



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107106120 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(21)申请号 201580059146.6

(22)申请日 2015.10.28

(30)优先权数据

62/072,167 2014.10.29 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.04.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/057825 2015.10.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/069750 EN 2016.05.06

(71)申请人 梅约医学教育与研究基金会

地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 S·陈 J·F·格林利夫

D·C·梅勒玛 P·宋

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 李玲

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

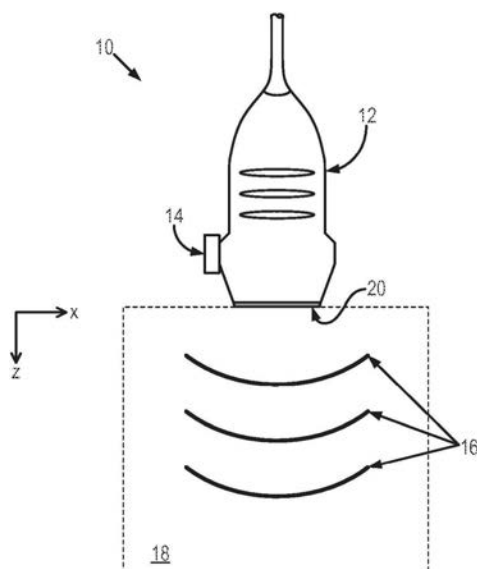
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

用于通过超声换能器的持续振动进行超声弹性成像的方法

(57)摘要

教导了一种用于借助超声换能器的持续振动通过超声弹性成像来对对象进行成像的方法。与超声换能器直接接触的致动器在轴向方向上使换能器持续振动,将剪切波引入组织并且允许实时剪切波成像。换能器的轴向运动损害组织的剪切波图像,并且必须被抑制。因此,另外教导了几种用于对由换能器的运动所造成的剪切波伪影进行校正的方法。



1. 一种用于利用具有换能器的超声系统来测量对象的机械特性的方法,所述方法的步骤包括:

- a) 利用耦合到所述换能器的至少一个致动器向所述换能器提供持续振动;
- b) 通过所述换能器的所述持续振动而将至少一个剪切波引入到所述对象中;
- c) 利用所述换能器从所述对象中获得剪切波数据集合;
- d) 通过校正所述剪切波数据集合以便移除与所述换能器的所述持续振动相关联的运动伪影来产生运动校正剪切波数据集合;以及
- e) 处理所述运动校正剪切波数据集合以计算所述对象的机械特性。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,在步骤e)中所计算的所述对象的所述机械特性包括以下各项中的至少一项:剪切波速度、剪切波衰减、剪切模量、剪切粘度、存储模量、损耗模量、杨氏模量、机械弛豫时间以及扩散。

3. 如权利要求1所述的方法,其中,步骤d)进一步包括以下步骤:从所述剪切波数据集合中提取剪切波运动信号;计算在某个时刻所述剪切波运动信号的平均值;以及在所有其它时刻从所述剪切波运动信号中减去所述平均值。

4. 如权利要求1所述的方法,其中,所述步骤d)进一步包括以下步骤:向所述剪切波数据集合应用傅立叶变换以生成k空间数据集合;对所述k空间数据进行滤波;以及向所述经滤波的k空间数据集合应用傅立叶逆变换以产生所述运动校正剪切波数据集合。

5. 如权利要求4所述的方法,其中,对所述k空间数据集合进行滤波包括向所述k空间数据集合应用带通滤波器。

6. 如权利要求1所述的方法,其中,步骤d)包括:通过向所采集的所述剪切波数据集合应用局部频率估计来产生所述运动校正剪切波数据集合。

7. 如权利要求1所述的方法,其中,步骤d)进一步包括以下步骤:在所述剪切波数据集合中识别通常静止目标;估计所述通常静止目标的运动;以及从所述剪切波数据集合中减去所述通常静止目标的所估计的运动。

8. 如权利要求1所述的方法,其中,步骤d)包括:通过向所述剪切波数据集合应用空间梯度来产生所述运动校正剪切波数据集合。

9. 如权利要求1所述的方法,其中,步骤a)的所述致动器是音圈致动器。

10. 如权利要求1所述的方法,其中,步骤c)包括:利用脉冲-回波超声来快速地对至少一个引入的所述剪切波进行采样。

11. 如权利要求10所述的方法,其中,针对剪切波数据集合之间的时间延迟来校正获得的所述剪切波数据集合。

12. 如权利要求11所述的方法,其中,针对所述时间延迟进行的所述校正包括向所述剪切波数据集合应用时间插值。

13. 如权利要求11所述的方法,其中,针对所述时间延迟进行的所述校正包括将所述剪切波数据集合偏移为具有等效正弦波周期。

14. 如权利要求11所述的方法,其中,针对所述时间延迟进行的所述校正包括将所述剪切波数据集合参数化地拟合到公共时间网格。

15. 如权利要求1所述的方法,其中,提供至所述换能器的所述持续振动包含多种频率,并且步骤e)包括处理所述剪切波数据集合以解析所述对象的取决于频率的特性。

16. 如权利要求15所述的方法,其中,步骤e)包括沿时间维度利用带通滤波器从所述持续振动的所述多种频率中选择至少一种频率,针对所述至少一种频率计算机械特性。

17. 一种用于利用具有换能器的超声系统来测量对象的机械特性的方法,所述方法的步骤包括:

