



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103309177 B

(45) 授权公告日 2015. 02. 11

(21) 申请号 201310243147. 9

(22) 申请日 2013. 06. 19

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区北京市 100084
信箱 82 分箱清华大学专利办公室

(72) 发明人 朱煜 王磊杰 张鸣 刘召 成荣
杨开明 徐登峰 叶伟楠 田丽
张利 秦慧超 张金 穆海华
尹文生 胡金春 赵彦坡

(74) 专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司 11327

代理人 邸更岩

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102944176 A, 2013. 02. 27, 全文.

CN 1916561 A, 2007. 02. 21, 全文.

JP 特开 2009-281947 A, 2009. 12. 03, 全文.

JP 特开 2010-237203 A, 2010. 10. 21, 全文.

US 2006/0001889 A1, 2006. 01. 05, 全文.

滕伟等. 光刻机工作台超精密运动与同步控制. 《机械工程学报》. 1922, 第 47 卷 (第 11 期), 第 185-190 页.

审查员 彭文炫

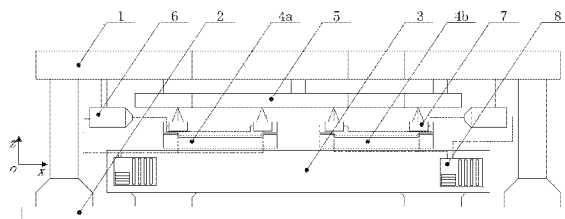
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种光刻机工件台系统

(57) 摘要

一种光刻机工件台系统, 包含机架、基台、分别运行于曝光工位和预处理工位的两个硅片台, 以及测量光栅、双频激光器、三自由度外差光栅干涉仪和信号接收与处理部件。在每个硅片台四角处各安装一个三自由外差光栅干涉仪, 测量光栅安装于硅片台上方的机架上。双频激光器出射的双频正交偏振激光经光纤传输至三自由度外差光栅干涉仪后至测量光栅, 测量光栅的四束衍射光回射至三自由度外差干涉仪, 最终出射四束测量光信号至信号接收与处理部件。当硅片台相对于测量光栅运动时, 利用信号接收与处理部件中的读数通过解算获取硅片台六自由位移。该光刻机工件台系统可提高硅片台的测量精度、动态性能等指标, 进而提高光刻机工件台系统整体性能。



1. 一种光刻机工件台系统,包含机架(1)、基台(3)、分别运行于曝光工位和预处理工位的两个硅片台,其特征在于:所述工件台系统还包括测量光栅(5)、双频激光器(6)、三自由度外差光栅干涉仪(7)和信号接收与处理部件(8);

所述的测量光栅(5)采用平面反射型二维光栅,由曝光工位测量光栅(51)和预处理工位测量光栅(52)组成,曝光工位测量光栅(51)和预处理工位测量光栅(52)分别对应安装于曝光工位和预处理工位的两个硅片台上方的机架(1)上,且刻有二维反射型光栅槽线的表面面向两个硅片台的上表面;

所述的运行于曝光工位和预处理工位的两个硅片台的四角处分别安装四个三自由度外差光栅干涉仪(7),机架(1)上安装双频激光器(6),通过光纤传输分别为运行于曝光工位的硅片台上的四个三自由度外差光栅干涉仪(7)和运行于预处理工位的硅片台上的四个三自由度外差光栅干涉仪(7)提供双频正交偏振激光,双频激光器(6)同时为信号接收与处理部件(8)提供参考电信号;

所述的双频正交偏振激光分别经过每个三自由度外差光栅干涉仪(7)后垂直入射至测量光栅(5),产生四束衍射反射光,四束衍射反射光回射至三自由度外差光栅干涉仪(7),然后由三自由度外差光栅干涉仪(7)输出四路测量光信号,四路测量光信号输送至信号接收与处理部件(8)中进行处理;

