



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116012280 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 25

(21) 申请号 202210873977.9

(22) 申请日 2022.07.20

(30) 优先权数据

10-2021-0141643 2021.10.22 KR

(71) 申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

申请人 高丽大学校产学协力团

(72) 发明人 李受娟 朴圭焕 金彦庭 马贤俊

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

专利代理师 周祺 倪斌

(51) Int.Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/90 (2017.01)

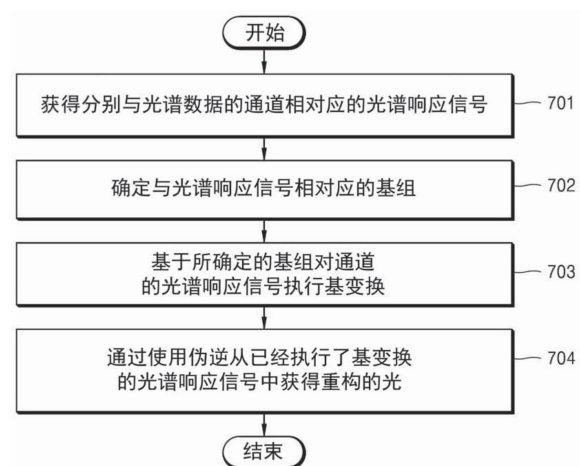
权利要求书2页 说明书11页 附图9页

(54) 发明名称

用于处理图像传感器的光谱数据的设备和方法

(57) 摘要

提供了一种用于处理图像传感器的光谱数据的方法和设备。该方法包括：获得与光的光谱数据的通道相对应的光谱响应信号，该光谱数据由图像传感器从对象获得；确定与获得的光谱响应信号相对应的一组基；基于所确定的一组基，对包括在所确定的一组基中的至少一个基执行基变换；以及通过使用伪逆，从已经执行了基变换的光谱响应信号生成重构的光谱数据。



1. 一种处理光谱数据的方法,所述方法包括:
获得与光的光谱数据的通道相对应的光谱响应信号,所述光谱数据由图像传感器从对象获得;
确定与获得的光谱响应信号相对应的一组基;
基于所确定的一组基,对包括在所述所确定的一组基中的至少一个基执行基变换;以及
通过使用伪逆,从已经执行了所述基变换的光谱响应信号生成重构的光谱数据。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,确定所述一组基包括通过使用主成分分析PCA算法获得关于每个通道的光谱响应信号的主成分。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述一组基中包括的基的数量小于或等于所述通道的数量。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,执行所述基变换包括:
在与获得的光谱响应信号相对应的基中确定具有小于阈值的奇异值的至少一个基;以及
将所确定的至少一个基的奇异值替换为特定奇异值。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述特定奇异值是所述阈值,或者是与获得的光谱响应信号相对应的基中的其他基的奇异值中的最小值,其中每个所述其他基具有大于或等于所述阈值的奇异值。
6. 根据权利要求1所述的方法,还包括基于所生成的重构的光谱数据来生成高光谱图像。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中,生成所述高光谱图像包括生成RGB图像,所述RGB图像是通过使用颜色匹配函数从所述重构的光谱数据进行颜色转换而得到的。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述光谱数据的通道包括三个或更多个通道。
9. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述阈值是基于以从小到大的顺序排列的、与获得的光谱响应信号相对应的基的奇异值中的第n个奇异值来确定的,其中,n为大于0的自然数。
10. 一种用于处理光谱数据的设备,所述设备包括:
光源,被配置为向对象照射光;
图像传感器,被配置为获得与光的光谱数据的通道相对应的光谱响应信号,所述光谱数据由所述图像传感器从所述对象获得;以及
处理器,被配置为:
确定与获得的光谱响应信号相对应的一组基;
基于所确定的一组基,对包括在所述所确定的一组基中的至少一个基执行基变换;以及
通过使用伪逆,从已经执行了所述基变换的光谱响应信号生成重构的光谱数据。
11. 根据权利要求10所述的设备,其中,所述处理器进一步被配置为:通过使用主成分分析PCA算法获得关于每个通道的光谱响应信号的主成分,来确定所述一组基。
12. 根据权利要求10所述的设备,其中,所述一组基中包括的基的数量小于或等于所述通道的数量。

13. 根据权利要求10所述的设备, 其中, 所述处理器进一步被配置为: 在与获得的光谱响应信号相对应的基中确定具有小于阈值的奇异值的至少一个基, 并将所确定的至少一个基的奇异值替换为特定奇异值。

14. 根据权利要求13所述的设备, 其中, 所述特定奇异值是所述阈值, 或者是与获得的光谱响应信号相对应的基中的其他基的奇异值中的最小值, 其中每个所述其他基具有大于或等于所述阈值的奇异值。

15. 根据权利要求10所述的设备, 其中, 所述处理器进一步被配置为基于所生成的重构的光谱数据来生成高光谱图像。

16. 根据权利要求15所述的设备, 其中, 所述处理器进一步被配置为通过生成RGB图像来生成所述高光谱图像, 所述RGB图像是通过使用颜色匹配函数从所述重构的光谱数据进行颜色转换而得到的。

17. 根据权利要求10所述的设备, 其中, 所述图像传感器包括多光谱图像传感器, 所述多光谱图像传感器被配置为获得三个或更多个通道的光谱数据。

18. 根据权利要求13所述的设备, 其中, 所述阈值是基于以从小到大的顺序排列的、与获得的光谱响应信号相对应的基的奇异值中的第 n 个奇异值来确定的, 其中, n 为大于0的自然数。

19. 一种非暂时性计算机可读记录介质, 所述非暂时性计算机可读记录介质上记录有用于执行处理光谱数据的方法的程序, 所述方法包括:

获得与光的光谱数据的通道相对应的光谱响应信号, 所述光谱数据由图像传感器从对象获得;

确定与获得的光谱响应信号相对应的一组基;

基于所确定的一组基, 对包括在所述所确定的一组基中的至少一个基执行基变换; 以及

通过使用伪逆, 从已经执行了所述基变换的光谱响应信号生成重构的光谱数据。

用于处理图像传感器的光谱数据的设备和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请基于并要求于2021年10月22日向韩国知识产权局提交的韩国专利申请 No.10-2021-0141643的优先权,该申请的公开通过全文引用合并于此。

技术领域

[0003] 本公开的一个或多个示例实施例涉及一种用于处理图像传感器的光谱数据的设备和方法。

背景技术

[0004] 高光谱成像是光谱分析和图像处理的结合,用于同时获得关于被测对象的空间信息和光谱信息。高光谱成像设备能够通过由高光谱图像传感器获得的数据识别对象的状态、配置、特征、变化等,从而识别材料,和/或测量产品的缺陷程度等。然而,在高光谱成像系统中,图像传感器的分辨率(例如空间分辨率和/或光谱分辨率)可能由于随着图像传感器的像素尺寸减小而出现的像素之间的串扰影响而降低。因此,为了使图像传感器获得具有高分辨率的图像数据,已经尝试了各种用于补偿串扰影响的图像处理方法。

发明内容

[0005] 提供了一种用于处理图像传感器的光谱数据的设备和方法。本公开的目的不限于所述的内容,其他技术目的可以从下面的实施例中推断出来。

[0006] 附加方面部分地将在接下来的描述中阐述,且部分地将通过该描述而变得清楚明白,或者可以通过实践本公开所呈现的实施例而获知。

[0007] 根据示例实施例的一个方面,提供了一种处理光谱数据的方法,该方法包括:获得与光的光谱数据的通道相对应的光谱响应信号,该光谱数据由图像传感器从对象获得;确定与获得的光谱响应信号相对应的一组基;基于所确定的一组基,对包括在所确定的一组基中的至少一个基执行基变换;以及通过使用伪逆,从已经执行了基变换的光谱响应信号生成重构的光谱数据。

[0008] 确定一组基可以包括通过使用主成分分析(PCA)算法获得关于每个通道的光谱响应信号的主成分。

[0009] 该一组基可以包括数量小于或等于通道的数量的基。

[0010] 执行基变换可以包括:在与获得的光谱响应信号相对应的基中确定具有小于阈值的奇异值的至少一个基;以及将所确定的至少一个基的奇异值替换为特定奇异值。

[0011] 特定奇异值可以是阈值,或者是与获得的光谱响应信号相对应的基中的其他基的奇异值中的最小值,其中每个其他基具有大于或等于阈值的奇异值。

[0012] 该方法还可以包括基于所生成的重构的光谱数据生成高光谱图像。

[0013] 生成高光谱图像可以包括生成RGB图像,RGB图像是通过使用颜色匹配函数从重构的光谱数据进行颜色转换而得到的。

[0014] 光谱数据的通道可以包括三个或更多个通道。

[0015] 阈值可以是基于以从小到大的顺序排列的与获得的光谱响应信号相对应的基的奇异值中的第n个奇异值来确定的,其中,n为大于0的自然数。

[0016] 根据优选实施例的一个方面,提供了一种光谱数据处理设备,该设备包括:光源,被配置为向对象照射光;图像传感器,被配置为获得与光的光谱数据的通道相对应的光谱响应信号,该光谱数据由图像传感器从对象获得;以及处理器,被配置为:确定与获得的光谱响应信号相对应的一组基;基于所确定的一组基,对包括在所确定的一组基中的至少一个基执行基变换;以及通过使用伪逆,从已经执行了基变换的光谱响应信号生成重构的光谱数据。

