

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710119275.7

[45] 授权公告日 2009 年 3 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 100470379C

[22] 申请日 2007.7.19

审查员 陈嘉佳

[21] 申请号 200710119275.7

[73] 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市 100084 信箱 82 分箱
清华大学专利办公室

[72] 发明人 朱 煜 张 鸣 汪劲松 李 广
徐登峰 尹文生 段广洪 贾松涛

[56] 参考文献

JP2003-124098A 2003.4.25

EP1197801A1 2002.4.17

US2004/0250776A1 2004.12.16

US2004/0004703A1 2004.1.8

CN1485694A 2004.3.31

JP2000-21715A 2000.1.21

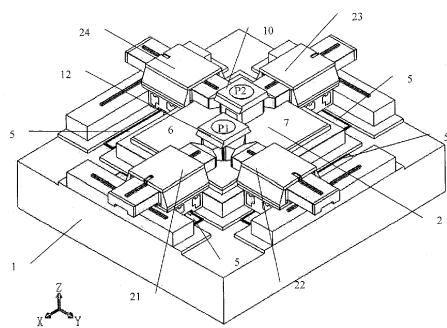
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 5 页

[54] 发明名称

一种光刻机硅片台双台交换系统

[57] 摘要

一种光刻机硅片台双台交换系统，该系统含有运行于曝光工位的硅片台和运行于预处理工位的硅片台，两个硅片台设置在一基台上，在基台边缘设置有 4 个沿 X 向和 Y 向运动的双自由度驱动单元，两个硅片台位于 4 个双自由度驱动单元围成的空间内，并通过气浮轴承悬浮在基台上表面；每个双自由度驱动单元包括上、下直线导轨和导套，上直线导轨安装在导套中；两个双自由度驱动单元相互配合驱动硅片台实现 X 向或 Y 向的运动。本发明避免了采用对接导轨所带来的要求极高的导轨对接精度，以及需增加对接辅助装置等缺陷，大大简化了系统结构，二是该系统双台交换采用 4 个完全相同的两自由度驱动单元实现，系统的复杂性大大降低。



1. 一种光刻机硅片台双台交换系统，该系统含有运行于曝光工位（6）的硅片台（10）和运行于预处理工位（7）的硅片台（12），所述的两个硅片台设置在一基台（1）上，其特征在于：在所述的基台边缘设置有4个沿X向和Y向运动的双自由度驱动单元，两个硅片台位于4个双自由度驱动单元围成的空间内，并通过气浮轴承悬浮在基台上表面；所述的每个双自由度驱动单元包括上直线导轨（40）、下直线导轨（30）和导套（35），上直线导轨和下直线导轨呈十字安装在导套中；所述的双自由度驱动单元与硅片台之间通过永磁预载或/和真空预载的气浮轴承（80）连接；硅片台实现X向或Y向的运动是通过一个双自由度驱动单元的上直线导轨对硅片台施加推力或拉力，另一个相邻驱动单元的下直线导轨跟随硅片台做等速同向同步运动实现。

2. 按照权利要求1所述的一种光刻机硅片台双台交换系统，其特征在于：所述的上直线导轨和下直线导轨中均安装有直线电机和气浮轴承；上直线导轨（40）中直线电机的线圈作为上直线电机定子（40a）安装在导套（35）中，永磁组作为直线电动机子（40b）安装在上直线导轨中，驱动硅片台运动；下直线导轨（30）中直线电机的永磁组作为该直线电机定子（30a）安装在基台凹槽（5）中，与之对应的线圈作为该直线电动机子（30b）安装在导套（35）中。

3. 按照权利要求1或2所述的一种光刻机硅片台双台交换系统，其特征在于：所述的4个双自由度驱动单元位于基台边缘的凹槽（5）中。

4. 按照权利要求3所述的一种光刻机硅片台双台交换系统，其特征在于：在所述的上直线导轨和下直线导轨上分别安装有用于作双自由度驱动单元位置反馈的线性光栅（100a、100b）。

