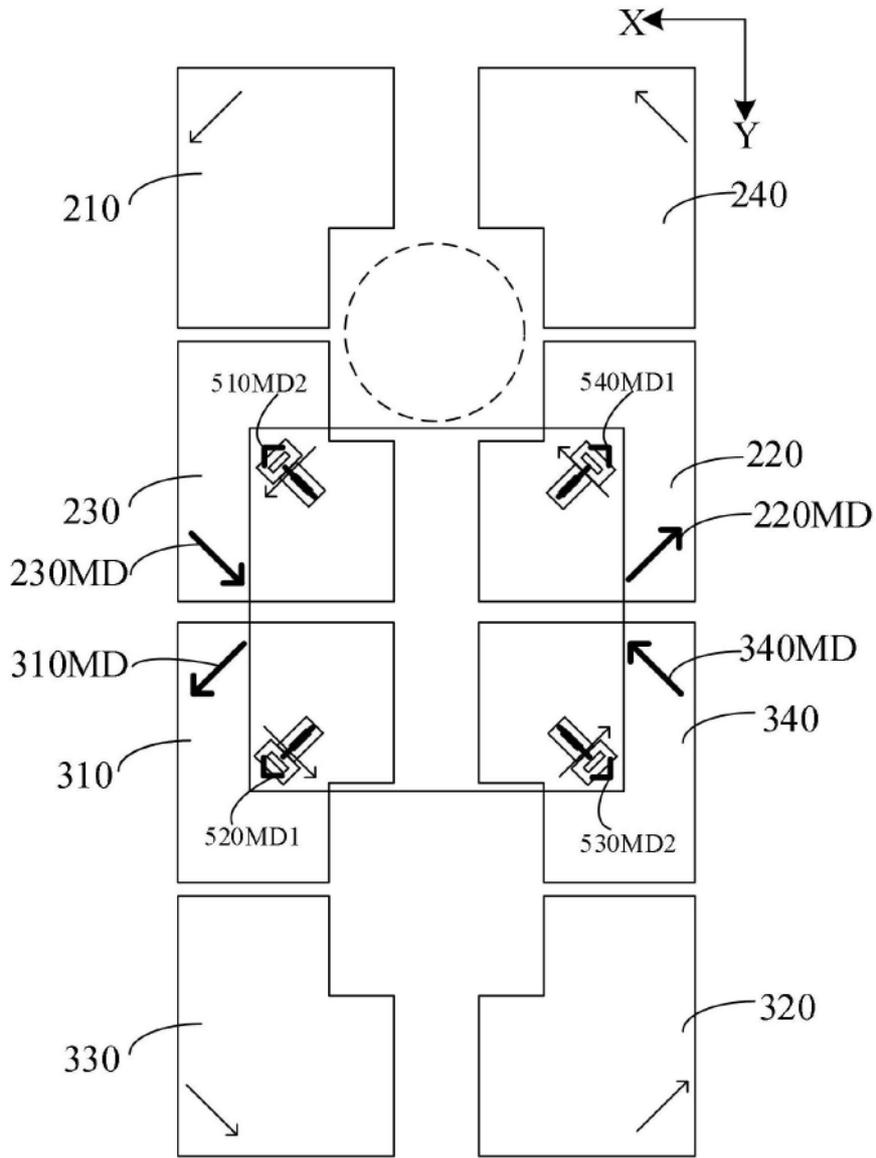


图4b

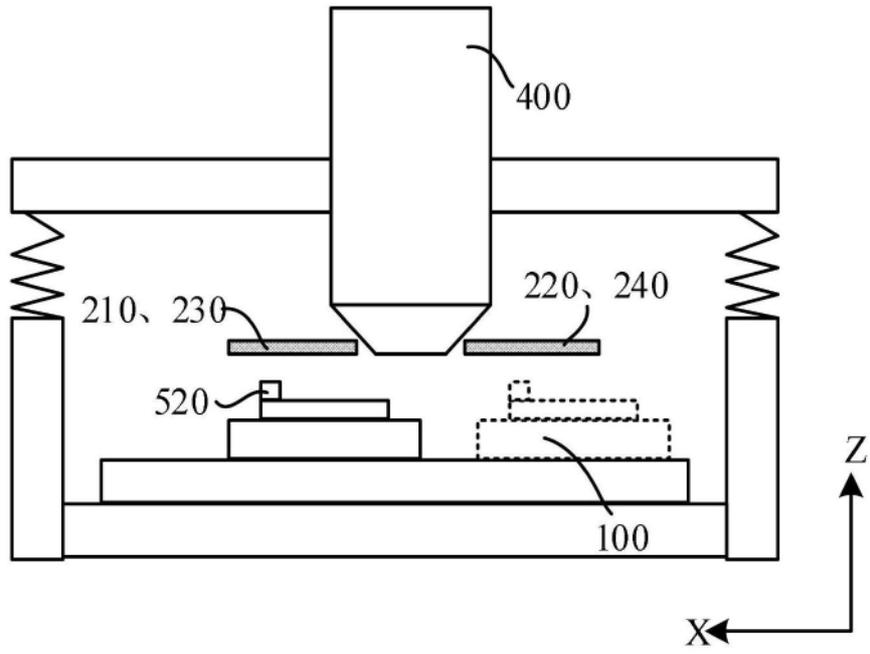


图5

