



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105068698 B

(45)授权公告日 2018.11.13

(21)申请号 201510471111.5

(22)申请日 2009.12.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105068698 A

(43)申请公布日 2015.11.18

(30)优先权数据

0802531-4 2008.12.05 SE

61/193,526 2008.12.05 US

61/193,929 2009.01.09 US

(62)分案原申请数据

200980155427.6 2009.12.02

(73)专利权人 平蛙实验室股份公司

地址 瑞典伦德

(72)发明人 克里斯多·法拉尤斯

亨里克·沃尔 奥拉·瓦斯维克

托马斯·克里斯蒂安松

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

代理人 浦彩华 姚开丽

(51)Int.Cl.

G06F 3/042(2006.01)

G06F 3/03(2006.01)

(56)对比文件

CN 1487399 A,2004.04.07,

CN 1208899 C,2005.06.29,

CN 101019005 A,2007.08.15,

CN 101209201 A,2008.07.02,

CN 1853154 A,2006.10.25,

US 7432893 B2,2008.10.07,

CN 1682473 A,2005.10.12,

审查员 张红云

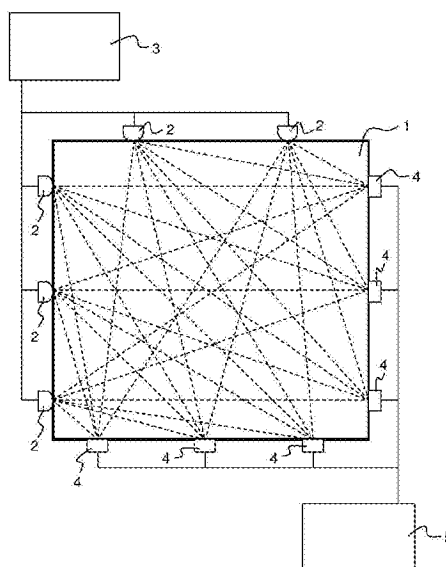
权利要求书2页 说明书21页 附图14页

(54)发明名称

触摸感应装置及其操作方法

(57)摘要

本发明提供了触摸感应装置及其操作方法。一种触摸感应装置被控制以确定与触摸表面相互作用的一个或多个物体的位置。该装置包括被布置成发射光以照射触摸表面的至少部分的一组发射器、被布置成从该组发射器接收光的光检测器以及处理元件。每个发射器被控制以经由发射光传输代码,以便代码识别各自的发射器。代码可以至少部分地同时被传输。代码可以被选择以便每个代码的自相关值显著高于不同发射器的任何两个代码之间的互相关值。处理元件处理来自光检测器的输出信号以基于传输的代码分离从各个发射器接收的光,并基于从各个发射器接收的光确定一个或多个物体的位置,例如使用三角测量或图像重建如关于传输层析成像的算法。



1. 一种触摸感应装置,包括:

光传输元件 (8),其定义触摸表面 (1);

发射器 (2) 组,其被布置成围绕所述触摸表面 (1) 的外围,以发射光束照射所述触摸表面 (1) 的至少一部分或者进入所述光传输元件 (8) 使得触摸所述触摸表面 (1) 的物体 (7) 引起所述光束的衰减;

光检测器 (4) 组,其被布置成围绕所述触摸表面 (1) 的外围,以在多条光路上从所述发射器 (2) 组接收光,其中每个光检测器 (4) 被布置成接收来自一个以上的发射器 (2) 的光;以及

处理元件 (5),其被配置成基于所述光检测器 (4) 的输出信号来确定每条光路的光能值、基于所述光能值生成关于每条光路的传输值、以及对如此生成的传输值的至少一部分运行图像重建算法,以便确定所述触摸表面 (1) 上所述物体 (7) 的位置,

其中,所述图像重建算法是关于具有扇束几何的传输层析成像的算法。

2. 如权利要求1所述的装置,其中所述处理元件 (5) 被配置成通过所述光能值除以背景值来生成所述传输值。

3. 如权利要求2所述的装置,其中所述背景值表示没有触摸所述触摸表面 (1) 的所述物体 (7) 的情况下关于所述光路的能量值。

4. 如权利要求3所述的装置,其中所述背景值被预先设置、在单独的校准步骤期间被获得、或者根据一个或多个先前的输出信号来获得。

5. 如权利要求2-4中的任一项所述的装置,其中所述处理元件 (5) 被配置成生成所述传输值作为所述光能值和所述背景值之间的商的的对数。

6. 如权利要求1-4中的任一项所述的装置,其中所述处理元件 (5) 被配置成对每个光检测器 (4) 的入射光路的所述光能值或所述传输值进行插值,以便所述光检测器 (4) 的所有入射光路具有相同的互角。

7. 如权利要求5所述的装置,其中所述处理元件 (5) 被配置成对每个光检测器 (4) 的入射光路的所述光能值或所述传输值进行插值,以便所述光检测器 (4) 的所有入射光路具有相同的互角。

8. 如权利要求1-4和7中的任一项所述的装置,其中每个发射器 (2) 被控制以经由所发射的光传输代码,以便所述代码识别各自的发射器 (2),并且其中所述处理元件 (5) 被配置成基于所述光检测器 (4) 的所述输出信号、基于所传输的代码分离从各个发射器 (2) 接收的光。

9. 如权利要求5所述的装置,其中每个发射器 (2) 被控制以经由所发射的光传输代码,以便所述代码识别各自的发射器 (2),并且其中所述处理元件 (5) 被配置成基于所述光检测器 (4) 的所述输出信号、基于所传输的代码分离从各个发射器 (2) 接收的光。

10. 如权利要求6所述的装置,其中每个发射器 (2) 被控制以经由所发射的光传输代码,以便所述代码识别各自的发射器 (2),并且其中所述处理元件 (5) 被配置成基于所述光检测器 (4) 的所述输出信号、基于所传输的代码分离从各个发射器 (2) 接收的光。

11. 如权利要求1-4、7和9-10中的任一项所述的装置,其中所述图像重建算法生成在所述触摸表面 (1) 处的传输或衰减值的二维分布。

12. 如权利要求5所述的装置,其中所述图像重建算法生成在所述触摸表面 (1) 处的传

输或衰减值的二维分布。

13. 如权利要求6所述的装置,其中所述图像重建算法生成在所述触摸表面(1)处的传输或衰减值的二维分布。

14. 如权利要求8所述的装置,其中所述图像重建算法生成在所述触摸表面(1)处的传输或衰减值的二维分布。

15. 一种触摸感应装置中的方法,所述触摸感应装置包括定义触摸表面(1)的光传输元件(8)和发射器(2)组,所述发射器(2)组被布置成围绕所述触摸表面(1)的外围以发射光束照射所述触摸表面(1)的至少一部分或者进入所述光传输元件(8)使得触摸所述触摸表面(1)的物体(7)引起所述光束的衰减,所述装置还包括光检测器(4)组,所述光检测器(4)组被布置成围绕所述触摸表面(1)的外围以在多条光路上从所述发射器(2)组接收光,并且生成表示由每个光检测器(4)接收的光能的输出信号的集合,其中每个光检测器(4)被布置成从一个以上的发射器(2)接收光,所述方法包括步骤:

基于所述输出信号的集合确定关于每条光路的光能值;

基于所述光能值生成关于每条光路的传输值;以及

对如此生成的传输值的至少一部分运行图像重建算法,以便确定所述触摸表面(1)上所述物体(7)的位置,

其中,所述图像重建算法是关于具有扇束几何的传输层析成像的算法。

触摸感应装置及其操作方法

[0001] 本申请是申请日为2009年12月02日,申请号为200980155427.6,发明名称为“触摸感应装置及其操作方法”的申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于2008年12月5日提交的第0802531-4号瑞典专利申请、于2008年12月5日提交的第61/193,526号美国临时申请以及于2009年1月9日提交的第61/193,929号美国临时申请的利益,所有这些申请通过引用并入本文。

技术领域

[0004] 本发明涉及用于确定触摸表面上的一个或多个物体的位置的技术。

背景技术

[0005] 在越来越大的程度上,触敏面板被用于将输入数据提供到计算机、电子测量和测试设备、游戏设备等。

[0006] 在一种类别的触敏面板中,从例如US3673327已知的,多个光发射器和光接收器被布置围绕触摸表面的外围,以在触摸表面上产生交叉光路的网格。每条光路在各自的发射器/接收器对之间延伸。触摸该触摸表面的物体将阻挡某些光路。基于接收器检测被阻挡的光路的识别,处理器可以确定被阻挡的光路之间的拦截位置。这种类型的系统只能检测一个物体的位置(单点触摸检测)。此外,发射器和接收器所需的数量,以及因此的成本和复杂性,随触摸面板的表面积和/或空间分辨率的增加而迅速地增加。

[0007] 在一个变化形式中,例如W02006/095320中所示的,每个光发射器发射在整个触摸表面上发散的光束,并且每一束由围绕触摸表面的外围定位的一个以上的光接收器检测。因此,每个发射器跨过触摸表面产生一条以上的光路。大量的光路通过顺序激活围绕触摸表面的外围的不同发射器,并通过由多个光接收器检测从每个发射器接收的光来产生。由此,对于给定的表面积或空间分辨率可能减少发射器和接收器的数量,或可能实现一个以上的触摸物体的同时的位置检测(多点触摸检测)。然而,这是以降低时间分辨率为代价来实现的,原因在于发射器按顺序激活。这在发射器的数量很大时,可能是一值得注意的缺点。为了提高时间分辨率,每个发射器可在缩短的时间周期期间被激活。然而,这可能导致信噪比(SNR)的显著下降。

发明内容

[0008] 本发明的目的是至少部分地克服现有技术的一个或多个以上所确定的限制。

[0009] 这个目的和将从下面描述出现的其他目的通过根据本发明所述的触摸感应装置、操作触摸感应装置的方法和计算机可读媒介至少部分地实现,其实施方式通过下述内容来定义。

[0010] 根据第一方面,提供一种触摸感应装置,包括:触摸表面;发射器组,其被布置成发射光以照射触摸表面的至少一部分;光检测器,其被布置成从发射器组接收光;以及处理元

件,其被配置成处理来自光检测器的输出信号以确定与触摸表面相互作用的一个或多个物体的位置;其中每个发射器被控制以经由发射光传输代码,以便代码识别各自的发射器,并且其中处理元件被配置成基于所传输的代码分离从各个发射器接收的光。

[0011] 每个代码的自相关值可以显著高于在不同发射器的任何两个代码之间的互相关值。

[0012] 所述代码至少在它们被同时传输的程度上可以是线性无关的。

[0013] 所述发射器可被控制以基本上同时传输所述代码。

[0014] 所述发射器组中的至少两个发射器可被控制以在所述代码的传输期间同时发射光。

[0015] 所述代码可通过调制被嵌入所述发射的光中。

[0016] 所述代码可通过振幅调制被嵌入所述发射的光中,其中每个代码可包括代码值的序列,每个代码值可以由所述发射的光的能量来表示。

[0017] 所述代码可通过所述发射器的开关调制被嵌入所述发射的光中。

[0018] 所述代码可以被选择以便所述组中大约50%的所述发射器被同时激活以发射光。

[0019] 所述代码可通过占空比调制被嵌入所述发射的光中,其中每个代码可包括代码值的序列,每个代码值可以由在恒定间隔中的脉冲长度来表示。

[0020] 所述代码可通过延迟调制被嵌入所述发射的光中,其中每个代码可包括代码值的序列,每个代码值可以由在恒定间隔中的脉冲的时间延迟来表示。

[0021] 每个代码可包括数值的序列,其中所述代码可形成调制矩阵 M 的列,并且其中所述处理元件可将所述调制矩阵 M 的逆 M^{-1} 应用到所述输出信号,以便分离从每个发射器接收的光。

[0022] M 可以是Hadamard矩阵或者从Hadamard矩阵导出的Sylvester矩阵。

[0023] 所述代码可根据基本周期函数通过振幅调制被嵌入所述发射的光中,并且其中每个代码可以由所述基本周期函数的唯一调制频率来表示。

[0024] 所述发射器可被控制以用处于同频率的共同载波调制所述发射的光,并且其中所述代码可通过所述载波的相位调制被嵌入所述发射的光中,以便不同的代码值由所述载波的不同相移来表示。

[0025] 每个发射器可被配置成发射发散光束。

[0026] 所述触摸感应装置可包括光检测器的总集合和发射器的总集合,其中每个光检测器可从一组或多组发射器接收光,并且其中所述发射器的总集合中的每个发射器可被包括在至少一个组中。

[0027] 所述发射器的总集合和所述光检测器的总集合可被布置围绕所述触摸表面的外围。

[0028] 所述发射器可被布置成照射直接在所述触摸表面上方的空间,并且其中所述处理元件可被布置成识别从所述发射器的每个接收的光中的遮挡并且基于如此识别的遮挡可确定所述一个或多个物体的位置。

[0029] 所述触摸感应装置还可包括定义所述触摸表面的光传输元件,其中所述光可在所述光传输元件内部传播以照射所述触摸表面,以便触摸所述触摸表面的物体引起传播的光的衰减,并且其中所述处理元件可被布置成识别从所述发射器的每个接收的光中的衰减并

且基于如此识别的衰减确定所述一个或多个物体的位置。

[0030] 所述发射器可被布置成沿跨过所述触摸表面的多条光路发射光,并且其中所述光检测器可被布置成接收由所述一个或多个物体散射的光,并且其中所述处理元件可被配置成基于被分离的光识别一个或多个发射器,并且基于所识别的发射器的所述光路确定所述位置。

[0031] 所述触摸表面可以是多边形的,并且至少一个发射器可被布置在所述触摸表面的角落。

[0032] 所述至少一个发射器可被布置成朝向所述触摸表面的几何中心发射光束。

[0033] 所有发射器可被布置成朝向所述触摸表面的几何中心发射各自的光束。

[0034] 根据第二方面,提供一种操作触摸感应装置的方法,触摸感应装置包括触摸表面、被布置成发射光以照射触摸表面的至少一部分的发射器组以及被布置成从发射器组接收光的光检测器,所述方法包括:控制每个发射器以经由发射光传输代码,以便代码识别各自的发射器;处理来自光检测器的输出信号以基于所传输的代码分离从各个发射器接收的光;以及基于从各个发射器接收的光确定与触摸表面相互作用的一个或多个物体的位置。

[0035] 根据第三方面,提供一种储存处理指令的计算机可读媒介,当通过处理器执行处理指令时,计算机可读媒介执行根据第二方面的方法。

[0036] 对现有技术的触摸感应技术,并且特别是能够不管触摸物体的形状准确地确定触摸位置的触摸感应技术,提供一可选方案也是目的。该目的至少部分地通过另外的发明概念来实现。

