



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103543610 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201210240355. 9

US 6341029 B1, 2002. 01. 22, 全文 .

(22) 申请日 2012. 07. 12

US 6433872 B1, 2002. 08. 13, 全文 .

(73) 专利权人 上海微电子装备有限公司

审查员 王大伟

地址 201203 上海市浦东新区张江高科技园
区张东路 1525 号

(72) 发明人 陈南曙

(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)

G01B 11/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101071279 A, 2007. 11. 14, 全文 .

CN 101101448 A, 2008. 01. 09, 全文 .

CN 101183222 A, 2008. 05. 21, 全文 .

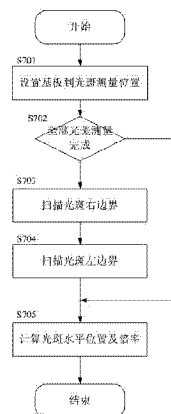
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种调焦调平光斑位置校准方法

(57) 摘要

本发明公开一种调焦调平光斑位置校准方法,其特征在于,包括:(a) 将一光源经狭缝后在基板上形成测量光斑;(b) 移动所述基板至所述测量光斑位置处;(c) 扫描所述测量光斑的左右两侧边界,探测所述测量光斑经所述基板反射后的信号,获得所述测量光斑的水平位置及放大倍率;(d) 使所述测量光斑在所述基板内侧的边缘步进运动;(e) 探测所述测量光斑的实际高度值,根据所述实际高度和所述水平位置进行拟合运算,获得所述测量光斑的零位偏差。



1. 一种调焦调平光斑位置校准方法,其特征在于,包括:

(a) 将一光源经狭缝后在基板上形成测量光斑;

(b) 移动所述基板至所述测量光斑位置处;

(c) 扫描所述测量光斑的左右两侧边界,探测所述测量光斑经所述基板反射后的信号,获得所述测量光斑的水平位置及放大倍率;

(d) 使所述测量光斑在所述基板内侧的边缘步进运动;

(e) 探测所述测量光斑的实际高度值,根据所述实际高度和所述水平位置进行拟合运算,获得所述测量光斑的零位偏差。

2. 如权利要求 1 所述的调焦调平光斑位置校准方法,其特征在于,所述步骤(b)进一步包括:移动所述基板,使所述基板 X 向右侧边界与所述测量光斑 X 向右侧边界平行。

3. 如权利要求 1 所述的调焦调平光斑位置校准方法,其特征在于,所述步骤(c)中扫描所述测量光斑的左右两侧边界包括:分别对所述测量光斑的右边界和左边界进行扫描,扫描时按照二分法进行,每次步进的步长是上一次步长的一半,若两次光强测量值同时大于或者小于 99.9% 参考光强,则步进方向不变,否则步进方向反向。

4. 如权利要求 1 所述的调焦调平光斑位置校准方法,其特征在于,所述步骤(c)中所述测量光斑的水平位置为 $(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{y_1+y_2}{2})$, 其中 x_1 为 x 方向下左边界位置、 x_2 为右边界位置, y_1 为 y 方向下左边界位置、 y_2 为右边界位置。

5. 如权利要求 4 所述的调焦调平光斑位置校准方法,其特征在于,所述步骤(c)中 x 向放大倍率 M_x 为 $|x_1-x_2|/x$, 其中 $|x_1-x_2|$ 是所述测量光斑的 X 向实际长度, x 为所述测量光斑的名义长度; y 向放大倍率 M_y 为 $|y_1-y_2|/y$, 其中 $|y_1-y_2|$ 是所述测量光斑的 Y 向实际长度, y 为所述测量光斑的名义长度。

6. 如权利要求 4 所述的调焦调平光斑位置校准方法,其特征在于,所述步骤(e)中所述的拟合为采用最小二乘法拟合平面 $AX+BY+C=Z$, 即将所述实际高度值 Z_i 和所述水平位置 (X_i, Y_i) 代入所述拟合平面:

$$\begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ \dots & & \\ X_n & Y_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \dots \\ Z_n \end{bmatrix}, \text{得到拟合系数 A、B 和 C};$$

将所述测量光斑的水平位置再次代入到所述拟合平面 $AX+BY+C=Z$ 中,求得拟合高度值;

