



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109582150 A

(43)申请公布日 2019.04.05

(21)申请号 201910126632.5

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.04.25

G06F 3/01(2006.01)

(30)优先权数据

G06F 3/041(2006.01)

61/816,605 2013.04.26 US

(62)分案原申请数据

201480023082.X 2014.04.25

(71)申请人 意美森公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 A·莫达里斯

J·M·克鲁兹-赫尔南德斯

D·A·格兰特 V·利沃斯克

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 姬利永 钱慰民

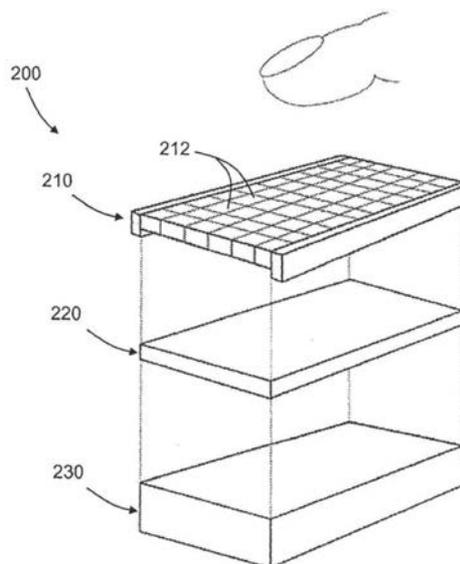
权利要求书1页 说明书12页 附图8页

(54)发明名称

利用触觉单元阵列模拟有形用户界面交互和手势

(57)摘要

本申请涉及利用触觉单元阵列模拟有形用户界面交互和手势。更具体而言,涉及用户界面设备,其包括柔性层、被柔性层覆盖的多个触觉单元、传感器和处理器,其中柔性层包括配置为接收用户触摸的触摸表面,其中多个触觉单元中的每个触觉单元包括触觉输出设备,其中传感器配置为当用户触摸所述触摸表面时感测柔性层的变形量和/或变形率,并且其中处理器配置为接收来自传感器的输出信号、基于来自传感器的输出信号生成触觉控制信号、及将触觉控制信号输出到多个触觉单元中的至少一个触觉输出设备以使得该触觉输出设备响应于感测到的柔性层的变形使相关联的触觉单元变形。



1. 一种用户界面设备,包括:
  - 柔性层,其包括配置为接收用户触摸的触摸表面;
  - 由柔性层覆盖的多个触觉单元,其中每个触觉单元都包括触觉输出设备;
  - 传感器,配置为当用户触摸所述触摸表面时感测柔性层的变形量和/或变形率;及
  - 处理器,配置为接收来自传感器的输出信号、基于来自传感器的输出信号生成触觉控制信号、及将触觉控制信号输出到所述多个触觉单元中的至少一个触觉输出设备以使得该触觉输出设备响应于感测到的柔性层的变形使相关联的触觉单元变形。
2. 如权利要求1所述的用户界面设备,其中所述处理器被配置为将多个触觉控制信号输出到位于彼此接近的多个触觉输出设备来共同地创建触觉效果。
3. 如权利要求2所述的用户界面设备,其中所述触觉效果模拟按钮或操纵杆。
4. 如权利要求2所述的用户界面设备,其中所述多个触觉输出设备中的至少两个触觉输出设备创建与其相关联的触觉单元的不同量的变形来创建触觉效果。
5. 如权利要求1所述的用户界面设备,其中所述处理器被配置为基于所述来自传感器的输出信号生成多个触觉控制信号并且将触觉控制信号顺序地输出到多个触觉输出设备来创建触觉效果。
6. 一种方法,包括:
  - 感测用户界面设备的柔性层的位移量和/或位移率;
  - 基于感测到的柔性层的位移量和/或位移率用处理器生成触觉控制信号;及
  - 基于触觉控制信号利用触觉输出设备使触觉单元变形。
7. 如权利要求6所述的方法,还包括生成多个触觉控制信号并且基于该多个触觉控制信号利用多个触觉输出设备使位于彼此接近的多个触觉单元变形来共同地创建触觉效果。
8. 如权利要求7所述的方法,其中所述触觉效果模拟按钮或操纵杆。
9. 如权利要求7所述的方法,其中所述触觉单元中的至少两个触觉单元被变形不同的量来创建触觉效果。
10. 如权利要求6所述的方法,还包括生成多个触觉控制信号并且基于该多个触觉控制信号利用多个触觉输出设备顺序地使位于彼此接近的多个触觉单元变形来共同地创建触觉效果。

## 利用触觉单元阵列模拟有形用户界面交互和手势

[0001] 本申请是申请日为2014年04月25日、中国国家阶段申请号为201480023082.X、题为“利用触觉单元阵列模拟有形用户界面交互和手势”的发明专利申请的分案申请。

[0002] 对相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求对于2013年4月26日提交的美国临时专利申请No.61/816,605的优先权权益,其全部内容通过引用被结合于此。

### 技术领域

[0004] 本发明针对利用触觉单元阵列模拟有形用户界面交互和手势。

### 背景技术

[0005] 当前以触摸屏形式的用户界面使用音频、视频和在一些情况下使用振动触觉向用户显示数字信息。触摸屏的当前实现还通常为了交互需要不断的视觉注意。尽管有形的(即,物理的)用户界面元素会有助于用户界面交互,尤其在诸如驾驶的占用视觉的情景中,但是当前在数字设备中实现的用户界面交互和手势通常在物理和现实方面有所缺乏。

[0006] 增加启用触觉的触摸屏的应用范围,诸如增加触摸屏的感知分辨率和扩大可以由这些触摸屏传递的触觉信息的广度和深度是所期望的。通过用户界面元素的物理模拟来增强用户界面交互和手势的逼真度和现实感以创建有形和高效的交互/界面和提高用户体验也是所期望的。

### 发明内容

[0007] 根据本发明的一方面,其中提供了用户界面设备,该设备包括柔性层、被柔性层覆盖的多个触觉单元、传感器和处理器,其中柔性层包括配置为接收用户触摸的触摸表面,其中多个触觉单元中的每个触觉单元包括触觉输出设备,其中传感器配置为当用户触摸所述触摸表面时感测柔性层的变形量和/或变形率,并且其中处理器配置为接收来自传感器的输出信号、基于来自传感器的输出信号生成触觉控制信号、及将触觉控制信号输出到多个触觉单元中的至少一个触觉输出设备以使得该触觉输出设备响应于感测到的柔性层的变形使相关联的触觉单元变形。

[0008] 在实施例中,处理器被配置为将多个触觉控制信号输出到位于彼此接近的多个触觉输出设备来共同地创建触觉效果。

[0009] 在实施例中,触觉效果模拟按钮或操纵杆。

[0010] 在实施例中,多个触觉输出设备中的至少两个触觉输出设备创建与其相关联的触觉单元的不同量的变形来创建触觉效果。

[0011] 在实施例中,处理器被配置为基于来自传感器的输出信号生成多个触觉控制信号并且将触觉控制信号顺序地输出到多个触觉输出设备来创建触觉效果。

[0012] 在实施例中,触觉效果模拟波或波纹。在实施例中,触觉效果模拟操纵杆或滑块移动。

[0013] 在实施例中,处理器被配置为生成与所述触觉控制信号不同的第二触觉控制信号并且将第二触觉控制信号输出到触觉输出设备以使得触觉输出设备输出振动触觉效果。

[0014] 在实施例中,用户界面设备还包括配置为感测由触觉单元在触摸表面处给用户显示的阻力的压力传感器。在实施例中,处理器被配置为基于感测到的由触觉单元显示的阻力改变触觉控制信号。

[0015] 根据本发明的一方面,提供了一种方法,该方法包括感测用户界面设备的柔性层的位移量和/或位移率、基于感测到的柔性层的位移量和/或位移率用处理器生成触觉控制信号、及基于触觉控制信号利用触觉输出设备使触觉单元变形。

[0016] 在实施例中,该方法包括生成多个触觉控制信号并且基于该多个触觉控制信号利用多个触觉输出设备使位于彼此接近的多个触觉单元变形来共同地创建触觉效果。在实施例中,触觉单元中的至少两个触觉单元被变形不同的量来创建触觉效果。

[0017] 在实施例中,该方法包括生成多个触觉控制信号并且基于该多个触觉控制信号利用多个触觉输出设备顺序地使位于彼此接近的多个触觉单元变形来共同地创建触觉效果。