[0037] 根据另外的发明概念的第一方面,提供一种触摸感应装置,包括:定义触摸表面的光传输元件;发射器的集合,其被布置围绕触摸表面的外围以发射进入光传输元件的光束,其中光束在光传输元件内部传播,同时照射触摸表面,以便触摸该触摸表面的物体引起所传播的光的衰减,其中在光束传播通过光传输元件时,每条光束在触摸表面的平面中发散;光检测器的集合,其被布置围绕触摸表面的外围以在多条光路上从发射器的集合接收光,其中每个光检测器被布置成从一个以上的发射器接收光;以及处理元件,其被配置成基于光检测器的输出信号确定关于每条光路的光能值、基于光能值生成关于每条光路的传输值以及在如此生成的传输值的至少一部分上运行图像重建算法,以确定触摸表面上物体的位置。

[0038] 所述图像重建算法可以是关于具有扇束几何的传输层析成像的算法。

[0039] 所述处理元件可被配置成通过所述光能值除以背景值生成所述传输值。

[0040] 所述背景值可表示没有触摸所述触摸表面的所述物体的情况下关于所述光路的能量值。

[0041] 所述背景值可被预先设置、在单独的校准步骤期间被获得、或者根据一个或多个先前的输出信号来获得。

[0042] 所述处理元件可被配置成生成所述传输值作为所述光能值和所述背景值之间的商的对数。

[0043] 所述处理元件可被配置成对每个检测器的入射光路的所述光能值或所述传输值进行插值,以便所述检测器的所有入射光路具有相同的互角。

[0044] 每个发射器可被控制以经由所述发射的光传输代码,以便所述代码识别各自的发

射器,并且其中所述处理元件可被配置成基于所述光检测器的所述输出信号、基于所传输的代码分离从各个发射器接收的光。

[0045] 所述图像重建算法可生成所述触摸表面内的传输或衰减值的二维分布。

[0046] 根据另外的发明概念的第二方面,提供一种触摸感应装置中的方法。触摸感应装置包括定义触摸表面的光传输元件、被布置围绕触摸表面的外围以发射进入光传输元件的光束的发射器的集合,其中光束在光传输元件内部传播,同时照射触摸表面,以便触摸该触摸表面的物体引起所传播的光的衰减,并且其中在光束传播通过光传输元件时,每条光束在触摸表面的平面中发散,所述装置还包括光检测器的集合,光检测器的集合被布置围绕触摸表面的外围以在多条光路上从发射器的集合接收光,并且生成表示由每个检测器接收的光能的输出信号的集合,其中每个光检测器被布置成从一个以上的发射器接收光。该方法包括以下步骤:基于输出信号的集合确定关于每条光路的光能值;通过光能值除以背景值生成关于每条光路的传输值;以及在如此生成的传输值的至少一部分上运算图像重建算法,以确定触摸表面上物体的位置。

[0047] 根据另外的发明概念的第三方面,提供一种储存处理指令的计算机可读媒介,当通过处理器执行处理指令时,计算机可读媒介执行根据第二方面的方法。

[0048] 本发明的其他目的、特征、方面以及优势将从下面详细的描述、从所附的权利要求以及从附图中呈现。

附图说明

[0049] 参考所附的示意图,现将更详细地描述本发明的示例实施方式。

[0050] 图1是带触摸表面上的光束的检测的触摸感应装置的俯视平面图。

[0051] 图2是图1中的装置的侧视图。

[0052] 图3(A)-3(C)是另一实施方式的俯视平面图,图3(A)示出单个发射器和多个检测器之间的光路,图3(B)示出由所有光路形成的检测网格,以及图3(C)示出受触摸物体影响的光路。

[0053] 图4(A)-4(E)是图1中的装置的俯视平面图,示出在代码生成周期期间以时间间隔序列激活发射器。

[0054] 图5是图4(A)-4(E)中各个发射器的激活的时序图。

[0055] 图6是可选实施方式的俯视平面图。

[0056] 图7是带在光传输面板内部传播的光束的检测的触摸感应装置的俯视平面图。

[0057] 图8是图7中的装置的侧视图。

[0058] 图9是带在光传输面板内部传播的光束的检测的另一触摸感应装置的侧视图。

[0059] 图10是图9中的装置的俯视平面图。

[0060] 图11是带自触摸物体散射的光的检测的触摸感应装置的俯视平面图。

[0061] 图12-15是示出围绕触摸表面的外围的发射器和检测器的示例性布置的俯视平面图。

[0062] 图16是发射器和面板的示例性布置的侧视图。

[0063] 图17是用于确定触摸位置的示例性方法的流程图。

[0064] 图18-19是在触摸感应装置中获得的信号图。

[0065] 图20-21是示出通过光的调制嵌入代码的可选方式的时序图。

[0066] 图22-23是使用用于嵌入代码的频率调制的不同实施方式的俯视平面图。

具体实施方式

[0067] 描述通过呈现触摸感应装置的实施方式开始,该触摸感应装置在触摸表面上产生光束网格。然后接着的是描述根据本发明的实施方式描述通过触摸感应装置中的发射器组传输的代码,连同用于选择并优化代码以及用于使不同的发射器组之间的代码结合的标准实施例。此后,描述触摸感应装置的可选类型的实施方式,以及举例说明发射器和检测器的布置。描述以数据处理例子和关于根据本发明的实施方式的触摸感应装置的部件的一般讨论得出结论。在整个描述中,相同的参考数字用于标识相应的元件。

[0068] 图1是由多个发射器2照射的触摸表面1的俯视平面图。发射器2被布置围绕触摸表面1的外围。每个发射器2可以由控制单元3激活以生成在触摸表面1上发散的光束,如俯视平面图中所看到的。光束被适当地校准以平行于触摸表面1传播,如图2的侧视图中所看到的。多个光检测器4被布置围绕外围以检测由发射器2发射的光,以及处理元件5电连接到检测器4以接收表示由每个检测器4接收的光能的各自的输出或测量信号。

[0069] 因此,光路在每个发射器2和若干检测器4之间形成。由虚线指示的光路共同地限定检测网格。如图1所示,每个检测器4沿多条光路从一组发射器2接收光,其中每条光路具有到检测器4的给定入射角。

[0070] 被带到检测网格内的触摸表面1的附近的物体7可至少部分地阻挡一条或多条光路,如图2的侧视图中所指示的。每当物体7至少部分地阻挡两条或更多条光路时,即当使物体7靠近图1中的虚线之间的任何交叉点时,确定物体7的位置是可能的。处理元件5处理来自检测器4的输出信号以识别被阻挡的光路。每条被阻挡的光路对应在特定检测器4处的入射角,并因此处理元件5可以通过三角测量确定物体7的位置。

[0071] 物体7的位置在所谓的感应事件(sensing instance)期间被确定,并且图1中装置的时间分辨率由每个感应事件的持续时间给定。感应事件的持续时间由用于生成完整检测网格所需的时间和/或用于从在可接受的信噪比(SNR)处的所有检测器4采样输出信号所需的时间来设置。

[0072] 图1的触摸感应装置的空间分辨率取决于检测网格的密度。例如,可期望获得高且可能均匀的光路交叉点的密度。这可通过适当选择发射器2和检测器4的数量和位置,以及通过适当选择发射器2的光束角和检测器4的视场(即检测器能够接收入射光的角度范围)来实现。

[0073] 如上所述,每个检测器4从一组发射器2接收光。因此,来自每个检测器4的输出信号将表示从若干光路接收的光能。装置被设计成允许处理元件5区分不同发射器2对特定检测器4的输出信号的贡献。为此,每个发射器2被控制以经由发射光传输代码,以便代码识别到检测器4的各自的发射器2,并且处理元件5被配置成基于所传输的代码分离由检测器4接收的来自各个发射器2的光。正如下面将进一步解释的,这允许两个或更多发射器2在同一时间生成光束,甚至这些光束重叠在同一个检测器4上。这与各个发射器2在感应事件期间按照一个接一个的顺序被激活的情况相比,转而使得时间分辨率和/或SNR能够得到改善。

[0074] 在本申请的上下文中,“代码”指可以被嵌入所传输的光中的任何时变函数。例如,

代码可以是离散值的序列,例如二进制值。可选地,代码可以是周期函数,例如余弦函数。

[0075] 每个代码通常在代码生成周期期间被发射。不同发射器2的代码生成周期可以是在时间上同时的或可以不是时间上同时的。应理解,当触摸感应装置的所有发射器2已完成一个代码生成周期时,用于感应事件的检测网格被建立。

[0076] 通常地,代码通过调制被嵌入发射光中。因此,处理元件5能够基于单个检测器4的时间分辨的输出信号,区别来自不同发射器2的所调制的光的同步传输。由此,处理元件5可以输出信号识别每个发射器2,并以输出信号测量来自自己识别的发射器2的所调制的光的能量。

[0077] 在一个实施方式中,代码被选择,以便每个代码的自相关值显著高于不同发射器2的任何两个代码之间的互相关值。处理元件5可以例如通过使输出信号与表示可用代码的已知信号模式的集合自相关测量各个发射器2的能量。

[0078] 如果代码是离散值的序列,则代码生成周期可包括时间间隔序列,其中每个时间间隔包括代码的一个值。

[0079] 在更详细讨论代码的选择之前,将简要地讨论使用广角光束的一些一般性优势。图3示出一实施方式,其中大量发射器2和检测器4被交替地布置围绕触摸表面1的外围。图3(A)示出当发射器发射光束时,建立在发射器2之一和若干检测器4之间的光路。图3(B)示出当所有发射器2已经被激活时,在感应事件期间生成的完整的检测网格。明显地,密集网格被生成,允许高的空间分辨率。

[0080] 图3(C)示出感应事件期间受靠近或触摸触摸表面1的物体7影响的光路的例子。大量受影响的光路对于触摸位置的确定产生冗余。该冗余能够得到被确定的位置上的高精度。可选地或另外,可允许处理元件5确定物体7的大小和/或形状。此外,冗余允许处理元件5在一个感应事件期间确定一个以上触摸物体7的位置。使用触摸表面上的光路的正交网格的常规触摸感应通常限于单个触摸物体7的检测,原因在于触摸物体投阴影于触摸表面1的部分并从而阻碍另一触摸物体在该阴影部分中的检测。然而,从图3应显然的是,高密度、非正交网格可被生成以便即使一个触摸物体7阻挡检测网格中的若干光路,其余(未被阻挡的)检测网格还是允许处理元件5确定其他触摸物体的位置。

[0081] 代码选择

[0082] 一般来说,下面的讨论研究用于选择由触摸感应装置中各自的发射器发射的代码的不同标准。下面的讨论关于一实施方式被给出,该实施方式中代码至少在它们被同时传输的程度上是线性无关的。应注意,线性无关的代码也具有每个代码的自相关值显著高于任何两个代码之间的互相关值的特征。

[0083] 如下所示的,使用线性无关的代码通常能够实现输出信号的有效处理以测量来自各个发射器的所接收的能量。线性无关的代码可形成复用矩阵,并且处理元件可以通过操作在输出信号上的复用矩阵的逆使来自不同发射器的能量分开。

[0084] 此外,在下面的讨论中,每个代码由二进制值的序列组成,该二进制值序列通过在前述的代码生成周期的时间间隔处发射器的开/关调制生成。

[0085] 因此,从发射器发射的光量由复用方案中的线性无关函数调制。在一个例子中,由具有到不同发射器的五条光路的一个检测器检测的光量由 $\eta = M \cdot E$ 给出,即,

$$[0086] \quad \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix}$$

[0087] 其中, η_i 是代码生成周期期间在给定时间间隔处检测器检测的光, M 是复用矩阵, 以及 e_k 是从发射器 k 到达检测器的光量。

[0088] 在该例子中, 用于发射器的每个代码由5个比特的序列给出。对于第一发射器, 比特序列是10001, 其对应第一发射器的开、关、关、关、开。

[0089] 如下详细描述的, 如果每个发射器被控制以在每个代码生成周期中的更长时间期间发射光, 即在一个以上的时间间隔期间发射光, 则可提高SNR。在上述例子中, 两个发射器在每个时间间隔期间发射光。每个发射器将然后在代码生成周期期间发射两次光。

[0090] 为了将所检测的信号分离成来自每个发射器的所测量的能量, 复用矩阵 M 被倒置, 并且根据 $E = M^{-1} \cdot \eta$ 在检测器处检测的光上运行所产生的逆 M^{-1} 。

[0091] 在该例子中, 逆过程变为:

$$[0092] \quad \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \end{bmatrix}$$

[0093] 这样, 处理元件可以计算从每一单个发射器到达检测器的光(能)量。

[0094] 在另一例子中, 第一发射器的代码被修改成包括仅一个光脉冲:

$$[0095] \quad M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0096] 由此, 矩阵 M 可更容易地倒置。对于这种复用方案, 逆过程变为:

$$[0097] \quad \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \end{bmatrix}$$

[0098] 控制多个发射器同时发射光的想法可扩大到一次三个发射器, 等等。用于其中三个发射器在每个时间间隔期间被激活的复用方案的矩阵 M 的例子是:

$$[0099] \quad M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0100] 图4(A) - (E) 示出根据最后提到的复用方案图1在代码生成周期期间的五个连续时间步长处的实施方式(检测器未示出,发射器由e1-e5指示,并且被激活的发射器被示出为发射发散光束)。每个时间步长表示用于每个发射器的代码值。图5是时序图,其示出使用用于发射器e1-e5的开/关调制的代码生成周期(CGC)的时间步长。

[0101] 在图4-5的例子中,每个发射器e1-e5被控制以与其邻居的至少一个相同的时间发射光。然而,目前认为更好的SNR可通过控制发射器以便在同一时间激活的发射器沿触摸表面的外围更加散开来实现。这样的布置可能产生更多优化的性能的复用矩阵,如将在下面进一步解释的。

[0102] 从本质上讲,复用方案可以基于任何可逆的复用矩阵。然而,存在某些标准,当被满足时可以用来设计有助于进一步提高SNR的复用矩阵。这样的矩阵在代码生成周期被适时限制于例如实现高时间分辨率时可能是有用的。对于具有到不同发射器的N条光路的检测器,这些标准使将SNR提高到感应事件的给定持续时间的 $\sqrt{N}/2$ 倍成为可能(与涉及发射器的顺序激活的感应事件相比,在下面由“非复用发光方案”指示),或使在保持相同的SNR时减少感应事件的持续时间成为可能。

[0103] 这些标准将在下面被描述并被激发。

[0104] 不过应强调的是,这些标准只是为了特定目的改进或“优化”复用矩阵的方法的例子。可能存在为了该目的或其他目的的改进的复用矩阵的其他方法。此外,甚至带线性无关列的复用矩阵的任意选择与非复用发光方案相比将有助于提高SNR。