将所述拟合高度值与所述实际高度值相减,获得所述测量光斑的零位偏差。

一种调焦调平光斑位置校准方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种集成电路装备制造领域，尤其涉及一种用于光刻设备的调焦调平光斑位置校准方法。

背景技术

[0002] 光刻技术或称光学刻蚀术，已经被广泛应用于集成电路制造工艺中。该技术通过光学投影装置曝光，将设计的掩模图形转移到光刻胶上。“掩模”和“光刻胶”的概念在光刻工艺中是公知的；掩模也称光掩模版，是薄膜、塑料或玻璃等材料的基底上刻有精确定位的各种功能图形的一种模版，用于对光刻胶层的选择性曝光；光刻胶是由光敏化合物、基体树脂和有机溶剂等混合而成的胶状液体，受到特定波长光线作用后，其化学结构发生变化，使得在某种溶液中的溶解特性改变。

[0003] 随着集成电路制造的发展，集成度正逐渐增加。对光刻工艺中线宽要求逐渐减小，这也就是要求投影物镜能有较大的分辨力。分辨力的提高可通过增大光刻物镜数值孔径和缩短曝光波长实现，然而为了提高分辨力总是以牺牲焦深 DOF 为代价的。如果实际焦深达不到微电子生产工艺所要求的焦深容差，将严重影响集成电路生产的成品率。因此，作为一种能测量硅片上表面高度的系统，精确的调焦调平对集成电路生产中运用到的投影式光刻有着十分重要的意义。

[0004] 如专利 CN200710172260.7 及 CN201010619282.5 中所示，现有测量方法依靠在不同倾斜下光斑实际高度与期望位置间的偏差，拟合计算得到结果。该方法受到工件台倾斜范围影响，在较小的倾斜设定值下不能够精确测量到光斑的水平位置，而且测量值不包含光斑倍率的数值。现有光斑零位偏差测量方法为相对单个光斑的测量偏差值，受到单个光斑测量精度影响，而且实际调焦调平系统在量产过程中，向系统提供的测量值为多个光斑拟合的垂向平面结果。

发明内容

[0005] 为了克服现有技术中存在的缺陷，本发明提供一种用于光刻设备的调焦调平光斑位置校准方法，该方法能有效测量光斑水平位置、光斑放大倍率，以及校准零位偏差。

[0006] 为了实现上述发明目的，本发明公开一种调焦调平光斑位置校准方法，其特征在于，包括：(a) 将一光源经狭缝后在基板上形成测量光斑；(b) 移动所述基板至所述测量光斑位置处；(c) 扫描所述测量光斑的左右两侧边界，探测所述测量光斑经所述基板反射后的信号，获得所述测量光斑的水平位置及放大倍率；(d) 使所述测量光斑在所述基板内侧的边缘步进运动；(e) 探测所述测量光斑的实际高度值，根据所述实际高度和所述水平位置进行拟合运算，获得所述测量光斑的零位偏差。

[0007] 更进一步地，该步骤(b)进一步包括：移动该基板，使该基板 X 向右侧边界与该测量光斑 X 向右侧边界平行。

[0008] 更进一步地，该步骤(c)中扫描所述测量光斑的左右两侧边界包括：分别

对所述测量光斑的右边界和左边界进行扫描,扫描时按照二分法进行,每次步进的步长是上一次步长的一半,若两次光强测量值同时大于或者小于 99.9% 参考光强,则步进方向不变,否则步进方向反向。步骤(c)中所述测量光斑的水平位置为 $(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{y_1+y_2}{2})$, 其中 x_1 为 x 方向下左边界位置、 x_2 为右边界位置, y_1 为 y 方向下左边界位置、 y_2 为右边界位置。该步骤(c)中 x 向放大倍率 M_x 为 $|x_1-x_2|/x$, 其中 $|x_1-x_2|$ 是该测量光斑的 X 向实际长度, x 为该测量光斑的名义长度; y 向放大倍率 M_y 为 $|y_1-y_2|/y$, 其中 $|y_1-y_2|$ 是该测量光斑的 Y 向实际长度, y 为该测量光斑的名义长度。