5. 按照权利要求1所述的一种光刻机硅片台双台交换系统，其特征在于：该系统还包含用于硅片台运动位置反馈的双频激光干涉仪（115）。

一种光刻机硅片台双台交换系统

技术领域

本发明涉及一种光刻机硅片台双台交换系统，该系统应用于半导体光刻机中，属于半导体制造设备技术领域。

背景技术

在集成电路芯片的生产过程中，芯片的设计图形在硅片表面光刻胶上的曝光转印（光刻）是其中最重要的工序之一，该工序所用的设备称为光刻机（曝光机）。光刻机的分辨率和曝光效率极大的影响着集成电路芯片的特征线宽（分辨率）和生产率。而作为光刻机关键系统的硅片超精密运动定位系统（以下简称为硅片台）的运动精度和工作效率，又在很大程度上决定了光刻机的分辨率和曝光效率。

步进扫描投影光刻机基本原理如图 1 所示。来自光源 45 的深紫外光透过掩模版 47、透镜系统 49 将掩模版上的一部分图形成像在硅片 50 的某个 Chip 上。掩模版和硅片反向按一定的速度比例作同步运动，最终将掩模版上的全部图形成像在硅片的特定芯片（Chip）上。

硅片台运动定位系统的基本作用就是在曝光过程中承载着硅片并按设定的速度和方向运动，以实现掩模版图形向硅片上各区域的精确转移。由于芯片的线宽非常小（目前最小线宽已经达到 45nm），为保证光刻的套刻精度和分辨率，就要求硅片台具有极高的运动定位精度；由于硅片台的运动速度在很大程度上影响着光刻的生产率，从提高生产率的角度，又要求硅片台的运动速度不断提高。

传统的硅片台，如专利 EP 0729073 和专利 US 5996437 所描述的，光刻机中只有一个硅片运动定位单元，即一个硅片台。调平调焦等准备工作都要在上面完成，这些工作所需的时间很长，特别是对准，由于要求进行精度极高的低速扫描（典型的对准扫描速度为 1 mm/s），因此所需时间很长。而要减少其工作时间却非常困难。这样，为了提高光刻机的生产效率，就必须不断提高硅片台的步进和曝光扫描的运动速度。而速度的提高将不可避免导致系统动态性能的恶化，需要采取大量的技术措施保障和提高硅片台的运动精度，为保持现有精度或达到更高精度要付出的代价将大大提高。

专利 WO98/40791（公开日期：1998.9.17；国别：荷兰）所描述的结构采用双硅片台结构，将上下片、预对准、对准等曝光准备工作转移至第二个硅片台上，且与曝光硅片台同时独立运动。在不提高硅片台运动速度的前提下，曝光硅片台大量的准备工作由第二个硅片台分担，从而大大缩短了每片硅片在曝光硅片台上的工作时间，大幅度提高了生产效率。然而该系统存在的主要缺点在于硅片台系统的非质心驱动问题。

本申请人在 2003 年申请的发明专利“步进投影光刻机双台轮换曝光超精密定位硅片系统”（专利申请号：ZL03156436.4）公开了一种带双侧直线导轨的双硅片台交换结构，该双硅片台系统在工作空间上不存在重叠，因此不需采用碰撞预防装置。但是该双硅片台系统也存在一些问题，一是该系统要求极高的导轨对接精度；二是该系统双侧导轨只有一侧空间被同时利用，导致该硅片台系统外形尺寸较大，这对于对设备空间利用率要求较严的半导体芯片厂商而言无疑显得非常重要。三是该系统硅片台交换时需采用带驱动装置的桥接装置，从而增加了系统的复杂性。

发明内容

针对现有技术的不足和缺陷，本发明的目的是提供一种光刻机硅片台双台交换系统，以克服已有硅片台双台交换系统存在非质心驱动、结构复杂以及要求极高的导轨对接精度等缺点，使其具有结构简单，空间利用率高以及无需对接辅助装置等优点，进而提高光刻机的曝光效率。

本发明的技术方案如下：

一种光刻机硅片台双台交换系统，该系统含有运行于曝光工位的硅片台和运行于预处理工位的硅片台，所述的两个硅片台设置在一基台上，其特征在于：在所述的基台边缘设置有 4 个沿 X 向和 Y 向运动的双自由度驱动单元，两个硅片台位于 4 个双自由度驱动单元围成的空间内，并通过气浮轴承悬浮在基台上表面，所述的每个双自由度驱动单元包括上直线导轨、下直线导轨和导套，上直线导轨和下直线导轨呈十字安装在导套中。所述的双自由度驱动单元与硅片台之间通过永磁预载的气浮轴承连接。硅片台实现 X 向或 Y 向的运动是通过一个双自由度驱动单元的上直线导轨对硅片台施加推力或拉力，另一个相邻驱动单元的下直线导轨跟随硅片台做等速同向同步运动实现。

