(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107728862 B
(45)授权公告日 2022.02.11

(21)申请号 201710680153.9

(22)申请日 2017.08.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107728862 A

(43)申请公布日 2018.02.23

(30)优先权数据
2016-157096 2016.08.10 JP

(73)专利权人 辛纳普蒂克斯公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 田中伸和 能登隆行 种村哲夫

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 臧霁晨 郑冀之

(51)Int.Cl.
G06F 3/044(2006.01)

(56)对比文件
CN 102214050 A,2011.10.12
CN 102981674 A,2013.03.20
WO 2013030966 A1,2013.03.07
US 2014125623 A1,2014.05.08
EP 2613221 A2,2013.07.10

审查员 王巧玲

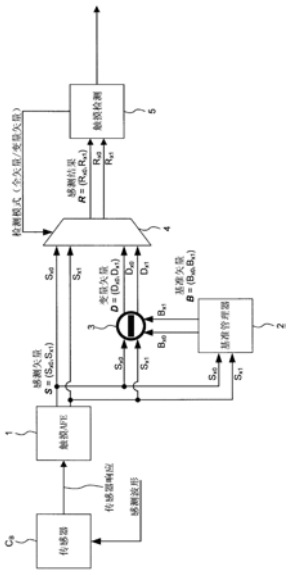
权利要求书3页 说明书17页 附图17页

(54)发明名称

触摸检测电路、触摸检测程序和触摸检测方法

(57)摘要

本发明涉及触摸检测电路、触摸检测程序和触摸检测方法。在通过测定与所施加的检测信号对应地从传感器电容得到的响应信号来感测导电物体向所述传感器电容的接近的触摸检测中，提高响应信号的S/N比。一种触摸检测电路，能够连接到变换电路和触摸判定电路，如以下那样构成。变换电路通过将响应信号变换到频域来计算检测信号的频率分量中的响应信号矢量。所述触摸检测电路具备用于保持基准矢量的基准矢量管理电路和矢量减法电路，计算从变换电路输入的响应信号矢量与所述基准矢量的差分矢量。触摸判定电路基于所计算的差分矢量来感测导电物体向传感器电容的接近。



CN 107728862 B

1.一种触摸检测电路,用于通过测定与所施加的检测信号对应地从传感器电容得到的响应信号来感测导电物体向所述传感器电容的接近,其中,

能连接到变换电路和触摸判定电路,

所述变换电路能通过将所述响应信号变换为频域表现来计算所述响应信号的与所述检测信号的频率分量对应的响应信号矢量,

所述触摸检测电路具备用于保持基准矢量的基准矢量管理电路、以及用于计算从所述变换电路输入的所述响应信号矢量和所述基准矢量的差分矢量的矢量减法电路,

所述触摸判定电路基于所述差分矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近。

2.根据权利要求1所述的触摸检测电路,其中,

所述触摸检测电路还具备用于将所述响应信号矢量和所述差分矢量之中的任一个供给到所述触摸判定电路的多路解调器。

3.根据权利要求1所述的触摸检测电路,其中,

所述触摸检测电路还具备用于计算与所述响应信号矢量的绝对值对应的响应信号标量值的第一绝对值计算电路、用于计算与所述差分矢量的绝对值对应的差分信号标量值的第二绝对值计算电路、以及用于将所述响应信号标量值和所述差分信号标量值之中的任一个供给到所述触摸判定电路的多路解调器。

4.根据权利要求1-3任意一项所述的触摸检测电路,其中,

所述触摸判定电路保持分别示出定义所述频域表现的二维空间中设定的基准矢量区域和触摸判定区域的基准矢量区域数据和触摸判定区域数据,在将与所述基准矢量区域的所述基准矢量对应的点作为起点时的所述差分矢量的终点处于所述触摸判定区域内时,判定为导电物体向所述传感器电容接近。

5.根据权利要求4所述的触摸检测电路,其中,

所述基准矢量区域为圆形,

触摸判定区域通过离所述基准矢量区域的中心的距离和从所述二维空间中规定的特定方向的方位角的每一个的范围来规定。

6.根据权利要求1-3任意一项所述的触摸检测电路,其中,

所述触摸检测电路还具备供给所述检测信号的检测信号驱动电路,

所述检测信号的基本频率比所述传感器电容的充放电时间常数的3倍的倒数高。

7.根据权利要求1-3任意一项所述的触摸检测电路,其中,

与所述变换电路形成在同一半导体基板上。

8.根据权利要求7所述的触摸检测电路,其中,

所述触摸判定电路进一步形成在所述半导体基板上。

9.一种存储介质,其储存触摸检测程序,所述触摸检测程序由处理器执行以便基于与所施加的检测信号对应地从传感器电容得到的响应信号来感测导电物体向所述传感器电容的接近,其中,所述触摸检测程序使所述处理器执行:

将所述响应信号变换为频域表现由此输入所述响应信号的所述检测信号的频率中的响应信号矢量的输入步骤;

进行所述响应信号矢量和基准矢量之间的减法来计算差分矢量的差分矢量计算步骤;以及

基于所述差分矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近的触摸判定步骤。

10.根据权利要求9所述的存储介质,其中,

所述触摸判定步骤能执行基于所述响应信号矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近的步骤,从而基于所述差分矢量或所述响应信号矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近。

11.根据权利要求9所述的存储介质,其中,所述触摸检测程序进一步使所述处理器执行:

计算与所述响应信号矢量的绝对值对应的响应信号标量值的第一绝对值计算步骤;

计算与所述差分矢量的绝对值对应的差分信号标量值的第二绝对值计算步骤;以及

用于将所述响应信号标量值和所述差分信号标量值之中的任一个供给到所述触摸判定步骤的选择步骤,

所述触摸判定步骤基于所述响应信号标量值或所述差分信号标量值来感测导电物体向所述传感器电容的接近。

12.根据权利要求9-11任意一项所述的存储介质,其中,所述触摸判定步骤保持分别示出定义所述频域表现的二维空间中设定的基准矢量区域和触摸判定区域的基准矢量区域数据和触摸判定区域数据,在将与所述基准矢量区域的所述基准矢量对应的点作为起点时的所述差分矢量的终点处于所述触摸判定区域内时,感测为导电物体向所述传感器电容接近。

13.根据权利要求12所述的存储介质,其中,

所述基准矢量区域为圆形,触摸判定区域通过离所述基准矢量区域的中心的距离和从所述二维空间中规定的特定方向的方位角的每一个的范围来规定。

14.根据权利要求9-11任意一项所述的存储介质,其中,

所述检测信号的基本频率比所述传感器电容的充放电时间常数的3倍的倒数高。

15.一种触摸检测方法,由信号处理电路或能执行程序的处理器执行以便基于与所施加的检测信号对应地从传感器电容得到的响应信号来感测导电物体向所述传感器电容的接近,其中,所述触摸检测方法具备:

将所述响应信号变换到频域由此计算所述响应信号的所述检测信号的频率中的响应信号矢量的傅里叶变换步骤;

进行所述响应信号矢量和基准矢量之间的减法来计算差分矢量的差分矢量计算步骤;以及

基于所述差分矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近的触摸判定步骤。

16.根据权利要求15所述的触摸检测方法,其中,

所述触摸判定步骤还包括基于所述响应信号矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近的步骤。

17.根据权利要求15所述的触摸检测方法,其中,所述触摸检测方法还具备:

计算与所述响应信号矢量的绝对值对应的响应信号标量值的第一绝对值计算步骤;

计算与所述差分矢量的绝对值对应的差分信号标量值的第二绝对值计算步骤;以及

用于将所述响应信号标量值和所述差分信号标量值之中的任一个供给到所述触摸判定步骤的选择步骤。

18.根据权利要求15-17任意一项所述的触摸检测方法,其中,

所述触摸判定步骤保持分别示出定义所述频域表现的二维空间中设定的基准矢量区域和触摸判定区域的基准矢量区域数据和触摸判定区域数据,在将与所述基准矢量区域的所述基准矢量对应的点作为起点时的所述差分矢量的终点处于所述触摸判定区域内时,判定为导电物体向所述传感器电容接近。

19.根据权利要求18所述的触摸检测方法,其中,

所述基准矢量区域为圆形,所述触摸判定区域通过离所述基准矢量区域的中心的距离和从所述二维空间中规定的特定方向的方位角的每一个的范围来规定。

20.根据权利要求15-17任意一项所述的触摸检测方法,其中,

所述检测信号的基本频率比所述传感器电容的充放电时间常数的3倍的倒数高。

触摸检测电路、触摸检测程序和触摸检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及触摸检测电路、触摸检测程序和触摸检测方法，特别是能够优选地利用于通过测定与所施加的检测信号对应地从传感器电容得到的响应信号来感测导电物体向所述传感器电容的接近的触摸检测。

背景技术

[0002] 在电容方式的触摸检测中存在自电容方式和互电容方式，但是，无论在哪种方式中，都向传感器电容施加规定的检测信号来对传感器电容和通过触摸而增减的电容分量进行充放电，接收与其对应地得到的响应信号，测定其大小，由此，检测触摸的有无。此时，提出了各种提高检测灵敏度的技术。

[0003] 例如在专利文献1中公开了互电容方式的触摸检测电路。使检测信号为矩形波并对与其上升沿对应的响应信号和与其下降沿对应的响应信号在彼此反转极性之后进行积分，由此，提高检测灵敏度。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1：日本特开2014-106864号公报。

发明内容

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 本发明人对专利文献1讨论的结果是，可以得知以下那样的新的课题。

[0009] 在专利文献1中，在使用矩形波作为检测信号的情况下，在使响应信号的极性反转的定时中存在充分的富余，但是，在使用正弦波、三角波等作为检测信号情况下，在使响应信号的极性反转的定时中没有充分的富余。当在使响应信号的极性反转的定时中没有充分的富余时，本来正侧的响应信号作为负侧的响应信号而积分，或者相反，本来负侧的响应信号作为正侧的响应信号而积分，其结果是，存在不能保持检测精度的情况。即，存在重叠于响应信号的相位噪声分量使检测精度劣化这样的问题。

[0010] 针对这样的问题，一般而言，为了将响应信号的相位变化抑制得充分小，而采用如下那样的设计：通过使检测信号的频率变低来抑制相位噪声分量对响应信号的振幅分量的贡献，即，通过限制频率区域来确保所需要的S/N(Signal/Noise，信号/噪声)比。

[0011] 本申请的发明人们进行了通过对响应信号进行傅里叶变换等来将振幅分量与相位分量分离而取出由此提高S/N比来提高检测灵敏度的发明，在本申请之前进行了专利申请(日本特愿2016-107263号；在本申请的申请时间点未公开)。

[0012] 本申请的发明人们进一步研究该想法，发现了以下那样的新的课题。

[0013] 图1是在频域中表现触摸检测用的响应信号(Sensor response，传感器响应)的矢量图。不限于触摸检测用的响应信号而是所有的信号都能够在将振幅(amplitude)和相位(phase)(或将实数轴和虚数轴)作为正交的轴的二维的频域中用矢量表现。此时，如所图示

的那样，与向传感器电容的触摸的有无对应地，振幅发生变化并且相位也发生变化。

[0014] 图2是示出响应信号矢量和矢量差分的矢量图。在存在向传感器电容的触摸的情况下的响应信号矢量和没有触摸的情况下的响应信号矢量中没有相位变化的情况下，振幅的差分为矢量差分(A delta of vector，矢量的变量)，并且为触摸检测时的信号分量。相当于仅以标量进行的触摸检测。由于将没有相位变化作为前提，所以限制检测信号的频率，使得不会发生相位变化或者即使发生也充分小到能够忽视的程度。再有，在图2中，明示了存在触摸的情况下的响应信号矢量和没有触摸的情况下的响应信号矢量重合的情况，为了区别2个矢量，将存在触摸的情况下的响应信号矢量变更为留白的宽度较宽的箭头来表现。

[0015] 图3是示出检测信号的频率低的情况下的响应信号矢量和矢量差分的矢量图。在检测信号的频率低的情况下，2个矢量的振幅的差分直接为矢量差分的大小。因此，在触摸检测中，利用仅振幅的差即可。

[0016] 图4是示出检测信号的频率高的情况下的响应信号矢量和矢量差分的矢量图。我们可以明确，当检测信号的频率变高时，2个矢量的相位差也变大，振幅分量的差分和矢量差分的大小之间的差变大。

[0017] 与向传感器电容的触摸的有无对应地，振幅发生变化，并且相位也发生变化，因此，应考虑矢量差分全体为信号分量。对此，当仅取出振幅分量来检测触摸的有无时，忽视相位分量的变化，由此，该部分的信号分量减少而S/N比降低。

[0018] 本发明的目的在于提高响应信号的S/N比。

[0019] 在以下说明了用于解决这样的课题的方案，但是其他的课题和新的特征从本说明书的记述和附图变得显而易见。

[0020] 用于解决课题的方案

[0021] 根据一个实施方式，如下述那样。

[0022] 即，一种触摸检测电路，其用于通过测定与所施加的检测信号对应地从传感器电容得到的响应信号来感测导电物体向所述传感器电容的接近，其能够连接到变换电路和触摸判定电路，如以下那样构成。

[0023] 变换电路通过将响应信号变换到频域来计算检测信号的频率中的响应信号矢量。所述触摸检测电路具备用于保持基准矢量的基准矢量管理电路和矢量减法电路，计算从变换电路输入的响应信号矢量和所述基准矢量的差分矢量。触摸判定电路基于所计算的差分矢量来感测导电物体向传感器电容的接近。

[0024] 发明效果

[0025] 简单地说明通过所述一个实施方式所得到的效果的话，如以下那样。

[0026] 即，能够提高响应信号的S/N比。

附图说明

[0027] 图1是在频域中表现触摸检测用的响应信号的矢量图。

[0028] 图2是示出响应信号矢量和矢量差分的矢量图。

[0029] 图3是示出检测信号的频率低的情况下的响应信号矢量和矢量差分的矢量图。

[0030] 图4是示出检测信号的频率高的情况下的响应信号矢量和矢量差分的矢量图。

[0031] 图5是示出本发明的触摸检测电路的一个构成例的框图。

[0032] 图6是简单地示出电容方式的触摸检测的原理的说明图。

[0033] 图7是示出在本发明的触摸检测电路中改变了检测信号的频率的情况下的触摸检测电路的特性的特性图。

[0034] 图8是示出在本发明的触摸检测电路中改变了检测信号的频率的情况下的响应信号的强度的特性图。

[0035] 图9是示出本发明的触摸检测电路的另一构成例的框图。

[0036] 图10是在说明本发明的触摸判定电路中的触摸判定算法的原理之上特别地用于示出真正存在触摸的区域的说明图。

[0037] 图11是在说明本发明的触摸判定电路中的触摸判定算法的原理之上特别地用于示出在忽视相位信息而仅通过绝对值判定触摸的有无的情况下的触摸判定区域的说明图。

