

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610004636.9

A61B 8/00 (2006.01)
G01N 29/00 (2006.01)
G03B 42/06 (2006.01)
G01S 15/89 (2006.01)

[43] 公开日 2006年8月16日

[11] 公开号 CN 1817309A

[22] 申请日 2006.1.27

[21] 申请号 200610004636.9

[30] 优先权

[32] 2005.1.27 [33] US [31] 11/046347

[71] 申请人 美国西门子医疗解决公司

地址 美国宾夕法尼亚州

[72] 发明人 D·-L·D·刘

C·E·布拉德利 L·J·托马斯

J·C·拉津比 K·F·乌斯图纳

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨凯 张志醒

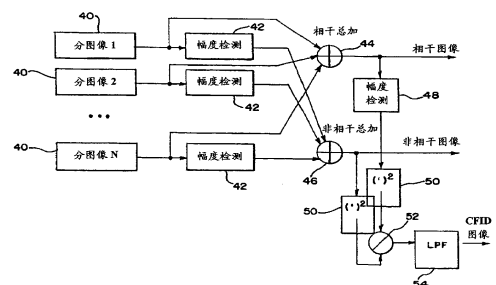
权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 2 页

[54] 发明名称

相干因子自适应超声成像

[57] 摘要

从物体中获得一组 $N \times M$ 信号，其中 N 是阵列 (12) 元件数， M 对应于数据获取和/或处理参数的变化。所述参数包括空间和/或时间上的发射孔径函数、发射波形、接收孔径函数以及接收滤波函数。以相干总和 (44) 的能量与利用至少一个不同参数获得的通道或图像信号的至少部分非相干总和 (46) 的能量之比的形式来计算相干因子。部分聚焦数据可以用于通道相干性计算。为求图像域相干性，对于每个不同的发射波束或接收孔径函数形成分图像 (40)，利用所述分图像集计算相干因子图像。显示相干因子图像或将其用来修改或混合在同一区域中形成的其它图像。



1. 一种用于自适应超声成像的方法，所述方法包括：
获得(40)至少第一和第二图像域数据帧，所述第一和第二帧都代
5 表扫描区域中的多个位置；
从所述第一和第二帧确定(52)作为所述图像域数据的函数的相
干因子；以及
产生作为所述相干因子函数的信息，所述信息包括图像数据、聚
束参数、图像形成参数、图像处理参数或它们的组合。
- 10 2. 如权利要求1所述的方法，其中获得(40)所述第一和第二帧
的步骤包括分别发射第一和第二宽发射波束，所述第一和第二宽发射
波束中的每一个覆盖所述扫描区域上二维平面或三维体积的重叠区
域。
- 15 3. 如权利要求1所述的方法，其中获得(40)所述第一和第二图
像域数据帧的步骤包括对所述多个位置中的每一个位置将来自接收
孔径每个元件的通道数据总加在一起，所述总加的通道数据为图像域
数据。
- 20 4. 如权利要求1所述的方法，其中获得(40)所述第一和第二图
像域数据帧的步骤包括从通道数据作为傅立叶变换的函数形成(40)
代表所述多个位置中每个位置的数据。
- 25 5. 如权利要求1所述的方法，其中获得(40)所述第一和第二图
像域数据帧的步骤包括响应不同于所述第二图像域数据帧的发射孔
径函数、发射波形、接收孔径函数、接收滤波函数或它们在空间、时
间或空间和时间二者上的组合而获得(40)所述第一图像域数据帧。
6. 如权利要求5所述的方法，其中包括变迹和延迟分布的所述
发射孔径函数随不同位置上虚拟点源的变化而变化。
7. 如权利要求5所述的方法，其中包括变迹和延迟分布的所述
接收孔径函数变化以便使用阵列的不同部分或变迹。

8. 如权利要求 5 所述的方法, 其中所述接收滤波函数在时间上变化, 所述变化可以用来以不同于所述第二数据帧的频带提供所述第一数据帧。

9. 如权利要求 5 所述的方法, 其中所述接收滤波在空间上变化, 所述变化可以用来沿不同于所述第二帧的观看方向提供所述第一帧。

10. 如权利要求 1 所述的方法, 其中确定 (52) 所述相干因子的步骤包括确定 (52) 所述多个位置中的每个位置的相干因子值。

11. 如权利要求 1 所述的方法, 其中确定 (52) 所述相干因子的步骤包括:

将所述第一和第二图像域数据帧相干总加 (44);

对所述第一和第二图像域数据帧进行至少部分非相干总加 (46);

