



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110031554 A

(43)申请公布日 2019.07.19

(21)申请号 201910233131.7

(22)申请日 2019.03.26

(71)申请人 深圳市理邦精密仪器股份有限公司

地址 518122 广东省深圳市坪山新区坑梓
街道金沙社区金辉路15号

(72)发明人 许春东 马琦 周丹 张欣欣

欧阳波 莫建华

(74)专利代理机构 深圳中一专利商标事务所

44237

代理人 郭鸿

(51)Int.Cl.

G01N 29/22(2006.01)

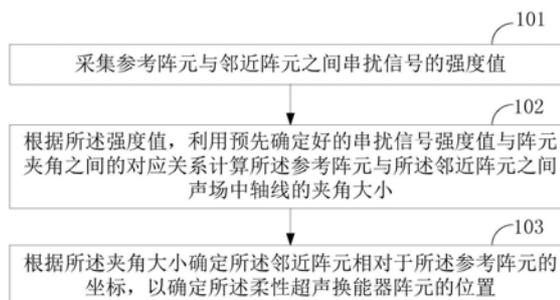
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

柔性超声换能器的阵元定位方法、装置和终端

(57)摘要

本发明适用于传感器技术领域,提供了一种柔性超声换能器的阵元定位方法、装置和终端,其中,所述阵元定位方法包括:采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值;根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小;根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,以确定所述柔性超声换能器阵元的位置;实现柔性超声换能器的阵元定位,具有阵元定位精度高的特点。



1. 一种柔性超声换能器的阵元定位方法,其特征在于,包括:

采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值;所述参考阵元为从所述柔性超声换能器中选定的任意一个阵元,所述邻近阵元为与所述参考阵元邻近的阵元;

根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小;

根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,以确定所述柔性超声换能器阵元的位置。

2. 如权利要求1所述的阵元定位方法,其特征在于,所述根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小包括:

根据所述强度值E,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系 $E = A \left\{ 1 + 2 \sum_p X_e(p) + X_a(p) \right\}$ 计算得到所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小 φ ;

$$\text{其中, } A = \frac{\sin\left[\frac{kl}{2} \sin(\theta)\right]}{\frac{kl}{2} \sin(\theta)};$$

$$X_e(p) = \alpha_e^p \cos[pkd \sin(\theta)] \cos[\phi(p)];$$

$$X_a(p) = \alpha_a^p \cos[pkd \sin(\theta)] \cos[\varphi(p)] \cos[\phi(p)];$$

p为所述参考阵元与所述邻近阵元编号的差值,d为最邻近的两个阵元之间的间距,k为振动频率常数;l为有效阵元宽度, θ 为邻近阵元的指向角, ϕ 为串扰信号到达所述邻近阵元的相位延迟;A为单阵元无串扰信号,活塞型超声振子的指向性函数; $X_e(p)$ 为电学串扰指向性因子, $X_a(p)$ 为声学串扰指向性因子; α_e^p 为电学串扰系数; α_a^p 为声学串扰系数, α_e^p 和 α_a^p 的取值为0~1。

3. 如权利要求2所述的阵元定位方法,其特征在于,所述根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,包括:

将所述参考阵元的坐标确定为(0,0),并根据所述夹角大小 φ 确定所述邻近阵元的坐标为 $[pd \cos(\varphi), pdsin(\varphi)]$ 。

4. 如权利要求2或3所述的阵元定位方法,其特征在于,在所述根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标之后,包括:

利用公式 $m_i = \sum_1^i \left[m_{i-1} + pd \cos\left(\frac{\varphi_i}{2} + \sum_1^{i-1} \varphi_{i-1}\right) \right]$, $n_i = \sum_1^i \left[n_{i-1} + pd \cos\left(\frac{\varphi_i}{2} + \sum_1^{i-1} \varphi_{i-1}\right) \right]$ 迭代出柔性阵元的第i+1个坐标 (m_i, n_i) 相对于所述参考阵元的坐标,其中,i大于或等于2。

5. 如权利要求1-3任意一项所述的阵元定位方法,其特征在于,在所述根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小之前,包括:

获取所述柔性超声换能器标准形态下的结构参数；

所述结构参数包括最邻近的两个阵元之间的间距 d ，振动频率常数 k ；有效阵元宽度 l ，邻近阵元的指向角 θ ，串扰信号到达所述邻近阵元的相位延迟 ϕ ；单阵元无串扰信号，活塞型超声振子的指向性函数 A ；电学串扰指向性因子 $X_e(p)$ ，声学串扰指向性因子 $X_a(p)$ 。

6. 如权利要求1所述的阵元定位方法，其特征在于，所述根据所述强度值，利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小包括：

根据所述强度值，查找预先确定好的串扰信号的强度值与阵元夹角之间的对应关系表得到所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小。

7. 如权利要求1所述的阵元定位方法，其特征在于，所述采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值包括：

