



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103793051 B

(45)授权公告日 2019.07.23

(21)申请号 201310529209.2

(22)申请日 2013.10.31

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103793051 A

(43)申请公布日 2014.05.14

(30)优先权数据

13/665,526 2012.10.31 US

(73)专利权人 意美森公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 V·利沃斯克

J·M·克鲁兹-埃尔南德斯

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 叶勇

(51)Int.Cl.

G06F 3/01(2006.01)

G06F 3/041(2006.01)

(56)对比文件

US 2011285666 A1,2011.11.24,

US 2011285666 A1,2011.11.24,

CN 102349041 A,2012.02.08,

JP 2006012184 A,2006.01.12,

CN 102227696 A,2011.10.26,

JP 2011008532 A,2011.01.13,

JP 3929881 B2,2007.06.13,

US 2012026180 A1,2012.02.02,

WO 2012145264 A1,2012.10.26,

CN 102349041 A,2012.02.08,

JP 2003248540 A,2003.09.05,

审查员 石海霞

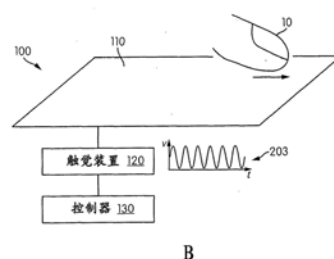
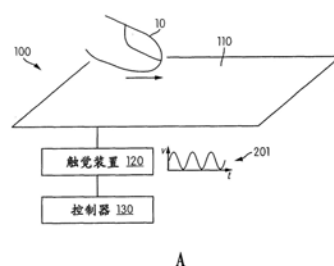
权利要求书3页 说明书9页 附图11页

(54)发明名称

用于模拟具有触觉效果的用户界面上的表面特征的方法和装置

(57)摘要

一种用于模拟具有触觉效果的用户界面上的表面特征的方法和装置。提供用于模拟表面上的触觉感觉的触觉效果启用装置。在一些情况下,触觉效果启用装置可以是用户界面装置,并且,可在用户界面装置的表面上模拟触觉感觉。界面装置可包含被配置为在表面上产生诸如周期性触觉效果的触觉效果的触觉输出装置。界面装置可包含被配置为基于界面装置的表面上的触摸输入并且基于要在表面上模拟的触觉感觉产生周期性驱动信号的驱动模块。界面装置可包含与驱动模块和触觉输出装置操作耦合并被配置为向触觉输出装置施加周期性驱动信号的驱动电路。在一些情况下,表面可与装置分开。



1. 一种用于产生触觉效果的方法,包括:

基于在表面上的第一位置处的触摸输入并且基于要在所述表面上的第一位置处模拟的触觉效果产生周期性驱动信号;

向触觉输出装置施加所述周期性驱动信号,以在所述表面上的第一位置处产生所述触觉效果;

检测所述触摸输入从所述表面上的第一位置到第二位置的移动;以及

在所述触摸输入从所述第一位置向所述第二位置移动的同时连续改变所述触觉效果以模拟增加的抗力。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述表面是界面装置的表面,并且其中所述触觉输出装置与所述表面耦合并被配置为产生静电摩擦,并且其中连续改变所述触觉效果包含改变所述周期性驱动信号的振幅、频率或波形以改变在所述界面装置的表面处的摩擦水平。

3. 根据权利要求1所述的方法,还包含基于在所述表面上表现的第一模拟区域与在所述表面上表现的第二模拟区域之间的模拟过渡改变所述周期性驱动信号的振幅、频率或波形。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述模拟过渡包含在第一模拟区域或第二模拟区域的模拟边缘上的移动,并且其中当所述触摸输入的位置处于边缘上时,所述振幅、频率或波形被改变。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述产生周期性驱动信号基于要在所述表面处模拟的纹理。

6. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

基于要在所述表面处模拟的另一触觉效果产生另一周期性驱动信号,其中所述另一周期性驱动信号被配置为模拟在所述表面处的格栅或网纹理,并且其中所述格栅包含多个边缘;

向所述触觉输出装置施加所述另一周期性驱动信号,以在所述表面处产生所述另一触觉效果;并且

基于格栅或网的多个边缘之间的间隔并且基于所述表面处的另一触摸输入的速度改变所述另一周期性驱动信号的频率。

7. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

基于要在所述表面处产生的黏滑纹理产生另一周期性驱动信号,其中产生所述另一周期性驱动信号包含暂停所述另一周期性驱动信号以模拟所述表面处的滑动纹理。

8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

至少部分通过伪随机量改变另一周期性驱动信号的频率或振幅来产生所述另一周期性驱动信号。

9. 根据权利要求2所述的方法,其中所述周期性驱动信号是第一周期性驱动信号,所述方法还包括产生第二周期性驱动信号并且向所述触觉输出装置施加所述第二周期性驱动信号,其中所述第一周期性驱动信号具有与所述第二周期性驱动信号不同的频率。

10. 根据权利要求1所述的方法,还包括接收跨着另一表面移动的物体的记录的接触动力,其中所述产生周期性驱动信号基于记录的接触动力。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中所述触觉输出装置与从中接收所述触摸输入的物体电连接并且不与所述表面耦合。

12. 一种触觉效果启用装置,包括:

触觉输出装置;

驱动模块,所述驱动模块被配置为基于在表面上的第一位置处的触摸输入并且基于要在所述表面上的第一位置处模拟的触觉效果产生周期性驱动信号;和

与所述驱动模块和所述触觉输出装置操作耦合的驱动电路,所述驱动电路被配置为向所述触觉输出装置施加所述周期性驱动信号以在所述表面上的第一位置处产生所述触觉效果,其中所述驱动电路还被配置为在所述触摸输入从所述表面上的第一位置向第二位置移动的同时连续改变所述触觉效果以模拟增加的抗力。

13. 根据权利要求12所述的装置,其中所述触觉效果启用装置是界面装置,其中所述表面是所述界面装置的表面,并且其中所述触觉输出装置与所述表面耦合并被配置为产生静电摩擦,并且其中所述驱动模块被配置为通过改变所述周期性驱动信号的振幅、频率或波形以改变所述界面装置的表面处的摩擦水平来连续改变所述周期性驱动信号。

14. 根据权利要求12所述的装置,其中所述触觉效果启用装置是界面装置,其中所述表面是所述界面装置的表面,并且其中所述驱动模块被配置为通过基于在所述界面装置的表面上表现的第一模拟区域与在所述界面装置的表面上表现的第二模拟区域之间的模拟过渡改变所述周期性驱动信号的振幅、频率或波形来连续改变所述周期性驱动信号。

15. 根据权利要求14所述的装置,其中所述模拟过渡包含所述第一模拟区域或第二模拟区域的模拟边缘上的移动,并且其中所述驱动模块被配置为当所述触摸输入的位置处于边缘上时改变所述周期性驱动信号的振幅、频率或波形。

16. 根据权利要求12所述的装置,其中所述驱动模块被配置为基于要在所述表面处模拟的纹理产生所述周期性驱动信号。

17. 根据权利要求12所述的装置,其中所述驱动模块还被配置为:

基于要在所述表面处模拟的另一触觉效果产生另一周期性驱动信号,其中所述另一周期性驱动信号被配置为模拟界面装置的表面处的格栅或网纹理,并且其中所述格栅包含多个边缘;

向所述触觉输出装置施加所述另一周期性驱动信号,以在所述表面处产生所述另一触觉效果;并且

基于格栅或网的多个边缘之间的间隔并且基于所述表面处的另一触摸输入的速度来改变驱动信号的频率。

18. 根据权利要求12所述的装置,其中所述驱动模块还被配置为基于要在所述表面处产生的黏滑纹理产生另一周期性驱动信号,并且其中所述驱动模块被配置为通过暂停所述另一周期性驱动信号以模拟在所述表面处的滑动纹理来产生所述另一周期性驱动信号。

19. 根据权利要求12所述的装置,其中所述驱动模块还被配置为通过伪随机量改变另一周期性驱动信号的频率或振幅产生所述另一周期性驱动信号。

20. 根据权利要求12所述的装置,其中所述周期性驱动信号是第一周期性驱动信号,其中所述驱动模块被配置为产生具有与所述第一周期性驱动信号不同的频率的第二周期性驱动信号,并且其中所述驱动电路被配置为向所述触觉输出装置施加第二驱动信号。

21. 根据权利要求12所述的装置, 其中所述驱动模块被配置为接收跨着另一表面移动的物体的记录的接触动力, 并被配置为基于记录的接触动力产生所述周期性驱动信号。

22. 根据权利要求12所述的装置, 其中所述触觉输出装置与从中接收所述触摸输入的物体电连接并且不与所述表面耦合。

用于模拟具有触觉效果的用户界面上的表面特征的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于模拟具有触觉效果的用户界面上的表面特征的方法和装置。

背景技术

[0002] 一些电子用户界面装置能够产生触觉效果,以指示存在用户界面装置上呈现的特征。如果电子用户界面装置具有触摸界面,那么触觉效果的存在可指示特征被用户触摸,而触觉效果的不存在可指示特征没有被触摸。特征的其它细节,诸如其纹理,可在视觉上被传输到用户。固定的周期性触觉效果一般被描述为向用户传输特征的附加细节。但是,总体上,通过触觉效果向用户传输特征细节的能力仍然有限。

发明内容

[0003] 根据本发明的一个方面,提供一种用于产生触觉效果的方法。该方法可包括基于表面上的触摸输入并且基于要在表面上模拟的触觉感觉产生周期性驱动信号。可向触觉输出装置施加周期性驱动信号。

[0004] 在一个实施例中,表面可以是界面装置的表面,并且,触觉输出装置可与表面耦合。在实施例中,触觉输出装置可被配置为产生静电摩擦。周期性驱动信号的产生可包含修改周期性驱动信号的振幅、频率或波形以改变界面装置的表面上的摩擦水平。信号的改变基于触摸输入的位置、速度、加速度、压力或接触面积。

[0005] 在实施例中,可基于在界面装置的表面上表现的第一模拟区域与在界面装置的表面上表现的第二模拟区域之间的模拟过渡,改变周期性驱动信号的振幅、频率或波形。在实施例中,模拟过渡可包含第一模拟区域或第二模拟区域的模拟边缘上的移动。在一些情况下,当触摸输入的位置基本上处于边缘上时,振幅、频率或波形可改变。

