



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110658196 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 08

(21) 申请号 201810696844.2

(22) 申请日 2018.06.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110658196 A

(43) 申请公布日 2020.01.07

(73) 专利权人 上海微电子装备(集团)股份有限公司

地址 201203 上海市浦东新区自由贸易试验区张东路1525号

(72) 发明人 杨晓青 申永强 韩雪山 王帆

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司 11332

专利代理师 孟金喆

(51) Int. Cl.

G01N 21/88 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107884318 A, 2018.04.06

CN 107884318 A, 2018.04.06

CN 106647194 A, 2017.05.10

CN 103175837 A, 2013.06.26

JP 2014240766 A, 2014.12.25

US 2013141715 A1, 2013.06.06

US 2002154297 A1, 2002.10.24

审查员 刘田

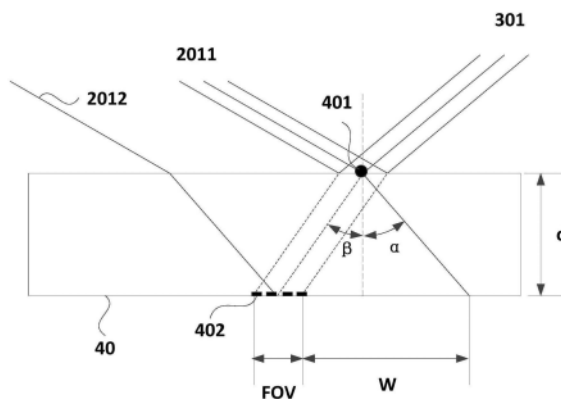
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

一种缺陷检测装置及缺陷检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种缺陷检测装置及缺陷检测方法。该缺陷检测装置包括照明模块和成像检测模块;照明模块用于产生探测光束,并使探测光束入射至待测产品的检测面上;成像检测模块用于检测探测光束是否经待测产品的检测面散射产生散射成像光束,并根据散射成像光束确定待测产品的缺陷信息;探测光束的照度满足:(U1×R)/(U2×L)≥S1;探测光束的半宽W满足:d×[tanα+tanβ]>FOV/2+W。本实施例通过确定探测光束的半宽边缘与探测光束的中心之间的相对照度和探测光束的半宽确定照明模块产生的探测光束,以达到抑制缺陷检测过程中产生的串扰,提高缺陷检测精度。



1. 一种缺陷检测装置,其特征在于,包括照明模块和成像检测模块;

所述照明模块用于产生探测光束,并使所述探测光束入射至待测产品的检测面上;所述成像检测模块用于检测所述探测光束是否经所述待测产品的检测面散射产生散射成像光束,并根据所述散射成像光束确定所述待测产品的缺陷信息;

其中,所述探测光束的照度满足: $(U1 \times R) / (U2 \times L) \geq S1$;其中, $S1$ 为抑制所述待测产品的非检测面的串扰需要满足的信噪比, $U1$ 为所述探测光束的中心照度, R 为最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率, $U2$ 为所述探测光束的半宽边缘的照度, L 为所述非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率;

所述探测光束的半宽 W 满足: $d \times (\tan\alpha + \tan\beta) > FOV/2 + W$;

其中, d 为所述待测产品的厚度; FOV 为所述成像检测模块的有效视场; α 为探测光束在所述待测产品中的折射角, β 为所述散射成像光束在所述待测产品中的折射角, $\alpha \neq \beta$,且 $FOV \neq 0$;

其中, L 根据照明模块和成像检测模块的位置以及最大串扰物的尺寸参数来确定。

2. 根据权利要求1所述的缺陷检测装置,其特征在于,

所述探测光束的照度还满足: $(U1 \times R) / (U2 \times M \times N) \geq S2$;其中, $S2$ 为抑制镜像串扰需要满足的信噪比, M 为所述探测光束在镜像串扰区域内沿镜像串扰方向的散射效率, N 为所述探测光束在镜像串扰方向的散射光线在所述待测产品内的反射率;

所述探测光束的半宽 W 还满足: $2d \times \tan\theta - FOV/2 \geq W$,其中, θ 为所述探测光束沿镜像串扰方向的散射光线在所述待测产品中的折射角。

3. 根据权利要求1所述的缺陷检测装置,其特征在于,所述探测光束的主光线的角度偏差小于 5° ;

所述散射成像光束的主光线的角度偏差小于 5° 。

4. 根据权利要求1所述的缺陷检测装置,其特征在于,还包括:

水平运动模块;

所述水平运动模块用于承载所述待测产品沿平行于所述待测产品的检测面的方向运动。

5. 根据权利要求1所述的缺陷检测装置,其特征在于,还包括:

焦面测量模块和垂直运动模块;

所述焦面测量模块用于检测所述待测产品的检测面的离焦量;

所述垂直运动模块用于根据所述离焦量控制所述待测产品沿垂直于所述检测面的方向运动。

6. 根据权利要求1所述的缺陷检测装置,其特征在于:

所述成像检测模块用于根据连续多次获取的散射成像光束确定多个成像信号,并对所述多个成像信号进行积分以确定所述缺陷信息。

7. 根据权利要求6所述的缺陷检测装置,其特征在于:

所述成像检测模块包括积分相机;

所述积分相机为时间延时积分TDI相机、互补金属氧化物半导体CMOS相机或者电荷耦合元件CCD相机。

8. 根据权利要求7所述的缺陷检测装置,其特征在于:

所述成像检测模块还包括聚光单元,所述聚光单元用于会聚所述散射成像光束,使会聚后的所述散射成像光束入射到所述积分相机。

9. 根据权利要求1所述的缺陷检测装置,其特征在于:

所述探测光束满足高斯分布。

10. 一种光刻设备,其特征在于,包括权利要求1-9任一项所述的缺陷检测装置。

11. 一种缺陷检测方法,其特征在于,包括:

通过照明模块产生探测光束,并使所述探测光束入射至待测产品的检测面上;所述探测光束的照度和探测光束的半宽分别满足: $(U1 \times R) / (U2 \times L) \geq S1$, $d \times (\tan\alpha + \tan\beta) > FOV / 2 + W$;

通过成像检测模块检测所述探测光束是否经所述待测产品的检测面散射产生散射成像光束,并根据所述散射成像光束确定缺陷信息;

其中, $S1$ 为抑制所述待测产品的非检测面的串扰需要满足的信噪比, $U1$ 为所述探测光束的中心照度, R 为最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率, $U2$ 为所述探测光束的半宽边缘的照度, L 为所述非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率, d 为所述待测产品的厚度; FOV 为所述成像检测模块的有效视场; α 为探测光束在所述待测产品中的折射角, β 为所述散射成像光束在所述待测产品中的折射角, $\alpha \neq \beta$,且 $FOV \neq 0$;

其中, L 根据照明模块和成像检测模块的位置以及最大串扰物的尺寸参数来确定。

12. 根据权利要求11所述的缺陷检测方法,其特征在于,根据所述散射成像光束确定缺陷信息包括:

根据连续多次获取的散射成像光束确定多个成像信号;