采集参考阵元，以及与所述参考阵元最邻近的邻近阵元之间的串扰信号的强度值；或者，

采集参考阵元，以及与所述参考阵元间隔一个或多个阵元的邻近阵元之间的串扰信号的强度值。

8. 一种柔性超声换能器的阵元定位装置，其特征在于，包括：

采集单元，用于采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值；所述参考阵元为从所述柔性超声换能器中选定的任意一个阵元，所述邻近阵元为与所述参考阵元邻近的阵元；

计算单元，用于根据所述强度值，利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小；

确定单元，用于根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标，以确定所述柔性超声换能器阵元的位置。

9. 一种终端，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至7任一项所述方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至7任一项所述方法的步骤。

柔性超声换能器的阵元定位方法、装置和终端

技术领域

[0001] 本发明属于传感器技术领域,尤其涉及一种柔性超声换能器的阵元定位方法、装置和终端。

背景技术

[0002] 超声换能器又称为超声探头,是超声系统的核心部件。传统的超声探头外形固定、体积大,无法匹配便携式超声系统和某些临床应用需求的发展。例如,灾难救护现场,以及需要长时间监护的重症临床应用,均要求超声系统的体积尽量小。鉴于此,超声领域提出柔性超声换能器的概念,可以进一步减轻便携超声系统的体积,实现一机多用和长期监护的目的。

[0003] 柔性超声换能器不仅具有体积小、重量轻、柔性可弯曲,以及能够完整贴附在人体弯曲表面实现重症长时间监护的特点,还能避免按压变形对成像结果带来的不利影响,可以实现体组织进行大视角全方位的原位诊断,有效提高了肿瘤斑块的诊断效果和图像质量。

[0004] 然而,柔性超声换能器成像的还存在以下技术难题:阵元定位和超声探头外形监控、波束成形和图像算法研究等。其中,阵元定位和超声探头外形监控的方法可以利用加速度传感器采集的加速度信息进行初步定位。但是,加速度传感器只能提供阵元的方位信息,无法得到阵元的具体坐标参数,具有阵元定位精度低的问题。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明实施例提供一种柔性超声换能器的阵元定位方法、装置和终端,能够解决柔性超声换能器的阵元定位精度低的问题。

[0006] 本发明实施例的第一方面提供了一种柔性超声换能器的阵元定位方法,包括:

[0007] 采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值;所述参考阵元为从所述柔性超声换能器中选定的任意一个阵元,所述邻近阵元为与所述参考阵元邻近的阵元;

[0008] 根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小;

[0009] 根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,以确定所述柔性超声换能器阵元的位置。

[0010] 本发明实施例的第二方面提供了一种柔性超声换能器的阵元定位装置,包括:

[0011] 采集单元,用于采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值;所述参考阵元为从所述柔性超声换能器中选定的任意一个阵元,所述邻近阵元为与所述参考阵元邻近的阵元;

[0012] 计算单元,用于根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小;

[0013] 确定单元,用于根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐

标,以确定所述柔性超声换能器阵元的位置。

[0014] 本发明实施例的第三方面提供了一种终端,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述方法的步骤。

[0015] 本发明实施例的第四方面提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述方法的步骤。

[0016] 本发明实施例中,通过采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值,并根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小;接着,再根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,实现柔性超声换能器的阵元定位,具有阵元定位精度高的特点。另外,由于在进行柔性超声换能器的阵元定位时,是利用柔性换能器自身进行阵元坐标的计算,不需要设置额外的硬件设备,因此,还有利于柔性换能器的制造。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0018] 图1是本发明实施例提供的一种柔性超声换能器的阵元定位方法的实现流程图;

[0019] 图2是本发明实施例提供的柔性超声换能器的结构示意图;

[0020] 图3是本发明实施例提供的柔性超声换能器发射的声场的示意图;

[0021] 图4是本发明实施例提供的柔性超声换能器发生形变时发射的声场的示意图;

[0022] 图5是本发明实施例提供的柔性超声换能器发生形变时进行阵元定位的示意图;

[0023] 图6是本发明实施例提供的串扰信号采集装置的结构框图;

[0024] 图7是本发明实施例提供的一种柔性超声换能器的阵元定位装置的结构框图;

[0025] 图8是本发明实施例提供的一种终端结构框图。

具体实施方式

[0026] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。在其它情况中,省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明,以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

[0027] 为了说明本发明上述的技术方案,下面通过具体实施例来进行说明。

[0028] 柔性超声换能器在上世纪80年代就已经提出了相关概念,研究多聚焦在水声领

域,可以解决海浪等声扰动导致的水声换能器阵列变形造成的相位弥散问题。进入21世纪之后,柔性超声换能器技术开始在超声无损监测领域大显身手,主要解决异形和弯曲工件的监测。柔性换能器在医疗领域的应用最初聚焦在超声治疗和理疗领域,该领域的超声波频率较低,对阵元尺寸和密度要求不高。柔性超声换能器医疗成像领域的研究,最近几年才出现比较多的学术研究。目前,柔性超声换能器成像的还存在以下技术难题:阵元定位和超声探头外形监控、波束成形和图像算法研究等。

