



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113164054 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 01

(21) 申请号 201980078409.6

C · 刘

(22) 申请日 2019.11.26

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113164054 A

专利代理师 董志勇

(43) 申请公布日 2021.07.23

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据

A61B 1/04 (2006.01)

62/774,041 2018.11.30 US

A61B 1/06 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2021.05.28

A61B 5/00 (2006.01)

A61B 1/05 (2006.01)

H04N 25/13 (2023.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/063182 2019.11.26

H04N 25/131 (2023.01)

H04N 23/84 (2023.01)

H04N 23/56 (2023.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/112726 EN 2020.06.04

(56) 对比文件

US 2011279716 A1, 2011.11.17

(73) 专利权人 直观外科手术操作公司  
地址 美国加利福尼亚州

审查员 郝星

(72) 发明人 C · W · 斯蒂思 J · M · 迪卡洛

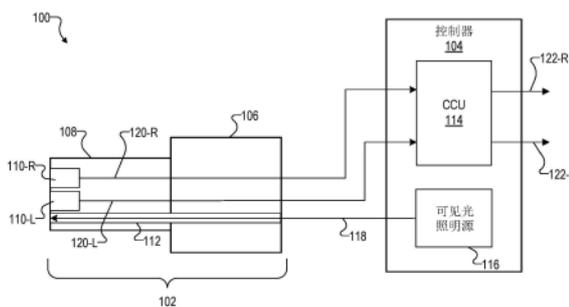
权利要求书3页 说明书12页 附图15页

(54) 发明名称

医学成像系统和方法

(57) 摘要

图像传感器内的2×2像素阵列包括第一像素、第二像素、第三像素和第四像素。红色滤光片覆盖第一像素，第一蓝色滤光片覆盖第二像素，第二蓝色滤光片覆盖第三像素，和绿色滤光片覆盖第四像素。红色滤光片配置为允许第一像素收集可见光的红色分量并阻止第一像素收集可见光的蓝色和绿色分量。第一和第二蓝色滤光片配置为允许第二和第三像素各自收集蓝色分量并阻止第二和第三像素收集红色和绿色分量。绿色滤光片配置为允许第四像素收集绿色分量并阻止第四像素收集红色和蓝色分量。



1. 一种医学成像系统,其包括:

包括 $2 \times 2$ 像素阵列的图像传感器,所述 $2 \times 2$ 像素阵列包括第一像素、第二像素、第三像素和第四像素;

第一颜色滤光片,其覆盖所述第一像素并且配置为允许所述第一像素收集可见光的第一颜色分量并阻止所述第一像素收集所述可见光的第二颜色分量和第三颜色分量;

覆盖所述第二像素和第三像素的第二颜色滤光片,所述第二颜色滤光片配置为允许所述第二像素和第三像素各自收集所述可见光的所述第二颜色分量并阻止所述第二像素和第三像素各自收集所述可见光的所述第一颜色分量和第三颜色分量;

第三颜色滤光片,其覆盖所述第四像素并且配置为允许所述第四像素收集所述可见光的所述第三颜色分量并阻止所述第四像素收集所述可见光的所述第一颜色分量和第二颜色分量;和

像素级宽带红外截止滤光片,其覆盖所述第二像素并且配置为阻止所述第二像素收集具有被包括在第一波长范围内的波长的红外光,

其中所述第一像素、第三像素和第四像素不由被配置为阻止所述第一像素、第三像素和第四像素收集具有被包括在所述第一波长范围内的波长的红外光的像素级宽带红外截止滤光片所覆盖。

2. 根据权利要求1所述的医学成像系统,进一步包括窄带红外截止滤光片,其覆盖所述第一像素、第三像素和第四像素并且配置为阻止所述第一像素、第三像素和第四像素收集具有被包括在第二波长范围内的波长的红外光,所述第二波长范围被包括在所述第一波长范围内并且比所述第一波长范围更窄。

3. 根据权利要求1所述的医学成像系统,其中:

所述第一颜色滤光片包括红色滤光片,其配置为阻止所述第一像素收集所述可见光的蓝色分量和绿色分量;

所述第二颜色滤光片包括蓝色滤光片,其配置为阻止所述第二像素和第三像素各自收集所述可见光的红色分量和绿色分量;和

所述第三颜色滤光片包括绿色滤光片,其配置为阻止所述第四像素收集所述可见光的红色分量和蓝色分量。

4. 根据权利要求1所述的医学成像系统,其中:

所述第一颜色滤光片包括红色滤光片,其配置为阻止所述第一像素收集所述可见光的蓝色分量和绿色分量;

所述第二颜色滤光片包括绿色滤光片,其配置为阻止所述第二像素和第三像素各自收集所述可见光的蓝色分量和红色分量;并且

所述第三颜色滤光片包括蓝色滤光片,其配置为阻止所述第四像素收集所述可见光的红色分量和绿色分量。

5. 根据权利要求1所述的医学成像系统,其中所述像素级宽带红外截止滤光片包括配置为粘附至所述第二像素的表面的涂层。

6. 根据权利要求2所述的医学成像系统,其中所述窄带红外截止滤光片包括覆盖所述第一像素、第二像素、第三像素和第四像素的玻璃滤光片。

7. 根据权利要求2所述的医学成像系统,其中所述窄带红外截止滤光片包括:

覆盖所述第一像素的第一像素级窄带红外截止滤光片；  
覆盖所述第三像素的第二像素级窄带红外截止滤光片；和  
覆盖所述第四像素的第三像素级窄带红外截止滤光片。

8. 根据权利要求2所述的医学成像系统,进一步包括:

可见光照明源,其配置为用所述可见光照亮场景,所述 $2 \times 2$ 像素阵列收集在所述可见光从所述场景中的一个或多个表面反射之后所述可见光的颜色分量;和

荧光激发照明源,其配置为发射荧光激发照明,所述荧光激发照明通过荧光显像剂引发荧光照明。

9. 根据权利要求8所述的医学成像系统,其中:

所述荧光激发照明具有被包括在所述第二波长范围内的波长,使得所述像素级宽带红外截止滤光片和所述窄带红外截止滤光片阻止所述第一像素、第二像素、第三像素和第四像素收集所述荧光激发照明;并且

所述荧光照明具有被包括在所述第一波长范围内但不被包括在所述第二波长范围内的波长,使得所述像素级宽带红外截止滤光片阻止所述第二像素收集所述荧光照明而所述窄带红外截止滤光片允许所述第一像素、第三像素和第四像素收集所述荧光照明。

10. 根据权利要求9所述的医学成像系统,进一步包括图像处理系统,其配置为:

激活所述可见光照明源和所述荧光激发照明源以同时发射所述可见光和所述荧光激发照明,并且

当所述可见光和所述荧光激发照明被同时发射时,

接收代表由所述第一像素收集的的光的第一信号,所述第一信号包括代表所述第一颜色分量和所述荧光照明的组合的数据,

接收代表由所述第二像素收集的的光的第二信号,所述第二信号代表所述第二颜色分量,

接收代表由所述第三像素收集的的光的第三信号,所述第三信号代表所述第二颜色分量和所述荧光照明的组合,并且

接收代表由所述第四像素收集的的光的第四信号,所述第四信号代表所述第三颜色分量和所述荧光照明的组合。

11. 根据权利要求10所述的医学成像系统,其中所述图像处理系统进一步配置为:

从所述第三信号减去所述第二信号以鉴定代表所述荧光照明的所述第三信号的荧光照明分量;

从所述第一信号减去所述荧光照明分量以生成仅代表所述第一颜色分量的处理的第一信号;和

从所述第四信号减去所述荧光照明分量以生成仅代表所述第三颜色分量的处理的第四信号。

12. 根据权利要求10所述的医学成像系统,其中所述图像处理系统进一步配置为:

接收命令以呈现不包括荧光图像的全色图像,和

响应于所述命令,基于所述处理的第一信号、所述第二信号和所述处理的第四信号生成所述全色图像。

13. 根据权利要求10所述的医学成像系统,其中所述图像处理系统进一步配置为:

接收命令以呈现全色荧光图像,和  
响应于所述命令,基于所述处理的第一信号、所述第二信号、所述处理的第四信号和所述荧光照明分量生成所述全色荧光图像。

14. 根据权利要求1所述的医学成像系统,其中所述第一像素、第三像素或第四像素中的至少一个也被像素级宽带红外截止滤光片覆盖。

## 医学成像系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2018年11月30日提交的名称为“医学成像系统和方法”的美国临时专利申请号62/774,041的优先权,其内容在此通过引用以其全部并入本文。

### 背景技术

[0003] 成像装置中包括的常规图像传感器通常包括像素(也称为图素(photosite)或光传感器)阵列,其每个检测从场景中的表面反射的光。然后可以将检测到的光转换成代表场景图像的数据。

[0004] 为了促进彩色图像的生成,图像传感器可以包括覆盖像素的颜色滤光片的布置。每个颜色滤光片配置为允许其对应的像素仅检测入射到像素上的光的特定颜色分量。例如,常规颜色滤光片布置(例如,拜耳滤光片布置)是50%绿色、25%红色和25%蓝色。换句话说,对于包括在图像传感器中每个 $2 \times 2$ 像素阵列,像素中的两个被配置为允许两个像素仅检测可见光的绿色分量的绿色滤光片覆盖,像素中的一个被配置为允许像素仅检测可见光的红色分量的红色滤光片覆盖,并且像素中的一个被配置为允许像素仅检测可见光的蓝色分量的蓝色滤光片覆盖。这种颜色滤光片布置通常被称为RGGB、BGGR、RGBG或GRGB。不幸的是,这种颜色滤光片布置不太适合于其中使用配置为定位在患者内的成像装置(例如,内窥镜)来获取内部解剖结构图像的医疗应用。

### 附图说明

[0005] 附图示出了各种实施方式并且是说明书的一部分。所示出的实施方式仅仅是实例,并且不限制本公开内容的范围。遍及附图,相同或相似的参考编号表示相同或相似的元件。

[0006] 图1示出了根据本文所述原理的示例性的医学成像系统。

[0007] 图2显示了根据本文所述原理的示例性的图像传感器。

[0008] 图3A-3B显示了根据本文所述原理的示例性的颜色滤光片布置。

[0009] 图4示出了根据本文所述原理的示例性的医学成像系统。

[0010] 图5显示了根据本文所述原理的颜色滤光片的光谱响应曲线。

[0011] 图6A-6B示出了根据本文所述的原理的滤光片配置。

[0012] 图7显示了根据本文所述原理的颜色滤光片的光谱响应曲线。

[0013] 图8A-10B示出了根据本文所述原理的示例性的滤光片配置。

[0014] 图11示出了根据本文所述原理的图像处理系统。

[0015] 图12显示了根据本文所述原理可以由成像处理系统进行以选择性地生成全色图像和全色荧光图像的各种操作。

[0016] 图13示出了根据本文所述原理的示例性的方法。

[0017] 图14示出了根据本文所述原理的示例性的计算机辅助手术系统。

[0018] 图15示出了根据本文所述原理的示例性的计算装置。

## 具体实施方式

[0019] 本文描述了医学成像系统和方法。如以下将更详细描述, 示例性的医学成像系统包括包含 $2 \times 2$ 像素阵列的图像传感器。该 $2 \times 2$ 阵列包括第一像素、第二像素、第三像素和第四像素。红色滤光片覆盖第一像素, 第一蓝色滤光片覆盖第二像素, 第二蓝色滤光片覆盖第三像素, 和绿色滤光片覆盖第四像素。红色滤光片配置为允许第一像素收集可见光的红色分量并且阻止第一像素收集可见光的蓝色和绿色分量。第一和第二蓝色滤光片配置为允许第二和第三像素各自收集可见光的蓝色分量并且阻止第二和第三像素各自收集可见光的红色和绿色分量。绿色滤光片配置为允许第四像素收集可见光的绿色分量并且阻止第四像素收集可见光的红色和蓝色分量。

[0020] 各种优势和好处与本文所述的医学成像系统和方法相关联。例如, 在医学成像应用中, 通常期望使用偏蓝 (blue-biased) 照明 (即, 具有比绿色或红色分量更多的蓝色分量的光)。这是因为绿色和红色分量的波长比蓝色分量更长, 因此更深地穿透到患者解剖结构中。这进而导致绿色和红色分量比蓝色分量更多散射, 从而导致在由成像装置获取的图像中红色和绿色分量相对更模糊。因此, 在医学成像应用中, 偏蓝照明比偏于其他颜色 (例如, 绿色) 的照明产生更清晰的图像。通过在 $2 \times 2$ 像素阵列中配置50%的像素来获取光的蓝色分量, 本文所述的系统和方法可以更有效地获取偏蓝光, 并因此产生更清晰和更准确的患者解剖结构图像。

