(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103439865 B
(45)授权公告日 2015.03.25

(21)申请号 201310360623.5

(22)申请日 2013.08.16

(73)专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所
地址 201800 上海市嘉定区 800 － 211 邮政信箱

(72)发明人 林栋梁 马兴华 任冰强 程伟林 张友宝 钱珍梅 屈建峰 孙征宇 黄惠杰

(74)专利代理机构 上海新天专利代理有限公司 31213
代理人 张泽纯

(51)Int.Cl.
G03F 7/20(2006.01)

(56)对比文件
CN 101887218 A,2010.11.17, 全文 .
US 2006/0114433 A1,2006.06.01, 说明书第 2 段、第 23-25 段,图 2-4.
US 2004/0239911 A1,2004.12.02, 全文 .
CN 101487988 A,2009.07.22, 全文 .
US 2004/0239283 A1,2004.12.02, 全文 .

审查员 王度阳

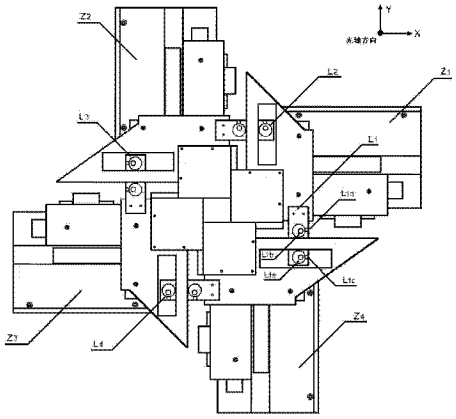
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置

(57)摘要

一种用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置，由四个相同的刀片组件通过四个限位连接件连接而成，四个限位连接件将相邻刀片组件两两进行紧连，四个刀片组件按旋转对称方式集成到两个正交方向上，相邻刀片组件的刀口相互垂直，四个刀口共面且与系统的光轴垂直，四个刀口中间形成的开口即为扫描狭缝。本发明既能实现最大行程内的平面任意范围的高精度二维扫描，又能保证两维方向上的扫描刀口共面。



CN 103439865 B

1. 一种用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置，其特征在于由四个相同的刀片组件通过四个限位连接件连接而成，所述的刀片组件自上而下依次由刀片部件 (Za)、运动机构 (Zb) 和微调机构 (Zc) 组成，所述的刀片部件 (Za) 包括刀片 (13) 和刀架 (12)，所述的运动机构 (Zb) 由主基板 (7)、次基板 (10)、直线电机动子 (9)、直线电机定子 (8)、上导轨 (11)、下导轨 (15)、光栅尺 (14)，读数头支架 (16) 和读数头 (17) 构成，所述的微调机构 (Zc) 由微调块 (6)、带有压缩弹簧的螺钉 (601) 和顶丝 (602) 构成，上述元部件的位置连接关系如下：

所述的主基板 (7)、下导轨 (15) 和读数头支架 (16) 相连接，所述的直线电机动子 (9) 和直线电机定子 (8) 构成一体，所述的次基板 (10) 和光栅尺 (14) 相连接；所述的主基板 (7) 固定在所述的微调块 (6) 的安装面上，直线电机定子 (8) 固定在主基板 (7) 的上表面，直线电机定子 (8) 与下导轨 (15) 之间的互相平行；所述直线电机动子 (9) 与次基板 (10) 相连，且直线电机动子 (9) 与光栅尺 (14) 之间互相平行；次基板 (10) 安装在下导轨 (16) 的上表面，光栅尺 (14) 与下导轨 (16) 之间互相平行，直线电机定子 (8) 的驱动方向、光栅尺 (14) 的测量方向和下导轨 (15) 的导向同方向，上导轨 (11) 安装到次基板 (10) 上，上导轨 (11) 与下导轨 (15) 相互垂直；所述的刀架 (12) 与上导轨 (11) 的上表面相连，刀片 (13) 安装在刀架 (12) 上，所述的刀片 (13) 具有相邻且相互垂直的刀口 (d_1) 和刀片面 (d_2)，所述的刀片 (13) 的刀口 (d_1) 为线边缘，保证所述的刀口 (d_1) 与下导轨 (15) 的导向相同；刀片面 (d_2) 为相邻刀片间的配合面，采用斜面；所述的刀口 (d_1)、刀架的侧边 (d_3) 和 (d_4) 与上导轨 (10) 三者平行；