[0006] 在实施例中,周期性驱动信号可基于要在界面装置的表面上模拟的纹理。在一些情况下,纹理可包含界面装置的表面上的格栅或网纹理。格栅可包含例如多个边缘。在一些情况下,周期性驱动信号的产生可包含基于格栅或网的多个边缘之间的间隔并且基于表面上的触摸输入的速度改变驱动信号的频率。在一些情况下,纹理可包含界面装置的表面上的黏滑纹理,这里,产生周期性驱动信号可包含暂停周期性驱动信号以模拟界面装置的表面上的滑动纹理。

[0007] 在实施例中,可通过伪随机量改变周期性驱动信号的频率或振幅。

[0008] 在实施例中,方法可包括产生具有不同的频率的两个周期性驱动信号。

[0009] 在实施例中,可接收跨着另一表面移动的物质记录的接触动力。可基于记录的接触动力产生周期性驱动信号。

[0010] 根据本发明的一个方面,提供一种包括触觉输出装置、驱动模块和驱动电路的触觉效果启用装置。驱动模块可被配置为基于表面上的触摸输入并且基于要在表面上模拟的触觉感觉产生周期性驱动信号。驱动电路可与驱动模块和触觉输出装置操作耦合并被配置

为向触觉输出装置施加周期性驱动信号

[0011] 在实施例中,触觉效果启用装置可以是界面装置,并且,表面可以是界面装置的表面。在实施例中,触觉输出装置可被配置为产生静电摩擦。在实施例中,驱动模块可被配置为通过改变周期性驱动信号的振幅、频率或波形以改变界面装置的表面上的摩擦水平产生周期性驱动信号。改变可基于触摸输入的位置、速度、加速度、压力或接触面积。

[0012] 参照附图考虑以下的说明和所附的权利要求,所有这些形成本说明书的一部分,本发明的这些和其它方面、特征和特性以及结构的相关要素的操作方法和功能和部分的组合和制造经济将变得更加明显,其中,类似的附图标记在各图中表示相应的部分。但是,应当理解,附图仅是出于解释和描述的目的,不是本发明的限制。除非上下文另外明确指出,否则,在说明书和权利要求中使用的单数形式“一种”、“一个”和“该”包括多个。

附图说明

[0013] 图1A~1B示意性地示出根据本发明的实施例的装置。

[0014] 图2示意性地示出图1A的装置改变在装置的表面上产生的触觉效果。

[0015] 图3A~3C示意性地示出图1A的装置改变在在装置的表面上模拟的区域上产生的触觉效果。

[0016] 图4示意性地示出图1A的装置改变在装置的表面上模拟的区域上产生的触觉效果。

[0017] 图5示意性地示出图1A的装置模拟装置的表面上的边缘。

[0018] 图6A~6B示意性地示出图1A的装置基于从另一表面的感觉记录的信号在其表面上产生触觉效果。

[0019] 图7A~7B示意性地示出图1A的装置组合触觉驱动信号以产生触觉效果。

[0020] 图8A~8C示意性地示出图1A的装置通过随机或伪随机成分产生触觉效果。

[0021] 图9示出触觉效果的随机或伪随机成分的频率分布。

[0022] 图10A~10B示出用于基于触摸输入的速度产生触觉效果的操作。

[0023] 图11A~11B示出用于基于触摸输入的位置产生触觉效果的操作。

[0024] 图12示出用于归一化触觉效果的感觉强度的功能。

具体实施方式

[0025] 图1A示出触觉效果启用用户界面装置100的实施例,该装置100在装置的表面110上产生触觉效果。可以产生触觉效果以模拟由装置100呈现的诸如表面特征的特征。例如,模拟的表面特征可以是表面110的模拟的纹理、空间图案、边缘或边界或者任何其它的触觉感觉,不管是自然的还是人工的。在实施例中,表面110可以是显示与模拟表面特征对应的图像的触摸屏,该图像比如是具有模拟的纹理或其它的触觉感觉的物体的图像。在实施例中,表面110可以是与图像的显示对应的触摸板或者任何其它触摸界面。

[0026] 装置100可包括移动电话、平板计算机、电子显示器、触摸板或任何其它电子用户界面装置。

[0027] 在实施例中,装置100可包含触觉驱动模块(例如,控制器130)、用于产生触觉效果的触觉输出装置120和与控制器130和触觉输出装置120操作耦合以向触觉输出装置施加驱

动信号的驱动电路。控制器130可包含一个或多个处理器或任何其它的处理单元。触觉输出装置120可包含致动器(例如,音圈、超声振动装置、螺线管、压电装置或任何其它致动器)、静电装置或任何其它触觉输出装置。在一些情况下,超声振动装置可减少表面110上的摩擦水平。控制器130可与触觉装置120操作耦合,该触觉装置120可与表面110操作耦合。在于2011年4月22日提交的发明名称为“Electro-vibrotactile Dislay”的美国专利申请系列No.13/092269中更详细地讨论了触觉输出装置,在这里加入其全部内容作为参考。

[0028] 在实施例中,控制器130和触觉装置120可通过控制摩擦水平模拟表面110上的表面特征。例如,包含致动器的触觉装置120可通过在表面110上产生振动控制摩擦。包含静电装置的触觉装置120可通过向下面的表面110施加电压控制摩擦水平。交变电压信号例如可产生吸引表面110上的手指10、尖笔或任何其它物体的电容效果。当物体跨着表面移动时,表面上的吸收力可感觉为摩擦。增加吸收力可增加表面上的摩擦水平。在以上作为参考加入的美国专利申请系列No.13/092269中更详细地讨论了通过触觉效果控制摩擦。

[0029] 如该申请所述,在实施例中,静电装置可与包含具有一个或多个电极的导电层并包含绝缘层的表面110一起使用。导电层可以是任何半导体或其它的导电材料。绝缘层可以是玻璃、塑料(例如,热塑料)、聚合物或任何其它绝缘层。静电装置可通过施加AC信号操作,该AC信号在实施例中电容耦合导电层与表面110附近或者触摸表面110的物体。可通过高电压放大器产生AC信号。

[0030] 电容耦合可控制表面110上的摩擦水平。在实施例中,可通过控制表面110上的摩擦水平模拟纹理。改变物体与导电层之间的吸收水平可改变跨着表面110移动的物体上的摩擦。改变摩擦力可模拟一个或多个纹理。

[0031] 并且,电容耦合还可通过刺激表面110附近或者触摸表面110的物体的多个部分产生触觉效果,这些部分比如是用户手指皮肤中的机械性刺激感受器。在例子中,导电层可被施加AC电压信号,该AC电压信号与用户手指的导电部分耦合。当用户在屏幕上移动其手指时,用户可感觉针刺感、颗粒感、崎岖不平感、粗糙感、粘性或一些其它的纹理。

[0032] 在实施例中,表面110不具有绝缘层,使得物体可直接触摸导电层。可通过从导电层通过导电路径向物体施加电压产生触觉效果。本实施例可替代性地使用绝缘层,但在绝缘层中包含可产生从导电层到物体的导电路径的一个或多个电极,这些物体在它们跨着绝缘层移动时触摸电极。

[0033] 在实施例中,触觉效果不限于电子用户界面装置的表面(例如,表面110)。在实施例中,用户的手例如可在触摸屏或触摸板以外触摸物体并且仍感觉触觉效果。可通过例如从信号产生器或任何其它的电压产生装置向用户的身体直接施加电压产生触觉效果。在一些情况下,电压产生装置可以是适于安装在频繁接触用户的身体的位置上的独立装置。可每当传感器检测到用户身体接触要模拟纹理的物体时施加电压。电压可在用户的身体上放置电荷。用户的身体上的电荷与被触摸的物体之间的电容交互作用可在用户的身体与物体之间产生吸引力。吸引力可控制物体的表面上的摩擦水平,这可模拟被触摸的物体的纹理或任何其它的触觉感觉。改变施加到用户的身体上的电压可改变触觉效果,并由此改变被模拟的触觉感觉。如果电压基于周期性信号,那么改变电压可包含改变信号的振幅或频率。在一些情况下,物体可具有被绝缘层包围的导电层。电容交互作用可处于导电层与用户的身体上的电荷之间。在一些情况下,被触摸的物体和电压产生装置均可具有共同的接地。在

一些情况下,用户的身体可被接地。在一些情况下,用户的身体不被接地。

[0034] 在实施例中,用户可通过在物体的表面上产生的静电效果并且通过由电子用户界面装置产生的增大的实际体验感觉物体上的模拟纹理。例如,电子用户界面装置可通过显示物体的捕获图像并且在图像上重叠纹理的图形表现产生增大的实际体验。在实施例中,用户可通过触摸物体并且通过观看重叠于电子用户界面上的物体上的纹理的图形表现感觉物体上的纹理。

[0035] 在实施例中,控制器130可被配置为导致触觉装置120产生周期性触觉效果。例如,图1A示出基于触觉驱动信号201的周期性触觉效果。在一些情况下,触觉驱动信号可以是周期性驱动信号。在一些情况下,触觉驱动信号可代表由触觉输出装置产生的触觉效果。例如,如果触觉输出装置120包含静电装置,那么基于触觉驱动信号201的触觉效果可包含具有匹配触觉驱动信号201或者与其成比例的频率和振幅的正弦AC电压。如果触觉输出装置120包含致动器,那么基于触觉驱动信号201的触觉效果可包含具有匹配触觉驱动信号201的频率和振幅的振动。周期性触觉效果可根据图1A所示的正弦波形、方波形、三角波形或锯齿波形或任何其它的周期性波形改变。例如,可通过具有正弦、正方形、三角形、锯齿形或任何其它波形的AC电压产生周期性静电效果。

[0036] 在实施例中,控制器130可导致触觉装置120改变触觉效果。例如,图1A~1B示出,当手指10或产生触摸输入的任何其它物体跨着表面110移动时,改变周期性触觉效果的频率。例如,如图1B所示,触觉驱动信号203可被改变,使得触觉驱动信号203与图1A的触觉驱动信号201相比具有更大的频率。在实施例中,触觉效果如何改变可基于位置、速度、加速度、移动方向、施加的压力、横向力、接触面积、接触区域的形状、接近的角度、取向、温度、电导或物体的干燥度或者基于系统输入。在存在同时的触摸输入的实施例,诸如在多触摸装置上,触觉效果如何改变可基于触摸输入中的任一个的参数或者触摸输入的任意组合。

[0037] 在实施例中,可通过连续的方式改变触觉效果。例如,图2示出基于触觉驱动信号205和207并且在表面110上的触摸输入从位置 x_1 移动到位置 x_2 时改变频率(从 f_0 变为 f_1)的周期性触觉效果。在实施例中,周期性触觉效果的频率可作为位置的函数线性增加。在另一实施例中,可基于任何其它连续的函数改变频率、驱动电压 V 的振幅、相位或周期性触觉效果的任何其它特性,以跨着表面110产生特性的连续梯度。该函数可以是位置、时间或它们的任意组合的函数。位置或时间可由诸如控制器130的控制器确定。