[0009] 更进一步地,该步骤(e)中所述的拟合为采用最小二乘法拟合平面 $AX+BY+C=Z$, 即将所述实际高度值 Z_i 和所述水平位置 (X_i, Y_i) 代入所述拟合平面:

$$[0010] \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ X_n & Y_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \dots \\ Z_n \end{bmatrix}, \text{得到拟合系数 A、B 和 C};$$

[0011] 将所述测量光斑的水平位置再次代入到所述拟合平面 $AX+BY+C=Z$ 中,求得拟合高度值;

[0012] 将所述拟合高度值与所述实际高度值相减,获得所述测量光斑的零位偏差。

[0013] 与现有技术相比较,本发明所提供的用于光刻设备的调焦调平光斑位置校准方法将光斑水平位置、倍率、零位误差这三个量解耦。相比现有技术,在执行光斑水平位置测校时,不仅测量光斑水平位置,而且能测量光斑放大倍率,消除由光路引起的倍率误差。同时,该测校方法还包含了对零位偏差的校准。本发明相比现有发明,在保证精度的前提下,能够校准更多的光斑位置相关机器常数。

附图说明

[0014] 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。

[0015] 图 1 是本发明所涉及的光电式调焦调平装置的结构示意图;

[0016] 图 2 是本发明所涉及的光电式调焦调平装置的光斑分布结构示意图;

[0017] 图 3 是因调焦调平光斑水平位置偏差所造成垂向测量偏差的结构示意图;

[0018] 图 4 是调焦调平系统光斑边界扫描的结构示意图之一;

[0019] 图 5 是调焦调平系统光斑边界扫描的结构示意图之二;

[0020] 图 6 是对光斑零位偏差校准测量位置的结构示意图;

[0021] 图 7 是本发明所涉及调焦调平光斑位置校准方法的计算光斑水平位置及倍率的流程图;

[0022] 图 8 是本发明所涉及调焦调平光斑位置校准方法的计算光斑零位偏差的流程图。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图详细说明本发明的一种具体实施例的用于光刻设备的调焦调平光斑位置校准方法。然而,应当将本发明理解成并不局限于以下描述的这种实施方式,并且本发明的技术理念可以与其他公知技术或功能与那些公知技术相同的其他技术组合实施。

[0024] 在以下描述中,为了清楚展示本发明的结构及工作方式,将借助诸多方向性词语进行描述,但是应当将“前”、“后”、“左”、“右”、“外”、“内”、“向外”、“向内”、“上”、“下”等词语理解为方便用语,而不应当理解为限定性词语。此外,在以下描述中所使用的“X向”一词主要指与水平向平行的方向;“Y向”一词主要指与水平向平行,且与X向垂直的方向;“Z向”一词主要指与水平向垂直,且与X、Y向均垂直的方向。

[0025] 现有技术所使用的光斑零位偏差测量方法为相对单个光斑的测量偏差值,受到单个光斑测量精度影响,而且实际调焦调平系统在量产过程中,向系统提供的测量值为多个光斑拟合的垂向平面结果。

[0026] 如图1中所示,图1是本发明所涉及的光电式调焦调平装置的结构示意图。该光电式调焦调平装置通常应用于投影光刻机中,所述投影光刻机将掩模上的图案经投影物镜成像在由工件台承载的基板上,而调焦调平系统需要将基板调整到合适的水平及垂向位置。调焦调平装置通常包括一光源7。光源7发出的光束依次经过一透镜6和狭缝5以及透镜4后,被投射至基板8上,形成一测量光斑。测量光斑9在基板8上的大致形状如图2中所示。测量光斑9经基板8反射后经过一透镜3被光电探测器2探测。光电探测器2将根据所接收到的光强大小或调制信号输出相应的电压,然后将该值转换为硅片面高度值。

[0027] 由于调焦调平系统存在机械安装误差与长期漂移,各组光斑的零位相对绝对水平面或工件台零面的高度不一样。当调焦调平系统采用其中某个光斑进行测量时,调焦调平系统的零平面为 $\Delta 1$,而当调焦调平系统采用其它光斑进行测量时,调焦调平系统的零平面又变成 $\Delta 2$ 。这意味着调焦调平系统可能存在若干个零平面基准,不利于调焦调平系统对硅片高度的测量。基于相同的机械安装等原因,调焦调平光斑水平中心与理论位置也存在偏移。如图3所示,图3是因调焦调平光斑水平位置偏差所造成垂向测量偏差的结构示意图,光斑水平位置误差也会造成垂向测量误差。