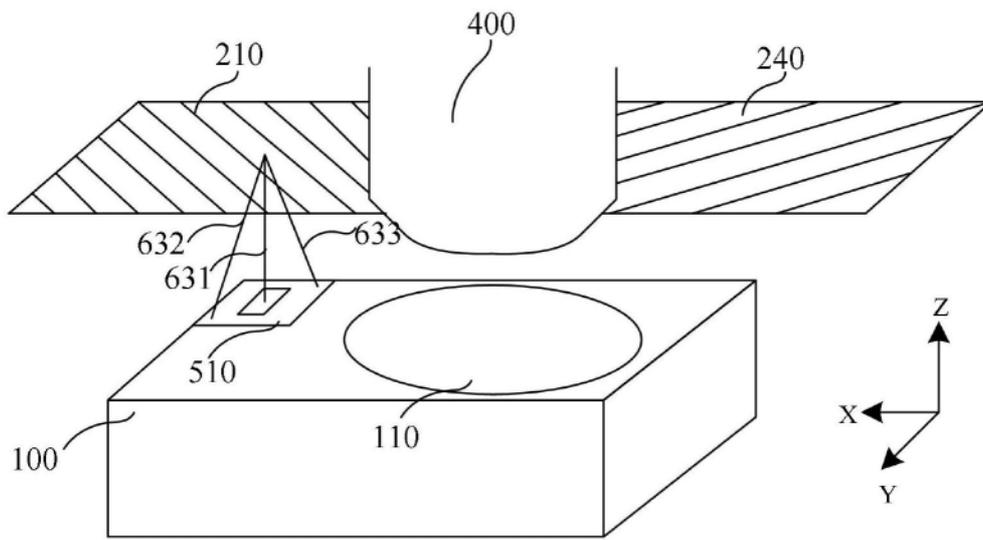


图6a

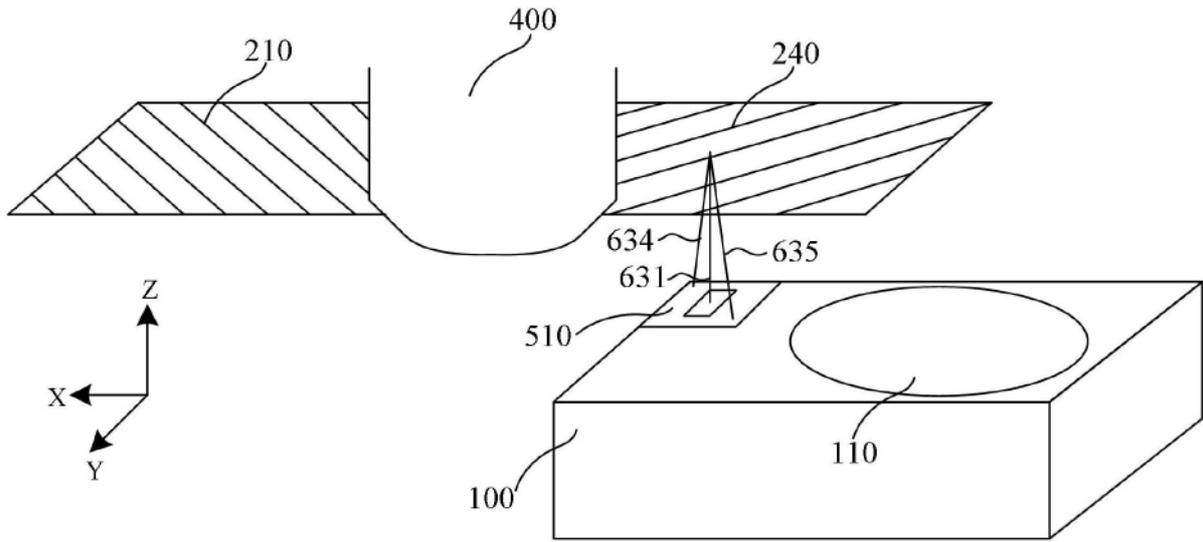


图6b

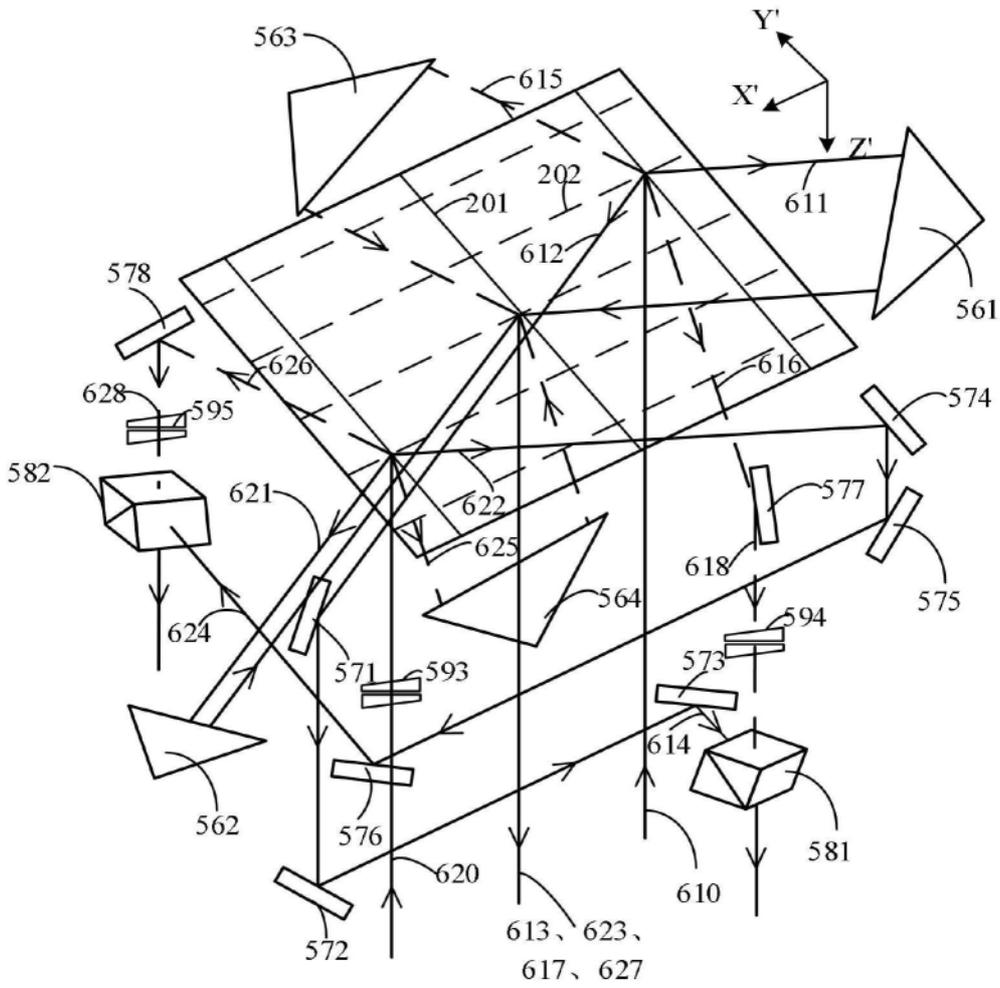