[0038] 在实施例中,物体跨着表面110移动时的周期性触觉效果中的连续梯度可模拟纹理或任何其它表面特征的梯度。例如,当物体跨着表面110移动时,周期性触觉效果的改变可模拟平滑性、粗糙度、粘性或任何其它纹理的梯度。在实施例中,周期性触觉效果的改变可模拟诸如来自弹簧或任何其它弹性力的逐渐增加的抗力。在一些情况下,可在表面110上显示弹簧或其它弹性物体的图像。周期性触觉效果可模拟与弹性物体的视觉显示伸长对应的抗力。

[0039] 在实施例中,可通过离散的方式改变触觉效果。例如,如图3A所示,触觉效果可以改变以模拟表面110上的离散区域,诸如区域111和112。当物体被检测为在区域111中产生触摸输入时,可产生基于触觉驱动信号209的周期性触觉效果。当物体被检测为移动到区域112中时,周期性触觉效果的频率可增加离散的量。改变的周期性触觉效果基于触觉驱动信号211。

[0040] 在实施例中,以离散的方式改变触觉效果可模拟表面110上的不同纹理的离散区域。例如,图3B示出模拟三个不同纹理的三个离散区域。当物体被检测为触摸区域113时,可产生具有由触觉驱动信号213代表的频率和振幅的周期性触觉效果。周期性触觉效果可模拟第一表面粗糙度水平。当物体被检测为移动到区域114中时,周期性触觉效果的振幅可减小离散的量。改变的周期性触觉效果可基于触觉驱动信号215模拟第二表面粗糙度水平。当物体被检测为移动到区域115中时,周期性触觉效果的振幅和频率可增加离散的量。改变的周期性触觉效果可基于触觉驱动信号217模拟第三表面粗糙度水平。在实施例中,可在表面110上呈现纹理的视觉表现。例如,可在表面110的区域113和115上呈现粗糙表面的图像。

[0041] 在实施例中,周期性触觉效果可在表面110上的一个或多个区域上暂停。例如,图3C示出产生基于触觉驱动信号219的触觉效果以模拟表面110上的粘滑纹理。在例子中,可产生周期性触觉效果以表现粘到手指10上或者更一般地具有更高的摩擦水平的一个或多个区域。并且,在例子中,周期性触觉效果可暂停以表现手指10更容易地跨着滑动或者更一般地不具有那样高的摩擦水平的一个或多个区域。

[0042] 在实施例中,模拟区域可具有任何形状,并且可在一个或多个维度上延伸。例如,图4示出沿两个维度延伸且具有椭圆形状的区域。当物体被检测为穿行到区域中时,产生的周期性触觉效果可从基于触觉驱动信号221的触觉效果变为基于触觉驱动信号223的触觉效果。当物体被检测为穿行到区域外面时,产生的周期性触觉效果可通过相反的方式改变。

[0043] 在实施例中,对于用户触摸表面110,可产生周期性触觉效果,以产生愉快或不愉快的感觉,或者更一般地产生具有心理关联的感觉。例如,用户可感觉具有低频率的周期性触觉效果为愉快且感觉具有高频率的周期性触觉效果为不愉快。在实施例中,周期性触觉效果可与在表面110上显示的事件相关。例如,事件可以是输掉在表面110上显示的游戏或者尝试执行装置100上的被禁止的操作。当事件出现时,可产生触觉效果以产生令用户不愉快的感觉。

[0044] 在实施例中,可以产生在时间或空间上局部化的触觉效果(例如,简短、突然的脉冲),以模拟边缘或卡位。例如,图5示出基于脉冲信号225的局部化的触觉效果。当物体被检测为处于表面110上或者在其上穿行 x_0 时,可产生触觉效果以模拟位于 x_0 上的边缘或卡位的穿行。当物体离开 x_0 时,或者在自物体通过位置 x_0 经过预定的时间之后,局部化的触觉效果可停止。例如,触觉效果可在物体通过位置 x_0 之后持续20毫秒。

[0045] 在实施例中,触觉效果可基于移动的方向。例如,如果触摸输入沿特定的方向移动,则局部化的触觉效果可更强。触觉效果可模拟诸如鱼鳞的方向纹理或者诸如卡位(例如,在刺齿中)的其它方向特征。

[0046] 在实施例中,描述的触觉效果可以是界面隐喻的一部分。例如,通过改变触觉效果模拟的不同的区域可代表不同的文件夹、工作区、窗口或在计算环境中使用的任何其它隐喻。在界面隐喻中,可通过从触觉效果产生的摩擦引导表面110上的要素拖动。由触觉效果产生的摩擦水平可例如指示拖动的要素在多大程度上接近目标位置。

[0047] 在实施例中,在表面上产生的触觉效果可基于从另一表面获得的测量。例如,为了表征另一表面,探针可跨着另一表面移动并且测量探针的加速度或速度、从移动产生的声音、任何其它接触动力学测量、从表面反射的光或任何其它的质量。例如,图6A示出在探针跨着表面140移动时捕获探针的加速度的信号227a。可通过加速计、照相机或任何其它传

传感器测量加速度。在实施例1中,表示探针的加速度或速度较低的信号227a的值可与表面140上的具有较高的摩擦系数的区域(例如,粗糙区域)对应,而表示探针的加速度或速度较高的信号227a的值可与表面140上的具有较低的摩擦系数的区域(例如,平滑区域)对应。触觉效果可通过回放捕获表面140的测量的信号227a再现或者基本上再现表面140的表面特征。例如,触觉效果可基于示为227b的信号,该信号与信号227a相同或者基本上相同。表面110上的触觉效果可由此模仿表面140的纹理或其它的触觉特征。在一些情况下,可进一步在基于信号产生触觉效果之前处理信号227b。处理的信号227b可能与信号227a不同。

[0048] 在实施例1中,信号227a的回放速度可基于表面110上的物体相对于测量表面140的探针的移动速度的移动速度。例如,如果手指10比跨着表面140移动的探针快地移动,那么信号227b可以是时域中的信号227a的压缩版本。如果手指10比跨着表面140移动的探针慢地移动,那么信号27b可以是时域中的信号227a的扩展版本。在时域中压缩或扩展信号227a可维持表面特征上的空间距离被再现。例如,如果探针在1秒内测量表面140的1cm,那么,对于在表面110上以2cm/sec的速度移动的手指来说,测量的信号应在0.5秒内被回放。在时域中压缩测量的信号确保再现的表面特征仍占据表面110上的1cm的空间。

[0049] 在实施例1中,触觉效果可基于一个或多个触觉驱动信号的组合。可通过重叠、调制(例如,振幅或频率调制)、卷积或任何其它的组合,组合两个信号。一个或多个触觉驱动信号的组合可包含离散信号、连续信号或它们的任意的组合。图7A示出可基于触觉驱动信号229和231的重叠产生的触觉效果。在实施例1中,可通过产生两个效果,诸如通过导致一个触觉输出装置基于信号229产生触觉效果并且导致另一触觉输出装置基于信号231产生触觉效果,产生触觉效果。用户可感觉两个触觉效果的组合为单个触觉效果。在实施例1中,可通过首先诸如通过控制器130计算触觉驱动信号229和231的组合并基于计算的组合产生触觉效果,产生触觉效果。

[0050] 可基于任何信号的组合产生触觉效果。被组合的信号可具有不同的相位、振幅、频率或波形。图7B示出基于作为周期性信号(例如,图7A的信号229)和脉冲信号(例如,图5的信号225)的组合的信号233的触觉效果。从组合产生的触觉效果可模拟可归因于周期性触觉驱动信号的纹理和可归因于脉冲信号的边缘或卡位。在实施例1中,可在边缘的不同侧使用不同的周期性触觉驱动信号。从不同的周期性信号产生的触觉效果可模拟通过边缘分开的不同纹理的区域。在实施例1中,被组合的信号可基于不同的输入。例如,第一触觉驱动信号可基于表面110上的触摸输入的位置,并且可与基于位置、施加的压力和触摸输入的接触面积的第二触觉驱动信号组合。

[0051] 在实施例1中,触觉效果可基于图8A所示的诸如信号235的随机或伪随机触觉驱动信号。随机或伪随机信号的随机效果可向模拟的表面特征添加真实感。在实施例1中,可在产生触觉效果时单独使用随机或伪随机信号。在实施例1中,信号的值可被限定于预定的范围。可从自然现象的一个或多个值的采样、从Gabor函数、随机数产生器或任何其它的技术产生随机或伪随机信号。

[0052] 在实施例1中,触觉效果可基于随机或伪随机信号与另一信号的组合。例如,如图8B所示,触觉效果可基于信号239,该信号239是随机或伪随机信号与可以是周期性信号的信号237的组合。

[0053] 如上面讨论的那样,可通过重叠、调制、卷积或任何其它的组合,来组合信号。图8B

示出在信号237上重叠随机或伪随机信号的实施例。图8C示出随机或伪随机信号241可频率调制周期性信号的实施例。实施例中的随机或伪随机信号241可以是离散信号。在另一实施例中,随机或伪随机信号可以是连续的。在图8C中的实施例中,触觉效果基于的触觉驱动信号243的频率可基于随机或伪随机信号241的相应值。例如,触觉驱动信号243的频率可等于随机或伪随机信号241的相应值,或者可通过随机或伪随机信号241的值被调整。

[0054] 在实施例中,可从随机或伪随机信号的希望的频率分布产生随机或伪随机信号。例如,图9示出跨着某个频率范围限定随机或伪随机信号的功率分布的功率谱。可诸如通过傅立叶逆变换或通过时域工具从频率分布产生随机或伪随机信号。在实施例中,如果触觉效果基于随机或伪随机信号与周期性触觉驱动信号的组合,那么可产生随机或伪随机信号的频率分布以使其具有匹配周期性触觉驱动信号的一个或多个频率的一个或多个峰值。例如,在期望与具有 f_0 的频率的周期性信号组合的情况下,图9中的随机或伪随机信号241的功率谱可在 f_0 上具有峰值。

[0055] 如上面讨论的那样,触觉效果可基于物体如何跨着诸如表面110的触摸界面移动的特性。特性可包含移动的位置、速度、加速度或任何其它特性。图10A~10B和图11A~11B示出基于位置和/或速度产生触觉效果以模拟表面特征。