所述的运行于曝光工位和预处理工位的两个硅片台分别相对于测量光栅(5)运动时,信号接收与处理部件(8)各输出四组x、y和z向测量位移,分别利用八组测量值解算出运行于曝光工位和预处理工位的硅片台的六自由度位移;

所述的三自由度外差光栅干涉仪(7)包括偏振分光镜(71)、参考光栅(72)、第一折光元件和第二折光元件,所述的参考光栅(72)表面上刻有二维反射型光栅槽线;双频正交偏振激光入射至偏振分光镜(71)后分光,透射光为参考光,反射光为测量光;

所述参考光入射至参考光栅(72)后产生四束衍射反射参考光,四束衍射反射参考光经第一折光元件后偏转形成四束平行参考光,四束平行参考光回射至偏振分光镜(71)后透射形成四束透射参考光;

所述测量光入射至测量光栅(5)后产生四束衍射反射测量光,四束衍射反射测量光经第二折光元件后偏转形成四束平行测量光,四束平行测量光回射至偏振分光镜(71)后反射形成四束反射测量光;

所述的四束透射参考光和四束反射测量光分别两两重合形成四路测量光信号,四路测量光信号分别经光纤传输至信号接收与处理部件(8)进行处理;当三自由度外差光栅干涉仪(7)相对于测量光栅(5)进行x方向、y方向和z方向三个自由度的线性运动时,信号接收与处理部件(8)将输出三自由度线性位移。

2. 根据权利要求1所述的一种光刻机工件台系统,其特征在于:所述的第一折光元件和第二折光元件均采用位于xoy平面的两个直角棱镜和位于xoz平面的两个直角棱镜集成的折光棱镜(73)。

3. 根据权利要求1所述的一种光刻机工件台系统,其特征在于:所述的第一折光元件和第二折光元件均采用透镜(74)。

一种光刻机工件台系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光刻机工件台系统,特别涉及一种利用三自由度外差光栅干涉仪测量硅片台位移的光刻机工件台系统。

背景技术

[0002] 半导体制造装备中的光刻机是半导体芯片制作中的关键设备。超精密工件台系统是光刻机的核心子系统,用于承载掩模板和硅片完成高速超精密步进扫描运动。超精密工件台系统以其高速、高加速、大行程、超精密、多自由度等运动特点成为超精密运动系统中最具代表性的一类系统。为实现上述运动,超精密工件台通常采用双频激光干涉仪测量系统测量超精密工件台多自由度位移。然而随着测量精度、测量距离、测量速度等运动指标的不断提高,双频激光干涉仪以环境敏感性、测量速度难以提高、占用空间大、价格昂贵、测量目标工件台动态特性差等存在的一系列问题,从而难以满足更高的测量需求。

[0003] 针对双频激光干涉仪在光刻机工件台位置测量应用中的诸多问题,近年来,世界上光刻机制造厂商及研究机构开展了一系列研究,研究主要集中于利用光栅测量系统实现光刻机工件台不断提高的测量需求,研究成果在诸多专利论文中均有揭露。