[0038] 图12是在说明本发明的触摸判定电路中的触摸判定算法的原理之上特别地用于示出在将相位信息与绝对值组合来判定触摸的有无的情况下的触摸判定区域的说明图。

[0039] 图13是示出在触摸判定电路中确定辐角遮蔽(mask)的校准处理的一例的流程图。

[0040] 图14是示出由触摸判定电路执行的触摸判定处理的一例的流程图。

[0041] 图15是确定辐角遮蔽的校准处理用的说明图。

[0042] 图16是用于说明触摸判定处理的判定顺序的说明图。

[0043] 图17是示意性地示出互电容方式的触摸面板和触摸控制器的构成例的框图。

[0044] 图18是示意性地示出自电容方式的触摸面板和触摸控制器的构成例的框图。

[0045] 图19是示出装载于本发明的触摸检测电路的变换电路(Touch AFE,触摸AFE)1的基本的工作的说明图。

具体实施方式

[0046] 1.实施方式的概要

[0047] 首先,针对在本申请中公开的代表性的实施方式说明概要。在针对代表性的实施方式的概要说明中标注括弧来参照的附图中的参照符号仅例示标注其的构成要素的概念所包括的内容。

[0048] 〔1〕[基准管理器(Baseline Manager)]+[矢量减法电路]

[0049] 一种触摸检测电路,其通过测定与所施加的检测信号(Sensing Wave,感测波形)对应地从传感器电容(C_B)得到的响应信号(Sensor Response,传感器响应)来感测导电物体向所述传感器电容的接近,如以下那样构成。

[0050] 触摸检测电路能够连接到变换电路(1)和触摸判定电路(5)。

[0051] 所述变换电路能够通过将所述响应信号变换为频域表现来计算所述响应信号的与所述检测信号的频率分量对应的响应信号矢量(Sensed Vector,S＝(Sx0,Sx1))。

[0052] 所述触摸检测电路具备用于保持基准矢量(Baseline Vector,B＝(Bx0,Bx1))的基准矢量管理电路(2)、以及用于计算从所述变换电路输入的所述响应信号矢量和所述基准矢量的差分矢量(Delta Vector,D＝(Dx0,Dx1))的矢量减法电路(3)。

[0053] 所述触摸判定电路基于所述差分矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近。

[0054] 由此,能够实质上提高响应信号的S/N比,从而提高触摸检测的灵敏度。

[0055] 〔2〕:〔1〕+[Demax]

[0056] 在〔1〕中，所述触摸检测电路还具备用于将所述响应信号矢量和所述差分矢量之中的任一个供给到所述触摸判定电路的多路解调器(4)。

[0057] 由此，在生成基准矢量以前，或者在基准矢量暂时地不适于使用时，能够切换为使用响应信号矢量的触摸检测。

[0058] 〔3〕:〔1〕+[响应信号矢量用绝对值电路]+[差分矢量用绝对值电路]+[Demax]

[0059] 在〔1〕中，所述触摸检测电路还具备用于计算与所述响应信号矢量的绝对值对应的响应信号标量值的第一绝对值计算电路(6)、用于计算与所述差分矢量的绝对值对应的差分信号标量值的第二绝对值计算电路(7)、以及用于将所述响应信号标量值和所述差分信号标量值之中的任一个供给到所述触摸判定电路的多路解调器(4)。

[0060] 由此，能够减少供给到触摸判定电路的数据的量。此外，还能够与不使用响应信号的相位分量而仅使用振幅分量的以往的触摸判定电路相连接。此时，即使触摸判定电路为以往方式，因为所供给的数据为差分信号的标量值，所以已经将响应信号的相位分量编入完毕，与响应信号的仅振幅分量的情况相比，S/N比也提高。

[0061] 〔4〕:〔1〕+[触摸检测(Touch Detection)]

[0062] 在〔1〕中，所述触摸判定电路保持分别示出定义所述频域表现的二维空间中设定的基准矢量区域和触摸判定区域的基准矢量区域数据和触摸判定区域数据，在将与所述基准矢量区域的所述基准矢量对应的点作为起点时的所述差分矢量的终点处于所述触摸判定区域内时，判定为导电物体向所述传感器电容接近。

[0063] 由此，能够通过简略的电路实现触摸判定。

[0064] 〔5〕触摸判定区域

[0065] 在〔4〕中，所述基准矢量区域为圆形，触摸判定区域通过离所述基准矢量区域的中心的距离(radius)和从所述二维空间中规定的特定方向的方位角(azimuth)的每一个的范围来规定。

[0066] 由此，能够通过进一步简略的电路实现触摸判定。

[0067] 〔6〕提高检测信号的频率

[0068] 在从〔1〕至〔5〕之中的任一项中，所述触摸检测电路还具备供给所述检测信号的检测信号驱动电路(101)，所述检测信号的基本频率(f_k)比所述传感器电容的充放电时间常数的3倍的倒数($1/(3\times R_B \cdot C_B)$)高。

[0069] 由此，能够进一步提高S/N比。这是因为由于能够在比从环境外来的噪声电平高的频率区域更高的频率区域中设定检测信号的频率，所以能够抑制噪声电平。另一方面，当使检测信号的频率变高时，虽然响应信号的相位分量变大，但是由于将包括振幅分量和相位分量两方的矢量用作信号分量，所以S/N比中的信号分量不会降低。因此，S/N比进一步提高。

[0070] 〔7〕触摸控制器IC

[0071] 在从〔1〕至〔6〕之中的任一项中，所述触摸检测电路与所述变换电路一起形成在同一半导体基板上。

[0072] 由此，能够提供触摸检测灵敏度高的触摸控制器IC。

[0073] 〔8〕包括[触摸检测]的触摸控制器IC

[0074] 在〔7〕中，在所述半导体基板上进一步形成所述触摸判定电路。

[0075] 由此,能够提供触摸检测灵敏度高且高集成的触摸控制器IC。

[0076] 〔9〕触摸检测程序

[0077] 一种储存触摸检测程序的存储介质,所述触摸检测程序由处理器(401)执行以便基于与所施加的检测信号(Sensing Wave)对应地从传感器电容(C_B)得到的响应信号(Sensor Response)来感测导电物体向所述传感器电容的接近,触摸检测程序在被执行时使处理器(401)执行以下的各步骤。

[0078] 将所述响应信号变换为频域表现,由此输入所述响应信号的与所述检测信号的频率分量对应的响应信号矢量(Sensed Vector,S=(Sx0,Sx1))的输入步骤。

[0079] 进行所述响应信号矢量和基准矢量(Baseline Vector,B=(Bx0,Bx1))之间的减法(3)来计算差分矢量(Delta Vector,D=(Dx0,Dx1))的差分矢量计算步骤。

[0080] 基于所述差分矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近的触摸判定步骤(5)。

[0081] 由此,能够实质上提高响应信号的S/N比,从而提高触摸检测的灵敏度。

[0082] 〔10〕:〔9〕+[Demax]

[0083] 在〔9〕中记载的记录介质中,所述触摸判定步骤能够执行基于所述响应信号矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近的步骤,从而基于所述差分矢量或所述响应信号矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近。

[0084] 由此,在生成基准矢量以前,或在基准矢量暂时地不适于使用时,能够用使用响应信号矢量的触摸检测代替。

[0085] 〔11〕:〔9〕+[响应信号矢量用绝对值计算]+[差分矢量用绝对值计算]+[Demax]

[0086] 在〔9〕中,所述触摸检测程序构成为还包括以下的各步骤。

[0087] 计算与所述响应信号矢量的绝对值对应的响应信号标量值(6)的第一绝对值计算步骤。

[0088] 计算与所述差分矢量的绝对值对应的差分信号标量值(7)的第二绝对值计算步骤。

[0089] 用于将所述响应信号标量值和所述差分信号标量值之中的任一个供给到所述触摸判定步骤的选择步骤(4)。

[0090] 此时,所述触摸判定步骤基于所述响应信号标量值或所述差分信号标量值来感测导电物体向所述传感器电容的接近。

[0091] 由此,能够减少供给到触摸判定步骤的数据的量。此外,能够组合不使用响应信号的相位分量而仅使用振幅分量的以往的触摸判定程序。此时,即使触摸判定程序为以往方式,因为所供给的数据为差分矢量的标量值,所以已经将响应信号矢量的相位分量编入完毕,与仅响应信号的振幅分量的情况相比,S/N比也提高。

[0092] 〔12〕:〔9〕+[Touch Detection]

[0093] 在〔9〕中记载的记录介质中,所述触摸判定步骤保持分别示出定义所述频域表现的二维空间中设定的基准矢量区域和触摸判定区域的基准矢量区域数据和触摸判定区域数据,在将与所述基准矢量区域的所述基准矢量对应的点作为起点时的所述差分矢量的终点处于所述触摸判定区域内时,判定为导电物体向所述传感器电容接近。

[0094] 由此,能够通过简略的算法实现触摸判定。

[0095] 〔13〕:〔12〕+[触摸检测]

[0096] 在〔12〕中记载的存储介质中,所述基准矢量区域为圆形,触摸判定区域通过离所述基准矢量区域的中心的距离(radius)和从所述二维空间中规定的特定方向的方位角(azimuth)的每一个的范围来规定。

[0097] 由此,能够通过进一步简略的算法实现触摸判定。

[0098] 〔14〕提高检测信号的频率

[0099] 在从〔9〕至〔13〕之中的任一项所记载的存储介质中,所述检测信号的基本频率比所述传感器电容的充放电时间常数的3倍的倒数高。

[0100] 由此,能够进一步提高S/N比。这是因为由于能够在比从环境外来的噪声电平高的频率区域更高的频率区域中设定检测信号的频率,所以能够抑制噪声电平。另一方面,当使检测信号的频率变高时,虽然响应信号的相位分量变大,但是由于将包括振幅分量和相位分量两方的矢量用作信号分量,所以S/N比中的信号分量不会降低。因此,S/N比进一步提高。

[0101] 〔15〕触摸检测方法=[傅里叶变换]+[差分矢量计算]+[触摸判定]

[0102] 一种触摸检测方法,由信号处理电路或能够执行程序的处理器(401)执行以便基于与所施加的检测信号(Sensing Wave)对应地从传感器电容(C_B)得到的响应信号(Sensor Response)来感测导电物体向所述传感器电容的接近,被构成为包括以下的各步骤。

[0103] 将所述响应信号变换为频域表现(1),由此计算所述响应信号的与所述检测信号的频率分量对应的响应信号矢量(Sensed Vector,S=(Sx0,Sx1))的傅里叶变换步骤。

[0104] 进行所述响应信号矢量和基准矢量(Baseline Vector,B=(Bx0,Bx1))之间的减法(3)来计算差分矢量(Delta Vector,D=(Dx0,Dx1))的差分矢量计算步骤。

[0105] 基于所述差分矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近的触摸判定步骤(5)。

[0106] 由此,能够实质上提高响应信号的S/N比,从而提高触摸检测的灵敏度。

[0107] 〔16〕:〔15〕+[Demax]

[0108] 在〔15〕中记载的触摸检测方法中,所述触摸判定步骤还包括基于所述响应信号矢量来感测导电物体向所述传感器电容的接近的步骤。

[0109] 由此,在生成基准矢量以前,或者在基准矢量暂时地不适于使用时,能够用使用响应信号矢量的触摸检测方法代替。

[0110] 〔17〕:〔15〕+[响应信号矢量用绝对值计算]+[差分矢量用绝对值计算]+[Demax]

[0111] 在〔15〕中,所述触摸检测方法构成为还包括以下的各步骤。

[0112] 计算与所述响应信号矢量的绝对值对应的响应信号标量值(6)的第一绝对值计算步骤。

[0113] 计算与所述差分矢量的绝对值对应的差分信号标量值(7)的第二绝对值计算步骤。

[0114] 用于将所述响应信号标量值和所述差分信号标量值之中的任一个供给到所述触摸判定步骤的选择步骤(4)。

[0115] 由此,能够减少供给到触摸判定步骤的数据的量。此外,能够组合不使用响应信号的相位分量而仅使用振幅分量的以往的触摸判定程序。此时,即使触摸判定程序为以往方

式,因为所供给的数据为差分矢量的标量值,所以已经将响应信号矢量的相位分量编入完毕,与响应信号的仅振幅分量的情况相比,S/N比也提高。

[0116] 〔18〕:〔15〕+[触摸检测]

[0117] 在〔15〕中记载的触摸检测方法中,所述触摸判定步骤保持分别示出定义所述频域表现的二维空间中设定的基准矢量区域和触摸判定区域的基准矢量区域数据和触摸判定区域数据,在将与所述基准矢量区域的所述基准矢量对应的点作为起点时的所述差分矢量的终点处于所述触摸判定区域内时,判定为导电物体向所述传感器电容接近。

[0118] 由此,能够通过简略的算法实现触摸判定。

[0119] 〔19〕:〔18〕+[触摸检测]

[0120] 在〔18〕中记载的触摸检测方法中,所述基准矢量区域为圆形,所述触摸判定区域通过离所述基准矢量区域的中心的距离(radius)和从所述二维空间中规定的特定方向的方位角(azimuth)的每一个的范围来规定。

[0121] 由此,能够通过进一步简略的算法实现触摸判定。

[0122] 〔20〕提高检测信号的频率

[0123] 在从〔15〕至〔19〕之中的任一项所记载的触摸检测方法中,所述检测信号的基本频率比所述传感器电容的充放电时间常数的3倍的倒数高。

[0124] 由此,能够进一步提高S/N比。这是因为由于能够在比从环境外来的噪声电平高的频率区域更高的频率区域中设定检测信号的频率,所以能够抑制噪声电平。另一方面,当使检测信号的频率变高时,虽然响应信号的相位分量变大,但是由于将包括振幅分量和相位分量两方的矢量用作信号分量,所以S/N比中的信号分量不会降低。因此,S/N比进一步提高。

[0125] 2.实施方式的细节

[0126] 对实施方式进一步详述。

[0127] 〔实施方式1〕

[0128] 图5是示出本发明的触摸检测电路的一个构成例的框图。本发明的触摸检测电路通过测定与所施加的检测信号(Sensing Wave)对应地从传感器电容(也称为传感器节点)C_B得到的响应信号(Sensor Response)来感测导电物体向传感器电容C_B的接近。触摸检测电路具备基准矢量管理电路(Baseline Manager)2、矢量减法电路3、以及多路解调器4,连接到变换电路(Touch AFE:Touch Analog Front End,触摸模拟前端)1和触摸判定电路(Touch Detection)5。再有,图5所图示的信号为由一条或多条布线构成的1～多位的数字信号,但是省略了总线标记。这一点针对在本申请中公开的其他的实施方式和引用的其他的框图等也是同样的。

[0129] 变换电路(Touch AFE)1将响应信号(Sensor Response)变换到频域,由此计算检测信号(Sensing Wave)的基本频率中的响应信号矢量(Sensed Vector,S＝(Sx0,Sx1))。例如,能够由A/D(Analog to Digital,模拟到数字)变换电路和傅里叶变换电路构成。