[0105] 还应注意,虽然下面的讨论可能涉及开/关调制,但是也适用于其他类型的发射器调制。

[0106] 优化标准

[0107] 假定N个发射器和单个检测器(d_k)的系统。每个发射器可将下面的能量贡献给被研究的检测器: $E = (e_1, e_2, e_3, \dots, e_N)^T$ 。我们希望找到大小 $N \times N$ 的复用矩阵M,其使SNR最大化。所测量的信号 η (对于每个时间间隔,检测器 d_k 上的一个测量值)因此是: $\eta = M \cdot E + \epsilon$,其中 ϵ 是测量中的噪声水平。复用矩阵 $M = [m_1 \ m_2 \ \dots \ m_N]$ 中的每列是用于单个发射器 e_k 的复用基础。

[0108] 为找到来自每个发射器的所接收的能量,我们将所测量的信号与复用矩阵的逆相乘: $M^{-1} \cdot \eta = E + M^{-1} \cdot \epsilon$ 。

[0109] 我们看到,我们可以计算来自每个发射器的所测量的能量为: $\hat{E} = M^{-1} \cdot \eta$ 。发射器的所测量的能量上的作为结果的噪声然后由 $\hat{\epsilon} = M^{-1} \cdot \epsilon$ 给出。由于该算法使用复用矩阵的逆,我们看到,我们希望使用具有低条件数的复用矩阵。

[0110] 矩阵的条件数可以被计算为:

$$[0111] \quad \kappa(M) = ||M^{-1}|| \cdot ||M||$$

[0112] 矩阵的条件数测量线性方程的对于系统的解的稳定性/灵敏度。在我们的上下文中,基本上意味逆过程中的误差如何影响信号的解复用的结果。当选择复用矩阵时,可优选的是,它的逆范数是小的。使用 l_2 -范数,条件数变为:

$$[0113] \quad \kappa(M) = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}},$$

[0114] 其中, $\sigma_{\max}$ 和 $\sigma_{\min}$ 是矩阵的最大和最小奇异值。选择具有尽可能低的条件数的复用矩阵可以是优选的,以便在逆过程中不增加噪声水平。如果我们使M是正规矩阵($M^T \cdot M = M \cdot M^T$),则我们可以计算条件数为

$$[0115] \quad \kappa(M) = \frac{|\lambda|_{\max}}{|\lambda|_{\min}},$$

[0116] 其中, $|\lambda|_{\max}$ 和 $|\lambda|_{\min}$ 是矩阵的特征值的最大和最小量值。

[0117] 为得到在逆过程中噪声如何传播的估计,我们可以看看无偏的均方误差(MSE)估计量: $MSE = E((E - \hat{E})^2) = \text{cov}(\hat{E})$ 。

[0118] 矩阵的方差(variance)是协方差矩阵的对角线元素,协方差矩阵由: $\text{cov}(\hat{E}) = \sigma^2 (M^T \cdot M)^{-1}$ 给出。

[0119] 可以证明,来自不同测量的各个噪声贡献是不相关的。因此,我们可以忽略协方差矩阵的非对角线元素。误差平方和(SSE)因此是协方差矩阵中所有对角线元素之和,即所估计的参数的各个方差。

[0120] 在一个实施方式中,SSE参数被用作对于复用矩阵的优化参数: $SSE = \sigma^2 \text{trace}((M^T \cdot M)^{-1})$, 其中, σ^2 是非复用发光方案中噪声的方差。单个估计值中的作为结果的方差(噪声) $\hat{e}_k$ 则是协方差矩阵中其对应的对角线元素。协方差矩阵中的对角线元素给予系统中的噪声水平(噪声的方差)的下降。

[0121] 当找到优化解时,我们设法求上述函数的最小值。对于噪声不取决于检测器上的光入射的系统,并且如果发射器的总数固定,我们可以将这个求最小值问题简化为:

$$[0122] \quad \text{minimize (SSE)} = \text{minimize}(\text{trace}(M^T \cdot M)^{-1})。$$

[0123] 可以表明的是,同时接通的发射器的最佳数量接近 $N/2$ 。因此,该值很可能给出接近复用矩阵的最佳的逆特性。

[0124] 此外,可以表明,Hadamard和Sylvester矩阵完成在前所描述的复用矩阵的所需方面。形成Hadamard/Sylvester复用矩阵的代码的使用可提高SNR有效的 $(N+1)/2\sqrt{N}$ 倍,其对于大N变为 $\sqrt{N}/2$ 。

[0125] 一般来说,复用矩阵可以包含任何值,只要它的行列式为非零,即它的列是线性无关的。

[0126] 上面提到的Hadamard矩阵是只包含1或-1的值并且它的列线性无关的矩阵。Hadamard矩阵可以例如由如下递归定义来构建:

$$[0127] \quad H_m = \begin{pmatrix} H_{m-1} & H_{m-1} \\ H_{m-1} & -H_{m-1} \end{pmatrix}$$

$$[0128] \quad H_0 = +1$$

[0129] Hadamard矩阵满足 $H \cdot H^T = H^T \cdot H = N^2 \cdot I$, 其中 I 是单位矩阵。根据上面的递归定义, 清楚的是, 阶 $N=2^p$ 的Hadamard矩阵存在, 其中 p 是非负数。可以表明阶 $N=1, 2$ 和 $N=4 \cdot p$ 的Hadamard矩阵存在。

[0130] Hadamard矩阵 (包括它的转置和逆) 的绝对特征值都相等。这意味着, 复用逆的条件数为1, 其因而在逆过程中提供低噪声。

[0131] 在开/关调制的例子中, 可能很难实现负信号。表面上, 这样的调制将被限制于二进制复用值, 例如0 (无光) 和1 (全功率)。然而, 将零信号水平设置为最大信号水平的一半并认为-1是无光和1是全功率是可能的。

[0132] 为实现与Hadamard矩阵相同的复用特征, 但在复用矩阵中只有0和1, 我们可以通过删除Hadamard矩阵中的第一行和列 (创建 $\hat{H}$ 矩阵), 并然后用0 (Sylvester中) 代替1 (Hadamard中) 和用1 (Sylvester中) 代替-1 (Hadamard中) 构建Sylvester矩阵, $S = (1 - \hat{H})/2$ 。Sylvester矩阵的例子是:

$$[0133] \quad S_7 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0134] 复用矩阵的Sylvester变体是正规矩阵, 即 $S^T \cdot S = S \cdot S^T$ 。Sylvester矩阵 (包括其转置) 的所有绝对特征值相等, 除了较大的单个特征值。最大特征值的值是 C , 其是同一时间接通的发射器的数量。Sylvester矩阵的逆的所有特征值相等, 除了较小 ($1/C$) 的一个特征值。因此, Sylvester矩阵具有良好的条件数并在复用逆过程中是有用的。

[0135] 其他阶的复用

[0136] Hadamard/Sylvester复用的使用需要发射器的数量是4的倍数, 对于Hadamard, $N=4p$, 而对于Sylvester, $N=4p-1$ 。在矩形的多点触摸系统中, 布置发射器和检测器以便每个检测器从4的倍数个发射器接收光, 是非常可能的。然而, 可期望能够用任意数量的发射器进行复用。由于Sylvester矩阵需要 $4p-1$ 个发射器, 我们可能要使用略大于实际数量的发射器实际所需的Hadamard/Sylvester矩阵, 即我们可能要增加若干虚构的发射器。

[0137] 构造最佳复用矩阵的一种方法可以是使用有关强正则图srg的图论, 例如, 如由R.C.Bose在“Strongly regular graphs, partial geometries and partially balanced designs”, Pacific J. Math., Vol. 13, No. 2 (1963), pp 389-419中所描述的。这种类型的图可以被定义如下。 $G=(V, E)$ 是具有 V 个顶点、 E 条边和度数 k (从每个顶点出发的边的数量) 的正则图。如果存在两个整数 λ 和 μ 以便每两个相邻顶点具有 λ 个共同的邻居, 并且每两个不相

邻的顶点具有 μ 个共同的邻居,那么该图是强正则的并被表示为 $\text{srg}(v, k, \lambda, \mu)$ 。可以表明, $\text{srg}(N, C, \alpha, \alpha)$ 的邻接矩阵(其中 C 是同一时间接通的发射器的数量以及 $\alpha = C \cdot (C-1) / (N-1)$)形成最佳复用矩阵。所产生的复用矩阵的特性与Hadamard/Sylvester矩阵的特性一致。

[0138] 在Hadamard或Sylvester矩阵以及其他最佳或接近最佳的复用矩阵中,大致一半的发射器在每个时间间隔期间被接通。如果检测器的饱和预计是问题,则可期望减少同时激活的发射器的数量。减少由检测器检测的能量可通过减少用于计算图的邻接矩阵的表达式 $\text{srg}(N, C, \alpha, \alpha)$ 的阶 C 来完成。阶是每个顶点与其他顶点的连接的数量,其等于每个时间间隔期间接通的发射器的数量。

[0139] 多个检测器复用

[0140] 如果在系统中我们具有几个不同的检测器,则所有检测器的输出信号可使用同一个复用矩阵的逆来解复用。因此,复用矩阵可被设计成考虑有关系统中所有检测器的所有发射器。

[0141] 然而,如果每个检测器只从发射器的子集接收光,则使用几个复用矩阵的逆可能是有利的,例如对每个检测器使用一个。

[0142] 这样的实施方式将关于图6进一步举例说明,图6是具有六个发射器(表示为 e_1 - e_6)和六个检测器(表示为 d_1 - d_6)的触摸感应装置的俯视平面图。发射器和检测器之间的光路由虚线指示。在这个例子中,触摸表面1是圆形的,但任何其他的形状是可能的,例如矩形。

[0143] 当发射器发射可由检测器的子集检测的光并且另一发射器发射可由检测器的另一子集检测的光时,复用矩阵可被减少到以环形方式排列的复用矩阵的集合。根据图6,清楚的是,只在发射器 e_1 与检测器 d_3 、 d_4 和 d_5 之间存在光路,并且只在发射器 e_2 与检测器 d_4 、 d_5 和 d_6 之间存在光路,等等。

[0144] 代替使用 6×6 的复用矩阵,使用基于主矩阵 S 的 3×3 矩阵的集合是可能的。例如,主矩阵可以给出为:

$$[0145] \quad S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

[0146] 其是基于线性无关代码: $S_1 = [1 \ 0 \ 1]^T$ 、 $S_2 = [0 \ 1 \ 1]^T$ 、 $S_3 = [1 \ 1 \ 0]^T$ 。因此,主矩阵可写为三个单独的代码的组合: $S = [S_1 S_2 S_3]$ 。在该例子中,主矩阵是Sylvester矩阵。在Hadamard/Sylvester矩阵中,列或行可改变阶(不同的行/列排列)而不改变矩阵的特征。因此,发射器可被分配代码 S_1 - S_3 的各自的一个,使得 3×3 复用矩阵被形成用于每个检测器。在一个例子中,发射器 e_1 和 e_4 用 S_1 调制,发射器 e_2 和 e_5 用 S_2 调制,以及发射器 e_3 和 e_6 用 S_3 调制。在这个例子中,检测器 d_1 - d_6 的各自的输出信号将是:

$$[0147] \quad d_{3,n} = [S_1 \ S_2 \ S_3] \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix}$$

$$[0148] \quad d_{6,\eta} = \begin{bmatrix} s_2 & s_3 & s_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_2 \\ e_3 \\ e_4 \end{bmatrix}$$

$$[0149] \quad d_{1,\eta} = \begin{bmatrix} s_3 & s_1 & s_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix}$$

$$[0150] \quad d_{2,\eta} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_4 \\ e_5 \\ e_6 \end{bmatrix}$$

$$[0151] \quad d_{3,\eta} = \begin{bmatrix} s_2 & s_3 & s_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_5 \\ e_6 \\ e_1 \end{bmatrix}$$

$$[0152] \quad d_{4,\eta} = \begin{bmatrix} s_3 & s_1 & s_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_6 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

[0153] 当发射器的总数与到每个检测器的光路的数量之间的比率为 ≥ 2 的整数时,复用矩阵的这种类型的简单环形构造是可能的。如果比率不是这样的整数,则为使比率成为整数可增加虚构的发射器的数量。此外,可期望发射器(包括任何虚构的发射器)的总数与主矩阵的大小之间的比率是 ≥ 2 的整数,并因此主矩阵的代码中的比特数可能需要增加。

[0154] 应理解,上述只是例子,以及存在能够实现用于不同检测器的各个复用矩阵的使用的其他方式。

[0155] 可选触摸感应技术的应用

[0156] 发射代码并基于代码分离由检测器接收的光的上述技术同样适用于触摸检测的其他概念。下面,将描述若干不同的概念。虽然没有关于每个配置明确讨论,但是应理解,所有公开的配置可包括如上关于图1-2中的实施方式所讨论的那样操作的处理元件和控制单元。

[0157] 在一个可选的触摸感应装置中,通过使光在光传输面板内部传播,检测网格和因此的触摸表面1被形成在光传输面板的边界表面处。这样的实施方式被示出在图7-8中,其中若干发射器2被布置围绕光传输面板8的外围,以使各自的光束入射到面板中,其通常经由面板8的边缘,或经由布置在面板8的顶表面9或底表面10上的一个或多个楔形物(未示出)。每条光束在触摸表面1的平面中发散,即如在俯视平面图中所看到的,并且可以在垂直于触摸表面1的平面中发散或可以不在垂直于触摸表面1的平面中发散,即如在侧视图(比照图8)中所看到的。一个或多个检测器4被布置围绕面板8的外围以测量所接收的光的能量。光可例如由检测器4经由面板8的侧边或经由布置在面板8的顶面或底面上的一个或多个楔形物(未示出)接收。因此,每个检测器4沿光路的集合从一组发射器2接收光。面板8定义两个相对且一般平行的表面9、10,并可以是平面的或弯曲的。辐射传播通道被提供在面板8的两个边界表面9、10之间,其中至少一个边界表面允许传播的光与触摸物体7相互作用。

用。通常,光通过全内反射(TIR)在辐射传播通道中传播。在这种相互作用中,部分光可由物体7散射,部分光可由物体7吸收,以及部分光可继续不受影响传播。因此,如图8的侧视图所示的,当物体7触摸面板的边界表面(例如,顶表面9)时,全内反射被破坏并且传输的光的能量下降。触摸物体7的位置可通过测量从多个不同方向传输穿过面板8的光的能量来检测。

[0158] 因此应理解,控制发射器2传输代码并基于所传输的代码分离来自各个发射器2的所接收的光的上述技术可以被用来识别受触摸物体7影响的、到每个检测器4的任何光路。

[0159] 应注意,与图1-2的实施方式不同,光将不会被触摸物体7阻挡。因此,如果两个物体碰巧沿从发射器2到检测器4的光路彼此前后放置,则这部分光将与这两个物体相互作用。只要光能充足,剩余的光将到达检测器4并生成允许双方的相互作用被识别的测量信号。这意味着面板8内部检测网格的生成可提高装置在感应事件期间检测多个触摸物体的位置的能力。