所述的四个限位连接件将相邻刀片组件两两紧连，四个刀片组件按旋转对称方式集成到两个正交方向上，相邻刀片组件的刀口相互垂直，扫描过程中四个刀片与系统的光轴垂直且始终共面，四个刀口中间形成的开口即为扫描狭缝，所述的刀片组件利用直线电机进行驱动，利用上导轨、下导轨进行导向运动，且下导轨提供与直线电机驱动方向同向的导向，此方向也构成刀口扫描方向；上导轨与下导轨相互垂直，使得每个刀片不仅在刀口扫描方向上进行高精度闭环控制运动，在另一维正交方向上具有运动自由度。

2. 根据权利要求 1 所述的扫描狭缝装置，其特征在于所述的四个限位连接件将相邻刀片组件两两进行紧连的具体结构是：限位连接件一端固定在一个刀片组件的刀架上，另一端布置两个偏心轴承，分别位于相邻刀片组件的刀架的两侧，通过两个轴承间的预紧力对相邻刀架进行夹紧，四个独立的刀片组件形成一个结构耦合整体，四个刀片组件中相对的两个刀片组件的刀口扫描方向相同，同时相邻的两刀片在一个方向上相连，另一个方向上相对运动。

用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光刻机，特别是一种用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置。半导体设备的拦光装置，特别是光刻机曝光系统中与掩模／硅片台保持同步运动的扫描狭缝装置。

技术背景

[0002] 大规模集成电路生产是现代微电子技术的核心，而半导体设备是发展集成电路的基础。在当前半导体制造设备中，光刻设备占据最重要地位。光刻技术在经历了接近／接触式、扫描投影式、步进投影式几个重大技术发展阶段后，步进扫描投影式已发展成为目前的主流技术。

[0003] 步进扫描投影光刻机通过掩模台、硅片台以及扫描狭缝在扫描方向的同步运动，使得硅片面的同一点的剂量为物镜视场光强分布轮廓在扫描方向上各点光强的积分。在一个曝光视场的起始与终止位置，部分照明视场的位置位于曝光视场之外，超出曝光视场范围的照明视场会照射到相邻曝光场上。扫描狭缝作为步进扫描光刻机曝光系统中重要的拦光装置，其作用是限定掩模面照明视场大小及其中心位置、在曝光过程中通过刀片与掩模／硅片的同步扫描运动，避免成像光束对曝光场以外的区域曝光。

[0004] 传统扫描狭缝的实现形式是对两维方向上的运动分别进行控制，结构上彼此间完全独立。然而，这种方法最大的问题是不能同时满足平面内任意范围扫描和两维方向上的扫描刀口共面两个要求。如果需要在平面内实现任意范围的扫描，则两维方向上的扫描刀口在光轴方向上需要离开一定间距，以免相互之间产生干涉，这样在光路中狭缝面与掩模面以及硅片面之间就不能形成理想的共轭关系，并且两个方向的刀口形成的衍射效应也不同，对曝光剂量均匀性产生影响；如果两维方向上的刀口要求共面，则只能选择其中一维具有扫描功能，另一维只能设计成一个尺寸合适的固定开口，而不具有扫描功能，因此这种扫描狭缝也就不能实现平面内任意范围的扫描运动。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服上述在先技术的不足，提供一种用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置，该装置在平面内既能实现任意范围的高精度二维扫描，又能使两维方向上的扫描刀口共面。

[0006] 为解决上述技术问题，本发明的技术解决方案如下：

[0007] 一种用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置，其特点在于由四个相同的刀片组件通过四个限位连接件连接而成，四个限位连接件将相邻刀片组件两两进行紧连，四个刀片组件按旋转对称方式集成到两个正交方向上，相邻刀片组件的刀口相互垂直，四个刀口共面且与系统的光轴垂直，四个刀口中间形成的开口即为扫描狭缝。

