



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103961142 B

(45)授权公告日 2018.09.11

(21)申请号 201410033869.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.01.24

A61B 8/14(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 高瑞玲

申请公布号 CN 103961142 A

(43)申请公布日 2014.08.06

(30)优先权数据

13/750582 2013.01.25 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 S.法尔特 D.林根贝格

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 叶晓勇 汤春龙

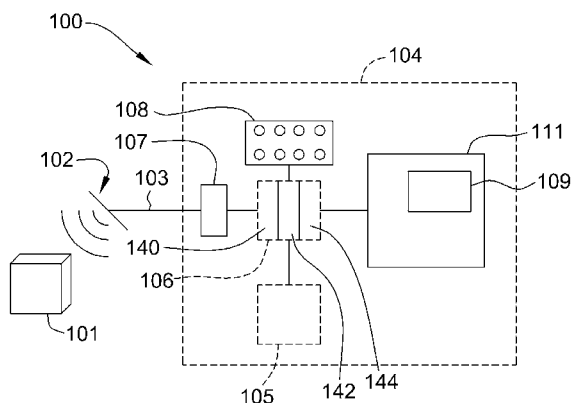
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

超声全息成像系统和方法

(57)摘要

本发明提供超声全息成像系统(100)和方法。所述超声全息成像系统(100)包括耦合到模拟处理部件(107)的超声换能器阵列(102)。该模拟处理部件(107)耦合到数字处理部件(106)。该数字处理部件(106)生成由该模拟处理部件(107)转换为模拟信号的数字信号,该模拟信号传输到超声换能器阵列(102)内的单独的收发器元件以引起该单独的收发器元件中的分开的收发器元件发射超声波形,该超声波形通过包含振幅、频率和相位或它们的调制的一个或更多参数来相互区分。



1. 一种超声全息成像系统(100),包括:

超声换能器阵列(102),包括多个收发器元件(110),所述多个收发器元件(110)配置成向物理物品(101)发射多个超声波形,并且接收从所述物理物品(101)反射的多个返回超声波形,其中所述超声换能器阵列被配置成发射所述多个超声波以形成具有特定形状的声场,所述声场的特定形状由所述物理物品(101)所定义的图像结构确定;以及

处理器系统(104),耦合到所述超声换能器阵列(102),所述处理器系统(104)配置成:生成多个外出模拟收发器驱动信号,所述多个外出模拟收发器驱动信号配置成引起所述超声换能器阵列(102)发射所述多个超声波形,其中所述多个超声波形中的至少两个通过振幅、频率和相位或其中任何一个的调制中的至少一个的变化来相互区分以形成声学图像;

接收由所述超声换能器阵列(102)生成的多个进入模拟波形信号,所述进入模拟波形信号表示所述多个返回超声波形中的至少一部分;

使用所述多个进入模拟波形信号来构建虚拟图像,所述虚拟图像对应于所述物理物品的内部区域的至少一部分。

2. 根据权利要求1所述的系统(100),其中所述处理器系统(104)包括:

数字处理部分(106),用于生成对应于所述多个模拟收发器驱动信号的多个数字波形整形信号,以及用于将多个进入数字信号处理进所述虚拟图像;以及

模拟处理部分(107),耦合到所述数字处理部分和所述超声换能器阵列(102),用于将所述多个数字波形整形信号转换为所述多个外出模拟收发器驱动信号供传输到所述超声换能器阵列(102),以及用于将从所述超声换能器阵列(102)接收的所述多个进入模拟波形信号转换为多个进入数字波形信号。

3. 根据权利要求2所述的系统(100),其中所述模拟处理部分(107)包括:

多个数模转换器(120),耦合到所述数字处理部分(106),用于将从所述数字处理部分(106)接收的所述多个数字波形整形信号转换为所述多个进入模拟波形整形信号;以及

多个放大器(124),耦合到所述多个数模转换器(120)中的对应的数模转换器,所述多个放大器(124)还耦合到所述多个收发器元件(110)中的对应的收发器元件,用于将从所述多个数模转换器(120)接收的所述多个模拟波形整形信号转换为所述多个模拟收发器驱动信号以及将所述多个模拟收发器驱动信号传输到所述多个收发器元件(110)中的对应的收发器元件。

4. 根据权利要求2所述的系统(100),其中所述模拟处理部分(107)包括:

多个放大器(128),耦合到所述多个收发器元件(110)中的对应的收发器元件,用于放大从所述多个收发器元件(110)中的所述对应的收发器元件接收的所述多个模拟波形信号;以及

多个模数转换器(138),耦合到所述多个放大器(128)中的对应的放大器,用于将从所述多个收发器元件(110)中的所述对应的收发器元件接收的所述多个模拟波形信号转换为多个数字波形信号。

5. 根据权利要求4所述的系统(100),其中所述模拟处理部分(107)包括多个滤波器(134),每个滤波器(134)耦合在放大器(128)和对应的模数转换器(138)之间。

6. 根据权利要求3所述的系统(100),其中所述数字处理部分(106)包括耦合到所述多个数模转换器(120)的波形整形部件(141)。

7. 根据权利要求4所述的系统(100),其中所述数字处理部分(106)包括:
图像重构单元(158),耦合到所述模数转换器(138),用于为将所述数字波形信号转换为所述虚拟图像而执行所述数字波形信号的数值重构;以及
至少一个存储设备(161),耦合到所述图像重构单元(158),用于存储所述数字波形信号。
8. 根据权利要求6所述的系统(100),其中所述数字处理部分(106)包括耦合到所述波形整形部件(141)的循环控制单元(164)。
9. 根据权利要求7所述的系统(100),其中所述数字处理部分(106)包括:
至少一个评估单元(170),耦合到所述图像重构单元(158),用于关于所述虚拟图像执行超声检测分析。
10. 根据权利要求6所述的系统(100),其中所述波形整形部件(141)配置成生成数字波形整形信号,所述数字波形整形信号配置成在物理物品(101)中导致以下中的一种:拉姆波、瑞利波、蠕变波。

超声全息成像系统和方法

背景技术

[0001] 本公开一般涉及用于由声波生成三维图像的超声全息成像系统,更具体地涉及使用超声全息对物理物品内的特征成像的方法。

[0002] 在使用的系统中,例如在物理物品的无损检测中,经常需要非侵入性技术以便确定物理物品内部之中的情况。超声振动具有穿入固体物理物品、反射出固体物理物品或穿过固体物理物品的能力。通过分析已穿过物理物品的超声振动的模式和频率中的改变,可生成包括该物理物品内特征的该物理物品的视觉图像。

[0003] 特别地,超声发生器引起发射器元件(换能器)产生传播进待检测的物理物品的定向的声场。在一些成像系统中,例如物理物品内缺陷的反射至少部分地往回指向接收器。该发射器和接收器元件可以是阵列内的分开组件,或者可以是用作发射器和接收器两者(称为“收发器”)的相同单独组件;类似于扬声器也可用作麦克风的方式。声场在接收器内生成电脉冲。该电脉冲转换为经处理来产生视觉图像的数据。使用相控阵换能器(phased-array transducer)来提供可在时间中相互分开的一系列分开的声脉冲(“猝发音”),以使得能够生成定向的声场。例如,如果启动单独超声换能器的阵列以使得发射在相邻发射器之间在时间上隔开固定的量的猝发音,则可以生成有角度的平面声波。

[0004] 现有的相控阵换能器产生具有从该换能器阵列的配置衍生的形状的声场,其通常是平面形状或者简单的曲面形状。另外,现有的超声发生器只在从分开的发射器放射的波之间产生相移。这限制了现有超声全息成像系统产生复杂的波前形式的能力。因此,希望提供一种超声全息成像系统,该超声全息成像系统能够产生不被换能器阵列的配置约束的复杂的(detailed)声场,以提供能够处理被成像的物理物品的形状和配置的增强成像。

