(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103917160 B
(45)授权公告日 2016.08.10

(21)申请号 201280055128.7

(22)申请日 2012.08.24

(30)优先权数据
13/293308 2011.11.10 US
13/525590 2012.06.18 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.05.09

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2012/052178 2012.08.24

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/070301 EN 2013.05.16

(73)专利权人 卡尔斯特里姆保健公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 J.R.米尔奇

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 杜娟娟 王忠忠

(51)Int.Cl.
A61B 5/103(2006.01)
G06T 17/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 101466998 A,2009.06.24,
CN 101466998 A,2009.06.24,
US 5,650,621 A,1997.07.22,
CN 101862182 A,2010.10.20,
CN 101883520 A,2010.11.10,

审查员 熊狮

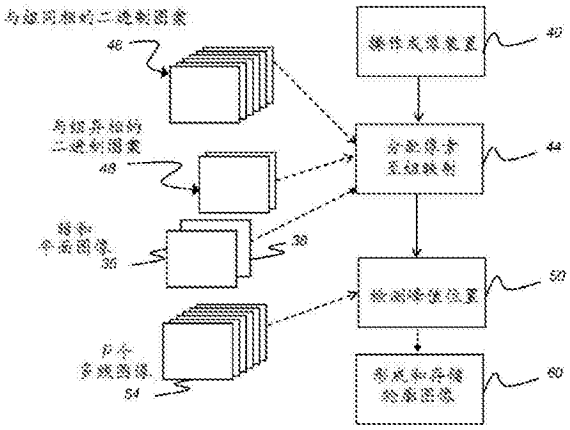
权利要求书2页 说明书10页 附图23页

(54)发明名称

使用光学多线方法的3D口内测量

(57)摘要

一种用于根据表面映射传感器像素阵列至照明像素阵列的方法通过分配每个像素至对应组来形成组映射,通过投影和记录组索引图像的序列每个组有所述照明阵列上的p个相邻像素并且每个有序集合具有k个组。每个组索引图像在所述组的至少两个中不具有照明像素并且在少于(k-1)个组中具有从2至(p-1)个相邻照明像素。组索引图像的所述序列使用来自所述k个组中的每个的像素。将至少p个多线图像投影和记录,其中每个多线图像在每个组内投影一条线。在所述多线图像中的线根据所述组映射而相关并且所述相关性存储在存储器中。整数k和p大于或等于3。



CN 103917160 B

1.一种用于根据表面映射传感器像素阵列至照明像素阵列的方法，其包括：

通过分配所述传感器像素阵列上的多个像素中的每个像素至照明像素阵列上的有序k个组的集合的对应组来形成组映射，其中每个组为所述照明像素阵列上的p个相邻像素集合，通过：投影和记录两个或多个组索引图像的序列，其中相对于每个有序k个组的集合，每个投影的组索引图像在所述每个有序k个组的集合中的至少两个组中不具有照明像素并且在少于所述每个有序k个组的集合中的(k-1)个组中具有从1至(p-1)个相邻照明像素，并且其中所投影的组索引图像的所述序列使用来自所述每个有序k个组的集合中的每个组的照明像素；

投影至少p个多线图像至所述表面上和记录所述至少p个多线图像，其中每个多线图像在每个组之内投影一条线；

根据所述组映射使所述记录的多线图像中的线与所述投影的多线图像中的线相关；以及

存储、显示或传递相关性，其中k和p是大于或等于3的整数。

2.根据权利要求1所述的方法，其还包括使用所相关的所述记录的至少p个多线图像产生所述表面的表面轮廓图像。

3.根据权利要求1所述的方法，其中形成所述组映射还包括投影和记录至少第一和第二块图像，其中每个块图像具有同时照明的数量m个连续组的像素和同时去能的m个连续组的像素的图案，并且其中所述第二块图像的所述图案从所述第一块图像的所述图案移位m/2个组。

4.根据权利要求1所述的方法，其中所述照明像素阵列是液晶装置。

5.根据权利要求1所述的方法，其中所述照明像素阵列是数字微镜阵列装置。

6.根据权利要求1所述的方法，其中形成所述组映射还包括获得和记录至少一个暗场图像和至少一个平场图像。

7.根据权利要求2所述的方法，其还包括根据所述表面轮廓图像的数据来显示所述表面。

8.根据权利要求1所述的方法，其中所述表面是牙齿。

9.根据权利要求1所述的方法，其中所述组索引图像的所述相邻照明像素包括最接近p个相邻像素的集合的中心的一个或多个像素。

10.根据权利要求1所述的方法，其还包括在不同的功率水平上投影两个或多个组索引图像和所述多线图像的所述序列。

11.一种用于根据表面映射传感器像素阵列至照明像素阵列的方法，所述方法至少部分在计算机上执行并且包括：

通过投影和记录暗图像和平面图像来描绘所述传感器像素阵列的响应的特征；

通过分配所述传感器像素阵列上的多个像素中的每个像素至照明像素阵列上的有序k个组的集合的对应组来形成组映射，其中每个组由所述照明像素阵列上的p个相邻像素集合限定，通过：

(a)一次投影和记录一个组索引图像，其中每个组索引图像在所述每个有序k个组的集合中的至少一个组中具有从1至(p-1)个相邻照明像素，并且连续地重复所述投影和记录至少k次；以及

(b)投影和记录至少第一和第二块图像，其中每个块图像具有同时照明的k个连续组的像素和同时去能的k个连续组的像素的图案，并且其中所述第二块图像的所述图案从所述第一块图像的所述图案移位k/2个组；

投影至少p个多线图像至所述表面上和记录所述至少p个多线图像，其中每个多线图像在每个组之内投影一条线；

根据所述组映射使所述记录的多线图像中的线与所述投影的多线图像中的线相关；以及

使用所相关的所述记录的至少p个多线图像产生所述表面的表面轮廓图像，其中k和p是大于或等于2的整数。

12.根据权利要求11所述的方法，其中所述表面是牙齿。

13.根据权利要求11所述的方法，其中所述组索引图像的所述相邻照明像素包括最接近p个相邻像素的集合的中心的一个或多个像素。

14.根据权利要求11所述的方法，其还包括在不同的功率水平上投影两个或多个组索引图像和所述多线图像的序列。

15.根据权利要求11所述的方法，其还包括按照根据所述组映射使所述记录的多线图像中的线与所述投影的多线图像中的线相关来产生表面轮廓数据。

16.根据权利要求15所述的方法，其还包括根据所述表面轮廓数据来显示所述表面。

使用光学多线方法的3D口内测量

发明领域

[0001] 本公开一般涉及表面形状成像领域，并且更特别地涉及口内表面成像和测量。

[0002] 背景

[0003] 在医学、工业和其它应用中，用于从各种类型的物体获得表面轮廓信息的技术已经被开发。光学3维(3D)测量方法使用从引导至表面上的光的图案获得的图像来提供形状和深度信息。各种类型的成像方法产生一系列光图案并且使用焦点或三角测量以检测在照明区域上的表面形状的改变。

[0004] 条纹投影成像使用有图案的或有结构的光和三角测量以获得各种类型的结构的表面轮廓信息。在条纹投影成像中，干涉条纹或光栅的线的图案从给定的角度朝向物体的表面而投影。来自表面的所投影的图案从另一个角度看作为轮廓图像，从而利用三角测量以基于轮廓线的外观来分析表面信息。相移(其中所投影的图案递增地空间移位用于在新位置获得额外的测量)通常被应用作为条纹投影成像的部分、用于完成表面的轮廓映射并且增大轮廓图像的分辨率。

[0005] 条纹投影成像已经用于固态、高度不透明物体的表面轮廓成像并且已经用于对人体的一些部分的表面轮廓成像和用于获得关于皮肤结构的详细数据。然而，许多技术障碍阻止了牙齿的条纹投影成像的有效使用。牙齿表面成像的一个特定挑战涉及牙齿半透明度。半透明或亚半透明材料通常对于条纹投影成像已知是特别麻烦的。在半透明结构中的次表面散射可以减少总的信噪(S/N)比并且将光强度移位从而导致不正确的高度数据。另一个问题涉及各种牙齿表面的大量反射。高反射材料(特别是中空反射结构)可以减少该类型成像的动态范围。

[0006] 从光学的透视图，牙齿本身的结构对于条纹投影成像提出了许多额外的挑战。牙齿在不同的时间并且沿着不同的表面和表面的部分可以是湿的或干的。牙齿形状常常是不规则的、带有锋利的边缘。如之前所提出的，牙齿以复杂的方式与光交互。穿透于牙齿表面之下的光倾向于在半透明牙齿材料之内进行散射。此外，来自在牙齿表面之下的不透明特征的反射可以发生，这增加了使所感测的信号降低的噪声。

[0007] 已经试图使条纹投影可用于牙齿的轮廓成像的一种校正测量是涂层的应用，这改变了牙齿表面本身的反射特性。牙齿轮廓成像系统在表面轮廓成像之前将涂料或反射粉末涂至牙齿表面。为了条纹投影成像的目的，该增加的步骤增强牙齿的不透明度并且减少之前所提出的散射光效应。然而，这存在缺点。涂覆涂层粉末或液体的步骤给牙齿轮廓成像过程增加成本和时间。因为涂层的厚度在整个牙齿表面上常常是不均匀的，所以容易导致测量误差。此外，所涂覆的涂层在促进轮廓成像的同时可以倾向于掩盖牙齿的其它问题并且可以因此减少可以获得的有用信息的总量。

[0008] 即使使用牙齿的涂层或其它类型的表面处理，然而，结果由于牙齿表面明显的轮廓可以是令人失望的。提供足够量的光到所有牙齿表面上并且感测从所有牙齿表面反射回的光可以是困难的。牙齿的不同表面可以相对于彼此成90度定向，这使得难以导引足够的光用于准确地对牙齿的所有部分成像。

[0009] 可以了解的是希望提供牙齿的准确表面轮廓成像而无需对牙齿表面涂覆额外的涂层或进行其它处理的装置和方法。一些优点可包括改进速度以及降低传统方法的成本和不便。

[0010] 概要

[0011] 本发明的目的是发展牙齿和相关口内结构的表面轮廓检测的技术。本发明的实施方案通过布置光图案照明牙齿表面来提供关于牙齿的3D表面信息，所述光图案有助于使数字成像阵列上的像素位置与来自照明装置的像素位置更接近地映射。有利地，本发明可以与已知的照明和成像部件布置一起使用并且对比传统轮廓检测方法，适于帮助减少所感测的图案的歧义。

[0012] 这些目的仅以说明的实例给出，并且此类目的可为本发明的示例性的一个或多个实施方案。由本公开的发明固有实现的其它希望的目标和优点可发生或对于本领域的那些技术人员变得明显。本发明由所附的权利要求限定。

[0013] 根据本发明的一个方面，提供了用于根据表面映射传感器像素阵列至照明像素阵列的方法，该方法至少部分在计算机上执行并且包括：通过分配传感器阵列上的多个像素中的每个像素至有序组集合的对应组来形成组映射，其中将每个组限定为照明像素阵列上的p个相邻像素集合并且每个有序集合具有k个组，通过：投影和记录两个或多个组索引图像的序列，其中相对于每个有序k个组的集合，每个投影的组索引图像在组的至少两个中不具有照明像素并且在少于(k-1)个组中具有从2至(p-1)个相邻照明像素，并且其中所投影的组索引图像的序列使用来自k个组中的每个的照明像素；投影至少p个多线图像至表面上和记录所述至少p个多线图像，其中每个多线图像在每个组之内投影一条线；根据组映射使所记录的多线图像中的线与所投影的多线图像中的线相关；以及将相关性存储在计算机可访问的存储器中，其中k和p是大于或等于3的整数。

[0014] 附图简述

[0015] 本发明的前述和其它的目的、特征和优点从本发明的实施方案的下列更具体的描述中将明显，如在附图中所示的。

[0016] 附图的元件不一定相对于彼此按比例绘制。

[0017] 图1是示出根据表面映射传感器像素阵列至照明阵列的示意图。

[0018] 图2A示出用单线光照明的牙齿表面。

[0019] 图2B示出用多线光照明的牙齿表面。

[0020] 图3是示出根据本发明的实施方案的用于获得表面轮廓图像数据的序列的逻辑流程图。

[0021] 图4是示出成像装置的示意图。

[0022] 图5是示出图像投影和记录序列的逻辑流程图。

[0023] 图6是示出在成像传感器阵列上的像素行的部分的示意图。

[0024] 图7是示出用于组映射的同相二进制投影的图案的示意图。

[0025] 图8是示出第二异相集的二进制投影图案的示意图。

[0026] 图9示出单个投影的二进制图案。

[0027] 图10A示出用于形成多线图像的照明阵列的部分。

[0028] 图10B示出用于形成多线图像的照明阵列的另一部分。

[0029] 图11是示例性多线图像的平面图。

[0030] 图12是牙齿上的投影的多线图像的平面图。

[0031] 图13是牙齿上的投影的多线图像的另一平面图。

[0032] 图14是示出如何组合来自二进制图案图像和多线图像的数据的示意图。

[0033] 图15A和图15B比较没有涂层的和有涂层的牙齿的结果。

[0034] 图16是组合图15A和图15B的结果的差异图。

[0035] 图17是示出根据本发明的实施方案的用于形成轮廓图像的步骤的逻辑流程图。

[0036] 图18A示出投影在可选的块图像中的照明图案。

[0037] 图18B示出使用图18A的照明图案获得的牙齿图像。

[0038] 图19A示出投影在组索引图像中的照明图案。

[0039] 图19B示出使用图19A的照明图案获得的牙齿图像。

[0040] 图20A示出投影在多线图像中的照明图案。

[0041] 图20B示出使用图20A的照明图案获得的牙齿图像。

[0042] 图21A是示出根据本发明的实施方案如何形成索引图像的示意图。

[0043] 图21B是示出如何形成多线图像的示意图。

[0044] 图22A和图22B是比较用于组索引图像和多线图像的像素照明图案的示意图。

[0045] 详细描述

[0046] 本申请是2011年11月10日提交的标题为“3D INTRAORAL MEASUREMENTS USING OPTICAL MULTILINE METHOD”的Milch的共同转让的美国序列号13/293,308的部分继续，其整体通过引用并入本文。