[0130] 基准矢量管理电路(Baseline Manager)2保持基准矢量(Baseline Vector,B＝(Bx0,Bx1))。基准矢量(Baseline Vector)是指在手指等导电物体未向传感器电容C_B接近的状态下的与响应信号(Sensor Response)对应的响应信号矢量(Sensed Vector)。基准矢量(Baseline Vector)由传感器电容C_B的电容值等触摸面板的电气特性决定,依赖于触摸

面板的制造偏差并因电源电压、温度等环境的影响而变动，因此，在启动等机会时被初始化，之后随时更新。

[0131] 矢量减法电路3计算作为响应信号矢量(Sensed Vector)与基准矢量(Baseline Vector)的差分的差分矢量(Delta Vector,D＝(Dx0,Dx1))。

[0132] 触摸判定电路(Touch Detection)5基本上基于该差分矢量(Delta Vector)来感测导电物体向传感器电容C_B的接近。

[0133] 由此，与仅基于响应信号(Sensor Response)的振幅分量的触摸检测相比，能够实质上提高S/N比，从而提高触摸检测的灵敏度。这是因为，如图3、4所示，与响应信号矢量(Sensed Vector)和基准矢量(Baseline Vector)的仅振幅分量的差相比，作为矢量的差分，S/N比的信号分量S更大。

[0134] 如图5所示，当触摸检测电路还具备多路解调器4时，是优选的。多路解调器(demultiplexer)4将响应信号矢量(Sensed Vector)和差分矢量(Delta Vector)之中的任一个供给到触摸判定电路(Touch Detection)5。例如，在触摸判定电路5作为判定模式(Detection Mode)而指定全矢量(Full vector)时，选择响应信号矢量(Sensed Vector)，在指定差分矢量(Delta Vector)时，选择差分矢量(Delta Vector)作为响应结果矢量(Sensed Result,R＝(Rx0,Rx1))来供给到触摸判定电路5。

[0135] 由此，在生成基准矢量(Baseline Vector)以前，或者在基准矢量暂时地不适于使用时，能够切换为使用响应信号矢量(Sensed Vector)的触摸检测。

[0136] 针对通过本发明所取得的效果详细地说明。

[0137] 在触摸检测电路中，由导电物体向传感器电容C_B的接近(即，触摸的有无)所造成的响应信号的差分矢量(Delta Vector)具有与检测条件对应的振幅(Amplitude)和辐角(Argument)。也就是说，能够通过使用响应信号的差分矢量的辐角信息而利用于针对悬停(hover)等振幅变化较少的现象的噪声和真正的信号的分离、从差分矢量的时间变化检测从悬停向触摸着地的状态转变。

[0138] 图6是简单地示出电容方式的触摸检测的原理的说明图。向传感器电容C_B施加检测信号(Sensing Wave)并测定其响应信号(SensorResponse)，由此，感测导电物体向传感器电容C_B的接近。电阻R_B是将在从检测信号(Sensing Wave)到达响应信号(Sensor Response)的信号传播路径中分散的电阻分量作为集中常数的电阻而等价地表示的电阻。当手指等导电物体接近于传感器电容C_B时，周围的电场受到影响而使传感器电容C_B的值发生变化。在图6中，示出为电容C_f并联连接，但是，变化的方向不限于增加方向。C_B、C_f、R_B的符号被用作为了指示电容、电阻这样的元件而标注的符号，并且表示每一个的值。

[0139] 检测信号(Sensing Wave)的波形为任意的，但是，其基本频率为f_k，角频率为$\omega＝2\pi f_k$。从检测信号(Sensing Wave)到达响应信号(Sensor Response)的信号传播路径具有传感器电容C_B的充放电时间常数$\tau_B＝R_B \cdot C_B$，由于导电物体的接近而变化为时间常数$\tau_B＝R_B \cdot (C_B+C_f)$。

[0140] 图7是示出在本发明的触摸检测电路中改变了检测信号的频率的情况下的、触摸检测电路的特性的特性图。

[0141] 横轴为电容比(Capacitance Ratio)a(＝C_f/C_B)。完全没有导电物体的状态为电容比a＝0，导电物体越靠近，此外，导电物体越大，则电容比a变大。电容比a从更小的一方按顺

序称为“区域1”、“区域2”、“区域3”。上侧的图形的纵轴为差分矢量(Delta Vector)的标准化后的振幅(Normalized Amplitude)，下侧的图形的纵轴为差分矢量(Delta Vector)的辐角(Argument)。

[0142] 将检测信号(Sensing Wave)的角频率ω和时间常数$\tau_B=R_B\cdot C_B$的积作为参数，示出了$\omega\tau_B=1/4$、1/2、1、2四种情况。

[0143] 针对由于导电物体靠近所造成的响应信号的差分矢量(Delta Vector)的变化的特征进行说明。

[0144] 如区域1所示，在物体较小或较远而电容的变化较小的情况下，具有与检测信号的角频率ω对应的辐角，振幅与电容比a成比例地变化。

[0145] 在导电物体进一步靠近乃至接触而电容比a变为某一程度的大小的情况下，如区域2所示，不仅振幅与电容比a成比例而且辐角也变化。

[0146] 在更大的物体靠近乃至接触而具有巨大的电容变化而电容比a变得非常大的情况下，如区域3所示，相对于电容比a的增加，振幅饱和，仅辐角发生变化。

[0147] 像这样，能够从与电容的变化量(电容比a)对应的差分矢量的特征而检测与导电物体的距离的变化，或者检测远或小的导电物体。

[0148] 进而，通过将检测信号(Sensing Wave)的角频率ω设定为比以往高的频率，从而特别是在辐角的变化的贡献较大的情况下，能够更高效率地检测由触摸有无所造成的响应信号的变化。

[0149] 图8是示出在本发明的触摸检测电路中改变了检测信号的频率的情况下的、响应信号的强度的特性图。横轴为检测信号(Sensing Wave)的频率f_k。不是角频率ω而是采用频率f_k，示出了千赫(kHz)单位的绝对值。纵轴为利用响应信号的差分矢量(Delta Vector)的检测(Vector sensing)和振幅检测(Amplitude sensing)的检测信号的比。在利用响应信号的差分矢量(Delta Vector)的检测(Vector sensing)的情况下，在求取作为响应信号矢量(Sensed Vector)和基准矢量(Baseline Vector)的在矢量空间内的差分的差分矢量(Delta Vector)之后，其绝对值成为检测信号。另一方面，在振幅检测(Amplitude sensing)中，响应信号矢量(Sensed Vector)和基准矢量(Baseline Vector)的每一个的绝对值的差为检测信号。

[0150] 可以得知，在超过100kHz的高的频率区域中，进行利用响应信号的差分矢量(Delta Vector)的检测(Vector sensing)与振幅检测(Amplitudesensing)相比，能够得到更大的信号量。该例子采用$\tau_B=1/500$kHz，在以往的振幅检测(Amplitude sensing)中，检测信号(Sensing Wave)的频率f_k的上限为约160kHz。另一方面，在本发明中，能够采用超过它的频率的检测信号(Sensing Wave)，由此，与振幅检测(Amplitude sensing)的情况相比，能够得到更大的信号量，从而能够实质上提高S/N比，而提高触摸检测的灵敏度。

[0151] 本申请的发明人们进一步针对检测信号(Sensing Wave)的频率f_k进行了研究。由于在“发明要解决的课题”中叙述的那样的理由，以往的检测信号的频率为了减少相位噪声而被限制为比较低的频率。例如，从通过检测信号驱动电路的输出电阻或检测电路的输入电阻和传感器电容的积所提供的检测对象具有的时间常数所计算的截止频率为500kHz～1MHz，因此，一般认为，关于检测信号的频率，约160kHz为上限。该上限的频率相当于时间常数的约3倍的倒数。以往的检测电路基于时间区域中的检测原理而不是频率区域，因此，被

理解为由积分电路构成。使检测信号为阶跃波形，此时的阶跃响应波形一般通过e＝e0(1-exp(-t/τ))表现。即，在时刻t＝τ，响应波形e达到全振幅e0的63.2％(1-exp(-1))，在时刻t＝2τ，达到86.5％(1-exp(-2))，在时刻t＝3τ，达到95.0％(1-exp(-3))。在使积分电路中的积分时间为时间常数的3倍时，观测到全振幅的95.0％的振幅值，此时的误差-5.0％为大体可容许的误差的上限。因此，由于从通过检测信号驱动电路的输出电阻或检测电路的输入电阻和传感器电容的积所提供的检测对象具有的时间常数所计算的截止频率为500kHz～1MHz，所以关于检测信号的频率，被计算为其时间常数的3倍的倒数，以约160kHz为上限。

[0152] 对此，在放置触摸传感器的环境中，从装载于电源电路、充电器的开关式稳压器所发生的电源噪声为50kHz～100kHz等经由进行触摸操作的用户等人体的噪声的频率的大部分都集中于不足1MHz。

[0153] 因此，通过使检测信号(Sensing Wave)的频率f_k为超过100kHz的高的频率，特别是超过传感器电容C_B的充放电时间常数τ_B的3倍的倒数(1/(3×τ_B))的频率，例如超过160kHz的频率，从而能够采用集中于不足1MHz的50kHz～100kHz的电源噪声不存在或者噪声电平极其小的频率区域。由此，S/N比的噪声分量N变小，能够进一步提高S/N比，从而提高触摸检测的灵敏度。

[0154] 〔实施方式2〕

[0155] 图9是示出本发明的触摸检测电路的另一构成例的框图。除了图5所示的触摸检测电路之外，还具备用于计算与响应信号矢量(Sensed Vector,S＝(Sx0,Sx1))的绝对值|S|对应的响应信号标量值的绝对值计算电路6、以及用于计算与差分矢量(Delta Vector,D＝(Dx0,Dx1))的绝对值|D|对应的差分信号标量值的绝对值计算电路7。伴随此，多路解调器4将所计算的响应信号标量值或差分信号标量值中的任一个作为响应结果(Sensed Result,R)供给到触摸判定电路(Touch Detection)5。其他的构成和工作如在实施方式1中说明的那样，因此省略说明。

[0156] 再有，矢量(x0,x1)的绝对值在数学上通过x0分量的平方与x1分量的平方之和的平方根来定义，但是，响应信号标量值、差分信号标量值未必需要严密地依照该数学定义。响应信号标量值、差分信号标量值可以分别计算为响应信号矢量S和差分矢量D的范数(norm)。例如，既可以省略平方根，进而也可以代替平方和而使用矢量的要素的绝对值和。由此，绝对值计算电路6、7被简略化，能够抑制电路规模。在利用软件安装的情况下，也能够抑制执行步骤数。可是，在省略平方根的情况下，只要与其对应地对触摸检测算法进行若干调整即可，但是，在使用绝对值和的情况下，需要在评价起因于此的误差之上判断采用与否。

[0157] 由此，能够减少供给到触摸判定电路的数据的量。此外，还能够与不使用响应信号的相位分量而仅使用振幅分量的以往的触摸判定电路相连接。此时，即使触摸判定电路为以往方式，因为所供给的数据为差分信号的标量值，所以已经将响应信号的相位分量编入完毕，与仅响应信号的振幅分量的情况相比，S/N比也提高。

[0158] 〔实施方式3〕

[0159] 针对触摸判定电路(Touch Detection)5的工作进一步详细说明。

[0160] 图10～12是用于说明本发明的触摸判定电路中的触摸判定算法的原理的说明图。在图10～图12的全部中，检测信号(Sensing wave)的用基本频率f_k的频域表现在通过实数

轴x0和虚数轴x1规定的二维空间中表示。向触摸判定电路(Touch Detection)5基本上输入响应信号的差分矢量(Delta Vector,D＝(Dx0,Dx1))，但是，通过与基准矢量(Baseline Vector,B＝(Bx0,Bx1))的关系示出。

[0161] 在图10中示出了基准矢量区域(An area of baseline)10、真正的触摸存在的区域(An area of touch exists)11、以及真正的触摸的相位反转现象存在的区域(An area ofinvert-phase phenomena exists)12。基准矢量区域10是在将基准矢量(Baseline Vector,B＝(Bx0,Bx1))的起点作为原点时基准矢量的终点能存在的区域。在本实施方式中，基准矢量区域10为圆形的区域。真正的触摸存在的区域11和真正的触摸的相位反转现象存在的区域12能够为通过离基准矢量区域10的中心一定范围的距离(绝对值)和从该二维空间中规定的特定的参照方向(例如，实数轴x0的方向)的一定范围的方位角所规定的区域。

[0162] 在图11中示出了在忽视相位信息而仅通过绝对值来判定触摸的有无的情况下的、触摸判定区域(An area of touch may exists)21、以及针对相位反转现象的触摸判定区域(An area of invert-phase phenomena may exists)22。无论哪个都通过离基准矢量区域10的中心的距离(distance)的范围来规定，都呈甜甜圈状而不存在明确的边界。触摸判定区域21和22被设定为包括真正的触摸存在的区域11和真正的触摸的相位反转现象存在的区域12。

[0163] 在图12中示出了在将相位信息与绝对值组合来判定触摸的有无的情况下的、触摸判定区域(An area of touch may exists)31和针对相位反转现象的触摸判定区域(An area of invert-phase phenomena mayexists)32，进而示出了非触摸判定区域(An area of touch never exists)33。关于触摸判定区域31和针对其相位反转现象的触摸判定区域32，无论哪个都通过离基准矢量区域10的中心的距离(distance)的范围和方位角(agimuth)的范围来规定。非触摸判定区域33通过与触摸判定区域31、32相同的距离的范围和触摸判定区域31、32的方位角的范围以外的方位角的范围来规定。即，将通过离基准矢量区域10的中心的距离的一定的范围所规定的甜甜圈状的区域之中的、真正的触摸确实不存在的区域作为非触摸判定区域33而除外，由此，规定触摸判定区域31、32。此时，触摸判定区域31和32被设定为分别包括真正的触摸存在的区域11和真正的触摸的相位反转现象存在的区域12。

[0164] 如果如图11所示那样设定触摸判定区域21和22来进行触摸判定，则如引用图7、8来说明的那样，进行利用响应信号的差分矢量(Delta Vector)的检测(Vector sensing)的结果是，与振幅检测(Amplitude sensing)的情况相比，S/N比提高，因此，能够提高触摸检测的灵敏度。

[0165] 进而，当如图12所示那样将相位信息与绝对值组合来判定触摸的有无时，能够除外真正的触摸确实不存在的区域33，因此，触摸检测的精度提高。将其称为“利用辐角遮蔽(argument-mask)的除外”。例如，即使起因于噪声的差分矢量(Delta Vector)的绝对值处于与触摸判定区域31、32相同的距离的范围内，差分矢量的辐角从该方位角的范围偏离，因此，能够避免错误地判定为触摸的误检测。

