(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 104272059 B
(45)授权公告日 2017.04.05

(21)申请号 201380023988.7

(22)申请日 2013.04.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104272059 A

(43)申请公布日 2015.01.07

(30)优先权数据
61/651,528 2012.05.24 US
61/651,529 2012.05.24 US
61/651,533 2012.05.24 US
61/651,535 2012.05.24 US
61/666,405 2012.06.29 US
13/785,981 2013.03.05 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.11.06

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/037235 2013.04.18

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/176808 EN 2013.11.28

(73)专利权人 高通股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 卡林·米特科夫·阿塔纳索夫
詹姆斯·威尔逊·纳什
维卡斯·拉马钱德兰
塞尔久·拉杜·戈马

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责任公司 11287
代理人 宋献涛

(51)Int.Cl.
G01B 11/25(2006.01)
G06T 7/00(2006.01)
H04N 5/21(2006.01)

(56)对比文件
CN 1302495 A,2001.07.04,
CN 1561508 A,2005.01.05,
CN 101086707 A,2007.12.12,
US 6088483 A,2000.07.11,
US 2004/0008880 A1,2004.01.15,
DE 102006015159 A1,2007.10.04,

审查员 张卫芳

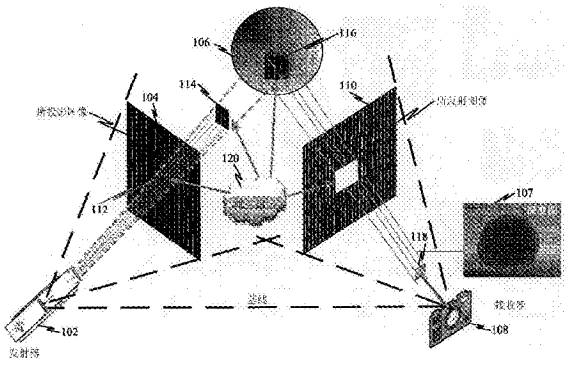
权利要求书2页 说明书18页 附图34页

(54)发明名称

仿射不变空间掩码中的代码的设计

(57)摘要

提供一种用于产生用于代码掩码的代码的方法。可将多个符号布置成n1乘n2符号结构，其中n1和n2为整数值。可从所述符号结构内的不同的重叠k1乘k2窗口定义多个码字，其中共线且在空间上重叠的窗口定义唯一码字，且所述码字在所述符号结构的第一方向上是唯一的，但在垂直于所述第一方向的第二方向上重复。将多个所述符号结构显现为代码掩码，其中选择两个邻近k1乘k2窗口中的符号以便避免所述两个邻近k1乘k2窗口中的码字的码字混叠。



CN 104272059 B

1.一种用于产生用于代码掩码的代码的方法，其包括：

将多个符号布置成n1乘n2符号结构，其中n1和n2为整数值；

从所述符号结构内的不同的重叠k1乘k2窗口定义多个码字，其中共线且在空间上重叠的窗口定义唯一码字，且所述码字在所述符号结构的第一方向上是唯一的，但在垂直于所述第一方向的第二方向上重复；以及

将多个所述符号结构显现为代码掩码，其中选择两个邻近k1乘k2窗口中的符号以便避免所述两个邻近k1乘k2窗口中的码字的码字混叠。

2.根据权利要求1所述的方法，其中所述代码掩码包含代码层和独立且相异的载体层，其中所述载体层包含对投影时的失真稳健的多个参考对象。

3.根据权利要求2所述的方法，其中所述载体层参考对象包括用其间的保护间隔同等地隔开的多个参考条带。

4.根据权利要求3所述的方法，其中每一参考条带具有与所述保护间隔不同的宽度。

5.根据权利要求3所述的方法，其中相对于保护间隔宽度的每一参考条带的所述宽度是通过发射器装置和/或接收器装置的预期光学扩散而确定。

6.根据权利要求1所述的方法，其中所述代码层的所述多个符号在至少一个维度中在空间上交错。

7.根据权利要求1所述的方法，其中所述不同的重叠k1乘k2窗口在两个维度中重叠。

8.一种代码掩码产生装置，其包括：

用于将多个符号布置成n1乘n2符号结构的装置，其中n1和n2为整数值；

用于从所述符号结构内的不同的重叠k1乘k2窗口定义多个码字的装置，其中共线且在空间上重叠的窗口定义唯一码字，且所述码字在所述符号结构的第一方向上是唯一的，但在垂直于所述第一方向的第二方向上重复；以及

用于将多个所述符号结构显现为代码掩码的装置，其中选择两个邻近k1乘k2窗口中的符号以便避免所述两个邻近k1乘k2窗口中的码字的码字混叠。

9.根据权利要求8所述的代码掩码产生装置，其中所述代码掩码包含代码层和独立且相异的载体层，其中所述载体层包含对投影时的失真稳健的多个参考对象。

10.根据权利要求9所述的代码掩码产生装置，其中所述载体层参考对象包括用其间的保护间隔同等地隔开的多个参考条带。

11.根据权利要求10所述的代码掩码产生装置，其中每一参考条带具有与所述保护间隔不同的宽度。

12.根据权利要求10所述的代码掩码产生装置，其中相对于保护间隔宽度的每一参考条带的所述宽度是通过发射器装置和/或接收器装置的预期光学扩散而确定。

13.根据权利要求8所述的代码掩码产生装置，其中所述代码层的所述多个符号在至少一个维度中在空间上交错。

14.根据权利要求8到13中任一权利要求所述的代码掩码产生装置，其中：

用于布置所述多个符号的所述装置和用于定义所述多个码字的所述装置包括处理电路；且

具有显现为代码掩码的所述多个所述符号结构的所述装置包括有形媒体，其中选择两个邻近k1乘k2窗口中的符号以便避免所述两个邻近k1乘k2窗口中的码字的码字混叠。

15.一种其上存储有用于产生代码掩码的指令的机器可读存储媒体，所述指令在由至少一个处理器执行时致使所述至少一个处理器执行根据权利要求1到7中任一权利要求所述的方法。

仿射不变空间掩码中的代码的设计

[0001] 相关申请案的交叉引用

[0002] 本专利申请案主张2012年5月24日申请的第61/651,528号美国临时申请案、2012年5月24日申请的第61/651,529号美国临时申请案、2012年5月24日申请的第61/651,533号美国临时申请案、2012年5月24日申请的第61/651,535号美国临时申请案及2012年6月29日申请的第61/666,405号美国临时申请案以及2013年3月5日申请的第13/785,981号美国非临时申请案的优先权。

技术领域

[0003] 各种特征涉及用于深度感测的空间掩码的设计，且更具体来说，涉及解决用于深度感测的空间掩码的失真的技术。

背景技术

[0004] 在主动感测中，包括已知图案的空间掩码被照亮或投影到场景或对象上。投影到场景或对象上的图案的结构通常编码所述场景或对象的深度信息。接收器传感器通过其上的空间掩码俘获所述场景或对象的图像。所俘获图像中的空间掩码内的图案或代码接着用以确定图像中的场景或对象的深度。此深度信息可用以例如重建构场景或对象的3维表示。

[0005] 大多数场景或对象具有不同深度，从而导致空间掩码中的图案的失真。即，在空间掩码投影到场景或对象上时，场景或对象的曲线、深度、形状致使投影到其上的图案的若干部分变得失真。此类失真往往会使得不能够准确地识别空间掩码的图案。

[0006] 因此，需要正确地辨识可能在各种条件下已失真的空间代码的解决方案。

发明内容

[0007] 提供一种用于产生用于代码掩码的代码的方法。可将多个符号布置成n1乘n2符号结构，其中n1和n2为整数值。可从所述符号结构内的不同的重叠k1乘k2窗口定义多个码字，其中共线且在空间上重叠的窗口定义唯一码字，且所述码字在所述符号结构的第一方向上是唯一的，但在垂直于所述第一方向的第二方向上重复。将多个所述符号结构显现为代码掩码，其中选择两个邻近k1乘k2窗口中的符号以便避免所述两个邻近k1乘k2窗口中的码字的码字混叠。所述不同的重叠k1乘k2窗口在两个维度中重叠。

[0008] 所述代码掩码可包含代码层和独立且相异的载体层，其中所述载体层包含对于投影时的失真稳健的多个参考对象。

[0009] 在一个实例中，所述载体层参考对象可包括用其间的保护间隔同等地隔开的多个参考条带。每一参考条带可具有与保护间隔不同的宽度。相对于保护间隔宽度的每一参考条带的宽度可通过发射器装置和/或接收器装置的预期光学扩散而确定。

[0010] 在一些实施方案中，所述代码层的所述多个符号可在至少一个维度中在空间上交错。

[0011] 类似地，还提供包括处理电路和有形媒体的代码掩码产生装置。所述处理电路可

经调适以：(a)将多个符号布置成n1乘n2符号结构，其中n1和n2为整数值；和/或(b)从所述符号结构内的不同的重叠k1乘k2窗口定义多个码字，其中共线且在空间上重叠的窗口定义唯一码字，且所述码字在所述符号结构的第一方向上是唯一的，但在垂直于所述第一方向的第二方向上重复。在所述有形媒体上，多个所述符号结构被显现为代码掩码，其中选择两个邻近k1乘k2窗口中的符号以便避免所述两个邻近k1乘k2窗口中的码字的码字混叠。

附图说明

[0012] 可在结合图式阅读时从下文阐述的详细描述明白各种特征、本质及优点，在图式中，相同参考字符始终对应地进行识别。

[0013] 图1说明示范性主动感测系统，其中使用已知图案来照亮场景或对象且获得借以从2维图像和/或信息产生3维信息的深度信息。

[0014] 图2说明用于主动感测的另一示范性系统，其中从2维(2D)图像或信息建构3维(3D)场景。

[0015] 图3说明可如何感测对象或场景的深度。

[0016] 图4说明为准确识别所投影代码时的问题的投影失真的实例。

[0017] 图5说明投影失真的另一实例。

[0018] 图6说明用于主动感测的典型空间译码所遇到的失真问题的实例。

[0019] 图7说明用于主动感测的典型空间译码是遇到的失真问题的另一实例。

[0020] 图8说明对空间译码时的失真问题的解决方案。

[0021] 图9说明可如何在形状经调制载体内表示二进制码字。

[0022] 图10说明使用载体层和代码层的代码微结构的进一步细节。

[0023] 图11(包括图11A和11B)说明使用载体层和代码层的代码微结构的进一步细节。

[0024] 图12说明使用三个灰阶等级(例如，黑色、白色和灰色)的第一复合代码掩码。

[0025] 图13说明使用两个灰阶等级(例如，黑色和白色)的第二复合代码掩码。

[0026] 图14说明具有正弦塑形的使用两个灰阶等级(例如，黑色和白色)的第三复合代码掩码。

[0027] 图15说明使用两个灰阶等级(例如，黑色和白色)的第四复合代码掩码。

[0028] 图16说明图15中的第四复合代码掩码的一部分。

[0029] 图17说明载体层与代码层的组合以及复合代码掩码的变换。

[0030] 图18说明所接收代码掩码的分解以及所接收代码掩码的对准或调整以获得原始代码层。

[0031] 图19说明可如何将所发射代码掩码投影在造成所接收代码掩码变换或失真的表面上的实例。

[0032] 图20说明可如何进一步拓宽图9的空间译码实例以包含空间调幅的实例。

[0033] 图21是说明用于产生复合掩码代码的掩码产生装置的框图。

[0034] 图22说明如何产生抗仿射变换的复合代码掩码的实例。

[0035] 图23说明用于产生码字和复合代码掩码的示范性方法。

[0036] 图24是说明可经配置以产生复合代码掩码和/或投影此类复合代码掩码的发射器装置的实例的框图。

[0037] 图25说明用于投影复合代码掩码的方法。

[0038] 图26是说明可经配置以从复合代码掩码获得深度信息的接收器装置的实例的框图。

[0039] 图27是说明接收器装置的示范性操作的框图。

[0040] 图28说明用于解码抗仿射变换的复合代码掩码内的所俘获码字的示范性方法。

[0041] 图29说明用于从所俘获代码掩码获得深度图的方法。

[0042] 图30说明码字分离如何指示码本基元重复使用距离。

[0043] 图31说明码本基元的重复使用距离与对象大小之间的关系。

[0044] 图32是说明用于通过重复使用码本基元来建构代码掩码的示范性方法的流程图。

[0045] 图33说明可如何将点扩散函数应用于对象以获得图像的实例。

[0046] 图34A说明空间域中的代码掩码载体的载体条带。

[0047] 图34B说明空间-频率域中的所得载体条带在其已经由发射信道传播之后的实例。

[0048] 图35A说明可如何将合成点扩散函数应用于载体条带以预先塑形空间域中的载体条带。

[0049] 图35B说明空间-频率域中的所得经预先塑形载体条带在其已经由发射信道传播之后的实例。

[0050] 图36说明可得到一组点扩散函数，可从其中选择一个PSF以对代码掩码载体在发射之前进行预先塑形。

具体实施方式

[0051] 在以下描述中，给出特定细节以提供对实施例的透彻理解。然而，所属领域的技术人员将理解，可在没有这些特定细节的情况下实践所述实施例。举例来说，可以框图展示电路以便避免以不必要的细节混淆所述实施例。在其它情况下，可不详细展示熟知电路、结构和技术以便不混淆所述实施例。

[0052] 本文中使用词语“示范性”意指“充当实例、例子或说明”。本文中描述为“示范性”的任何实施方案或实施例未必应解释为比其它实施例优选或有利。同样，术语“实施例”不要求所有实施例均包含所论述的特征、优点或操作模式。

[0053] 概述

[0054] 第一特征通过组合载体层(具有参考标记)与代码层(具有唯一码字)而提供对失真不变的空间掩码。所述载体层提供参考标记(例如，处于已知定向的条带)，其允许校正代码层的失真(例如，偏斜、旋转、压缩、伸长、倾斜，等)且因此允许接收器正确地识别码字。

[0055] 根据第二特征，提供紧凑的码字结构和码本。紧凑的码字结构是合乎需要的，因为其准许确认深度时的较大粒度。然而，码字应足够大以避免分段。另外，较小码本准许较快地使经取样码字与码本中的可能码字相关。可通过将码字定义为定义代码层的至少一个轴线或方向上的唯一码字的重叠窗口(k1乘k2符号窗口)来实现这些目标。

[0056] 根据第三特征，可通过使代码基元在代码掩码内复制或重复一或多次来产生代码掩码。码本基元可被定义为n1乘n2符号结构内的多个经空间译码且唯一的码字。可从所有可能码字的子组(例如，n1乘n2符号结构内的可能的符号组合)定义此类码本基元。可接着通过将码本基元在代码掩码中重复使用x次来产生代码掩码。

[0057] 示范性操作环境

[0058] 图1说明示范性主动感测系统，其中使用已知图案来照亮场景或对象且获得借以从2维图像和/或信息产生3维信息的深度信息。可在此类示范性主动感测系统内实施本文所述的一或多个方面和/或特征。此处，发射器102经由代码掩码104(例如，具有代码的图像)投影光场以将码字投影到对象或场景106上。接收器108俘获所投影代码掩码110和其中的码字。此实例说明如何将代码掩码104的区段/部分/窗口112投影(作为区段/部分/窗口114)到对象或场景106的表面(例如，所投影区段/部分/窗口116)上。所投影区段/部分/窗口116可接着由接收器108俘获为所俘获片段118。区段/部分/窗口112可用作可唯一地识别的码字。因此，通过以此方式用唯一码字覆盖场景或对象106，可识别/标记场景或对象106的区段/部分，且可使用此信息用于深度感测。

[0059] 从接收器108所俘获的图像，可识别场景或对象106上的多个片段。每一片段118可在接收器108处唯一地识别，且其相对于其它片段的位置可从经译码掩码104的已知图案确认。从每一片段/部分/窗口识别代码可涉及图案分段(例如，以解决失真)和所感知片段/部分/窗口到对应代码的解码。另外，三角测量可应用于每一所俘获片段/部分/窗口以确认定向和/或深度。多个此类片段/部分/窗口可经组合以将所俘获图像图案拼接在一起。以此方式，可产生场景或对象106的深度图。

[0060] 图2说明用于主动感测的另一示范性系统，其中从2维(2D)图像或信息建构3维(3D)场景。编码器/形状调制器201可用以产生代码掩码，所述代码掩码接着由发射器装置202经由发射信道204投影。所述代码掩码可投影到目标(例如，场景或对象)上，且反射光由接收器传感器205作为图像(例如，代码掩码图像)而俘获。在接收器传感器205(例如，图1中的接收器108)处，俘获目标(例如，场景或对象)，且编码其形状/深度。可例如使用所投影代码掩码实现形状/深度编码以确认深度信息。举例来说，可解码206场景或对象的所俘获图像(其包含所投影代码掩码)以获得深度图208。深度图208可接着用以呈现、产生和/或提供目标的3维版本210a到210e。

[0061] 主动感测依赖于能够从由发射器装置202投影于场景或对象上的代码掩码辨识(在接收器传感器205和/或解码器206处)出所有空间代码(即，码字)。如果场景或对象过于接近于发射器/接收器，则场景或对象的表面成角/弯曲，且/或基线参考平面倾斜，代码在未知的仿射变换下被修改(例如，旋转、偏斜、压缩、伸长，等)。

[0062] 可在图1和2的示范性环境内实施本文所述的一或多个方面或特征。

[0063] 示范性主动深度感测

[0064] 图3说明可如何感测对象或场景的深度。此处，发射器装置302与接收器装置304处于相同的基线参考平面(例如，透镜平面305)上。发射器装置302将代码掩码310经由孔口或透镜投影到场景或对象上。此处，出于说明的目的，所投影片段/部分/窗口312(表示码字)展示为所发射代码掩码310的部分。此代码片段/部分/窗口312可在第一距离或第二距离处投影在场景或对象306上。接收器装置304经由接收器孔口俘获所投影代码掩码310(作为所接收代码掩码311)。此处，所发射代码掩码310展示为与所接收代码掩码311处于相同传感器平面307上。可了解，当场景或对象306位于较接近于发射器装置302处(例如，距发射器装置第一距离)时，所投影片段312出现在距其初始位置距离d1处。同时，当场景或对象308位于更远处(例如，距发射器装置第二距离)时，所投影片段/部分/窗口312出现在距其初始位

置距离d2处(其中d2＜d1)。即,对象距发射器/接收器越远,所接收的投影片段/部分/窗口在接收器装置304处距其原始位置越近(例如,传出投影与传入投影更为平行)。相反,对象距发射器/接收器越近,所接收的投影片段/部分/窗口在接收器装置304处距其原始位置越远。因此,所接收与所发射码字位置之间的差异给出场景或对象的深度。在一个实例中,此类深度(例如,相对深度)可提供每一像素或成群像素的子组(例如,具有两个或两个以上像素的区域)的深度。

[0065] 已构想各种类型的调制和译码方案来产生代码掩码。这些调制和译码方案包含时间译码、空间译码,和直接编码(direct codification)。然而,每一方案都存在缺点。

[0066] 在时间译码中,图案连续地投影到测量表面上(例如,随时间推移)。此技术具有高准确度和分辨率,但不适合于动态场景。

[0067] 在空间译码中,信息基于形状和图案编码于局部邻域中。伪随机代码可基于定义码本的德布鲁因(De-Bruijn)或M阵列(例如,多元强度或色彩调制)。然而,图案分段是至关重要的,且在形状和图案失真的情况下不容易实现。

[0068] 在直接编码中,编码水平和垂直像素坐标两者。可通过单调相位或强度波形进行调制。然而,此方案需要实施大的码本。因为在俘获之后,必须使每一码字与可能码字(例如,码本中的)的所定义组相关,因此使用码字的小组(例如,小码本)是合乎需要的。而且,最小距离小,其造成错误。

[0069] 投影失真问题

[0070] 图4说明为准确识别所投影代码时的问题的投影失真的实例。此处,代码掩码片段402已投影在表面404上,表面404和发射器与接收器之间的基线参考平面406成角度θ。因此,所接收代码掩码片段408存在失真。在接近的范围处,倾斜表面造成投影失真,其可导致翘曲的图案、移位到视野外部,和/或代码混叠。此处说明所接收代码掩码片段412的混叠。而且,说明投影失真,其中字“Qualcomm”414已由于投影变换418而失真416。

[0071] 图5说明投影失真的另一实例。此处,典型代码掩码502已投影在表面上,且所接收/所俘获代码掩码504已失真。分布式代码在分段期间对于投影失真并不稳健。准确的分段需要复杂的对齐和上下文信息。相关窗口508和512用以试图恢复原始代码掩码。然而,如此处所说明,接收器相关窗口512仅俘获失真的代码掩码片段的一部分。

[0072] 图6说明用于主动感测的典型空间译码所遇到的失真问题的实例。主动感测依赖于能够辨识所有空间代码。如果对象接近于发射器/接收器且/或平面倾斜,则代码在未知的仿射变换下被修改。此处,初始代码602已由于其投影到的对象的表面或平面或归因于发射器与接收器未对准而失真。因此,在一些实例中,所接收代码604可能比预期要窄且/或所接收代码606可能倾斜或歪斜,从而使得难以检测到正确的代码。

[0073] 图7说明用于主动感测的典型空间译码是遇到的失真问题的另一实例。在这些实例中,说明在空间译码中,码字可能变换成另一有效码字,因此使得难以进行主动感测。举例来说,第一组邻近码字702可投影到致使码字倾斜的对象平面或表面508上。因此,第一码字704可能被不正确地检测为经变换码字706。注意,尽管第一码字704具有白色条带继之以黑色条带,但经变换码字706大部分为白色,且可误解为有效码字。

[0074] 示范性复合代码掩码

[0075] 图8说明对空间译码时的失真问题的解决方案。在此方法中,可通过重叠在代码层

804上的载体层802来建构代码掩码。此处，载体层802可包含宽的黑色行806(即，保护间隔)，其间具有较细的白色行808(即，参考条带)。细白色行808(即，参考条带)对应于代码层804中的代码条带812的位置。载体层802是冗余层，其可经提取且用以估计码字的仿射变换。代码层804是指定包括代码掩码的不同码字的实际二进制图案。

[0076] 图9说明可如何在形状经调制载体904内表示二进制码字902。经调制载体904可包含代码/参考条带906(例如，主动条带)和保护间隔908。载体层902可由主动条带宽度w1和保护间隔w2界定。主动条带宽度w1可通过发射器上的功率要求而确定。保护间隔w2可通过发射器/接收器点扩散函数(PSF)而确定。此处，三态灰阶系统用以表示保护、“0”和“1”，其中“0”与“1”等级比率可为50％。

[0077] 图10说明使用载体层和代码层的代码微结构1002的进一步细节。在此实例中，代码掩码的大小可为n1 x n2，其中n1＝7(垂直)，n2＝585(水平)，使得总共4095个唯一码字是可能的。通过使用这些码字的子组，较小码本是可能的。较小码本可为合乎需要的，因为其减小确认是否发现码字匹配所必须执行的比较的数目。即，可将所接收/所俘获代码掩码与用以确认其中的每一码字的码本相比较。此类比较可涉及匹配码本中每一码字所定义的所接收/所俘获代码掩码的区域以确认匹配(例如，或最接近匹配)。因此，减小码本的大小(例如，使用少数码字)减小发现码字匹配所需的比较的数目，且减少发现所接收/所俘获代码掩码的码字匹配的处理资源和/或时间。

[0078] 用于码字的代码掩码窗口的大小(例如，k1 x k2窗口)可取决于所寻求的最小可检测对象。举例来说，代码掩码窗口可为k_1 x k_2＝3 x 4符号窗口。因此，窗口大小由最小可检测对象大小(例如，可检测对象或特征)和此类对象检测所发生的距离来界定。另外，深度分辨率可等于载体间距。保护间隔为针对未知扩散的对策。所选参数可提供分辨率与检测之间的平衡。

[0079] 代码结构的设计影响可实施有效码字检测的方式。举例来说，以下情况将为优选的：代码能够支持静态和动态场景两者(例如，在对象处于运动的情况下)，以使得可一次性或在一次投影中部署代码掩码。代码应具有高的深度分辨率，其意味着大量码字。然而，代码应密集地封装，例如，经嵌合码字必须是唯一的。代码应对于遮挡和跳转边界为稳健的。因此，紧凑的窗口可比细长的窗口不太可能被破坏。代码还应具有高特征分辨率，以使得可更容易地检测对象或场景的细节(例如，具有小调制“形状波形”)。代码在分段方面还应具有低复杂度(例如，图案应简单)。代码对于投影失真应为稳健的(例如，图案对于投影变换应相对不变)。另外，代码对于反射率变化和干扰应为稳健的(例如，调制应仅需要少数强度等级)。