[0047] 下列是参考附图的本发明的优选实施方案的详细描述，所述附图中相同的附图标记识别几个附图的每个中的结构的相同元件。任何地方所使用的术语“第一”(first)、“第二”(second)等等不必要表示任何顺序的、序列的或优先级关系，而是简单地用于更清楚地相互区分一个元件或元件集合。

[0048] 图1的示意图用单线光L的实例示出如何使用图案化的光来获得表面轮廓信息。根据照明阵列10获得的映射导引光图案至表面20上并且线的对应图像L'在图像传感器阵列30上形成。在图像传感器阵列32上的每个像素32根据表面20的调制映射至照明阵列10上的对应像素12。像素位置中的移位(如在图1中表示的)带来关于表面20的轮廓的有用信息。可以了解的是在图1中示出的基本图案可以许多方式而实施，使用各种照明光源和序列以及使用一个或多个不同类型的传感器阵列30。照明阵列10可以利用用于光调制的许多类型的阵列中的任何阵列，诸如液晶阵列或数字微镜阵列，如使用来自Texas Instruments、Dallas、TX的数字光处理器或DLP装置提供的。该类型的空间光调制器在照明路径中使用以视需要改变用于映射序列的光图案。

[0049] 图2A和图2B示出使用图案化的光从人的牙齿获得表面结构信息的传统方法的一个问题的方面。图2A示出用单线光14照明至牙齿上，在牙齿边缘上有明显的照明移位。以这种方式投影单线(扫描整个牙齿并且在扫描期间在许多点上成像)可以提供关于部分表面区域的准确信息；然而，即使用该方法仍然丢失一些信息，诸如线段在哪里彼此分开。图2B示出使用多线光的图案的表面成像。在沿着表面存在突然的过渡的地方，可能难以正确地识别对应于每条投影线的段并且可能容易发生错配，从而导致关于表面特性的不准确结

论。例如，可能难以确定线段16是来自与线段18还是相邻线段24的相同的照明线。

[0050] 本发明的实施方案使用投影图像的序列解决表面轮廓映射的问题，所述投影图像的序列有助于使成像传感器阵列上的像素与来自照明阵列的投影线更好地相关。为此，本发明的实施方案使用二进制图像的布置以把成像传感器阵列上的像素与照明像素阵列上的对应像素分组。组映射通过分配传感器阵列上的像素至有序组集合而形成，每个组具有固定数量的像素。可以使用数据表示领域中那些技术人员所熟知的映射技术将该组映射存储为特定数据结构或可另外在将每个像素关联至特定组结构的数据中表示。在本公开的上下文中，术语“组映射”(group map)和“组映射”(group mapping)被认为是等同的，由于像素和组的关系可以许多方式中的任何方式来表示和存储。

[0051] 参照图3的流程图，示出了根据本发明的实施方案的用于表面轮廓检测并且至少部分在计算机上执行的图像投影、检测和处理步骤的序列。在图像捕获步骤40，操作员定位成像装置并且捕获一系列图像，如随后所述的。该图像包括数量n个二进制图案46和m个二进制图案48以及p个多线图像54并且可以以任何顺序捕获。一旦捕获图像，就执行像素分配步骤44，其中将图像传感器阵列上的像素分配至对应于照明阵列上的像素的组映射或映射。用于组映射的图像来自二进制图案46和48，这些在随后更详细描述。没有照明的额外暗图像36和全帧照明的平面图像38也被获得以帮助信号处理，如随后所述的。

[0052] 继续图3的序列，p个多线图像54的集合也被获得，从其中可以在位置检测步骤50检测峰值位置，也就是最高强度的位置。然后，映射步骤60形成轮廓图像并且将其存储在存储器中，诸如例如在与显示监视器关联的临时显示存储器中。

[0053] 参考图1，二进制图案具有照明阵列10上的两个或更多个像素宽的一个或多个亮带。多线图像具有照明阵列10上的一个像素宽的一个或多个亮带。多线图像在每组像素之内具有至少一个亮至暗或暗至亮的过渡。

[0054] 图4的示意图示出成像装置70用于投影和成像二进制图案46和48以及多线图像54。控制逻辑处理器80或其它类型的计算机控制照明阵列10和成像传感器阵列30的操作。来自表面20(诸如来自牙齿22)的图像数据从成像传感器阵列30获得并且存储在存储器72中。控制逻辑处理器80处理所接收的图像数据并且将映射存储在存储器72中。然后，来自存储器72的所得图像可选地显示在显示器74上。存储器72也可包括显示缓冲器。

[0055] 图5的逻辑流程图示出图像投影和捕获序列，如在图3中的图像捕获步骤40所述的，以及使用图4的成像装置70更详细描述。第一二进制图案记录步骤62从投影至表面上的第一集合n个二进制图案记录至少n个图像，其中像素之间的过渡仅在组边界上发生，如随后所述的。该集合n个图像被描述为与组布置“同相”。然后，第二二进制图案记录步骤64记录投影至表面上的m个二进制图案，其中在m个图案中的每个中的像素之间的一个或多个过渡从组边界偏移，再次如随后更详细描述的。该集合m个图像被描述为与组布置“异相”，其中至少一个过渡在一组之内。然后，暗和平面图像记录步骤65记录暗场和平场图像。然后，组合从记录步骤62、64和65记录的图像用于形成图3的像素分配步骤44中的组映射。多线图像记录步骤66投影至表面上并且记录至少p个多线图像，如随后更详细描述的。接着图像捕获，然后相关性步骤68使表面位置与在图像传感器阵列30上的像素位置相关作为图3中的映射步骤60的部分。然后，可选的显示步骤82显示从映射获得的表面轮廓。

[0056] 形成组映射

[0057] 图6、图7和图8的示意图示出根据本发明的实施方案的形成组映射的过程的各方面。图6示出成像传感器阵列30上对应于表面20上的位置的一行像素32的部分。每个组具有预定数量p的相邻像素32，其中在所示出的实例映射中每组八个像素32。在图6-图8中的垂直虚线指示组边界。在组边界上，其中每个组具有从0、1、2…(p-1)编号的p个像素，一组的第(p-1)个像素与在该行中的下一或相邻组的第0个像素相邻；这两个相邻像素(一个像素在两个相邻组的每个中)之间的间隔限定组边界。组边界被认为是由两个相邻组“共享”。所投影的二进制图案的两个序列用于建立组映射。图7的示意图示出第一图案。在此，来自n个二进制图案集合的n个图像从照明阵列10投影，其中每行根据组而布置。代表性八个像素的组G8、G7、G6和G5被示出，在该实例中从右向左以降序编号。n个二进制图案中的两个46a和46b被示出，其中示出二进制的1、0表示用于各自的暗(关闭或0)/亮(接通或1)带，所述暗/亮带在组边界具有从亮至暗或者交替地从暗至亮的过渡。在所示出的实例中的放大部分E上，表示了二进制图案46a的0110部分，其中0与1之间的过渡仅在组边界上发生。二进制图案46b是序列中的下一个二进制图案，仅从46a上的二进制图案改变了一个比特。符合本发明的实施方案，连续的二进制图案被布置在仿真格雷码的序列中，其中每个连续的图案(x)从先前的图案(x-1)仅改变一个比特。该格雷码仿真的使用有利于帮助减少在确定成像传感器阵列30中的哪一个对应像素映射至关于照明阵列10(图1)限定的组时的歧义。在二进制图案46a和46b中的亮带(与在图7和图8中的二进制数1对应)具有像素组的整数增量的宽度，使得亮带将如来自照明阵列的一组、两组或两组以上像素一样宽。在图7的实例中，其中一组具有8个像素，二进制图案46a或46b中的亮带是8、16、24、32个像素宽或8个像素的某个其它整数倍像素宽。

[0058] 图8的示意图示出第二集合m个二进制图案48中的一个的投影。在此，像素之间的二进制0/1或1/0过渡中的一个或多个从组边界偏移。在示出的实例中，组G7跨过从其与组G6的边界偏移的对应过渡。类似地，一过渡从组G5的边界偏移，将该组中的像素分成在过渡的一侧的那些和在另一侧的那些。偏移或异相图案的该使用是本发明的实施方案的特征并且用作组边界上的进一步检查以帮助解决在组分配之间的可能歧义。图9示出相对于典型牙齿的单个投影二进制图案46。

[0059] 符合本发明的实施方案，模拟滤波器被施加至二进制图案图像中的每个。已经发现这在低信号内容的区域中是有价值的。或者，可以采用使用数字滤波器的阈值化用于该目的。

[0060] 在平面图像38(图3)中存在一定水平的信号(“截止点”)，其对于准确的比较来说太低了。该水平可以简单地被设置为处理软件的参数。它也可以通过找到多线图像中的所有峰而自适应地计算，如随后所述的，并且指出那些峰位置上的“平面”值。水平在该截止点之下的像素被简单地证实是不确定的、具有未知的状态并且不会进一步处理。

[0061] 在进行阈值处理之后，将n块图像在每个像素上组合以形成n位数字。然后，该数字通过编码表的逆向而翻译以识别对应的组编号。在不存在错误的情况下，这完成了块图像处理。

[0062] 几何学上地，当沿着行从图像的一侧移动至另一侧时，组编号必须单调地改变。(在不同行上的编号可不对齐，但是在每行之内，它们是单调的。)这使“校正”每行上的组编号是可能的，无视噪声已经干扰了所期望的单调增大的组编号的地方。

[0063] 多线图像

[0064] 如相对于图3和图5中示出的序列而指出的，除了n个同相和m个异相图像之外，还将至少p个多线图像集合投影至表面上。图10A的示意图针对照明阵列10的单行示出第一多线图像54a的部分，其中每组中的最左侧像素被照明以形成线。图10B示出另一个多线图像54b，其中照明每组中的下一个像素。在每组具有8个像素的情况下，如在本文所示出的实例中，该序列重复使得存在至少8个多线图像，一个多线图像针对每组中的每个像素。从暗至亮或从亮至暗的过渡在多线图像中仅相对于单个像素宽度；形成线的每条光亮带为单个像素宽。每个多线图像在每组之内投影单线，使得在多线图像中的相邻组边界之间存在至少一个亮至暗或暗至亮的过渡。一般在每组具有数量p个相邻像素的情况下，至少p个多线图像被投影至表面上并且被记录。另外，可以在循环的或其它排序的布置中将多于8个的多线图像投影并且记录。图11示出从照明阵列10投影的多线图像54以及在每组内的线84。图12和图13示出投影至表面20上并且由成像传感器阵列30记录的示例性多线图像54。在图12中的虚线Q指示在成像传感器阵列30上的一行像素。

[0065] 符合本发明的实施方案，将多线图像的每个作为独立行的集合来分析以定位行中的每个强度峰值。这在两个步骤中完成。最初，平滑滤波器和差分滤波器的组合定位存在峰值信号的像素。然后，使抛物线拟合所识别的像素周围的所观察的点以用子像素准确度来定位峰值。峰值周围的背景也被估算以提供关于相对峰高的额外信息。如果候选峰值太弱或太靠近另一个峰值，那么候选峰值可以从峰值列表放弃。分析的结果是所观察的强度峰值所在的精确位置的长峰值列表(对于典型成像传感器阵列是30,000至100,000)。

[0066] 组合组映射和峰值列表

[0067] 在不存在噪声或错误的情况下，组和峰值数据的组合由峰值列表驱动，所述峰值列表包括x和y(即沿着行的像素位置和行编号)中的峰值位置、峰高、峰宽和其来自的图像(多线图像1至p)。对于每个峰值，检索来自组映射中的最接近像素的组编号。组编号和图像编号被组合以计算照明器上的线，在480线图像中的1至480。这给出峰值的三个必要“像素位置”：在成像器上的x和y位置以及在照明器上的x位置，正如从单个投影点获得的。

[0068] 接着，使用三个像素位置和校准参数来计算牙齿或其它表面上的点的大概位置。这些大概位置被使用从校准得知的信息来处理以确定在表面上的准确位置(x,y,z)。所有这些位置形成点云，这是组合算法的最终输出。

[0069] 同相二进制图案46和异相二进制图案48被组合以改进映射的准确度并且以补偿和识别可另外在组映射中引起错误的各种物理效应。遵循下列项用于解释：

[0070] (1)术语“相”涉及峰值所出自的图像编号(1-p)；

[0071] (2)假定照明器线的数字标记在成像传感器阵列上从右向左增大；单调规则规定组编号必须沿着行从右向左增大；以及

[0072] (3)假定每一个照明器阵列像素有多个(至少2或3)成像传感器阵列像素。

[0073] 参照图14的示意图，示出了异相二进制图案48的部分，以及来自所表示的多线图像的第一捕获图像帧的对应线。示出了许多代表性线L185、L193、L200和L201。也示出了针对组G24、G25和G26的组映射的部分。也示出了对应的照明器阵列像素中心位置94。

[0074] 线L193至L200在组G25中。异相二进制图案48在组之间改变，如先前所述的。箭头A标记在相1多线图像中观察到的峰值。(在该实例布置中，相编号从右向左计数。)错误组代

码可以许多方式进行检测，包括下列项：

[0075] (i)组代码应仅接近相1和相8时改变。对于在相2-7中的峰值，在峰中心周围的所有像素应具有相同的组代码。

[0076] (ii)假定在相1图像中存在峰值并且组代码为G25。那必须是在照明器阵列上的线L193，除非存在错误并且实际上误读为组G24。如果是这种情况，则是线L185。或者，可以是在组26中的线L201。然而，二进制图案48的异相信号在线L193周围明确为高并且在线L185和L201周围明确为低。检查异相信号验证了用于相1和相8以及相2和相7的组代码。

[0077] (iii)保持跟踪与在行上的每个峰值关联的组代码；从右向左，组代码应单调地增大。代码可被跳过，但是组编号不应减小。如果观察到减小，那么指示潜在的问题。

[0078] 暗和平面图像

[0079] 暗和平面图像36和38如图3的序列中所述的被获得。这些图像可以被平均以提供一定量的强度用作区分亮暗强度的阈值以帮助改进像素分配步骤44(图3)中的信号映射。