[0018] 在实施例中,该方法包括生成与所述触觉控制信号不同的第二触觉控制信号并且利用触觉输出设备生成振动触觉效果。

[0019] 在实施例中,该方法包括感测由触觉单元向用户界面设备的用户显示的阻力。在实施例中,该方法包括基于感测到的由触觉单元显示的阻力改变触觉控制信号。

[0020] 当参考附图考虑以下描述和所附权利要求时,本发明的这些与其它方面、特征和特性,以及相关结构元件的操作方法和功能以及部件的组合和制造的经济性,都将变得更加显然,其中附图、以下描述和权利要求都构成本说明书的一部分。但是,应当明确地理解,附图仅仅是为了说明和描述的目的而不是要作为本发明限制的定义。如在说明书和权利要求中所使用的,除非上下文清楚地另外指出,否则单数形式“一”、“一个”和“该”也包括复数形式的所指代物。

## 附图说明

[0021] 示出以下附图的部件是为了强调本公开内容的一般原理并且附图的部件不一定是按比例绘制的。为了一致性和清晰起见,指定对应部件的标号在必要时贯穿所有附图重复。

[0022] 图1是根据本发明的实施例的系统的示意图;

[0023] 图2是用户界面形式的图1的系统的实施例的示意性分解图;

[0024] 图3是图2的用户界面的示意性顶视图;

[0025] 图4A是处于第一状态的图2的用户界面的触觉单元的示意性侧视图;

[0026] 图4B是处于第二、变形状态的图4A的用户界面的触觉单元的示意性侧视图;

[0027] 图5是图1的系统的处理器的实施例;

[0028] 图6是图2的用户界面设备的触觉单元的实施例的示意性侧视图;

[0029] 图7是用于两个不同触觉控制信号的电压作为时间的函数的示图,其中这两个不同触觉控制信号用于驱动图4A的触觉单元的触觉输出设备;及

[0030] 图8是用于单个触觉控制信号的电压作为时间的函数的示图,其中该单个触觉控制信号用于驱动图4A的触觉单元的触觉输出设备。

## 具体实施方式

[0031] 图1是根据本发明的实施例的系统100的示意图。如所示出的,系统100包括处理器110、存储器设备120和输入/输出设备130,这些部件经由总线140互连。在实施例中,输入/输出设备130可以包括触摸屏设备150、触觉输出设备160和/或从系统100的用户接收输入的其它输入设备和向系统100的用户输出信息的其它输出设备。在实施例中,系统100可以是在单个集成设备中包括图1中示出的所有部件的触摸移动或平板设备形式的用户界面。

[0032] 触摸屏设备150可以被配置为任何合适的用户界面或触摸/接触表面组件,并且可以配置为用于与诸如手写笔、手指等用户控制设备的物理交互。在一些实施例中,触摸屏设备150可以包括至少一个输出设备和至少一个输入设备。例如,触摸屏设备150可以包括配置为显示例如图像的视觉显示器152和包括叠加在视觉显示器152上以从用户的手指或由用户控制的手写笔接收输入的至少一个传感器154的触敏屏幕。视觉显示器152可以包括高清晰度显示屏幕。

[0033] 传感器154可以包括应变仪传感器来测量在用户和触摸屏设备150之间的交互过程中的变形幅度、力敏感电阻(“FSR”)传感器来测量施加到触摸屏设备150的力/应力、多点触摸传感器来检测在用户的单点或多点触摸交互中的一个或多个)触摸输入的位置、和/或多点触摸压力传感器来测量在每个触摸位置下方施加的压力。在一些实施例中,传感器154可以包括温度或湿度或大气压力传感器来捕获环境状况、加速计或陀螺仪或磁力计以表征设备的运动、速度、加速度和/或朝向、或者麦克风以捕获用户的语音命令或环境音频信息。此外,传感器154可以包括无线发射机来无线地从/向其它设备接收或发送信息。

[0034] 在各种实施例中,触觉输出设备160被配置为当系统100的用户与系统100的至少一部分接触时向该用户提供触觉反馈。例如,触觉输出设备160可以在用户与触摸屏设备150接触时向触摸屏设备150自身和/或向系统100的另一部分,诸如包含至少输入/输出设备130的壳体,提供触觉反馈来施加触觉效果。如在下面进一步详细讨论的,当与系统100交互时,可以使用触觉效果来增强用户体验。

[0035] 由触觉输出设备160提供的触觉反馈可以利用创建触觉效果的任何方法来创建,诸如变形、动觉、振动、静电或超声摩擦等。在实施例中,触觉输出设备160可以包括非机械或非振动设备,诸如使用静电摩擦(“ESF”)、超声表面摩擦(“USF”)的设备,或者利用超声触觉换能器感应出声辐射压力的设备,或者使用触觉基板和弹性或可变形表面的设备,或者提供热效应的设备,或者提供诸如利用空气喷嘴的一股空气的喷射触觉输出的设备,等等。触觉输出设备160可以包括致动器,例如,诸如其中偏心质块被电动机移动的偏心旋转质块(“ERM”)的电磁致动器、其中附连到弹簧的质块被来回驱动的线性共振致动器(“LRA”)、或者诸如压电材料、电活性聚合物或形状记忆合金的“智能材料”、宏观复合纤维(“MCF”)致动器、静电致动器、电触感致动器和/或提供诸如振动触觉反馈的物理反馈的其它类型的致动器。可以使用多个触觉输出设备160来生成不同的触觉效果。

[0036] 处理器110可以是用于管理或控制系统100的操作和功能的通用或专用处理器或微控制器。例如,处理器110可以被专门设计为专用集成电路(“ASIC”)来控制对触觉输出设备160的输出信号以提供触觉效果。处理器110可以被配置为基于预定义的因素来基于由处理器110接收到或确定的触觉控制信号决定要生成什么触觉效果、其中生成触觉效果的次序、以及触觉效果的幅度、频率、持续时间和/或其它参数。处理器110也可以被配置为提供

可用于驱动触觉输出设备160用于提供特殊触觉效果的流命令。在一些实施例中,处理设备110可以实际上包括多个处理器,每个处理器都配置为在系统100内执行某些功能。处理器110在下面进一步详细描述。

[0037] 存储器设备120可以包括一个或多个内部固定的存储单元、可拆卸存储单元和/或可远程访问的存储单元。各种存储单元可以包括易失性存储器和非易失性存储器的任意组合。存储单元可以被配置为存储信息、数据、指令、软件代码等的任意组合。更具体地,存储单元可以包括触觉效果简档、用于如何驱动触觉输出设备160的指令、或用于生成触觉效果的其它信息。

[0038] 图2以用户界面设备200的形式示出了图1的系统100的实施例。如所示出的,用户界面设备200包括触摸屏设备210、显示器220和壳体230。在实施例中,触摸屏设备210可以由基本上透明的材料制成,使得由显示器220输出的图像可以通过触摸屏设备210被看到。显示器220可以是任何类型的显示器,诸如阴极射线管(“CRT”)、液晶显示器(“LCD”)、发光二极管(“LED”)显示器、等离子显示器、平板显示器、柔性显示器,等等。触摸屏设备210和显示器220可以被一起安装在壳体230内。在实施例中,触摸屏设备210和显示器220可以被集成到同一单元或设备中。在实施例中,用户界面设备200可以不包括显示器220。在实施例中,用户界面设备200可以是柔性的,例如,永久同形的(conformed)、可弯曲的、可折叠的或者可卷曲的。

[0039] 在实施例中,触摸屏设备210包括柔性层402(在图4A中示出)和布置在阵列或网格中的多个触觉单元212。触觉单元212可以通过边界214隔开,如在图3中所示出的,其中示出了触摸屏设备210的示意性顶视图。在实施例中,触觉单元212可以不通过边界隔开,而是彼此抵靠。触觉单元212中的每一个都被配置为独立于其它触觉单元212响应于输入而提供触觉效果。例如,当多个触点基本上同时按压在触摸屏设备210上时,触觉单元212可以被配置为响应于多个触点生成多个触觉效果。多个触点可以通过一个手指或多个手指来完成。每个触觉单元212的尺寸或大小都可以被配置为小于5mm x 5mm、或小于4mm x 4mm、或小于3mm x 3mm、或小于2mm x 2mm、或小于1mm x 1mm。