[0056] 图10A示出用于基于物体跨着触摸界面移动的速度改变触觉效果以模拟格栅或任何其它表面特征的方法300。格栅可被模型化为可通过基于一系列的脉冲信号的触觉效果模拟的一系列的边缘。在图10A~10B中的实施例中,格栅中的边缘可具有相同的间隔。在另一实施例中,边缘可任意地分开。方法300的操作可调整触觉效果的定时,使得,不管跨着触摸界面移动的物体的速度如何,表面特征都在相同的距离或触摸界面的面积上被模拟。

[0057] 在操作301中,可以测量在触摸界面上产生触摸输入的物体的定位或位置,诸如手指10在表面110上。在图10B的示图中,例如,操作301可测量物体分别在0秒标记、1秒标记、2秒标记和3秒标记上处于0mm、1mm、3mm和6mm位置上。

[0058] 在操作303中,可估计或另外确定物体的速度。可例如通过将位置的变化除以时间的变化,估计速度。在图10B中的示图中,例如,操作303可分别在1秒标记、2秒标记和3秒标记上估计1mm/s、2mm/s和3mm/s的速度。

[0059] 在操作305中,可基于估计的速度调整触觉效果。例如,为了模拟边缘具有相同的间隔的格栅,如果物体的速度增加,则必须在时域中压缩触觉效果基于的脉冲信号。如果物体的速度降低,则可在时域中扩展脉冲信号。如果该系列的脉冲信号被视为周期性方波,那么操作305可被视为更新周期性方波的频率。在图10B中的示图中,当速度从1mm/sec增加到2mm/sec时,周期性方波的频率可从2Hz增加到4Hz。在各速度上,触觉效果可模拟每微米的格栅的两个边缘(例如,(4循环/sec)/(2mm/sec))。当速度从2mm/sec增加到3mm/sec时,频率可从4Hz增加到6Hz,以仍模拟每毫米的格栅的两个边缘。在格栅或任何其它表面特征中的间隔不恒定的其它实施例中,仍与触摸输入的速度变化成比例地调整触觉效果的定时,以维持表面特征的空间维度被模拟。

[0060] 在图10A~10B的实施例中,由于是以每秒的方式而不是连续地测量速度,因此触觉效果的更新会滞后于速度的变化。例如,图10B示出,在1秒标记与2秒标记之间,产生触摸输入的物体行进了2mm。该间隔的速度由此是2mm/sec。但是,该增加的速度在2秒标记之前不被测量,并且触觉效果由此在2秒标记之前不被更新。作为结果,当物体在1秒标记与2秒

标记之间行进2mm时,触觉效果仅模拟两个边缘而不是四个。类似地,当物体在2秒标记与3秒标记之间行进3mm时,触觉效果仅模拟四个边缘而不是六个。因此,由于每秒测量速度,因此,更新的触觉效果滞后于速度的变化一秒。在实施例中,可通过减小测量位置之间的时间和/或触摸界面上的物体的速度减小滞后。在实施例中,可通过估计将来的速度减小滞后。例如,如果速度在1秒标记上被计算为1mm/sec在2秒标记上被计算为2mm/sec,那么可计划速度将在3秒标记上增加到3mm/sec。然后,在2秒标记上,可通过将触觉效果基于的信号频率增加到6Hz,期望速度增加到3mm/sec。

[0061] 图11A~11B示出用于基于跨着触摸界面移动的物体的位置产生触觉效果的方法400。

[0062] 在操作401中,可确定触摸界面上的物体的位置。例如,图11B示出物体的位置在时间 t_1 上被测量为 x_1 的例子。与图10A~10B中的实施例类似,图11A~11B中的产生的触觉效果可类似地滞后于希望的触觉效果。例如,位置 x_1 的希望的触觉效果可依赖于物体从位置 x_1 取得的方向、物体从位置 x_1 的速度或它们的任意的组合。确定方向或速度可需要要被确定的物体的将来的位置。由于在时间 t_2 之前物体的将来的位置 x_2 或物体的速度是未知的,因此,在物体通过位置 x_1 之后,对于位置 x_1 产生的触觉效果会滞后于通过该位置的物体。可通过减小触摸界面上的物体的测量位置之间的时间减小滞后。

[0063] 在时间 t_2 ,操作403可基于当前位置 x_i 和过去位置 x_{i-1} 即位置 x_2 和位置 x_1 计算触觉效果的输出值。计算输出值可包含计算要在 t_2 上或附近产生的触觉效果的触觉驱动信号。驱动信号的波形可如图11B所示的那样具有与 x_i 和 x_{i-1} 之间的N个位置对应的N个离散值,或者可以是连续的。

[0064] 在操作405中,可产生基于在操作403中计算的波形的触觉效果。产生的触觉效果可匹配 x_i 和 x_{i-1} 之间的间隔的希望的触觉效果。如果在操作403中计算的触觉驱动信号具有N个离散值,那么可针对每 $\Delta t/N$ 秒基于这些值中的一个输出触觉效果,这里, Δt 是测量物体的位置与产生新的触觉效果之间的时间。图11B示出信号243与希望的触觉驱动信号之间的滞后。如上面讨论的那样,虽然对于 x_1 和 x_2 之间的间隔希望基于信号的触觉效果,但在物体通过 x_2 之前不产生它。如上面讨论的那样,可通过减小触摸界面上的物体的测量位置之间的时间,减少滞后。

[0065] 在实施例中,触觉效果的强度可被归一化。归一化可针对例如被觉察为在不同的频率上或者在不同的接触性能(例如,不同的触摸输入速度、施加的压力、手指湿度水平)上具有不同的强度的周期性触觉效果。图12示出作为频率的函数的觉察的强度值501。与具有不同的频率的触觉效果相比,即使两个触觉效果具有相同的实际强度,具有一个频率的控制周期性触觉效果也可更容易被觉察。诸如图12所示的归一化函数503可将跨着某个频率的觉察的强度归一化。周期性触觉效果可通过例如将其振幅乘以与周期性触觉效果的频率对应的归一化函数的值将其觉察的强度归一化。在实施例中,归一化函数503可以是觉察的强度函数501的逆函数(例如,加算或乘算逆函数)。在图12中示出示例性的归一化强度值505。

[0066] 在实施例中,对于电子用户界面装置产生的触觉效果可依赖于与电子用户界面装置的交互作用的历史。例如,触觉效果可依赖于先前的触摸输入与当前的触摸输入的组合。先前的触摸输入可能已导致产生一个触觉效果,而当前的触摸输入可能例如导致产生不同

的触觉效果。在实施例中,在检测到触摸输入之后,可将触觉效果暂停预定的时间。

[0067] 这里公开的一个或多个方法的一个或多个操作可实现为存储于计算机可读介质上并通过一个或多个处理器执行的一个或多个指令。例如,可通过存储于RAM、ROM、EPROM、快擦写存储器、硬盘驱动或任何其它的计算机可读介质上的固件或软件,实现一个或多个操作。

[0068] 虽然基于当前视为最实际和优选的实施例的描述出于解释的目的详细描述了本发明,但应理解,这些细节仅是出于该目的,并且,本发明不限于公开的实施例,相反,本发明要覆盖处于所附的权利要求的精神和范围内的修改和等价的配置。例如,应当理解,本发明设想,在可能的程度上,任何实施例的一个或多个特征可与任何其它实施例的一个或多个特征组合。

