



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102540751 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201010619056. 7

(22) 申请日 2010. 12. 28

(71) 申请人 上海微电子装备有限公司

地址 201203 上海市浦东区张江高科技园区
张东路 1525 号

(72) 发明人 舒建伟 刘国淦

(74) 专利代理机构 北京连和连知识产权代理有
限公司 11278

代理人 王光辉

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006. 01)

G03F 9/00 (2006. 01)

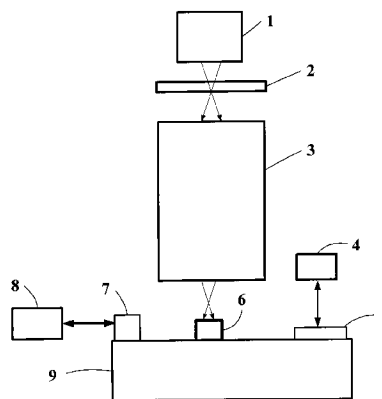
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种检测投影物镜畸变和场曲的方法

(57) 摘要

本发明一种检测装置,用于检测光刻机投影物镜的畸变和场曲,包括:一针孔掩模;一波前传感器,用于接收所述针孔掩模的像,测量针孔像点的波前倾斜量以及波前曲率半径;以及一干涉仪测量组件,用于测量工件台在 X、Y、Z 方向的位置。通过波前传感器测量像点相对于该传感器自身参考点的对准偏差,同时用干涉仪测量该传感器的位移大小,从而最终获得各像点的相对位置关系,拟合出畸变并计算物镜的像面场曲。



1. 一种检测装置,用于检测光刻机投影物镜的畸变和场曲,其特征在于包括:一针孔掩模,设置有一针孔阵列,用于将透过所述每一个针孔的光波,在物镜折射后,形成对应的像点;

一波前传感器,设置在工件台上,通过测定所述像点的波前倾斜和波前曲率,及工件台的移动,来得到所述像点的位置移动工件台将自身的参考点与像点对准;以及

一干涉仪测量组件,用于测量工件台在检测过程中在 X、Y、Z 方向的位移。

2. 如权利要求 1 所述的检测装置,其特征在于所述针孔掩模的针孔形状为方形,尺寸大于物镜的成像极限。

3. 如权利要求 1 所述的检测装置,其特征在于所述针孔透射的光波为球面波。

4. 如权利要求 3 所述的检测装置,其特征在于所述针孔处于所述球面波的球心位置。

5. 如权利要求 1 所述的检测装置,其特征在于所述波前传感器设置有参考点,利用所述参考点,移动工件台将所述参考点与所述像点对准,确定所述像点的波前倾斜和波前曲率。

6. 一种检测光刻机投影物镜的畸变和场曲的方法,其特征在于包括如下步骤:

Step1:移动照明镜头依次点亮各针孔,然后移动波前传感器依次对准掩模针孔的每个像点;

Step2:当波前传感器对准一个像点后,记录其测得的波前倾斜量 $\Delta \theta_x$ 和 $\Delta \theta_y$ 以及波前曲率半径 R,同时记录三个方向的干涉仪数据 IF_x 、 IF_y 、 IF_z ;

Step3:根据 Step2 中记录的波前传感器和干涉仪数据,计算出每个像点的精确位置,然后拟合出畸变并计算物镜的像面场曲。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于:在 Step1 中,在点亮所述各个针孔之前,通过依次照亮视场角点上的针孔掩模的四个针孔,移动工件台使波前传感器的参考点与四个角点针孔的像点依次对准,记录照明移动台和工件台的位置并据此推算出所有针孔和像点的对应位置,根据所述对应位置,依次点亮各针孔。

8. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于:在 Step2 中,包括

Step2.1:所述波前传感器设置在工件台上,通过驱动工件台使所述波前传感器与所述针孔的像点进行对准;