计算 (52) 作为所述相干和非相干总和的函数的所述相干因子。

12. 如权利要求 11 所述的方法, 其中非相干总加 (46) 包括幅度、强度或对数域的总加 (46)。

13. 如权利要求 1 所述的方法, 其中产生作为所述相干因子的函数的信息的步骤包括显示随所述多个位置中的每一个位置的所述相干因子而变的图像。

14. 如权利要求 1 所述的方法, 其中产生作为所述相干因子的函数的信息的步骤包括以所述相干因子的函数的形式修改所述第一数据帧、所述第二数据帧、第三数据帧、来自非相干总和的数据帧、来自相干总和的数据帧或它们的组合的亮度、色彩、色调或它们的组合。

15. 如权利要求 1 所述的方法, 其中产生作为所述相干因子的函数的信息的步骤包括混合作为所述相干因子的函数的所述第一和第二数据帧。

16. 一种用于自适应超声成像的方法, 所述方法包括:

发射第一和第二宽发射波束；

响应所述第一和第二宽发射波束而分别获得(40)第一和第二数据集，所述第一数据集是作为不同于所述第二数据集的发射孔径函数、发射波形、接收孔径函数、接收滤波函数或它们在空间、时间或
5 空间和时间二者上的组合的函数而获得的；以及

确定(52)作为所述第一和第二数据集的函数的相干因子。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其中所述相干因子是所述第一和第二数据集的相干总和能量对非相干总和能量之比。

18. 如权利要求 16 所述的方法，其中获得(40)包括获得(40)第一和第二图像域数据帧，所述第一和第二帧都代表扫描区域中的多个
10 位置。

19. 如权利要求 16 所述的方法，其中获得(40)包括作为所述发射孔径函数的函数而获得(40)，对于所述第一和第二数据集，所述发射孔径函数随不同位置上虚拟点源的变化而变化。

15 20. 如权利要求 16 所述的方法，其中获得(40)包括作为所述接收孔径函数的函数而获得(40)，对于所述第一和第二数据集，所述接收孔径函数变化以便利用阵列的不同部分或变迹。

21. 如权利要求 16 所述的方法，其中获得(40)包括作为所述接收滤波函数的函数而获得(40)，所述接收滤波函数在时间上变化，以便在不同于所述第二数据集的频带提供所述第一数据集。
20

22. 如权利要求 16 所述的方法，其中获得(40)包括作为所述接收滤波函数的函数而获得(40)，所述接收滤波函数在空间上变化，以便沿不同于所述第二数据集的观看方向提供所述第一数据集。

23. 如权利要求 16 所述的方法，其中确定(52)所述相干因子的
25 步骤包括：

将所述第一和第二图像域数据帧相干总加(44)；

对所述第一和第二图像域数据帧进行至少部分非相干总加(46)；

计算(52)作为所述相干和非相干总和的函数的所述相干因子。

24. 如权利要求 16 所述的方法, 其中还包括:

显示作为所述相干因子函数的图像。

25. 如权利要求 16 所述的方法, 其中还包括:

5 作为所述相干因子的函数而修改图像亮度、色彩、色调、阴影或它们的组合。

26. 如权利要求 16 所述的方法, 其中还包括:

将随所述相干因子而变地加权的所述第一和第二数据集混合起来。

10 27. 如权利要求 16 所述的方法, 其中获得(40)包括形成多个部分波束总和, 并且其中确定所述相干因子包括确定作为所述部分波束总和的函数的所述相干因子。

相干因子自适应超声成像

5 技术领域

本发明涉及随相干性而变的自适应超声成像。具体地说，随所获取数据的相干性而变地进行成像。

背景技术

10 缺少相干性可以通过像差校正和阵列校准加以限制。像差校正受各种问题的影响，例如缺少合适的点目标，像差与传播路径有关且因组织和换能器移动而随时间改变，以及估算和校正需要精细的空间抽样和很高的计算成本。阵列校准则由于软件和系统-探头结合的复杂性而在实践中不常使用。

15 杂波可以使用相干因子加以抑制。例如，美国专利号_____ (2004年3月31日提交的申请序列号 10/814,959)公开了一种相干性度量的使用(所述专利公开内容已作为参考包括在本文内)。使用响应聚焦的发射波束而接收的通道数据来计算相干因子。对于随机散射以及在无传播像差时，通道数据的相干性和发射波束宽度成反比。所以，最相干的回波通常是从发射聚焦深度返回的。但是，当发射

20 波束很宽或未聚焦时，例如在浅于或深于发射焦点的深度处，利用各个元件所接收的波形所计算的相干因子与像差和杂波的程度基本上无关，对于显著地抑制与真实目标有关的杂波不太有用。

25 宽发射波束正越来越多地被使用以提高扫描速度。但是，由于发射聚焦很弱或不存在，杂波电平通常高于使用聚焦发射波束的传统成像。这种杂波归因于组织像差、阵列非均匀性以及聚束量化效应。