[0160] 通常,每个触摸点 p_n 具有传输 t_n ,其在范围0-1内,但通常在范围0.7-0.99内。沿光路 S_{ij} 的总传输 T_{ij} 是该光路上触摸点 p_n 的各个传输 t_n 的乘积: $T_{ij} = \prod t_n$ 。例如,光路 S_{ij} 上分别具有传输0.9和0.8的两个触摸点 p_1 和 p_2 产生总传输 $T_{ij} = 0.72$ 。

[0161] 像图1,每个发射器2可发射发散光束,并且一个或多个检测器4可从多个发射器接收光。然而,对于发射器2可能没有必要使发散光束入射到面板中。如果足够的散射存在于面板中,则当入射的光束从入射部位传播穿过面板8时,它们将在面板8的平面中固有地加宽。对于每次内反射,一些辐射被转向远离光束的主方向,而光束的中心随距离释放能量。如果防眩光结构/层被提供在边界表面9、10的一个或两个上,散射是特别值得注意的。防眩光结构/层提供漫射结构,该漫射结构可以增强对于每次内反射光束的散射,并且该漫射结构还可使针对每次内反射的辐射逃逸穿过表面9、10。因此,防眩光结构/层的提供通常增加了光束随离入射部位的距离的加宽。

[0162] 使用防眩光结构/层可有利于减少在面板8的触摸表面1上的来自外部光的眩光。此外,当触摸物体7是裸的手指时,手指7和面板8之间的接触通常在触摸表面1上留下指纹。在绝对平坦的表面上,这样的指纹是清晰可见的并且通常是不需要的。通过添加防眩光结构/层到表面,指纹的可见性降低。此外,当使用防眩光时,手指和面板之间的摩擦力减小,从而改善用户体验。

[0163] 图9是可选配置的侧视图,其中光也在光传输面板8内部传播。在这里,发射器2被布置在面板8的下方以使各自的光束入射穿过下边界表面10进入面板8。入射的光束通过全内反射在边界表面9、10之间传播,并且传播的光被若干检测器4拦截。这些检测器4被布置在面板8的下方,通常散布在发射器2当中。散布的发射器2和检测器4的这种布置的一个例子被示出在图10的俯视平面图中。应理解,若干光路可建立在每个发射器2和若干相邻的检测器4之间,从而在上边界表面9创建检测网格。

[0164] 图9示出在不同的两对发射器2和检测器4之间建立的各自的光路。当物体7触摸面板8的顶面9时,一条或多条传播光束将被破坏,并且检测器4将测量所接收的光的下降的能量。应认识到,如果检测网格被已知,以及如果在每个检测器4处所测量的能量可以被分离成不同的光路,则基于经历所测量的光能减少的光路确定触摸物体7的位置是可能的。

[0165] 因此,被理解的是,控制发射器2传输代码并基于所传输的代码分离来自各个发射

器2的所接收的光的上述技术可以被用来识别受触摸物体7影响的到每个检测器4的任何光路。

[0166] 如在图9中所看到的,部分传播的光被触摸物体7散射。这种被散射的光也可由一个或多个检测器4检测。然而,被散射的光的能量一般比与触摸物体7相互作用衰减的能量少得多。因此,被散射的光一般不会对由装置中的检测器4测量的能量产生显著的贡献。

[0167] 通常,每个发射器2生成发散光束,使得至少部分光束将具有到上边界表面9的法线的入射角,该入射角比临界角大。发射器2可被布置成发射具有至少 90° 并且优选地至少 120° 的光束角的光束。在一个实施方式中,光束角接近 180° ,如至少 160° 。光束可以具有或可以不具有正交于上边界表面9的主方向。当使用发散光束时,很大部分的所发射的辐射可以通过面板8,而不是被内反射。为此,可在每个发射器2和下边界表面10之间提供一元件(未示出)来阻挡部分发射光束,以便只使在上边界表面9处具有维持全内反射的入射角的射线通过。可选地,该元件可被配置成使所述部分光束中的射线重定向,以便使这些射线在上边界表面9处具有至少必要的入射角。

[0168] 可选地,每个发射器2可在到上边界表面9的法线的合适的角度处发射平行光。

[0169] 当光在传输面板8内部传播时,在检测器4处所产生的信号水平与当光在触摸表面1上传播时的相比可能会比较低。因此,上述优化标准在优化复用矩阵时可能需要被修改以同样考虑散粒噪声(光子噪声)。在这种情况下,我们要使修改的SSE函数最小化:

[0170]
$$SSE = (\sigma^2 + C\sigma_s^2) \text{trace}((M^T \cdot M)^{-1}),$$

[0171] 其中, σ^2 是信号无关噪声的方差, σ_s^2 是信号相关噪声的方差,以及C是同一时间接通的发射器的数量。

[0172] 当散粒噪声是重要因数时,我们可以通过寻找最佳或接近最佳的复用矩阵M开始而不考虑散粒噪声(可是我们可以考虑饱和,见上文)。当找到矩阵M时,我们可以使用修改的SSE函数计算SNR的改进。然后,我们可以计算C的最佳设置(低于饱和限制),以获得考虑散粒噪声的最佳或接近最佳的复用矩阵,即产生最好的SNR的改进的矩阵。

[0173] 上面出现的可选的检测概念依赖于检测/测量由一个或多个触摸物体引起的传播的光的衰减。根据又一可选的检测概念,触摸位置基于由触摸物体散射的光确定。图11示出一示例实施方式,其中光入射以在光传输面板8内部传播,如在前所描述的。在图11的例子中,发射器2沿面板8的两相对侧布置以发射各自的光束(只示出两束)。来自每个发射器2的光束优选地具有小光束角,并可能是平行的。因此,在这个例子中,每个发射器2生成跨过面板8的光路。在所示的例子中,检测器4沿面板8的其他两侧被定位,其垂直于发射器2,通常经由面板的8的侧边或经由布置在面板8的顶表面或底表面上一个或多个楔形物(未示出)接收光。触摸面板8的物体7将使光在面板8内部的所有方向上散射。若干检测器4将检测到被散射的光,但由于平板中的体吸收、径向强度依赖以及可能的表面散射,在与触摸物体7相同的X坐标处定位的检测器4将检测到被散射的光的最高强度。因此,触摸物体7的X坐标可以根据由各自的检测器4测量的总能量来确定。为提高精度,检测器4可以被配置具有受限的视场,使得只有在检测器的X坐标或X坐标附近处散射的光可由该检测器检测。这可通过面板8和检测器4之间的透镜、针孔等的任何组合来实现。可选地或另外,可在面板8和检测器4之间提供空隙,借此面板侧边中被散射的光的全反射将限制检测器的视场。

[0174] 触摸物体的Y坐标通过确定生成由一个或多个检测器4测量的被散射的光的发射

器2来确定。因此,被理解的是,控制发射器2传输代码并基于所传输的代码分离来自各个发射器2的所接收的光的上述技术可以被用来识别受触摸物体7影响的任何光路。在图11的例子中,光路平行于X轴,并且触摸物体7的Y坐标将由生成识别光路的发射器2的Y坐标给出。在可选配置中,光路可以不平行于X轴。只要光路的方向已知,并且X坐标已被得到,那么在受影响的光路已经被识别出时就可以计算出Y坐标。

[0175] 在上面的配置中,一个位置坐标(Y)基于受影响的光路确定,如通过分离由检测器接收的光所识别的。

[0176] 在可选方案(未示出)中,位置坐标(X,Y)可通过基于由检测器接收的光识别光路来确定。在一个这样的配置中,发射器2被布置成生成在触摸表面1内交叉的光路。由此,X和Y坐标都可通过分离由检测器接收的光、通过识别被分离的光中来自至少一个发射器的光以及通过重建如此识别的发射器的光路的交叉来确定。

[0177] 应理解,当光被发射以在触摸表面1上传播时,上面关于图11所讨论的检测概念是同样可适用的。

[0178] 更进一步,这种检测概念不限于所示的发射器2和检测器4的布置。例如,发射器2和/或检测器4可只沿触摸表面1的一侧布置。可选地,发射器2和检测器4可在触摸表面1的一侧或多侧交错。事实上,将衰减检测与被散射的光的检测结合可以是有利的。例如,如果图7-8的实施方式用图3(B)的检测网格来实现,则不接收来自发射器2的直射光的检测器4可被用来检测通过物体7触摸面板8散射的光。因此,每当特定检测器不接收直射光时,它可用于散射检测。散射光可以被用来改善触摸物体7的被确定的位置的精度。

[0179] 检测器和发射器的外围布置

[0180] 以下涉及在图1-2和图6-8中所示的实施方式中使用发射器和检测器的不同布置的潜在优势,即当发射器2和检测器4被布置围绕触摸表面1的外围以限定光路的检测网格时的潜在优势。

[0181] 在一中变形中,发射器2和检测器4可以围绕触摸表面1的外围交替(比照图3)。这可以例如产生更均匀的检测网格。

[0182] 在这种变形及其他变形中,发射器2的数量可等于检测器4的数量。

[0183] 可选地,发射器2的数量可超过检测器4的数量,例如,如图12所示。发射器2增加的数量可用于减少检测器4的数量并从而降低成本。空间分辨率主要取决于光路的数量,并且发射器2可以比检测器4以及可能额外的检测器设备如透镜、A/D转换器、放大电路或滤波器便宜。

[0184] 在又一可选的配置中,检测器4的数量超过发射器2的数量。这样配置的例子被示出在图13(A)-(B)中。这样配置的一个优势可以是减少复用矩阵的大小并从而降低采样频率,即采样检测器4的输出信号的频率。

[0185] 在这些和其他变形中,发射器2和检测器4可被布置等距地围绕触摸表面1的外围,例如,如图3、12和13中所示的。可选地,如图14中所示的,每个发射器2和/或检测器4之间的距离可以是随机的。例如,发射器2之间的随机距离可用于减少干扰现象,该现象可以在若干光源将相同波长的光入射到面板中时出现。

[0186] 图15示出又一实施方式,其中发射器2被定位在触摸表面1的角落附近或角落处,以便发射具有指向触摸表面1的中心的宽光束的光,从而使发射光在触摸表面1的尽可能大

的部分上展开。如果发射器2被定位靠近角落,以便发射垂直于触摸表面1的外围集中的光,则发射光束的大部分将在仅传播很短路径跨过触摸表面1后到达检测器4。因此,靠近角落的发射器2和检测器4之间所产生的光路可仅覆盖触摸表面1的小面积。因此,定位靠近角落的发射器以及角落发射器(如果存在)以便指向触摸表面的中心可是有利的。每当触摸表面是多边形时,该实施方式是普遍适用的,并且至少一个发射器被布置在触摸表面的角落处。在一个变形中,所有发射器被定位指向触摸表面的中心,从而确保尽可能多的发射光用于触摸检测。

[0187] 图16是实施方式的侧视图,其中发射器2(示出一个)被布置在外围以使各自的光束入射到光传输面板8中。V型光偏转器11被放置在每个发射器2和面板8之间。光偏转器11被配置成经由成角度的镜表面12、13重定向基本上平行于面板8的相对表面9、10发射的射线。具体来说,射线以确保通过全内反射传播的角度被重定向朝向边界表面9、10的任一个。在另一实施方式(未示出)中,偏转器11由阻碍光线在没有在触摸表面1中反射至少一次的情况下到达检测器的元件替换或补充。传播穿过面板8而没有在触摸表面1中反射的任何部分的光不利于触摸检测信号,因为该光不能被触摸物体破坏。这样的阻挡元件可以是吸收或反射元件/层,其可被布置在发射器2和面板8的侧边之间,和/或面板8的侧边和检测器4之间。例如,阻挡元件可以连接到面板8的侧边。

[0188] 当发射器2被布置在面板下方时,类似的偏转元件或阻挡元件可被布置在发射器2和面板8的中间,如上关于图9-10所讨论的。

[0189] 在此所公开的任何实施方式中,透镜(未示出)可以被插在面板8和检测器4之间,以便将光聚焦到检测器表面上。这可提高SNR。

[0190] 每当光在传输面板8内部传播时,在面板8和检测器4之间提供空隙可能是有利的。空隙将导致检测器4的减小的视场,其又可有助于减少检测中的散粒噪声。

[0191] 数据处理

[0192] 在所有上述实施方式、配置、布置、替换和变形中,处理元件5(见图1和3)可以被配置成基于从检测器4获得的输出或测量信号计算触摸位置。技术人员将很容易认识到,存在多种用于确定触摸位置的方法。图17是示例性方法的流程图。

[0193] 在步骤20中,从系统中的检测器获得测量信号。每个测量信号表示在感应事件期间以 n 个时间间隔采样的、来自 k 个不同角度(即 k 个不同发射器)的所接收的光的总和。

[0194] 在步骤21中,使用复用逆方案,将每个测量信号分离成一组发射器信号。每个发射器信号因此表示沿到相关检测器的可用光路之一的所接收的光能。测量/发射器信号也可被预先处理。例如,可使用标准滤波技术例如低通滤波、中值滤波器、傅立叶平面滤波器等处理测量/发射器信号以使噪声减少。此外,如果在系统中测量发射的光束的能量,则关于光束能量中的暂时能量波动可补偿测量/发射器信号。更进一步,触摸表面可以是检测网格的子区域,从而某些发射器信号可因此来源于该子区域外部的的光路。因此,预处理可能涉及将这样的发射器信号从进一步处理移除。此外,发射器信号可被整流,这实质上意味着,每个检测器的发射器信号被插值,以实现到检测器的所有入射光路之间的相同的互角。因此,每个检测器的发射器信号用非线性的角度变量被插值,导致均匀分布在面板上的发射器信号的完整集合。整流是可选的,但可以简化触摸位置的后续计算。整流可以可选地在传输信号上进行(下面)。

[0195] 在步骤22中,处理发射器信号,以识别受触摸物体影响的任何光路。

[0196] 如果光在触摸表面上传播,则这些光路被触摸物体阻挡或遮蔽,并因而通过相应发射器信号的缺失来识别。

[0197] 如果光在面板内部传播,则基于发射器信号的衰减识别这些光路。适当地,通过使发射器信号与背景信号分开,关于每个经预处理的发射器信号计算传输信号,其代表没有任何物体触摸该触摸表面的情况下发射器信号的能量。背景信号可以是或可以不是只有每个检测器或每个发射器信号才有的。背景信号可以被预先设定、在单独的校准步骤期间得到、或从一个或多个在前的感应事件期间获得的相同的发射器信号来得到,这可能通过计算作为结果的发射器信号的集合的平均值的方式。所产生的传输信号将指示受触摸物体影响的任何光路。

[0198] 为了进一步示出传输信号的计算,图18A示出一个感应事件期间通过单个物体触摸面板得到的发射器信号E1的子集。具体来说,图18A是在沿触摸表面的外围的单个发射器和有序的检测器集合之间延伸的光路(例如如图3(A)所示)上所接收的光能的图。图18B示出相应的背景信号REF,也给出为对于相同的光路集合的所接收的光能的图。在这个例子中,辐射在检测器上的分布极不均匀。图18C示出最终得到的传输信号 $T_1 = E_1 / REF$,其导致约为1的(相对)传输处的基本不变的信号水平,带有由触摸物体引起的峰值 T_{11} 。要理解的是,发射器信号到传输信号的转换极大地方便了相关峰值以及因此受影响的光路的识别。这也使得比较不同光路上得到的发射器信号成为可能。

