



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111263076 B

(45) 授权公告日 2021.06.18

(21) 申请号 202010061071.8

(22) 申请日 2015.01.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111263076 A

(43) 申请公布日 2020.06.09

(30) 优先权数据
61/933,426 2014.01.30 US

(62) 分案原申请数据
201580006407.8 2015.01.30

(73) 专利权人 BD科斯特公司
地址 荷兰,德拉赫滕

(72) 发明人 R·R·马尔科尔波利 C·奥尔尼
D·莫雷尔

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 魏利娜

(51) Int.Cl.
H04N 5/235 (2006.01)
H04N 5/217 (2011.01)
G01N 21/25 (2006.01)
G01N 21/27 (2006.01)
G01N 33/483 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 1703079 A, 2005.11.30
US 7978258 B2, 2011.07.12
US 2008297597 A1, 2008.12.04

审查员 李丹立

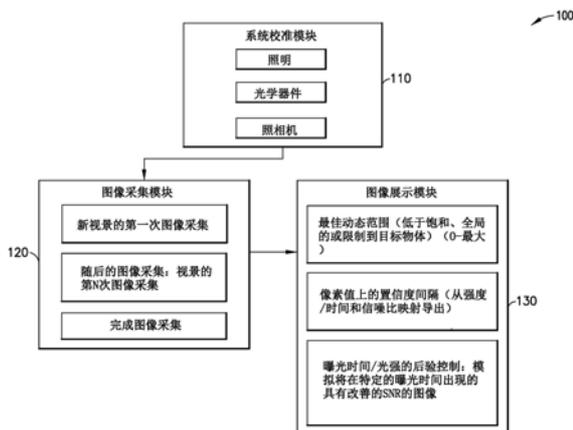
权利要求书2页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

用于使用监督式高品质成像的图像采集的系统和方法

(57) 摘要

本申请公开用于使用监督式高品质成像的图像采集的系统和方法。系统具有校准模块、图像采集模块和图像展示模块。当系统接收用于成像的培养板时,针对培养板和培养基的默认值被用于在给定时间内开始图像采集。采集的图像然后被用于创建图像的逐像素映射。系统针对饱和和像素以及针对信噪比检测逐像素映射,如果饱和和像素的数量在预定的阈值处或高于预定的阈值,或者像素的信噪比低于预定的阈值,系统获取新的图像。光子通量和/或曝光时间的新值从这个检测中被确定,以及使用新值采集新的图像,并且步骤被重复。一旦针对不饱和像素的预定的阈值信噪比的决定被获得,或当针对图像采集的时间间隔的预定的较高阈值逝去时,系统提供给定的时间的最终图像。



1. 一种用于使设置在板培养基上的生物样品成像的系统,所述系统包括:

系统校准模块,其提供用于捕获设置在培养基上的生物样品的图像的默认值,所述培养基设置在板中;

图像采集模块,所述图像采集模块包括照相机,其中,所述图像采集模块适于以给定时间间隔获得一系列的图像的图像数据,与所述系统校准模块通信,所述图像采集模块被配置以:i)使用来自所述系统校准模块的光子通量和曝光时间的默认值获得第一图像的数据,并且创建图像数据的逐像素映射,每个像素与信噪比、光子通量和曝光时间以及强度相关联;ii)通过检查所述图像数据以识别饱和的像素,并且基于饱和的像素和非饱和的像素的比率是否大于或小于预定的饱和阈值,选择新的光子通量值、新的曝光时间值中的一个或两者,来更新图像采集;并且iii)基于饱和的像素和非饱和的像素的比率是否大于或小于预定的饱和阈值以及非饱和像素的所述信噪比是否满足或超过所述预定的SNR阈值,使用所述光子通量、所述曝光时间或两者的新值以获得新图像的数据以及iv)用信噪比的新值,所述新的光子通量值、所述新的曝光时间值或两者以及像素强度更新所述图像数据的所述逐像素映射;

其中,所述系统校准模块包括板类型和培养基类型的库以及与所述库中的至少一个板类型和至少一个培养基类型相关的光子通量和曝光时间的默认值;

其中,如果非饱和像素的信噪比小于预定的SNR阈值或饱和像素的数量超过所述预定的饱和阈值,所述图像采集模块被配置以获得新图像的数据,

其中,当非饱和像素的所述信噪比满足或超过所述预定的SNR阈值,用于图像采集的预定的分配时间已经逝去或者已经获得预定的最大数量的图像时,所述图像采集模块完成图像采集;以及

图像展示模块,所述图像展示模块将来自所述图像采集模块的所述图像数据转换成用于观察或分析的图像。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述光子通量为设定值,并且所述系统通过控制曝光时间控制照相机传感器积分。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中,针对设置在所述板培养基上的所述生物样品的图像的至少一部分确定信噪比。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述图像采集模块至少针对一个或更多个通道或者一个或更多个频谱带获得来自所述照相机的图像数据。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述图像采集模块针对每个图像采集为每个像素分配灰度值,并且每个像素的所述灰度值在每次图像采集之后被更新。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中,更新的灰度值是先前的灰度值减去预定的参考值,其中,所述预定的参考值是基于所述板、所述板培养基和所述曝光时间的预定值。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中,通过使用新的曝光时间或者新的光强值或两者获得所述光子通量的新值。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述图像采集模块被配置以在自动模式或监督模式中的至少一个中操作,在所述自动模式中,所有像素被同等对待,在所述监督模式中,被提供以供分析的所述图像中的像素是已经被识别为与一个或更多个感兴趣物体相关联的像素。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述光子通量是设定值,并且所述系统通过控制曝光时间控制照相机传感器积分。

10. 一种用于使设置在培养基中的生物样品成像的方法,所述方法包括:

确定用于获得设置在培养基上的生物样品的图像的默认值,所述培养基被支撑在板中,其中,所述默认值是所述培养基和支撑所述培养基的所述板的函数;

获得图像数据,所述图像数据对应于在第一时间间隔上的第一时间的一系列图像,使用光子通量和曝光时间的预定的默认值获得所述一系列图像中的第一图像的数据;

创建获得的数据的逐像素映射;

使每个像素的数据与信噪比、光子通量值、曝光时间值和强度相关联;

通过以下步骤,更新图像光子通量和曝光时间中的至少一个值:

i) 检查所述获得的数据以得到饱和像素和所述像素的所述信噪比,并且基于饱和像素和非饱和像素的比率是否大于或小于预定的阈值以及非饱和像素的信噪比是否满足或超过预定的SNR阈值,针对光子通量和曝光时间中的至少一个选择新值,并且基于饱和像素和非饱和像素的比率是否大于或小于预定的阈值以及非饱和像素的信噪比是否满足或超过预定的SNR阈值,使用光子通量、曝光时间或两者的新值以获得新图像,并且用信噪比、光子通量和曝光时间、以及像素强度的所述新值更新所述图像的所述逐像素映射;

ii) 使用光子通量和曝光时间的至少一个新值获得新图像的数据;

iii) 可选地重复步骤i) 和 ii) ;

当图像数据在所述预定的SNR阈值处或大于所述预定的SNR阈值,用于图像采集的预定的最大分配时间已经逝去或者已经获得预定的最大数量的图像时,完成针对所述时间间隔的图像数据采集;以及

针对在第二时间间隔上的第二时间重复获得、创建、相关联、更新和完成的步骤;

将以第一时间间隔和第二时间间隔获得的所述图像数据转换为第一图像和第二图像,所述第一图像在所述第一时间获得以及所述第二图像在第二时间获得;

比较所述第一图像和所述第二图像中的像素;

识别所述第二图像中的从所述第一图像到所述第二图像有改变的像素;以及

基于所述比较确定所述板是阳性的、阴性的还是需要进一步培养。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述光子通量值为常数,并且所述曝光时间值被更新。

12. 根据权利要求10所述的方法,其进一步包括确定图像将被创建的像素,其中所述像素与感兴趣物体相关联。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述默认值包括在默认曝光时间与感兴趣物体相关联的所述像素的黑度水平。

14. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述逐像素映射是针对每个像素的灰度值、所述信噪比和所述曝光时间。

用于使用监督式高品质成像的图像采集的系统和方法

[0001] 本申请是国际申请日为2015年01月30日、进入国家阶段日为2016年07月28日的名称为“用于使用监督式高品质成像的图像采集的系统和方法”的中国专利申请201580006407.8的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求申请日为2014年1月30日的美国临时申请No.61/933,426的优先权,其公开通过参考的方式被合并于此。

背景技术

[0004] 高动态范围(HDR)成像是一种捕获图像在最亮和最暗区域之间的较高动态范围的数字成像技术。Christiansen等人的美国专利No.7,978,258中描述了用于自动地优化从数字图像获得的像素强度的动态范围的过程。HDR在不同的曝光等级处拍摄若干图像,并且使用算法将它们拼凑在一起以创建既有黑点又有亮点的图像,不连累两者中任一个的质量。然而,HDR能够显示实际的失真,因为它扭曲全体图像强度。相应地,继续寻求不扭曲图像的强度而增强对比的HDR技术。

[0005] Allano等人的WO 2012/152769中描述了用于增强生物样品的图像的技术。其中Allano等人的文章中认定的这种样品成像的问题是:

- [0006] i) 被观察的菌落的大小;
- [0007] ii) 一个菌落与另一个菌落的接近度;
- [0008] iii) 菌落的颜色混合;
- [0009] iv) 有盖培养皿(Petri Dish)的种类;以及
- [0010] v) 培养基的种类;和其他要素。

[0011] Allano等人提出的生物样品成像问题的方案是准备从每种颜色获得的图像创建的源图像,针对培养基和培养容器移除预定的吸收效应,并且使用预定的曝光确定光子通量和曝光时间的值以获得图像,该图像随后被分割成亮度区域。由此,图像亮度被获得并且用于确定所使用的光子通量和曝光时间的值是否正确或者光子通量和曝光时间的新值是否应该被用于图像捕获。

[0012] 上述技术的问题是它们不提供具有提供能够检测非常微小变化的成像条件的能力的系统,相比之下该微小变化对于生长培养基上的微生物的基于图像的检测/识别是必需的。由于微生物基于图像的证据和/或它们在培养基上的生长是(或至少能够是)很难检测的,所以寻求用于这种样品成像的更加稳健的技术。

发明内容

[0013] 此中所述的是针对具有低的或可变对比度的图像,增强图像捕获的系统和方法。这种挑战性的成像环境的一个示例是生长在琼脂(agar)生长板上的细菌菌落。细菌菌落反射的光与琼脂的不同。此外,细菌菌落能够从浅颜色到深颜色变化并且反射与琼脂不同的光。捕获菌落的图像的时间是短的(大约一秒)。典型地,生长板的图像每3到6小时拍摄一

次。

[0014] 图像的获得是在每个时间间隔“x”(即, t_0, t_1, \dots, t_x) 处的一系列的N次图像采集。第一次采集(N=1)使用光强度和曝光时间本文称为“光子通量和曝光时间”的默认值。光子通量值限定每个单位时间和单位面积到达视景的光子数((光子量) · (时间⁻¹) · (面积⁻¹))。该时间是照相机传感器的积分时间。曝光时间决定由传感器一帧采集所获得的光子数。换句话说,光子通量是来自光源的光子流动率,并且曝光时间影响由传感器所接收的针对图像采集的那些光子的量。对于给定的光子通量,曝光时间控制图像强度。

[0015] 本领域的技术人员意识到很多不同的方法来控制光子通量以影响图像强度。如上所见,一种技术控制图像的曝光时间。有其他技术能够用于控制传输到传感器的光的强度。例如,滤波器、光圈等用于控制光子通量,其进而控制强度。这种技术被技术人员所熟知,在此不详细描述。为了在此描述本发明的实施例的目的,光强度被设置为常数,并且曝光是可变的用于控制光子通量积分。

[0016] 在通过控制曝光时间来控制光子通量的实施例中,初始曝光时间值从系统校准获得。该系统使用校准板的库被校准。获得基线校准作为板的类型和培养基类型的函数。当该系统被用于询问新的生长板时,针对特定板的类型和培养基类型的校准数据被选择。就此而言,生长板能够是:单板(即,针对一个培养基);双板(两个培养基);三板(三个培养基)等。每种类型的生长板呈现独特的成像挑战。校准提供默认的曝光时间用于捕获生长板的第一图像(图像N=1)。校准也使系统(或系统操作员)可以确定哪些部分的图像是板(即,不是背景)以及,在图像的板部分中,哪些部分是培养基(用于培养细菌的营养素)以及哪些部分至少潜在地是菌落。

[0017] 使用从校准获得的默认值捕获生长板的N=1图像。如果平均技术被用于捕获生长板的数字图像,亮像素与暗像素相比将具有更好的信噪比(SNR)。在此中所述的方法中,信号针对各个像素是孤立的,不考虑像素是亮还是暗。对于预定数量的像素,强度、曝光时间和SNR是确定的。在图像环境中的这些值的“映射”被准备。从这个映射中,挑选出将优选地不使多于一个预定分数的像素饱和的新的曝光时间用于N+1的图像采集。优选地,在其中使只有非常小的部分的像素(或较少的)饱和的曝光时间被确定,并且被用于捕获最终图像。

[0018] 从此生成每个像素的SNR映射,其中每个不饱和的像素的SNR被更新(即,灰度值被精炼并且针对不饱和像素改善SNR)。基于该映射模拟图像。

[0019] 优化函数算法被用于将每个像素的每个灰度值强度映射到与最佳的SNR对应的像素需要的曝光时间。该优化算法通过查看初始图像(N=1)开始,该图像使用预定的默认曝光时间被捕获。针对整个图生成强度、曝光、和SNR映射。基于图像N调整每个像素的曝光时间和捕获另一图像(N+1)。如上所述,选择将使暗的部分的信号饱和的新的曝光时间,导致亮的部分过度曝光。针对每个像素更新强度映射、曝光映射、和SNR映射。这是一个迭代过程,并且获得图像直到达到图像的每个像素的最大SNR,或者达到图像的最大数量,或者已经达到最大分配时间。

[0020] 实质上,暗点保持黑暗,亮点保持明亮并且SNR被改善。琼脂生长培养基作为数字图像的背景。图像中以某些方式(即,不同的强度)不同于先前的图像的像素表明菌落正在生长或者板上有污染物(例如,灰尘)。这种技术能够用于一次性观察多个板。

[0021] 当SNR显著地改善时,能够(用置信度(confidence))揭露在定时板成像中不能被

看到/信任允许检测早期的小菌落的细节。该系统和方法也提供对应于最佳曝光时间的图像,该曝光时间对应于对视景或目标物体的特定的和受控制的饱和。

[0022] 一旦在时间 t_0 完成图像采集,迭代的图像采集过程在此时间间隔期间停止。当从 t_0 到 t_1 的预定的时间间隔已经逝去,重复迭代的图像采集过程直到已经获得由此采集的图像的完整性中期望的置信度。信噪比与标准差成反比(即, $SNR = gv' / \text{标准差}$)。因此,产生每像素最大SNR(即,每像素最小标准差)的图像采集将提供具有与时间“ T_x ”相联系的高置信度的图像。例如,获得已经培养了四个小时($T_1 = 4$ 小时)的板的高SNR图像。相同的板的另一个高SNR图像在已近培养了附加的四个小时($T_x = 8$ 小时)的板之后获得。

[0023] 一旦获得与随后的时间(T_{x+1})相联系的图像,该图像(或与目标物体相联系的图像的至少被选择像素)能够和与先前的时间(T_x)相联系的图像比较,以确定随后的图像是否提供微生物生长的证据或者以确定板的进一步加工。

附图说明

[0024] 图1根据本发明的一个实施例是用于图像采集的三模块系统的原理描述和展示;

[0025] 图2是图1中所述的三模块系统的系统操作流程;

[0026] 图3根据本发明的一个实施例是图1中所述的校准模块的功能的描述,其用于照明校准、光学器件校准、和照相机校准;

[0027] 图4根据一个实施例是从校准板确定的以校准图1的系统的数据的说明;

[0028] 图5根据本发明的一个实施例是图1中所述的图像采集模块的功能的描述;

[0029] 图6根据一个实施例是使用图1的系统的图像采集方法的原理图;

[0030] 图7是由图5中所述的图像采集模块执行的功能的更详细描述;

[0031] 图8根据一个实施例说明用于选择下一个图像采集时间的方法;

[0032] 图9是完成图像采集所采取的步骤的描述;以及

[0033] 图10是如何确定系统完整性的工序流程原理图。

具体实施方式

[0034] 此中所述的系统能够在光学系统中实施用于针对微生物识别和此类微生物的微生物生长检测的微生物样品成像。有很多此类商业上可利用的系统,在本文不详细描述。一个示例是BD Kiestra™ ReadA Compact智能培养和成像系统(第二代BD Kiestra™ 恒温箱)。这种光学成像平台已经商业上利用了很多年(最初来自Kiestra®实验室自动化技术的CamerA PrimerA),因此被本领域的技术人员所熟知,在此不详细描述。在一个实施例中,系统是非临时的计算机可读媒介(例如,软件程序),其与图像采集装置(例如,照相机)协作,通过相互作用提供图像的高质量成像以向图像中的每个像素提供最大的信噪比(SNR)。对于每个像素和每种颜色(例如,通道),强度和曝光时间被记录并且系统随后预测下一个最佳曝光时间以改善整个视景的或视景中的目标物体的信噪比。本领域的技术人员将意识到所获得的每像素的多个值将取决于像素和成像系统。例如,在RGB成像系统中,获取每个通道(即,红、绿、或蓝)的值。在其他系统中,获取不同的频谱带或波长的值。

[0035] 最初,系统被校准。诸如本文中所述的一个成像系统的校准被本领域的技术人员所熟知。已知各种各样的校准方法。本文中所述的是提供与已捕获的图像被评估相比较的

基线的系统校准的示例。在校准期间,校准板(例如,具有培养基但是没有菌落的板)被使用,并且系统图像采集对比已知输入被校准。创建针对每种类型的板培养基的校准值的库,并且基于测试板中的培养基选择针对特定板使用的校准数据。系统和数据都被校准。对于数据校准,确定校准板的捕获图像的每个像素的SNR、线性度、黑度水平等。系统校准包括,但不限于,镜头失真、色差、空间分辨率等。