本发明所述的上直线导轨和下直线导轨中均安装有直线电机和气浮轴承。所述的 4 个双自由度驱动单元位于基台边缘的凹槽中。

本发明的技术特征还在于：所述的上直线导轨和下直线导轨上均安装有线性光栅，用于作双自由度驱动单元的位置反馈。

本发明的又一技术特征是：该系统还包含用于硅片台运动位置反馈的双频激光干涉仪。

本发明与现有技术相比，具有以下突出性的优点：一是该系统的双自由度驱动单元与硅片台之间通过带永磁预载或/和真空预载的空气轴承相连，因此避免了采用对接导轨所带来的要求极高的导轨对接精度，以及需增加对接辅助装置等缺陷，大大简化了系统结构，二是该系统双台交换采用 4 个完全相同的 2 自由度驱动单元实现，系统的复杂性大大降低。

附图说明

图1为光刻机的工作原理示意图。

图2为本发明提供的光刻机硅片台双台交换系统及其交换前的状态图。

图3显示了双自由度驱动单元的结构。

图4显示了导套和上直线导轨的结构。

图5硅片台与双自由度驱动单元之间的联接方式

图6显示了交换前两个硅片台运动到交换位置的状态图。

图7显示了交换后两个硅片台在交换位置的状态。

图8显示了系统完成交换后的状态。

图9为硅片台采用激光干涉仪作位置反馈的测量方案。

图中：

1—基台；

2—基台上表面；

5—凹槽；

6—曝光工位；

7—预处理工位；

10—曝光工位的硅片台；

12—预处理工位的硅片台；

21—第一双自由度驱动单元；

22—第二双自由度驱动单元；

23—第三双自由度驱动单元；

24—第四双自由度驱动单元；

30—下直线导轨；

30a—下直线电机定子；

30b—下直线电动机子；

35—导套；

40—上直线导轨；

40a—上直线电机定子；

40b—上直线电动机子；

45—光源；

47—掩模版；

49—透镜系统；

50—硅片；

60a—下直线导轨侧向闭式预载气浮轴承

- 60b—下直线导轨垂直向永磁预载气浮轴承；
 61a—上直线导轨侧向闭式预载气浮轴承
 61b—上直线导轨垂直向永磁预载气浮轴承
 80—永磁预载或/和真空预载的气浮轴承
 100a—上直线导轨线性光栅
 100b—下直线导轨线性光栅；
 110—长行程反射镜；
 111—45 度弯光镜；
 112—上反射镜；
 115—双频激光干涉仪。

具体实施方式

图 2 显示了光刻机硅片台双台交换系统的结构示意图，该系统含有基台 1，运行于曝光工位 6 的硅片台 10，运行于预处理工位 7 的硅片台 12，以及设置在基台边缘的 4 个沿 X 向和 Y 向运动的双自由度驱动单元。两个硅片台位于 4 个双自由度驱动单元围成的空间内，并通过气浮轴承悬浮在基台上表面。每个双自由度驱动单元包含上直线导轨 40、下直线导轨 30 和导套 35，上直线导轨和下直线导轨呈十字安装在导套中。双自由度驱动单元与硅片台之间通过永磁预载或/和真空预载的气浮轴 80 承连接。

图 3、4 显示了双自由度驱动单元的结构及气浮轴承的布置。上直线导轨 40 顶面安装有线性光栅 100a，下直线导轨 30 中也安装有线性光栅 100b，用于双自由度驱动单元位置反馈。上直线导轨和下直线导轨中均装有直线电机和气浮轴承，直线电机由永磁组和线圈组成；上直线导轨 40 中直线电机的线圈作为上直线电机定子 40a 安装在导套 35 中，永磁组作为直线电机动子 40b 安装在上直线导轨中，驱动硅片台运动。下直线导轨 30 中直线电机的永磁组作为该直线电机定子 30a 安装在基台凹槽 5 中，与之对应的线圈作为该直线电机动子 30b 安装在导套 35 中。