Step2.2:记录所述波前传感器测得的波前倾斜量 $\Delta \theta_x$ 和 $\Delta \theta_y$ 以及波前曲率半径 R,同时记录干涉仪测量所述工件台的位移,获得工件台 x, y, 及 z 方向的位移数据 IF_x 、 IF_y 、 IF_z 。

9. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于像点 P 的位置坐标 (x_p, y_p, z_p) 可表示为:

$$\begin{cases} x_p = IF_x - f \cdot \Delta \theta_x \\ y_p = IF_y - f \cdot \Delta \theta_y \\ z_p = IF_z - f \cdot \Delta \theta_z \end{cases}$$

其中:f 为准直镜头的有效焦距; $\Delta \theta_x$ 和 $\Delta \theta_y$ 为波前倾斜量;R 为波前曲率半径; IF_x 、 IF_y 、 IF_z 为三个方向的干涉仪数据。

一种检测投影物镜畸变和场曲的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光刻技术领域,特别是一种检测光刻机投影物镜畸变和场曲的方法。

背景技术

[0002] 光刻投影物镜的畸变是影响套刻精度的重要指标,在物镜的装调和使用过程中都需要对其进行检测和优化调整。现通常使用具有套刻图形的掩模对覆盖有光刻胶的晶圆进行多次曝光,然后依据曝光后的图形来得到投影物镜的畸变。在美国文献 Analysis of image fieldplacement deviations of a 5×microlithographic reduction lens, D. MacMillen, et. Al., SPIE Vol. 334, 78 :89, 1982 中介绍了一种通过曝光来检测投影物镜畸变的方法。如图 1 所示,首先制作一块图形标记掩模,其中大图形标记 (BIG BOX B) 等间距地布满整个视场并形成一阵列 (比如 9×9 的阵列),且标记的间距事先通过高精度检测仪器标定出来;在掩模的中心制作一个小图形标记 (SMALL BOX A) 用于套刻。曝光时先通过一次整场曝光将所有 9×9 个大图形标记曝到光刻胶上,显然光刻胶上这些图形的间距受到物镜畸变的影响。接着,通过调整照明狭缝使得只有掩模中心的小图形标记接受光照。然后在高精度干涉仪的监测下等间距地移动硅片台,通过 9×9 次曝光将小图形标记依次曝光到前面曝好的 9×9 个大图形中,如图 2 所示,这样最终在光刻胶上形成 9×9 小图形阵列套刻在 9×9 大图形阵列中的分布。由于 9×9 个小图形是等间隔排列,而大图形标记阵列的排列位置受物镜畸变的影响,所以每个套刻图形处大标记和小标记的套刻偏移量就直接反映了此处的畸变大小,套刻偏移量可以通过电子扫描显微镜测量出来。

[0003] 与上述文献中所述方法类似,美国专利 US6573986 也公开了一种用曝光和套刻标记来检测畸变的方法,区别在于该方法只需进行 3 次曝光就实现了 X 和 Y 方向的两种套刻,然后通过检测套刻偏移量来获得畸变随视场的变化趋势而不是直接获得畸变值。假定物镜的畸变主要由三阶和五阶畸变组成 (一般情况下是这样),如果获得了畸变随视场位置的变化趋势,我们就可以拟合出三阶和五阶畸变的系数,于是最终获得畸变大小。

[0004] 以上的两种畸变检测方法都采用曝光方式形成标记的套刻,然后对套刻标记之间的位置偏差进行检测,所需设备复杂而昂贵,而且这些方法不能同时对物镜的场曲进行测量。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提出一种降低畸变检测的成本,简化畸变检测的过程,不需要进行曝光和标记图形的检测,并且可以同时在场曲进行测量的检测方法。

[0006] 本发明的目的是这样实现的。一种检测装置,用于检测光刻机投影物镜的畸变和场曲,包括:

[0007] 一针孔掩模,设置有一针孔阵列,用于将透过所述每一个针孔的光波,在物镜折射后,形成对应的像点;

