



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107072520 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(21)申请号 201580046233.8

(22)申请日 2015.08.07

(30)优先权数据

14/473,930 2014.08.29 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.02.27

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/044326 2015.08.07

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2016/032729 EN 2016.03.03

(71)申请人 莱英罗斯有限责任公司

地址 德国黑博尔茨海姆

(72)发明人 杨春信 惠星 王白羽

克劳迪奥·伊梅库斯

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 杜诚 陈炜

(51)Int.Cl.

A61B 1/07(2006.01)

A61B 1/05(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

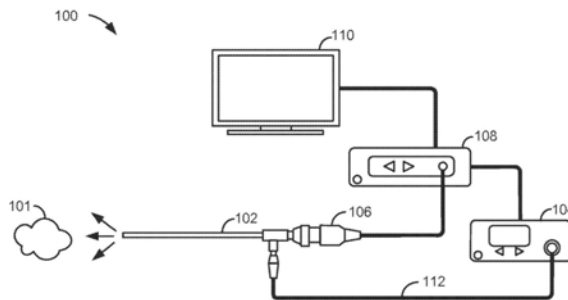
权利要求书3页 说明书10页 附图10页

(54)发明名称

以可见光波长和红外波长并行成像的内窥镜系统

(57)摘要

一种用于以可见光波长和NIR波长并行成像的内窥镜系统,包括:内窥镜,该内窥镜能够进行操作以传送可见光波长和NIR波长;以及光源,该光源能够进行操作以产生可见光和NIR激发光。可见光的强度独立于NIR激发光的强度。该内窥镜系统还包括具有单个图像传感器的摄像机、耦合至可见光和NIR激发光的控制器以及显示装置。



1. 一种用于以可见光波长和NIR波长并行成像的内窥镜系统,所述内窥镜系统包括:
内窥镜,所述内窥镜能够进行操作以传送可见光波长和NIR波长;
光源,所述光源能够进行操作以产生可见光和NIR激发光,其中,所述可见光的强度独立于所述NIR激发光的强度;
摄像机,所述摄像机具有单个图像传感器;
控制器,所述控制器耦合至所述可见光和所述NIR激发光;以及
显示装置。
2. 根据权利要求1所述的内窥镜系统,其中,所述控制器能够进行操作以独立地改变所述可见光的强度和所述NIR激发光的强度。
3. 根据权利要求1所述的内窥镜系统,其中,所述摄像机包括阻挡所述激发光并且使可见光和荧光发射通过的光学滤波器。
4. 根据权利要求1所述的内窥镜系统,其中,所述光源包括多个能够独立控制的固态光源。
5. 根据权利要求1所述的内窥镜系统,其中,所述控制器包括电学衰减器或光学衰减器中的至少一个。
6. 一种操作内窥镜检查系统的方法,所述方法包括:
利用NIR激发光和可见光并行照射组织;
使用单个检测器对所述组织成像;以及
独立地调节所述NIR激发光的强度和所述可见光的强度。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述组织的至少一部分暴露于荧光染料。
8. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述NIR激发光是由NIR激光器提供的,并且所述可见光是由固态白光发射器提供的。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述固态白光发射器包括多个能够独立控制的固态光源。
10. 根据权利要求6所述的方法,其中,使用单个检测器对所述组织成像包括:对来自所述组织的荧光发射和从所述组织反射的可见光并行成像。
11. 根据权利要求6所述的方法,其中,独立地调节所述NIR激发光的强度和所述可见光的强度是由耦合至所述单个检测器的控制器执行的。
12. 一种初始化内窥镜的方法,所述方法包括:
利用NIR激发光来照射组织;
利用单个图像传感器对来自所述组织的荧光发射成像;
调节所述NIR激发光的强度,直到荧光图像强度处于预定范围内;
确定荧光活跃像素和荧光非活跃像素;
利用可见光来照射所述组织;
利用所述单个图像传感器对来自所述组织的荧光发射和反射的可见光成像;
计算所述荧光活跃像素的平均信号值与所述荧光非活跃像素的平均信号值之间的比率;以及
调节所述可见光的强度。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中,利用NIR激发光对组织的照射基本上不含可见

光照射。

14. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述内窥镜能够进行操作以使用单个图像传感器对可见光和荧光发射光并行成像。

15. 根据权利要求12所述的方法,其中,确定荧光活跃像素和荧光非活跃像素包括:向通过利用所述NIR激发光来照射组织而获取的荧光图像应用阈值。

16. 根据权利要求12所述的方法,其中,利用可见光来照射所述组织包括:利用所述NIR激发光和所述可见光来并行照射所述组织。

17. 根据权利要求12所述的方法,其中,用于利用可见光来照射所述组织的所述可见光包括与调节所述可见光的强度之后的强度相比衰减的强度。

18. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述可见光的强度的调节对所述荧光发射与所述反射的可见光之间的对比度进行修改。

19. 一种用于以可见光波长和NIR波长并行成像的立体内窥镜系统,所述立体内窥镜系统包括:

内窥镜,所述内窥镜能够进行操作以传送可见光波长和NIR波长;

光源,所述光源能够进行操作以产生可见光和NIR激发光,其中,所述可见光的强度独立于所述NIR激发光的强度;

立体摄像机,所述立体摄像机具有单个图像传感器,所述单个图像传感器能够进行操作以在可见光波长和NIR波长处检测左眼图像或右眼图像;

控制器,所述控制器耦合至所述光源和所述立体摄像机;以及

显示装置,所述显示装置能够进行操作以使用立体眼镜来观看。

20. 根据权利要求19所述的立体内窥镜系统,其中,所述光源包括多个能够独立控制的固态光源。

21. 根据权利要求19所述的立体内窥镜系统,其中,所述光源包括电学衰减器或光学衰减器中的至少一个。

22. 根据权利要求19所述的立体内窥镜系统,其中,所述立体摄像机包括切换快门,所述切换快门包括:

与左眼图像相关联的左眼光圈;以及

与右眼图像相关联的右眼光圈。

23. 根据权利要求22所述的立体内窥镜系统,还包括能够进行操作以阻挡所述NIR激发光的第一预定部分并且使所述可见光的第二预定部分和荧光发射的第三预定部分通过的光学滤波器。

24. 根据权利要求19所述的立体内窥镜系统,其中,所述控制器能够进行操作以独立地改变所述可见光的强度和所述NIR激发光的强度。

25. 根据权利要求19所述的立体内窥镜系统,其中,所述控制器能够进行操作以:

控制所述立体摄像机以可见光波长和NIR波长交替地获取所述左眼图像和所述右眼图像;以及

控制所述立体眼镜以在所述显示装置上观看所述左眼图像和所述右眼图像。

26. 一种操作立体内窥镜检查系统的方法,所述方法包括:

利用NIR激发光和可见光来并行照射组织;

独立地调节所述NIR激发光的强度和所述可见光的强度；
使用具有单个检测器的立体摄像机对所述组织成像；
使用所述单个检测器以可见光波长和NIR波长并行获取左眼图像；
使用所述单个检测器以可见光波长和NIR波长并行获取右眼图像；以及
在显示装置上连续显示所述左眼图像和所述右眼图像。

27. 根据权利要求26所述的方法，其中，所述组织的至少一部分暴露于荧光染料。

28. 根据权利要求26所述的方法，其中，所述NIR激发光是由NIR激光器提供的，并且所述可见光是由固态白光发射器提供的。

29. 根据权利要求28所述的方法，其中，所述固态白光发射器包括多个能够独立控制的固态光源。

30. 根据权利要求26所述的方法，其中，并行获取左眼图像和并行获取右眼图像包括：使用所述单个检测器对来自所述组织的荧光发射和从所述组织反射的可见光并行成像。

31. 根据权利要求26所述的方法，其中，独立地调节所述NIR激发光的强度和所述可见光的强度是使用耦合至所述单个检测器的控制器来执行的。

以可见光波长和红外波长并行成像的内窥镜系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2014年8月29日提交的标题为“Endoscope System with Concurrent Imaging in Visible and Infrared Wavelengths”的美国非临时专利申请第14/473,930号的优先权以及于2015年8月7日提交的标题为“Stereoscopic Endoscope System with Concurrent Imaging at Visible and Infrared Wavelengths”的美国非临时专利申请第14/820,874号的优先权,出于所有目的,将上述申请的公开内容通过引用全部合并在本文中。

[0003] 关于在联邦资助研究或开发下做出的发明的权利的声明

[0004] 不适用。

背景技术

[0005] 医疗内窥镜已经广泛用于诊断过程和手术过程。用于在内窥镜检查过程期间检测活体中的病变的有前景的技术涉及近红外(NIR)荧光成像,其中,使用NIR光来照射组织,组织中的由外源施加的荧光团发射荧光,成像系统捕获荧光图像。除了荧光成像之外,一般的诊断过程和手术过程使用利用常规可见光成像的内窥镜检查。

[0006] 尽管在内窥镜检查领域中取得了进步,但是在本领域中仍需要结合了可见光内窥镜检查术和NIR荧光内窥镜检查术的系统。

发明内容

[0007] 本发明大体上涉及内窥镜检查系统。更具体地,本发明的实施方式涉及用于在内窥镜检查期间对可见光和NIR荧光并行成像的设备和方法。在特定实施方式中,提供了一种具有并行的可见光成像和NIR荧光成像的内窥镜系统。所公开的内窥镜系统包括:内窥镜,该内窥镜在可见光谱至NIR光谱的范围内工作;光源,该光源产生能够独立控制的可见光和NIR激发光;单个图像传感器摄像机;控制器,该控制器用于图像处理和光源控制;以及显示装置。荧光成像模式从初始化处理开始,所述初始化处理独立地调节NIR激发光的强度和可见光的强度,直到荧光图像的亮度和荧光图像与可见光图像之间的对比度对于观察而言是理想的。