图7a

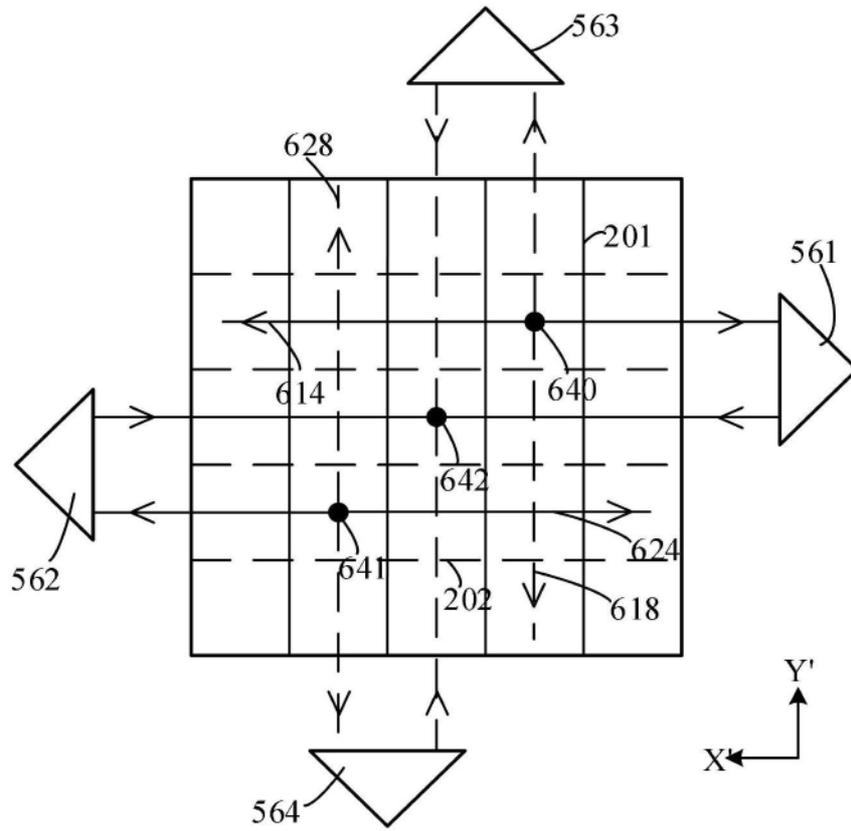


图7b

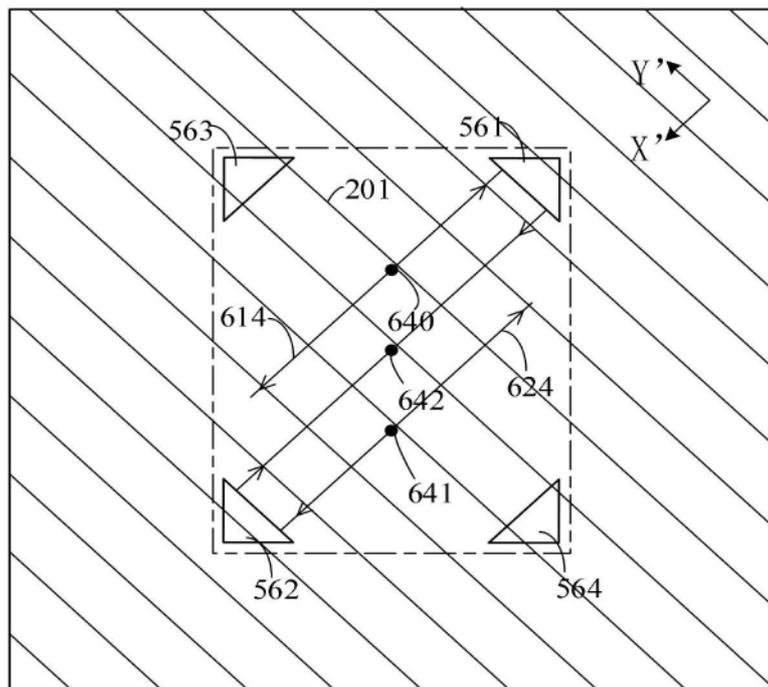