[0029] 具体的,超声成像主机系统在控制柔性超声换能器各阵元发射和接收超声信号时,需要获得各阵元的相对位置,以各阵元作为超声图像的起始线。也就是说,确定了阵元的位置,就确定了探头发送或者接收超声波的位置,并可以据此确定超声图像的起始线,使得超声成像主机系统能够根据超声图像扫查方式和各阵元位置,进行运算,将接收到的超声信号转换为可显示的超声图像,实现利用柔性超声换能器进行超声成像。然而,由于利用柔性超声换能器实现成像的过程中,其形状并非固定不变,而是贴合皮肤表面,根据待测部位外部形状进行变化,这将导致柔性超声换能器阵元间的位置关系也是不断变化的。所以,目前柔性超声换能器成像的还存在阵元定位的技术难题。

[0030] 其中,阵元定位和超声探头外形监控的方法可以利用加速度传感器采集的加速度信息进行初步定位。但是,加速度传感器只能提供阵元的方位信息,无法得到阵元的具体坐标参数,具有阵元定位精度低的问题。

[0031] 基于此,本发明实施例中,通过采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值,并根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小;接着,再根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,实现柔性超声换能器的阵元定位,具有阵元定位精度高的特点。另外,由于在进行柔性超声换能器的阵元定位时,是利用柔性换能器自身进行阵元坐标的计算,不需要设置额外的硬件设备,因此,还有利于柔性换能器的制造。

[0032] 图1示出了本发明实施例提供的一种柔性超声换能器的阵元定位方法的实现流程示意图,该方法应用于终端,可以由终端上配置的柔性超声换能器的阵元定位装置执行,适用于需要提高柔性超声换能器的阵元定位精度的情形,包括步骤101至步骤103。

[0033] 步骤101,采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值;所述参考阵元为从所述柔性超声换能器中选定的任意一个阵元,所述邻近阵元为与所述参考阵元邻近的阵元。

[0034] 其中,柔性超声换能器阵元之间的串扰信号分为电串扰和声串扰。电串扰与阵元之间的分布电容、同轴电缆线互感以及电路板布线等因素有关。声串扰产生于压电振子和阵元结构多种振动模式的耦合,阵元在脉冲波激励下除产生沿阵元厚度方向的厚度振动模式外,还会产生沿阵元宽度的横向振动和以及沿阵元表面的切向振动的表面波模式。另外,在背衬层和匹配层未分离部分还会形成板波,对较远的阵元产生声串扰信号。

[0035] 例如,如图2示出了本发明实施例提供的柔性超声换能器的结构示意图,所述柔性超声换能器包括压电振子21、声学匹配层22、背衬层23以及位于所述压电振子之间的填缝材料24。所述压电振子21用于通过机电耦合效应对外辐射超声波,所述声学匹配层22用于进行声学耦合,所述背衬层23用于吸收所述压电振子背向的声散射,提高所述柔性换能器的分辨率,所述填缝材料24用于降低所述压电振子21之间的声学耦合以及支撑阵元。

[0036] 在对阵元施加电压激励信号时,会生成如图2所示的沿阵元厚度方向振动的振动

模式25、沿阵元宽度方向振动的振动模式26、填缝材料的横波模式27以及在背衬层和匹配层传播的板波28和29,这些振动模式会传播到超声阵元的邻近阵元,形成串扰信号。

[0037] 通常,串扰信号一般作为严重影响成像质量的噪声因子进行抑制。但是,由于柔性超声换能器工作过程中的形变会带动阵元产生偏转,导致相邻阵元的声场中轴线的夹角 φ 发生变化,并导致相邻阵元之间的串扰信号强度也会随所述夹角的变化而变化。因此,本发明实施例中,可以利用相邻阵元之间的串扰信号的信号强度随相邻阵元声场中轴线的夹角的变化而变化这一规律进行阵元定位。

[0038] 其中,在进行所述参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值的采集时可以利用常规的信号采集电路进行采集,此处不再赘述。

[0039] 步骤102,根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小。

[0040] 例如,如图3所示,处于声发射状态下的柔性超声换能器所发射的声场具有指向性,并形成一定的指向角,声场的旁瓣对邻近阵元会产生一定作用的串扰。当柔性超声换能器发生如图4所示的变形时,参考阵元与邻近阵元之间的串扰信号强度会发生变化,并且串扰信号强度的变化将携带参考阵元与邻近阵元之间声场中轴线的夹角信息。

[0041] 一般地,所述夹角越大,与所述夹角相关的串扰信号分量幅度越小。因此,通过建立串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系,并获取阵元之间的串扰信号强度值,即可计算出阵元之间的夹角。

[0042] 步骤103,根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,以确定所述柔性超声换能器阵元的位置。

[0043] 在计算出参考阵元与所述邻近阵元之间的夹角大小之后,通过建立坐标系,即可确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,实现阵元定位。

