



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106716438 B

(45)授权公告日 2020.11.13

(21)申请号 201580023957.0

(22)申请日 2015.10.08

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106716438 A

(43)申请公布日 2017.05.24

(30)优先权数据  
62/060,526 2014.10.06 US  
62/181,724 2015.06.18 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.11.10

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/CN2015/091490 2015.10.08

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/055007 EN 2016.04.14

(73)专利权人 深圳市汇顶科技股份有限公司  
地址 518000 广东省深圳市福田区腾  
飞工业大厦B座13层

(72)发明人 皮波 杨孟达 何毅

(74)专利代理机构 上海晨皓知识产权代理事务  
所(普通合伙) 31260

代理人 成丽杰

(51)Int.Cl.  
G06K 9/00(2006.01)  
G06F 3/041(2006.01)

(56)对比文件  
US 2005213799 A1,2005.09.29  
US 2005213799 A1,2005.09.29  
US 2014125470 A1,2014.05.08  
US 2008054875 A1,2008.03.06  
Kwang-Hyun Lee 等.A 500dpi  
Capacitive-Type CMOS Fingerprint Sensor  
with Pixel-Level Adaptive Image  
Enhancement Scheme.《2002 IEEE  
International Solid-State Circuits  
Conference》.2002,

审查员 王佳楠

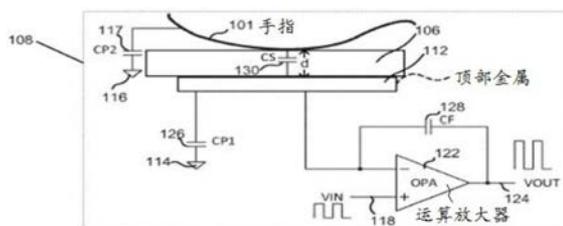
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称  
具有有源放大像素的自电容指纹传感器

(57)摘要

本发明提供一种指纹传感器装置(100),所述指纹传感器装置(100)包含基板(104)和安置在所述基板(104)上的传感器芯片(102)。所述传感器芯片(102)包含传感器像素阵列(108),所述阵列被配置成通过感测接触所述指纹传感器装置(100)的手指(101)的表面的脊和谷而产生指纹数据。每个传感器像素(108)包含单个传感器电极(112)和放大器(122),所述放大器有电连接到所述传感器电极(112)的反相端子和电连接到驱动信号的非反相端子。所述驱动信号在所述传感器电极(112)与接触所述指纹传感器装置(100)的所述手指的所述表面的所述脊和谷中的至少一者之间产生电场,从而产生具有至少部分基于所述传感器电极(112)与所述手指(101)的

所述脊和谷中的所述至少一者之间的距离的可变电容器(130)。



1. 一种指纹传感器装置,其包括:  
基板;以及  
指纹传感器,其安置在所述基板上,其中所述指纹传感器包含传感器像素阵列,所述传感器像素阵列通过感测接触所述指纹传感器装置的手指的表面的脊和谷而产生指纹数据;  
压力传感器,其安置在位于所述指纹传感器的平面处的所述基板上,其中所述压力传感器检测来自所述手指的压力以传送解锁信号来启动指纹检测;  
其中,每个传感器像素包含:  
单个传感器电极;以及  
放大器,其有电连接到所述传感器电极的反相端子和电连接到驱动信号的非反相端子,且所述放大器的非反相端子仅与所述驱动信号相连;  
其中所述驱动信号在所述传感器电极与接触所述指纹传感器装置的所述手指的所述表面的所述脊和谷中的至少一者之间产生电场,从而产生具有至少部分基于所述传感器电极与所述手指的所述脊和谷中的所述至少一者之间的距离的可变电容的可变电容器;  
所述放大器在所述放大器的输出端子与所述反相端子之间在负反馈回路中被电连接到反馈电容器。
2. 根据权利要求1所述的指纹传感器装置,其包含横向振动器以向所述手指提供触觉反馈。
3. 根据权利要求1所述的指纹传感器装置,其中所述指纹传感器和所述压力传感器被集成到单个集成电路芯片中。
4. 根据权利要求1所述的指纹传感器装置,其中所述指纹传感器和所述压力传感器被集成到系统芯片中。
5. 根据权利要求1所述的指纹传感器装置,其中:  
所述指纹传感器包含被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列。
6. 根据权利要求5所述的指纹传感器装置,其中:  
所述指纹传感器包含信号处理单元,所述信号处理单元电连接到被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列,以处理从所述传感器像素阵列接收的指纹数据。
7. 根据权利要求3所述的指纹传感器装置,其中:  
所述指纹传感器包含多路复用开关网络,所述多路复用开关网络将所述信号处理单元电连接到被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列;  
其中所述多路复用开关网络每次一行或一列地将所述信号处理单元选择性地电连接到所述传感器像素阵列;以向被电连接到所述信号处理单元的所述对应行或列中的一或多个传感器像素选择性地供电。
8. 一种电子装置,其包括  
主处理器;以及  
如权利要求1-7任一项所述的指纹传感器装置。
9. 根据权利要求8所述的电子装置,包括:安置在所述指纹传感器装置上的保护盖;  
所述保护盖下方的所述指纹传感器装置充当不具有机械致动器的虚拟按钮。
10. 根据权利要求9所述的电子装置,其中:  
所述保护盖安置成在所述指纹传感器装置上形成开口;且

所述指纹传感器装置包含集成保护盖,所述集成保护盖与所述电子装置的所述保护盖分开以保护所述传感器芯片不与所述手指的所述表面直接接触。

11.一种将移动装置解锁的方法,应用于权利要求8至10中任一项所述的电子装置,所述方法包括:

通过所述移动装置中的指纹传感器装置来检测来自手指的触摸;以及

响应于来自手指的所述检测到的触摸,发送唤醒信号到所述移动装置的主处理器以启动所述移动装置的唤醒;

响应于所述发送唤醒信号,从所述主处理器接收确认所述移动装置正在唤醒的响应信号;

响应于所述所接收的响应信号而启动指纹检测。

12.根据权利要求11所述的方法,其中所述检测所述触摸包含:

确定所述检测到的触摸是否持续预定时间周期。

13.根据权利要求11所述的方法,其中所述检测所述触摸包含:

检测来自所述手指的压力;

确定所述检测到的压力是否满足预定量。

14.根据权利要求11所述的方法,其包含:

将触觉反馈提供给所述手指以确认已检测到所述触摸。

## 具有有源放大像素的自电容指纹传感器

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本专利文献主张2014年10月6日申请的第62/060,526号美国临时专利申请案以及2015年6月18日申请的第62/181,724号美国临时专利申请案的优先权权益。上述专利申请案的全部内容作为本文献的揭示内容的一部分以引用方式并入。

### 技术领域

[0003] 本专利文献一般涉及用于安全地访问包含移动装置和可穿戴式装置的电子装置的指纹辨识。

### 背景技术

[0004] 包含例如膝上型计算机、平板计算机、智能电话以及游戏系统等便携式或移动计算装置的电子装置可以采用用户认证机构来保护个人数据且防止未授权访问。可以通过生物识别码的一个或多个形式执行电子装置上的用户认证,所述生物识别码的一个或多个形式可以单独使用或作为常规密码认证方法的补充。生物识别码的常用形式是个人的指纹图案。指纹传感器可以内置于电子装置中以读取用户的指纹图案,使得装置仅可以由装置的授权用户通过授权用户的指纹图案的认证进行解锁。

### 发明内容

[0005] 此专利文献描述了用于提供装置、系统和技术的技艺,其用于执行人类指纹检测和认证从而对包含配备有指纹检测装置的移动装置的锁定装置的试图访问的认证。此专利文献中所描述的指纹检测装置并入使用有源传感器像素和放大的自电容感测。并入使用有源传感器像素和放大的自电容感测的指纹传感器装置可潜在地得到若干有价值的优点。举例来说,因为使用有源传感器像素和放大的自电容感测不需要指纹传感器装置外部的激发电极,所以可以将整个指纹传感器装置被实施成安置在保护性盖玻璃(例如,蓝宝石)下方。玻璃下实施方案可保护指纹传感器装置免受环境危害影响,包含手指、湿气、灰尘等。而且,使用有源传感器像素和放大的自电容感测允许选择性地驱动扫描行或列中的所有传感器像素以增加用于每个读取传感器信号的传感器像素的数目。将通过以下描述明白这些和其它潜在优点。