发明内容

[0005] 一方面,提供超声全息系统。超声全息系统包括具有预定义形状的超声换能器阵列,该超声换能器阵列包括多个收发器元件,所述多个收发器元件配置成向物理物品发射多个超声波形,并接收从该物理物品反射的多个返回超声波形。超声全息系统还包括耦合到超声换能器阵列的处理器系统。该处理器系统配置成生成多个外出模拟收发器驱动信号,该多个外出模拟收发器驱动信号配置成引起该超声换能器阵列发射多个超声波形,其中该多个超声波形中的至少两个是通过振幅、频率和相位或它们的调制中的至少一个的变化来相互区分以形成声学图像的。处理器系统还配置成接收由该超声换能器阵列生成的多个进入模拟波形信号,该进入模拟波形信号表示多个返回超声波形中的至少一部分。处理器系统还配置成使用该多个进入模拟波形信号来构建虚拟图像,该虚拟图像对应于物理物品内部区域的至少一部分。

[0006] 另一方面,提供组装超声全息系统的方法。所述方法包括将多个超声收发器元件耦合以形成具有预定义的形状的超声换能器阵列,该多个收发器元件配置成向物理物品发射多个超声波形,并且接收从该物理物品反射的多个返回超声波形。该方法还包括将处理器系统耦合到该超声换能器阵列。该处理器系统配置成:生成多个外出模拟收发器驱动信

号,该多个外出模拟收发器驱动信号配置成引起该超声换能器阵列发射多个超声波形,其中该多个超声波形中的至少两个是通过振幅、频率、相位或它们的调制中的至少一个的变化来相互区分以形成声学图像的。该处理器系统还配置成接收由该超声换能器阵列生成的多个进入模拟波形信号,该进入模拟波形信号表示多个返回超声波形中的至少一部分。该处理器系统还配置成使用该多个进入模拟波形信号来构建虚拟图像,该虚拟图像对应于物理物品的内部区域的至少一部分。

[0007] 另一方面,提供使用超声全息成像对物理物品成像的方法。使用包括耦合到存储设备的处理部件的处理器系统实现该方法。该方法包括使用存储在该存储设备中的数据来定义图像结构,该数据表示物理物品的几何形状。该方法还包括配置超声换能器阵列,该超声换能器阵列包括多个超声收发器元件。该方法还包括将该超声换能器阵列耦合到该处理部件和该存储设备。该方法还包括在该存储设备中存储可由该处理器系统运行来引起该超声换能器阵列发射表示所定义的图像结构的多个超声波形的指令,其中该超声波形中的至少两个是通过振幅、频率和相位或它们的调制中的至少一个的变化来相互区分以形成声学图像的。

[0008] 按照本公开的第一方面,提供一种超声全息成像系统,包括:

[0009] 超声换能器阵列,包括多个收发器元件,所述多个收发器元件配置成向物理物品发射多个超声波形,并且接收从所述物理物品反射的多个返回超声波形;以及

[0010] 处理器系统,耦合到所述超声换能器阵列,所述处理器系统配置成:

[0011] 生成多个外出模拟收发器驱动信号,所述多个外出模拟收发器驱动信号配置成引起所述超声换能器阵列发射所述多个超声波形,其中所述多个超声波形中的至少两个通过振幅、频率和相位或其中任何一个的调制中的至少一个的变化来相互区分以形成声学图像;

[0012] 接收由所述超声换能器阵列生成的多个进入模拟波形信号,所述进入模拟波形信号表示所述多个返回超声波形中的至少一部分;

[0013] 使用所述多个进入模拟波形信号来构建虚拟图像,所述虚拟图像对应于所述物理物品的内部区域的至少一部分。

[0014] 按照第一方面的系统,其中所述处理器系统包括:

[0015] 数字处理部分,用于生成对应于所述多个模拟收发器驱动信号的多个数字波形整形信号,以及用于将多个进入数字信号处理进所述虚拟图像;以及

[0016] 模拟处理部分,耦合到所述数字处理部分和所述超声换能器阵列,用于将所述多个数字波形整形信号转换为所述多个外出模拟收发器驱动信号供传输到所述超声换能器阵列,以及用于将从所述超声换能器阵列接收的所述多个进入模拟波形信号转换为多个进入数字波形信号。

[0017] 按照第一方面的系统,其中所述模拟处理部分包括:

[0018] 多个数模转换器,耦合到所述数字处理部分,用于将从所述数字处理部分接收的所述多个数字波形整形信号转换为所述多个进入模拟波形整形信号;以及

[0019] 多个放大器,耦合到所述多个数模转换器中的对应的数模转换器,所述多个放大器还耦合到所述多个收发器元件中的对应的收发器元件,用于将从所述多个数模转换器接收的所述多个模拟波形整形信号转换为所述多个模拟收发器驱动信号以及将所述多个模

拟收发器驱动信号传输到所述多个收发器元件中的对应的收发器元件。

[0020] 按照第一方面的系统,其中所述模拟处理部分包括:

[0021] 多个放大器,耦合到所述多个收发器元件中的对应的收发器元件,用于放大从所述多个收发器元件中的所述对应的收发器元件接收的所述多个模拟波形信号;以及

[0022] 多个模数转换器,耦合到所述多个放大器中的对应的放大器,用于将从所述多个收发器元件中的所述对应的收发器元件接收的所述多个模拟波形信号转换为多个数字波形信号。

[0023] 按照第一方面的系统,其中所述模拟处理部分包括多个滤波器,每个滤波器耦合在放大器和对应的模数转换器之间。

[0024] 按照第一方面的系统,其中所述数字处理单元包括耦合到所述多个数模转换器的波形整形部件。

[0025] 按照第一方面的系统,其中所述数字处理单元包括:

[0026] 图像重构单元,耦合到所述模数转换器,用于为将所述数字波形信号转换为所述虚拟图像而执行所述数字波形信号的数值重构;以及

[0027] 至少一个存储设备,耦合到所述图像重构单元,用于存储所述数字波形信号。

[0028] 按照第一方面的系统,其中所述数字处理单元包括耦合到所述波形整形部件的循环控制单元。

[0029] 按照第一方面的系统,其中所述数字处理单元包括:

[0030] 至少一个评估单元,耦合到所述图像重构单元,用于关于所述虚拟图像执行超声检测分析。

[0031] 按照第一方面的系统,其中所述波形整形部件配置成生成数字波形整形信号,所述数字波形整形信号配置成在物理物品中导致以下中的一种:拉姆波、瑞利波、蠕变波。

[0032] 按照本公开的第二方面,提供一种组装超声全息系统的方法,所述方法包括:

[0033] 将多个超声收发器元件耦合以形成超声换能器阵列,所述多个收发器元件配置成向物理物品发射多个超声波形以在其中形成声学图像,并且接收从所述物理物品反射的多个返回超声波形;以及

[0034] 将处理器系统耦合到所述超声换能器阵列,所述处理器系统配置成:

[0035] 生成多个外出模拟收发器驱动信号,所述多个外出模拟收发器驱动信号配置成引起所述超声换能器阵列发射所述多个超声波形,其中所述多个超声波形中的至少两个通过振幅、频率和相位或其中任何的调制中的至少一个的变化来相互区分;

[0036] 接收由所述超声换能器阵列生成的多个进入模拟波形信号,所述多个进入模拟波形信号表示所述多个返回超声波形中的至少一部分;以及

[0037] 使用所述多个进入模拟波形信号来构建虚拟图像,所述虚拟图像对应于所述物理物品的内部区域的至少一部分。

[0038] 按照第二方面的方法,所述方法包括:

[0039] 将数字处理部分耦合到模拟处理部分,其中,所述数字处理部分用于生成对应于所述多个模拟收发器驱动信号的多个数字波形整形信号,以及用于将多个进入数字信号处理进所述虚拟图像,所述模拟处理部分用于将所述多个数字波形整形信号转换为所述多个模拟收发器驱动信号供传输到所述超声换能器阵列,以及用于将从所述超声换能器阵列接