[0028] 本发明旨在提出一种较现有光斑位置测校方法的改进,将光斑水平位置、倍率、零位误差这三个量解耦。相比现有技术,在执行光斑水平位置测校时,不仅测量光斑水平位置,而且能测量光斑放大倍率,消除由光路引起的倍率误差。同时,该测校方法还包含了对零位偏差的校准。

[0029] 本发明提供一种调焦调平光斑位置的测量方法,应用于投影光刻机的调平调焦系统中,该方法包括:将一光源经狭缝后在基板上形成测量光斑;移动所述基板至所述测量光斑位置处;扫描所述测量光斑的左右两侧边界,探测所述测量光斑经所述基板反射后的信号,获得所述测量光斑的水平位置及放大倍率;使所述测量光斑在所述基板的边缘步进运动;探测所述测量光斑的拟合高度、倾斜、单点高度数据,根据所述数据进行拟合运算,获得所述测量光斑的零位偏差。

[0030] 以下将结合流程图7、8,详细说明如何利用本发明所公开的方法对光斑位置进行校准。在对测量光斑进行校准的过程中,分别测量光斑水平位置、倍率、零位误差。

[0031] 图7是本发明所涉及的调焦调平光斑位置校准方法的计算光斑水平位置及倍率

的流程图。如图 7 中所示, S701 利用工件台内部传感器进行闭环控制, 将对准基准板移动到所需测量的光斑位置附近(基准板 x 向右侧边界与光斑 x 向右侧边界平行的位置)。

[0032] S702 判断全部光斑是否测量完成, 若测量未完成, 需要依次扫描全部光斑的右边界 S703, 及扫描全部光斑的左边界 S704。

[0033] 完成全部光斑测量后即可进入 S705 计算光斑水平位置及倍率。

[0034] 在扫描光斑左右边界时, 先如图 4 中所示, 用边界扫描方法搜索测量光斑右侧边界。扫描过程中按照二分法进行明暗转换位置查找, 每次步进的步长是上一次步长的一半, 方向由当次光强测量值, 前次光强测量值与 99.9% 光强(99.9% 据接收端光电探测器分辨率定)的关系决定, 若两次光强测量值同时大于或者小于 99.9% 参考光强, 则步进方向不变, 否则步进方向反向。如图 5 扫描次序依次是 STEP0——>STEP1——>STEP2——>STEP3——>STEP4。扫描目的: 准确找到光斑区域边界指定光强变化的位置。步进距离: 每次的步进步长是上一次步长的一半。3、由此可找到光斑在 x 方向下左右边界的位置, 设左边界位置为 x_1 , 右边界位置为 x_2 , 则光斑中心在工件台坐标系下 x 位置为 $\frac{x_1+x_2}{2}$ 。同理可得, y 方向

下光斑中心位置为 $\frac{y_1+y_2}{2}$ 。

[0035] 所求光斑水平位置为 $(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{y_1+y_2}{2})$ 。如光斑 x 向宽度为 2mm, 则该方法定位误差最大为 4 μ m, 能够满足指标要求的位置测量精度在 x, y 方向均优于 ± 0.1 mm。而且该方法测得的光斑 x 向长度为 $|x_1-x_2|$, 该数值与名义光斑 x 向的长度相比, 即可求得该光斑 x 向倍率 M_x 。同理可得, y 方向倍率 M_y 。该倍率与名义值之间的偏差, 即投影光路造成的光斑成像误差, 依据该测量方法也可用于确定探测器前狭缝尺寸。

[0036] 本发明提供的调焦调平光斑位置的测量方法, 在确定光斑水平位置的同时, 还可以校准光斑间的零位偏差。如测量对象采用基板, 如图 6 当光斑开始在向基板边缘步进运动, 4 个光斑均 100% 落在基板上时, 光斑间零位偏差测量方法包括以下步骤, 参见流程图如图 8。图 8 是本发明所涉及的调焦调平光斑位置校准方法的计算光斑零位偏差的流程图。