[0008] 一波前传感器,设置在工件台上,通过测定所述像点的波前倾斜和波前曲率,及工

件台的移动,来得到所述像点的位置移动工件台将自身的参考点与像点对准;以及

[0009] 一干涉仪测量组件,用于测量工件台在检测过程中在 X、Y、Z 方向的位移。

[0010] 其中,所述针孔掩模的针孔形状为方形,尺寸大于物镜的成像极限。

[0011] 其中,所述针孔透射的光波为球面波,所述针孔处于所述球面波的球心位置。

[0012] 其中,所述波前传感器设置有参考点,利用所述参考点,移动工件台将自身的参考点与像点对准,确定所述像点的波前倾斜和波前曲率。

[0013] 一种检测光刻机投影物镜的畸变和场曲的方法,包括如下步骤:

[0014] Step1:移动照明镜头依次点亮各针孔,然后移动波前传感器依次对准掩模针孔的每个像点;

[0015] Step2:当波前传感器对准一个像点后,记录其测得的波前倾斜量 $\Delta \theta_x$ 和 $\Delta \theta_y$ 以及波前曲率半径 R,同时记录三个方向的干涉仪数据 IF_x 、 IF_y 、 IF_z ;

[0016] Step3:根据 Step2 中记录的波前传感器和干涉仪数据,计算出每个像点的精确位置,然后拟合出畸变并计算物镜的像面场曲。

[0017] 其中,在 Step1 中,在点亮所述各个针孔之前,通过依次照亮视场角点上的针孔掩模的四个针孔,移动工件台使波前传感器的参考点与四个角点针孔的像点依次对准,记录照明移动台和工件台的位置并据此推算出所有针孔和像点的对应位置,根据所述对应位置,依次点亮各针孔。

[0018] 其中,在 Step2 中,包括

[0019] Step2.1:所述波前传感器设置在工件台上,通过驱动工件台使所述波前传感器与所述针孔的像点进行对准;

[0020] Step2.2:记录所述波前传感器测得的波前倾斜量 $\Delta \theta_x$ 和 $\Delta \theta_y$ 以及波前曲率半径 R,同时记录干涉仪测量所述工件台的位移,获得工件台 x, y, 及 z 方向的位移数据 IF_x 、 IF_y 、 IF_z 。

[0021] 其中,像点 P 的位置坐标 (x_p, y_p, z_p) 可表示为:

$$[0022] \begin{cases} x_p = IF_x - f \cdot \Delta \theta_x \\ y_p = IF_y - f \cdot \Delta \theta_y \\ z_p = IF_z - f \cdot \Delta \theta_z \end{cases}$$

[0023] 其中:f 为准直镜头的有效焦距; $\Delta \theta_x$ 和 $\Delta \theta_y$ 为波前倾斜量;R 为波前曲率半径; IF_x 、 IF_y 、 IF_z 为三个方向的干涉仪数据。

[0024] 本发明的检测投影物镜畸变和场曲的方法,可以不需要曝光,省去了曝光时所需的照明系统、调焦调平和对准系统等装置,而且波前传感器能直接检测出空间像的相对位置信息,所以整个检测过程大大简化,测试效率高。同时可以检测物镜的场曲。

附图说明

[0025] 关于本发明的优点与精神可以通过以下的发明详述及所附图式得到进一步的了解。

[0026] 图 1 所示为现有技术中针孔掩模上大小测试标记的形状和布局示意图;

[0027] 图 2 所示为现有技术中曝光后光刻胶上大小标记图形套刻示意图;

[0028] 图 3 所示为本发明检测装置总体结构示意图;

- [0029] 图 4 所示为本发明检测装置中的针孔掩模结构图；
- [0030] 图 5a 所示为本发明检测装置中针孔像点与波前传感器参考点存在垂向偏离示意图；
- [0031] 图 5b 所示为本发明检测装置中针孔像点与波前传感器参考点存在横向偏离示意图；
- [0032] 图 6 所示为本发明检测方法流程图。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图详细说明本发明的具体实施例。