[0080] 要注意的是对于本发明的方法，图像投影和记录的序列可以任何合适的顺序进行。此外，多线图像和二进制图案可以被散置，而不是以任何固定的顺序获得。

[0081] 图15A和图15B比较视需要用已经市售的传统牙齿表面成像系统使用本发明的方法针对没有涂层的牙齿90和有涂层的牙齿92的处理结果，所述有涂层的牙齿92也就是涂有粉末或其它材料的牙齿。如所示出的，没有涂层的牙齿90的结果媲美有涂层的牙齿92的那些结果，而无需为牙齿做准备工作。

[0082] 图16示出组合用于没有涂层的和有涂层的牙齿90和92的图像的差异图98。

[0083] 形成组映射帮助解决在深度测量中的潜在歧义。本发明的实施方案有助于提供用于组映射产生而无需过量二进制图像的投影、检测和处理的稳健方法。图17的逻辑流程图示出根据本发明的实施方案的用于表面轮廓检测并且至少部分在计算机上执行的图像投影、检测和处理步骤的序列。在图像捕获步骤40中，操作员定位成像装置并且捕获一系列图像，如随后所述的。该图像由许多组索引图像102和可选的块图像104以及数量为p的多线图像54组成并且可以任何顺序捕获。一旦捕获图像，就执行像素分配步骤44，其中将图像传感器阵列上的像素分配至对应于照明阵列上的像素的组映射。用于组映射的图像来自组索引图像102和块图像104，如随后更详细描述的。没有照明的额外暗图像36和全帧照明的平面图像38也被获得以在信号处理时帮助描绘传感器像素阵列的响应的特征，如随后所述的。p个多线图像54集合也被获得，其中峰值位置(也就是最高强度的位置)可以在位置检测步骤50中而检测。然后，映射步骤60形成轮廓图像并且将其存储在存储器中，诸如例如在与显示监视器关联的临时显示存储器中。然后，所得的轮廓图像可以被显示或进一步处理。

[0084] 图18A示出用可选的块图像104中的一个投影的照明图案。例如，图18B示出对应的牙齿图像114，其从块图像104的投影获得。

[0085] 图19A示出用组索引图像102中的一个投影的照明图案。例如，图19B示出对应的牙齿图像112，其从组索引图像102的投影获得。

[0086] 图20A示出用多线图像54中的一个投影的照明图案。例如，图20B示出对应的牙齿图像116，其从多线图像54的投影获得。

[0087] 本发明的实施方案可以采用不同的组尺寸和布置，包括哪些组集合有在任何一个时间照明的像素的说明。为了简化下列图像图案的描述，使用8个像素的任意组尺寸。每组8

个像素、16组中128个像素的行为被描述。16个组形成有序的集合，以本文所使用的术语。可以了解的是可以在本发明的范围之内改变组尺寸或组的数量，所述组是有序集合的成员。下列说明使用这些示例性值从多线图像区分组索引图像。

[0088] 图21A和图21B相对于用于照明阵列10上的单行像素130的组布置来分别比较组索引图像和多线图像。放大部分E1示出行的部分，其被显著放大以指示组，其中例如标记有代表性的组G1、G2、G3、G4和G12。组索引图像102的两条线120和122分别由组G4和G12中的照明像素形成。使用该图案，组索引图像102中的每条线类似地通过供能每8组中的像素的部分而形成。对于图21B中的多线图像54，相比之下，如在放大的部分E2中示出的，每条线124、126、128、129...通过照明来自每组的单个像素而形成，其中示出了代表性的组G1、G2、G3和G4。

[0089] 图22A和图22B的示意图示出组索引图像与多线图像之间在像素级别上的区别。组从右向左编号。图22A的像素行130a示出用于投影组索引图像104(图21A)的照明像素的图案。在此，仅照明组G1和G9中的一对相邻像素；其余组G2-G8是全暗的(不具有照明像素)。在图22B的像素行130b中，在示出的代表性组G1-G9中的每个之内，从左侧的第三位置中的像素被照明。像素行130b因此形成多线图像，诸如在图21B中示出的。

[0090] 一般，本发明的实施方案通过投影和记录两个或多个组索引图像的序列来操作，如相对于图17所述的。相对于每个有序k个组的集合，每个投影的组索引图像在有序集合中的至少两个组中不具有照明像素。在图21A和图22中示出的布置中，在照明像素之间的中心到中心的距离D跨过8个组。使用足够长度的间隔距离有助于减少投影的图像中的组之间的歧义。通过比较，像素行130b示出用于多线成像的照明图案，其中对于每个组照明单个像素。在该布置中，在照明像素之间的距离D2跨过8个像素。

[0091] 一般，在每个组索引图像中，在有序k个组的集合的少于(k-1)个组中，照明从2至(p-1)的相邻像素。因此，例如对于8像素的组，其中p＝8，从2至7的相邻像素可以在具有照明像素的组中被照明。实际上，已经发现在接近组的中心的两个或三个像素被照明时组索引图像工作良好；像素的照明越接近组的边界就越可能导致检测中的一些混淆和歧义。

[0092] 多个组索引图像按次序被投影。所投影的组索引图像的完整序列使用来自有序集合中的k个组中的每个的照明像素。在一个实例实施方案中，其中每个有序组集合具有每组8个像素的16个组，总共8个组索引图像被投影。每个组索引图像投影两条线，将8个组间隔开，如参考在图22A和图22B中的实例组图案所述的。

[0093] 表1列出了使用参考图17所述的方法而提供的用于每个投影图像的照明像素。在表1中列出的实例是针对照明阵列的前128个像素，其使用每组8个像素的16个组的有序集合。总共8个组索引图像被投影。总共8个多线图像被投影。给出的图案被重复用于每个随后的128像素组。应注意的是图像可以任何顺序而投影。另外，可以基于来自组索引图像投影和记录的结果来动态地作出获得可选块图像的决定。根据本发明的实施方案，组索引图像的自动评估确定块图像104是否有用。

[0094] 在多线图像中的像素至组映射的相关性将组索引图像的序列用作指南来确定用于单独像素的组分配。组索引图像使用在轮廓映射领域中的那些技术人员熟悉的技术来提供用于该相关性的参考数据。可选的块图像(例如图18A)通过提供解决组映射中的歧义的信息来进一步进行帮助。所获得的相关性可以任何方式存储，如在数据表示领域中的那些

技术人员熟知的。

[0095] 用于每个图像的光强度可以是相同的；然而，对于不同的图像类型改变强度可以是有利的。例如，强度的合适调整可以有助于减少散射光的影响。根据本发明的实施方案，在50％强度上投影块图像；在75％强度上投影组索引图像；以及在完全强度上投影多线图像。其它强度变化可以替代地被使用。

[0096] 如相对于图17指出的，块图像104有助于解决与组索引图像102的可能的深度歧义并且是可选的。第二块图像相对于第一块图像移位有助于给指向牙齿或其它物体的表面的光提供组分配的更准确映射。

[0097] 表1针对128个像素段的图像序列实例

[0098]

图像类型	照明像素
平面图像38	1-128
暗图像36	无
块图像#1	1-64
块图像#2	33-96
组索引图像#1	3-6、67-70
组索引图像#2	11-14、75-78
组索引图像#3	19-22、83-86
组索引图像#4	27-30、91-94
组索引图像#5	35-38、99-102
组索引图像#6	43-46、107-110
组索引图像#7	51-54、115-118
组索引图像#8	59-62、123-126
多线图像#1	1、9、17、25、33、41…(注1)
多线图像#2	5、13、21、29、37、45…
多线图像#3	3、11、19、27、35、43…
多线图像#4	7、15、23、31、39、47…
多线图像#5	8、16、24、32、40、48…
多线图像#6	4、12、20、28、36、44…
多线图像#7	6、14、22、30、38、46…
多线图像#8	2、10、18、26、34、42…

[0099] 注1：对于多线图像，每8个像素被照明，如序列示出的。

[0100] 符合本发明的实施方案，计算机执行有存储的指令的程序，这在从电子存储器访问的图像数据上进行。如图像处理领域中的那些技术人员可以了解的，本发明的实施方案的计算机程序可以由合适的、通用的计算机系统(诸如个人计算机或工作站)以及微处理器或其它专用处理器或者可编程逻辑装置使用。然而，许多其它类型的计算机系统(包括网络化的处理器)可以用于执行本发明的计算机程序。用于执行本发明的方法的计算机程序可存储在计算机可读存储介质中。该介质可包括，例如：磁存储介质，诸如磁盘(诸如硬盘驱动器)或磁带或其它便携类型的磁盘；光存储介质，诸如光盘、光带或机器可读的条形码；固态

电子存储装置，诸如随机存取存储器(RAM)或只读存储器(ROM)；或用于存储计算机程序的任何其它物理装置或介质。用于执行本发明的方法的计算机程序也可存储在通过互联网或其它通信介质连接至图像处理器的计算机可读存储介质上。本领域的那些技术人员将容易认识到此类计算机程序产品的等同物也可构建在硬件中。

[0101] 将理解的是本发明的计算机程序产品可使用熟知的各种图像操作算法和过程。还将理解的是本发明的计算机程序产品实施方案可实施有利于实施但在本文没有具体示出或描述的算法和过程。此类算法和过程可包括在图像处理的普通技术领域之内的常规实用程序。此类算法和系统的另外方面以及用于生成和另外处理图像或与本发明的计算机程序产品共同操作的硬件和/或软件没有在本文具体示出或描述，并且可选自本领域中已知的此类算法、系统、硬件、部件和元件。

[0102] 在本公开的上下文中，“记录”图像的动作意指将图像数据存储在某类型的存储器电路中以使用该图像数据用于随后的处理。所记录的图像数据本身可被更久地存储或一旦不再需要用于进一步处理就被丢弃。“有序集合”具有如同在集合理论中使用的其常规的意义，涉及集合中的元件具有非歧义排序的集合，诸如例如以升序排序的自然数的集合。

[0103] 应注意的是术语“存储器”(在本公开的上下文中等同于“计算机可访问存储器”)可以指代用于存储和操作图像数据并且计算机系统可访问的任何类型的临时或更持久的数据存储工作空间。存储器可能是非易失性的，其使用长期存储介质，例如诸如磁或光存储。或者，存储器可能有更易失性的本质，其使用电子电路，诸如由微处理器或其它控制逻辑处理器装置用作临时缓冲器或工作空间的随机存取存储器(RAM)。显示数据例如通常存储在与显示装置直接关联的临时存储缓冲器中并且视需要周期地更新以提供所显示的数据。该临时存储缓冲器也可以被认为是存储器，如在本公开中使用的术语。存储器也被用作用于执行和存储计算和其它处理的中间和最终结果的数据工作空间。计算机可访问的存储器可以是易失性的、非易失性的或易失性和非易失性类型的混合式组合。各种类型的计算机可访问的存储器被提供在整个系统的不同部件上用于存储、处理、转移和显示数据，并且用于其它功能。