发明内容

以下以介绍方式说明的优选实施例包括自适应超声成像的方法

和系统。考虑从物体中获取的一组 $N \times M$ 信号，其中 N 是阵列元件数， M 对应于数据获取和/或处理参数的变化。数据获取和处理参数包括空间和/或时间上的发射孔径函数、发射波形、接收孔径函数和接收滤波函数。以相干总加的能量与利用至少一个不同参数所获得的通道或图像信号的至少部分非相干总加的能量之比的形式计算相干因子。

在一个实施例中，形成每个不同的发射波束或接收孔径函数的分图像并利用这组分图像计算相干因子图像。从图像域中的数据而不是利用通道数据的相干或非相干总加来计算相干因子。

10 在第一方面，提供用于自适应超声成像的方法。获取第一和第二帧图像域数据。第一和第二帧都代表扫描区域中的多个位置。以来自第一和第二帧的图像域数据的函数的形式确定相干因子。产生作为相干因子函数的信息。

15 在第二方面，提供用于自适应超声成像的方法。发射第一和第二宽发射波束。分别响应第一和第二宽发射波束而获得第一和第二数据集。这些数据集对应于通道或图像域数据。与第二数据集相比，以空间、时间、或空间和时间两者上的发射孔径函数、发射波形、接收孔径函数、接收滤波函数或其组合的函数的形式获得第一数据集。以第一和第二数据集的函数的形式确定相干因子。

20 本发明由以下权利要求书限定，本节的任何说明不应作为对那些权利要求的限制。以下结合优选实施例对本发明的其它方面和优点进行讨论。

附图说明

25 各部件和附图不必按比例绘出，重点在于说明本发明的原理。而且，在所有不同的视图中，相同的标号表示相应的部件。

图 1 是用于随相干因子而变的自适应超声成像的系统的一个实施例的方框图；以及

图 2 是用于随相干因子而变的自适应超声成像的方法的一个实

施例的流程图。

具体实施方式

从物体中获取一组 $N \times M$ 信号，其中 N 是阵列元件数， M 对应于数据获取和/或处理参数的变化。这些参数包括空间和时间上的发射孔径函数、发射波形、接收孔径函数和接收滤波函数。以相干总加的能量与这些信号的至少部分非相干总加的能量之比的形式计算相干因子。在一个实施例中，在图像域中以利用不同参数形成的分图像的相干和非相干总加的函数的形式计算相干因子图像。以相干因子的函数的形式修改至少一个参数。在一个实施例中，相干因子用来调制利用分图像合成的图像的灰度或色彩。

图 1 示出用于自适应超声成像系统 10 的一个实施例。系统 10 是超声成像系统，但是也可以使用利用多个发射或接收天线(即元件)的其它成像系统。系统 10 包括换能器 12、发射聚束器 14、接收聚束器 16、相干因子处理器 18、检测器 20、图像处理器 22、显示器 24、缓冲器 26 和 28 以及加法器 30 和 32。此外，也可以提供不同或较少的部件，例如系统 10 没有显示器 24。

换能器 12 是多个元件的阵列。元件是压电元件或电容性膜片元件。将所述阵列配置成一维阵列、二维阵列、1.5D 阵列、1.25D 阵列、1.75D 阵列、环形阵列、多维阵列、它们的组合或任何其它目前已知的或以后开发的阵列。换能器元件在声能和电能之间进行变换。换能器 12 通过发射/接收开关与发射聚束器 14 和接收聚束器 16 相连接，但在其它实施例中也可使用单独的连接。

系统 10 中示出两个不同的聚束器，即发射聚束器 14 和接收聚束器 16。虽然图中是单独示出的，但是发射和接收聚束器 14、16 可以配备有部分或全部相同的部件。两个聚束器都与换能器阵列 12 相连接。

发射聚束器 14 是处理器、延迟器、滤波器、波形发生器、存储器、相位旋转器、数模转换器、放大器、它们的组合，或任何其它

目前已知的或以后开发的发射聚束器部件。在一个实施例中，发射聚束器 14 是美国专利号 5,675,554 中公开的发射聚束器，所述专利的公开内容已作为参考包括在本文内。将发射聚束器配置成多个通道，用于为换能器 12 上发射孔径的每个元件产生发射波形的电信号。

5 所述波形为具有所需中心频率或频带的单极性波形、双极性波形、阶梯形波形、正弦形波形或其它波形，具有一个、多个或分数周期。所述波形具有相对延迟或定相和幅度以聚焦声能。发射聚束器 14 包括控制器，用于改变孔径(例如有源元件数)、多个通道上的变迹分布、多个通道上的延迟分布、多个通道上的相位分布、中心频率、

