



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106814546 B

(45)授权公告日 2019.05.31

(21)申请号 201510856628.6

G01M 11/02(2006.01)

(22)申请日 2015.11.30

G03F 9/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106814546 A

(56)对比文件

CN 101359188 A, 2009.02.04,

CN 102207694 A, 2011.10.05,

US 2004/0179176 A1, 2004.09.16,

KR 10-2009-0064024 A, 2009.06.18,

(43)申请公布日 2017.06.09

(73)专利权人 上海微电子装备(集团)股份有限公司

审查员 魏可嘉

地址 201203 上海市浦东新区张东路1525号

(72)发明人 王天寅 许琦欣 李玉龙

(74)专利代理机构 上海思微知识产权代理事务所(普通合伙) 31237

代理人 屈衡 李时云

(51)Int.Cl.

G03F 7/20(2006.01)

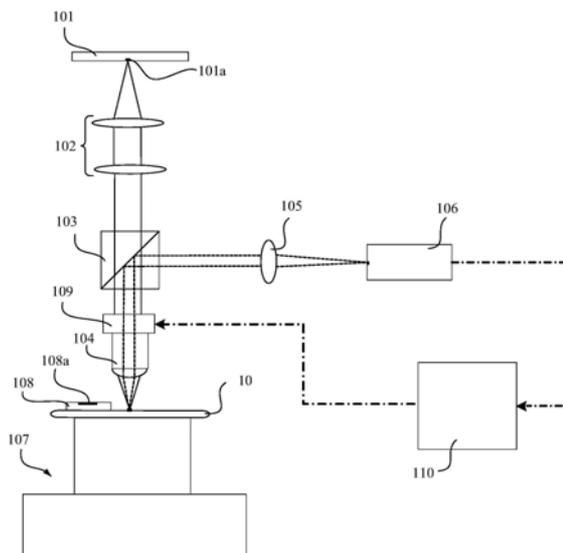
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

焦面检测装置、焦面标定方法与硅片曝光方法

(57)摘要

本发明公开了一种焦面检测装置、焦面标定方法与硅片曝光方法,该装置包括光源单元,用于对掩模板进行照射产生成像光束;成像单元,用于将掩模板上的调焦图形成像在调焦图像传感器上;调焦驱动单元,用于垂向调节投影物镜或者运动台单元以完成调焦;运动台单元,其上设置有带有反射标记的反射装置,所述运动台单元用于将所述反射装置移动至投影物镜的正下方;控制单元,用于对调焦图像传感器采集的图形数据进行分析处理,并反馈控制调焦驱动单元。本发明能够快速且准确的对最佳焦面偏移量进行标定和补偿。



1. 一种焦面检测装置,其特征在于,包括:

光源单元,用于对掩模板进行照射产生成像光束,所述掩模板上带有调焦图形;

成像单元,用于将调焦图形成像在反射装置和调焦图像传感器上;

调焦驱动单元,用于垂向调节运动台单元以完成调焦;

运动台单元,其上设置有带有反射标记的反射装置,用于将所述反射装置移动至投影物镜的正下方;

控制单元,用于对调焦图像传感器采集的图形数据进行分析 and 处理,并反馈控制调焦驱动单元;

其中,调节运动台单元和调焦驱动单元至反射标记在调焦图像传感器上清晰成像,记录此时反射装置的第一垂向位置;

下移反射装置直至调焦图形在调焦图像传感器上清晰成像,记录此时反射装置的第二垂向位置;

根据反射原理,确定最佳曝光位置;

设定第一、第二垂向位置之间的间距为 $d$ ,则最佳曝光位置为第二垂向位置下方 $d$ 处。

2. 如权利要求1所述的焦面检测装置,其特征在于,所述掩模板采用能够生成调焦图形的数字掩模或者自带有调焦图形的实体掩模板。

3. 如权利要求1所述的焦面检测装置,其特征在于,所述光源单元采用半导体激光器、固体激光器或者LED光源。

4. 如权利要求1所述的焦面检测装置,其特征在于,所述成像单元包括:准直透镜组、分束镜、投影物镜和调焦成像镜头;所述光源单元对掩模板进行照射产生成像光束,经准直透镜组准直后经分束镜和投影物镜将调焦图形成像在反射装置上同时光束反射,反射后的光束经分束镜反射至所述调焦成像镜头,将调焦图形的像和反射装置上的反射标记成像在所述调焦图像传感器上。

5. 如权利要求1所述的焦面检测装置,其特征在于,所述调焦图像传感器采用面阵CCD或者CMOS。

6. 如权利要求1所述的焦面检测装置,其特征在于,所述反射装置为带有反射标记的平面镜或者裸硅片。

7. 如权利要求1所述的焦面检测装置,其特征在于,所述调焦驱动单元为用于控制投影物镜垂向移动的压电陶瓷传感器或者是承载反射装置的垂向位移调节台。

8. 一种焦面标定的方法,采用如权利要求1至7任意一项所述的焦面检测装置,其特征在于,调焦驱动单元用于垂向调节运动台单元以完成调焦,包括:

调节运动台单元和调焦驱动单元至反射标记在调焦图像传感器上清晰成像,记录此时反射装置的第一垂向位置;

下移反射装置直至调焦图形在调焦图像传感器上清晰成像,记录此时反射装置的第二垂向位置;

根据反射原理,确定最佳曝光位置;