[0199] 如上所提到的,如果在同一光路上存在一个以上的触摸点,则总的传输信号是触摸点的各个传输的乘积。只要剩余的光到达检测器,这对于任何光路上的任何数量的物体是适用的。因此,通过将发射器信号转换成传输信号,分离来自各个触摸物体的贡献到传输信号值是可能的。图19A对应于图18A,但是示出用三个触摸物体得到的发射器信号E1,其中两个触摸物体与基本上同一光路相互作用。图19B示出最终得到的传输信号 T_1 ,其由两个峰值 T_{11} 和 T_{12} 组成,其中峰值 T_{11} 内每个传输信号值的幅度表示两个触摸物体沿各自光路的传输的乘积。

[0200] 技术人员认识到,位置确定可以通过关于对数(带任何底)进行操作来简化,原因在于沿光路 S_{ij} 的总传输信号 T_{ij} 的对数那时等于该光路上触摸点 p_n 的各个传输 t_n 的对数的和: $\log T_{ij} = \sum \log t_n$ 。此外,总传输信号的对数可通过从发射器信号的对数减去对数的背景值来计算: $\log T_{ij} = \log(E) - \log(REF)$ 。在本申请的上下文中,这样的减法被视为除法运算。然而,对数不需要被用在触摸位置的确定中。

[0201] 在步骤23中,基于所识别的光路确定触摸位置。

[0202] 如果光在触摸表面上或在面板内部传播,触摸位置可通过确定在所识别的光路之间的交叉即三角测量来确定。

[0203] 如果光在面板内部传播,则可以可选地使用所识别的光路和相应的传输信号的集合确定触摸位置。例如,可以使用为带有扇束几何的传输层析成像形成的已知算法模拟触摸感应系统。因此,触摸位置可以使用任何可用的图像重建算法重建,其被运行在传输信号上用于光路的采集。图像重建算法引起触摸表面内传输值(或等效地,衰减值)的二维分布。技术人员认识到,与三角测量相比,图像重建算法的使用可以实现位置确定而不管触摸物体的形状。也可提高在多个触摸物体之间进行区别的能力,以及便于其他触摸数据如触摸

物体的形状和/或大小的确定。

[0204] 层析成像的重建,其本身是众所周知的,是基于描述Radon变换及其逆的数学。层析成像的一般概念是通过关于大量的角度和位置的集合穿过媒介测量线积分来对媒介进行成像。线积分穿过图像平面被测量。为找到逆,即原始图象,许多算法使用所谓的投影切片定理。该定理规定,通过媒介的二维傅立叶变换的原点的一维切片数学上等于有关特定角度的投影线积分的一维傅立叶变换。已经形成用于层析成像的重建的一些有效算法,例如滤波反向投影、基于FFT的算法、ART(代数重建技术)、SART(同时代数重建技术)等。关于算法的具体实现的更多信息可以在文献资料中找到,例如在Frank Natterer的书“The Mathematics of Computerized Tomography”中。

[0205] 要理解的是,步骤22可被包括在步骤23中,例如通过在所有可用的传输信号上运行图像重建算法。在这样的实施方式中,受触摸物体影响的光路在算法处理传输信号时被固有地识别。

[0206] 通过使用关于触摸位置的先验知识,例如通过使用关于在前的感应事件期间识别的触摸位置的信息,可提高步骤23的准确性和/或计算速度。

[0207] 在步骤24中,确定的触摸位置是输出,并且方法返回到步骤20用于处理即将到来的感应事件。

[0208] 数据处理还可能涉及确定其他触摸数据,如触摸物体的形状和/或大小,例如使用前述W02006/095320中所公开的算法,其通过引用并入本文。

[0209] 一般事实

[0210] 触摸表面1可以具有任何形状,例如多边形、椭圆形或圆形。

[0211] 发射器2可以是任何合适的光源,如LED(发光二极管)、白炽灯、卤素灯、二极管激光器、VCSEL(垂直腔表面发射激光器)等。可生成具有相同波长的全部的光束。可选地,一些或全部光束可在不同的波长范围中被生成,从而允许基于波长区别光束。发射器2可生成发散或平行光束。

[0212] 可以通过能够将辐射转换成电信号的任何类型的辐射检测器4测量光束的能量。例如,检测器4可以是简单的0维检测器,但是可选地它们可以是一维或二维检测器。

[0213] 上述面板8可由传输相关波长范围中的足量的光的任何固体材料(或材料的组合)制成以允许所传输的能量的可感知的测量。这样的材料包括玻璃、聚(甲基丙烯酸甲酯)(PMMA)和聚碳酸酯(PC)。

[0214] 处理元件5和控制单元3可通过由处理器执行的程序指令来实现。处理器可以是商用微处理器,如CPU(“中央处理单元”)、DSP(“数字信号处理器”)或某种其他可编程逻辑器件如FPGA(“现场可编程门阵列”)。可选地,处理元件或控制单元可通过专用电路如ASIC(“专用集成电路”)、分立模拟和数字部件或上述的某种组合来实现。应注意的是,控制单元3和处理元件5可通过同一个设备中的过程来实施。

[0215] 上面主要参考几个实施方式描述了本发明。然而,如本领域的技术人员很容易认识到的,不同于上面所公开的实施方式的其他实施方式同样可能在本发明的范围内。本发明的不同特点可以结合在不同于所描述的那些的其他组合中。本发明的范围仅由所附的专利权利要求定义和限制。

[0216] 例如,上面提到的线性无关代码可具有任何长度。因此,作为结果的复用矩阵不需

要是正方形(即具有相等数量的行和列)。相反,线性无关代码可定义超定线性方程组,这表示复用矩阵是非正方形的,并因此不能被解析地倒置。然而,仍可能的是,计算这样的超定复用矩阵的近似的逆,例如通过求微分并求解相应的正规方程组,正如对于技术人员是众所周知的线性代数和数值方法。

[0217] 通过不限于开/关调制的任何类型的振幅调制可将发射器的代码嵌入发射光中。例如,任何数量的不同代码值可通过发射光的任何不同的能量值编码。

[0218] 图20示出又一种类型的调制,其中发射器的不同脉冲长度被用来表示相关联的代码的不同代码值。因此,发射器的占空比通过改变激活间隔相对于代码生成周期的恒定时间间隔 ΔT 的持续时间来调制。在图20的例子中,脉冲长度 t_1 表示代码值0,而脉冲长度 t_2 表示代码值1,以及最终得到的代码是0100。

[0219] 图21示出又一种类型的调制,其中关于发射器的激活的延迟被用来表示相关联的代码的不同代码值。因此,发射光通过改变代码生成周期的恒定时间间隔 ΔT 内的脉冲延迟来调制。在图21的例子中,脉冲延迟 Δt_1 表示代码值0,而脉冲延迟 Δt_2 表示代码值1,以及最终得到的代码是0100。

[0220] 还可能结合上述调制的任一种,用于将代码嵌入发射光中。

[0221] 在另一变形中,通过根据不同的函数调制发射光的振幅将代码嵌入发射光中,函数被选择以便每个函数的自相关值显著高于不同发射器的任何两个函数之间的互相关值。在一个这样的例子中,不同的函数由基本周期函数的不同调制频率 ω_k (载波) 给出。优选地,基本函数具有围绕其调制频率的明确定义的频谱。基本函数可以例如是余弦或正弦函数,如:

$$[0222] \quad e_k = E_k \cdot \frac{1 - \cos(\omega_k \cdot t)}{2}.$$

[0223] 这意味着,不同发射器的函数(代码)是正交的,因为:

$$[0224] \quad \frac{1}{T} \int_0^T \cos(\omega_k \cdot t) \cdot \cos(\omega_i \cdot t) dt = \begin{cases} \pi, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases}$$

[0225] 像前述中所描述的实施方式,每个检测器生成测量信号,其是沿一组光路即从不同的发射器接收的光的时间分辨的表示。存在不同的用于将这样的测量信号分离成一组发射器信号的方法。代码生成周期一般被选择以包括至少一个周期的最低调制频率。

[0226] 在一个方法中,测量信号由频谱分析仪处理以识别从不同发射器接收的光能。这样的方法在图22中进一步举例说明,图22示出都由余弦函数进行幅度调制但以单独的频率 $\omega_1 - \omega_5$ 进行幅度调制的五个发射器2。检测器4接收来自发射器2的光。检测器4在至少两倍于最高编码频率(即根据奈奎斯特采样定理)的频率被采样,以生成测量信号。测量信号由频谱分析仪14处理以生成功率谱,例如通过例如使用FFT(快速傅立叶变换)算法计算测量信号的傅立叶变换的方式。从每个发射器2接收的光能值然后由各自的频率处的功率谱的强度给出。在这种编码方案中,选择相应于FFT将测量的实际频率的调制频率 $\omega_1 - \omega_5$ 可是有利的,使得频率由 $\omega_k = 2\pi n/N$ 给出,其中 $n = [1, \text{发射器的总数}]$ 以及 N 是代码生成周期期间采样点的总数。频谱分析仪14可被实施为处理元件5的部分或者可以是单独的单元。

[0227] 在第二种方法中,测量信号通过一组带通滤波器,每个匹配各自的发射器的频率。

这种方法在图23中进一步举例说明。像图22的实施方式一样,检测器4被采样以生成表示来自五个发射器2的所接收的光的测量信号。一组带通滤波器15被布置成在测量信号上操作,以便每个带通滤波器消除围绕各自的发射器2的调制频率 $\omega_1-\omega_5$ 的通带外的频率。每个带通滤波器15的输出信号将表示从各自的发射器2接收的光能。输出信号然后被传递到振幅检测器或积分器16,其提供表示光能的发射器信号。带通滤波器15和振幅检测器/积分器16可通过在处理元件5中的数字信号处理,或通过来自检测器的模拟测量信号上操作的专用电子电路来实现。模拟信号的处理避免对采样的需要,并可以因而实现更高的调制频率的使用。更高的频率的使用可实现更短的代码生成周期或提高的SNR。

[0228] 频率调制的使用具有额外的优势,来自环境光或其他噪声源的任何信号干扰可被去除,只要调制频率与这些噪声源的频率充分地分离。

[0229] 在又一变形中,通过相位调制将代码嵌入发射光中,以便不同的代码值由载波的不同相移表示,载波可以是任何合适的波形,包括余弦/正弦、方形、三角、锯齿等。

[0230] 在一个实施方式中,所有发射器发射在共同的频率 ω 处由共同的载波调制的光,并且根据复用方案调制发射器组的相位。在下面的例子中,复用方案使用代码值-1和1,其中-1由载波的 180° 相移给出。因此,相位调制是所谓的BPSK(二进制相移键控)。在代码生成周期的时间间隔 i 期间从发射器 e_k 发射的光可因此由下式给出:

$$[0231] \quad e_{k,i} = E_k \cdot (1 + m_{k,i} \cdot \cos(\omega \cdot t)) / 2,$$

[0232] $m_{k,i}$ 是时间间隔 i 处发射器 e_k 的代码值。因此,每个发射器的代码通过由代码值 $m_{k,i}$ 组成的向量 m_k 给出。如上所解释的,复用矩阵 M 可以由 N 个发射器的向量 m_k 形成: $M = [m_1 \ m_2 \ \dots \ m_N]$,并且不同发射器的代码可以是线性无关的,或者甚至是正交的。在这个例子中,复用矩阵可以是Hadamard矩阵,如上所描述的。

[0233] 检测器处在时间间隔期间所检测的信号 η_i 是到达检测器的光的总和。光通过与参考信号,通常是原始载波,进行乘法运算来解调:

[0234]

$$\eta_i = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\sum_k e_k \right) \cdot \cos(\omega \cdot t) dt = \frac{1}{2T} \int_0^T \sum_k E_k \cdot \cos(\omega \cdot t) + E_k \cdot m_{k,i} \cdot \frac{1}{2} (1 + \cos(2\omega \cdot t)) dt$$

[0235] 通过选择积分时间 T 为载波频率 ω 的偶数倍,涉及 $\cos(\omega \cdot t)$ 和 $\cos(2\omega \cdot t)$ 的所有项成为零。此外,选择积分时间等于代码生成周期中的时间间隔。解调因此产生:

$$[0236] \quad \eta_i = \frac{1}{4} \sum_k E_k \cdot m_{k,i}$$

[0237] 上述乘法和积分(解调)在代码生成周期的每个时间间隔期间执行,产生测量信号 η 。如前所描述的,使用复用求逆方案可将测量信号分离成一组发射器信号: $\hat{E} = M^{-1} \cdot \eta$ 。如果代码是正交的,则该操作可进一步被简化,因为对于正交(标准正交的)复用矩阵 $M^T = M^{-1}$ 。

[0238] 解调可以通过处理元件中的数字信号处理,或通过来自检测器的模拟测量信号上操作的专用电子电路来实现。模拟信号的处理避免对采样的需要,并可因而实现更高的调制频率的使用。更高的频率的使用可实现更短的代码生成周期或提高的SNR。相位调制的使用具有额外的优势是,来自环境光或其他噪声源的任何信号干扰可被去除,只要调制频率与这些噪声源的频率充分地分离。

[0239] 要注意的是,代码值-1/1只是作为例子被给出,而任何类型的代码值可以使用相位调制被嵌入在发射光中。此外,可使用其他类型的相位调制技术,包括但不限于MSK(最小频移键控)、正交相移键控(QPSK)和差分相移键控(DPSK)。

[0240] 技术人员还认识到,某些实施方式/特征适用于任何类型的发射器激活方案,包括操作触摸感应装置而没有发射光的编码,例如通过顺序激活发射器。例如,解码过程的步骤22-24(图17)可被使用,而不管用于获取发射器信号,即在不同光路上所接收的光能,的方法。同样,上面在段落“检测器和发射器的外围布置”中所描述的实施方式适用于所有类型的发射器激活方案。