[0166] 图11的触摸判定算法无论在图5和图9所示的哪一个触摸检测电路中都能够采用，但是，为了进行图12的利用辐角遮蔽33的除外，需要采用图5的触摸检测电路。

[0167] 针对触摸判定电路(Touch Detection)5的安装例进行说明。上述的触摸判定算法通过例如由CPU执行的程序来实现。用于执行触摸判定的程序被分为确定辐角遮蔽33的校准和实际的触摸判定处理。

[0168] 图13是示出在触摸判定电路中确定辐角遮蔽33的校准处理的一例的流程图。

[0169] 首先,进行触摸/非触摸的数据收集(S1)。(在图中用英文标记为“collect touch and non-touch data(收集触摸和非触摸数据)”。)为了收罗能设想的全部的导电物体的接近状态,从导电物体的大小、离传感器电容C_B的距离、温度、电源电压、噪声环境等通过实验等预先确定所需要的数量的代表性的触摸样本、非触摸样本即可。

[0170] 接着,决定触摸数据存在的辐角的范围(S2)。(在图中用英文标记为“To define an argument range of touch exists(为了限定触摸存在的辐角范围)”。)

[0171] 图15是确定辐角遮蔽的校准处理用的说明图。将在第一步骤(S1)中收集的、与触摸样本对应的数据和与非触摸样本对应的数据映射到频域。首先,基于与非触摸样本对应的数据来规定基准矢量区域10。接着,通过基准矢量区域10而规定对与触摸样本对应的数据存在的区域41和由其相位反转现象所造成的数据存在的区域42的边界进行规定的2条直线51和52。从由该2条直线所规定的辐角的范围规定辐角遮蔽33。辐角遮蔽33被规定为包括适当的余量(margin)即可。

[0172] 图14是示出由触摸判定电路执行的触摸判定处理的一例的流程图。针对所输入的差分矢量(Delta Vector,D＝(Dx0,Dx1))执行以下的处理。

[0173] 首先,判定差分矢量的振幅是否比规定的阈值大(S11)。(在图中用英文标记为“amplitude is bigger than threshold?(振幅比阈值大?)”。)在此,规定的阈值是相当于假定以基准矢量区域10为中心的圆的情况下的到触摸判定区域31为止的半径(图12)的值,例如,在引用图13所说明的校准工作内,基于在第一步骤(S1)中收集的数据来规定。

[0174] 其结果是,在差分矢量的振幅不比阈值大的情况下,判定为响应信号矢量是非触摸而结束(S12)。(在图中用英文标记为“sensed response may be not touch(所感测的响应可能不是触摸)”。)

[0175] 在差分矢量的振幅比阈值大的情况下,判定差分矢量的辐角是否在辐角遮蔽33的范围内。(在图中用英文标记为“argument is in range of mask?(辐角是否在遮蔽的范围内)”。)在为辐角遮蔽33的范围内的情况下,判定为响应信号矢量为非触摸而结束(S12),在不为辐角遮蔽33的范围内的情况下,判定为响应信号矢量为触摸而结束(S14)。(在图中用英文标记为“sensed response may be touch(所感测的响应可能是触摸)”。)

[0176] 图16是用于说明触摸判定处理的判定顺序的说明图。在与图15相同的频域内示出了基准矢量区域10、将基准矢量区域10作为中心并且将上述阈值作为半径的圆50、规定辐角遮蔽33的2条直线51和52、以及3条差分矢量61、62、63。针对差分矢量61、62、63的每一个,当进行由图14所示的触摸判定电路所执行的触摸判定处理时,如以下那样判定。

[0177] 针对差分矢量61,可以得知在圆50的内侧而其振幅比阈值小,因此,在S11中判定为“差分矢量的振幅不比阈值大”,在S12中判定为响应信号矢量为非触摸而结束。

[0178] 针对差分矢量62,可以得知终点到达圆50的外侧而其振幅比阈值大,因此,在S11中判定为“差分矢量的振幅比阈值大”,但是,在S13中判定为“为辐角遮蔽33的范围内”,因此,在S12中判定为响应信号矢量为非触摸而结束。

[0179] 针对差分矢量63，可以得知终点达到圆50的外侧而其振幅比阈值大，因此，在S11中判定为“差分矢量的振幅比阈值大”，并且在S13中判定为“不在辐角遮蔽33的范围内”，因此，在S14中判定为响应信号矢量为触摸而结束。

[0180] 〔实施方式4〕

[0181] 本发明的触摸检测电路能够适用于互电容方式和自电容方式的触摸检测中的任一个。

[0182] 图17是示意性地示出互电容方式的触摸面板和触摸控制器的构成例的框图。

[0183] 在互电容方式的触摸面板301中，传感器电容C_B在检测信号布线G1～GY和响应信号布线S1～SX交叉的位置呈矩阵状地配置。触摸控制器IC(Integrated Circuit，集成电路)201具备对检测信号布线G1～GY进行驱动的检测信号驱动电路(SD)101、分别连接到响应信号布线S1～SX的触摸检测电路(TS)100__1～100__X、以及接口(I/F)102。经由接口(I/F)102而连接的微控制器(MCU)401对触摸控制器IC201进行控制，并且从由触摸检测电路100__1～100__X所观测的传感器电容C_B的电容值的变化求取触摸坐标。在互电容方式中，依次驱动检测信号布线G1～GY，伴随于其与传感器电容C_B的电容值对应的充放电电流出现于响应信号布线S1～SX，因此，触摸检测电路100__1～100__X对其电流值进行测定。响应信号的电流值与传感器电容C_B的电容值的变化对应地增减，因此，能够感测由于用户的手指等导电物体接近所造成的传感器电容C_B的电容值的减少。

[0184] 图5和图9所示的检测信号(Sensing Wave)由检测信号驱动电路(SD)101依次经由检测信号布线G1～GY施加到传感器电容C_B。连接到检测信号布线G1～GY之中的、被施加检测信号(Sensing Wave)的检测信号布线的传感器电容C_B为感测的对象。在触摸检测电路(TS)100__1～100__X分别安装变换电路(Touch AFE)1、基准矢量管理电路(Baseline Manager)2、矢量减法电路3、以及多路解调器4。图9所示的绝对值计算电路6和7也可以一起安装。触摸判定电路(Touch Detection)5被安装为微控制器(MCU)401和存储装置(storage device)402中存储的软件程序402a的组合。存储装置402是存储软件程序402a的非暂时且固定的存储介质(storage medium)。在安装实施方式1(图5)的触摸检测电路的情况下，作为矢量信息的响应结果(SensedResult)经由接口(I/F)102传送到微控制器(MCU)401，在安装实施方式2(图9)的触摸检测电路的情况下，作为标量信息的响应结果(Sensed Result)经由接口(I/F)102传送到微控制器(MCU)401。

[0185] 可以通过硬件在触摸检测电路(TS)100__1～100__X中安装触摸判定电路(Touch Detection)5的一部分或全部的功能。或者，也可以在触摸控制器IC201内作为与触摸检测电路(TS)100__1～100__X共同的1个硬件而安装。此外，触摸判定电路(Touch Detection)5的一部分的功能也可以为由能够与微控制器(MCU)401通信的其他处理器例如触摸面板301、触摸控制器IC201和微控制器(MCU)401等被装载的装置的应用处理器所执行的程序的功能的一部分。

[0186] 基准矢量管理电路(Baseline Manager)2的功能的一部分可以与触摸判定电路(Touch Detection)5的功能一起安装为由微控制器(MCU)401执行的在存储装置402中存储的软件程序，也可以在触摸控制器IC201内作为与触摸检测电路(TS)100__1～100__X共同的1个硬件而安装。

[0187] 图18是示意性地示出自电容方式的触摸面板和触摸控制器的构成例的框图。

[0188] 在自电容方式的触摸面板302中，传感器电容C_B按照检测信号(Sensing Wave)被施加而响应信号(Sensor Response)出现的每个布线T1～TZ配置。触摸控制器IC202具备连接到每个布线T1～TZ的检测信号驱动电路(SD)101__1～Z、触摸检测电路100__1～100__Z以及接口(I/F)102。经由接口(I/F)102而连接的微控制器(MCU)401对触摸控制器IC202进行控制，并且从由触摸检测电路100__1～100__Z所观测的传感器电容C_B的电容值的变化求取触摸坐标。在自电容方式中，经由布线T1～TZ由检测信号驱动电路(SD)101__1～Z对传感器电容C_B进行充电，伴随于其与传感器电容C_B的电容值对应的放电电流出现在相同的布线T1～TZ，因此，触摸检测电路100__1～100__Z对其电流值进行测定。响应信号的电流值与传感器电容C_B的电容值的变化对应地增减，因此，能够感测由于用户的手指等导电物体接近所造成的传感器电容C_B的电容值的增加。

[0189] 再有，为了使说明简略化，将传感器电容C_B和触摸检测电路的数量作为相同数量来说明，但是，也可以利用复用等以时分方式进行工作。

[0190] 图5和图9所示的检测信号(Sensing Wave)由检测信号驱动电路(SD)101__1～Z经由布线T1～TZ施加到传感器电容C_B。在触摸检测电路(TS)100__1～100__Z分别安装变换电路(Touch AFE)1、基准矢量管理电路(Baseline Manager)2、矢量减法电路3以及多路解调器4。图9所示的绝对值计算电路6和7也可以一起安装。触摸判定电路(Touch Detection)5被安装为微控制器(MCU)401和存储装置(storage device)402中存储的软件程序402a的组合。在安装实施方式1(图5)的触摸检测电路的情况下，作为矢量信息的响应结果(Sensed Result)经由接口(I/F)102传送到微控制器(MCU)401，在安装实施方式2(图9)的触摸检测电路的情况下，作为标量信息的响应结果(Sensed Result)经由接口(I/F)102传送到微控制器(MCU)401。

[0191] 可以通过硬件在触摸检测电路(TS)100__1～100__Z中安装触摸判定电路(Touch Detection)5的一部分或全部的功能。或者，也可以在触摸控制器IC202内作为与触摸检测电路(TS)100__1～100__Z共同的1个硬件而安装。此外，触摸判定电路(Touch Detection)5的一部分的功能也可以为由能够与微控制器(MCU)401通信的其他处理器例如装在有触摸面板301、触摸控制器IC202和微控制器(MCU)401等的装置的应用处理器所执行的程序的功能的一部分。

[0192] 基准矢量管理电路(Baseline Manager)2的功能的一部分可以与触摸判定电路(Touch Detection)5的功能一起在微控制器(MCU)401中安装为软件，也可以在触摸控制器IC202内作为与触摸检测电路(TS)100__1～100__Z共同的1个硬件而安装。

[0193] 无论采用哪种方式，触摸检测电路100都通过测定与所施加的检测信号(Sensing Wave)对应地从传感器电容C_B得到的响应信号(Sensor Response)，从而能够感测用户的手指等导电物体向传感器电容C_B的接近。

[0194] 此外，无论采用哪种方式，关于触摸控制器IC201、202，虽然未特别限制，但是，例如使用公知的CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor field effect transistor，互补金属氧化物半导体场效应晶体管)LSI(Large Scale Integrated circuit，大规模集成电路)的制造技术来形成在硅等的单一半导体基板上。也可以集成于与显示驱动器电路相同的半导体芯片。通过在显示触摸面板的玻璃基板上倒装芯片安装，从而还能够减少显示触摸面板的安装/布线面积，而有助于窄边框化。

[0195] 图19是示出在本发明的触摸检测电路所装载的变换电路(Touch AFE)1的基本的工作的说明图。检测信号(Sensing Wave)在图17所示的互电容方式的情况下依次施加到检测信号布线G1～GY,因此,对检测信号布线G1来看,如所图示的那样,周期t0即基本频率f_k=1/t0的信号仅在规定周期T的期间内施加。图19示出了施加到检测信号布线G1的、在周期T中包括4个周期的正弦波的检测信号,但是这仅仅是一例。即,在周期T中包括的信号波形的重复既可以为任意的次数,其波形也不仅为仅正弦波、余弦波,还可以为梯形波、矩形波、三角波等任何的波形。在该例中,响应信号(Sensor Response)也为具有相同的基本频率f_k的信号。与其以检测信号当然也可以以响应信号成为正弦波、余弦波的方式调整检测信号的波形。

[0196] 变换电路(Touch AFE)1例如由A/D变换电路和傅里叶变换电路构成,使用A/D变换电路对作为模拟信号而输入的响应信号(Sensor Response)进行采样而变换为数字值,使其作为时序列的响应数据R(0)～R(N)输出到傅里叶变换电路。在该例中假设在周期T的期间中进行N+1次采样来说明。得到了N+1个时域的响应数据R(0)～R(N)。利用傅里叶变换电路对其进行离散傅里叶变换而变换为频域表现。其结果是,得到了频域的响应信号F(0)～F(N)。

[0197] 在以下示出了离散傅里叶变换的基本的变换式。

[0198] [数式1]

[0199] 数式1

[0200]
$$R(n)=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1}F_k\exp\left(j\frac{2\pi kn}{N}\right)$$

$$=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1}a_k\cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right)+jb_k\sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right)\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{式1}$$

[0201] [数式2]

[0202] 数式2

[0203]
$$F(f)=\sum_{n=0}^{N-1}R(n)\exp(-j\,2\pi fn)$$

$$=\sum_{n=0}^{N-1}R(n)\{\cos(2\pi fn)-j\sin(2\pi fn)\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{式2}$$

$$=R(0)\cos(0)+R(1)\cos(2\pi f)+R(2)\cos(4\pi f)+R(3)\cos(6\pi f)+\cdots+R(N-1)\cos(2\pi(N-1)f)$$

$$-j\left\{R(0)\sin(0)+R(1)\sin(2\pi f)+R(2)\sin(4\pi f)+R(3)\sin(6\pi f)+\cdots+R(N-1)\sin(2\pi(N-1)f)\right\}$$

[0204] [数式3]

[0205] 数式3

[0206]
$$F(fk)=R(0)\cos(0)+R(1)\cos\left(\frac{2\pi}{8}\right)+R(2)\cos\left(\frac{4\pi}{8}\right)+R(3)\cos\left(\frac{6\pi}{8}\right)+\cdots+R(31)\cos\left(\frac{2\pi\times31}{8}\right)\quad\cdots\cdots\text{式3}$$

$$-j\left\{R(0)\sin(0)+R(1)\sin\left(\frac{2\pi}{8}\right)+R(2)\sin\left(\frac{4\pi}{8}\right)+R(3)\sin\left(\frac{6\pi}{8}\right)+\cdots+R(31)\sin\left(\frac{2\pi\times31}{8}\right)\right\}$$

[0207] 式1是示出频域的信号F(0)～F(N)和时域的信号R(0)～R(N)的关系的变换式。式2是对其进行改写而变形为从时域的信号R(0)～R(N)计算频域的信号F(0)～F(N)的形式的变换式。在此,当如图14所例示的那样假定在周期T的期间内包括4个周期量的基本频率f_k

