



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102652257 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 29

(21) 申请号 201080056127. 5

(22) 申请日 2010. 12. 06

(30) 优先权数据

09015341. 2 2009. 12. 11 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 06. 11

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2010/068998 2010. 12. 06

(87) PCT申请的公布数据

W02011/069976 DE 2011. 06. 16

(71) 申请人 拜尔技术服务有限责任公司

地址 德国莱沃库森

(72) 发明人 C. 赫尔曼森

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 臧永杰 李家麟

(51) Int. Cl.

G01N 15/02(2006. 01)

G01N 21/03(2006. 01)

G01N 21/47(2006. 01)

G01N 21/64(2006. 01)

G01N 33/18(2006. 01)

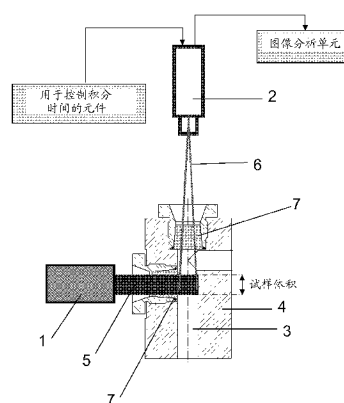
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 12 页

(54) 发明名称

用于探测流动的流体中的发光性和 / 或光散射性颗粒的装置

(57) 摘要

本发明涉及用于探测在流动的流体中的发光性和 / 或光散射性颗粒的探针, 该探针具有测量单元, 所述测量单元包括待测流体流过的管线通道, 至少一个在管线的壁中的透明窗口, 至少一个用于产生尺寸确定的激励光束的光源, 其在光学受限制的光体积中通过窗口激励在管线通道中的发光性和 / 或光散射性颗粒, 至少一个探测器, 其通过该窗口或通过另一窗口记录由发光性和光散射性颗粒发射的光, 其中测量单元被构建为使得尺寸确定的激励光束和发射的光相互垂直地定向, 并且每个颗粒在测量体积内平行于流体流直线地以相对激励光的固定的角度运动。本发明还涉及用于探测在流动流体中的发光性和 / 或光散射性颗粒的方法以及本发明探针或者该方法用于在线监控生产设备、尤其是塑料生产设备或净化设备的应用。



1. 用于探测在流动的流体中的发光性颗粒和可选光散射性颗粒的探针,该探针具有包括如下元件的测量单元:

- 待测量的流体流过的管线通道,
- 至少一个在管线的壁中的透明窗口,
- 至少一个用于产生尺寸确定的激励光束的光源,所述激励光束在光学受限制的光体积中通过所述窗口激励在管线通道中的发光性颗粒和光散射性颗粒,
- 至少一个探测器,所述探测器通过所述窗口或通过另一窗口记录发光性颗粒和可选光散射性颗粒的电磁辐射,
- 用于控制积分时间的元件,所述元件用于输入试样体积的高度和输入流速以及计算和控制积分时间,其中积分时间是颗粒在输入的流速情况下流过光体积所需的时间,

其中在测量单元中,尺寸确定的激励光束和由发光性和/或光散射性颗粒发射的光相互垂直地定向,

其中每个颗粒在测量体积内平行于流体流运动,并且流体流以相对激励光的固定的角度流动,

其中流体流、探测器和光源处于一个平面中,和

其中探测器具有至用于控制积分时间的元件的接口,使得探测器能够在所计算的积分时间上记录由发光性颗粒所发射的光。

2. 根据权利要求1所述的探针,其特征在于,颗粒流相对激励光的固定的角度处于45至135度的范围中。

3. 根据权利要求1至2之一所述的探针,其特征在于,激励光束在管线通道的整个管线直径上射入。

4. 根据权利要求1至3之一所述的探针,其特征在于,管线以90°角度折弯,并且所述管线在一侧在弯曲之前具有用于照射管线通道的透明的照明窗口,并且在该管线的该侧直接在该弯曲之后具有用于借助探测器记录发射光的透明的探测窗口,从而探测窗口在管线通道的下部是开放的,并且探测器记录流向所述探测器的流体流。

5. 根据权利要求4所述的探针,其特征在于,为了颗粒的最佳的流动,从照明窗口的中心起与探测窗口的表面的距离d被匹配于管线的大小。

6. 根据权利要求4或5之一所述的探针,其特征在于,光体积最大正好与物镜的两倍景深范围一样高。

7. 根据权利要求1至3之一所述的探针,其特征在于,测量单元具有唯一的窗口,所述窗口在管线的边缘处被置入在管线壁中并且具有棱镜作为窗玻璃,其确保激励光相对发射光的垂直定向。

8. 根据权利要求7所述的探针,其特征在于,激励光束的厚度最大为5mm。

9. 根据权利要求1至8之一所述的探针,其特征在于,所述探针具有用于发光性颗粒的探测器和用于散射光颗粒的探测器。

10. 用于探测在流过根据权利要求1至9之一所述的探针的流体中的发光性颗粒和可选光散射性颗粒的方法,具有下面的步骤:

a. 输入光体积的高度并且输入在管线中的流速以及在用于控制积分时间的元件中计算积分时间,其中积分时间是颗粒在定义的流速情况下流过光体积所需的时间,

- b. 通过光源在整个管线直径上激励光,用于定义光体积,
 - c. 在积分时间上借助探测器在整个管线直径上对发射光进行探测,
 - d. 借助图像分析单元分析探测数据,
 - e. 输出颗粒数量和 / 或颗粒大小分布和 / 或每体积和 / 或每重量的颗粒强度分布和 / 或输出在确定的时间上发光性或光散射性颗粒的聚集图像。
11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中在整个管线直径上的光激励和发射光探测在整个管线直径上进行。
12. 根据权利要求 11 至 12 之一所述的方法,其中探测器是高分辨率的光敏感的相机。
13. 根据权利要求 13 所述的方法,其中在较长的探测时间上记录颗粒。
14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中探测器在积分时间上记录图像系列,所述图像系列在该时间上被相加。
15. 根据权利要求 1 至 9 之一所述的探针或者根据权利要求 11 至 14 之一所述的方法用于在线监控生产设备、尤其是塑料生产设备或净化设备的应用。

用于探测流动的流体中的发光性和 / 或光散射性颗粒的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于探测在管线中流动的流体中的发光性和 / 或光散射性颗粒的探针和方法。

背景技术

[0002] 在生产塑料时,监控生产过程是有决定性意义的,以便获得关于产品质量的及早的信息。尤其是,发光性或者发荧光性颗粒的数量是用于制造用于光学应用的成品、尤其是如 CD-Rom、DVD 的光学存储介质、光学部件、窗材料等等的塑料的可用性的决定性质量因素。

[0003] 由现有技术已知不同的用于探测在 CD-Rom 中的发光性颗粒的方法。例如完成的塑料粒料被熔化,作为 CD 被喷射并且在发光方面被研究。在另外的方法中,完成的塑料粒料被溶解并且溶液通过滤网被过滤。最后,经过滤的颗粒借助电子显微镜被评估。

[0004] 明显的是,这些方法是耗费的并且不能实现在生产过程中的在线监督。

[0005] 因此,存在对如下装置的需求,该装置能够在液体中实时地可靠并且精确地探测所有在预先给定的测量体积中出现的发光性颗粒,其中该液体在例如来自生产设备的管线中流动。在此该设备应该简单并且稳健地被构建并且尤其是能够经受在 40 巴(bar)的压力下直至 400°C 的温度。

[0006] WO 2006/136147 A2 描述了一种用于利用深度受限制的光片(Lichtscheibe)来探测散射光颗粒的设备,其中在光学受限制的测量体积中经过所述设备的颗粒借助相机来检测。在该设备中,在测量体积中达到无光收敛或发散的均匀照明,其中该测量体积在深度上借助深度受限制的光片狭窄地被限制,使得仅仅在该体积中流动的颗粒能够被看到。摄像机正交于光片,通过其分辨率仅仅描述测量体积的正交于摄像机取向的面的两个维度。通过借助分析软件的快速、高分辨率的图像检测和存储,不仅能够实现颗粒计数而且能够实现颗粒识别。在此,在两个图像之间必须保证,测量体积被交换达 100%。在 WO 2006/136147 A2 中避免在较长的探测时间上记录颗粒,因为颗粒计数和识别会不再可靠。