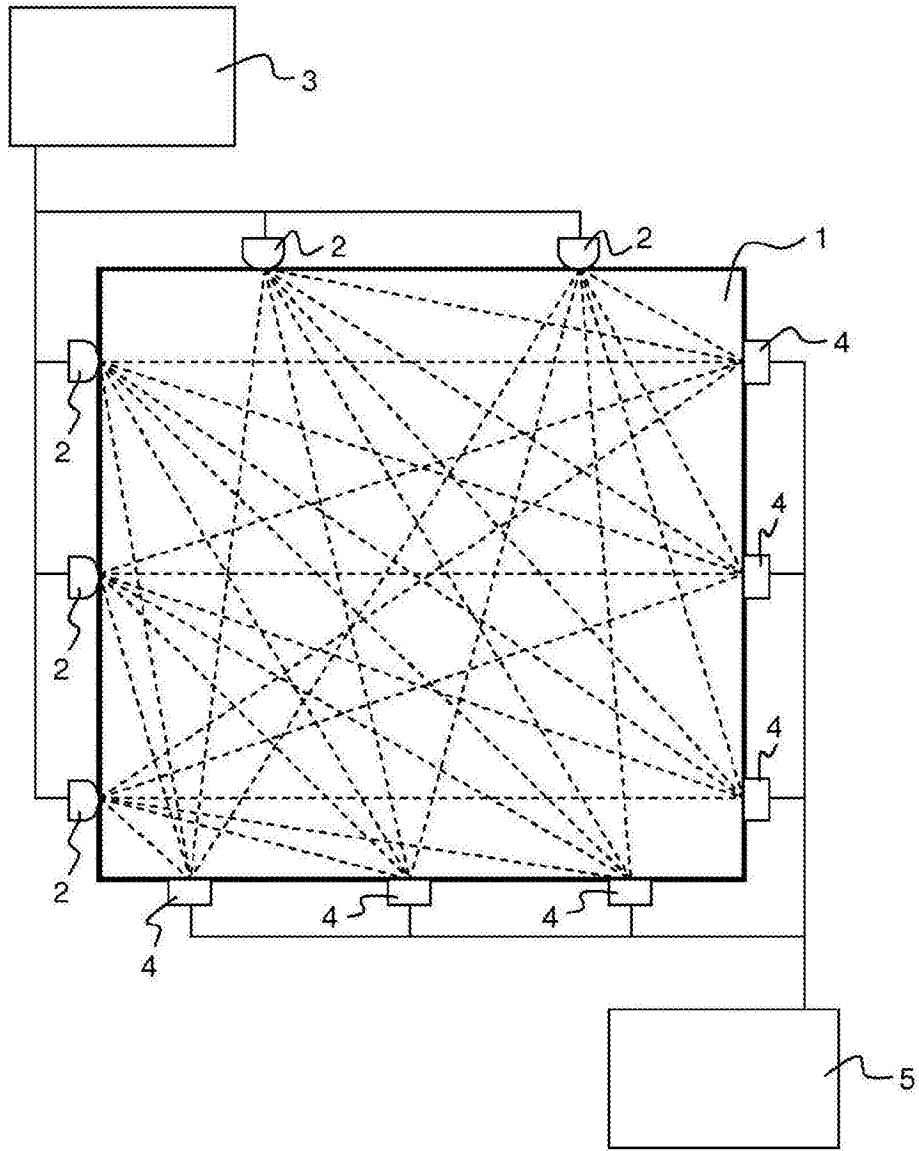


图1

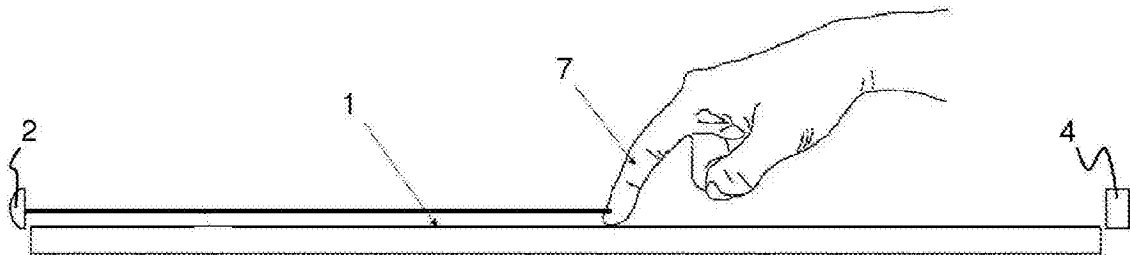


图2

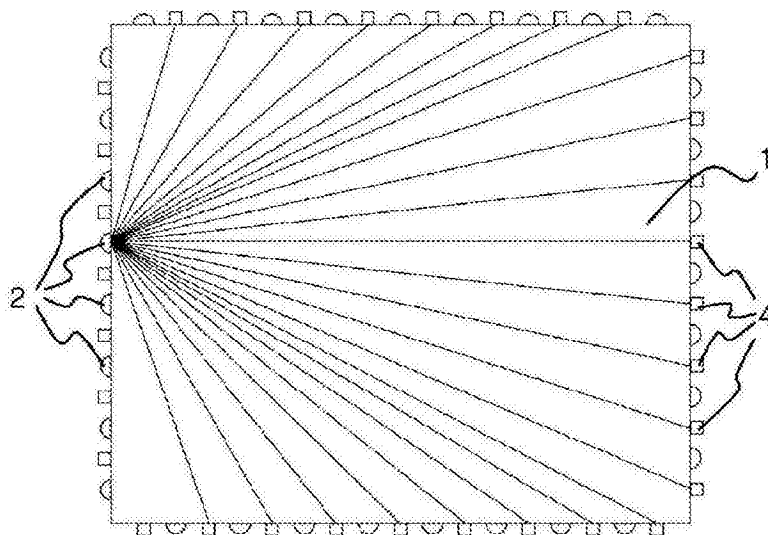


图3 (A)

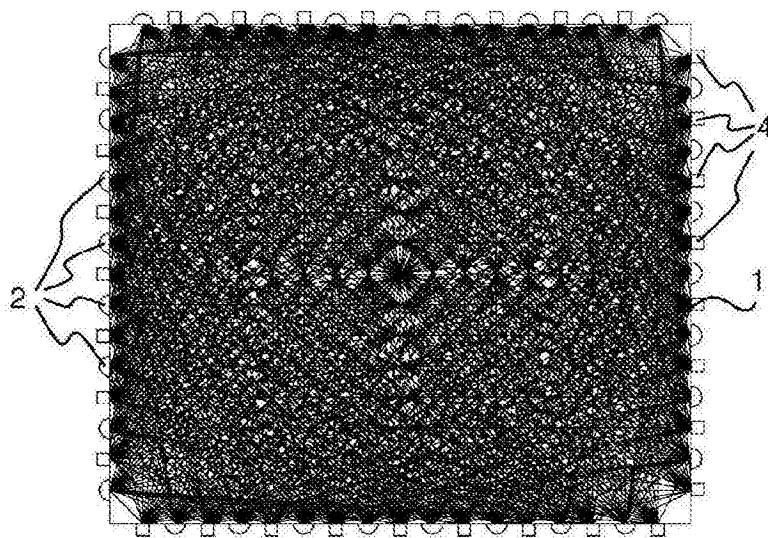


图3 (B)

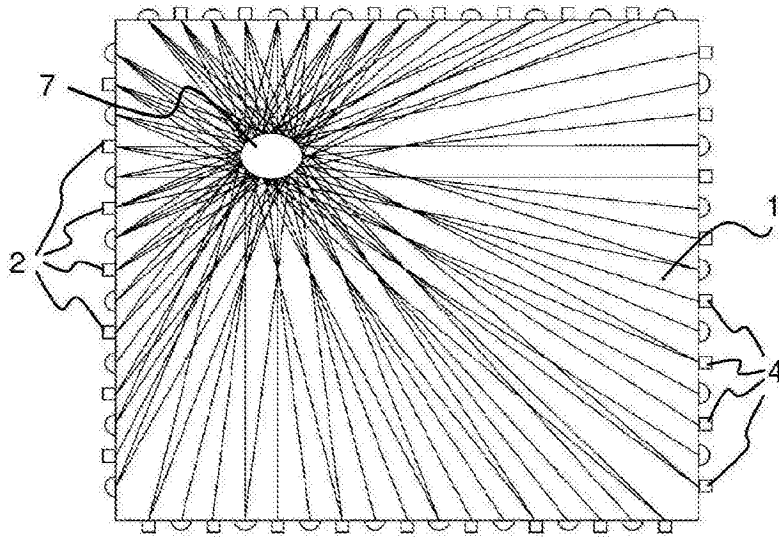


图3 (C)