[0080] 图11(包括图11A和11B)说明使用载体层和代码层的代码微结构的进一步细节。示范性代码掩码1106(例如，符号结构)可显现为多个定向符号(例如，线段)且与载体层组合以产生复合代码掩码1102。每一码字可由符号窗口(例如，线段)表示。举例来说，此处表示多个码字，其中窗口是重叠的。图11B说明可如何通过重叠窗口1108、1110、1112和1114定义多个码字。

[0081] 在一个实施方案中，发射器和接收器可设置在相同的水平平面上。代码层1106归因于其完美的窗口特性而最大限度地密集，这意味着所有重叠窗口定义唯一代码(例如，至少对于代码层的相同列或行)。使窗口在至少一个方向上(例如，水平地)移位一个单位导致

唯一码字。举例来说，x方向上的码字可为唯一的。然而，为保持码本尽可能小(例如，以减少所检测码字必须与之相关以发现匹配的码字的数目)，垂直方向上的码字不需要是唯一的。举例来说，在定义具有刚好足够横跨代码层或代码掩码的x方向的唯一码字的码本之后，可在y方向上重复所述码字。这是因为深度信息是从在一个方向(x方向)上感知/俘获的码字获得(如图3中所示)。因此，在横向方向(y方向)上具有唯一码字是不必要的。而且，复合代码掩码1102的宽度可取决于所关注的对象或场景所位于的距离而加以选择(例如，复合代码掩码的宽度可足够宽以在单个投影中俘获所关注的对象或场景)，并且还避免混叠(例如，在复合代码掩码重复使用码字的情况下，复合代码掩码应足够宽以避免重复使用的码字的错误检测)。

[0082] 在替代实施方案中，其中发射器与接收器可设置在相同垂直平面上。在此实例中，y方向上的码字可为唯一的，且x方向上的码字可重复。

[0083] 在一个实例中，代码层1106中的二进制符号可伪随机地布置，以便实现至少一个方向(例如，x方向)上的唯一码字。在另一实例中，二进制符号可经布置以便最大化由每一窗口表示的码字的汉明间距(Hamming distance)。此允许通过基于汉明间距选择最接近码字而对所检测/所俘获码字进行错误校正。

[0084] 码字(如由光学接收器感知)可用以表示对象(或对象的部分)的深度信息，且连同对象的图像一起作为图像文件的部分而发射。举例来说，对于MxN图像，图像文件1104可包含2维图像信息连同图像的片段/部分的深度信息(例如，从所检测码字产生)。举例来说，每一码字可产生为深度以表示2维图像的p1xp2像素窗口。

[0085] 图12、13、14和15说明复合代码掩码的各种实例。

[0086] 图12说明使用三个灰阶等级(例如，黑色、白色和灰色)的第一复合代码掩码1200。在此实例中，黑色用于保护间隔，且白色/灰色用于代码/参考条带。

[0087] 图13说明使用两个灰阶等级(例如，黑色和白色)的第二复合代码掩码1300。在此实例中，黑色用于保护间隔，且白色/黑色用于译码/参考条带。因此，可从用于译码的白色条带(例如，码字)的存在检测参考条带。

[0088] 图14说明具有正弦塑形的使用两个灰阶等级(例如，黑色和白色)的第三复合代码掩码1400。在此实例中，黑色用于保护间隔，且白色/黑色用于译码/参考条带。因此，可从用于译码的白色条带(例如，码字)的存在检测参考条带。正弦塑形可用以使复合代码掩码1400的元素预先失真。在此实例中，复合代码掩码的此类预先失真已导致代码条带的模糊和圆化。此类预先失真可用以补偿环境和/或对象表面失真，由此改善接收器对所投影复合代码掩码中的码字的检测。

[0089] 图15说明使用两个灰阶等级(例如，黑色和白色)的第四复合代码掩码。在此实例中，黑色用于保护间隔，且白色/黑色用于译码/参考条带。在此实例中，代码条带仅沿着x轴对准，但沿着y轴交错。

[0090] 图16说明图15中的第四复合代码掩码1500的部分1502。此处可了解，代码条带沿着y轴交错。使代码条带交错意味着用以定义码字的条带在x轴和y轴两者上都不对准。如例如从图13可感知，白色条带(用于译码)沿着x轴和y轴存在对准(例如，在白色条带的顶部对准的情况下，即使当白色条带具有不同长度时也是如此)。相比之下，在图16中，白色条带(用于译码)仅沿着一个轴线(例如，x轴)对准但在第二轴线(y轴)上不对准(例如，白色条带

的顶部或底部都不对准，改为其跨越代码掩码的至少一部分交错）。

[0091] 在不交错的情况下，存在以下可能性：当代码掩码投影到具有成角表面的对象上时，失真可造成代码掩码的不同部分（例如，非邻近部分、单独部分，等）被错误地俘获为码字。相比之下，通过使白色条带交错，检测到此类错误或非所要的码字的概率显著缩小。即，图15和16的替代掩码布置所述条带以使得其在至少一个维度或轴线中交错，从而使得不大可能会检测到错误或非所要的码字。

[0092] 图17说明载体层与代码层的组合以及复合代码掩码的变换。载体层1702组合或重叠在代码层1704上以获得复合代码掩码1706。作为其在不平坦的或成角的表面上的投影的结果，复合代码掩码1706可能变换成所俘获代码掩码1708。

[0093] 图18说明所接收代码掩码的分解以及所接收代码掩码的对准或调整以获得原始代码层。所接收代码掩码1802可能被变换以使得其相对于原始代码掩码不对准。然而，因为使用已知载体层，因此所接收代码掩码1802可分解成所接收载体层1804和所接收代码层1806。可分析和/或确认所接收载体层1804的仿射变换，方法是将其与原始载体层（图17中的1702）进行比较。以此方式识别载体层的仿射变换之后，可调整所接收代码层1806以获得实质上匹配原始代码层（图17中的1704）的经调整代码层1808。

[0094] 图19说明可如何将所发射代码掩码1902投影在造成所接收代码掩码1904变换或失真的表面上的实例。如可了解，代码掩码1902和1904中的参考条带1910和1912可用以对准所接收代码掩码1904。

[0095] 图20说明可如何进一步拓宽图9的空间译码实例以包含空间调幅的实例。通过窗口（例如，3x4符号窗口）内的多个符号定义码字2002。可通过根据不同强度等级（例如，灰阶等级或色彩）使用调幅来区分每一符号s_k与其它符号。此处，强度等级由不同色彩表示。因此，经调幅码字2004说明由四个（4）类型的符号（a1、a2、a3、a4）构成的码字。所得码字掩码2006说明如何将经调幅码字2004映射到具有保护频带的线性载体上。注意，还可通过塑形功能调制所述载体以改善码字的发射和/或接收特性。

[0096] 图21是说明用于产生复合掩码代码的掩码产生装置的框图。掩码产生装置2102可包含处理电路2104，所述处理电路2104实施代码层产生器/选择器电路2116、载体层产生器/选择器电路2118、复合代码掩码产生器/选择器电路2120，和/或预先塑形电路2122。处理电路2104可耦合到存储器/存储装置2106和/或有形媒体2108。

[0097] 代码层产生器/选择器电路2116可经配置/经调适以产生代码层（例如，图11A、11B、图20，等）和/或选择预先产生的代码层（例如，存储在存储器/存储装置2110中）。载体层产生器/选择器电路2118可经配置/经调适以产生载体层（例如，图9、图20，等）和/或选择预先产生的载体层（例如，存储在存储器/存储装置2112中）。复合代码掩码产生器/选择器电路2120可经配置/经调适以通过组合代码层与载体层而产生复合代码掩码且将复合代码掩码2114存储在存储器/存储装置2106和/或有形媒体2108（例如，胶片、数字数据存储装置，等）中。另外，预先塑形电路2122可经调适以预先塑形代码层与载体层中的至少一者以补偿预见或预期信道失真（例如，在信道包含将经由其投影复合代码掩码的路径和/或轨道的情况下）。

[0098] 图22说明如何产生抗仿射变换的复合代码掩码的实例。获得2202由多个符号定义的可唯一识别的经空间译码码字的代码层。举例来说，代码层可包括多个符号或图形（例

如，n1个符号x n2个符号)，如在代码层804(图8)中。在一个实例中，代码层可包括n1乘n2二进制符号，其中n1和n2为大于二的整数。在一些实施方案中，所述符号或图形可为两个灰阶阴影(例如，白色和灰色、白色和黑色，等)中的线段，其中所述两个灰阶阴影中的每一者表示“0”或“1”(如在图9中)。在一个实例中，所述代码层的符号可在至少一个维度中交错。可通过为k1个符号乘k2个符号的代码层上的窗口定义每一码字，其中k1和k2为大于二的整数。所述代码层上沿着至少一个方向的重叠窗口可定义与沿着相同行或列的任何其它窗口不同的唯一码字。即，每一k1 x k2窗口可沿着特定方向(例如，沿着列或行)在代码层中仅出现一次。

[0099] 还获得2204载体层，其可独立地确认且不同于代码层，且包含对投影时的失真稳健的多个参考对象。载体层的参考条带可用其间的保护间隔同等地隔开。另外，可通过预期光学扩散确定相对于参考条带宽度的保护间隔宽度。在一些实例中，参考条带可与保护间隔具有不同宽度(例如，更宽或较窄)。可基于例如用以投影复合代码掩码的光源的分辨率和/或功率、距所关注对象的距离和/或接收器分辨率来确定此类预期光学扩散。

[0100] 任选地，可在投影之前通过合成点扩散函数预先塑形代码层与载体层中的至少一者2206。在一个实例中，在投影之前通过合成点扩散函数来预先塑形代码层与载体层中的至少一者可包含：(a)确认将经由其投影代码掩码的信道的一或多个条件，(b)基于所述一或多个条件获得所述合成点扩散函数以补偿由所述信道造成的失真，和/或(c)将所述合成点扩散函数应用到所述代码层与所述载体层中的所述至少一者。在另一实例中，在投影之前通过合成点扩散函数来预先塑形代码层与载体层中的至少一者可包含：(a)获得补偿将经由其投影代码掩码的信道中的失真的预先塑形层；和/或(b)将所述预先塑形层组合为所述复合掩码的部分。在又其它实施方案中，发射器装置可动态地执行代码层与载体层中的至少一者的预先塑形，且组合所述代码层与载体层以获得复合代码掩码。

[0101] 接着通过组合代码层与载体层而获得/产生复合代码掩码2208。举例来说，组合代码层与载体层可包含将载体层重叠/叠加在代码层上使得代码层符号出现在载体层的参考条带内。即，代码层符号可用以定义参考条带的位置。接收器装置可将符号(例如，译码条带)定位于一或多个灰阶等级(不同于保护间隔)中，由此允许接收器装置将代码层与载体层分离或区分。载体层可准许接收器在仿射变换下解码复合代码掩码。注意，在一些实施方案中，复合代码掩码可预先和/或异地产生且提供到发射器装置。在一些情况下，各种不同代码掩码(例如，具有不同码字、经配置用于不同距离，等)可经产生且提供到发射器装置。在其它实施方案中，可通过选择性地组合载体层(来自一或多个可用载体层)与代码层(来自一或多个可用代码层)而在发射器装置处动态地产生复合代码掩码。

[0102] 可接着将复合代码掩码存储在有形媒体上2210。在各种实施方案中，复合代码掩码可存储在可投影的胶片媒体中，或其可以数字形式存储，从而传送到可以数字形式配置的媒体(例如，半透明LCD屏幕)。

[0103] 在各种实例中，所述有形媒体可包含以下各者中的至少一者：(a)体现所述复合代码掩码的单个胶片媒体；(b)存储所述代码层的第一文件媒体和存储所述载体层的第二胶片媒体；(c)其中存储所述复合代码掩码的数字存储装置；和/或(d)其中存储所述代码层和载体层的数字存储装置。

[0104] 随后，复合代码层的至少一部分可投影到对象上以帮助确认对象的深度信息。举

例来说，发射器可使用光将复合代码层投影到对象的表面上。复合代码掩码还可显现为图像且经存储以用于在对象上的后续投影。

[0105] 在其中发射器可与接收器处于相同水平参考平面上的一些实施方案中，参考条带可相对于参考平面处于垂直定向。在其中发射器可与接收器处于相同垂直参考平面上的其它实施方案中，参考条带可相对于参考平面处于水平定向。

[0106] 图23说明用于产生码字和复合代码掩码的示范性方法。多个符号可布置成n1乘n2符号结构，其中n1和n2为整数值2302。可从所述符号结构内的不同的重叠k1乘k2窗口定义多个码字，其中共线且空间上重叠的窗口定义唯一码字，且所述码字在符号结构的第一方向上是唯一的，但在垂直于第一方向的第二方向上重复2304。

[0107] 多个所述符号结构可显现为代码掩码，其中选择两个邻近k1乘k2窗口中的符号以便避免所述两个邻近k1乘k2窗口中的码字的码字混叠2306。代码掩码可包含代码层和独立且相异的载体层，其中载体层包含对投影时的失真稳健的多个参考对象。所述载体层参考对象可包括用其间的保护间隔同等地隔开的多个参考条带。每一参考条带可具有与保护间隔不同的宽度。相对于保护间隔宽度的每一参考条带的宽度可通过发射器装置和/或接收器装置的预期光学扩散而确定。代码层的所述多个符号可在至少一个维度中在空间上交错。不同的重叠k1乘k2窗口可在两个维度中重叠。

[0108] 示范性发射器装置

[0109] 图24是说明可经配置以产生复合代码掩码和/或投影此类复合代码掩码的发射器装置的实例的框图。发射器装置2402可包含耦合到存储器/存储装置的处理电路2404、图像投影装置2408，和/或有形媒体2409。

[0110] 在第一实例中，发射器装置2402可耦合或包含有形媒体2409。有形媒体可定义、包含和/或存储复合代码掩码2414，所述复合代码掩码包含与载体层组合的代码层。所述代码层可包含由多个符号定义的可唯一识别的经空间译码码字。所述载体层可独立地确认且不同于所述代码层，且包含对于投影时的失真稳健的多个参考对象。可在投影之前通过合成点扩散函数来预先塑形代码层与载体层中的至少一者。

[0111] 在第二实例中，处理单元2404可包含代码层产生器/选择器2416、载体层产生器/选择器2418、复合代码掩码产生器/选择器2420和/或预先塑形电路2422。代码层产生器/选择器2416可选择预先存储的代码层2410和/或可产生此类代码层。载体层产生器/选择器2418可选择预先存储的载体层2412和/或可产生此类载体层。复合代码掩码产生器/选择器可选择预先存储的复合代码掩码2414且/或可组合代码层2410与载体层2412以产生复合代码掩码2414。任选地，处理电路2404可包含预先塑形电路，所述预先塑形电路预先塑形复合代码掩码2414、代码层2410和/或载体层2412以补偿将经由其投影复合代码掩码的信道中的预期失真。

[0112] 在一些实施方案中，多个不同代码层和/或载体层可能可用，其中每一此类载体或代码层可经配置用于不同条件(例如，用于处于不同距离的对象，或发射器装置与接收器装置之间的不同配置)。举例来说，对于第一距离或范围内的对象，可使用与处于第二距离或范围的对象不同的代码与载体层的组合，其中所述第二距离大于所述第一距离。在另一实例中，可取决于发射器装置与接收器装置的相对定向而使用代码与载体层的不同组合。

[0113] 图像投影装置2408可用以经所产生/选择的复合代码掩码投影到所关注的对象

上。举例来说，激光或其它光源可用以将复合代码掩码投影到所关注的对象上(例如，经由投影信道)。在一个实例中，复合代码掩码2414可在红外线光谱中投影，因此其对于肉眼可能不可见。替代地，红外线光谱范围中的接收器传感器可用以俘获此类所投影复合代码掩码。

[0114] 图25说明用于投影复合代码掩码的方法。获得有形媒体上的复合代码掩码，所述复合代码掩码包含与载体层组合的代码层，其中(a)所述代码层包含由多个符号定义的可唯一识别的经空间译码码字，(b)所述载体层可独立地确认且不同于所述代码层，且包含对于投影时的失真稳健的多个参考对象，且(c)所述代码层与载体层中的至少一者在投影之前通过合成点扩散函数而预先塑形2502。所述代码层可包括n1乘n2个二进制符号，其中n1和n2为大于二的整数。

[0115] 发射器装置可接着将所述复合代码掩码的至少一部分投影到目标对象上以帮助接收器通过所述复合代码掩码的单个投影确认所述目标对象的深度信息2504。

[0116] 在一个实例中，代码层上沿着至少一个方向的重叠窗口可定义与沿着相同行或列的任何其它窗口不同的唯一码字。复合代码掩码中的每一符号可为不同于参考对象的两个灰阶阴影中的一者中的线段。根据一个方面，代码层的符号在至少一个维度中交错。所述载体层参考对象可包括用其间的保护间隔同等地隔开的多个参考条带。所述参考条带与所述保护间隔可具有不同宽度。相对于保护间隔宽度的每一参考条带的宽度可通过发射器装置和/或接收器装置的预期光学扩散而确定。可通过将载体层重叠在代码层上以使得代码层符号出现在载体层的参考条带内而组合代码层与载体层。

[0117] 在一个实例中，二进制符号可为经定向的线段。在一个实例中，代码掩码中的线段定向为垂直于其中代码掩码的发射器与代码掩码的接收器对准的平面。因为发射器与接收器在一个平面(例如，水平平面)中对准，因此可从码字沿着一个方向的位移(如图3中所示)获得深度信息。因此，码字唯一性仅沿着位移的方向为必要的。

[0118] 为了保持码字的总数相对较小(例如，以减少发现码字匹配所需要的可能相关的数目)，符号结构可从全部可能数目的码字定义码字的子组。因此，码字可在符号结构的第一方向上是唯一的，但在垂直于第一方向的第二方向上重复。

[0119] 在一个实例中，每一符号为具有至少50％阴影差异的两个灰阶阴影中的一者中的线段。在另一实例中，每一符号表示为代码掩码中的线段，且所述线段彼此并行和/或共线。

[0120] 在一个实例中，在投影之前通过合成点扩散函数来预先塑形代码层与载体层中的至少一者包含：(a)确认将经由其投影代码掩码的信道的一或多个条件，(b)基于所述一或多个条件获得所述合成点扩散函数以补偿由所述信道造成的失真，和/或(c)将所述合成点扩散函数应用到所述代码层与所述载体层中的所述至少一者。在另一实例中，在投影之前通过合成点扩散函数来预先塑形代码层与载体层中的至少一者包含：(a)获得补偿将经由其投影代码掩码的信道中的失真的预先塑形层，和/或(b)将所述预先塑形层组合为所述复合掩码的部分。

[0121] 示范性接收器装置操作

[0122] 图26是说明可经配置以从复合代码掩码获得深度信息的接收器装置的实例的框图。接收器装置2602可包含耦合到存储器/存储装置的处理电路2604和接收器传感器2608(例如，图像俘获装置2608)。

[0123] 接收器传感器2608(例如,相机,等)可用以获得投影在对象的表面上的复合代码掩码的至少一部分。举例来说,接收器传感器可俘获投影在目标对象的表面上的复合代码掩码的至少一部分。复合代码掩码可通过以下各者定义:(a)由多个符号定义的可唯一识别的经空间译码码字的代码层,和(b)载体层,其可独立地确认且不同于所述代码层且包含对于投影时的失真稳健的多个参考对象。可能在投影之前已通过合成点扩散函数预先塑形代码层与载体层中的至少一者。在一个实例中,接收器传感器2608可在红外线光谱中俘获复合代码掩码。

[0124] 所述代码层可包括n1乘n2个二进制符号,其中n1和n2为大于二的整数。在复合代码掩码中,每一符号可为不同于参考对象的两个灰阶阴影中的一者中的线段。所述代码层的所述符号可在至少一个维度中交错。所述载体层参考对象可包括用其间的保护间隔同等地隔开的多个参考条带。所述参考条带与所述保护间隔可具有不同宽度。相对于保护间隔宽度的每一参考条带的宽度可通过发射器装置和/或接收器装置的预期光学扩散而确定。

[0125] 处理电路2604可包含参考条带检测器电路/模块2612、失真调整电路/模块2614、码字识别器电路/模块2616、深度检测电路/模块2618,和/或深度图产生电路/模块2620。

[0126] 参考条带检测器电路/模块2612可经配置以检测复合代码掩码的所述部分内的参考条带。失真调整电路/模块2614可经配置以基于相对于参考条带的实际定向的参考条带的预期定向而调整复合代码掩码的所述部分的失真。码字识别器电路/模块2616可经配置以从复合代码掩码的所述部分内定义的窗口获得码字。深度检测电路/模块2618可经配置以基于以下各者获得对应于窗口的目标对象的表面部分的深度信息:(a)复合代码掩码的单个投影,和(b)窗口相对于已知参考代码掩码的位移。

[0127] 深度图产生电路/模块2620可经配置以基于检测为未失真复合代码掩码的部分内的不同重叠窗口的多个码字而汇编对象的深度图。

[0128] 在一个实例中,对代码层与载体层中的至少一者的预先塑形增大复合代码掩码投影期间的功率效率,使得与未经塑形复合代码掩码相比,接收器传感器感知到更多功率。

[0129] 在一个实例中,所使用的合成点扩散函数可基于以下各者中的至少一者而选自多个点扩散函数:(a)将经由其投影复合代码掩码的预期信道条件,(b)复合代码掩码投影到其上的表面的特性,和/或(c)将接收所投影复合代码掩码的接收器传感器的灵敏度。在另一实例中,合成点扩散函数可基于以下各者中的至少一者而选自多个点扩散函数:(a)对将投影复合代码掩码的投影仪的第一信道响应;和/或(b)对从将投影复合代码掩码的投影仪到将接收复合代码掩码的接收器传感器的路径的第二通道响应。

[0130] 图27是说明接收器装置的示范性操作的框图。接收器装置可根据校准模式2702和/或操作模式2704而操作。

[0131] 在校准模式2702中,接收器装置可获取图像2706,且校准2708其自身(例如,针对光强度调整接收者,等)以获得校准参数2710。

[0132] 在操作模式2704中,接收器装置可获取图像2714且基于校准参数2710矫正图像2716。可接着通过使用已知掩码参数2712(例如,使用已知代码掩码)来对经矫正图像执行深度估计2718。可因此产生深度图,且将其连同所述图像一起使用/存储/显示2720。

[0133] 图28说明用于解码抗仿射变换的复合代码掩码内的所俘获码字的示范性方法。接收器传感器可接收投影在目标对象的表面上的复合代码掩码的至少一部分,所述复合代码

掩码由以下各者定义：(a)由多个符号定义的可唯一识别的经空间译码码字的代码层，(b)载体层，其可独立地确认且不同于所述代码层，且包含对于投影时的失真稳健的多个参考对象，(c)其中所述代码层与载体层中的至少一者在投影之前已通过合成点扩散函数而预先塑形2802。在一个实例中，接收器传感器可在红外线光谱中俘获复合代码掩码。

[0134] 根据一个实例，代码层可包括n1乘n2二进制符号，其中n1和n2为大于二的整数。在复合代码掩码中，每一符号可为不同于参考对象的两个灰阶阴影中的一者中的线段。在一些情况下，所述代码层的符号可在至少一个维度中交错。所述载体层参考对象可包括用其间的保护间隔同等地隔开的多个参考条带。在一个实例中，参考条带与保护间隔具有不同宽度。在另一实例中，相对于保护间隔宽度的每一参考条带的宽度是通过发射器装置和/或接收器装置的预期光学扩散而确定。