[0007] 但是,由于由发光性颗粒发射的光通常具有小的强度,因此探测器经常在其探测边界工作,从而运动的颗粒必须在较长的探测时间上被记录。

[0008] 从作为最接近现有技术的 WO 2006/136147 A2 出发,因此存在如下任务:提供一种用于探测在管线中的发光性颗粒的装置,该装置能够在由发光性颗粒发射的光和探测器噪声之间进行区别。

[0009] US 2008/0019658 描述了用于探测发光性流体的测量探针,其中该测量探针的壁由透明的流量波导管组成。在该流量波导管的下端部处放置有一个或多个探测器,所述探测器记下通过流量波导管积聚的被激励发光的颗粒的发射光。在此,颗粒探测是不可能的。

[0010] JP 2005-300375 A 描述了用于探测在流动的流体中的光散射性颗粒的探针,其中测量单元具有待测量流体流过的管线通道、管线的壁中的透明窗口和至少一个用于产生尺

寸确定的激励光束(该激励光束通过该窗口照射在管线通道中的光散射性颗粒)的光源、以及至少一个探测器,其中所述探测器通过该窗口记录光散射性颗粒的电磁辐射。但是因为测量单元不是被构建为使得尺寸确定的激励光束与由光散射性颗粒发射的光相互垂直地定向,因此该设备不能实现在定义的景深上的照射。相应地不照射能够实现管线的图像记录的图像平面。

[0011] US 6,309,886 B1 公开了用于探测在流动的流体中的发荧光性颗粒的探针。在该探针中,流体通过通道的整个直径被运送,该流体借助光源被曝光,从而产生垂直于具有定义的景深的流体流的光平面、也即光体积。在该光体积中流过的发荧光性颗粒被光束激励并且其发射光借助 CCD 相机以预先定义的曝光时间在预先确定的积分时间上被记下。该积分时间可大于渡越时间或者匹配于渡越时间,以便改善探测的敏感性和颗粒分辨率。该流体通过排放通道被去除。在该设备中,尤其没有注意到,每个颗粒在平行于流体流的测量体积内直线运动。相应地,为了改善分析结果,使用用于在尤其是在通道边缘处的测量区域上减少流动变化的方法。为此,建议不同的用于图像校正的方法,或者由探测器仅仅记录通道的中央部分。

发明内容

[0012] 从作为最接近现有技术的 US 6,309,886 B1 出发,因此存在的任务是,提供用于探测在管线中的发光性颗粒的装置,该装置能够在由发光性颗粒所发射的光和探测器噪声之间进行区别,能够简单地监控整个管线并且能够匹配于生产设备的参数。

[0013] 该任务通过用于探测在流动的流体中的发光性和可选光散射性颗粒的探针解决,该探针具有包括如下元件的测量单元:

- 待测量的流体流过的管线通道,
- 至少一个在管线的壁中的透明窗口,
- 至少一个用于产生尺寸确定的激励光束的光源,所述激励光束在光学受限制的测量体积中通过窗口激励在管线通道中的发光性颗粒和光散射性颗粒,
- 至少一个探测器,其通过该窗口或通过另一窗口记录发光性颗粒和可选光散射性颗粒的电磁辐射,

其中所述测量单元被构建为使得尺寸确定的激励光束和发射的光相互垂直地定向,每个颗粒在测量体积内平行于流体流直线地运动,并且流体流以相对激励光的固定的角度流动,其中流体流、探测器和光源处于一个平面中(图 1,3,6b)。按照本发明,探测器具有至用于控制积分时间的元件的接口,该元件用于输入试样体积的高度和输入流速以及计算和控制积分时间,从而探测器在颗粒在输入的流速情况下流过光体积所需的时间上记录由发光性颗粒所发射的光。

[0014] 在本发明中,可以在较长的探测时间、也即连续地记录颗粒,其中在该探测时间期间颗粒在流动的流体中继续运动。

[0015] 在本发明的另一实施方式中,探测器在积分时间上记录图像系列,所述图像系列在该时间上被相加。在所述图像系列上的颗粒跟踪需要更加光敏感的相机,以便识别出颗粒,但是是明显更简单的,以便颗粒不多次被计数,尤其是在具有棱形窗口的探针的情况下。此外,该方法还具有避免噪声的优点。

[0016] 每个颗粒都具有对准的流动,并且能够在较长的探测时间上作为光点或作为对准的光痕迹(Lichtspur)被记录,这能够实现可靠的图像分析。

[0017] 通过每个颗粒的由探针的构造所决定的对准的流动,耗费的校准或图像的校正是不需要的。

[0018] 本发明的第一主题因此是用于探测在流动的流体中的发光性颗粒和可选光散射性颗粒的探针,该探针具有包括如下元件的测量单元:

- 待测量的流体流过的管线通道,
 - 至少一个在管线的壁中的透明窗口,
 - 至少一个用于产生尺寸确定的激励光束的光源,所述激励光束在光学受限制的光体积中通过窗口激励在管线通道中的发光性颗粒和光散射性颗粒,
 - 至少一个探测器,其通过该窗口或通过另一窗口记录发光性颗粒和可选光散射性颗粒的电磁辐射,
 - 用于控制积分时间的元件,该元件用于输入试样体积的高度和输入流速以及计算和控制积分时间,其中积分时间是颗粒在输入的流速情况下流过光体积所需的时间,
- 其中测量单元被构建为使得尺寸确定的激励光束和所发射的光相互垂直地定向,
- 其中每个颗粒在测量体积内平行于流体流运动,所述流体流以相对激励光的固定的角度流动,
- 其中流体流、探测器和光源处于一个平面中,
- 其中探测器具有至用于控制积分时间的元件的接口,使得探测器在颗粒在输入的流速情况下流过光体积所需的时间上记录由发光性颗粒所发射的光。

[0019] 优选地,颗粒流相对激励光的固定的角度处于 45 至 135 度的范围中。

[0020] 为了能够借助其发射光的强度明确地识别发光性颗粒,所述强度在确定时间(也称为积分时间)上被相加。积分时间被定义为颗粒在固定的流速情况下流过试样体积所需的时间。在本发明中,探测器相应地具有至用于控制积分时间的元件的接口,从而探测器在颗粒在定义的流速情况下流过光体积所需的时间上记录由发光性颗粒发射的光。用于控制积分时间的元件通常是计算机的一部分。

[0021] 典型地,利用本发明的设备监督直径为 0.5 至 50mm、优选 4 至 30mm 的管线。在此,应注意的是,探测分辨率在管线直径上升的情况下下降。相应地,光源和探测器必须匹配于管线直径或者分辨率损失必须利用合适的装置(例如高分辨率的光敏感的相机)、强力的光源(例如激光光源或氙灯)来补偿。

[0022] 管线的材料是任意的,通常使用金属制成的管线。

[0023] 典型地,作为用于激励发光性颗粒的光源与激励过滤器、具有合适发射波的激光器或大功率 LED 组合地使用氙灯。

[0024] 典型地,发光性颗粒借助波长为 400 至 500nm 情况下的光束来激励。

[0025] 由光源生产的激励光束通常通过在管线壁中所引入的窗口在管线通道的整个管线直径上被射入。激励光束的尺寸定义了光学受限制的测量体积。同样,整个管线直径由探测器记录。在此特别的优点是,通过管线的小片段(测量体积)的图像记录可以在该时间上检测管线的完整内容。在需要时,激励光束的几何结构借助圆柱形透镜或波导管横截面转换器来构成。

[0026] 通常,尺寸确定的激励光束相对由发光性颗粒发射的光的垂直定向通过光源和探测器彼此间的垂直定向来保证。代替地,可以借助棱镜和反射镜来实现相应光束彼此间必要的定向。

[0027] 在本发明探针的第一实施方式中,用于用激励光照射管线通道的透明窗口(照明窗口)以及用于借助探测器记录发射光的另外的透明窗口(探测窗口)处于管线壁中。在该特别的实施方式(参见图 1)中,管线以 90° 的角度折弯。照明窗口在管线的一侧处于弯曲之前,并且探测窗口在管线的该侧直接地处于该弯曲之后,从而探测窗口在管线通道的下部是开放的,并且探测器记录流向所述探测器的流体流。该实施方式具有特别的优点:该流以相对流动方向的为 0 度的固定的角度被观察,并且每个颗粒相应地作为点被探测,前提是所述颗粒在整个积分时间期间垂直于激励光直线地运动。

[0028] 在本发明的该实施方式中,有利的是,光体积最大是探测器的景深范围的两倍高,典型地,激励光束被聚集在 $100\text{ }\mu\text{m}$ 至 10mm 、优选 $150\text{ }\mu\text{m}$ 至 3mm 的厚度上。如果测量体积大于景深范围,则颗粒不再被精确地测量。如果仅仅要求一次探测事件,则该测量体积应该仅尽可能大,以便收集尽可能多的光。