对所述多个成像信号进行积分以确定所述缺陷信息。

一种缺陷检测装置及缺陷检测方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及缺陷检测技术领域,尤其涉及一种缺陷检测装置及缺陷检测方法。

背景技术

[0002] 在半导体集成电路或平板显示的制备工艺中,为使产品保持较高的良率,在对掩模版或玻璃基板等进行曝光前,都需要进行缺陷(包括外来颗粒、指纹、划痕、针孔等)检测,以达到控制污染的目的。

[0003] 图1是现有的一种缺陷检测装置的结构示意图,一般集成在光刻设备中的颗粒检测装置通常采用暗场散射测量技术,其检测原理如图1所示,从光源10发出的照明光线101经待测物体104上的缺陷114散射,散射光线102最终被探测器103所探测,然后根据探测器103检测到的散射光线确定缺陷的尺寸大小。

[0004] 但现有的缺陷检测装置在缺陷检测的过程中,待测产品的下表面图案容易产生串扰信号,影响缺陷检测结果的准确性。

发明内容

[0005] 本发明提供一种缺陷检测装置及缺陷检测方法,以实现抑制缺陷检测过程中产生的串扰。

[0006] 第一方面,本发明实施例提供了一种缺陷检测装置,包括照明模块和成像检测模块;

[0007] 所述照明模块用于产生探测光束,并使所述探测光束入射至待测产品的检测面;

[0008] 所述成像检测模块用于检测所述探测光束是否经所述待测产品的检测面散射产生散射成像光束,并根据所述散射成像光束确定所述待测产品的缺陷信息;

[0009] 其中,所述探测光束的照度满足: $(U1 \times R) / (U2 \times L) \geq S1$;其中, $S1$ 为抑制所述待测产品的非检测面的串扰需要满足的信噪比, $U1$ 为所述探测光束的中心照度, R 为最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率, $U2$ 为所述探测光束的半宽边缘的照度, L 为所述非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率;

[0010] 所述探测光束的半宽 W 满足: $d \times (\tan\alpha + \tan\beta) > FOV/2 + W$;

[0011] 其中, d 为所述待测产品的厚度; FOV 为所述成像检测模块的有效视场; α 为探测光束在所述待测产品中的折射角, β 为所述散射成像光束在所述待测产品中的折射角。

[0012] 进一步地,所述探测光束的照度还满足: $(U1 \times R) / (U2 \times M \times N) \geq S2$;其中, $S2$ 为抑制镜像串扰需要满足的信噪比, M 为所述探测光束在镜像串扰区域内沿镜像串扰方向的散射效率, N 为所述照明视场光线在镜像串扰方向的散射光线在所述待测产品内的反射率;

[0013] 所述探测光束的半宽 W 还满足: $2d \times \tan\theta - FOV/2 \geq W$,其中, θ 为所述探测光束在镜像串扰方向的散射光线在所述待测产品中的折射角。

[0014] 进一步地,所述探测光束的主光线的角度偏差小于 5° ;

- [0015] 所述散射成像光束的主光线的角度偏差小于 5° 。
- [0016] 进一步地,还包括:
- [0017] 水平运动模块;
- [0018] 所述水平运动模块用于承载所述待测产品沿平行于所述待测产品的检测面的方向运动。
- [0019] 进一步地,还包括:
- [0020] 焦面测量模块和垂直运动模块;
- [0021] 所述焦面测量模块用于检测所述待测产品的检测面的离焦量;
- [0022] 所述垂直运动模块用于根据所述离焦量控制所述待测产品沿垂直于所述检测面的方向运动。
- [0023] 进一步地,所述成像检测模块用于根据连续多次获取的散射成像光束确定多个成像信号,并对所述多个成像信号进行积分以确定所述缺陷信息。
- [0024] 进一步地,所述成像检测模块包括积分相机;
- [0025] 所述积分相机为时间延时积分相机(Time Delay Integration,TDI)、互补金属氧化物半导体(Complementary Metal Oxide Semiconductor,CMOS)相机或者电荷耦合元件(charge coupled device,CCD)相机。
- [0026] 进一步地,所述成像检测模块还包括聚光单元,所述聚光单元用于会聚所述散射成像光束,使会聚后的所述散射成像光束入射到所述积分相机。
- [0027] 进一步地,所述探测光束满足高斯分布。
- [0028] 第二方面,本发明实施例还提供了一种光刻设备,包括上述第一方面所述的缺陷检测装置。
- [0029] 第三方面,本发明实施例还提供了一种缺陷检测方法,包括:
- [0030] 通过照明模块产生探测光束,并使所述探测光束入射至待测产品的检测面上;所述探测光束的照度和探测光束的半宽分别满足: $(U1 \times R) / (U2 \times L) \geq S1, d \times (\tan\alpha + \tan\beta) > FOV/2+W$;
- [0031] 通过成像检测模块检测所述探测光束是否经所述待测产品的检测面散射产生散射成像光束,并根据所述成像光线确定缺陷信息;
- [0032] 其中, $S1$ 为抑制所述待测产品的非检测面的串扰需要满足的信噪比, $U1$ 为所述探测光束的中心照度, R 为最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率, $U2$ 为所述探测光束的半宽边缘的照度, L 为所述非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率, d 为所述待测产品的厚度; FOV 为所述成像检测模块的有效视场; α 为探测光束在所述待测产品中的折射角, β 为所述散射成像光束在所述待测产品中的折射角。
- [0033] 进一步地,根据所述散射成像光束确定缺陷信息包括:
- [0034] 根据连续多次获取的散射成像光束确定多个成像信号;
- [0035] 对所述多个成像信号进行积分以确定所述缺陷信息。
- [0036] 本发明实施例通过最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率、非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率,以及抑制待测产品的非检测面的串扰所需要的信噪比,得到探测光束的半宽边缘与探测光束的中心之间的相对照度;通过探测光束在待测产品中的折射角、散射成像光束在待测产品中的折射角、待测产品的厚度

以及成像检测模块的有效视场,得到够满足抑制待测产品的非检测面的串扰所需要的探测光束的半宽;根据相对照度和探测光束的半宽可以确定照明模块的具体参数,通过设置满足上述参数的照明模块,使得本发明实施例的缺陷检测装置在缺陷检测过程中可以抑制缺陷检测过程中产生的串扰,提高缺陷检测精度。

附图说明

- [0037] 图1是现有的一种缺陷检测装置的结构示意图;
- [0038] 图2是本发明实施例提供的缺陷检测装置的结构示意图;
- [0039] 图3是本发明实施例提供的探测光束的半宽的结构示意图;
- [0040] 图4是本发明实施例提供的下层串扰原理图;
- [0041] 图5是发明本实施例提供的镜像串扰原理图;
- [0042] 图6是本发明实施例提供的探测光束的结构示意图;
- [0043] 图7是本发明实施例提供的散射成像光束和成像检测模块的结构示意图;
- [0044] 图8是本发明实施例提供的另一缺陷检测装置的结构示意图;
- [0045] 图9是本实施例提供的探测光束与缺陷之间的位置关系示意图;
- [0046] 图10是本发明实施例提供的缺陷检测方法的流程图。