[0040] 图4A示出了其中一个触觉单元212的实施例的示意性侧视图。触觉单元212包括触觉输出设备410和将触觉输出设备410连接到电源和上述处理器110的电连接器411。如所示出的,柔性层402具有配置为从设备的用户接收输入并且覆盖触觉输出设备410的触摸表面403。在实施例中,柔性层402可以覆盖触觉单元212的整个阵列。在实施例中,每个触觉单元212可以包括与相邻触觉单元212的柔性层402分离的柔性层402。在实施例中,至少一个上述传感器154可以被嵌入在或以其它方式耦合到柔性层402,使得传感器154可以在触摸表面403处检测到用户的触摸输入。

[0041] 触觉输出设备410可以包括当被电源供电时可以引起柔性层402变形的任何类型的触觉输出设备,例如,以上相对于图1的触觉输出设备160描述的任何设备。例如,触觉输出设备可以包括微流体显示器、压电材料或复合压电材料、电活性聚合物(“EAP”)、形状记忆合金、微机电系统(“MEMS”)设备,其可以包括MEMS泵、智能凝胶、电/磁流变流体、热流体袋、谐振设备、可变孔隙率膜、层流调制设备和/或电磁致动器。

[0042] 当处理器110向触觉输出设备410输出触觉控制信号时,如在下面进一步详细描述的,触觉输出设备410的形状并因此触觉单元212可以变形,如在图4B中所示出的。触觉单元

212的阵列可以被集成到移动设备和平板设备的触摸屏中,其中每个触觉单元212都配置为在宽广的频率范围显示(即输出)触觉效果,从准静态变形到高频振动。触觉单元212的机械组件配置和布置可以允许积累相邻触觉单元的力和位移,以创建可编程的平滑的凸出(突出)或凹进(凹陷)特征,即,自由形式的变形,如下面进一步详细描述。

[0043] 图5更详细地示出了处理器110的实施例。处理器110可以被配置为执行一个或多个计算机程序模块。一个或多个计算机程序模块可以包括传感器模块112、确定模块114、触觉输出设备控制模块116和/或其它模块中的一个或多个。处理器110还可以包括电子存储设备118,其可以是与存储器设备120相同的或者作为存储设备120的附加。处理器110可以被配置为通过软件、硬件、固件、软件、硬件和/或固件的某种组合和/或用于在处理器110上配置处理能力的其它机制执行模块112、114和/或116。

[0044] 应当理解,虽然模块112、114和116在图2中被示为共同位于单个处理单元内,但是在其中处理器110包括多个处理单元的实施例中,模块112、114和/或116中的一个或多个可以位于远离其它的模块。由下述不同模块112、114和/或116提供的功能的描述是为了说明的目的,而不是要进行限制,因为模块112、114和/或116中的任一模块都可以提供比所描述的更多或更少的功能。例如,模块112、114和/或116中的一个或多个模块可以被去掉,并且它的一些或全部功能可以由模块112、114和/或116中的其它模块提供。作为另一个例子,处理器110可以被配置为执行一个或多个附加模块,这一个或多个附加模块可以执行属于以下模块112、114和/或116中的其中一个的一些或全部功能。

[0045] 传感器模块112被配置为从传感器154接收当传感器154检测到来自系统100或用户界面设备200的用户的输入时生成的输入信号。在其中有多个传感器的实施例中,传感器模块112被配置为从多个传感器接收和处理输入信号。传感器模块112可以被配置为通过将输入信号的强度与对应于有意输入的预定阈值强度比较来确定感测到的输入是否是有意输入或者仅仅是对触摸屏设备150,210无意的触摸。传感器模块112还被配置为向确定模块114发送信号用于进一步处理。

[0046] 确定模块114被配置为确定当用户向传感器154提供输入时用户的意图是什么。例如,用户可以触摸触摸屏设备150,210的某个位置或者向触摸屏设备150,210提供指示要由系统100执行的某个功能的手势。确定模块114可以利用预定手势库和触摸屏设备150,210上的触摸位置进行编程,使得当用户触摸触摸屏设备150,210上的特定位置或向触摸屏设备150,210提供手势时,确定模块114可以确定相应的输出。此外,确定模块114还可以向触觉输出设备控制模块116输出信号,使得可以向用户提供根据下述本发明的实施例的触觉效果。

[0047] 触觉输出设备控制模块116被配置为接收来自确定模块114的输出信号并且基于由确定模块114生成的信号确定要由触觉输出设备160生成的触觉效果。确定触觉效果可以包括确定触觉效果的类型和触觉效果的一个或多个参数,诸如触觉效果的幅度、频率、持续时间等,这些参数将增强例如诸如控制按钮的有形用户界面元素,如下面进一步详细讨论的。

[0048] 在实施例中,用户界面200可以包括阻抗显示600,其一部分在图6中示出,它使用触觉单元212阵列的压力感测、变形/位移感测、变形率/位移率和/或变形显示功能的组合来模拟在由触摸屏设备210的显示器220显示的虚拟环境中的对象或介质的机械阻抗/硬

度。在实施例中，阻抗可以通过利用位置反馈来闭合(close)回路的力控制机制呈现，如在下面进一步详细描述。这种实施例的实现在游戏应用、增强现实应用、医疗应用、握手通信等中提供了显示硬对象相互作用和软对象相互作用的能力。

[0049] 大多数物理对象的机械属性，就针对变形所显示的阻力而言，可以利用硬度(k)参数和阻尼( $\lambda$ )参数进行表征。例如，在本发明的实施例中，用户的手指的交互可以按照在时间中每一时刻柔性层402发生的变形量(由“x”表示)和变形率(由“v”表示)来描述。在这个实施例中，变形量(x)和/或变形率(v)可以通过位移传感器602来测量，位移传感器602诸如嵌入在或者以其它方式耦合到柔性层402的应变仪等。向用户显示的阻力(由“Fr”表示)可以利用嵌入在或以其它方式耦合到柔性层402的压力传感器604来测量。为了模拟某种材料，针对用户的移动所显示的期望阻力(由“F”表示)应该遵循公式(1)：

$$[0050] \quad F = k * x + \lambda * v \quad (1)$$

[0051] 在这个实施例中，处理器110可以被编程，使得显示给用户的阻力(Fr)基本上等于根据公式(1)的针对用户的移动显示的期望阻力(F)。例如，如果F的值小于Fr的值，则处理器110可以经由触觉输出设备控制模块116输出触觉控制信号到触觉输出设备410，以通过例如向触觉输出设备410应用较高的电压来增加弹性层402的阻力，直到 $F = Fr$ 。类似地，如果F的值大于Fr的值，则处理器110可以向触觉输出设备410输出触觉控制信号，以通过例如向触觉输出设备410应用较低的电压来降低柔性层的阻力，直到 $F = Fr$ 。由压力传感器对Fr和由位移传感器对位移量(x)和/或位移率(v)的不断测量，以及F的值的计算可以在由处理器110的确定模块114执行的闭环控制回路中完成。在实施例中，k和 $\lambda$ 的值可以是常数，并且基于期望的阻力的感觉。在实施例中，k和 $\lambda$ 的值可以是在时间中每一时刻的变形量(x)和/或变形率(v)的函数。

[0052] 例如，在实施例中，如果显示器220正在显示蜂蜜的图像，则可能期望模拟蜂蜜的感觉。由于蜂蜜的粘性属性，因此期望的是，如果变形率相对较高则输出较高大小的阻力并且如果变形率相对较低则输出较低大小的阻力，这将给用户好像他/她正在对蜂蜜按压的感觉。处理器110可以利用硬度(k)和阻尼( $\lambda$ )系数作为变形率(v)的函数进行编程，使得用户可以体验更逼真的效果。作为另一个例子，处理器110可以被编程来模拟当用户对触摸表面403按压时正在被显示器220显示的对象物理状况的变化。例如，如果被显示的物品是脆的，则当用户开始对触摸表面403按压时，显示给用户的阻力可以相对较高以模拟硬物体，但是当对象“破裂”时，阻力可以被急剧下降以模拟对象的破裂。