[0021] 本文所述的另一个示例性的医学成像系统包括包含 $2 \times 2$ 像素阵列的图像传感器, 该 $2 \times 2$ 像素阵列包括第一像素、第二像素、第三像素和第四像素。第一颜色滤光片覆盖第一像素并且配置为允许第一像素收集可见光的第一颜色分量并阻止第一像素收集可见光的第二和第三分量。第二颜色滤光片覆盖第二和第三像素。第二颜色滤光片配置为允许第二和第三像素各自收集可见光的第二颜色分量并阻止第二和第三像素各自收集可见光的第一和第三颜色分量。第三颜色滤光片覆盖第四像素并且配置为允许第四像素收集可见光的第三颜色分量并阻止第四像素收集可见光的第一和第二颜色分量。像素级宽带红外截止滤光片覆盖第二像素并且配置为阻止第二像素收集具有包括在第一波长范围内的波长的红外光。在一些实例中, 窄带红外截止滤光片覆盖第一、第三和第四像素并且配置为阻止第一、第三和第四像素收集具有包括在第二波长范围内的波长的红外光。第二波长范围包括在第一波长范围内并且比第一波长范围更窄。如以下所述, 该配置有利地提供可以允许本文所述的系统和方法选择性地显示全色荧光图像的三个颜色分量通道和荧光照明通道。通过显示与常规灰度荧光图像相反的全色荧光图像, 本文所述的系统和方法可以允许医务人员 (例如, 外科医生) 更准确地可视化和评估血管、胆管、组织灌注和其他解剖特征。

[0022] 图1示出了配置为获取场景图像的示例性医学成像系统100。在一些实例中, 场景可以包括与患者相关联的手术区域。在某些实例中, 手术区域可以完全布置在患者内, 并且可以包括在患者体内计划进行、正在进行或已经进行了外科手术的位置或其附近的区域。例如, 对于在患者内部组织进行的微创外科手术, 手术区域可以包括组织、组织下面的解剖结构、以及组织周围的空间, 例如, 用于进行外科手术的手术器械所定位的位置。在其他实例中, 手术区域可以至少部分地布置在患者外部。

[0023] 如所示, 医学成像系统100包括成像装置102和控制器104。医学成像系统100可以包括可用于特定实施的另外的或可选的部件。例如, 医学成像系统100可以包括各种光学

和/或电信号传输部件(例如,电线、透镜、光纤、扼流电路、波导管等)、容纳电线和/或光纤并且配置为互连成像装置102和控制器104的电缆等。

[0024] 成像装置102可以通过内窥镜或配置为获取场景图像的其他相机装置来实施。如所示,成像装置102包括相机头106、联结到相机头106并且延伸远离其的轴108、在轴108的远端处的图像传感器110(即,右侧图像传感器110-R和左侧图像传感器110-L)和照明通道112。在图1的实例中,成像装置102是立体的。可选地,在其他实例中,成像装置102可以是单像管的(monoscopic)(例如,通过包括一个图像传感器110而不是两个图像传感器110)。

[0025] 成像装置102可以手动操作和控制(例如,由外科医生对患者进行外科手术)。可选地,相机头106可以联结到计算机辅助手术系统的操纵臂,以下将提供其实例。在该配置中,可以使用机器人和/或远程操作技术来控制成像装置102。

[0026] 轴108的远端可以定位在将由成像装置108成像的场景处或其附近。例如,轴108的远端可以被插入到患者中。在该配置中,成像装置102可以用于获取患者体内的解剖结构和/或其他物体的图像。

[0027] 图像传感器110可以各自由任何合适的图像传感器来实施,比如电荷耦合器件(“CCD”)图像传感器、互补金属氧化物半导体(“CMOS”)图像传感器等。在一些实例中,如图1中所示,图像传感器110定位在轴108的远端处。可选地,图像传感器110可以定位在更靠近轴108的近端、相机头106内部或成像装置102外部(例如,控制器104内部)。在这些可选的配置中,轴108和/或相机头106中包括的光学器件(例如,透镜、光纤等)可以将光从场景传输到图像传感器110。

[0028] 图像传感器110配置为检测(例如,获取、收集、感测或以其他方式获得)光。例如,图像传感器110-R配置为从右侧角度检测光,并且图像传感器110-L配置为从左侧角度检测光。在图1的实例中,由图像传感器110检测到的光包括定位在场景内的物体反射的可见光。然而,如本文所述,图像传感器110可以另外地或可选地检测由定位在场景内的荧光显像剂发射的红外荧光照明。如以下所示出,图像传感器110可以将检测到的光转换成代表一个或多个图像的数据。本文描述了图像传感器110的示例性实施。

[0029] 照明通道112可以由一个或多个光学组件(例如,光纤、光导管、透镜等)实施。如以下所述,可以通过照明通道112的方式提供照明以照亮场景。

[0030] 控制器104可以通过配置为控制成像装置102和/或与成像装置102接合的硬件和软件的任何合适的组合来实施。例如,控制器104可以至少部分地由包括在计算机辅助手术系统中的计算装置来实施。

[0031] 控制器104包括相机控制单元(“CCU”)114和可见光照明源116。控制器104可以包括另外的或可选的部件,如可服务于特定实施。例如,控制器104可以包括配置为向包括在成像装置102中的部件提供电力的电路。在一些实例中,CCU 114和/或可见光照明源116可选地包括在成像装置102内(例如,在相机头106内)。

[0032] CCU 114配置为控制图像传感器110的各种参数(例如,激活时间、自动曝光等)。如以下所述,CCU 118可以进一步配置为从图像传感器110接收图像数据和进行处理。虽然在图1中CCU 114显示为单个单元,但是CCU 114可以通过配置为控制右侧图像传感器110-R的第一CCU和配置为控制左侧图像传感器110-L的第二CCU可选地实施。

[0033] 可见光照明源116可以配置为生成和发射可见光118。可见光118可以通过照明通

道112的方式行进到轴108的远端,在该处可见光118出射以照亮场景。

[0034] 可见光118可以包括一种或多种颜色分量。例如,可见光118可以包括白光,该白光包括全光谱的颜色分量(例如,红色、绿色和蓝色颜色分量)。红色分量的波长在大约635和700纳米(“nm”)之间。绿色分量的波长在大约520和560nm之间。蓝色分量的波长在大约450和490nm之间。

[0035] 在一些实例中,可见光118被偏置为包括一种颜色分量多于另一种颜色分量。例如,可见光118可以通过包括比红色和绿色分量更多的蓝色分量而偏蓝。

[0036] 为了获取场景的一个或多个图像,控制器104(或任何其他合适的计算装置)可以激活可见光照明源116和图像传感器110。当激活时,可见光照明源116发射可见光118,其经由照明通道112行进到场景。图像传感器110检测由场景中的一个或多个表面反射的可见光118。在其中可见光118包括荧光激发照明的情况下,图像传感器110可以另外地或可选地检测由荧光激发照明引发的荧光照明。

[0037] 图像传感器110(和/或成像装置102中包括的其他电路)可以将检测到的光转换成代表场景的一个或多个图像的图像数据120。例如,图像传感器110-R输出代表从右侧角度获取的图像的图像数据120-R,并且图像传感器110-L输出代表从左侧角度获取的图像的图像数据120-L。图像数据120可以具有任何合适的格式。

[0038] 图像数据120被从图像传感器110发送到CCU 114。图像数据120可以通过图像传感器110和CCU 114之间的任何合适的通信链路的方式发送。例如,图像数据120可以通过在互连成像装置102和控制器104的电缆中包括的电线的方式发送。

[0039] CCU 114可以处理(例如,分包和/或格式化)图像数据120并输出处理的图像数据122(例如,对应于图像数据120-R的处理的图像数据122-R和对应于图像数据120-L的处理的图像数据122-L)。处理的图像数据122可以被发送到图像处理系统,其可以准备用于显示在一个或多个显示装置上(例如,以视频内容和/或一个或多个静止图像的方式)的处理的图像数据122。例如,图像处理系统可以,基于图像数据122,生成用于显示在一个或多个显示装置上的一个或多个全色和/或灰度图像。

[0040] 图2显示了示例性图像传感器200。图像传感器200可以实施图像传感器110和/或包括在成像装置中的任何其他图像传感器。如所示,图像传感器200包括多个像素阵列202(例如,像素阵列202-1至像素阵列202-n)。每个像素阵列202包括像素204的 $2 \times 2$ 布置。例如,像素阵列202-1包括如图2中所示布置的第一像素204-1、第二像素204-2、第三像素204-3和第四像素204-4。图像传感器200可以包括任何合适数量的像素阵列202,如可用于特定实施。虽然在图2中显示了 $2 \times 2$ 阵列,但是将认识到,每个阵列可以包括任何数量的像素204(例如, $3 \times 3$ 像素阵列、 $4 \times 4$ 像素阵列等)。

[0041] 为了促进场景的彩色成像,图像传感器200可以包括覆盖像素204的颜色滤光片的布置。每个颜色滤光片配置为允许其对应的像素204仅检测入射在像素204上的光的特定颜色分量。

[0042] 颜色滤光片可以通过被涂布在或以另外的方式粘附到像素204的表面(例如,光可以入射在其上的表面)上来覆盖像素204。颜色滤光片可以以任何其他合适的方式可选地覆盖像素204。

[0043] 图3A-3B显示了覆盖像素204并可以根据本文所述的系统和方法使用的示例性颜

色滤光片布置。如所示,不同的颜色滤光片302可以覆盖每个像素204。为了便于说明,图3A显示了与像素204稍微偏移的滤光片302,而图3B显示了直接覆盖像素204的滤光片302。

[0044] 如图3A-3B中所示,红色滤光片302-R覆盖像素204-1,第一蓝色滤光片302-B1覆盖像素204-2,第二蓝色滤光片302-B2覆盖像素204-3,和绿色滤光片302-G覆盖像素204-4。由于布置颜色滤光片302顺序,图3A-3B中所示的滤光片布置在本文中被称为RBBG。

[0045] 还可以根据本文所述的系统和方法使用包括两个蓝色滤光片的其他颜色滤光片布置。例如,在可选的实施方式中,第一蓝色滤光片302-B1可以覆盖像素204-1,红色滤光片302-R可以覆盖像素204-2,绿色滤光片302-G可以覆盖像素204-3,和第二蓝色滤光片302-B2可以覆盖像素204-4。这种可选的滤光片布置可以被称为BRBG。

[0046] 如所提及,与仅25%蓝色的常规颜色滤光片布置相比,通过使用50%蓝色的颜色滤光片布置,比如,图3A-3B中显示的那样,本文所述的系统和方法可以更有效地获取用于医学成像应用的偏蓝光。因此,50%蓝色的颜色滤光片布置可以产生与患者相关联的手术区域的更清晰和更准确的图像。

[0047] 在一些实例中,本文所述的颜色滤光片布置可以促进在医疗环境中可能有用的其他类型的成像。例如,本文所述的颜色滤光片布置可以用于生成全色荧光图像。通过显示与常规灰度荧光图像相反的全色荧光图像,本文所述的系统和方法可以允许医务人员(例如,外科医生)更准确地可视化和评估血管、胆管、组织灌注和其他解剖特征。

[0048] 图4显示了示例性的医学成像系统400,其配置为除了彩色图像之外或与彩色图像组合,还捕获荧光图像。医学成像系统400类似于医学成像系统100,不同之处在于医学成像系统400进一步包括荧光激发照明源402。荧光激发照明源402配置为生成和发射荧光激发照明404,其可以通过照明通道112的方式应用于场景(例如,与患者相关联的手术区域)。

[0049] 荧光激发照明404配置为通过荧光显像剂引发荧光照明。荧光显像剂可以包括可以被引入(例如,注射)到患者的血流或其他解剖特征的任何合适的染料、蛋白质或其他物质。当暴露于荧光激发照明时,荧光显像剂可以发射荧光照明(即,荧光显像剂可以发荧光)。荧光照明可以通过本文所述的任何图像传感器(例如,图像传感器110或图像传感器200)检测并且用于生成指示各种细胞活性或结构(例如,实时的血管系统)的荧光图像。