10 频带、波形形状、周期数以及它们的组合。根据这些聚束参数产生扫描线焦点。改变聚束参数可以校正像差或杂波。

接收聚束器 16 是前置放大器、滤波器、相位旋转器、延迟器、加法器、基带滤波器、处理器、缓冲器、存储器、它们的组合或其它已知的或以后开发的接收聚束器部件。在一个实施例中，接收聚束器 16 是美国专利号 5,555,534 和 5,685,308 中公开的发射聚束器，

15 这些专利公开的内容已作为参考包括在本文内。将接收聚束器 16 配置成多个通道 34，接收代表射到换能器 12 上的回波或声能的电信号。将包括接收孔径(例如元件数和哪些元件用于接收处理)、变迹分布、延迟分布、相位分布、频率以及它们的组合的聚束参数加到接收信号上以便进行接收聚束。例如，相对延迟和幅度或变迹将声能沿一个或多个扫描线聚焦。控制处理器控制各种聚束参数以便将接收波束成形。用于接收聚束器 16 和用于发射聚束器 14 的聚束器参数可以相同或不同。例如，由于信号幅度不同，为接收波束成形所加的像差或杂波校正不同于为发射波束成形所提供的像差校正。

20

25 图 1 示出接收聚束器 16 的一个可能实施例。来自阵列 12 中接收孔径的每个元件的通道 34 连接到放大器和/或延迟器 36，用于施加变迹放大。模数转换器将放大的回波信号数字化。数字射频接收数据被解调为基带频率。然后由放大器和/或延迟器 36 加上任何接

收延迟，例如动态接收延迟和/或相位旋转。将每个通道的接收聚束器延迟或相位旋转的基带数据提供给缓冲器，用于基于通道的相干性确定。缓冲器足以存储给定范围内所有或部分接收孔径上的接收聚束器 16 的数字样本。聚束加法器 38 是一个或多个数字或模拟加法器，可以用来将来自接收孔径的不同通道 34 的数据组合起来，形成一个或多个接收波束。加法器 38 是单个加法器或级联加法器。加法器 38 将相对延迟和变迹的通道信息加在一起，形成波束。在一个实施例中，聚束加法器 38 的工作是以复杂的方式将同相和正交的通道数据总加，以便为所形成的波束保持相位信息。或者，聚束加法器总加数据幅度或强度，而不保持相位信息。

在一个实施例中，发射聚束器 14 和接收聚束器 16 利用宽波束传输工作。例如，使用在美国专利号 6,685,641 中公开的发射聚束器和/或接收聚束器，所述专利公开内容已作为参考包括在本文内。利用变换产生图像数据的接收聚束器 16 或者顺序地或者并行地响应宽发射波束而形成多个接收波束。宽波束传输包括未聚焦或弱聚焦的超声波，它们从一个或多个角度穿透一个区域(例如大部分待扫描的二维区域)。可以利用在阵列后面很大距离或基本上无穷大距离处的虚拟点源来定义宽发射波束。可以相对于阵列横向移动虚拟点源来控制宽发射波束的方向。为补偿不需要的发散(偏差)，产生适度聚焦的平面波作为宽发射波前。由换能器阵列 12 中每个元件所产生的能量被相对于其它元件延迟，以便控制平面波的方向或适度聚焦平面波。将高斯或汉明变迹函数应用于换能器阵列 12，以便减少由换能器阵列 12 提供的有限孔径所产生的边缘波。由于没有规定具体的发射焦点，所以通过以不同角度将发射平面波叠加到换能器阵列 12 上来实现动态发射聚焦。也可以使用产生平面波的其他技术，例如利用其它类型的变迹或利用适度发散的平面波。

接收聚束器 16 输出图像数据、代表被扫描区域的不同空间位置的数据。图像数据是相干的(即保持的相位信息)，但是可以包括非

相干数据。可以通过处理接收的数据来形成所述数据，例如合成扫描线(即相干组合)、复合来自多个扫描线的数据(即非相干组合)或用于产生用来从接收信息产生图像的数据的其它过程。例如，将波束间相位校正施加到一个或多个波束上，然后通过相干(即相位敏感)滤波器将相位校正后的波束组合起来，以便形成合成的超声线，和/或在波束之间内插以便形成新的超声线。一旦通道数据被聚束或者被组合来代表被扫描区域的空间位置，所述数据就从通道域转换到图像数据域。

检测器 20 是通用处理器、数字信号处理器、专用集成电路、控制处理器、数字电路、加法器、滤波器、有限脉冲响应处理器、乘法器、它们的组合或其它目前已知的或以后开发的处理器，用于从接收的信号形成非相干图像数据。检测器 20 包括单个或多个处理器，有或没有对数压缩。检测器 20 检测聚束信号的幅度、强度、对数压缩的幅度或功率。例如，检测器 20 是 B 型检测器。检测器 20 可以配备有一个或多个滤波器，例如空间或时间滤波器。检测器 20 输出非相干图像数据。