- a) 利用耦合到所述换能器的至少一个致动器向所述换能器提供持续振动;
- b) 通过所述换能器的所述持续振动而将至少一个剪切波引入到所述对象中;
- c) 利用所述换能器从所述对象中获得剪切波数据集合;以及
- d) 处理所述剪切波数据集合以计算所述对象的机械特性。

18. 如权利要求17所述的方法,其中,步骤d)包括对所述剪切波数据集合进行局部频率估计。

用于通过超声换能器的持续振动进行超声弹性成像的方法

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于2014年10月29日提交的标题为“METHOD FOR ULTRASOUND ELASTOGRAPHY THROUGH CONTINUOUS VIBRATION OF AN ULTRASOUND TRANSDUCER (用于通过超声换能器的持续振动进行超声弹性成像的方法)”的美国临时专利申请序列号62/072,167的权益。

关于联邦政府赞助的研究的声明

[0002] 本发明是在美国国家卫生研究院授予的DK082408下利用政府支持完成的。政府享有本发明的某些权利。

背景技术

[0003] 本发明涉及通过超声弹性成像来确定组织的机械特性。更具体地,本发明涉及一种利用超声换能器的持续振动的弹性成像方法。

[0004] 组织的机械特性(如,弹性和刚性)与组织健康的状态紧密相关联。例如,纤维化或癌性组织通常比健康组织具有更高的刚性。因此,可以非侵入性地测量组织机械特性的弹性成像方法具有许多医疗应用,如,肝纤维化分级诊断和癌症诊断。

[0005] 可以将剪切波引入组织中,并且可以测量剪切波传播参数并用于量化地估计组织机械特性。这些参数可以包括群传播速度、衰减、剪切模量、剪切粘度、存储模量、损耗模量、杨氏模量和机械弛豫时间以及取决于频率的传播参数。

[0006] 当前弹性成像方法需要来自具有较长持续时间(通常为数百微秒)的聚焦或未聚焦超声“推动”波束的超声辐射力以在组织中产生剪切波以便对组织机械特性进行定量测量。然而,由超声辐射力生成的剪切波通常极弱,限制了这些方法的穿透深度。另外,推动波束需要在高压下传输数百个超声周期,这对超声扫描仪和换能器的传输电路的要求非常高。

[0007] 因此,这一方法被局限于具有大容量传输电路的高端超声扫描仪,所述大容量传输电路可以支持推动波束的传输。另外,针对持续测量的更新频率与实时B模式成像相比非常低(通常低于1Hz),以阻止对组织或超声换能器的过度加热。这一低更新频率使得仅通过利用剪切波成像难以找到具有异常刚度的病灶,因为一些病灶可能在B模式成像中看起来是健康的组织。

[0008] 组织中的剪切波还可能由外部机械振动所生成的。例如,在市场上销售的称作 **Fibroscan®** (法国巴黎爱科森(Echosens)) 的瞬时弹性成像设备中,超声换能器通过具有瞬时“穿孔”的机械致动器而振动,所述机械致动器可以产生远离换能器传播到附近组织中的瞬时剪切波。可以通过采用脉冲-回波模式的相同超声换能器来测量这一剪切波以便进行刚度定量。

[0009] 然而,**Fibroscan®** 设备不能制造2D弹性成像图像并且无法提供作为扫描引导的实时B模式成像。同样,**Fibroscan®** 无法持续地更新其弹性成像测量。相反,捕获序列必须通过用户按压按钮而被再次激活以为新的测量产生另一个瞬时剪切波。

[0010] 持续振动可以在组织中产生持续的剪切波,从而使得剪切波一直存在于组织中。这一方法可以潜在地有利于弹性成像测量的持续更新,例如,其在收缩期间对于捕获肌肉刚度的瞬时变化可能是有用的。在一个具有持续振动特征的系统,手持式振动器被定位在邻近超声换能器以生成持续振动和由换能器测量的剪切波。尽管这一系统是可行的,但这一方法需要操作人员使用双手,一只手抓住振动器并且另一只手抓住换能器。这一要求极大地限制了这一系统的临床价值,如在典型的临床实践中,单个操作者将使用一只手来操纵超声换能器并且另一只手在扫描患者时控制超声扫描仪。

[0011] 在附加系统中,从定位在超声换能器的两侧处的具有不同频率的两个振动源产生的爬行波已经用于弹性成像测量。这一方法还需要额外固定装置以保持两个振动源与测试对象相接触并且因此不便于进行临床实践。

[0012] 相应地,将期望具有能够将持续机械振动引入到组织的系统,所述系统不需要用户在操作期间使用双手。

发明内容

[0013] 本发明通过教导一种用于超声弹性成像的方法克服了上述缺点,所述方法通过超声换能器将持续机械振动引入到被成像对象中。

[0014] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于利用具有换能器的超声系统来测量对象的机械特性的方法。所述方法包括:利用耦合到所述换能器的至少一个致动器向所述换能器提供持续振动。通过所述换能器的所述持续振动将至少一个剪切波引入到所述对象中。利用所述换能器从所述对象中获得剪切波数据集合;并且通过校正所述剪切波数据集合以便移除与所述换能器的所述持续振动相关联的运动伪影来产生运动校正剪切波数据集合。然后处理所述运动校正剪切波数据集合以计算所述对象的机械特性。