其中,设定第一、第二垂向位置之间的间距为 $d$ ,则最佳曝光位置为第二垂向位置下方 $d$ 处。

9. 如权利要求8所述的焦面标定方法,其特征在于,所述反射标记和调焦图形在调焦图

像传感器上的成像互不重叠。

10. 一种硅片曝光方法,其特征在於:包括

步骤1:通过权利要求8-9任一项所述的焦面标定方法,进行焦面偏差的测定,得到第一、第二垂向位置 $Z_0$ 、 $Z_1$ 之间的间距 $d$ 的值;

步骤2:上片,打开光源单元,在全片进行三点或更多全局调焦调平以及倾斜量测定;

步骤3:将倾斜量代入硅片上各曝光场的位置坐标,计算出各曝光场的理论离焦量 $F_i$  ( $i=0,1,2\cdots$ );

步骤4:步进至第 $i$ 个曝光场,以 $F_i$ 为扫描中心,进行连续离焦并绘制扫描曲线,拟合出峰值强度位置作为初始最佳焦面位置 $Z_a$ ,

步骤5:该第 $i$ 个曝光场的实际曝光最佳位置为 $Z_b=Z_a+2d$ ;

步骤6:启用调焦装置,步进至 $Z_b$ 位置,执行曝光流程;

步骤7:使 $i=i+1$ ,重复步骤4-6。

## 焦面检测装置、焦面标定方法与硅片曝光方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及集成电路制造领域,特别涉及一种焦面检测装置、焦面标定方法与硅片曝光方法。

### 背景技术

[0002] 在光刻机曝光过程中,为了获得最佳曝光质量,硅片上表面必须始终位于投影物镜的最佳焦平面内。如图1所示,现有的技术手段通常是通过光刻机即调焦调平分系统(FLS,英文全称:Focusing and leveling system)中的光探测器4对硅片2上表面的位置进行测量,并利用调节机构即运动台3带动硅片2将其调整到已标定好的投影物镜1的最佳焦平面位置处。

[0003] 但是上述测量方式面临如下问题:由于投影物镜1受到加工、装配亦或温度、气压等外界环境的影响,使实际焦面发生漂移,所以投影物镜1最佳焦平面相对于FLS零平面总是存在一定的高度与倾斜偏差。因此,通常需要通过采用FEM(焦点曝光矩阵,英文全拼:Focus-Exposure-Matrix)曝光的方式对该焦面偏移量进行测量以确定最佳焦平面位置,如图2a所示,FEM曝光过程中,掩模始终保持在固定位置,在名义曝光剂量下,工件台受FLS控制以一定的间隔沿垂向步进运动;硅片2在一定高度处曝光后,步进到下一高度处进行曝光时,为避免这次的曝光标记覆盖上次的曝光标记,工件台也同时在Y向移动一定距离,曝光后硅片2上便形成了如图2a所示的曝光矩阵图样6;经显影后,借助显微镜观察该曝光矩阵图样6内的掩模标记图样7的成像质量,如图2b所示,即得到该标记下的最佳成像位置。

[0004] 由此可知,这类寻找最佳焦面的测量方式,操作和执行起来步骤较多且必须通过多次工艺实验才能完成测校,故如何能够快速且准确的对最佳焦面偏移量进行标定和补偿,是本领域技术人员亟待解决的一个技术问题。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种焦面检测装置、焦面标定方法与硅片曝光方法,能够快速且准确的对最佳焦面偏移量进行标定和补偿。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供一种焦面检测装置,包括:光源单元,用于对掩模板进行照射产生成像光束,所述掩模板上带有调焦图形;成像单元,用于将调焦图形成像在反射装置和调焦图像传感器上;调焦驱动单元,用于垂向调节投影物镜或者运动台单元以完成调焦;运动台单元,其上设置有带有反射标记的反射装置,用于将所述反射装置移动至投影物镜的正下方;控制单元,用于对调焦图像传感器采集的图形数据进行分析处理,并反馈控制调焦驱动单元。

[0007] 作为优选,所述掩模板采用能够生成调焦图形的数字掩模或者自带有调焦图形的实体掩模板。

[0008] 作为优选,所述光源单元采用半导体激光器、固体激光器或者LED光源。

[0009] 作为优选,所述成像单元包括:准直透镜组、分束镜、投影物镜和调焦成像镜头;所

述光源单元对掩模板进行照射产生成像光束,经准直透镜组准直后经分束镜和投影物镜将调焦图形成像在反射装置上同时光束反射,反射后的光束经分束镜反射至所述调焦成像镜头,将调焦图形的像和反射装置上的反射标记成像在所述调焦图像传感器上。

[0010] 作为优选,所述调焦图像传感器采用面阵CCD或者CMOS。

[0011] 作为优选,所述反射装置为带有反射标记的平面镜或者裸硅片。

[0012] 作为优选,所述调焦驱动单元为用于控制投影物镜垂向移动的压电陶瓷传感器或者是承载反射装置的垂向位移调节台。

[0013] 一种焦面标定的方法,采用所述的焦面检测装置,包括:调节运动台单元和调焦驱动单元至反射标记在调焦图像传感器上清晰成像,记录此时反射装置的第一垂向位置;下移反射装置直至调焦图形在调焦图像传感器上清晰成像,记录此时反射装置的第二垂向位置;根据反射原理,确定最佳曝光位置。