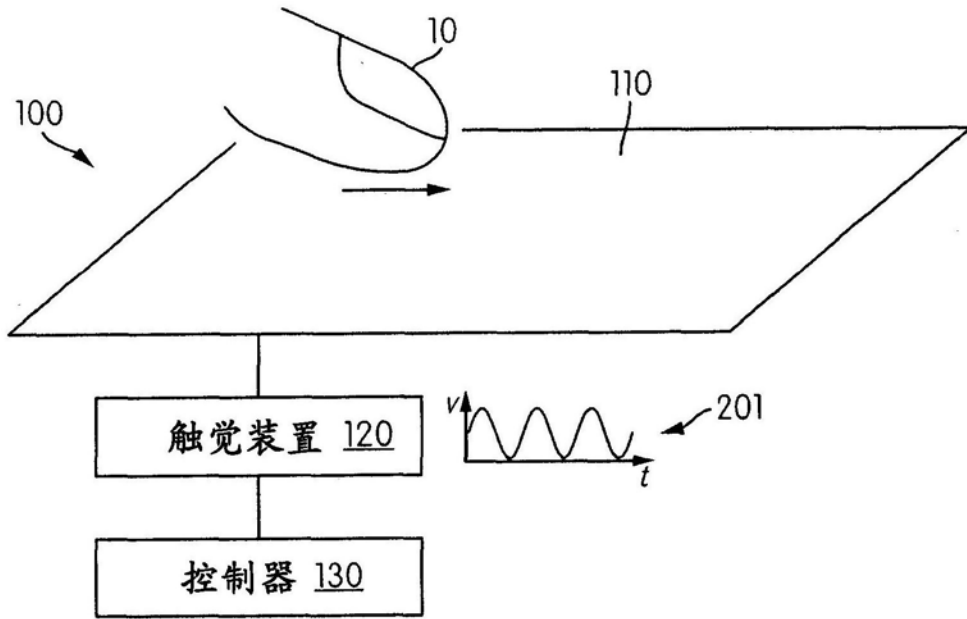


图1A

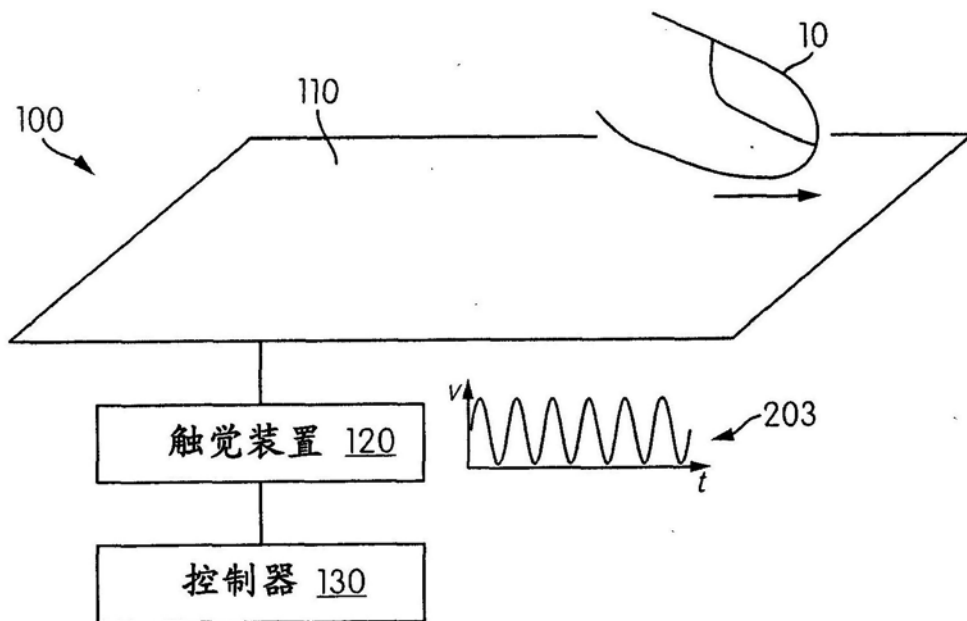


图1B

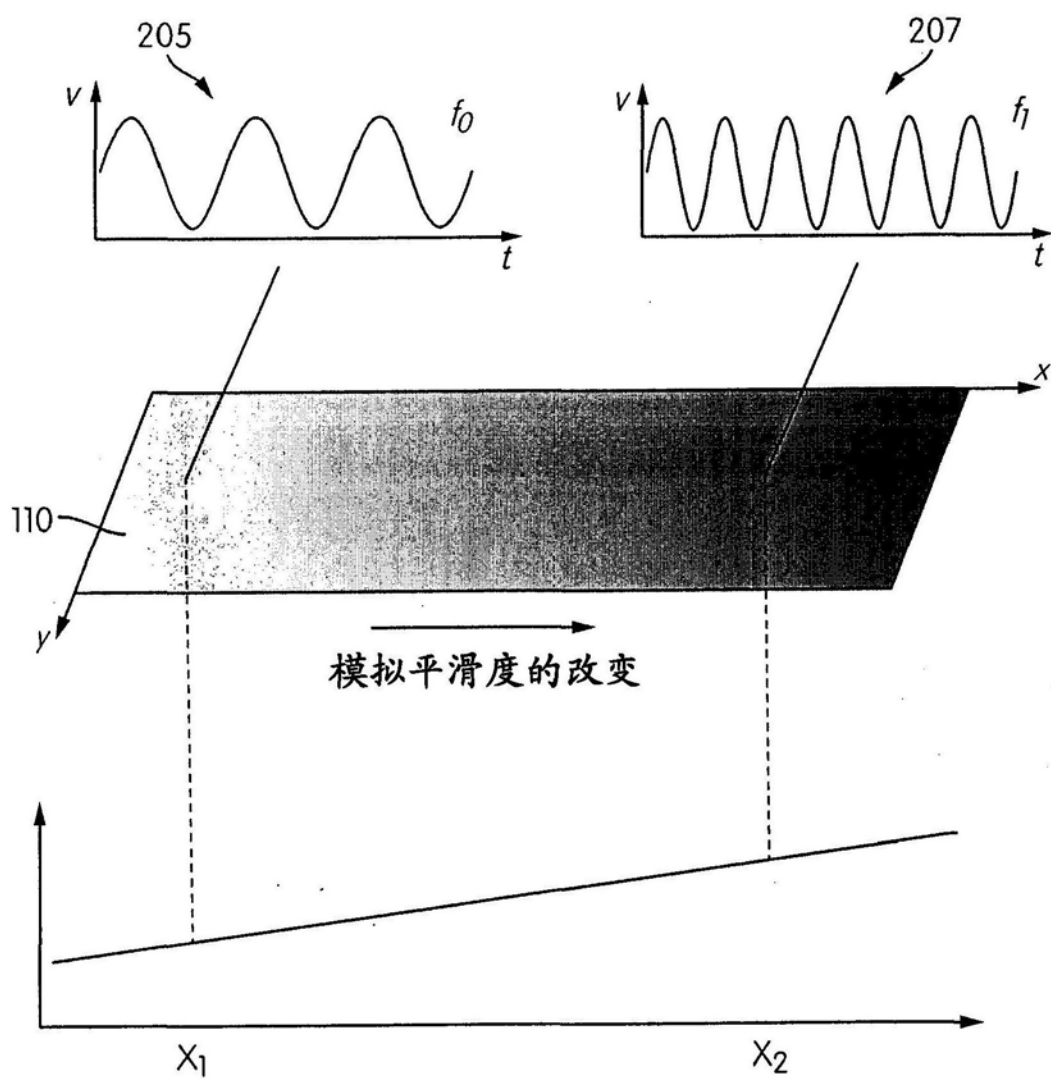


图2

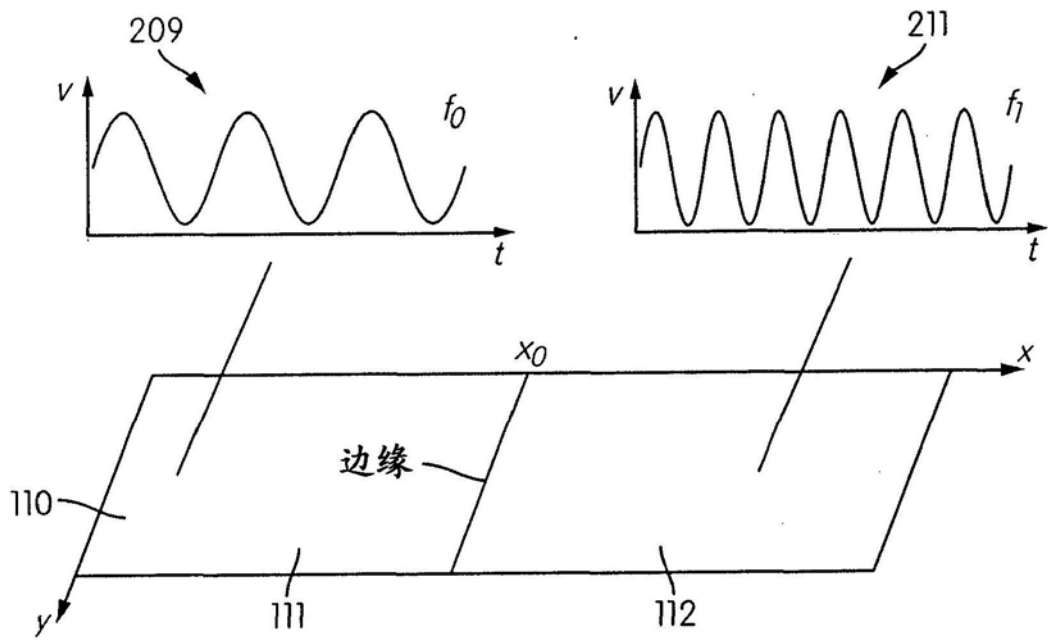


图3A

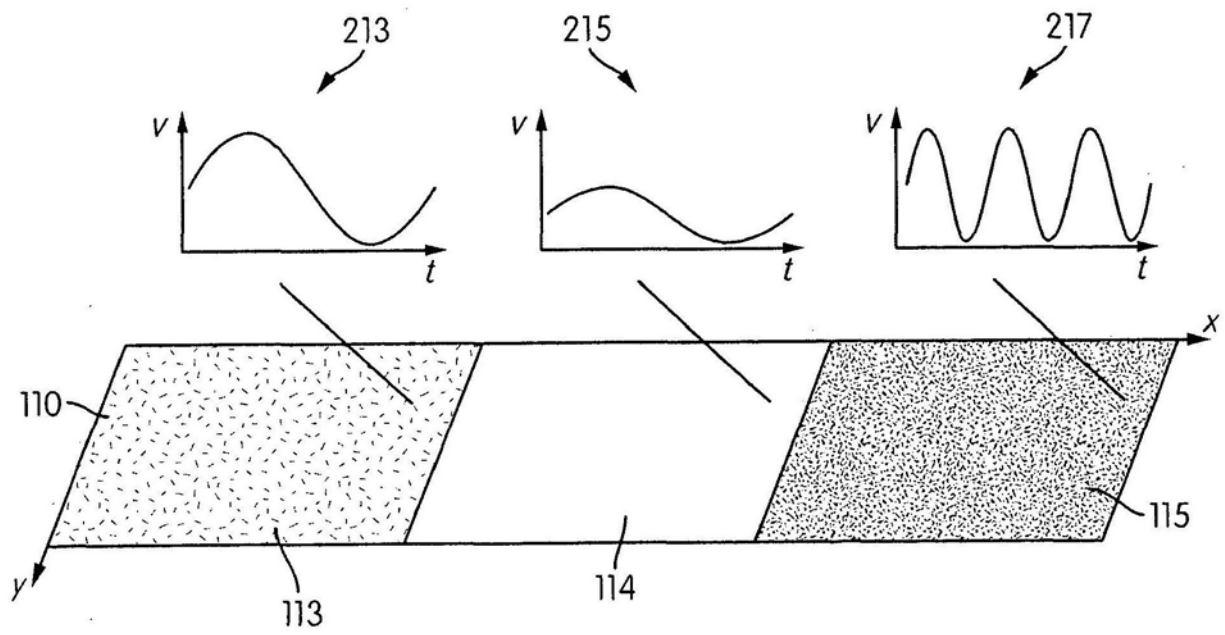


图3B