[0050] 在一些实例中,荧光激发照明和荧光照明二者都是红外光。换句话说,荧光激发照明和荧光照明二者具有在红外光区域中的波长。红外光区域包括大约700nm(红色可见光区域的边缘)至大约1毫米的波长。更具体地,荧光激发照明和荧光照明二者都可以具有包括在近红外光区域内的波长,该近红外光区域在红外光区域内并且包括约700nm至约950nm的波长。例如,当由波长为803nm的荧光激发照明激发时,示例性荧光显像剂在830nm发荧光。在本文的实例中将假设,荧光激发照明和荧光激发照明二者都具有在红外光区域内的波长。

[0051] 在一些场景中(例如,当期望生成全色荧光图像时),可见光照明源116和荧光激发照明源402分别同时发射可见光和荧光激发照明。在这些场景中,图像传感器110的像素收集可见光和荧光照明二者,而没有在两种类型的照明之间进行区分。因此,由图像传感器110输出的图像数据120包括代表颜色分量和荧光照明分量二者的数据。

[0052] 为了说明,图5显示了用于颜色滤光片302的光谱响应曲线502。例如,图5显示了红色滤光片302-R的光谱响应曲线502-1、蓝色滤光片302-B1和302-B2的光谱响应曲线502-2

和绿色滤光片302-G的光谱响应曲线502-3。光谱响应曲线502由实线和虚线的不同变化表示以视觉上将光谱响应曲线502彼此区别开。如所示,沿着水平轴绘制光谱响应曲线502,该水平轴表示包括在可见光范围504内和红外光范围506内的波长。

[0053] 光谱响应曲线502显示了每个颜色滤光片302如何允许其对应的像素收集可见光118的特定颜色分量同时阻止该像素收集可见光118的其他颜色分量。例如,光谱响应曲线502-1在可见光范围504的红色区域内的波长下具有相对较高的响应,并且在可见光范围504的其他区域内的波长下具有相对较低的响应。因此,红色滤光片302-R允许像素204-1收集可见光118的红色分量同时阻止像素204-1收集可见光118的蓝色和绿色分量。光谱响应曲线502-2在可见光范围504的蓝色区域内的波长下具有相对较高的响应,并且在可见光范围504的其他区域内的波长下具有相对较低的响应。因此,蓝色滤光片302-B1和302-B2允许像素204-2和204-3收集可见光118的蓝色分量同时阻止像素204-2和204-3收集可见光118的红色和绿色分量。光谱响应曲线502-3在可见光范围504的绿色区域内的波长下具有相对较高的响应,并且在可见光范围504的其他区域内的波长下具有相对较低的响应。因此,绿色滤光片302-G允许像素204-4收集可见光118的绿色分量同时阻止像素204-4收集可见光118的红色和蓝色分量。

[0054] 还如图5中所示,光谱响应曲线502每个在红外光范围506内具有相对较高的响应。换句话说,对应于光谱响应曲线502的每个颜色滤光片302不阻止像素204收集至少一些类型的红外光。为了说明,如图5中所示,颜色滤光片302不可以阻止像素204收集近红外光。

[0055] 因此,根据本文所述的系统和方法,一个或多个红外截止滤光片可以覆盖像素204中的一个或多个,使得图像处理系统可以在包括在图像数据122中的颜色分量和荧光照明分量之间进行区分,从而指示显示装置显示全色荧光图像。

[0056] 为了说明,图6A-6B示出了其中像素级宽带红外截止滤光片602(“截止滤光片602”)覆盖像素204-2的滤光片配置。截止滤光片602可以通过配置为粘附至像素204-2的表面的涂层和/或以任何其他方式来实施。

[0057] 为了便于说明,图6A显示了与像素204稍微偏移的滤光片302和602而图6B显示了直接覆盖像素204的滤光片302和602。截止滤光片602在图6A-6B中显示为在蓝色滤光片302-B1之上。然而,在可选的实施方式中,蓝色滤光片302-B1可以在截止滤光片602之上。

[0058] 如所示,类似于截止滤光片602的像素级宽带红外截止滤光片不覆盖像素204-1、204-3和204-4。如下所述,这可以有利地允许图像处理系统在包括在图像数据122中的颜色分量和荧光照明分量之间进行区分。

[0059] 截止滤光片602配置为阻止像素204-2收集具有包括在相对较宽波长范围(例如,整个近红外范围)内的波长的红外光。这在图7中显示,其类似于图5,不同之处在于,在图7中,颜色滤光片302-2的光谱响应502-2在近红外范围内(例如,700nm和950nm之间)相对平坦。这在图7中通过标注702突出显示。

[0060] 通过阻止像素204-2收集红外光,截止滤光片602可以有效地允许像素204-2仅收集可见光118的蓝色分量。相反,由于像素204-3不被类似于截止滤光片602的截止滤光片覆盖,当可见光照明源116和荧光激发照明源402二者都被激活并同时发射光时,像素204-3收集蓝色分量和由荧光激发照明源404引发的荧光照明。如下所述,图像处理系统可以从代表由像素204-2收集的光的信号中减去代表由像素204-3收集的光的信号以鉴定包括在代表由

像素204-2收集的光的信号中的荧光照明分量。

[0061] 在一些可选的实施方式中,像素204-1、204-3和204-4中的一个或多个还可以被类似于截止滤光片602的宽带红外截止滤光片覆盖。例如,图8A-8B示出了其中像素级宽带红外截止滤光片602覆盖像素204-2和204-3二者的滤光片配置。为了便于说明,图8A显示了与像素204-2和204-3稍微偏移的截止滤光片602,而图8B显示了直接覆盖像素204-2和204-3的滤光片602。图8A-8B的滤光片配置可以增加基于像素204获取的光而生成的彩色图像和灰度荧光图像的清晰度。

[0062] 图9A-9B显示了其中截止滤光片602与RGGGB滤光片配置结合使用的可选配置。如所示,红色滤光片302-R覆盖像素204-1,第一绿色滤光片302-G1覆盖像素204-2,第二绿色滤光片302-G2覆盖像素204-3,并且蓝色滤光片302-B覆盖像素204-4。还如所示,截止滤光片602也覆盖像素204-2而没有类似的截止滤光片覆盖其余的像素204-1、204-3和204-4。为了便于说明,图9A显示了与像素204稍微偏移的滤光片302和截止滤光片602,而图9B显示了直接覆盖像素204的滤光片302和截止滤光片602。图9A-9B中显示的配置,例如,可以用于其中用作照明的可见光偏绿色的成像应用(例如,非医疗医用)。

[0063] 在一些实例中,荧光显像剂在与荧光激发照明402不同的波长下发荧光。例如,如以上所提及,当被波长为803nm的荧光激发照明激发时,示例性荧光显像剂在830nm下发荧光。因为期望阻止像素204检测荧光激发照明404而同时允许像素204中的至少一些检测由荧光显像剂发射的荧光照明,所以在本文所述的医学成像系统中可以进一步包括窄带红外截止滤光片。

[0064] 为了说明,图10A显示了其中窄带红外截止滤光片1002覆盖所有像素204的示例性滤光片配置。窄带红外截止滤光片1002可以实施为,例如,覆盖所有像素204并且在颜色滤光片302和截止滤光片602之上的单个玻璃滤光片。窄带红外截止滤光片1002配置为阻止像素204收集在具有包括荧光激发照明404波长的相对较窄的波长范围(例如,20nm或更小的范围)内包括的波长的红外光。因此,窄带红外截止滤光片1002有效地阻止像素204检测荧光激发照明404。

[0065] 图10B显示了其中像素级窄带红外截止滤光片1004-1、1004-2和1004-3分别覆盖像素204-1、204-3和204-4的可选配置。可以以任何合适的方式实施像素级窄带截止滤光片1004。像窄带红外截止滤光片1002一样,像素级窄带截止滤光片1004可以有效地阻止像素204-1、204-3和204-4检测荧光激发照明404。将认识到,截止滤光片602同样阻止像素204-2检测荧光激发照明404,因为荧光激发照明404的波长在由截止滤光片602阻挡的波长范围内。

[0066] 图11示出了图像处理系统1100,其可以配置为基于代表由像素204收集的光的信号生成在显示装置上显示的一个或多个图像。图像处理系统1100可以包括在本文所述的任何医学成像系统中或者连接到本文所述的任何医学成像系统。例如,在一些实例中,图像处理系统1100通信地联结到控制器104。在该配置中,图像处理系统1100可以接收处理的图像数据122作为输入。

[0067] 如所示,系统1100可以包括,但不限于,选择性地且通信地联结到彼此的存储设施1102和处理设施1104。设施1102和1104可以各自包括硬件和/或软件部件(例如,处理器、存储器、通信接口、存储在存储器中以便由处理器执行的指令等)或通过其实施。例如,设施

1102和1104可以通过计算机辅助手术系统中的任何部件来实施。在一些实例中,设施1102和1104可以分布在多个装置和/或多个位置之间,如可以用于特定实施。

[0068] 存储设施1102可以维护(例如,存储)由处理设施1104使用进行本文所述的任何操作的可执行的数据。例如,存储设施1102可以存储可由处理设施1104执行以进行本文所述的操作中的任一种的指令1106。指令1106可以通过任何合适的应用、软件、代码和/或其他可执行的数据实例来实施。存储设施1102还可以维护由处理设施1104接收、生成、管理、使用和/或发送的任何数据。

[0069] 处理设施1104可以配置为进行(例如,执行存储在存储设施1102中的指令1106以进行)与生成用于在显示装置上显示的图像相关联的各种操作。

[0070] 例如,处理设施1104可以激活可见光照明源116和荧光激发照明源402以同时发射可见光118和荧光激发照明404。当同时发射可见光118和荧光激发照明404时(或者,可选地,在可见光118和荧光激发照明404已发射后),处理设施1104可以接收代表由像素204-1收集的光的第一信号 $S_1$ 、代表由像素204-2收集的光的第二信号 $S_2$ 、代表由像素204-3收集的光的第三信号 $S_3$ 和代表由像素204-4收集的光的第四信号 $S_4$ 。

[0071] 在该实例中,像素204被图10A或图10B所示的滤光片布置覆盖(即,RBBG颜色滤光片布置,其中截止滤光片602覆盖像素204-2并且窄带红外截止滤光片1002或窄带红外截止滤光片1004覆盖其余的像素204-1、204-3和204-4)。为了本实例的目的,还将假设,荧光激发照明404的波长为803nm并且由荧光激发照明404引发的荧光照明的波长为830nm。

[0072] 因此,由处理设施1104接收的信号可以由以下等式表示:

$$[0073] \quad S_1 = R + FI$$

$$[0074] \quad S_2 = B$$

$$[0075] \quad S_3 = B + FI$$

$$[0076] \quad S_4 = G + FI$$

[0077] 在这些等式中,R表示由像素204-1获取的光的红色分量,B表示由像素204-2和204-3获取的光的蓝色分量,G表示由像素204-4获取的光的绿色分量,并且FI表示由像素204-1、204-3和204-4获取的荧光照明。注意,由于存在覆盖像素204-2的截止滤光片602以及覆盖像素204-1、204-3和204-4的窄带红外截止滤光片1002或窄带红外截止滤光片1004,信号 $S_1$ 至 $S_4$ 都不包括荧光激发照明404。

[0078] 处理设施1104可以处理信号 $S_1$ 至 $S_4$ 以选择性地生成全色图像(无荧光)和全色荧光图像。例如,图12显示了可以由处理设施1104进行以选择性地生成全色图像和全色荧光图像的各种操作。

[0079] 在求和框1202处,处理设施1104首先从 $S_3$ 减去 $S_2$ 以鉴定包括在 $S_3$ 中的荧光照明分量FI。可以使用任何合适的信号处理操作来进行该减法。

[0080] 为了鉴定红色分量R和绿色分量G,处理设施1104在求和框1204处从 $S_1$ 减去FI,并且在求和框1206处从 $S_4$ 减去FI。如所示,求和框1204的输出是仅代表红色分量R的输出的第一信号,并且求和框1206的输出是仅代表绿色分量G的输出的第四信号。

[0081] 如所示,R、G、B和FI都被输入到图像生成器1208,其可以由处理设施1104以任何合适的方式实施。图像生成器1208可以基于接收的图像模式选择器命令1210生成各种类型的图像以供显示装置显示。图像模式选择器命令1210可以由用户(例如,外科医生)、由计算机

辅助手术系统中包括的任何部件和/或由任何其他源提供,如可以用于特定实施。图像模式选择器命令1210可以在可见光118和荧光激发照明404同时发射时和/或在任何其他合适的时间被图像生成器1208接收。

[0082] 为了说明,图像模式选择器命令1210可以包括呈现不包括荧光图像的全色图像的命令。响应于接收该命令,图像生成器1208可以使用任何合适的图像处理技术基于R、G和B信号生成全色图像。