[0017] 可以通过使用主成分分析 (PCA) 算法获得关于每个通道的光谱响应信号的主成分,来确定一组基。

[0018] 该一组基可以包括数量小于或等于通道的数量的基。

[0019] 处理器可以进一步被配置为:在与获得的光谱响应信号相对应的基中确定具有小于阈值的奇异值的至少一个基,并将所确定的至少一个基的奇异值替换为特定奇异值。

[0020] 特定奇异值可以是阈值,或者是与获得的光谱响应信号相对应的基中的其他基的奇异值中的最小值,其中每个其他基具有大于或等于阈值的奇异值。

[0021] 处理器可以进一步被配置为基于所生成的重构的光谱数据生成高光谱图像。

[0022] 处理器还可以被配置为通过生成RGB图像来生成高光谱图像,该RGB图像是通过使用颜色匹配函数从重构的光谱数据进行颜色转换而得到的。

[0023] 图像传感器可以包括被配置为获得三个或更多个通道的光谱数据的多光谱图像传感器。

[0024] 阈值可以是基于以从小到大的顺序排列的与获得的光谱响应信号相对应的基的奇异值中的第n个奇异值来确定的,其中,n为大于0的自然数。

[0025] 根据示例实施例的一个方面,提供了一种非暂时性计算机可读记录介质,该介质上记录有用于执行处理光谱数据的方法的程序,该方法包括:获得与光的光谱数据的通道相对应的光谱响应信号,该光谱数据由图像传感器从对象获得;确定与获得的光谱响应信号相对应的一组基;基于所确定的一组基,对包括在所确定的一组基中的至少一个基执行基变换;以及通过使用伪逆,从已经执行了基变换的光谱响应信号生成重构的光谱数据。

附图说明

[0026] 本专利或申请文件包含至少一个彩色附图。含有彩色附图的本专利或专利申请公开的副本将在提出请求并支付必要的费用后由官方提供。

[0027] 根据以下结合附图的描述,本公开的一些实施例的上述和其它方面、特征以及优点将更清楚,在附图中:

[0028] 图1是示出根据一些示例实施例的成像设备的示例的框图;

[0029] 图2是根据一些示例实施例的成像设备的概念图;

[0030] 图3是图2的光源的一个示例的概念图;

[0031] 图4是图2的图像传感器的一个示例的概念图;

[0032] 图5是示出图2的图像传感器的一个示例的概念图;

[0033] 图6是示出根据一些示例实施例的成像设备的操作的示意图；

[0034] 图7是根据一些示例实施例的处理图像传感器的光谱数据以生成重构的光谱数据的方法的流程图；

[0035] 图8是根据一些示例实施例的处理图像传感器的光谱数据以生成重构的光谱数据的方法的流程图；

[0036] 图9是示出根据一些示例实施例的应用重构的光谱数据的模拟的结果的图；

[0037] 图10是示出根据一些示例实施例的基的数量对重构的光谱数据的性能的影响的图；

[0038] 图11是示出根据一些示例实施例的基的奇异值的影响的图；以及

[0039] 图12是示出根据一些示例实施例的重构的光谱数据的RGB转换的图。

具体实施方式

[0040] 现在详细参考实施例，在附图中示出了实施例的示例，其中，贯穿附图类似的附图标记表示类似的元件。在这点上，示例实施例可以具有不同形式，并且不应当被解释为受限于本文所阐明的描述。因此，下面仅通过参考附图描述示例实施例，以解释本公开的各个方面。如本文中所使用的术语“和/或”包括相关列出项目中的一个或多个的任何和所有组合。诸如“…中的至少一个”之类的表述当在元件列表之后时修饰整个元件列表，而不是修饰列表中的单独元件。

[0041] 尽管通过考虑本公开中使用的术语在本公开中的功能，从当前广泛使用的常用术语选择术语，但是根据本领域普通技术人员的意图、先例或新技术的出现，这些术语可能不同。此外，在特定情况下，术语由本公开的申请人酌情选择，在这种情况下，这些术语的含义将在详细描述的相应部分中详细描述。因此，在本公开中使用的术语不仅仅是术语的名称，而是根据贯穿本公开的术语和内容的含义来定义的术语。

[0042] 在对实施例的描述中，应当理解，当一个元件被称为“连接到”另一个元件时，它可以“直接连接到”另一个元件或通过中间元件“电连接到”另一个元件。单数表达也包括复数含义，只要与上下文不矛盾即可。当元件被称为“包括”一个组件时，该元件可以额外地包括其他组件而不是排除其他组件，只要没有特别的相反叙述即可。

[0043] 本文使用的诸如“包括”或“包含”之类的术语不应被解释为必须包括本文描述的所有各种元件或操作，并且应理解可以省略一些元件或操作或者可以进一步提供附加元件或操作。

[0044] 此外，尽管本文可以使用诸如“第一”或“第二”等术语来描述各种元件，但这些元件不应受这些术语的限制。这些术语仅用来将一个元件与另一元件区分开来。

[0045] 应当理解，示例实施例的范围不受以下具体实施例的描述的限制，本领域普通技术人员可以容易地想到的事项落入示例实施例的范围内。在下文中，将参照以下附图详细描述示例性实施例。

[0046] 图1是示出根据一些示例实施例的成像设备的示例的框图。

[0047] 参照图1，成像设备10可以是能够分析对象的特征或识别对象的任何设备。例如，成像设备10可以对应于使用高光谱或多光谱成像技术的成像系统，但不限于此。对象可以包括人、物体、地形、植物等，并且可以根据能够使用成像设备10的领域而不受限制地改变。

[0048] 参照图1,成像设备10可以包括至少一个光源110、至少一个图像传感器120和至少一个处理器130。然而,在图1的成像设备10中仅示出了与一些示例实施例相关的组件。因此,对于本领域技术人员而言显而易见的是,成像设备10除了图1所示的组件之外还可以包括其他通用组件。例如,成像设备10还可以包括诸如光源、存储器等硬件组件。

[0049] 此外,即使仅包括图1中所示的一些组件但能够实现本公开的目的的成像设备也可以对应于成像设备10。例如,成像设备10可以仅包括至少一个图像传感器120和至少一个处理器130,并且至少一个光源110可以在成像设备10的外部。

[0050] 可以包括在成像设备10中的存储器可以是用于存储由成像设备10处理的各种数据的硬件,并且该存储器例如可以存储已经被成像设备处理的数据和要被成像设备处理的数据。此外,存储器可以存储要被成像设备10执行的应用程序、驱动程序等。

[0051] 存储器可以包括随机存取存储器(RAM),诸如动态RAM(DRAM)或静态SRAM、只读存储器(ROM)、电可擦可编程ROM(EEPROM)、压缩盘-ROM(CD-ROM)、蓝光或其他光盘存储器、硬盘驱动器(HDD)、固态驱动器(SSD)或闪存,并且还可以包括可由成像设备10访问的其他外部存储设备。

[0052] 至少一个光源110可以是指代用于向对象照射光的设备。至少一个光源110可以向对象照射多个不同波段的光。例如,至少一个光源110可以向对象选择性地照射第一波段的光(例如400nm到700nm的范围)和与第一波段不同的第二波段的光(例如250nm到400nm的范围)。然而,可以不同地设置由至少一个光源110照射的光的波段。

[0053] 至少一个光源110可以是发光二极管(LED)或照射可见光波段的宽光的荧光灯,或者可以是照射高强度短波长光的激光二极管。然而,本公开不限于此。至少一个光源110可以发射适合于获得关于对象的信息的波段的光。

[0054] 此外,至少一个光源110可以是能够向对象选择性地照射多个不同波段的光的单个光源。然而,本公开不限于此,至少一个光源110可以包括多个光源,每个光源照射一个波段的光。此外,至少一个光源110可以包括能够向对象选择性地照射多个不同波段的光的多个光源。