[0004] 美国专利文献 US7, 102, 729B2(公开日 2005 年 8 月 4 日)公开了一种利用光栅测量系统测量工件台多自由度位移的方案,即在工件台的侧面和顶面安装多个光栅尺,在工件台的四周和顶部布置与光栅尺对应的读数头;这种方案的缺陷在于当工件台在水平面内作 x 方向和 y 方向大行程运动时,侧面读数头不能工作,该专利文献中没有给出相应的解决方法,该方案中还存在其他缺点,如激光光程较大使测量易受环境干扰而影响测量精度、测量方案占用空间大等。美国专利文献 US7, 940, 392B2(公开日 2009 年 12 月 24 日)公开了另一种利用光栅测量系统测量工件台多自由度位移的方案,即在工件台上方布置平面光栅,在工件台顶面上布置对应的光栅读数头及用于垂直位移测量的传感器,该方案不存在测量回光问题、不易受环境干扰等问题,但该方案中的光栅读数头仅能测量水平向位移,垂直向位移测量采用电涡流或干涉仪等高度传感器,测量方案采用多种传感器不仅影响工件台的测量精度,而且增加了方案的复杂程度。美国专利文献 US7, 483, 120B2(公开日 2007 年 11 月 15 日)给出了上述的测量方案的具体实现方法,利用 8 块 L 型平面光栅拼接作为工件台测量光栅,在工件台的顶部布置四个光栅读数头,但该专利方案中未阐述读数头的测量自由度及工件台的位移测量自由度。美国专利文献公开号 US2010/0321665A1(公开日 2010 年 12 月 23 日)公开了能够配合平面光栅测量的光栅读数头结构,该结构虽能够测量垂直方向位移,但该读数头是采用零差测量原理,存在测量易受干扰、信号难以处理等缺点,而难以实现很高的测量精度。中国专利文献(申请号:201210449244.9、201210448734.7)分别公开了一种外差光栅干涉仪测量系统,两种干涉仪测量系统的读数头结构中均采用了四分之一波片用于改变光束的偏振态,光学结构复杂,同时光学元件的非理想性将导致测量误差,这将加大应用该光栅干涉仪测量工件台位移的测量误差;两种干涉仪测量系统均只能测量两个自由度的位移,这将增加布置于硅片台上的干涉仪数量,增加工件台位移的解算难度,

降低工件台位移的测量精度。

发明内容

[0005] 考虑到现有技术方案的局限性,本发明的目的是提供一种光刻机工件台系统,该光刻机工件台系统利用大尺寸光栅配合三自由度外差光栅干涉仪进行硅片台位移测量。系统所采用的三自由度外差光栅干涉仪能够在高速、高加速、大行程情况下实现亚纳米量级的测量分辨率及精度,同时具有环境敏感性小、结构简洁、体积小、质量轻、易于安装等优点。光刻机工件台系统采用大尺寸光栅配合三自由度外差光栅干涉仪的测量方式可实现硅片台六自由度位移亚纳米精度的测量,同时可有效的降低整个工件台系统的体积和质量,增加硅片台的动态性能及降低硅片台的控制难度,使光刻机工件台系统性能得到整体提高。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种光刻机工件台系统,包含机架、基台、分别运行于曝光工位和预处理工位的两个硅片台,其特征在于:所述工件台系统还包括测量光栅、双频激光器、三自由度外差光栅干涉仪和信号接收与处理部件;

[0008] 所述的测量光栅采用平面反射型二维光栅,由曝光工位测量光栅和预处理工位测量光栅组成,曝光工位测量光栅和预处理工位测量光栅分别对应安装于曝光工位和预处理工位的两个硅片台上方的机架上,且刻有二维反射型光栅槽线的表面面向两个硅片台的上表面;

[0009] 所述的运行于曝光工位和预处理工位的两个硅片台的四角处分别安装四个三自由度外差光栅干涉仪,机架上安装双频激光器,通过光纤传输分别为运行于曝光工位的硅片台上的四个三自由度外差光栅干涉仪和运行于预处理工位的硅片台上的四个三自由度外差光栅干涉仪提供双频正交偏振激光,双频激光器同时为信号接收与处理部件提供参考电信号;

[0010] 所述的双频正交偏振激光分别经过每个三自由度外差光栅干涉仪后垂直入射至测量光栅,产生四束衍射反射光,四束衍射反射光回射至三自由度外差光栅干涉仪,然后由三自由度外差光栅干涉仪输出四路测量光信号,四路测量光信号输送至信号接收与处理部件中进行处理;

[0011] 所述的运行于曝光工位和预处理工位的两个硅片台分别相对于测量光栅运动时,信号接收与处理部件各输出四组 x 、 y 和 z 向测量位移,分别利用八组测量值解算出运行于曝光工位和预处理工位的硅片台的六自由度位移。