[0008] 所说的刀片组件自上而下依次由刀片部件、运动机构和微调机构组成，所述的刀片部件包括刀片和刀架，所述的运动机构由主基板、次基板、直线电机动子、直线电机定子、上导轨、下导轨、光栅尺，读数头支架和读数头构成，所述的微调机构由微调块、带有压缩弹

簧的螺钉和顶丝构成，上述元部件的位置连接关系如下：

[0009] 所述的主基板、下导轨和读数头支架相连接，所述的直线电机动子和直线电机定子构成一体，所述的次基板和光栅尺相连接；所述的主基板固定在所述的微调块的安装面上，直线电机定子固定在主基板的上表面，直线电机定子与下导轨之间互相平行；所述直线电机动子与次基板相连，且直线电机动子与光栅尺之间互相平行；次基板安装在下导轨的上表面，光栅尺与下导轨之间互相平行，直线电机定子的驱动方向、光栅尺的测量方向和下导轨的导向同方向，上导轨安装到次基板上，上导轨与下导轨相互垂直；所述的刀架与上导轨的上表面相连，刀片安装在刀架上，所述的刀片具有相邻且相互垂直的刀口和刀片面，所述的刀片的刀口为线边缘，保证所述的刀口与下导轨的导向相同；刀片面为相邻刀片间的配合面，采用斜面；所述的刀口、刀架的侧边与上导轨三者平行。

[0010] 所述的四个限位连接件将相邻刀片组件两两进行紧连的具体结构是：限位连接件一端固定在一个刀片组件的刀架上，另一端布置两个偏心轴承，分别位于相邻刀片组件的刀架的两侧，通过两个轴承间的预紧力对相邻刀架进行夹紧，四个独立的刀片组件形成一个结构耦合整体，四个刀片组件中相对的两个刀片组件的刀口扫描方向相同，同时相邻的两刀片在一个方向上相连，另一个方向上相对运动。

[0011] 所述的刀片组件利用直线电机进行驱动，并通过光栅尺进行位置反馈，使得每个刀片都可以实现高精度闭环控制运动；刀片组件利用上导轨、下导轨进行导向运动，且下导轨提供与直线电机驱动方向同向的导向，此方向也构成刀口扫描方向；上导轨与下导轨相互垂直，使得每个刀片不仅能在刀口扫描方向上进行高精度闭环控制运动，也能在另一维正交方向上具有运动自由度。

[0012] 所述的微调机构是刀片组件最底层的调整基础，主要由微调块通过后端的顶丝进行调节，并利用带有压缩弹簧的螺钉进行预紧。微调块具有两个旋转自由度和一个位移自由度，刀片组件在装调过程中再通过整体进行旋转和平移，则每组刀片均可以实现六自由度微调。

[0013] 四个刀片组件按旋转对称方式集成到两个正交方向上。对每个刀片组件均进行六自由度微调，使得相邻刀口成垂直关系，并将四个刀口都调整到与光轴垂直的同一个平面上，实现刀口的共面，此时四个刀口中间形成的开口即为扫描曝光区域。

[0014] 利用四个限位连接件将相邻刀片组件两两进行紧连。限位连接件一端固定在其中一个刀片组件的刀架上，另一端布置两个偏心轴承，分别位于相邻刀片组件的刀架的两侧，通过两个轴承间的预紧力对相邻刀架进行夹紧，当同时转动两偏心轴承时，可以对两相邻刀片的配合面间距进行微调，最后利用顶丝分别对两个偏心轴承进行锁紧，此时固定限位连接件的刀架可以通过轴承沿着相邻刀架的两侧面进行相对运动。限位连接件的目的是将两相邻刀片的纯刚性连接转换为通过运动副进行连接，这样保证两相邻刀片之间，在一个方向上相互约束，另一个方向上可以相对运动。