图 3 还显示了双自由度驱动单元中气浮轴承的布置位置。上直线导轨和下直线导轨中安装均安装有气浮轴承。下直线导轨通过下直线导轨侧向闭式预载气浮轴承 60a、下直线导轨垂直向永磁预载气浮轴承 60b 支撑在基台凹槽 5 中，上直线导轨中的上直线导轨侧向闭式预载气浮轴承 61a、上直线导轨垂直向永磁预载气浮轴承 61b 布置在导套 35 内侧面和底面，如图 3 中所示。

图 5 显示了硅片台与双自由度驱动单元之间的联接方式。二者通过永磁预载的空气轴承 80 联接。

如图 2、3、4 所示，硅片台 12 沿 X 向的运动通过双自由度驱动单元 21 中的上直线导轨 40 的推动或拉动实现，其相邻的双自由度驱动单元 22 此时位于该硅片台的侧面，

其下直线导轨 30 与双自由度驱动单元 21 中的上直线导轨 40 作等速同向同步的跟随运动，此时双自由度驱动单元 22 中的上直线导轨 40 的位置保持不变，从而实现硅片台沿 X 向运动。硅片台 12 沿 Y 向运动通过双自由度驱动单元 22 中的上直线导轨 40 的推动或拉动实现，其相邻的双自由度驱动单元 21 中的下直线导轨 30 与双自由度驱动单元 22 中的上直线导轨 40 作等速同向同步的跟随运动，此时双自由度驱动单元 21 中的上直线导轨 40 的位置保持不变，从而实现硅片台沿 Y 向运动。另外一组双自由度驱动单元 23、24 驱动硅片台 10 运动的工作原理与上述原理相同。

系统完成硅片台双台交换的过程如图 2、图 6-8 所示。硅片台 10 和 12 交换以前，如图 2 所示硅片台所处位置作为起始位置，第一双自由度驱动单元 21 和第二双自由度驱动单元 22 中的上直线导轨通过空气轴承 80 推（拉）动硅片台 12 在曝光工位 6 作曝光运动，与此同时第三双自由度驱动单元 23、第四双自由度驱动单元 24 中的上直线导轨通过空气轴承 80 推（拉）动硅片台 10 在预处理工位 7 作预处理运动。

在硅片台各自完成预处理和曝光工序后，系统进入双台交换状态，如图 6-8 所示。此时第一双自由度驱动单元 21 通过下直线导轨 30 运动到曝光工位的硅片台 10 的侧面，第三双自由度驱动单元 23 通过下直线导轨 30 运动到预处理工位的硅片台 12 的侧面，这样硅片台 10 由交换前由双自由度驱动单元 23、24 驱动变为由双自由度驱动单元 21、24 驱动并且由交换前的预处理工位运行至曝光工位；而硅片台 12 改为由 22、23 驱动并且由交换前的曝光工位运行至预处理工位，从而完成了两个硅片台位置的交换，并开始下一个循环。图 6 显示了第一双自由度驱动单元 21 和第三双自由度驱动单元 23 侧向移动前的位置，图 7 为第一双自由度驱动单元 21 和第三双自由度驱动单元 23 侧向移动后的位置。

图 9 显示了本发明采用双频激光干涉仪 115 作为位置反馈的空间布置形式。硅片台安装有 L 型的长行程反射镜 110，并安装有一个 45 度弯光镜 111，该弯光镜用以测量硅片台在竖直方向的微小位移。由于该测量系统与硅片台定位系统在物理上通过隔振装置隔离，因此本图仅表示双频激光干涉仪的空间布置。本测量方案可对每个硅片台在空间的 6 个自由度进行高精度测量并实现最终位置反馈。