[0135] 对代码层与载体层中的至少一者的预先塑形可增大复合代码掩码投影期间的功率效率，使得与未经塑形复合代码掩码相比，接收器传感器感知到更多功率。所使用的合成点扩散函数可基于以下各者中的至少一者而选自多个点扩散函数：(a)将经由其投影复合代码掩码的预期信道条件，(b)复合代码掩码投影到其上的表面的特性，和/或(c)将接收所投影复合代码掩码的接收器传感器的灵敏度。在一些情况下，合成点扩散函数可能已基于以下各者中的至少一者而选自多个点扩散函数：(a)对将投影复合代码掩码的投影仪的第一信道响应；和/或(b)对从将投影复合代码掩码的投影仪到将接收复合代码掩码的接收器传感器的路径的第二通道响应。

[0136] 处理电路可基于复合代码掩码的部分内的参考对象而调整代码层的失真2804。可接着基于以下各者获得对应于窗口的目标对象的表面部分的深度信息：(a)复合代码掩码的单个投影和(b)窗口相对于已知参考代码掩码的位移2806。

[0137] 图29说明用于从所俘获代码掩码获得深度图的方法。可检测所俘获复合代码掩码的一部分内的参考条带2902。可接着基于相对于参考条带的实际定向的参考条带的预期定向而调整(或校正)复合代码掩码的所述部分的失真(例如，偏斜、旋转，等)2904。可从未失真复合代码掩码的所述部分内定义的窗口获得码字2906。在一个实例中，可通过为k1个符号乘k2个符号的窗口定义每一码字，其中k1和k2为大于二的整数。在复合代码掩码中，每一符号可例如为不同于参考条带的两个灰阶阴影中的一者中的线段。已知参考代码掩码上沿着至少一个方向的重叠窗口可定义与沿着相同行或列的任何其它窗口不同的唯一码字。

[0138] 在一个实例中，复合代码掩码的部分可包括定义参考条带的载体层和定义多个可唯一识别的经空间译码码字的代码层。所述载体层可包括用其间的保护间隔同等地隔开的多个参考条带。在一些情况下，每一参考条带可比保护间隔宽。可通过预期光学扩散确定相对于保护间隔宽度的每一参考条带的宽度。

[0139] 可基于窗口相对于已知参考代码掩码的位移而获得对应于所述窗口的对象的表面部分的深度信息2908。如图3中所示，最接近于参考代码掩码中的码字312的预期位置的位移d2指示较长距离或深度，而距码字312的预期位置较远的位移d2指示较短距离或深度。参考代码掩码可包括n1乘n2个二进制符号，其中n1和n2为大于二的整数。

[0140] 可基于检测为未失真复合代码掩码的所述部分内的不同重叠窗口的多个码字而汇编对象的深度图2910。

[0141] 接收器可相对于复合代码掩码的发射器沿着相同水平参考平面而定位，且对象和

参考条带可相对于所述水平参考平面垂直地定位。

[0142] 在一个实例中，接收器可获得对象的二维图像。接收器还可基于具有在复合代码掩码的所述部分内定义的一或多个窗口的一或多个码字获得对象的深度信息。

[0143] 码本图元的重复使用

[0144] 另一方面提供一种通过重复使用码本基元以产生代码掩码而设计代码掩码的有效方式。码本基元可包含在n1乘n2符号结构内的多个经空间译码且唯一的码字。此码本基元(例如，n1乘n2符号结构)可在代码掩码的一或多个方向上重复多次。重复码本基元准许减少码本大小，这是合乎需要的，因为其减小识别特定码字匹配所需要的比较的数目。

[0145] 图30说明码字分离如何指示码本基元重复使用距离。可通过操作状态(例如，最近范围到最远范围)确定最大视差(例如，码字的偏移)。此处，所发射码字3002可投影在最小范围d1和最大范围d2内的场景/对象上。所投影码字3002反射在场景/对象上且由接收装置俘获。所俘获码字3004/3006相对于所发射码字3002的原始位置的位移可用以确认深度。此处，已定义从假想(例如，任意)传感器平面3007到最近和最远对象的最小范围d1和最大范围d2。然而，可从不同参考平面(如用于发射器3013和接收器3015的透镜平面3009或传感器平面3011)定义最小和最大范围。在其中从传感器平面3011定义最小/最大范围的情况下，可从所发射代码掩码和所接收代码掩码确认最大码字视差(例如，码字的偏移)。

[0146] 在码本基元在代码掩码中重复使用的情况下，避免检测来自邻近码本基元的相同码字(在相同代码掩码中)(也称为混叠)是重要的。为了防止来自邻近码本基元的码字的混叠，重复使用距离(即，码本基元3002的宽度w1)应大于(或等于)最近码字实例3004与最远码字实例3006之间的最大视差(即，位移距离w2)。

[0147] 图31说明码本基元的重复使用距离与对象大小之间的关系。根据两个实例，第一码本基元3102在第一代码掩码3114中重复使用五次，且第二码本基元3108在第二代码掩码3116中重复使用三次。对于码本基元中的固定数目的水平码字，增大重复使用距离(例如，码本基元的宽度)减小最小可分辨对象大小。举例来说，对于第一代码掩码3114，码本基元3102具有第一大小3104，且最小可分辨对象具有第二大小3106，其中所述第一大小大于所述第二大小。相比之下，对于第二代码掩码3116，第二码本基元3108具有第三大小3110，且最小可分辨对象具有第四大小3112，其中所述第三大小小于所述第四大小。

[0148] 图32是说明用于通过再用码本基元来建构代码掩码的示范性方法的流程图。可将码本基元定义为n1乘n2符号结构内的多个经空间译码且唯一的码字3202。接着通过将码本基元在代码掩码中重复使用x次而产生代码掩码3204。

[0149] 码本基元的大小可为代码掩码将投影于其上的最小可分辨对象大小的函数。即，对于代码掩码将投影到的特定最小和/或最大范围，可选择码本基元的大小以实现在那些范围处的某一分辨率(例如，最小可分辨对象大小)。举例来说，码本基元在代码掩码中重复使用的次数越多，投影代码掩码时的最小可分辨对象大小可越小。因此，码本基元的大小可为代码掩码将投影到场景或对象上的距离范围的函数。在一个实例中，码本基元越小，投影代码掩码时的最小可分辨对象大小就变得越小。在另一实例中，码字大小越小，投影代码掩码时的最小可分辨对象大小就越小。根据一个实施方案，所有码字的码字大小可相同(例如，码字可具有相同宽度)。在一个实例中，码本基元的大小可指码本基元的宽度或长度中的一者。

[0150] 每一经空间译码且唯一的码字可为m个符号的组合(例如,见图9和10)。码本基元中的多个经空间译码且唯一的码字可为n1乘n2符号结构内的m个符号的所有可能组合的子组。

[0151] 在一个实例中,可从符号结构内的不同的重叠k1乘k2窗口定义多个码字(例如,在图11A的代码掩码1102和1106中所说明)。定义多个码字的窗口可共线且在空间上重叠。

[0152] 当代码掩码投影到对象上且此类投影由接收器装置感知时(例如,见图30),代码掩码中的第一码字的重复实例之间的距离可能大于第一码字的最大预期位移。

[0153] 接收器装置可与投影代码掩码的发射器装置共面。第一码字的重复实例之间的距离可与码本基元的宽度相同。

[0154] 在一个实例中,当代码掩码投影到对象上且此类投影由接收器装置感知时,码本基元的宽度大于第一码字的最大预期位移。接收器装置与投影代码掩码的发射器装置共面。

[0155] 代码掩码可促进获得代码掩码投影到其上的对象的表面部分的深度信息。码本基元可经嵌合x次(例如,图31中说明)以覆盖码本将投影到其上的所要视野。即,码本基元可例如在一或多个方向/维度上复制或重复以构建较大代码掩码。在一个实例中,x可为等于或大于零的整数值。即,取决于所寻求的最小对象分辨率,可调整码字基元和/或代码掩码的大小(例如,码字基元和/或代码掩码越大,可达到的分辨率越高)。

[0156] 使用点扩散函数的示范性预先塑形代码掩码载体

[0157] 点扩散函数(PSF)描述成像系统对点源或点对象的响应。一个方面提供使用合成点扩散函数预先塑形代码掩码载体以改善经由发射信道发射时代码掩码中的能量的量。合成点扩散函数为一种形式的有意地预先计算的预先强调,其插入到发射系统中以抵消发射信道的一些效果。通过使用合成PSF进行的预先塑形可设法根据所投影的代码掩码和/或信道条件(例如,投影距离、投影表面特性、照亮功率、接收器特性,等)优化发射(例如,特定掩码的投影)。

[0158] 图33说明可如何将点扩散函数应用于对象以获得图像的实例。PSF的更通用术语为系统的脉冲响应,PSF为聚焦光学系统的脉冲响应。

[0159] 此处,说明具有特定能级的脉冲3304的第一所发射图案3302,其中尚未对脉冲3304执行预先塑形。还将相同的第一所发射图案3302说明为扩散脉冲3308的所接收图案3306。如可感知,窄的所发射脉冲3304已经由发射信道传播,且接收为第一扩散脉冲3308。

[0160] 相比之下,说明具有特定能级的经预先塑形脉冲3312的第二所发射图案3310。还将相同的第二所发射图案3310说明为第二扩散脉冲3316的所接收图案3314。如可感知,经预先塑形的发射脉冲3312已经由发射信道传播且接收为第二扩散脉冲3316。应注意,第二所接收第二扩散脉冲3316是在比第一扩散脉冲3308相对较高的能级下接收。

[0161] 许多上下文中的PSF可被认为是表示不能分辨的对象的图像中的扩展二进制大对象(blob)。在功能术语中,其为调制转移函数的空间域版本。点对象的扩散(模糊)度是成像系统质量的量度。

[0162] 在例如萤光显微镜、望远镜或光学显微镜等非相干成像系统中,图像形成过程在功率上是线性的,且通过线性系统理论来描述。这意味着当同时成像两个对象A与B时,结果等于独立成像的对象的总和。换言之:由于光子的非交互特性,对象A的成像不受对象B的成

像的影响，且反之亦然。

[0163] 复杂对象的图像可由此视为真正对象与PSF的卷积。然而，当所检测到的光相干时，图像形成在复杂场中是线性的。记录强度图像由此可导致消除或其它非线性效果。

[0164] 图34A说明空间域中的代码掩码载体的载体条带。

[0165] 图34B说明空间-频率域中的所得载体条带在其已经由发射信道传播之后的实例。

[0166] 图34A说明垂直条带s1 3402和s2 3404，其可表示先前提及的结构化光系统中的代码掩码载体的部分。当变换到空间频率域3406(如图34B所说明)时，这些条带的频谱响应可在概念上展示为曲线S1和S2(图34B中)。对于给定功率电平(dB)，S1 3408与S2 3410具有宽度X，且在噪声底限上方的距离Δ1处相交。

[0167] 在不关注功率限制的情况下，具有如图34A和34B中所示的一组响应可能是完全可接受的。然而，在例如蜂窝电话、便携式相机或小投影仪等功率受限系统中，可能需要使用较小功率，同时仍发射能够分辨对象的足够功率。实现此目标的一种方式是将合成点扩散函数(PSF)3412应用到条带(即，载体)s1 3402和s2 3404中的每一者(在发射之前)，如图35A中所示。

[0168] 图35A说明可如何将合成点扩散函数应用于载体条带以预先塑形空间域中的载体条带。

[0169] 图35B说明空间-频率域中的所得经预先塑形载体条带在其已经由发射信道传播之后的实例。

[0170] 在图35A中，PSF 3412将允许条带s1 3402和s2 3404以如下方式塑形：在其发射(例如，在对象上的投影和/或入射反射)期间将存在功率效率的增大。结果，频谱响应看起来可类似于图35B，其展示对于相同的给定功率电平(dB)，S1 3414和S2 3416可具有宽度3X。此外，S1 3414与S2 3416的相交点现为噪声底限上方的距离Δ2，其反映了相对于图34B的发射功率的增大。

[0171] 取决于垂直条带3402与3404之间的距离D1、所使用的PSF的宽度w(见图36)，可实现不同发射效率，其高于或低于图35A和35B中说明的3X(在没有PSF脉冲塑形的情况下三倍于发射功率)。

[0172] 此外，PSF可不仅用于投影仪的光学系统，但还可估计发射信道的PSF。信道可分成两个部分：(a)结构化光在其中从发射器行进到对象的空间；以及(b)来自对象的反射结构化光在其中行进到接收器的空间。因此，可针对最差情况情境选择PSF以在仍使用受限电源的同时确保小对象之间的足够可分辨性。

[0173] 图36说明可得到一组点扩散函数，可从其中选择一个PSF以对代码掩码载体在发射之前进行预先塑形。此可允许取决于条带间距(用于代码掩码载体)和发射信道条件从多个PSF当中进行选择。举例来说，PSF组可用，如图36中所示，可从中选择具有不同宽度(例如，w1和w2)的不同PSF 3602和3604。在选择PSF时，通常寻求发射功率量与所接收代码掩码中的分辨率损失之间的平衡。举例来说，PSF越宽，构成码字的符号的分辨率损失越大(例如，被误认的频率越高)。相反，较窄的PSF可发射较少能量，如由码字的接收器所感知。因此，在选择特定PSF时需平衡这些约束。

[0174] 成像PSF的效果是使所发射图案模糊或以其它方式使其失真。模糊核心的大小对于所发射图案中的符号的间距和宽度设定了限制，且因此对系统分辨率设定了限制。以上

约束又对图案中含有的每符号接收功率施加了限制。基于图案符号周期与PSF大小之间的关系，预强调的塑形可在发射之前应用于所发射图案以便根据图35A和35B中所说明的约束增大符号功率。此类塑形的结果通过增大所接收图案符号中的信噪比保持或增大分辨率而不牺牲功率或系统可靠性。

[0175] PSF选择取决于系统的操作点，其为稳健性/可靠性与性能(即，分辨率)之间的折衷。PSF设计可基于预期信道和稳健性与性能之间的平衡(其取决于应用)。

[0176] PSF包括光从源行进到相机焦平面的路径的失真效果。这些信道效果可包含几何失真、透镜像差、透镜动作、衍射、对象大小和组成、场景反射率，和运动效果。PSF限制系统的最大分辨率，且因此图案分辨率与限制性PSF机制之间的空间不应未使用。通过合成塑形功能(其设计取决于源到相机路径)对标称图案的调制导致填充此分辨率间隙，使得系统在功率和分辨率上匹配。根据信道模型，如此设计的所发射图案将导致最佳性能。

[0177] 诸图中所说明的组件、步骤、特征和/或功能中的一或多者可重新布置和/或组合成单个组件、步骤、特征或功能或体现在若干组件、步骤或功能中。在不脱离本文所揭示的新颖特征的情况下，还可添加额外元件、组件、步骤和/或功能。诸图中所说明的设备、装置和/或组件可经配置以执行诸图中所描述的方法、特征或步骤中的一或多者。本文中所描述的新颖算法还可有效地实施于软件中和/或嵌入于硬件中。

[0178] 而且，应注意，实施例可描述为描绘为流程图、结构图或框图的过程。尽管流程图可将操作描述为顺序过程，但可并行或同时执行许多操作。另外，可重新布置操作的次序。过程在其操作完成时终止。过程可以对应于方法、功能、程序、子例程、子程序等。当过程对应于函数时，其终止对应于函数返回到调用函数或主函数。

[0179] 此外，储存媒体可表示用于存储数据的一或多个装置，包含只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、磁盘存储媒体、光学存储媒体、快闪存储器装置和/或其它机器可读媒体、处理器可读媒体，和/或用于存储信息的计算机可读媒体。术语“机器可读媒体”、“计算机可读媒体”和/或“处理器可读媒体”可包含但不限于例如便携式或固定存储装置、光学存储装置等非暂时性媒体，和能够存储、含有或载运指令和/或数据的各种其它媒体。因此，本文所述的各种方法可完全或部分地由可存储在“机器可读媒体”、“计算机可读媒体”和/或“处理器可读媒体”中且由一个或多个处理器、机器和/或装置执行的指令和/或数据来实施。

[0180] 此外，诸实施例可由硬件、软件、固件、中间件、微码或其任何组合来实施。当以软件、固件、中间件或微码实施时，用以执行必要任务的程序代码或代码段可存储在例如存储媒体或其它存储装置的机器可读媒体中。处理器可执行必要任务。代码段可表示规程、函数、子程序、程序、例程、子例程、模块、软件包、类，或指令、数据结构或程序语句的任一组合。代码段可通过传递和/或接收信息、数据、自变量、参数或存储器内容而耦合到另一代码段或硬件电路。信息、自变量、参数、数据等可经由包含存储器共享、消息传递、权标传递、网络传输等的任何适当手段来传递、转发或传输。

[0181] 可通过通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或经设计以执行本文中所描述的功能的其它可编程逻辑组件、离散门或晶体管逻辑、离散硬件组件，或其任何组合来实施或执行结合本文中所揭示的实施例而描述的各种说明性逻辑块、模块、电路、元件和/或组件。通用处理器可为微处理器，但在替代例中，处

理器可为任何常规的处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器还可实施为计算组件的组合，例如DSP与微处理器的组合、多个微处理器、结合DSP核心的一或多个微处理器，或任何其它此类配置。

[0182] 结合本文所揭示的实例描述的方法或算法可以处理单元、编程指令或其它方向的形式直接体现在硬件、可由处理器执行的软件模块或两者的组合中，且可含于单个装置中或跨越多个装置而分布。软件模块可驻存在RAM存储器、快闪存储器、ROM存储器、EPROM存储器、EEPROM存储器、寄存器、硬盘、可移除盘、CD-ROM或此项技术中已知的任何其它形式的存储媒体中。存储媒体可耦合到处理器，使得处理器可从存储媒体读取信息，且将信息写入到存储媒体。在替代方案中，存储媒体可与处理器成一体式。

[0183] 所属领域的技术人员将进一步了解，可将结合本文中所揭示的实施例而描述的各种说明性逻辑块、模块、电路和算法步骤实施为电子硬件、计算机软件或两者的组合。为清楚说明硬件与软件的此互换性，上文已大致关于其功能性而描述了各种说明性组件、块、模块、电路及步骤。所述功能性是实施为硬件还是软件取决于特定应用及施加于整个系统的设计约束。

[0184] 本文所述的本发明的各种特征可实施于不同系统中而不脱离本发明。应注意，前述实施例仅为实例，且不应解释为限制本发明。实施例的描述既定为说明性的，而不限制权利要求书的范围。因而，本教示可容易地应用于其它类型的设备，且许多替代方案、修改及变化对于所属领域的技术人员来说将为显而易见的。

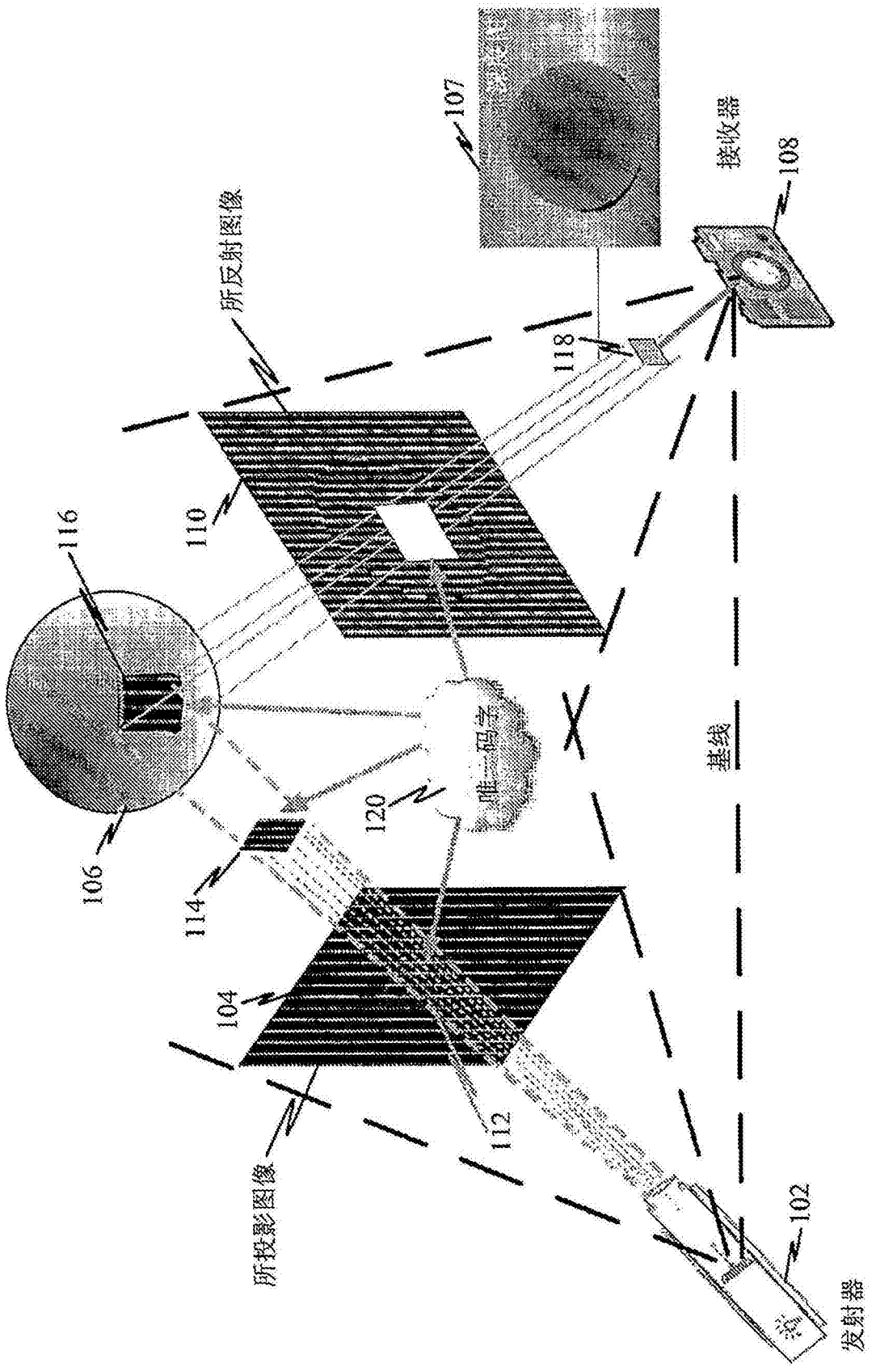

107
接收器
108
所反射图像
118
110
116
唯一码字
基线
120
106
114
104
112
所投影图像
102
发射器

图1

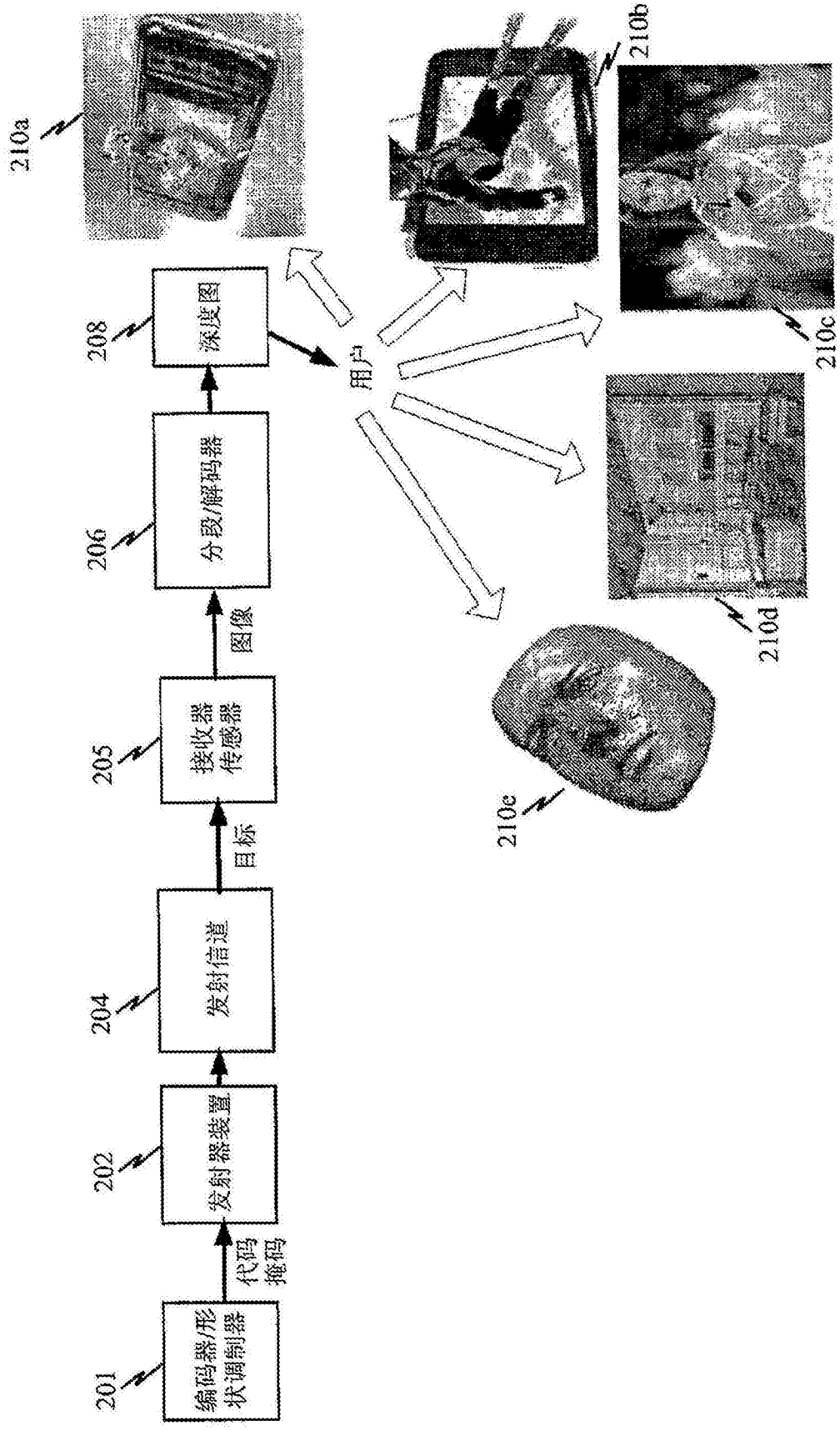

编码器/形状调制器
201
代码掩码
发射器装置
202
发射信道
204
目标
接收器传感器
205
图像
分段/解码器
206
深度图
208
用户
210a
210b
210c
210d
210e