[0015] 本发明的前述及其他方面和优点从以下说明书中将变得明显。在说明书中,参照在此构成其一部分的附图,并且在附图中通过图示的方式示出了本发明的优选实施例。然而,这样的实施例并不一定表示本发明的全部范围,并且因此参考权利要求书并在此用于解释本发明的范围。

附图说明

[0016] 图1是示例性超声系统的框图,所述超声系统实现了超声换能器的持续振动以将剪切波引入对象中。

[0017] 图2是流程图,阐述了一种用于利用持续振动的超声换能器来采集剪切波数据并且用于校正这些数据以获得换能器的持续振动运动效果的示例方法的步骤。

[0018] 图3是流程图,阐述了一种用于利用减去平均值技术来校正运动劣化的剪切波数据的方法的示例的步骤。

[0019] 图4是流程图,阐述了一种用于利用k空间滤波技术来校正运动劣化的的剪切波数据的方法的示例的步骤。

[0020] 图5是示例性k空间滤波技术的图形表示。

[0021] 图6是流程图,阐述了一种用于利用低频估计技术来校正运动劣化的剪切波数据的方法的示例的步骤。

[0022] 图7是流程图,阐述了一种用于利用对来自通常静止目标的换能器运动进行估计的技术来校正运动劣化的剪切波数据的方法的示例的步骤。

[0023] 图8是多个不同超声波束集合的示例。

[0024] 图9是简图,展示了超声波束集合的示例时序。

[0025] 图10是将初始位于不同正弦周期的剪切波偏移为等效正弦周期的示例说明。

具体实施方式

[0026] 本公开提供了一种用于通过超声弹性成像来辨别组织的机械特性的系统和方法,其中,利用超声换能器的持续振动在对象中生成剪切波。还提供了若干种用于移除由超声换能器的持续振动造成的运动伪影的方法。

[0027] 首先参照图1,展示了用于将剪切波引入对象20的示例性系统10。在这一系统中,换能器12通过致动器14而机械振动,这使得换能器12在轴向方向(例如,图1中的z方向)上振荡。作为一个示例,致动器14可以是机械致动器,如,音圈(voice coil)致动器。当换能器12在轴向方向上移动时,剪切波16被引入到对象18之内。还可以从压缩波的模式变换中产生剪切波16。然后由在脉冲-回波模式中操作的相同超声换能器12检测所产生的剪切波16以提供对所述对象的机械特性的定量测量。

[0028] 致动器14耦合到超声换能器12。作为一个示例,致动器14可以直接附接到换能器12的外表面。出于说明目的,致动器14附接到图1中的换能器12的一侧。然而,在一些申请中,可以优选地将致动器与换能器12同轴地对齐,从而使得换能器运动主要与最小横向和纵向运动同轴。这一设置消除了对于单独振动源的需要,并且因此允许进行方便的手操作。所述振动优选地是持续的以允许测量的持续更新。

[0029] 超声换能器12可以沿超声波轴向或者取决于所期望的成像申请在其他方向上轴向地进行振动。可以操作用于剪切波检测的超声系统以通过平行波形成来检测单个A线、多个A线,或者利用平面波成像和软件波形成来检测整个2D面积或3D体积,如在Verasonics®超声扫描仪中完成。

[0030] 通过致动器14施加至超声换能器12的持续振动可以包含多种频率,并且因此可以处理所检测的剪切波以解析所述对象的取决于频率的特性。例如,所述处理可以沿时间维度使用带通滤波器以便仅选择某一时间处的一种频率,并且如果收集具有单一振动频率的数据,则后续处理将与其相同。多频率振动可以加速采集以便进行分散分析。利用持续振动和持续剪切波检测和处理,可以采用基本上实时的方式来持续地更新弹性成像测量。

[0031] 当换能器12在轴向方向上振动时,如当振动对于换能器12的有源表面20是正常的时,换能器12的运动将损害在对象18中所检测的剪切波信号。由于超声运动检测将换能器12用作非移动参考坐标,因此这一信号损害是存在的,但是当换能器12由于外部振动而震荡时,则违背了这个假设。因此,为了适当地测量来自所检测剪切波的机械特性,需要校正由致动器14造成的换能器12的运动。

[0032] 参照图2,给出了一种利用超声换能器的持续振动作为用于生成剪切波的运动源的超声弹性成像的示例方法。所述方法包括利用超声系统采集对象的图像,同时通过使换能器持续地振动将持续振动施加至所述对象,如在步骤202处所指示的。采集所述图像之后,期望处理所采集的图像以补偿换能器的运动,如在步骤204处所指示的。以下讨论了若

干种用于移除这一换能器运动伪影的方法。在校正所述图像之后,计算被成像对象的机械特性,如在步骤206处所指示的。可以计算的机械特性的示例包括:剪切波速度、剪切波衰减、剪切模量、剪切粘度、存储模量、损耗模量、杨氏模量、机械弛豫时间以及扩散。