缓冲器 26 和 28 是先进先出缓冲器、存储器、转角存储器或其它目前已知的或以后开发的存储器，用于存储图像数据。每个缓冲器 26、28 用于存储一个或多个数据值，代表一个或多个扫描位置。例如，缓冲器 26、28 各自存储与一次完整扫描关联的数据。一个缓冲器 26 可以用来存储相干图像数据，而另一个缓冲器 28 可以用来存储非相干图像数据。同一个缓冲器 26、28 既可以用来存储非相干数据又可以用来存储相干数据。缓冲器 26、28 存储以前扫描的数据，例如刚刚进行的前次扫描的数据。附加的缓冲器 26、28 可以用来存储以前多次扫描的数据。

加法器 30、32 是数字或模拟加法器、处理器、同一处理器、求和节点、逻辑装置、相干因子处理器 18 或其它目前已知或以后开发的加法器。加法器 30、32 对代表同一或基本上同一空间位置但是对

不同的发射孔径函数(变迹、延迟分布、孔径位置、孔径形状或孔径大小)、发射波形、接收孔径函数和/或接收滤波函数敏感的图像数据进行总加。发射或接收参数在两个图像数据集之间改变。在获取随后的图像数据集的同时,缓冲器 26 和 28 存储较早的图像数据集。

5 然后将两个图像数据集组合起来。加法器 30 利用保持的相位信息把两个图像数据集相干地组合起来。加法器 32 非相干地组合这两个图像数据集。

相干因子处理器 18 根据加法器 30、32 的输出确定图像域中的数据相干量。相干因子处理器 18 是通用处理器、数字信号处理器、控制处理器、专用集成电路、数字电路、数字信号处理器,模拟电
10 路、它们的组合或其它目前已知的或以后开发的处理器,用于控制发射聚束器 14、接收聚束器 16、检测器 20、图像处理器 22 或系统 10 的其它部件。在一个实施例中,相干因子处理器 18 是聚束器或系统控制器,但在其它实施例中也可以使用单独的或专用的处理器。相
15 干因子处理器 18 可以用来确定作为超声图像数据的函数的相干因子。计算由图像数据代表的一个或多个空间位置的相干因子。例如,可以计算重叠扫描区域内每个空间位置的相干因子值。附加地或者可供选择地,相干因子处理器 18 与接收聚束器 16 和用于从接收孔径的每个通道获取延迟的或相位旋转的通道数据的缓冲器相连接,以
20 便确定通道域中的相干性。

相干因子处理器 18 可包括低通滤波器,用于确定作为时间或空间函数的低通滤波后的相干因子。例如,对重叠扫描区域的相干因子进行低通滤波以便减少空间变化。相干因子处理器 18 可以包括检测器或用于将相干组合的数据路由到检测器的路径。检测所述相干
25 组合的数据并将其用于成像。

相干因子处理器 18 可以用来确定作为相干因子函数的用于自适应成像的聚束参数、图像形成参数或图像处理参数。然后自适应地改变各参数以便减少最终图像中的旁瓣杂波。发射聚束器 14、接收

聚束器 16、检测器 20 和/或图像处理器 22 所使用的任何聚束器参数都可以是对相干因子处理器 18 所计算的相干因子敏感的。通过产生随相干因子而变的图像，例如产生代表相干因子的图像，就可以附加地或可供选择地提供自适应成像。

5 将图像数据输出到图像处理器 22。图像处理器 22 可以用来设定显示动态范围，使用线性或非线性滤波器(可以是 FIR 或 IIR 或基于表格)进行空间和时间滤波，并将信号幅度作为线性或非线性映像的函数映像到显示数值。非线性映像可以使用任何一种输入，例如在选择相应的亮度时输入的已滤波或未滤波的数据版本。可以输入用于对比度的优化的数据，同时优化用于空间分辨率的相同或类似的数据。然后输入数据用来选择亮度或显示强度。图像处理器 22 扫描
10 转换数据并以显示器 24 上的一维、二维或三维表示的形式输出所述数据。由于随相干因子而变地选择或改变聚束参数、图像形成参数、动态范围、非线性映像、非线性滤波或它们的组合之一，所以结果
15 图像就可能显示所需的目标而没有来自旁瓣贡献的失真。例如，相干因子用来自适应地改变用于随后成像的参数，例如应用相干因子来调节聚束参数的像差校正，以及调节由图像形成处理器 20 所进行的合成和混合的类型和数量。在另一实施例中，图像处理器 22 产生代表相干因子的图像，例如调制作为相干因子的函数的色彩、色调、
20 亮度、阴影或其它成像数据。