图2

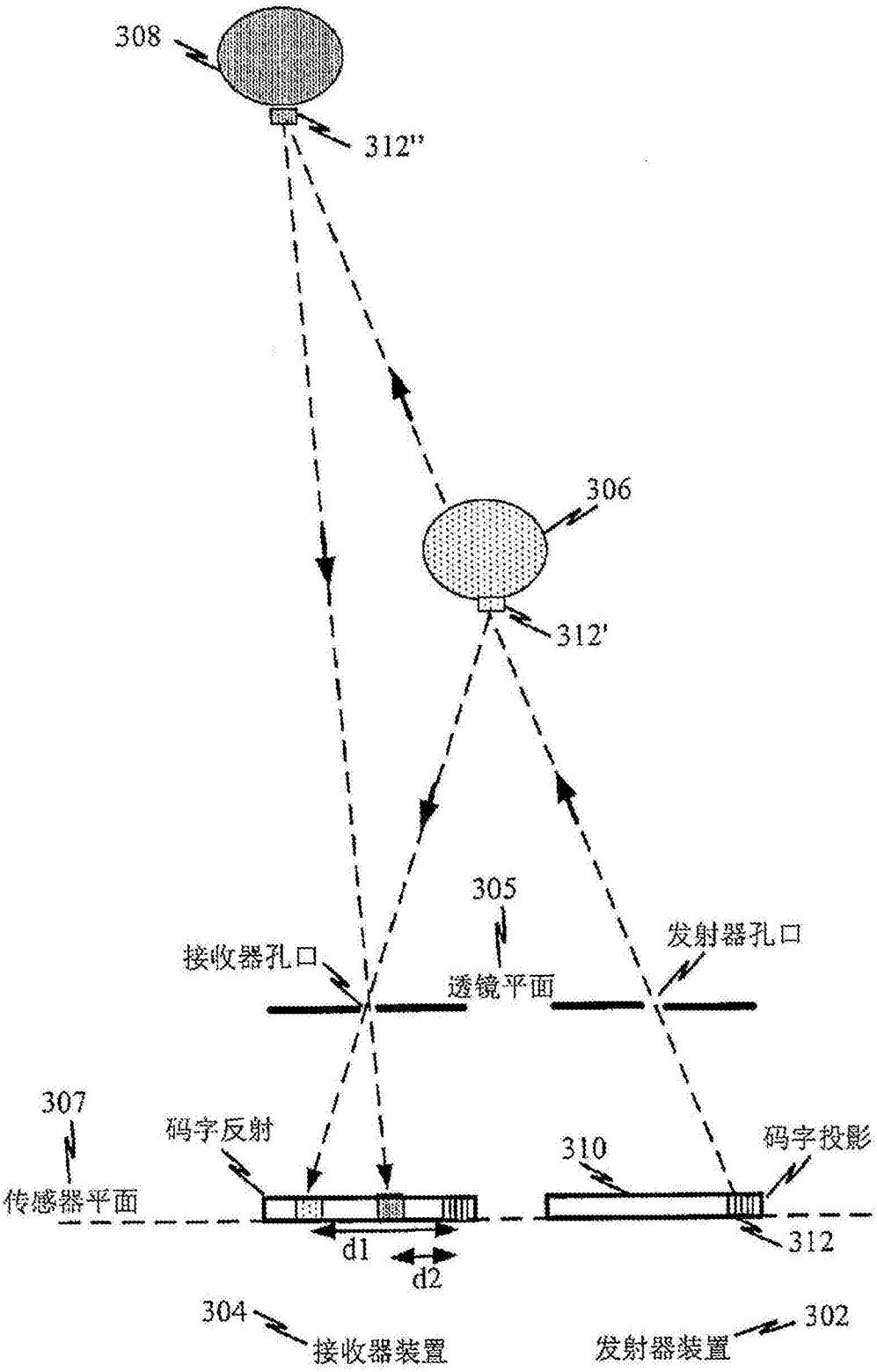

308
312''
306
312'
305
接收器孔口
透镜平面
发射器孔口
307
码字反射
310
码字投影
传感器平面
312
d1
d2
304
接收器装置
发射器装置
302

图3

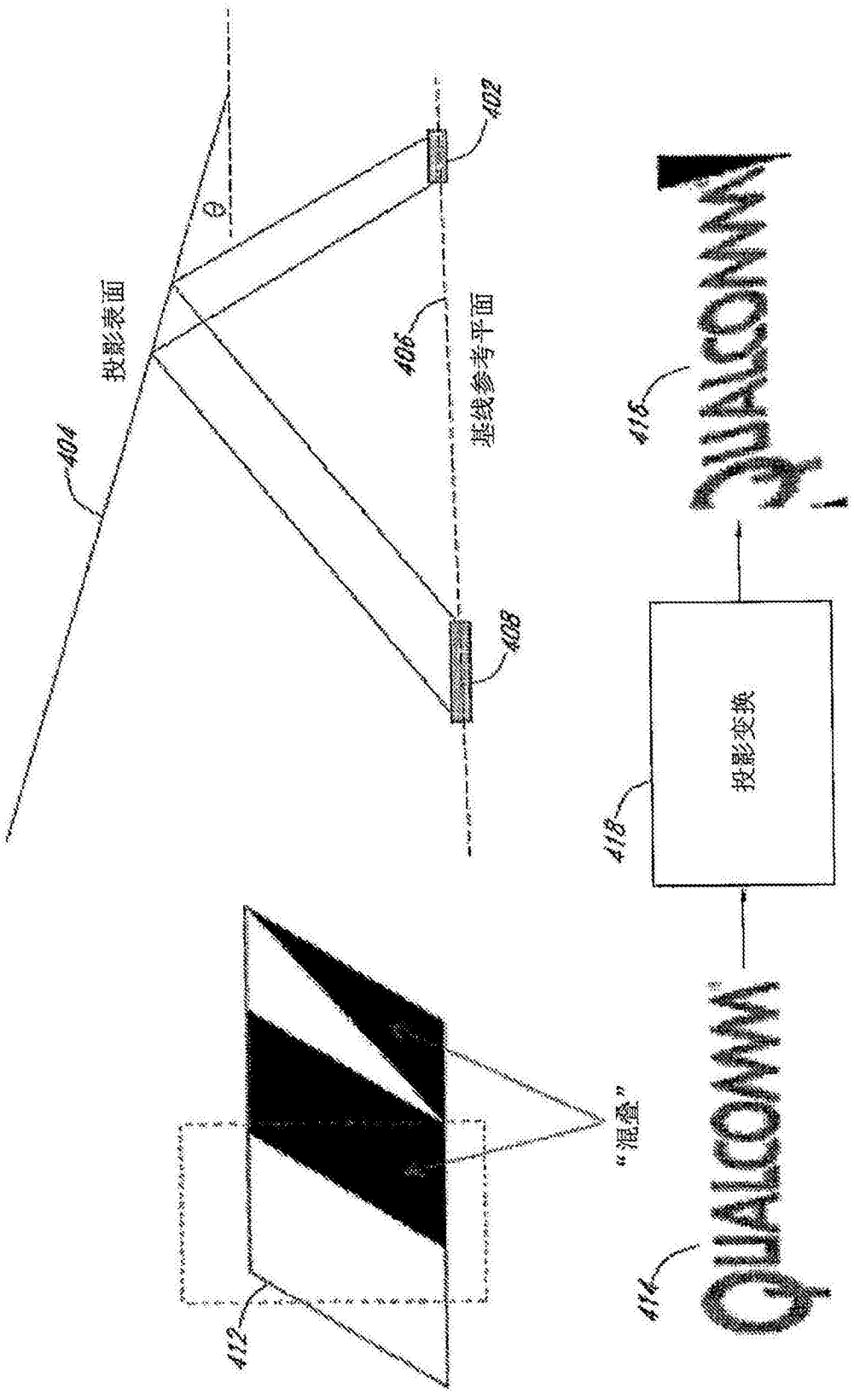


图4

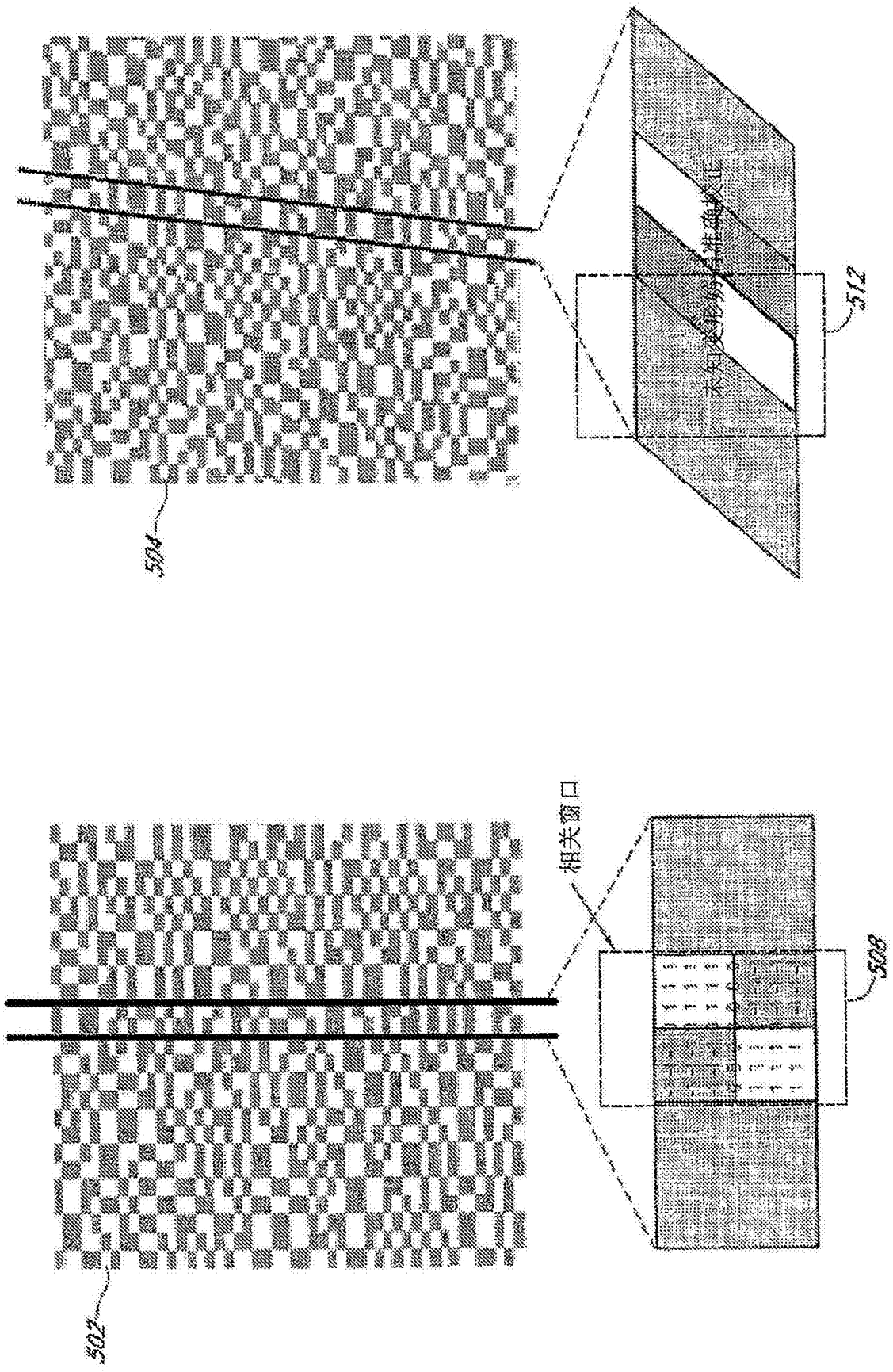


图5

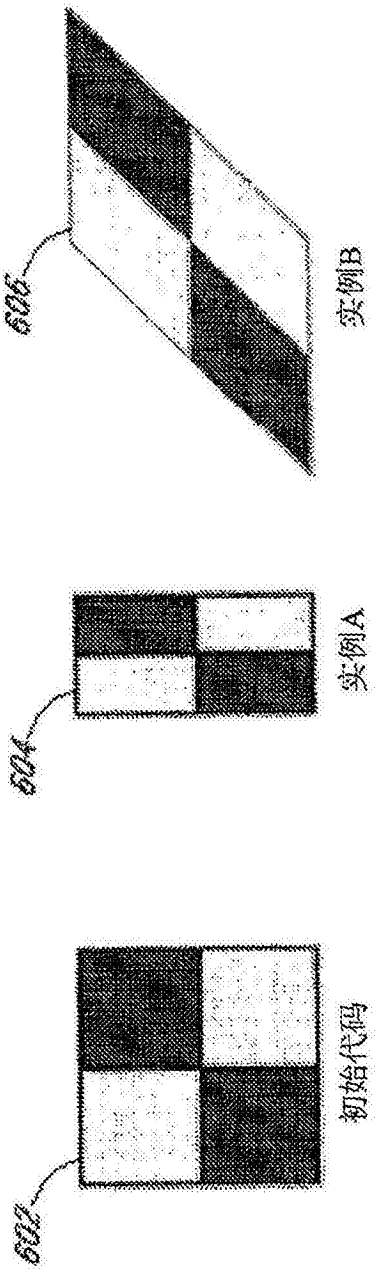


图6

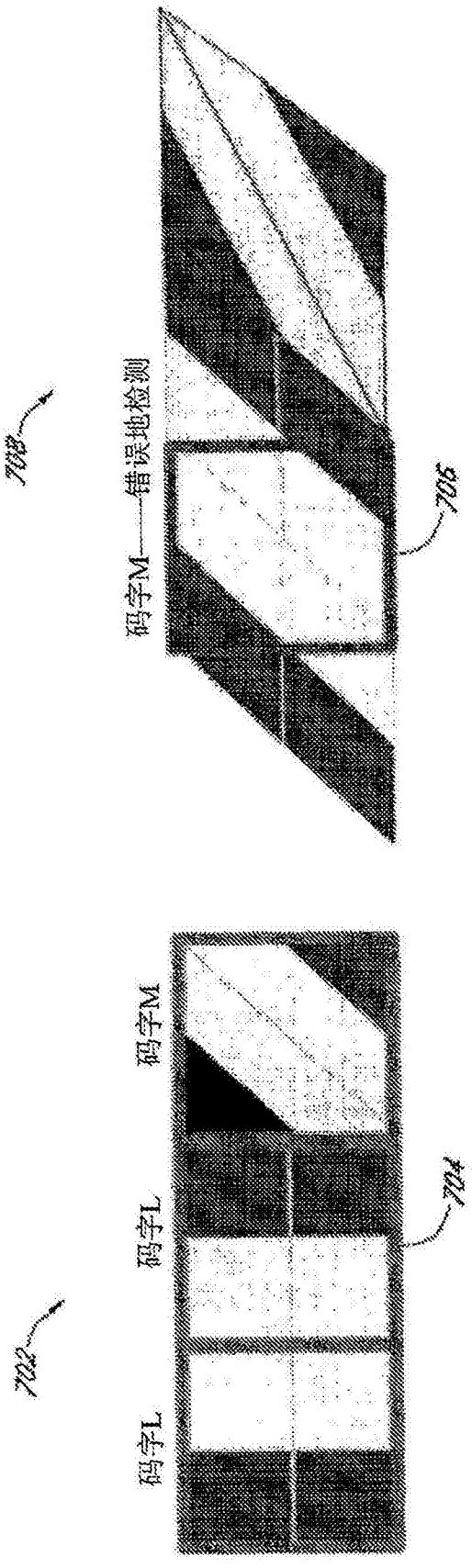


图7

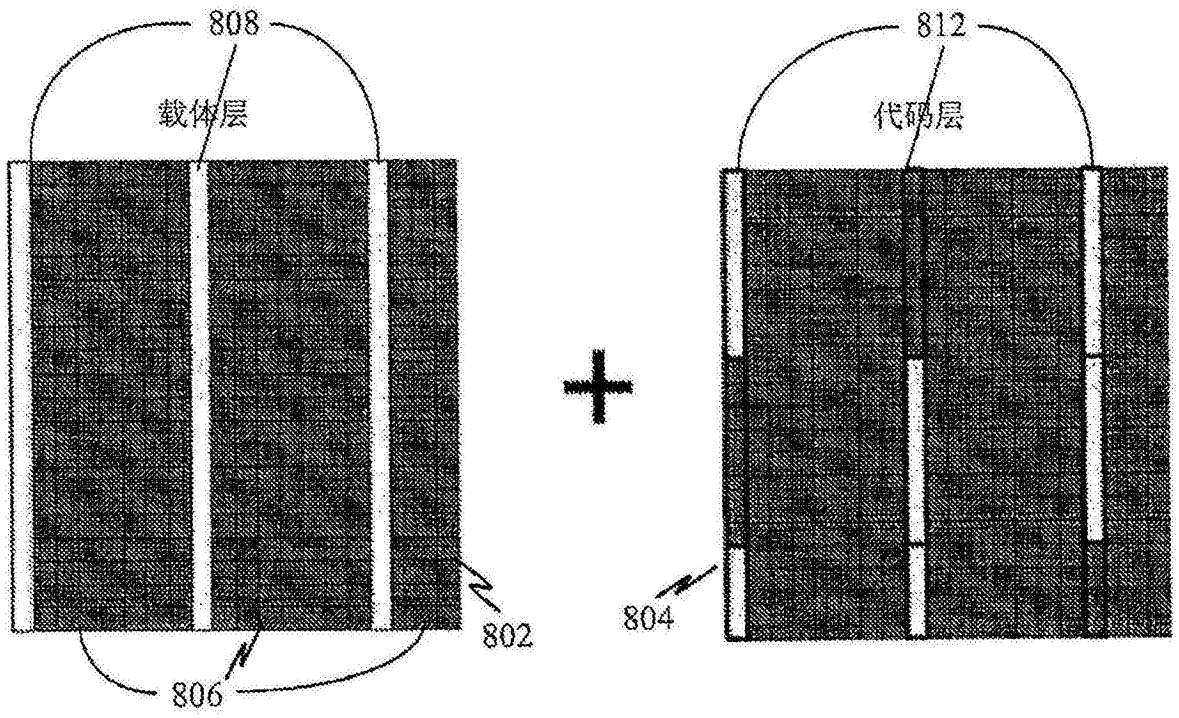
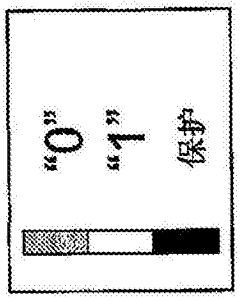


图8


"0"
"1"
保护

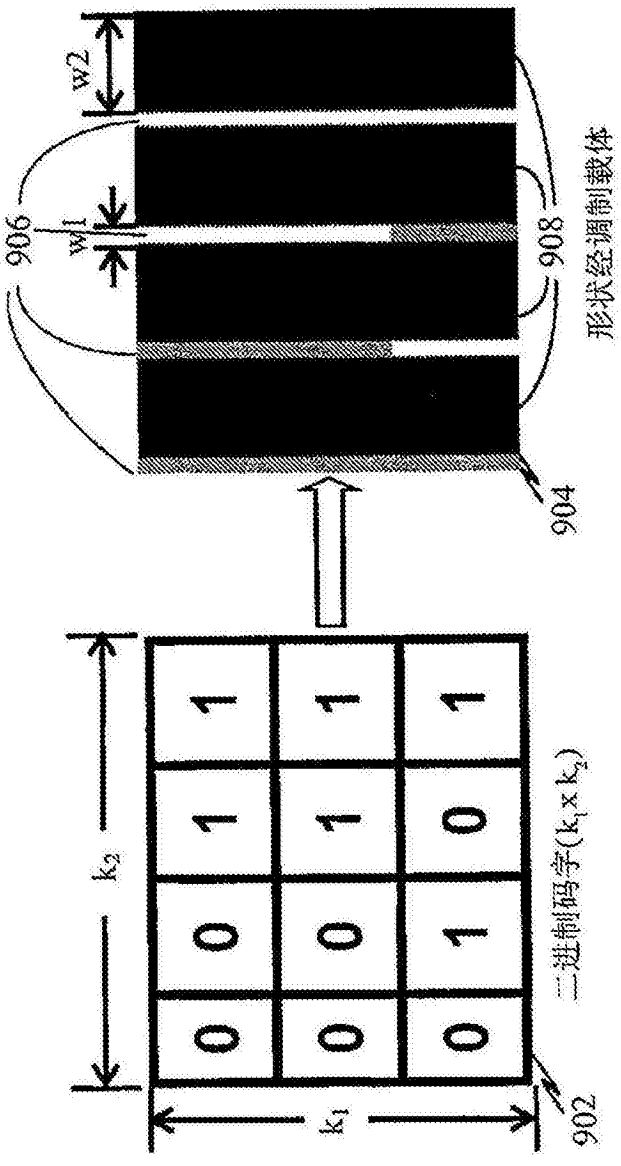

w2
w1
906
908
904
形状经调制载体
1 1 1
1 1 0
0 0 1
0 0 0
k2
k1
902
二进制码字(k1 x k2)