[0034] 本发明涉及一种投影物镜畸变和场曲的检测系统,该系统的总体结构如图 3 所示。照明镜头 1 将一定数值孔径 (NA) 的光波会聚在测试掩模 2 上,该掩模上分布了一个针孔阵列 (图中所示为 9×9 阵列),如图 4 所示。这些针孔的形状为方形,尺寸略大于物镜的成像极限 (特征尺寸),针孔的孔距已经事先通过精密测试设备进行了标定。当这些小孔被照明时,从小孔透射的光波近似理想球面波,而小孔则处于波面的球心位置。透过小孔的球面波被物镜 3 折射并最终会聚在像面上形成一个像点,而像点的光波被工件台 9 上的波前传感器 6 所接收。波前传感器头部加装有一个准直镜头 11,当像点处于该镜头的焦点 P_0 上时 (该点也是波前传感器标定时参考点),入射的发散波前将被准直为平行光然后垂直入射到波前探测元件 12 上。如果像点与波前传感器参考点存在垂向偏差,如图 5a 所示,像点处于 P_1 位置,此时透过镜头 11 的光波将不再是平行光,而是一个发散或会聚的球面波。如果 P_1 与 P_0 之间的偏差 Δz 非常小 (此时 P_1 和 P_0 点大致对准),则透射的球面波的曲率半径 R 非常大 (即波前接近平面波),两者存在如下的近似关系:

$$[0035] \quad \Delta z = -f^2/R$$

[0036] 其中 f 为准直镜头的有效焦距;当球面波为会聚波时 R 取负值,为发散波时取正值。波前的曲率半径 R 可以由波前传感器内部的波前探测元件 12 直接探测出,所以我们可以很方便的获得被测像点与波前传感器参考点的垂向偏差大小。

[0037] 另一方面,当像点与参考点 P_0 存在水平向偏差 Δx (或 Δy) 时,如图 5b 所示,像点的波前被准直后将不会垂直于波前探测元件 12 入射,而是以一定的倾斜角 $\Delta \theta_x$ 入射, Δx 与 $\Delta \theta_x$ 存在如下近似关系:

$$[0038] \quad \Delta x = -f \cdot \Delta \theta_x$$

[0039] 波前的倾斜角 $\Delta \theta_x$ 也可以由波前探测元件 12 直接探测出来,所以我们可以很方便的获得被测像点与波前传感器参考点的水平向位置偏差。

[0040] 每当某个针孔被照亮时,像面上都会出现对应的像点 P 。我们首先移动工件台使波前传感器的参考点与被测像点大致对准,然后记录波前传感器测得的波前曲率半径 R 和波前倾斜角 $\Delta \theta_x$ 、 $\Delta \theta_y$,这样就可以得到像点与波前传感器参考点的位置偏差,此时只要知道波前传感器参考点的位置,即可获得像点位置信息。由于波前传感器参考点随工件台一起移动,所以只需测出工件台的位移量即可。如图 3 所示,我们用三个干涉仪来实现工件台的位置测量。其中 Z 向干涉仪 4 用于测量工件台的 Z 向位移,水平向 (X 或 Y) 干涉仪 8 用于测量工件台水平向位移,而 5 和 7 分别为它们所对应的反射镜 (与工件台相对固定)。设干涉仪测得的工件台位置为 IF_x 、 IF_y 、 IF_z (工件台相对于其零位的位移),于是像点

P 的位置坐标 (x_p, y_p, z_p) 可表示为：

$$[0041] \quad \begin{cases} x_p = IF_x - f \cdot \Delta\theta_x \\ y_p = IF_y - f \cdot \Delta\theta_y \\ z_p = IF_z - f \cdot \Delta\theta_z \end{cases}$$