[0083] 可选地,如果图像模式选择器命令1210包括呈现全色荧光图像的命令,则图像生成器1208可以基于R、G、B和IR信号生成全色荧光图像。这可以使用任何合适的图像处理技术进行。

[0084] 图13示出了可以通过图像处理系统1100进行的示例性方法1300。虽然图13示出了根据一个实施方式的示例性操作,但是其他实施方式可以省略、增加、重新排序和/或更改图13中所示的任何操作。

[0085] 在操作1302中,图像处理系统1100接收代表由包括在 $2 \times 2$ 像素阵列中的第一像素收集的光的第一信号,该第一信号包括代表可见光的红色分量和荧光照明的组合的数据。操作1302可以以本文所述方式中的任一种进行。

[0086] 在操作1304中,图像处理系统1100接收代表包括在 $2 \times 2$ 像素阵列中的第二像素收集的光的第二信号,该第二信号代表可见光的蓝色分量。操作1304可以以本文所述方式中的任一种进行。

[0087] 在操作1306中,图像处理系统1100接收代表由包括在 $2 \times 2$ 像素阵列中的第三像素收集的光的第三信号,该第三信号代表蓝色分量和荧光照明的组合。操作1306可以以本文所述方式中的任一种进行。

[0088] 在操作1308中,图像处理系统1100接收代表由包括在 $2 \times 2$ 像素阵列中的第四像素收集的光的第四信号,该第四信号代表可见光的绿色分量和荧光照明的组合。操作1308可以以本文所述方式中的任一种进行。

[0089] 在操作1310中,图像处理系统1100从第三信号减去第二信号以鉴定代表荧光照明的第三信号的荧光照明分量。操作1310可以以本文所述方式中的任一种进行。

[0090] 在操作1312中,图像处理系统1100从第一信号减去荧光照明分量以生成仅代表红色分量的处理的第一信号。操作1312可以以本文所述方式中的任一种进行。

[0091] 在操作1314中,图像处理系统1100从第四信号减去荧光照明分量以生成仅代表绿色分量的处理的第四信号。操作1314可以以本文所述方式中的任一种进行。

[0092] 本文所述的系统和方法可以与用于对患者进行外科手术的计算机辅助手术系统结合使用。例如,医学成像系统100和400可以包括在计算机辅助手术系统中。

[0093] 图14示出了示例性计算机辅助手术系统1400(“手术系统1400”)。如所示,手术系统1400可以包括彼此通信联结的操纵系统1402、用户控制系统1404和辅助系统1406。手术团队可以利用手术系统1400以对患者1408进行计算机辅助外科手术。如所示,手术团队可以包括外科医生1410-1、助手1410-2、护士1410-3和麻醉师1410-4,他们全都统称为“手术团队成员1410”。在手术过程期间,如可用于特定实施,可以出现另外的或可选的手术团队成员。

[0094] 虽然图14示出了正在进行的微创外科手术,但是应当理解,手术系统1400可以类

似地用于进行开放性外科手术或可以类似地受益于手术系统1400的准确性和便利性的其他类型的外科手术。另外地,应当理解,在整个过程中可以采用手术系统1400的手术过程不仅可以包括如图14中所示的外科手术的手术阶段,而且还可以包括术前、术后和/或外科手术的其他合适阶段。外科手术可以包括其中对患者使用手动和/或器械技术以研究或治疗患者的身体状况的任何过程。

[0095] 如图14中所示,操纵系统1402可以包括多个手术器械可以联结至其的多个操纵臂1412(例如,操纵臂1412-1至1412-4)。每个手术器械可以由可以用于对患者1408进行计算机辅助外科手术(例如,通过至少部分地插入到患者1408中并被操纵以对患者1408进行计算机辅助外科手术)的任何合适的手术工具(例如,具有组织相互作用功能的工具)、医疗工具、成像装置(例如,内窥镜)、感测器械(例如,力感测手术器械)、诊断器械等实施。虽然在本文中操纵系统1402描绘和描述为包括四个操纵臂1412,但是应当认识到,操纵系统1402可以仅包括单个操纵臂1412或者包括任何其他数量的操纵臂,如可用于特定实施。

[0096] 操纵臂1412和/或附连到操纵臂1412的手术器械可以包括用于生成原始的(即,未校正的)运动学信息的位移传感器(displacement transducer)、定向传感器和/或位置传感器中的一个或多个。手术系统1400中的一个或多个部件可以配置为使用运动学信息来跟踪(例如,确定其位置)和/或控制手术器械。

[0097] 用户控制系统1404可以配置为促进外科医生1410-1对操纵臂1412和附连到操纵臂1412的手术器械的控制。例如,外科医生1410-1可以与用户控制系统1404交互以远程移动或操纵操纵臂1412和手术器械。为此目的,用户控制系统1404可以向外科医生1410-1提供由成像系统(例如,本文所述的医学成像系统中的任一种)获取的与患者1408相关联的手术区域的图像(例如,高清晰度3D图像)。在某些实例中,用户控制系统1404可以包括具有两个显示器的立体观看器,其中外科医生1410-1可以观看与患者1408相关联并且由立体成像系统生成的手术区域的立体图像。外科医生1410-1可以利用该图像来使用附连到操纵臂1412的一个或多个手术器械进行一个或多个手术。

[0098] 为了促进手术器械的控制,用户控制系统1404可以包括一组主控制件。这些主控制件可以由外科医生1410-1操纵以控制手术器械的移动(例如,通过利用机器人和/或远程操作技术)。主控制件可以配置为检测外科医生1410-1进行的各种手、腕和手指运动。以这种方式,外科医生1410-1可以使用一个或多个手术器械直观地进行手术。

[0099] 辅助系统1406可以包括配置为进行手术系统1400的主要处理操作的一个或多个计算装置。在这种配置中,辅助系统1406中包括的一个或多个计算装置可以控制和/或协调由手术系统1400的各种其他部件(例如,操纵系统1402和用户控制系统1404)进行的操作。例如,用户控制系统1404中包括的计算装置可以通过包括在辅助系统1406中的一个或多个计算装置的方式向操纵系统1402发送指令。作为另一个实例,辅助系统1406可以从操纵系统1402接收并处理代表由附连到操纵臂1412之一的成像装置捕获的图像的图像数据。

[0100] 在一些实例中,辅助系统1406可以配置为向手术团队成员1410呈现视觉内容,这些手术团队成员1410可能无法接近在用户控制系统1404处提供给外科医生1410-1的图像。为此目的,辅助系统1406可以包括显示监视器1414,其配置为显示一个或多个用户界面比如手术区域的图像(例如,2D图像)、与患者1408和/或外科手术相关联的信息和/或如可用于特定实施的任何其他视觉内容。例如,显示监视器1414可以显示手术区域的图像以及与

图像同时显示的附加内容(例如,图形内容、上下文信息等)。在一些实施方式中,显示监视器1414通过触摸屏显示器实施,手术团队成员1410可以与触摸屏显示器交互(例如,通过触摸手势的方式)以向手术系统1400提供用户输入。

[0101] 操纵系统1402、用户控制系统1404和辅助系统1406可以以任何合适的方式彼此通信地联结。例如,如图14中所示,操纵系统1402、用户控制系统1404和辅助系统1406可以通过控制线1416通信地联结,该控制线1416可以代表如可用于特定实施的任何有线或无线通信链路。为此目的,操纵系统1402、用户控制系统1404和辅助系统1406可以各自包括一个或多个有线或无线通信接口,比如一个或多个局域网接口、Wi-Fi网络接口、蜂窝接口等。

[0102] 在一些实例中,可以根据本文所述的原理来提供存储计算机可读指令的非暂时性计算机可读介质。指令在由计算装置的处理器执行时可以指导处理器和/或计算装置进行一个或多个操作,其包括本文所述的一个或多个操作。可以使用各种已知的计算机可读介质中的任一种来存储和/或发送这种指令。

[0103] 本文所指的非暂时性计算机可读介质可以包括参与提供可以被计算装置(例如,被计算装置的处理器)读取和/或执行的数据(例如,指令)的任何非暂时性存储介质。例如,非暂时性计算机可读介质可以包括,但不限于,非易失性存储介质和/或易失性存储介质的任何组合。示例性的非易失性存储介质包括,但不限于,只读存储器、闪存、固态驱动器、磁存储装置(例如硬盘、软盘、磁带等)、铁电体随机存取存储器(“RAM”)和光盘(例如,压缩光盘、数字视频光盘、蓝光光盘等)。示例性易失性存储介质包括,但不限于,RAM(例如,动态RAM)。

[0104] 图15示出了示例性计算装置1500,其可以具体地配置为进行一个或多个本文所述的过程。本文所述的系统、计算装置和/或其他部件中的任一种可以通过计算装置1500来实施。

[0105] 如图15所示,计算装置1500可以包括通信接口1502、处理器1504、存储装置1506和输入/输出(“I/O”)模块1508,其经由通信基础设施1510彼此通信地连接。虽然图15中显示了示例性计算装置1500,但是图15中所示出的部件不旨在是限制性的。在其他实施方式中可以使用另外的或可选的部件。现在将额外详细地描述图15中显示的计算装置1500的部件。

[0106] 通信接口1502可以配置为与一个或多个计算装置通信。通信接口1502的实例包括,但不限于,有线网络接口(比如网络接口卡)、无线网络接口(比如无线网络接口卡)、调制解调器、音频/视频连接以及任何其他合适的接口。

[0107] 处理器1504通常表示能够处理数据和/或解释、执行和/或指导本文所述的指令、过程和/或操作中的一个或多个的执行的任何类型或形式的处理单元。处理器1504可以通过执行存储在存储装置1506中的计算机-可执行的指令1512(例如,应用、软件、代码和/或其他可执行的数据实例)来进行操作。

[0108] 存储装置1506可以包括一个或多个数据存储介质、装置或配置,并且可以采用数据存储介质和/或装置的任何类型、形式和组合。例如,存储装置1506可以包括,但不限于,本文所述的非易失性介质和/或易失性介质的任何组合。包括本文所述数据在内的电子数据可以暂时地和/或永久地存储在存储装置1506中。例如,代表配置为指导处理器1504进行本文所述的任何操作的计算机-可执行的指令1512的数据可以存储在存储装置1506内。在

一些实例中,数据可以布置在驻留在存储装置1506内的一个或多个数据库中。

[0109] I/O模块1508可以包括配置为接收用户输入并提供用户输出的一个或多个I/O模块。I/O模块1508可以包括支持输入和输出能力的任何硬件、固件、软件或其组合。例如,I/O模块1508可以包括用于获取用户输入的硬件和/或软件,其包括但不限于,键盘或小键盘、触摸屏部件(例如,触摸屏显示器)、接收器(例如,RF或红外接收器)、运动传感器和/或一个或多个输入按钮。

[0110] I/O模块1508可以包括用于向用户呈现输出的一个或多个装置,其包括但不限于,图形引擎、显示器(例如,显示屏)、一个或多个输出驱动器(例如,显示器驱动器)、一个或多个音频扬声器和一个或多个音频驱动器。在某些实施方式中,I/O模块1508配置为将图形数据提供至显示器以便呈现给用户。图形数据可以代表一个或多个图形用户界面和/或任何其他图形内容,如可用于特定实施。

[0111] 在先前的描述中,已经参考附图描述了各种示例性实施方式。然而,将显而易见的是,可以对其进行各种修改和改变,并且可以实施另外的实施方式,而不脱离在权利要求中阐述的本发明的范围。例如,本文所述的一个实施方式的某些特征可以与本文所述的另一实施方式的特征组合或进行替换。因此,说明书和附图应被认为是说明性的而不是限制性的。