[0044] 本发明实施例中,通过采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值,并根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小;接着,再根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,实现柔性超声换能器的阵元定位,具有阵元定位精度高的特点。另外,由于在进行柔性超声换能器的阵元定位时,是利用柔性换能器自身进行阵元坐标的计算,不需要设置额外的硬件设备,因此,还有利于柔性换能器的制造。

[0045] 可选的,上述步骤102中,根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小可以包括:根据所述强度值E,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关

系 $E = A \left\{ 1 + 2 \sum_p X_e(p) + X_a(p) \right\}$ 计算得到所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小 φ 。

[0046] 其中, $A = \frac{\sin\left[\frac{kl}{2} \sin(\theta)\right]}{\frac{kl}{2} \sin(\theta)}$;

[0047] $X_e(p) = \alpha_e^p \cos[pkd \sin(\theta)] \cos[\phi(p)]$;

[0048] $X_a(p) = \alpha_a^p \cos[pkd \sin(\theta)] \cos[\phi(p)] \cos[\phi(p)]$;

[0049] p 为所述参考阵元与所述邻近阵元编号的差值, d 为最邻近的两个阵元之间的间距, k 为振动频率常数; l 为有效阵元宽度, θ 为邻近阵元的指向角, ϕ 为串扰信号到达所述邻近阵元的相位延迟; A 为单阵元无串扰信号,活塞型超声振子的指向性函数; $X_e(p)$ 为电学串扰指向性因子, $X_a(p)$ 为声学串扰指向性因子; α_e^p 为电学串扰系数; α_a^p 为声学串扰系数, α_e^p 和 α_a^p 的取值为 $0 \sim 1$ 。

[0050] 具体的,在所述根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小之前,包括:获取所述柔性超声换能器标准形态下的结构参数;所述结构参数包括最邻近的两个阵元之间的间距 d ,振动频率常数 k ;有效阵元宽度 l ,邻近阵元的指向角 θ ,串扰信号到达所述邻近阵元的相位延迟 ϕ ;单阵元无串扰信号,活塞型超声振子的指向性函数 A ;电学串扰指向性因子 $X_e(p)$,声学串扰指向性因子 $X_a(p)$ 。

[0051] 在获取了柔性超声换能器标准形态下的结构参数之后,将其代入预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系 $E = A \left\{ 1 + 2 \sum_p X_e(p) + X_a(p) \right\}$ 中,即可根据所述

串扰信号的强度值计算得到所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小 φ ,接着,再根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标。

[0052] 可选地,上述步骤103中,根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标可以包括:将所述参考阵元的坐标确定为 $(0, 0)$,并根据所述夹角大小 φ 确定所述邻近阵元的坐标为 $[pd \cos(\varphi), pd \sin(\varphi)]$ 。

[0053] 另外,在确定好参考阵元的坐标以及与所述参考阵元邻近的邻近阵元的坐标之后,利用公式 $m_i = \sum_1^i \left[m_{i-1} + pd \cos\left(\frac{\varphi_i}{2} + \sum_1^{i-1} \varphi_{i-1}\right) \right]$, $n_i = \sum_1^i \left[n_{i-1} + pd \cos\left(\frac{\varphi_i}{2} + \sum_1^{i-1} \varphi_{i-1}\right) \right]$ 即可迭代出柔性阵元的第 $i+1$ 个坐标 (m_i, n_i) 相对于所述参考阵元的坐标,直至完成全部阵元坐标的计算,其中, i 大于或等于2。

[0054] 本发明实施例中,所述采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值可以包括:采集参考阵元,以及与所述参考阵元最邻近的邻近阵元之间的串扰信号的强度值;或者,采集参考阵元,以及与所述参考阵元间隔一个或多个阵元的邻近阵元之间的串扰信号的强度值。

[0055] 也就是说,所述邻近阵元可以为与所述参考阵元最邻近的邻近阵元也可以为与所述参考阵元间隔一个或多个阵元的邻近阵元。

[0056] 当所述邻近阵元为与所述参考阵元最邻近的邻近阵元时,上述预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系 $E = A \left\{ 1 + 2 \sum_p X_e(p) + X_a(p) \right\}$ 中的 p 为1,当所述邻近阵元为与所述参考阵元间隔一个的邻近阵元时,上述预先确定好的串扰信号强度值与阵

元夹角之间的对应关系 $E = A \left\{ 1 + 2 \sum_p X_e(p) + X_a(p) \right\}$ 中的 p 为 2。

[0057] 由于当所述邻近阵元为与所述参考阵元最邻近的邻近阵元时,邻近阵元接收到的串扰信号的强度值最大,因此,在进行阵元定位时,可以采集参考阵元以及与所述参考阵元最邻近的邻近阵元之间的串扰信号的强度值进行阵元定位,以达到较高的阵元定位精度。