收的所述进入模拟波形信号转换为多个进入数字信号;以及

[0040] 将所述模拟处理部分耦合到所述超声换能器阵列。

[0041] 按照第二方面的方法,所述方法包括:

[0042] 将多个数模转换器耦合到所述数字处理部分,用于将从所述数字处理部分接收的所述多个数字波形整形信号转换为多个模拟波形整形信号;以及

[0043] 将多个放大器耦合到所述多个数模转换器中的对应的数模转换器;以及

[0044] 将所述多个放大器耦合到所述多个收发器元件中的对应的收发器元件,用于将从所述多个数模转换器接收的所述多个模拟波形整形信号转换为所述多个模拟收发器驱动信号以及将所述模拟收发器驱动信号传输到所述多个收发器元件中的对应的收发器元件。

[0045] 按照第二方面的方法,其中所述方法还包括:

[0046] 将多个放大器耦合到所述多个收发器元件中的对应的收发器元件,用于放大从所述多个收发器元件中的所述对应的收发器元件接收的模拟波形信号;以及

[0047] 将多个模数转换器耦合到所述多个放大器中的对应的放大器,用于将从所述多个收发器元件中的所述对应的收发器元件接收的所述模拟波形信号转换为数字波形信号。

[0048] 按照第二方面的方法,其中所述方法还包括将波形整形部件耦合到所述多个数模转换器。

[0049] 按照第二方面的方法,其中所述方法还包括:

[0050] 将图像重构单元耦合到所述模数转换器,用于为将所述多个数字波形信号转换为所述虚拟图像而执行所述多个数字波形信号的数值重构;以及

[0051] 将至少一个存储设备耦合到所述图像重构单元,用于存储所述多个数字波形信号。

[0052] 按照第二方面的方法,其中所述方法还包括:

[0053] 将至少一个评估单元耦合到所述图像重构单元用于关于所述虚拟图像执行超声检测分析。

[0054] 按照第二方面的方法,其中所述方法还包括:配置所述波形整形部件以生成数字波形整形信号,所述数字波形整形信号配置成在物理物品中导致以下中的一种:拉姆波、瑞利波、蠕变波。

[0055] 按照本公开的第三方面,提供一种使用超声全息成像对物理物品成像的方法,所述方法使用包括耦合到存储设备的处理部件的处理器系统来实现,所述方法包括:

[0056] 使用存储在所述存储设备中的数据来定义图像结构,所述数据表示所述物理物品的几何形状;

[0057] 配置超声换能器阵列,所述超声换能器阵列包括多个超声收发器元件;

[0058] 将所述超声换能器阵列耦合到所述处理部件和所述存储设备;以及

[0059] 在所述存储设备中存储可由所述处理器系统运行来引起所述超声换能器阵列发射表示所定义的图像结构的多个超声波形的指令,其中所述超声波形中的至少两个是通过振幅、频率和相位或它们的调制中的至少一个的变化来相互区分的。

[0060] 按照第三方面的方法,其中所述方法包括:

[0061] 通过所述超声换能器阵列将表示所定义的声学图像结构的多个超声波形发射入所述物理物品;

- [0062] 通过所述超声换能器接收从所述物理物品反射的多个超声波形；
[0063] 处理所述多个反射的超声波形来产生多个数字A-扫描；以及
[0064] 评估所述多个数字A-扫描。

附图说明

- [0065] 图1是其中使用示范超声全息系统的环境的示意图；
[0066] 图2A是说明示范超声全息系统的传感器和硬件部分的电路图的一部分；
[0067] 图2B是说明示范超声全息系统的处理器部分的电路图的另一部分；
[0068] 图3A是示范超声全息成像系统中使用的示范的一系列波形的透视图表示；
[0069] 图3B是示范超声全息成像系统中使用的示范的另一系列波形的另一透视图表示；
[0070] 图3C是示范超声全息成像系统中使用的示范的另一系列波形的另一透视图表示；
[0071] 图4是说明使用超声全息对物理物品成像的示范方法的流程图。

具体实施方式

[0072] 虽然本发明的各种实施例的特定特征可能在一些图中示出而未在其它图中示出，但这只是为了方便。根据本发明的原则，图中任何特征可以组合任何其它图中的任何特征来进行参考和/或要求保护。

[0073] 本文中描述的方法和系统可以使用包括计算机软件、固件、硬件或它们的任何组合或子集的计算机编程或工程技术来实现，其中技术效果可以通过执行至少一个以下步骤来实现：a) 使用存储在存储设备中的数据来定义图像结构，该数据表示物理物品的几何形状；b) 配置超声换能器阵列，该超声换能器阵列包括多个超声收发器元件；c) 将该超声换能器阵列耦合到处理部件和该存储设备；d) 在该存储设备中存储可由该处理器系统运行来引起该超声换能器阵列发射表示所定义的图像结构的多个超声波形的指令，其中该超声波形中的至少两个是通过振幅、频率和相位中的至少一个的变化来相互区分的；e) 通过该超声换能器阵列将表示所定义的图像结构的多个超声波形发射入物理物品来形成该物理物品内的声学图像；f) 通过该超声换能器阵列接收从该物理物品反射的多个超声波形；g) 处理该多个反射的超声波形来产生多个数字A-扫描；以及h) 评估该多个数字A-扫描。

[0074] 图1是用于执行物理物品101的超声全息成像的示范超声全息成像系统100的示意图。系统100包括通过连接103耦合到处理器系统104的超声换能器阵列102。连接103可以是足以使得系统100如本文中所描述地发挥作用的任何合适连接设备，包括硬布线布置、光纤传输布置或它们的组合。在示范实施例中，超声换能器阵列102发射超声声音脉冲，以及也接收反射离开物理物品101的超声波。更具体地，由换能器阵列102发射的超声波在一些实施例中配置成穿入物理物品101，并反射离开物理物品101内的结构，诸如密度降低的区域（可能暗示腐蚀）或者物理物品101内的其它缺陷。在示范实施例中，超声换能器阵列102是单独超声收发器元件110的矩形阵列（m乘以n单元）（图2中示出）。在示范实施例中，每个超声收发器元件是压电收发器元件。在备选实施例中，可以使用本领域技术人员所知的其它类型超声收发器元件来使得系统100能够如所描述地发挥作用，所述其它类型超声收发器元件诸如电磁声换能器（“EMAT”）或电容式微加工超声换能器（“CMUT”）。每个超声收发器元件110配置成传输和接收超声波形。处理器系统104包括耦合到数字处理部件106的模拟处

理部件107。数字处理部件106耦合到存储设备(数据库)105和控制面板108(或者键盘或者其它一个或更多用户输入设备)。数字处理部件106提供信号给显示器111来生成显示图像109。

[0075] 如本文中所述的,术语“处理器”不只限于在本领域中称作计算机的那些集成电路,而是广泛地指微控制器、微型计算机、可编程逻辑控制器(PLC)、专用集成电路或者其它可编程电路,并且这些术语在本文中可互换地使用。在本文中描述的实施例中,存储器可包括但不限于诸如随机存取存储器(RAM)的计算机可读介质和诸如闪存存储器的计算机可读非易失性介质。备选地,也可使用软盘、压缩盘-只读存储器(CD-ROM)、磁光盘(MOD)和/或数字多功能盘(DVD)。而且,在本文中描述的实施例中,额外的输入通道可以但不限于是诸如鼠标和键盘的与操作员界面关联的计算机外围设备。备选地,也可使用可包括但不限于例如扫描仪的其它计算机外围设备。另外,在示范实施例中,额外的输出通道可包括但不限于操作员界面监视器。