[0033] 在初始采集对象的图像之后,已经指出这一图像必须针对换能器运动被校正。参看图3,针对换能器运动的校正的一种示例方法首先需要从所采集的图像中提取剪切运动信号,如在步骤302处所指示的。然后计算剪切波运动信号的平均值,如在步骤304处所指示的。然后在所有时刻从剪切波运动信号中减去平均剪切波运动以创建经校正的图像,如在步骤306处所指示的。

[0034] 在这一方法的一个示例中,一维(1D)阵列换能器以100Hz进行振动。换能器的运动在二维成像平面内的所有像素处将100Hz的信号添加至检测到的所有剪切波。在任何给定时间处,换能器运动是施加至这些像素的均匀偏移值。

[0035] 因此,可以通过从整个2D成像区域内的每个像素中减去在给定时刻所检测到剪切波运动平均值来减轻给定在此时刻的换能器运动。可以在成像过程期间的所有时刻处重复这种类型的处理以便完全抑制换能器运动伪影。

[0036] 这一方法假设剪切波长度相对于2D成像区域的大小是较小的。这种假设允许不损坏换能器运动的真正剪切波运动具有2D成像区域内的零值的附加假设。

[0037] 另一种用于抑制换能器运动干扰的方法利用了k空间滤波。参看图4,展示了阐述这种方法的示例的步骤的流程图。在采集初始图像之后,所述图像经受傅立叶变换以生成k空间数据集,如在步骤402处所指示的。然后对此k空间数据进行滤波以清除不想要的数,如在步骤404处所指示的。然后通过应用傅立叶逆变换将经滤波的k空间数据转换成运动校正图像,如在步骤406处所指示的。。

[0038] 参看图5描述了这一方法的示例。利用如在先前方法中所描述的相同1D换能器示例,在任何给定时刻处所检测的剪切波运动可以被看作是空间域中的2D图像 $u(x, z)$ 。因此,利用超声换能器采集图像,同时换能器持续振动,如在图2的步骤202处所指示的。在这一图像中, u 是组织运动,其可以包括组织的响应于换能器的持续振动的位移、速率或加速度。然后应用傅立叶变换以将图像从空间域转换成频率域。举例而言,沿 $u(x, z)$ 的两个空间维度进行的傅立叶变换产生了运动的频率域或者k空间表示 $U(k_x, k_z)$ 。对于k空间中的具有坐标 (k_x, k_z) 的k空间中的给定像素,与k空间的原点的距离 $k_r = \sqrt{k_x^2 + k_z^2}$ 表示此像素的空间频率。换能器运动在空间 (x, z) 域中具有非常大的空间特征,并且因此将由具有非常小的 k_r 值来表示。

[0039] 然后通过设置 k_r 的上限和下限来对k空间数据进行滤波以提供由换能器造成的无噪声数据集。举例而言,可以如下对k空间数据进行滤波。可以设置 k_l 的下限,从而使得 $k_r < k_l$ 的所有像素被设置为零。利用黑色像素来表示设置为零的像素,通过图5中的小黑色圆盘展示了这一过程。类似地,可以设置 k_u 的上限,从而使得 $k_r > k_u$ 的所有像素被设置为零,由白色环形之外的黑色区域来展示。这一过程对于抑制由超声散斑造成的 $u(x, z)$ 中的“椒盐”噪声非常有用。

[0040] 事实上,应用 k_l 和 k_u 限制了k空间数据的带通滤波器。可以在这些限制处应用平滑过渡而非阶跃函数以减少Gibbs振铃效应。利用被应用来限定滤波器的上限和下限,创建经

滤波数据集合。然后可以将傅立叶逆变换应用到经滤波数据集合以将数据变换回 (x, z) 空间域。所述新的、校正图像提供所期望的弹性成像读数,换能器运动和剪切波散斑噪声都被抑制。

[0041] 在这一方法中,如果持续振动的频率是 f ,则 k 空间带通滤波实质上正在向剪切波数据应用速度限制,从而使得速度低于 f/k_0 或高于 f/k_1 的剪切波被抑制。由于剪切波速度的生物学范围对于不同组织而言通常是已知的,因此这可以帮助人们选择合适的 k_1 和 k_0 限制。

[0042] 现在参照图6,展示了流程图,所述流程图示出了另一种用于针对换能器运动进行校正的示例方法的步骤,其中使用了局部频率估计(LFE)。局部频率估计是一种在磁共振弹性成像(“MRE”)中广泛用来估计单个频率谐和剪切波的局部波长以便计算剪切波的传播速度的方法。在图2的步骤202中采集图像之后,如在步骤602处所指示的,向所述图像应用LFE,并且可以对所得到的图像进行空间滤波以抑制仍然出现在图像中的噪声,如在步骤604处所指示的。

[0043] 例如,当在给定时刻处应用至2D剪切波运动图像时,LFE可以跟踪局部图像梯度以估计局部剪切波波长。因此,由于换能器运动,因此LFE对于2D剪切波图像的均匀背景偏移是不受影响的。

[0044] 因此,当输入的剪切波数据被换能器运动损害时,LFE可以给出正确的剪切波速度估计。然而,LFE对于剪切波数据中的散斑噪声是敏感的并且可以给出减小的剪切波长度。因此,当数据具有散斑噪声时,提供对剪切波速度的低估。因此,可以使用 k 空间滤波或空间 (x, z) 域(如,高斯平滑空间滤波器)中的其他平滑方法以在执行LFE处理之前抑制散斑噪声。