＝1/t0的信号时，频率f_k的频域的信号分量F(f_k)如式3那样表示。像这样，采用不是在响应信号中包括的全部的频率分量而是仅基本频率f_k的分量的计算，由此，运算量大幅度地削减，例如能够与装载高速傅里叶变换电路相比，抑制电路规模。再有，不需要限定于仅基本频率f_k，也可以包括到2倍、3倍的高频波分量，还可以变更为仅计算其他特征的频率分量。

[0208] 频域的响应信号F(0)～F(N)如式3所示那样以复数表现，因此，在实数轴和虚数轴的二维的复频率空间内被矢量显示。这是响应信号矢量(Sensed Vector,S＝(Sx0,Sx1))。

[0209] 在各实施方式中，无论哪个都假设用硬件实现离散傅里叶变换来说明，但是也可以用软件实现。例如，图17所示的触摸检测电路(TS)100__1～100__X、图18所示的触摸检测电路100__1～100__Z也能够仅为单纯的A/D变换，而将全部的时域的响应数据R(0)～R(N)传送到微控制器(MCU)401，或者，将代替微控制器(MCU)401的处理器内置于触摸控制器IC201或202，对以离散傅里叶变换开始的之后的信号处理全部用软件处理。

[0210] 以上基于实施方式来具体地说明了由本发明人所完成的发明，但是，本发明不限定于其，当然能够在不脱离其主旨的范围内进行各种变更。

[0211] 例如，框图所示的块分割只不过是仅一例，能够适当任意地进行变更为将1个块的一部分或全部的功能与其他块的功能浑然一体地实现的其他块来实现等的变更。

[0212] 附图标记的说明

[0213] C_B 传感器电容

[0214] 1 变换电路(Touch AFE)

[0215] 2 基准矢量管理电路(Baseline Manager)

[0216] 3 矢量减法电路

[0217] 4 多路解调器

[0218] 5 触摸判定电路(Touch Detection)

[0219] 6、7 绝对值计算电路

[0220] 10 基准矢量区域(An area of baseline)

[0221] 11 真正的触摸存在的区域(An area of touch exists)

[0222] 12 真正的触摸的相位反转现象存在的区域(An area of invert-phase phenomena exists)

[0223] 21、31、41 触摸判定区域(An area of touch may exists)

[0224] 22、32、42 针对相位反转现象的触摸判定区域(An area of invert-phase phenomena may exists)

[0225] 33 辐角遮蔽(argument-mask)、非触摸判定区域(An area of touch never exists)

[0226] 50 阈值

[0227] 51、52 规定触摸数据存在的区域的边界的直线

[0228] 61、62、63 差分矢量

[0229] 100 触摸检测电路(TS:Touch Sensor)

[0230] 101 检测信号驱动电路(SD:Sensing Wave Driver)

[0231] 102 接口(I/F)

[0232] 201、202 触摸控制器IC

[0233] 301 互电容方式触摸面板

[0234] 302 自电容方式触摸面板

[0235] 401 微控制器(MCU:Micro Controller Unit,微控制器单元)。

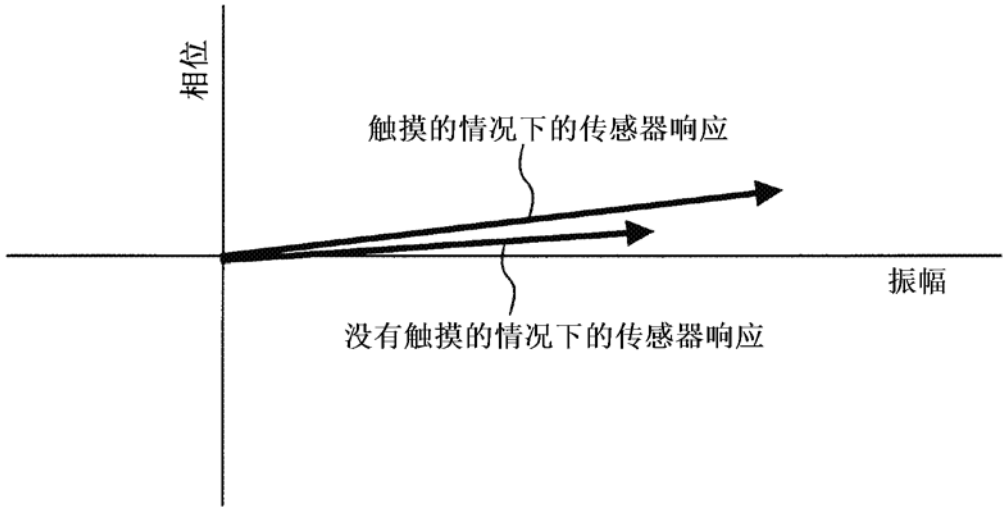

相位
触摸的情况下的传感器响应
振幅
没有触摸的情况下的传感器响应

图 1

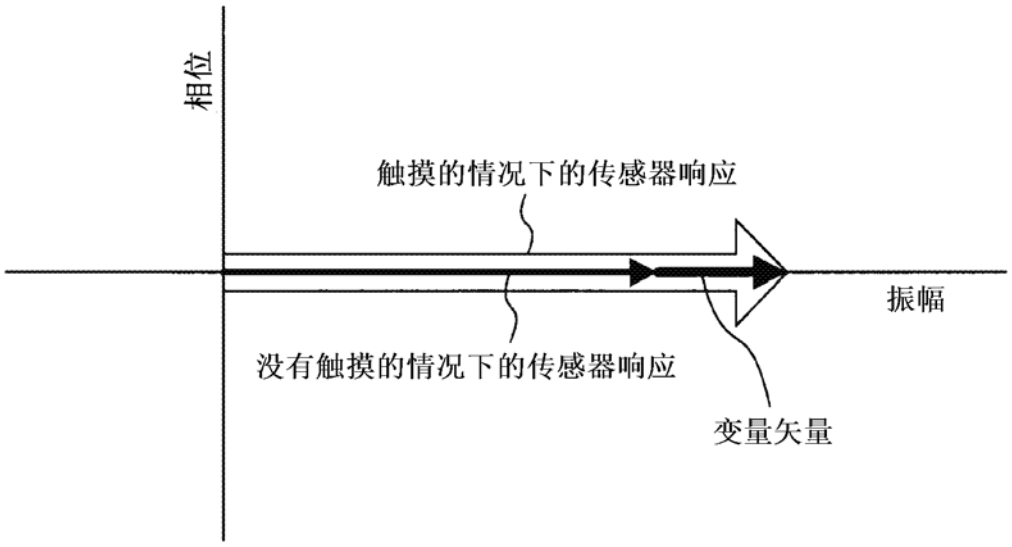

相位
触摸的情况下的传感器响应
振幅
没有触摸的情况下的传感器响应
变量矢量

图 2

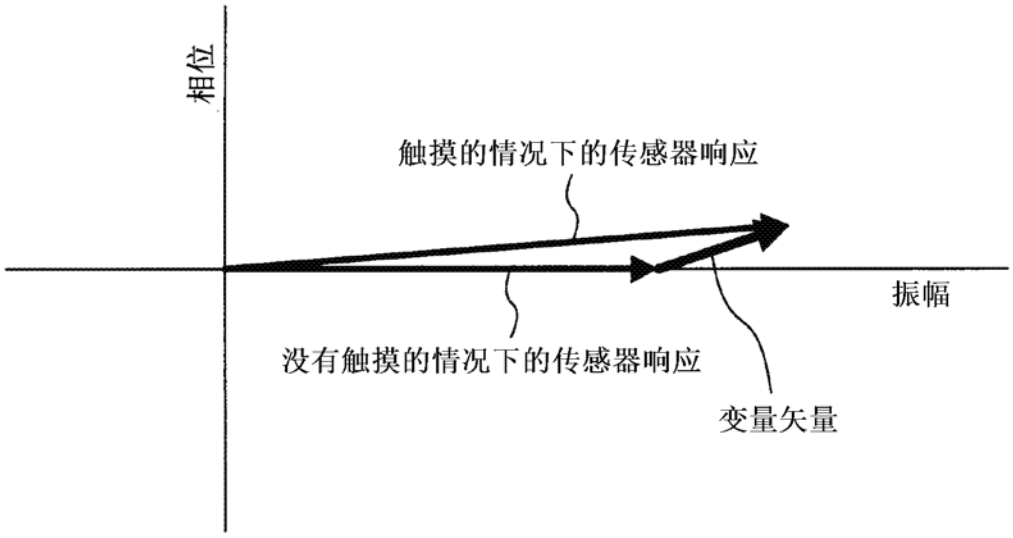

相位
触摸的情况下的传感器响应
振幅
没有触摸的情况下的传感器响应
变量矢量

图 3

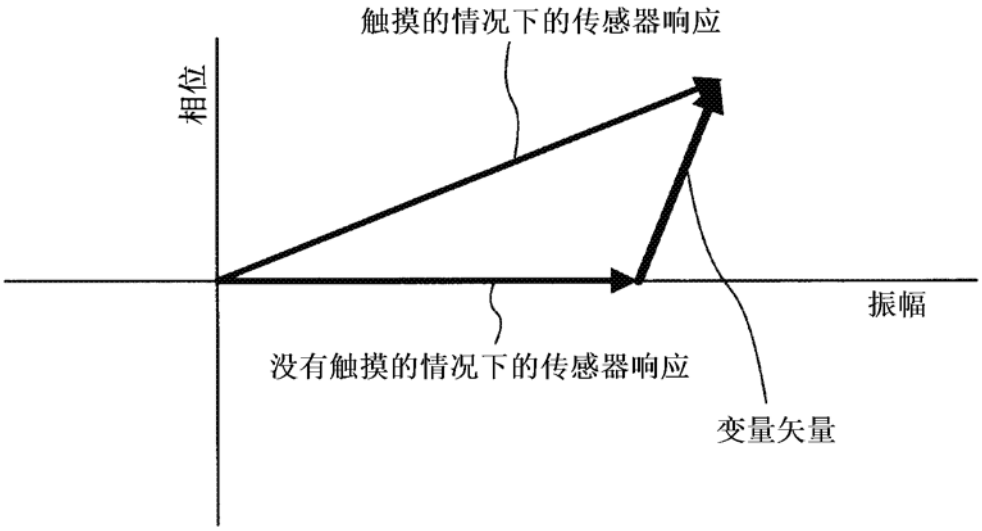

触摸的情况下的传感器响应
相位
振幅
没有触摸的情况下的传感器响应
变量矢量

图 4

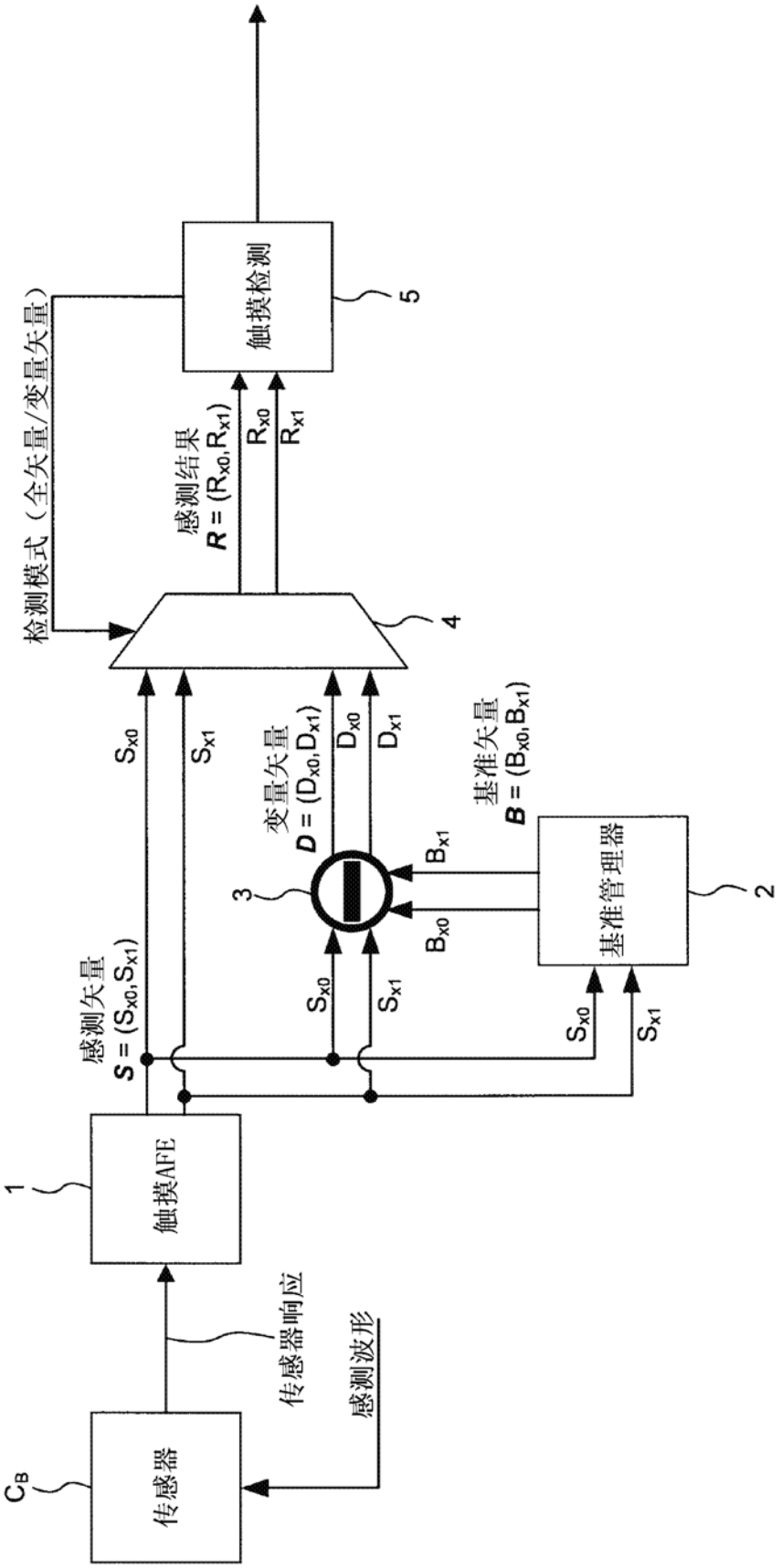

传感器
C_B
传感器响应
感测波形
触摸AFE
1
感测矢量
$S = (S_{x0}, S_{x1})$
S_{x0}
S_{x1}
3
变量矢量
$D = (D_{x0}, D_{x1})$
D_{x0}
D_{x1}
B_{x1}
B_{x0}
基准矢量
$B = (B_{x0}, B_{x1})$
基准管理器
2
4
检测模式（全矢量/变量矢量）
感测结果
$R = (R_{x0}, R_{x1})$
R_{x0}
R_{x1}
触摸检测
5