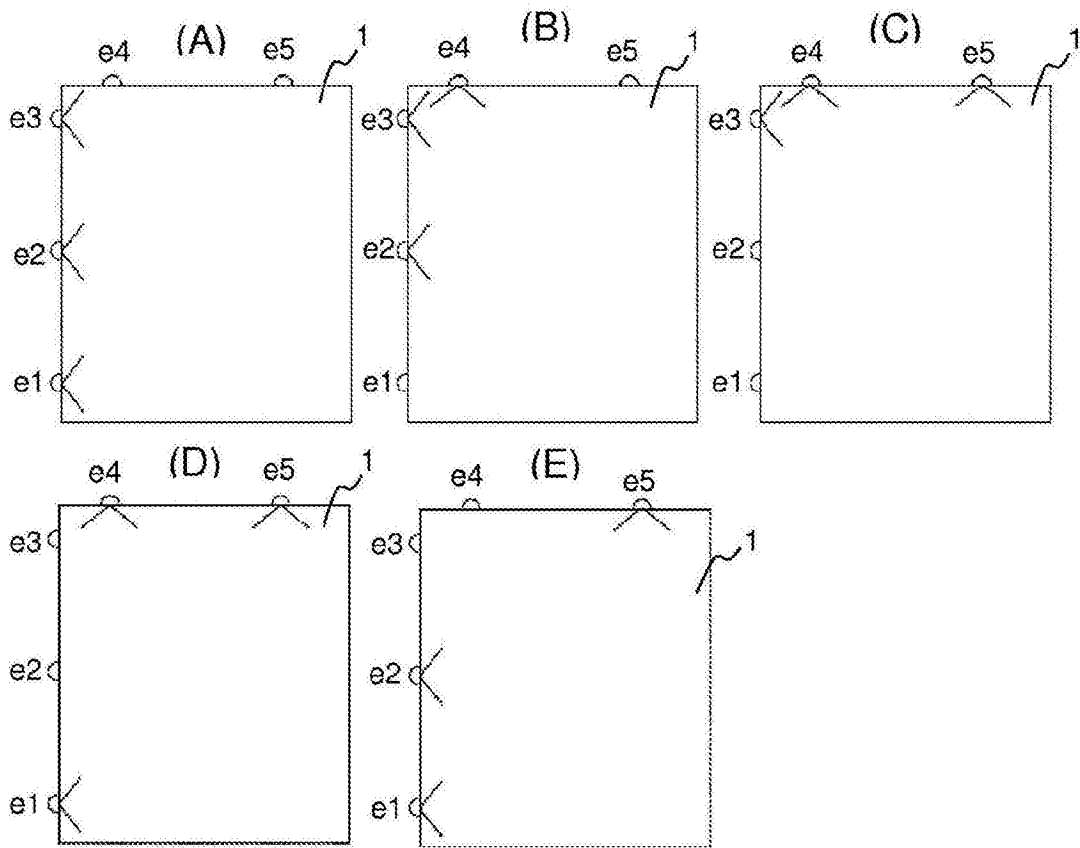


图4

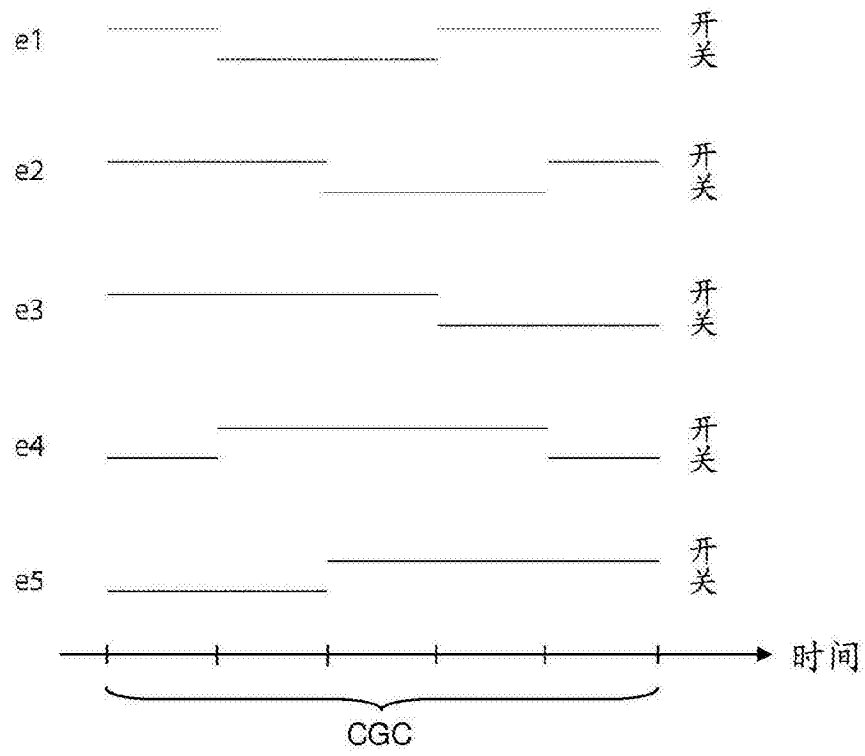


图5

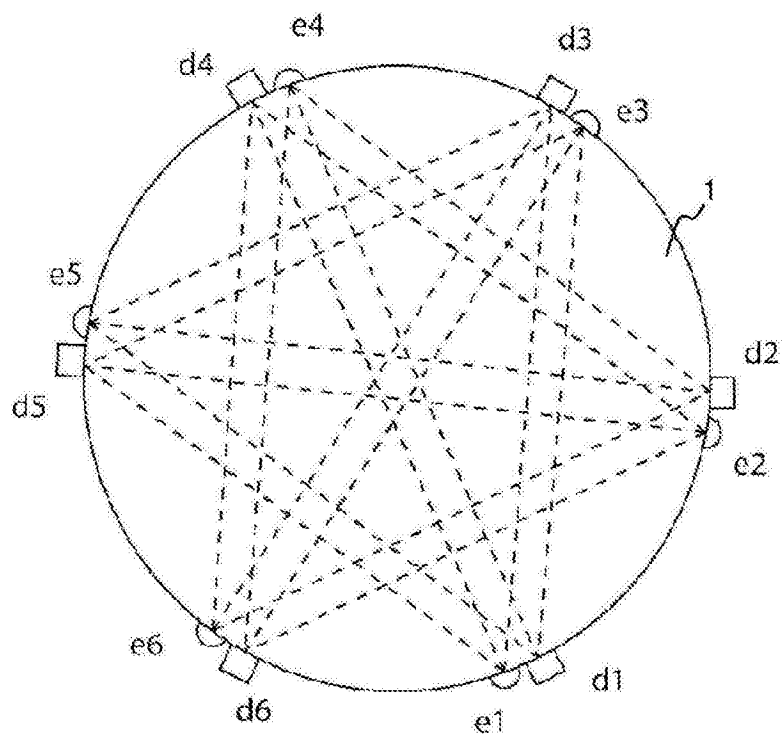


图6

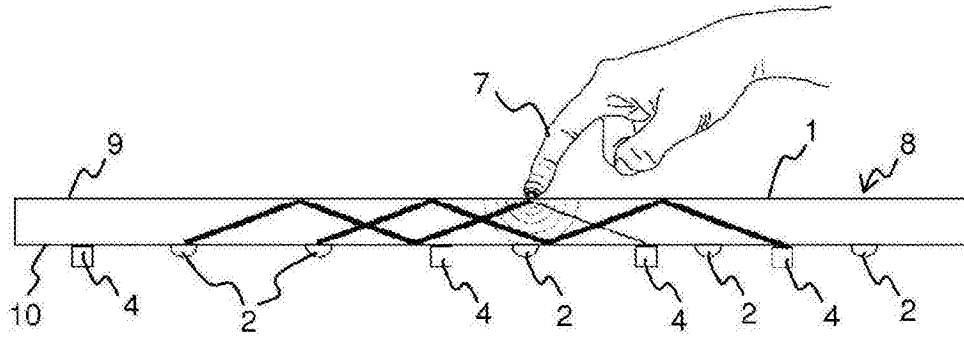


图9

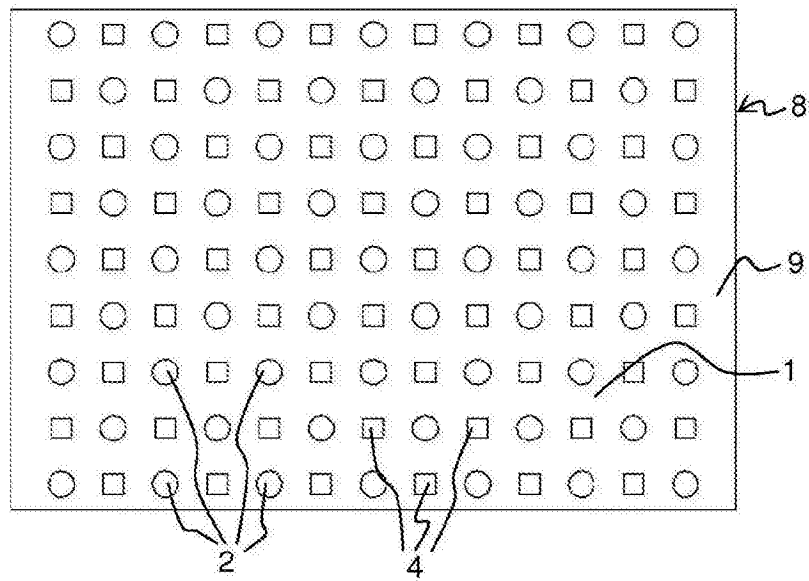


图10

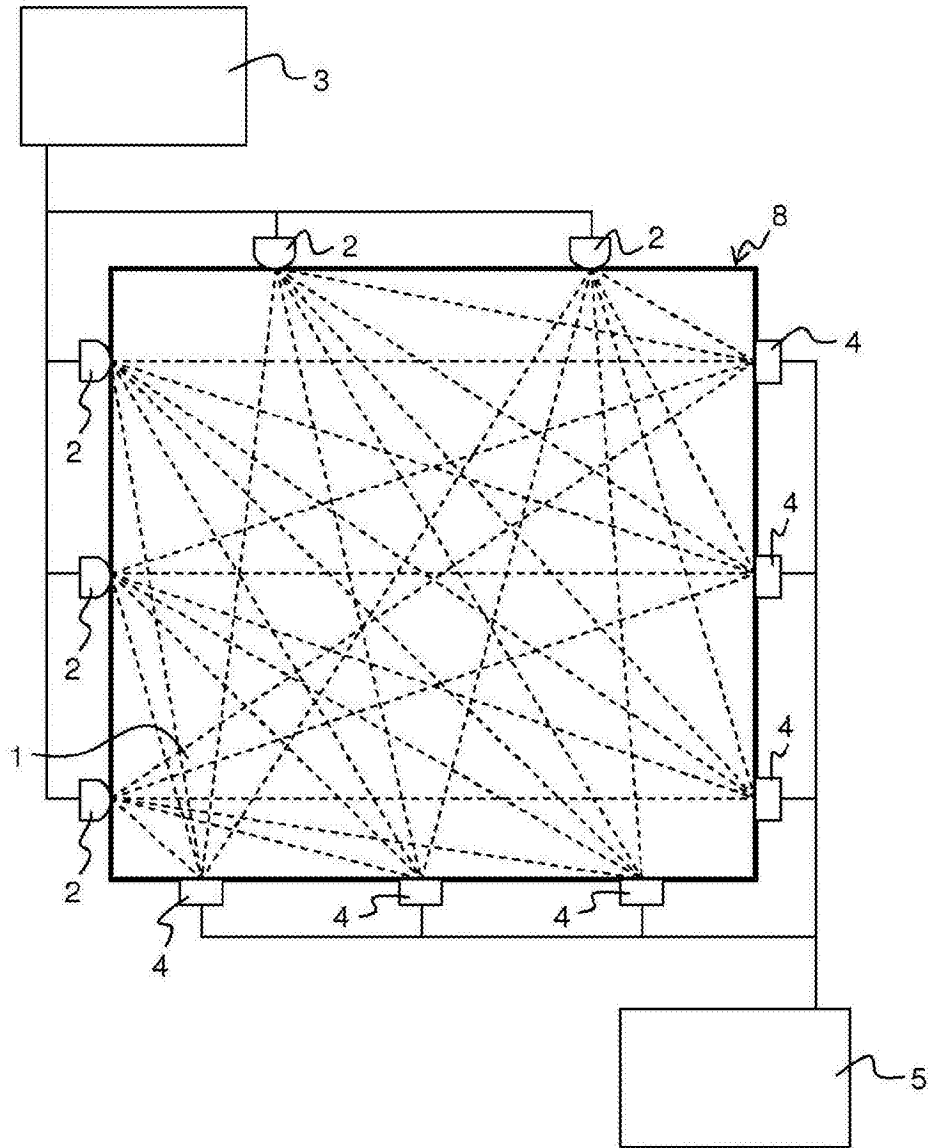


图7

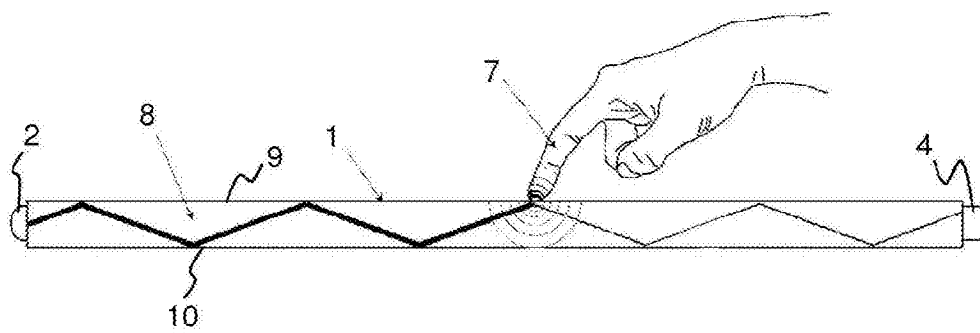


图8

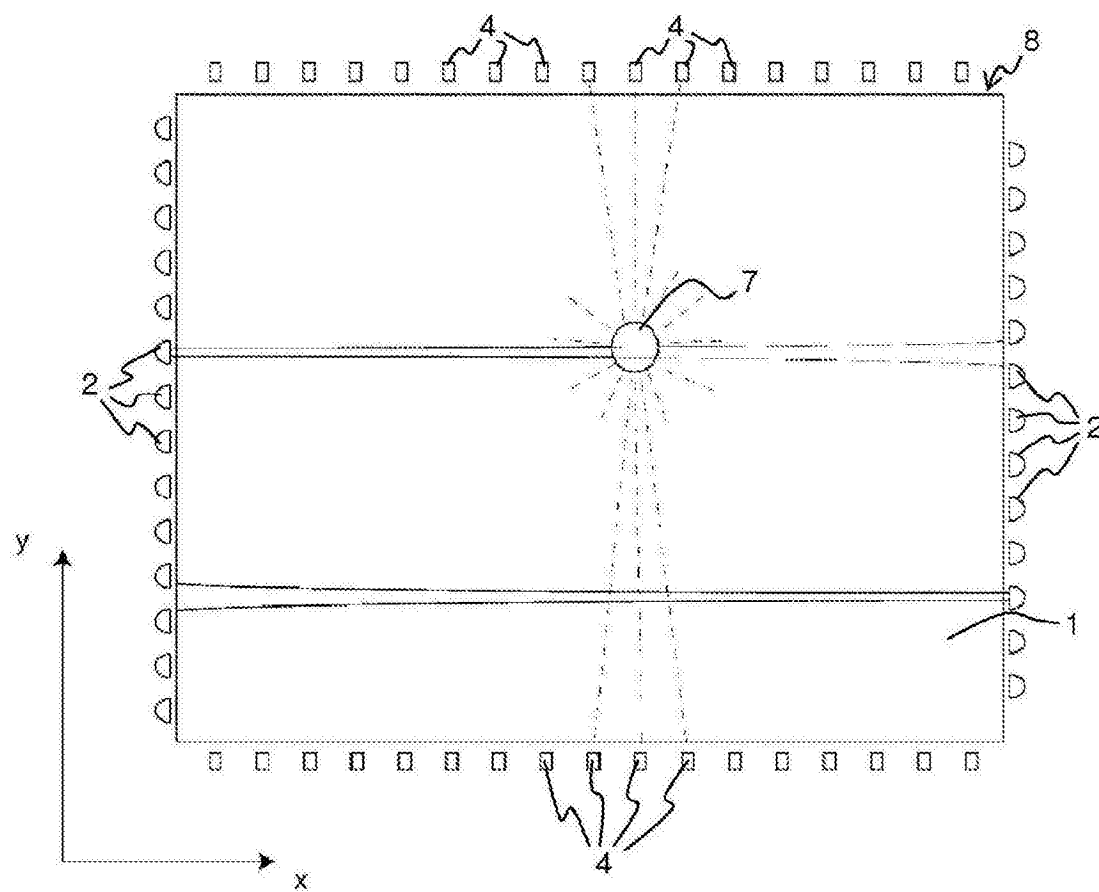


图11

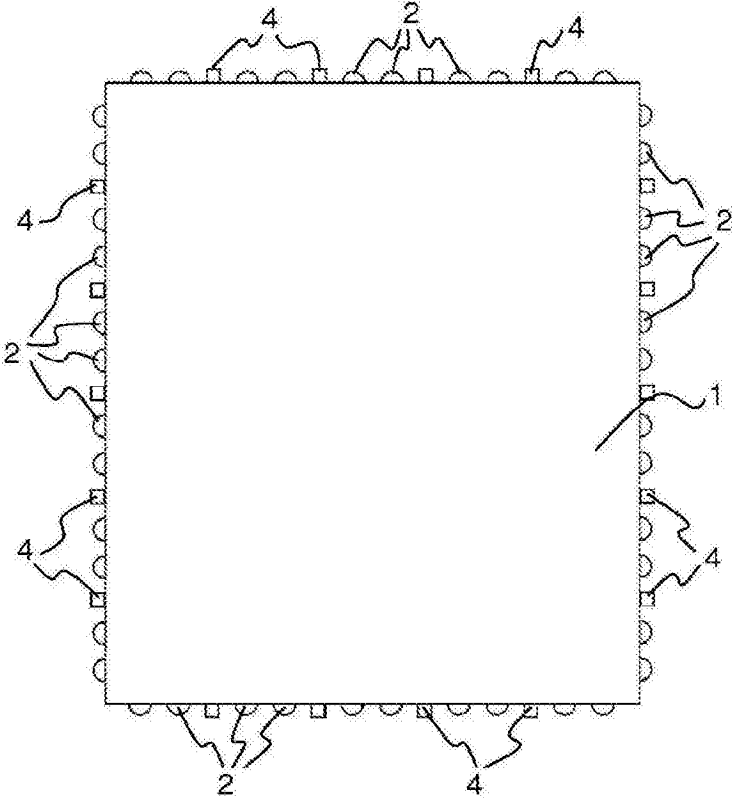


图12

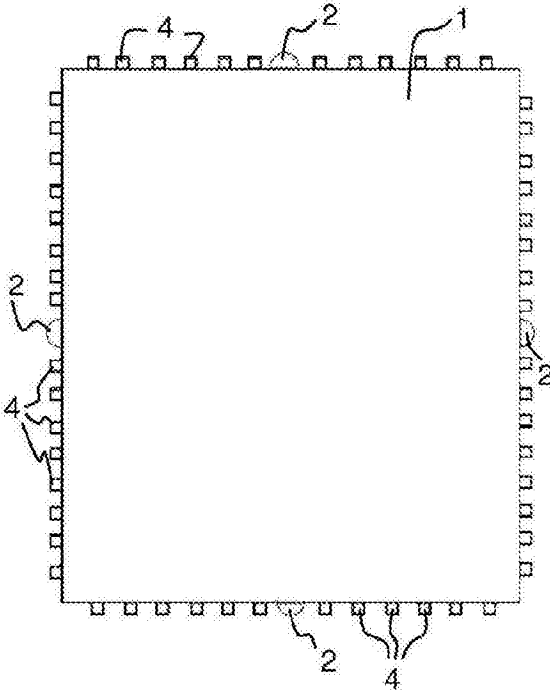


图13(A)

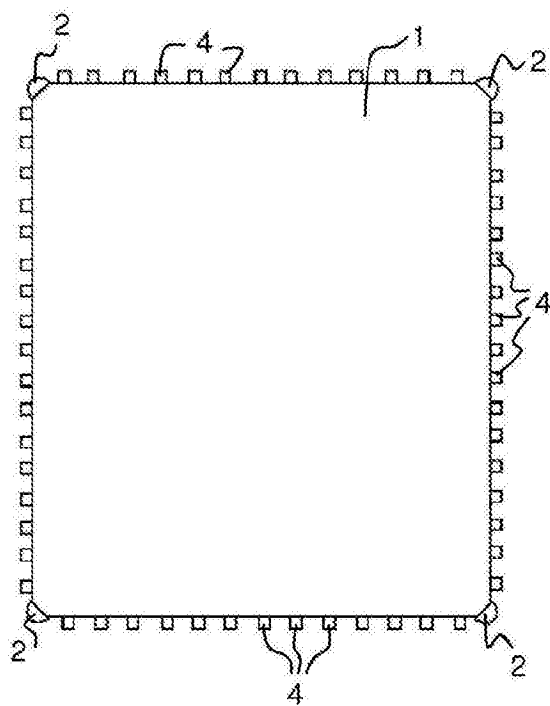


图13(B)