[0055] 至少一个图像传感器120可以指代用于从由对象散射、发射或反射的或被对象吸收的光中获得光谱数据的设备。然而,本公开不限于此,至少一个图像感测器120可以从透射过对象或由对象折射的光中获得光谱数据。在一个示例中,当由光源110生成的光或自然光照射到对象时,对象可以吸收、散射、发射或反射光,并且图像传感器120可以测量由对象吸收、散射、发射或反射的光的光谱数据。因为光谱数据可能取决于构成对象的材料类型而不同,所以可以通过分析所测量的光谱数据来估计构成对象的材料类型。

[0056] 由图像传感器120获得的光谱数据可以包括与相应波长相对应的多个通道的光谱数据(或光谱信号)。这里,可以不同地设置每个波长的带宽和通道的数量。例如,图像传感器120可以是能够获得至少三个通道的光谱数据的多光谱图像传感器。

[0057] 根据一些示例实施例,由图像传感器120获得的光谱数据可以包括多种光谱中的至少一种,例如拉曼光谱、可见光谱、荧光光谱、微波光谱、红外光谱、X射线光谱等,然而本公开不限于此。这里,拉曼光谱可以指代当通过使用诸如激光二极管的光源向对象照射高强度、短波长的光时获得的光谱,然后在不同于光源波段的波段处测量从对象散射或发射的光。

[0058] 尽管图1示出了成像设备10仅包括一个图像传感器120,但是成像设备10可以包括两个或更多个图像传感器。在成像设备10包括两个或更多个图像传感器的情况下,由相应图像传感器获得的光谱数据的类型可以彼此不同。

[0059] 图像传感器120可以通过使用光栅和滤光器阵列中的至少一种来获得光谱数据。光栅可以对应于通过使用光的折射、反射或衍射来执行光谱学的设备,而滤光器阵列可以对应于通过使用选择性地透射或阻挡特定波长或波长范围的光的滤光器来执行光谱学的设备。

[0060] 图像传感器120可以通过测量例如300nm到700nm的波段中的光来获得对象的可见图像或高光谱图像。然而,本公开不限于此,并且至少一个图像传感器120可以测量适合于获得关于对象的信息的任意波段中的光。

[0061] 图像传感器120可以包括光电二极管阵列、电荷耦合器件(CCD)传感器或互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器,该图像传感器能够获得包括关于外观(诸如对象的形状和颜色)的信息在内的可见图像。此外,图像传感器120可以获得包括与从对象发射的荧光相关的信息在内的高光谱或多光谱图像。当光源110向对象发射光时,对象的某些指示材料会发射荧光,并且可以从高光谱或多光谱图像中获得对指示材料的量加以指示的参数。尽管下面将描述高光谱成像的示例,但是本公开不限于此,并且例如可以通过使用多光谱和高光谱成像技术来实现示例实施例。

[0062] 至少一个处理器130用于执行用于控制成像设备10的整体功能。例如,至少一个处理器130可以控制至少一个光源110和至少一个图像传感器120的操作。至少一个处理器130可以实现为多个逻辑门的阵列,或者可以实现为通用微处理器和存储可由微处理器执行的程序的存储器的组合。

[0063] 至少一个处理器130可以基于由至少一个图像传感器120获得的可见图像,获得关于对象的第一信息,并且基于获得的第一信息和由图像传感器120获得的高光谱图像,获得关于对象的第二信息。如上所述,处理器130可以通过综合考虑分析可见图像获得的信息而不是仅使用分析高光谱图像获得的信息来获得第二信息,因此可以提高关于对象的第二信息的准确性。

[0064] 例如,第一信息可以包括对象的外观信息,并且第二信息可以包括对象的材料参数信息。然而,本公开不限于此。

[0065] 图2是根据一些示例实施例的成像设备10的概念图。图3是图2的光源110的概念图。图4是图2的图像传感器120的示例的概念图。图5是示出图2的图像传感器120的一个示例的概念图。

[0066] 参照图2至图5,成像设备10可以包括光源110、图像传感器120和处理器130,并且可以执行对象OBJ的成像。

[0067] 光源110可以面向对象OBJ。光源110可以向对象OBJ发射检查光ILa和ILb的光线。如图3所示,光源110可以包括第一光源阵列1101、第二光源阵列1102和透射窗1103。第一光源阵列1101和第二光源阵列1102可以彼此间隔开,透射窗1103位于其间。第一光源阵列1101和第二光源阵列1102中的每一个可以包括沿一个方向布置的多个光源1100。例如,多个光源1100可以沿着透射窗1103布置。虽然图3示出了第一光源阵列1101和第二光源阵列1102中的每一个光源阵列的多个光源1100被布置成两列,但本公开不限于此。例如,多个光

源1100可以包括LED。

[0068] 暴露于检查光ILa和ILb的对象OBJ可以发射荧光OL。荧光OL可以穿过透射窗1103并到达成像设备10的内部。透射窗1103可以包括透明材料。例如,透射窗1103可以包括透明塑料或玻璃。在示例中,透射窗1103可以包括在低温下具有高耐久性的材料。可以将荧光OL提供给图像传感器120。例如,可以通过光路调节元件1140调节荧光OL的光路,从而将荧光OL提供给图像传感器120。图像传感器120可以包括高光谱相机。

[0069] 在示例中,图像传感器120可以包括如图4所示的色散元件230。图像传感器200a(见图4)可以包括狭缝元件210、准直透镜220、色散元件230、聚光透镜240和传感器250。狭缝元件210可以用于提取荧光OL的所需部分。在示例中,已经穿过狭缝元件210的荧光OL可以分散。准直透镜220可以调节荧光OL的大小,以将荧光OL转换为平行光或会聚光。例如,准直透镜220可以包括凸透镜。色散元件230可以分离从准直透镜220提供的荧光OL。虽然图4示出色散元件230为光栅,但本公开不限于此。在另一示例实施例中,色散元件230可以是棱镜。分离的荧光OL可以穿过聚光透镜240然后被提供给传感器250。例如,聚光透镜240可以包括凸透镜。分离的荧光OL可以根据波长被提供到传感器250的不同位置。传感器250可以测量从色散元件230提供的分离的荧光OL。传感器250可以生成荧光OL的光谱信号。传感器250可以将光谱信号提供给处理器130。

[0070] 在示例中,如图5所示,可以提供包括光谱滤光器232的图像传感器200b。图像传感器200b可以包括狭缝元件210、准直透镜220、光谱滤光器232、聚光透镜240和传感器250。狭缝元件210、准直透镜220、聚光透镜240和传感器250可以与参考图4描述的那些基本相同。光谱滤光器232可以是一组使得不同波段的光线分别穿过的滤光器。光谱滤光器232可以过滤从准直透镜220提供的荧光OL以具有在空间上不同的波长。即,已经穿过光谱滤光器232的不同区域的荧光OL的部分可以具有不同的波长。由光谱滤光器232分离的荧光OL可以穿过聚光透镜240然后被提供给传感器250。传感器250可以生成荧光OL的光谱信号。传感器250可以将光谱信号提供给处理器130。

[0071] 处理器130可以基于光谱信号生成对象OBJ的高光谱图像。处理器130可以通过使用对象OBJ的高光谱图像来确定对象OBJ的状态。

[0072] 图6是示出根据一些示例实施例的成像设备的操作的示意图。

[0073] 参照图6,图像传感器120可以通过使用滤光器阵列来获得对象的光谱数据(或光谱信号)。

[0074] 由图像传感器120获得的光谱数据可以包括例如与在 $N+1$ (N 是等于或大于1的整数) 波长 $\lambda_{10}, \dots, \lambda_{1N}$ 处的光的强度相关的信息。成像设备10的处理器130可以对获得的光谱数据执行图像处理620。这里,图像处理620可以指代用于获得对象的高光谱图像630的处理。此外,图像处理620可以包括用于从输入的光谱数据中生成重构的光谱数据的光谱重构过程。

[0075] 图像传感器120可以包括多个像素。多个像素可以分别对应于多个波段,或者可以包括分别与多个波段相对应的多个子像素。例如,第一子像素可以测量第一波段的光,并且第二子像素可以测量与第一波段不同的第二波段的光。

[0076] 为了增加图像传感器120的分辨率(例如空间分辨率或光谱分辨率),可能需要实现小像素尺寸。然而,随着图像传感器120的像素尺寸减小,相邻像素之间可能会出现串扰

影响。因此,为了以适当的分辨率成像,需要对串扰影响进行补偿。特别地,用于高光谱成像的图像传感器120的空间分辨率和光谱分辨率彼此成反比。因此,为了使图像传感器120以适当的空间分辨率和光谱分辨率执行高光谱成像,可以使用用于对串扰影响进行补偿的方法。