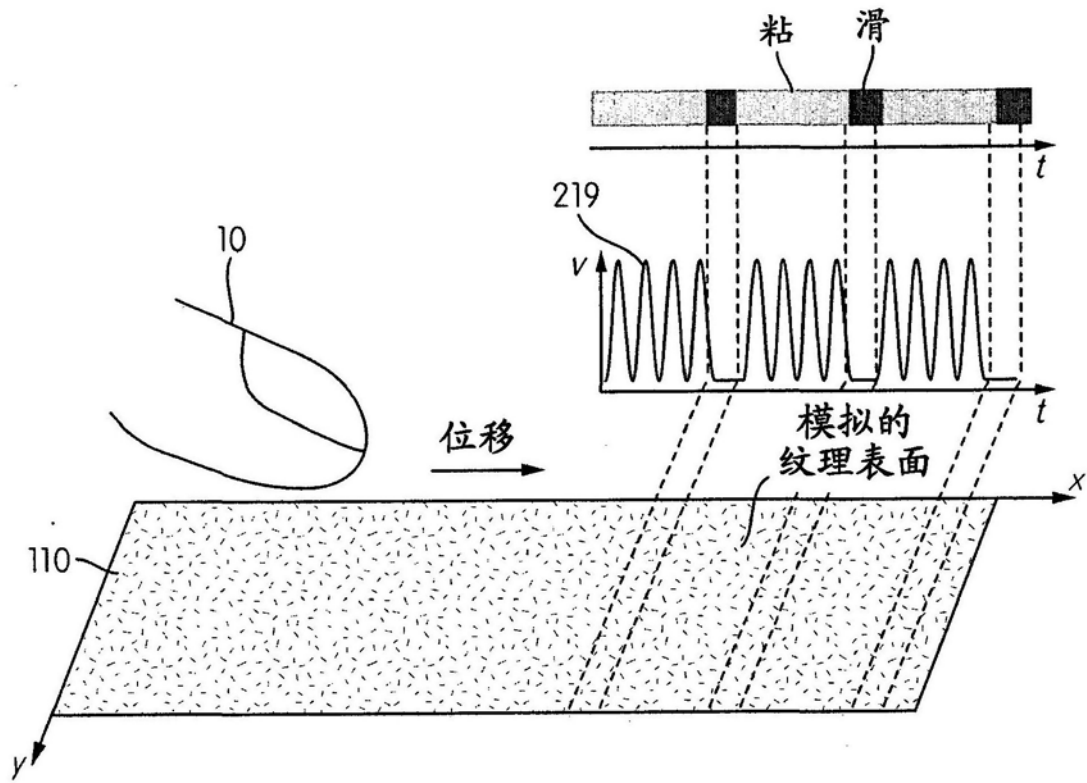


图3C

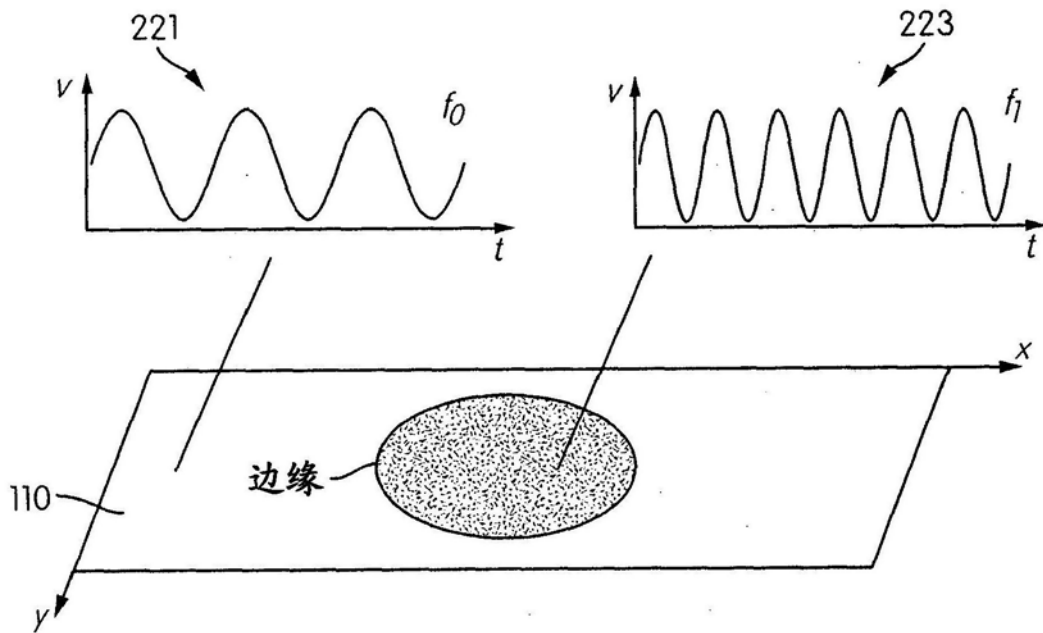


图4

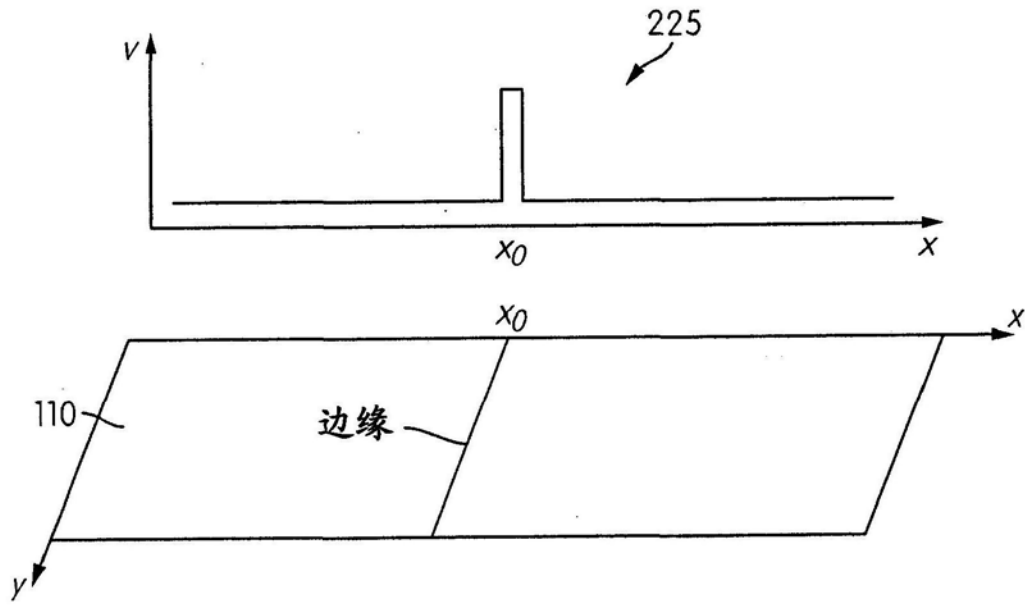


图5

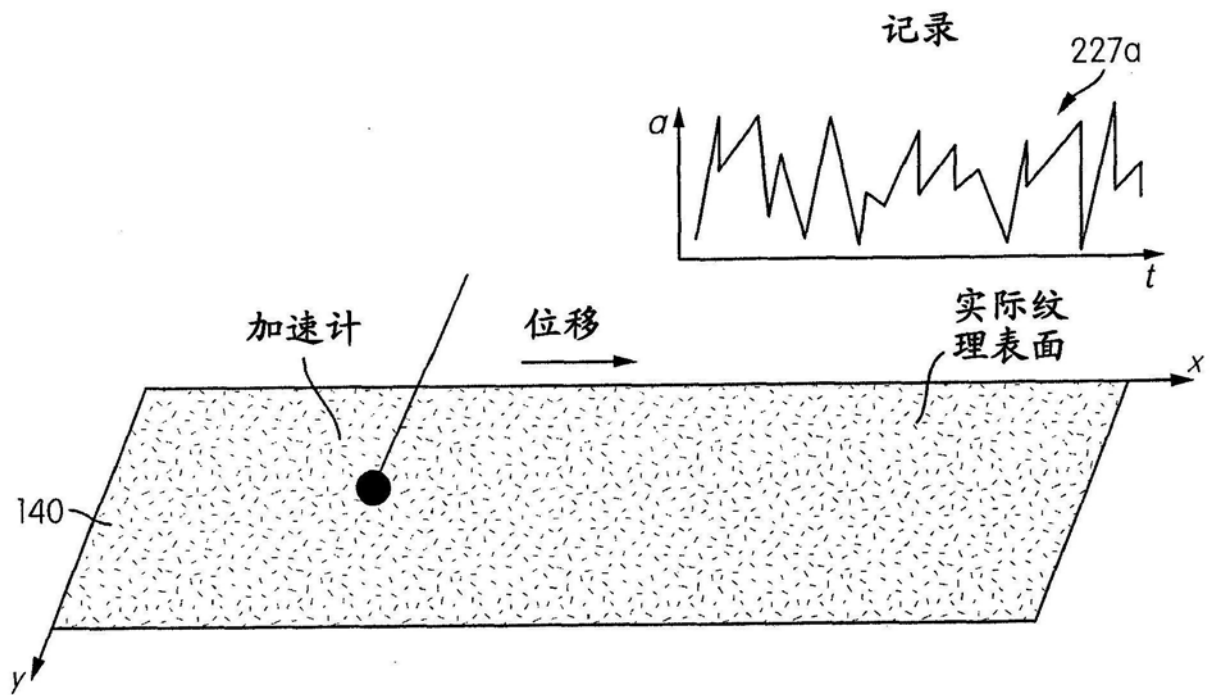


图6A

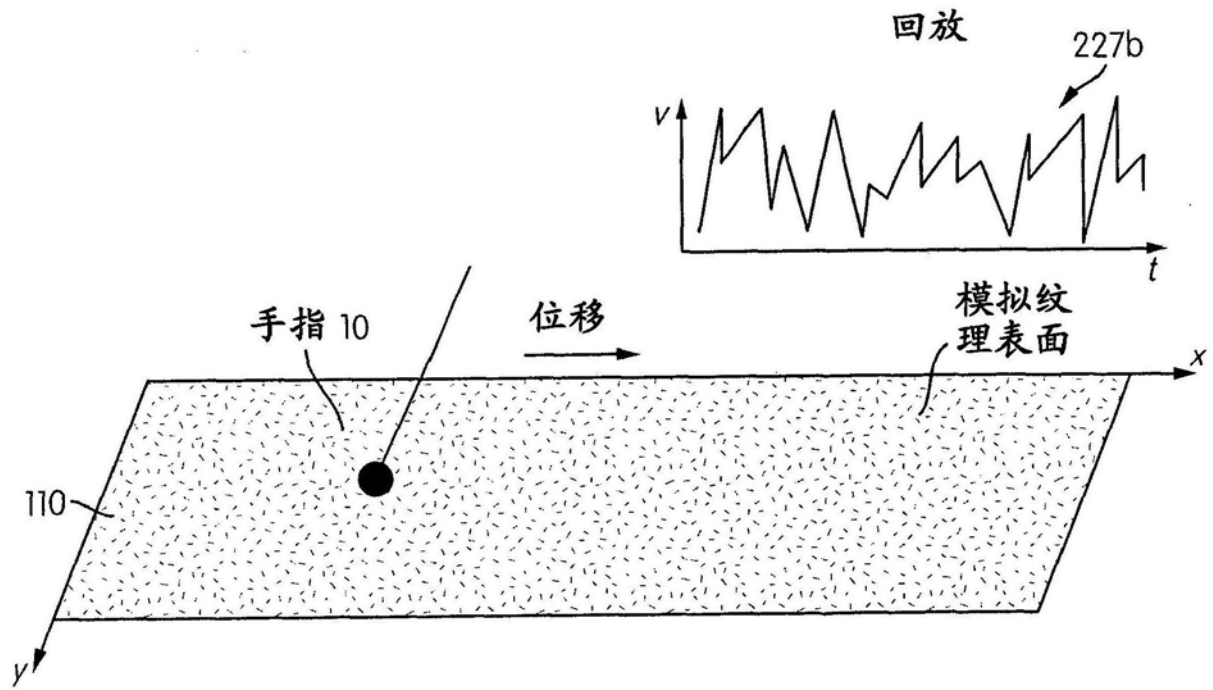


图6B

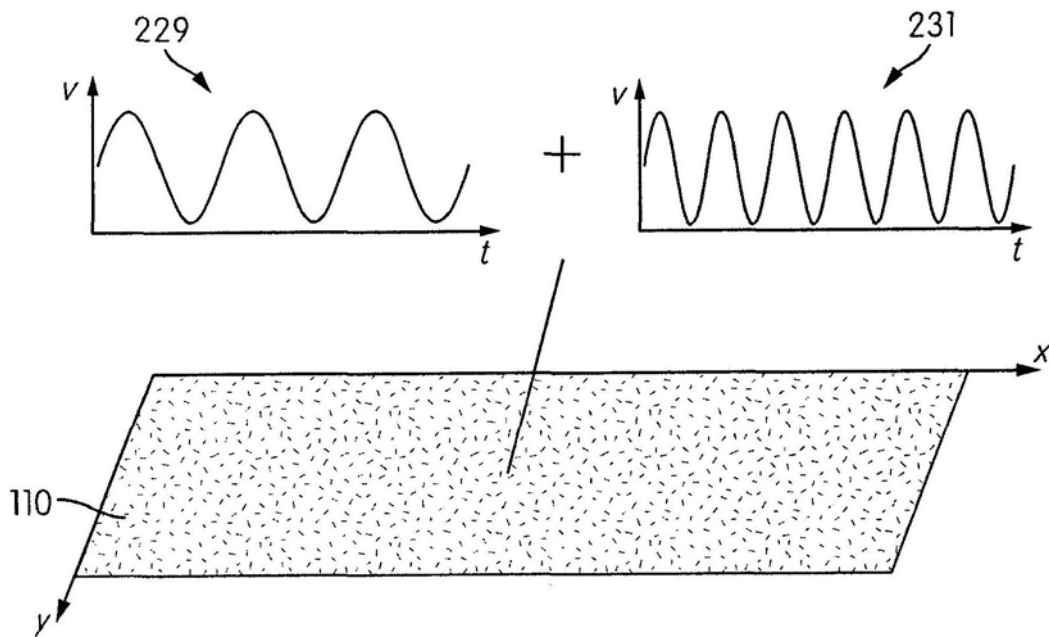