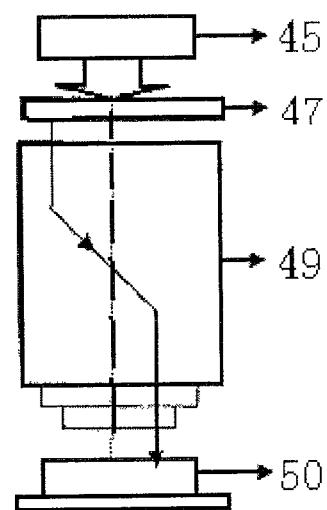


图 1

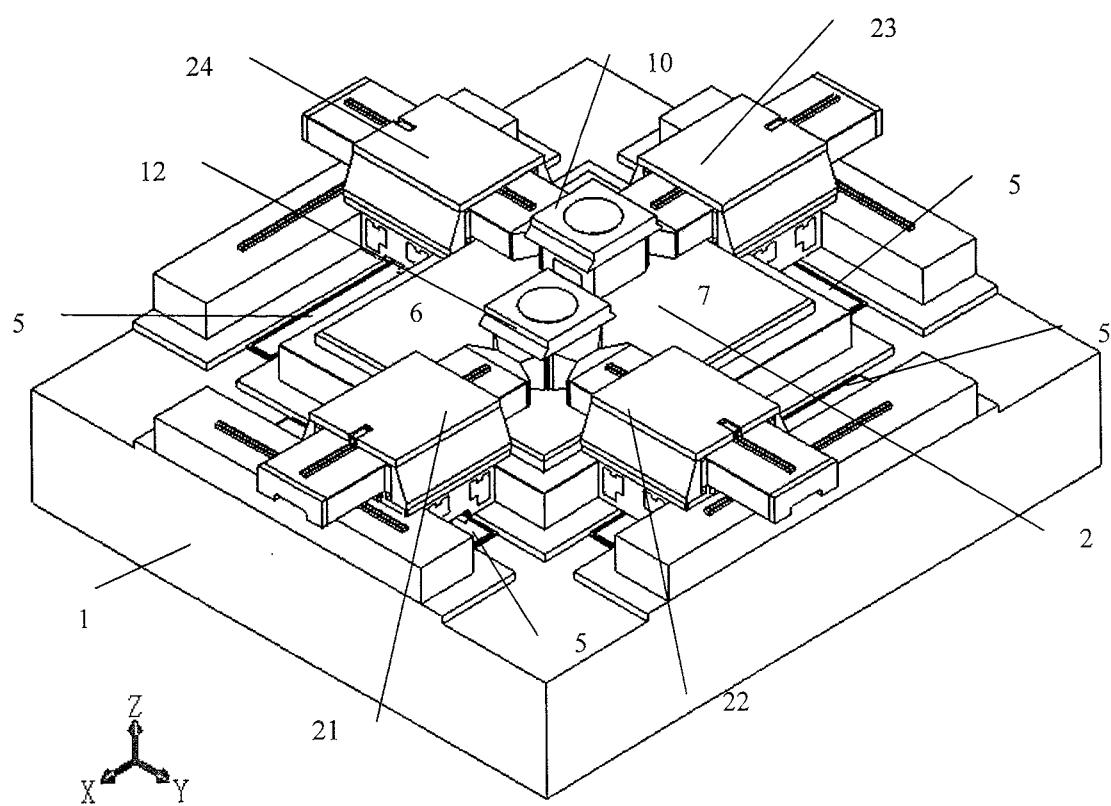


图 2