[0058] 例如,如图5所示,在柔性换能器发生形变时,可以将参考阵元的坐标确定为坐标原点 $(0,0)$ 建立坐标系 MON ,将所述参考阵元的最邻近阵元的坐标确定为 (m_1, n_1) 根据所述参考阵元与所述最邻近阵元之间的夹角大小 φ_1 确定所述邻近阵元的坐标为 $[d \cos(\varphi_1), d \sin(\varphi_1)]$;接着,再利用公式

$$m_i = \sum_1^i \left[m_{i-1} + \cos\left(\frac{\varphi_i}{2} + \sum_1^{i-1} \varphi_{i-1}\right) \right], \quad n_i = \sum_1^i \left[n_{i-1} + \sin\left(\frac{\varphi_i}{2} + \sum_1^{i-1} \varphi_{i-1}\right) \right]$$

迭代出柔性阵元的第 $i+1$ 个坐标 (m_i, n_i) 相对于所述参考阵元的坐标,直至完成全部阵元坐标的计算,其中, i 大于或等于 2。

[0059] 可选的,在本发明的一些实施方式中,上述步骤102中,根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小还可以包括:根据所述强度值,查找预先确定好的串扰信号的强度值与阵元夹角之间的对应关系表得到所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小。

[0060] 例如,所述预先确定好的串扰信号的强度值与阵元夹角大小之间的对应关系表为预先进行通过实验测定得到的串扰信号的强度值与阵元夹角大小之间的对应关系表。在进行阵元定位时,只需要获取参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值,就可以通过查找预先确定好的串扰信号的强度值与阵元夹角之间的对应关系表得到所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小,并根据所述夹角大小确定出所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,具有计算方式简便的特点,极大地降低了进行阵元定位的计算量。

[0061] 可选的,本发明的一些实施方式中,在采集所述参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值时可以利用独立的串扰信号采集通道进行串扰信号采集,以使串扰信号采集通道与正常的回波信号的采集通道相隔离,避免正常的超声回波信号对串扰信号的干扰,提高阵元坐标计算的准确性。

[0062] 具体的,如图6所示,通过通道切换开关61进行回波信号采集模式的切换,将回波信号采集传感器62在接近时间零点采集的回波信号输入到串扰信号采集模块63,将回波信号采集传感器62在远离时间零点采集的回波信号输入到回波信号采集模块64,可以实现串扰信号采集通道与正常的回波信号的采集通道相隔离,避免正常的超声回波信号对串扰信号的干扰。

[0063] 本发明实施例还提供一种柔性超声换能器的阵元定位装置,如图7所示,包括:

[0064] 采集单元701,用于采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值;所述参考阵元为从所述柔性超声换能器中选定的任意一个阵元,所述邻近阵元为与所述参考阵元邻近的阵元;

[0065] 计算单元702,用于根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹

角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小；

[0066] 确定单元703,用于根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标,以确定所述柔性超声换能器阵元的位置。

[0067] 可选的,所述计算单元702,还具体用于:

[0068] 根据所述强度值E,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关

系 $E = A \left\{ 1 + 2 \sum_p X_e(p) + X_a(p) \right\}$ 计算得到所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小 φ ;

[0069] 其中, $A = \frac{\sin\left[\frac{kl}{2}\sin(\theta)\right]}{\frac{kl}{2}\sin(\theta)}$;

[0070] $X_e(p) = \alpha_e^p \cos[pkd \sin(\theta)] \cos[\phi(p)]$;

[0071] $X_a(p) = \alpha_a^p \cos[pkd \sin(\theta)] \cos[\phi(p)] \cos[\phi(p)]$;

[0072] p为所述参考阵元与所述邻近阵元编号的差值,d为最邻近的两个阵元之间的间距,k为振动频率常数;l为有效阵元宽度, θ 为邻近阵元的指向角, ϕ 为串扰信号到达所述邻近阵元的相位延迟;A为单阵元无串扰信号,活塞型超声振子的指向性函数; $X_e(p)$ 为电学串扰指向性因子, $X_a(p)$ 为声学串扰指向性因子; α_e^p 为电学串扰系数; α_a^p 为声学串扰系数, α_e^p 和 α_a^p 的取值为0~1。

[0073] 可选的,所述计算单元702,还具体用于:将所述参考阵元的坐标确定为(0,0),并根据所述夹角大小 φ 确定所述邻近阵元的坐标为 $[pd \cos(\varphi), pd \sin(\varphi)]$ 。在所述根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标之后,还用于利用公式

$$m_i = \sum_1^i \left[m_{i-1} + pd \cos\left(\frac{\varphi_i}{2} + \sum_1^{i-1} \varphi_{i-1}\right) \right], \quad n_i = \sum_1^i \left[n_{i-1} + pd \cos\left(\frac{\varphi_i}{2} + \sum_1^{i-1} \varphi_{i-1}\right) \right]$$