[0053] 在实施例中，柔性层402的触摸表面403可以模拟物理上真实的用户界面特征，诸如按钮或操纵杆，其从触摸表面403中冒出(emerge)，如在图4B中所示出的。用户可以在与触摸表面相切的方向移动操纵杆。在这个实施例中，处理器110可以被编程以通过触觉输出设备410以针对平行于触摸表面403的用户运动的阻力形式来显示可编程的动觉触觉。类似于上述实施例，预定的硬度(k)和阻尼( $\lambda$ )可以与移动操作杆相关联。变形量(x)和/或变形率(v)可以利用嵌入的位移传感器602来测量，并且针对用户显示的阻力(Fr)可以利用压力传感器604来测量。如果测得的针对用户显示的力(Fr)小于如利用以上公式(1)所计算的要针对用户显示的期望的力F，则如上所述处理器可以通过例如向触觉输出设备410应用较高的电压以使F与Fr匹配来增加阻力，并且反之亦然。

[0054] 在一些实施例中，取决于触觉单元212的大小，用户可以在不是直接在单个触觉单

元212上方而是在诸如边界214上的触觉单元212之间,或者在多个触觉单元212上方的位置处触摸表面403。在这种情况下,处理器110可以使用适当的内插技术来复制用户直接在单个触觉单元212上的感觉。例如,当用户的手指放置在两个触觉单元212之间时,触觉呈现可以包括部分地致动这两个单元212的触觉输出设备410,以便复制用户在单个单元212上的感觉。这个实施例的实现可以向用户提供提高的感知触觉分辨率。此外,这个实施例的实现可以在分指(sub-finger)水平、定制变形特征尺寸为信息显示启用单元之间的转换效果,诸如用于显示皮肤拉伸效果,等等。

[0055] 在实施例中,处理器110可以被编程以按顺序控制相邻触觉单元212的触觉输出设备410,使得可以显示移动或流动感以及可以生成类似于物理波的感觉。例如,如果用户触摸表面403并且跨触摸表面403滑动他/她的手指,则处理器110可以响应于感测到的触摸而生成触觉控制信号,使得多个触觉单元212的触觉输出设备410顺序地从对应于初始触摸的位置到对应于触摸结束的位置致动,使得用户将感觉到好像对象正在连续地跨触摸表面移动。在实施例中,波的形状和波的行进速度可以是正在被触摸屏设备210模拟的材料的属性的函数。在实施例中,可以通过使位于围绕触摸输入位置四周的多个触觉输出设备410顺序地远离触摸位置移动来创建波纹。这种多个触觉输出设备410的顺序激活可以用来创建像流动的运动、行进的波和/或波纹,其可以增强在显示器220上的旋转和平移运动,诸如创建涡流或波纹形状,使得中心可以被识别为事件或通知的来源。

[0056] 在实施例中,处理器110可以被配置为利用叠加的触觉控制信号以如下方式控制触觉单元212阵列,即柔性层402可以在特定位置处动觉地变形并同时提供振动触觉刺激。例如,在实施例中,处理器110可以向至少一个触觉单元212的触觉输出设备410输出触觉控制信号,以通过动觉变形生成按钮,并且然后当传感器感测到用户按压柔性层402的对应于生成的按钮的位置时,处理器110可以向触觉输出设备410输出另一个触觉控制信号,以通过振动触觉效果生成点击确认。

[0057] 在实施例中,由处理器110输出的触觉控制信号可以包括具有不同特性的两个分量。首先,如在图7中所示出的,可以生成低频且大幅正弦曲线710,它如果通过自身运行会在每个触觉单元212中创建低频变形,使得触觉单元212可以在中心处上下移动。第二,可以生成高频且低幅信号720,它如果单独运行会在触觉单元212中生成高频振动并且可以被感受为振动触觉反馈。如果触觉输出信号是低频且大幅正弦曲线710和高频且低幅信号720的组合,如在图8中示为信号810的,则触觉单元212可以显示动觉触觉变形并且同时地显示振动触觉。

[0058] 在实施例中,可以使用多个触觉单元212来为响应多个输入的多输出应用生成分离的振动效果。在实施例中,可以使用多个触觉单元212来模拟吉它应用,其中可以显示与琴弦相关联的宏观变形以及高频(微观级别)振动两者。

[0059] 在实施例中,可以使用触觉单元212阵列来物理地模拟有形触摸屏键盘并且物理地增强在触摸屏移动设备和平板设备中的文本录入/键盘交互。换句话说,在文本录入应用中,可以使用触觉单元212阵列来物理地显示每个键或在键盘的键之间的边缘。也可以模拟其它有形特征来增强键的显示。例如,如同F和J键在一些物理键盘中一样,可以对F和J键在触觉上进行标记以便于键入,或者当保持修改键被按住(例如,CTRL)时,具有预定义功能的某些键可以在触觉上被突出显示(例如,CTRL+C、CTRL+B、Ctrl+V,等等)。与每个键相关联的

行程 (travel stroke) 和力分布 (force profile) 可以被微调和调节, 使得与真实的键盘交互相比, 它具有与真实按钮相同的几何形状、行程和力分布, 以增强文本录入/键入体验的逼真度和准确性。此外, 可以调整键的形状以使键盘更符合人体工程学, 诸如朝向大拇指变圆, 等等。

[0060] 在实施例中, 可以使用触觉单元212阵列通过使在滚动或静态列表中的条目凸出或凹进来增强用户与条目列表的交互 (例如, 列表滚动), 从而便于选择和增加真实感。例如, 在静态列表中的每个条目都可以被凸出, 使得随着用户的指尖从一个条目滑动到另一个条目时指尖感觉到转换。此外, 标记的条目, 诸如“收藏的条目”, 可以具有不同的形状、纹理或振动触觉反馈, 并且条目的分组 (例如, 种类, 字母分组) 之间的转换也可以利用不同的特征, 诸如凸出或凹进的线条, 进行突出显示。类似的变形可以应用到滚动列表, 使得将会通过轻轻触摸列表并感觉滑动的条目来感觉到形状。

[0061] 在实施例中, 因为触觉单元212阵列允许用户与“绑定”到对象的突起或凹槽物理地交互, 因此可以使用触觉单元212阵列在虚拟环境中物理地增强并从而促进操纵对象。这种能力可以使得交互更加真实, 因为它提供了与真实世界对象交互情景类似的感知。此外, 如上所述, 与这种交互相关联的力分布可以是可编程的, 这可以允许启用更丰富触觉的用户界面, 其能够显示关于对象及其属性的广泛数据。可以从这个实施例中受益的用户交互的例子包括, 但不限于: 跨屏幕移动/推动覆盖在特定用户界面元素上并且绑定到其的突起 (或凹槽), 诸如窗口小部件、应用图标、文件、文件夹等。通常在视觉上被手指挡住的诸如调整大小图柄的小的用户界面窗口小部件一旦变形就可以通过触摸触觉反馈来检测到并进行操作。在类似的例子中, 用户可以以即使当手指遮住数字绘图的边缘时形状也可以例如在不溢出的情况下被填充 (即几乎涂满) 的方式感觉到/探索 (explore) 数字绘图的边缘。作为另一个例子, 可以通过本发明的实施例感觉到被拖动对象和屏幕上其它内容之间的交互的显示。例如, 当凸出的图标被移动越过窗口的边缘时, 将通过凸出的图标感觉到移动的线条。在类似的例子中, 当用户正在拖动对象时, 对象可能碰到障碍并且不能进行任何进一步移动。本发明的实施例可以与文本操作一起使用。例如, 将变形特征覆盖在一段文字之上可以便于文本操作并且解决文本交互中的视觉遮挡问题, 并且诸如移动、复制和粘贴的操作可以通过与文本之上覆盖的变形特征的物理交互来执行。当虚拟对象自己移动时 (例如, 在虚拟重力的影响下), 也可以使用相同的功能使得用户可以感觉到它在那个方向上移动。

[0062] 在实施例中, 可以使用触觉单元212阵列模拟触摸屏设备210中的物理控制器。例如, 变形特征可以从平坦的触摸表面403凸出, 以表示标准的物理用户界面控件, 诸如十字键 (D-Pad)。触觉单元212阵列不仅可以模拟十字键的物理形状, 而且可以复制当用户与真实控制器交互时用户的体验。例如, 如果十字键的左侧被按下, 则用户手指下方的触觉单元212会向下移动而在右侧的触觉单元212会向上移动, 这使得交互类似于与真实D-Pad控制器的交互。在实施例中, 可以提供用户可与其交互的凸出的特征以模拟例如二维 (“2D”) 操纵杆、交互式游戏控制台、或可以在笔记本电脑上找到的轨迹点。