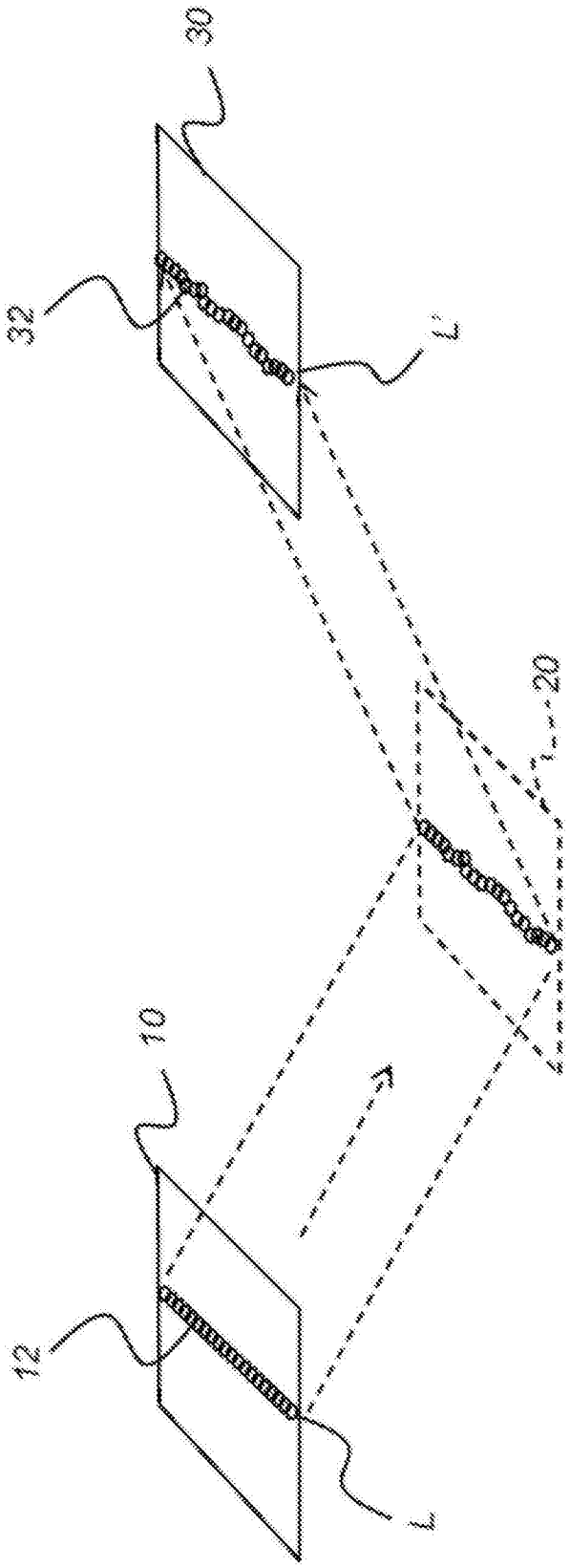


图1

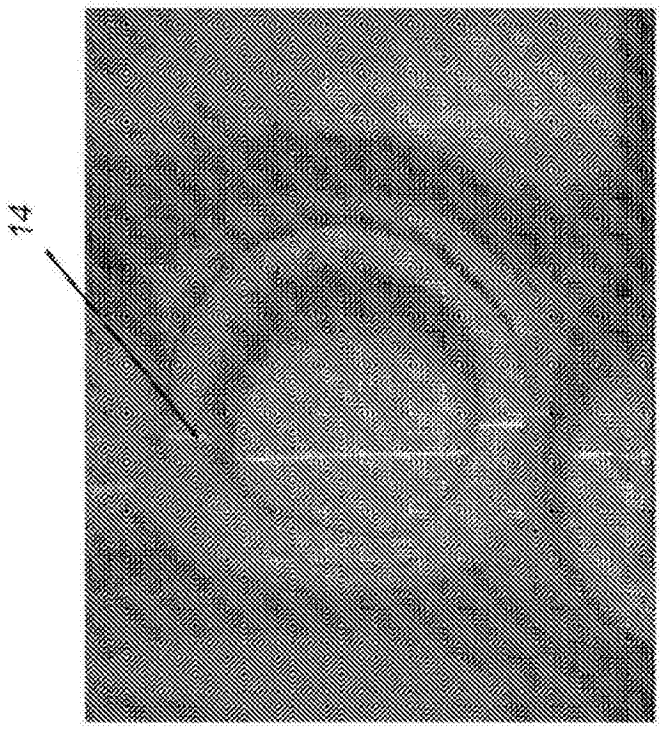


图2A

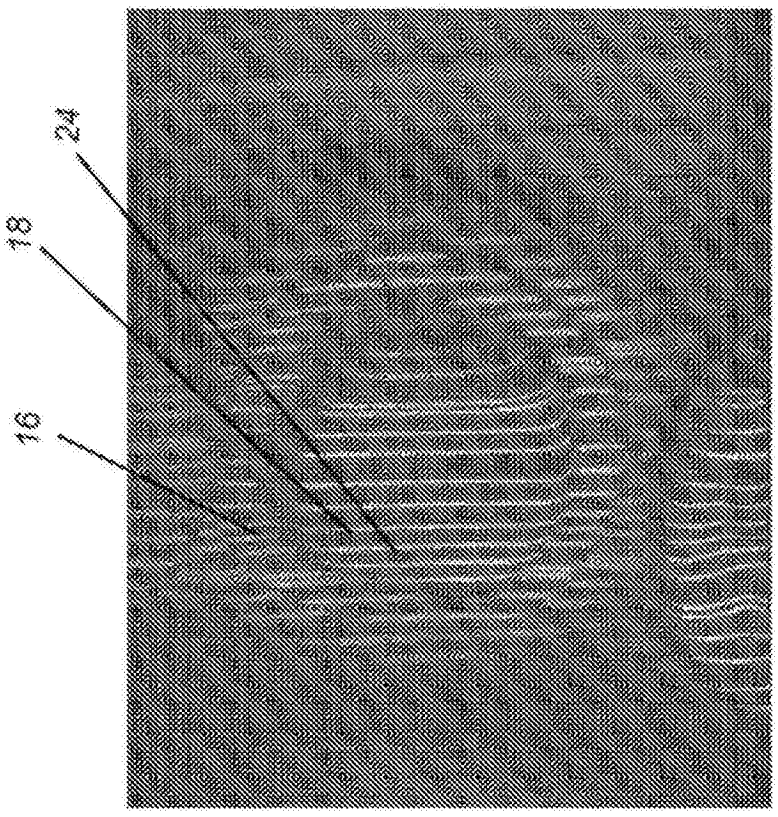


图2B

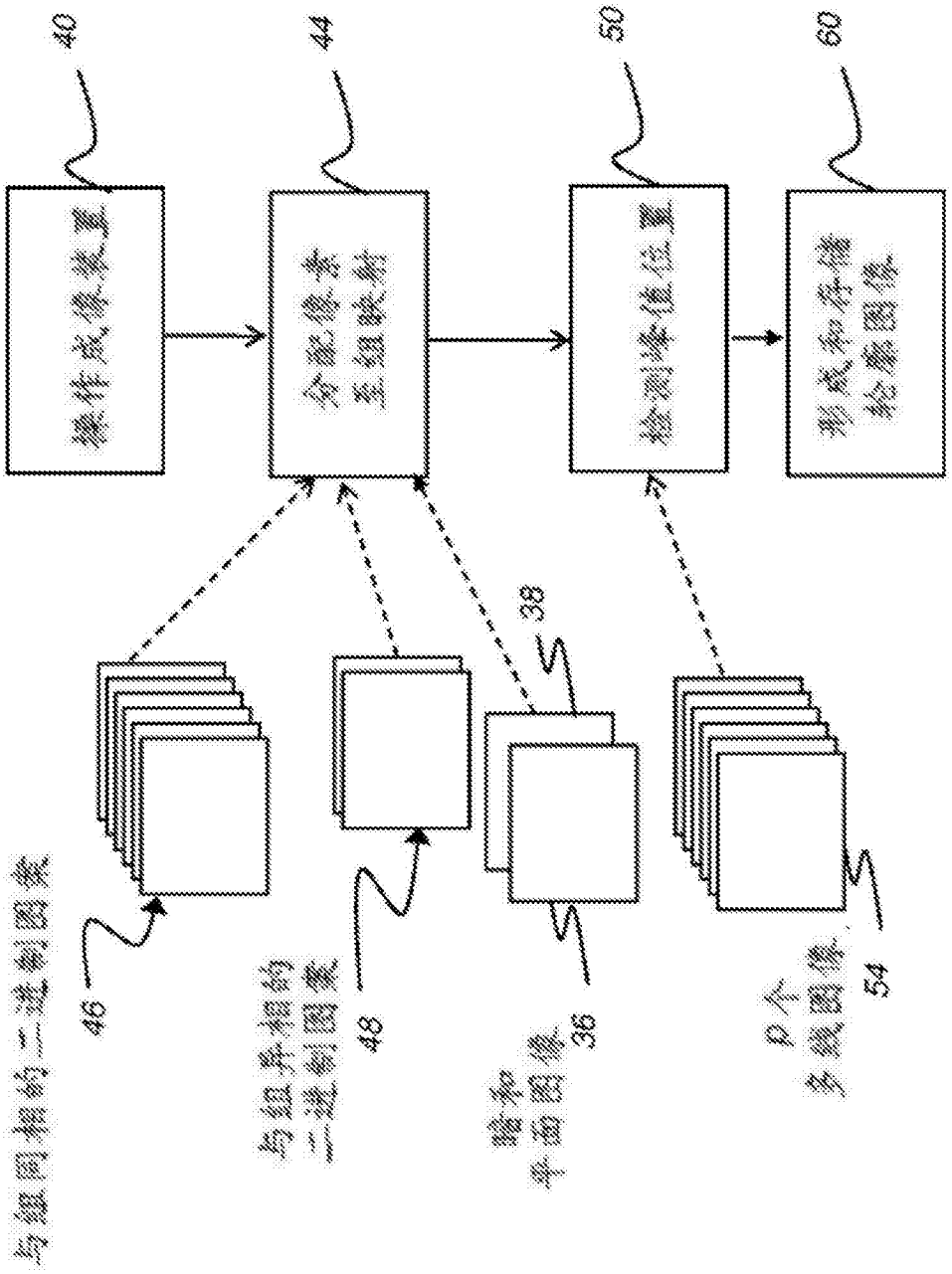

40
44
50
60
操作成像装置
分配像素至组映射
检测峰值位置
形成和存储检测图像
38
与组件相关的二进制图案
46
与组件相关的二进制图案
48
输入图像
36
P个失配图像
54

图3

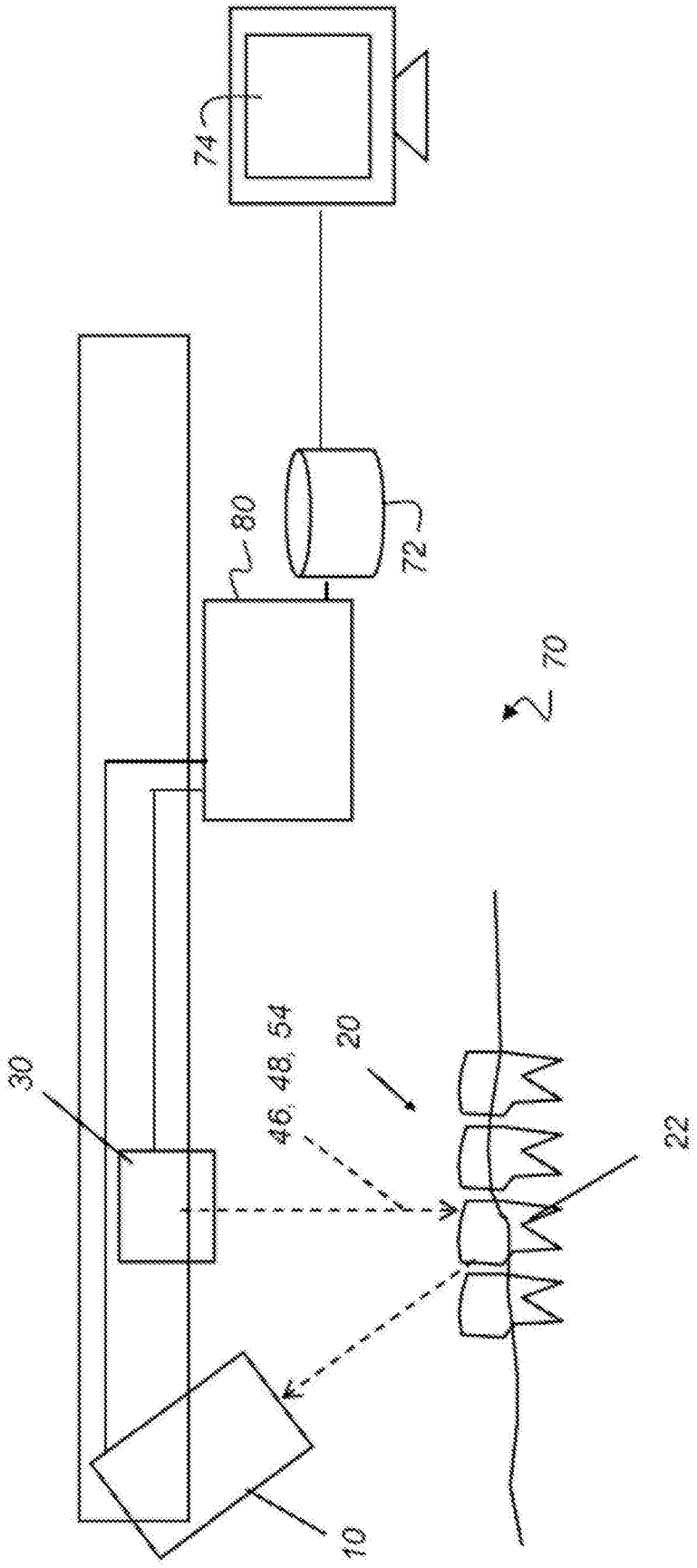


图4

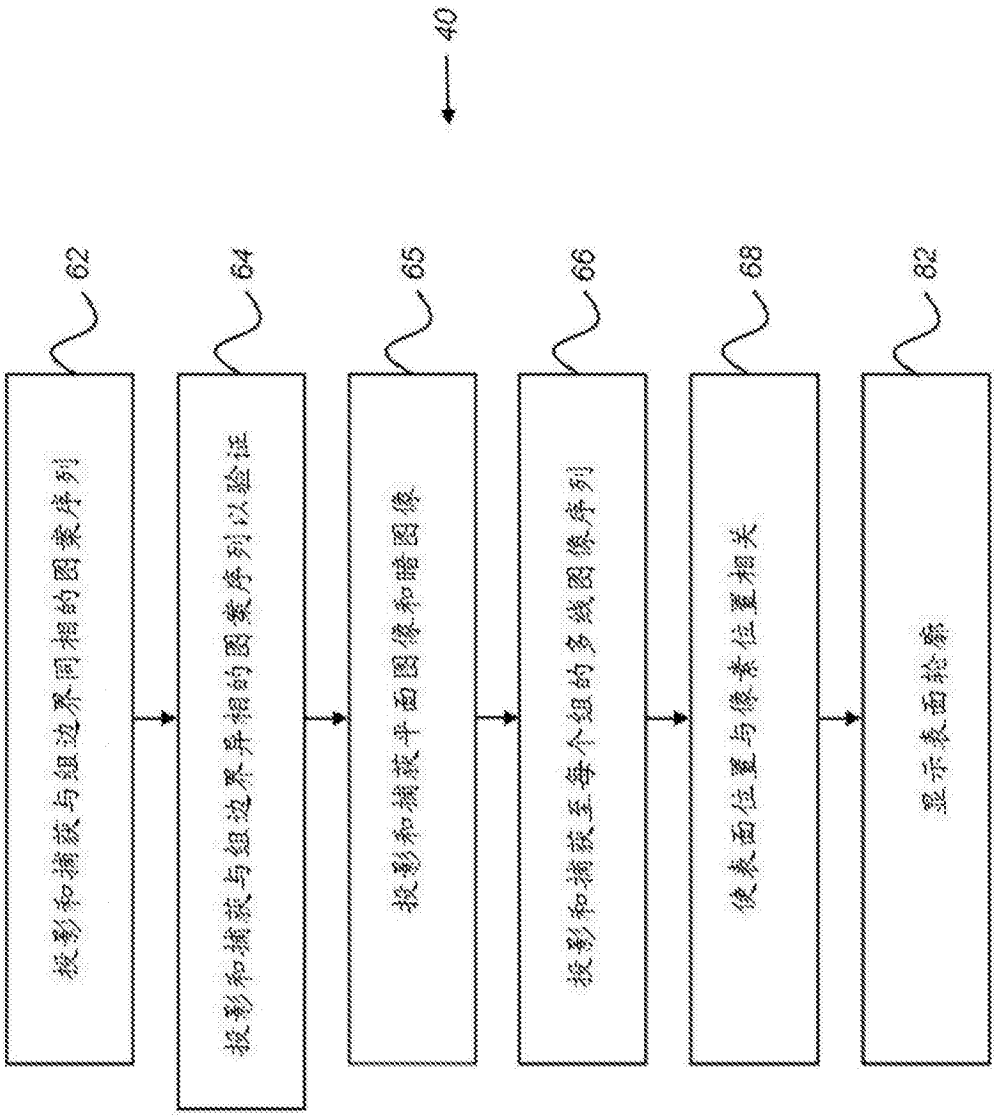

40
62
64
65
66
68
82
投影和捕获与组边界同相的图案序列
投影和捕获与组边界异相的图案序列以验证
投影和捕获平面图像和暗图像
投影和捕获至每个组的多线图像序列
使表面位置与像素位置相关
显示表面轮廓