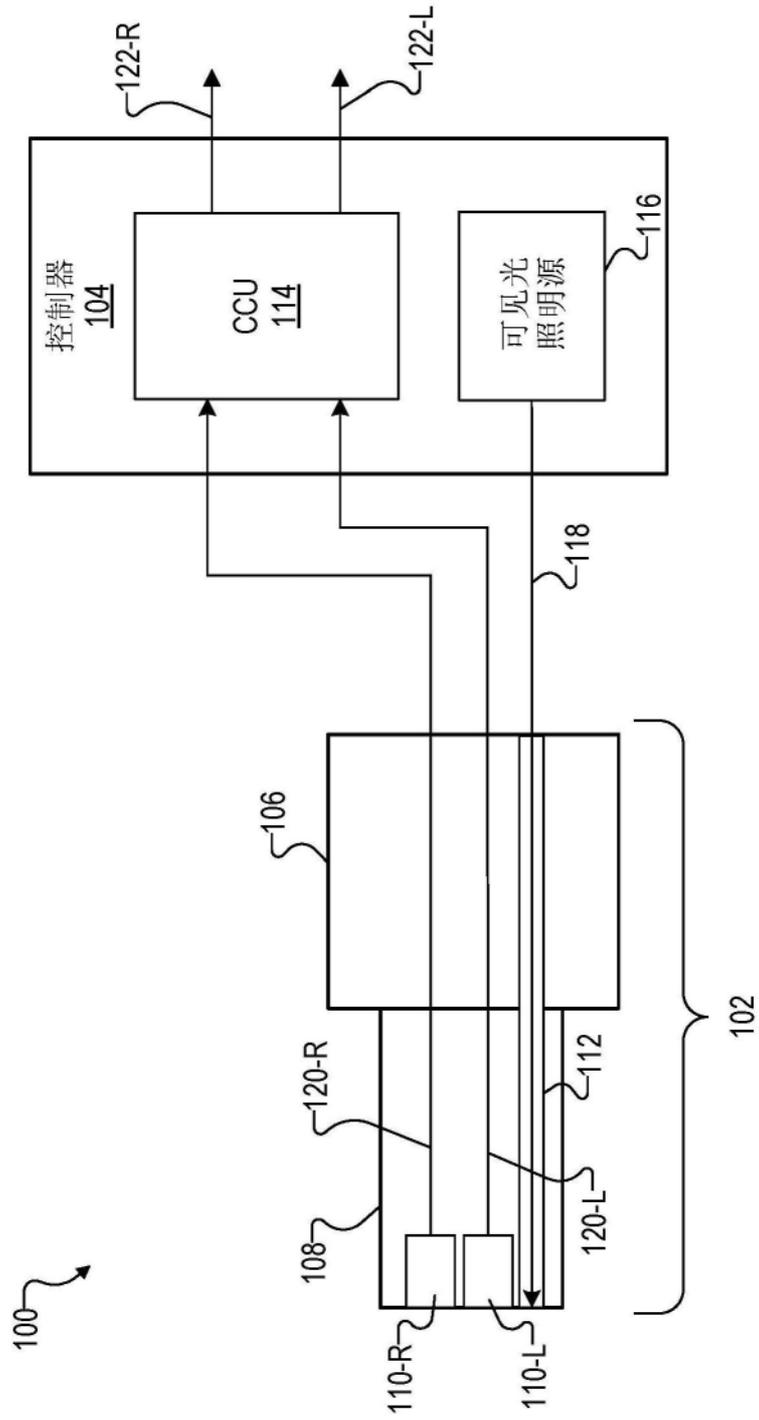


图1

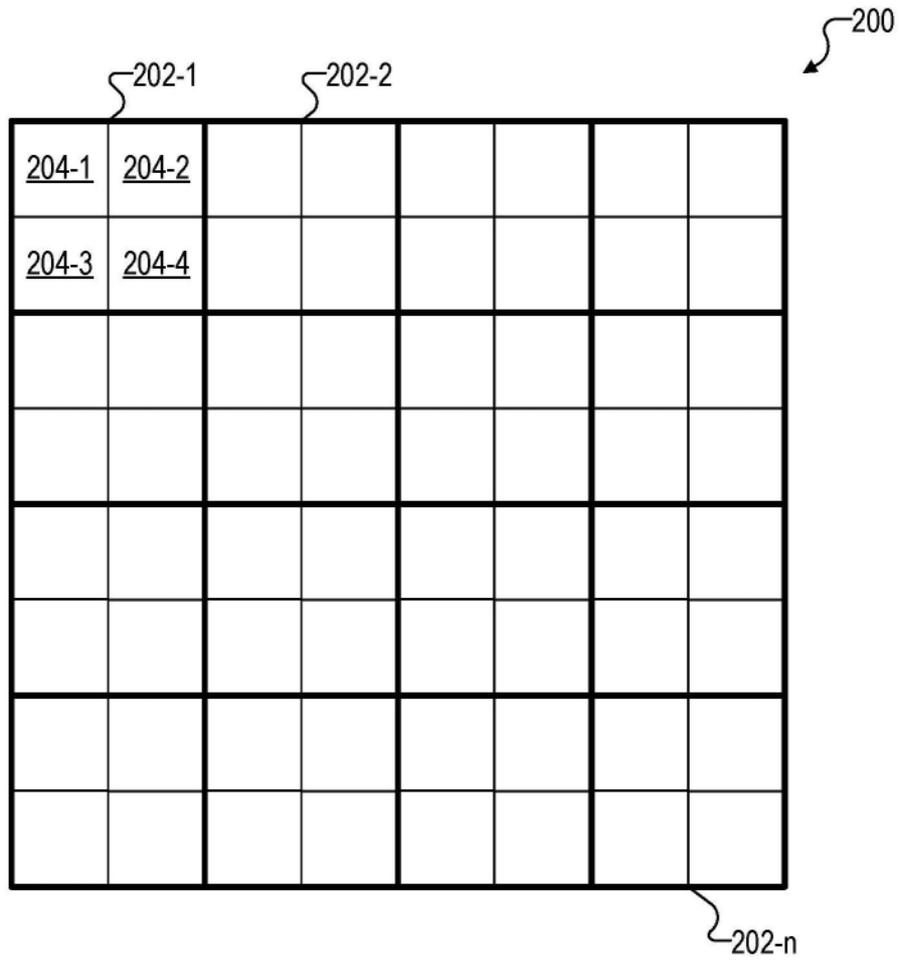


图2

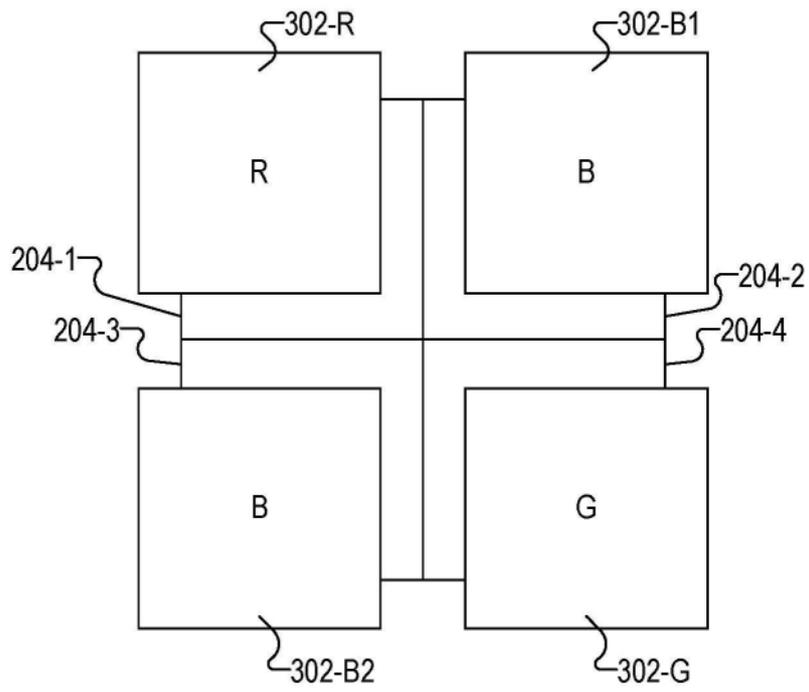


图3A

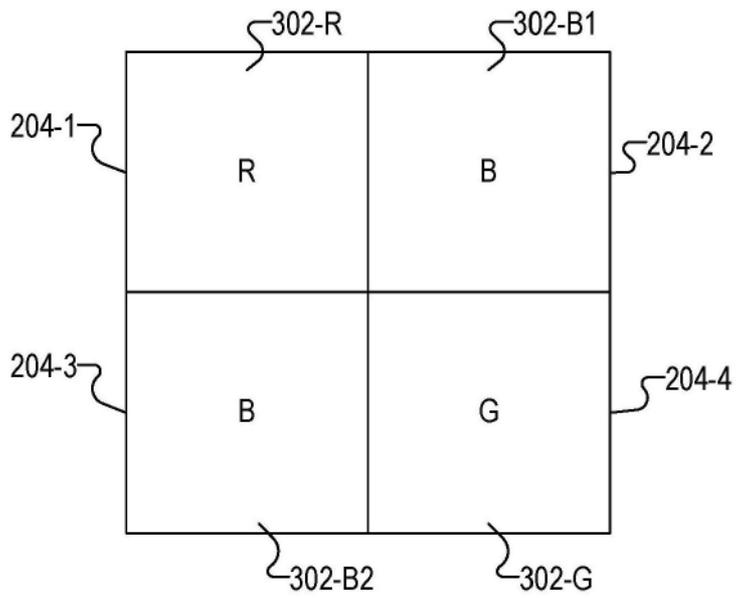


图3B

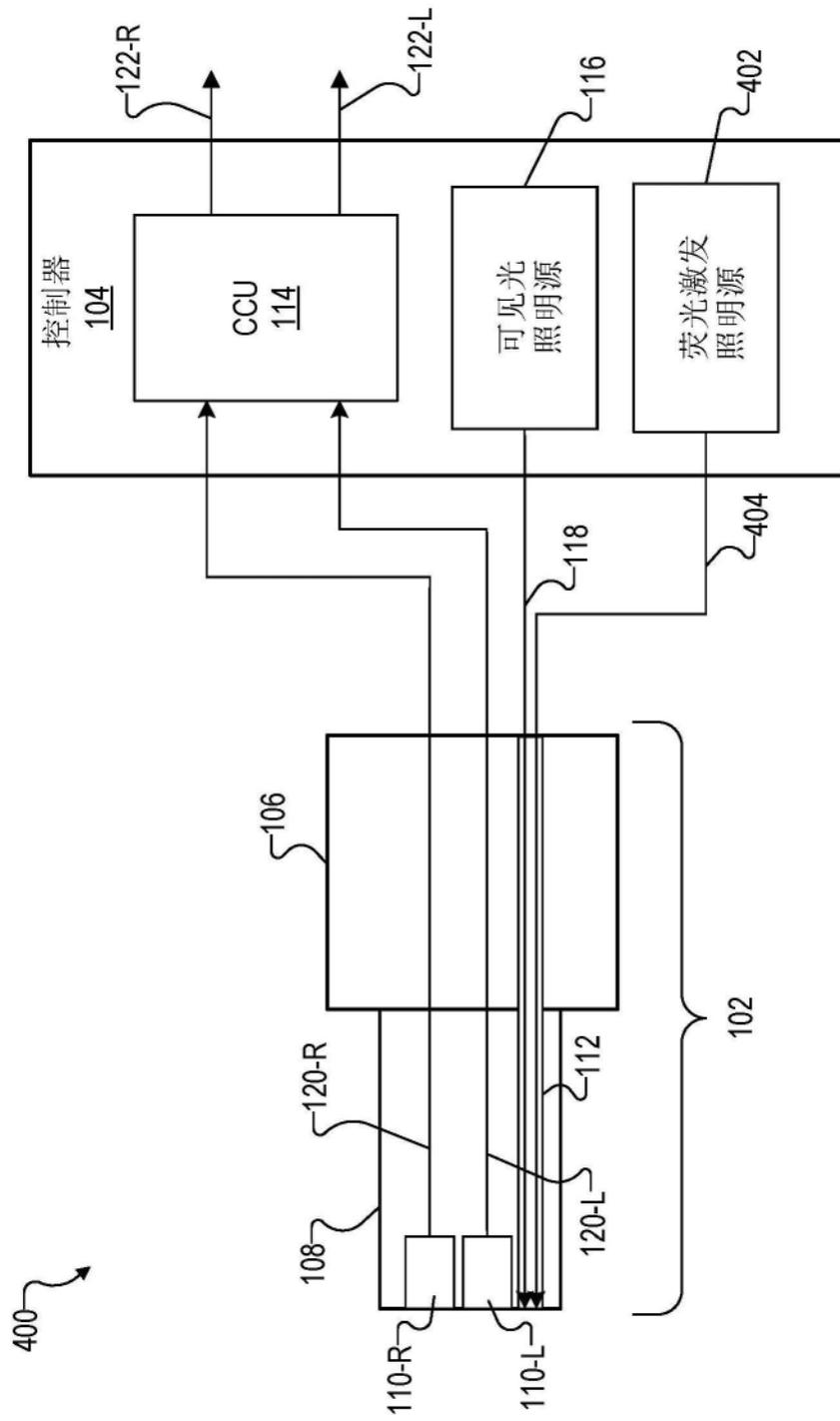


图4