[0077] 图7是根据一些示例实施例的处理图像传感器的光谱数据以生成重构的光谱数据的方法的流程图。图7的处理光谱数据的方法可以由上述成像设备10执行。

[0078] 在操作701中,处理器130获得与由图像传感器120获得的光谱数据的每个通道相对应的光谱响应信号(或光谱响应函数)。

[0079] 由图像传感器120获得的光谱数据可以包括与相应波长相对应的多个通道的光谱数据(或光谱信号),并且光谱数据可以包括对与相应的多个通道相对应的光谱特性加以指示的光谱响应信号。

[0080] 具体而言,每个通道的光谱响应信号可以用等式1表示。

[0081] [等式1]

$$[0082] \quad D = \int d\lambda f(\lambda) I(\lambda) \approx \sum_{i=1}^L f(\lambda_i) I(\lambda_i) \Delta\lambda$$

[0083] 在等式1中, $f(\lambda)$ 、 $I(\lambda)$ 和 D 分别表示滤光器的光谱、入射光的光谱和检测到的光的强度。另外, L 表示光谱数据的通道的数量。

[0084] 关于每个通道的光谱响应信号的等式1可以由等式2以矩阵形式表示。

[0085] [等式2]

$$[0086] \quad D \equiv \begin{pmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_1(\lambda_1) & \cdots & f_1(\lambda_L) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_N(\lambda_1) & \cdots & f_N(\lambda_L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I(\lambda_1) \\ \vdots \\ I(\lambda_L) \end{pmatrix} \equiv FI$$

[0087] 在操作702中,处理器130确定与光谱响应信号相对应的基组(basis set)。这里,处理器130可以使用主成分分析(PCA)算法。具体而言,处理器130可以通过执行PCA获得关于每个通道的光谱响应信号的主成分,并且基于获得的主成分确定关于通道的基组。

[0088] 所确定的基组可以包括数量与光谱的通道的数量相同的基(base)。作为另一示例,所确定的基组可以包括数量比光谱的通道的数量少的基。随着基的数量增加,光谱分辨率可以增加,但是图像传感器120可能对噪声敏感。另一方面,随着基的数量减少,图像传感器120可能对噪声相对不敏感,但光谱分辨率可能会降低。因此,可以根据成像设备的特性,通过优化要包括在基组中的基的数量来调节重构的光谱数据的性能。

[0089] 在操作703中,处理器130基于所确定的基组对通道的光谱响应信号执行基变换。由于对每个通道的光谱响应信号执行基变换,每个通道的光谱响应信号可以具有正交性。因此,可以减少通道之间的串扰影响,从而可以减少使用伪逆的光谱重构中的误差。

[0090] 在操作704中,处理器130通过使用伪逆从已经执行了基变换的光谱响应信号生成重构的光谱数据。即,处理器130可以通过对由图像传感器120获得的光谱数据执行基变换并使用伪逆,从输入的光谱数据生成补偿了串扰影响的重构的光谱数据。

[0091] 图8是根据一些示例实施例的处理图像传感器的光谱数据以生成重构的光谱数据的方法的流程图。图8的方法也可以应用于图7的操作702至704。

[0092] 在操作801中,处理器130通过使用PCA算法获得关于每个通道的光谱响应信号的主成分,并基于获得的主成分获得与通道的光谱响应信号相对应的基。

[0093] 在操作802中,处理器130可以执行以下处理方案以从获得的基中仅选择有意义的(或最佳的)基并执行基变换。

[0094] 具体而言,为了只选择有意义的基,矩阵F可以表示为奇异值分解(SVD),如等式3所示。

[0095] [等式3]

$$[0096] \quad F = U \Sigma V^T$$

[0097] 在等式3中, Σ 表示 $N \times L$ 维对角矩阵, U, V^T 表示 $N \times N, L \times L$ 维酉矩阵,并且SVD对任何矩阵F都是可行的。

[0098] 为了确定唯一的SVD,矩阵 Σ 的对角元素通常按大小的降序排列,并且对角元素的值可以被定义为奇异值。

[0099] 在转换为酉矩阵U,V的基中,光谱响应信号可以由等式4表示。

[0100] [等式4]

$$[0101] \quad D = FI = U \Sigma V^T I \Rightarrow \tilde{D} \equiv U^T D = \Sigma V^T I \equiv \Sigma \tilde{I}$$

$$[0102] \quad \tilde{I} = (\Sigma^T \Sigma)^{-1} \Sigma^T \tilde{D}$$

[0103] 当使用以上矩阵的逆矩阵时,小的奇异值会放大噪声。因此,为了排除小的奇异值,可能希望仅使用几个大于或等于预设大小的奇异值。因此,可以使用截断矩阵来去除可能导致噪声的小的奇异值。

[0104] 如等式5所示的传统PCA方法是一种降维方法,该方法将所有小的奇异值替换为0,并去除与小的奇异值相对应的奇异特征向量。

[0105] [等式5]

$$[0106] \quad \tilde{\Sigma} = \text{Trunc}(\Sigma) = \begin{pmatrix} s_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (s_3 \ll 1 \rightarrow 0) & 0 \end{pmatrix}$$

[0107] 然而,在示例实施例中,使用通过使用从传统PCA(例如等式5)修改的等式6的截断矩阵而将小的奇异值同等地替换为先前的最小值的方法,而不是将小的奇异值视为0,从而不执行降维。因此,与传统方法(例如等式5)相比,示例实施例的方法可以最小化由于降维而丢失的信息。

[0108] [等式6]

$$[0109] \quad \tilde{\Sigma} = \text{Trunc}(\Sigma) = \begin{pmatrix} s_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (s_3 < s_2 \rightarrow s_2) & 0 \end{pmatrix}$$

[0110] 处理器130可以执行上述处理方法,以确定在操作801中获得的基中具有预设阈值或更大的奇异值的基的数量和基的奇异值,从而确定基组。

[0111] 作为另一示例,当存在奇异值小于或等于阈值的基时,处理器130可以通过将小于

或等于阈值的基的奇异值替换为阈值或替换为具有大于或等于阈值的奇异值中的最小值，来确定基组。

[0112] 即，处理器130可以在与获得的光谱响应信号相对应的基中确定具有小于阈值的奇异值的至少一个基，并将所确定的至少一个基的奇异值替换为特定奇异值。因此，基组可以包括至少一个基，该至少一个基的奇异值被替换为特定奇异值。特定奇异值可以是阈值、或具有大于或等于阈值的奇异值的其他基的奇异值中的最小值。

[0113] 在操作803中，处理器130基于所确定的基组对通道的光谱响应信号执行基变换，并通过使用伪逆从已经执行了基变换的光谱响应信号生成重构的光谱数据。即，处理器130可以通过对由图像传感器120获得的光谱数据执行基变换并使用伪逆，从输入的光谱数据生成补偿了串扰影响的重构的光谱数据。

[0114] 处理器130可以通过使用如等式7所示的伪逆来获得入射光的光谱 $I(\lambda)$ 。

[0115] [等式7]

$$[0116] \quad I = (F^T F)^{-1} F^T D$$

[0117] 可以通过使用具有被参考等式6描述的截断矩阵截断的元素的伪逆 $\tilde{I}, \tilde{D}$ 来获得重构的光谱 D 。

[0118] 在操作804中，处理器130可以基于重构的光谱数据生成高光谱图像数据。例如，可以通过使用等式8将重构的光谱数据 D 转换为XYZ颜色空间的值，其中等式8是CIE颜色空间的XYZ颜色匹配函数。

[0119] [等式8]

$$[0120] \quad X = \int d\lambda S(\lambda) R(\lambda) x(\lambda) = \int d\lambda I(\lambda) x(\lambda)$$

$$[0121] \quad Y = \int d\lambda S(\lambda) R(\lambda) y(\lambda) = \int d\lambda I(\lambda) y(\lambda)$$

$$[0122] \quad Z = \int d\lambda S(\lambda) R(\lambda) z(\lambda) = \int d\lambda I(\lambda) z(\lambda)$$

[0123] 另外，可以通过使用等式9将XYZ颜色空间的值转换为RGB颜色空间的值。

[0124] [等式9]

$$[0125] \quad \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.41847 & -0.15866 & -0.082835 \\ -0.091169 & 0.25243 & 0.015708 \\ 0.00092090 & -0.0025498 & 0.17860 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

[0126] 处理器130可以通过将重构的光谱数据转换成特定颜色空间的值来获得构成高光谱图像的图像像素数据。

[0127] 即，处理器130可以基于重构的光谱数据而不是由图像传感器120获得的输入光谱数据，通过生成减小了串扰影响的高光谱图像数据来执行具有改进的分辨率（例如空间分辨率和/或光谱分辨率）的成像处理。