图7A

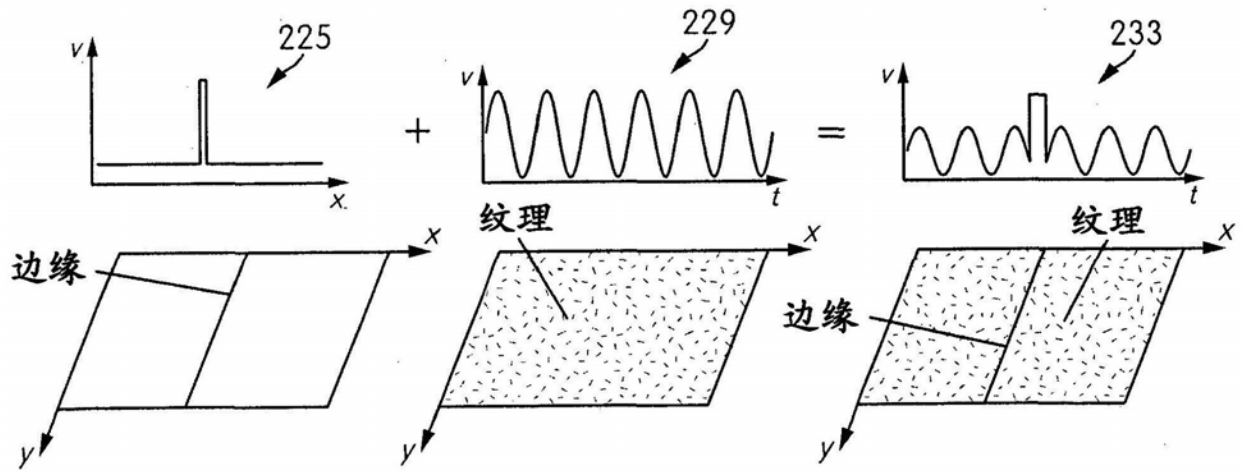


图7B

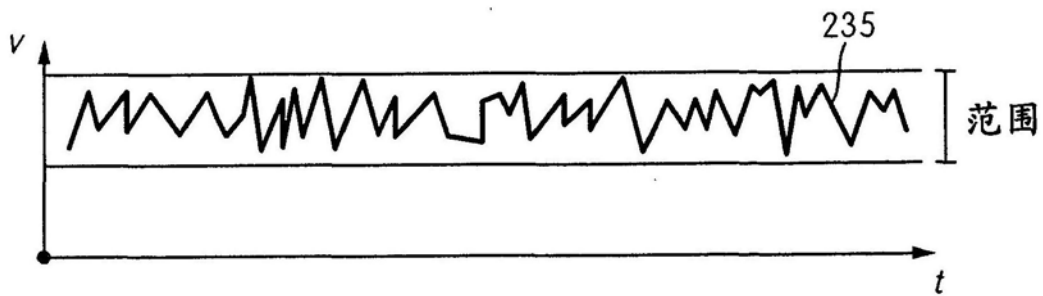


图8A

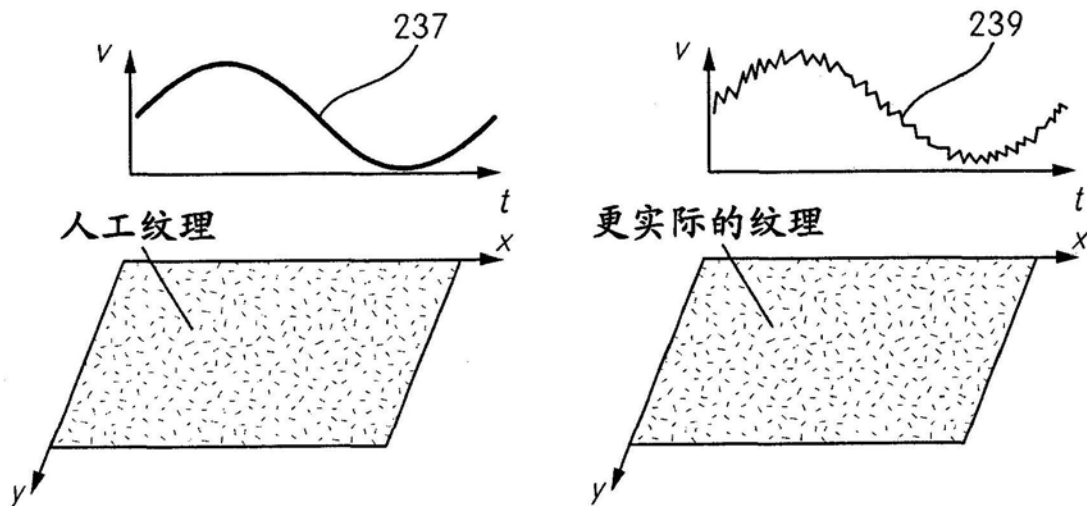


图8B

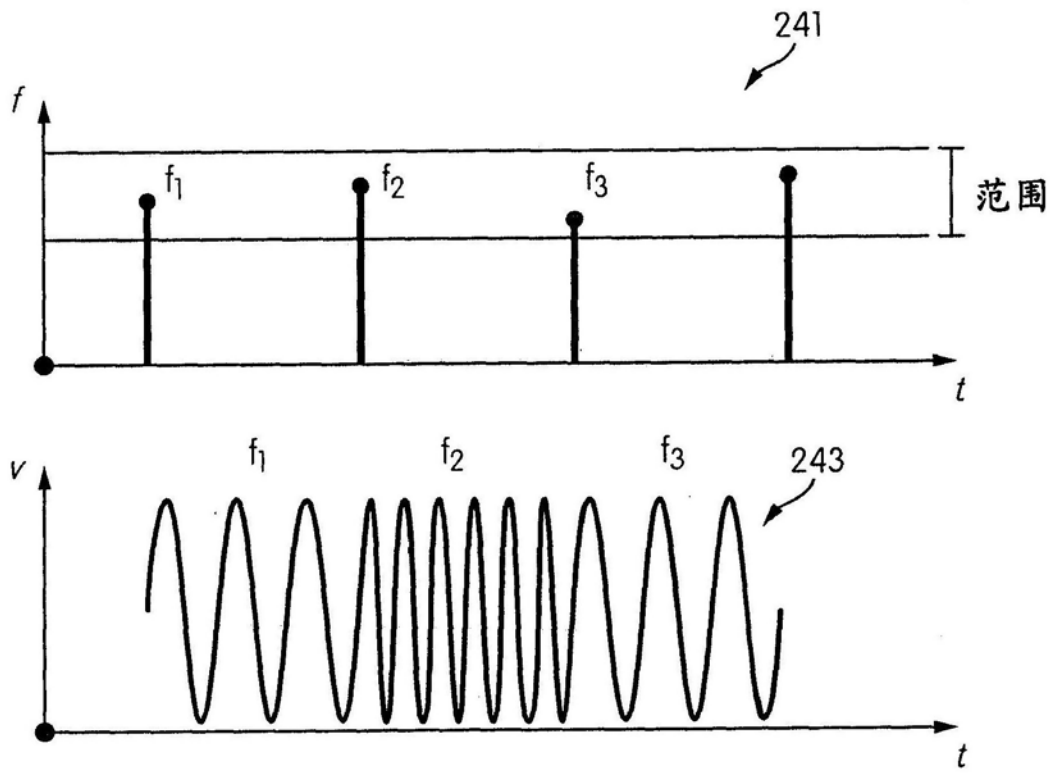


图8C

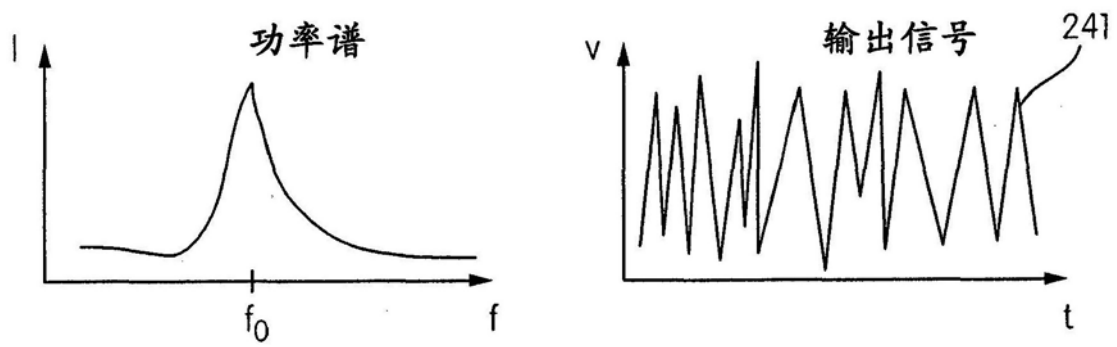