[0014] 作为优选,设定第一、第二垂向位置之间的间距为 $d$ ,则最佳曝光位置为第二垂向位置下方 $d$ 处。

[0015] 作为优选,所述反射标记和调焦图形在调焦图像传感器上的成像互不重叠。

[0016] 一种硅片曝光方法,包括:步骤1:通过权利要求8-10任一项所述的焦面标定方法,进行焦面偏差的测定,得到第一、第二垂向位置 $Z_0$ 、 $Z_1$ 之间的间距 $d$ 的值;步骤2:上片,打开光源单元,在全片进行三点或更多全局调焦调平以及倾斜量测定;步骤3:将倾斜量代入硅片上各曝光场的位置坐标,计算出各曝光场的理论离焦量 $F_i$  ( $i=0,1,2\cdots$ );步骤4:步进至第 $i$ 个曝光场,以 $F_i$ 为扫描中心,进行连续离焦并绘制扫描曲线,拟合出峰值强度位置作为初始最佳焦面位置 $Z_a$ ,步骤5:该视场下的实际曝光最佳位置为 $Z_b=Z_a+2d$ ;步骤6:启用调焦装置,步进至 $Z_b$ 位置,执行曝光流程;步骤7:使 $i=i+1$ ,重复步骤4-6。

[0017] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0018] 1、本发明通过数字化掩模技术生成调焦图形,并通过在运动台单元上安装了带有反射标记的反光装置,可以将调焦图形直接成像在调焦图像探测器上;

[0019] 2、本发明通过设置带有反射标记的反光装置,能够在调焦图像探测器上同时检测到系统的焦面信息和投影物镜的最佳焦面信息;

[0020] 3、本发明通过调焦探测器获取能够快速测量出硅片面位置(即反射装置所在位置)偏离曝光最佳焦面位置的偏差值,并且具有很好地测量精度和测量重复性。

## 附图说明

[0021] 图1为现有技术中FLS原理示意图;

[0022] 图2a为现有技术中硅片的示意图;

[0023] 图2b为图2a中A部放大图;

[0024] 图3为本发明实施例1中焦面检测装置的结构示意图;

[0025] 图4为本发明实施例1中调焦图形的示意图;

[0026] 图5为本发明实施例1中调焦图形与反射标记在投影图像传感器上的成像示意图;

[0027] 图6为本发明实施例1中反射标记的成像原理图;

[0028] 图7为本发明实施例1中调焦图形的成像原理图;

[0029] 图8为本发明实施例1中调焦曲线示意图;

[0030] 图9为本发明实施例2中焦面检测装置的结构示意图；

[0031] 图10为本发明实施例3中焦面检测装置的结构示意图。

### 具体实施方式

[0032] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。需说明的是，本发明附图均采用简化的形式且均使用非精准的比例，仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

[0033] 实施例1

[0034] 如图3所示，本实施例提供一种焦面检测装置，包括：光源单元(图中未示出)、成像单元、调焦驱动单元109、运动台单元107和控制单元110，其中，所述光源单元用于对掩模板101进行照射产生成像光束，所述掩模板101上带有调焦图形101a；所述成像单元用于将调焦图形101a成像在反射装置108和调焦图像传感器106上；所述调焦驱动单元109用于垂向调节投影物镜104以完成调焦；所述运动台单元107上设置有带有反射标记108a的反射装置108，用于将所述反射装置108水平向和竖直方向移动至投影物镜104的正下方；所述控制单元110用于对调焦图像传感器106采集的图形数据进行分析处理，并反馈控制调焦驱动单元109。

[0035] 具体地，所述掩模板101采用能够生产调焦图形101a的数字掩模，该调焦图形101a如图3所示，包括若干调焦点1011，所述调焦点1011沿X向和Y向均匀分布在所述调焦图形边界即曝光视场边界1012内，本实施例中等于但不局限于 $5 \times 5$ 个调焦点1011，具体可根据实际情况利用数字掩模生成合适的调焦图形101a。

[0036] 继续参照图3，所述成像单元包括：用于准直的准直透镜组102、分束镜103、数值孔径与曝光分辨率相匹配的投影物镜104和具有良好的光学性能以及合适放大倍率的调焦成像镜头105。所述光源单元对掩模板101进行照射产生成像光束，经准直透镜组102将具有一定数值孔径的成像光束转化为平行光，该平行光经分束镜103和投影物镜104后，将调焦图形101a成像在反射装置108上并发生反射，反射后的光束经分束镜103反射至所述调焦成像镜头105，所述调焦成像镜头105将调焦图形101a和反射标记108a成像在所述调焦图像传感器106上。

[0037] 较佳的，所述反射装置108具有高反射率，其可以为带有反射标记的平面镜或者裸硅片。所述调焦驱动单元109为用于控制投影物镜104垂向移动的压电陶瓷传感器。

[0038] 所述调焦图像传感器106的接收端与反射装置108共轭，具体地，所述调焦图像传感器106采用面阵CCD或者CMOS，在调焦过程中同时显示出数字掩模上的调焦图形101a的像和反射标记108a的像。

[0039] 所述控制单元110用于成像数据的接收和处理，通常采用PC机，其集成了数据处理软件，用于调用特定的调焦算法。进一步的，所述调焦图像传感器106收集到图形后，通过高速以太网将数据导入控制单元110中，由控制单元110对数据进行分析处理后将调焦信号传递给调焦驱动单元109，调焦驱动单元109根据调焦信号进行移动进而完成调焦任务。

[0040] 需要说明的是，所述反射标记108a的图形可以与所述调焦图形101a相同，但两者的像在所述调焦图像传感器106上的像互不重叠。具体如图5所示，其中，浅色调焦点22为反射装置108上表面的反射标记108a在调焦图像传感器106上的像点，深色调焦点21为调焦图

形101a上的调焦点在调焦图像传感器106上的像点,两者均在调焦图像传感器106的视场范围23内。通过分别将浅色调焦点22和深色调焦点21的灰度信息导入控制单元110,进行算法分析并控制调焦驱动单元109进行垂向移动,而先后使浅色调焦点22和深色调焦点21调整到最佳像面的位置,根据此过程中调焦驱动单元109的垂向移动量可以计算出最佳焦面位置。