 图 2 示出用于自适应超声成像的方法。所述方法由图 1 的系统 10 或不同的系统实现。此外，可以提供不同的或较少的动作。例如，可以不提供动作 48、50 和/或 54。作为另一实例，提供用于确定通道数据的相干因子的附加的或可供选择的动作，如在美国专利 No.
25 (2004 年 3 月 31 日提交的申请序列号 10/814,959)中所公开的，所述专利公开内容已作为参考包括在本文内。从响应不同参数值而获取的两个或两个以上以上数据集来确定通道或图像数据的相干因子。

 在动作 40，获取两个或两个以上图像域数据帧。在一个实施例

中，响应各自的宽发射波束的传输而获取每个图像域数据帧。每个宽发射波束覆盖扫描区域上的大部分二维平面。或者，覆盖较少的区域。单一宽发射波束可以允许形成整个所关注区域的图像，得到高帧速率。或者，对不同区域的多次传输扫描整个所关注区域。所述扫描用于二维或三维成像。宽发射波束可以沿二维或三维延伸。

对传输作出响应而接收通道数据。对于多个位置中每个位置，通过把来自接收孔径的每个元件的通道数据总加在一起来形成图像域数据帧。或者，对通道数据施加诸如傅立叶变换等变换或其它过程，以产生代表扫描区域空间位置的图像数据。图像数据包括代表扫描区域中多个位置的数值。数据帧包括与特定扫描或扫描组合相关联的数据集。数据帧包括代表所关注区域的数据，不论所述数据是否以帧格式传输。

可以使用部分聚束或波束总和。例如，提供具有多维换能器阵列的子阵列聚束来限制将阵列连接到成像系统的电缆数。把每个子阵列的部分波束总和数据作为通道数据对待。将通道数据聚束在一起，以便从图像域数据中确定相干因子。或者，将部分波束总和用作通道数据，以便确定通道域中的相干因子。

所述获得的图像数据包括相位信息。图像数据是射频 (RF) 或同相和正交 (IQ) 格式。每个图像数据集或帧可以用数学表示为 $S_n(x, y)$ ，式中 (x, y) 是图像中的一点， n 代表具体的发射和接收函数设置。

不同的图像数据集或帧对不同的发射孔径函数、发射波形、接收孔径函数、接收滤波函数或它们的组合作出响应。参数或函数设定值的不同在于空间、时间或空间和时间二者。例如，发射孔径函数作为不同位置上虚拟点源的函数而改变。利用以相对于阵列的第一角度发送的宽发射波束来获得第一图像数据集，而利用以相对于阵列的第二且不同的角度发送的宽发射波束来获得第二图像数据集。在一个实施例中，在 -10 到 10 度的平面波入射角的情况下以 2

度的间隔获得 11 个分图像或数据帧。作为另一个实例，改变接收孔径函数，以便使用阵列的不同部分或变迹。在获取两个或两个以上不同图像数据集之间改变接收孔径形状或位置。作为又一个实例，在时间上改变接收孔径函数。在不同于第二数据帧的频带上获取第一数据帧，例如，基频带用于一个数据集，而谐波频带用于另一数据集。作为另一个实例，在空间上改变接收滤波。沿不同于第二数据帧的观看方向或滤波方向获取第一数据帧。可以在两个或两个以上分数据帧的获取过程之间调节或改变其它函数、参数、变量或设定值。

10 所获得的数据集代表二维图像或区域。也可以使用代表三维图像或体积的数据集。

在动作 42，检测相干图像数据帧。检测信号的幅度、强度、功率或其它特性。可以在对数域中进行检测，或者不进行对数压缩。幅度检测可以用多种方式进行，例如使用 Hilbert 变换，或沿轴向解调 IQ 信号并利用 $\sqrt{I^2 + Q^2}$ 作为幅度。检测过程消除了相位信息，得到非相干数据。

15 在动作 44，总加两个或两个以上图像域数据帧。对代表相同或基本上相同位置的数值进行相干总加。保持数据之间的相位关系。分图像的相干总加产生相干图像：

20

$$S(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N S_n(x, y)$$

所述总加是求平均值、真实总加、加权总加或另一个组合函数。也可以提供线性或非线性组合。

25 在动作 46，再次总加两个或两个以上图像域数据帧。对代表相同或基本上相同位置的数值进行非相干总加。对检测的数据或非相干数据进行总加，例如对幅度、强度或对数域进行总加。在动作 46，利用在动作 44 中所用的相同数据集，但要进行检测，或用不同的数