[0006] 在一个方面中,指纹传感器装置包含基板和安装在所述基板上的指纹传感器。所述指纹传感器包含传感器像素阵列,以通过感测接触所述指纹传感器装置的手指的表面的脊和谷而产生指纹数据。所述指纹传感器装置包含安置在所述指纹传感器的平面处的所述基板上的压力传感器。所述压力传感器可检测来自手指的压力以传送解锁信号来启动指纹检测。

[0007] 指纹传感器装置可以用多种方式实施以包含以下特征中的一或多个者。所述指纹传感器装置可包含横向振动器以向手指提供触觉反馈。所述指纹传感器和所述压力传感器可集成到单个集成电路芯片中。所述指纹传感器和所述压力传感器可集成到系统芯片中。每

个传感器像素可包含单个传感器电极和放大器,所述放大器具有电连接到所述传感器电极的反相端子和电连接到驱动信号的非反相端子。所述驱动信号可在所述传感器电极与接触所述指纹传感器装置的手指的表面的脊和谷中的至少一者之间产生电场,从而产生具有至少部分基于所述传感器电极与手指的脊和谷中的至少一者之间的距离的可变电容器。所述放大器可在所述放大器的输出端子与反相端子之间在负反馈回路中被电连接到反馈电容器。所述放大器可至少基于所述可变电容器而产生输出信号;且所述输出信号可用于指纹数据。所述放大器可至少基于所述可变电容器和不具有额外非寄生电容的反馈电容器的反馈电容而产生输出信号。所述指纹传感器可包含被电布置在行或列中的传感器像素阵列。所述指纹传感器可包含信号处理单元,其电连接到被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列,以处理从所述传感器像素阵列接收的指纹数据。所述指纹传感器可包含多路复用开关网络,其将所述信号处理单元电连接到被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列。所述多路复用开关网络可每次一行或一列地将所述信号处理单元选择性地电连接到所述传感器像素阵列。所述多路复用开关网络可每次一行或一列地将所述信号处理单元选择性地被电连接到所述传感器像素阵列,以向电连接到所述信号处理单元的对应行或列中的一或多个传感器像素选择性地供电。所述指纹传感器装置可包含安置在所述传感器芯片上的保护盖。所述保护盖可包含电介质材料。所述电介质材料可包含玻璃、二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)、蓝宝石、塑料或聚合物。

[0008] 在另一方面中,一种电子装置包含主处理器和指纹传感器装置。所述指纹传感器装置包含基板和安置在所述基板上的指纹传感器。所述指纹传感器包含传感器像素阵列,以通过感测接触所述指纹传感器装置的手指的表面的脊和谷而产生指纹数据。所述指纹传感器装置包含安置在所述指纹传感器的平面处的所述基板上的压力传感器。所述压力传感器检测来自手指的压力以将解锁信号传送到所述主处理器,以将所述电子装置解锁且启动指纹检测。

[0009] 所述电子装置可以用多种方式实施以包含以下特征中的一或多个。举例来说,所述电子装置的指纹传感器可包含横向振动器以向手指提供触觉反馈。所述指纹传感器和所述压力传感器可集成到单个集成电路芯片中。所述指纹传感器和所述压力传感器可集成到系统芯片中。每个传感器像素可包含单个传感器电极和放大器,所述放大器具有电连接到所述传感器电极的反相端子和电连接到驱动信号的非反相端子。所述驱动信号在所述传感器电极与接触所述指纹传感器装置的所述手指的所述表面的所述脊和谷中的至少一者之间产生电场,从而产生具有至少部分基于所述传感器电极与所述手指的所述脊和谷中的所述至少一者之间的距离的可变电容器。所述电子装置包含安置在所述指纹传感器装置上的保护盖。所述放大器可在所述放大器的输出端子与反相端子之间在负反馈回路中电连接到反馈电容器。所述放大器可至少基于所述可变电容器而产生输出信号;且所述输出信号有益于指纹数据。所述放大器可至少基于所述可变电容器和不具有额外非寄生电容的反馈电容器的反馈电容而产生输出信号。所述指纹传感器可包含被电布置在行或列中的传感器像素阵列。所述指纹传感器可包含信号处理单元,其电连接到被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列,以处理从所述传感器像素阵列接收的指纹数据。所述指纹传感器可包含多路复用开关网络,其被配置成将所述信号处理单元电连接到电布置在行或列中的所述传感器像素阵列。所述多路复用开关网络可每次一行或一列地将所述信号处理单元选择

性地电连接到所述传感器像素阵列。所述多路复用开关网络可每次一行或一列地将所述信号处理单元选择性地电连接到所述传感器像素阵列,以向电连接到所述信号处理单元的对应行或列中的一或多个传感器像素选择性地供电。所述保护盖可包含电介质材料。所述电介质材料可包含玻璃、二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)、蓝宝石、塑料或聚合物。所述保护盖可安置在所述指纹传感器装置上以保护不与手指的表面直接接触。安置在所述保护盖下方的所述指纹传感器装置可充当不具有机械致动器的虚拟按钮。所述保护盖可安置成在所述指纹传感器装置上形成开口,且所述指纹传感器装置可包含集成保护盖,其与所述电子装置的保护盖分开以保护传感器芯片不与手指的表面直接接触。与电子装置的保护盖分开的指纹传感器装置的集成保护盖可包含电介质材料。指纹传感器装置的集成保护盖的电介质材料可包含玻璃、二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)、蓝宝石、塑料或聚合物。所述电子装置包含移动电话。

[0010] 在另一方面中,一种将移动装置解锁的方法包含:通过所述移动装置中的指纹传感器装置检测来自手指的触摸;以及响应于来自手指的触摸,将唤醒信号发送到所述移动装置的主处理器以启动所述移动装置的唤醒。

[0011] 所述方法可以用多种方式实施以包含以下特征中的一或多个者。举例来说,响应于所述发送唤醒信号,可从主处理器接收确认所述移动装置正在唤醒的响应信号。所述方法可包含响应于所述所接收的响应信号而启动指纹检测。所述检测所述触摸可包含确定所述检测到的触摸是否持续预定时间周期。所述检测所述触摸可包含检测来自手指的压力。所述检测所述压力可包含确定所述检测到的压力是否满足预定量。所述方法可包含将触觉反馈提供给手指以确认已检测到所述触摸。

[0012] 在另一方面中,一种指纹传感器装置包含基板和安置在所述基板上的传感器芯片。所述传感器芯片包含传感器像素阵列,其通过感测接触所述指纹传感器装置的手指的表面的脊和谷而产生指纹数据。每个传感器像素包含单个传感器电极和放大器,其有电连接到所述传感器电极的反相端子和电连接到驱动信号的非反相端子。所述驱动信号在所述传感器电极与接触所述指纹传感器装置的手指的表面的脊和谷中的至少一者之间产生电场,从而产生具有至少部分基于所述传感器电极与手指的脊和谷中的至少一者之间的距离的可变电容器。

[0013] 所述指纹传感器装置包含安置在所述传感器芯片上的保护盖。所述指纹传感器装置可以用多种方式实施以包含以下特征中的一或多个者。所述放大器可在所述放大器的输出端子与反相端子之间在负反馈回路中电连接到反馈电容器。所述放大器可至少基于所述可变电容器而产生输出信号;且所述输出信号可用于指纹数据。所述放大器可至少基于所述可变电容器和不具有额外非寄生电容的反馈电容器的反馈电容而产生输出信号。

[0014] 指纹传感器装置可以用多种方式实施以包含以下特征中的一或多个者。所述传感器芯片可包含被电布置在行或列中的传感器像素阵列。所述传感器芯片可包含信号处理单元,其电连接到被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列,以处理从所述传感器像素阵列接收的指纹数据。所述传感器芯片可包含多路复用开关网络,其将所述信号处理单元电连接到被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列。所述多路复用开关网络可每次一行或一列地将所述信号处理单元选择性地电连接到所述传感器像素阵列。所述多路复用开关网络可每次一行或一列地将所述信号处理单元选择性地电连接到所述传感器像素阵列,以向电连接到所述信号处理单元的对应行或列中的一或多个传感器像素选择性地供电或开启。

所述保护盖可包含电介质材料。所述电介质材料可包含玻璃、二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>)、蓝宝石、塑料或聚合物。

[0015] 在另一方面中,电子装置包含指纹传感器装置和安置于指纹传感器装置上的保护盖。所述指纹传感器装置包含基板和安置在所述基板上的。所述传感器芯片包含传感器像素阵列,其被配置成通过感测接触所述指纹传感器装置的手指的表面的脊和谷而产生指纹数据。每个传感器像素包含单个传感器电极和放大器,其有电连接到所述传感器电极的反相端子和电连接到驱动信号的非反相端子。所述驱动信号在所述传感器电极与接触所述指纹传感器装置的手指的表面的脊和谷中的至少一者之间产生电场,从而产生具有至少部分基于所述传感器电极与手指的脊和谷中的至少一者之间的距离的可变电容器。