[0041] 本发明还提供一种焦面标定方法,采用上述的焦面检测装置,其具体包括:

[0042] 如图6所示:调节运动台单元107和调焦驱动单元109至反射标记108a在调焦图像传感器106上清晰成像,记录此时反射装置108的第一垂向位置 $Z_0$ ;

[0043] 如图7所示:下移反射装置108直至调焦图形101a在调焦图像传感器106上清晰成像,记录此时反射装置108的第二垂向位置 $Z_1$ ;具体地,当反射装置108下移至第二垂向位置 $Z_1$ 时,调焦图形101a恰能清晰成像,设此时第二垂向位置 $Z_1$ 与第一垂向位置 $Z_0$ 的间距为 $d$ ,此时调焦图形101a的理论共轭像所在位置同样在第一垂向位置 $Z_0$ 处,但根据光的反射原理,调焦图形101a的实际共轭像的位置应当在第二垂向位置 $Z_1$ 下方 $d$ 距离处,即 $Z_2$ 位置处为最佳曝光位置。

[0044] 因此,在完成本次调焦后,根据反射原理,可确定最佳曝光位置 $Z_2$ 为调焦图形101a清晰成像时下方 $d$ 距离的位置处。

[0045] 本发明通过两次针对不同物面(掩模板101和反射装置108)的调焦,即可完成定期对漂移量 $\Delta f$ 的标定测量的目的,这与进行FEM曝光实验的目标是一致的,但是大大缩短了测校时间,在无掩模光刻系统中更具可行性,另外漂移量 $\Delta f$ 的标定精度可完全由调焦算法精度保证,误差小于300nm。

[0046] 因此,基于上述焦面标定方法,本发明还提供一种硅片曝光方法,具体包括以下步骤:

[0047] 步骤1:通过上述焦面标定方法,进行焦面偏差的测定,得到第一、第二垂向位置 $Z_0$ 、 $Z_1$ 之间的间距 $d$ 的值,通常为 $\mu\text{m}$ 量级;

[0048] 步骤2:上片,打开光源单元,在全片进行三点或更多全局调焦调平以及倾斜量 $R_x$ 、 $R_y$ 测定;

[0049] 步骤3:将倾斜量 $R_x$ 、 $R_y$ 代入硅片上各曝光场的位置坐标,计算出各曝光场的理论离焦量 $F_i$  ( $i=0,1,2\cdots$ );

[0050] 步骤4:步进至第 $i$ 个曝光场,以 $F_i$ 为扫描中心,进行连续离焦并绘制如图8所示的扫描曲线,拟合出峰值强度位置作为初始最佳焦面位置 $Z_a$ ,

[0051] 步骤5:该视场下的实际曝光最佳位置为 $Z_b = Z_a + 2d$ ;

[0052] 步骤6:启用调焦装置,步进至 $Z_b$ 位置,执行曝光流程;

[0053] 步骤7:使 $i = i + 1$ ,重复步骤4-6。

[0054] 实施例2

[0055] 如图9所示,本实施例中的调焦驱动单元109采用具有垂向调焦作用的垂向位移调节台,所述控制单元110直接连接至所述垂向位移调节台,将输出调焦控制量直接赋予垂向位移调节台,以垂向位移调节台为执行元件完成硅片垂向位置的精确位移动作,换句话说,本实施例中的运动台单元107仅将反射装置108水平向移动。

[0056] 实施例3

[0057] 如图10所示,本实施例中采用实体掩模板代替实施例1中的数字掩模,该实体掩模板选用透射式或反射式掩模板101,由掩模台101b进行承载。所述实体掩模板上的调焦图形101a为待曝光显影的IC集成电路工艺图形,此图形可利用特定的控制单元110的调焦算法和图像处理系统进行分析处理。

[0058] 综上所述,本发明的焦面检测装置,包括:光源单元,用于对掩模板101进行照射产生成像光束;成像单元,用于将掩模板101上的调焦图形101a成像在调焦图像传感器106上;调焦驱动单元109,用于垂向调节投影物镜104或者运动台单元107以完成调焦;运动台单元107,其上设置有带有反射标记108a的反射装置108,所述运动台单元107用于将所述反射装置108移动至投影物镜104的正下方;控制单元110,用于对调焦图像传感器106采集的图形数据进行分析处理,并反馈控制调焦驱动单元109。本发明能够快速且准确的对最佳焦面偏移量进行标定和补偿。

[0059] 显然,本领域的技术人员可以对发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包括这些改动和变型在内。