[0036] 校准之后,获得新板的图像。为了估计曝光时间,图像中的像素被实时分析,该曝光时间将改善具有低于预定阈值的SNR的像素的SNR或改善具有最低SNR的那些像素的SNR。典型的成像系统只针对图像中的像素保持强度值。在本文中所述的实施例中,针对每个像素记录强度和曝光时间。相同的像素在不同的曝光时间成像,并且结合强度信息生成高的SNR数据。从此信息来看,在任何特定的曝光时间期间能够生成图像,或者能够提取最佳曝光时间以控制像素饱和。

[0037] 从定量方面看,由于高的SNR,在细微的强度变化上的置信度、颜色上的置信度和纹理被极大地改善,允许随后的物体识别或数据库比较的更好的性能。在都与先验图像中的像素的灰度值(即,对于图像N,图像N-1中的像素的值)相比较的灰色标度上完成分析。除了在先验图像中的相同像素灰度值的比较之外,邻近像素的像素灰度值也与像素灰度值相比较以确定差异(例如,菌落/培养基的界面)。

[0038] 有颜色的物体的深色信噪比在不同的通道中是不均匀的,或与亮的物体相比非常差。为了对其进行改善,本文中所述的系统和方法配置了图像检测模块,其中物体检测基于对比度、SNR、和尺寸/分辨率。SNR在暗区域和亮区域中都被改善。标准差被减小,并且因此亮区域和暗区域中的局部对比度由为重要。这里的目标是提供一种系统,该系统将检测被怀疑包含生长的培养物的板的x和x+1时间间隔图像之间甚至细微的差异。那些差异一定是区别于“噪声”的,该“噪声”从信号变化中得出,但不是从由生长的培养物引起的样品中的变化得出。当视景中的目标物体可以展示非常不同的颜色和强度(反射率或吸收率)时,本文中所述的系统和方法特别有价值。

[0039] 特定地,该系统和方法提供动态范围的自动适配(扩大的动态范围)以适应视景。该系统和方法提供用于使最亮像素饱和的最小曝光时间和用于使最暗像素饱和的最大曝光时间(在图像采集装置(例如,照相机)的物理和电子约束之内)。该系统和方法提供与图像平均相比朝向每像素最小SNR的更快速的收敛。该系统和方法提供颜色上改善的置信度。特定地,SNR针对红、绿和蓝的值是均匀的,不考虑红色、绿色和蓝色中的强度差异。

[0040] 每像素的强度置信度间隔是已知的,其对于任何随后的分类工作非常有价值。由该系统和方法提供的SNR最佳化能够被监督(检测的目标物体的权重以计算下个图像采集的曝光时间)。

[0041] 对于每个像素,强度、曝光时间和估计SNR都从校准和物理理论确定。为了进一步改善图像质量,色差和镜头失真也被校准和改正以使图像没有这种缺陷。

[0042] 该系统和方法能够控制自动模式或监督模式中的图像的像素SNR,其中特定部分的图像是特别的兴趣。在自动模式中,视景的整个图像被优化,以及所有像素被同等对待。在监督模式中,当获得视景以检测目标物体时,视景被进一步分析。SNR最大化支持目标物体区域。

[0043] 在自动模式中,图像采集将在下面三种情况中的首先发生的一个之后停止:(1)针

对每个像素达到最低程度的SNR；(2) 在该视景已经执行了预定数量的采集；或(3) 已近达到最大允许的采集时间。

[0044] 参考图1,说明一个实施例的系统的原理图。系统100具有三个模块。第一是系统校准模块110。校准模块校准图像的照明、用于收集图像的光学器件、以及由系统评估下的新板的基准数据。

[0045] 图像采集模块120与系统校准模块110通信。图像采集模块捕获被分析的物体的图像。使用曝光时间和特定示例环境中的详细下文所述的方式所确定的其他标准捕获图像。如上所述,图像采集以迭代的方式进行,直到针对每个像素满足预定SNR阈值,或者直到已经捕获预定数量的图像。图像展示模块提供具有最好动态范围的图像(即,仅在饱和之下的最亮的非饱和像素),其或是全局地(即,在自动模式中)或限制到目标物体(即,在监督模式中)。

[0046] 参考图2,外部数据和校准板(即,测试板和培养基的结合的范围)都被用于校准系统。系统校准和数据校准都由校准确定。系统和数据校准值被用于新板的图像采集。校准板用于根据图像映射验证新图像(即,哪些像素是板外区域、哪些是板内区域但培养基没有菌落、以及哪些区域显示菌落)。

[0047] 图3进一步说明被校准的系统装置的具体方面。在(一个或更多个)照明组件111的预热时间期间,强度(λ) = f (输入功率)和场均匀性被确定。此外,对于测试板,培养基针对适用区域(即,单板的整个板、双板的半个板以及三板的三分之一板)应该是均匀的。对于光学校准112,对准、色差和几何失真被确定。对于照相机校准113,基线水平被确定。这种基线数据是:预热时间;线性度(灰度值与到达传感器的光子数量的固定关系)和黑度水平作为曝光时间的函数、SNR作为像素强度的函数;场均匀性;色差;和几何失真被全部确定为与估计获得的图像相对比的基线。这种基线数据被本领域的技术人员所熟知,不进一步详细描述。

[0048] 图4是进入校准系统中的输入(即,系统信息、校准板的库和其他输入)的进一步细节。对于每个校准板,获得图像并且,每个像素被分配黑度水平、SNR、线性度和照明的值。针对系统(即,非逐像素的)模型确定反应系统因素,诸如失真、色差、空间分辨率和白平衡的值。这些值被全部收集以提供校准的系统和校准的数据用于在板的评价中使用。如下可知,这些值被用于完成图像采集。

[0049] 关于图像采集模块的更多细节在图5中描述。在第一步骤中,使用默认值获得图像。根据这个第一图像,针对每个像素的强度、曝光时间和SNR被确定。通过从测量的强度值减去像素的“黑度水平”确定强度。黑度水平和SNR从先前所述的校准获得。

[0050] 图像采集发生在时间 t_0 、 t_1 、 \dots 、 t_x 处。在每个时间处,图像通过一系列的N次图像采集获得。该一系列的N次图像采集向SNR迭代用于与图像强度中的高置信度关联的获得的图像。

[0051] 图6中说明在给定时间(例如, t_0)的图像采集和更新。新板610的图像在步骤620中获得。系统630和数据640校准告知图像采集。板的交通状况(即,每单位时间的板的数量)也被用于校准和控制系统。在图像采集过程期间的后面的时间点处,随后的图像被获得650并且与先验图像比较(自动地或被监督)。典型地,在每个时间间隔将有大约四个到大约十个图像采集以获得具有可接受的置信度的图像。一旦获得针对选择的物体的期望的SNR,针对

最终图像采集660确定曝光时间。

[0052] 根据一个实施例,像素更新如下。灰度值、参考曝光时间和信噪比表示存储的每板(图像物体)的每个照明配置(顶部、侧面、底部、或它们的混合)的信息。该信息在每个新的采集之后被更新。首先,该信息使用第一图像采集(N=1)被更新。

[0053] 灰度值、参考曝光时间和信噪比表示存储的每板的每个照明配置(顶部、侧面、底部、或它们的混合)的信息。该信息在每个新的采集之后被更新。首先,该信息根据第一图像采集(N=1)被初始化。在一个实施例中, $gv_{x,y,1}$ 是图像位置(x,y)处的灰度值(gv),其对应于使用曝光时间 E_1 和各自的信噪比(SNR_{gv})的板的第一图像捕获(N=1)。在该实施例中:

[0054] • $black_{x,y,E_1}$ 是(x,y)处对应于曝光时间 E_1 的黑度参考值点;

[0055] • $E'_{x,y,1}$ 是在1采集之后(x,y)处更新的参考时间点;

[0056] • $gv'_{x,y,1,E_1}$ 是在相等的曝光时间 $E'_{x,y,1}$ 的1采集之后x,y处更新的灰度值;

[0057] • $SNR'_{x,y,1}$ 是1采集之后x,y处更新的SNR;

[0058] $E'_{x,y,1} = E_1$

[0059] $gv'_{x,y,1,E_1} = gv_{x,y,1} - black_{x,y,E_1}$

[0060] $SNR'_{x,y,N} = \begin{cases} SNR_{gv_{x,y,1}} \\ 0, \text{如果} gv_{x,y,1} \text{是饱和的} \end{cases}$

[0061] 黑度水平是有噪声的并且迭代图像采集过程获得“低噪声的”图像(即,具有较高置信度水平的图像)。黑度值是默认值,其在图像采集期间不被重新计算。黑度值是曝光时间的函数。

[0062] 对于给定的曝光时间和光源强度,当像素是饱和的, $SNR=0$ (因此没有改进SNR)。只有来自非饱和的像素的值被更新。

[0063] $N=1$: 初始曝光时间是熟知的默认曝光时间(一种先验的),或任意值(例如: $\frac{\text{最大曝光时间} + \text{最小曝光时间}}{2}$)。对于被分析的新板的特定板和培养基,这由校准确定。