[0029] 因为管线的角度也在弯曲之前影响线路中的流体流的方向,因此有利的是,测量单元的构造直线地支持颗粒不受阻碍在测量体积内的层状流动,也即没有死空间并且在恒定速度情况下。为此,可以单独地或者相互组合地使用不同的装置。

[0030] 例如优选的是,将窗玻璃与管线通道齐平地固定到管线壁中。窗口的形状是任意的,通常是直径为 2 至 100mm 的圆形。代替地,探针可以由蓝宝石或石英玻璃制造,所述探针被固定在管线处。

[0031] 为了在塑料生产设备中的可用性,窗口必须经受在直至 400°C 温度和 1 至 250 巴的压力下熔液的流动。典型地,窗口由蓝宝石或石英玻璃组成,由于其特别的坚固性优选由蓝宝石组成,具有 10mm 的厚度并且如例如在 DE 102 01 541 A1 中描述的那样被成形为锥状的。通过借助玻璃金属密封的压力,窗口元件可以与管线通道齐平地被固定到管线壁中(图 3)。

[0032] 此外,优选的是,为了颗粒的最佳流动,从照明窗口的中心起与探测窗口的表面的距离 d 被匹配于管线的大小(图 4)。根据应用领域,此外有利的是,距离 d 匹配于流速和所研究的流体的粘度,以便优化在测量区域内的层状流动。

[0033] 也可能的是,如此构成探测窗口,使得管线的在 90° 角度的死空间是最小的。为此,探测窗口的构造可以如例如在图 5 中所示地被匹配。

[0034] 在本发明探针的第二实施方式中,借助棱镜来实现相应光束彼此间必要的定向。于是测量单元通常具有唯一的窗口,该窗口在管线的边缘处被置入在管线壁中并且具有棱镜作为窗玻璃(图 5 和 6)。代替地,由蓝宝石或石英玻璃制成的探针可以被制造为具有适当的棱形几何结构,所述探针被固定在管线处。

[0035] 该特别的实施方式具有优点:流体流可以不受阻碍地流过该窗口。光源、探测器的定位和棱镜的几何结构和光学特性确保激励光相对发射光的适当的垂直定向。在相对流动方向优选 45° 或 135° 的固定的角度上进行观察。在该实施中,颗粒作为对准的线被记录。

[0036] 在棱镜实施中,激励光束的厚度优选比管线直径薄。有利的是,最大为 5mm 、优选 $150\text{ }\mu\text{m}$ 至 3mm 的厚度,但是其取决于流动通道的直径。例如针对 5mm 的流动通道直径,优选

最大 1mm 的光束厚度。如果测量体积大于景深范围,则颗粒不再被精确地测量。如果仅仅需要一次探测事件,则该测量体积应该仅仅尽可能大,以便收集尽可能多的光。

[0037] 对于所描述的实施方式 1 和 2,可能有利的是,直接借助加热元件来加温测量单元,从而流过的流体的温度可以被保持恒定。典型的加热元件是通过加热管道的油附带加热或电加热。

[0038] 在本发明中,探测器可以记下通常在 500 至 700nm 波长情况下的由发光性颗粒发射的光的强度。如果由该探测器记下由光散射性颗粒发射的光的强度,则这通常发生在激励波长处。必要时,使用发射过滤器,以便选择性地检测该波长范围。

[0039] 也可能的是,使用多个探测器,其中可以将用于探测发光性颗粒的探测器和用于探测光散射性颗粒的探测器组合(例如如在图 10 中所示)。

[0040] 可能的探测器例如是 CCD 相机、CMOS 相机、放大器相机、光电倍增器、光电池。合适的相机是在探测波范围(500–700nm)中足够光敏感的相机。例如,使用 AVT 公司的相机 Stingray (根据模型,图像频率为 9 至 84 fqs)。相机的优点在于,不仅能够检测颗粒的发光强度而且能够检测颗粒的面。

[0041] 按照本发明,光源连续地或者在积分时间上照射流动通道的试样体积并且激励流过的颗粒。

[0042] 通常,积分时间被匹配于试样体积的大小和流速。

[0043] 探测器在积分时间上记录来自通道内部的发射光并且将该信息转发给图像分析单元,该图像分析单元通常是计算机的一部分。

[0044] 图像材料的分析典型地按照图 7 的图解来进行,数据被评估并且被输出。

[0045] 本发明的另外的主题因此是用于探测在流过本发明探针的流体中的发光性颗粒和可选光散射性颗粒的方法,具有下面的步骤:

- 输入光体积的高度并且输入流速以及在用于控制积分时间的元件中计算积分时间,其中积分时间是颗粒在定义的流速情况下流过光体积所需的时间,
- 通过光源激励光,用于定义光体积,
- 在积分时间上借助探测器探测发射辐射,
- 借助图像分析单元分析探测数据,
- 输出颗粒数量和 / 或颗粒大小分布和 / 或每体积和 / 或每重量的颗粒强度分布和 / 或输出在确定的时间上发光性颗粒的聚集图像。

[0046] 本发明的另外的主题是,使用本发明探针和 / 或本发明方法用于在线监控生产设备、尤其是塑料生产设备、净化设备。

[0047] 图 1,3 至 6 示出本发明设备的可能的实施,本发明不限于此。

[0048] 图 2 和 7 或 11 示出了发明性方法的流程以及在图像分析单元中的图像分析的流程,但其不限于此。

[0049] 如果在积分时间上可以记录图像系列,则可以在图像分析单元中的图像分析之前将图像相加并且按照图 7 来继续该分析。在该情况下,图像是被相加的图像。

[0050] 代替地,图像分析单元可以按照图 11 来执行图像分析,并且在图像分析的范围中进行相加。

附图说明

[0051] 图 1 示出了借助实施方式 1 的本发明探针；

图 2 示出了方法图；

图 3 示出了实施方式 1；

图 4 示出了在实施方式 1 情况下距离 d 的优化；

图 5 示出了实施方式 1 的窗口变型；

图 6a 示出了具有棱镜的实施方式 2 的侧视图；

图 6b 示出了具有棱镜的实施方式 2 的从上面的视图；

图 7 示出了在该实施方式中图像分析单元中的图像分析的图解，其中在等于积分时间的较长探测时间上连续记录颗粒；

图 8 示出了在该时间上每克熔液的发荧光性颗粒的数量的输出；

图 9 示出了在 6 个小时上发荧光性颗粒的聚集图像；

图 10 示出了用于同时探测发光性颗粒和光散射性颗粒的探针；

图 11 示出了在该实施方式中在图像分析单元中的图像分析的图解，其中在积分时间上记录图像系列。

[0052] 附图标记：

1 光源

2 探测器

2a 用于探测发光性颗粒的探测器

2b 用于探测光散射性颗粒的探测器

3 管线通道

4 管线壁

5 激励光束

6 发射光

7 窗玻璃

8 玻璃金属密封

9 孔径

10 棱镜

11 分色镜 530nm

12 激励过滤器 400-500nm

13 荧光过滤器 550-650nm。

[0053] 例子：

具有 8mm 直径的管线通道的管线以 90° 角度折弯。

[0054] 在管线壁中，在管线的一侧在该弯曲之前铣削照明窗口并且在管线的该侧直接在该弯曲之后铣削探测窗口，从而该探测窗口在管线通道的下部是开放的并且该探测器能够记录流向该探测器的流体流。

[0055] 从照明窗口的中心起与探测窗口的表面的距离 d 为 14mm。

[0056] 这些窗口两者都是具有 9mm 直径的圆形。在每个窗口中，通过压力借助玻璃金属密封与管线通道齐平地固定 10mm 厚的锥状成形的由蓝宝石制成的窗玻璃(图 3)。

[0057] 探针被装入聚碳酸酯设备的管线中,其中聚碳酸酯熔液在 300℃ 的温度下以 6m/min 的流速流动。

[0058] 在照明窗口之前,与激励过滤器(HQ450/100 M-2P LOT Oriel)和孔径组合地固定商业上可用的氙灯(Dreiloscop 255, Drello 公司)。光束的激励波长借助激励过滤器被调节到 400-500nm 上。该光束借助孔径被聚焦到 2mm 的平均直径上。