图5

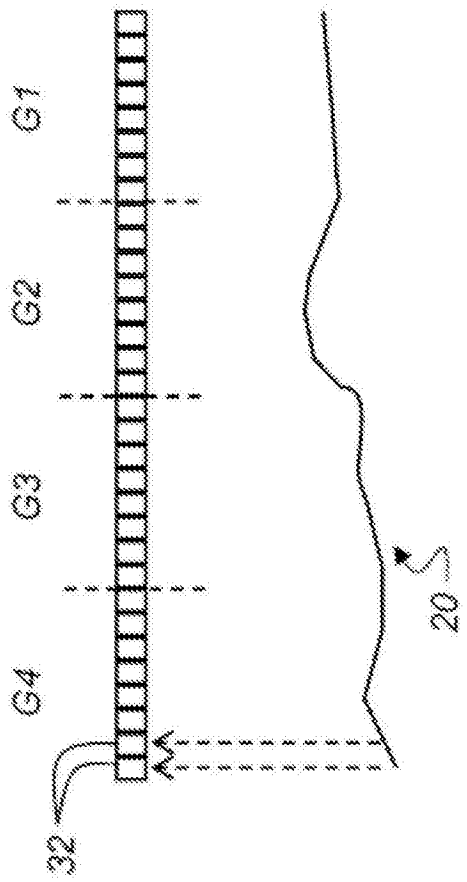


图6

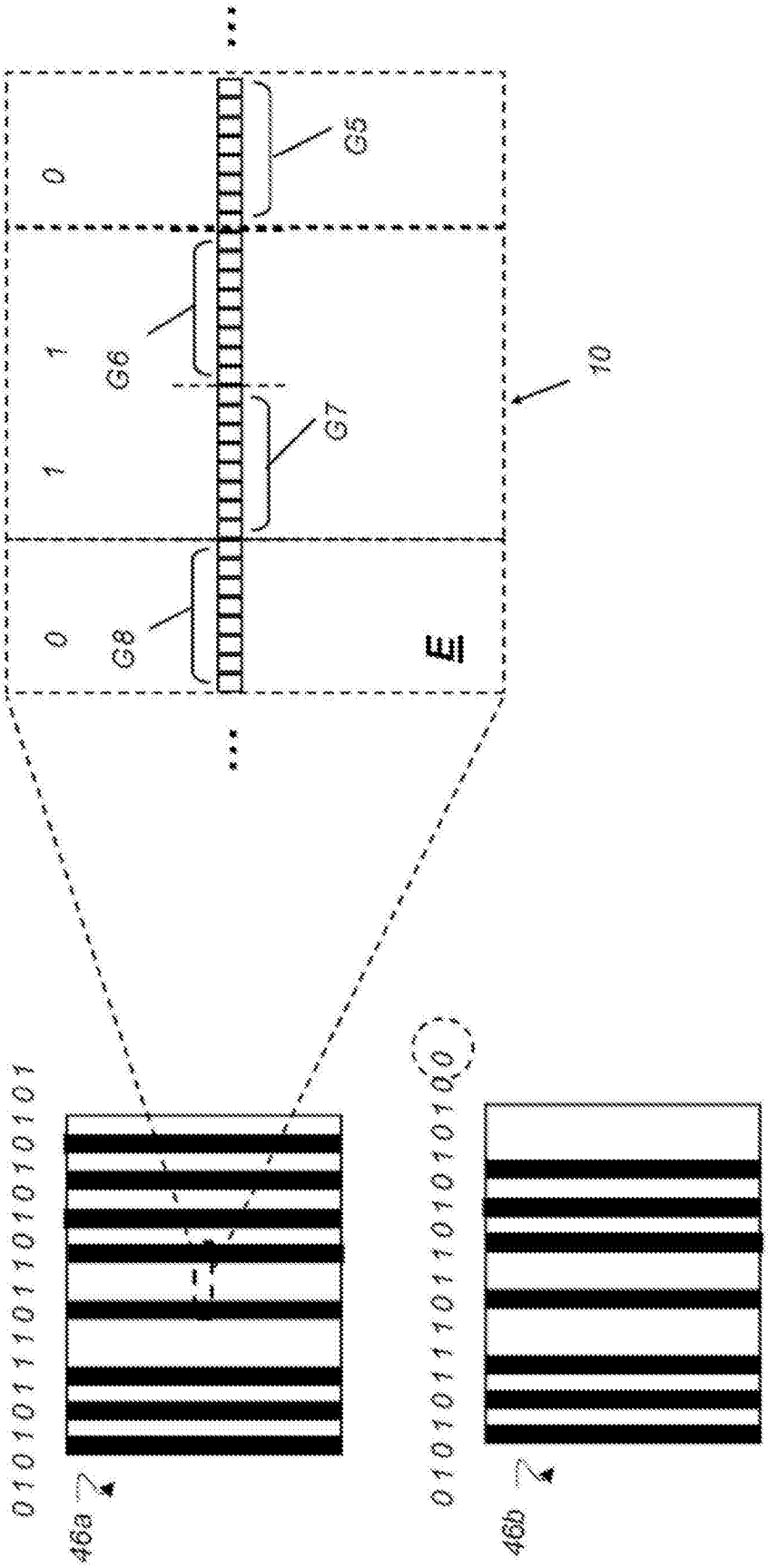

0
1
1
0
G5
G6
G7
G8
10
E1
0101011101101101101
0101011101101101100
46a
46b

图7

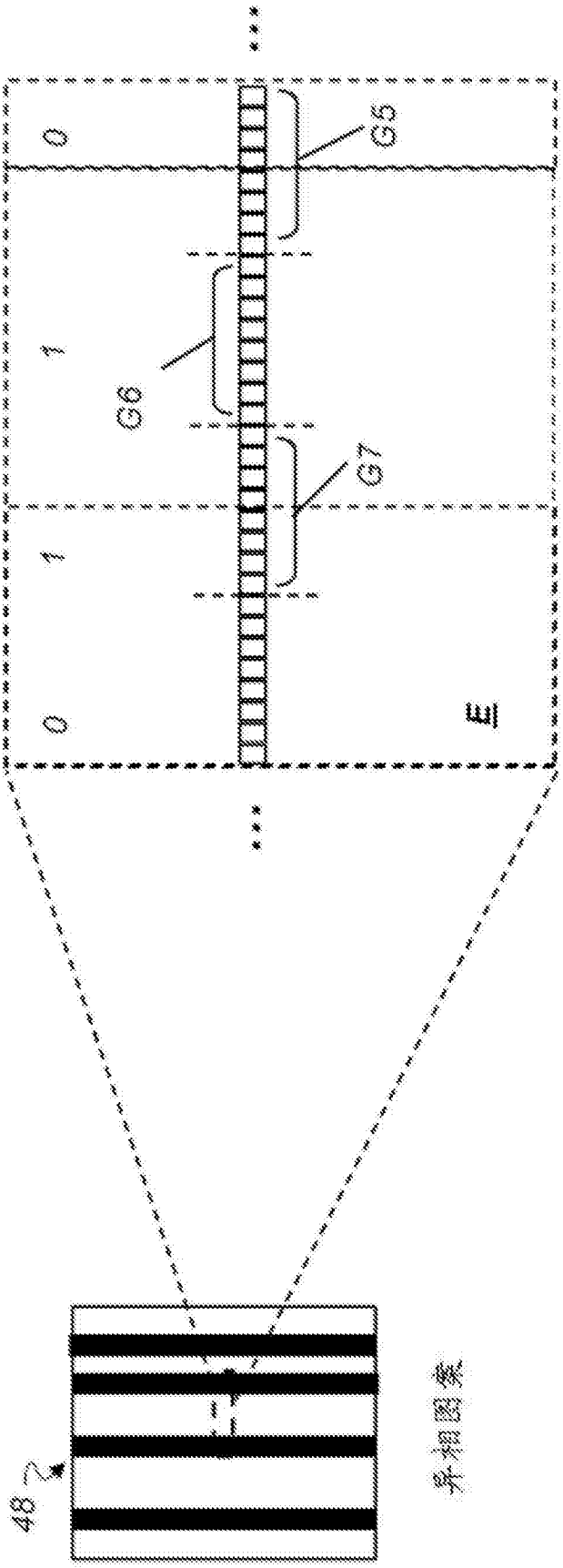


图8

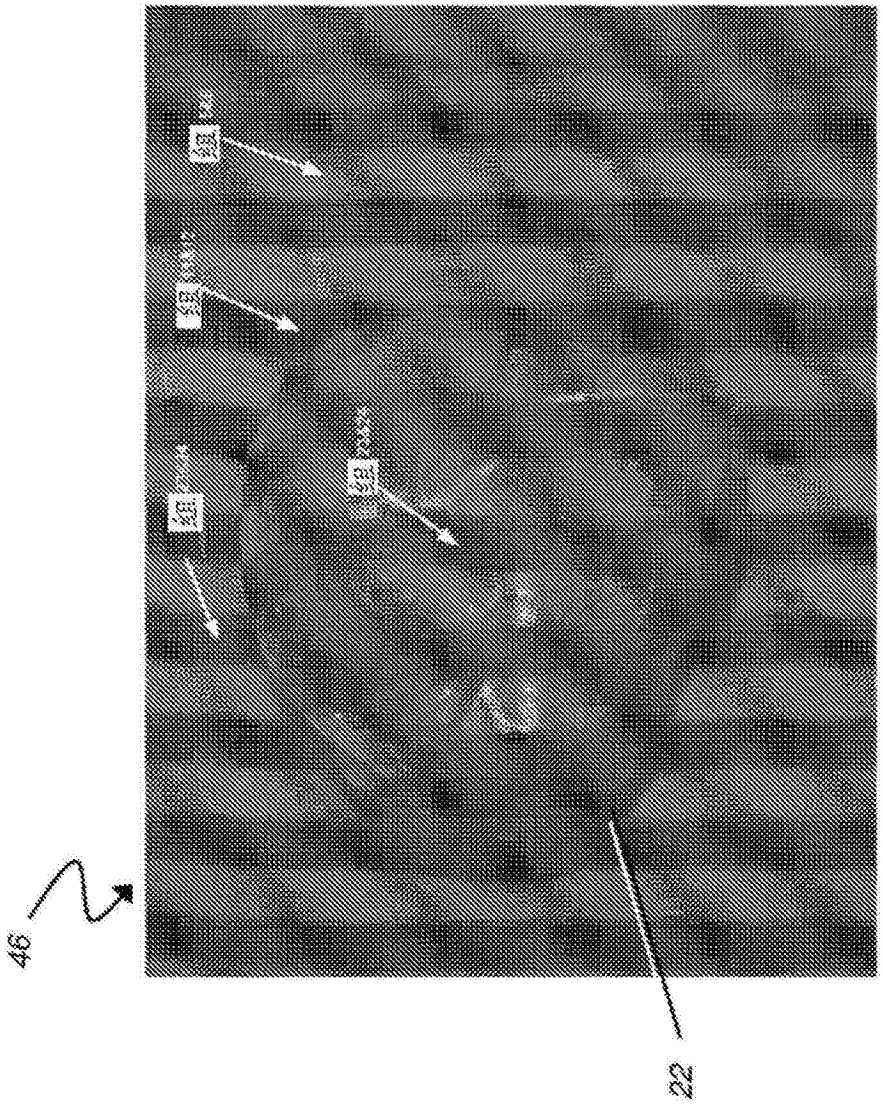


图9