[0128] 图9是示出根据一些示例实施例的应用重构的光谱数据的模拟的结果的图。

[0129] 图9示出了将针对根据示例实施例的重构的光谱数据的模拟结果与没有应用根据示例实施例的重构方案的光谱数据的模拟结果进行比较的曲线图。

[0130] 曲线图901、902和903表示根据示例实施例的、从在荧光灯下测量的麦克白比色图的蓝色斑块、绿色斑块和红色斑块的重构的光谱数据。相对于每个滤光器的中心波长，测量的光谱表示已经通过15个滤光器的信号。

[0131] 曲线图911、912和913表示通过在荧光灯下测量麦克白比色图的蓝色斑块、绿色斑

块和红色斑块而获得的光谱数据。即,曲线图911、912和913基于没有应用根据示例实施例的重构方案的光谱数据。同样,相对于每个滤光器的中心波长,测量的光谱表示已经通过15个滤光器的信号。

[0132] 将曲线图901、902和903分别与曲线图911、912和913进行比较,与没有应用示例实施例的重构方案的光谱数据相比,基于根据示例实施例的重构的光谱数据的曲线图被测量为与参考光谱更相似,因此,可以看出串扰影响被减小。

[0133] 图10是示出根据一些示例实施例的基的数量对重构的光谱数据的性能的影响的图。

[0134] 参照图10,曲线图1001至1006表示通过使用不同数量的基所重构的光谱数据的模拟结果,这些数量按照相应的参考数字的顺序升序排列。曲线图1001至1006表明,随着基的数量的增加,光谱分辨率会增加,但数据会对噪声敏感。另一方面,曲线图1001至1006表明,随着基的数量减少,数据可以对噪声不敏感,但光谱分辨率会降低。因此,可以根据成像设备的特性,通过优化要包括在基组中的基的数量来调节重构的光谱数据的性能。

[0135] 图11是示出根据一些示例实施例的基的奇异值的影响的图。

[0136] 参照图11,曲线图1101、1102、1103和1104表示通过将阈值设置为总共14个基中(即具有从小到大排列的14个大小的基中)分别具有第一、第五、第九和第十三个大小的基的奇异值来执行光谱重构的结果。

[0137] 随着保持其原始奇异值的基的数量的增加,光谱分辨率可以保持较高,但数据会对噪声敏感。另一方面,随着保持其原始奇异值的基的数量的减少,光谱分辨率会降低,但由于噪声引起的失真也会降低。

[0138] 图12是示出根据一些示例实施例的重构的光谱数据的RGB转换的图。

[0139] 图12示出了根据示例实施例的原始图像1200、根据示例实施例的相对于原始图像1200从重构的光谱数据进行颜色转换而得到的RGB图像1201、以及相对于原始图像1200无需重构的使用与R、G和B波长相对应的通道表示的RGB图像1202。将RGB图像1201与RGB图像1202进行比较,可以看出根据示例实施例从重构的光谱数据进行颜色转换而得到的RGB图像1201在颜色表示方面可以比RGB图像1202有更多的改进。

[0140] 可以通过使用在其上记录有包括用于执行该方法的指令的一个或多个程序的非暂时性计算机可读记录介质来提供上述方法。计算机可读记录介质的示例包括诸如硬盘、软盘或磁带之类的磁介质、诸如CD-ROM或数字视频盘(DVD)之类的光学介质、诸如软盘之类的磁光介质、以及诸如ROM、RAM、闪存之类的硬件设备,这些计算机可读记录介质专门用于存储和执行程序指令。程序指令的示例不仅包括机器代码,例如由编译器生成的代码,还包括由计算机通过使用解释器等可执行的高级语言代码。

[0141] 根据示例实施例,由附图中的框表示的组件、元件、模块或单元(在本段中统称为“组件”)中的至少一个可以体现为执行上述相应功能的各种数量的硬件、软件和/或固件结构。根据示例实施例,这些组件中的至少一个可以使用直接电路结构,例如存储器、处理器、逻辑电路、查找表等,其可以通过一个或多个微处理器或其他控制装置的控制来执行相应的功能。此外,这些组件中的至少一个可以由包含用于执行特定逻辑功能的一个或多个可执行指令并由一个或多个微处理器或其他控制装置执行的模块、程序或一部分代码具体实现。此外,这些组件中的至少一个可以包括或可以由诸如执行相应功能的中央处理单元

(CPU)、微处理器等的处理器来实现。这些组件中的两个或更多个可以组合成一个单独的组件,该组件执行组合的两个或更多个组件的所有操作或功能。此外,这些组件中的至少一个的至少部分功能可以由这些组件中的另一个来执行。上述示例实施例的功能方案可以被实现为在一个或多个处理器上执行的算法。此外,由方框表示的组件或者处理步骤可以将任意数量的相关技术用于电子配置、信号处理和/或控制、数据处理等。

[0142] 应当理解的是,应仅以描述性意义而不是限制性目的来考虑本文中描述的实施例。对每个实施例中的特征或方面的描述一般应当被看作可用于其他实施例中的其他类似特征或方面。尽管已经参考附图描述了一个或多个实施例,但本领域普通技术人员将理解,在不脱离所附权利要求及其等同物限定的精神和范围的情况下,可以进行形式和细节上的多种改变。