[0059] 在探测窗口之前,与发射过滤器(LOT Oriel 公司的 HQ600/100M-2P)和分束器(LOT Oriel 公司的 530DCXRU)组合地固定相机(AVT 公司的 Stingray F-033B, 直至 58 fps),用于选择在 550 至 650nm 的波长范围中记录。该相机垂直于激励光地被固定,使得该相机可以记录管线通道的整个直径。

[0060] 该相机的接口与用于控制积分时间的元件以及与图像分析单元、即计算机的两个元件连接。

[0061] 在用于控制积分时间的元件中,输入试样体积的高度(2mm)和流速。20ms 的积分时间被计算出。光源在 400-500nm 波长情况下连续照射该试样体积。

[0062] 相机在 550 至 650nm 探测波长范围中在通过用于控制积分时间的元件控制的积分时间上记录试样体积的图像。

[0063] 所记录的数据由相机传输到图像分析单元中并且由图像分析单元按照图 7 处理。

[0064] 图 8 和 9 示出了在处理数据之后可能的输出。

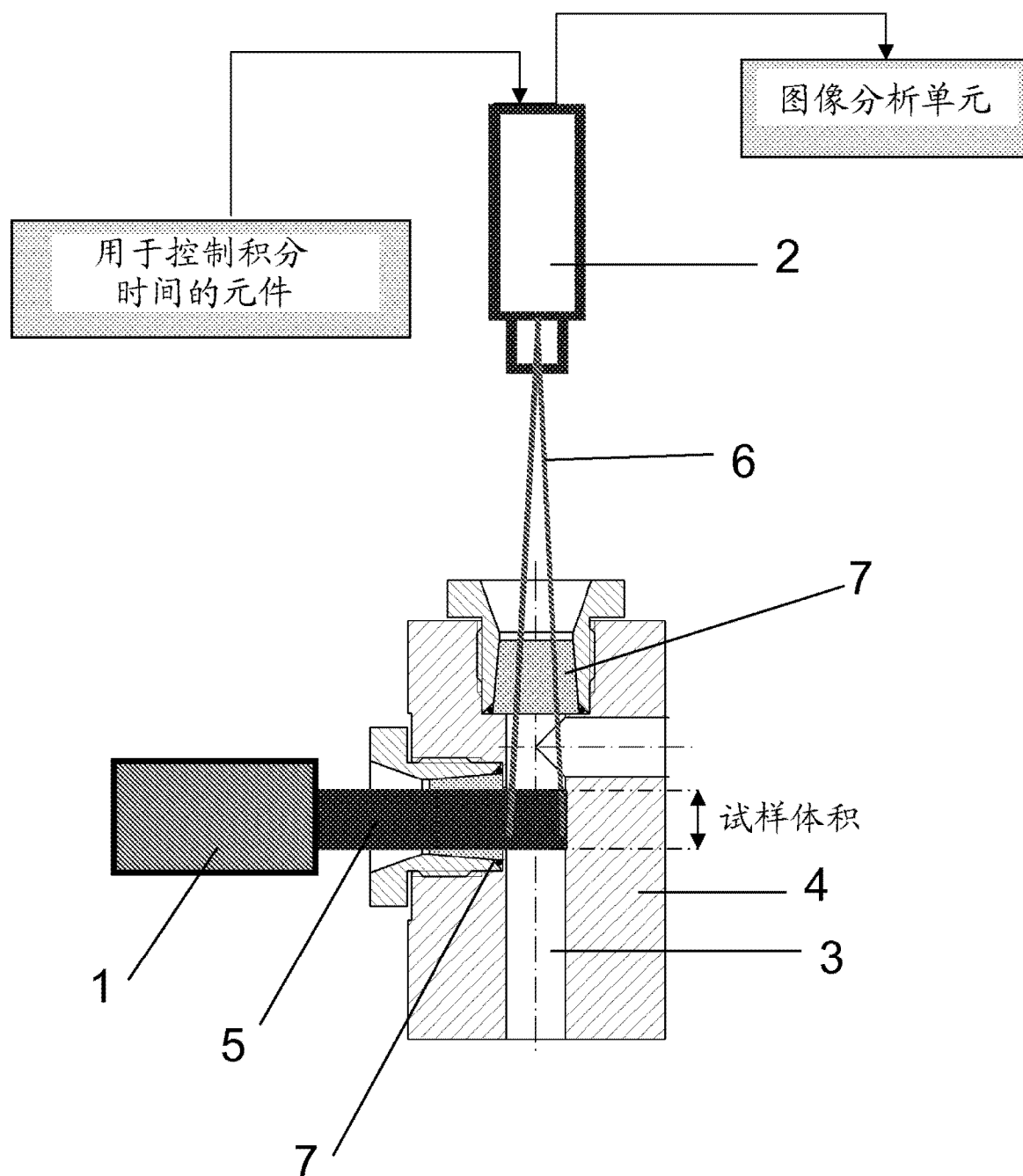


图 1

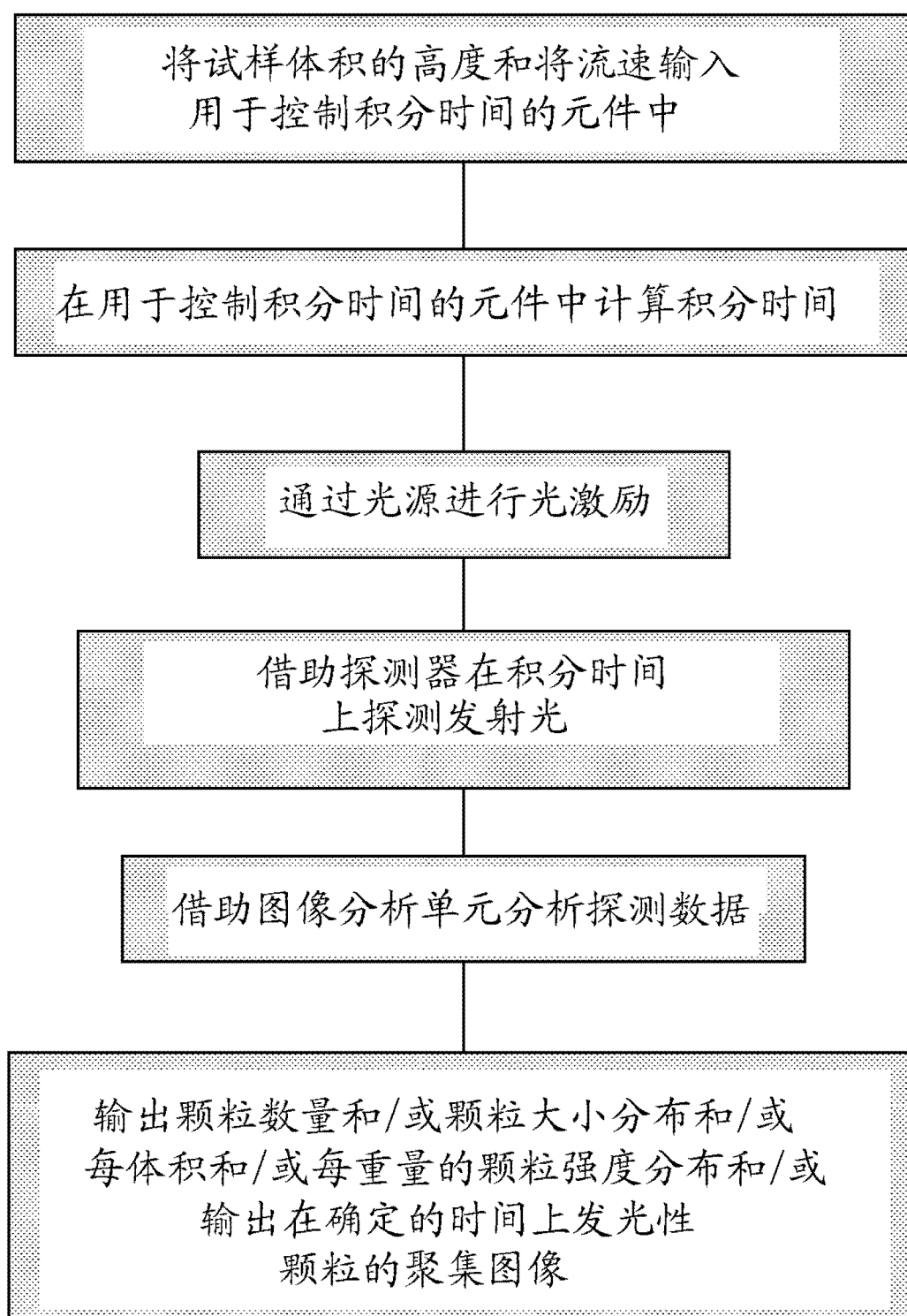


图 2

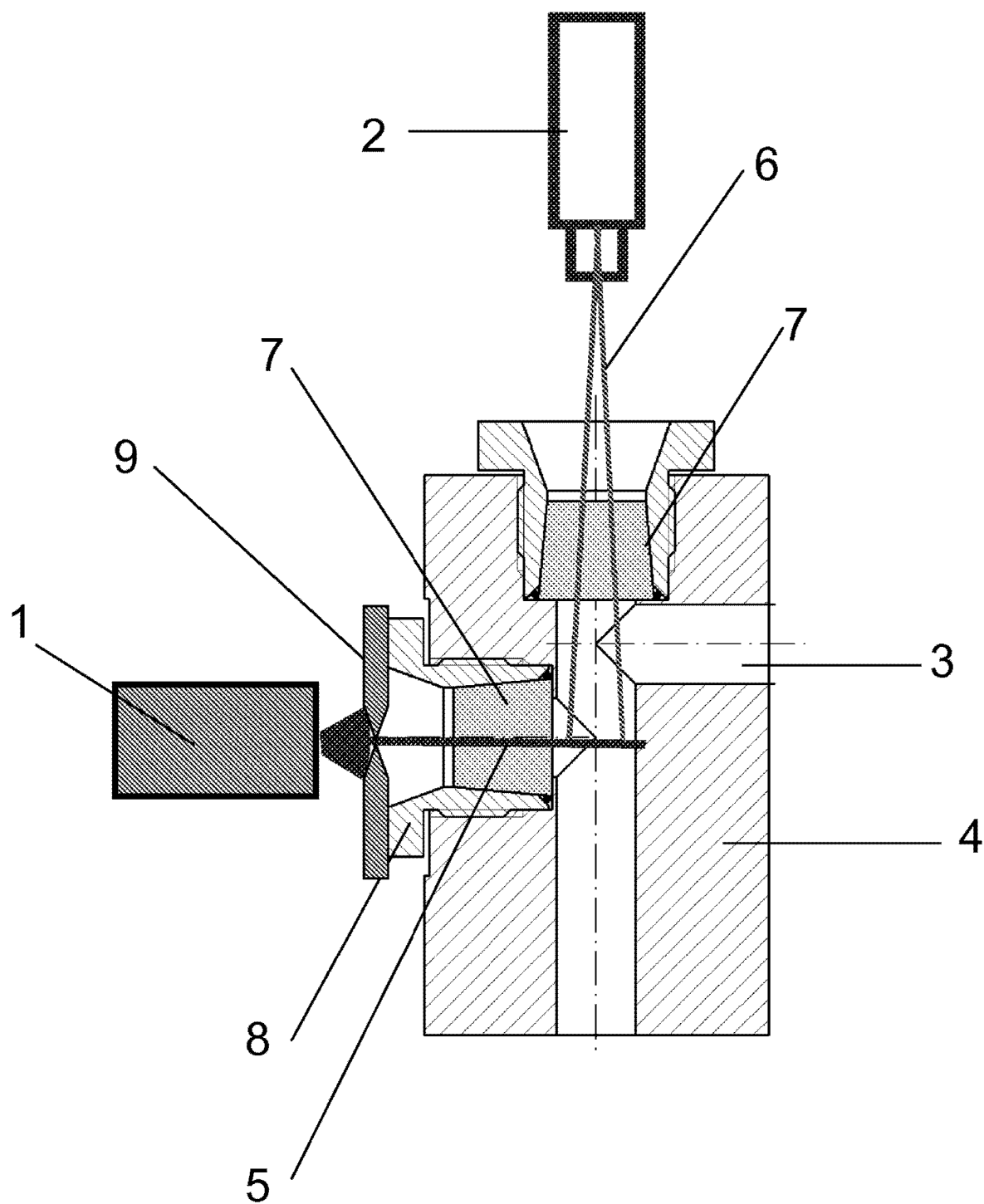


图 3