[0064] 灰度值、参考曝光时间和信噪比在每个新图像采集之后(即, $N=2,3,4 \dots N$)根据下面的实施例被更新。对于图像位置(x,y)的灰度值 $gv_{x,y,N}$ 对应于使用曝光时间 E_N 和各自的信噪比($SNR_{x,y,N}$)的板的第N图像捕获。在该实施例中:

[0065] • $black_{x,y,E_N}$ 是(x,y)处对应于曝光时间 E_N 的黑度参考值点;

[0066] • $E'_{x,y,N}$ 是N次采集之后(x,y)处更新的参考时间点;

[0067] • gv'_{x,y,N,E_N} 是在相等的曝光时间 $E'_{x,y,N}$ 的N次采集之后(x,y)处更新的灰度值;

[0068] • $SNR'_{x,y,N}$ 是N次采集之后x,y处更新的SNR。

[0069] $E'_{x,y,N} = \begin{cases} MIN(E'_{x,y,N-1}, E_N), \text{如果} gv'_{x,y,N-1,E_{x,y,N-1}} \text{或} gv_{x,y,N} \text{是饱和的} \\ MAX(E'_{x,y,N-1}, E_N), \text{否则} \end{cases}$

[0070] $gv'_{x,y,N,E_{x,y,N}} = E'_{x,y,N} \times \frac{gv'_{x,y,N-1,E_{x,y,N-1}} \times SNR_{x,y,N-1}^2 + \frac{gv_{x,y,N} - black_{x,y,E_N}}{E_N} \times SNR_{x,y,N}^2}{SNR_{x,y,N-1}^2 + SNR_{x,y,N}^2}$

$$[0071] \quad SNR'_{x,y,N} = \sqrt{SNR'^2_{x,y,N-1} + SNR^2_{x,y,N}}$$

[0072] 因此,针对在第N次图像采集中的像素所更新的SNR是先验图像采集的更新的信噪比的平方和当前图像采集的信噪比的平方的平方根。每次采集为每个像素提供更新的值(例如, $E'_{x,y,N}$)。随后该更新的值被用于为下次图像采集计算更新的值。当像素对于给定的曝光时间和光源强度是饱和的,对于像素 $SNR=0$ 。只有非饱和的像素被更新。第N次曝光时间对应于监督的最优化,其目标是使目标物体的SNR最大化。目标物体能够是整个板、菌群、板的一部分、或整个图像。

[0073] 利用新的采集更新图像数据之后,采集系统能够根据环境约束(最小需求SNR、饱和约束、最大允许采集时间、目标区域)提出最佳的下次采集时间,其将使SNR最大化。在图像采集被监督的实施例中: $x,y \in$ 物体表示在监督模式中,物体的像素仅仅被考虑用于评估。在图像采集不受监督的那些实施例中,默认物体为整个图像。

[0074] 根据图7,根据获得的图像分析,使用上述自动模式或监督模式确定针对图像采集系列中给定时间间隔处的下次图像(N+1)的曝光时间。参考图7,对于自动过程,每个像素权重相等(即,分配的值为1)。对于监督的方法,与物体(例如,培养物)相关的像素权重不同。监督过程需要附加的成像步骤。如果像素显著的部分(例如,比十万分之一大)是饱和的,并且它们的权重不为0,则提出一个比先前用于获取图像的最小曝光时间短的(例如,1/5)新的曝光时间。这种调整针对饱和像素改善得到非饱和信息的可能性。在替代的实施例中计算新的曝光时间。如果没有显著的像素饱和,则,对于每个像素,从曝光和强度映射中确定将不会导致像素饱和的最大曝光时间。由此,确定图像的曝光时间,并且模拟强度图。由此,确定对应权重的SNR映射。

[0075] 参考图8,样品图像被用于逐像素更新图像映射中的图像数据。该样品数据随后被馈送到图像分析仪,并且被执行针对每个像素的SNR上预定的约束、其他饱和约束、物体约束等以及时间或交通约束(即,捕获和分析的持续时间)定制的图像分析。

[0076] 在一个实施例中,具体地,针对饱和的像素逐像素分析获取的图像。如果 E_N 导致超过预定限制的像素饱和,则选择一个较低的值 E_{N+1} 。例如,如果还没有获得最小的曝光时间并且饱和像素($gv'_{x,y,N}E'_{x,y,N} = gv_{sat}$)的百分数(%)超过预定限制(例如, $>1/10^5$),以预定的增量提出一个新的曝光时间(例如,先前使用的最小曝光时间的五分之一)。较低的限制(即,最小可接受的曝光时间)也被预定。曝光时间上的这些约束允许向着非饱和图像采集条件更快速地收敛。

[0077] 在新的曝光时间获得新的图像。对于新的图像,次级检查约束是每像素最小的期望SNR(这是较低的SNR阈值),并且是允许用于该图像的全部采集时间(或 N_{max})。如果该视景的全部采集时间已经达到时间限制,或者如果对于每个像素的每个更新的SNR使得 $SNR'_{x,y,N} \geq \text{MinSNR}$,然后图像数据被看作是可接受的,并且视景的采集在时间间隔(例如, t_0)结束。当图像采集在时间 t_x (例如,时间 t_1)开始,导致由先前的采集(例如,在时间 t_0)的亚饱和状态的最好曝光时间(E_{Nfinal})被当作初始值E。在 t_x 用于图像采集的过程在其他方面与在时间 t_0 的过程相同。

[0078] 如果饱和和约束被提升(没有显著的饱和),则确定和研究下次最佳曝光时间。首先,

在目标区域上方计算曝光时间边界限制。这些曝光时间边界是：i) 使最亮像素饱和的曝光时间；和 ii) 使最暗像素饱和的曝光时间。

[0079] 用于使最亮非饱和像素饱和的曝光时间 E_{min} 由对应于绝对最大强度和 $E'_{gv_{max}}$ （其相关曝光时间）的灰度值 gv_{max} 从以下公式确定：

$$[0080] \quad gv_{max} = gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}}, \text{ 其中 } \begin{cases} \frac{gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}}}{E'_{x,y,N}} \text{ 是最大值} \\ gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}} \neq gv_{sat} \end{cases}, E'_{gv_{max}} = gv_{max} \text{ 与 } E'_{x,y,N} \text{ 有关}$$

$$[0081] \quad E_{min} = E'_{gv_{max}} \times \frac{gv_{sat}}{\max(gv_{max}, 1)}$$

[0082] 用于使最暗像素饱和的曝光时间 E_{max} 由对应于绝对最小强度的灰度值 gv_{min} 确定，并且 $E'_{gv_{min}}$ 是其相关的曝光时间：

$$[0083] \quad gv_{min} = gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}}, \text{ 其中 } \begin{cases} \frac{gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}}}{E'_{x,y,N}} \text{ 是最小值} \\ gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}} \neq gv_{sat} \end{cases}, E'_{gv_{min}} = gv_{min} \text{ 与 } E'_{x,y,N} \text{ 有关}$$

$$[0084] \quad E_{max} = E'_{gv_{min}} \times \frac{gv_{sat}}{\max(gv_{min}, 1)}$$

[0085] 下次最佳曝光时间通过模拟在 E_{max} 和 E_{min} 之间的所有候选曝光时间之间中选择。具体地，在测试的曝光时间 $E_{test,N+1}$ 增加模拟的图像之后，由模拟确定将会使更新的平均值SNR最大化的曝光时间（针对最小信噪比阈值下面的所有像素）。在 $E_{test,N+1}$ 的模拟的图像由如下所述（针对每个像素）生成。

[0086] 灰度值 $gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}}$ 是对应于当前更新的图像数据的像素数据。如果一个新的时间点 $E_{test,N+1}$ 被选择，则期望的灰度值为：

$$[0087] \quad gv_{x,y,E_{test,N+1}} = \min \left(gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}} \times \frac{E_{test,N+1}}{E'_{x,y,N}} + \text{black}_{x,y,E_{test,N+1}}, gv_{sat} \right)$$

[0088] 用在时间点 $E_{test,N+1}$ 图像的来自模拟的图像的像素的值更新该值以后，该 (x, y) 像素的SNR将为：

$$[0089] \quad SNR'_{x,y,N+1} = \sqrt{SNR'^2_{x,y,N} + SNR^2_{x,y,N+1}}$$

[0090] 下个最佳曝光时间 $E_{best,N+1}$ 然后由下式确定：

$$[0091] \quad E_{best,N+1} = E_{test,N+1} \in [E_{min}, E_{max}];$$

[0092] 其中 $\sum_{x,y \in \text{object}}^{E_{test,N+1}} SNR'_{x,y,N+1}$ 为最大。

[0093] 如果图像采集和分析由 $x, y \in$ 物体监督，则SNR只针对目标物体积分。在自动模式中，该物体是整个图像。

[0094] 图9描述图像采集的最终步骤。这些步骤是本领域的技术人员熟知的常规图像处理技术，在此不详细描述。

[0095] 图10说明在图像采集期间确定系统完整性的方法。注意到,一旦系统完整性被检查,样品被载入系统中,并且来自样品的数据被捕获。数据捕获如上所述由校准信息告知。捕获的数据被提供到系统完整性检查和系统事件分析仪二者。