具体实施方式

[0047] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,而非对本发明的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0048] 图2是本发明实施例提供的缺陷检测装置的结构示意图,请参考图2,该装置包括照明模块20和成像检测模块30;照明模块20用于产生探测光束201,并使探测光束201入射至待测产品40的检测面上;成像检测模块30用于检测探测光束201是否经待测产品40的检测面散射产生散射成像光束301,并根据散射成像光束301确定待测产品40的缺陷信息。

[0049] 其中,探测光束201的照度满足: $(U1 \times R) / (U2 \times L) \geq S1$;其中, $S1$ 为抑制待测产品40的非检测面的串扰需要满足的信噪比, $U1$ 为探测光束201的中心照度, R 为最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率, $U2$ 为探测光束201的半宽边缘的照度, L 为非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率。探测光束201的半宽 W 满足: $d \times [\tan\alpha + \tan\beta] > FOV/2 + W$;其中, d 为待测产品40的厚度; FOV 为成像检测模块30的有效视场; α 为探测光束201在待测产品30中的折射角, β 为散射成像光束301在待测产品中的折射角。

[0050] 具体地,照明模块20产生的光线会在待测产品上形成探测光束201。如果探测光束201在待测产品40的检测面上未遇见缺陷401,根据光的反射定律,探测光束201在待测产品40的检测面形成反射光束202,反射光束202通常不能进入成像检测模块30。如果探测光束201在待测产品40的检测面上遇见缺陷401,缺陷401会使光线发生散射效应,部分被散射后的光线能够进入成像检测模块30,例如散射成像光束301。成像检测模块30根据散射成像光束301可以确定出待测产品40上的缺陷信息,例如缺陷的尺寸等。其中,待测产品40的检测面是指待测产品40靠近照明模块20的面,缺陷401通常位于待测产品40的检测面上;待测产品40的非检测面是指与待测产品40的检测面相对设置的面。

[0051] 图3是本发明实施例提供的探测光束的半宽的结构示意图。具体地,请参考图2和图3,对于一般的光束,例如高斯光束,光束的中心在待测产品40的检测面上的照度较大,而光束的半宽边缘在待测产品40的检测面上形成的照度较小。其中,光束的半宽边缘一般可以根据需要进行设定,例如,可以把照度为光束中心区域的照度的1/100的位置设定为光束的半宽边缘,或者把照度为光束中心区域的照度的1/10000的位置设定为光束的半宽边缘,本实施例不作具体限制。

[0052] 图4是本发明实施例提供的下层串扰原理图。具体地,请参考图2和图4,下层串扰是指由于待测产品40的非检测面上的串扰物402导致的串扰。待测产品40的非检测面可能包括串扰物402,当待测产品40为掩模版时,串扰物402可以是周期性结构的光栅等。探测光束201包括探测光束201中心的光线2011和探测光束201半宽边缘的光线2012,在检测缺陷时,优先采用探测光束201中心的光线2011作为检测光线,对缺陷401进行检测。照明视场的中心光线2011经过缺陷401的散射后,形成的散射成像光束301被成像检测模块30接收。此时,如果探测光束201的半宽边缘光线2012经过待测产品40折射后,刚好落在成像检测模块30的有效视场FOV的有效范围内,经串扰物402散射后,可以形成串扰信号并被成像检测模块30检测到。

[0053] 为了抑制待测产品40的非检测面的串扰信号,避免串扰信号影响缺陷的检测结果,探测光束201的照度需要控制在一定的范围内。探测光束201的照度可以满足 $(U1 \times R) / (U2 \times L) \geq S1$ 。具体的,R可以根据最小可检测缺陷的尺寸、照明模块20以及成像检测模块30的位置等参数确定;L可以根据照明模块20和成像检测模块30的位置以及最大串扰物的尺寸等参数确定。据此,根据上述公式可以确定探测光束201的半宽边缘的照度U2和探测光束201的中心照度U1的比值U2/U1,即确定中心照度和半宽边缘的照度的相对照度。

[0054] 另外,探测光束201的半宽W满足: $d \times [\tan\alpha + \tan\beta] > FOV/2 + W$ 。对于确定的缺陷检测装置和待测产品40,成像检测模块30的有效视场FOV的数值是确定的,探测光束201在待测产品40中的折射角 α 和散射成像光束301在待测产品40中的折射角 β 可以根据照明模块20和成像检测模块30的位置确定,据此,可以根据上述公式确定探测光束201的半宽W。可以理解的是,当确定探测光束201的半宽W以及探测光束的半宽边缘的照度U2和探测光束201的中心照度U1的比值后,就可以唯一地确定探测光束201,通过调节照明模块20的工作参数,就可以得到能够抑制下层串扰的探测光束201。

[0055] 本实施例通过最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率、非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率,以及抑制待测产品的非检测面的串扰所需要的信噪比,得到探测光束的半宽边缘与探测光束的中心之间的相对照度;通过探测光束在待测产品中的折射角、散射成像光束在待测产品中的折射角、待测产品的厚度以及成像检测模块的有效视场,得到够满足抑制待测产品的非检测面的串扰所需要的探测光束的半宽;根据相对照度和探测光束的半宽可以确定照明模块的具体参数,通过设置满足上述参数的照明模块,使得本发明实施例的缺陷检测装置在缺陷检测过程中可以抑制缺陷检测过程中产生的串扰,提高缺陷检测精度。

[0056] 具体地,为了提高检测灵敏度本实施例的成像检测模块30通过接收缺陷散射光来确定缺陷信息,即采用暗场成像,探测光束201在待测产品40中的折射角 α 通常不等于散射成像光束301在待测产品40中的折射角 β ,即 $\alpha \neq \beta$ 。示例性地,当待测产品40的厚度d为

6.35mm时,折射角 α 的取值满足 $30^\circ < \alpha < 45^\circ$,且折射角 β 满足 $30^\circ < \beta < 45^\circ$,为获得较好的检测结果,优选地, $|\alpha - \beta| > 3.5^\circ$ 。示例性地,设 $FOV = 1.5\text{mm}$, $\alpha = 42^\circ$, $\beta = 35^\circ$, $d = 6.35\text{mm}$,则 $W < d \times (\tan\alpha + \tan\beta) - FOV/2 = 6.35 \times (0.9 + 0.7) - 1.5/2 = 9.41\text{mm}$ 。为了得到清晰的检测结果, $S1 = 3$, $L = 3333.3 \times R$,则 $U2 \leq (U1 \times R) / (S1 \times L) = U1/10000$ 。如果探测光束201满足理想高斯函数,在已知相对照度为最大值 $1/10000$ 和探测光束201的半宽 $W = 9.41\text{mm}$ 的情况下,探测光束201可以唯一地确定。此时,照明视场的半高的半宽(照明视场50%相对照度的半宽)为 $W1 = 2.97\text{mm}$,探测光束201的半高的全宽 $W_{FWHM} = 2 \times W1 = 5.94\text{mm}$ 。