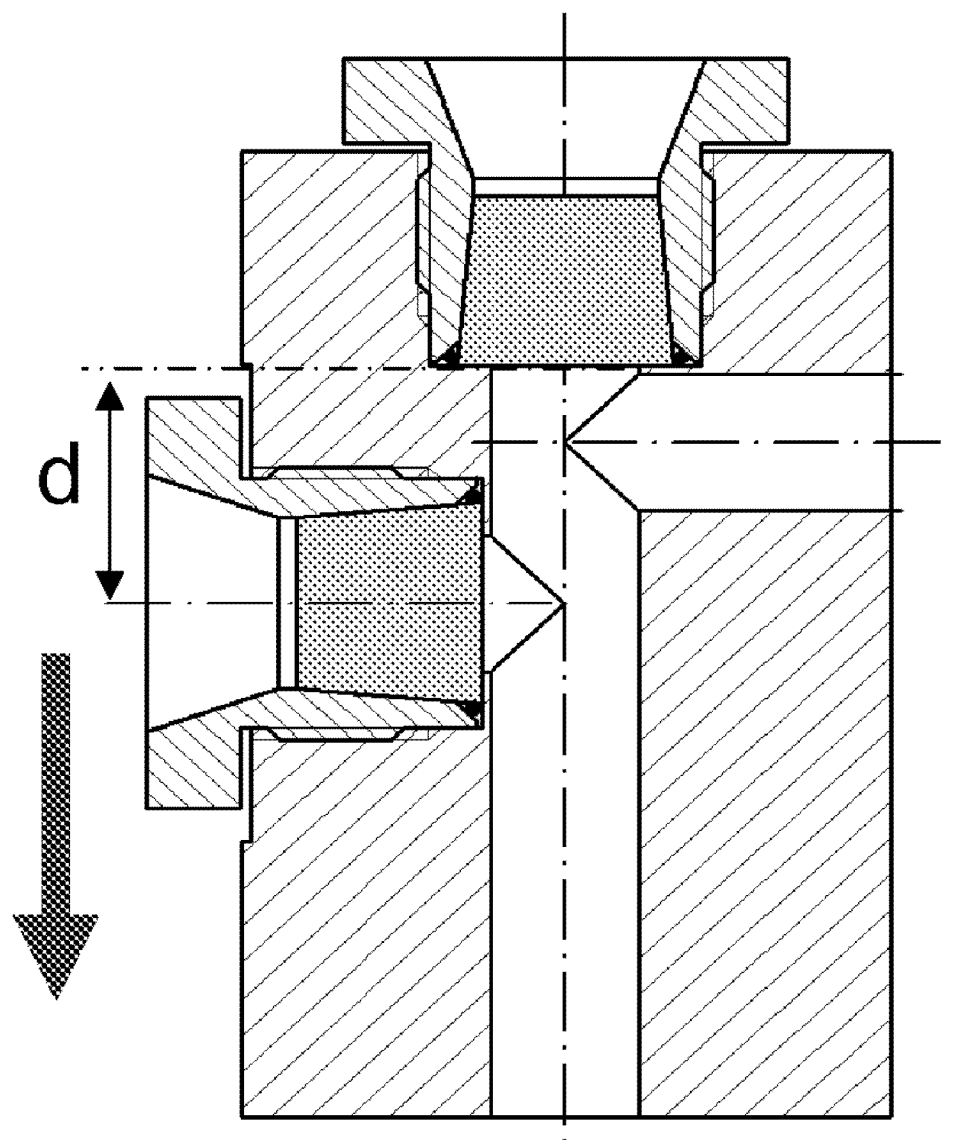


图 4

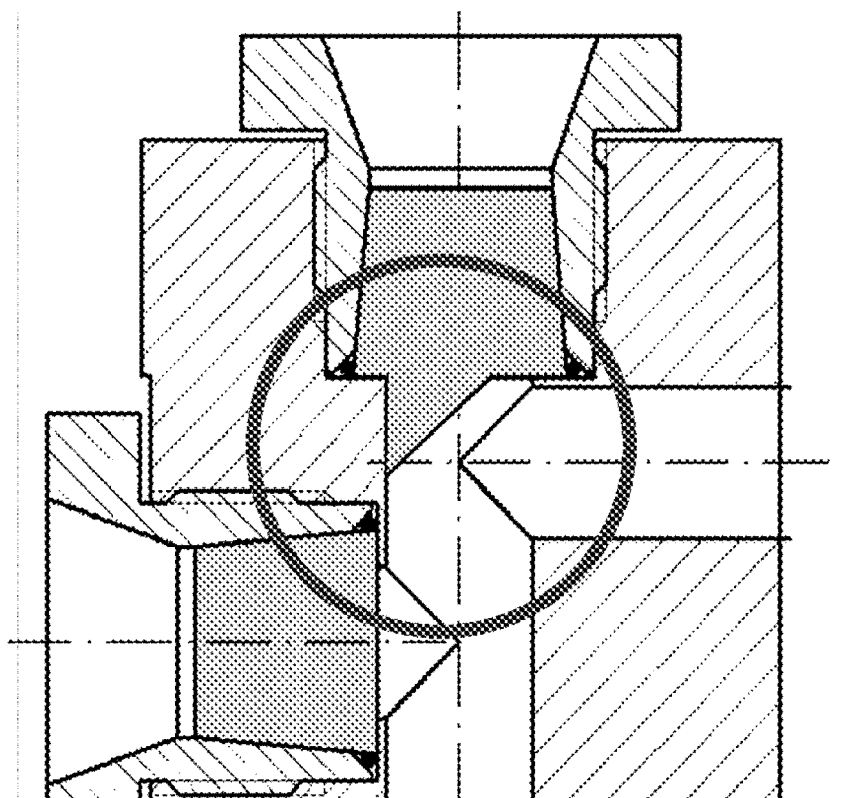


图 5

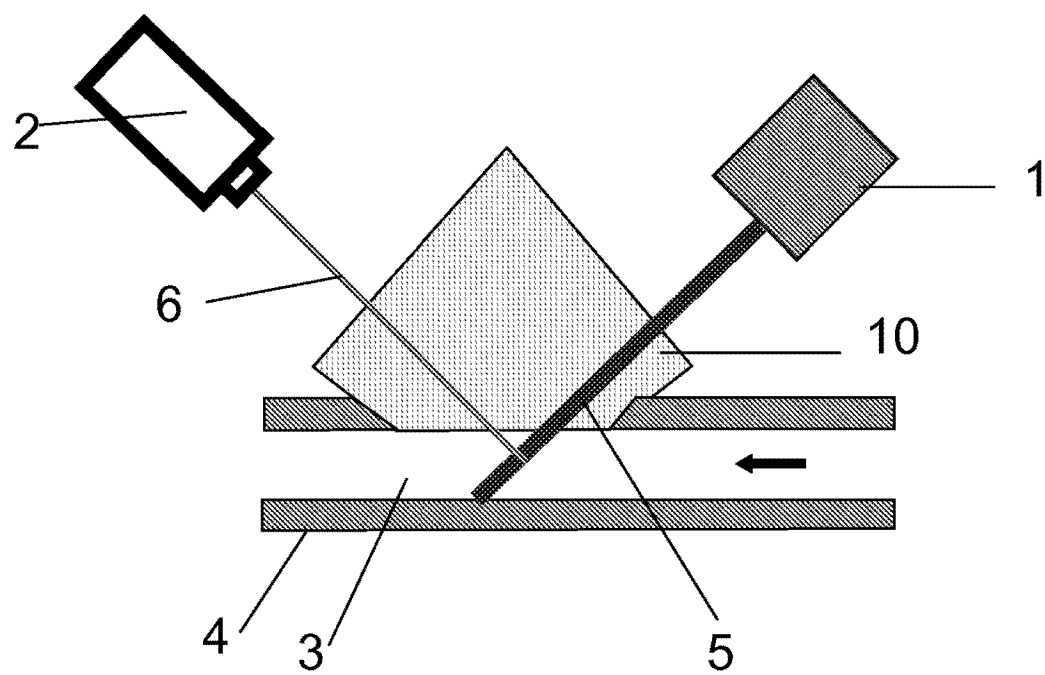


图 6a

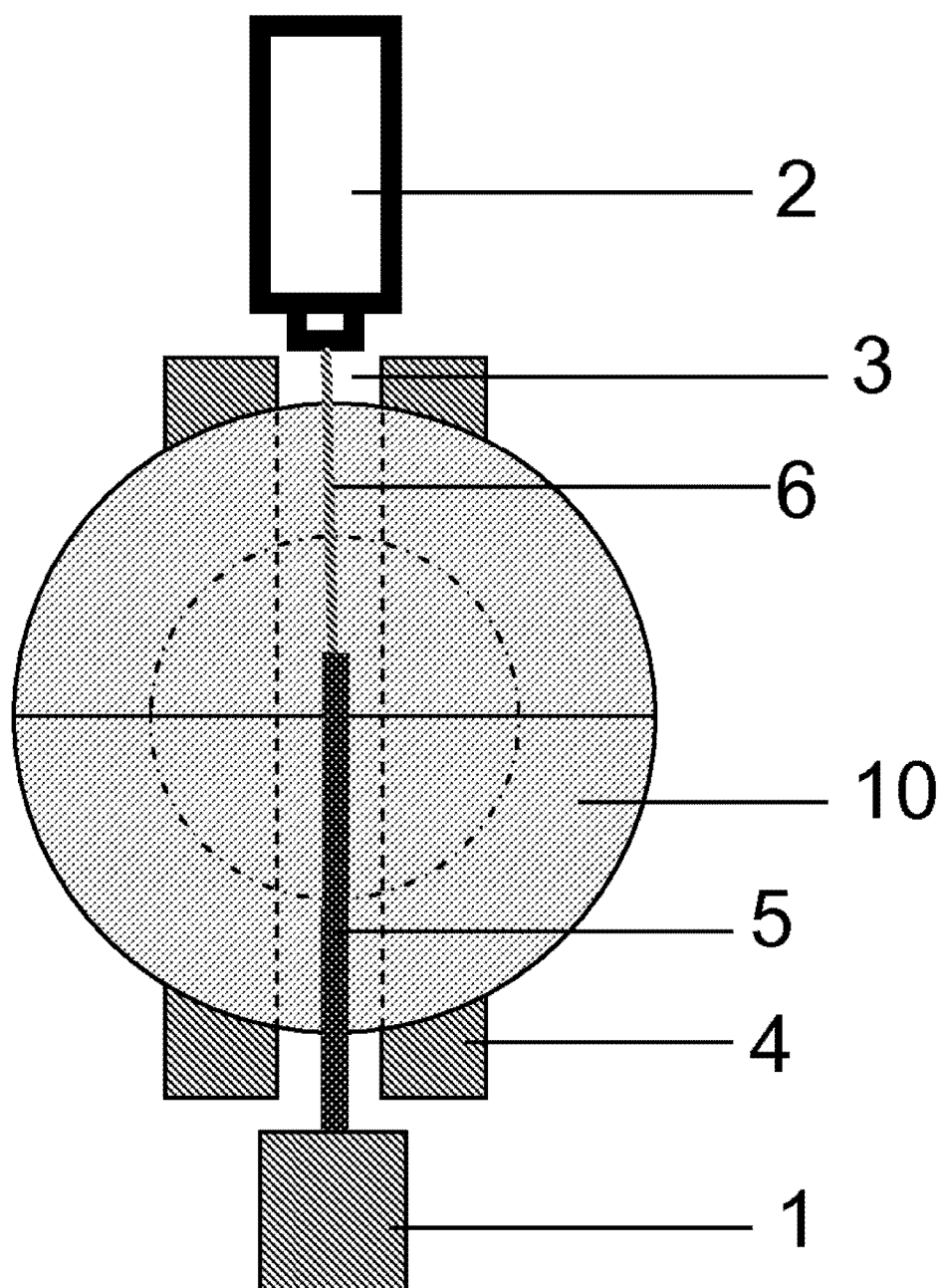


图 6b

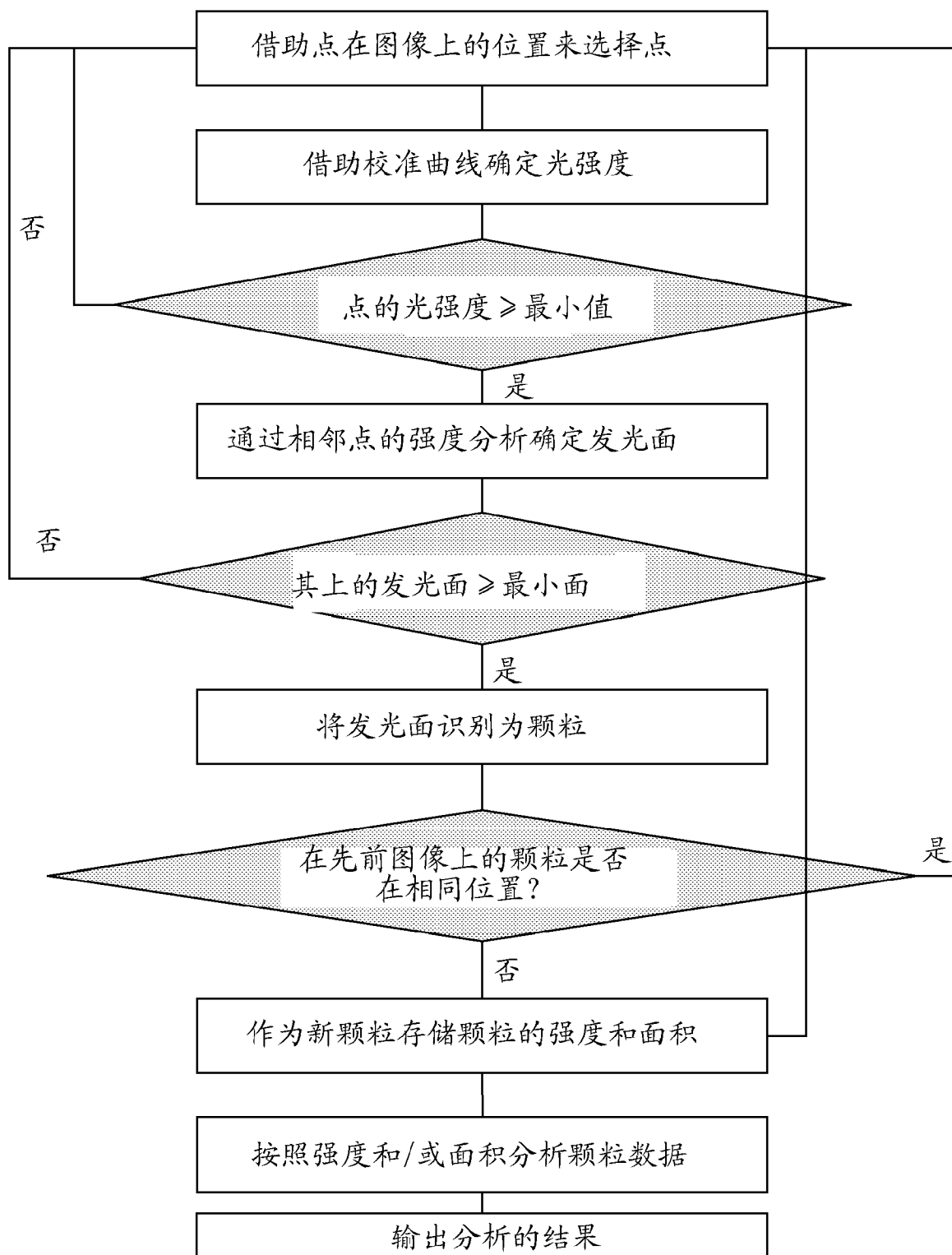