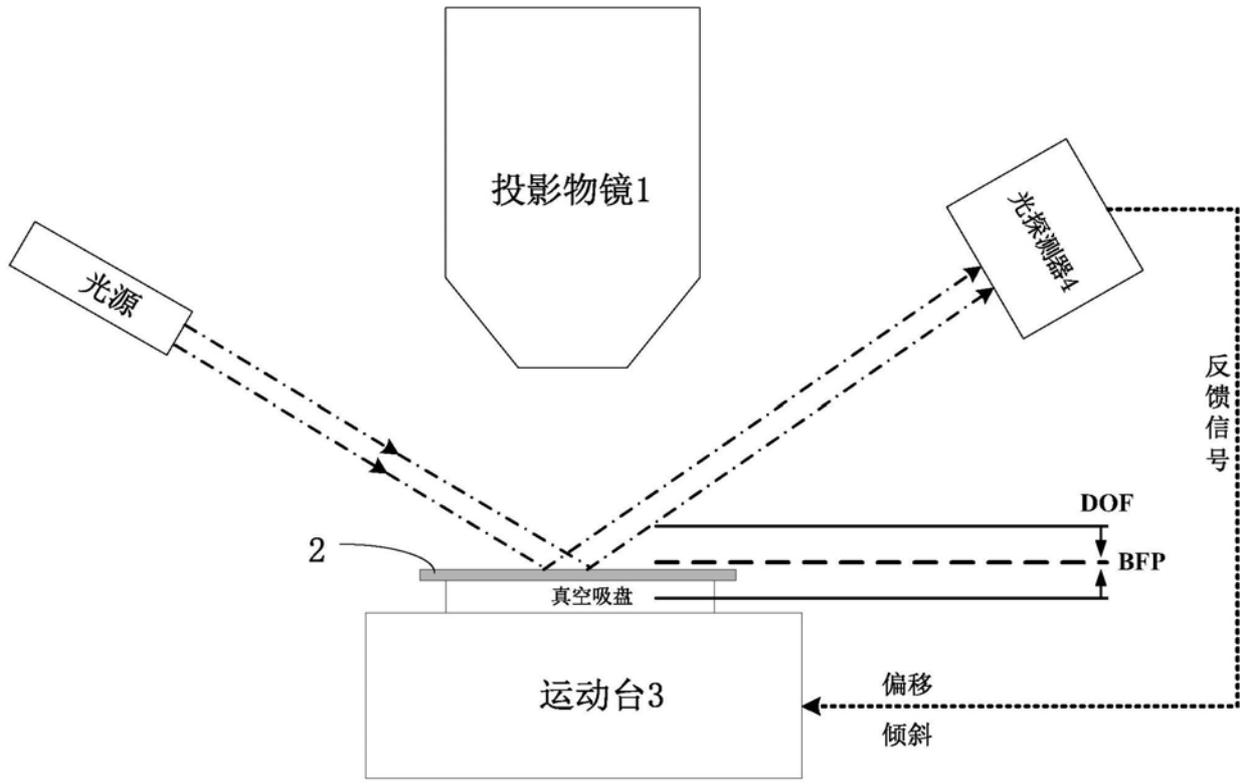


图1

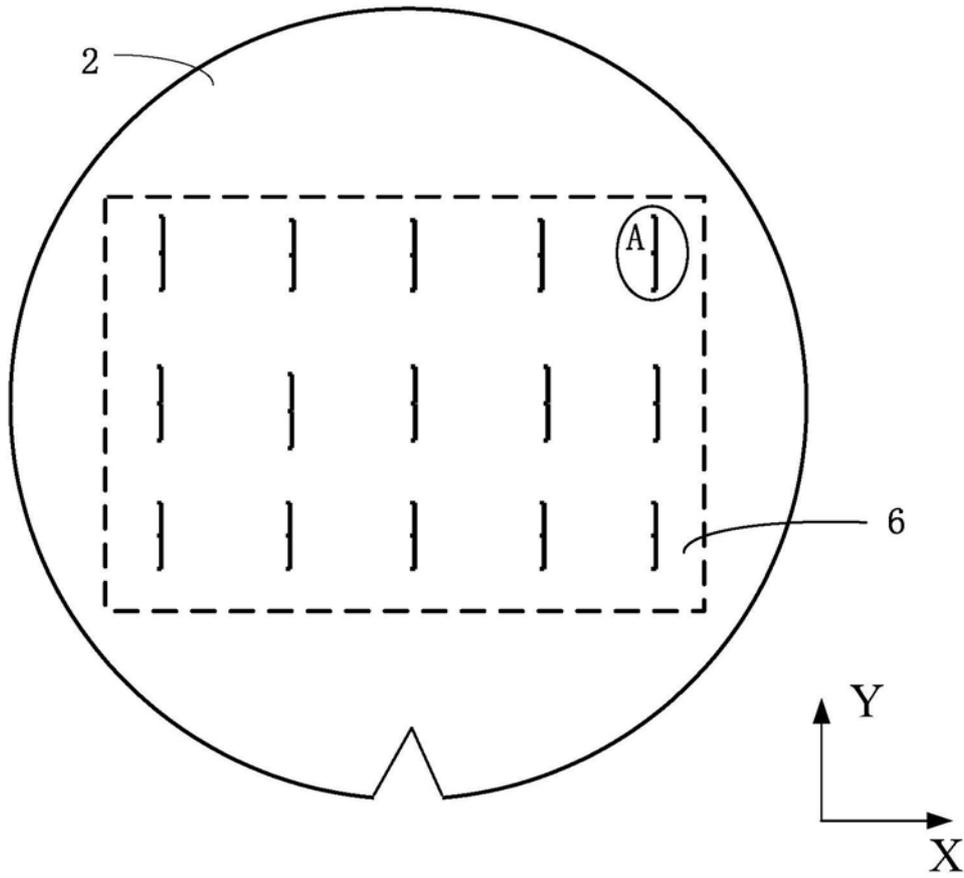


图2a



图2b