[0015] 通过限位连接件的衔接作用后，四个独立的刀片组件形成一个结构耦合整体。四个刀片组件中相对的两个刀片组件的刀口扫描方向相同，同时相邻的两刀片在一个方向上相连，另一个方向上可以相对运动。最终，在允许的最大行程内，整个扫描狭缝装置的四个刀口能实现平面内任意范围的高精度二维扫描，且无论在何种扫描方式下，整个扫描过程中四刀口始终共面。

[0016] 本发明的及时效果：

[0017] 与在先技术相比，本发明利用四个相互正交的刀片组件形成一个结构耦合整体，既能实现最大行程内的平面任意范围的高精度二维扫描，又能保证两维方向上的扫描刀口共面。

附图说明

[0018] 图 1 为本发明用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置结构图；

[0019] 图 2 为本发明扫描狭缝装置的曝光系统的部分光路示意图；

[0020] 图 3 为本发明的实施例中刀片组件 Z_1 装配爆炸图；

[0021] 图 4 为本发明的实施例中刀片组件 Z_1 结构图。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图和具体实施实例，对本发明作详细阐述：

[0023] 请参阅图 2，图 2 为包含本发明的一种用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置的曝光系统的部分光路示意图。来自前端的照明光束经匀光元件 1 后，通过聚光镜组 2 会聚于扫描狭缝 3 的刀口面上。扫描狭缝 3 的刀口面与光轴垂直，通过刀口面形成的视场轮廓再通过照明镜组 4 投影到掩模面 5 上。

[0024] 本实施实例中，如图 2 所示，在扫描狭缝 3 的刀口面上设置相互正交的两个方向，其中垂直于纸面的方向为 X，另一个方向为 Y，光轴方向为 z 轴方向，在图 1 中且 X、Y 每个方向各有两个刀口。传统扫描曝光方式下，Y 方向为扫描方向，X 方向为非扫描方向。在扫描曝光过程中，扫描狭缝 3 在扫描方向的两个刀口需要与掩模面 5 保持同步运动，非扫描方向的两个刀口则形成固定的开口，并保持静止状态。

[0025] 如图 1，本发明用于步进扫描光刻机的扫描狭缝装置，主要由四个相同的刀片组件 Z_1、Z_2、Z_3 和 Z_4 通过四个限位连接件 L_1、L_2、L_3、L_4 组成。以其中的 Z_1 为例，图 3 为刀片组件 Z_1 的装配爆炸图，图 4 为刀片组件 Z_1 的结构图。每个刀片组件均由刀片部件 Za、运动机构 Zb 与微调机构 Zc 组成。刀片部件 Za 处于整个刀片组件最上层，包括刀架 12 与刀片 13，刀架 12 用于固定刀片 13，刀片的刀口用于扫描过程中进行拦光。运动机构 Zb 提供刀片部件 Za 的驱动，包括主基板 7、次基板 10、直线电机动子 9、直线电机定子 8、上导轨 11、下导轨 15、光栅尺 14、读数头支架 16 以及读数头 17。微调机构 Zc 是刀片组件最底层的调整基础，主要通过微调块 6，带有压缩弹簧的螺钉 601 以及顶丝 602 实现调节。

[0026] 下面以图 3 为对象说明刀片组件 Z_1 中各元部件的连接关系：

[0027] 微调机构 Zc 位于整个刀片组件的最底层，在微调块 6 的上表面固定主基板 7。微调块 6 被线切割出三个 U 形槽，使其分割成仅边缘部分相连的四个柔性块，因此可以产生一定形变。图 3 所示中顶丝 602 和两个带有压缩弹簧的螺钉 601 可以对最下端两个相邻柔性块之间的 U 形张角进行微调，首先通过顶丝 602 微调两者间 U 形开口的大小，再利用带弹簧的螺钉 601 进行预紧。整个调整块 6 的三个 U 形开口张角均可以进行微调，但最下端两个开口张角在微调时围绕相同轴进行旋转，因此两者仅具有一个旋转自由度，但通过这两个张角的调节可以对固定于上表面的主基板 7 进行平移，所以调整块 6 整体共有两个旋转自由度和一个位移自由度。