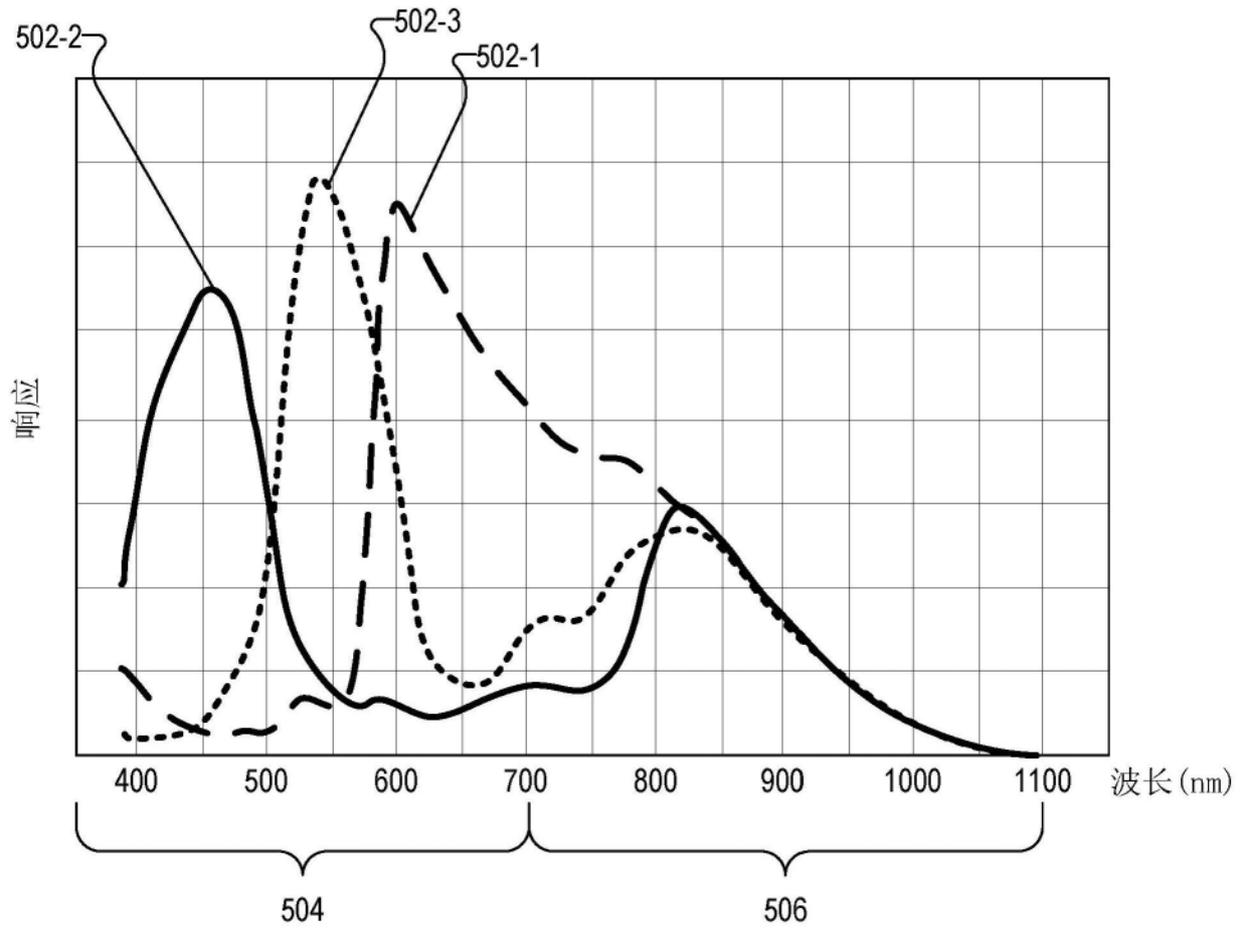


图5

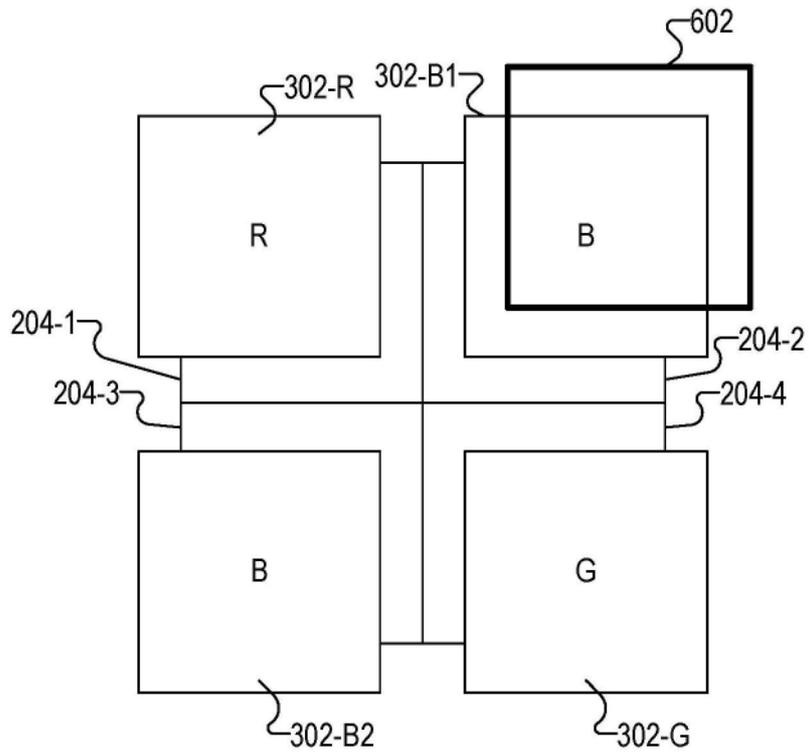


图6A

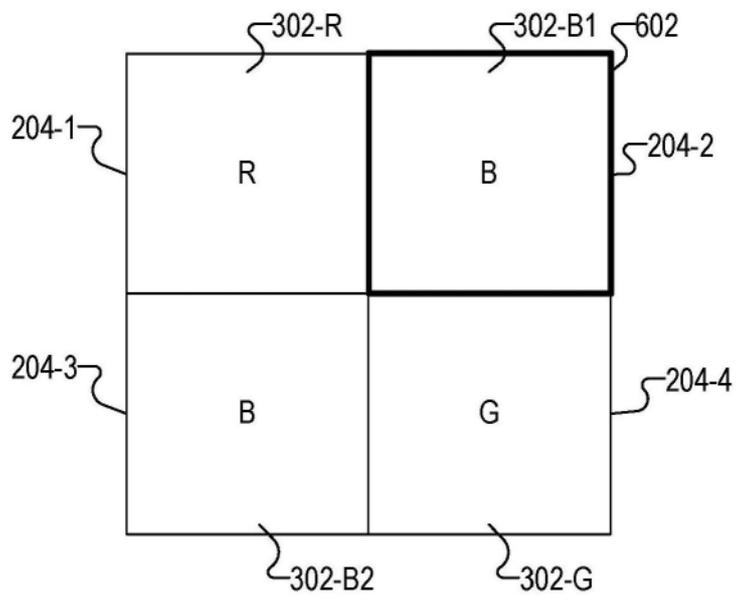


图6B

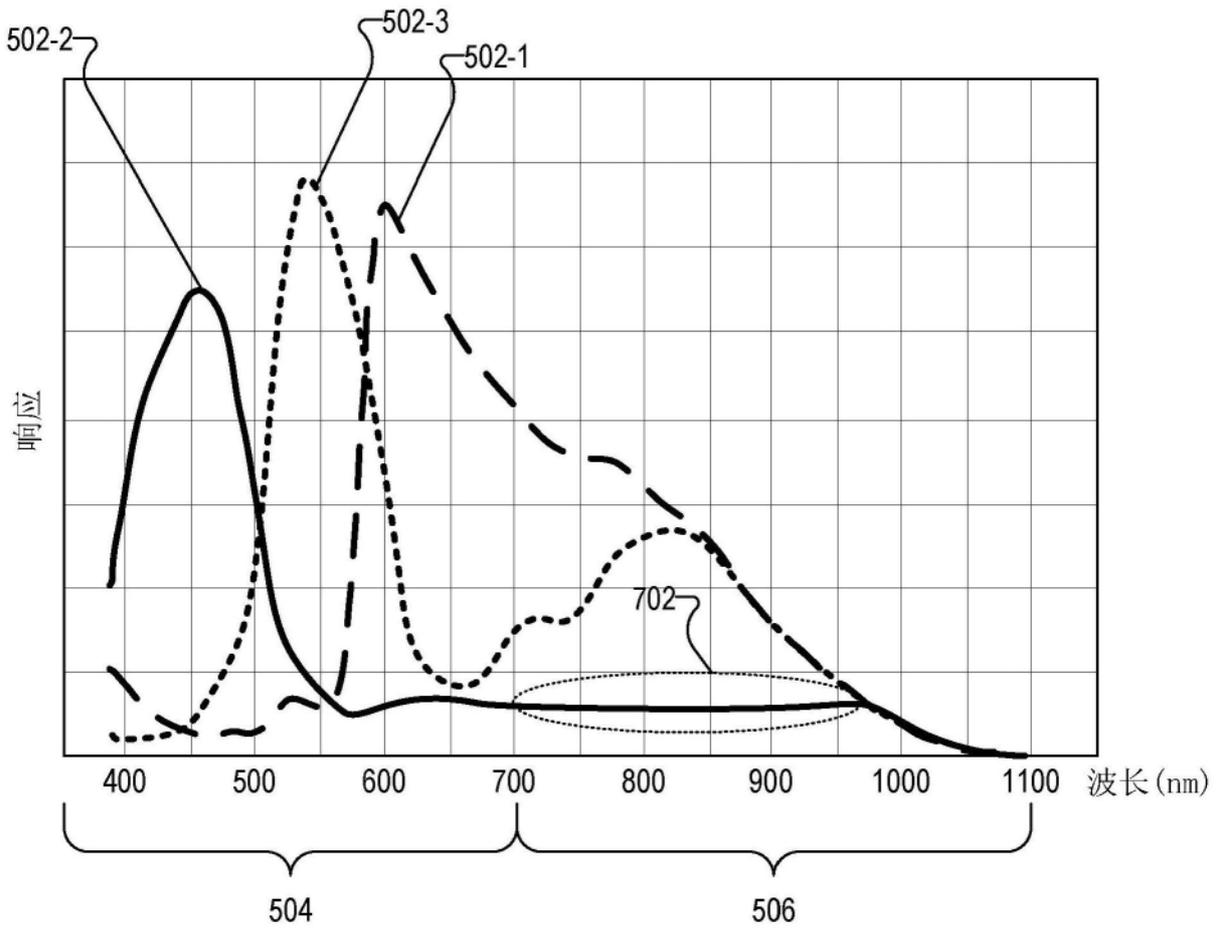


图7

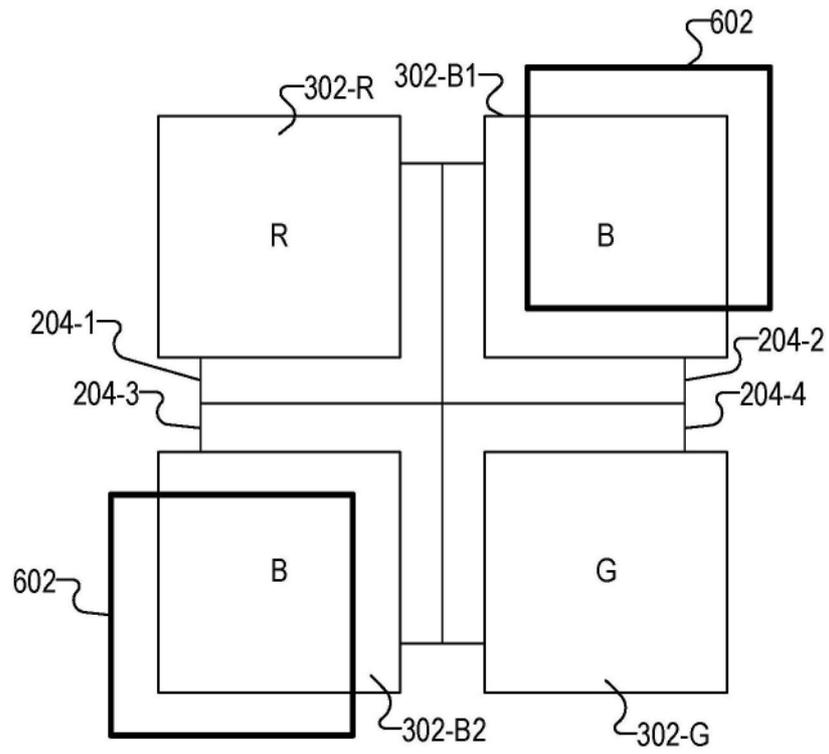


图8A