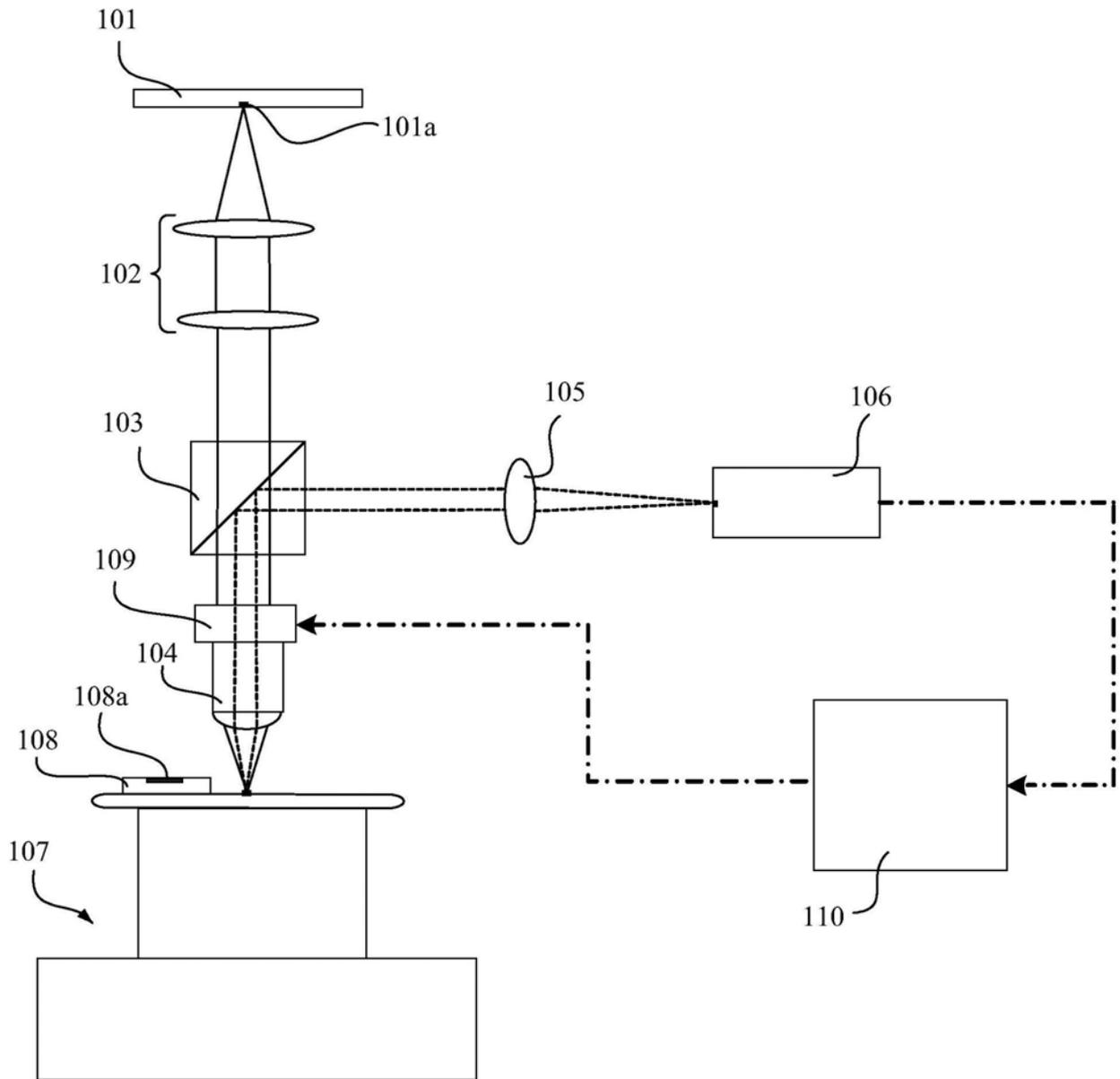


图3

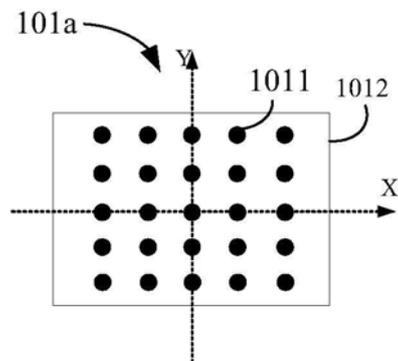


图4

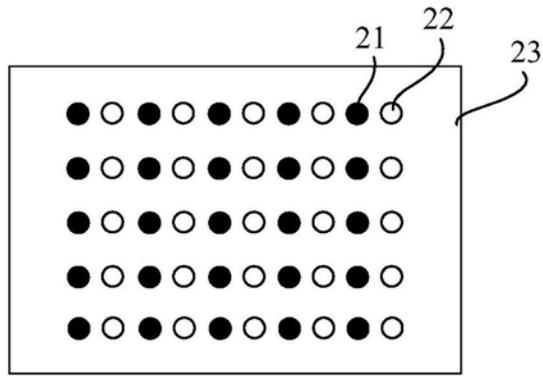