图9

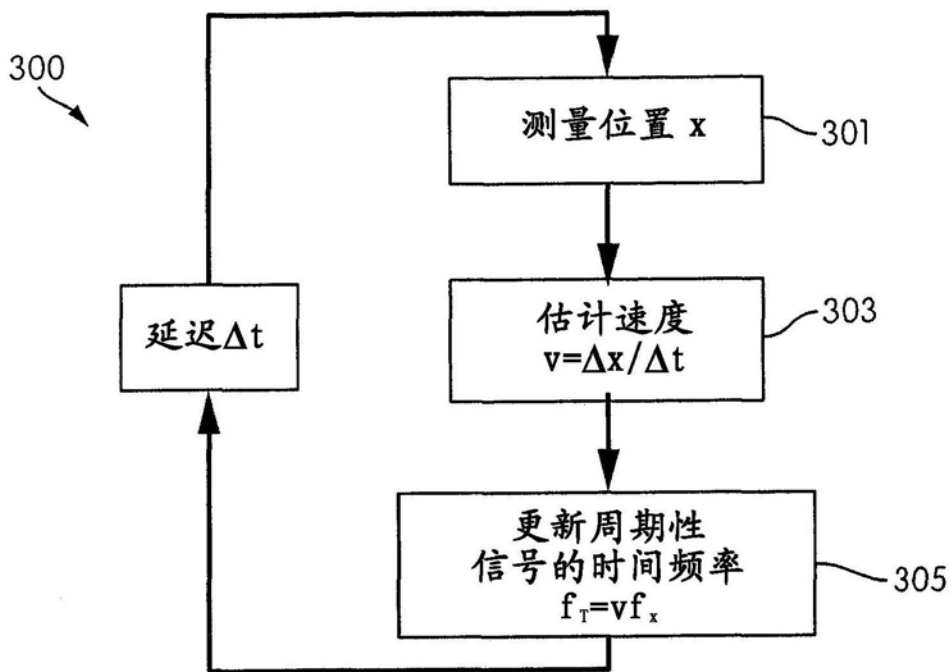


图10A

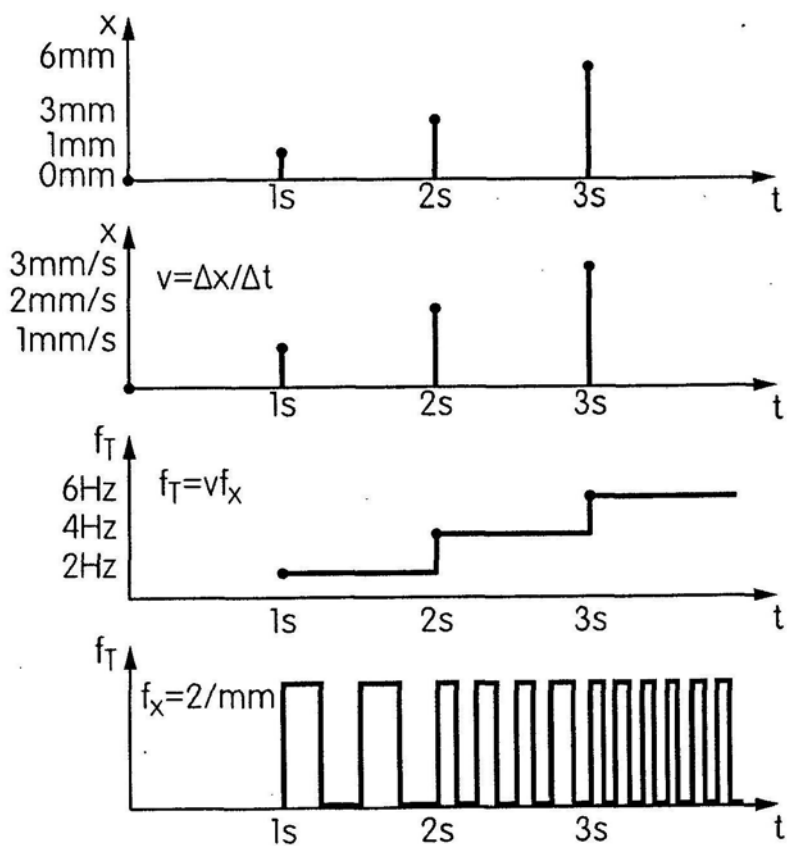


图10B

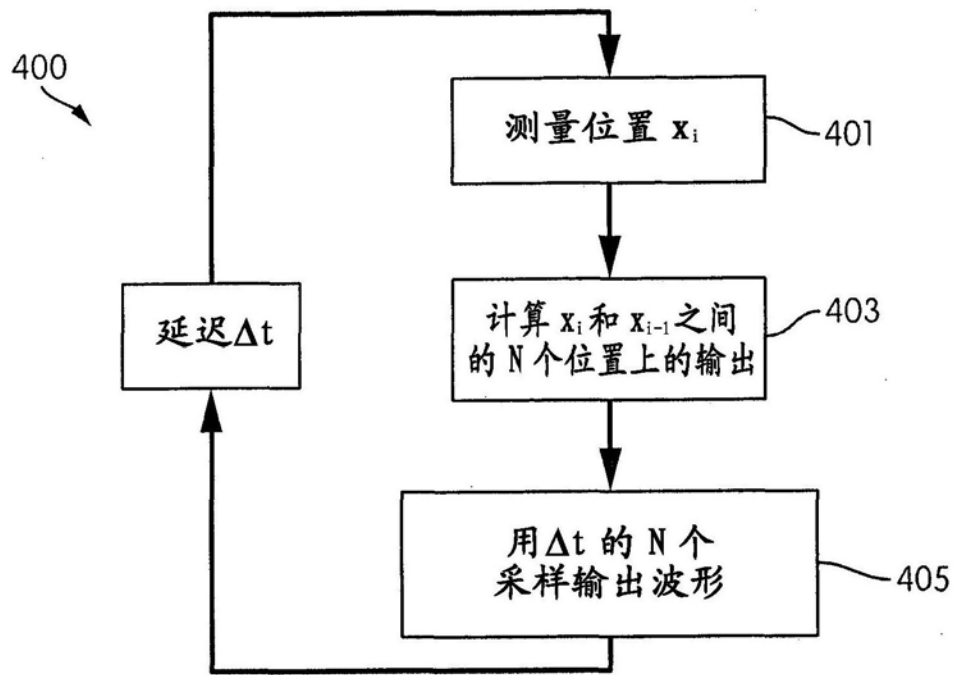


图11A

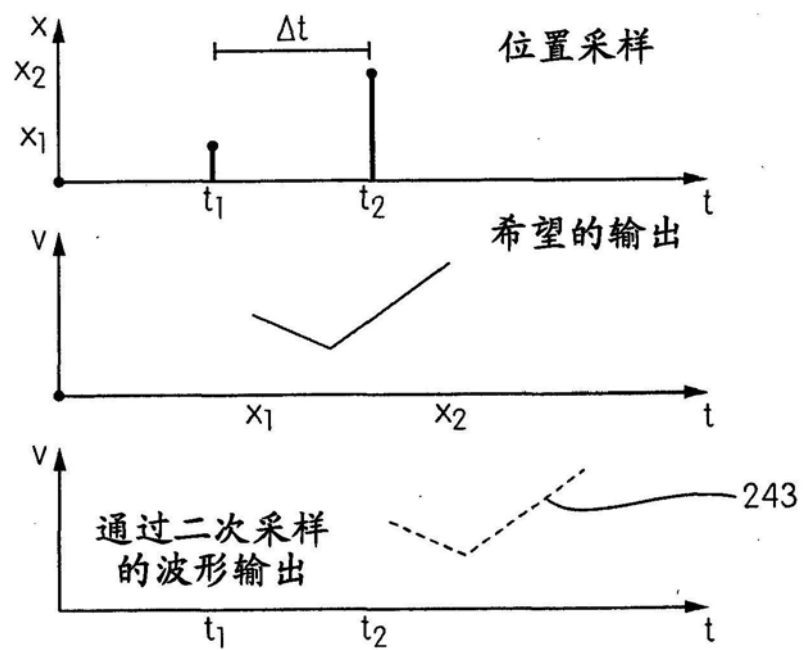


图11B

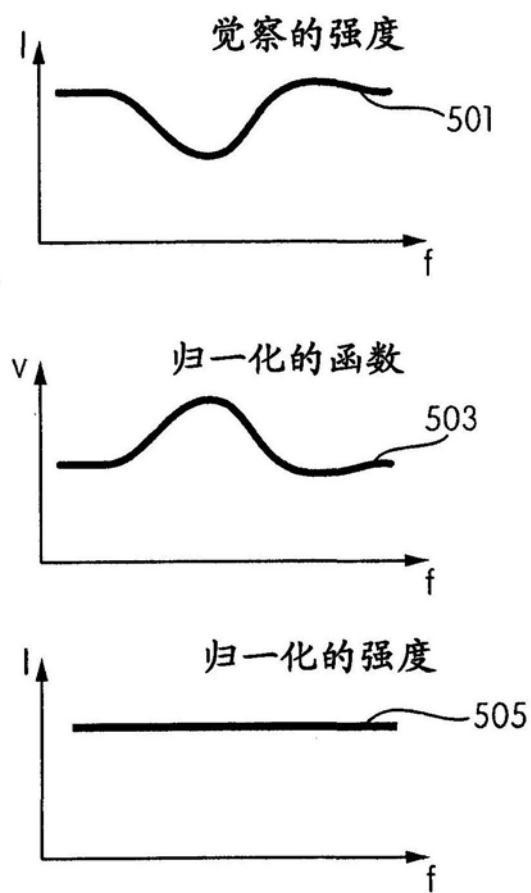


图12