[0037] 如图 8 中所示, S801 设置基板到测量位置, 使得被测基板位于 FLS 的有效视场和有效量程内。

[0038] S802 探测每个光斑实际高度值 Z_i 。

[0039] S803 运用最小二乘法进行拟合运算。

[0040] 将 4 个光斑的实际高度 Z_i 和前述求得的水平位置 (X_i, Y_i) 代入拟合平面 $AX+BY+C=Z$:

$$[0041] \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \\ X_4 & Y_4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ Z_4 \end{bmatrix},$$

[0042] 得到拟合系数 A、B 和 C, 其中 $A=-R_y$, $B=R_x$, R_y 和 R_x 为倾斜值;

[0043] 再将 4 个测量光斑的水平位置代入到平面 $AX+BY+C=Z$ 中,求得 4 个拟合高度值 Z_i' :

$$Z_1' = -R_y X_1 + R_x Y_1 + C$$

$$Z_2' = -R_y X_2 + R_x Y_2 + C$$

[0044]

$$Z_3' = -R_y X_3 + R_x Y_3 + C$$

$$Z_4' = -R_y X_4 + R_x Y_4 + C$$

[0045] 将 Z_1', Z_2', Z_3', Z_4' 与四个光斑单个的实测数据相减 $Z_i' - Z_i$,求得 4 个高度偏差值。四个该高度偏差即为所求各光斑的零位偏差。