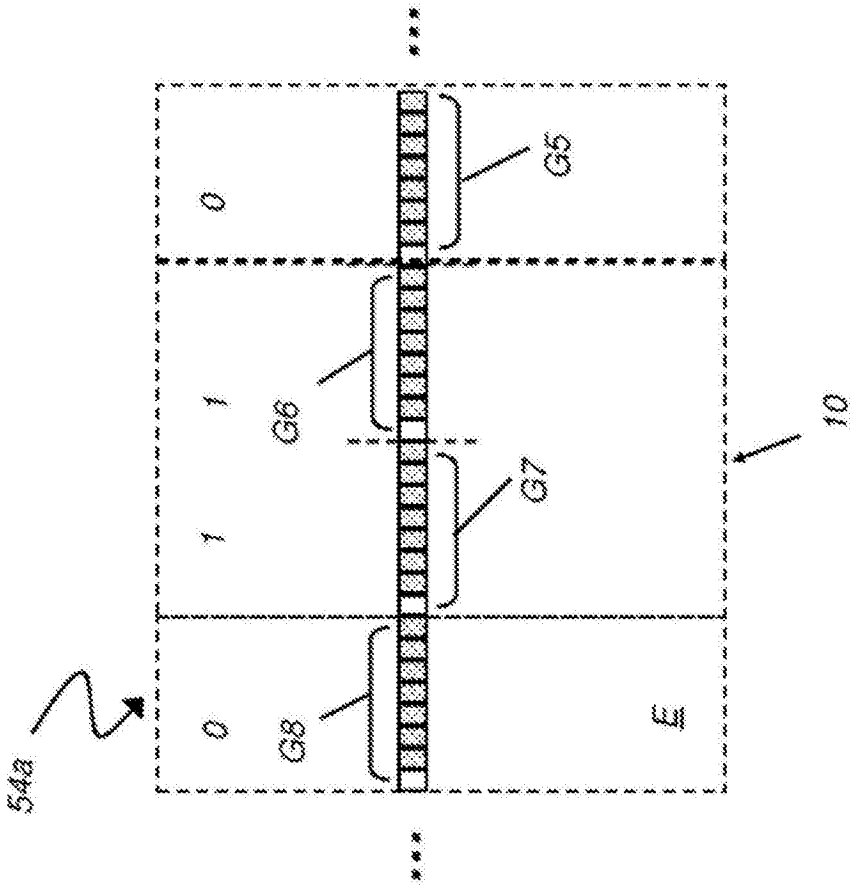


图10A

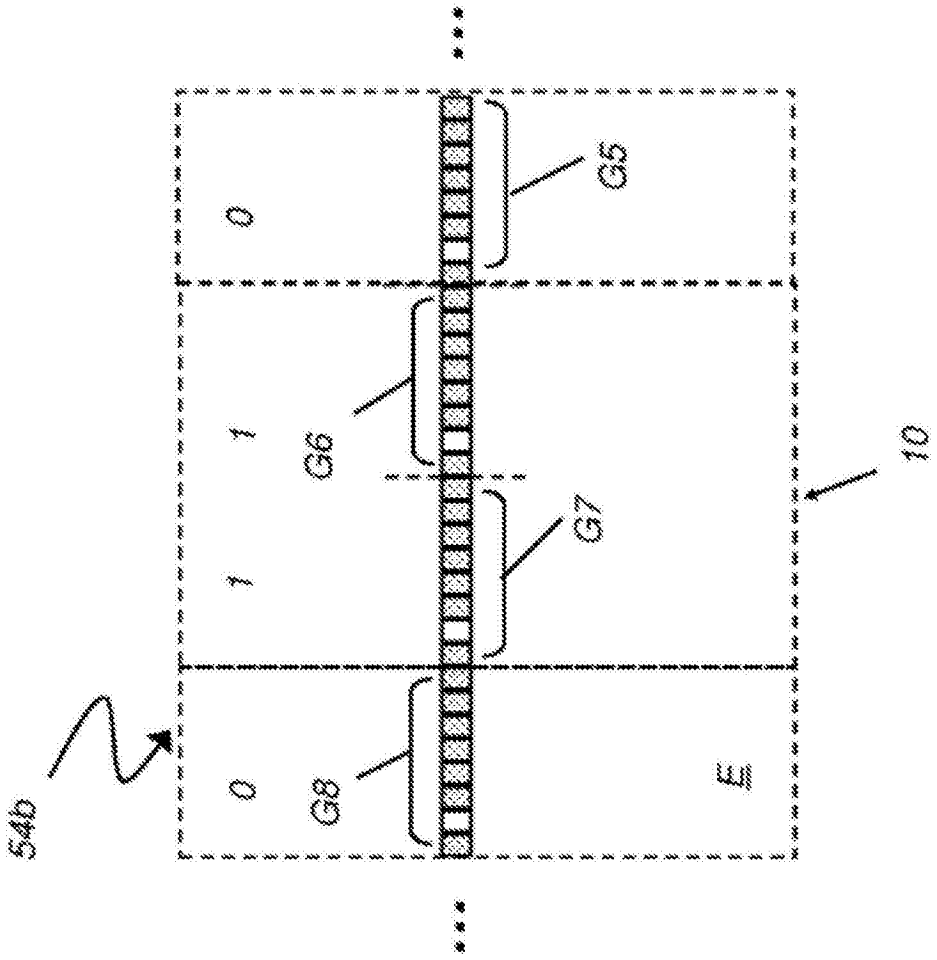


图10B

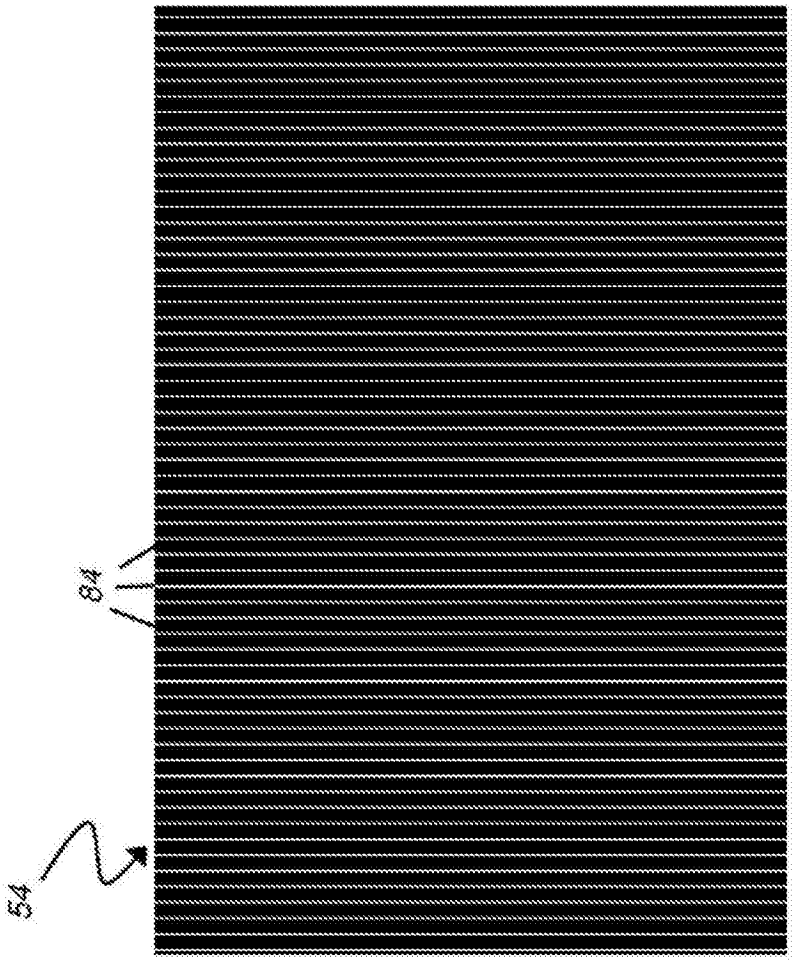


图11

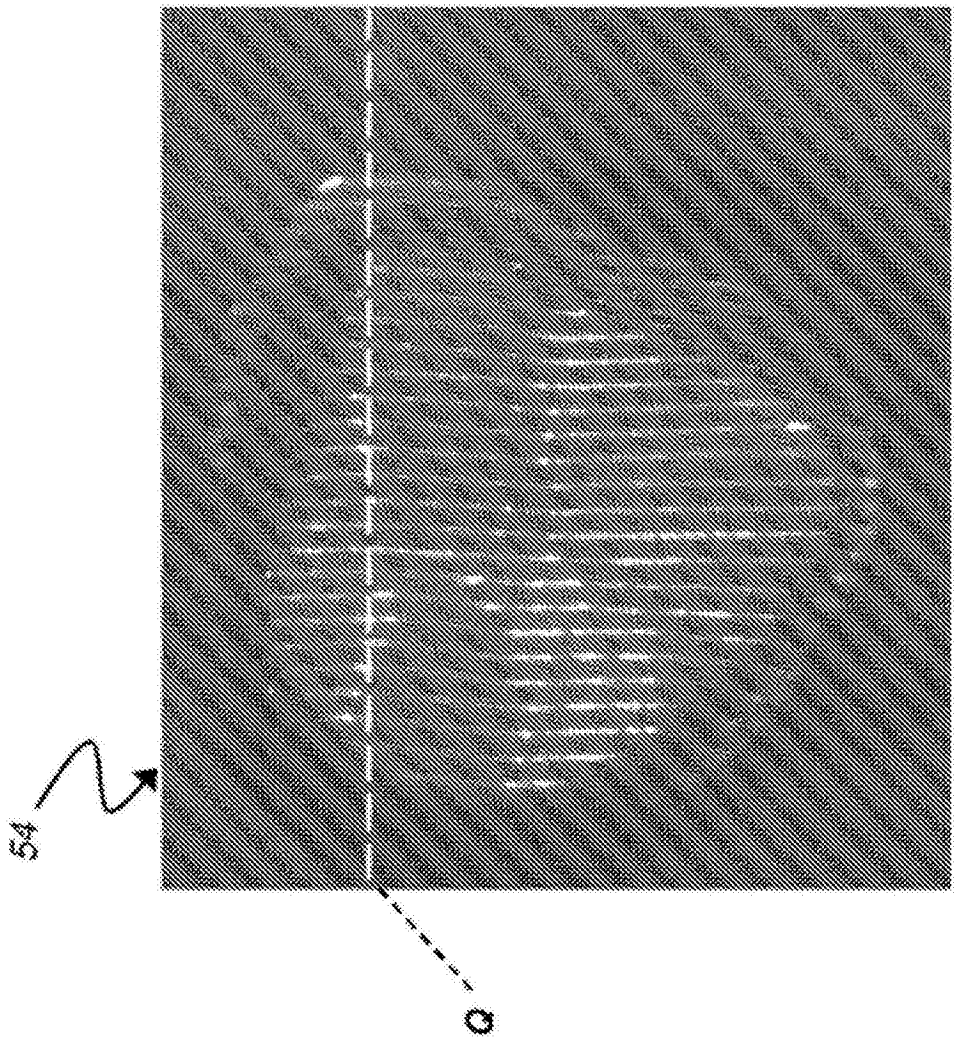


图12

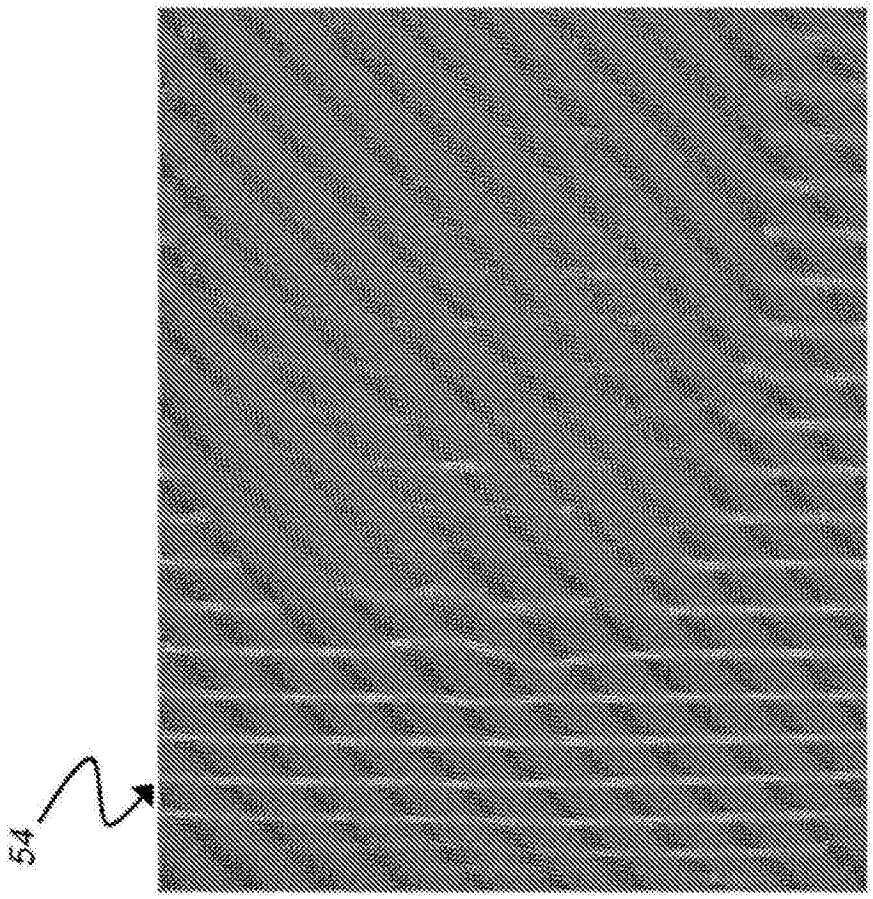


图13

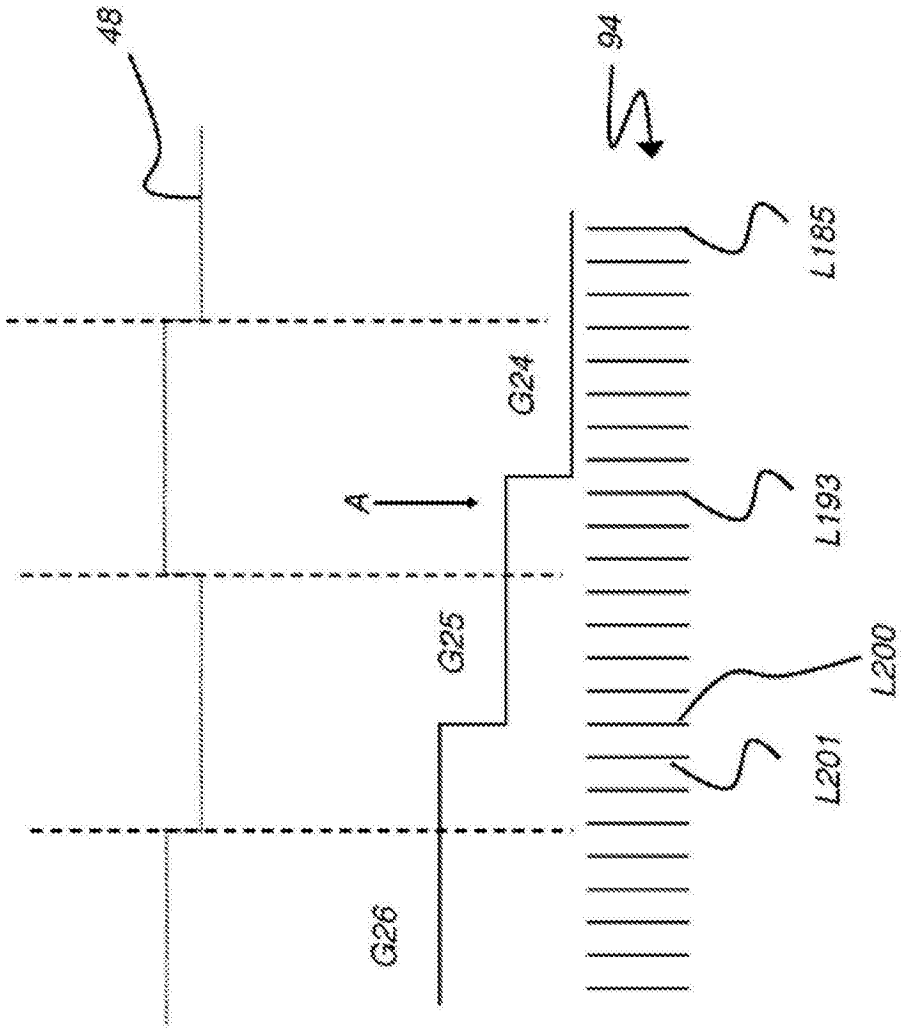