图 5

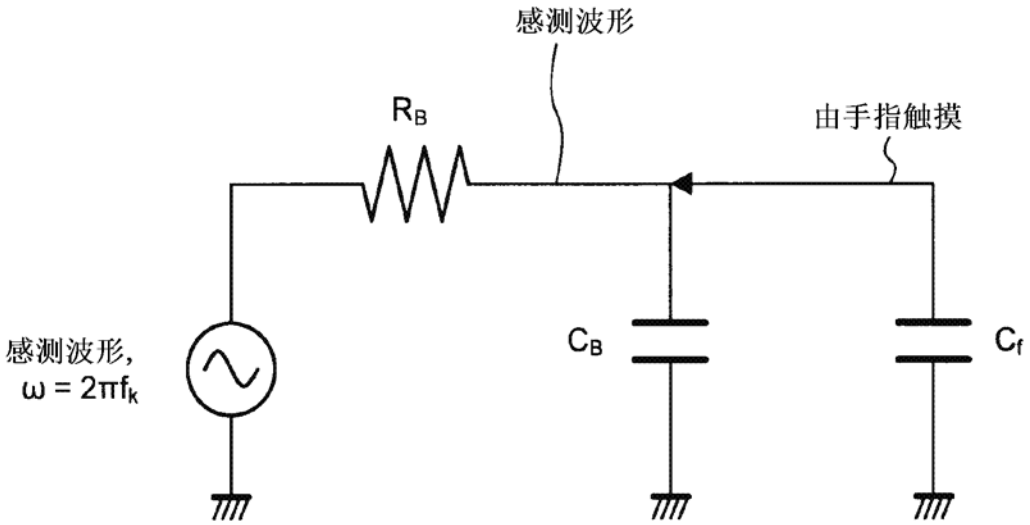


图 6

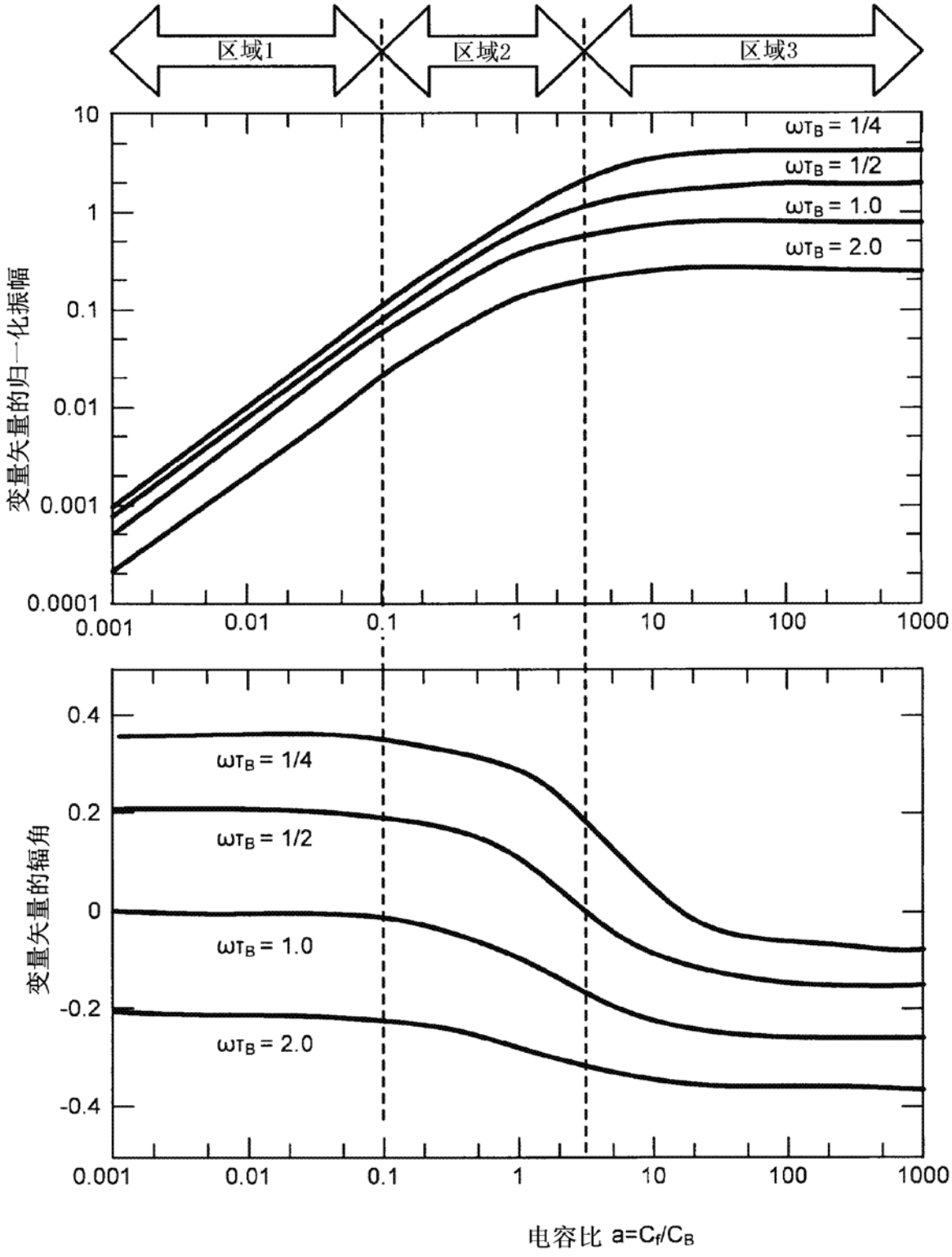

区域1
区域2
区域3
变量矢量的归一化振幅
10
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
ωτB = 1/4
ωτB = 1/2
ωτB = 1.0
ωτB = 2.0
变量矢量的辐角
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
电容比 a=Cf/CB

图 7

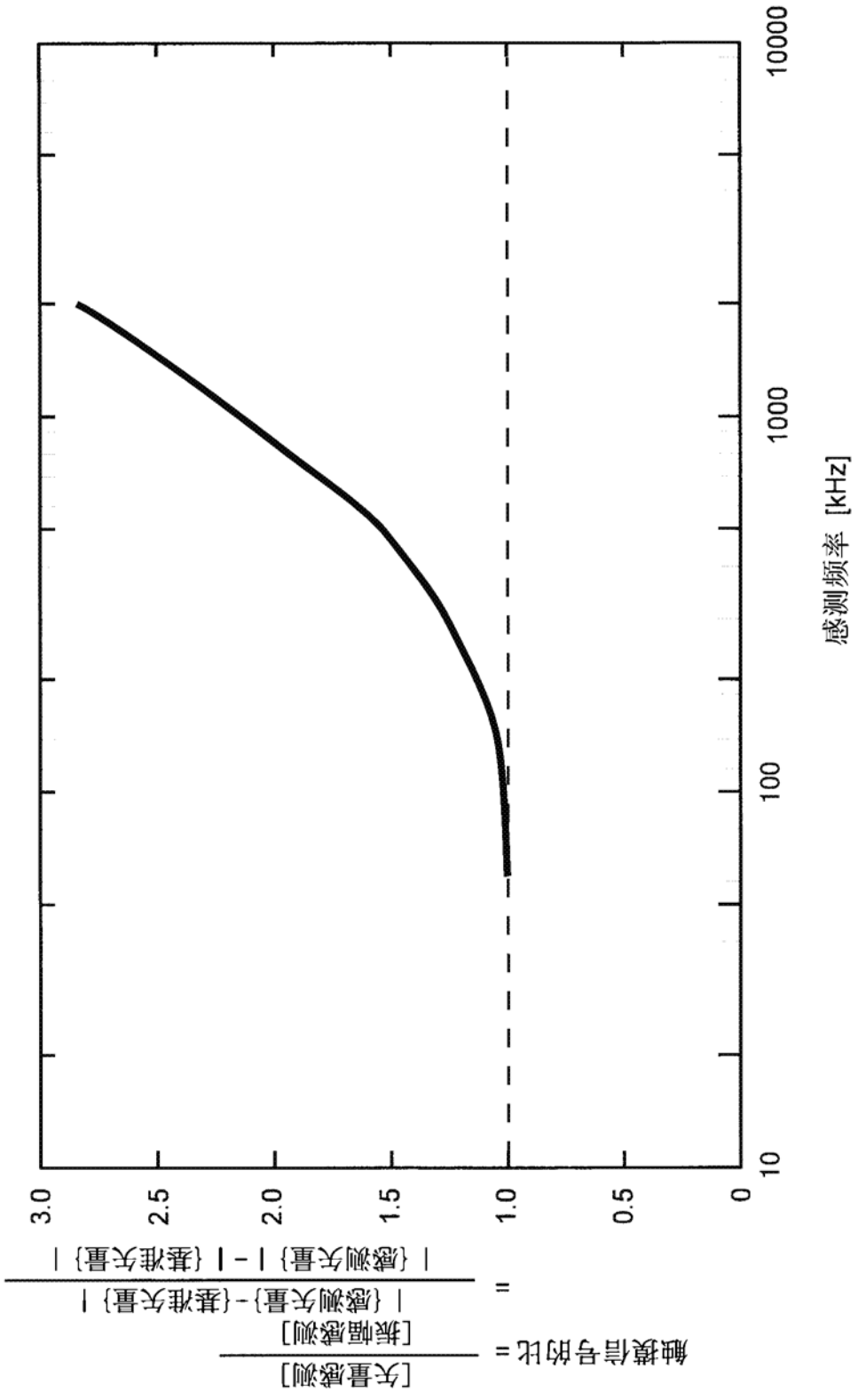

触摸信号的比 = [矢量感测] / [振幅感测]
= |{感测矢量}-{基准矢量}| / |{感测矢量}|-|{基准矢量}|
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
10
100
1000
10000
感测频率 [kHz]

图 8

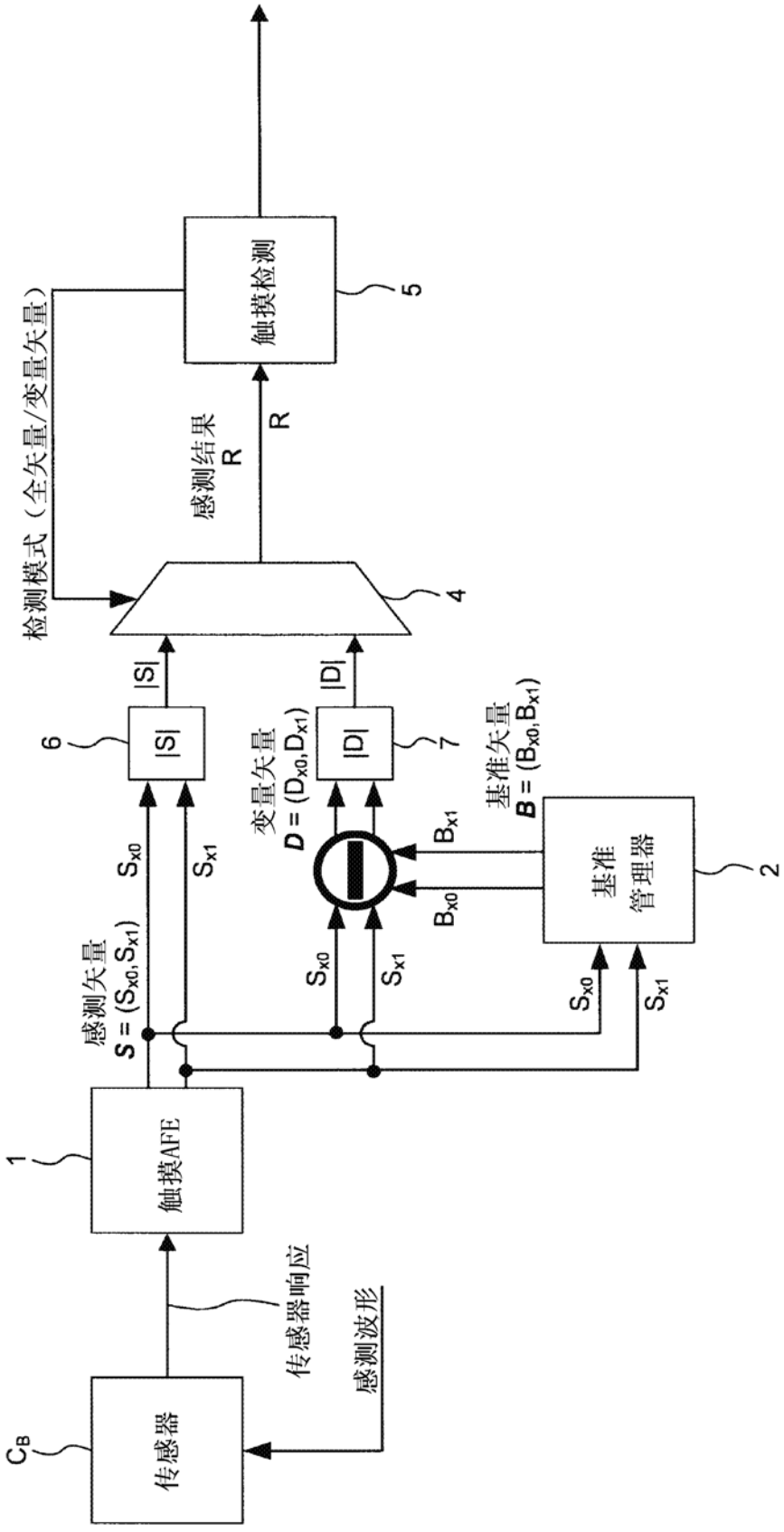

传感器
触摸AFE
触摸检测
基准管理器
|S|
|D|
感测结果
R
检测模式（全矢量/变量矢量）
感测矢量
S = (Sx0,Sx1)
变量矢量
D = (Dx0,Dx1)
基准矢量
B = (Bx0,Bx1)
传感器响应
感测波形
CB
1
2
4
5
6
7