[0012] 本发明所述的三自由度外差光栅干涉仪包括偏振分光镜、参考光栅、第一折光元件和第二折光元件,所述的参考光栅表面上刻有二维反射型光栅槽线;双频正交偏振激光入射至偏振分光镜后分光,透射光为参考光,反射光为测量光;

[0013] 所述参考光入射至参考光栅后产生四束衍射反射参考光,四束衍射反射参考光经第一折光元件后偏转形成四束平行参考光,四束平行参考光回射至偏振分光镜后透射形成四束透射参考光;所述测量光入射至测量光栅后产生四束衍射反射测量光,四束衍射反射测量光经第二折光元件后偏转形成四束平行测量光,四束平行测量光回射至偏振分光镜后反射形成四束反射测量光;四束透射参考光和四束反射测量光分别两两重合形成四路测量

光信号,四路测量光信号分别经光纤传输至信号接收与处理部件进行处理;

[0014] 当三自由度外差光栅干涉仪相对于测量光栅进行 x 方向、y 方向和 z 方向三个自由度的线性运动时,信号接收与处理部件将输出三自由度线性位移。

[0015] 本发明所述的三自由度位差光栅干涉仪中的第一折光元件和第二折光元件的优选方案是均采用位于 xoy 平面的两个直角棱镜和位于 xoz 平面的两个直角棱镜集成的折光棱镜。

[0016] 本发明所述的三自由度外差光栅干涉仪中的第一折光元件和第二折光元件的另一种优选方案是均采用透镜。

[0017] 本发明所提供的一种外差光栅干涉仪位移测量系统具有以下优点及突出性效果:

[0018] 光刻机工件台系统中布置这种三自由度光栅干涉仪配合大尺寸光栅可实现硅片台六自由度位移的亚纳米精度的测量,同时可有效的降低整个工件台系统的体积和质量,增加硅片台的动态性能及降低硅片台的控制难度,使光刻机工件台系统性能得到整体提高。光刻机工件台系统所采用三自由度外差光栅干涉仪,能在高速、高加速、大行程情况下实现亚纳米量级的测量分辨率及精度,同时测量系统具有结构简洁、体积小、质量轻、易于安装等优点。

附图说明

[0019] 图 1 为本发明一种光刻机工件台系统示意图。

[0020] 图 2 为本发明测量光栅与硅片台在 xoy 平面内的相对位置示意图。

[0021] 图 3 为本发明第一种三自由度外差光栅干涉仪结构实施例示意图。

[0022] 图 4 为本发明第二种三自由度外差光栅干涉仪结构实施例示意图。

[0023] 图中,1——机架;2——隔振地基;3——基台;4a——曝光工位硅片台,4b——预处理工位硅片台;5——测量光栅,51——曝光工位测量光栅,52——预处理工位测量光栅;6——双频激光器;7——三自由度外差光栅干涉仪,71——偏振分光镜,72——参考光栅,73——折光棱镜,74——透镜;8——信号接收与处理部件。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图对本发明的结构、原理和具体实施方式作进一步地详细描述。

[0025] 请参考图 1 和 2,图 1 为本发明一种光刻机工件台系统示意图,图 2 为本发明测量光栅与硅片台在 xoy 平面内的相对位置示意图,结合图 1 和图 2 对本发明光刻机工件台系统进行描述。如图 1 所示,光刻机工件台系统包含机架 1、基台 3、运行于曝光工位的硅片台 4a 和运行于预处理工位的硅片台 4b;工件台系统还包括测量光栅 5、双频激光器 6、三自由度外差光栅干涉仪 7 和信号接收与处理部件 8,这部分部件用于测量运行于曝光工位的硅片台 4a 和运行于预处理工位的硅片台 4b 的六自由度位移。