[0063] 在实施例中, 可以使用触觉单元212阵列在宏观级别模拟物理纹理, 诸如可以在现实生活中找到的纹理。可以使用触觉单元212的小变形来产生从砂子到玻璃等不同的纹理。

[0064] 在实施例中, 可以使用触觉单元212阵列通过提供变形来启用非可视用户界面交互和手势, 以便于在不进行可视检查情况下执行的手势并且也提供触觉反馈。例如, 可以通

过在触摸屏210上创建将用户的手指朝某个目标位置引导并且然后当手指到达目标点时阻挡手指的路径来促进手指引导。更一般地,本发明的实施例可以允许用户“对齐”到(“snap” to)特定的网格或形状。例如,在绘画应用中,这种功能可以创建形状的轨迹,但是如果期望的话,同时允许用户不遵循该形状。在其中用户界面设备200是电话的实施例中,用户可以通过检查表示目标功能的变形特征与他/她的口袋中的电话交互以应答呼叫,目标功能诸如应答电话、挂断电话、转移到无线耳机等。类似地,通过能够感觉到用于引导的触摸屏的模拟有形特征可以发送预定义的消息而无需看触摸屏。

[0065] 也可以使用上述可编程的变形显示器来启用更广范围的新颖手势交互,这可以产生更丰富的手势语言。例如,用户可以通过操纵触摸表面403录入空间信息,就好像柔性层402是由粘土或其它类似材料制成的。在实施例中,用户可以操纵/更改地图中的高度(elevation),图像中的亮度(或者在图像的隔离部分上局部地或者在整个图像上全部地)、可以通过操纵映射到二维表面的参数在音频信号中创建失真、或者可以在模拟的粘土中创建标记来标记特定的内容,诸如文档。

[0066] 也可以使用本发明的实施例利用变形来触觉上增强自由空间手势。例如,在实施例中,用户界面设备200可以在六自由度中移动,并且可以播放代表各条信息的变形触觉效果。例如,用户可以从左到右地摇晃用户界面设备200或者以不连续的角度旋转用户界面设备200,并且可以经由触摸屏设备210播放碰撞触觉效果或显示变形触觉纹理。在实施例中,可以利用触觉单元212阵列来启用与比用户界面设备200大的对象的交互。触摸屏设备210上的变形可以给用户通过只接收关于对象的部分的触觉信息来探索或感觉虚拟对象的能力(取决于空间位置和抓握的方向,显示的信息可能不同)。类似于用手探索球,触觉单元212阵列可以显示虚拟对象的形状,其可以通过手在特定位置处被感觉到,就好像用户正在触摸它。在实施例中,可以通过触摸屏设备210显示诸如柔软度和温度的其它属性。

[0067] 在某些手势表达/交流中,变形特征(凸出/凹进)的位置、动力学和运动模式不必与在交互过程中用户的手指的位置、动力学和运动模式完全相同。例如,在对象操纵情景中,用户可以选择对象(并因此在对象上创建突起),并且然后点击其中可以显示第二突起的触摸屏设备210上的另一个点。然后,用户可以选择或者使用同位(collocated)的突起(在该对象之上的突起),或者使用非同位(un-collocated)的突起来跨屏幕推动对象。在另一个例子中,不是推动在对象的图像之上浮现的单个突起,而是用户可以将他/她的手指放置在位于沿图像的边界线的两个或更多个突起之间并且利用对象到处移动突起。

[0068] 在实施例中,触觉单元212阵列可以通过至少一个可编程的可变形“按钮”显示各种内容/元数据。这种物理按钮可以采用各种几何形状、形状因子、行程和触觉力分布,从而允许自定义的按钮交互和确认体验。可以使用按钮的特定力分布(阻力、动态惯性、止动等)或点击分布(在单次按压中)向与该按钮交互的用户传达各种元数据。类似应用的例子包括:指示所需的未决动作的闪烁按钮、除非处于活动状态否则不能被压下(凹进)的按钮、或者用其形状示出自可供性(affordance)或交互主题的按钮。例如,按钮的倾斜形状可以指示该按钮应该被侧向推。在实施例中,多功能按钮可以被配置为改变其形状以指示新的功能。例如,当用户在平坦按钮上按下时,该按钮可以变得变圆以表明该按钮现在可以被用作滑块。用户然后可以沿着表面滑动该按钮。

[0069] 在实施例中,如上所述,可以利用触觉单元212阵列通过触摸屏全键盘显示内容信

息。例如,可以提供利用接近感测的触觉键放大,使得当处于或在柔性层402中的接近传感器感测到手指接近触摸屏设备210上的某个键的运动时,只有靠近手指的目标点的键/一组键会被凸出(即,利用变形触觉上显示)。在实施例中,只有基于文本预测在下一步最有可能被点击的键会被物理变形。可编程的变形可以允许取决于用户的偏好使键边缘变得较硬或较软、或者改变按钮的形状或柔软度(compliance)。在实施例中,在当前用户界面中具有有用功能的键可以被凸出,而没有立即有用功能或处于不活动状态的键可以被凹进。

[0070] 在实施例中,由显示器220显示的可视内容可以利用某个感官或元数据来增强,其中附加信息/增强的信息以重叠在由显示器220显示的图像之上的触摸屏设备210的变形的形式来显示。例如,这种附加信息可以是图像的“可视”特性,诸如对比度、亮度、全光谱摄影,等等。

[0071] 在实施例中,可以使用变形特征(例如,凸起,凹进等)形式的“非可视”信息在虚拟环境中增强某些角色(例如,在电影、游戏中)。例如,在游戏应用中,游戏的角色设备、健康状况或者在地图上部署的部队的位置和规模都可以利用变形来增强(突出显示)。这些变形特征,除了将某些触感关联到(一个或多个)目标角色之外,还可以更改它(它们)的视觉外观。如果,例如,触觉单元212阵列在角色之上形成凹的或凸的形状并且从而局部地改变屏幕的有效光学属性,则后者会发生。利用这种方法,可以使虚拟环境中的某些区域(角色)变得模糊/减弱,而一些其它的则变得更亮/增强。在实施例中,可以使用用户界面设备200的某些区域通过利用触觉单元212阵列跨触摸屏设备210生成的单独的振动向用户显示不同的音频数据/声音。

[0072] 在实施例中,可以通过,例如,把整个触摸屏设备210变为盲文显示器来显示用于视觉障碍患者的盲文特征。代表字符的每个盲文单元可以按像矩形的形状因子布置的2乘以4点的阵列组成,并且用户可以选择盲文单元的大小或其它属性。在实施例中,用于视觉障碍患者的“触感图形”可以具有触摸屏设备210。

[0073] 在实施例中,可以使用经由触觉单元212阵列的基于变形的触觉以非视觉的方式向用户显示信息,从而最小化视觉探索触摸屏设备210的需要。例如,搜索结果的结果(文本,网页等)可以利用凸出/凹进特征来显示。搜索结果可以通过凸出/凹进被物理地“突出显示”,从而允许用户通过简单的检查触摸表面403来确定它们的位置。这可以例如通过或者利用手指探索屏幕或者通过将手的全部手掌放在屏幕上确定触觉上突出显示的(一个或多个)条目的位置来完成。在实施例中,诸如呼叫者ID或消息发送者ID的信息可以被编码到凸出/凹进特征中,从而允许用户,例如,在他/她的电话仍然在他/她的口袋中时就识别呼叫者。在实施例中,GPS路线引导信息可以通过以物理路径的形式模拟道路、交叉点、以及下一个要转弯的道路在触摸屏设备210上进行显示,并且车辆本身可以通过移动的突出块来表示。

[0074] 在实施例中,当用户参与操纵在数字环境中的用户界面元素或对象时,可以使用触觉单元212阵列来传达某些元数据。例如,当用户试图操纵利用触觉单元212阵列物理模拟的虚拟对象时,在操纵/移动用户界面元素的过程中,以对运动可调节阻力形式的可编程的力显示(例如,粘住、滑动、止动效果等)可以传达关于对象的类型、大小和其它属性的信息。此外,可以使用突出或凹进变形来指示对象的抓握或选择是否已成功。例如,当选择或突出显示由显示器220显示的文本的一部分时,可以通过与选择/突出显示的文本的位置相