图5

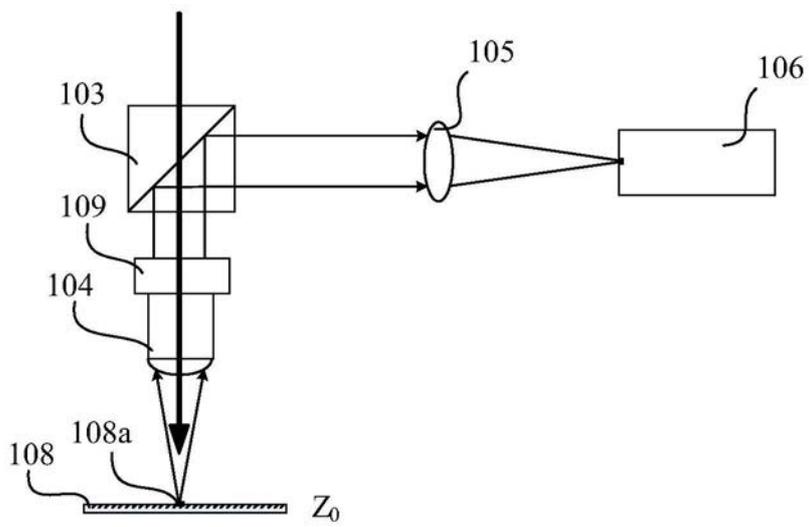


图6

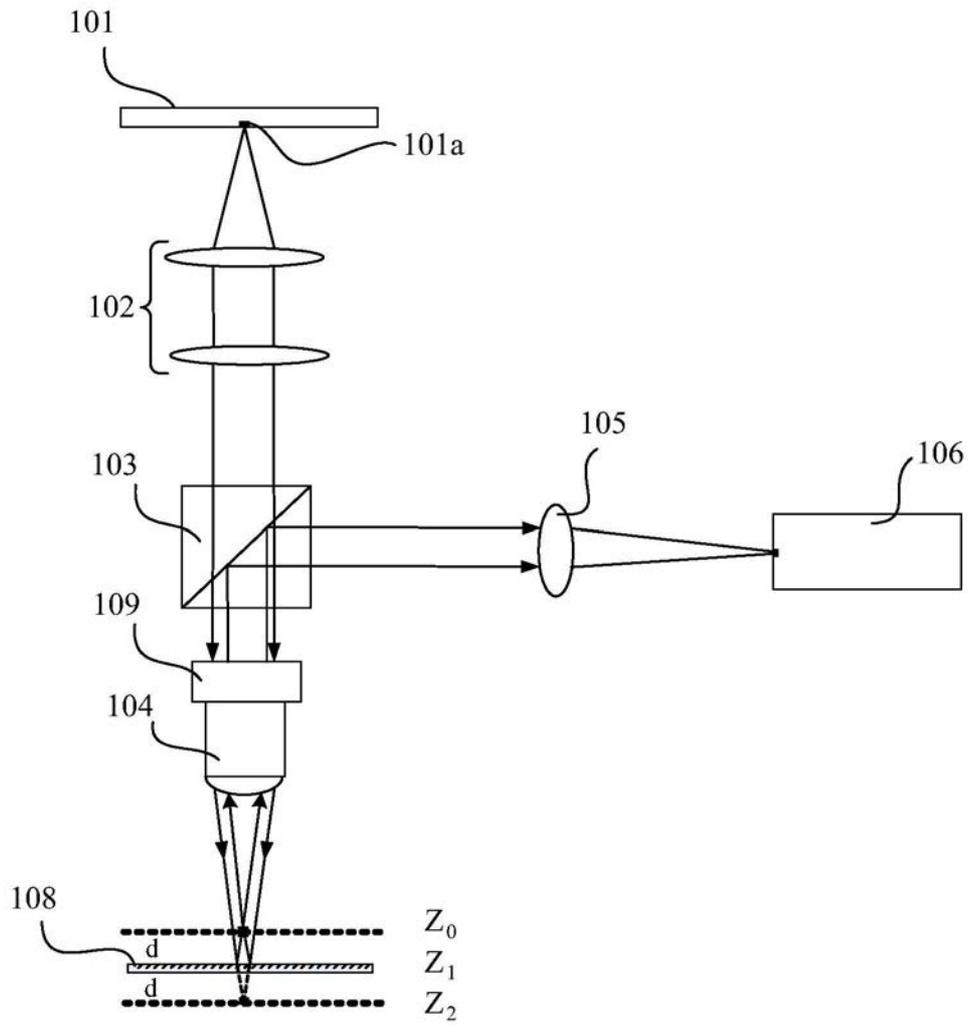


图7

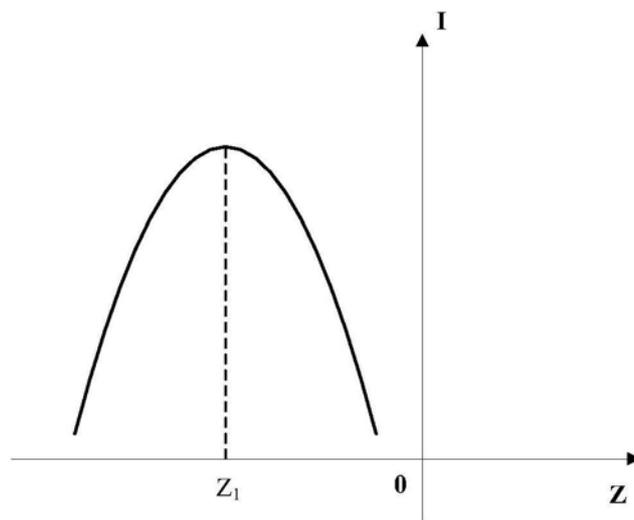