[0026] 测量机架 1、基台 3 通过隔振装置放置于隔振地基 2 上,基台 3 上运行两个硅片台,即运行于曝光工位的硅片台 4a 和运行于预处理工位的硅片台 4b,两个硅片台根据工序安排进行移动与位置交换,采用双硅片台可有效提高生产效率。

[0027] 请参考图 1 和图 2,测量光栅 5 由曝光工位测量光栅 51 和预处理工位测量光栅 52

组成,曝光工位测量光栅 51 和预处理工位测量光栅 52 分别对应安装于曝光工位和预处理工位的两个硅片台上方的机架 1 上,且刻有二维反射型光栅槽线的表面面向两个硅片台的上表面。测量光栅 5 采用平面反射型二维光栅,表面形貌是微小的网格阵列;二维光栅的光栅常数通常在微米量级,二维光栅的槽型采用经特殊设计的方槽型,以获取较高的两个光栅矢量方向的 ± 1 级衍射效率。曝光工位测量光栅 51 和预处理工位测量光栅 52 的尺寸要求很大 ($800\text{mm}\times 800\text{mm}$),非常难以制造,采用光栅拼接方法获取是曝光工位测量光栅 51 和预处理工位测量光栅 52 的最好方法。

[0028] 运行于曝光工位的硅片台 4a 和预处理工位的硅片台 4b 的四角处各分别安装四个三自由度外差光栅干涉仪 7,机架 1 上安装双频激光器 6,通过光纤传输分别为运行于曝光工位的硅片台上的四个三自由度外差光栅干涉仪 7 和运行于预处理工位的硅片台上的四个三自由度外差光栅干涉仪 7 提供双频正交偏振激光,双频激光器 6 同时为信号接收与处理部件 8 提供参考电信号。

[0029] 实际上,为满足八个三自由度外差光栅干涉仪激光功率的需求及硅片台线缆布局需要,在机架 1 上对应的曝光工位和预处理工位各安装一台双频激光器 6,分别为运行于曝光工位的硅片台 4a 上的四个三自由度外差光栅干涉仪 7 和运行于预处理工位的硅片台 4b 上的四个三自由度外差光栅干涉仪 7 提供双频正交偏振激光。

[0030] 双频正交偏振激光分别经过每个三自由度外差光栅干涉仪 7 后垂直入射至测量光栅 5,产生四束衍射反射光,四束衍射反射光回射至三自由度外差光栅干涉仪 7,然后由三自由度外差光栅干涉仪 7 输出四路测量光信号,四路测量光信号输送至信号接收与处理部件 8 中进行处理。

[0031] 实际上,为满足硅片台线缆布局需要,分别为运行于曝光工位的硅片台 4a 上的四个三自由度外差光栅干涉仪 7 和运行于预处理工位的硅片台 4b 上的四个三自由度外差光栅干涉仪 7 各设置一套信号接收与处理部件 8。

[0032] 所述的运行于曝光工位和预处理工位的两个硅片台分别相对于测量光栅 5 运动时,两套信号接收与处理部件 8 分别输出四组 x、y 和 z 向测量位移 (z 向为微小运动,运动范围约 1mm),分别利用八组测量值解算出运行于曝光工位和预处理工位的硅片台的六自由度位移。

[0033] 请参考图 3,图 3 为本发明第一种三自由度外差光栅干涉仪结构实施例示意图。如图 3 所示,三自由度外差光栅干涉仪 7 包括偏振分光镜 71、参考光栅 72、第一折光元件和第二折光元件。参考光栅 72 表面上刻有二维反射型光栅槽线用于产生参考光,和测量光栅 5 具有相同的光栅参数。第一折光元件和第二折光元件用于偏振光的传播方向,二者均采用位于 xoy 平面的两个直角棱镜和位于 xoz 平面的两个直角棱镜集成的折光棱镜 73。