[0016] 包含所述指纹传感器装置的电子装置可以用多种方式实施以包含以下特征中的一或多者。所述放大器可在所述放大器的输出端子与反相端子之间在负反馈回路中电连接到反馈电容器。所述放大器可至少基于所述可变电容器而产生输出信号;且所述输出信号可用于指纹数据。所述放大器可至少基于所述可变电容器和不具有额外非寄生电容的反馈电容器的反馈电容而产生输出信号。所述电子装置可包含移动电话。

[0017] 包含所述指纹传感器装置的电子装置可以用多种方式实施以包含以下特征中的一或多者。所述传感器芯片可包含被电布置在行或列中的传感器像素阵列。所述传感器芯片可包含信号处理单元,其电连接到被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列,以处理从所述传感器像素阵列接收的指纹数据。所述传感器芯片可包含多路复用开关网络,其将所述信号处理单元电连接到被电布置在行或列中的所述传感器像素阵列。所述多路复用开关网络可每次一行或一列地将所述信号处理单元选择性地电连接到所述传感器像素阵列。所述多路复用开关网络可每次一行或一列地将所述信号处理单元选择性地电连接到所述传感器像素阵列,以向电连接到所述信号处理单元的对应行或列中的一或多个传感器像素选择性地供电或开启。所述保护盖可包含电介质材料。所述电介质材料可包含玻璃、二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>)、蓝宝石、塑料或聚合物。

[0018] 包含所述指纹传感器装置的电子装置可以用多种方式实施以包含以下特征中的一或多者。所述保护盖可安置在所述指纹传感器装置上以保护不与手指的表面直接接触。安置在所述保护盖下方的所述指纹传感器装置可充当不具有机械致动器的虚拟按钮。

[0019] 包含所述指纹传感器装置的电子装置可以用多种方式实施以包含以下特征中的一或多者。所述保护盖可安置成在所述指纹传感器装置上形成开口,且所述指纹传感器装置可包含集成保护盖,其与所述电子装置的保护盖分开以保护传感器芯片不与手指的表面直接接触。与电子装置的保护盖分开的指纹传感器装置的集成保护盖包含电介质材料。指纹传感器装置的集成保护盖的电介质材料包含玻璃、二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>)、蓝宝石、塑料或聚合物。

## 附图说明

[0020] 图1A是展示实施使用有源传感器像素和放大的自电容感测的示范性指纹传感器装置的框图。

[0021] 图1B展示示范性传感器像素。

[0022] 图1C是图1B中所示的示范性传感器像素的等效电路。

[0023] 图2是展示示范性传感器芯片的图。

[0024] 图3A是展示与触摸屏组合件和指纹传感器装置集成的示范性装置(例如移动装置)的横截面图的示意图。

[0025] 图3B是展示与触摸屏组合件和指纹传感器装置集成的另一示范性装置(例如移动装置)的横截面图的示意图。

[0026] 图4是展示示范性指纹传感器装置的横截面图的示意图。

[0027] 图5A是展示与触摸屏组合件和指纹传感器装置和唤醒功能集成的示范性装置(例如移动装置)的横截面图的示意图。

[0028] 图5B展示用于唤醒移动装置和指纹传感器的反馈机构的框图。

[0029] 图6A是展示与触摸屏组合件和指纹传感器装置和压力传感器集成的示范性装置(例如移动装置)的横截面图的示意图。

[0030] 图6B展示用于基于来自压力传感器的信号而唤醒移动装置和指纹传感器的反馈机构的框图。

### 具体实施方式

[0031] 配备有指纹认证机构的电子装置可被恶意个人入侵,所述恶意个人会获得授权用户的指纹,且在类似人类手指的载体物体上复制被盗的指纹图案,其随后可用于将目标装置解锁。因此,指纹图案虽然是唯一生物识别符,其自身也并不是完全可靠或是安全的身份识别。在此文献中所描述的技术、装置和系统改进了用于现有电子装置中的指纹认证技术,以潜在地防止被盗的指纹用于得到对目标装置的访问权。

[0032] 此文献中所描述的实施例提供实施各种指纹检测模块以用于人类指纹检测和认证的装置、系统和技术。另外,此文献中所描述的实施例提供实施各种指纹检测模块以确定检测到的物体是否为人类的装置、系统和技术。此文献中所揭示的技术可与从人获得的额外测量进行组合,以与人的指纹图案组合而作为识别是否授权人正在访问所述装置的组合认证方法。

[0033] 图1A是展示实施使用有源传感器像素和放大的自电容感测的示范性指纹传感器装置100的框图。自电容指纹传感器装置100包含安置于基板载体104上的传感器芯片102以及安置于传感器芯片102上的保护膜或盖层106。保护膜或盖层106可以包含绝缘体或电介质材料,例如玻璃、二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)、蓝宝石、塑料、聚合物以及其它大体上类似的材料。可以存在保护膜或盖层106以保护传感器芯片102并且充当手指101的表面与传感器芯片102中的个别传感器像素的导电感测电极之间的电介质层的一部分。保护膜或盖层106是取决于指纹传感器装置100的应用的任选层。如关于图3A和3B所描述,指纹传感器装置100可以穿过电子装置(例如,移动电话)的顶盖玻璃的开口安置或安置在所述电子装置的顶盖玻璃下方。当用于玻璃下方应用中时,不需要保护膜或保护盖106,因为电子装置的顶盖玻璃将用于保护传感器芯片102并且充当电介质层。传感器芯片102包含传感器像素阵列,所述传感器像素阵列组合地感测或捕获来自与保护膜或盖层106接触的手指101的指纹数据。传感器芯片102的每个传感器像素基于与手指101的脊或谷相关联的电容器的电容而产生输出信号(例如,电压)。当组合时,输出信号表示手指101的指纹图像。像素传感器的数目越多,指纹图像的分辨率越高。

[0034] 在图1B中展示示范性传感器像素108。传感器芯片102的传感器像素阵列中的每个传感器像素可大体上类似于示范性传感器像素108。示范性传感器像素108包含运算放大器122以放大由示范性传感器像素108检测到的电容相关信号(例如,电压信号)。包含导电材料(例如,多种金属中的一者)的传感器电极112电连接到放大器122的负端子或反相端子。关于图1B(和此专利文献的其它图)所展示和描述的放大器配置仅是一个实例,且包含正反馈配置的其它放大器配置是可能的。传感器电极112和手指101的局部表面充当电容器CS 130的相对的板。电容器CS 130的电容基于手指101的局部表面与传感器电极112之间的距离‘d’(电容器CS 130的两个板之间的距离)而变化。所述电容与电容器CS 130的两个板之间的距离‘d’成反比。电容在传感器电极112与手指101的脊相对时比与手指101的谷相对时更大。

[0035] 另外,可在示范性传感器像素108中的不同导电元件之间形成各种寄生电容器。举例来说,寄生电容器CP1 126可在传感器电极112与装置接地端子114之间形成。另一寄生电容器CP2 117可在手指101的局部表面与大地接地116之间形成。装置接地紧密地耦合到大地接地。又另一电容器CF 128可在放大器122的输出导体与放大器122的负端子或反相端子之间形成,且充当到放大器122的反馈电容器。

[0036] 放大器122的正端子电连接到激发信号Vin 118。可将激发信号Vin 118直接提供给每个传感器像素中的专用放大器的正端子。通过将激发信号Vin 118直接提供给放大器122的正端子,示范性传感器像素108变为有源传感器像素。另外,将激发信号Vin 118直接提供给放大器122的正端子消除对包含所有传感器像素共有的激发电极的需要,这减少来自传感器芯片102的半导体结构的导电(例如,金属)层。另外,通过将激发信号Vin 118直接提供给放大器122的正端子,不将激发信号Vin 118直接施加到手指以避免刺激或伤害手指101。另外,因为不使用用于将激发信号直接施加到手指的激发电极,所以可以将指纹传感器装置100的所有组件集成到单个封装装置中,且整个指纹传感器装置100可安置在保护盖玻璃下方。在整个指纹传感器装置100安置在保护盖玻璃下方的情况下,指纹传感器装置100受到保护而不受手指以及可潜在地损坏指纹传感器的其它外部元件影响。