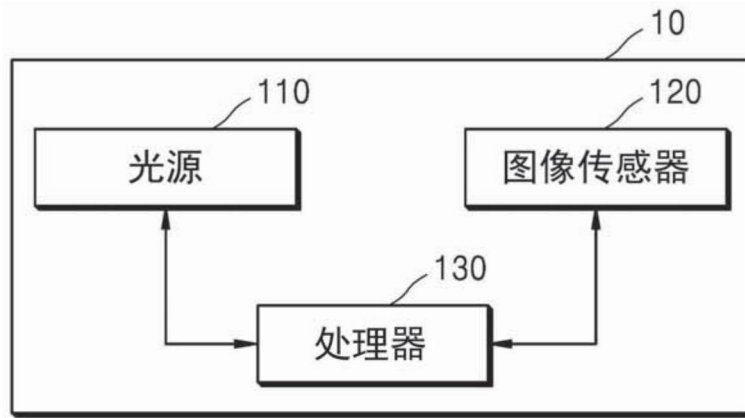


图1

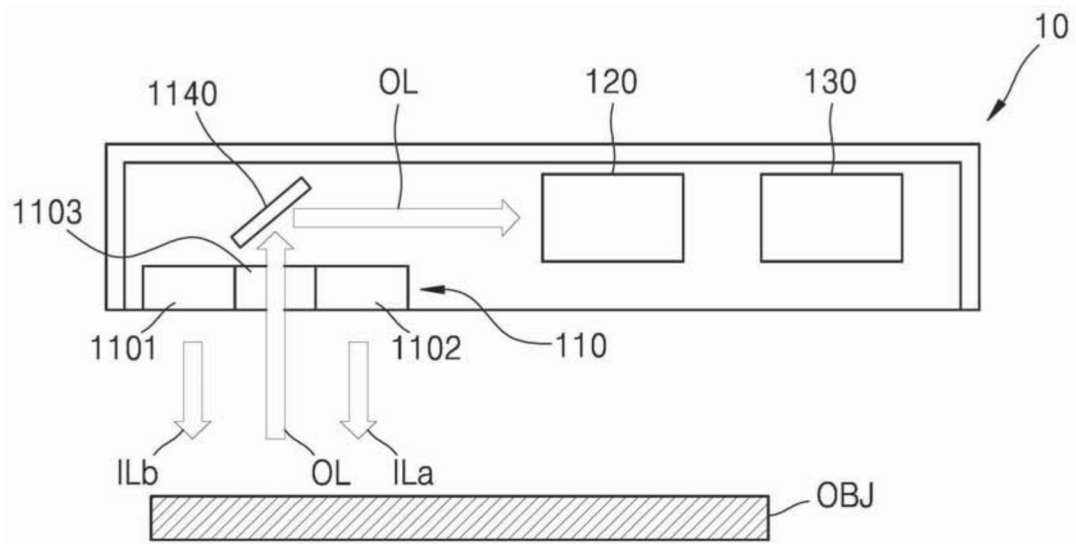


图2

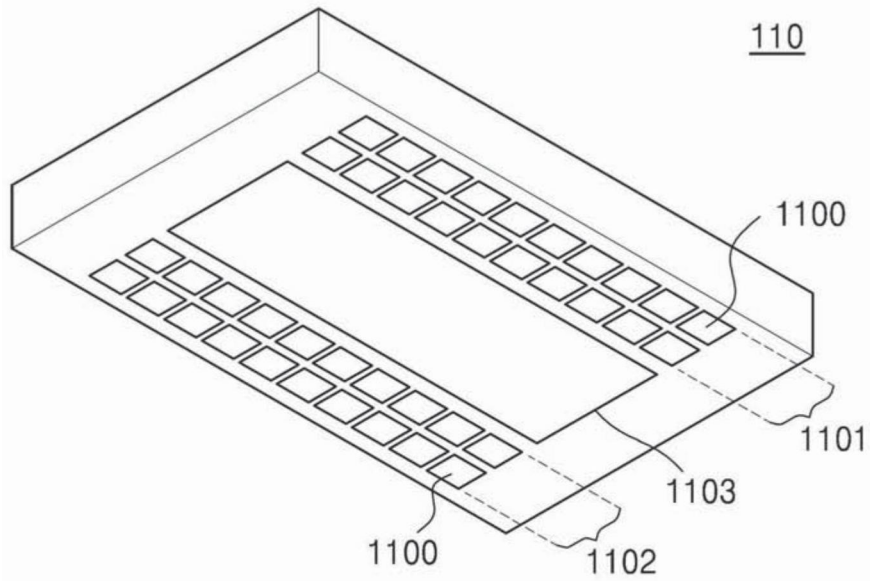


图3

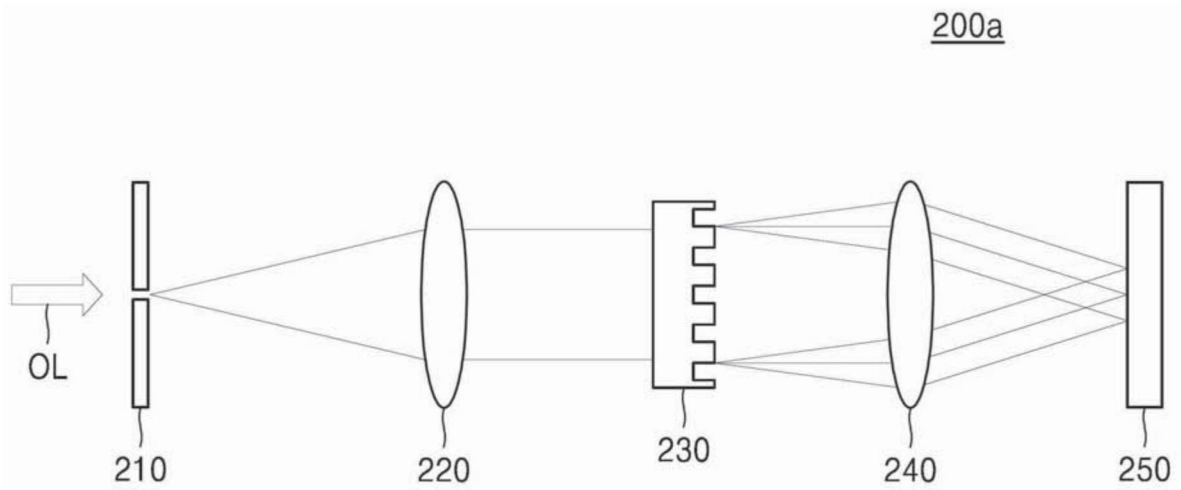


图4