[0034] 双频激光器 6 通过光纤传输双频正交偏振激光入射至偏振分光镜 71 后分光,透射光为参考光,反射光为测量光;所述参考光入射至参考光栅 72 后产生四束衍射反射参考光,四束衍射反射参考光经第一折光元件后偏转形成四束平行参考光,四束平行参考光回射至偏振分光镜 71 后透射形成四束透射参考光;所述测量光入射至测量光栅 5 后产生四束衍射反射测量光,四束衍射反射测量光经第二折光元件后偏转形成四束平行测量光,四束平行测量光回射至偏振分光镜 71 后反射形成四束反射测量光;四束透射参考光和四束反射测量光分别两两重合形成四路测量光信号,四路测量光信号分别经光纤传输至信号接收

与处理部件 8 进行处理。

[0035] 当三自由度外差光栅干涉仪 7 相对于测量光栅 5 进行 x 方向、y 方向和 z 方向三个自由度的线性运动时,信号接收与处理部件 8 将输出三自由度线性位移,三自由度运动位移的表达式: $x = k_x \times (\alpha - \beta)$ 、 $y = k_y \times (\gamma - \delta)$ 、 $z = k_z \times (\alpha + \beta + \gamma + \delta)$, $k_x = \Lambda_x / 4\pi$, $k_y = \Lambda_y / 4\pi$, $k_z = \lambda / 4(1 + \cos \theta)$,式中 α 、 β 、 γ 、 δ 为信号接收与处理部件 8 的相位读数, Λ_x 、 Λ_y 为光栅常数, λ 为激光波长, θ 为光栅衍射角,取 $\Lambda_x = \Lambda_y = 1\mu\text{m}$, $\lambda = 632.8\text{nm}$, α 、 β 、 γ 、 δ 的相位分辨率为 $2\pi / 1024$,外差光栅干涉仪的 x、y 和 z 的测量分辨率分别为 0.49nm、0.49nm 和 0.18nm。

[0036] 请参考图 4,图 4 为本发明第二种光栅干涉仪结构实施例示意图。如图 4 所示,该光栅干涉仪 7 的第一折光元件和第二折光元件均采用透镜 74。参考光栅 72 和测量光栅 5 均布置于两片透镜 74 的焦点处,从参考光栅 72 衍射反射出的四束参考光和从测量光栅 5 衍射出的四束测量光分别以一定角度入射两片透镜 74,分别经两片透镜 74 偏折后以平行光输出,相比采用折光棱镜,该方案结构上更加简洁、易于装调,当变化光栅衍射角时,不用改变透镜参数和安装要求,且垂直透镜光轴方向行程较大。

[0037] 上述实施方式中给出的利用光栅进行硅片台位移测量的光刻机工件台系统,相对于利用激光干涉仪进行硅片台位移测量的光刻机工件台系统,在满足测量需求的基础上,可有效的降低工件台体积、质量,大大提高工件台的动态性能,使工件台整体性能综合提高。光刻机工件台系统所采用三自由度外差光栅干涉仪,能在高速、高加速、大行程情况下实现亚纳米量级的测量分辨率及精度,同时测量系统具有结构简洁、体积小、质量轻、易于安装等优点,除了光刻机工件台系统中的应用,该三自由度外差光栅干涉仪还可应用于精密机床、三坐标测量机、半导体检测设备中的载物台多自由度位移的精密测量中。