图9

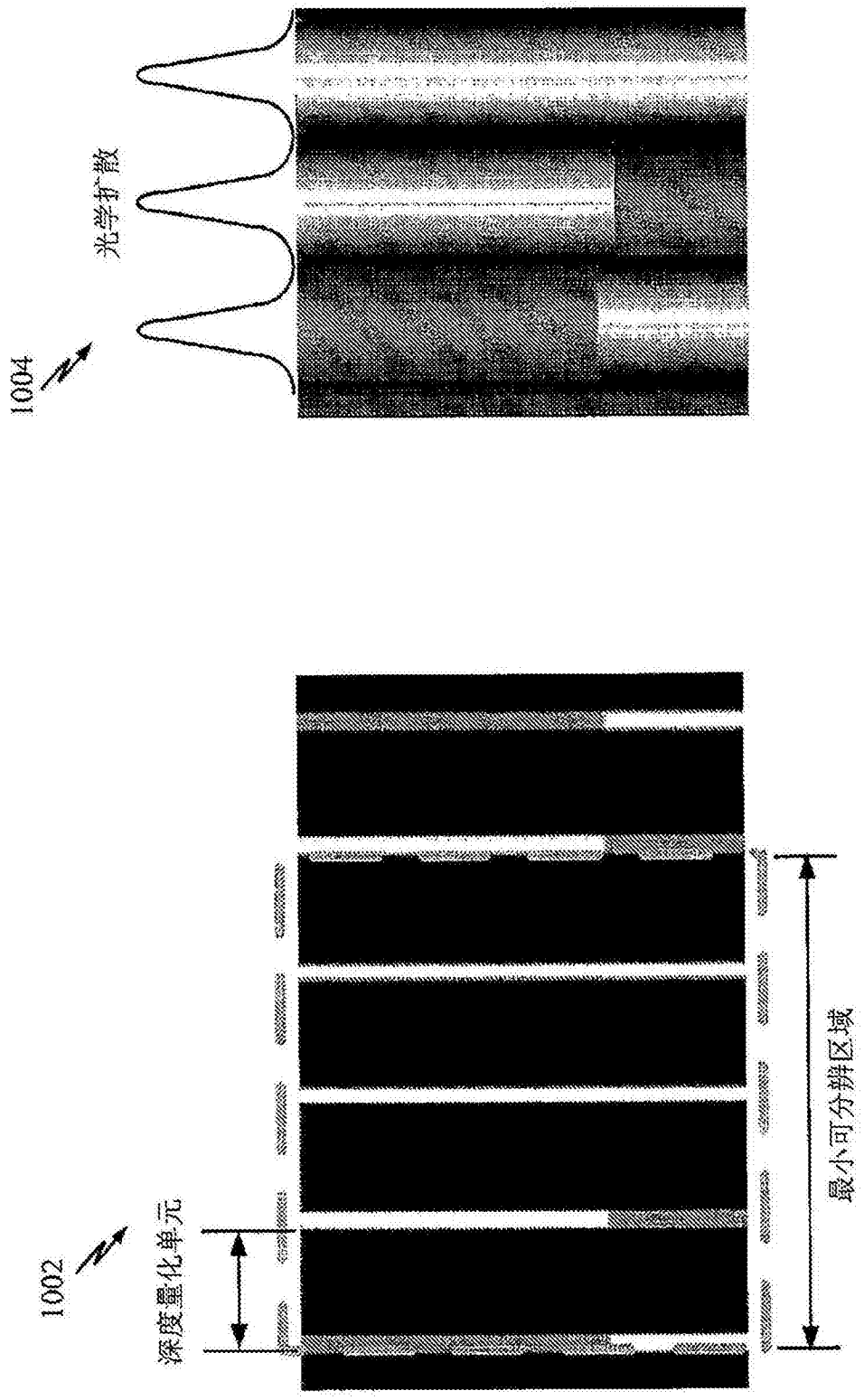


图10

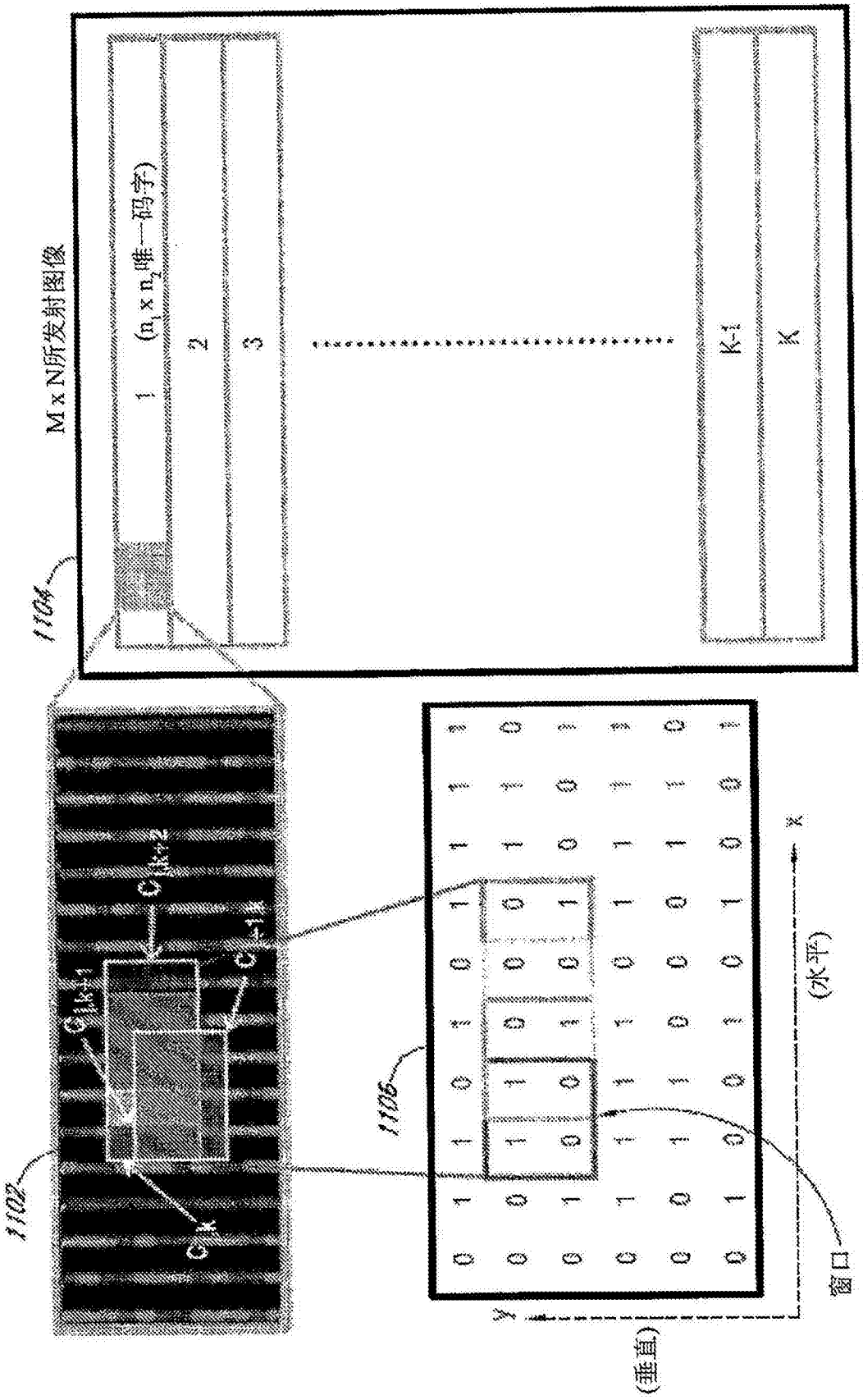


图11A

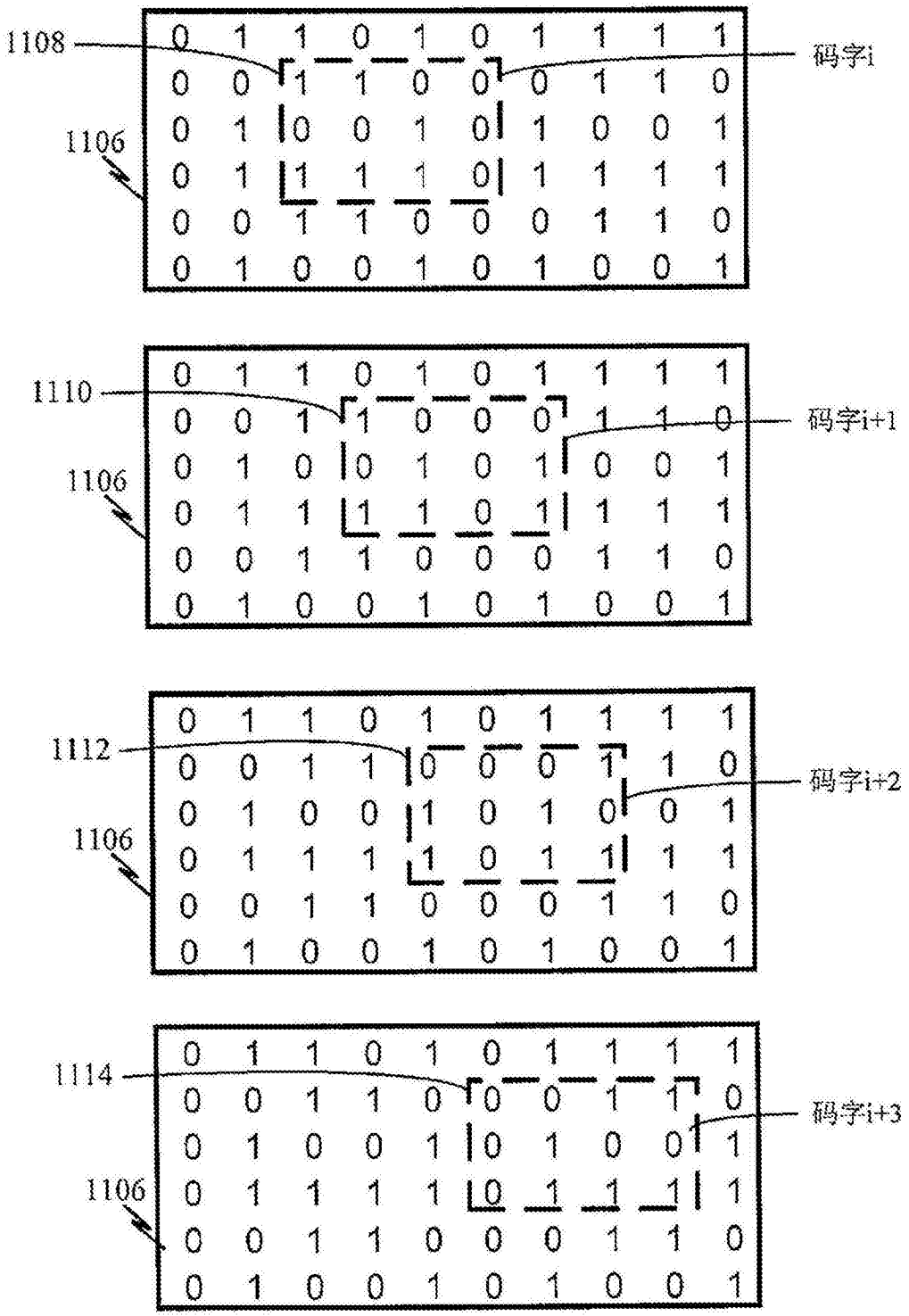


图11B

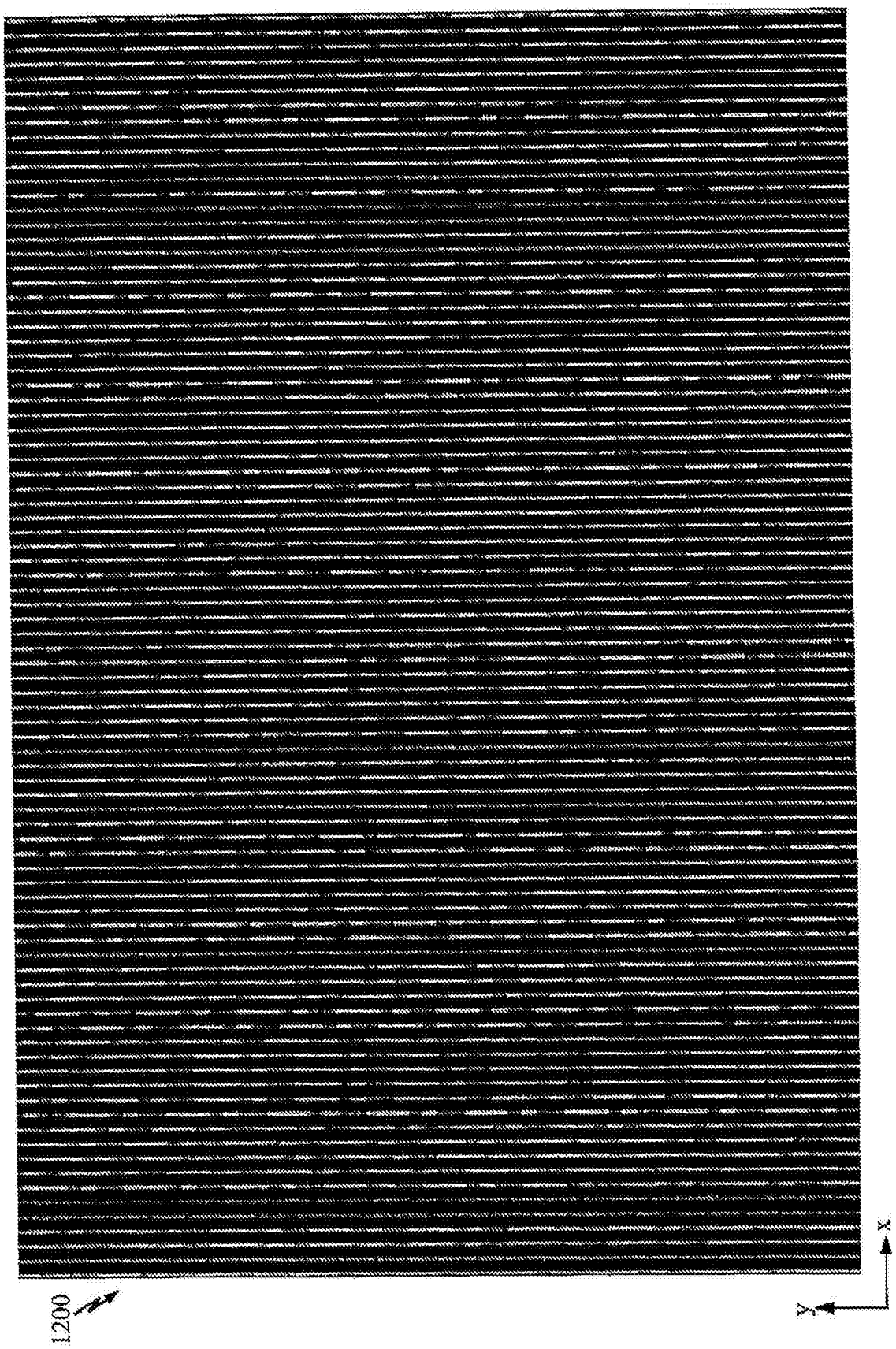


图12

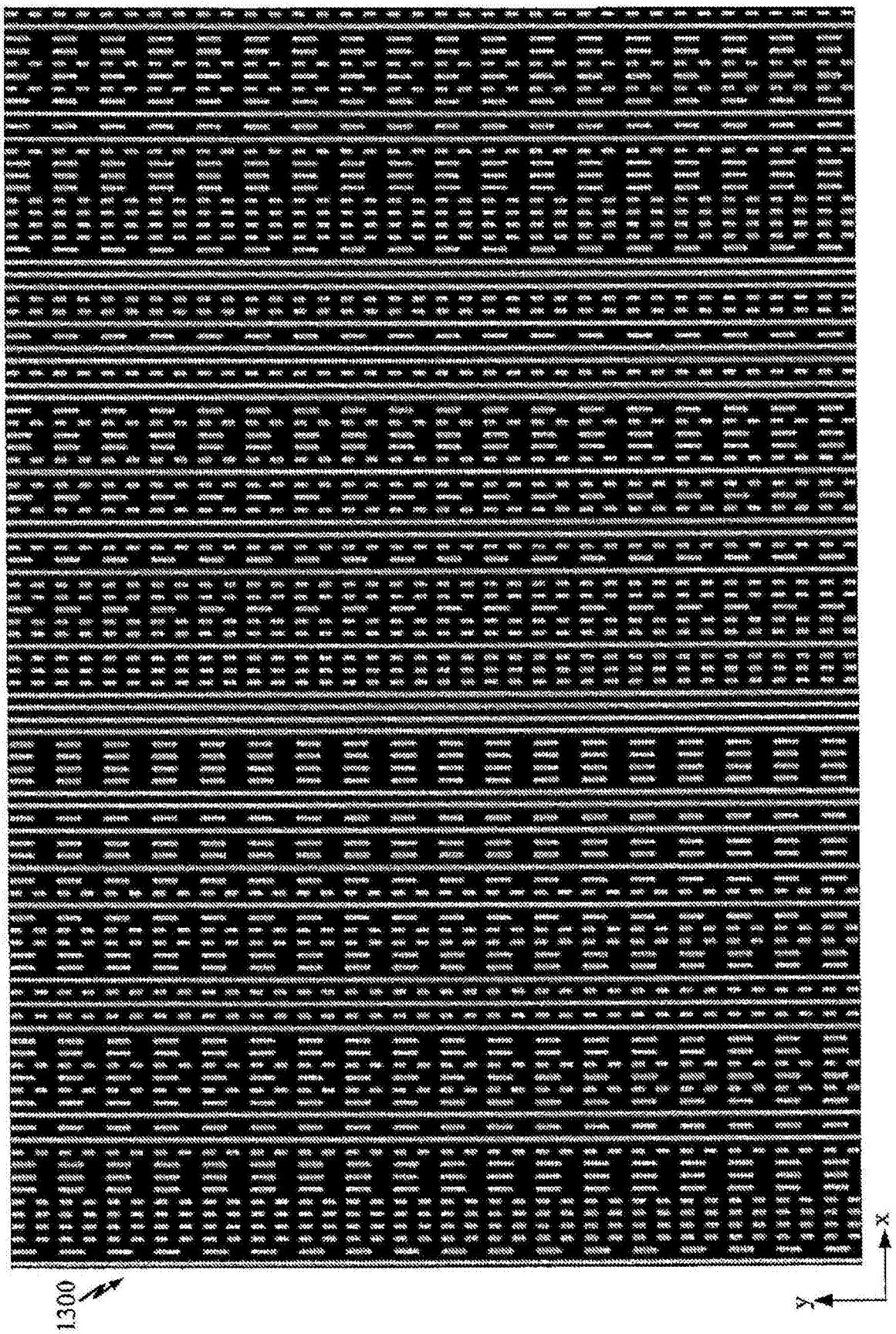


图13

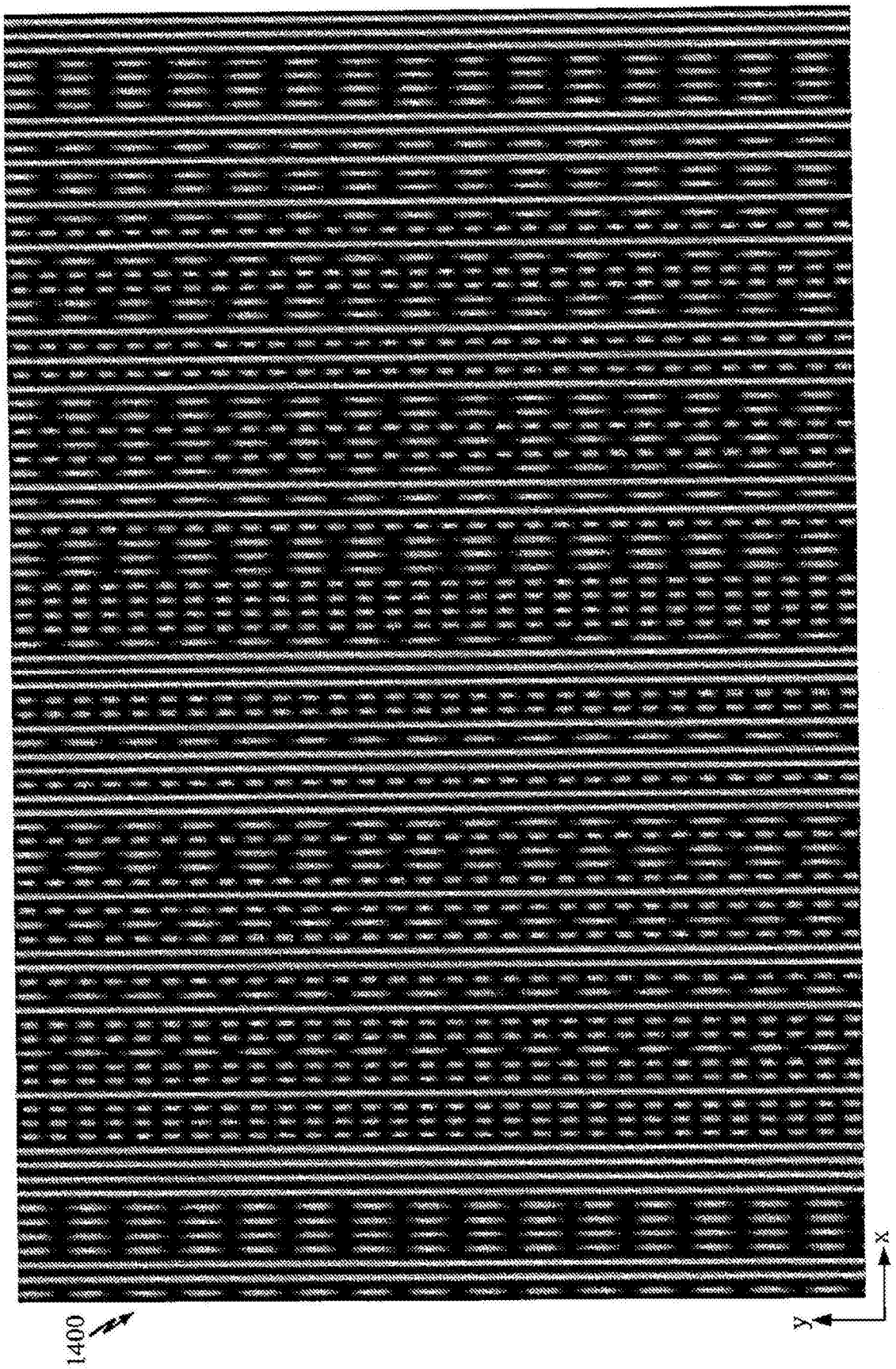


图14

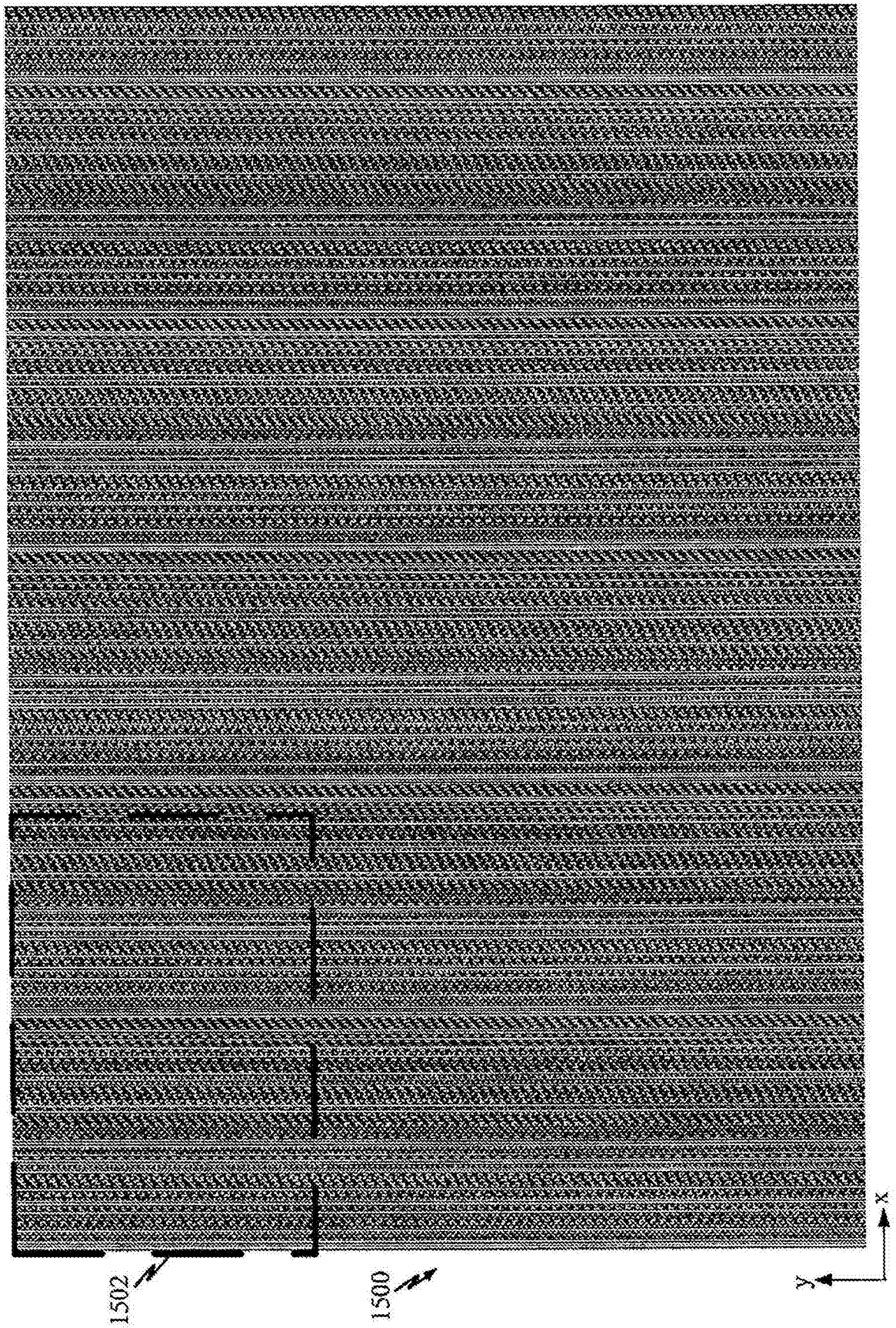


图15

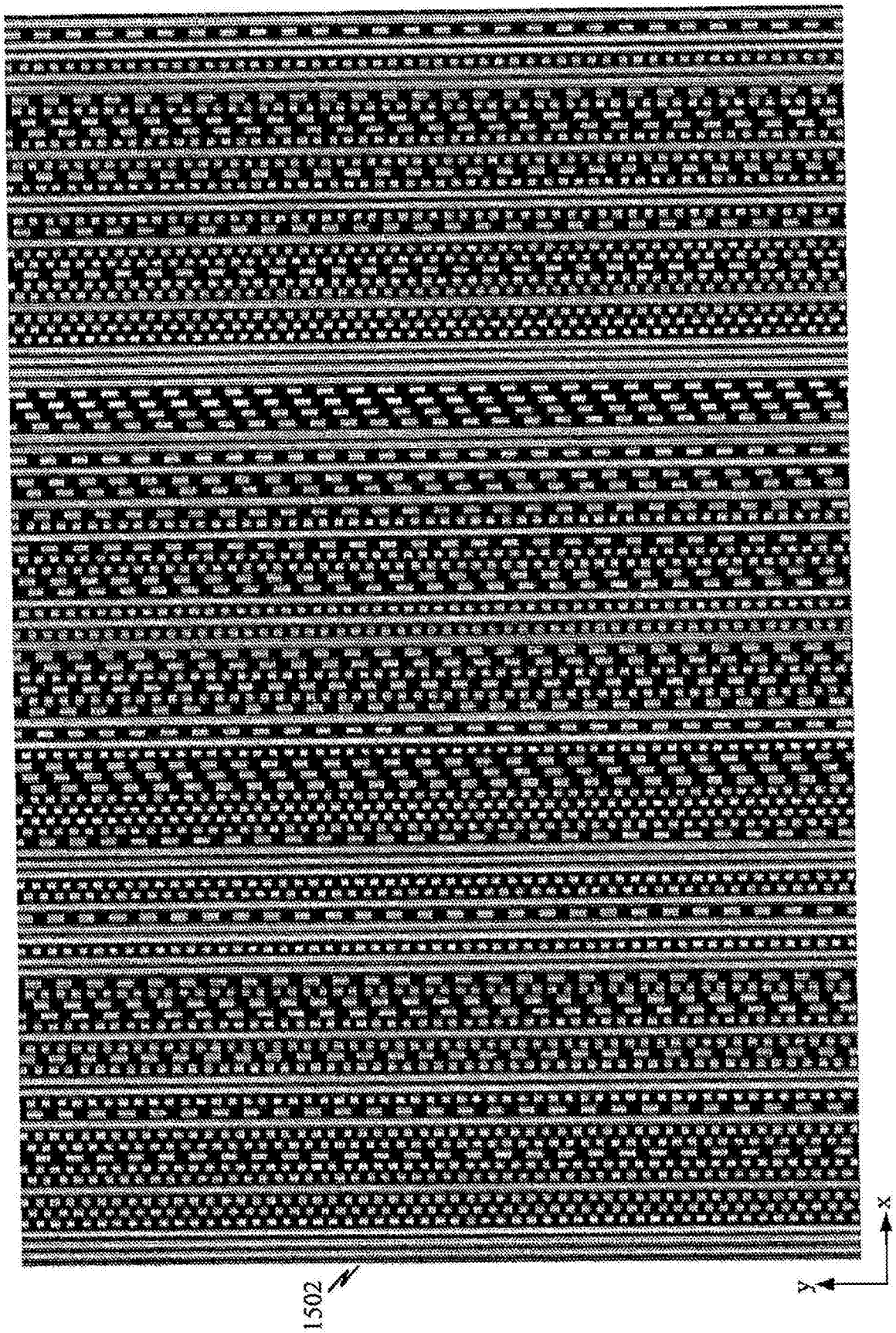


图16

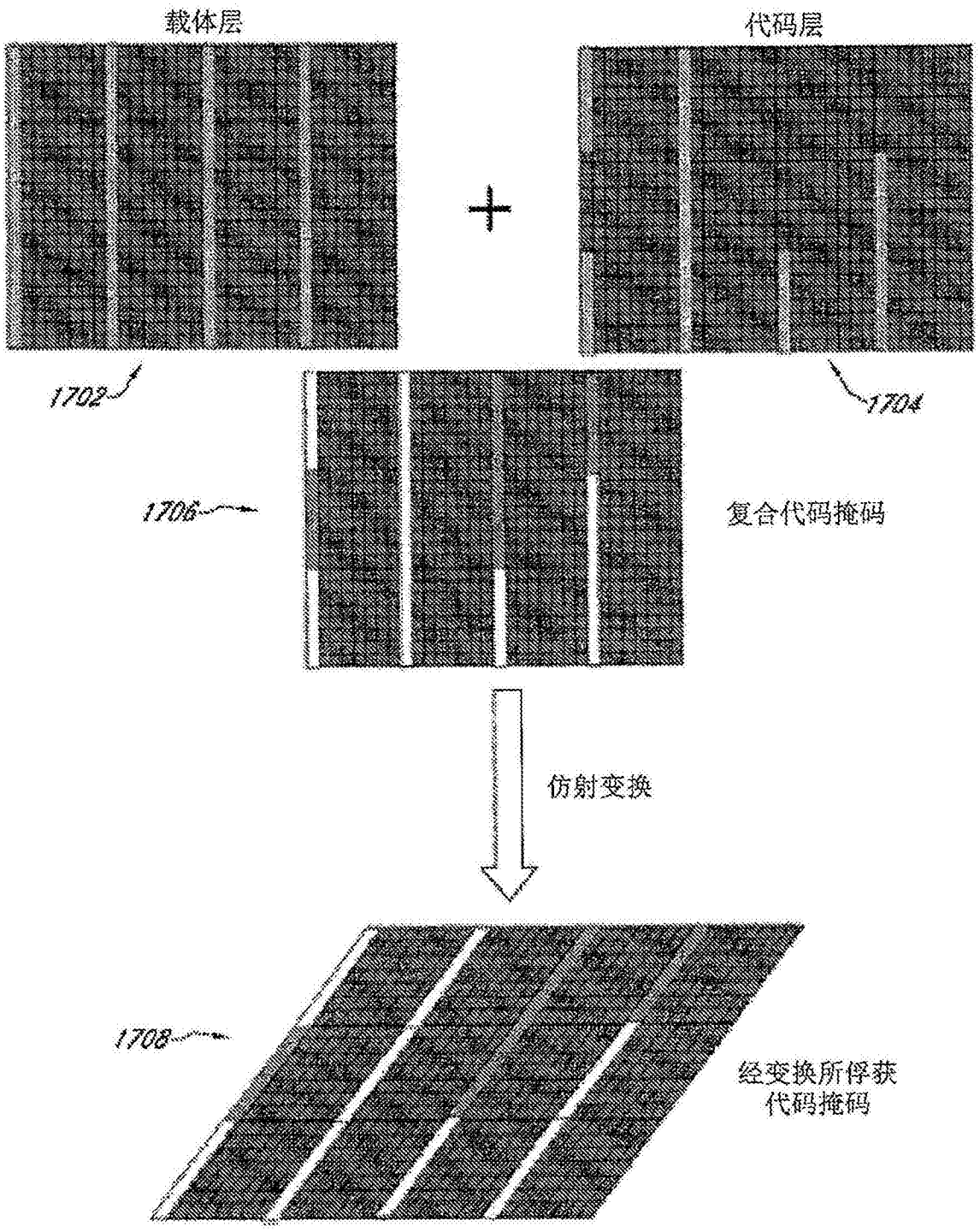


图17