图 9

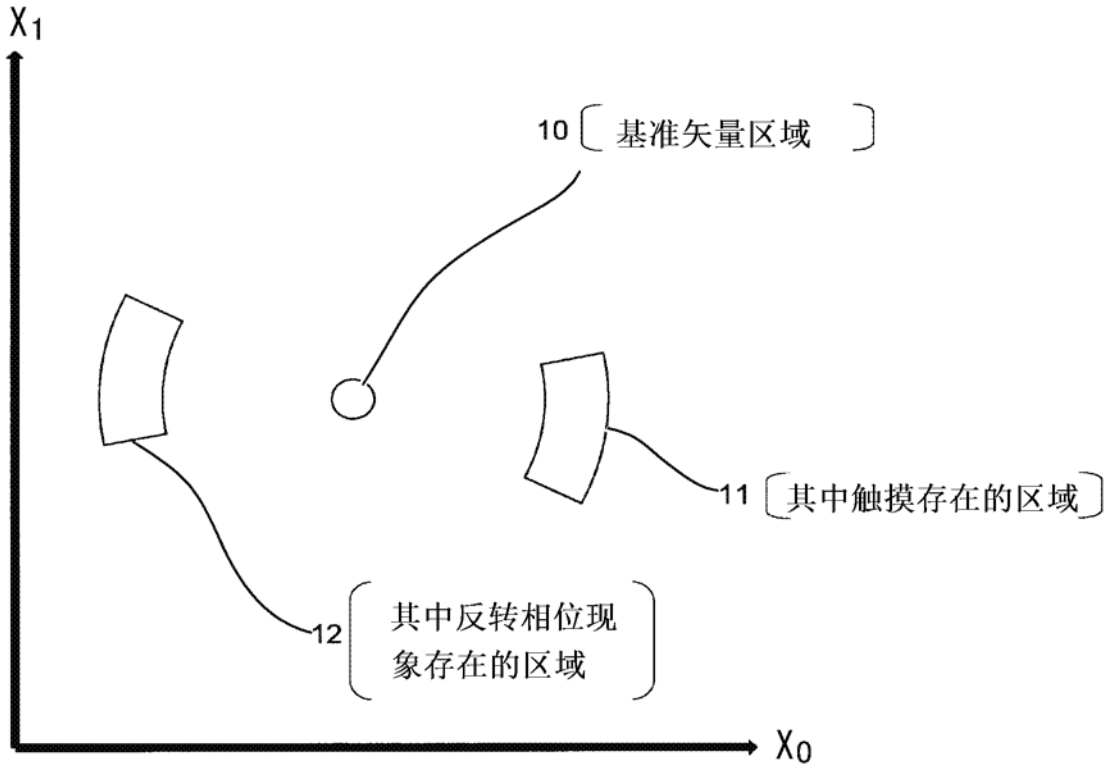


图 10

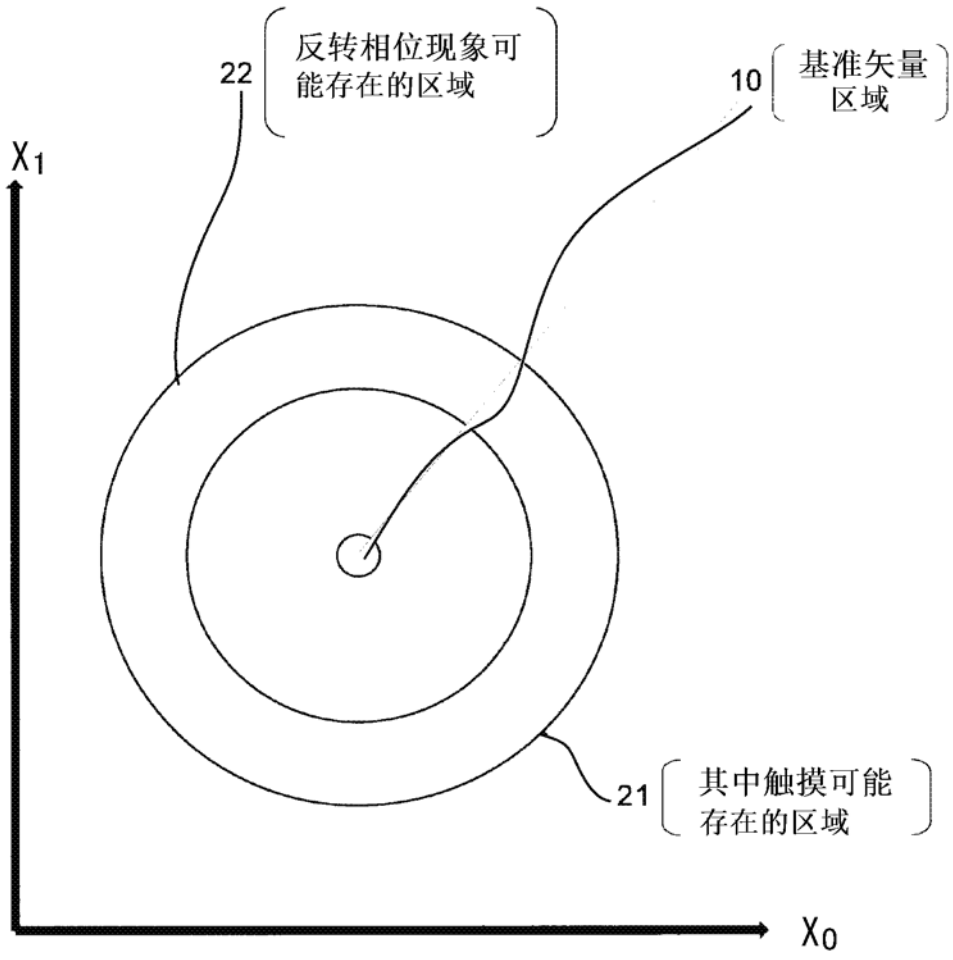


图 11

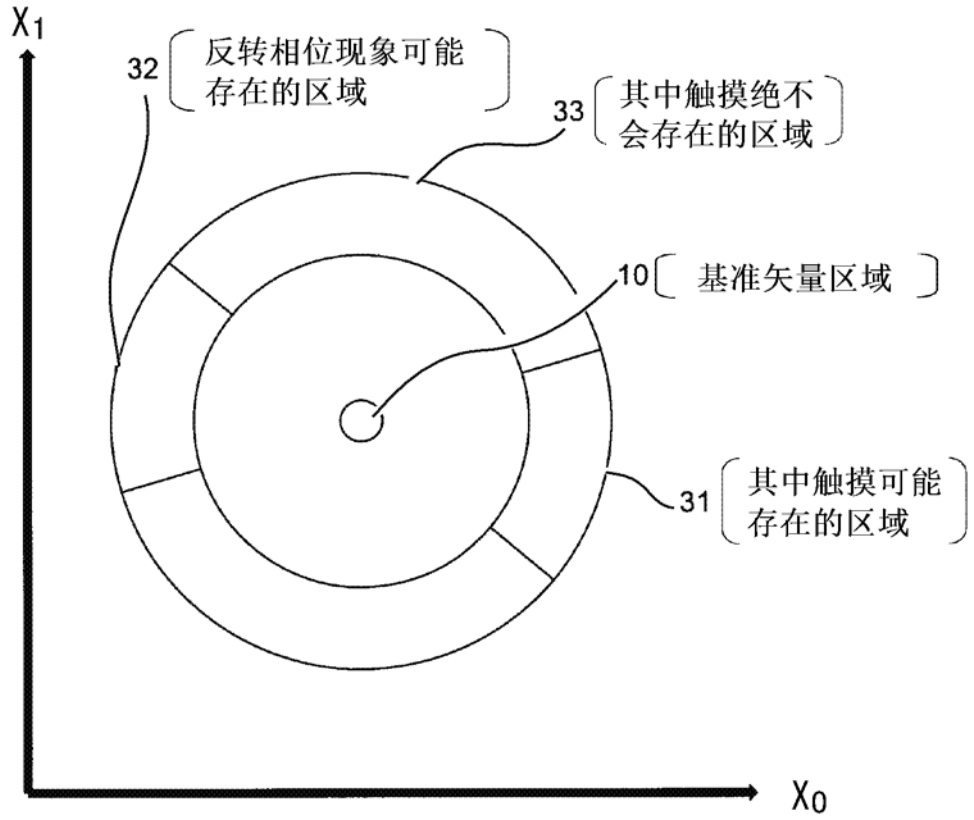

X1
32
反转相位现象可能
存在的区域
33
其中触摸绝不
会存在的区域
10
基准矢量区域
31
其中触摸可能
存在的区域
X0

图 12

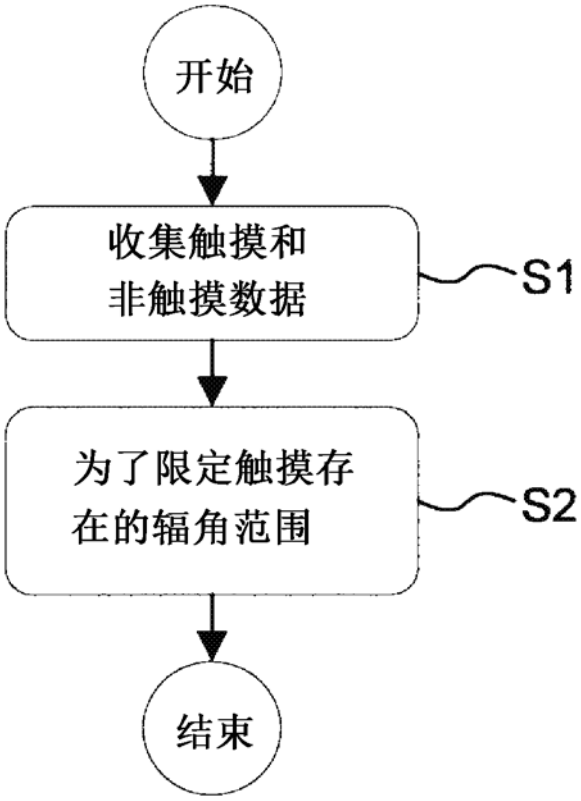


图 13

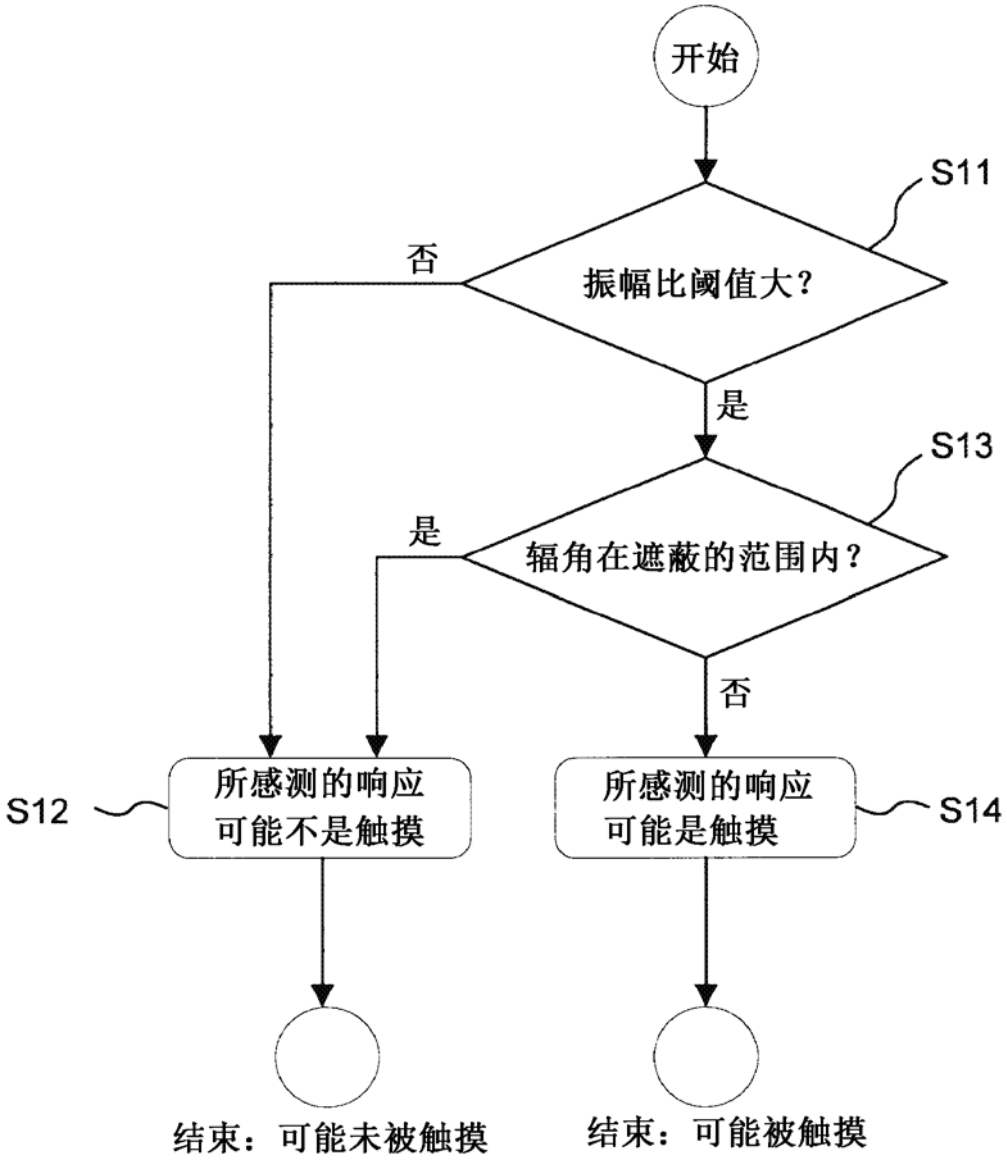

开始
S11
振幅比阈值大?
否
是
S13
辐角在遮蔽的范围内?
是
否
S12
所感测的响应
可能不是触摸
所感测的响应
可能是触摸
S14
结束：可能未被触摸
结束：可能被触摸