[0076] 在示范实施例中,如本文中所描述,当对物理物品101成像时进行物理物品101的若干系列的“拍摄”。因此,超声换能器阵列102移动到相对于物理物品101的第一位置,且向物理物品101发射一个或更多系列的超声脉冲,这些超声脉冲的反射被超声换能器阵列102接收,以及与所发射的脉冲和对应的所接收的反射对应的数据被存储并且之后被处理。超声换能器阵列102接着移动到相对于物理物品101的另一位置,并进行另一系列的“拍摄”。进行拍摄的数量和所用的位置数量取决于物理物品101的配置和正被获取的图像的类型(成像以检测缺陷等)。在示范实施例中,可由数字处理部件106引起超声换能器阵列102发射超声波形,当该超声波形与物理物品101接触时又引起各种不同的波形穿过物理物品101而传播,所述不同的波形包括是局限在对象表面的波的瑞利波(例如用于分析确定材料的机械和结构性质,诸如破裂);是穿入对象内部的波的拉姆波(通常用来寻找并表征被检测的对象中的单独缺陷);或者通常用来到达隐藏在检测对象的其它部分(例如焊接或软钎焊)之下的检测区域的蠕变波。

[0077] 图2A和2B一起形成说明示范超声全息成像系统100的电路图。具体地,图2A是说明超声全息成像系统100的超声换能器阵列102和模拟处理部件107的电路图的一部分,以及图2B是电路图的另一部分,说明超声全息成像系统100的数字处理部件106。模拟处理部件107执行在超声换能器阵列102和数字处理部件106之间传输的信号的处理。具体地,模拟处理部件107将由数字处理部件106生成并传输到超声换能器阵列102(如指向左的箭头A所指示)的数字信号转换为激励超声收发器元件110中的所选择的超声收发器元件的模拟信号。模拟处理部件107还将从超声收发器元件110传输的表示从物理物品101反射并被超声收发器元件110接收的超声波的模拟信号转换为数字信号,并将这些数字信号传输到数字处理部件106(如指向右的箭头B所指示)。模拟处理部件107包括通过多个连接122耦合到对应的多个放大器124的多个数模(“D/A”)转换器120。虽然只说明了四(4)组D/A转换器120和对应的放大器124,但是应理解在示范实施例中,D/A转换器120和对应的放大器124供应给并且耦合到每个超声收发器元件110。放大器124通过多个连接126耦合到连接103中对应的连接,并且又耦合到超声换能器阵列102的超声收发器元件110中对应的那些。如以上所描述的,虽然图2A中只说明四(4)个连接103,但是在示范实施例中,分开的连接103将每个超声收发器元件110耦合到对应的放大器124之一。

[0078] 模拟处理部件107还包括多个放大器128,所述多个放大器128通过连接130耦合到连接103,并且又耦合到超声换能器阵列102的超声收发器元件110中的相应的超声收发器元件。就是说,虽然图2A中只说明了四(4)个放大器128,但是应理解在示范实施例中,存在耦合到每个超声收发器元件110的放大器128。每个放大器128通过连接132之一耦合到多个滤波器134中的相应的一个。每个滤波器134通过连接136之一耦合到多个模数(“A/D”)转换器138中的对应的一个。滤波器134可以是使得系统100如本文中所描述地发挥作用所必需的任何合适的电子信号滤波器。A/D转换器138将由超声收发器元件110接收并且传输到A/D转换器138的电子波形转换为数字信号。

[0079] 模拟处理部件107耦合到数字处理部件106(图2B中说明)。在示范实施例中,数字处理部件106包括初级数字处理部件140、次级数字处理部件142、上层控制部件144。初级数字处理部件140包括波形整形部件141以及图像重构和评估部件143。

[0080] 在波形整形部件141中,多个脉冲发生器146通过多个连接148耦合到多个D/A转换器120中的对应的D/A转换器(图2A中所示)。脉冲发生器146通过多个连接150耦合到发射器控制单元152。发射器控制单元152通过关于每个收发器元件110改变诸如振幅、频率、相位、振幅调制、相位调制和频率调制等的因素来调整猝发音脉冲的特性。发射器控制单元152通过连接154耦合到发射器设定单元156。对于每个超声收发器元件110发射的每个脉冲,发射器设定单元156存储并监控用于超声收发器元件110所需来生成特定形状的超声脉冲场的设定,包含定时、幅度、振幅和频率的选择及对其中任何的调制。超声脉冲传播入材料区域,在其中超声脉冲相互干涉。该干涉过程的结果是创建了材料内部的声学图像。

[0081] 在图像重构和评估部件143中,求和单元158通过多个连接160耦合到每个A/D转换器138。每个A/D转换器138产生单个元件数字化信号(也称为“A-扫描”)。为了执行单独的A-扫描中体现的反射声场的数值重构,求和单元158对从每个压电单元接收的数字信号执行求和过程(也称为“数值重构”),以产生完整的物理物品101的虚拟A-扫描。在示范实施例中,求和单元158配置成耦合到A/D转换器138的多个现场可编程门阵列(“FPGA”) (未示出)。在备选实施例中,使得系统100能够如所描述地发挥作用的其它组件可以代替FPGA来使用,诸如专用集成电路(“ASIC”)。

[0082] 在示范实施例中,求和过程可简短地描述如下:求和单元158在时间上逐点对单个元件的A-扫描求和(使用时间步 $(t_0, t_1, t_2, \dots, t_{\text{Final}})$)。因此,如果A-扫描是 $A_{\text{Scan1}}(t_0, t_1, t_2, \dots, t_n)$, $A_{\text{Scan2}}(t_0, t_1, t_2, \dots, t_n)$ 等,则

$$[0083] \quad A\text{-ScanSum}(t_0) = A_{\text{Scan1}}(t_0 + Dt(1)) + A_{\text{Scan2}}(t_0 + Dt(m)) + \dots$$

$$[0084] \quad A\text{-ScanSum}(t_1) = A_{\text{Scan1}}(t_1 + Dt(2)) + A_{\text{Scan2}}(t_1 + Dt(m+1)) + \dots$$

[0085] 直到

$$[0086] \quad A\text{-ScanSum}(t_{\text{Final}}) = A_{\text{Scan1}}(t_{\text{Final}} + Dt(n)) + A_{\text{Scan2}}(t_{\text{Final}} + Dt(m+n)) + \dots$$

[0087] 其结果是单个总计的A-扫描。求和过程继续,其期间各种因素可以改变,其中包括单个元件A-扫描的贡献数量、猝发音长度的预定义时间间隔以及相邻压电元件的猝发音之间的时间延迟 $Dt(x)$ 。可使用本领域技术人员所知的超声测试和/或波束成形技术来完成待改变的因素的选择。

[0088] 图像重构和评估部件143还包括多个存储元件161,用于存储从A/D转换器138传输

的、进入的未处理的原始数字信号,以使得能够使用单组进入数据来执行多次评估,从而改善后来处理的数字信号的质量。

[0089] 图像重构和评估部件143提供多个功能。一个功能是将超声换能器阵列102传输的、并预先由模拟处理部件107处理的原始模拟数据信号转化为一系列A-扫描和(A-ScanSum)。该A-扫描和用作在次级数字处理部件142中、尤其是在评估单元1-L中执行的超声检测评估的基础。一系列A-扫描和集体形成物理物品101的原始虚拟图像。图像重构和评估部件143处理原始虚拟图像,以通过最优化由物理物品101内的可能用作发射进物理物品101的超声波的反射体的特征造成的回波来去除噪音。这样的反射体可能表示物理物品101内的缺陷。归因于次级数字处理部件142的功能可由配置成使得次级数字处理部件142能够如本文中所描述地发挥作为的任何合适处理器设备来执行。

[0090] 如模拟处理部件107和初级数字处理部件140中,次级数字处理部件142包括与创建超声换能器阵列102传输进物理物品101的波形相关的功能,以及与处理从物理物品101反射并被超声换能器阵列102接收的波形相关的功能。循环控制单元164通过连接166耦合到发射器设定单元156,并通过多个连接168耦合到求和单元158。评估单元(1-k)170通过连接172耦合到求和单元158,并通过连接174耦合到循环控制单元164。

[0091] 循环控制单元164通过连接174耦合到位于上层控制部件144中的高层处理单元176。评估单元(1-k)170通过连接180耦合到高层处理单元176。