迭代出柔性阵元的第i+1个坐标 (m_i, n_i) 相对于所述参考阵元的坐标,其中,i大于或等于2。

[0074] 可选的,所述计算单元702,还具体用于:在所述根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小之前,获取所述柔性超声换能器标准形态下的结构参数;所述结构参数包括最邻近的两个阵元之间的间距d,振动频率常数k;有效阵元宽度l,邻近阵元的指向角 θ ,串扰信号到达所述邻近阵元的相位延迟 ϕ ;单阵元无串扰信号,活塞型超声振子的指向性函数A;电学串扰指向性因子 $X_e(p)$,声学串扰指向性因子 $X_a(p)$ 。

[0075] 可选的,所述计算单元702,还具体用于:根据所述强度值,查找预先确定好的串扰信号的强度值与阵元夹角之间的对应关系表得到所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小。

[0076] 可选的,所述采集单元701,还具体用于:采集参考阵元,以及与所述参考阵元最邻近的邻近阵元之间的串扰信号的强度值;或者,采集参考阵元,以及与所述参考阵元间隔一个或多个阵元的邻近阵元之间的串扰信号的强度值。

[0077] 需要说明的是,本实施例提供的一种柔性超声换能器的阵元定位装置中各单元实现各自功能的过程,具体可参考前述实施例的描述,此处不再赘述。

[0078] 图8是本发明实施例提供的一种终端的示意图。如图8所示,该实施例的终端8包括:处理器80、存储器81以及存储在所述存储器81中并可在所述处理器80上运行的计算机程序82,例如柔性超声换能器的阵元定位程序。所述处理器80执行所述计算机程序82时实现上述各个柔性超声换能器的阵元定位方法实施例中的步骤,例如图1所示的步骤101至103。或者,所述处理器80执行所述计算机程序82时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能,例如图7所示单元701至703的功能。

[0079] 所述计算机程序82可以被分割成一个或多个模块/单元,所述一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器81中,并由所述处理器80执行,以完成本发明。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段,该指令段用于描述所述计算机程序82在所述终端8中的执行过程。例如,所述计算机程序82可以被分割成采集单元、计算单元和确定单元(虚拟装置中的单元),各单元具体功能如下:

[0080] 采集单元,用于采集参考阵元与邻近阵元之间串扰信号的强度值;所述参考阵元为从所述柔性超声换能器中选定的任意一个阵元,所述邻近阵元为与所述参考阵元邻近的阵元;

[0081] 计算单元,用于根据所述强度值,利用预先确定好的串扰信号强度值与阵元夹角之间的对应关系计算所述参考阵元与所述邻近阵元之间声场中轴线的夹角大小;

[0082] 确定单元,用于根据所述夹角大小确定所述邻近阵元相对于所述参考阵元的坐标。

[0083] 所述柔性超声换能器的阵元定位装置可包括,但不仅限于,处理器80、存储器81。本领域技术人员可以理解,图8仅仅是终端8的示例,并不构成对终端8的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述柔性超声换能器的阵元定位装置还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0084] 所称处理器80可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0085] 所述存储器81可以是所述终端8的内部存储单元,例如柔性超声换能器的阵元定位装置的硬盘或内存。所述存储器81也可以是所述终端8的外部存储设备,例如所述终端8上配备的插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)等。进一步地,所述存储器81还可以既包括所述终端8的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器81用于存储所述计算机程序以及所述终端8所需的其他程序和数据。所述存储器81还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0086] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上

描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中,上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。另外,各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本发明的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0087] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中沒有详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0088] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0089] 在本发明所提供的实施例中,应该理解到,所揭露的装置/终端设备和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置/终端设备实施例仅仅是示意性的,例如,所述模块或单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通讯连接可以通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通讯连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0090] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0091] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0092] 所述集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是,所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括电载波信号和电信信号。