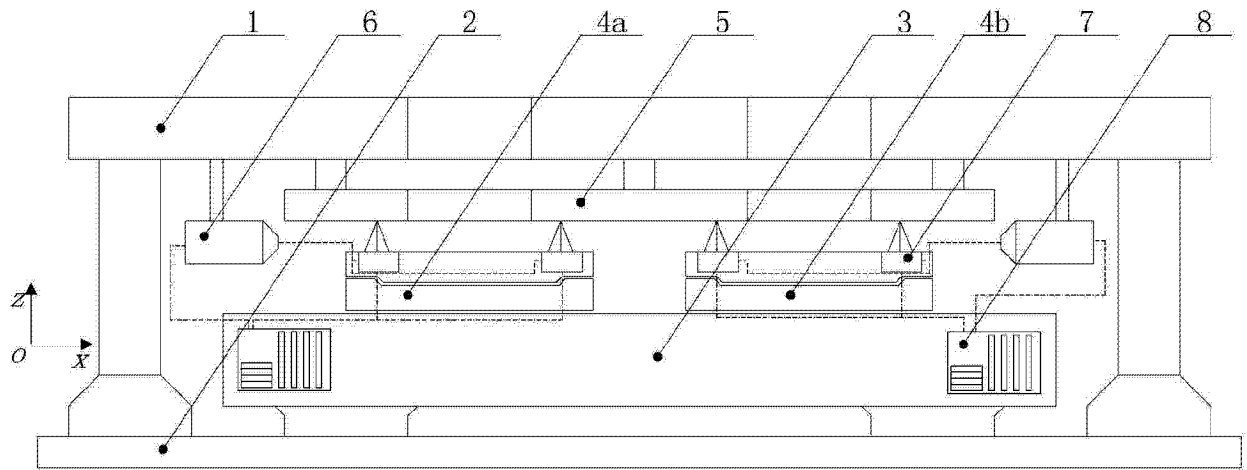


图 1

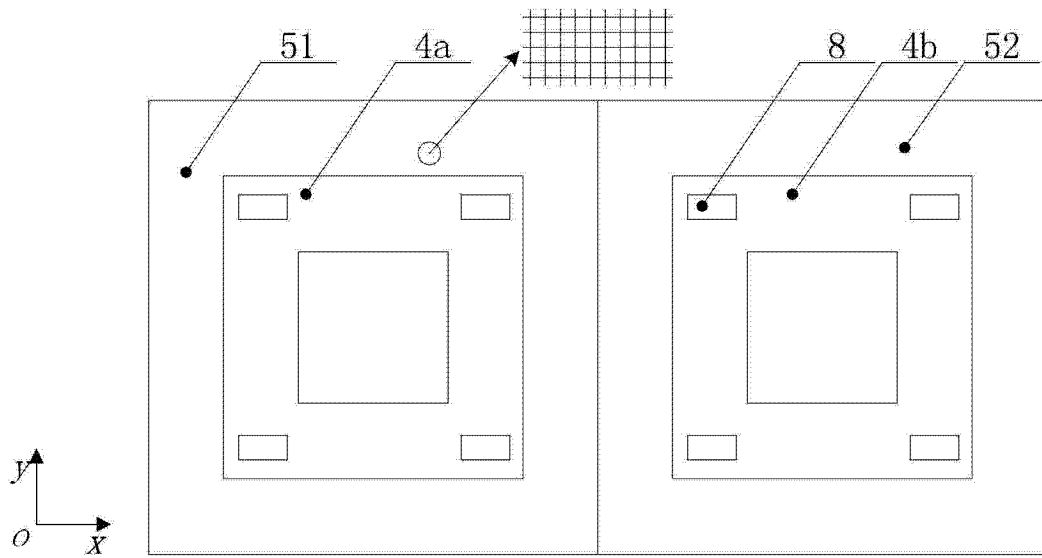


图 2