图14

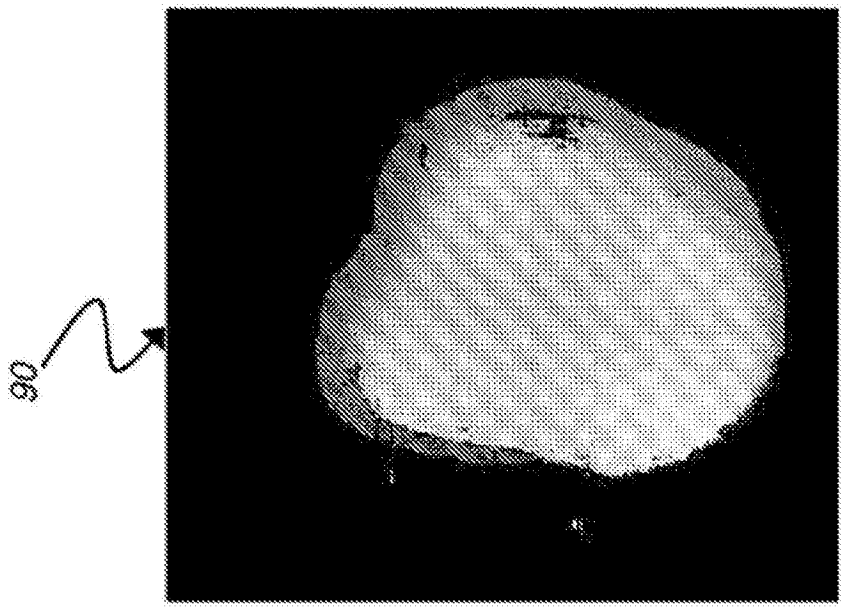


图15A

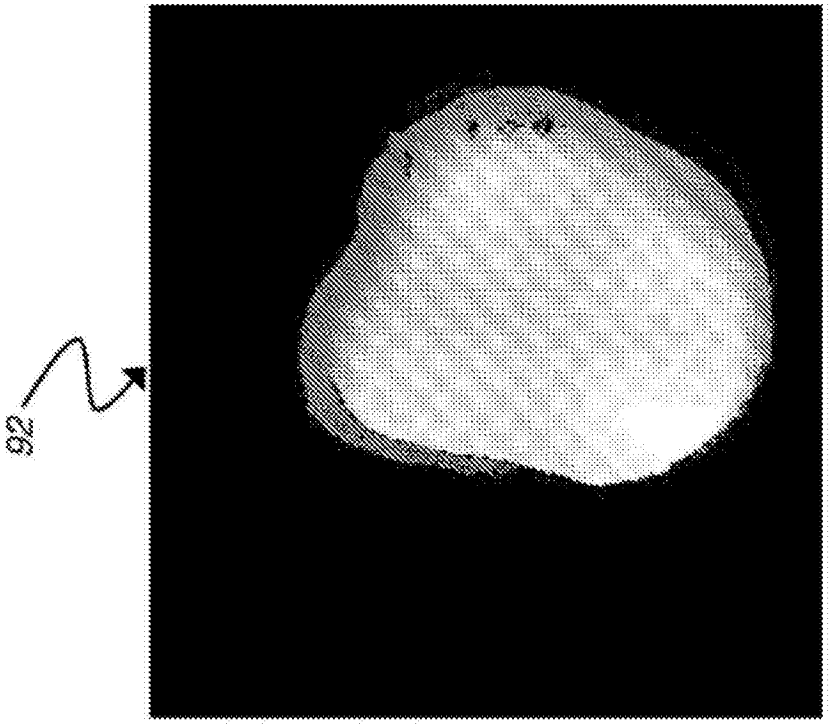


图15B

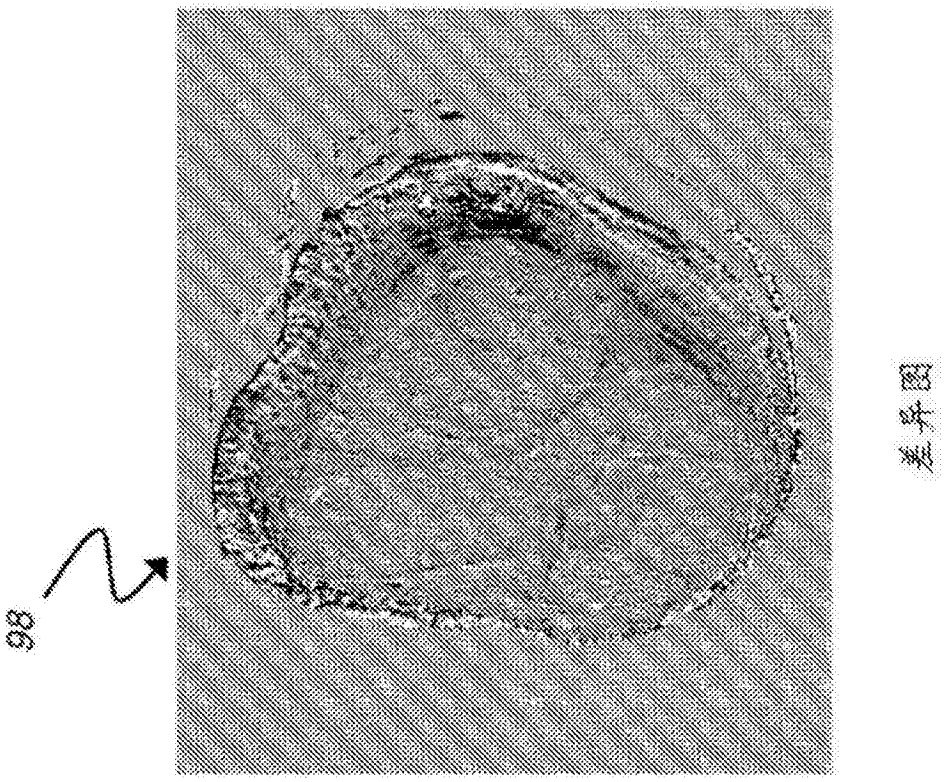


图16

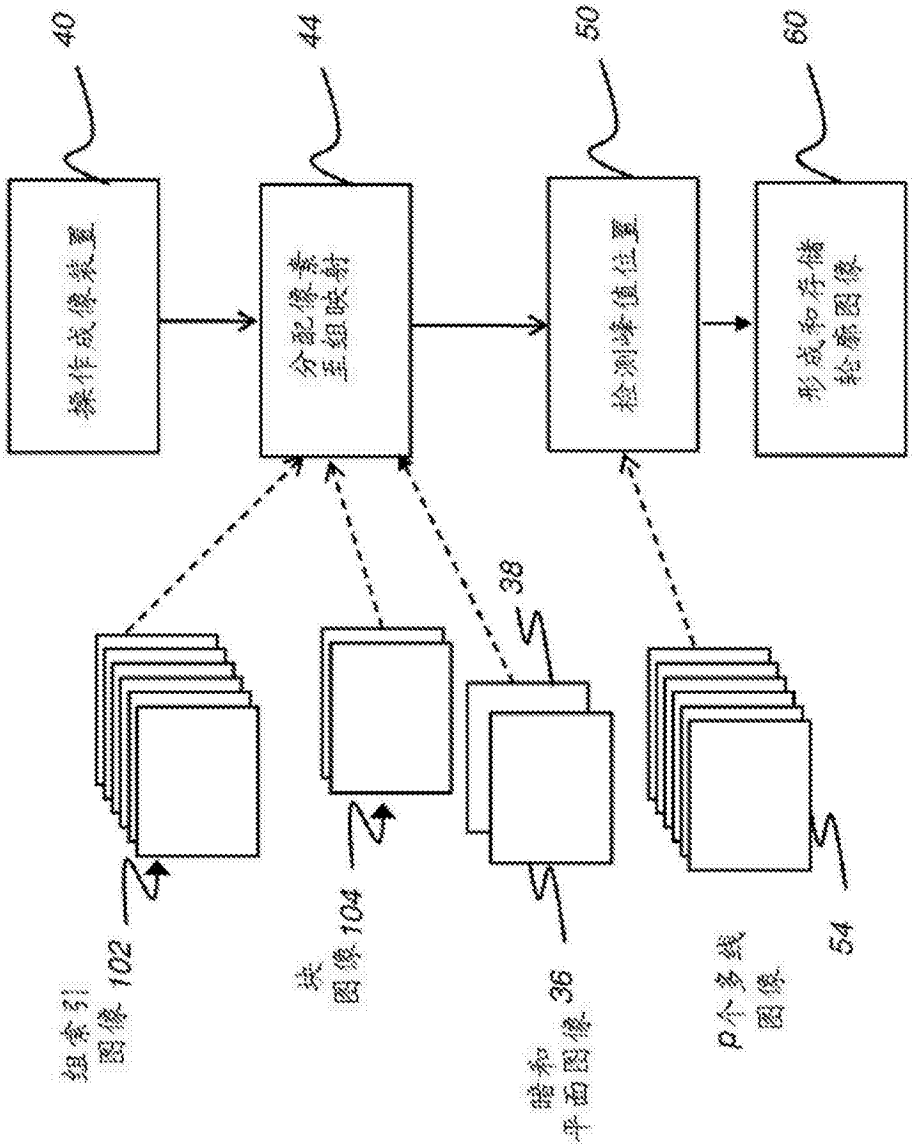

40
44
50
60
操作成像装置
分配像素至组映射
检测峰值位置
形成和存储轮廓图像
38
组合31图像102
块图像104
暗和平面图像36
p个多线图像
54