[0037] 放大器122可至少基于可变电容器CS 130的可变电容而产生输出信号,且所述输出信号可用于整个指纹数据。放大器122可至少基于所述可变电容和不具有用于输出信号的额外非寄生电容的反馈电容器CF的反馈电容而产生输出信号。如上文所描述,这部分是因为在传感器像素108中未使用例如外部装置电极等额外电极。

[0038] 图1C是图1B中所示的示范性传感器像素108的等效电路110。运算放大器122具有电连接到电容器CS 130的负或反相端子,所述电容器与寄生电容器CP2 117串联。放大器122的负或反相端子也电连接到寄生电容器CP1 126,所述寄生电容器与电容器CS 130和CP2117的串联组合并联。放大器122的负或反相端子还电连接到反馈电容器CF 128。将激发信号Vin 118直接施加到放大器122的正或非反相端子。

[0039] 放大器122的输出信号124是通过示范性像素传感器108检测的信号的放大电压。以下等式1展示图1C中所示的放大器输出124的传递函数。

$$[0040] \quad V_{OUT} = V_{IN} \cdot \left[ 1 + \frac{CP1}{CF} + \frac{CS \cdot CP2}{CF(CS + CP2)} \right] \quad (\text{等式 1})$$

[0041] 因为通常 $CP2 > 100 \times CS$ ,所以可将等式1简写为以下等式2:

$$[0042] \quad V_{OUT} = V_{IN} \cdot \left[ 1 + \frac{CP1}{CF} + \frac{CS}{CF} \right] \text{ (等式 2)}$$

[0043] 因为在CS 130的电容的变化中反映指纹数据,所以在输出信号 $V_{out}$  124中同样反映电容的变化和指纹数据。

[0044] 图2是展示示范性传感器芯片102的图。传感器芯片102可以包含像素化感测元件阵列202,所述像素化感测元件阵列可以占据传感器芯片102的大部分。像素化感测元件阵列202中的每个传感器像素可以包含CMOS电容传感器或可以感测指纹特征的其它类型的传感器。传感器芯片102可以包含:信号处理单元204,其用于处理从像素化感测元件阵列202中的所有传感器像素接收到的信号;以及连接单元206,其电耦合到信号处理单元204。所述信号处理单元可以包含各种信号处理组件,包含放大器、滤波器以及模数转换器(ADC),如大体上关于图4所展示和描述。连接单元206可以包含多个电极,所述多个电极可以通过引线接合、凸点接合或其它连接方式连接到外部电路。为了便于与指纹传感器装置100的其它组件连接,连接单元206可以沿着传感器芯片102的边缘安置。

[0045] 传感器芯片102中的传感器像素阵列202可以被布置成具有各种形状和大小。例如,传感器像素阵列202可以被布置成矩形形状,其中矩形形状的宽度大于矩形形状的高度。矩形形状传感器芯片的示范性大小可以包含 $24 \times 88$ 、 $32 \times 88$ 、 $56 \times 88$ 传感器像素。在一些实施方案中,传感器芯片102中的传感器像素阵列202可以被布置成正方形形状。正方形形状传感器芯片102的示范性大小包含 $32 \times 32$ 、 $64 \times 64$ 、 $96 \times 96$ 以及 $128 \times 128$ 传感器像素。

[0046] 在图2中,放大传感器像素阵列202的子集208,以展示每个个别传感器像素(例如,传感器像素108)的结构。子集208是16个传感器像素的四乘四正方形矩阵。阵列202中的传感器像素可逐行或逐列或逐行且逐列地电连接,以允许像CMOS图像传感器一样的感测操作。所述四乘四子集中的传感器像素中的一者210被进一步放大以展示包含传感器像素210的等效电路214的结构细节212。传感器像素210的结构和电路等效组件大体上类似于关于图1B和1C中的传感器像素108所展示和描述的结构和电路等效组件。传感器像素的每一行或每一列电连接到信号处理单元204以选择性地控制传感器像素,包含读取表示感测数据的传感器信号。可实施多路复用开关网络或类似电路以提供传感器像素的行或列与信号处理单元204之间的电连接。在操作中,每次可通过信号处理单元204选择性地读取或扫描传感器像素的一行或一列以用于通过多路复用开关网络执行感测数据读出。因此,信号处理单元204可每次一行或一列地选择性地连接到传感器像素的行或列且从所述行或列进行读取。为节约电力,每次仅可选择性地开启连接到处理单元204的行或列中的像素元件。

[0047] 图3A是展示与触摸屏组合件和指纹传感器装置100集成的示范性装置(例如移动装置)300的横截面图的示意图。移动装置300可包含安置在移动装置300的顶盖玻璃304下方的指纹传感器装置100。顶盖玻璃304不具有开口来暴露指纹传感器装置100的顶表面(例如,暴露给用户的表面)。因为指纹传感器装置100定位在顶盖玻璃304下方,所以指纹传感器装置100可以在不与手指101直接接触的情况下感测手指的指纹。

[0048] 可以使用除了玻璃之外的包含各种晶体结构的透明材料实施顶玻璃304,例如蓝宝石,其在向移动装置300提供保护的同时允许至少可见光穿过。而且,移动装置300包含触摸传感器306以及定位在触摸面板306下方的LCD显示模块310。可使用各种触摸技术实施触

摸传感器306,包含电容触摸传感器、电感触摸传感器和其他触摸传感器。触摸传感器306和LCD显示模块310一起形成触摸屏组合件。当移动装置300被锁定时,可关闭LCD显示模块310,且移动装置300的主处理器和指纹传感器装置100可置于待机模式中。为了将移动装置300解锁,例如,用户可使用用户的手指接触指纹检测模块100。

[0049] 顶盖玻璃304可保护触摸屏组合件的触摸传感器306和LCD显示模块310以及与顶盖玻璃304大体上平行的除了与触摸面板306相关联的触敏区域之外的移动装置300的顶表面的其它区域,包含指纹传感器装置100上方的位置。触摸传感器306可嵌入支撑玻璃314内、处于顶盖玻璃304下方。可使用类似材料实施顶盖玻璃304和支撑玻璃314,包含用于顶盖玻璃304的材料。支撑玻璃314可包含开口以允许指纹传感器装置100穿过支撑玻璃314且放置在顶盖玻璃304下方。支撑玻璃314中的开口的位置可更接近移动装置300和支撑玻璃314两者的一端。此设计中的指纹传感器装置100可感测来自手指101的指纹的与硬化顶盖玻璃304的顶表面(例如,暴露给用户的表面)的接触,而不需要例如手指101等物体与指纹传感器装置100上的表面直接接触。顶盖玻璃304可完全覆盖触摸屏组合件和不具有开口的在空间上邻接的保护表面下方的指纹传感器装置100两者。

[0050] 在一些实施例中,顶盖玻璃304和支撑玻璃314结合在一起以形成整体盖玻璃结构,其比顶盖玻璃304和支撑玻璃314中的任意一个明显更厚且机械上更牢固。可使用薄粘附层(例如,环氧树脂粘附层)结合所述两个玻璃层。定位在支撑玻璃314的开口内的指纹传感器装置100可在顶盖玻璃304下方直接附接。

[0051] 在图3A中,指纹传感器装置100经放大以展示不同组件,包含安置于基板载体104上的传感器芯片102以及安置于传感器芯片102上的保护膜或盖层306。任选地,有色层320可安置在传感器芯片102与盖层304之间以向盖304提供修饰上色。而且,可以在盖304上使用透明窗口以允许光穿过。保护盖304可由透明材料制成,例如蓝宝石或氧化锆。保护盖304可覆盖传感器芯片102的整个表面。

[0052] 图3B是展示与触摸屏组合件和指纹传感器装置100集成的另一示范性装置(例如移动装置)330的横截面图的示意图。移动装置330大体上类似于移动装置300,不同之处在于将指纹传感器装置100嵌入顶盖玻璃304内以便将指纹传感器装置100的顶表面、保护膜或盖层106暴露于环境(包含用户的手指101)。甚至在穿过顶盖玻璃304暴露时,保护膜或盖层106仍可以保护指纹传感器装置100,并且还充当手指101的表面与传感器芯片102中的每个传感器像素的传感器电极之间的电介质层的一部分。

[0053] 图4是展示示范性指纹传感器装置400的横截面图的示意图。可将示范性指纹传感器装置400实施为大体上类似于指纹传感器装置100。指纹传感器装置400其实包含从指纹传感器装置100省略的额外结构细节。例如,指纹传感器400包含安置在基板载体420上的传感器芯片410。保护盖层430安置在传感器芯片410上。保护盖层可包含类似于盖玻璃304的材料,例如玻璃、蓝宝石、保护涂层材料、保护膜材料,以及其它硬化和透明材料。出于说明简明起见,在图4中将保护盖层430展示为单个层,但保护盖层430可等效于盖玻璃304、保护膜或盖层106或所述两个层的组合。所述保护材料可包含多个材料层,如塑料层、上色层,和顶部硬涂层。