关联的触觉单元212的变形在该选择/突出显示的文本的一部分之上具有突出或凹进变形。

[0075] 本发明的实施例可以用于对应用进行品牌推广,其中触摸屏设备210可以被配置为显示可以以特定OEM的触觉“签名”或表示特定OEM的元数据的形式被设计、定制和布置的触觉效果。例如,当用户界面设备200被打开时,可以显示特定的触觉模式或签名,其可以包括显示对应的OEM的相关静态或动态抬起/凹进信息。在实施例中,目标OEM的标志也可以被静态显示。

[0076] 在实施例中,所描述的系统和方法可以用于远程信息显示功能。例如,触觉单元212阵列可以生成可被视觉地检测到或进行检查或进行远程分析而无需持有或触摸用户界面设备200的大的静态变形。诸如呼叫者ID、时钟、日历日期等的信息,如果利用静态凸出显示进行显示,则即使当用户界面设备200位于离用户相当远的距离时,这些信息也可以通过简单地看用户界面设备200来访问。

[0077] 本发明的实施例也可以在可穿戴设备上实现,其中当可穿戴设备对着身体按压时,在特定环境中的静音通知可以被显示以传达某些信息。在实施例中,手表可以通过在其下方创建凹坑并且对着穿戴者的手腕的皮肤推压来传达时间。在实施例中,手镯可以被配置为通过在穿戴者的皮肤上生成波和其它模式来传达警告。在实施例中,鞋可以被配置为对着穿戴者的脚创建凹坑来指示他/她应该行走的方向。

[0078] 本发明的实施例也可以在医疗设备中实现。例如,腹腔镜手柄的内部可以具有触觉单元212阵列,其可以在手术过程中向外科医生显示与测量的生物信号有关的压觉,诸如心率等。

[0079] 在实施例中,可以利用触觉单元212阵列来传达与环境、用户、电话等有关的一系列状态信息。例如,当利用触摸屏设备210与脸颊或颞接触打电话时,可指示电池状态或服务断开的基于变形的提醒可以显示在用户的皮肤上。此外,即使利用在口袋中的电话,用户也可以通过在触摸屏设备210上点击并且接收以由触觉单元212阵列提供的变形特征形式编码的反馈来查询信息,诸如未接电话、接收到的消息、或日历中即将发生的事件的数量。在实施例中,可以使用触觉单元212阵列的变形来显示环境信息,诸如气压、温度、指南针方向,等等。在实施例中,触觉单元212阵列的变形可以用于社交环境感知和传达信息,诸如具有某些共性的人的数量和/或位置。

[0080] 上述本发明的实施例可以通过物理地增强用户界面部件及与可变形触觉单元相关联的交互来恢复用户界面元素丢失的真实感/有形性,这可以启用更丰富,更直观和较少认知负担的交互体验。有形的用户界面也可以例如通过为文本键入启用有形键盘导致更高效和更不易出错的交互。

[0081] 在商用设备中实现变形显示器的一个潜在挑战是高分辨率(即每个面积上有大量单元)触觉单元阵列的成本。如上所述,利用在单元之间的力分布/效果之间内插,即使利用粗粒度的可变形触觉单元阵列,也可以模拟相当精细的触觉分辨率。

[0082] 上述本发明的实施例提供了用于呈现和控制触觉上增强的有形用户界面和内容/信息显示的系统、方法及潜在的考虑。上述实施例提供了各种控制和呈现机制,其考虑了用户输入和触觉输出,围绕实现可变形触觉单元阵列进行设计,以有效地显示不同类型的触觉信息和启用直观有形的用户界面。上述方法可以扩展功能并且增加可变形触觉单元阵列的有效性,诸如提高感知分辨率等,并且去除了对更复杂和昂贵硬件的需要。

[0083] 上述本发明的实施例提供了可用来命令可变形触觉单元阵列以启用有形用户界面交互和内容/元数据显示的呈现和控制机制。上述本发明的实施例提供了利用可变形触觉单元阵列显示数字内容和元数据的系统和方法,从而启用更丰富、更具有信息并且更直观的交互体验。上述本发明的实施例提供了用于采用启用触觉的和可编程的可变形触觉单元阵列以有形的、真实的和高效的方式显示内容/信息/元数据的创新技术。上述实施例也可以增加可变形触觉单元阵列的应用范围并且扩展用户界面设备可以提供的触觉信息的广度和深度。

[0084] 上述本发明的实施例基于可编程自由形式的变形提供了能够以更真实、有形和直观的方式显示内容和元数据的新的输出维度。变形的使用,作为另一种基于触觉的内容显示维度,扩展了信息显示介质的广度和深度并且丰富了数据传输带宽。

[0085] 本文所述的实施例代表多种可能的实现和例子,并且不是要一定把本公开内容限制到任何特定的实施例。相反,如本领域普通技术人员将理解的,可以对这些实施例进行各种修改。任何这些修改都要被包括在本公开内容的精神和范围内并且受以下权利要求的保护。