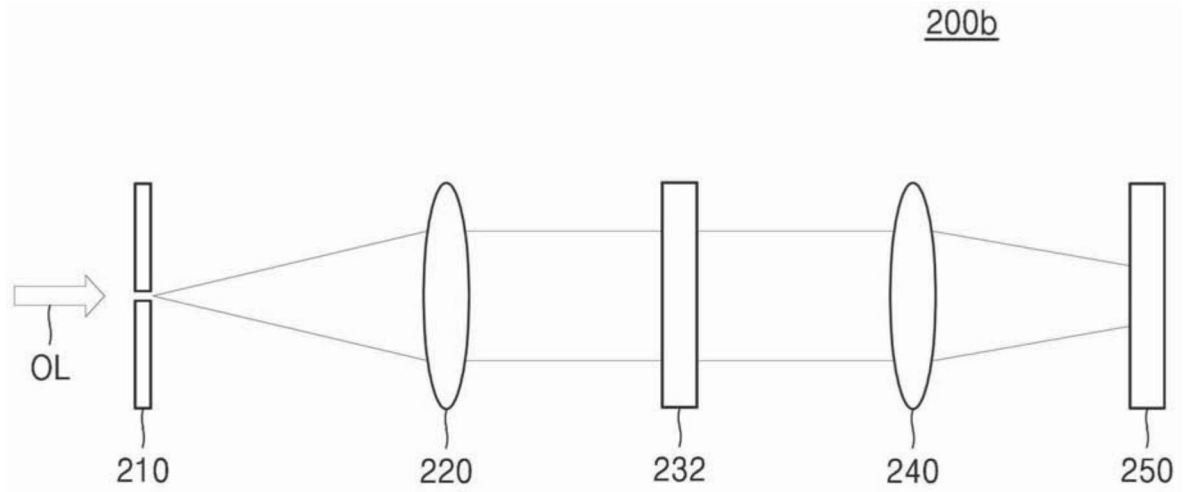


图5

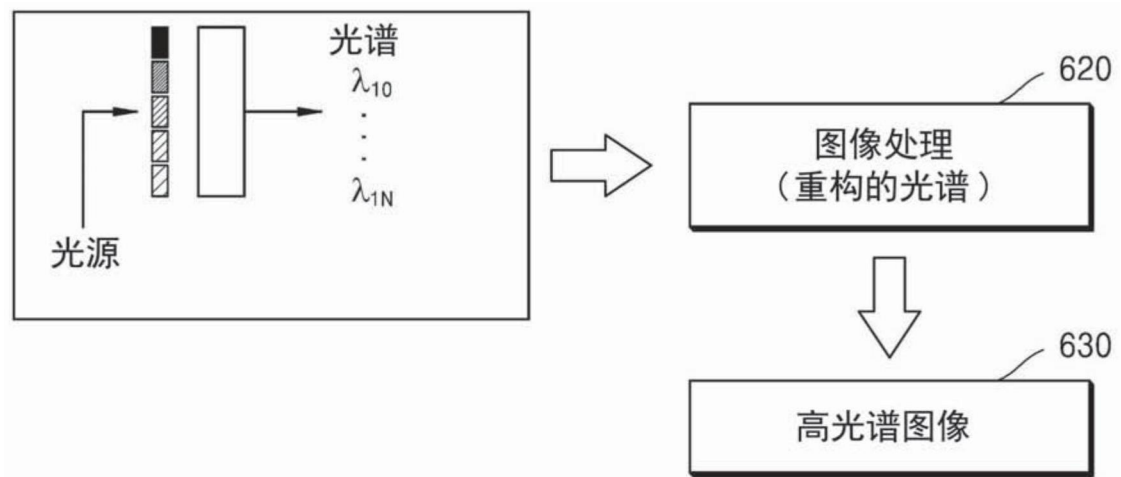


图6

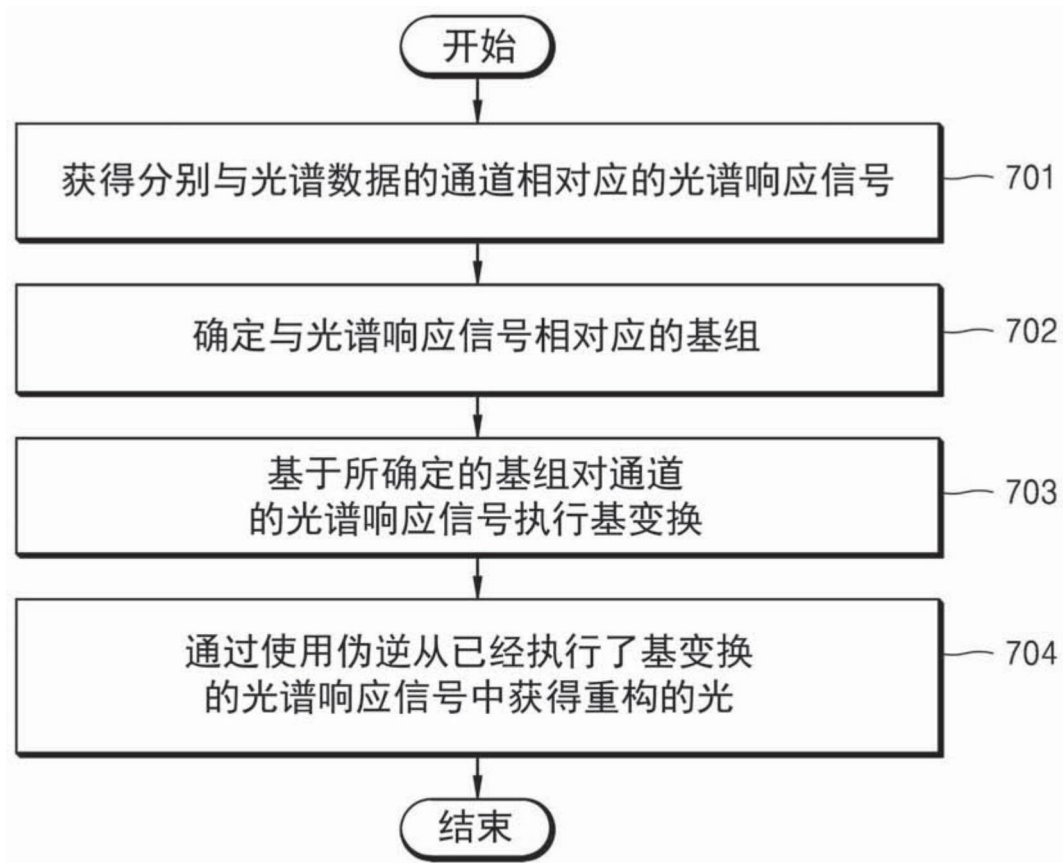


图7

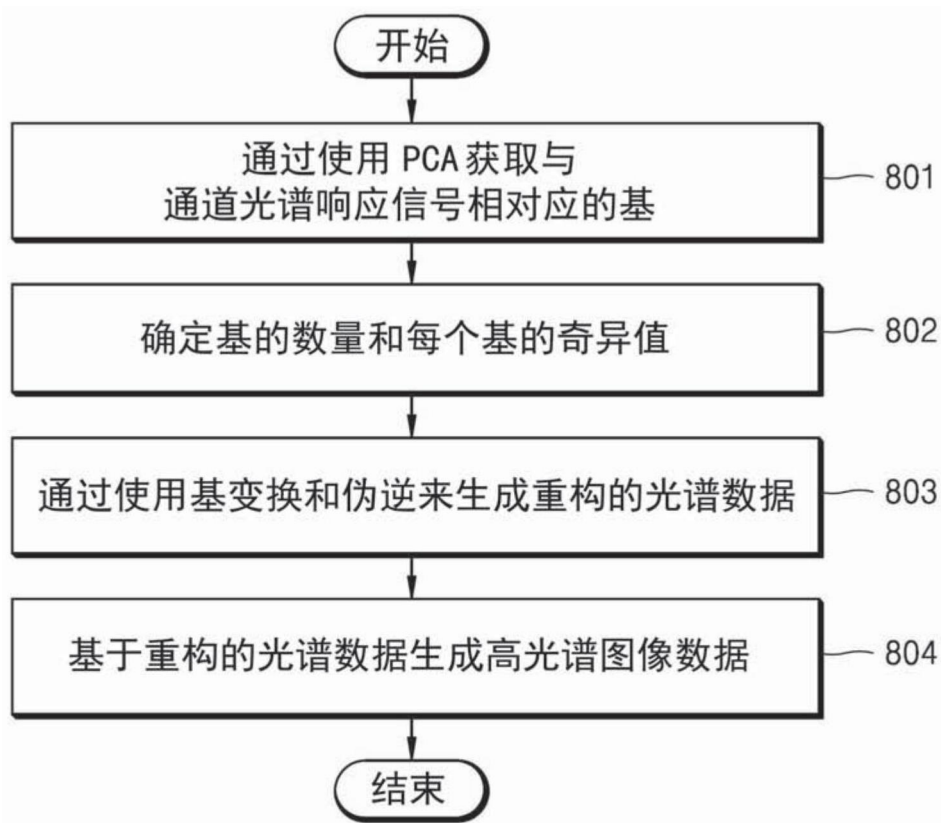


图8