[0028] 主基板 7 的上表面安装直线电机定子 8 和下导轨 15，且两者间互相平行。

[0029] 次基板 10 是整个刀片组件运动部分的基础，其侧面安装有光栅尺 14，下端连接直线电机动子 9。次基板 10 整体固定到下导轨 15 的上表面后，直线电机动子 9 的线圈部分刚好位于直线电机定子 8 的 U 形开口中间，且光栅尺 14、直线电机定子 8、直线电机动子 9 以及下导轨 15 之间均平行。光栅尺读数头 17 通过读数头支架 16 固定在主基板 7 上，利用读数头支架 16 可以调整读数头 17 与光栅尺 14 间的相对位置关系。上导轨 11 和下导轨 15 分别位于次基板 10 的上下表面，且两导轨间相互垂直。

[0030] 刀架 12 与上导轨 11 的上表面相连，刀片 13 处于整个刀片组件的最上层，并固定在刀架 12 上。如图 4 所示的刀片组件 Z_1 结构图中，刀架 12 中间开有矩形孔，其侧面 d_3 和 d_4 是轴承接触面。每组刀片组件上刀片的刀口 d_1 均为线边缘，在扫描过程中利用刀口 d_1 进行拦光，刀片面 d_2 为相邻刀片间的配合面，采用斜面以避免刀口扫描过程中在配合面处滤光。刀架侧面 d_3 和 d_4 与刀口 d_1 以及上导轨 11 的导向之间均相互平行。

[0031] 由以上各元部件的连接关系可以看出，下导轨 15 导向与直线电机驱动方向和光栅尺测量方向保持一致，因此刀口 d_1 可在此方向进行闭环控制运动，此方向也为刀片组件 Z_1 的刀口扫描方向；上导轨 11 与下导轨 15 的导向相互垂直，因此刀片 13 不仅能在刀口扫描方向上进行运动，也能在另一维正交的非扫描方向上具有运动自由度。

[0032] 如图 1 所示，刀片组件 Z_1、Z_2、Z_3、Z_4 具有完全相同的结构，且四个刀片组件按旋转对称方式集成在 X、Y 两个方向上，每个方向各布置两个刀口。考虑到刀片组件的加工装配误差，集成后的相邻刀口间不一定成垂直关系，并且四个刀口也可能不共面，因此需要对每个刀片分别进行微调。每组刀片直接通过各自的微调机构 Z c，可以实现绕 X 向和 Y 向的旋转以及沿光轴方向的平移，再利用每个刀片组件整体绕光轴方向进行旋转以及沿 X 向和 Y 向进行平移，则每个刀片都能对 6 自由度进行调节，最终可使相邻刀口之间均成正交关系，并将四个刀口都调整到与光轴垂直的同一个平面上，实现刀口的共面，此时四个刀口中间形成的开口即为扫描曝光区域。

[0033] 完成四组刀片组件的刀片调整后，利用限位连接件 L_1、L_2、L_3、L_4 对相邻组件的刀架进行紧连。以限位连接件 L_1 为例，其一端与刀片组件 Z_1 上的刀架 12 固定连接，另外一端布置两个偏心轴承 L_{1a} 和 L_{1b}，分别位于相邻刀片组件 Z_4 的刀架的两侧面，通过两个轴承间的预紧力对刀片组件 Z_4 的刀架进行夹紧，此时刀片组件 Z_1 上的刀架通过两个轴承沿着刀片组件 Z_4 的刀架的两侧面进行相对运动。当同时转动偏心轴承 L_{1a} 和 L_{1b} 时，可以对刀片组件 Z_1 和 Z_4 上两刀片的配合面间距进行微调，然后利用顶丝 L_{1c} 和 L_{1d} 分别对两偏心轴承进行锁紧。通过限位连接件 L_1 的衔接作用，将相邻刀片组件 Z_1 和 Z_4 上两刀架的纯刚性连接转换为通过运动副进行连接，这样保证两相邻刀片之间，在一个方向上相互约束，另一个方向上可以相对运动。如当刀片组件 Z_4 的刀口进行扫描运动时，刀片组件 Z_1 上刀片也配合进行同方向运动。