据集。在动作 42 中的幅度检测提供了非相干图像数据帧 $A_n(x, y)$ 。
将成分幅度图像总加在一起：

$$A(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N A_n(x, y)$$

5

所述总加是求平均值、真实总加、加权总加或另一个组合函数。
也可提供线性或非线性组合。

在动作 48，相干总加的图像域数据进行幅度检测。所述检测与
动作 42 中所进行的检测相同或不同。所述检测以同样的格式提供动
10 作 44 输出的图像域数据，或者再经过与动作 46 输出的图像域数据类
似的过程。由于与非相干总加相反的相干总加的缘故，数据是不同的。

在动作 50，在确定相干因子之前进行附加的任意的操作。例如，
相干总加和非相干总加的图像数据进行平方运算。

15 在动作 52，确定作为第一和第二数据集或来自第一和第二帧的
图像域数据集的函数的相干因子。对于多个位置（例如所关注的整个
扫描区）中的每个位置确定相干因子值。或者，计算单个相干因子值。
在又一个实施例中，从代表不止一个空间位置的数据分别计算一个
或多个相干因子值。

20 计算作为相干总加与非相干总加的函数的相干因子。例如，相
干因子是相干总加能量对非相干总加能量之比。假设 $B(x, y)$ 是对
 $S(x, y)$ 的幅度检测的结果，按照以下公式计算相干因子：

$$CFID(x, y) = \frac{B^2(x, y)}{A^2(x, y)}$$

25

式中 B 是相干幅度而 A 是非相干幅度。相干因子在 0 到 1 的范
围内。也可以使用计算图像数据相干性的其它函数，例如在不求幅
度平方值的情况下进行计算或作为对数域中的差值来进行计算。

相干图像 $B(x, y)$ 通常具有比非相干图像 $A(x, y)$ 更高的横向分辨率和更大的斑点差异。可以在动作 54 中使代表不同空间位置(相干因子图像)的相干因子值的幅度变化平滑。空间低通滤波可以抑制或限制相干因子图像中的斑点。滤波后的相干因子图像可以用来修改其它图像而不会引入或增强斑点。低通滤波还局部地求相干因子的平均值, 以便改进精确度, 并减小所计算的相干因子的偏差。

相干因子(不论来自通道还是图像域计算)用于产生信息。例如, 以相干因子的函数的形式调节发射或接收参数, 如美国专利号(2004年3月31日提交的申请序列号 10/814, 959)中所公开的。相干因子图像用于修改随后的图像形成。例如, 部分波束总和信号用于计算基于通道的相干性。然后相干因子用来改变发射或接收聚束或滤波函数。

相干因子信息或图像可以用来对以下信息进行加权或修改: 分图像、相干总加图像、非相干总加图像、随后的图像信息、利用宽或聚焦的发射波束单独获取的图像、它们的组合或其它图像信息。以相干因子的函数的形式调制所检测的数据的亮度、色彩、色调、阴影或它们的组合。例如, 可以在线性幅度域进行所述加权:

$$O(x, y) = I(x, y) \times f[\text{CFID}(x, y)]$$

式中 $f(u)$ 通常是某个非线性函数, $I(x, y)$ 是输入图像, $O(x, y)$ 是输出图像。如果 $f(u) = u$, 则所述操作与每个图像位置上的相干因子成正比地减小图像幅度。 $f(u)$ 的阈函数可以限制增益抑制的动态范围。

非相干总加(混合)可以抑制斑点并改进边界描绘。借助于可能不同的接收孔径选择方案(例如部分重叠的子孔径)利用不同的发射控制来形成分图像。利用对应于每个发射/接收孔径方案的分图像来计算相干因子信息。所述相干因子图像可以用来调制混合图像的亮度或色彩。

除了相干和非相干图像外, 还可从各个分图像形成复合图像。

将一些分图像相干总加在一起，然后对总和进行非相干总加。一般来说，分图像相干总加有助于改进横向分辨率和在图像形成时提供冗余，有助于减少各种来源的杂波。图像非相干总加有助于减少斑点。换能器和组织的移动都很有限，所以在获取各个分图像时的移动和声波波长相比都很小。

5 在一个实施例中，随相干因子而变地显示图像。相干因子信息或图像函数和灰度级图像一起显示。例如，将相干因子的色彩叠加显示在灰度级 B 型图像的上部。这就将相干因子图像记录到灰度级图像上，并有助于识别在波传播中哪一部分组织引入了较多的不均一性。

10 在另一实施例中，将作为相干因子的函数的第一和第二数据集或数据帧进行混合。相干因子或相干因子的函数用来选择性地将两个图像混合在一起以便产生输出图像。例如，两个输入图像是相干总加的图像和非相干总加的图像。相干因子确定在组合这些总加的图像时的相对权重。如果相干性高，就赋予非相干总加的成像信息更重的权重。另一实例是将相干图像和该相干图像的低通滤波的版本作为相干因子的函数加以混合。