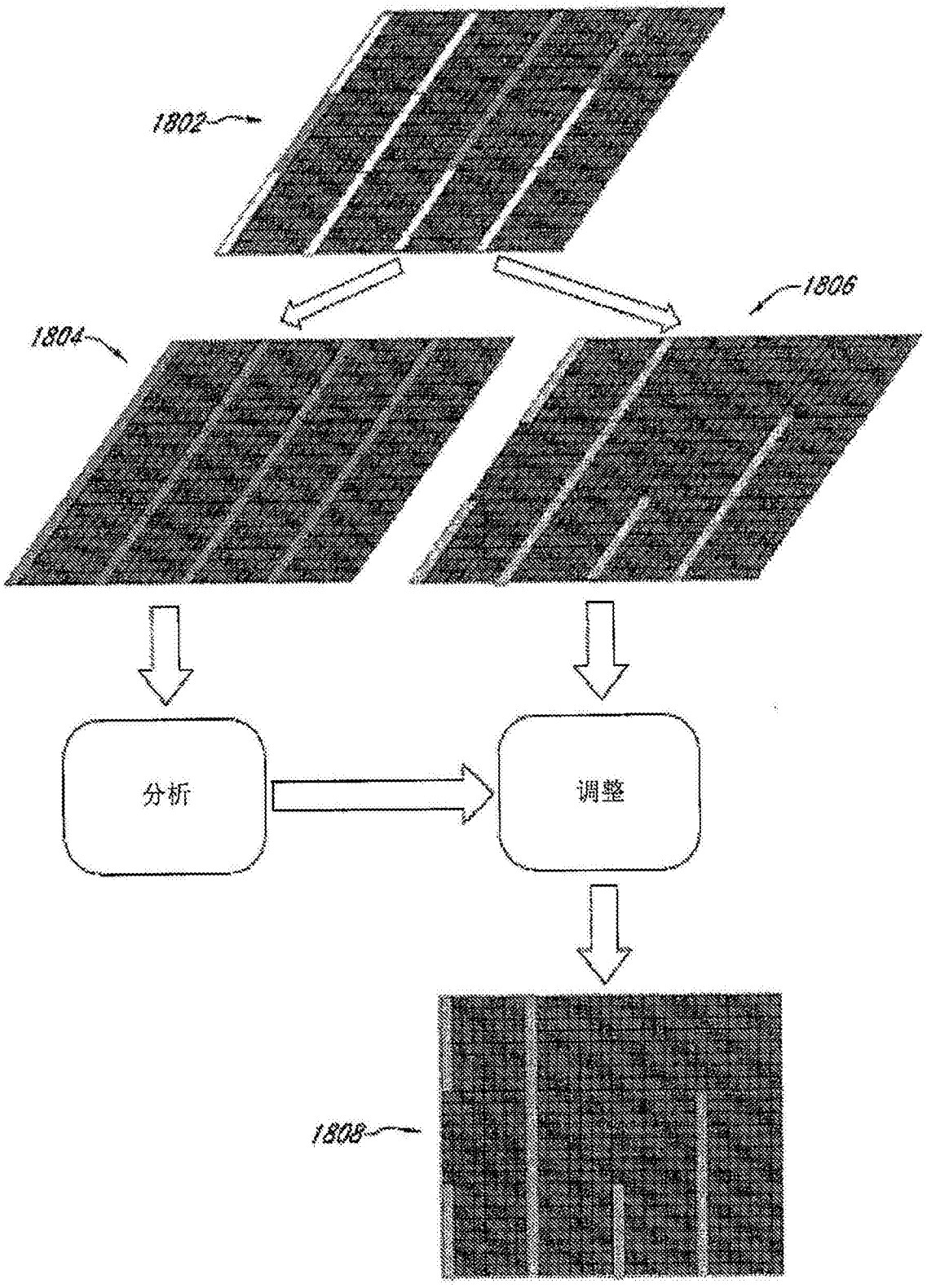


图18

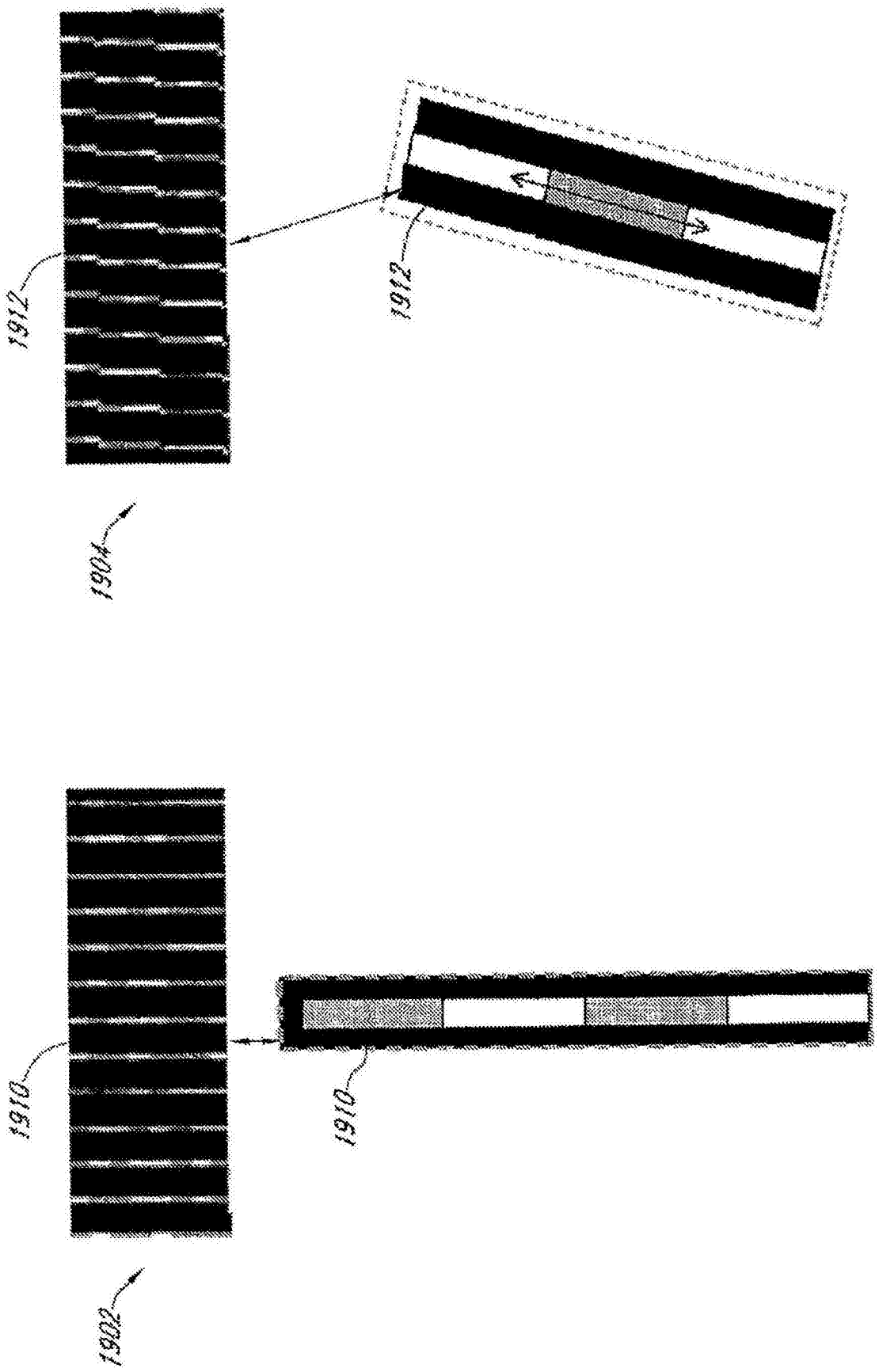


图19

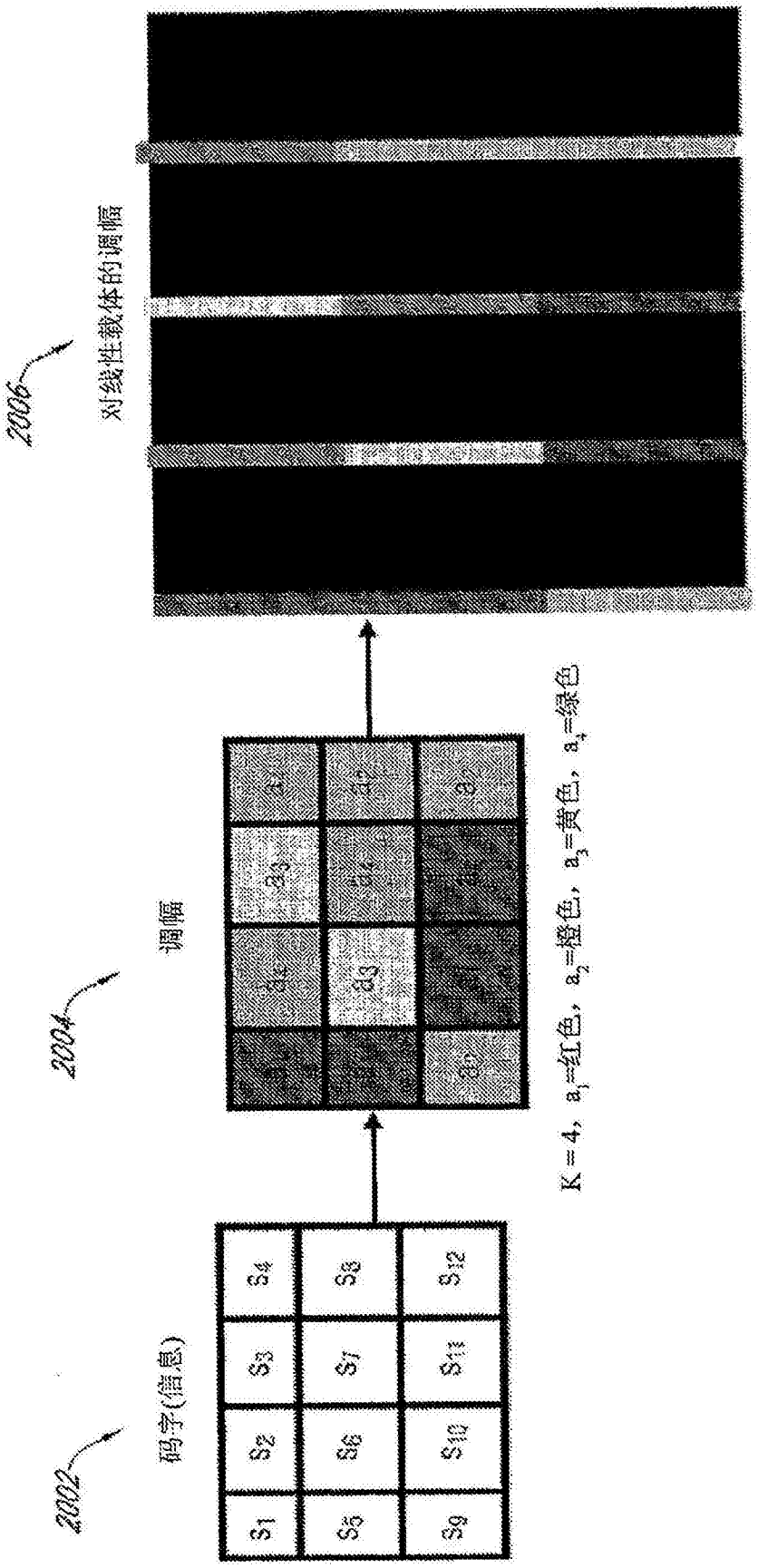

2002
码字(信息)
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
S10
S11
S12
2004
调幅
K = 4，a1=红色，a2=橙色，a3=黄色，a4=绿色
2006
对线性载体的调幅

图20

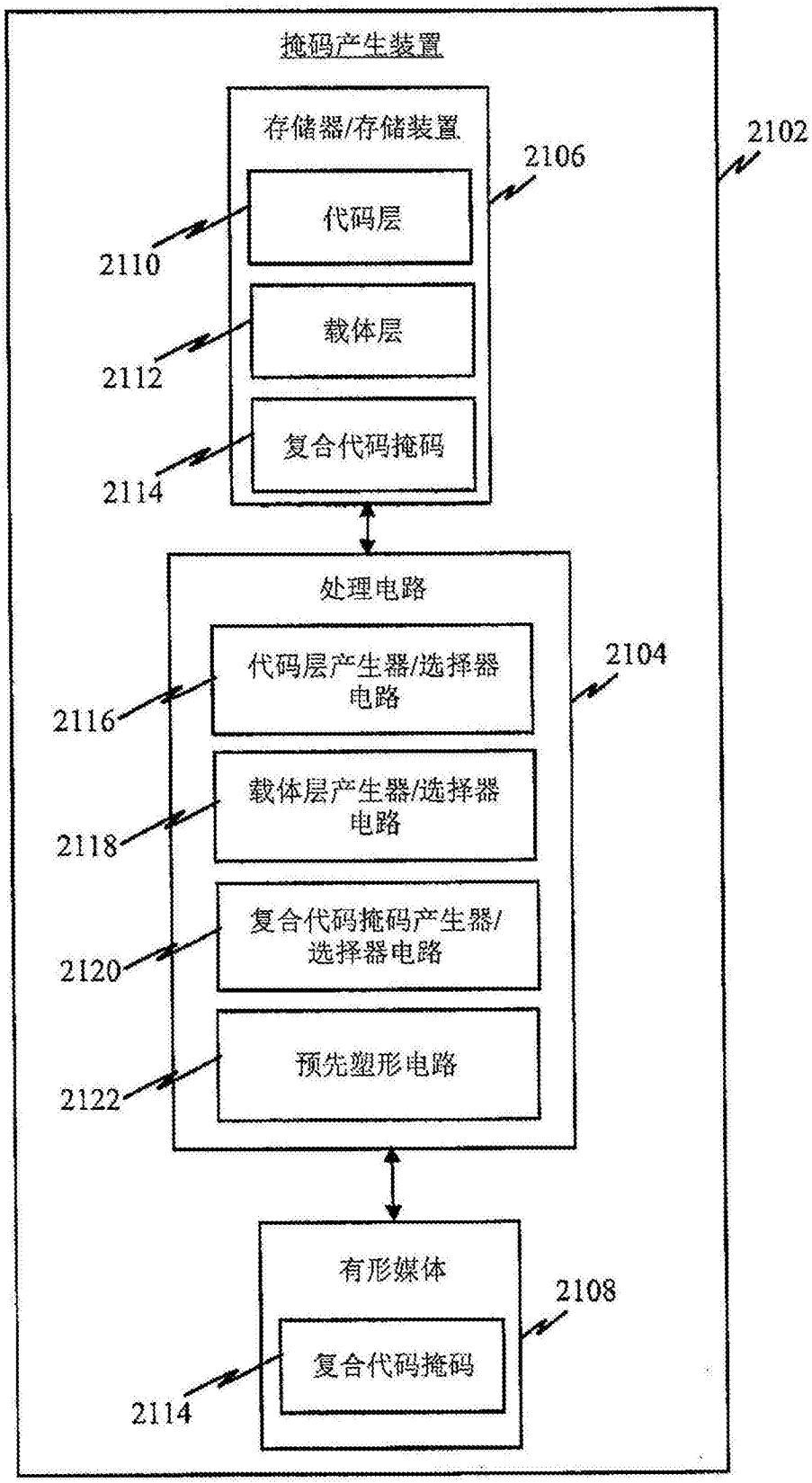

掩码产生装置
存储器/存储装置
2102
2106
代码层
2110
载体层
2112
复合代码掩码
2114
处理电路
2104
代码层产生器/选择器电路
2116
载体层产生器/选择器电路
2118
复合代码掩码产生器/选择器电路
2120
预先塑形电路
2122
有形媒体
2108
复合代码掩码
2114