[0008] 根据本发明的实施方式,提供了一种用于以可见光波长和NIR波长并行成像的立体内窥镜系统。该立体内窥镜系统包括:内窥镜,该内窥镜能够进行操作以传送可见光波长和NIR波长;以及光源,该光源能够进行操作以产生可见光和NIR激发光。可见光的强度独立于NIR激发光的强度。该立体内窥镜系统还包括:立体摄像机,该立体摄像机具有单个图像传感器,所述单个图像传感器能够进行操作以在可见光波长和NIR波长处检测左眼图像或右眼图像;控制器,该控制器耦合至光源和立体摄像机;以及显示装置,该显示装置能够进行操作以使用立体眼镜来观看。

[0009] 根据本发明的另一实施方式,提供了一种操作立体内窥镜检查系统的方法。该方法包括:利用NIR激发光和可见光并行照射组织;以及独立地调节NIR激发光的强度和可见

光的强度。该方法还包括：使用具有单个检测器的立体摄像机对组织成像；使用单个检测器以可见光波长和NIR波长并行获取左眼图像；以及使用单个检测器以可见光波长和NIR波长并行获取右眼图像。该方法还包括在显示装置上连续显示左眼图像和右眼图像。

[0010] 根据本发明的实施方式，提供了一种用于以可见光波长和NIR波长并行成像的内窥镜系统。该内窥镜系统包括：内窥镜，该内窥镜能够进行操作以传送可见光波长和NIR波长；以及光源，该光源能够进行操作以产生可见光和NIR激发光。可见光的强度独立于NIR激发光的强度。该内窥镜系统还包括：摄像机，该摄像机具有单个图像传感器；控制器，该控制器耦合至可见光和NIR激发光；以及显示装置。

[0011] 根据本发明的另一实施方式，提供了一种操作内窥镜检查系统的方法。该方法包括：利用NIR激发光和可见光并行照射组织；使用单个检测器对组织成像；以及独立地调节NIR激发光的强度和可见光的强度。

[0012] 根据本发明的具体实施方式，提供了一种初始化内窥镜的方法。该方法包括：利用NIR激发光来照射组织；以及利用单个图像传感器对来自组织的荧光发射成像。该方法还包括：调节NIR激发光的强度，直到荧光图像强度处于预定范围内；以及确定荧光活跃像素和荧光非活跃像素。该方法还包括：利用可见光来照射组织；利用单个图像传感器对来自组织的荧光发射和反射的可见光成像；计算荧光活跃像素的平均信号值与荧光非活跃像素的平均信号值之间的比率；以及调节可见光的强度。

[0013] 在一种实施方式中，提供了一种用于在可见光区和NIR区同时成像的内窥镜系统。该内窥镜系统包括：内窥镜，该内窥镜在可见光谱和NIR光谱上具有期望的图像质量；以及光源，该光源产生可见光和NIR激发光。该光源被配置成使得可以独立地控制可见光的强度和NIR激发光的强度。该内窥镜系统还包括：摄像机，该摄像机具有单个图像传感器，所述单个图像传感器能够进行操作以捕获图像并且输出图像信号；控制器，该控制器能够独立地控制可见光和NIR激发光；以及显示装置。该控制器被配置成处理图像信号并且基于图像处理来调节光强度。

[0014] 在一种具体实施方式中，内窥镜系统的摄像机包括阻挡激发光并且使可见光和荧光发射通过的光学滤波器。光源可以包括多个固态光源，所述多个固态光源中的每个固态光源被独立地控制。控制器还可以能够通过光学方法或电学方法衰减可见光的强度。

[0015] 在另一实施方式中，提供了一种用于利用单个图像传感器对可见光和NIR荧光发射并行成像的方法。该方法包括以下初始化处理，所述初始化处理包括：仅利用NIR激发光来照射组织；利用单个图像传感器来捕获荧光发射并且对荧光发射成像；以及调节NIR激发光的强度，直到荧光图像的亮度处于期望水平。该方法还包括：添加具有衰减强度的可见光进行照射；利用单个图像传感器来捕获荧光发射和反射的可见光并且对荧光发射和反射的可见光成像；以及调节可见光的强度，直到荧光发射与反射的可见光之间的对比度处于期望水平。

[0016] 在一种实施方式中，该方法还包括：当仅利用NIR激发光来照射组织时，通过向荧光图像应用阈值来区分荧光活跃像素和荧光非活跃像素。该方法还可以包括：当利用NIR激发光和可见光照射组织时，确定荧光活跃像素的平均信号值与荧光非活跃像素的平均信号值之间的比率。

[0017] 在一种具体实施方式中，提供了一种用于并行的可见光成像和NIR荧光成像的内

窥镜系统。该内窥镜系统包括：内窥镜，该内窥镜在可见光谱至NIR光谱的范围内工作；光源，该光源产生能够独立控制的可见光和NIR激发光；单个图像传感器摄像机；控制器，该控制器用于图像处理和光源控制；以及显示装置。荧光成像模式从初始化处理开始，所述初始化处理独立地调节NIR激发光的强度和可见光的强度，直到荧光图像的亮度和荧光图像与可见光图像之间的对比度适于观察。

[0018] 通过本发明实现了优于常规技术的许多益处。例如，本发明的实施方式提供了以下内窥镜检查系统，所述内窥镜系统利用以NIR光谱和可见光谱并行照射以及以荧光发射光谱和反射的可见光谱成像来向医疗过程提供使用常规技术不可获得的信息。结合下文和附图更详细地描述本发明的这些实施方式和其他实施方式及其许多优点和特征。

附图说明

[0019] 图1是根据本发明的实施方式的用于在可见光区和NIR区并行成像的内窥镜系统的简化示意图。

[0020] 图2是根据本发明的实施方式的用于内窥镜的光源的第一实施方式的简化示意图。

[0021] 图3是根据本发明的实施方式的用于内窥镜的光源的第二实施方式的简化示意图。

[0022] 图4是根据本发明的实施方式的示出摄像机的光学系统的简化示意图。

[0023] 图5A是根据本发明的实施方式的示出操作并行成像的内窥镜的方法的简化流程图。

[0024] 图5B是根据本发明的实施方式的示出初始化并行成像内窥镜的方法的简化流程图。

[0025] 图6A是根据本发明的实施方式的视野的可见光图像。

[0026] 图6B是图6A中示出的视野的荧光图像。

[0027] 图6C是根据本发明的实施方式的包括荧光发射和可见光反射的并存图像。

[0028] 图7是根据本发明的实施方式的用于在可见光区和NIR区并行成像的立体内窥镜系统的简化示意图。

[0029] 图8是示出根据本发明的实施方式的用于在可见光区和NIR区并行成像的立体摄像机的光学系统的简化示意图。

[0030] 图9是示出根据本发明的实施方式的用于在可见光区和NIR区并行成像的立体内窥镜系统的时序的简化图。

[0031] 图10是示出根据本发明的实施方式的操作立体内窥镜检查系统的方法的简化图。

具体实施方式

[0032] 在NIR荧光内窥镜检查中，外源性荧光团如靛氰绿 (ICG) 可以被施用于患者并且将与待观察的组织结合。除了ICG之外，其它合适的染料如亚甲蓝可以用作荧光发射 (fluorescent emission) (也可以被称为荧光发射 (fluorescence emission)) 源。使用NIR光谱中的波长短于荧光发射的激发光来照射组织并且激发组织中的荧光团。基于斯托克斯位移，在比激发光长的NIR波长处检测所得到的荧光发射。荧光量子产率给出了荧光过程的

效率,所述效率通常是低的。结果,与NIR激发光的强度相比,荧光发射的强度通常非常弱。因此,为了观察荧光图像,利用光学滤波器来阻挡NIR激发光到达传感器。

[0033] CCD图像传感器或CMOS图像传感器通常具有从200nm至1100nm的光谱响应,从而使传感器能够捕获光以在可见光区和NIR区成像。然而,图像传感器在NIR光谱中的光谱响应应仅为其在可见光谱中的峰值响应的10%–30%。因此,本发明的实施方式的提供结合了可见光成像和NIR荧光成像的内窥镜检查利用对可见光的强度和NIR激发光的强度的控制,以使得反射的可见光不会淹没(overwhelm)图像传感器。

[0034] 图1是根据本发明的实施方式的用于在可见光区和NIR区并行成像的内窥镜系统的简化示意图。如图1所示的用于在可见光区和NIR区同时成像或并行成像的内窥镜系统的基本示意框图是示例性的并且不意在限制本发明。包括通过内窥镜利用可见光和NIR光照射的本发明的若干实施方式被包括在本发明的范围内。