[0042] 整个测试流程如图 6 所示,我们分成 4 个步骤加以说明：

[0043] Step1:驱动照明移动台使掩模上的会聚光点作横向扫描,依次找到视场四个角点处的针孔位置,然后移动工件台使波前传感器与四个角点的像点对准,记录照明移动台和工件台的位置。由于掩模上的针孔是等间隔排列的,所以只要获得四个角点的位置就可以推算出所有针孔的位置。由于物镜的畸变非常小(最多为 1~2 微米),所以根据像面上四个视场角的像点位置也可以推算出所有像点的大致位置,而这一位置精度对波前传感器来说足以保证测量精度；

[0044] Step2:使波前传感器大致对准每个像点。根据 Step1 得到的每个针孔和像点的位置,依次点亮各针孔,同时驱动工件台使波前传感器与这些针孔的像点大致对准；

[0045] Step3:精确获得每个像点的位置信息。记录波前传感器测得的波前倾斜量 $\Delta\theta_x$ 和 $\Delta\theta_y$ 以及波前曲率半径 R,同时记录三个方向的干涉仪数据 IF_x 、 IF_y 、 IF_z ；

[0046] Step4:根据 Step3 中记录的波前传感器和干涉仪数据,计算出每个像点的精确位置,然后拟合出畸变并计算物镜的像面场曲。

[0047] 可以多次重复 Step1~Step4,最后将各次测出的畸变和场曲测量值作平均,以减小测量误差。

[0048] 本说明书中所述的只是本发明的较佳具体实施例,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对本发明的限制。凡本领域技术人员依本发明的构思通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在本发明的范围之内。