图21

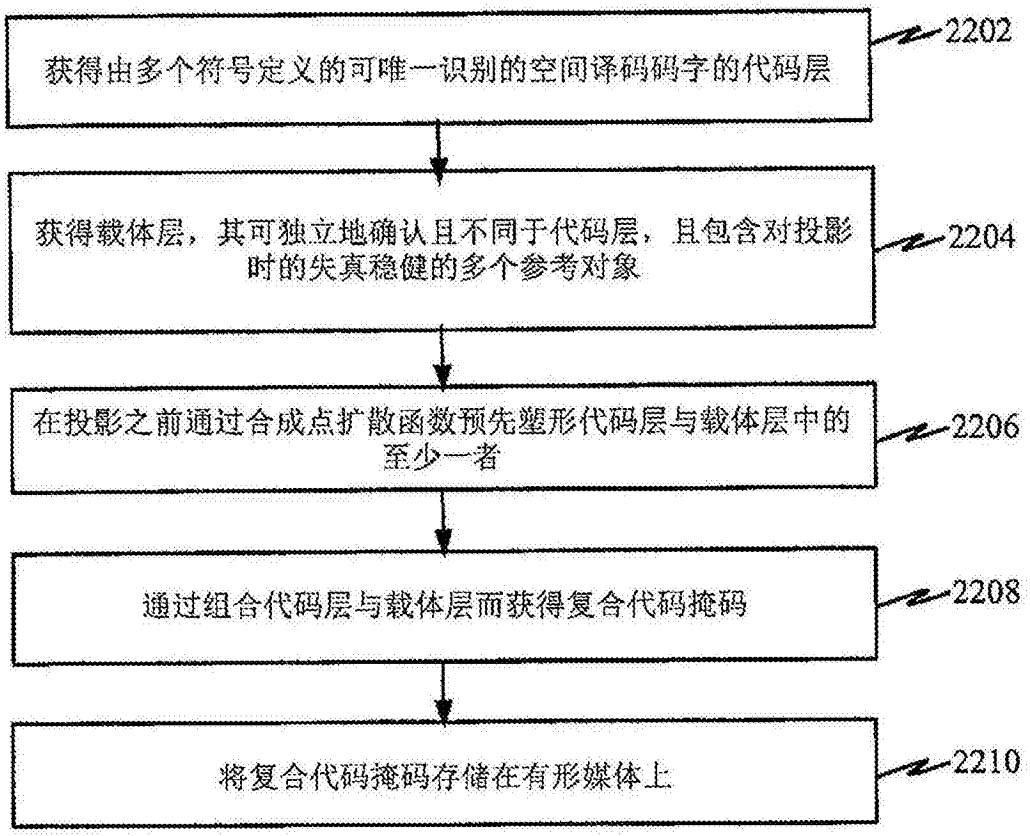

获得由多个符号定义的可唯一识别的空间译码码字的代码层
2202
获得载体层，其可独立地确认且不同于代码层，且包含对投影时的失真稳健的多个参考对象
2204
在投影之前通过合成点扩散函数预先塑形代码层与载体层中的至少一者
2206
通过组合代码层与载体层而获得复合代码掩码
2208
将复合代码掩码存储在有形媒体上
2210

图22

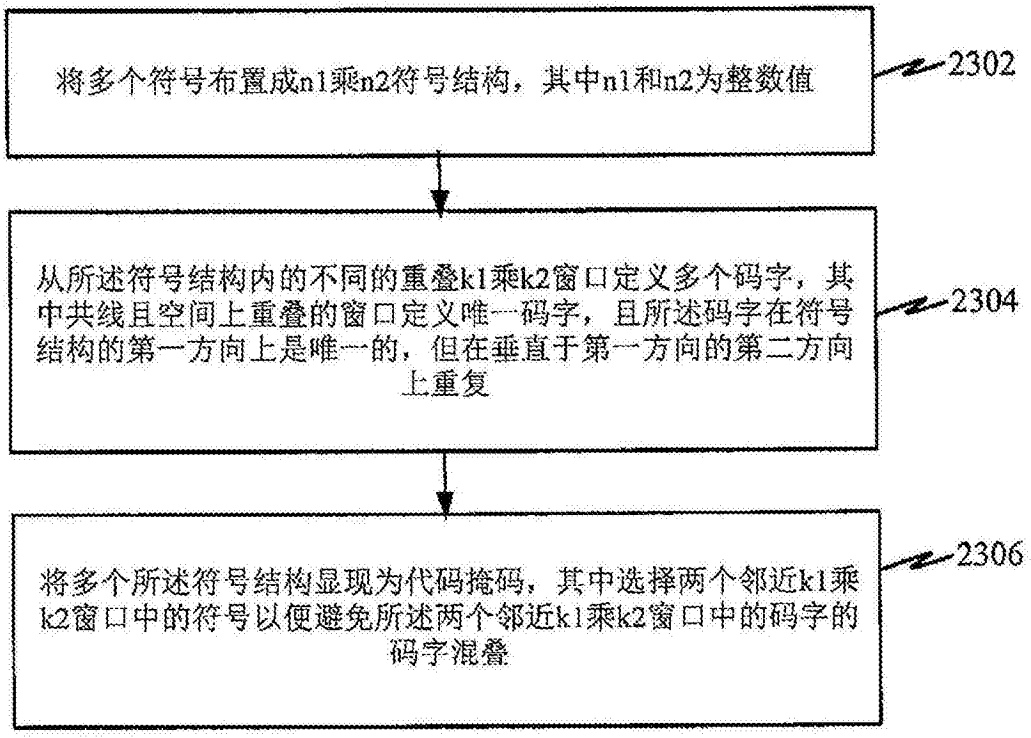

将多个符号布置成n1乘n2符号结构，其中n1和n2为整数值
2302
从所述符号结构内的不同的重叠k1乘k2窗口定义多个码字，其中共线且空间上重叠的窗口定义唯一码字，且所述码字在符号结构的第一方向上是唯一的，但在垂直于第一方向的第二方向上重复
2304
将多个所述符号结构显现为代码掩码，其中选择两个邻近k1乘k2窗口中的符号以便避免所述两个邻近k1乘k2窗口中的码字的码字混叠
2306

图23

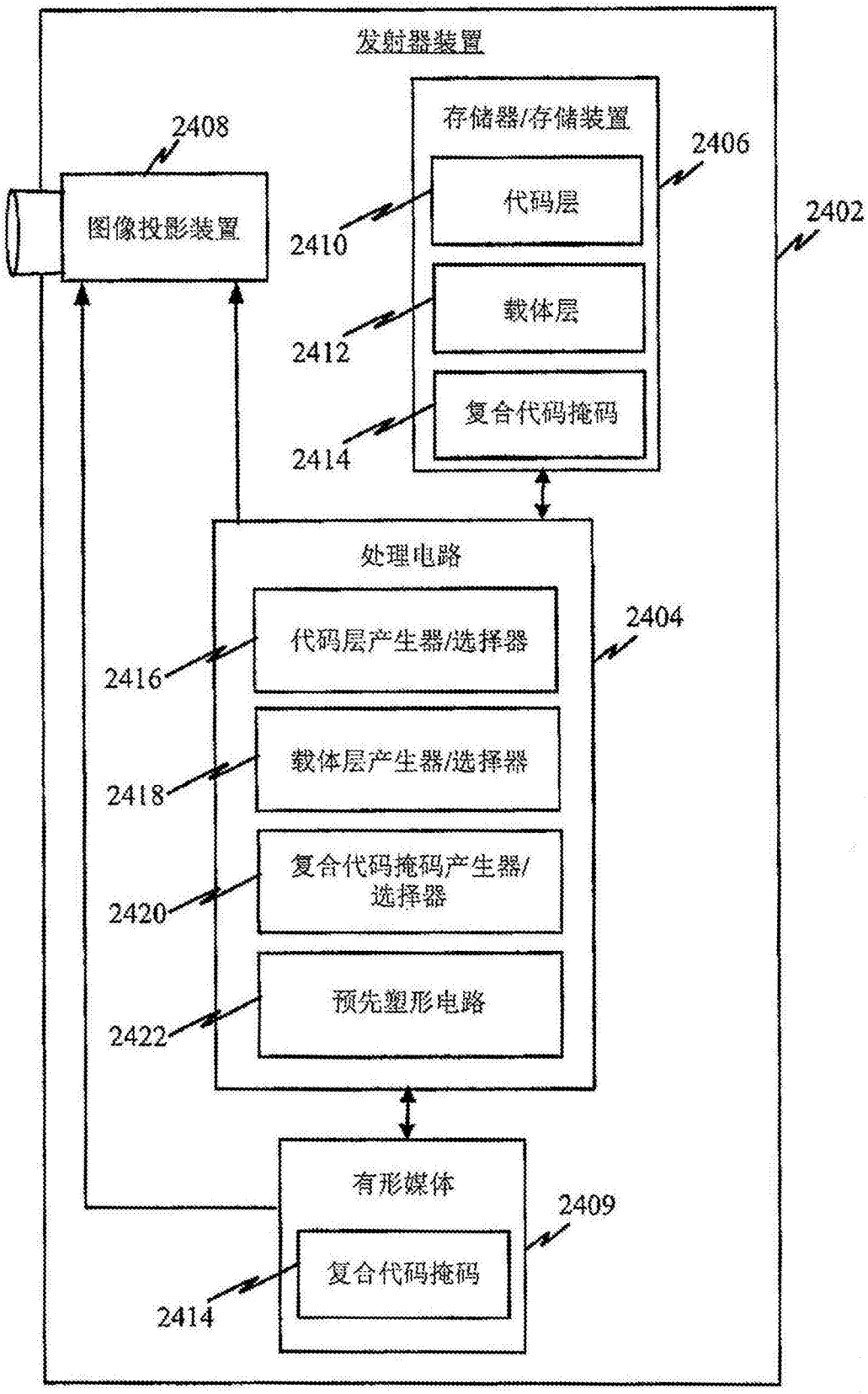

发射器装置
存储器/存储装置
2406
2408
图像投影装置
代码层
2410
2402
载体层
2412
复合代码掩码
2414
处理电路
代码层产生器/选择器
2404
2416
载体层产生器/选择器
2418
复合代码掩码产生器/选择器
2420
预先塑形电路
2422
有形媒体
2409
复合代码掩码
2414

图24

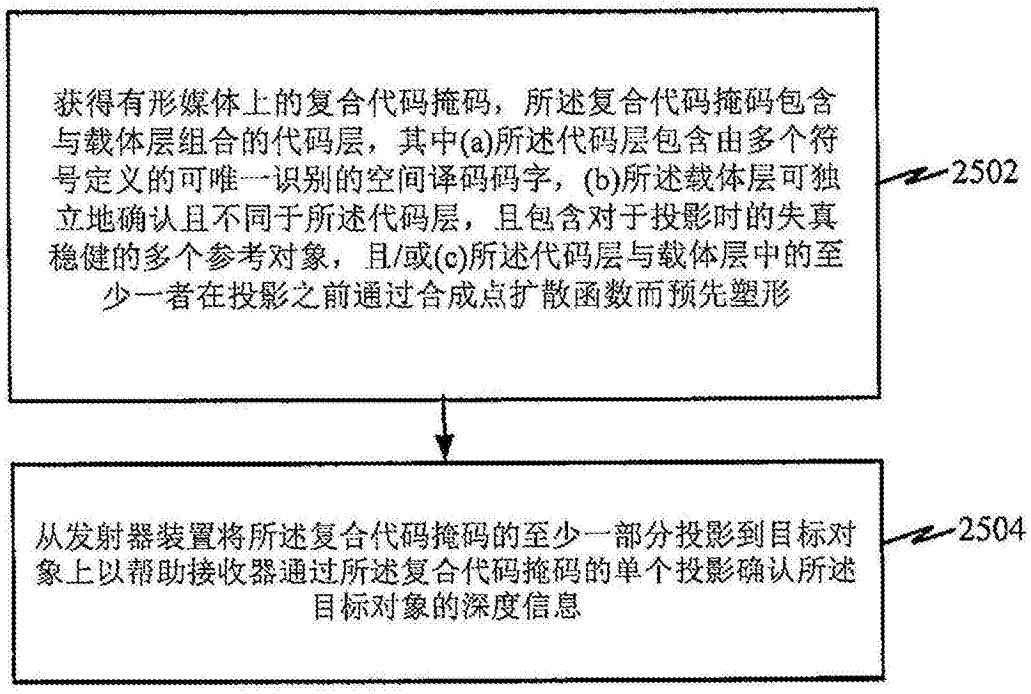

获得有形媒体上的复合代码掩码，所述复合代码掩码包含与载体层组合的代码层，其中(a)所述代码层包含由多个符号定义的可唯一识别的空间译码码字，(b)所述载体层可独立地确认且不同于所述代码层，且包含对于投影时的失真稳健的多个参考对象，且/或(c)所述代码层与载体层中的至少一者在投影之前通过合成点扩散函数而预先塑形
2502
从发射器装置将所述复合代码掩码的至少一部分投影到目标对象上以帮助接收器通过所述复合代码掩码的单个投影确认所述目标对象的深度信息
2504

图25

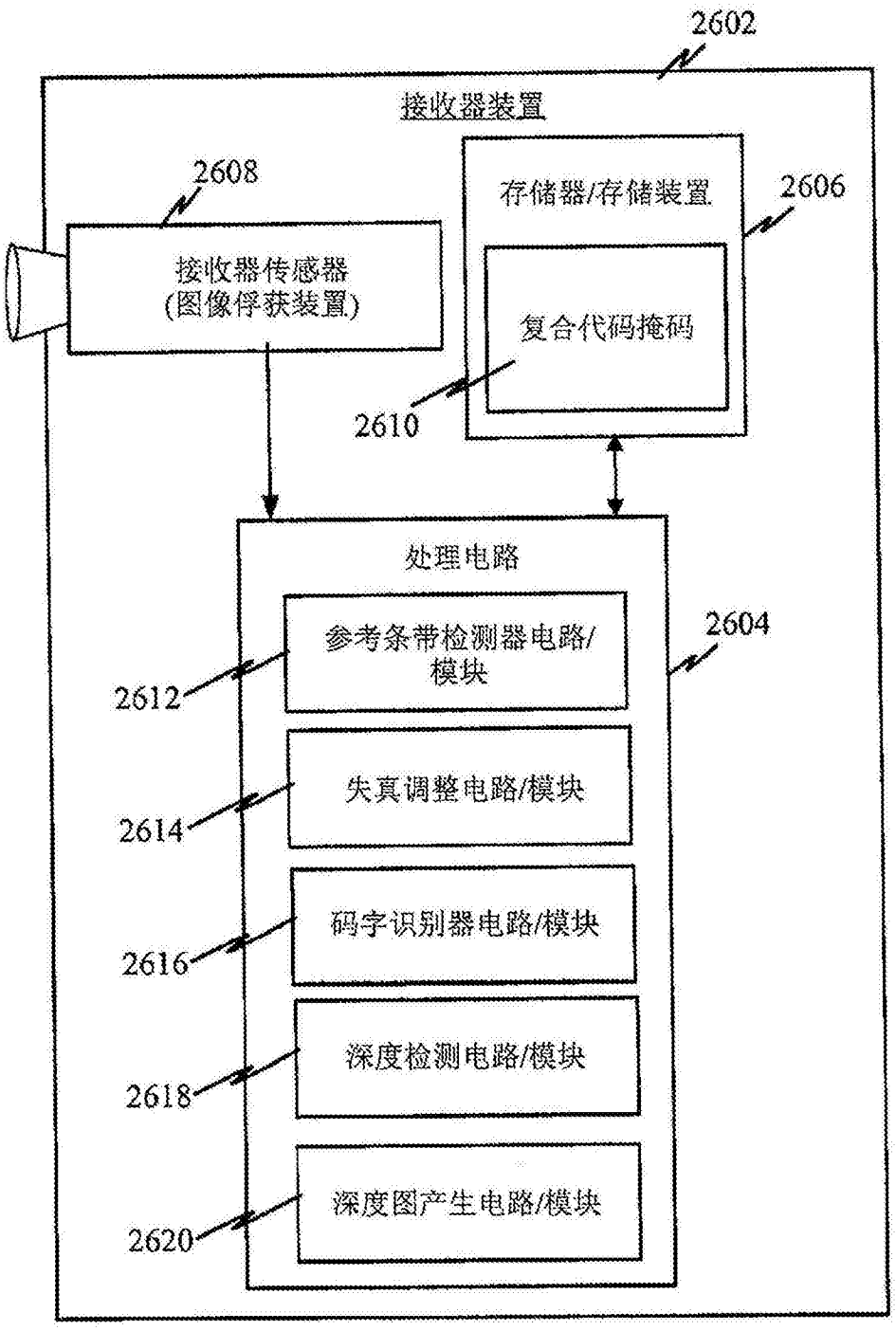

2602
接收器装置
2608
接收器传感器
(图像俘获装置)
存储器/存储装置
2606
复合代码掩码
2610
处理电路
2604
参考条带检测器电路/
模块
2612
失真调整电路/模块
2614
码字识别器电路/模块
2616
深度检测电路/模块
2618
深度图产生电路/模块
2620

图26

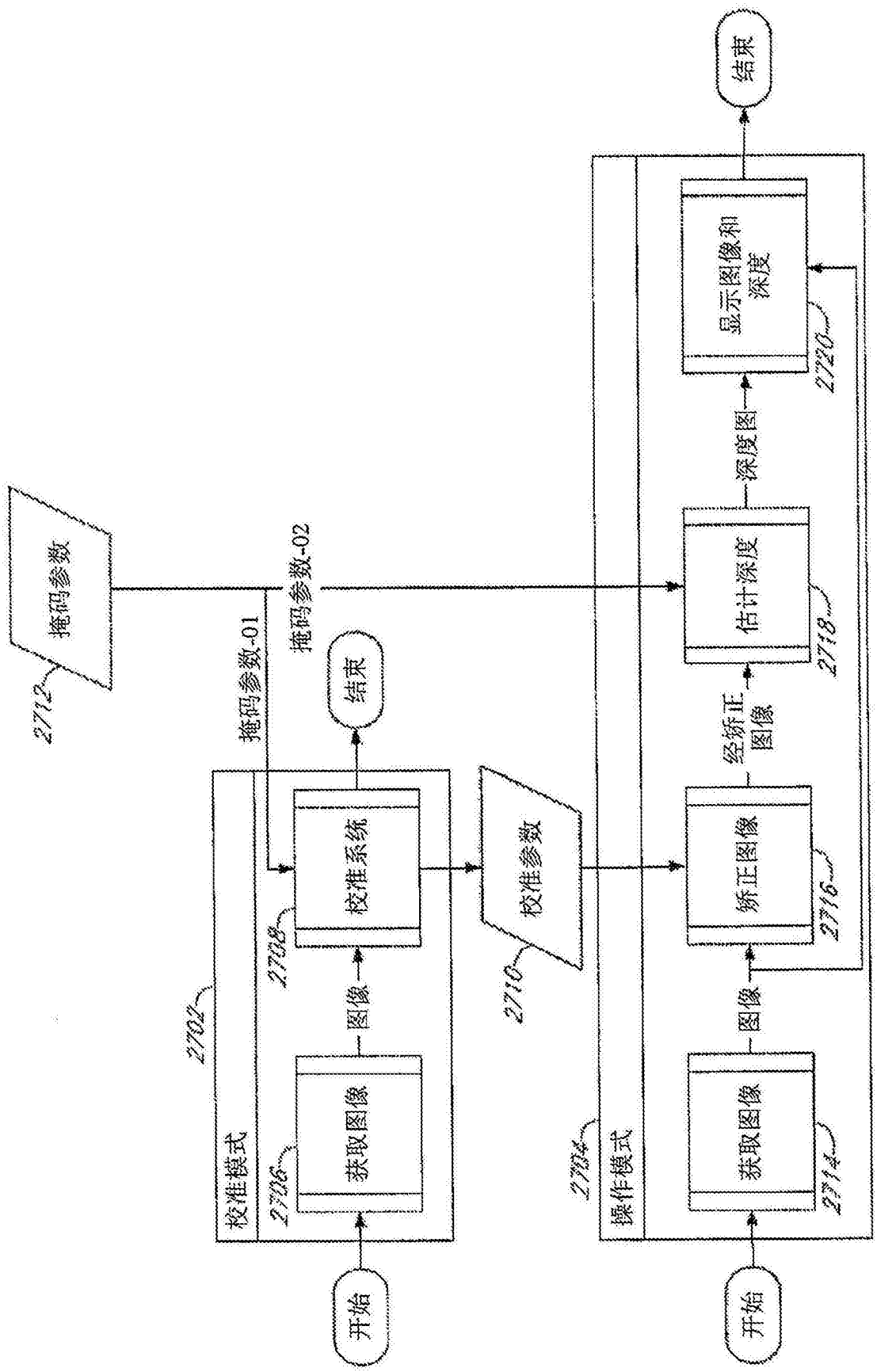

开始
获取图像
图像
校准系统
结束
校准模式
2702
2706
2726
掩码参数-01
掩码参数-02
掩码参数
2712
校准参数
2710
开始
获取图像
图像
矫正图像
经矫正图像
估计深度
深度图
显示图像和深度
结束
操作模式
2734
2714
2716
2718
2720

图27

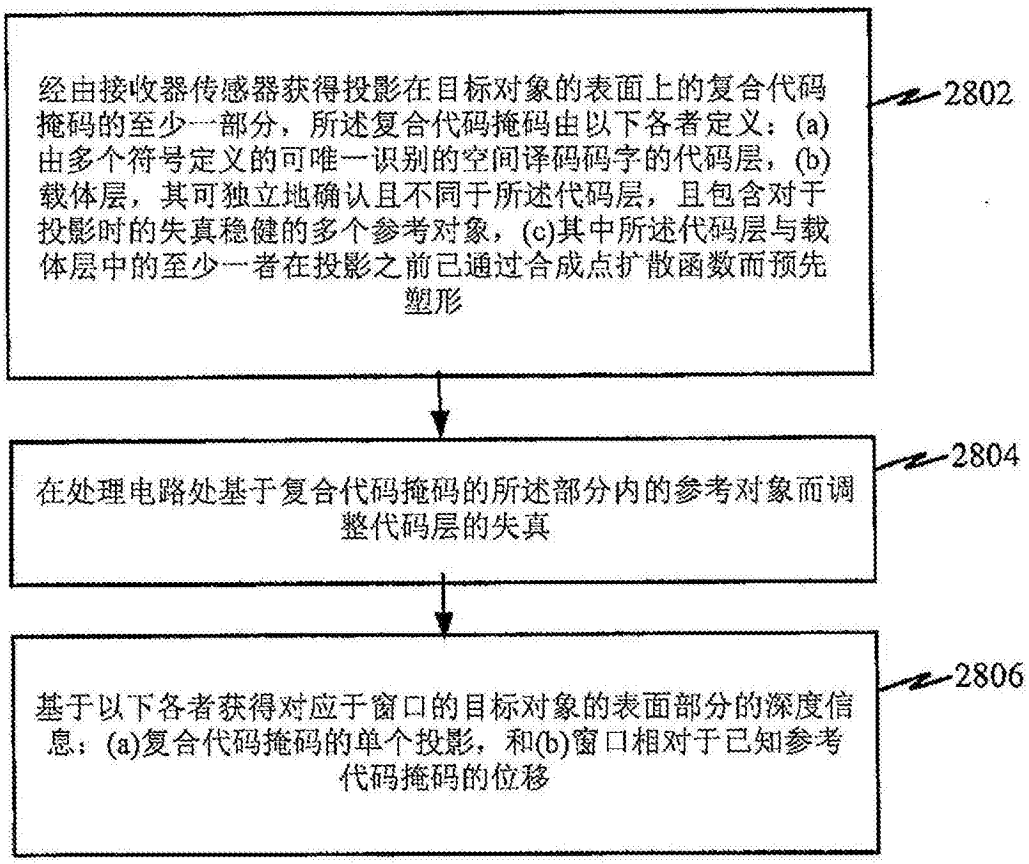

经由接收器传感器获得投影在目标对象的表面上的复合代码掩码的至少一部分，所述复合代码掩码由以下各者定义：(a)由多个符号定义的可唯一识别的空间译码码字的代码层，(b)载体层，其可独立地确认且不同于所述代码层，且包含对于投影时的失真稳健的多个参考对象，(c)其中所述代码层与载体层中的至少一者在投影之前已通过合成点扩散函数而预先塑形
2802
在处理电路处基于复合代码掩码的所述部分内的参考对象而调整代码层的失真
2804
基于以下各者获得对应于窗口的目标对象的表面部分的深度信息：(a)复合代码掩码的单个投影，和(b)窗口相对于已知参考代码掩码的位移
2806