图 14

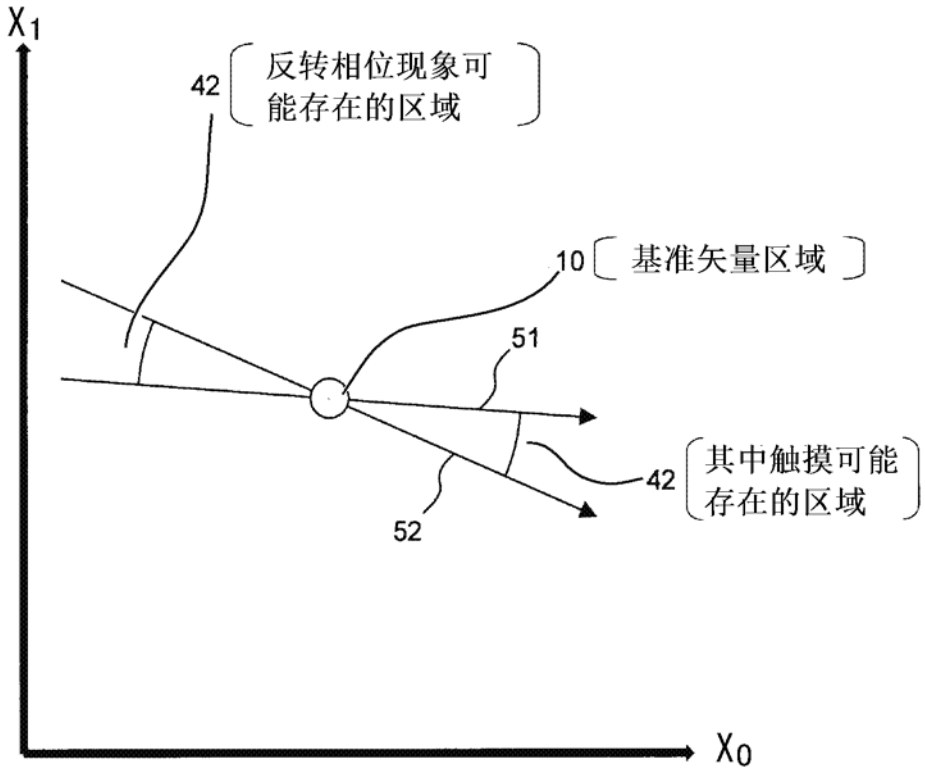


图 15

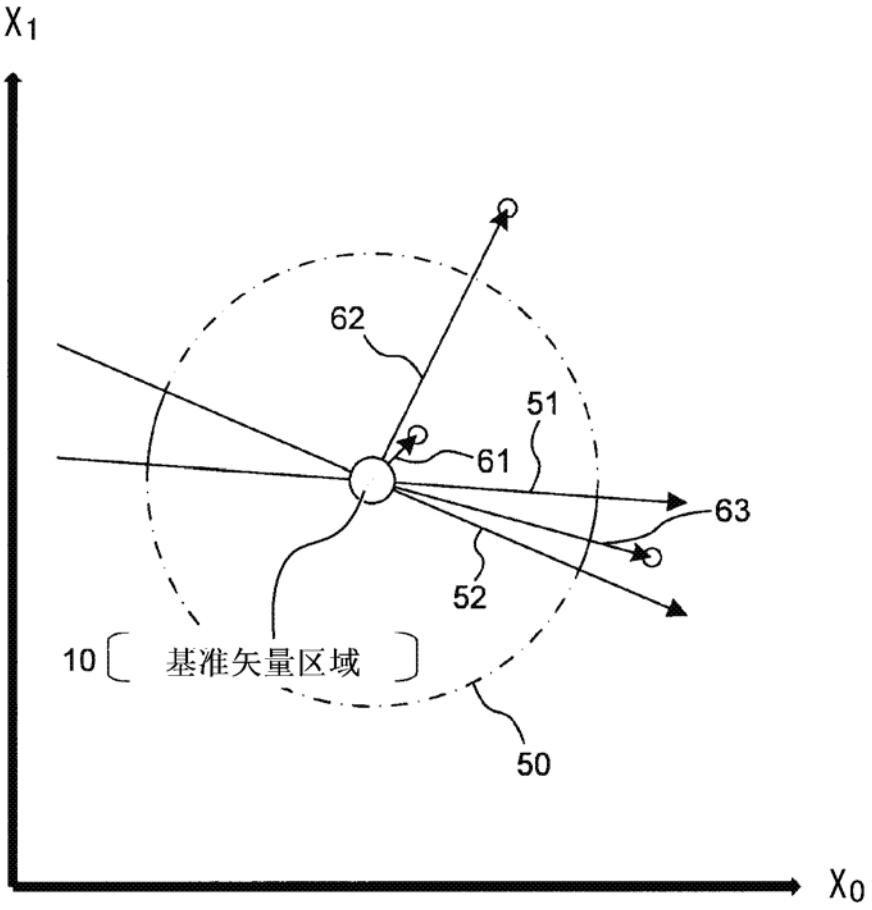


图 16

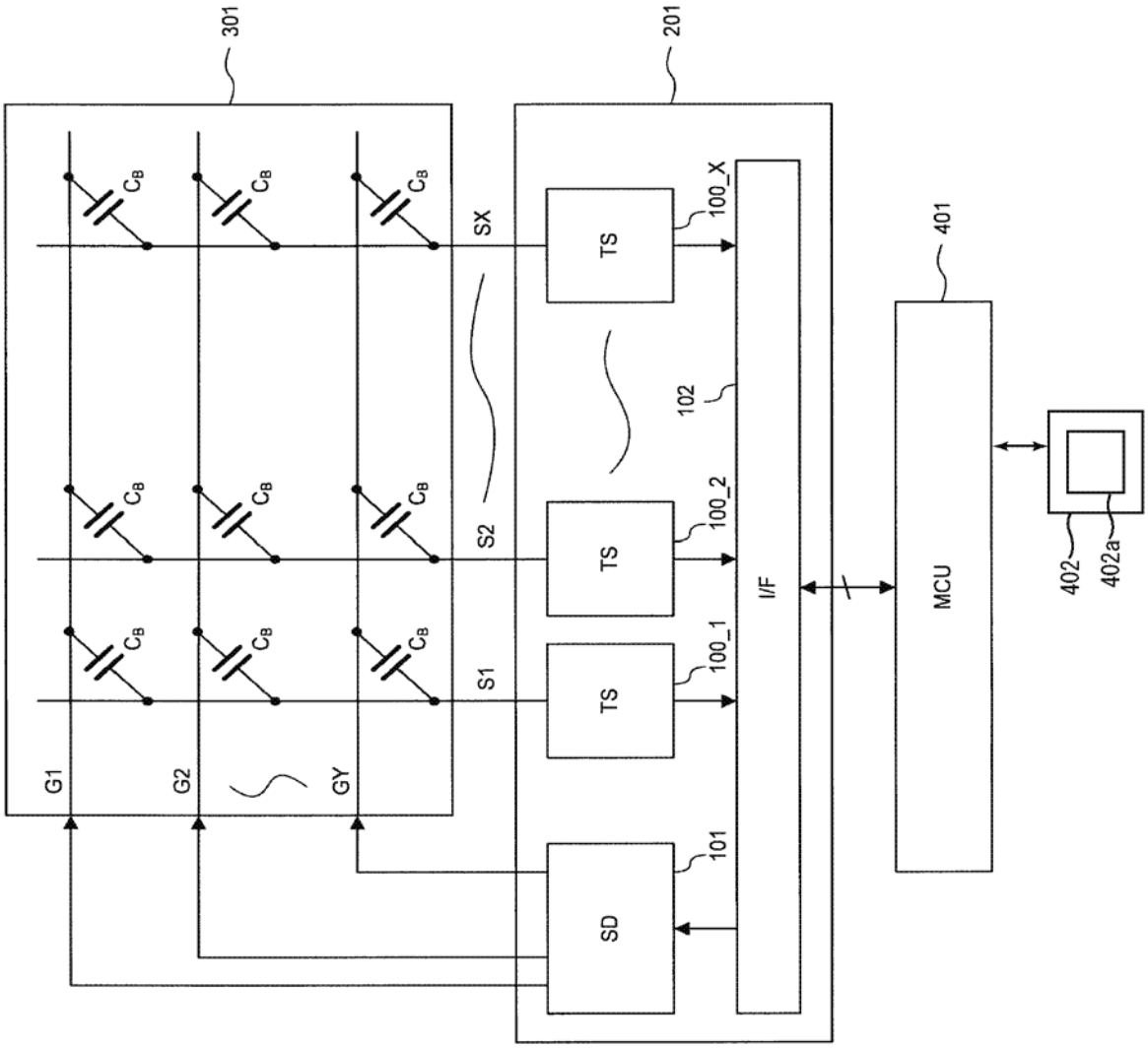

301
201
401
SX
S2
S1
G1
G2
GY
TS
TS
TS
SD
100_X
100_2
100_1
101
102
I/F
MCU
402
402a

图 17

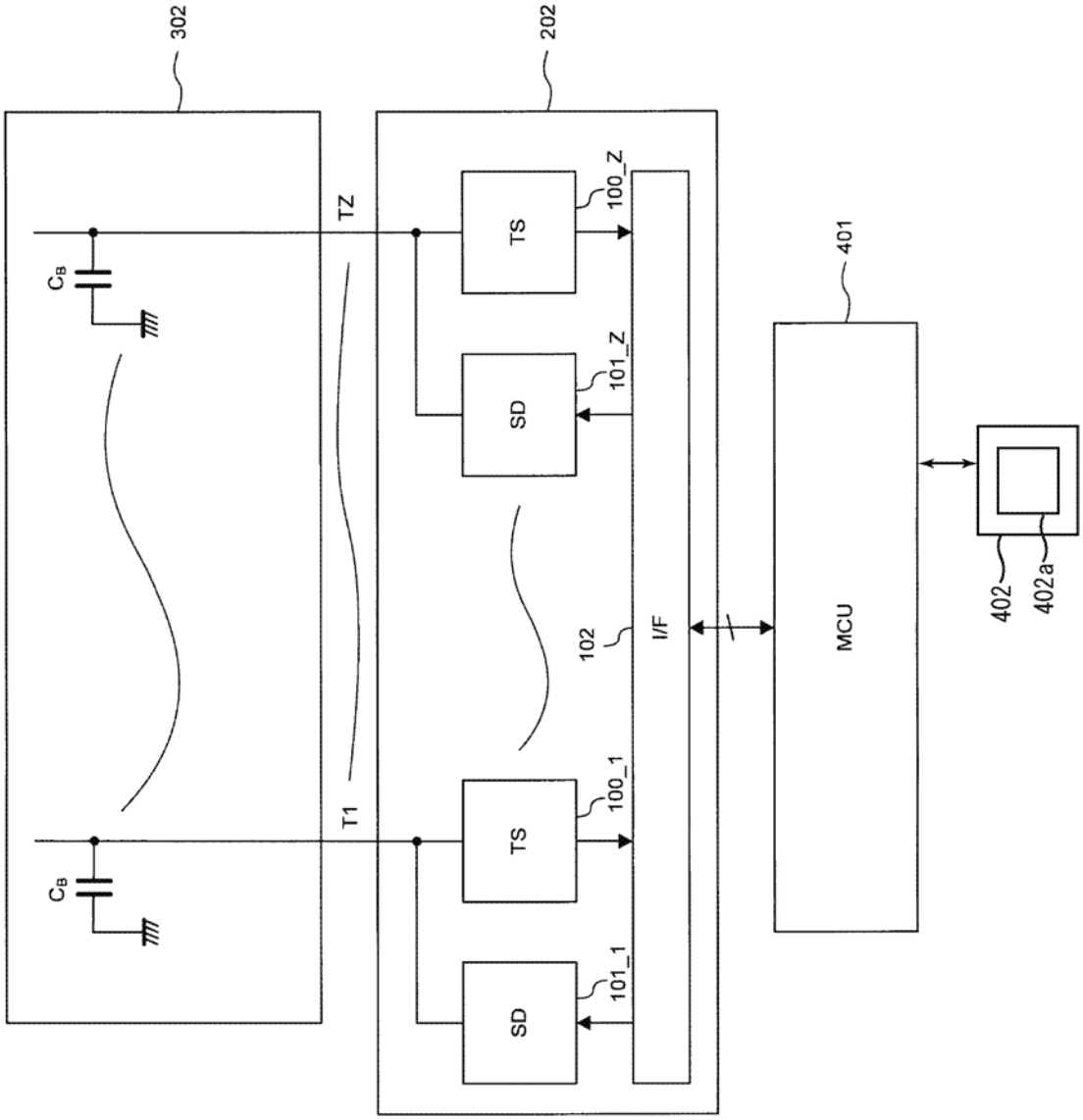

302
202
TZ
T1
TS
SD
100_Z
101_Z
100_1
101_1
102
I/F
401
MCU
402
402a
C_B

图 18

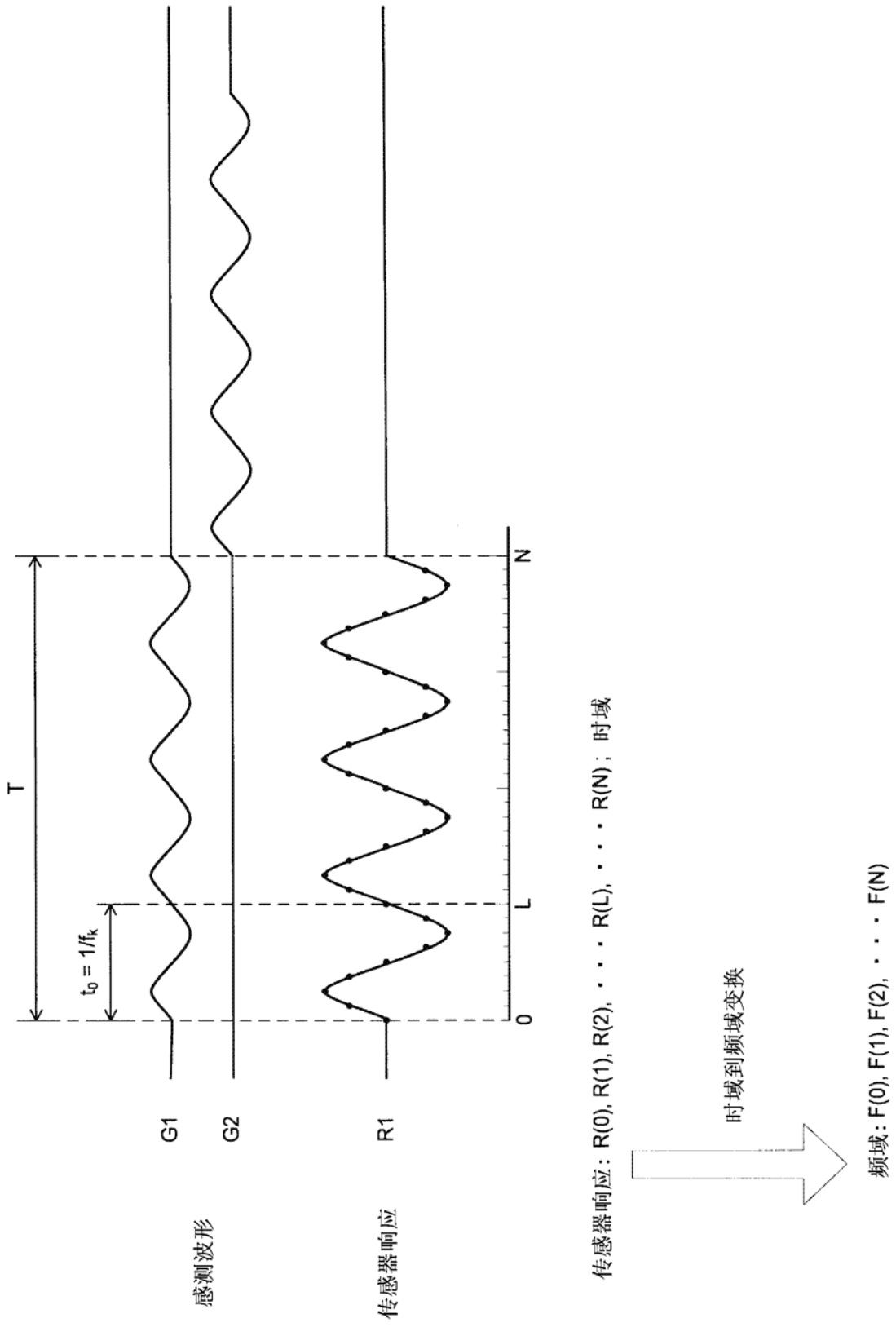

T
$t_0 = 1/f_k$
0
L
N
G1
G2
R1
感测波形
传感器响应
传感器响应：R(0), R(1), R(2), · · · R(L), · · · R(N)；时域
时域到频域变换
频域：F(0), F(1), F(2), · · · F(N)

图 19