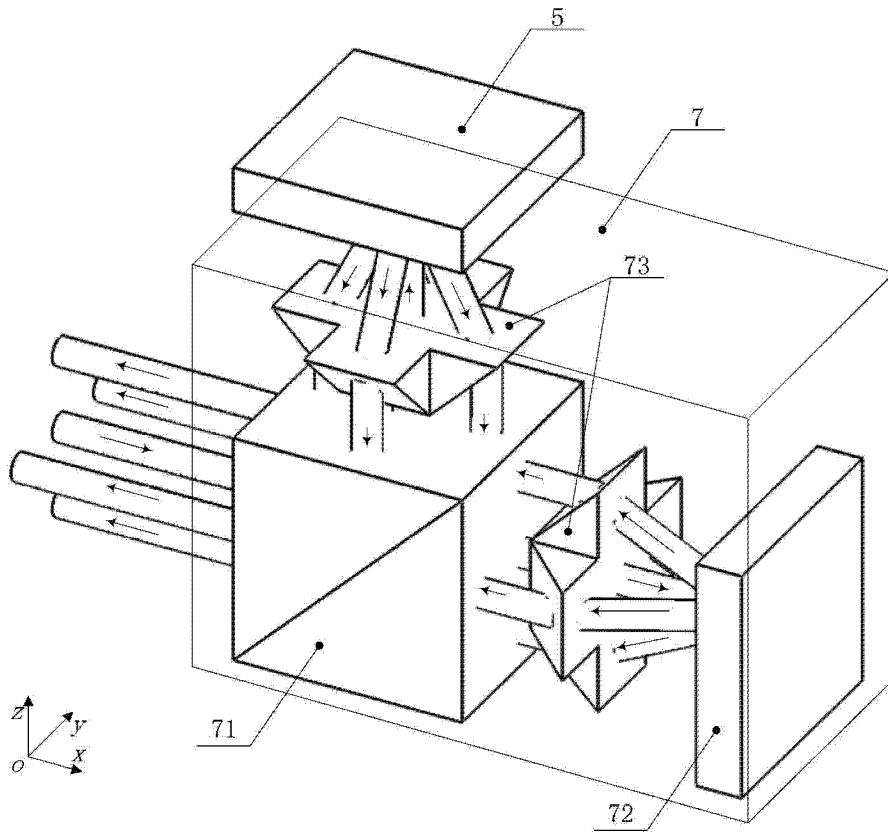


图 3

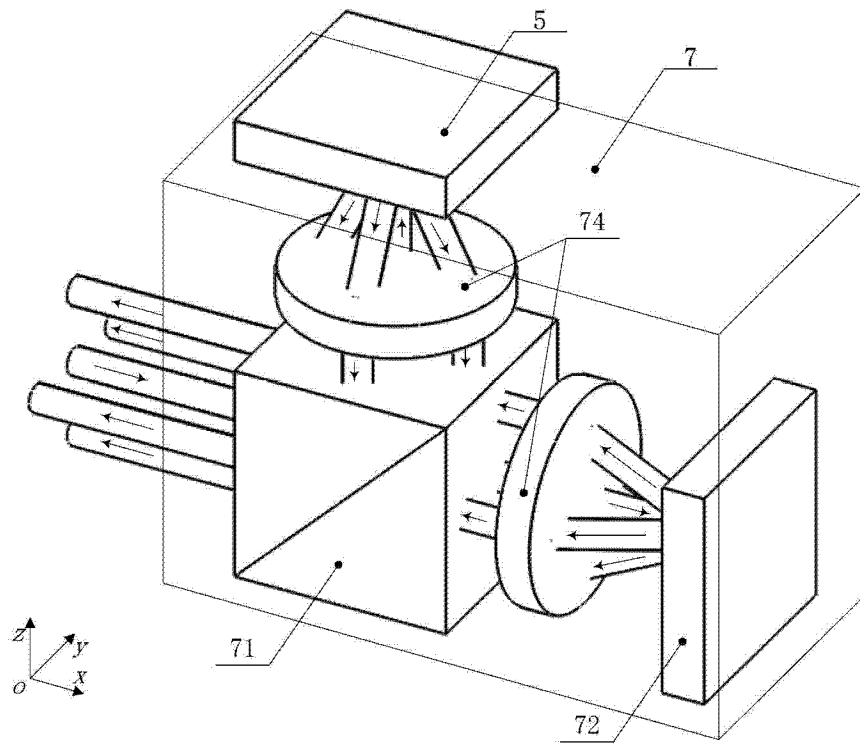


图 4