[0096] 如上所述一旦已经获得图像,其与已经培养了不同量的时间的板的图像相比较。例如,如本文中所述在板已经培养了四小时 ($T_1=4$) 之后获得板的图像。四小时或更多小时之后,如上所述获得板的另一个图像 ($T_x=8$ 小时)。在 T_{x+1} 时获得高SNR的图像能够随后与在 T_x 时的高SNR图像对比。评估这两个图像的变化以确定微生物生长的证据。进一步处理(例如,板是阳性的,板是阴性的,板需要进一步培养)的决定基于该对比。

[0097] 尽管此中的发明已经根据特定实施例描述,将了解到这些实施例只是本发明说明性的原理和应用。因此,将了解到可以对说明性的实施例做出许多修改,并且可以设计其他安排,而不脱离如附加权利要求所限定的本发明的精神和范围。

100

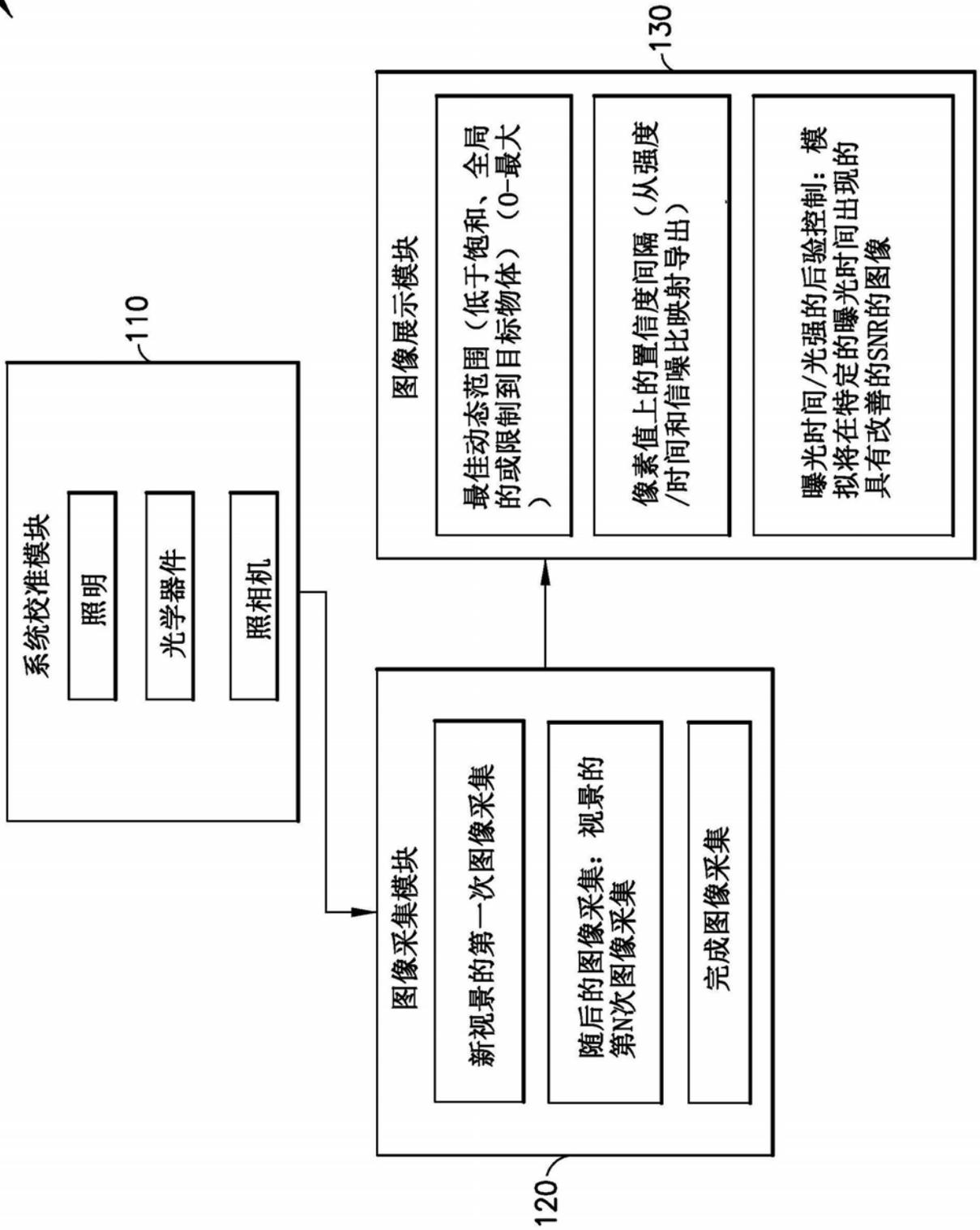


图1

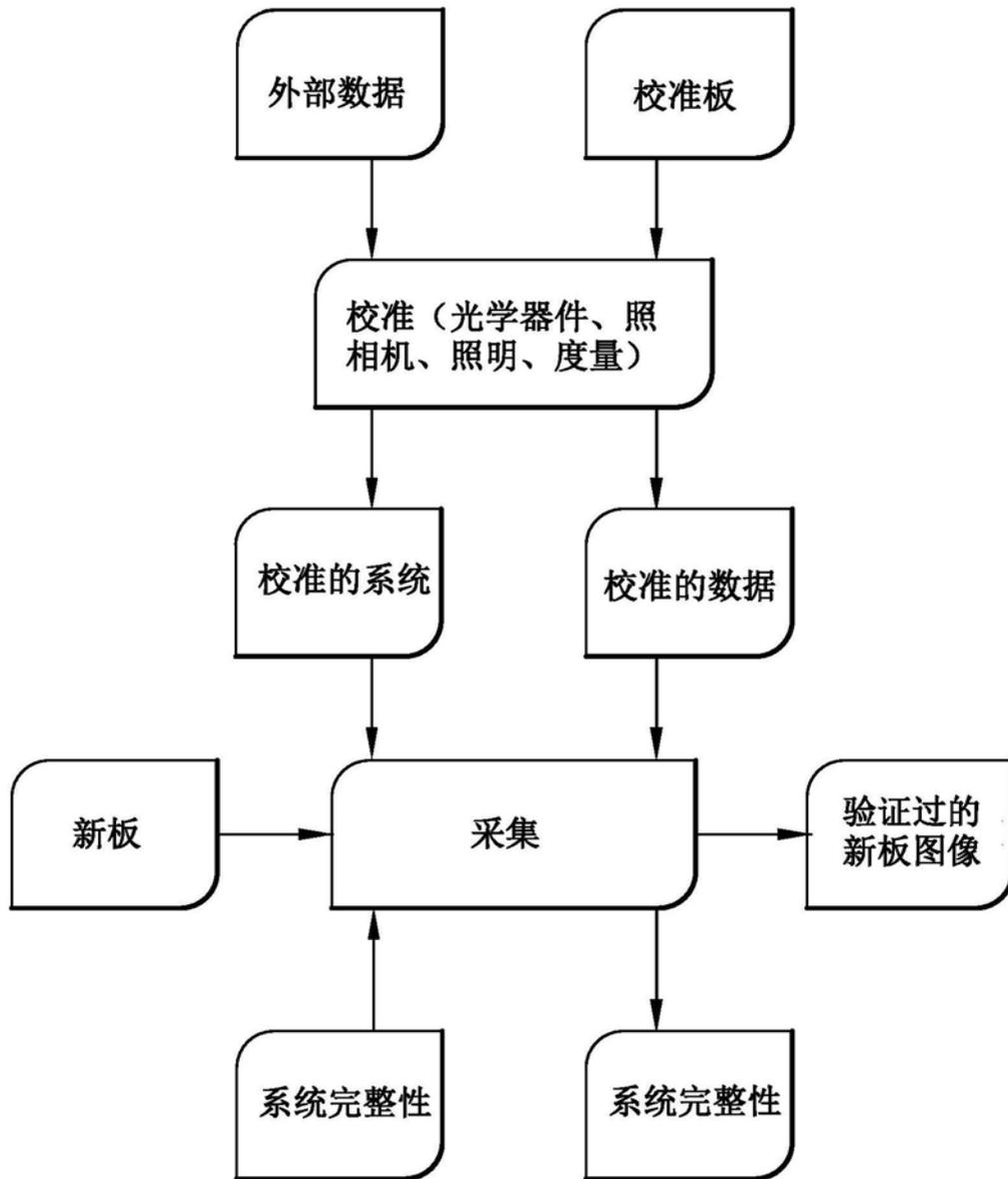