[0054] 传感器芯片410可以大体上类似于传感器芯片102。在图4中所示的实例中,出于说明简明起见,将传感器芯片410说明为包含两个传感器像素210。然而,如上文所描述,传感

器芯片410包含多得多的传感器像素。而且,图4包含传感器芯片410的额外特征,包含传感器像素210之间的互连。举例来说,共同激发或驱动信号源 $V_{in118}$ 展示为电连接到放大器122的每个正或非反相输入。另外,传感器像素210中的放大器122的输出信号 $V_{out 124}$ 使用电耦合到每个 $V_{out 124}$ 的开关134电连接在一起,以将来自传感器像素210的输出信号 $V_{out 124}$ 选择性地输出到滤波器138。

[0055] 开关134可使用晶体管或其它切换机构来实施,且电耦合到控制器136以控制开关134的切换。滤波器138可电耦合到放大器140,且放大器140可电耦合到模数转换器142,以从由传感器芯片400中的传感器像素210感测的个别感测的电压获得指纹数据。

[0056] 每个传感器像素210可包含复位开关132,以在感测事件之间将电容器中的电容复位或放电。来自前一感测事件的电容应在后续感测事件之前被复位或放电,或进行就绪以确保对指纹数据的准确感测和捕获。

[0057] 可使用有效半导体层和绝缘层(例如, $SiO_2$ )的各种组合实施包含传感器电极112和其它导电层元件的传感器芯片410的电路。另外,所述有效和绝缘层可安置和布置成使将激发或驱动信号 $V_{in 114}$ 分布到传感器像素的导电元件与传感器电极112之间的电场最小化。实际上,激发或驱动信号 $V_{in 114}$ 的导电元件与传感器电极112之间的电场甚至在存在时也不用作或另外提供为放大器122的输入。因此,传感器芯片400中的每个传感器像素210的所感测的信号独立于激发或驱动信号 $V_{in 114}$ 的导电元件与传感器电极112之间的电场。

[0058] 类似于图2,图4展示每个传感器像素210的等效电路110。先前关于图2描述了包含等效电路110中的电容器的各种组件。

[0059] 图5A是展示与触摸屏组合件和指纹传感器装置和唤醒功能集成的示范性装置(例如移动装置)的横截面图的示意图。图5A类似于图3A且包含由相同的参考数字识别的类似结构组件。如图5A中所示,移动装置501可包含安置在移动装置501的顶盖玻璃304下方的指纹传感器装置500。顶盖玻璃304不具有开口来暴露指纹传感器装置500的顶表面(例如,暴露给用户的表面)。因为指纹传感器装置500定位在顶盖玻璃304下方,所以指纹传感器装置500可以在不与手指101直接接触的情况下感测手指的指纹。而且,在图5A中所示的实施方案中不需要物理控制按钮。指纹传感器装置500还可包含横向振动器以在不同的振荡振动中向手指提供触觉反馈。

[0060] 可以使用除了玻璃之外的包含各种晶体结构的透明材料实施顶玻璃304,例如蓝宝石,其在向移动装置300提供保护的同时允许至少可见光穿过。而且,移动装置300包含触摸传感器306以及定位在触摸面板306下方的LCD显示模块310。可使用各种触摸技术实施触摸传感器306,包含电容触摸传感器、电感触摸传感器和其他触摸传感器。触摸传感器306和LCD显示模块310一起形成触摸屏组合件。当移动装置300被锁定时,可关闭LCD显示模块310,且移动装置300的主处理器504和指纹传感器装置500可置于待机模式中。为了将移动装置501解锁或唤醒,例如,用户可使用定位在顶盖玻璃304上的用户的手指接触指纹检测模块500。当指纹检测模块500例如经由电容感测来感测定位在顶盖玻璃304上的手指时,那么将信号发送到移动装置501的主处理器504以作为启动唤醒或解锁序列的反馈机制,从而将移动装置501唤醒或解锁,且使用指纹检测模块500启动指纹感测。为了滤出无意的触摸,指纹检测模块500可能需要将所感测维持预定持续时间的触摸以作为用于将唤醒或解锁信号发送到主处理器504的阈值。

[0061] 顶盖玻璃304可保护触摸屏组合件的触摸传感器306和LCD显示模块310以及与顶盖玻璃304大体上平行的除了与触摸面板306相关联的敏感触摸区域之外的移动装置300的顶表面的其它区域,包含指纹传感器装置500上方的位置。触摸传感器306可嵌入支撑玻璃314内、处于顶盖玻璃304下方。可使用类似材料实施顶盖玻璃304和支撑玻璃314,包含用于顶盖玻璃304的材料。支撑玻璃314可包含开口以允许指纹传感器装置500穿过支撑玻璃314且放置在顶盖玻璃304下方。支撑玻璃314中的开口的位置可更接近移动装置501和支撑玻璃314两者的一端。此设计中的指纹传感器装置500可感测来自手指101的指纹的与硬化顶盖玻璃304的顶表面(例如,暴露给用户的表面)的接触,而不需要例如手指101等物体与指纹传感器装置500上的表面直接接触。顶盖玻璃304可完全覆盖触摸屏组合件和不具有开口的在空间上邻接的保护表面下方的指纹传感器装置500两者。

[0062] 在一些实施例中,顶盖玻璃304和支撑玻璃314结合在一起以形成整体盖玻璃结构,其比顶盖玻璃304和支撑玻璃314中的任意一个明显更厚且机械上更牢固。可使用薄粘附层(例如,环氧树脂粘附层)结合所述两个玻璃层。定位在支撑玻璃314的开口内的指纹传感器装置500可在顶盖玻璃304下方直接附接。

[0063] 在图5A中,指纹传感器装置500经放大以展示不同组件,包含安置于基板载体504上的传感器芯片502以及安置于传感器芯片502上的保护膜或盖层306。任选地,有色层320可安置在传感器芯片502与盖层304之间以向盖304提供修饰上色。而且,可以在盖304上使用透明窗口以允许光穿过。保护盖304可由透明材料制成,例如蓝宝石或氧化锆。保护盖304可覆盖传感器芯片502的整个表面。

[0064] 图5B是展示用于使用指纹检测模块将图5A的装置解锁的示范性过程520的流程图。处理520包含通过指纹传感器芯片(例如,指纹模块500的指纹传感器芯片502)检测来自顶盖上的手指的触摸(522)。响应于检测到的触摸,指纹传感器芯片502将唤醒或解锁信号传送到主处理器以指示将装置解锁且启动指纹检测以向用户提供访问权的请求(524)。响应于所传送的唤醒或解锁信号,指纹传感器芯片502从主处理器接收指示装置被解锁且就绪的响应信号(526)。指纹传感器芯片502响应于从主处理器接收到所述响应信号而启动指纹检测。

[0065] 在一些实施方案中,检测来自手指的触摸可包含检测持续满足阈值时间的预定时间周期的触摸。此确保滤出任何无意的触摸,且装置不会被无意地解锁。在一些实施方案中,横向振动器可在不同的振荡振动中向手指提供触觉反馈,以向用户指示手指触摸已经成功将装置唤醒或解锁。

[0066] 图6A是展示与触摸屏组合件和指纹传感器装置和压力传感器集成的示范性装置(例如移动装置)的横截面图的示意图。图6A类似于图5A且包含由相同的参考数字识别的类似结构组件。如图6A中所示,移动装置300可包含安置在移动装置601的顶盖玻璃304下方的指纹传感器装置600。顶盖玻璃304不具有开口来暴露指纹传感器装置600的顶表面(例如,暴露给用户的表面)。因为指纹传感器装置600定位在顶盖玻璃304下方,所以指纹传感器装置600可以在不与手指101直接接触的情况下感测手指的指纹。而且,在图6A中所示的实施方案中不需要物理控制按钮。

[0067] 指纹传感器装置600包含安置在基板载体上的指纹传感器芯片602,其类似于指纹传感器芯片102。指纹传感器装置600还可包含在与指纹传感器芯片602相同的平面处安置