[0045] 图7中示出了流程图,所述流程图示出了另一种用于抑制转换器运动的示例方法的流程。在这一方法中,在初始图像内识别已知的基本上静止的目标或结构,如在步骤702处所指示的。作为示例,静止目标或结构可以是解剖目标或结构,如,已知为基本上静止的骨骼。在采集所述图像之后,对通常静止目标或结构的运动做出估计,如在步骤704处所指示的。

[0046] 由于所识别的目标是通常静止的,因此对于其运动的估计可以用作对由持续振动的换能器所引入的运动的估计。因此可以基于对所识别目标的运动的估计来对换能器的运动作出校正。当剪切波成像区域包括已知的静止或非移动目标(如,骨骼)时,在由超声换能器所看见的这些目标处的运动是已知的由换能器的振动造成的。因此,可以从所有像素处的运动中减去这些目标处的运动以校正换能器运动,如在步骤706处所指示的。

[0047] 在另一种用于从图像中消除换能器运动的示例方法中,向所采集的图像应用空间梯度。可以在给定时刻向所述1D、2D或3D空间剪切波数据应用空间梯度操作以移除换能器运动。换能器运动在所有空间维度上是已知为相对均匀的,并且将因此被空间梯度操作所抑制。

[0048] 除了换能器运动,持续振动还可以生成对于各种应用而言可能不期望的驻波图。可以利用定向滤波将剪切波分离为单向波。然后可以通过LFE或飞行时间法来处理这些单向波以便进行剪切波速度估计。另外,还可以使用直接反演来计算来自 k 空间滤波或定向滤波处理的剪切波场的组织机械特性。

[0049] 在一些实施例中,采集在步骤202中所采集的图像,同时通过脉冲-回波超声来实现剪切波场的快速采样。在以下示例中,利用2D空间进行剪切波检测;然而,应当理解的是,本公开中教导的方法可以被容易地延伸到空间中的三维。

[0050] 作为快速采样的一个示例,在2D区域上对谐和剪切波以剪切波的振动频率的许多倍进行采样。例如,可以以其振动频率(其可以是50Hz等)的10倍对谐和剪切波进行采样。高端常规超声成像系统可以利用平行波形成使来自单次传输的若干A线成像。

[0051] 如图8中所示,超声束的N个集合 $\{S1, \dots, SN\}$ 802, M束 $\{B1, \dots, BM\}$ 804中的每一束被平行地形成。所述波束集合802用于覆盖被成像的整个2D区域。假设以10kHz的脉冲重复频率(PRF)依次检测波束集合802 $\{S1, \dots, SN\}$ 。可以以10kHz/N的频率重复这一过程。因此,20的N将允许在每个波束位置处的500Hz的有效采样频率。

[0052] 如图9中所示,矩形902表示在由波束集合S1至SN所覆盖的位置处进行超声检测的时刻。采用500Hz的PRF对每个波束集合进行采样,但是在相邻波束集合之间存在100微秒的时间偏移。在剪切波弹性成像重建中需要考虑不同波束集合间的这一较小时间延迟。存在若干种方式来校正这一延迟问题,这将在以下进行讨论。

[0053] 在一种校正波束集合之间的时间延迟的示例方法中,应用了时间插值。例如,利用指定为10kHz的时间插值,可以对齐并同步针对每个束的时间网格。由图9中的实心圆904表示插值点。由持续振动以单一频率产生的剪切波基本上提供了每个像素处的相对于时间的周期性正弦波。

[0054] 在另一种用于校正波束集合之间的时间延迟的示例方法中,对剪切波进行偏移以便提供具有等效正弦周期的波的集合。当有待成像的2D区域较大时,如果在如以上所描述的一个顺序检测中对2D区域的所有波束集合进行采样,则每个像素处的有效采样频率 PRF/N 太慢。为了解决这一问题,可以将波束集合分成多个区域,如图8中所示,并且可以利用以上所描述的方法以足够高的有效采样频率对每个区域进行检测。

[0055] 为了提供有效取样,可以一次一个区域地对所述区域进行依次成像。参照图10,在第一正弦周期上检测区域1,其中,黑色圆表示检测时刻;在第二正弦周期上检测区域2,其中,灰色圆表示检测时刻;并且在第三正弦周期上检测区域3,其中,白色圆表示检测时刻。由于剪切波信号是正弦信号并且是周期性的,因此可以将区域2和区域3处的信号偏移至与区域1相同的正弦周期处。

[0056] 通过这种处理,已经生成了针对所有区域的被对齐并且具有高效采样频率的剪切波信号。可替代地,一个大区域可以用于覆盖整个2D成像区域,并且在所有波束集合处检测到的剪切波可以被偏移至相同正弦周期以获得比未经偏移而存在的有效采样频率更高的有效采样频率。应当注意的是,此处所教导的偏移方法仅可以对整数数量的整个正弦周期进行偏移。可以进一步使用以上所教导的时间插值法以便在相同正弦周期内进行附加对齐。

[0057] 在一种校正波束集合之间的时间延迟的附加示例方法中,剪切正弦波信号被参数化地拟合到公共时间网格。再次参照图10的左侧,应当注意的是,对个别波束集合进行采样的实际时间可以分散在不同正弦周期上。由于正弦波的频率和采样的实际时序是已知的,因此可以将正弦波拟合成样本,并且可以执行对每个束处正弦波的振幅和相位的估计。