[0046] 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。

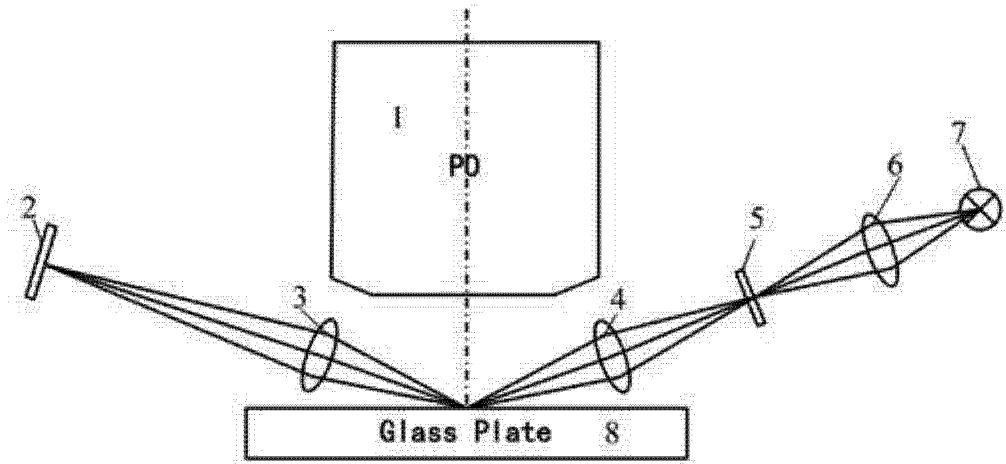


图 1

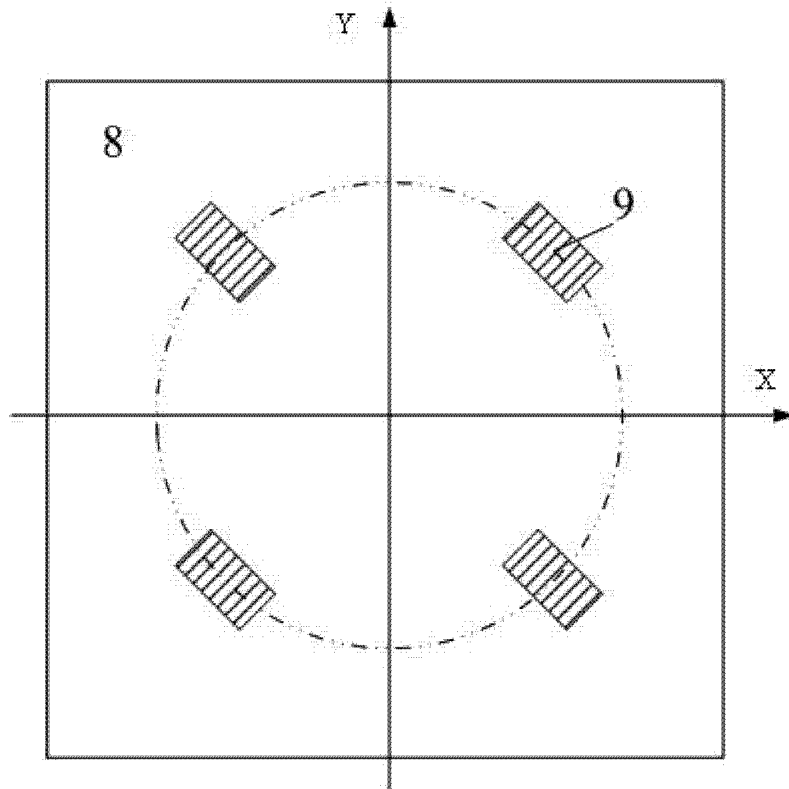