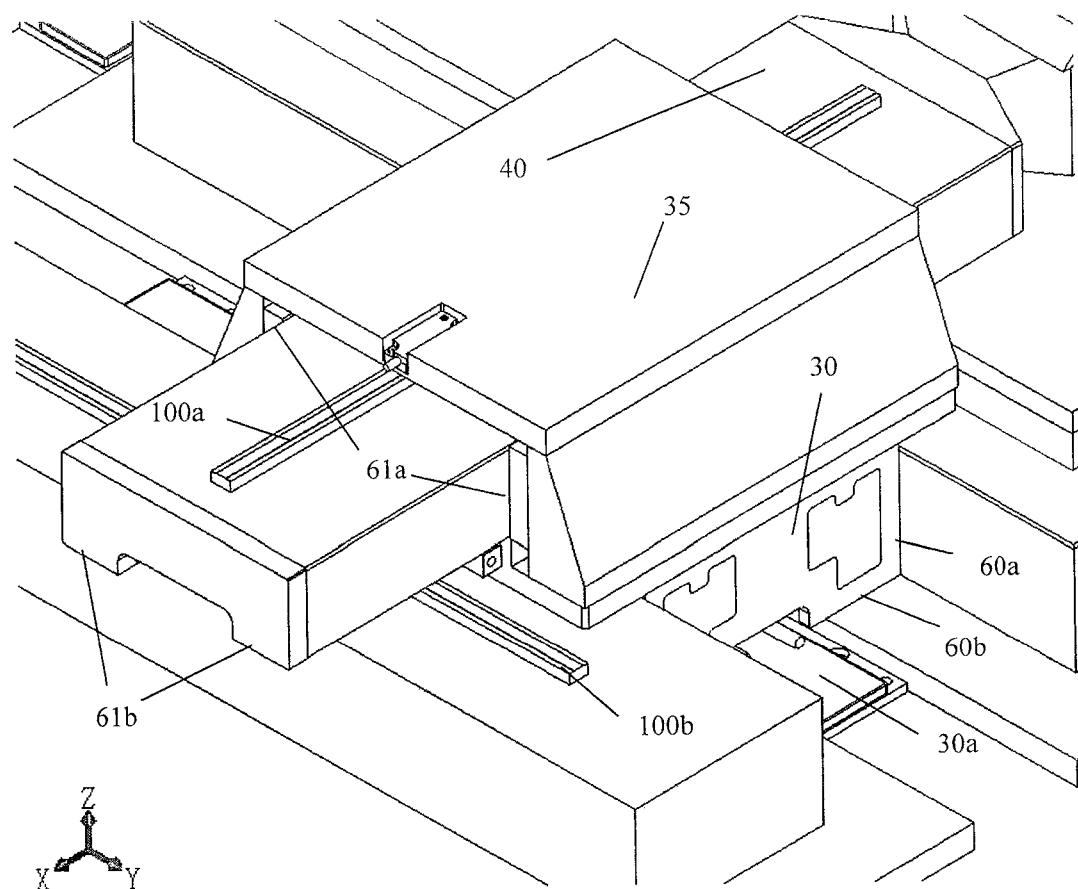


图 3

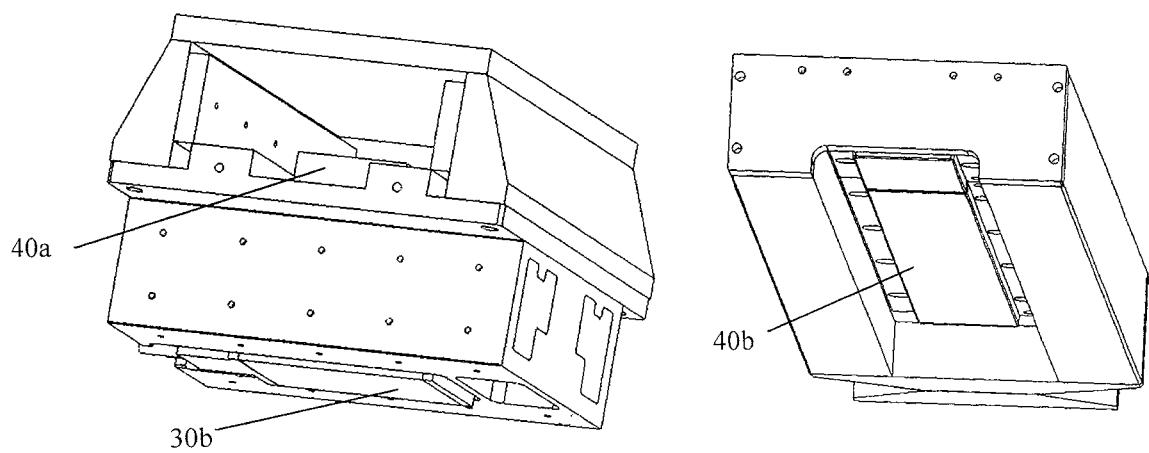


图 4

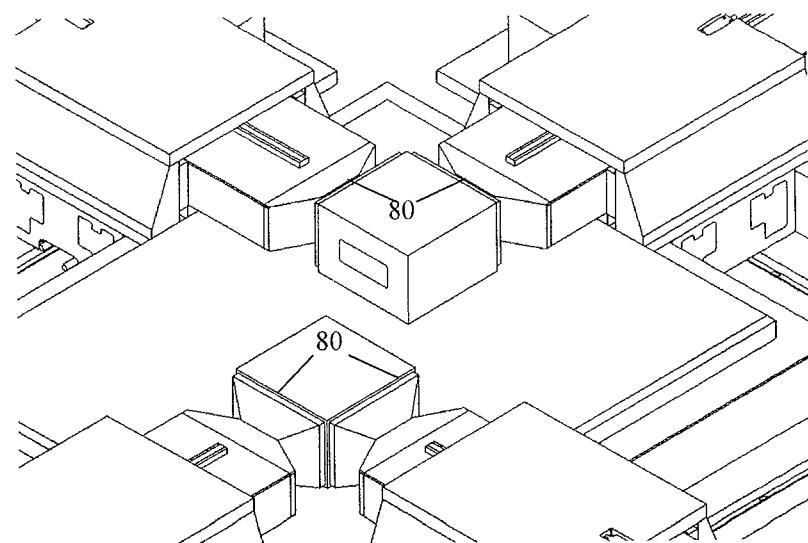