图28

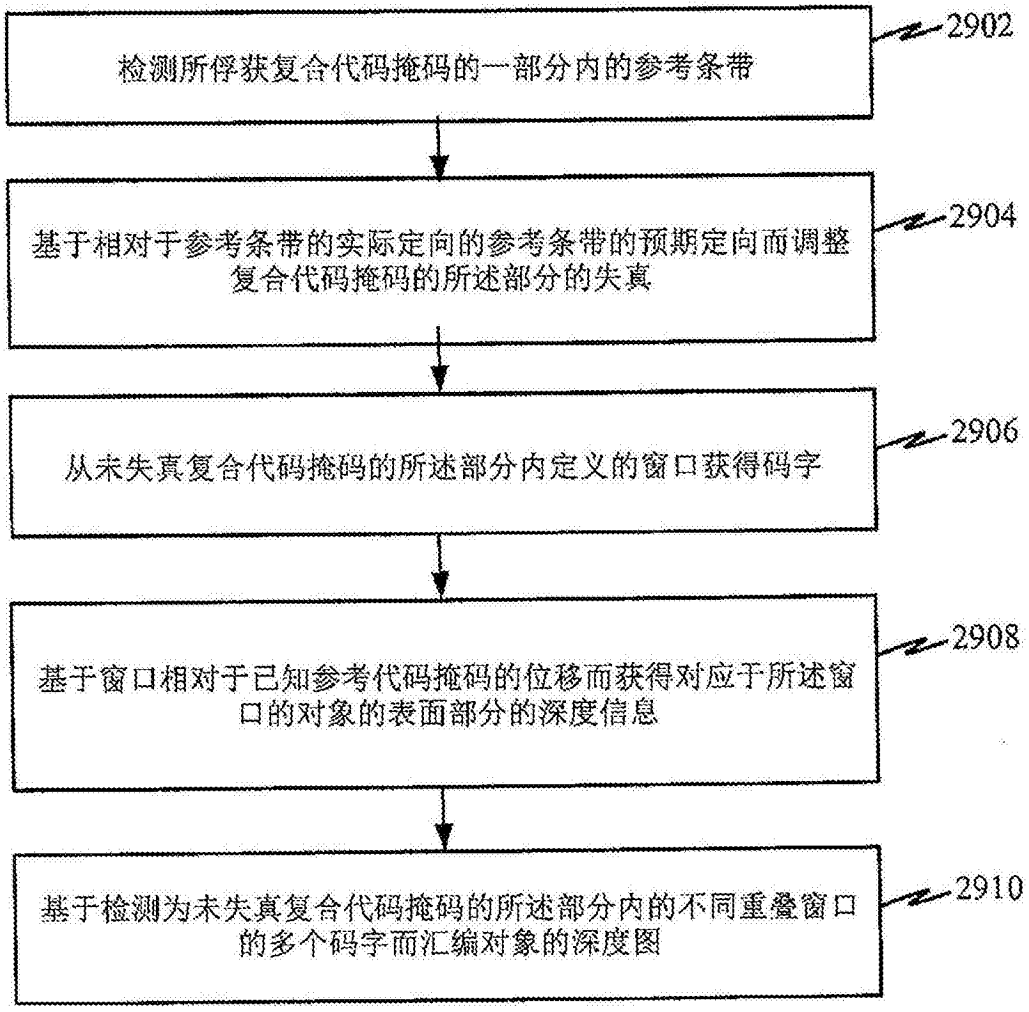

检测所俘获复合代码掩码的一部分内的参考条带
2902
基于相对于参考条带的实际定向的参考条带的预期定向而调整复合代码掩码的所述部分的失真
2904
从未失真复合代码掩码的所述部分内定义的窗口获得码字
2906
基于窗口相对于已知参考代码掩码的位移而获得对应于所述窗口的对象的表面部分的深度信息
2908
基于检测为未失真复合代码掩码的所述部分内的不同重叠窗口的多个码字而汇编对象的深度图
2910

图29

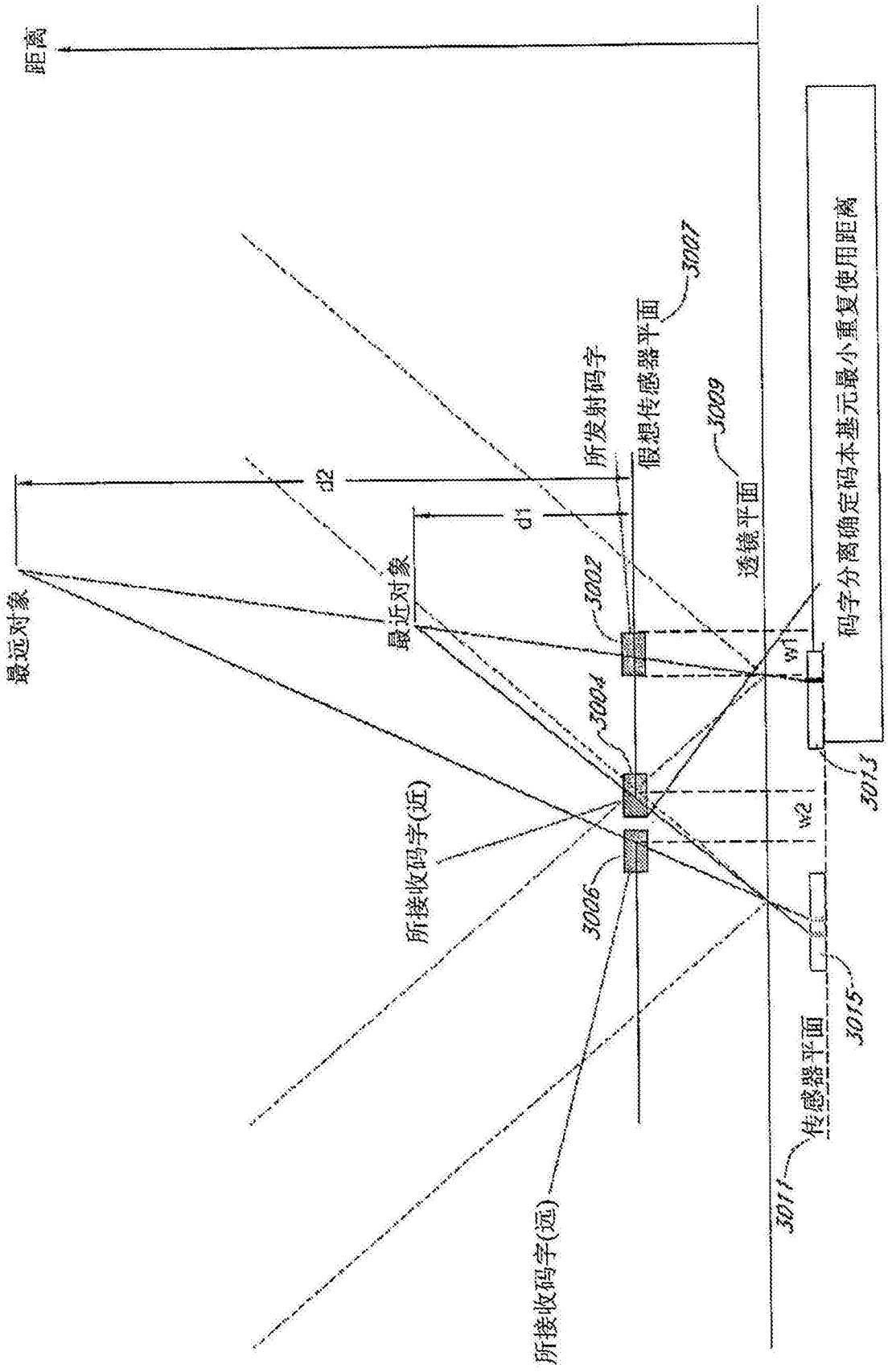

距离
最远对象
d2
d1
最近对象
所发射码字
假想传感器平面
3007
3009
透镜平面
3002
3004
3006
所接收码字(近)
所接收码字(远)
w1
w2
码字分离确定码本基元最小重复使用距离
3013
3015
传感器平面
3011

图30

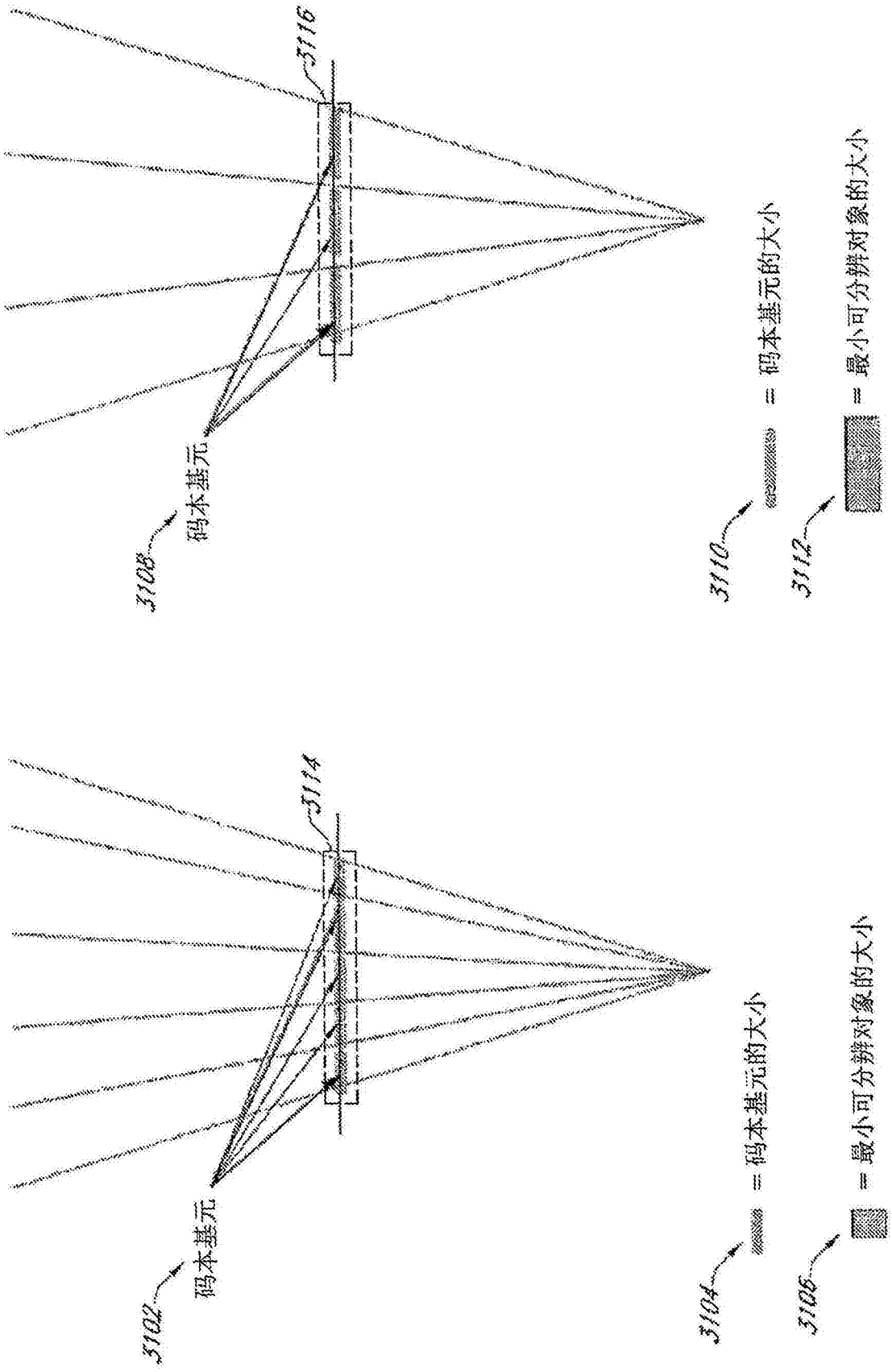

3116
码本基元
3108
= 码本基元的大小
= 最小可分辨对象的大小
3110
3112
3114
码本基元
3102
= 码本基元的大小
= 最小可分辨对象的大小
3104
3106

图31

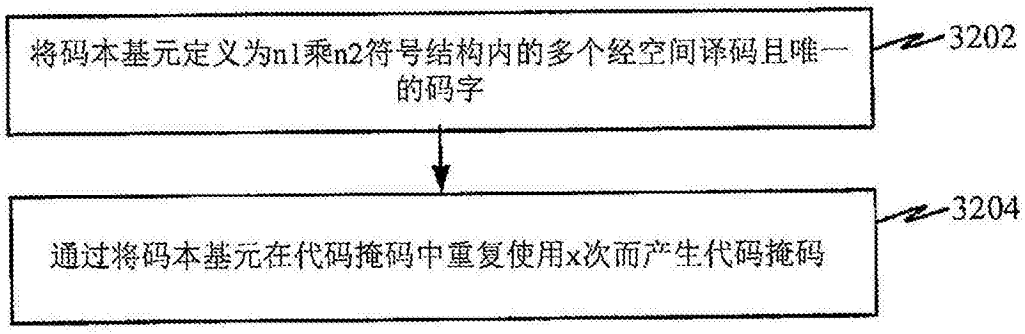

将码本基元定义为n1乘n2符号结构内的多个经空间译码且唯一的码字
3202
通过将码本基元在代码掩码中重复使用x次而产生代码掩码
3204

图32

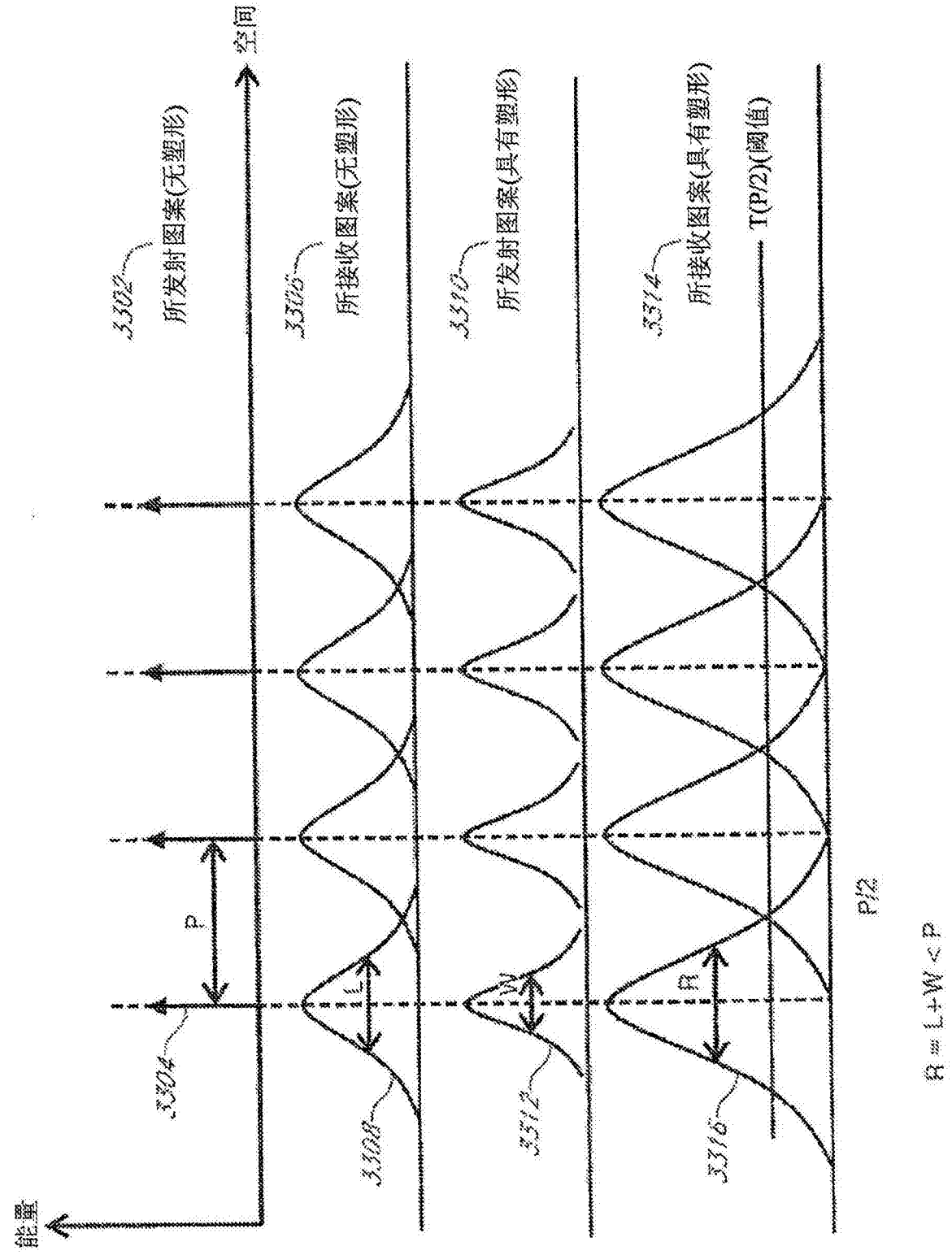

能量
空间
3302
所发射图案(无塑形)
3304
3306
所接收图案(无塑形)
3308
3310
所发射图案(具有塑形)
3312
3314
所接收图案(具有塑形)
T(P/2)(阈值)
3316
P
L
W
R
P/2
R = L+W < P

图33

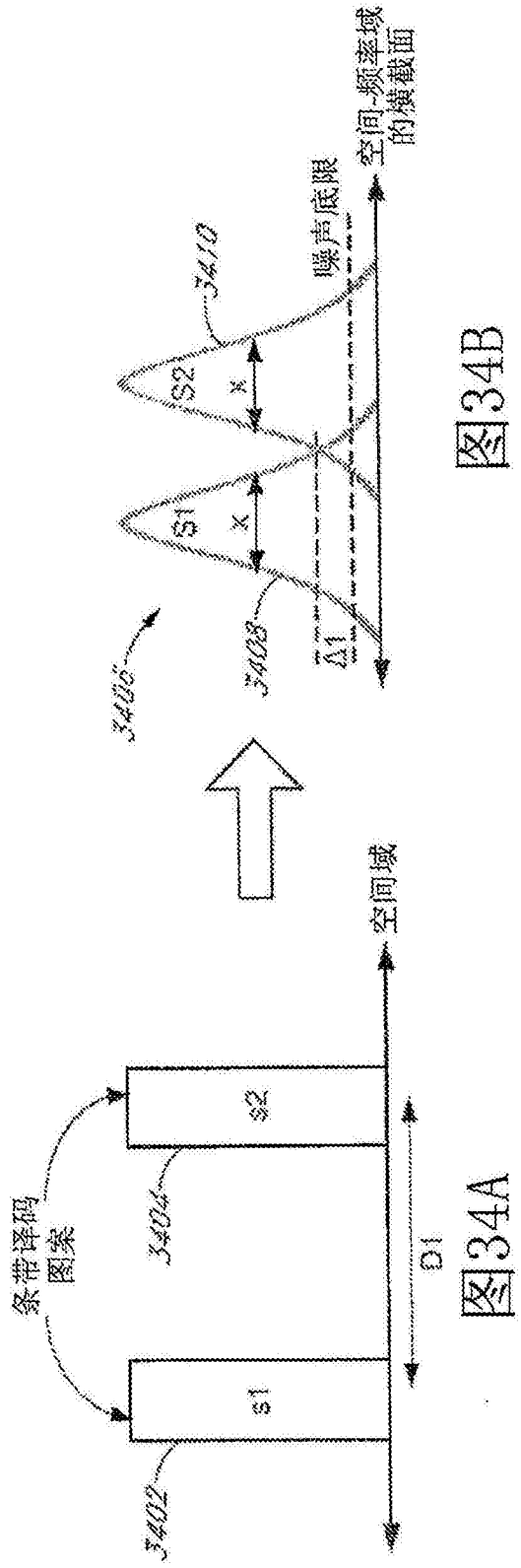


图34A

图34B

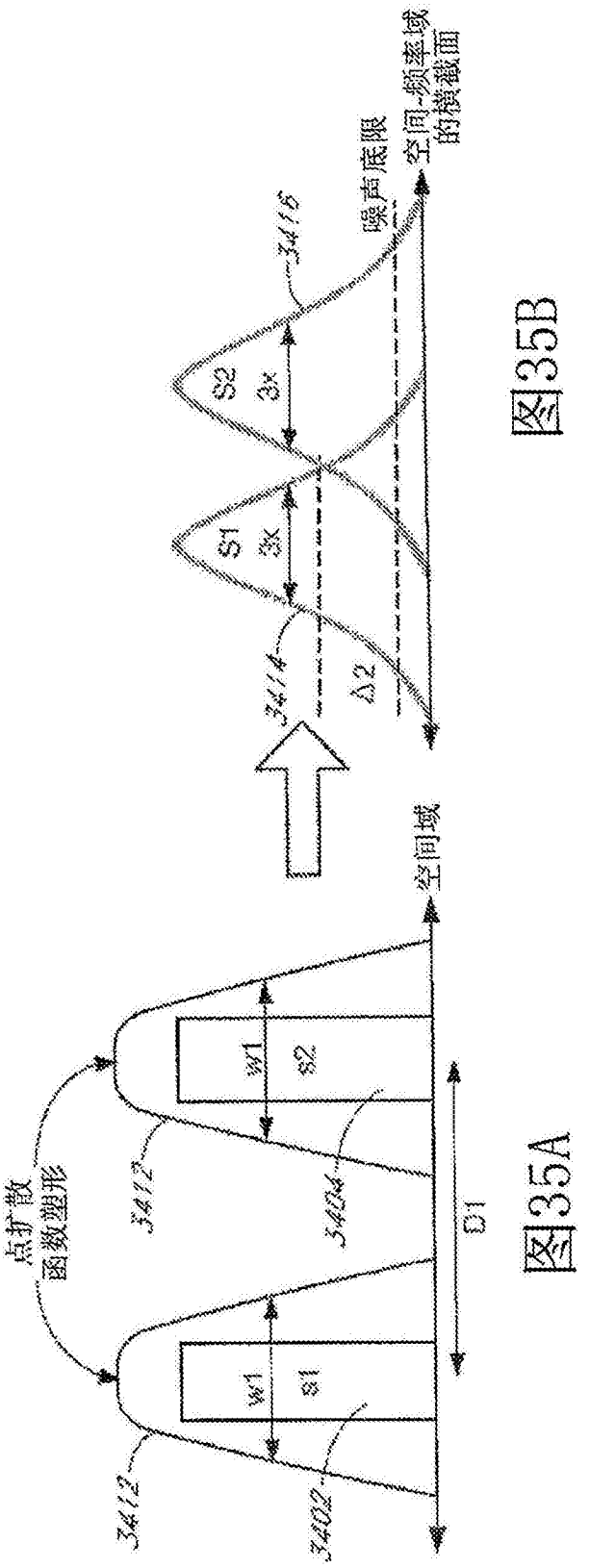


图35A

图35B

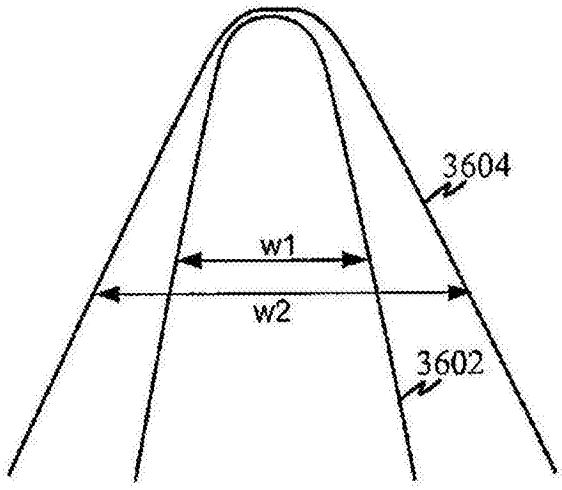


图36