图 7

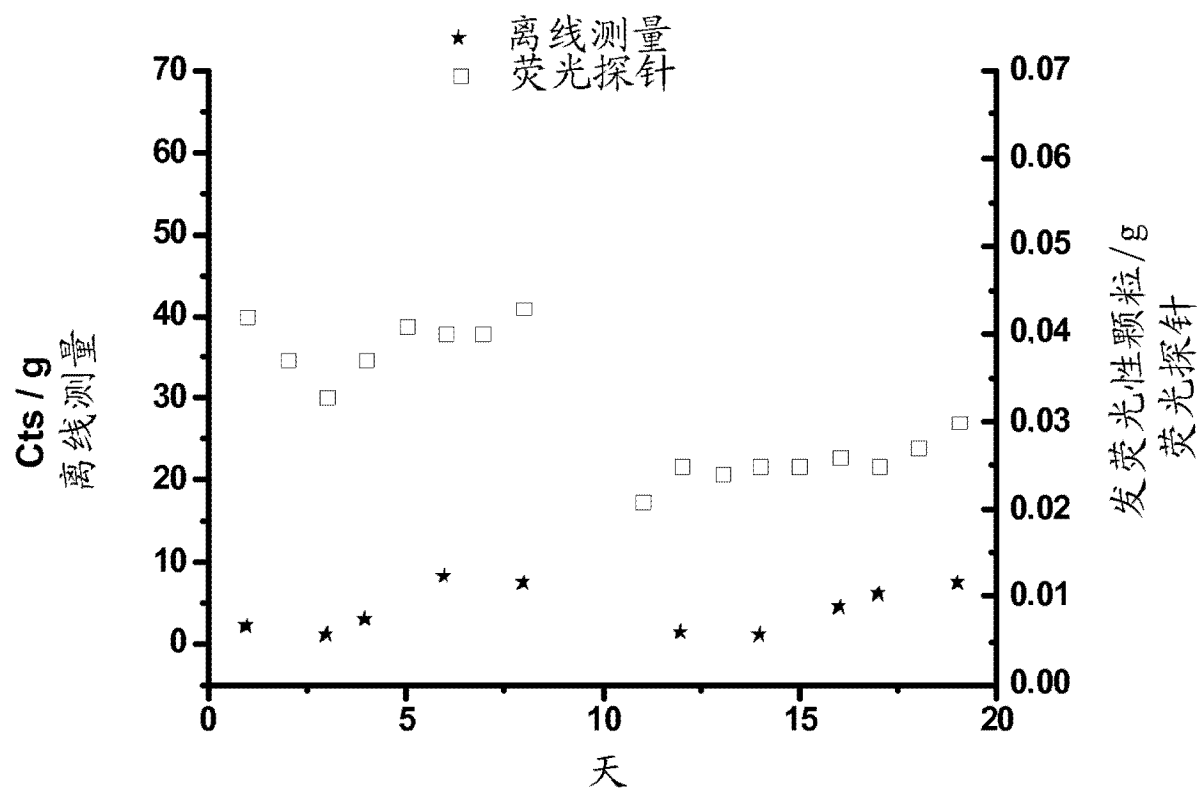


图 8

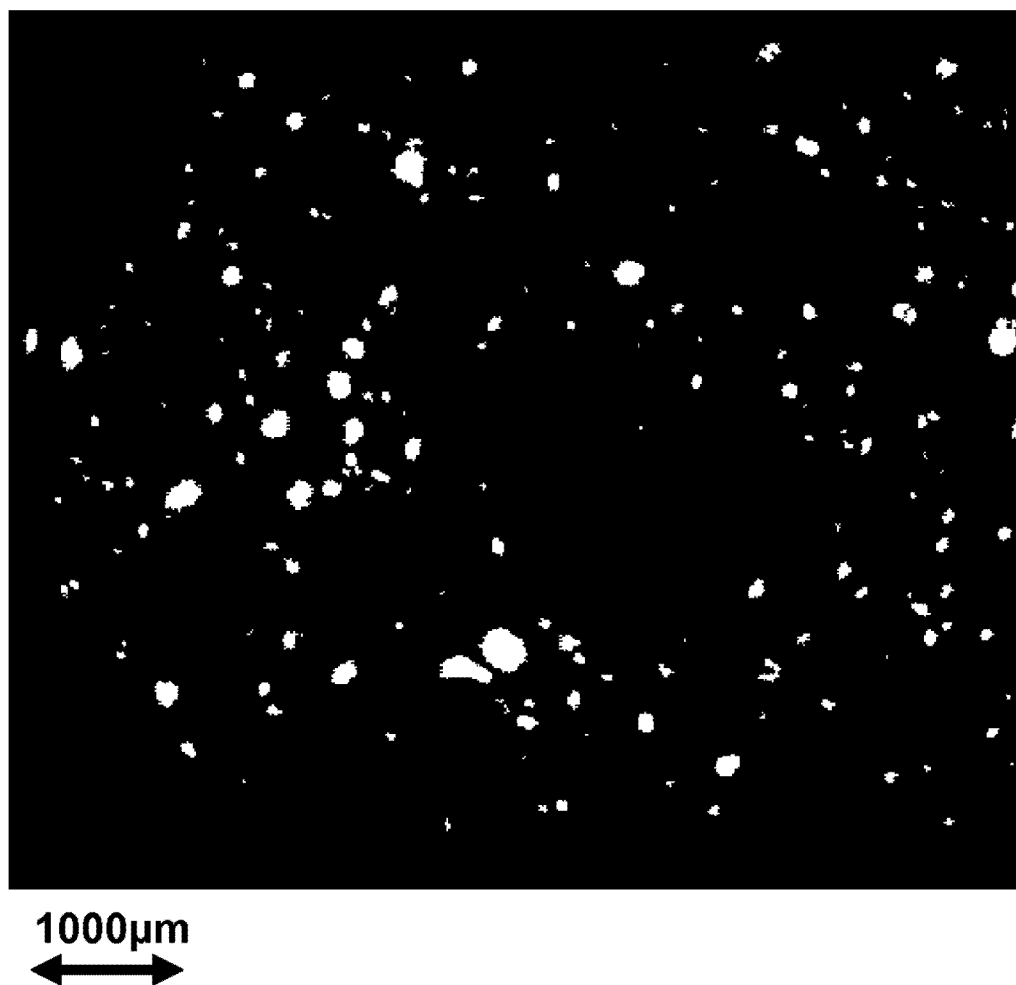


图 9

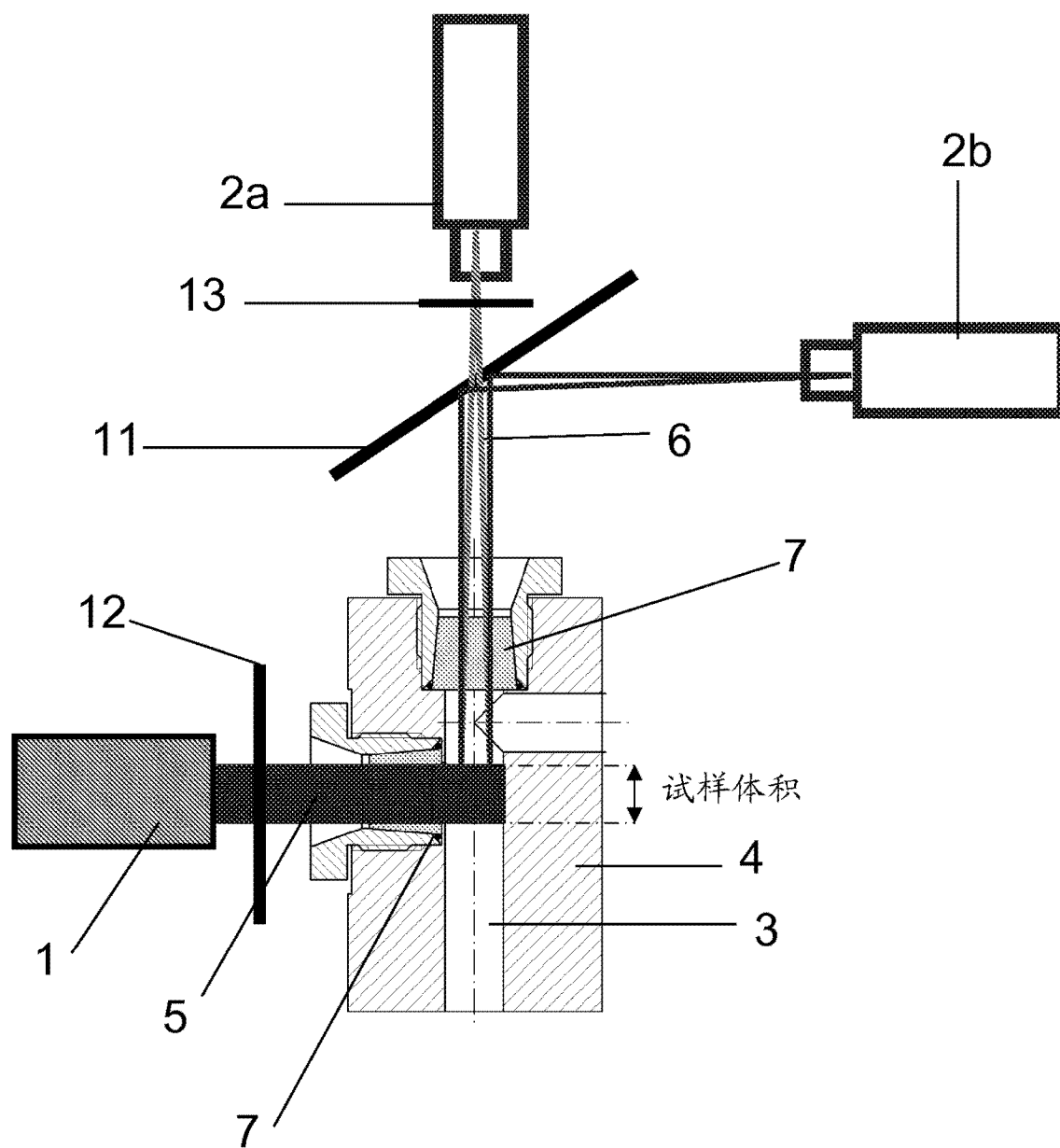


图 10

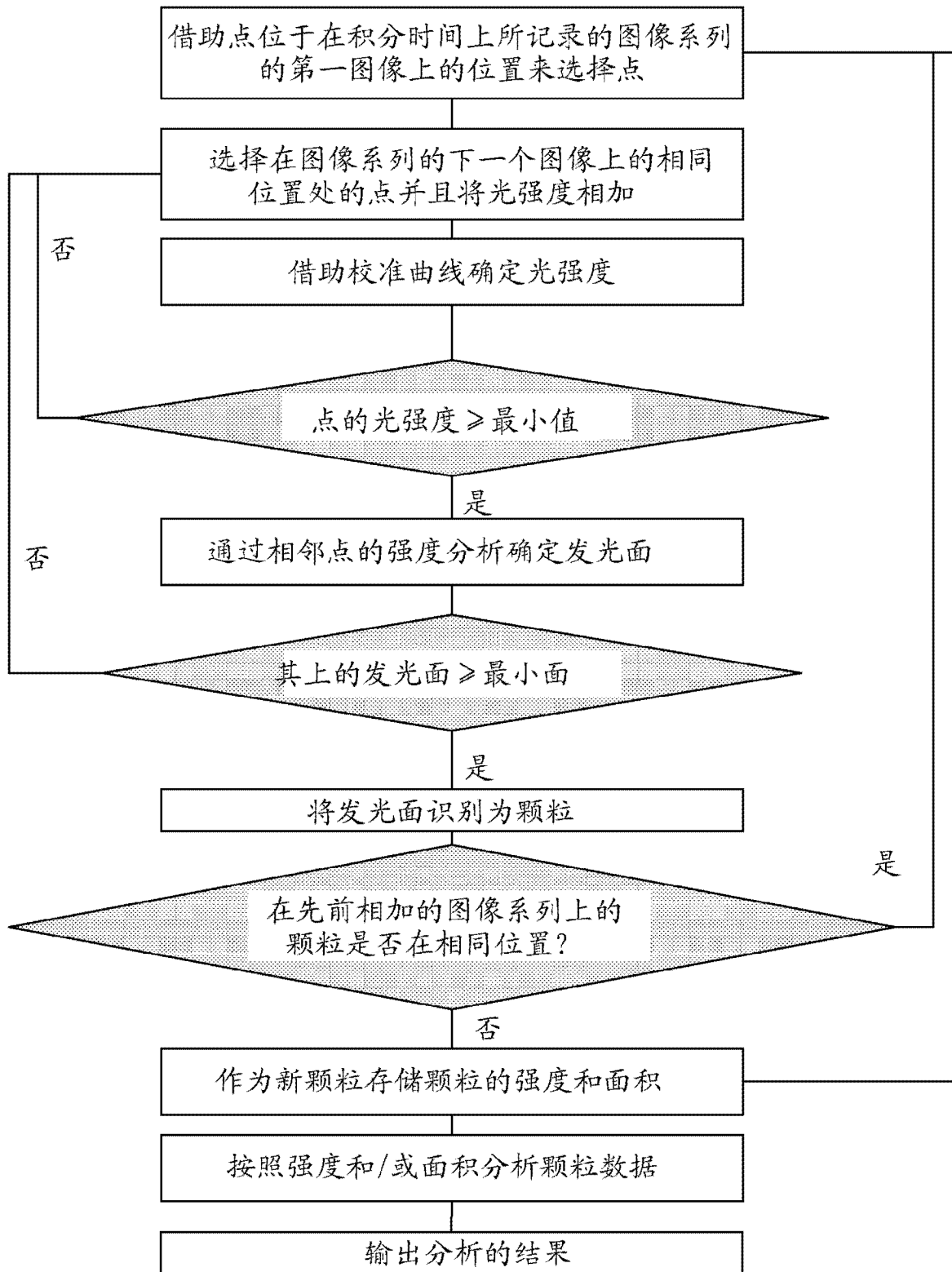


图 11