[0093] 以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各

实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围,均应包含在本发明的保护范围之内。

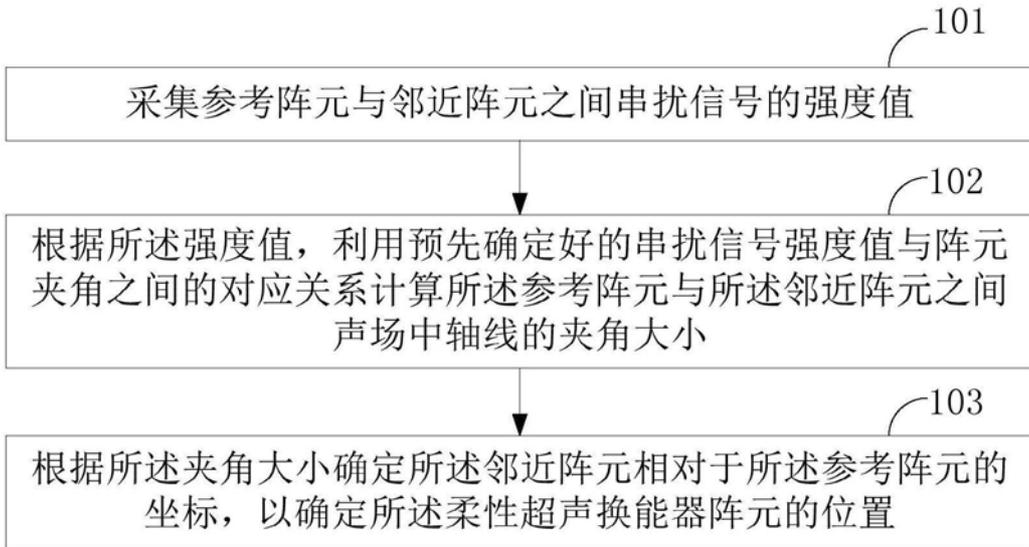


图1

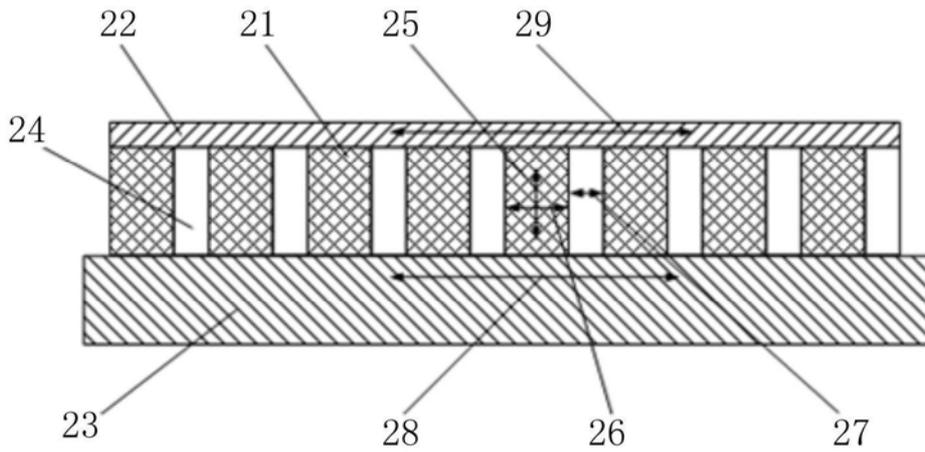


图2

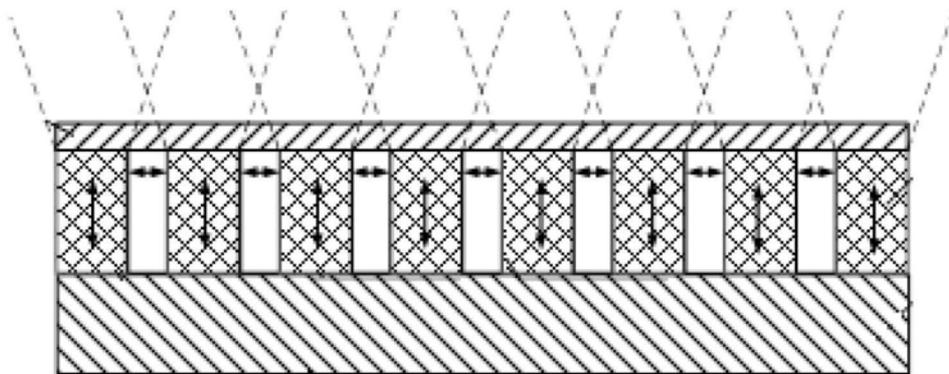