图17

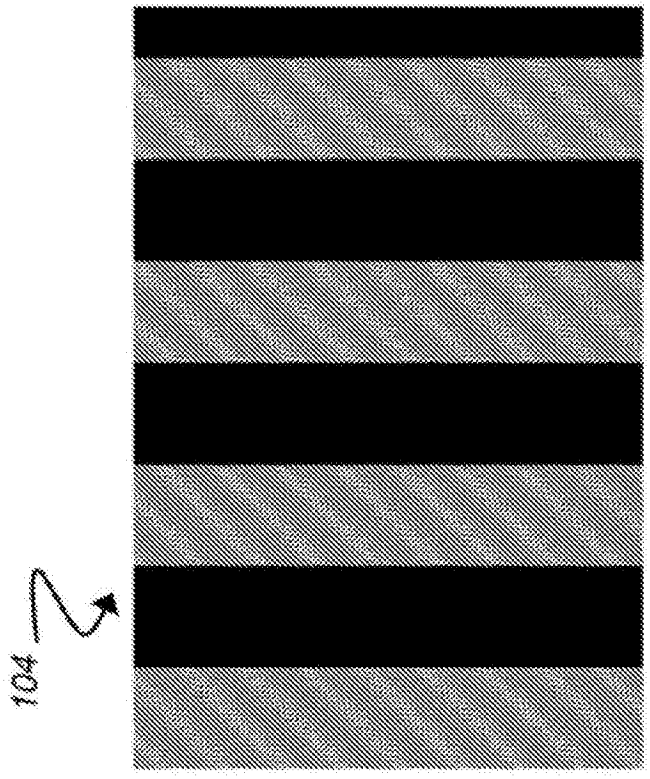


图18A

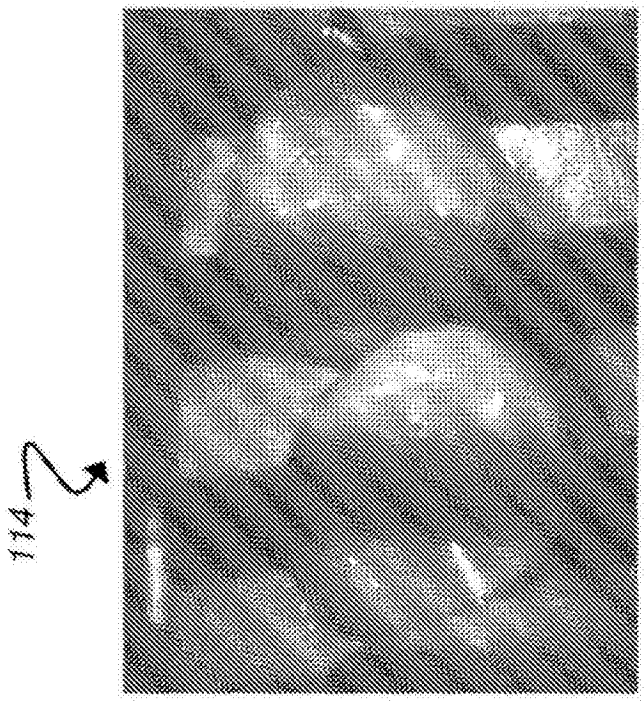


图18B

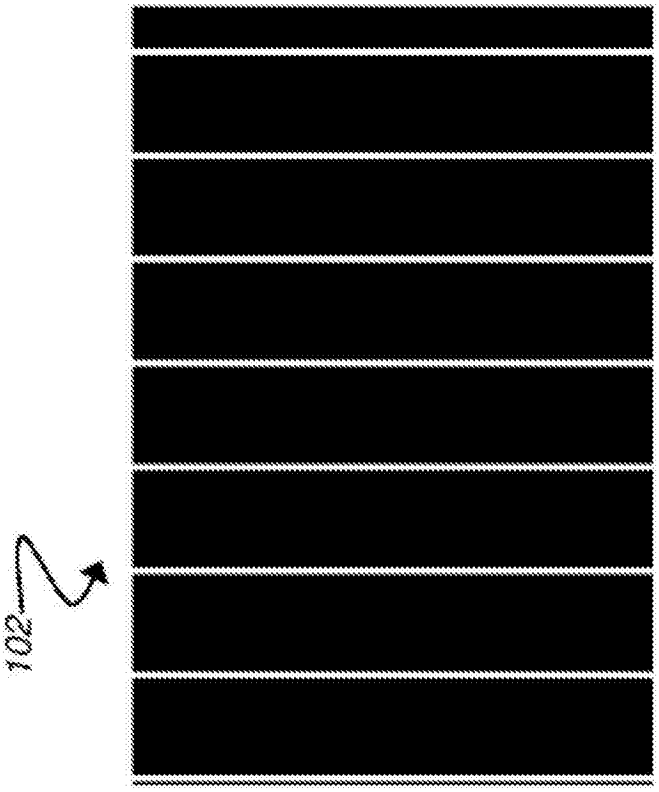


图19A

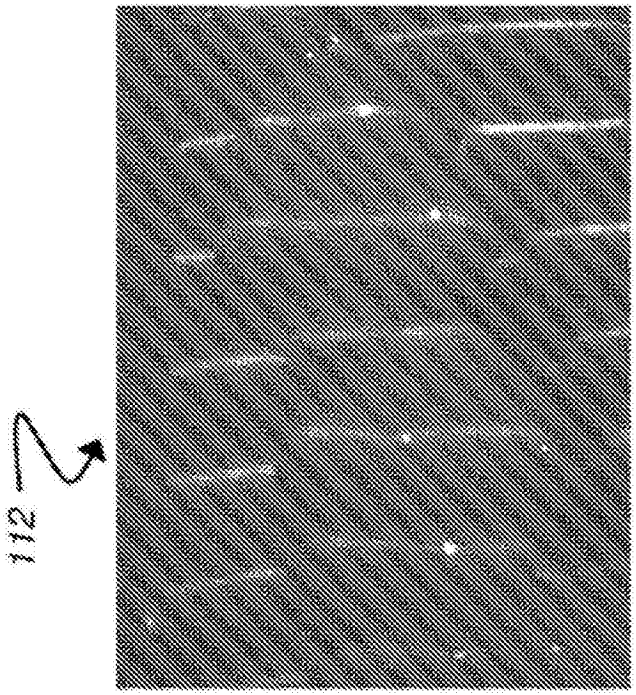


图19B

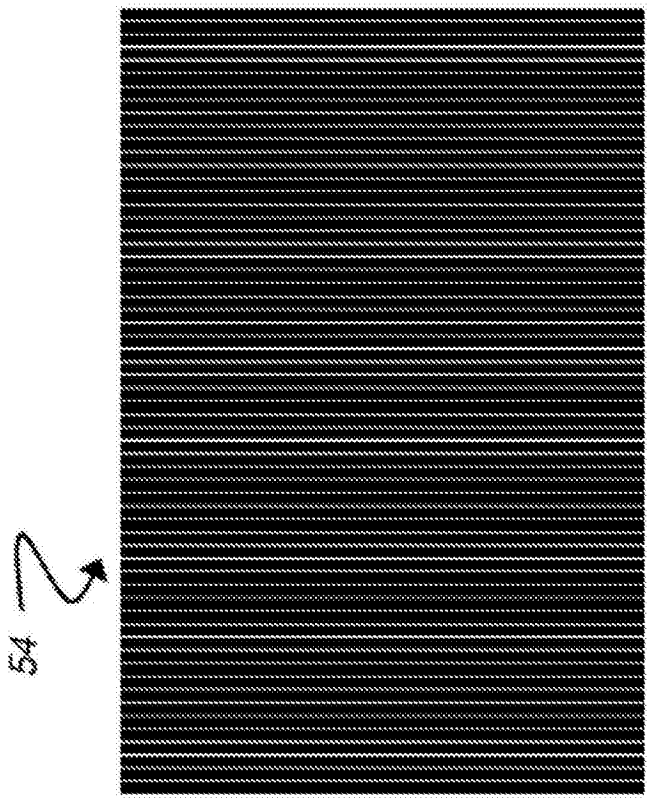


图20A

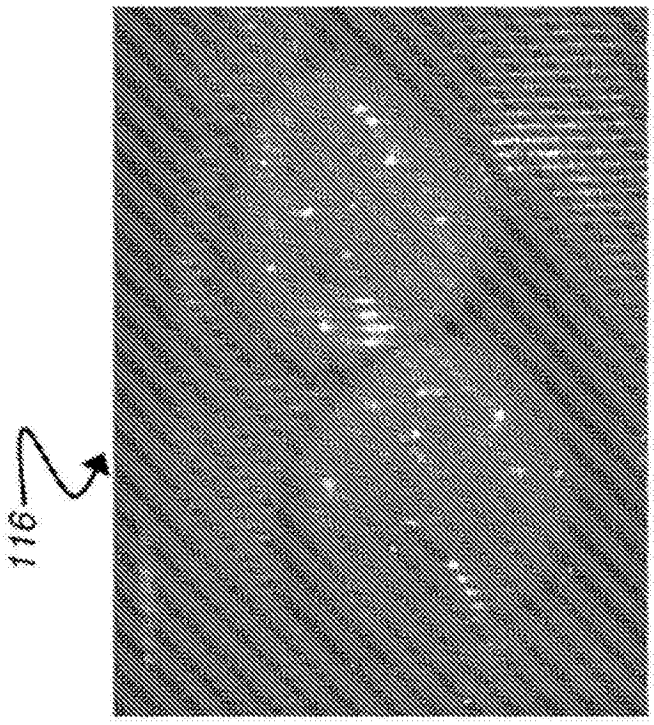


图20B

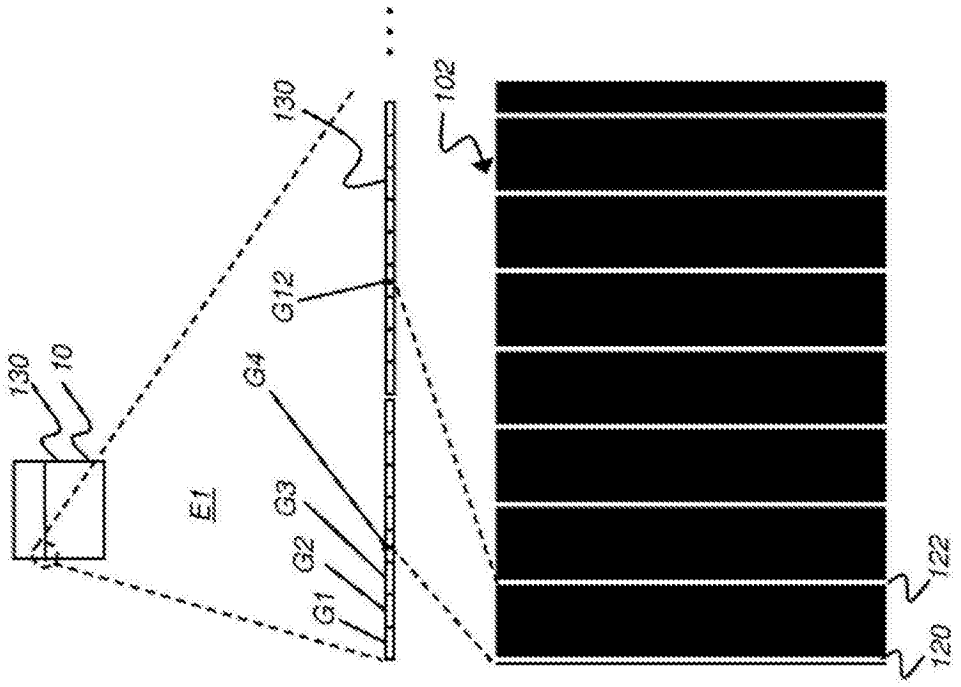

130
102
G12
130
10
G4
E1
G3
G2
G1
122
120

图21A

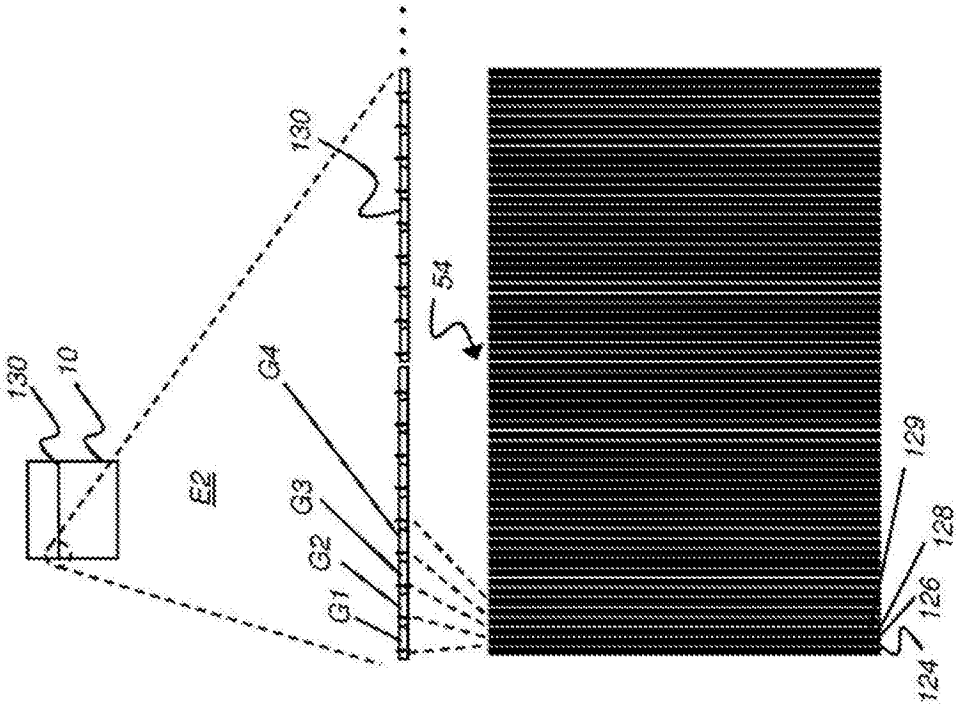

130
54
130
10
G4
E2
G3
G2
G1
129
128
126
124

图21B

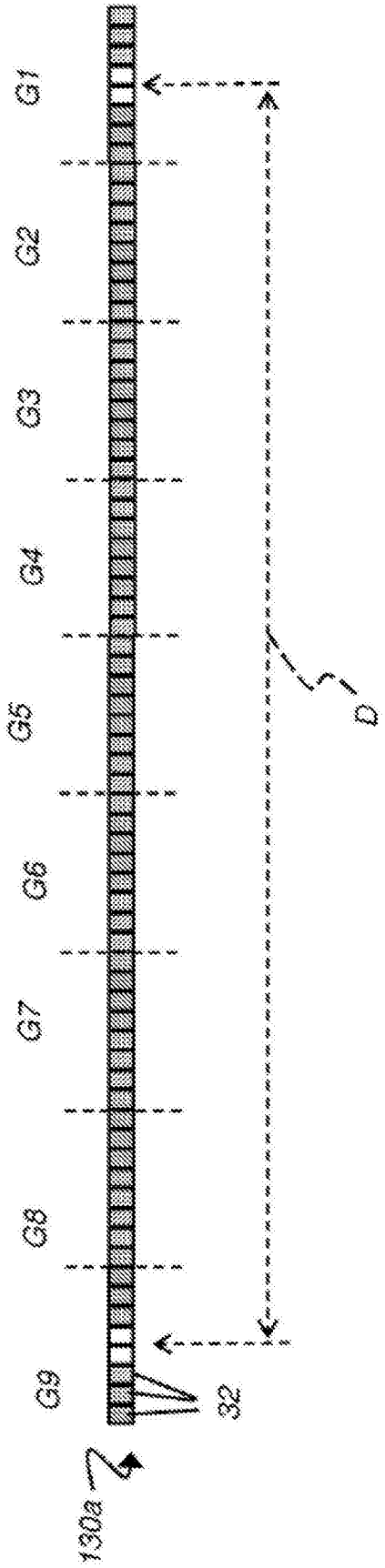

G1
G2
G3
G4
G5
G6
G7
G8
G9
D
32
130a

图22A

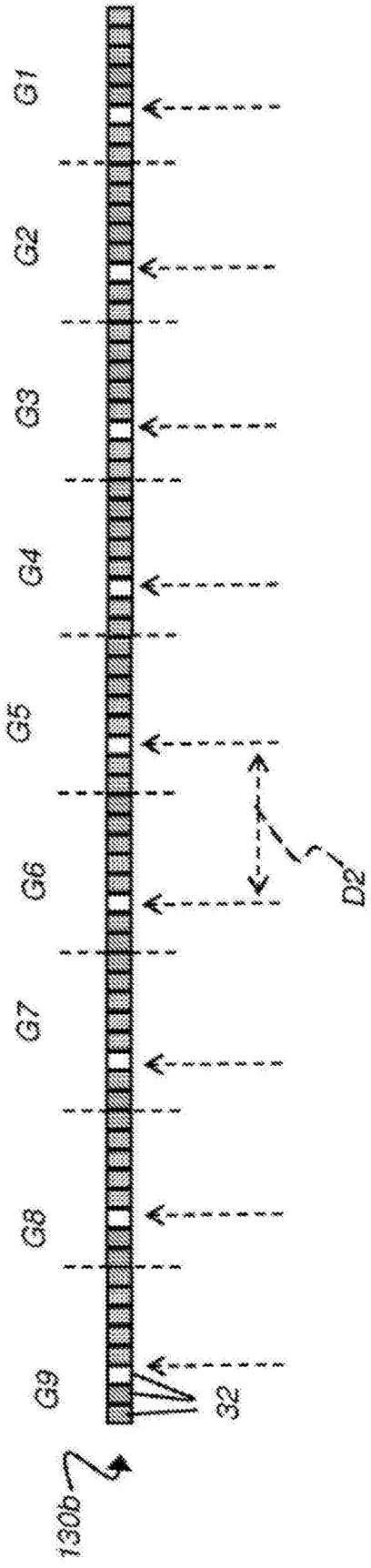

G1
G2
G3
G4
G5
G6
G7
G8
G9
D2
32
130b

图22B