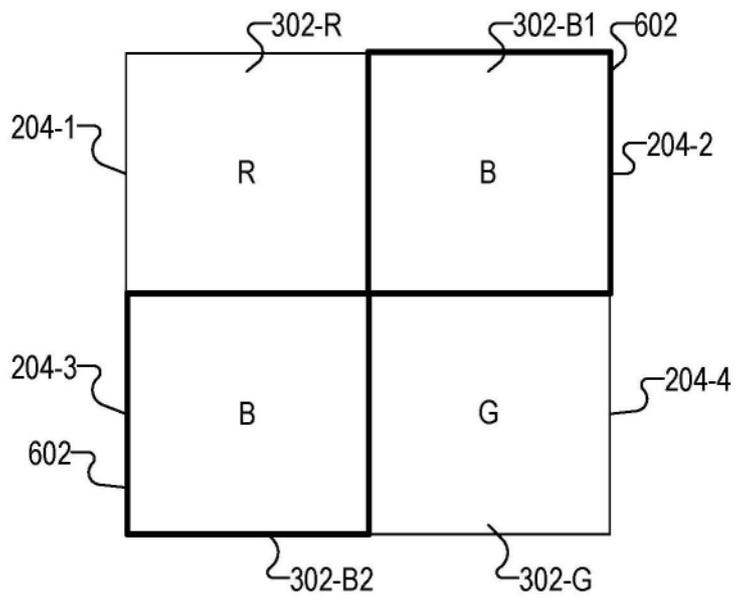


图8B

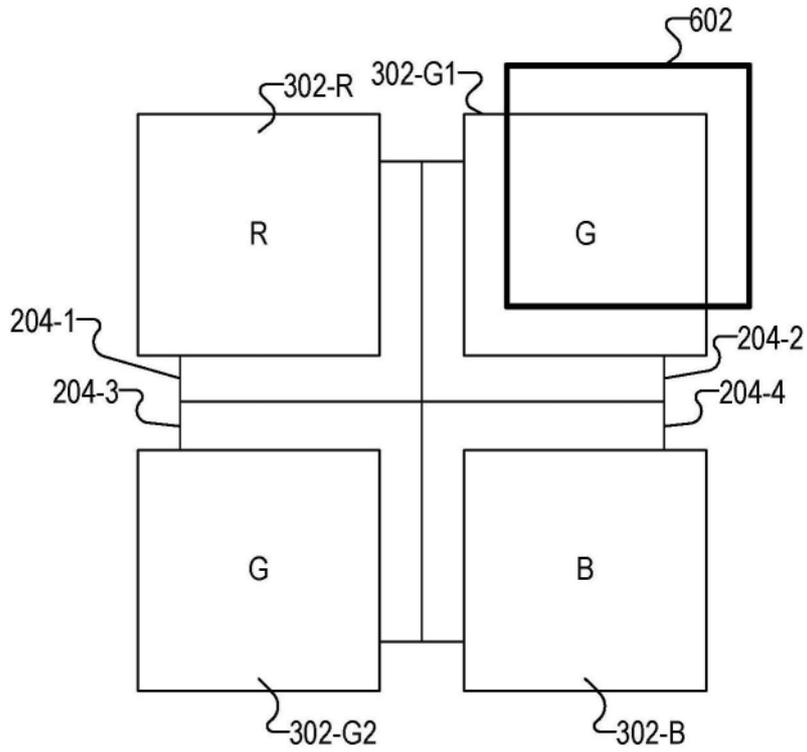


图9A

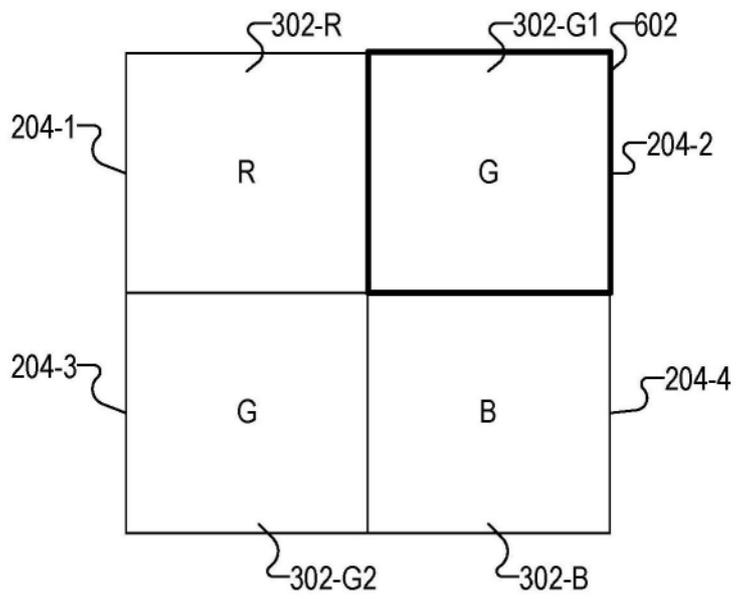


图9B

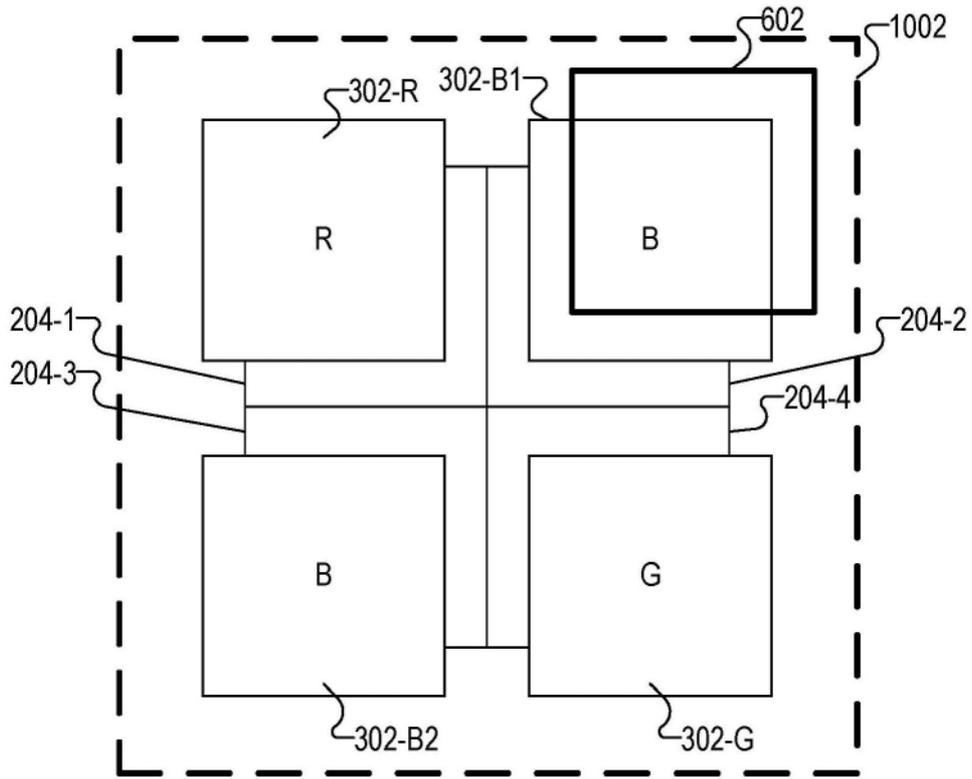


图10A

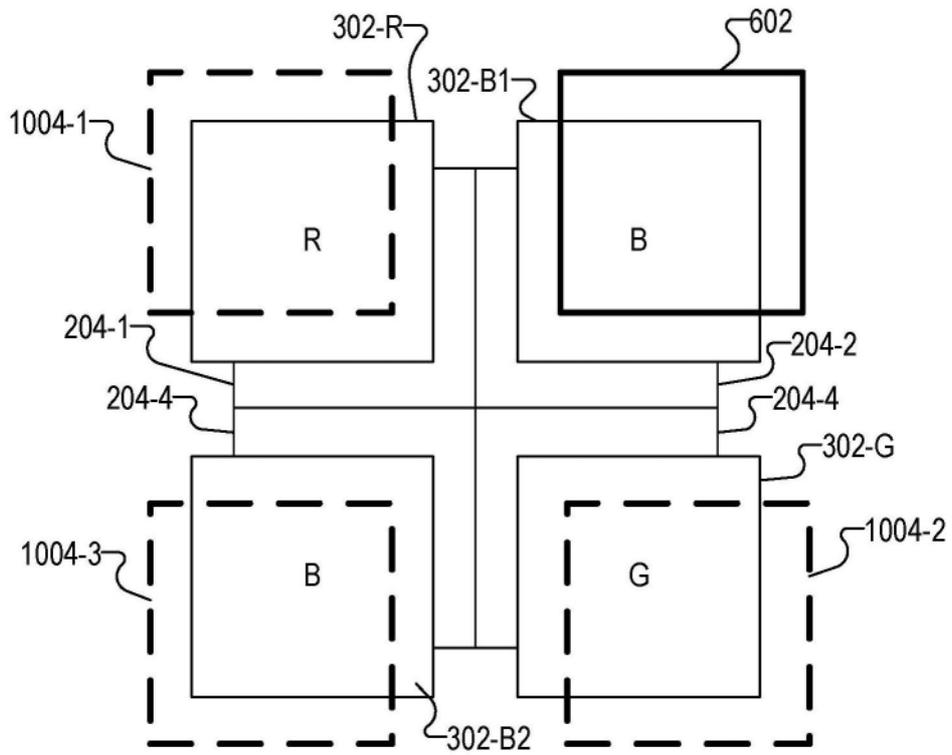


图10B