在基板载体604上的压力传感器606。在一些实施方案中,指纹传感器芯片602和压力传感器606集成到单个集成电路(IC)中。在一些实施方案中,指纹传感器芯片602和压力传感器安置在基板载体604上以作为系统芯片(SOC)。在一些实施方案中,指纹传感器芯片602和压力传感器606安置为单独的IC。可使用力传感器、基于压电的装置、微机电系统(MEM)装置或用于感测压力或力的其它机械和电气装置来实施压力传感器606。压力或力传感器可与横向振动器耦合以在不同的振荡振动中向手指提供触觉反馈。

[0068] 可以使用除了玻璃之外的包含各种晶体结构的透明材料实施顶玻璃304,例如蓝宝石,其在向移动装置601提供保护的同时允许至少可见光穿过。而且,移动装置601包含触摸传感器306以及定位在触摸面板306下方的LCD显示模块310。可使用各种触摸技术实施触摸传感器306,包含电容触摸传感器、电感触摸传感器和其他触摸传感器。触摸传感器306和LCD显示模块310一起形成触摸屏组合件。当移动装置601被锁定时,可关闭LCD显示模块310,且移动装置601的主处理器608和指纹传感器装置600可置于待机模式中。为了将移动装置601解锁或唤醒,例如,用户可使用定位在顶盖玻璃304上的用户的手指接触指纹检测模块600。当指纹检测模块600例如经由电容感测来感测定位在顶盖玻璃304上的手指时,那么将信号发送到移动装置601的主处理器608以作为启动唤醒或解锁序列的反馈机制,从而将移动装置601唤醒或解锁,且使用指纹检测模块600启动指纹感测。为了滤出无意的触摸,指纹检测模块600可能需要使用预定量的压力来维持所感测的触摸以满足用于将唤醒或解锁信号发送到主处理器608的阈值。在一些实施方案中,可需要将所述预定量的压力施加预定时间量以满足压力阈值和持续时间阈值两者。

[0069] 顶盖玻璃304可保护触摸屏组合件的触摸传感器306和LCD显示模块310以及与顶盖玻璃304大体上平行的除了与触摸面板306相关联的触敏区域之外的移动装置300的顶表面的其它区域,包含指纹传感器装置600上方的位置。触摸传感器306可嵌入支撑玻璃314内、处于顶盖玻璃304下方。可使用类似材料实施顶盖玻璃304和支撑玻璃314,包含用于顶盖玻璃304的材料。支撑玻璃314可包含开口以允许指纹传感器装置600穿过支撑玻璃314且放置在顶盖玻璃304下方。支撑玻璃314中的开口的位置可更接近移动装置601和支撑玻璃314两者的一端。此设计中的指纹传感器装置600可感测来自手指101的指纹的与硬化顶盖玻璃304的顶表面(例如,暴露给用户的表面)的接触,而不需要例如手指101等物体与指纹传感器装置600上的表面直接接触。顶盖玻璃304可完全覆盖触摸屏组合件和不具有开口的在空间上邻接的保护表面下方的指纹传感器装置100两者。

[0070] 在一些实施例中,顶盖玻璃304和支撑玻璃314结合在一起以形成整体盖玻璃结构,其比顶盖玻璃304和支撑玻璃314中的任意一个明显更厚且机械上更牢固。可使用薄粘附层(例如,环氧树脂粘附层)结合所述两个玻璃层。定位在支撑玻璃314的开口内的指纹传感器装置600可在顶盖玻璃304下方直接附接。

[0071] 在图6A中,指纹传感器装置600经放大以展示不同组件,包含安置于基板载体604上的传感器芯片602以及安置于传感器芯片602上的保护膜或盖层306。任选地,有色层320可安置在传感器芯片602与盖层304之间以向盖304提供修饰上色。而且,可以在盖304上使用透明窗口以允许光穿过。保护盖304可由透明材料制成,例如蓝宝石或氧化锆。保护盖304可覆盖传感器芯片602的整个表面。

[0072] 图6B展示用于基于来自压力传感器的信号而唤醒移动装置和指纹传感器的反馈

机构的框图。处理620包含通过指纹传感器芯片(例如,指纹模块600的指纹传感器芯片602)检测来自顶盖上的手指的触摸(622)。响应于检测到的触摸,指纹传感器芯片602将唤醒或解锁信号传送到主处理器608以指示将装置解锁且启动指纹检测以向用户提供访问权的请求(624)。响应于所传送的唤醒或解锁信号,指纹传感器芯片602从主处理器接收指示装置被解锁且就绪的响应信号(626)。指纹传感器芯片602响应于从主处理器接收到所述响应信号而启动指纹检测。

[0073] 在一些实施方案中,检测来自手指的触摸可包含检测满足阈值压力值的预定量的压力的触摸。在一些实施方案中,除了满足阈值持续时间的预定时间周期之外,还必须满足所述压力阈值。此确保滤出任何无意的触摸,且装置不会被无意地解锁。在一些实施方案中,横向振动器可在不同的振荡振动中向手指提供触觉反馈,以向用户指示手指触摸已经成功将装置唤醒或解锁。

[0074] 已经描述了使用所揭示的自电容感测技术的指纹传感器装置(例如,指纹传感器100、400、500和600)的各种实施方案、实例和实施例。在此专利文献中描述的实施例使用像素放大的有源传感器像素阵列的自电容感测指纹传感器装置可以得到各种优点。举例来说,实施使用像素放大的有源传感器像素阵列的自电容感测指纹传感器装置与无源传感器像素相比可提高信噪比,而不需要直接的传感器像素激发和传感器信号放大。在传感器像素的扫描或读取期间,可使用激发或驱动信号 $V_{in}$  118来选择性地激发或驱动被扫描或读取的传感器像素行或列中的所有传感器像素。因为驱动被扫描或读取的所有传感器像素,所以所有读取或扫描的传感器像素用于传感器信号且因此增强信噪比。

[0075] 在另一实例中,在此专利文献中所描述的自电容感测指纹传感器装置不使用指纹传感器装置外部的激发电极来用于直接刺激手指。没有外部激发电极允许以下配置:整个指纹传感器装置可安置在移动装置的保护盖玻璃下方。玻璃下配置可保护指纹传感器装置免受外部条件和物体(包含手指、灰尘、湿气和其它有害物体)的影响。另外,玻璃下配置允许除了机械按钮设计之外的虚拟按钮设计。虚拟按钮具有较少的可潜在地折断的移动部分,且提供比简单的推动按钮更大数目的用户输入选项。举例来说,可使用不同的触摸手势实现虚拟按钮,包含轻触、挥扫、触摸并保持、多次轻敲等,从而指示不同的输入选项。

[0076] 尽管本专利文献含有许多细节,但是这些细节不应解释为限制任何发明或可以主张的内容的范围,而是对特定发明的特定实施例特有的特征的描述。本专利文献中在单独实施例的上下文中描述的某些特征也可以在单个实施例中组合实施。相反,在单个实施例的上下文中描述各个特征也可以单独地或在任何合适的子组合中在多个实施例中实施。此外,尽管特征可能在上文描述为在某些组合中起作用且甚至起初如此主张,但是来自所主张组合的一或多个特征在一些情况下可以从所述组合中删除,并且所主张组合可以针对子组合或子组合的变化。

[0077] 类似地,尽管在图中以特定次序描绘操作,但是这不应理解为需要按所示的特定次序或按连续次序执行此类操作,或执行所有所说明的操作以实现所希望的结果。此外,本专利文献中描述的实施例中的各种系统组件的分离不应理解为在所有实施例中需要此种分离。