图7c

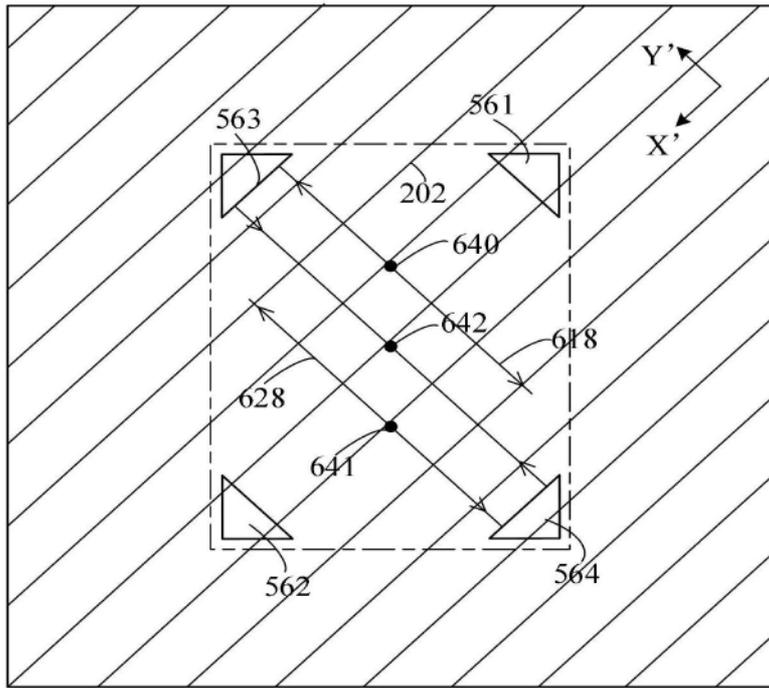


图7d

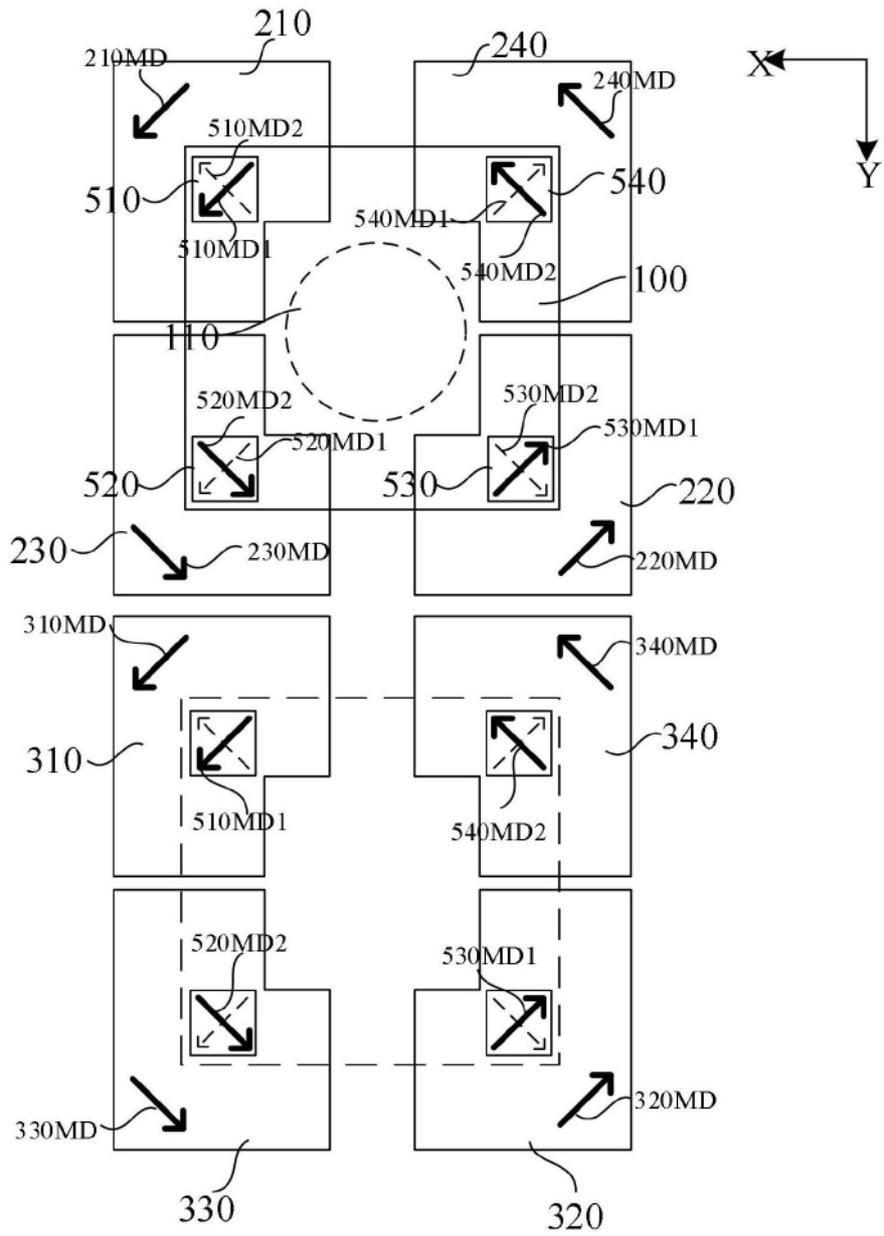


图8a