[0092] 循环控制单元164配置成调整系统100的操作。具体地,系统100在一系列循环中发挥作用。每个循环包括一组特定配置的超声脉冲(或“猝发音”),该特定配置的超声脉冲从每个超声收发器元件110发射,之后是暂停,再之后由每个超声收发器元件110接收一系列反射声波,该反射声波又由模拟处理部件107转换为由数字处理部件106处理的一系列数字信号。与每组超声脉冲对应的数据以定义每一系列脉冲的各种特性的表(“循环表”)的形式存储在循环控制单元164中,该各种特性诸如进行“拍摄”的数量、进行每个拍摄的方向、物理物品101周围要进行拍摄的位置的数量等。

[0093] 评估单元170根据本领域技术人员所知的技术,对在求和单元158中创建并存储的原始虚拟图像、或者其推演的结果执行超声检测评估。每个原始虚拟图像表示在一系列预定义的时间间隔和物理物品101附近的多个位置所进行的超声“拍摄”的多个超声反射,以生成三维超声“场”。评估单元170的额外功能是在使用关于物理物品101的位置进行测试期间获取的数据的相关。具体地,位置编码器(未示出)耦合到超声换能器阵列102并耦合到数字处理部件106,以报告并记录超声换能器阵列102相对于物理物品101的位置。超声场的分析包括例如选择时间中的一节或者“片段”(也称为“门(gate)”)。分析门来确定门内最大的声波振幅,以及与该振幅关联的测量的飞行时间(time in flight)。如本文中所用的,“飞行时间”指声波行进穿过物理物品101所需的时间的量。所选择的振幅与预定义的参考振幅进行比较,且测量的飞行时间与预定义的参考飞行时间进行比较。如果所选择的振幅超过参考振幅的值,则认为物理物品101内与所选择的门关联的物理位置处存在缺陷。例如,指示为低于预定义的参考飞行时间的与所选择的门关联的所测量的飞行时间可能指示在关联的位置处物理物品101中的材料的强度可能过低,也可能与该位置处的内部腐蚀关联。备选地,对于其中在物品101的外表面上存在腐蚀的情况,测量的飞行时间可能大于预定义的参考飞行时间。

[0094] 高层处理单元176包括PC、桌面系统、独立CPU和/或例如使用由评估单元170生成的评估来记录关于物理物品101的数据以激励过程控制或者为用户生成可视化的其它系统。此外,高层处理单元用作系统100的命令中心,其中用户输入诸如关于物理物品101的数据的数据和指令、以及引起波形整形部件141产生将在物理物品101中导致要求的声学图像的信号的参数,该要求的声学图像定制成引起材料中的潜在反射体最优地反射声波以用于系统100的接收和这些声波之后的处理。在其它实施例中,诸如瑞利波或者拉姆波的特定类型声波在物品101内激发。高层处理单元176也包括显示设备182(包括二维和三维视觉显示器)、用户输入设备184(键盘、触摸屏等)、通信接口186和本领域技术人员所知的与超声材料分析关联的其它设备。用户通过与上层控制部件144中的高层处理单元176关联的输入设备(未示出)来提供到循环控制单元164的输入。在示范实施例中,上层控制部件144的功能在计算机上执行,该计算机可以是足以使系统100能够如本文中所描述地发挥作用的任何合适配置。高层处理单元176从次级数字处理部件142接收经处理的数字数据,并将该数据转化为可被用户通过编程进高层处理单元176的合适用户界面而配置的视觉显示,该用户界面包括诸如为二维显示、三维显示提供正确的“伪色(false color)”以及创建图表等功能。此外,高层处理单元176执行在物理物品101的完整检测已被执行之后才启用的额外评估功能,诸如创建分析报告等。

[0095] 在示范实施例中,由数字处理部件106生成的信号引起超声换能器阵列102发射超声猝发音,该超声猝发音跨越超声换能器阵列102的宽度和幅度是非均匀的。图3A-3C说明由示范系统100提供的波形和波前的不同配置。图3A是说明猝发音变化的第一模式的一系列波形300的立体视图。为了简化说明,说明了来自单行超声收发器元件110的猝发音。具体地,波形300表示在振幅上变化,但是在持续期和发射时间上不变的猝发音。图3B说明猝发音变化的第二模式,其中多个波形302表示在振幅上变化并在发射时间上变化(“时间偏移”),但是在持续期上不变的猝发音。图3C说明表示时间偏移的且在振幅和持续期上可变的一系列猝发音的一系列波形304。

[0096] 图4说明通过超声全息执行成像的示范方法400。首先,测量要检查的物理物品101的几何形状,并将对应数据存储402在系统100中。由此,对已知在类似物理物品中过去易受缺陷影响的物理物品101的区域进行识别,使得要求的映像物理物品能够被定义404。一旦待检查的物理物品101的几何形状和要求的图像结构已知,获得要求的声学图像的换能器配置就可被定义406。例如,选择压电元件阵列的尺寸,选择适当的猝发音脉冲频率,选择单独压电元件的尺寸和几何形状。虽然在示范实施例中使用压电超声元件作为超声波的发射器/接收器,但是可使用使得系统100能够如本文中所描述地发挥作用的任何合适超声发射器/接收器类型。适当的数据处理算法被选择408,以用于关于每个超声收发器元件110将在404定义的图像结构转换成一系列具有预定义的单独配置的猝发音。可以使用从本领域技术人员所知的光学成像系统改编的若干可用数据处理算法,包括点传递算法(point transfer algorithm)410、傅立叶变换算法412或执行数字全息的其它现有算法414。

[0097] 所选择的数据处理算法被用来将定义的图像结构变换为传输到波形整形部件141的指令。例如,使用点传递算法410包含:将定义404的图像结构变换为空间中点的阵列;为该阵列中每个点定义灰度值;为将要照射到该阵列中每个点上的待发射的波形计算要求的振幅和相位;并且提供来自每个图像点的贡献的相干相加以确定来自每个元件的每个猝发

音的振幅和相位。使用点传递算法410的结果导致定义超声换能器阵列102将在所定义的猝发音系列发射时产生的干涉图案。使用傅立叶变换算法412将定义404的图像结构变换为空间中点的阵列,并计算所定义的图像的傅立叶变换,使用光学傅立叶传播将所定义的图像的傅立叶变换传递到超声换能器阵列102。使用点传递算法410或傅立叶传递算法412的结果导致定义超声换能器阵列102将在所定义的猝发音系列发射时产生的干涉图案,该猝发音系列接着与真实的声学图像进行干涉。

[0098] 在用于处理待获取的数据的要求的算法已被选择408之后,发生实际的数据获取416。在数据获取416期间,由超声换能器阵列102发射一个或更多超声脉冲,其中带有从超声收发器元件110中不同的元件发射的猝发音,该猝发音适于被成像的物理物品101的几何形状和预定义的要求的图像结构而在振幅、持续期和/或时间偏移上变化。反射的超声波由超声收发器元件110接收,且原始波形信号存储在存储元件161中。如所描述的,原始信号被放大并在系统100的模拟处理部件107中预处理以产生A-扫描。一旦生成,就可以使用已知超声成像技术来评估A-扫描,以例如显现诸如B-扫描的更高级的可视化。如本文中所述的,“B-扫描”指对象的充分显现的色标三维图像。A-扫描中含有的数据也可通过与预定义阈值数据的比较使用于警报系统中。最后,在成像会话期间获得的原始信号和经处理的信号可以从系统100导出用于数据存储或者额外的评估。

[0099] 对比于已知的超声全息系统,本文中描述的超声全息成像系统配置成不依赖于换能器配置而生成并传输非均匀声场。本文中描述的超声全息成像系统使得能够创建真实的声学三维图像,其中与不生成真实声学图像而工作的已知超声全息系统相比,允许生成带有改善的清晰度和区别特征的虚拟图像。此外,本文中描述的超声全息成像系统提供能够处理被成像的物理物品的形状和配置的增强成像。此外,与已知超声全息系统相比,本文中描述的系统和方法提供给从超声换能器阵列中分开的超声收发器发射的超声波形的产生,以便多个超声波形中的至少两个是通过振幅、频率和相位或它们的调制中的至少一个的变化来相互区分的。