[0058] 在此估计之后,可以利用所估计的振幅和相位参数从正弦波模型中计算任何时间

处的运动。在这一过程中,可以将所有束的时间网格对齐至公共时间网格。由于针对每个波束集合的原始采样时间点可以非均匀地间隔并且可以以个别时间点之间的一定间隔分散在多个周期上,因此这一方法被证明是灵活的。

[0059] 以上技术将1D阵列换能器和2D剪切波检测用作示例来进行展示。应当注意的是,所述方法可以应用至单元素换能器、1D阵列换能器、2D机械扫描换能器以及具有1D、2D和3D剪切波检测能力的2D阵列换能器。

[0060] 已经根据一个或多个优选实施例对本发明进行了描述,并且应当理解的是,除明确陈述的以外,许多等价物、备选方案、变化和修改都是可能的并且在本发明的范围之内。

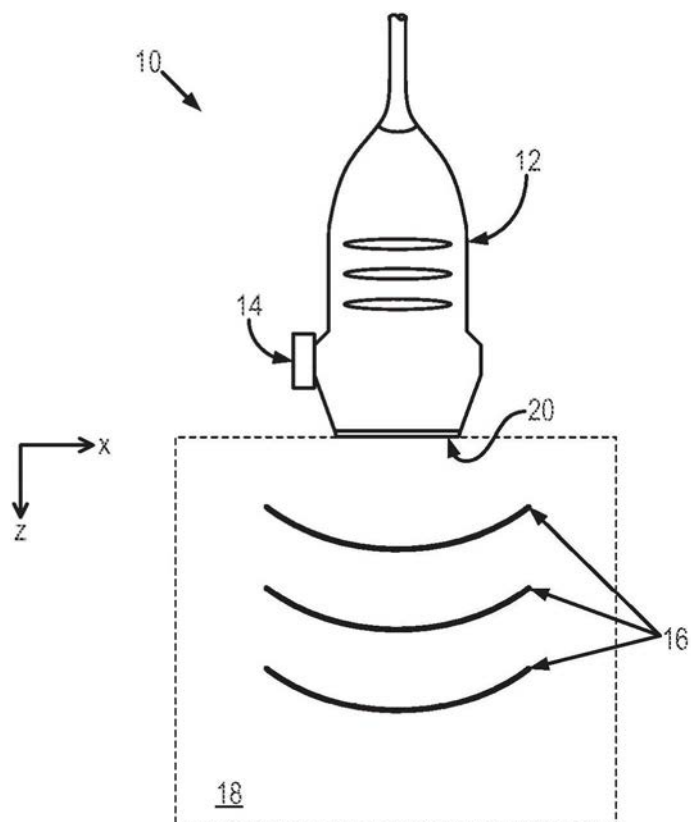


图1

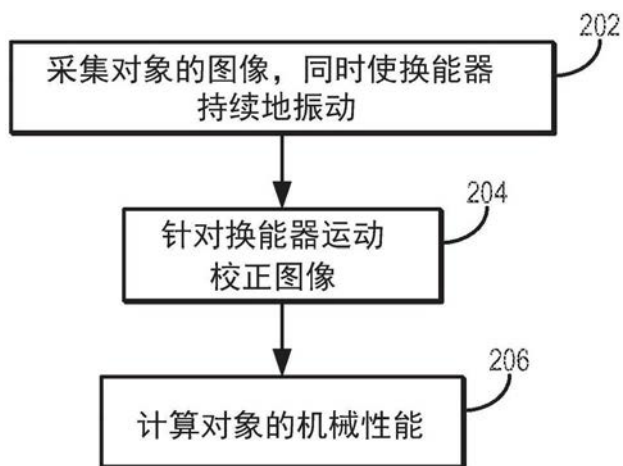


图2

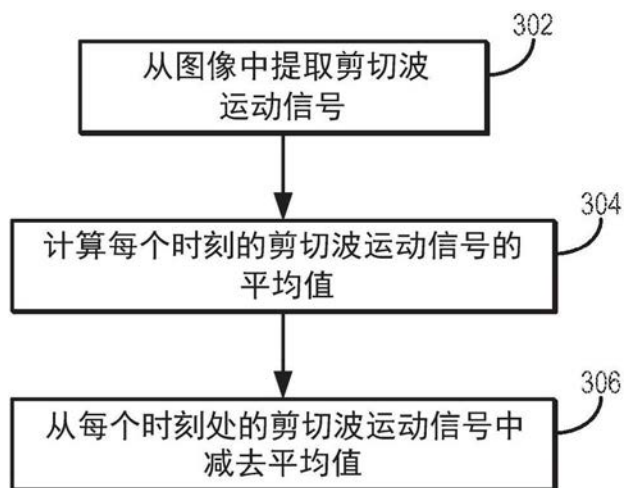


图3

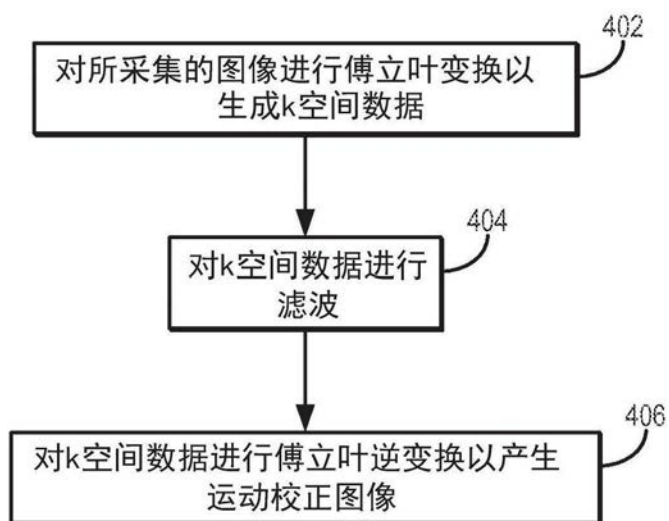