[0057] 可选地,探测光束201的照度还满足: $(U1 \times R) / (U2 \times M \times N) \geq S2$;其中, $S2$ 为抑制镜像串扰需要满足的信噪比, M 为探测光束201在镜像串扰区域内沿镜像串扰方向的散射效率, N 为探测光束201沿镜像串扰方向的散射光线在待测产品内的反射率;探测光束201的半宽 W 还满足: $2d \times \tan\theta - FOV/2 \geq W$,其中, θ 为探测光束201沿镜像串扰方向的散射光线在待测产品40中的折射角。

[0058] 图5是发明本实施例提供的镜像串扰原理图。可选地,请参考图2和图5,探测光束201的中心光线2011在遇到第一缺陷4011后,形成散射成像光束301,成像检测模块30可以根据散射成像光束301确定待测产品40的缺陷信息。探测光束201的边缘光线2012经过待测产品40的检测面上的第二缺陷4012散射后,散射光线进入待测产品40中,并在待测产品40的非检测面反射后形成的反射。可以理解的是,缺陷检测装置当前的正在检测的缺陷是第一缺陷4011,如果第二缺陷4012的反射产生的光线进入成像检测模块30的有效视场 FOV ,就会形成镜像串扰信号,并对第一缺陷4011的检测结果形成串扰,这种串扰称为镜像串扰。如果镜像串扰信号的强度较大,就会影响第一缺陷4011的检测的清晰度和准确度。

[0059] 为了抑制镜像串扰,需要使探测光束201的照度满足: $(U1 \times R) / (U2 \times M \times N) \geq S2$,以及使探测光束201的半宽 W 满足: $2d \times \tan\theta - FOV/2 \geq W$ 。一般来说,待测产品40的检测面上的镜像串扰区域内的缺陷颗粒的尺寸越大, M 的值越大。对于确定的待测产品40,在照明模块20和成像检测模块30的位置和角度,以及最大缺陷的尺寸确定后,即可确定 M 值。探测光束在待测产品40内的反射率 N 与待测产品40的折射率有关。示例性地,探测光束从空气进入待测产品40,经折射和反射后,从待测产品40再次出射至空气中,由于空气的折射率 $n1$ 通常为1,如果待测产品的折射率 $n2$ 为1.5,那么反射率 $N = (n2 - n1)^2 / (n2 + n1)^2 = (1.5 - 1)^2 / (1.5 + 1)^2 = 0.04$ 。

[0060] 根据探测光束201在镜像串扰方向的散射光线在待测产品中的折射角 θ ,待测产品40的厚度 d ,以及成像检测模块30的有效视场 FOV ,即可确定出探测光束201的半宽 W 。可以理解的是,当确定探测光束201的半宽 W 以及探测光束201的半宽边缘的照度 $U2$ 和探测光束201的中心照度 $U1$ 的比值后,就可以唯一地确定探测光束201,通过调节照明模块20的工作参数,就可以得到能够抑制镜像串扰的探测光束201。

[0061] 示例性地,已知 $250\mu\text{m}$ 的标准缺陷颗粒的散射光照度为 $10\mu\text{m}$ 的标准缺陷颗粒的625倍,设探测光束201满足理想高斯分布,为保证 $100\mu\text{m}$ 的标准缺陷颗粒不产生镜像串扰,设探测光束201在待测产品40的折射率 $n = 1.5$,则探测光束201在镜像串扰方向的散射光线在待测产品40中的反射率 $N = 0.04$,探测光束201在镜像串扰方向的散射光线在待测产品40中的折射率折射角 $\theta = 35^\circ$,抑制镜像串扰需要满足的信噪比 $S2 = 4$,由此可知, $U2 \leq (U1 \times R) / (S2 \times M \times N) = U1/100$ 。设待测产品的厚度 $d = 6.35\text{mm}$, $FOV = 1.5\text{mm}$,则探测光束201的半宽 $W \leq 2d$

$\times \tan\theta - FOV/2 = 8.14\text{mm}$ 。根据探测光束201的半宽边缘的照度 U_2 和探测光束201的中心照度 U_1 的比值 U_2/U_1 确定的相对照度,以及探测光束201的半宽 W 的值,即可唯一地确定探测光束201。

[0062] 图6是本发明实施例提供的探测光束的结构示意图。可选地,请参考图6,探测光束201的主光线的角度偏差小于 5° ;散射成像光束的主光线的角度偏差小于 5° 。具体地,照明模块出射的探测光束201在待测产品40的检测面上形成照明视场103,为保证缺陷检测的准确度,探测光束201的出射方向需尽可能地相同。探测光束201的主光线是指照明视场的中心附近的光线;通常,当探测光束201的主光线角度偏差小于 5° 时,可以得到较为准确的缺陷检测结果;当探测光束201的主光线角度偏差小于 1° 时,可以得到更为精确的测量结果。示例性地,以波长为640nm的光为探测光束201,对20 μm 的标准缺陷颗粒进行检测时,当探测光束201的散射效率随探测光束201的角度的偏差为 10° 时,散射效率的差值高达61.3%,由于缺陷产生散射光可能为任意方向,因此,该差异无法校正,导致缺陷检测结果不准确。

[0063] 图7是本发明实施例提供的散射成像光束和成像检测模块的结构示意图。具体地,请参考图2和7,由于探测光束被缺陷401散射后,形成的散射成像光束301的方向是任意的。能够进入成像检测模块30中的散射成像光束301包括不同方向的第一成像光线3010、第二成像光线3011和第三成像光线3012;其中,第一成像光线3010最接近垂直于成像检测模块30接收成像光线301的面,因此,第一成像光线3010为散射成像光束301的主光线。对于散射成像光束301的主光线,其角度偏差也应该小于 5° ,优选地,散射成像光束301的主光线的角度偏差可以小于 1° 。

[0064] 图8是本发明实施例提供的另一缺陷检测装置的结构示意图。可选地,请参考图8,该缺陷检测装置还包括水平运动模块50;水平运动模块50用于承载待测产品40沿平行于待测产品40的检测面的方向运动。具体地,在缺陷检测过程中,水平运动模块50带动待测产品40沿平行于待测产品40的检测面的方向移动,实现对整个待测产品40的扫描检测。

[0065] 可选地,本实施例提供的缺陷检测装置还包括:焦面测量模块70和垂直运动模块60;焦面测量模块70用于检测待测产品40的检测面的离焦量;垂直运动模块60用于根据离焦量控制待测产品40沿垂直于检测面的方向运动。具体地,通过测量待测产品40的检测面与焦面测量模块70之间的距离,即得到待测产品40的检测面与成像检测模块30之间的离焦量。垂直运动模块60可以用于调节待测产品40的高度,从而调节待测产品40与照明模块20和成像检测模块30的相对位置,保证缺陷检测结果的准确性。