图2

110

校准模块

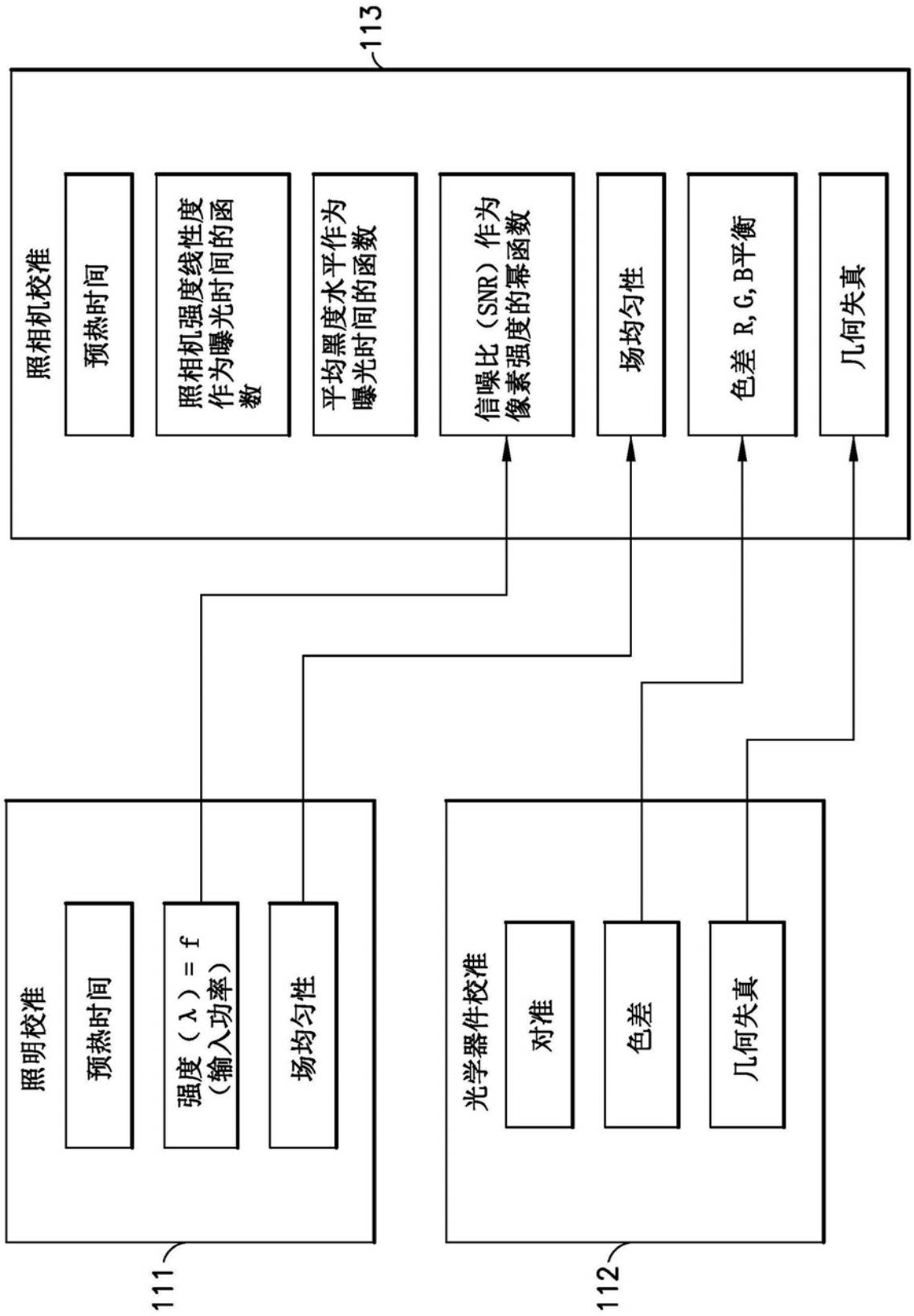


图3

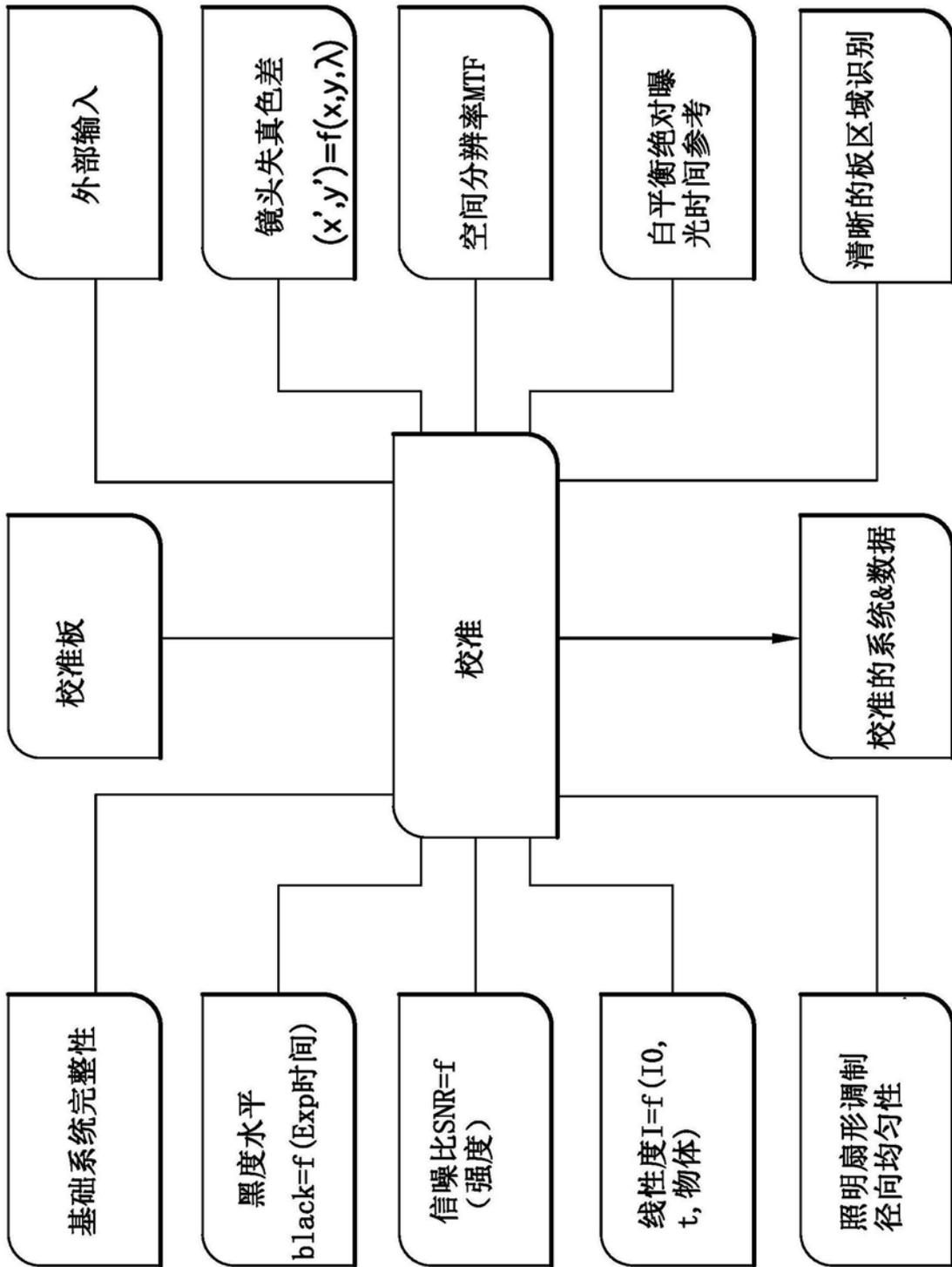


图4

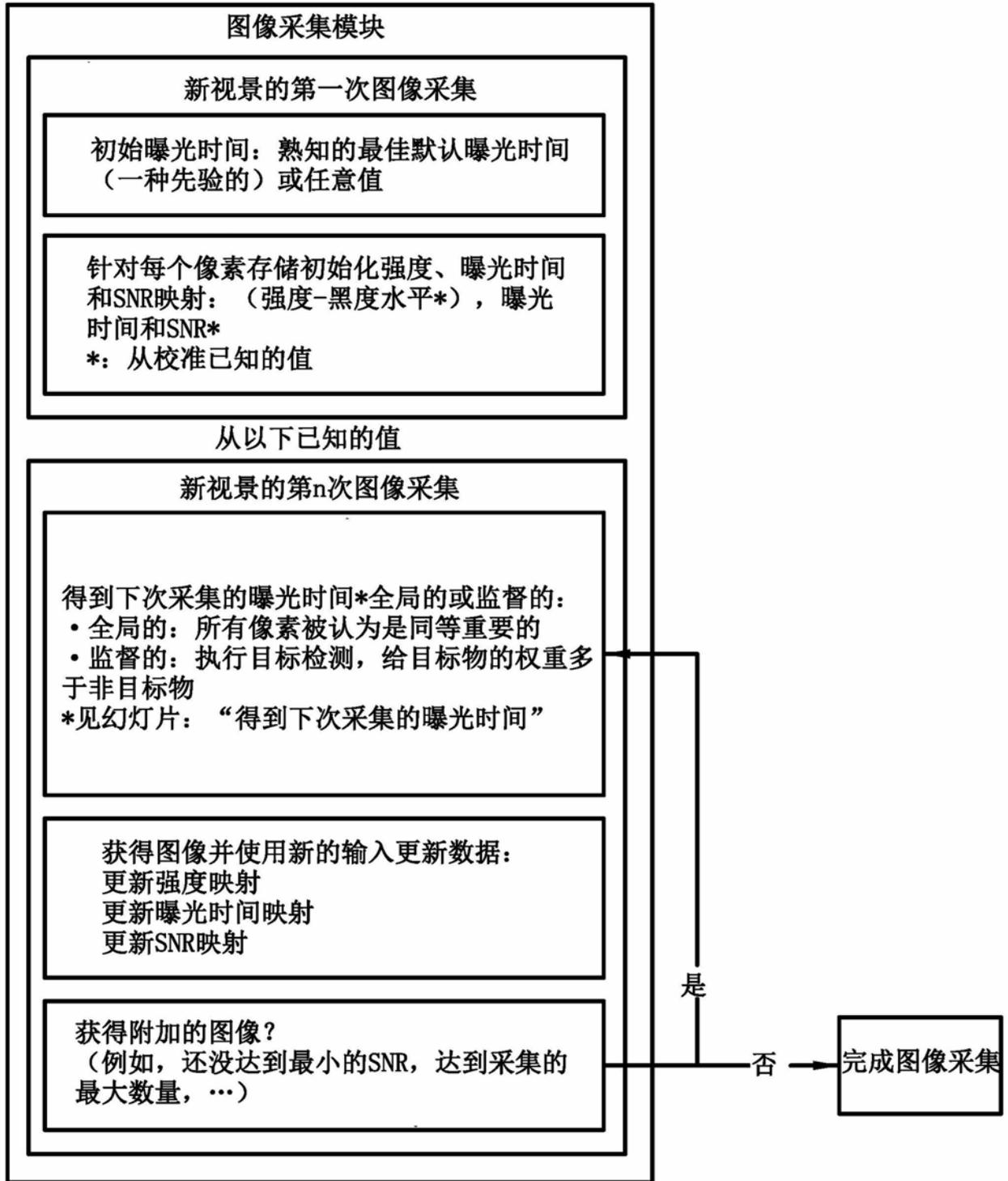


图5

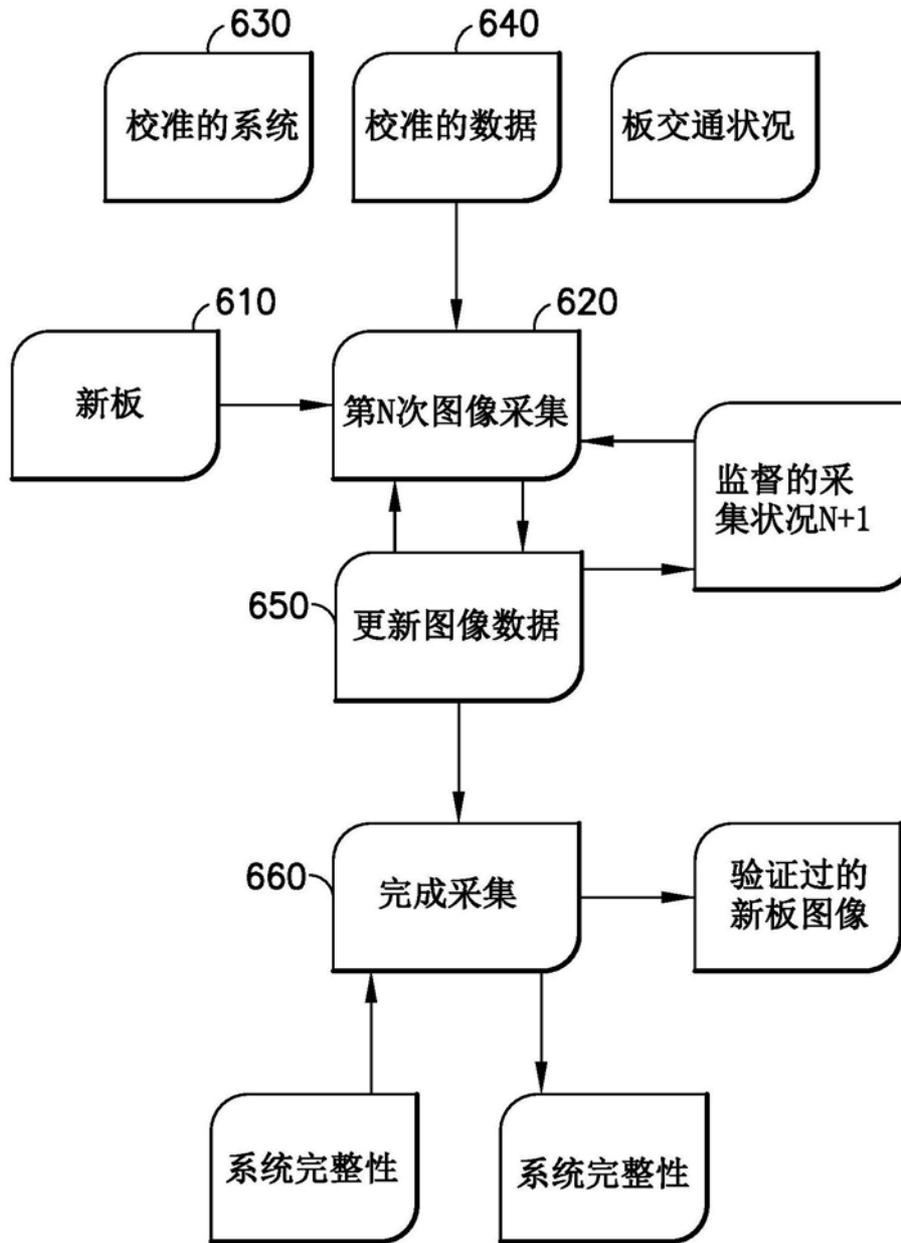