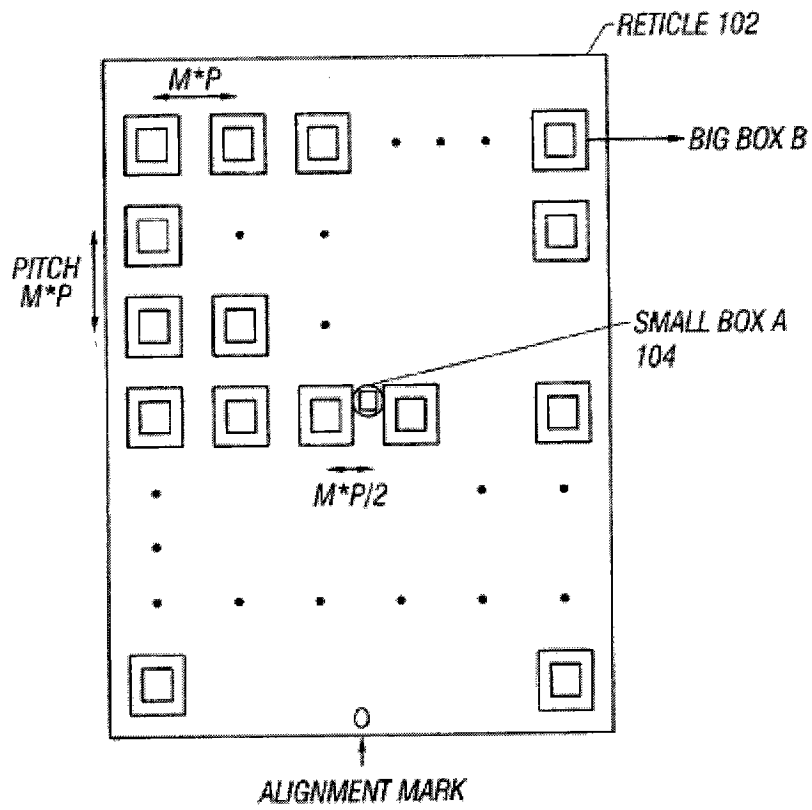


图 1

Overlapping regions

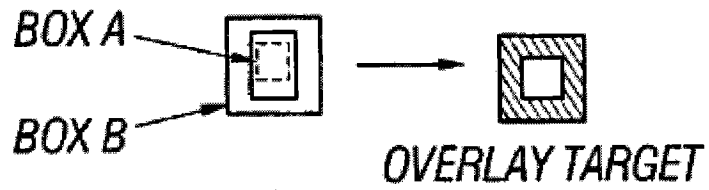


图 2

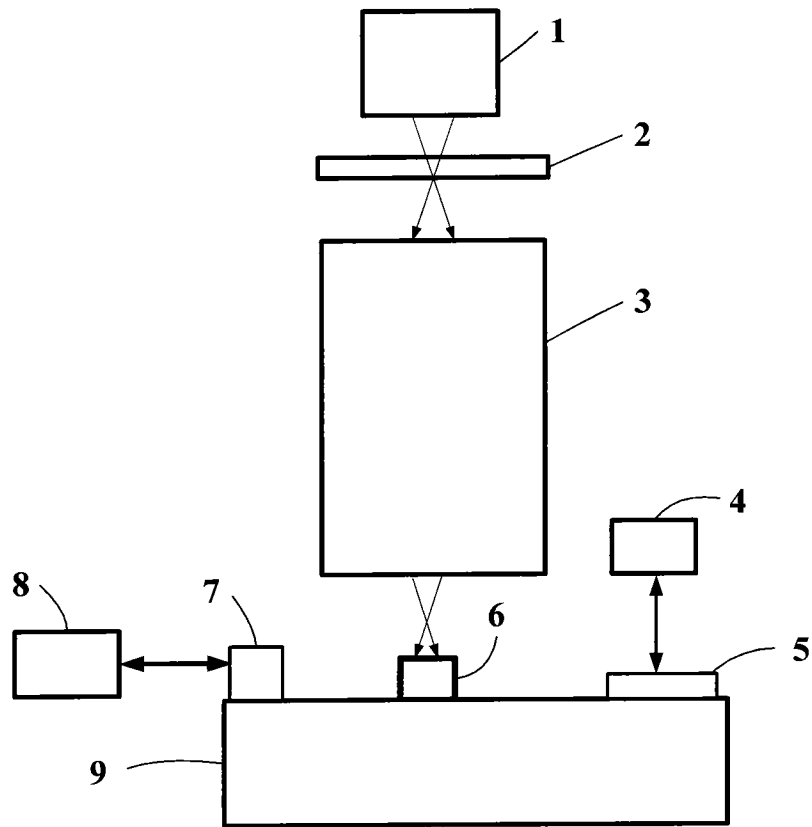


图 3