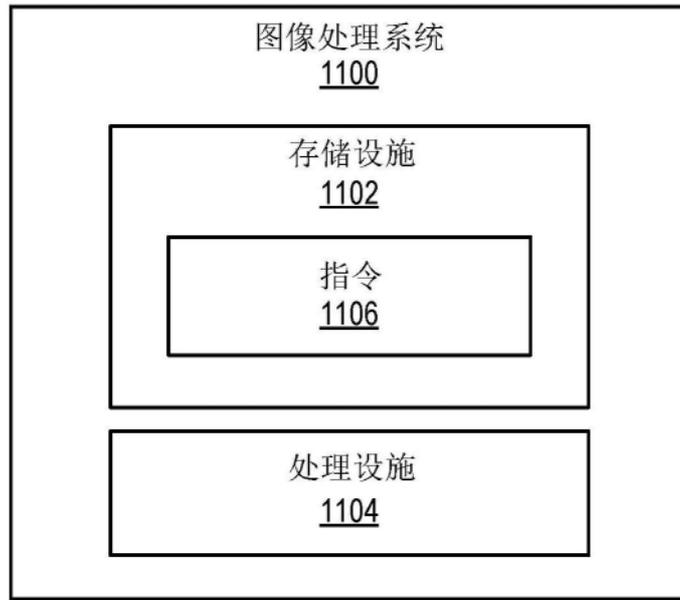


图11

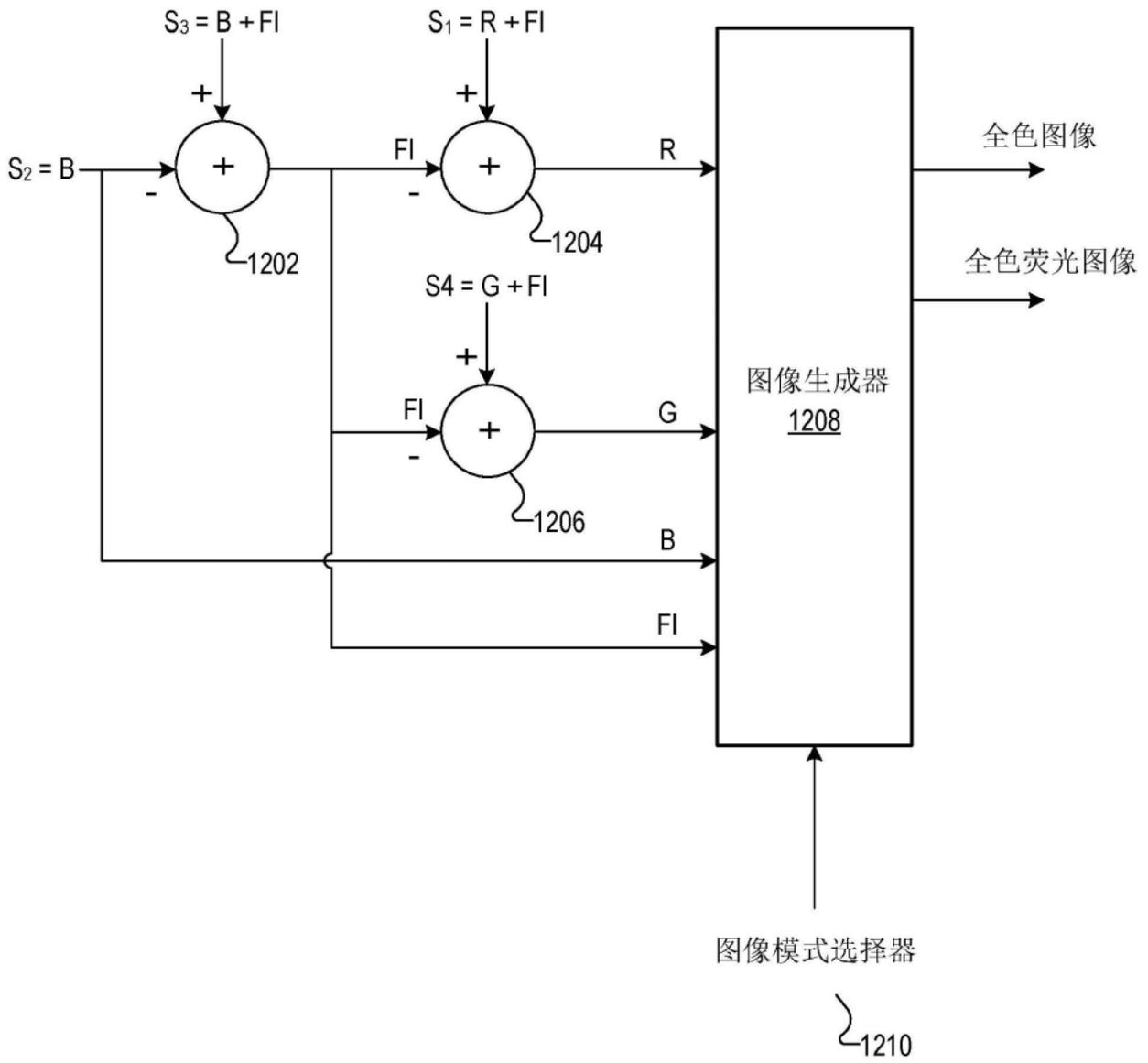


图12

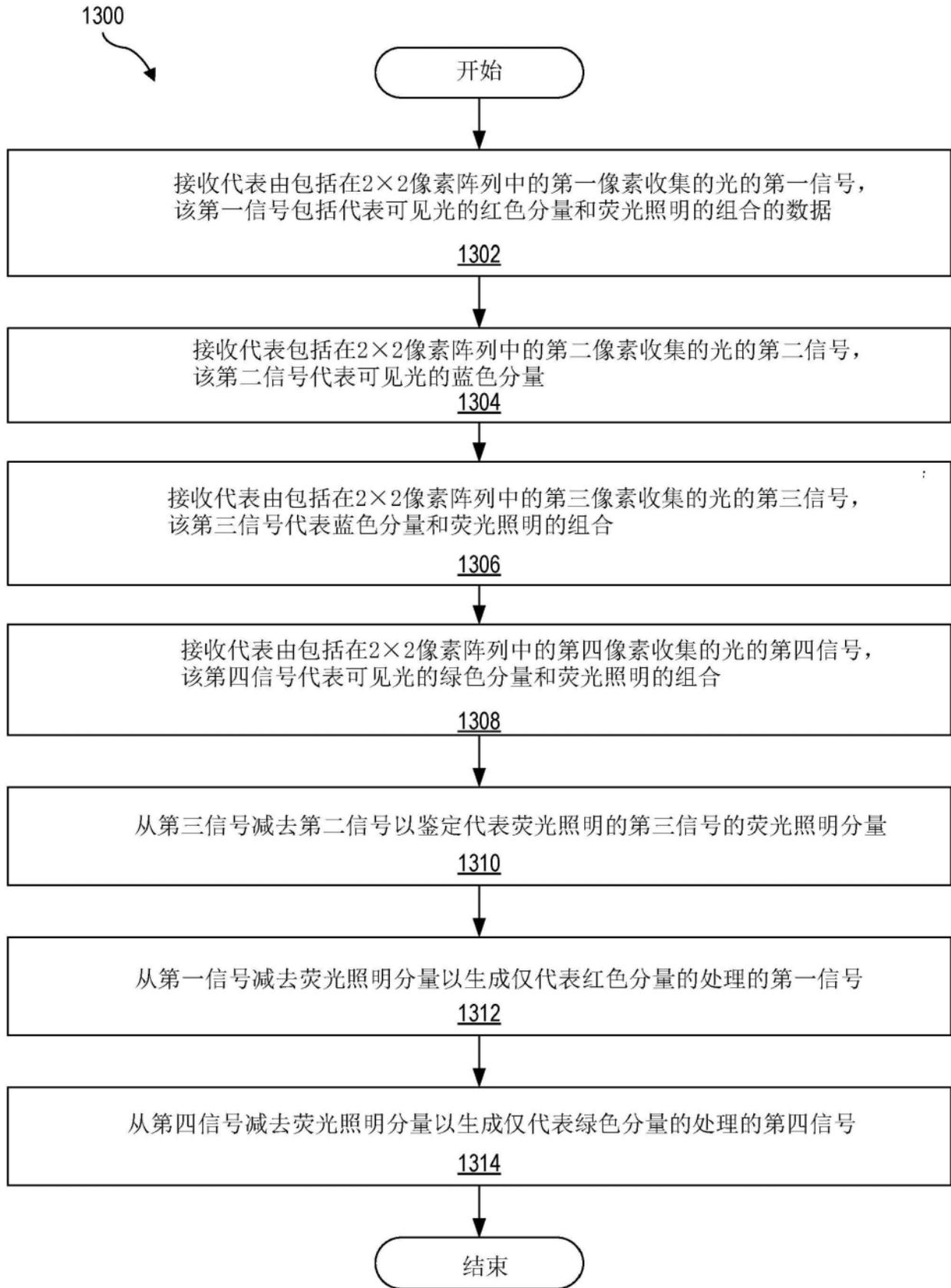


图13

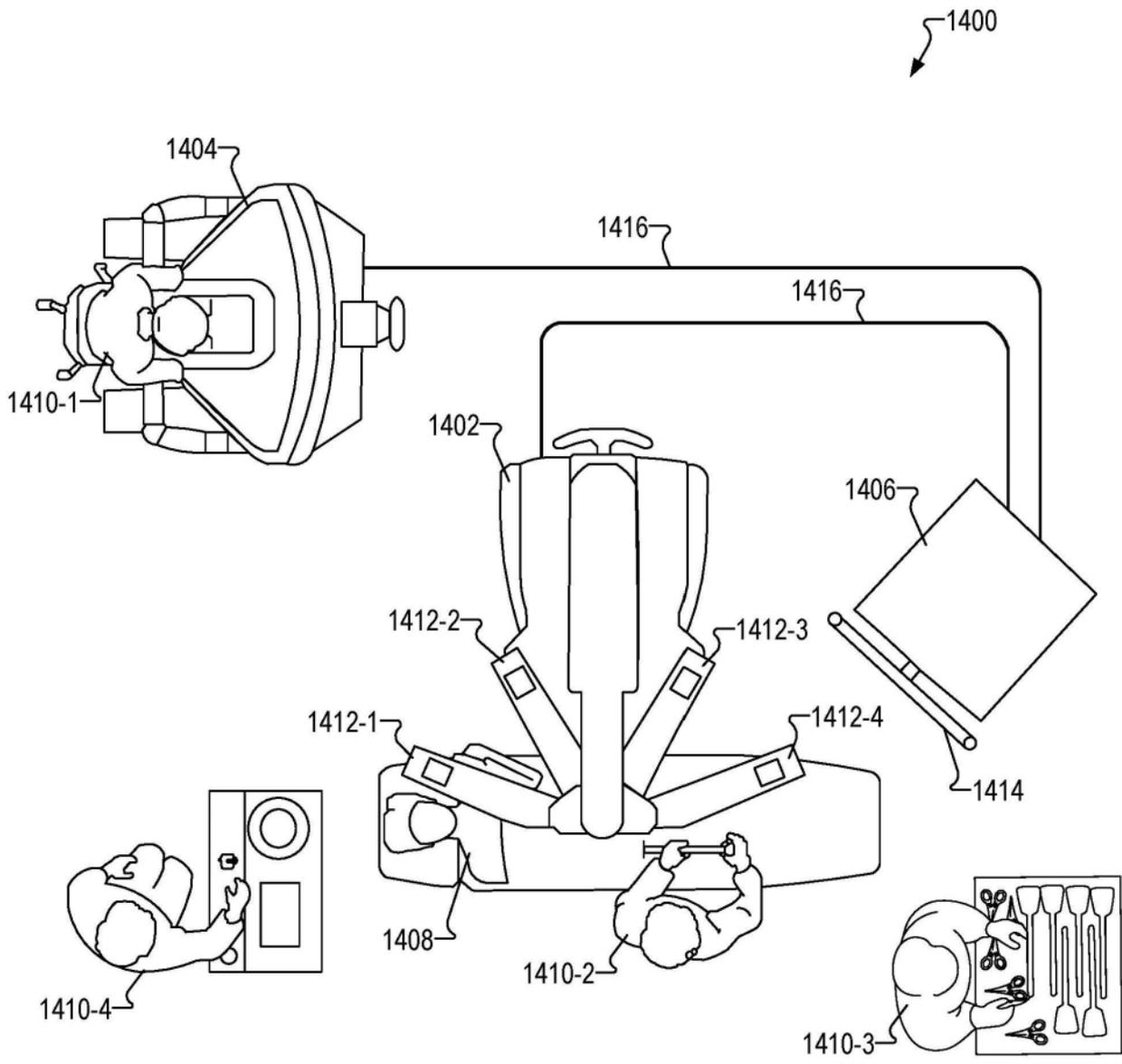


图14

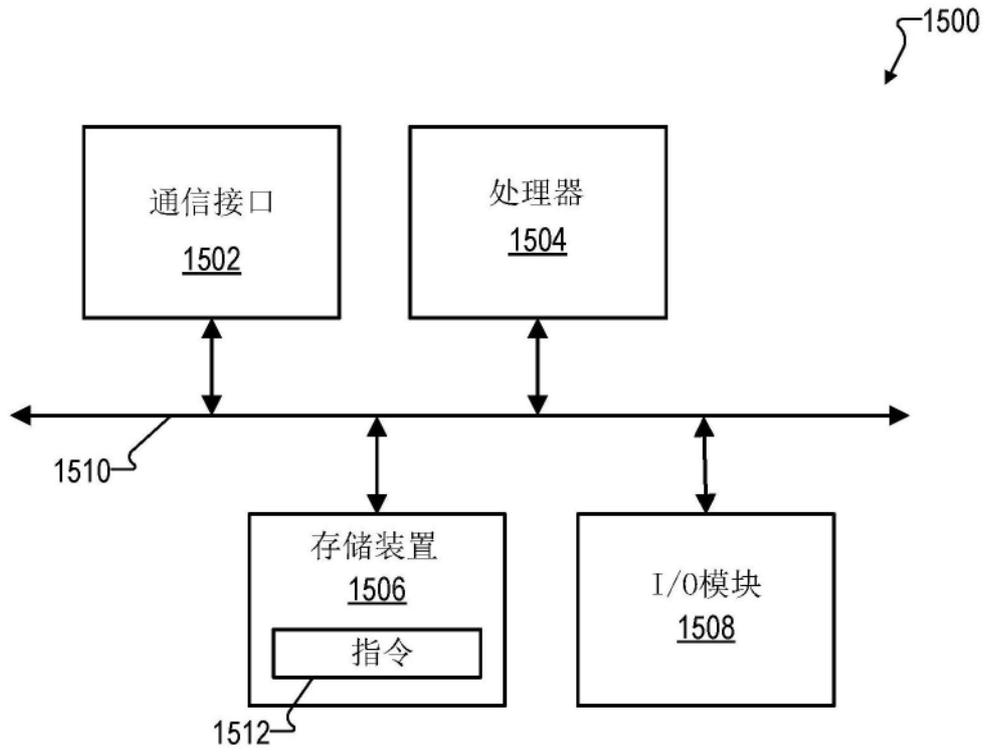


图15