图 2

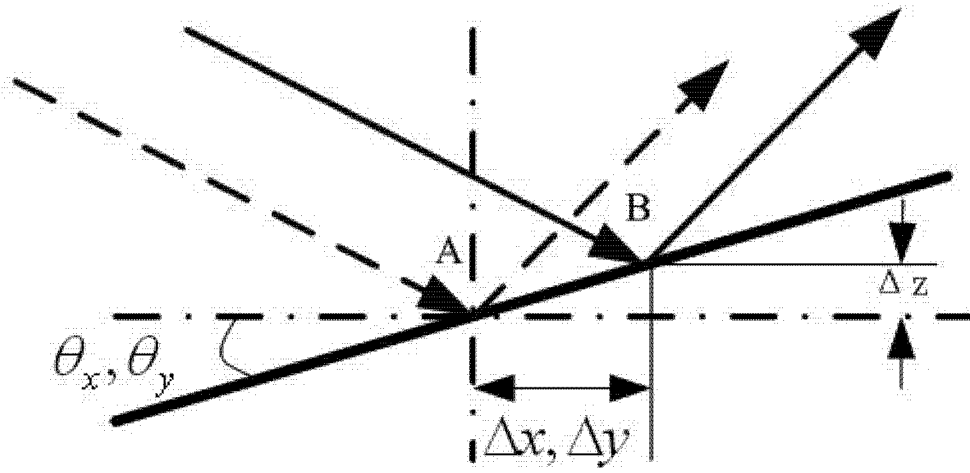


图 3

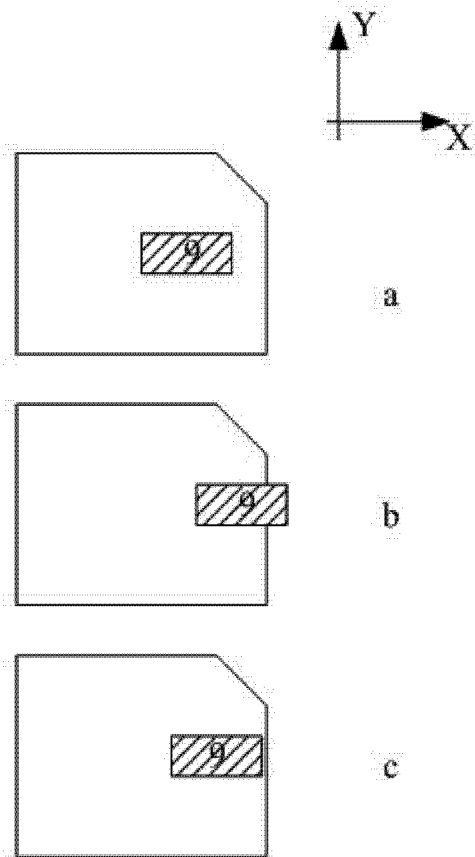


图 4

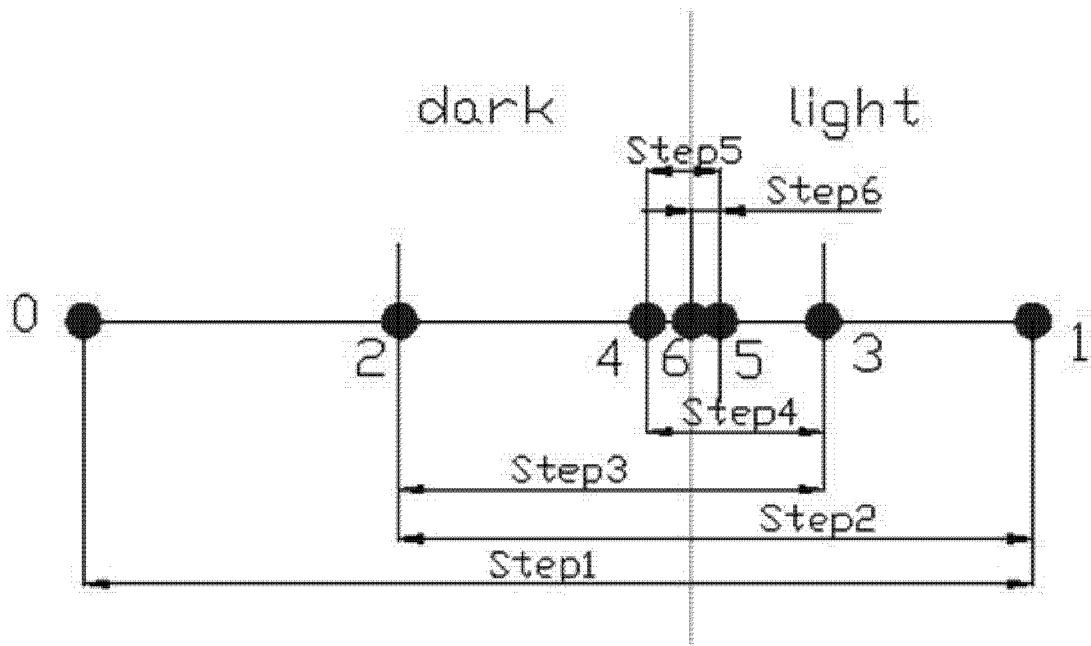