图 5

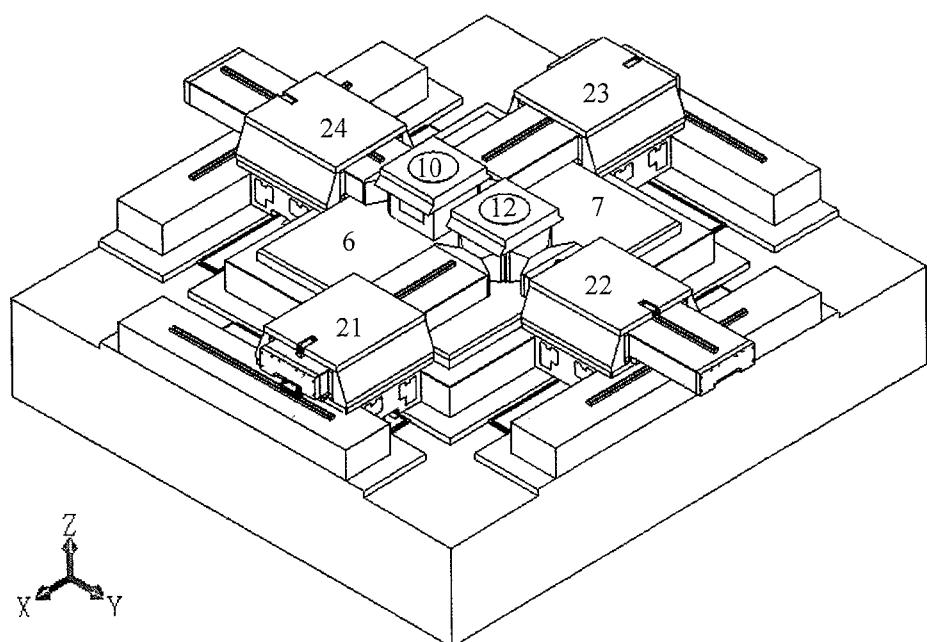


图 6

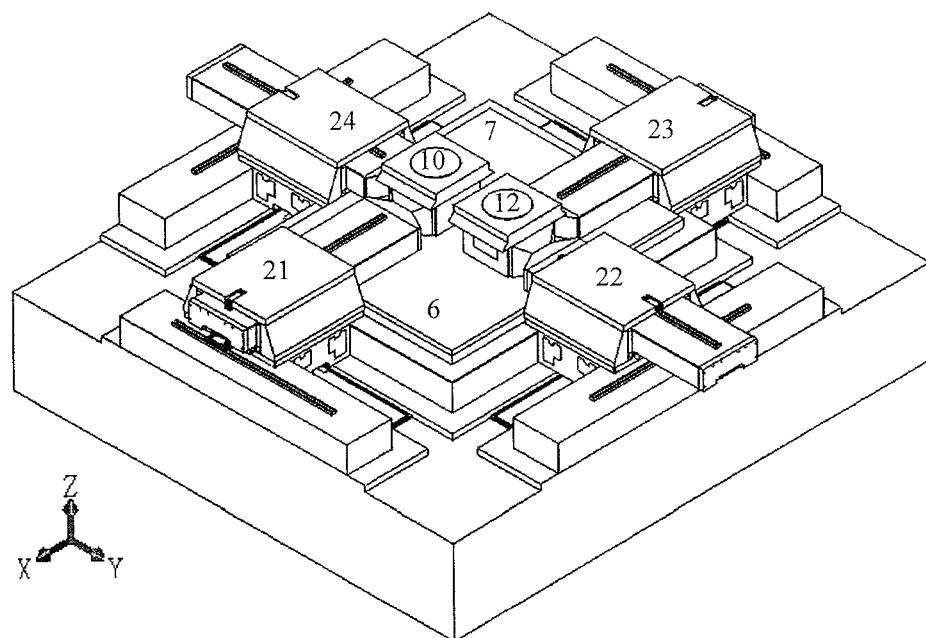