图3

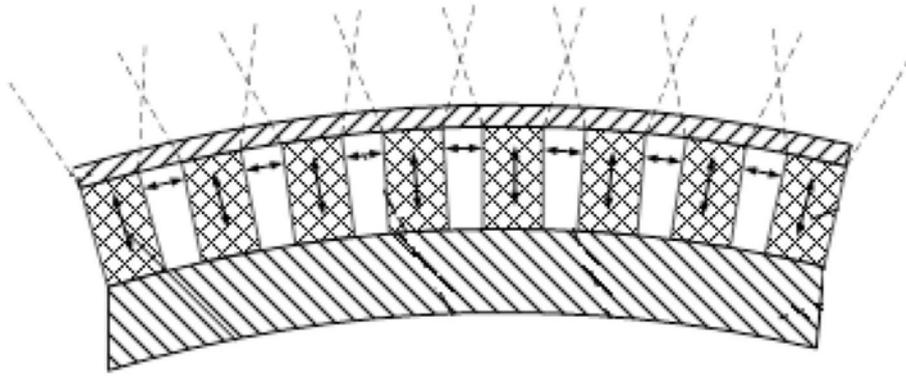


图4

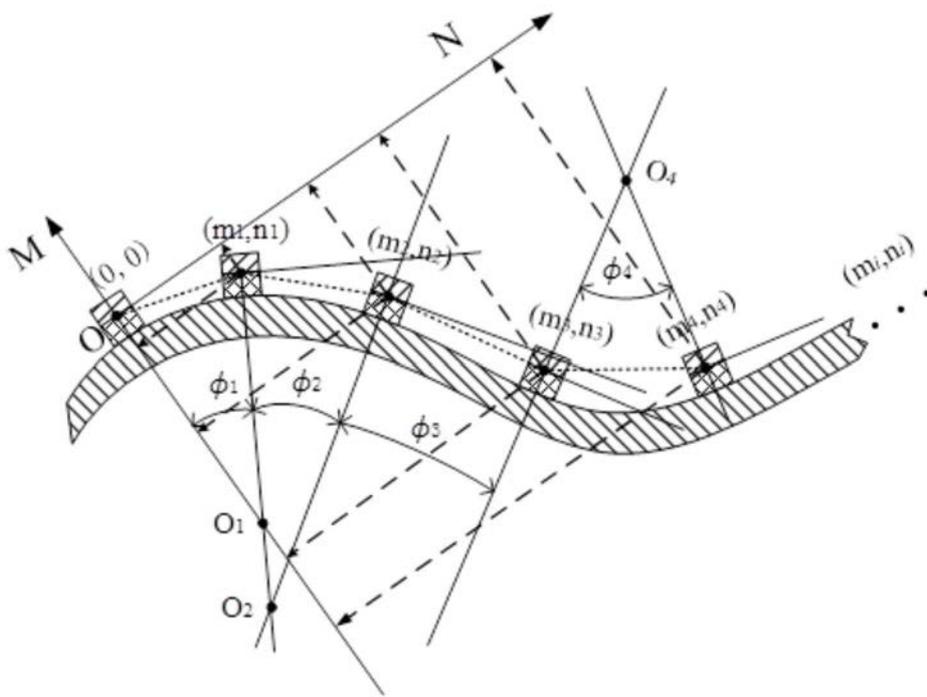


图5

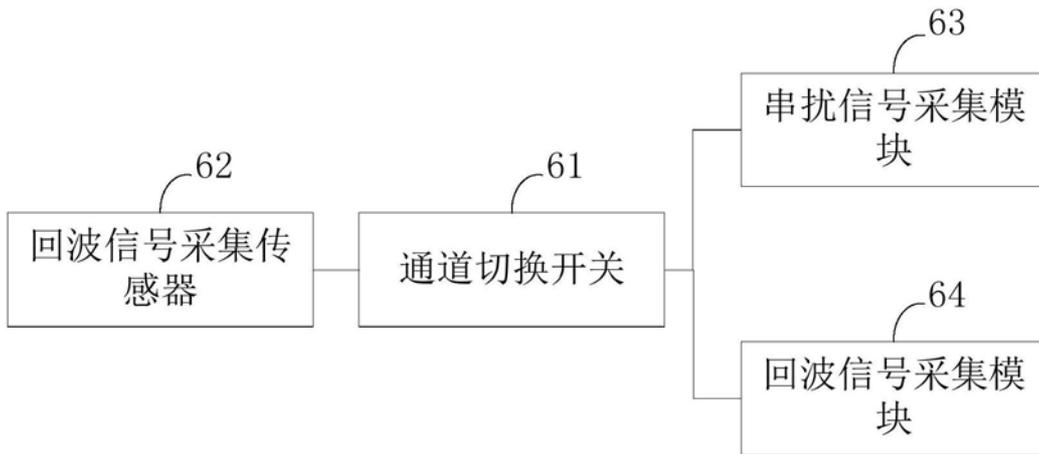


图6

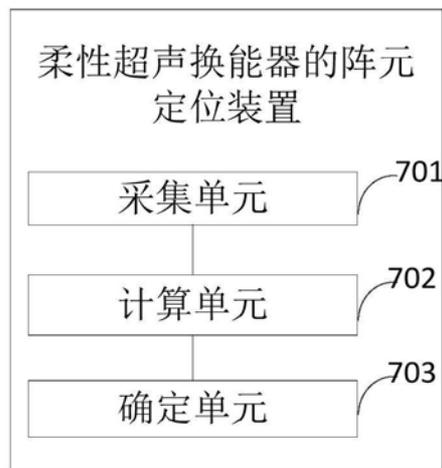


图7

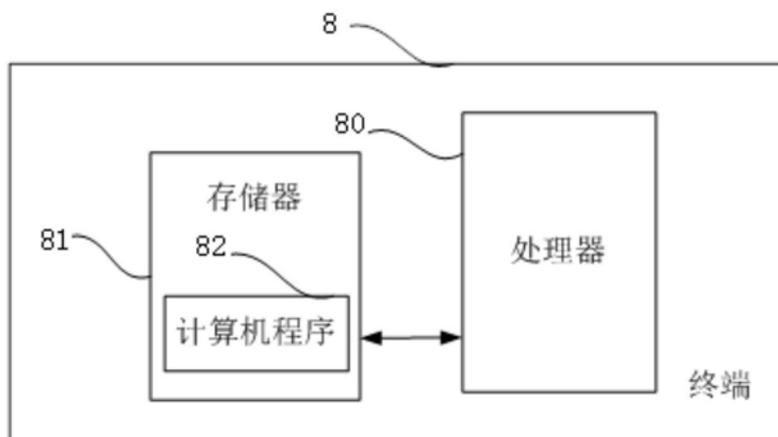


图8