图6

得到下次采集的曝光时间

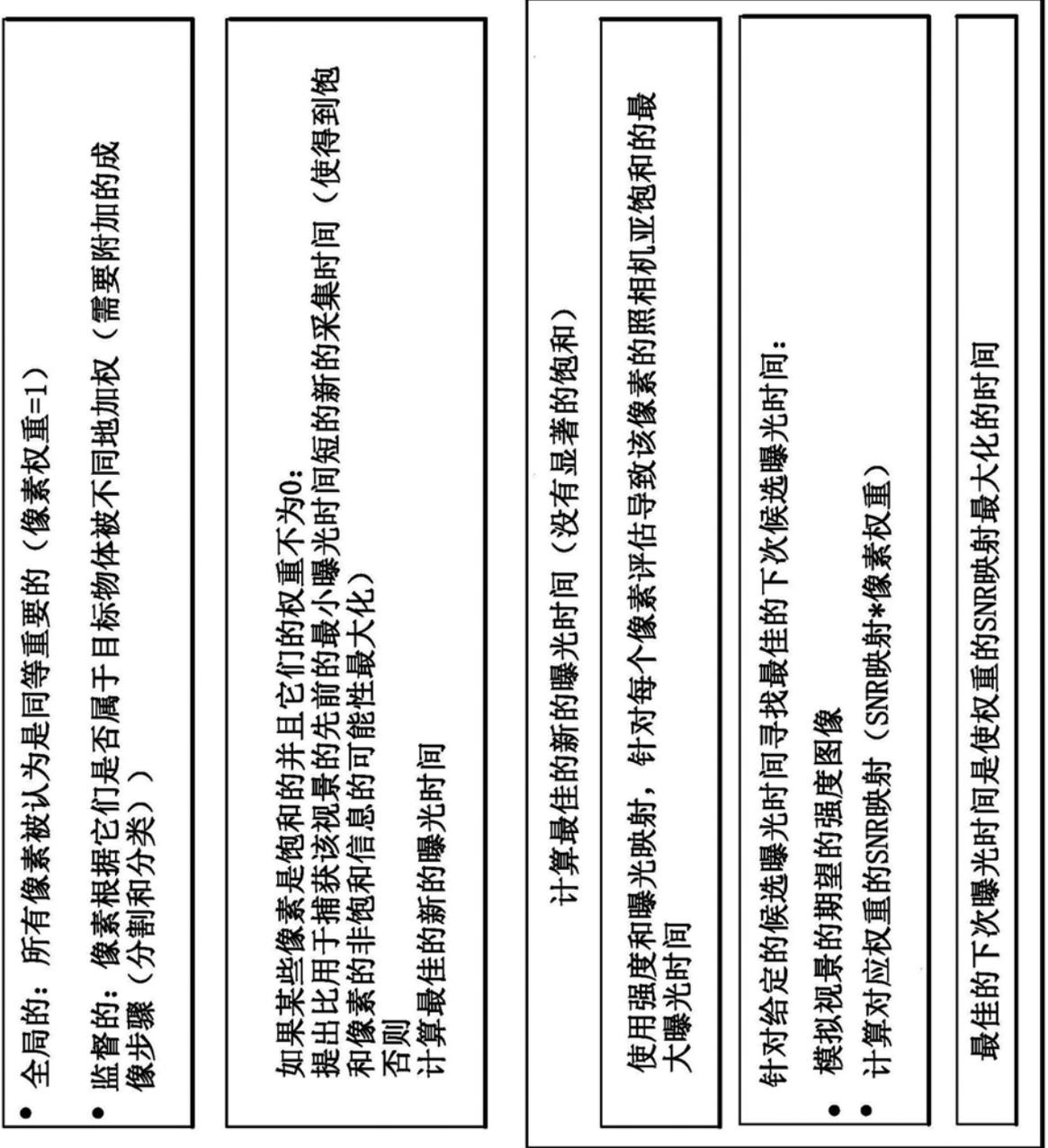


图7

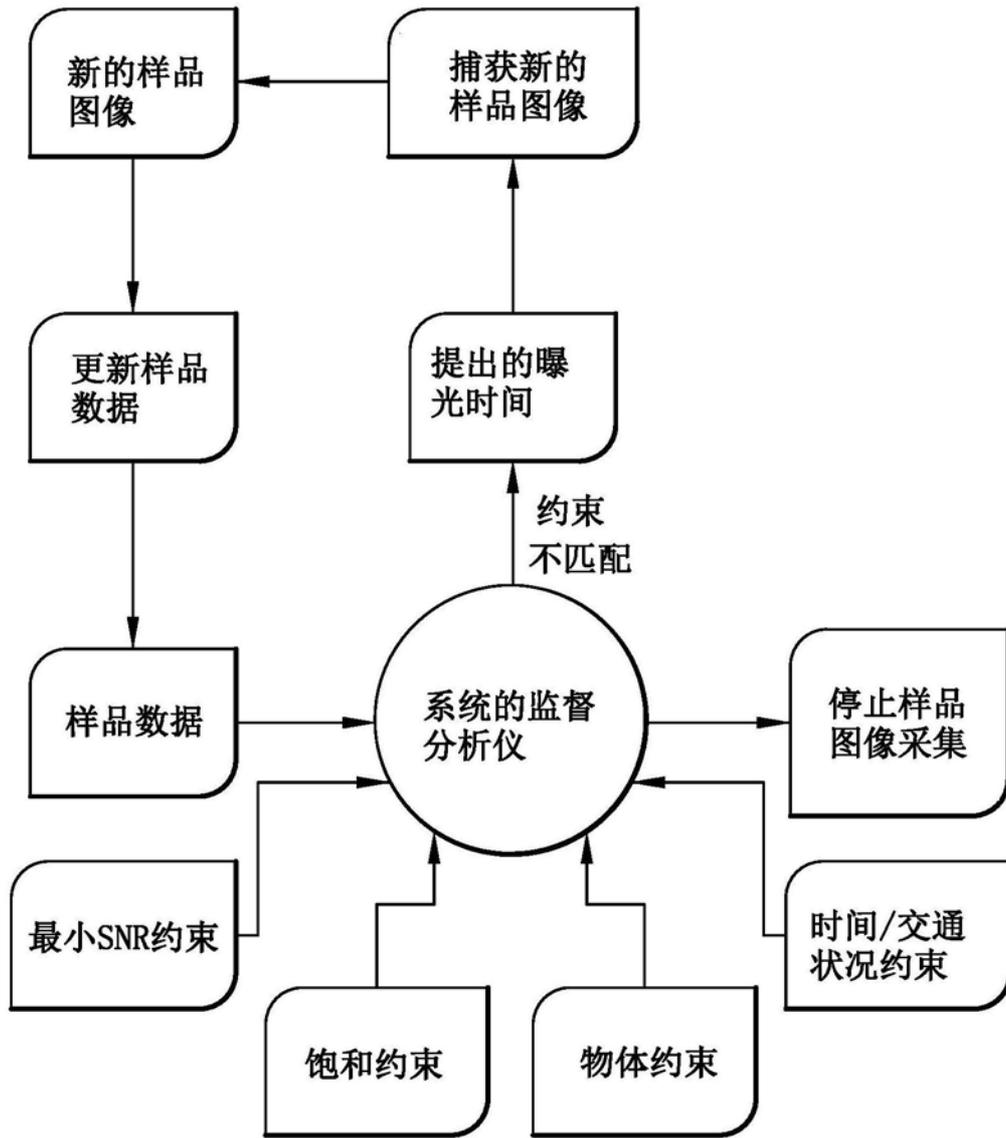


图8

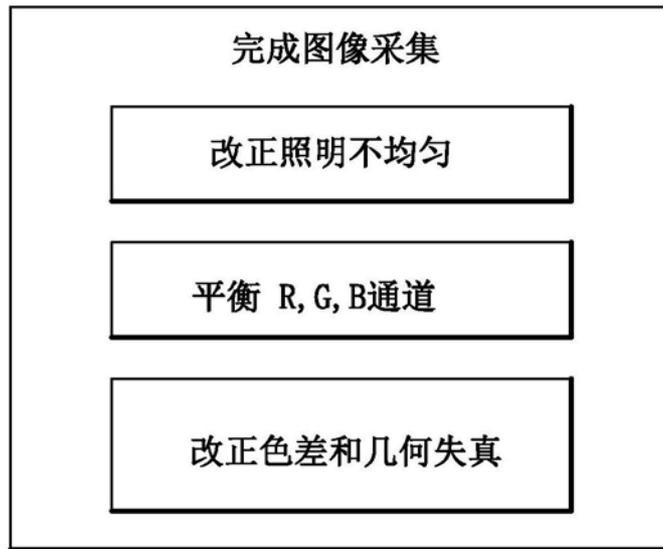


图9

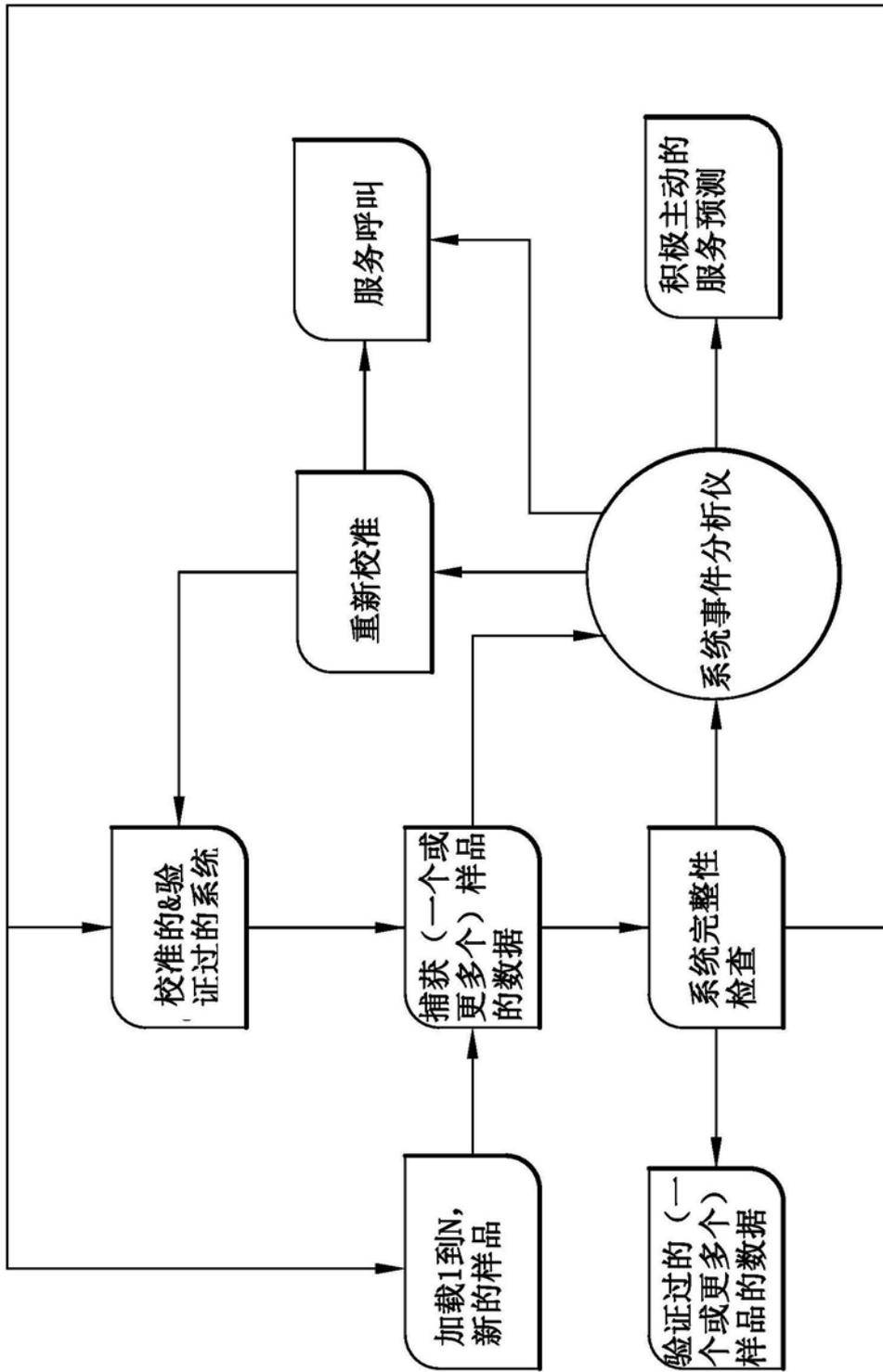


图10