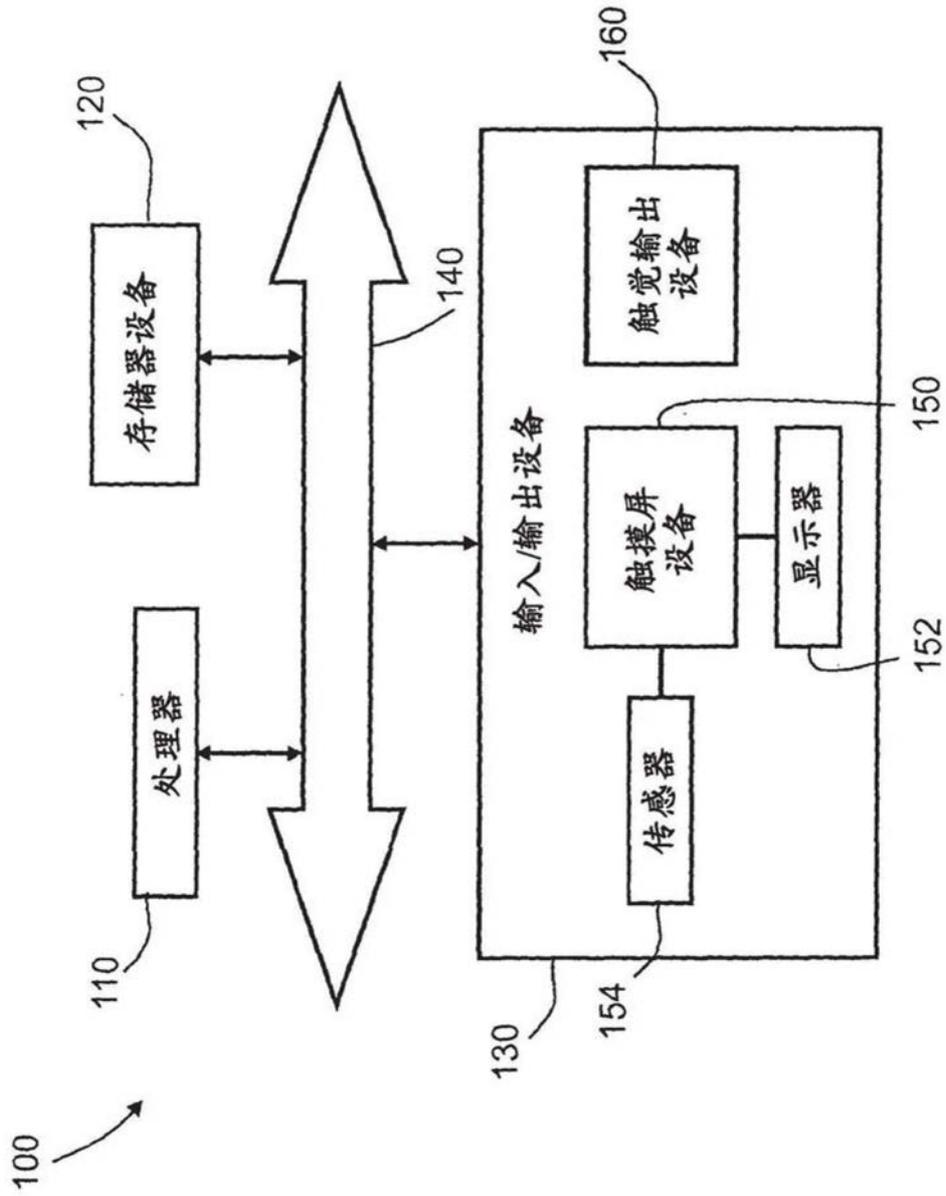


图1

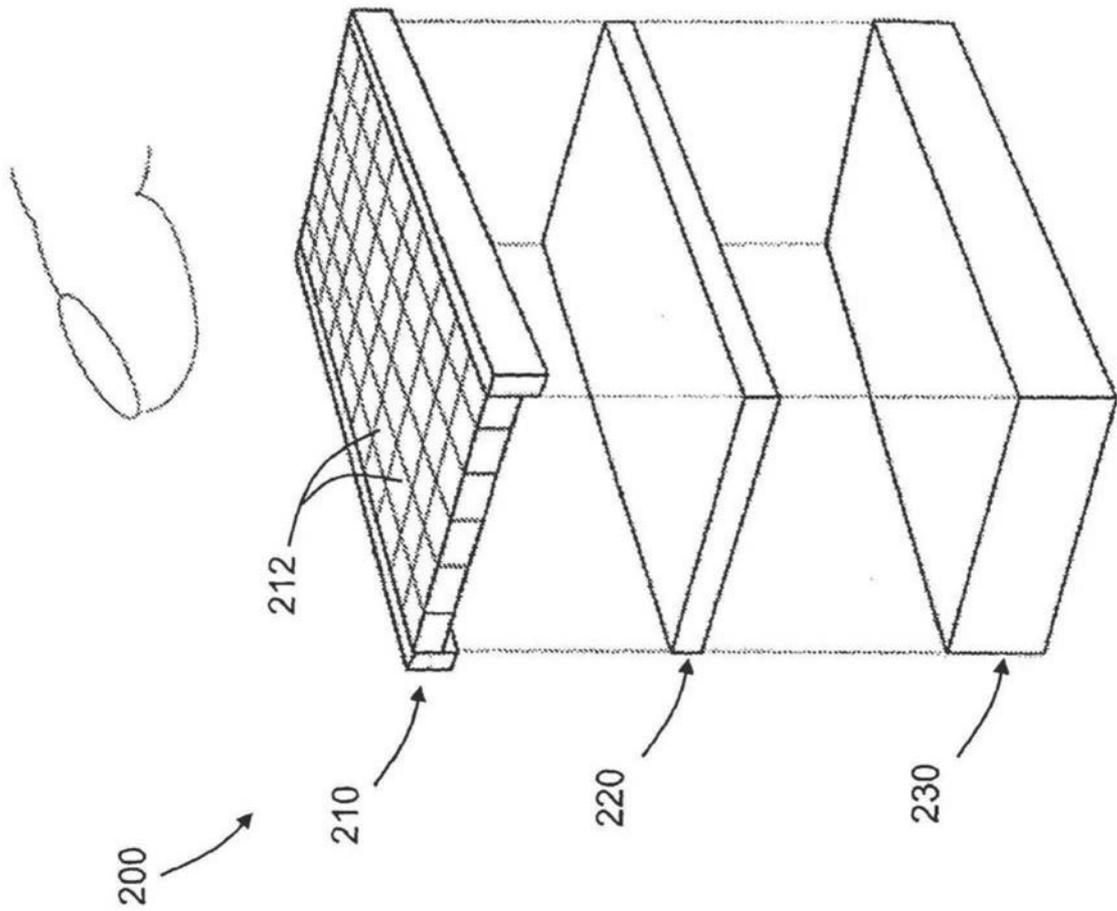


图2

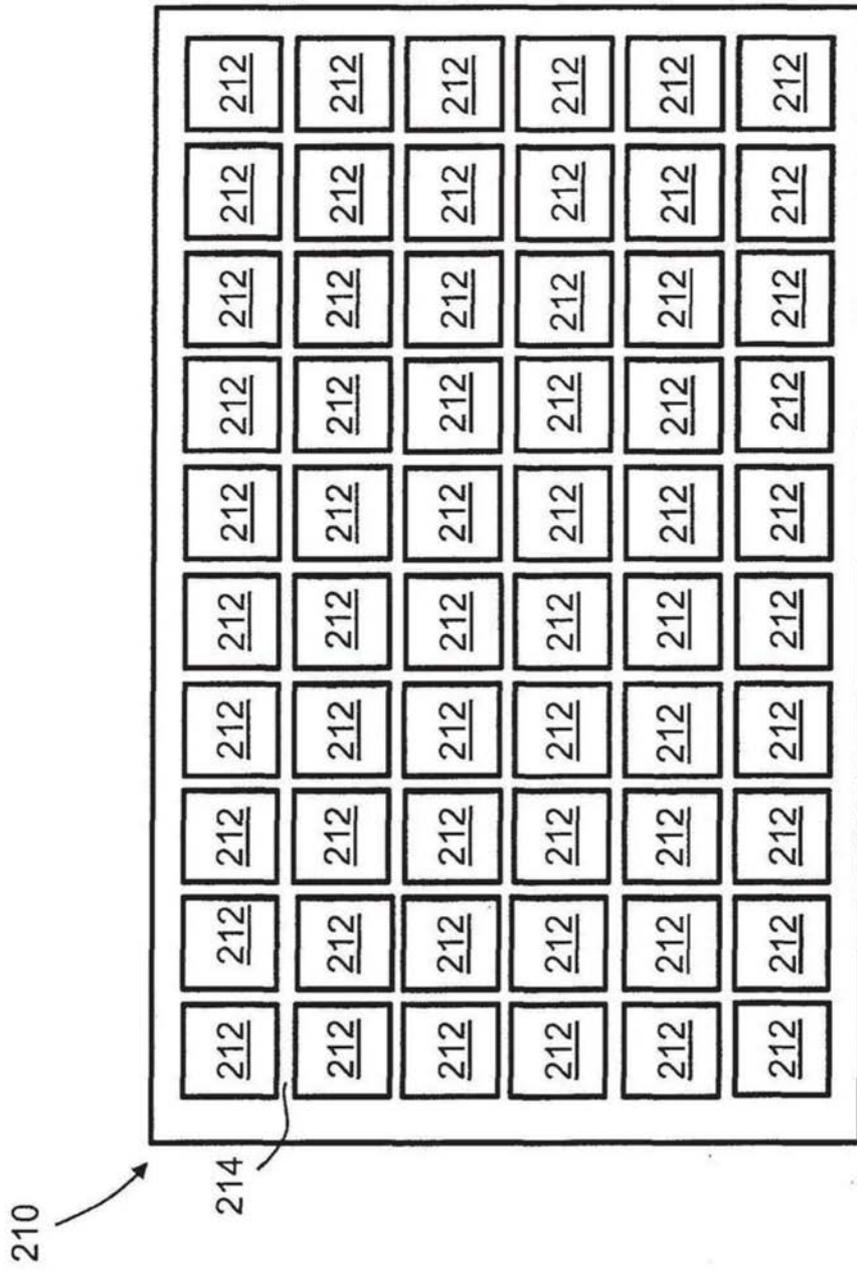


图3

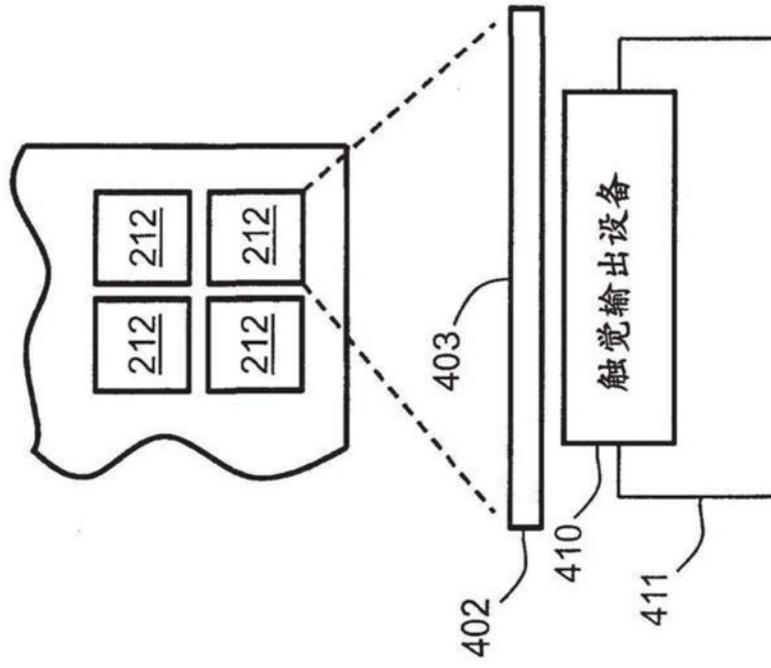


图4A

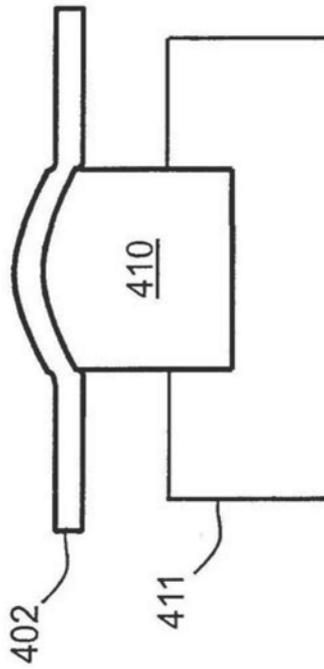