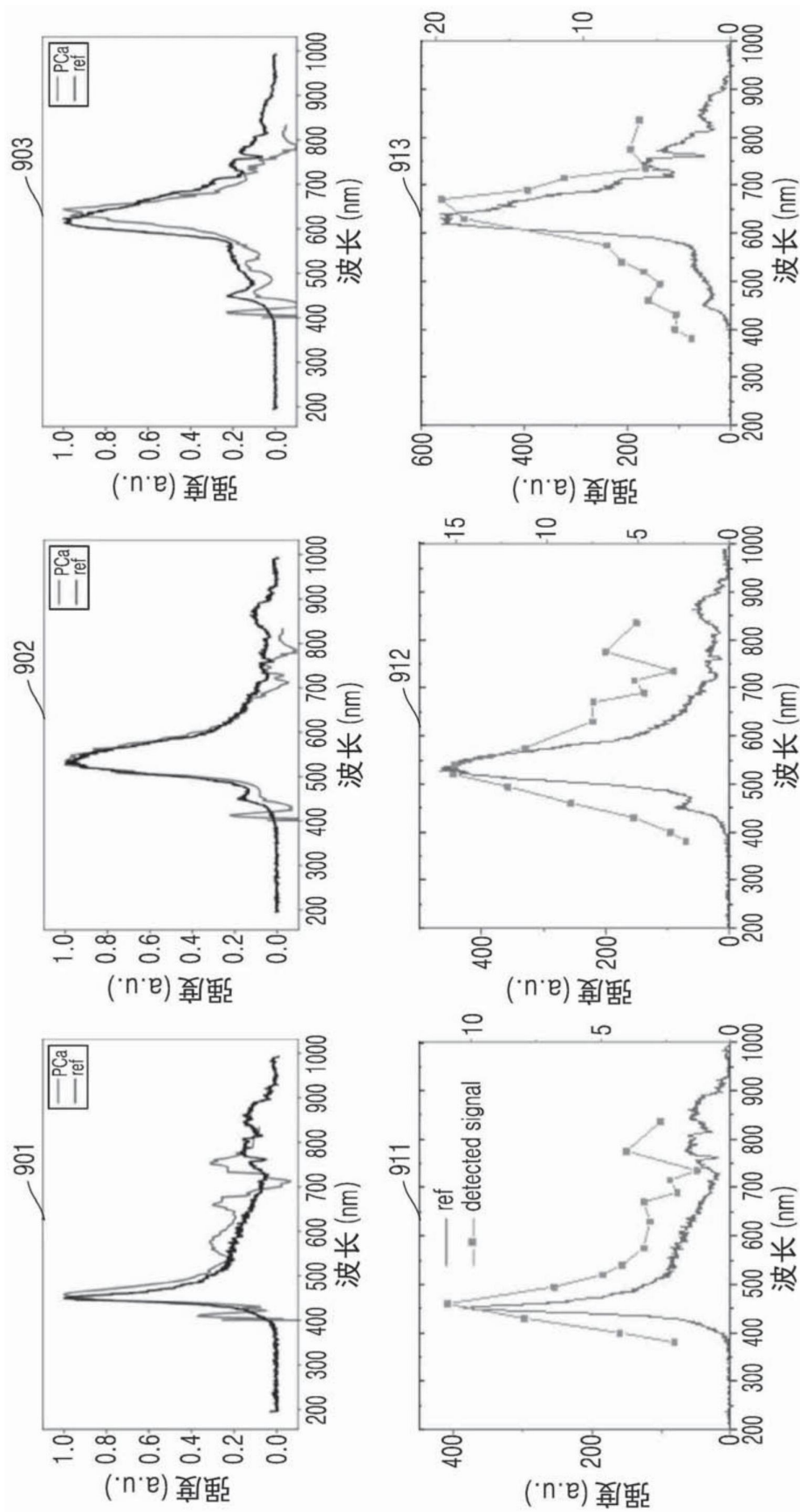


图9

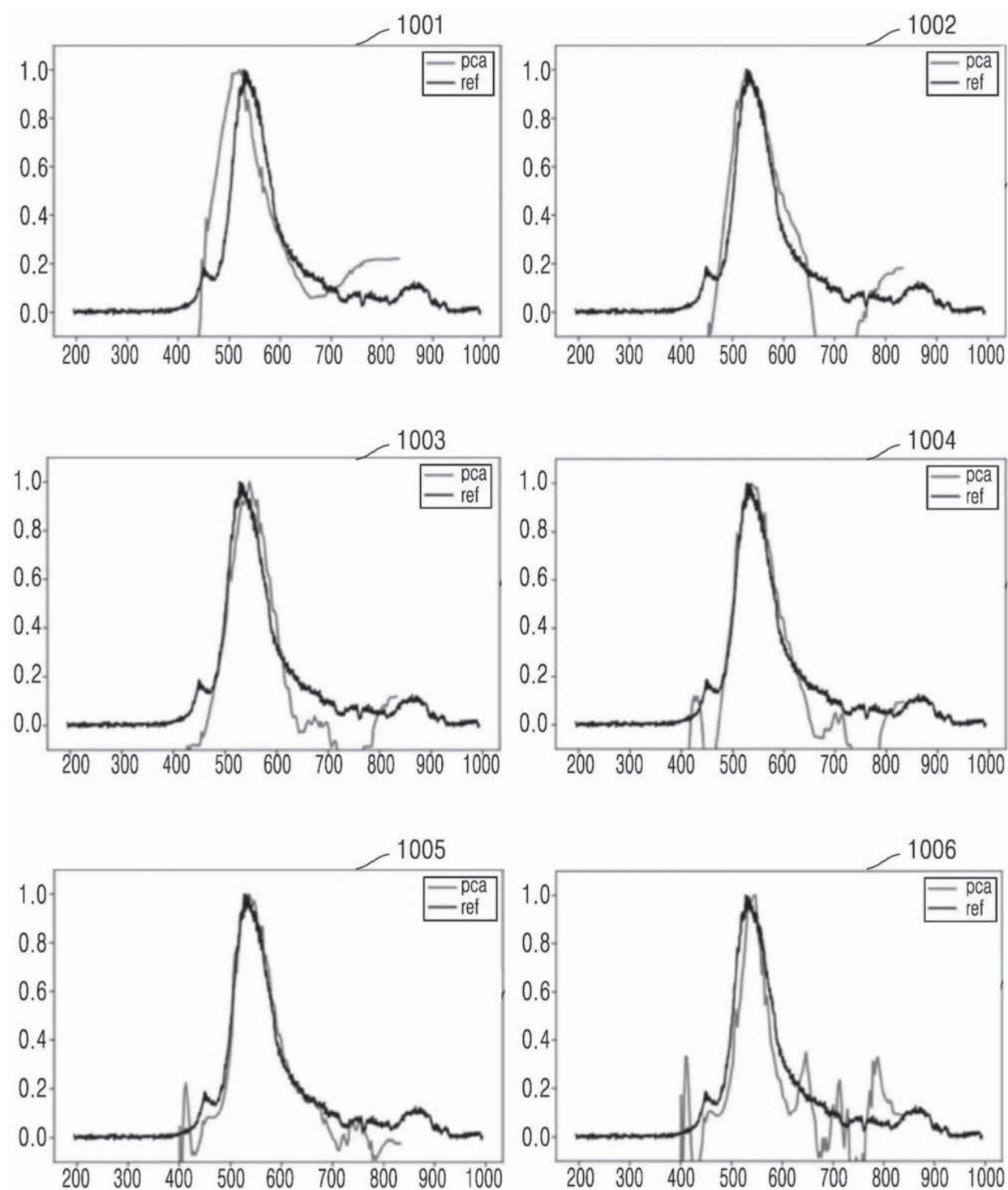


图10

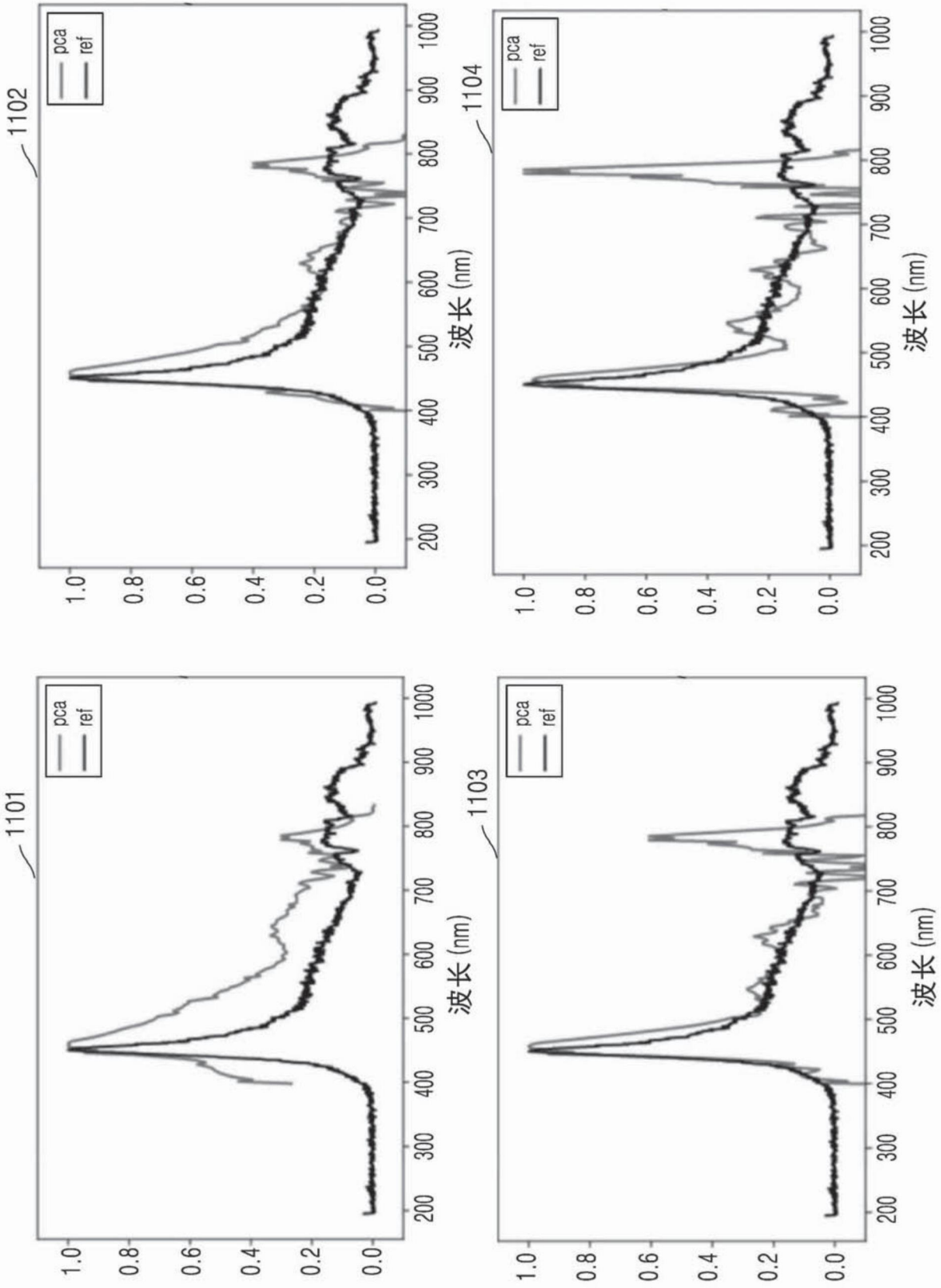


图11

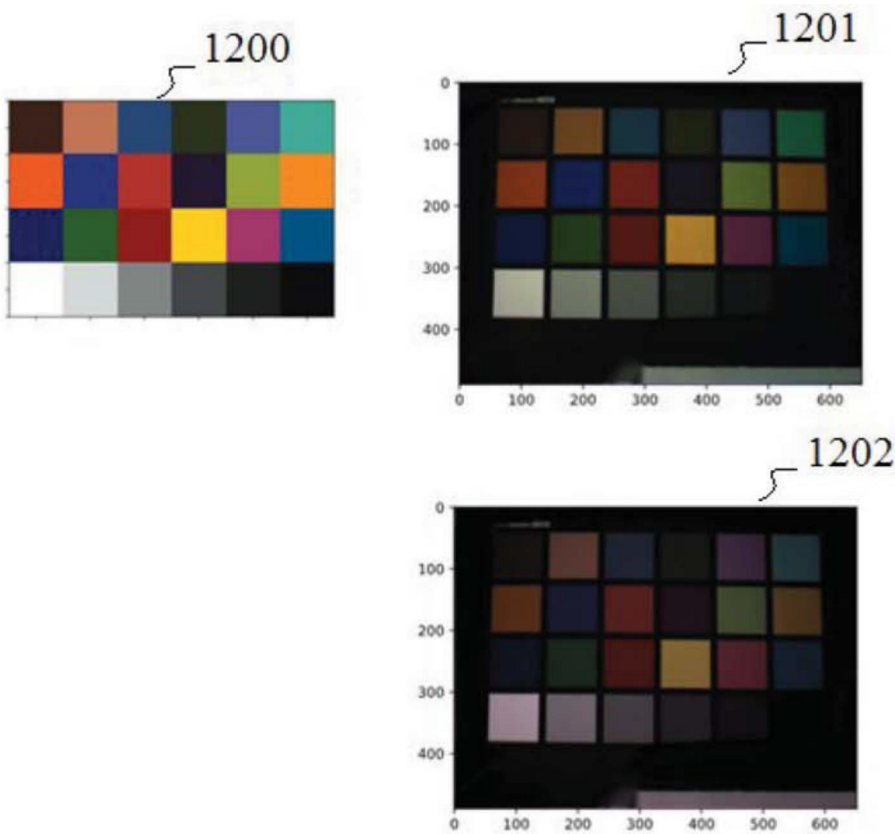


图12