图8

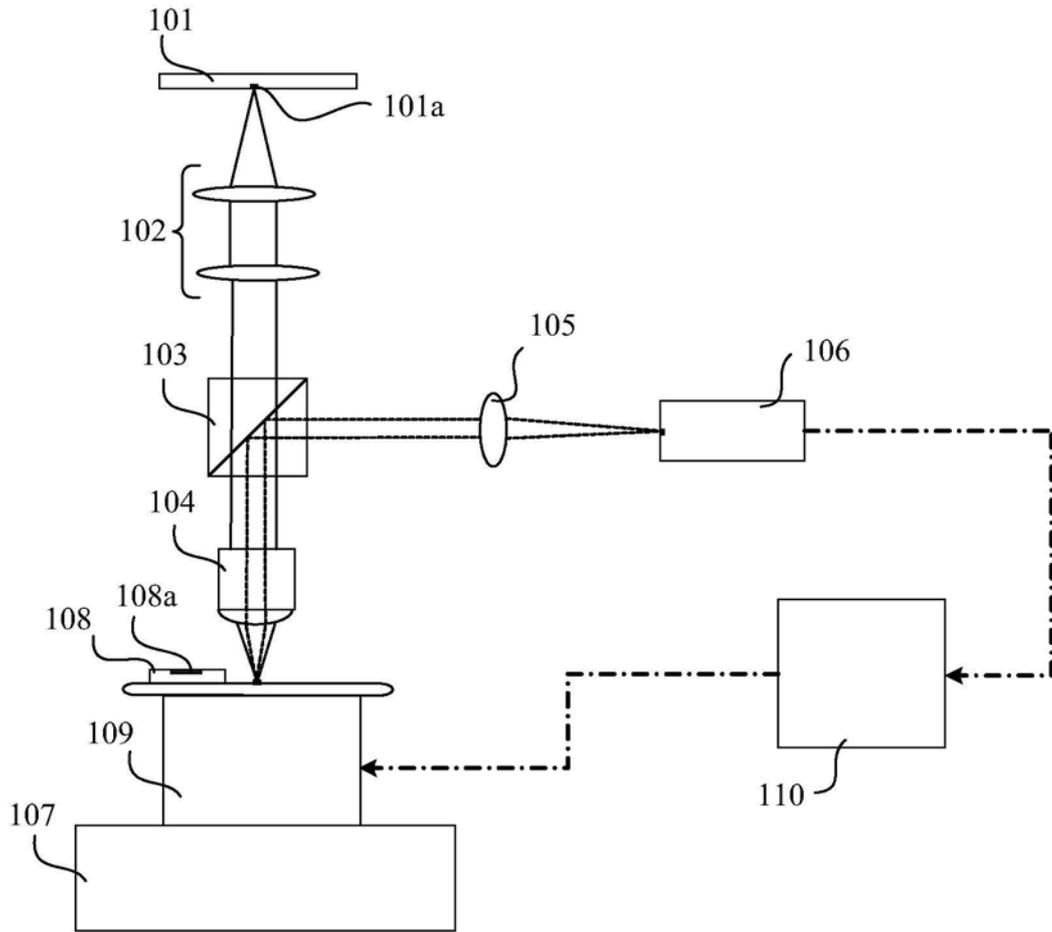


图9

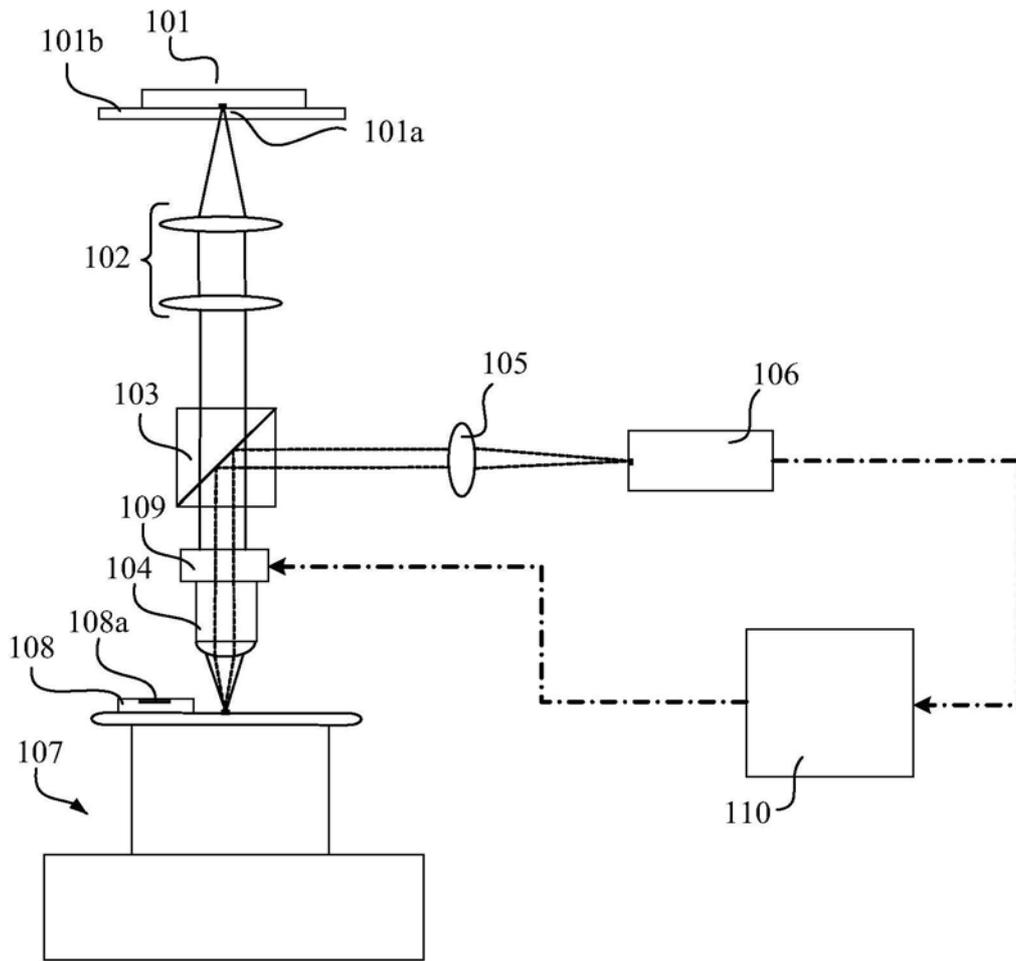


图10