[0066] 可选地,成像检测模块30用于根据连续多次获取的成像光线301确定多个成像信号,并对多个成像信号进行积分以确定缺陷信息。为了保证对较小的缺陷颗粒的检测的准确性,需要成像检测模块30具有较高的空间分辨率;具体地,通常要求缺陷检测装置的空间分辨率小于0.1mm。仍以探测光束201的半高半宽 W_1 为2.97mm为例,当空间分辨率小于 W_1 的0.2倍,即,空间分辨率小于 $0.2 \times 2.97 = 0.594\text{mm}$ 时,但是由于探测光束201难以达到理想的直线状态,探测光束201存在调焦误差,检测过程中出现的照明视场的焦面波动,待测产品的检测面并非完全水平,以及水平运动模块的运动轴在运动过程中存在俯仰、翻滚或偏转等,导致缺陷在照明视场中的位置存在较大差异,从而使缺陷接收和散射的光线能量存在较大差异,使得缺陷检测的结果受上述偶然因素的影响较大。

[0067] 图9是本实施例提供的探测光束与缺陷之间的位置关系示意图。可选地,示例性

的,请参考图9,从t1至t4时刻,由于缺陷与探测光束的相对位置发生变化,t1时刻缺陷位于第一位置P1,t2时刻缺陷位于第二位置P2,t3时刻缺陷位于第三位置P3,t4时刻缺陷位于第四位置P4,成像检测模块在不同时刻采集到的缺陷信息,其对应的信号强度差异很大,影响缺陷检测精度和检测的重复性,导致缺陷的检测结果不可靠。但是本实施例通过对从t1至t4时刻采集到的所有信号进行积分处理后,得到的总的缺陷检测信号相对稳定,检测精度和检测的重复性可以大幅度提高。需要说明的是,本实施例仅示例性的对连续四次采集的信号进行积分,并非对本发明的限定。

[0068] 可选地,请继续参考图8,成像检测模块30包括积分相机302;积分相机302可以为TDI相机、CMOS相机或者CCD相机。具体地,TDI相机是一种时间延迟积分相机,可以对移动的物体进行连续拍照,记录采集物体移动过程中的位置变化。CMOS相机的核心结构是CMOS元件,分辨率高,能够用于记录移动中物体的位置信息。CCD相机的分辨率高,尤其在拍摄的位置或移动时,通过对CCD相机拍摄的画面进行处理后,可以得到详细的物体移动位置信息。可以理解的是,积分相机302还可以是其他类型的相机,本实施例对此不作具体限制。

[0069] 可选地,成像检测模块30还包括聚光单元303,聚光单元303用于会聚成像光线301,使汇聚后的成像光线301入射到积分相机302。由于探测光束201被缺陷401散射后,形成的散射成像光束301可以沿任意方向传播,能够进入到成像检测模块30的光线为发散光。为了方便缺陷信息的检测,需要对发散的散射成像光束301进行汇聚。可选地,聚光单元303可以为一组透镜,透镜的个数可以根据实际需要设置,本实施例不作具体限制。

[0070] 可选地,探测光束201满足高斯分布。具体地,照明模块20出射的探测光束201可以为高斯光束。高斯光束的振幅按照高斯函数的规律变化,光束中心的照度较大,从光束中心往光束边缘,高斯光束的振幅衰减较快,通过一定的光学调节手段,容易得到视场宽度较小的光束,从而可以更好的抑制缺陷检测过程中产生的串扰,提高缺陷检测的精度。

[0071] 本实施例还提供了一种光刻设备,该光刻设备可以本发明任意实施例所述的缺陷检测装置。

[0072] 本实施例提供的光刻设备,通过最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率、非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率,以及抑制待测产品的非检测面的串扰所需要的信噪比,得到探测光束的半宽边缘与探测光束的中心之间的相对照度;通过探测光束在待测产品中的折射角、散射成像光束在待测产品中的折射角、待测产品的厚度以及成像检测模块的有效视场,得到够满足抑制待测产品的非检测面的串扰所需要的探测光束的半宽;根据相对照度和探测光束的半宽可以确定照明模块的具体参数,通过设置满足上述参数的照明模块,使得本发明实施例的缺陷检测装置在缺陷检测过程中可以抑制缺陷检测过程中产生的串扰,提高缺陷检测精度。

[0073] 基于同一发明构思,在缺陷检测装置的基础上,本实施例还提供了一种缺陷检测方法。本实施例提供的缺陷检测方法可以由上述任意实施例所提供的缺陷检测装置来执行,缺陷方检测法具备与缺陷检测装置相应的有益效果。未在本实施例中详尽描述的技术细节,可参见本发明任意实施例所提供的缺陷检测装置。

[0074] 图10是本发明实施例提供的缺陷检测方法的流程图。可选地,本实施例还提供了一种缺陷检测方法,包括:

[0075] 步骤1、通过照明模块产生探测光束,并使探测光束入射至待测产品的检测面上;

探测光束的照度和探测光束的半宽分别满足： $(U1 \times R) / (U2 \times L) \geq S1, d \times [\tan\alpha + \tan\beta] > FOV/2+W$ 。

[0076] 步骤2、通过成像检测模块检测探测光束是否经待测产品的检测面散射产生散射成像光束,并根据散射成像光束确定缺陷信息。

[0077] 其中, $S1$ 为抑制待测产品的非检测面的串扰需要满足的信噪比, $U1$ 为探测光束的中心照度, R 为最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率, $U2$ 为探测光束的半宽边缘的照度, L 为非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率, d 为待测产品的厚度; FOV 为成像检测模块的有效视场; α 为探测光束在待测产品中的折射角, β 为散射成像光束在待测产品中的折射角。

[0078] 本实施例通过最小可检测缺陷在可被接收角度内对光线的散射效率、非检测面上的最大串扰物在可被接收角度内对光线的散射效率,以及抑制待测产品的非检测面的串扰所需要的信噪比,得到探测光束的半宽边缘与探测光束的中心之间的相对照度;通过探测光束在待测产品中的折射角、散射成像光束在待测产品中的折射角、待测产品的厚度以及成像检测模块的有效视场,得到够满足抑制待测产品的非检测面的串扰所需要的探测光束的半宽;根据相对照度和探测光束的半宽可以确定照明模块的具体参数,通过设置满足上述参数的照明模块,使得本发明实施例的缺陷检测装置在缺陷检测过程中可以抑制缺陷检测过程中产生的串扰,提高缺陷检测精度

[0079] 可选地,根据成像光线确定缺陷信息包括:

[0080] 根据连续多次获取的散射成像光束确定多个成像信号,对多个成像信号进行积分以确定缺陷信息。

[0081] 具体地,为了提高缺陷检测的质量,需要连续多个获取散射成像光束,从而获得多个成像信号,对多个成像信号进行积分,进而提高缺陷检测的精度及检测的可重复性。

[0082] 注意,上述仅为本发明的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解,本发明不限于这里所述的特定实施例,对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。因此,虽然通过以上实施例对本发明进行了较为详细的说明,但是本发明不仅仅限于以上实施例,在不脱离本发明构思的情况下,还可以包括更多其他等效实施例,而本发明的范围由所附的权利要求范围决定。