图 5

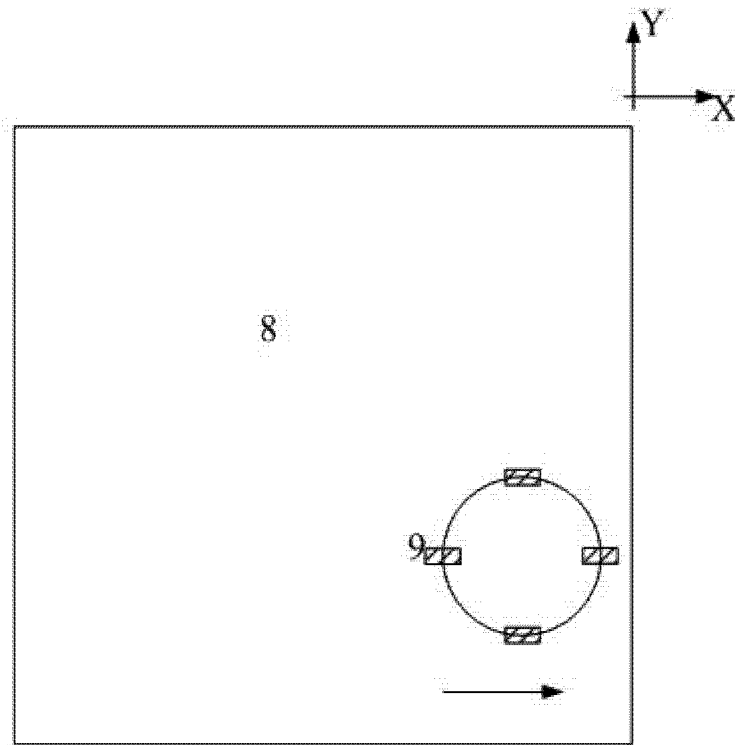


图 6

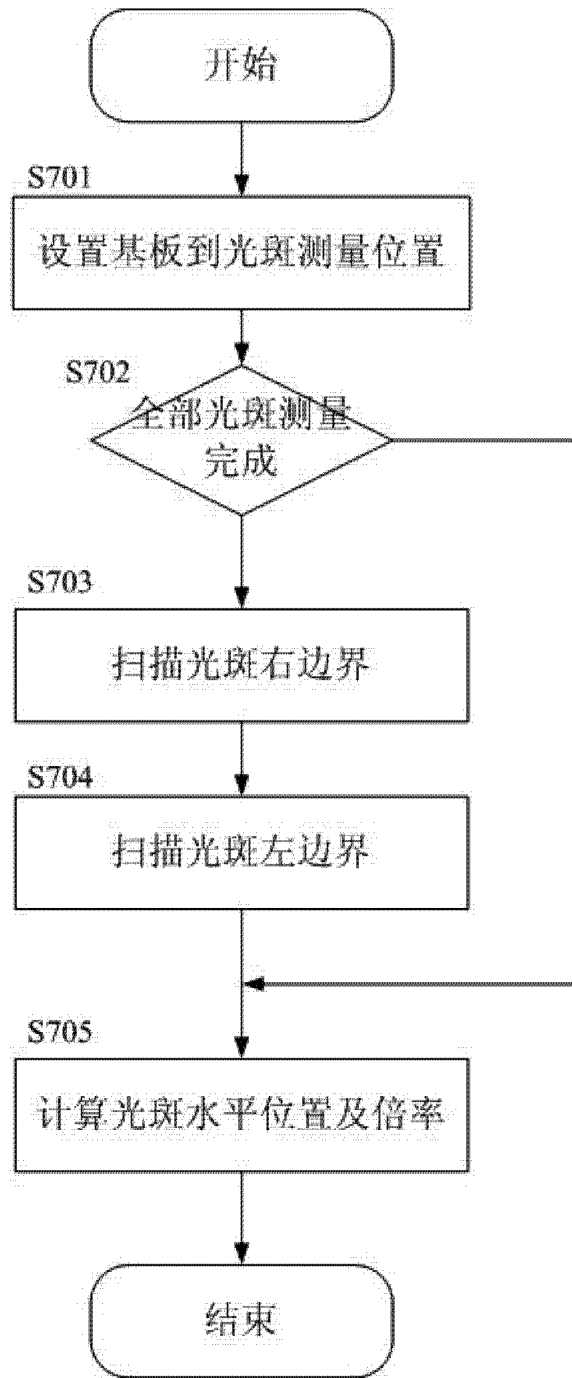


图 7

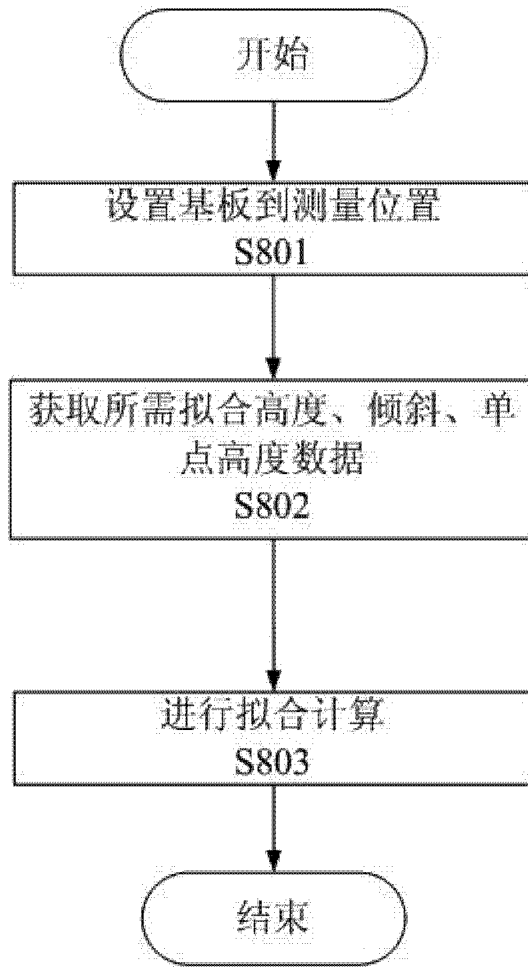


图 8