图 7

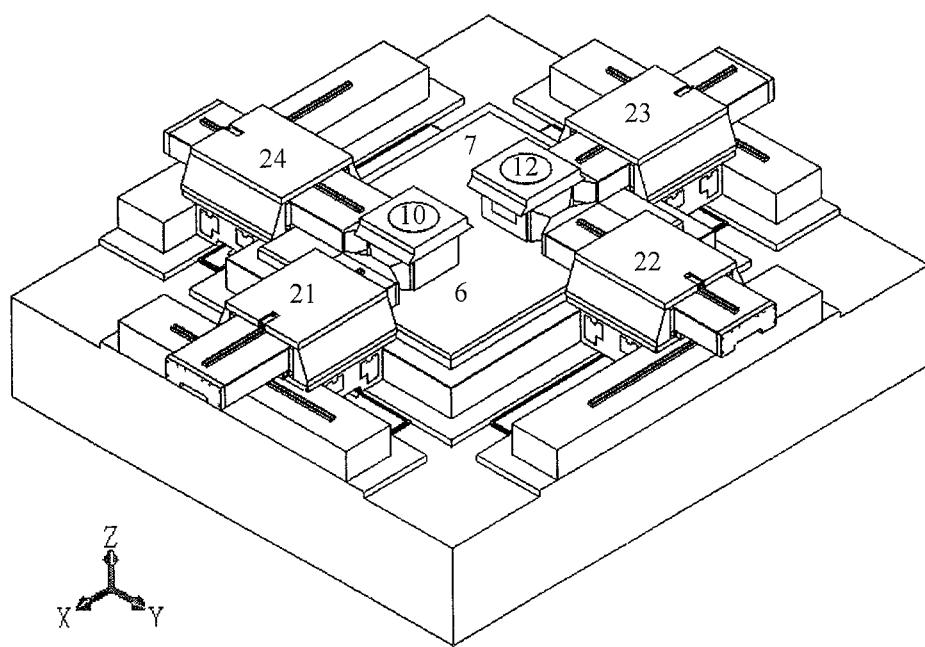


图 8

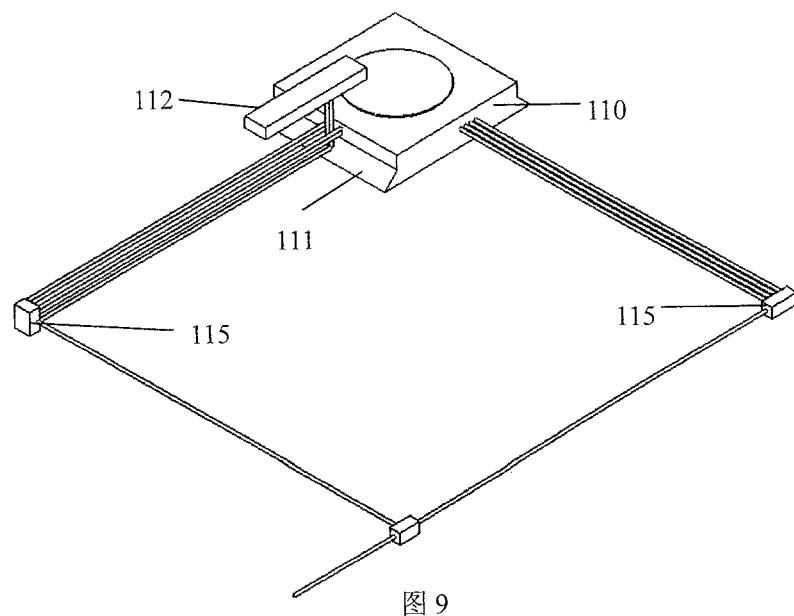


图 9