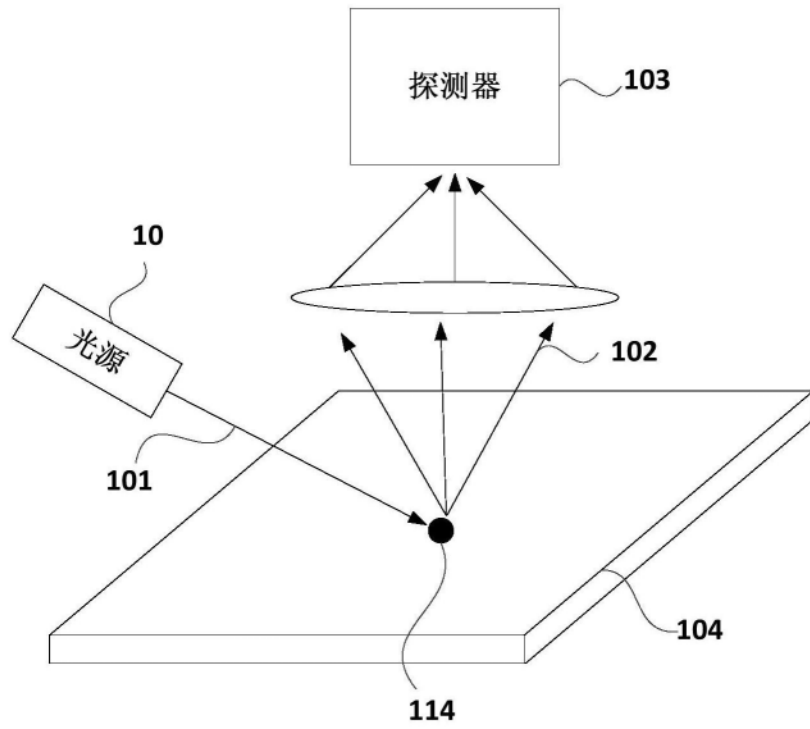


图1

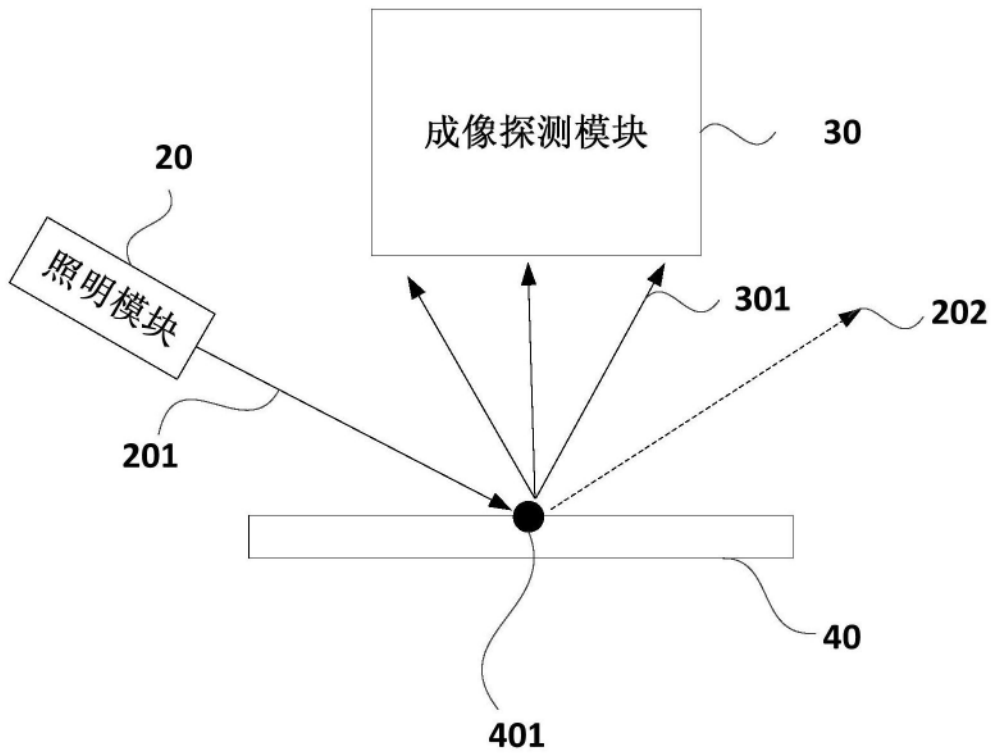


图2

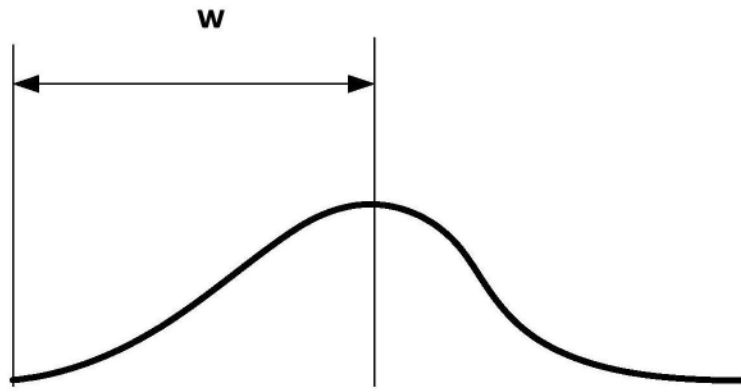


图3