图4B

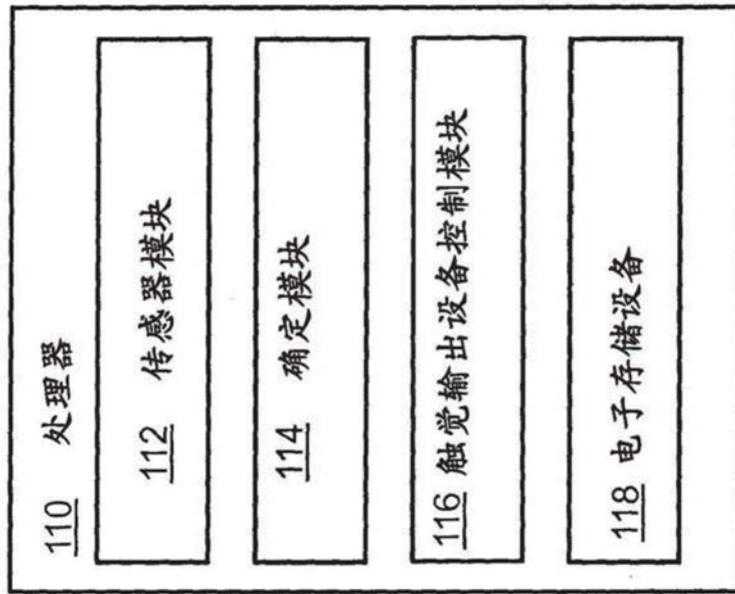


图5

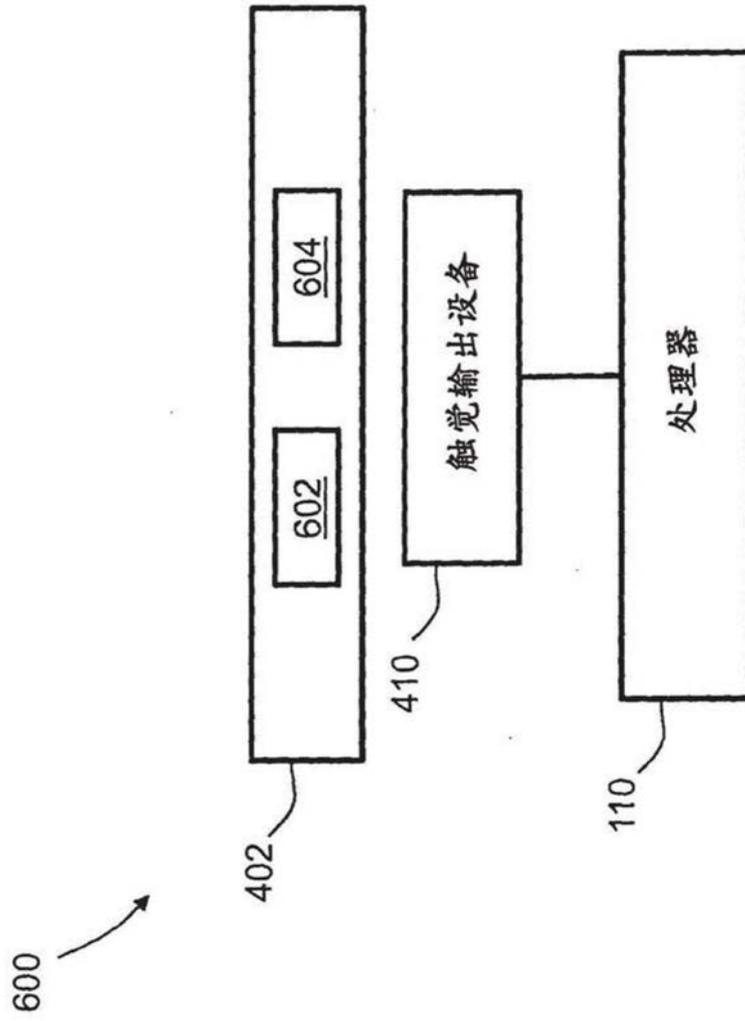


图6

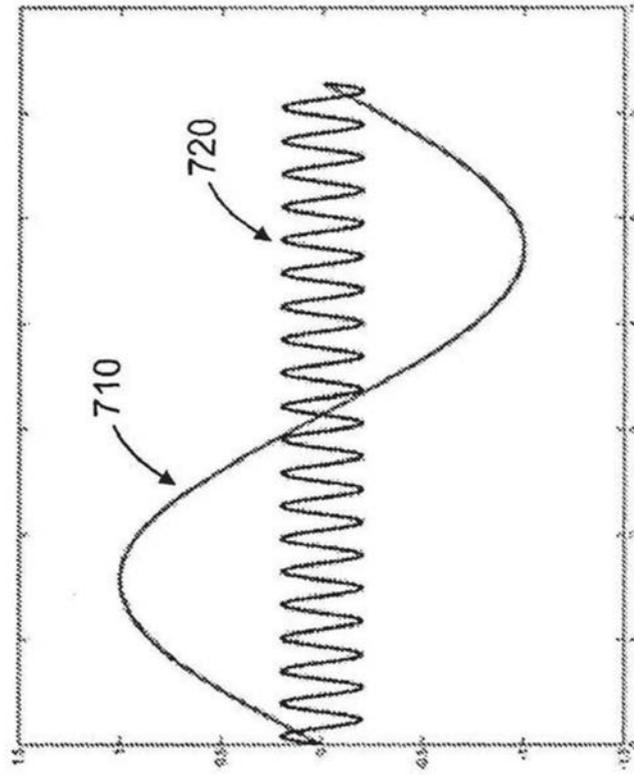


图7

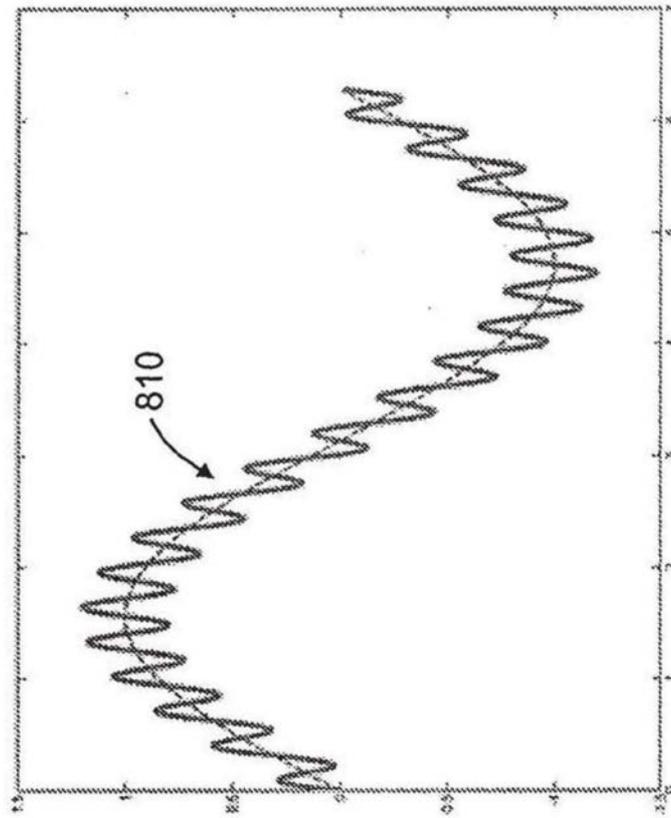


图8