[0078] 仅描述了几个实施方案和实例,并且可以基于本专利文献中描述和说明的内容做出其它实施方案、增强和变化。

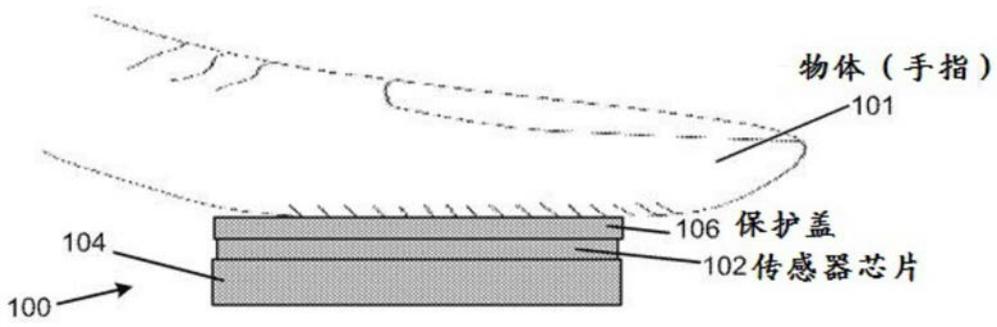


图1A

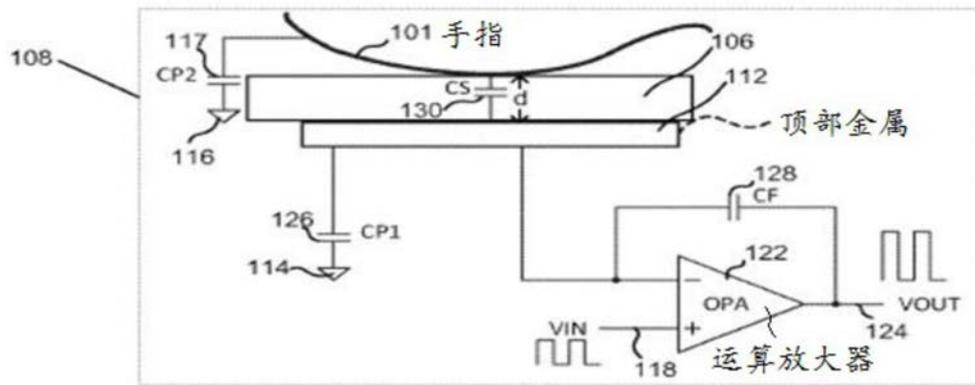


图1B

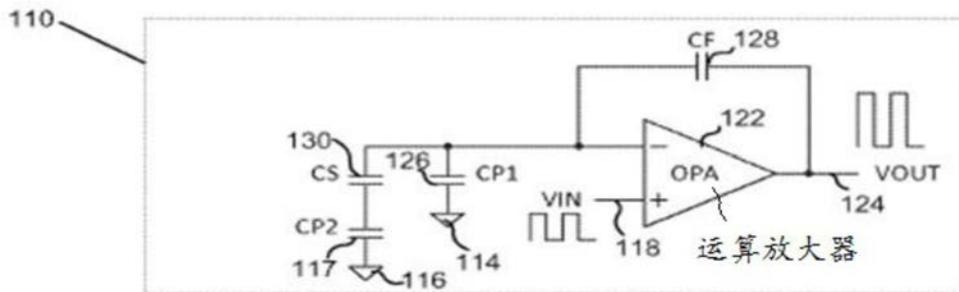


图1C



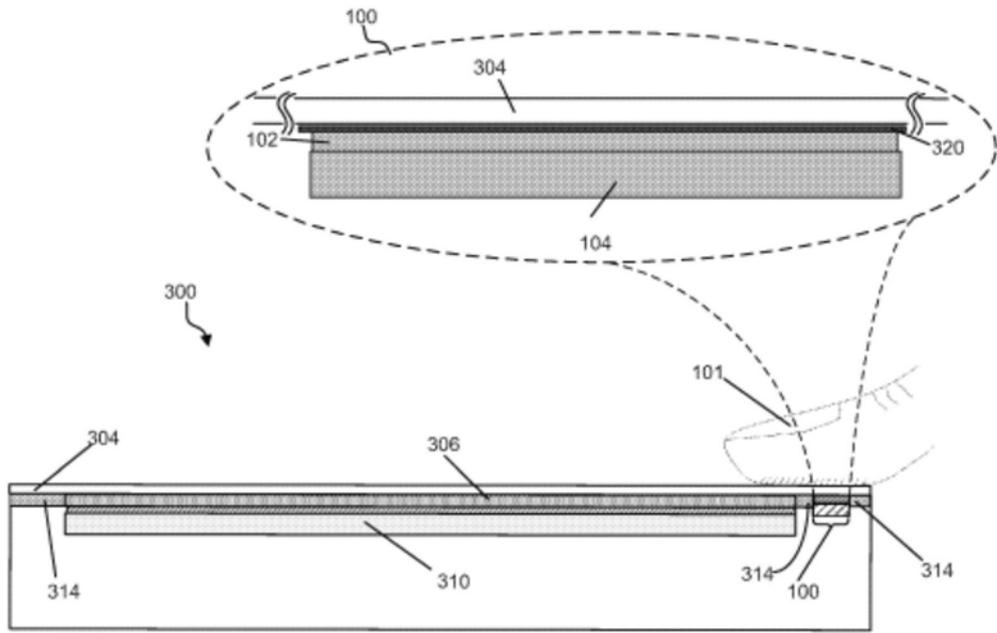


图3A