[0035] 内窥镜系统100包括:内窥镜102、光源104、摄像机106、控制器108、监视器110以及光导112。内窥镜102提供跨可见光谱和NIR光谱的宽的传输带,其中在可见光谱中的波长和NIR光谱中的波长之间具有小的色差。以下更充分地描述的光源104产生可见光(例如,400nm–700nm,特别是420nm–680nm)以及具有第一NIR光谱(例如,790nm–820nm,特别是邻近约800nm)中的波长的NIR激发光。光源104可以根据成像模式而在不同模式下操作。如以下更充分地描述的,在独立控制波长区中的每个波长区的情况下,光源能够进行操作以输出NIR光和可见光。例如,光源可以输出NIR光,而不输出可见光。可替代地,光源可以输出可见光而不输出NIR光。此外,光源可以并行输出NIR光和可见光。

[0036] 来自光源104的输出光通过光导112被发送至内窥镜102中以照射目标组织101及其周围区域。在实施方式中,光导是光纤电缆,如包括多个多模光纤的玻璃纤维束、液体光导等。由内窥镜102接收反射的可见光和激发的具有第二NIR光谱(例如,830nm–900nm)中的波长的荧光发射以由摄像机106成像。在图1所示的示例性内窥镜系统100中,摄像机106位于内窥镜102的近端。来自目标组织101及其周围区域的光通过内窥镜102中的光学系统被传送,然后由摄像机106成像。虽然未在图中描绘,摄像机还可以位于内窥镜的远端,并且来自目标组织及其周围区域的光可以被摄像机直接收集和成像。本领域技术人员将认识到许多变化、修改和替代方案。

[0037] 控制器108从摄像机106接收图像信号并且处理图像信号以供显示。控制器108能够基于对图像信号进行分析来使用反馈控制独立地调节光源104中的可见光和NIR激发光,这稍后将被详细描述。由摄像机106捕获并且由控制器108处理的实况图像信号最终在监视器110上显示。

[0038] 在一些实施方式中,利用多种荧光染料和多个激发波长,其中,在成像光学路径中使用光学滤波器(即,陷波滤波器)来阻挡来自每个激发源的激发光传递至检测器。在这些实施方式中,利用具有低透射率的多陷波(例如,双陷波)光学滤波器或多个单陷波光学滤波器。来自目标组织(在多种荧光染料的情况下,具有多个荧光波长)的反射的可见光和荧光透射通过光学滤波器,用于随后在检测器处检测。由于两种染料可以对激发光具有不同的响应,因此实施方式提供了使用常规技术不可获得的益处。在一些实施方式中,NIR激发源提供了在多个波长处达到峰值的激发光,以从每个荧光染料产生有效荧光。此外,在一些实施方式中,NIR激发源能够被控制成:根据在特定医疗过程期间利用的荧光染料来产生具

有单个且可调节的激发峰、多个激发峰等的光。

[0039] 本发明的实施方式提供了以可见光谱和NIR光谱并行照射以及对从样品、组织或样本反射的可见光和由可能与样品、组织或样本相关联的荧光染料发射的荧光并行成像。这种使用单个传感器对反射的可见光和发射的荧光并行成像或同时成像与利用以这些不同波长按时间顺序成像或针对这些不同波长利用多个图像传感器成像的常规系统形成对比,其中,所述常规系统利用光学系统划分不同波长以将不同波长引导至多个图像传感器中的每个传感器。

[0040] 图2是根据本发明的实施方式的用于内窥镜的光源的第一实施方式的简化示意图。参照图21,NIR激光器220产生具有第一NIR光谱(例如,790nm-820nm)中的波长的激发光。在一些实施方式中,激光器220是半导体激光器,但是还可以利用其他激光器、LED等。来自激光器220的激发光穿过激光线滤波器227,激光线滤波器227的特征在于其通带非常窄(例如,10nm宽)。激光线滤波器227透射期望的激发波长,同时抑制边带辐射。

[0041] 在图2所示的实施方式中,多个光源例如红光LED 221、绿光LED 222以及蓝光LED 223提供用于产生在内窥镜中使用的可见光发射的光。如以下更充分地描述的,使用来自每个光源的光强度的适当比率将来自红色LED 221的红光、来自绿光LED 222的绿光以及来自蓝光LED 223的蓝光进行组合以形成白光。颜色组合器224、225和226将来自NIR激光器20的光和来自红光LED 221、绿光LED 222和蓝光LED 223的光进行组合,以形成输入至内窥镜102中的多光谱输出。如图2所示,来自NIR光源和可见光光源的组合光由透镜228耦合至光导112中,然后被提供给内窥镜102用于照射。

[0042] NIR激光器220、红光LED 221、绿光LED 222以及蓝光LED 223各自由控制器108独立地控制。通过使用控制器,可以例如通过改变向NIR激光器和LED提供的驱动电流来调节NIR激发光的强度和可见光的强度。如以下更充分地描述的,在荧光成像模式中,调节(例如,衰减)可见光的强度以实现荧光图像与可见光图像之间的期望的对比度。可以应用另外的光学方法如使用中性密度滤波器或电学方法如调制方法来使可见光显著地衰减以及/或者以期望的精度调节光强度。

[0043] 图3是根据本发明的实施方式的用于内窥镜的光源的第二实施方式的简化示意图。在图3所示的替选实施方式中,NIR激光器320产生具有NIR光谱(例如,790nm-820nm)中的波长的激发光。以与图2类似的方式,利用特征在于窄通带(例如,10nm)的激光线滤波器327来透射期望的激发波长,同时抑制边带辐射。例如,包括具有磷光体涂层的蓝光LED或UV LED的白光LED 330用于产生具有波长为400nm至700nm的可见光。颜色组合器332将来自NIR激光器320的NIR激发光与来自白光LED 330的可见光进行组合。组合的光被耦合至光导112中并且被发送至内窥镜102用于照射。

[0044] 如关于图2所论述的,NIR激光器320和白光LED 330可以如控制线321和331所表示地由控制器108独立地控制。可以通过改变激光器和LED的驱动电流或者通过其他方法来调节NIR激发光的强度和可见光的强度。如以下更充分地描述的,在荧光成像模式中,调节(例如,衰减)可见光的强度以实现荧光图像与可见光图像之间的期望的对比度。可以应用另外的光学方法如使用中性密度滤波器或电学方法如调制方法来使可见光显著地衰减以及/或者以期望的精度调节光强度。

[0045] 图4是示出根据本发明的实施方式的摄像机的光学系统的简化示意图。摄像机406

包括：激发光阻挡滤波器442（例如，针对多种染料应用的陷波滤波器或双陷波滤波器）、成像光学器件444以及图像传感器446。激发光阻挡滤波器442是以下陷波滤波器，所述陷波滤波器提供与激发光相关联的NIR光谱范围（例如，对于ICG染料，790nm至820nm）的阻挡带以及在可见光谱范围（例如，400nm-700nm）的传输带以及与荧光发射相关联的NIR光谱范围（例如，830nm-900nm）的传输带。使用该光学系统，反射的可见光和荧光发射穿过激发光阻挡滤波器442，并且可以由摄像机成像。从组织和周围区域反射的NIR激发光被激发光阻挡滤波器所阻挡。成像光学器件444可以是一个或若干个光学透镜。成像光学器件444收集来自内窥镜102的光并且将收集的光聚焦在图像传感器446上以形成光学图像。图像传感器可以是CCD图像传感器或CMOS图像传感器以及能够将光学图像转换为电信号的其他合适的图像传感器。电信号被发送至控制器108用于图像处理。

[0046] 图5A是示出根据本发明的实施方式的操作并行成像的内窥镜的方法的简化流程图。由于本发明的实施方式使反射的可见光和发射的荧光并行成像或同时成像，所以本文所述的系统使荧光发射及所得图像与可见光反射及所得图像平衡，以提供图像中的合适的对比度。

[0047] 作为示例，在手术过程中，图1所示的内窥镜检查系统可以使用图5A所示的步骤。选择可见光成像模式（510），并且可以在该过程的大部分持续时间内利用可见光成像模式。当可见光成像模式被选择时，可见光光源被激活或接通（512），并且执行可见光成像以捕获可见光图像以供显示（514）。在一些实施方式中，在可见光成像模式期间NIR光源被关闭，在可见光成像模式期间仅使用可见光光源。在其他实施方式中，荧光激发源被接通但是被光谱滤波器或其他方法阻挡，以使从荧光发射得到的图像与可见光成像相比降低至较低水平。

[0048] 在可见光成像模式下的操作期间，NIR激发光通常处于关闭状态或者被关闭。如关于图2所论述的从组合红光LED、绿光LED和蓝光LED产生的可见光或者从图3所示的白光LED产生的可见光被开启或接通作为激活可见光成像模式的结果。在一些实施方式中，可见光成像模式是默认模式，并且当内窥镜检查系统最初被接通时，可见光成像模式被激活。可见光经由光导112被导引至图1所示的内窥镜102中以照射目标组织101及其周围区域。反射的可见光由摄像机106收集和成像。

[0049] 控制器108接收并处理与可见光图像相关联的电信号。监视器110显示可见光图像以供包括医疗人员的系统操作者使用。在一些实施方式中，控制器可以基于所接收的与可见光图像相关联的电信号来自动调节光强度。在一种实施方式中，控制器基于对图像传感器像素的最大信号值和平均信号值的计算来进行调节。在该实施方式中，控制器调节可见光光源的强度，以使得最大信号值不超过图像传感器的饱和值，同时使平均信号值保持在预定阈值以上以在操作期间提供足够的光强度。该调节处理可以根据具体实现方式来手动执行或自动执行。本领域技术人员将认识到许多变化、修改和替选方案。