[0100] 以上详细描述了组装超声全息系统的方法和超声全息系统的示范实施例。系统和方法不限于本文中描述的特定实施例,而是,方法的步骤和/或系统的组件可以独立地并且脱离于本文中描述的其它步骤和/或组件来进行利用。例如,本文中描述的系统和方法可以与其它测量系统、监控系统和控制系统组合来使用,并且不限于只与本文中描述的组件一起实践。

[0101] 本书面描述使用示例来公开本发明,包括最佳模式,且也使用示例来使得本领域技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何设备或系统以及执行任何并入的方法。本发明可取得专利权的范围由权利要求书限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。这样的其它示例如果具有不异于权利要求字面表达的结构元素,或者如果包括与权利要求字面表达仅有非实质性差别的等价结构元素,则其意图是在权利要求的范围内。

[0102] 附图标记说明

[0103] 100 超声全息成像系统

[0104] 101 物理物品

[0105] 102 超声换能器阵列

[0106] 103 连接

- [0107] 104 处理器系统
- [0108] 105 存储设备(数据库)
- [0109] 106 数字处理部件
- [0110] 107 模拟处理部件
- [0111] 108 控制面板
- [0112] 109 显示图像
- [0113] 110 超声收发器元件
- [0114] 111 显示器
- [0115] 120 数模转换器
- [0116] 122 连接
- [0117] 124 放大器
- [0118] 126 连接
- [0119] 128 放大器
- [0120] 130 连接
- [0121] 132 连接
- [0122] 134 滤波器
- [0123] 136 连接
- [0124] 138 模数转换器
- [0125] 140 初级数字处理部件
- [0126] 141 波形整形部件
- [0127] 142 次级数字处理部件
- [0128] 143 图像重构部件
- [0129] 144 上层控制部件
- [0130] 146 脉冲发生器
- [0131] 148 连接
- [0132] 150 连接
- [0133] 152 发射器控制单元
- [0134] 154 连接
- [0135] 156 发射器设定单元
- [0136] 158 求和单元
- [0137] 160 连接
- [0138] 161 存储元件
- [0139] 164 循环控制单元
- [0140] 166 连接
- [0141] 168 连接
- [0142] 170 评估单元
- [0143] 172 连接
- [0144] 174 连接
- [0145] 176 高层处理单元

- [0146] 180 连接
- [0147] 182 显示设备
- [0148] 184 用户输入设备
- [0149] 186 通信接口
- [0150] 300 波形
- [0151] 302 波形
- [0152] 304 波形
- [0153] 400 方法
- [0154] 402 存储
- [0155] 404 定义
- [0156] 406 定义
- [0157] 408 选择
- [0158] 410 点传递算法
- [0159] 412 傅立叶变换算法
- [0160] 414 其它现有算法
- [0161] 416 数据获取。