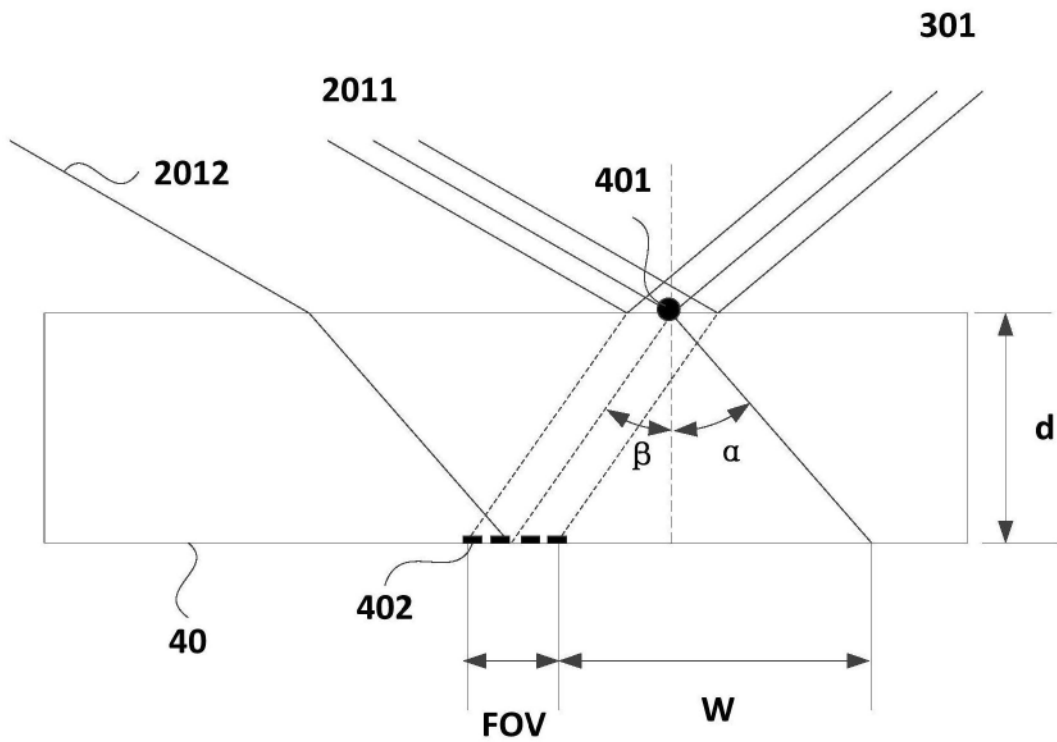


图4

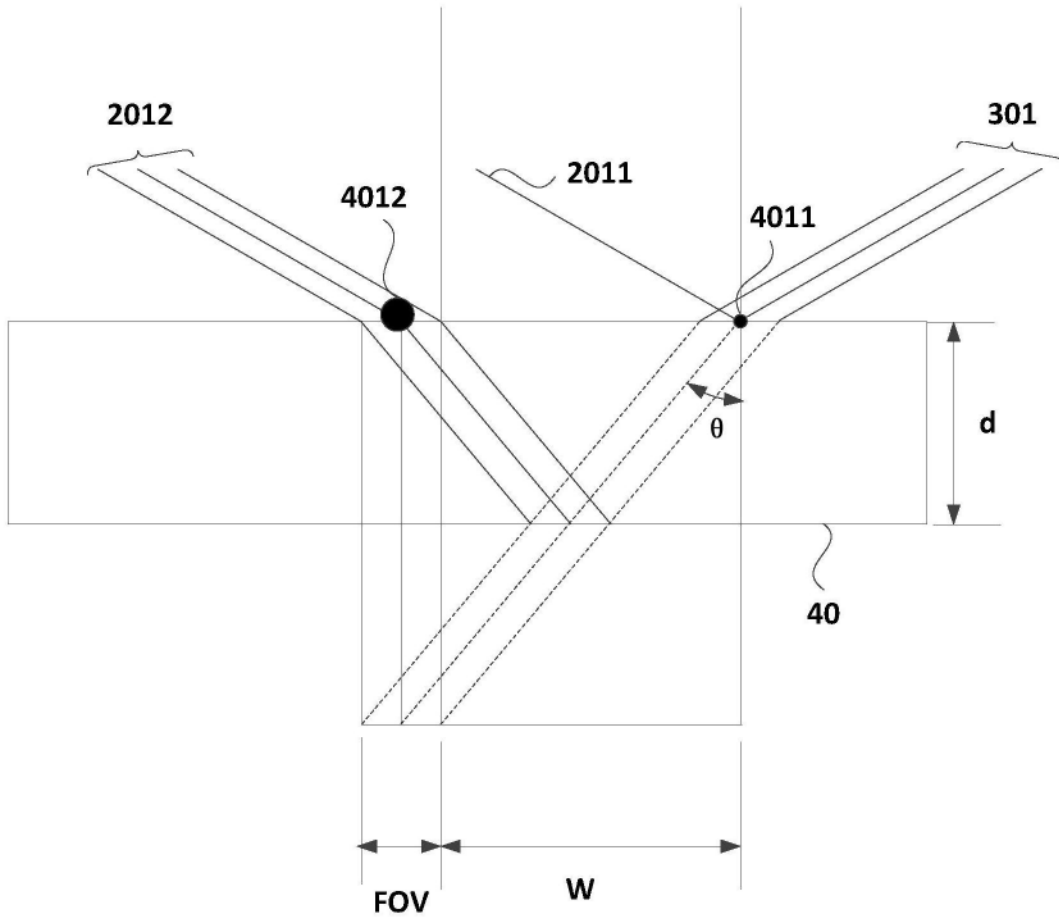


图5

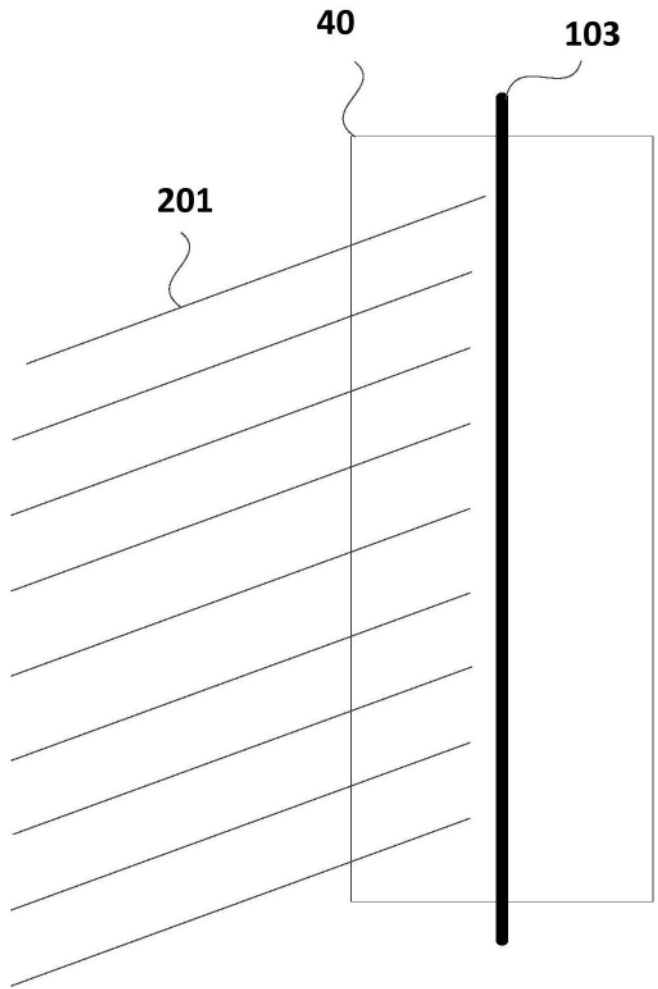


图6

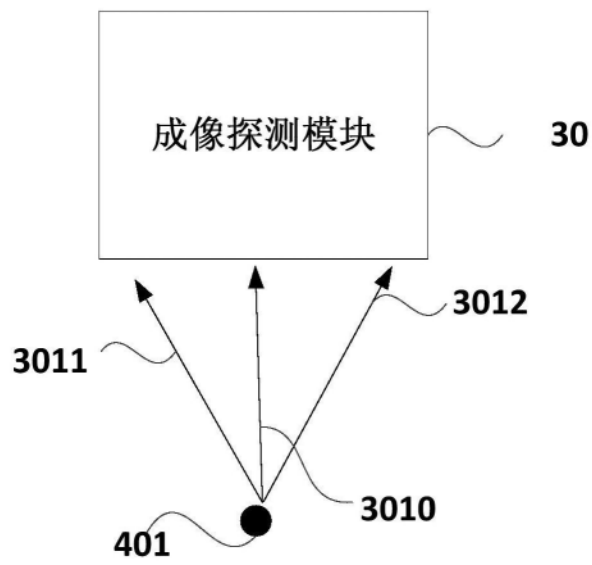