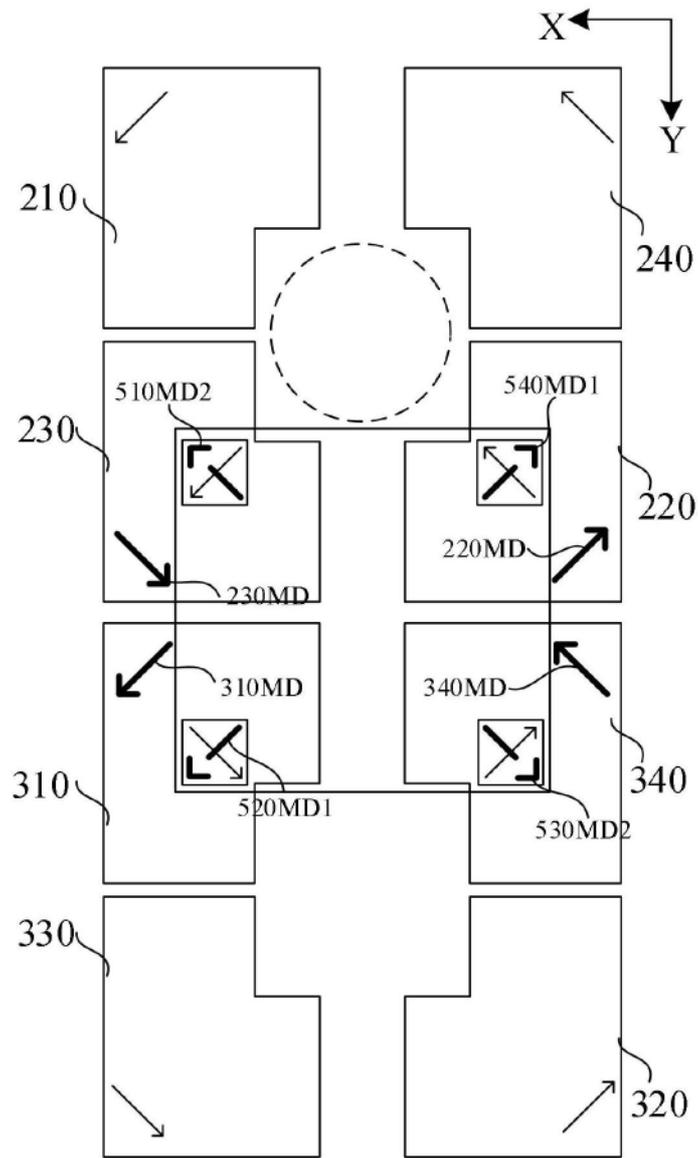


图8b

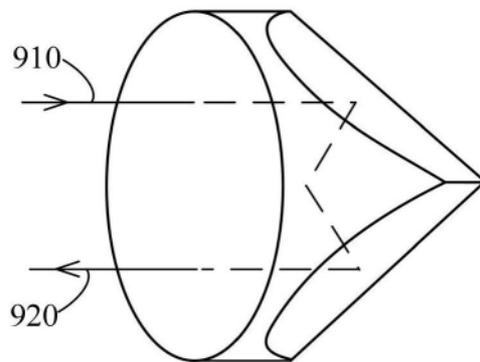


图9a