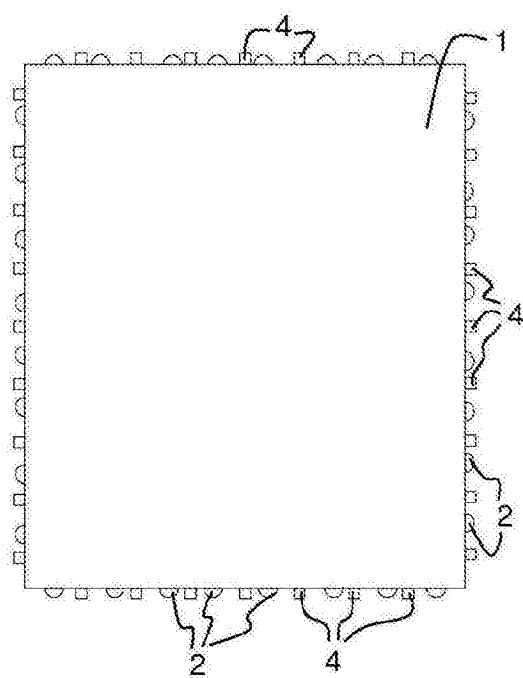


图14

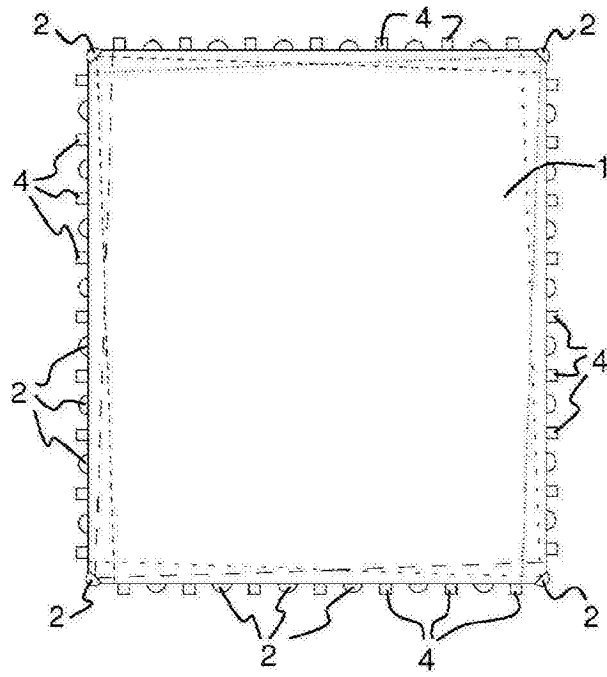


图15

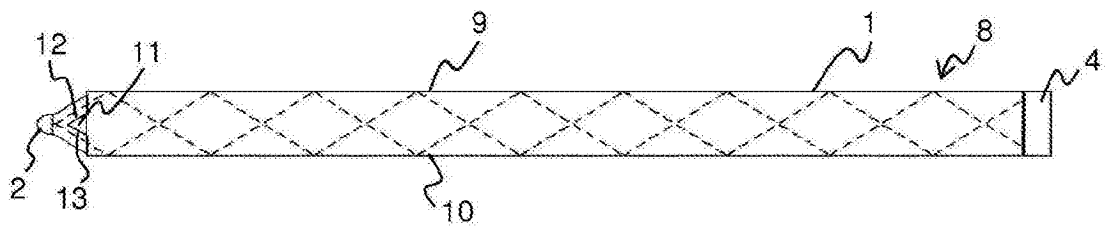


图16

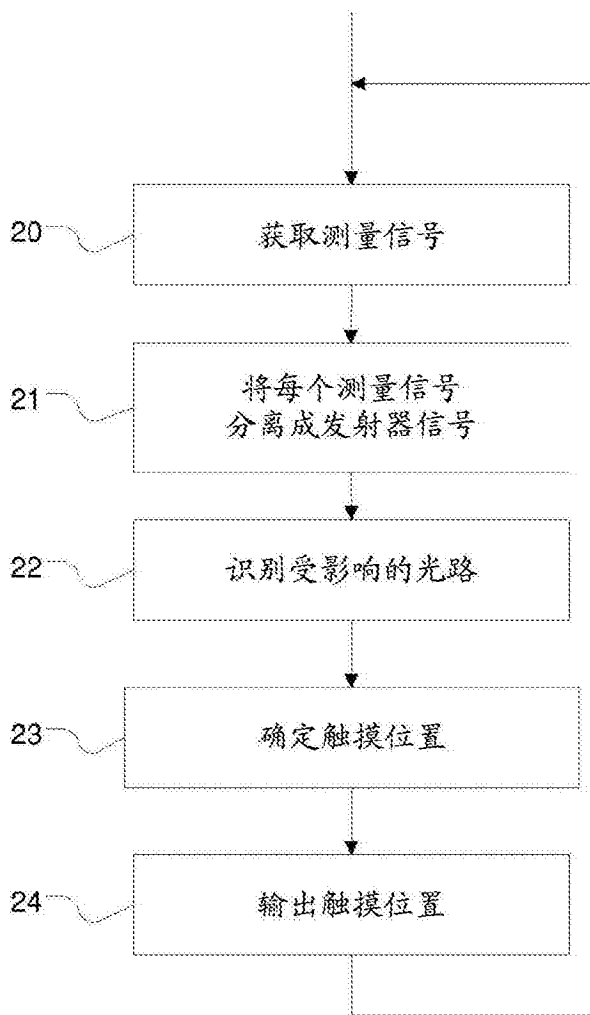


图17

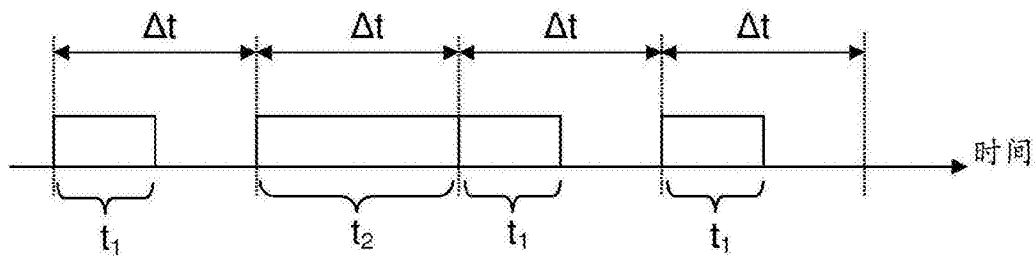


图20

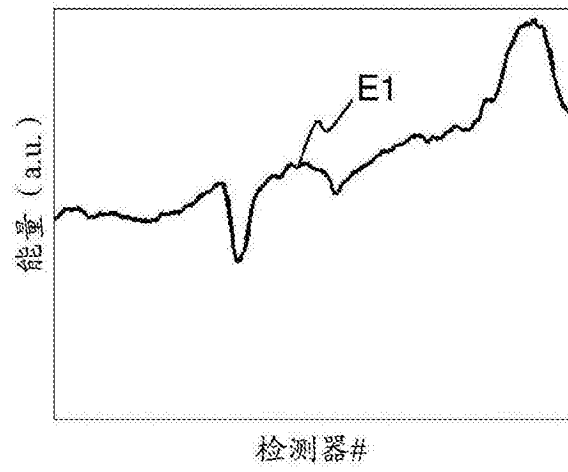


图18A

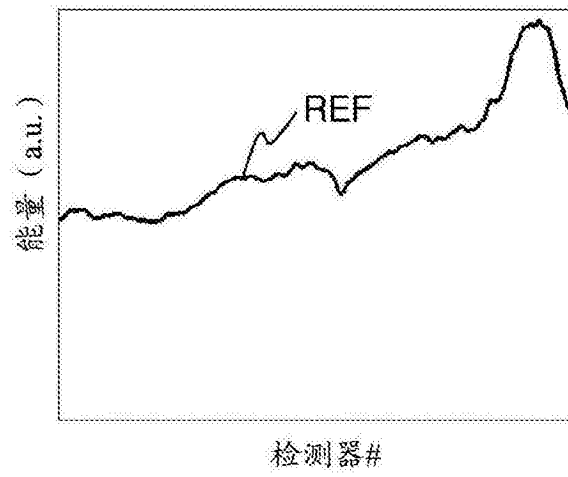


图18B

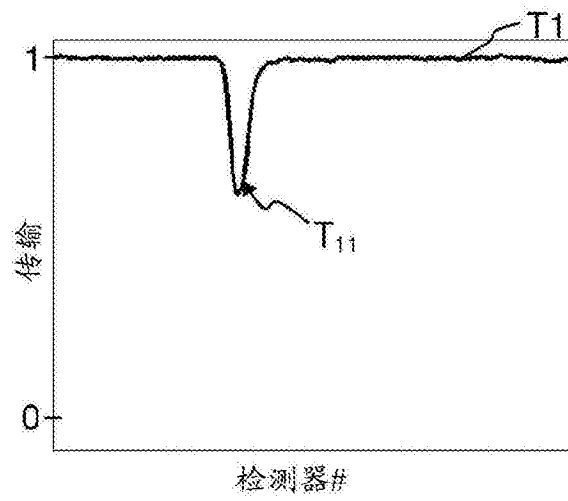


图18C

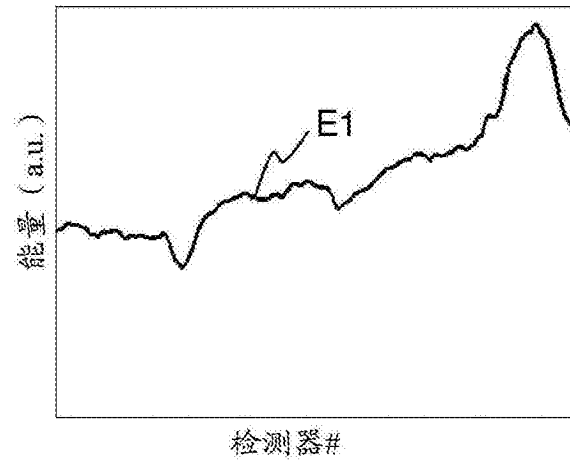


图19A

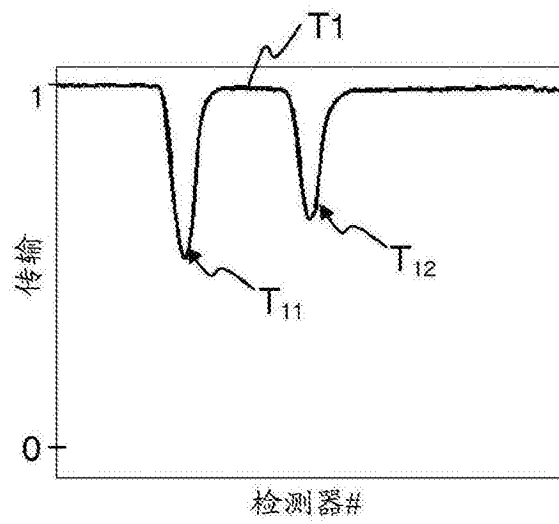


图19B

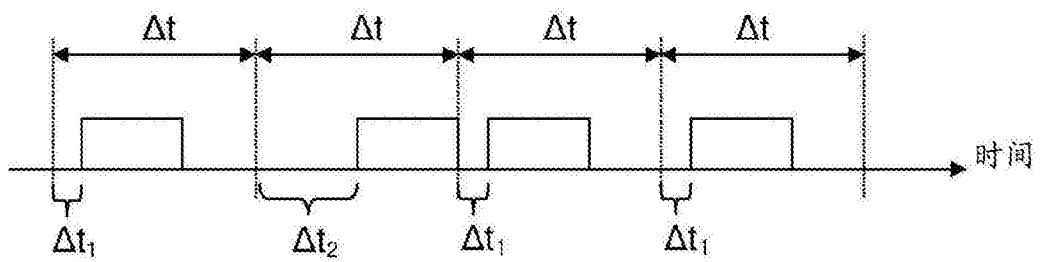


图21

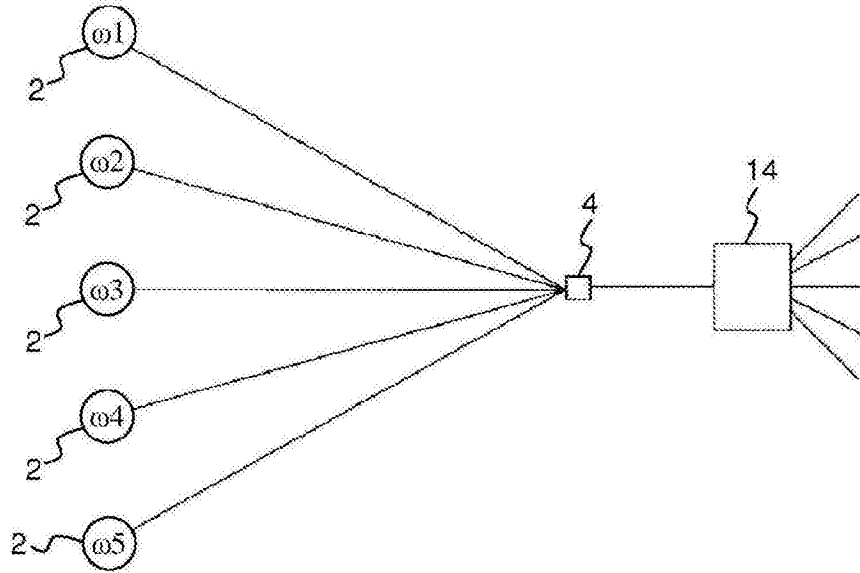


图22

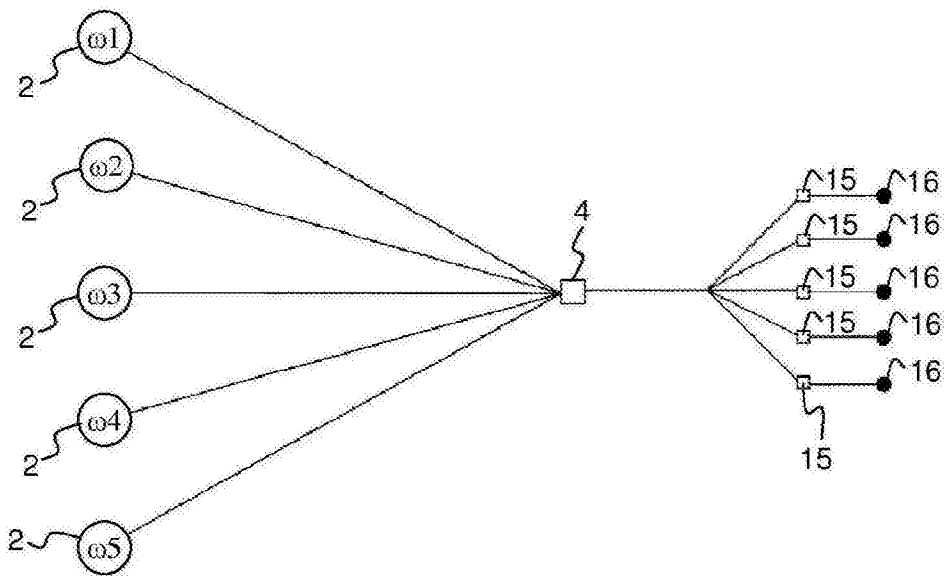


图23