[0050] 当需要荧光成像时，选择荧光成像模式（516）。响应于选择该模式，系统开始初始化处理以确定NIR激发光的强度和可见光的强度（518）。关于下面所述的图5B提供了与初始化处理有关的另外的描述。在初始化之后，并行执行荧光成像和可见光成像，从而使得能够并行显示或同时显示组织的荧光图像和可见光图像。

[0051] 图5B是示出根据本发明的实施方式的对并行成像内窥镜进行初始化的方法的简

化流程图。关于图5B所论述的方法示出了用于在存在可见光背景图像的情况下实现荧光成像模式的初始化处理。当荧光成像模式被选择时,控制器将开始如图5B所示的初始化处理。

[0052] 首先,开启NIR激发光并且关闭可见光(551)。在这个阶段,只有来自NIR激光源的NIR激发光照射目标组织,从而产生荧光发射。摄像机获取荧光图像(552),并且向控制器发送电子图像信号。控制器中的处理器对所接收的荧光图像应用伽马校正(553),以使得数字化图像是亮度的线性函数。在伽马校正之后,利用处理器来确定荧光图像中的像素的最大信号值是否处于预定范围内(554)。换言之,对荧光图像中的像素的最大信号值执行检查。

[0053] 根据实施方式,使得最大信号值处于预定范围内。该预定范围的上限用于防止由于太多照射而造成的饱和。如下所述,由于稍后将利用添加可见光,因此预定范围的上限被选择成使得预留信号值空间以考虑与反射的可见光相关联的信号值的增加。预定范围的下限用于提供荧光图像具有用于观察和诊断的足够亮度的水平。

[0054] 如果最大信号值处于预定范围之外,则对NIR激发光的强度做出调节(555)。如果最大信号值大于预定范围,则控制器将减小NIR激发光的强度。如果最大信号值小于预定范围,则控制器将增加NIR激发光的强度。该方法根据需要来重复处理552、553、554和555,直到荧光图像的最大信号值处于预定范围内。

[0055] 在信号处于预定范围内之后,对荧光图像应用阈值(556)。应用于荧光图像的阈值引起仅选择具有高于阈值的信号值的像素作为荧光活跃像素(557)。在本文所述的实施方式中,荧光活跃像素是针对这些像素检测到荧光发射的像素。具有小于阈值的图像强度的其他像素被确定为荧光非活跃像素,即与荧光发射相关联的像素。以这种方式,荧光活跃像素与目标组织相关联,而荧光非活跃像素与周围区域相关联,现在可以在图像中区分目标组织和周围区域。

[0056] 在NIR激发光被如上所述地调节至合适强度之后,可见光被开启,但是被衰减至多个低强度之一(558)。利用可见光的衰减,这是因为对于不同类型的手术过程,荧光发射的强度变化。因此,根据手术过程将可见光衰减至不同的强度水平。基于实验数据或经验数据,可以在控制器中存储和预设用于不同手术过程的荧光激发光或可见光或者前述二者的典型强度水平。一旦选择了手术过程的类型,则在处理558中,控制器将使可见光衰减至该典型强度水平。

[0057] 在组合的NIR激发光和可见光照射的情况下,摄像机捕获包括荧光发射和反射的可见光的图像(559)。控制器中的处理器对该图像应用伽马校正(560)。然后,处理器计算荧光活跃像素的平均信号值和荧光非活跃像素的平均信号值。处理器还计算荧光活跃像素的平均信号值与荧光非活跃像素的平均信号值之间的比率(561)。然后,比较所计算的比率与预定值(562),并且控制器基于比较的结果来调节可见光的强度(563)。在其他实施方式中,利用包括最大值和最小值、中值、以平均值为中心的一个或更多个标准偏差等的其他统计度量而不是使用平均值来表征荧光活跃像素的信号值和荧光非活跃像素的信号值。

[0058] 如果所计算的比率高于预定值,则非荧光周围区域中的亮度不足,并且控制器将增加可见光的强度。如果所计算的比率低于预定值,则非荧光周围区域的亮度太高,并且控制器将减小可见光的强度。重复处理559至563,直到可见光强度被调节至适当水平以使得所计算的比率等于预定值。一旦该比率等于预定值,则初始化处理完成(564)。

[0059] 关于图5B所描述的初始化处理提供了以下处理,在所述处理中,控制器使用反馈

环中的图像信号来分别控制NIR激发光和可见光,直到实现目标组织的荧光图像与非荧光周围区域的可见光图像之间的足够的对比度。

[0060] 图6A是根据本发明的实施方式的视野的可见光图像。在图6A中,对已经通过荧光染料如ICG处理的组织样品进行成像。该组织的仅一部分由荧光染料标记。在被提供以显示出本发明的实施方式可以应用的环境的图6A中,利用照射组织样品的明亮的可见光光源在可见光谱中成像。未利用荧光激发源并且在该图像中没有观察到荧光发射。

[0061] 图6B是图6A所示的视野的荧光图像。在图6B所示的荧光图像中,利用荧光激发源,而没有可见光照射。由于组织样品已经通过荧光染料处理,因此作为NIR激发光和所得到的荧光的结果,具有荧光标记的部分在图像中可见。参照图5B,图6B所示的荧光图像对应于在处理552中获取的荧光图像。该荧光图像中不存在基本可见的背景。如关于图5B所论述的,一旦最大像素值处于预定范围内,则可以对图像像素应用阈值,并且确定哪些像素是荧光活跃像素以及哪些像素是非活跃像素。

[0062] 图6C是根据本发明的实施方式的包括荧光发射和可见光反射的并存图像。在图6C所示的图像中,如关于处理559所论述的,利用荧光激发光以及低强度可见光。与荧光标记相关联的图像比图6B所示的图像稍微明亮,这是因为对荧光发射和从组织表面反射的可见光成像。由于荧光发射处于预定范围内(处理554),因此在一些情况下,可见光反射的添加不会引起图像的饱和。在初始化之后,对荧光图像和可见光背景进行成像,以提供关于荧光和可见光背景的信息以使得能够捕获有用图像。

[0063] 图7是根据本发明的实施方式的用于在可见光区和NIR区并行成像的立体内窥镜系统的简化示意图。如图7所示,本发明的实施方式提供了利用在可见光区和NIR区并行成像的内窥镜系统,并且内窥镜系统还包括立体视觉。因此,实施方式提供了用于在可见光区和NIR区并行成像的立体内窥镜系统。

[0064] 图7中描绘的立体内窥镜系统与图1所示的内窥镜系统具有一些相似之处,并且视情况,图1中的元件的描述适用于图7所示的系统。另外,与以上提供的内窥镜系统有关的描述适用于本文描述的立体内窥镜系统。立体内窥镜系统700包括:内窥镜102、光源104、立体摄像机706、控制器708、监视器110以及光导112。该系统能够进行操作以与一副立体眼镜710一起工作,所述立体眼镜710用于观看监视器110上形成的图像。内窥镜102提供跨可见光谱和NIR光谱的宽的传输带,其中在可见光谱中的波长与NIR光谱中的波长之间具有小的色差。光源104产生可见光(例如,400nm-700nm,特别是420nm-680nm)以及具有第一NIR光谱(例如,790nm-820nm,特别是邻近约800nm)中的波长的NIR激发光。在独立控制波长区中的每个波长区的情况下,光源104能够进行操作以输出NIR光和可见光中的任一个或者NIR光和可见光两者。如控制线709所示,光源104可以由控制器708控制,以分别调节NIR激发光的亮度和可见光的亮度。

[0065] 来自光源104的输出光通过光导112被发送至内窥镜102中以照射目标组织101及其周围区域。反射的可见光和激发的具有第二NIR光谱(例如,830nm-900nm)中的波长的荧光发射由内窥镜102接收,以由立体摄像机706成像。将认识到,从目标组织反射的NIR激发光在上游路径中被滤除以减少系统噪声。来自立体摄像机706的图像数据通过输出线711被递送至控制器708,以最终在监视器110上显示。

[0066] 立体摄像机706在交替帧中获取左眼图像和右眼图像以生成立体图像,这在下面

另外地描述。立体摄像机706在每个帧中对反射的可见光和荧光发射并行成像。控制器708通过控制线713控制立体摄像机706,以在随后的帧中交替地利用左眼图像和右眼图像。随后,在监视器110上显示图像或视频。在一种实施方式中,控制器708控制一副立体眼镜710的操作以生成立体图像。交替地打开和关闭立体眼镜710的左目镜和右目镜,以与监视器110上显示的左眼图像或右眼图像同步。

[0067] 图8是示出根据本发明的实施方式的用于在可见光区和NIR区并行成像的立体摄像机的光学系统的简化示意图。如图8所示的用于在可见光区和NIR区并行成像的立体摄像机的基本示意框图是示例性的并且不意在限制本发明。由控制器使用控制线713向立体摄像机706提供控制信号,所述控制线713可以包括一个或更多个控制路径。

[0068] 立体摄像机706包括切换快门802、激发光阻挡滤波器804、成像光学器件806以及图像传感器808。切换快门802用作可控光圈,其可以打开光圈的左区或右区并且关闭光圈的另一区。可以使用液晶、MEMS或可以被电子控制以优先阻挡入射在切换快门的左区上的光或使入射在切换快门的右区上的光通过的其它装置来制造切换快门。作为示例,当切换快门的左区打开时,光传输通过光圈的左区并且由成像光学器件806聚焦至图像传感器808上以生成左眼图像。当切换快门的右区打开时,光传输通过光圈的右区并且生成右眼图像。