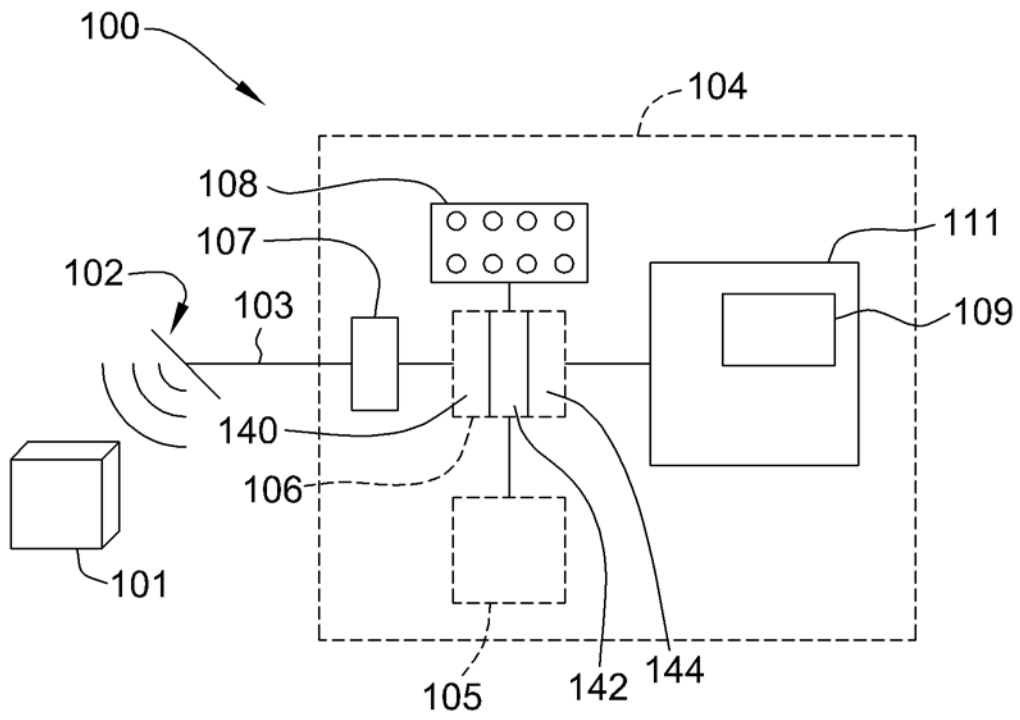


图 1

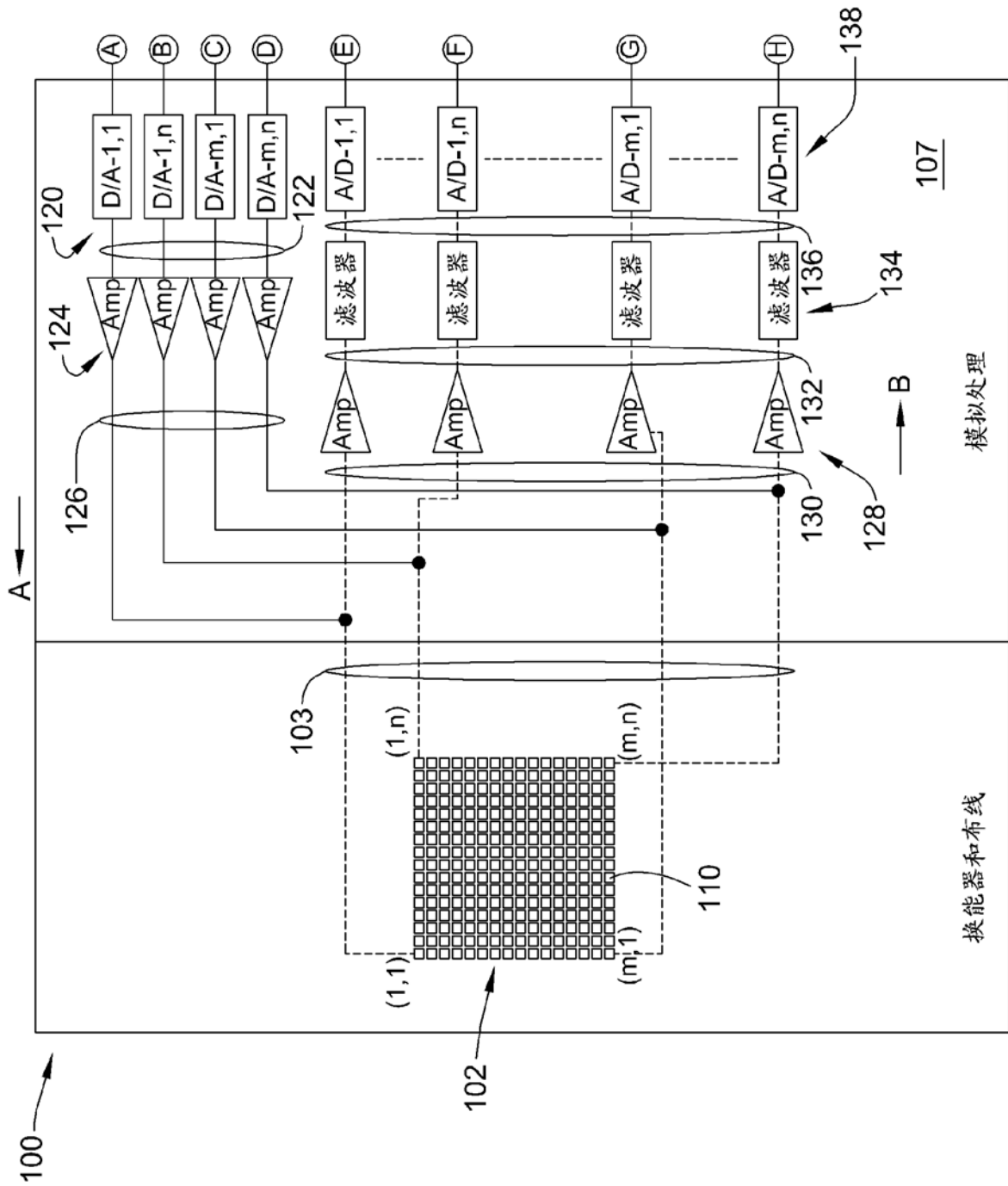


图 2A

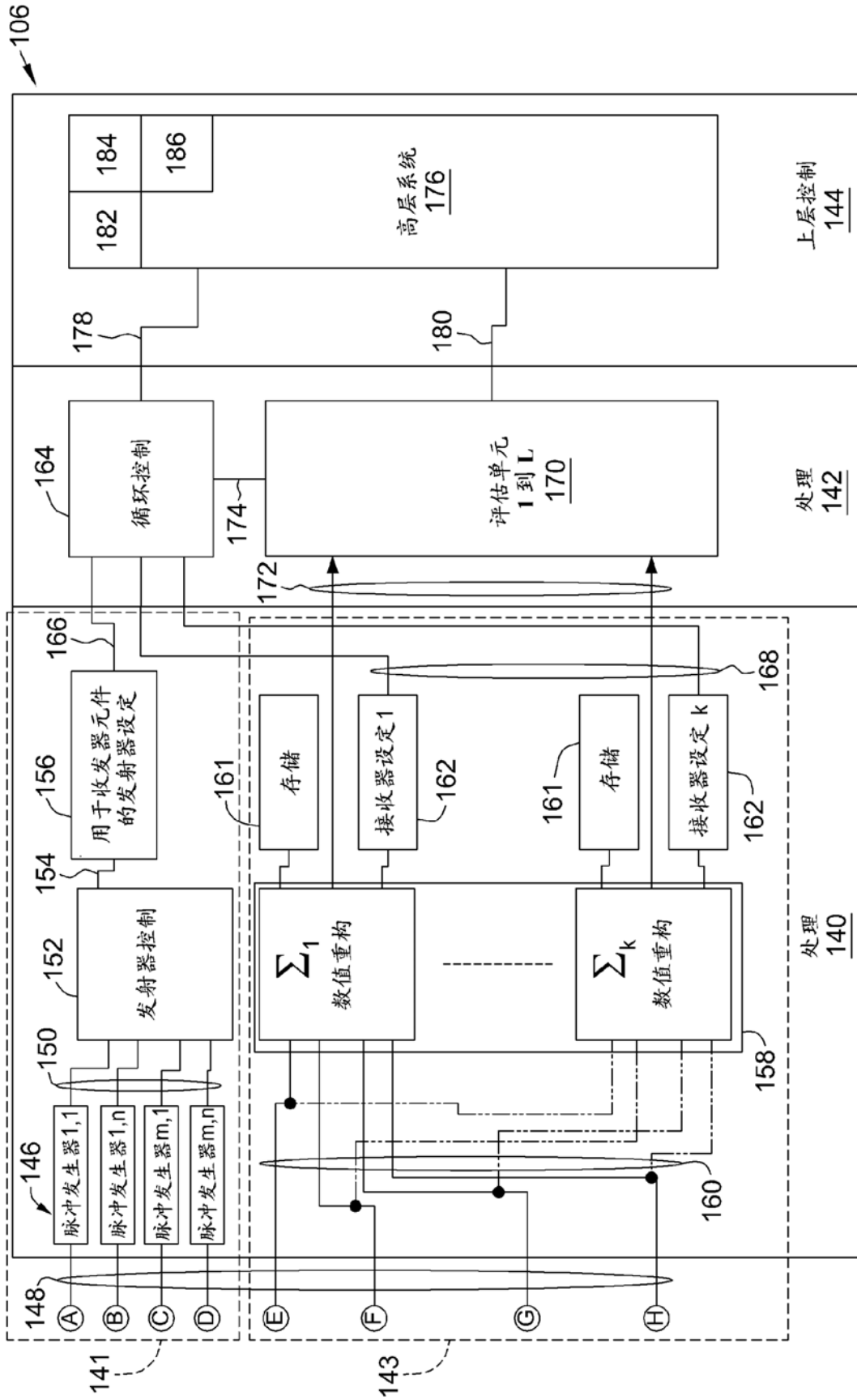


图 2B

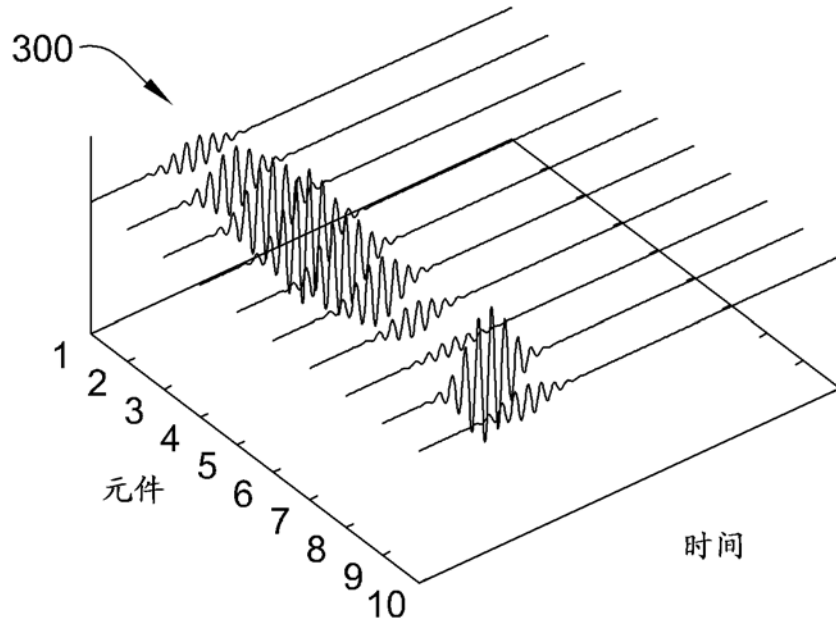


图 3A

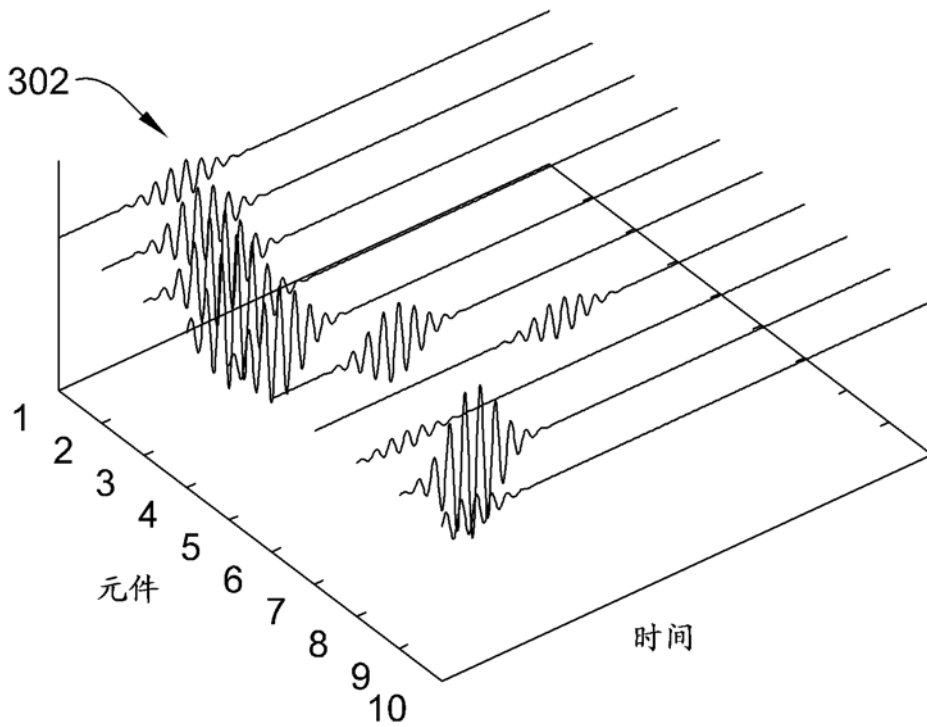


图 3B

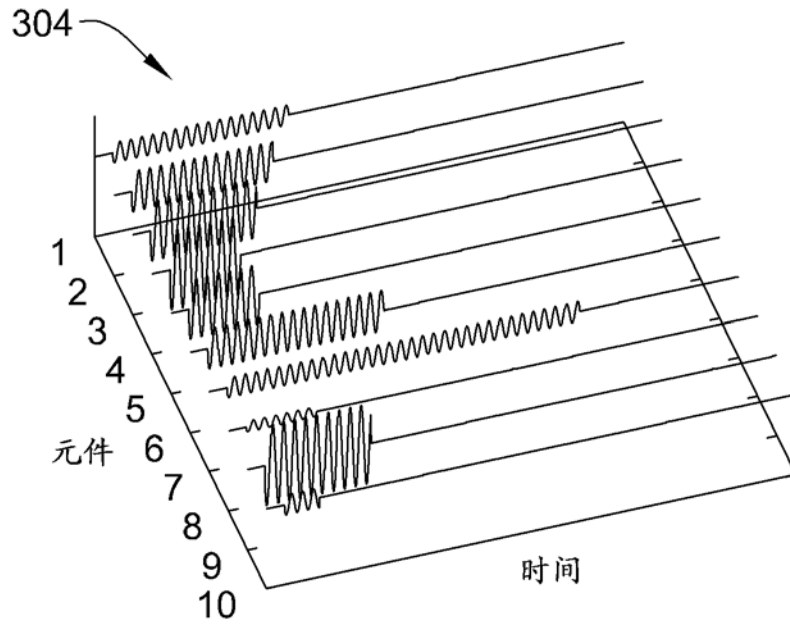


图 3C

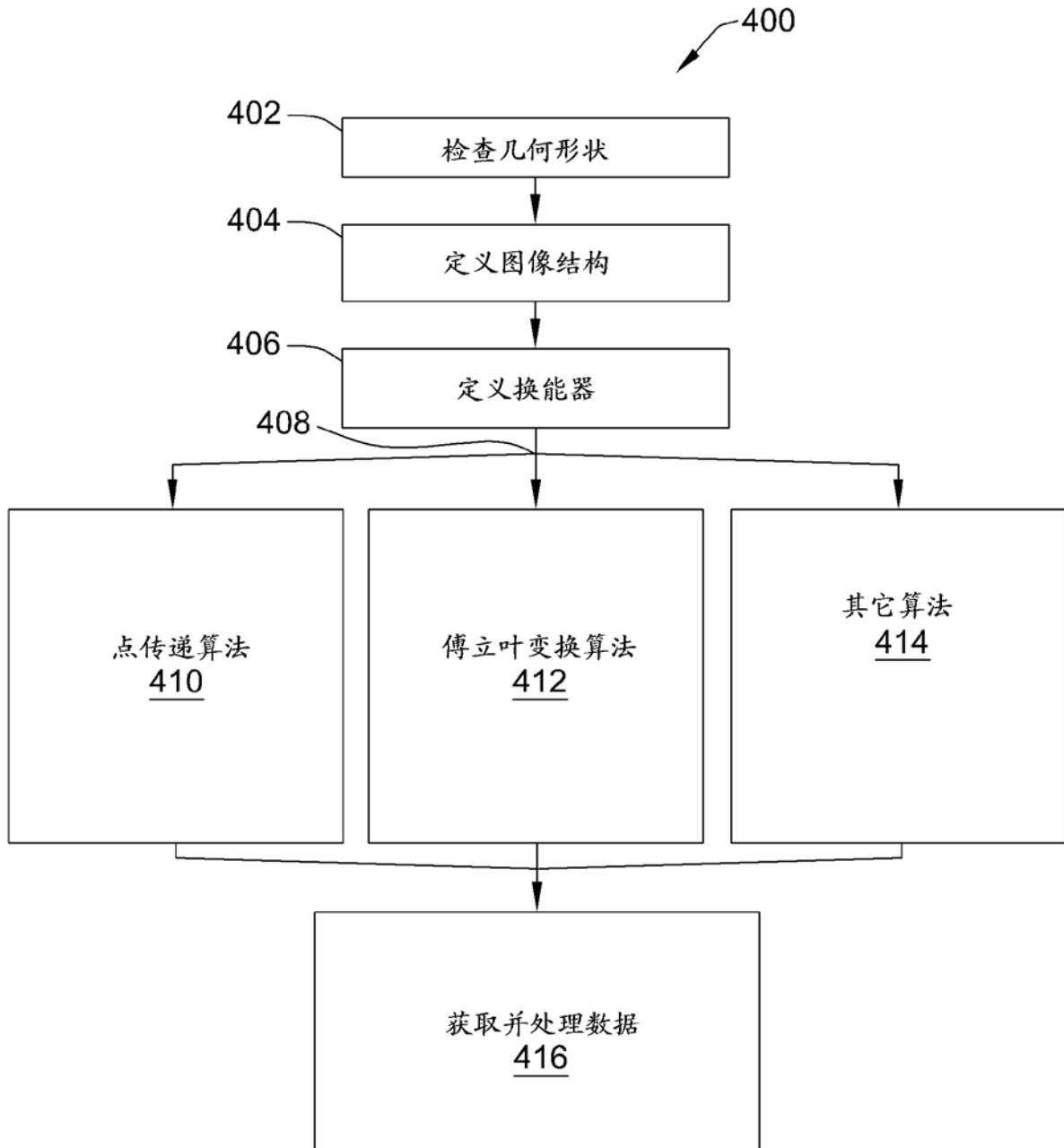


图 4

专利名称(译)	超声全息成像系统和方法		
公开(公告)号	CN103961142B	公开(公告)日	2018-09-11
申请号	CN201410033869.6	申请日	2014-01-24
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	S 法尔特 D 林根贝格		
发明人	S.法尔特 D.林根贝格		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	G01N29/0663 G01N2291/0423 G01N2291/0427 G01N2291/106 G01S15/8925 G01S15/897 G01S15/8977 G01S15/8993 Y10T29/49005 G03H3/00		
优先权	13/750582 2013-01-25 US		
其他公开文献	CN103961142A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供超声全息成像系统 (100) 和方法。所述超声全息成像系统 (100) 包括耦合到模拟处理部件 (107) 的超声换能器阵列 (102) 。该模拟处理部件 (107) 耦合到数字处理部件 (106) 。该数字处理部件 (106) 生成由该模拟处理部件 (107) 转换为模拟信号的数字信号，该模拟信号传输到超声换能器阵列 (102) 内的单独的收发器元件以引起该单独的收发器元件中的分开的收发器元件发射超声波形，该超声波形通过包含振幅、频率和相位或它们的调制的一个或更多参数来相互区分。