15 一个区域上相干因子的空间平均表示组织像差的程度。像差程度用作图像质量指标，所述指标在诊断时可以提供有用的信息。例如，在胸部成像时，如果患者的图像具有较低的平均相干因子，则成像的组织可能更不均一。不均一的组织可能与组织病理有关。在人体模型研究中发现，在没有像差时相干因子的平均值为 0.61，而在有像差时为 0.41。

25 在组织像差严重的地方，在所述位置以及远离发射孔径的所有随后的其它位置的分图像样本更可能是异相的。在这些位置上会有较低的相干因子值。沿声透射角的相干因子信息的微商近似于局部组织像差的程度。在没有所述微商的情况下，相干因子信息是沿声透射路径积分的像差的度量。

虽然已参阅各种实施例对本发明作了说明，但是应理解可以进行许多变化和修改而不会背离本发明的范围。所以上述详细说明应认为是说明性的而非限制性的，且应理解，以下权利要求书(包括所有的等效物)旨在限定义本发明的精神和范围。

5

图 1

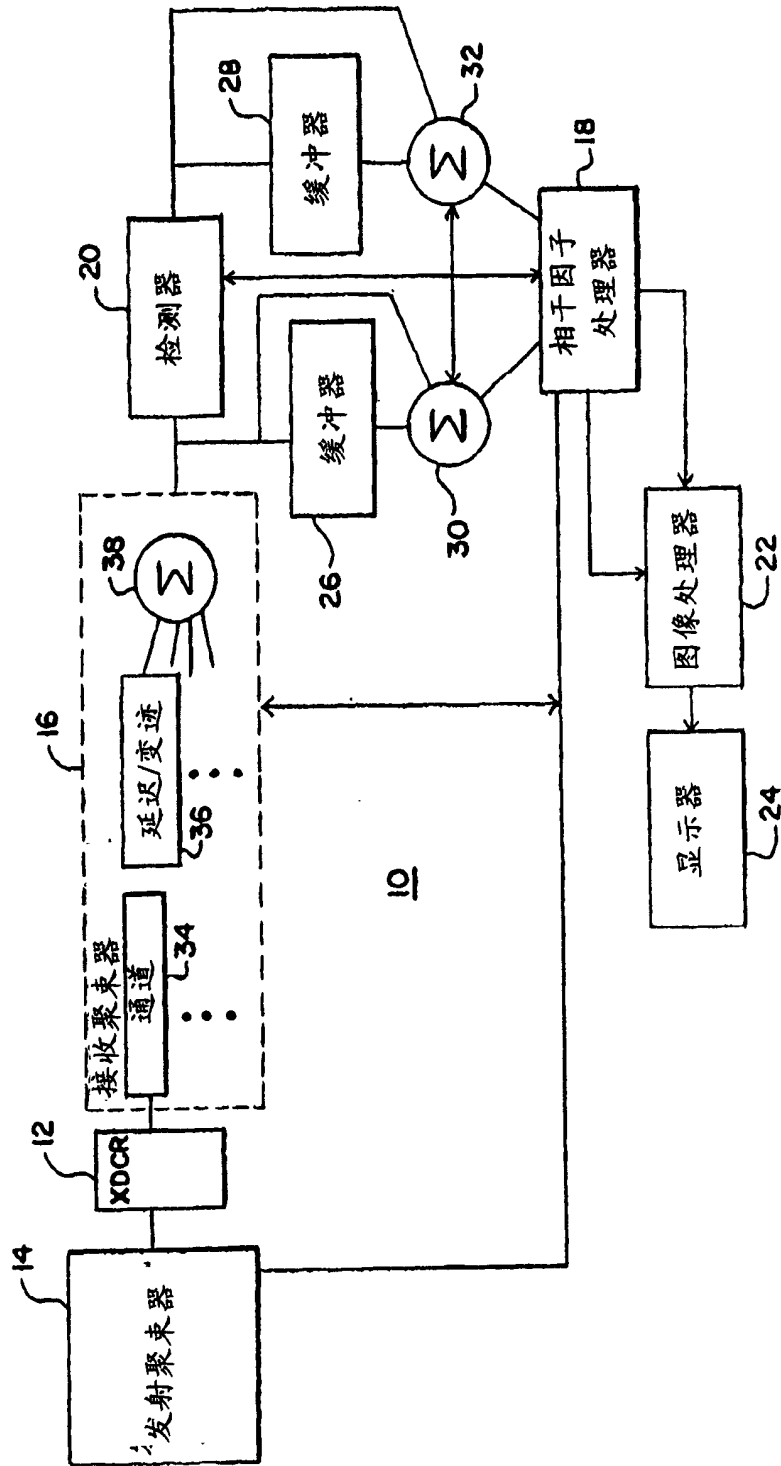


图 2