[0069] 激发光阻挡滤波器804可以是陷波滤波器,所述陷波滤波器提供在与激发光相关联的NIR光谱范围的阻挡带(例如,用于阻挡特定波长范围例如对于ICG染料而言790nm至820nm的光的第一预定部分)和可见光谱范围的传输带(例如,用于使特定波长带例如400nm-700nm的可见光的第二预定部分通过)以及与荧光发射相关联的NIR光谱范围的传输带(例如,用于使特定波长带例如830nm-900nm的荧光发射的第三预定部分通过)。成像光学器件806根据切换快门的状态将来自切换快门的左区或右区的可见光和荧光发射聚焦至图像传感器808上,以形成左眼图像或右眼图像。图像传感器808可以是CCD图像传感器或CMOS图像传感器或者其他合适的传感器。控制器708控制切换快门,以使得切换快门交替地打开左区和右区。在一些实施方式中,控制器708还控制立体眼镜,以使得左目镜和右目镜被交替地打开以分别观看左眼图像和右眼图像。在一些实施方式中,激发光阻挡滤波器804可以被实现为执行以下功能中的一个或更多个功能的分开的光学元件:阻挡NIR激发光以及使可见光和NIR荧光发射通过。本领域技术人员将认识到许多变化、修改和替选方案。

[0070] 图9是示出根据本发明的实施方式的用于在可见光区和NIR区并行成像的立体内窥镜系统的时序的简化图。如图9所示,用于操作用于在可见光区和NIR区并行成像的立体内窥镜系统的时序图提供了用于包括切换快门的一个或更多个系统元件的不同的时序。

[0071] 参照图9,在示出的实施方式中,贯穿在可见光区和NIR区成像的整个过程,可见光和NIR激发光并行照射。时钟是例如由控制器提供的示例性时钟信号。在第一时钟周期(例如,帧 n)中,立体摄像机中的切换快门打开其左区。来自内窥镜的输出光因此穿过光圈的左区。在同一时钟周期中,图像传感器拍摄一帧作为可见光和NIR荧光发射的左眼图像。在下一时钟周期(例如,帧 $n+1$)中,切换快门打开其右区。来自内窥镜的输出光因此穿过光圈的右区。图像传感器拍摄一帧作为可见光和NIR荧光发射的右眼图像。

[0072] 相邻的左眼图像和右眼图像形成一对立体图像。在示出的实施方式中,图像传感器以两倍于立体视频的帧速率的帧速率操作。当在监视器上显示可见光和NIR荧光发射的

左眼图像时,控制器控制立体眼镜以打开左目镜。当显示可见光和NIR荧光发射的右眼图像时,立体眼镜打开右目镜。以这种方式,向佩戴立体眼镜的观看者显示并存的可见光图像和NIR荧光图像的立体视图。

[0073] 图10是示出根据本发明的实施方式的操作立体内窥镜检查系统的方法的简化流程图。该方法包括利用NIR激发光和可见光并行照射组织(1010)以及独立地调节NIR激发光的强度和可见光的强度(1012)。在一些实施方式中,在操作系统之前和/或在操作系统期间,组织的至少一部分暴露于荧光染料。NIR激发光可以由NIR激光器提供,并且可见光可以由固态白光发射器提供。作为示例,固态白光发射器可以包括多个能够独立控制的固态光源。可以使用耦合至立体摄像机的单个检测器的控制器来执行对NIR激发光的强度和可见光的强度的独立调节。

[0074] 该方法还包括:使用具有单个检测器的立体摄像机对组织成像(1014),使用单个检测器以可见光波长和NIR波长并行获取左眼图像(1016),以及使用单个检测器以可见光波长和NIR波长并行获取右眼图像(1018)。如本文所论述的,并行获取左眼图像和并行获取右眼图像可以包括使用单个检测器对来自组织的荧光发射和从组织反射的可见光并行成像。该方法还包括在显示装置上连续显示左眼图像和右眼图像(1020)。

[0075] 应当理解,图10所示的具体步骤提供了根据本发明的实施方式的操作立体内窥镜检查系统的特定方法。根据替选实施方式还可以执行其他步骤顺序。例如,本发明的替选实施方式可以以不同顺序执行以上概述的步骤。此外,图10所示的各个步骤可以包括可以适合于各个步骤的各种顺序来执行的多个子步骤。此外,可以根据具体应用来添加或删除另外的步骤。本领域技术人员将认识到许多变化、修改和替选方案。

[0076] 还应当理解,本文所描述的示例和实施方式仅是出于说明性目的,并且本领域技术人员将被启示根据所述示例和实施方式进行各种修改或改变,并且各种修改或改变包括在本申请的精神和范围内以及所附权利要求书的范围内。