图7

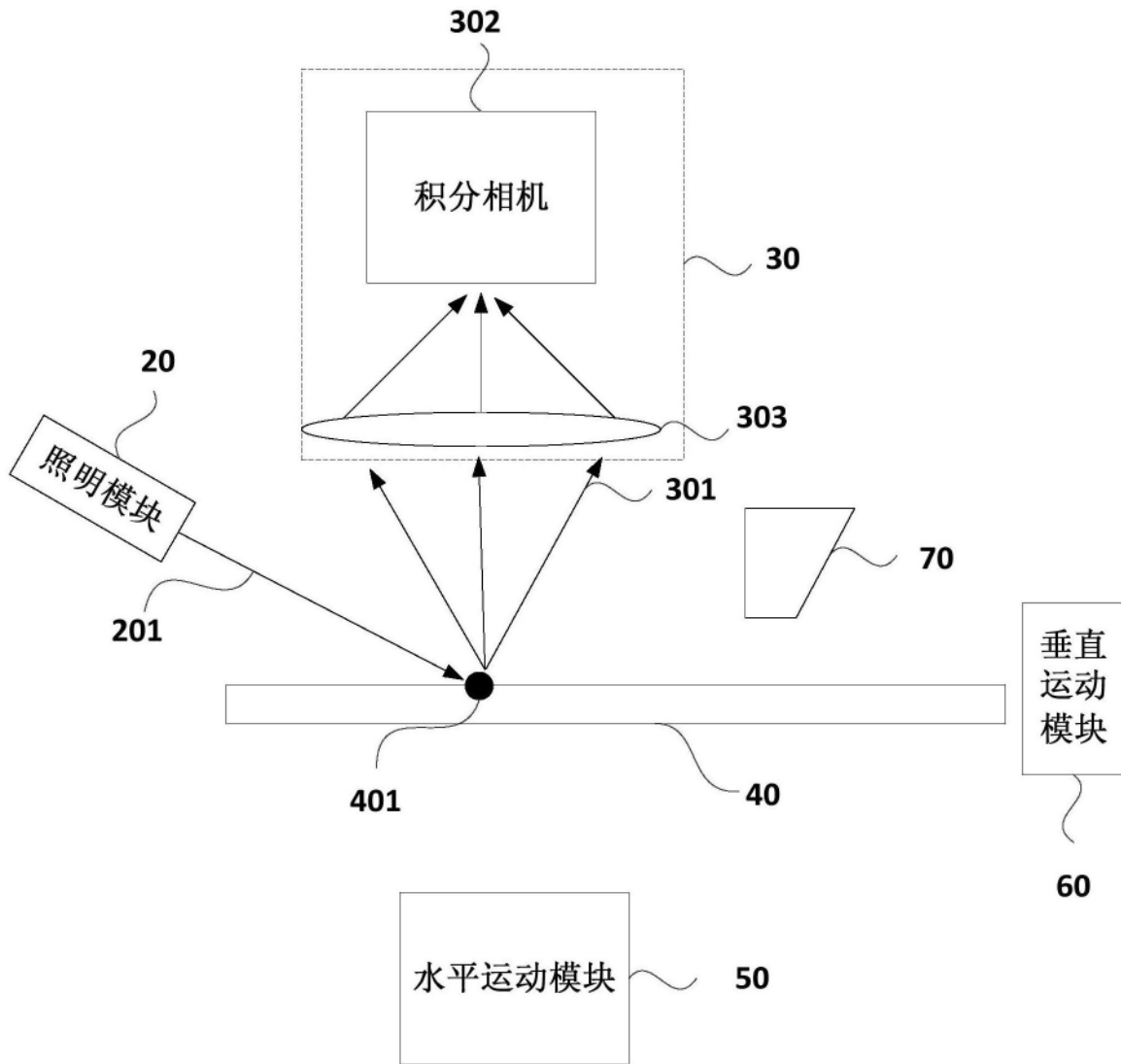


图8

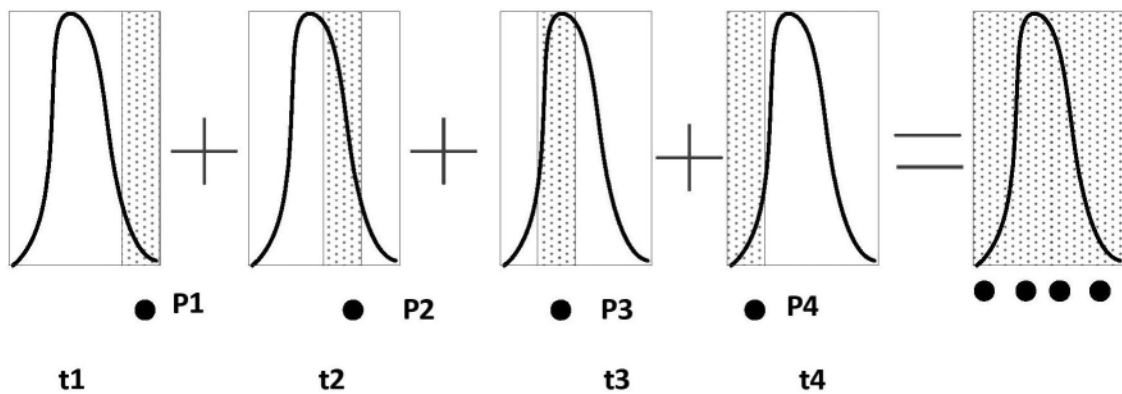


图9

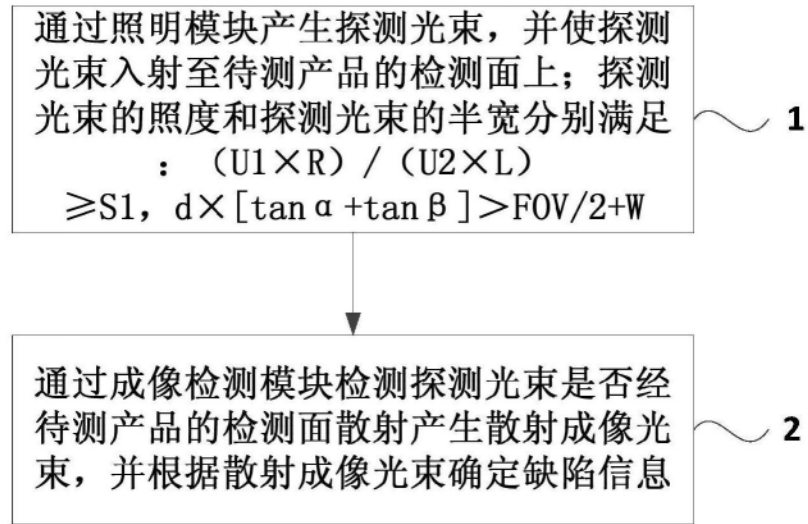


图10