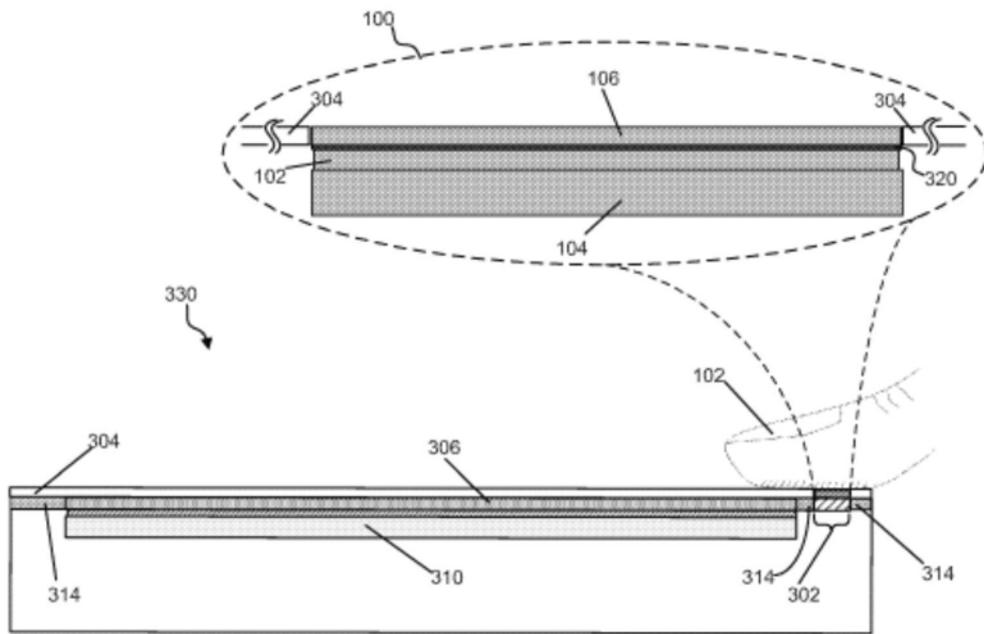


图3B

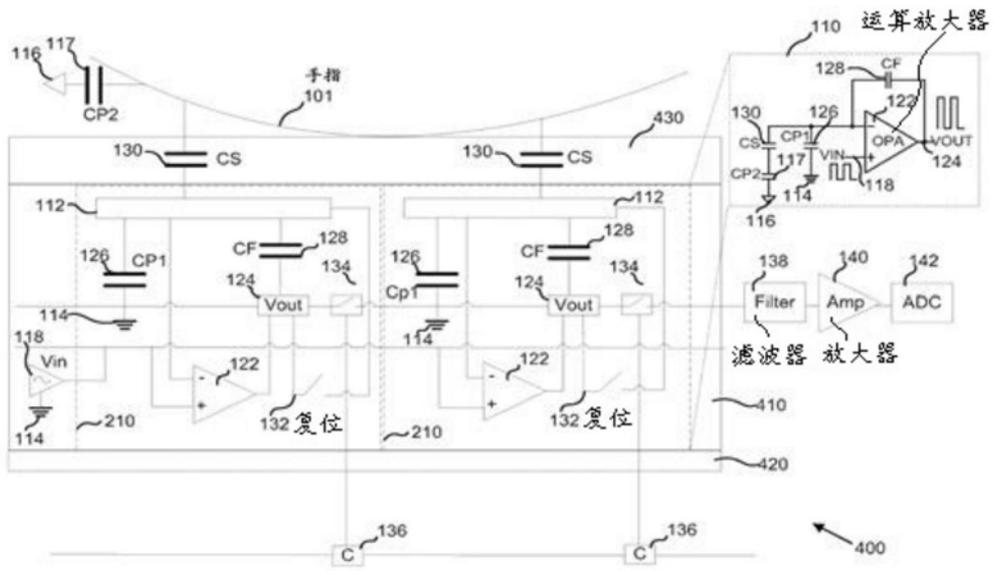


图4

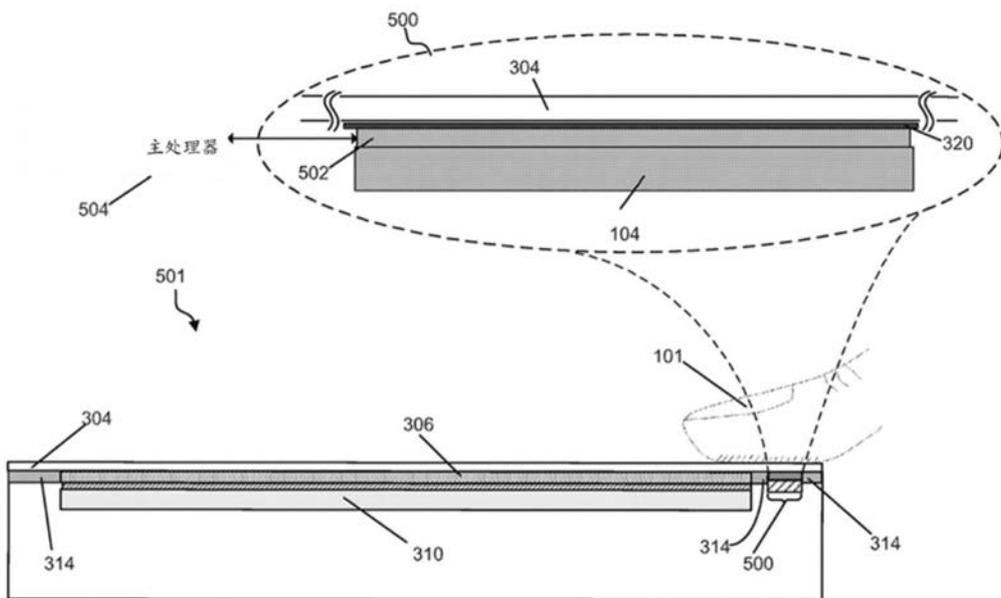


图5A

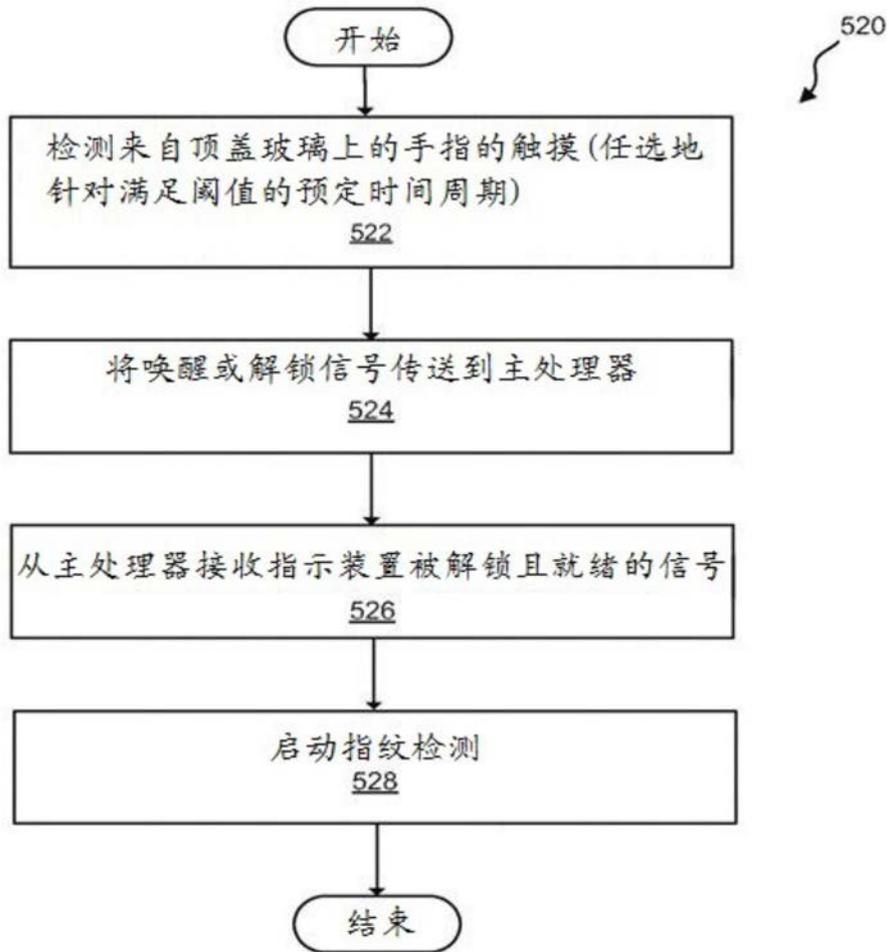


图5B

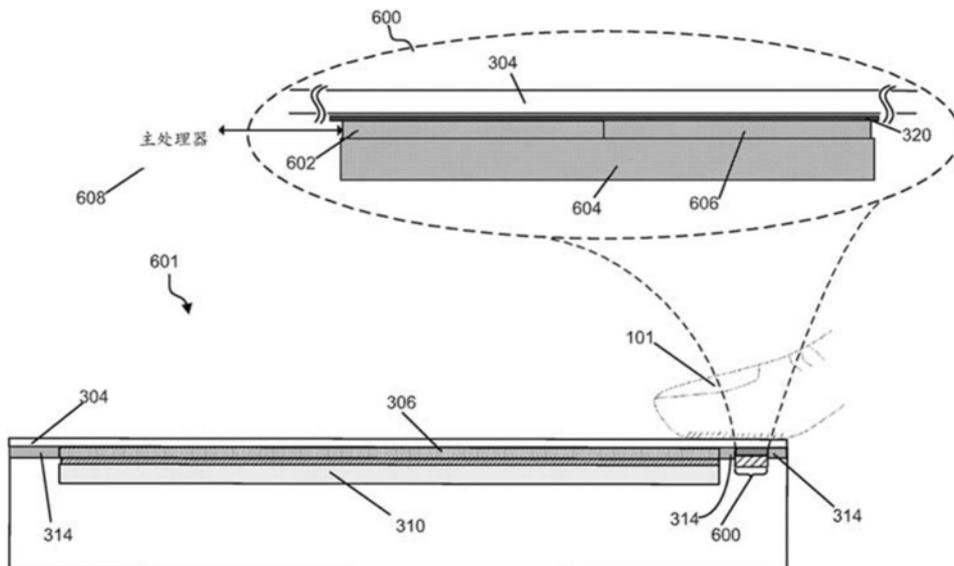


图6A

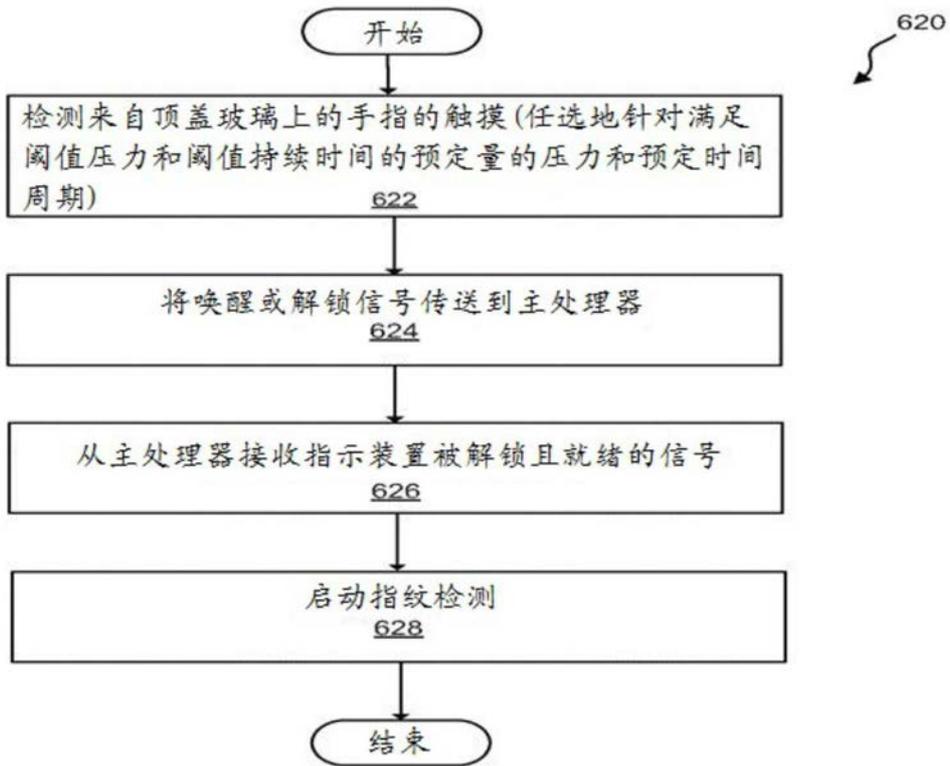


图6B