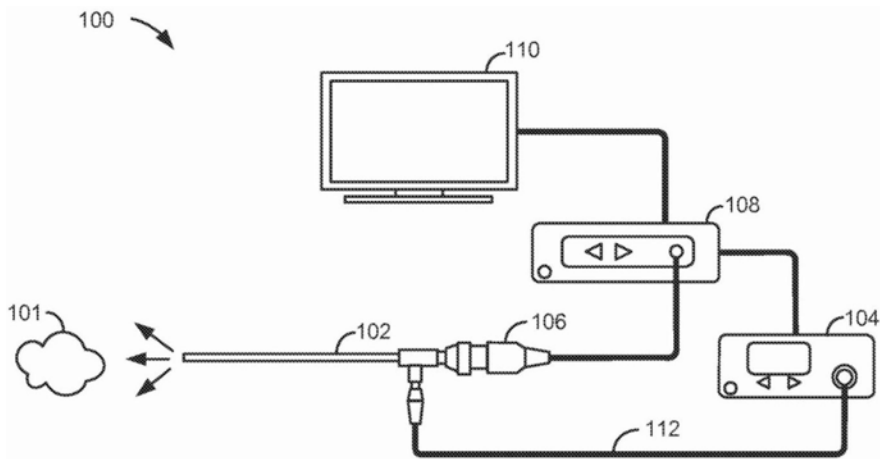


图1

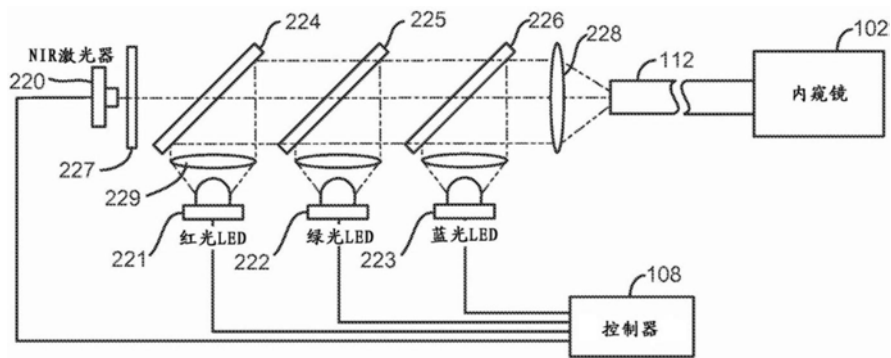


图2

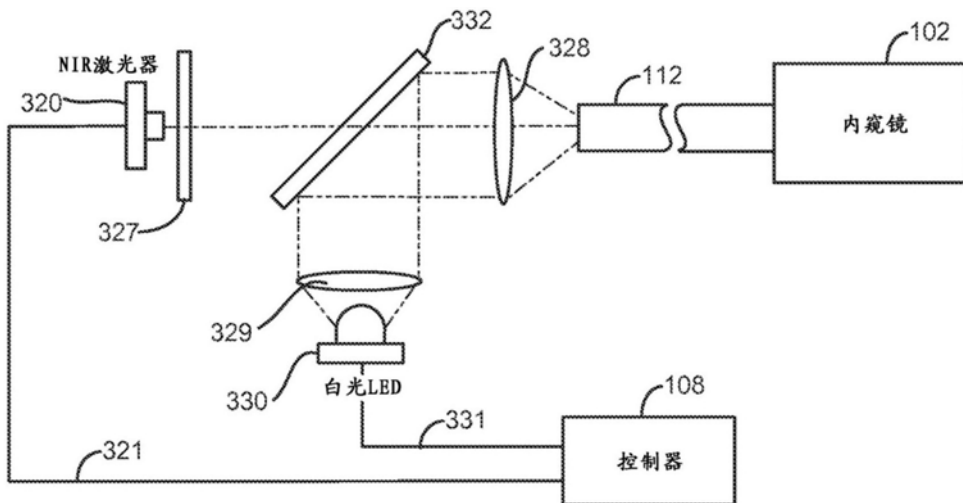


图3

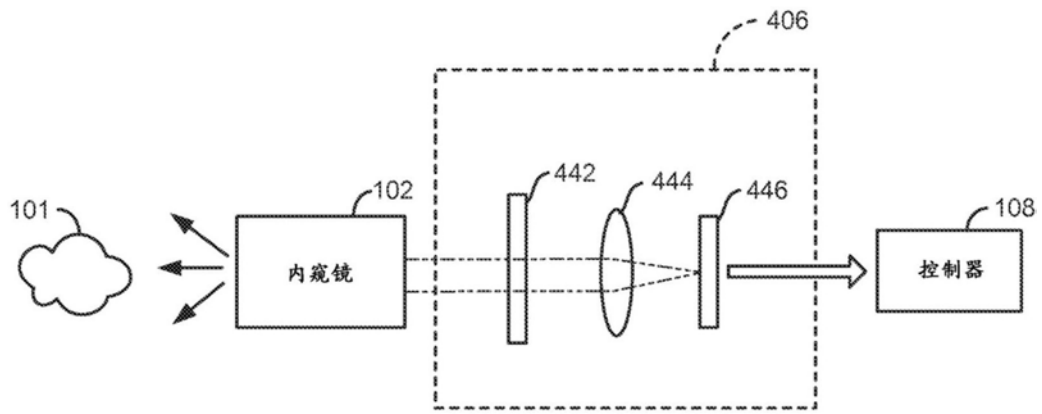


图4

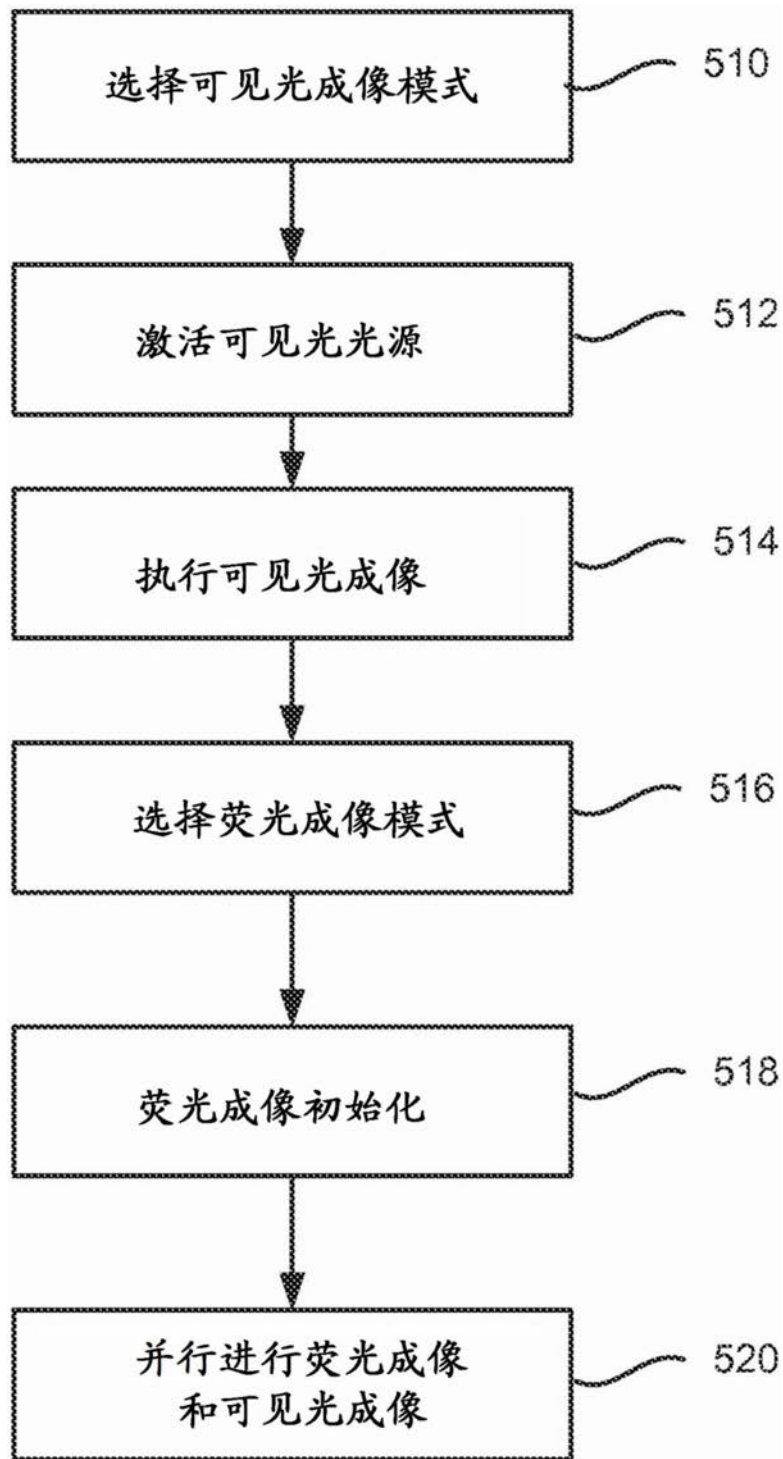


图5A

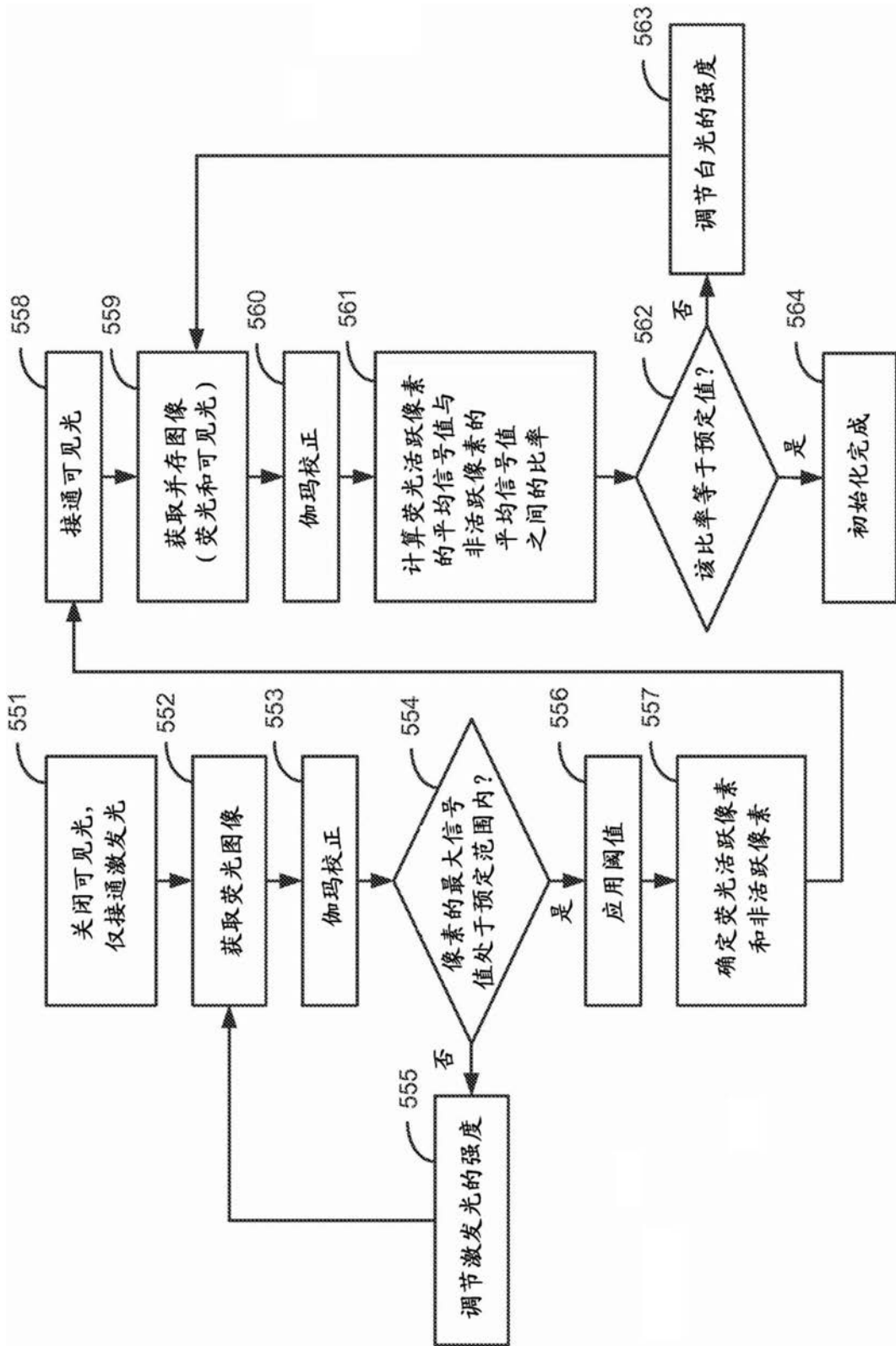


图5B

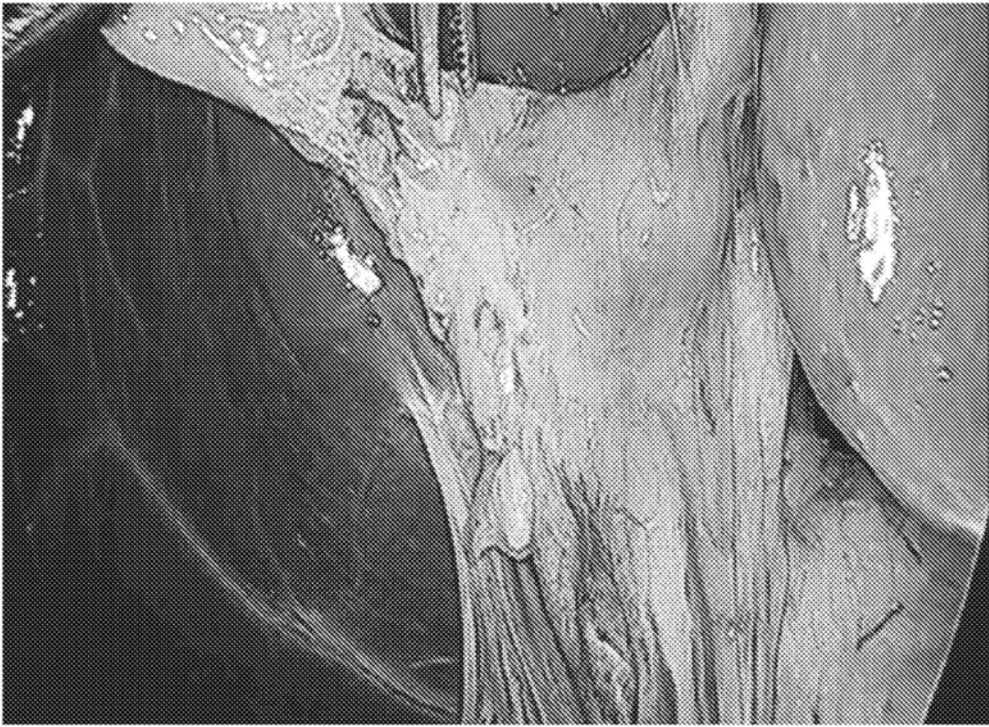


图6A



图6B

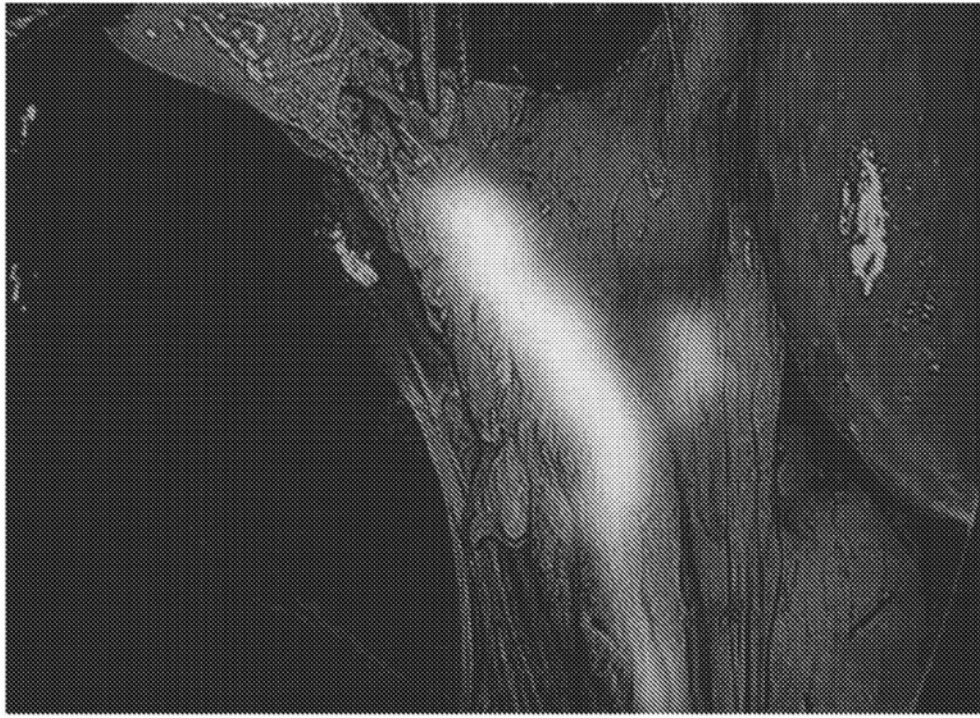


图6C