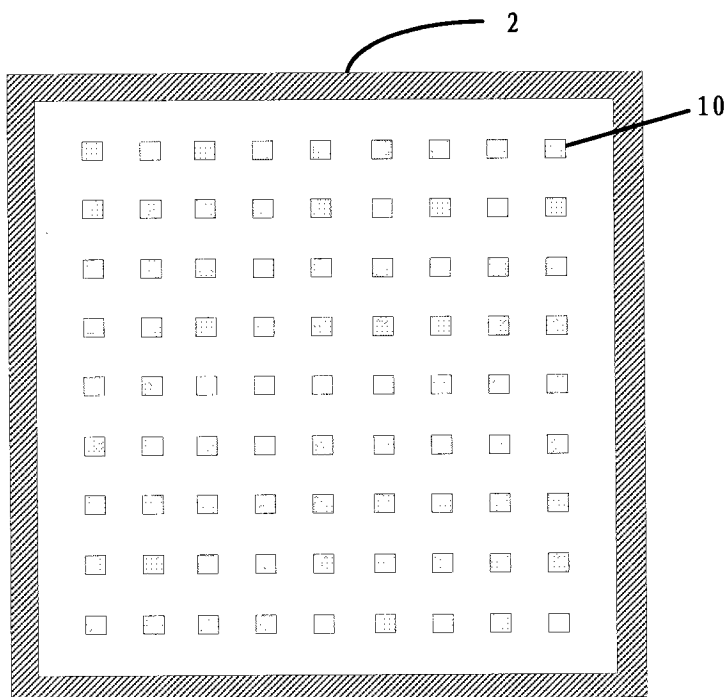


图 4

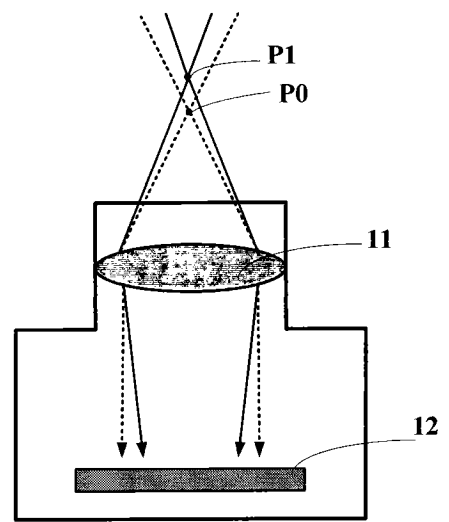


图 5a

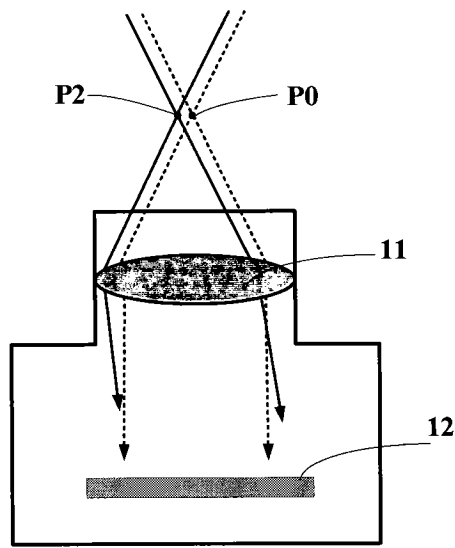


图 5b

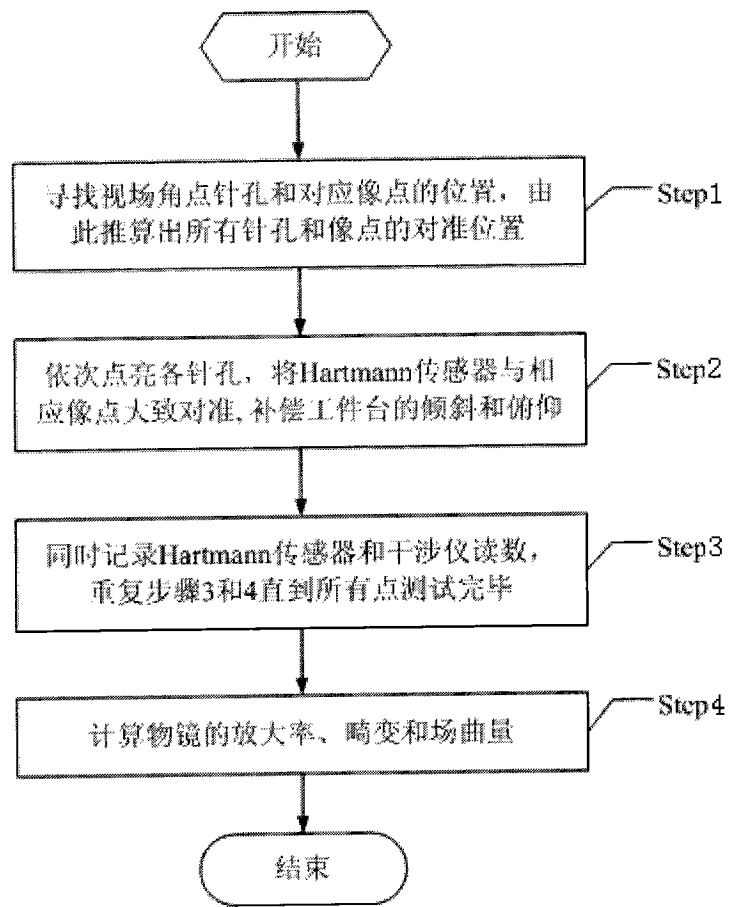


图 6