[0034] 按照相同的步骤，分别完成限位连接件 L_2、L_3、L_4 的安装后，四个刀片组件 Z_1、Z_2、Z_3、Z_4 形成一个结构耦合整体。如图 1 所示，Z_1、Z_3 两个刀片组件的刀口扫描方向同为 X 向，Z_2、Z_4 两个刀片组件的刀口扫描方向同为 Y 向。假设光刻机扫描方向为 X 向，则刀片组件 Z_2 的刀片与刀片组件 Z_1 的刀片同步运动，刀片组件 Z_4 的刀片与刀片组件 Z_3 的刀片同步运动，刀片组件 Z_2 的刀口与刀片组件 Z_4 刀口在 Y 向上可以形成任意的开口。假设光刻机扫描方向

为 Y 向，则刀片组件 Z_3 的刀片与刀片组件 Z_2 的刀片同步运动，刀片组件 Z_1 的刀片与刀片组件 Z_4 的刀片同步运动，且刀片组件 Z_3 的刀口与刀片组件 Z_1 刀口在 X 向上可以形成任意的开口。由此可知，在刀口面上的最大行程内，四个刀口能实现任意范围的二维扫描，且无论在何种扫描方式下，整个扫描过程中四刀口始终在同一平面内。

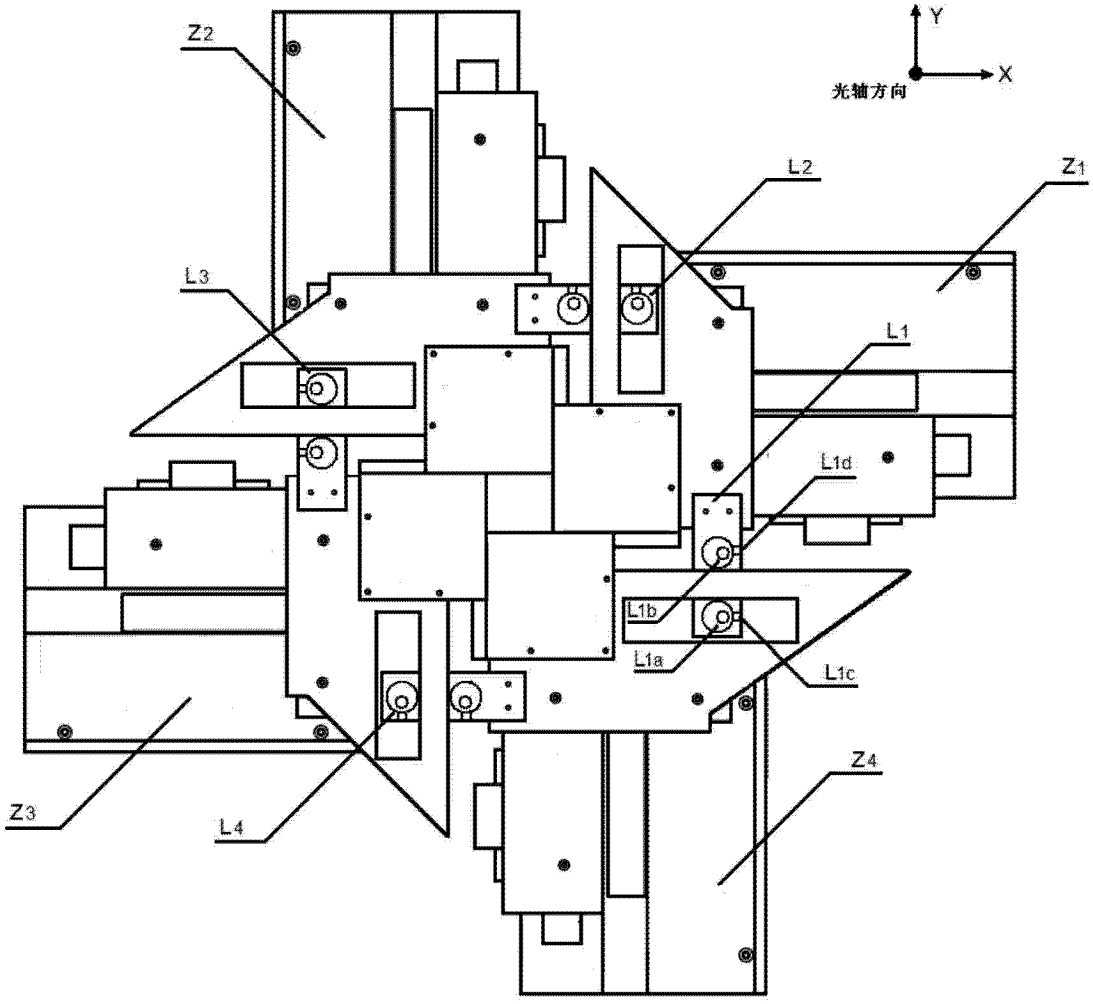


图 1

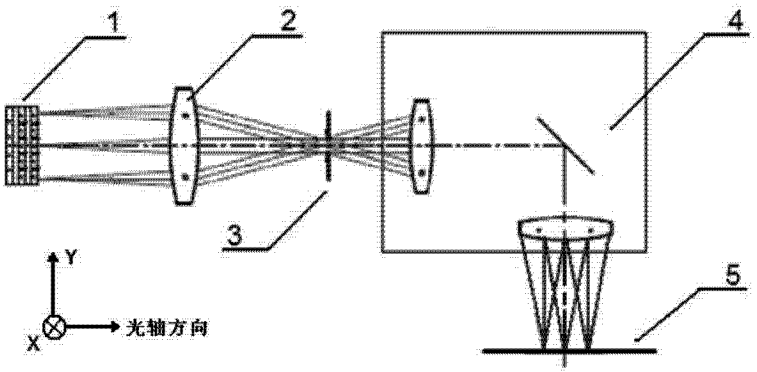


图 2

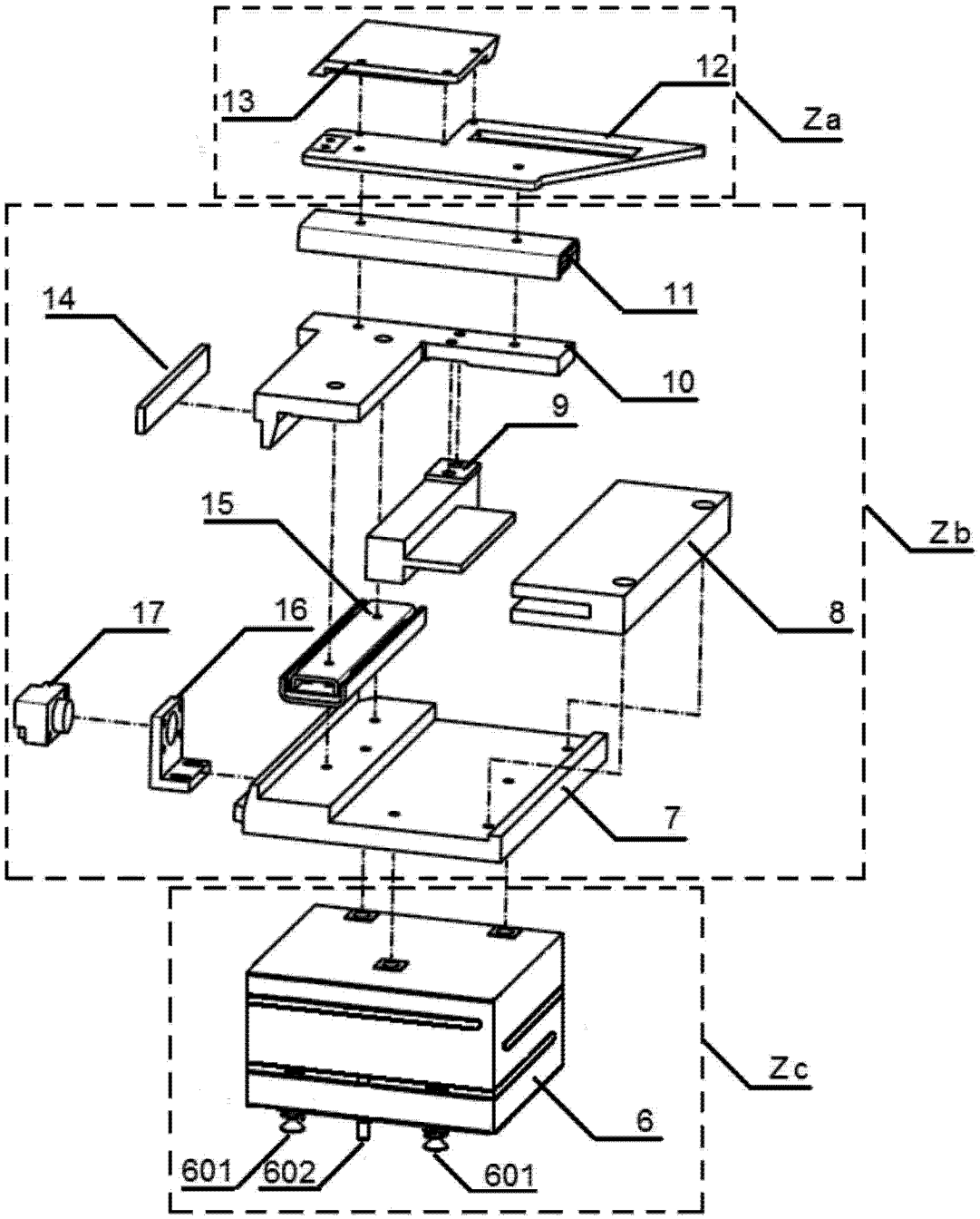


图 3

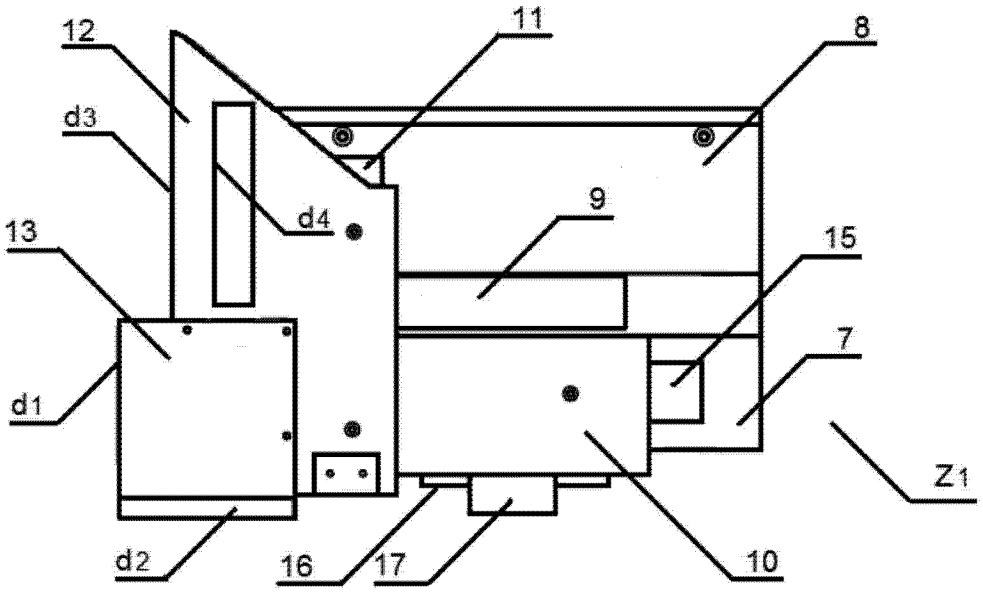


图 4