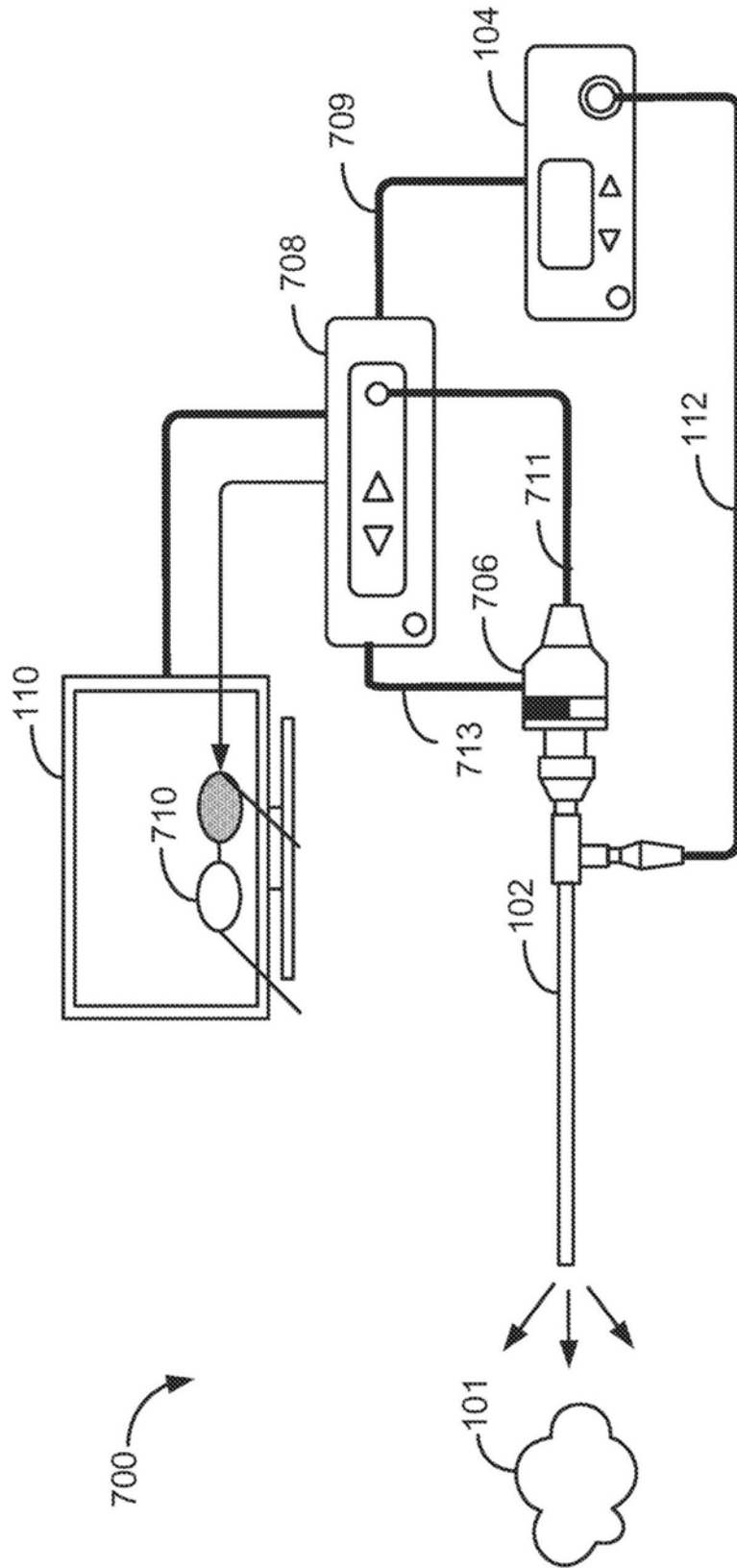


图7

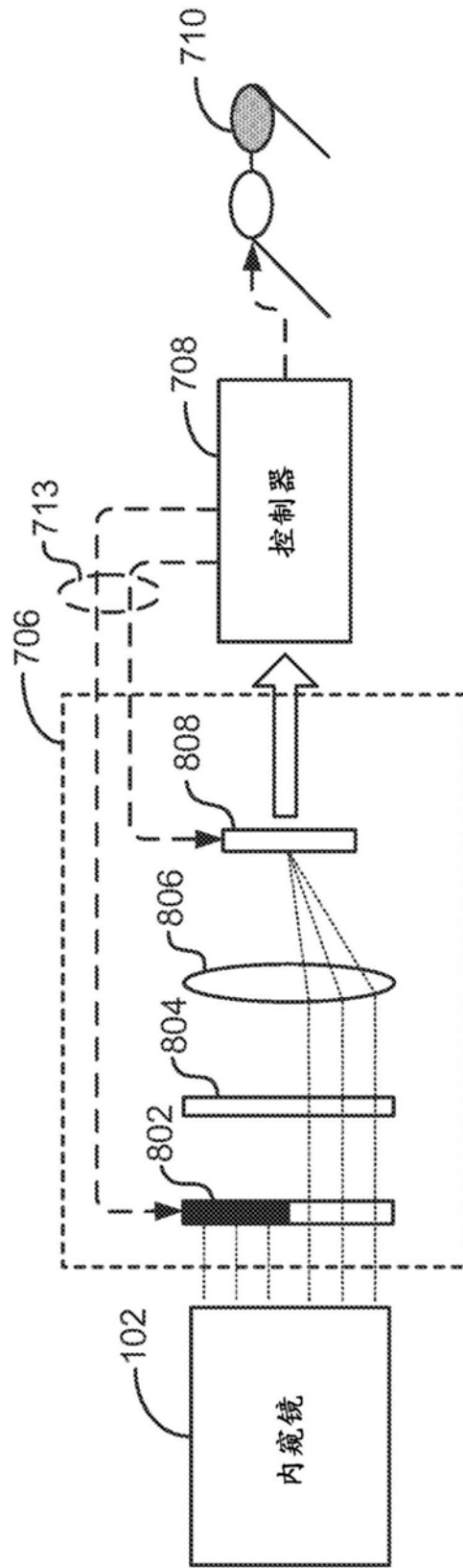


图8

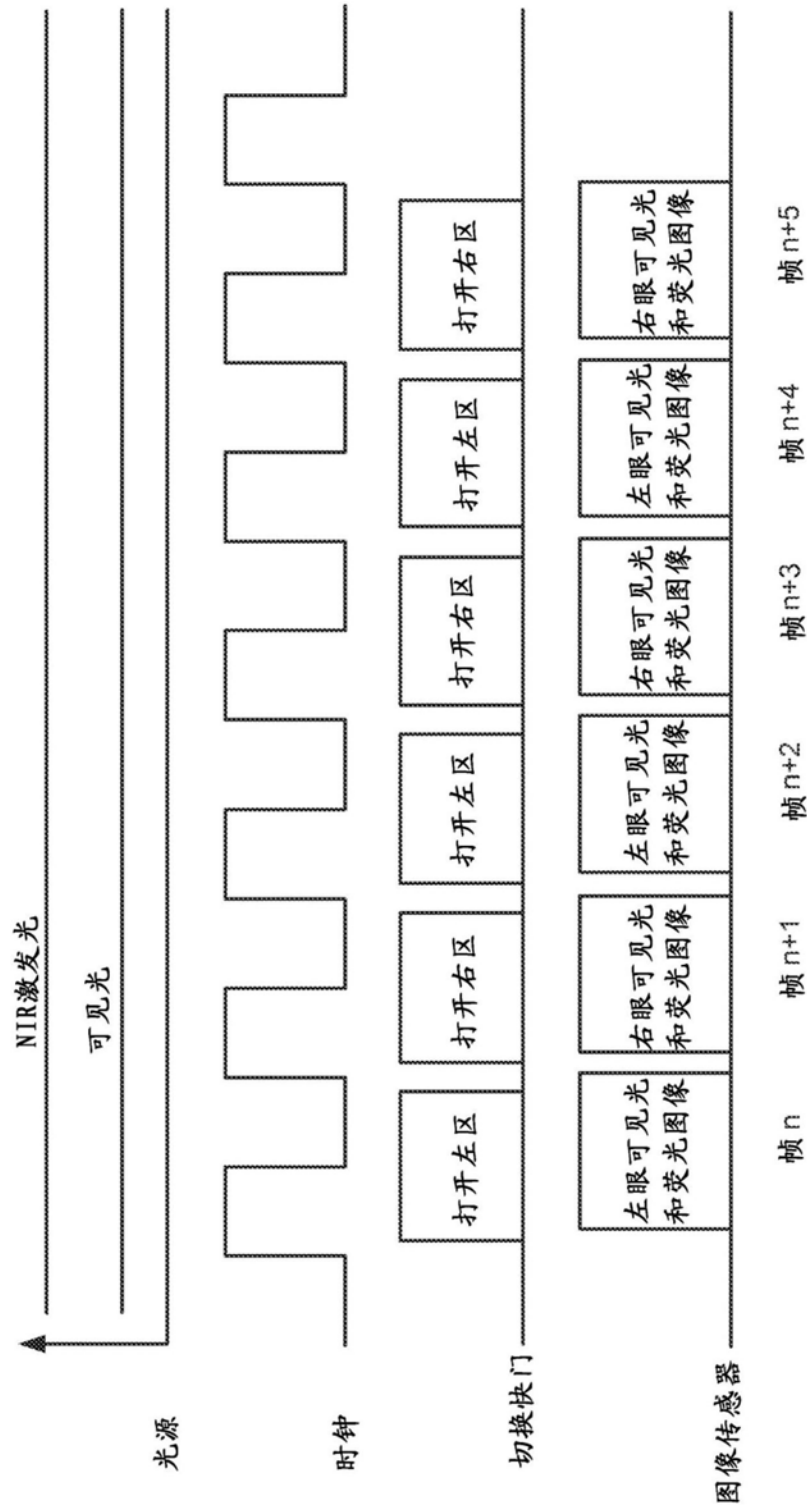


图9

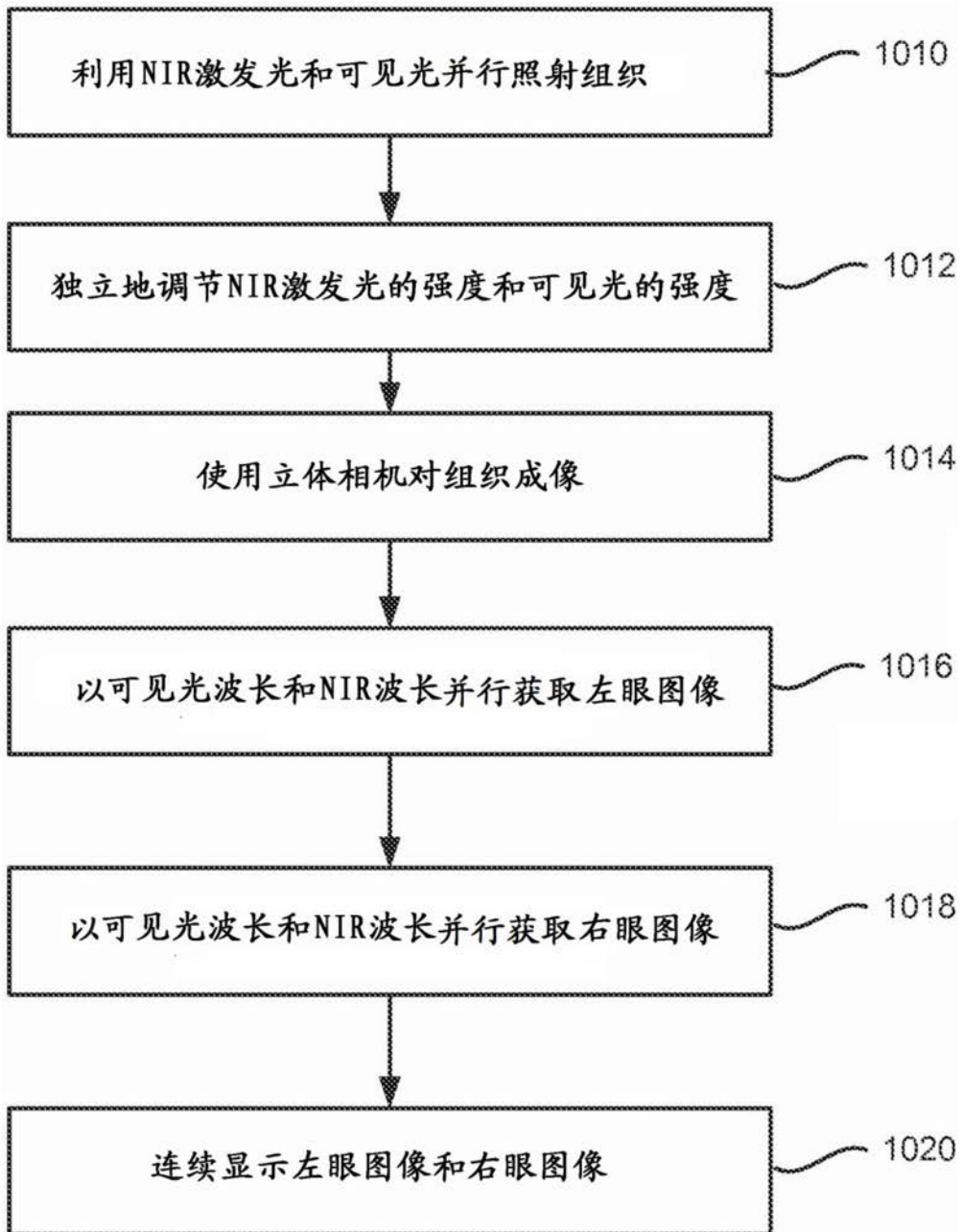


图10

专利名称(译)	以可见光波长和红外波长并行成像的内窥镜系统		
公开(公告)号	CN107072520A	公开(公告)日	2017-08-18
申请号	CN201580046233.8	申请日	2015-08-07
[标]发明人	杨春信 惠星 王白羽 克劳迪奥伊梅库斯		
发明人	杨春信 惠星 王白羽 克劳迪奥·伊梅库斯		
IPC分类号	A61B1/07 A61B1/05 A61B5/00		
CPC分类号	A61B1/042 A61B1/043 A61B1/05 A61B1/0638 A61B1/0669 A61B1/0676 A61B1/0684 A61B1/07 A61B5/0071 A61B5/0086 G01N21/49 G01N21/6456 G02B23/2461 G01N21/55 G01N2201/06113 G01N2201/08		
代理人(译)	杜诚 陈炜		
优先权	14/473930 2014-08-29 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种用于以可见光波长和NIR波长并行成像的内窥镜系统，包括：内窥镜，该内窥镜能够进行操作以传送可见光波长和NIR波长；以及光源，该光源能够进行操作以产生可见光和NIR激发光。可见光的强度独立于NIR激发光的强度。该内窥镜系统还包括具有单个图像传感器的摄像机、耦合至可见光和NIR激发光的控制器以及显示装置。