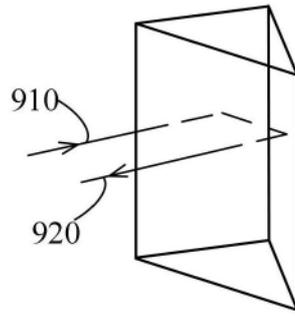


图9b

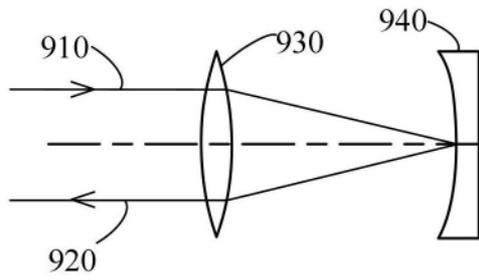


图9c

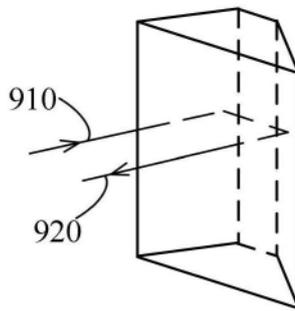


图9d

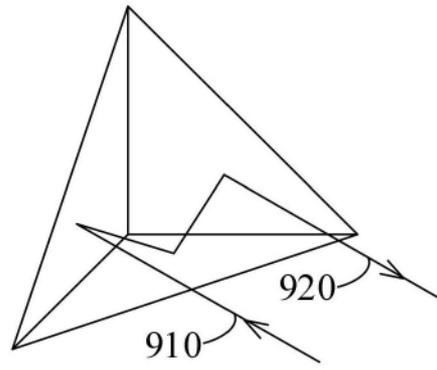


图9e

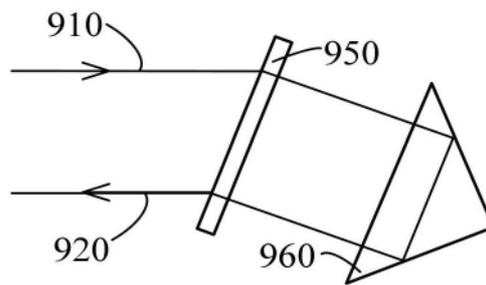


图9f