图4

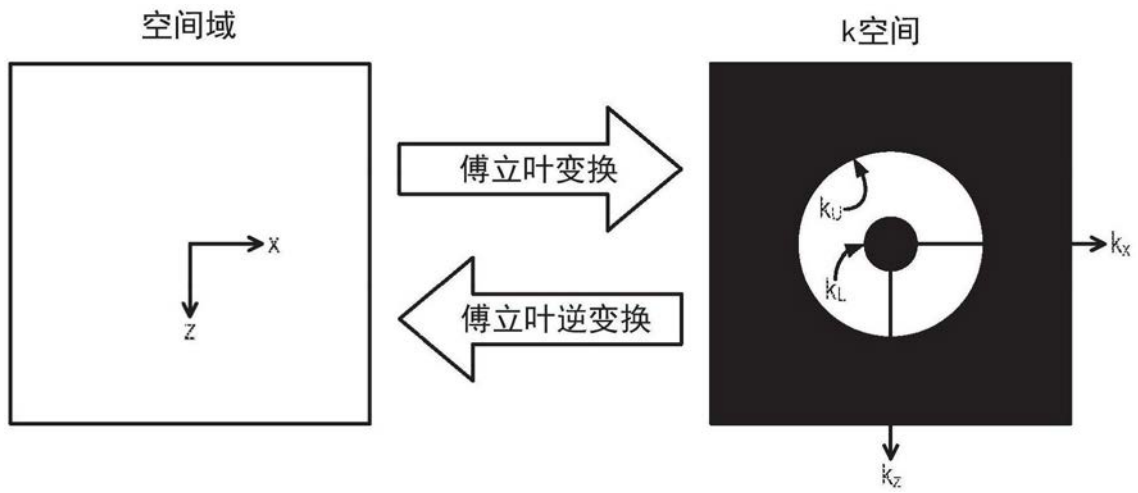


图5

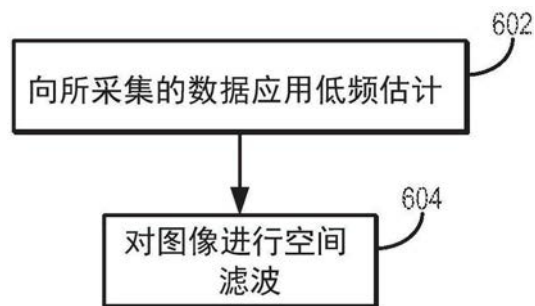


图6

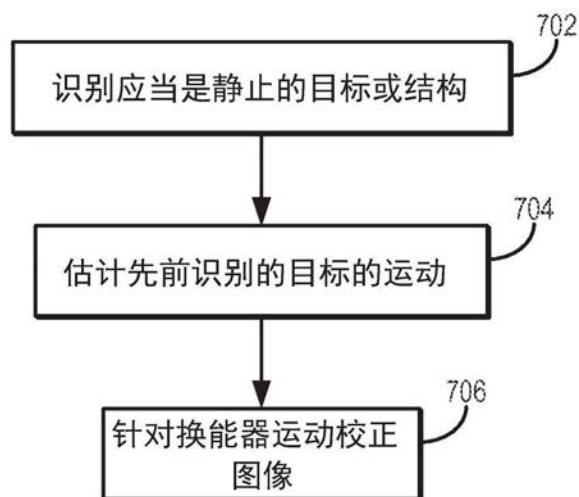


图7

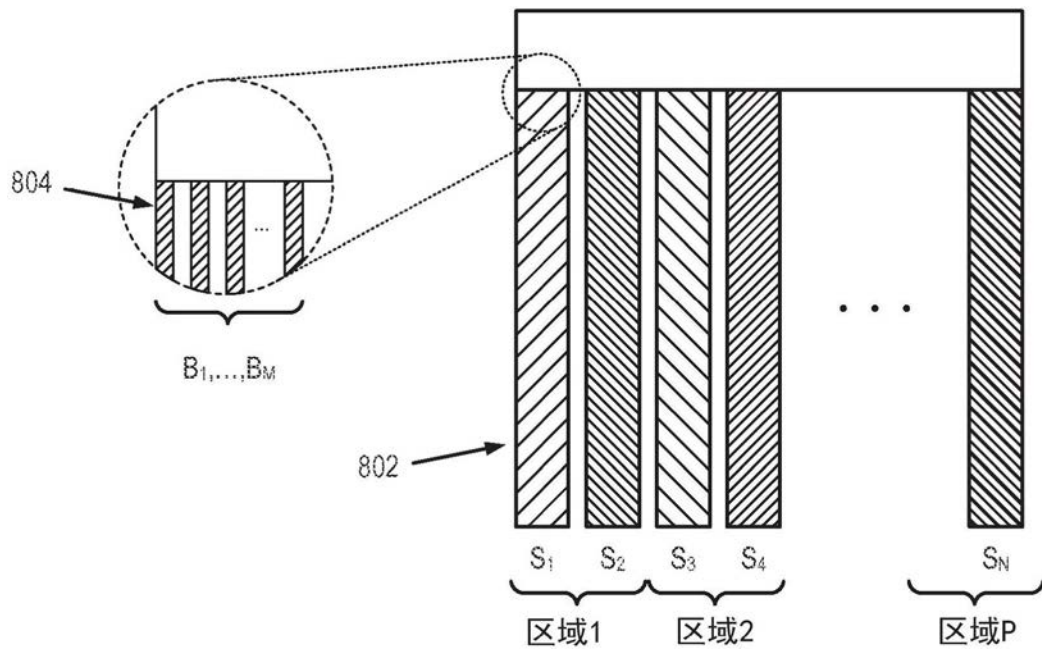


图8

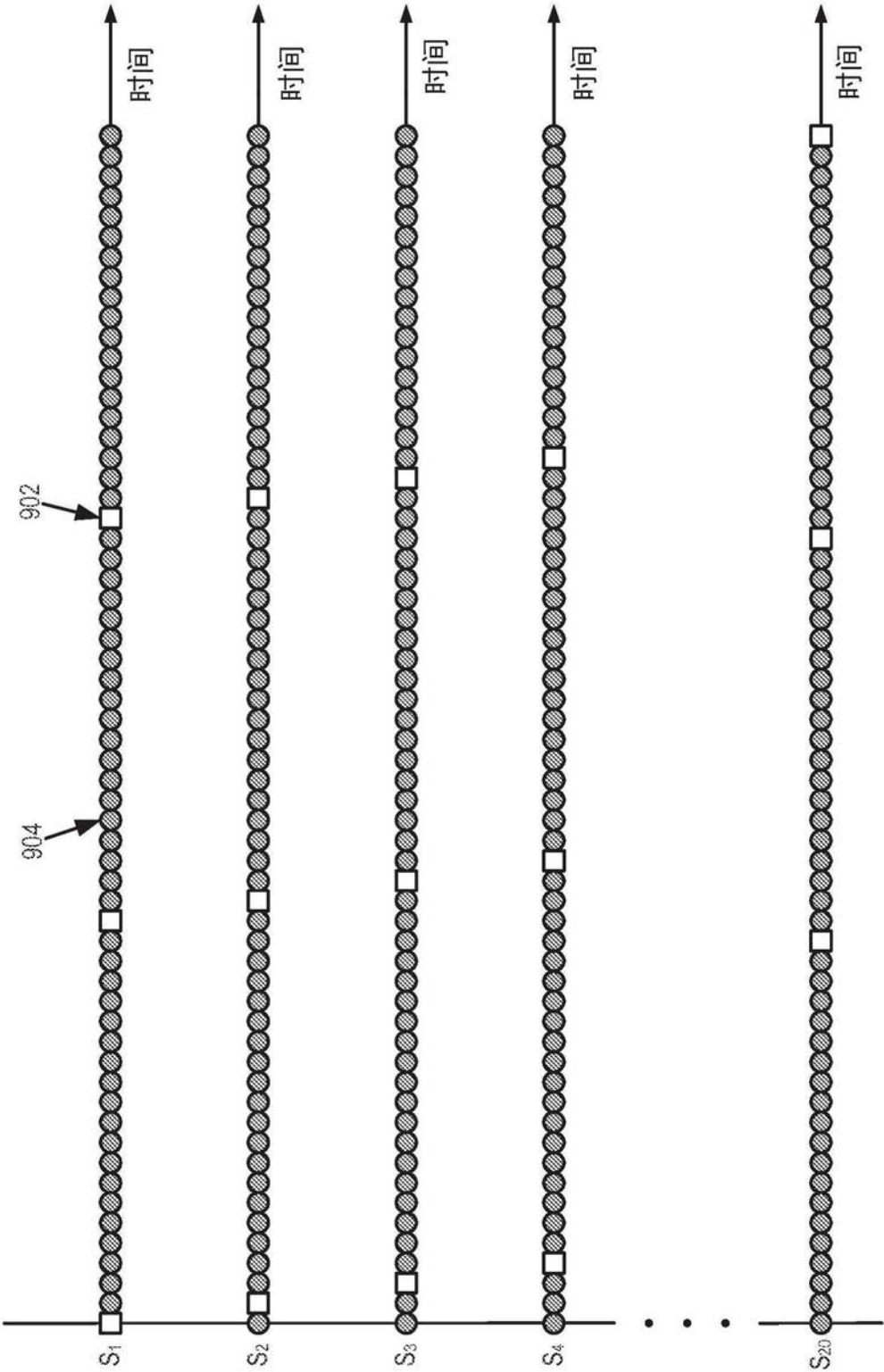


图9

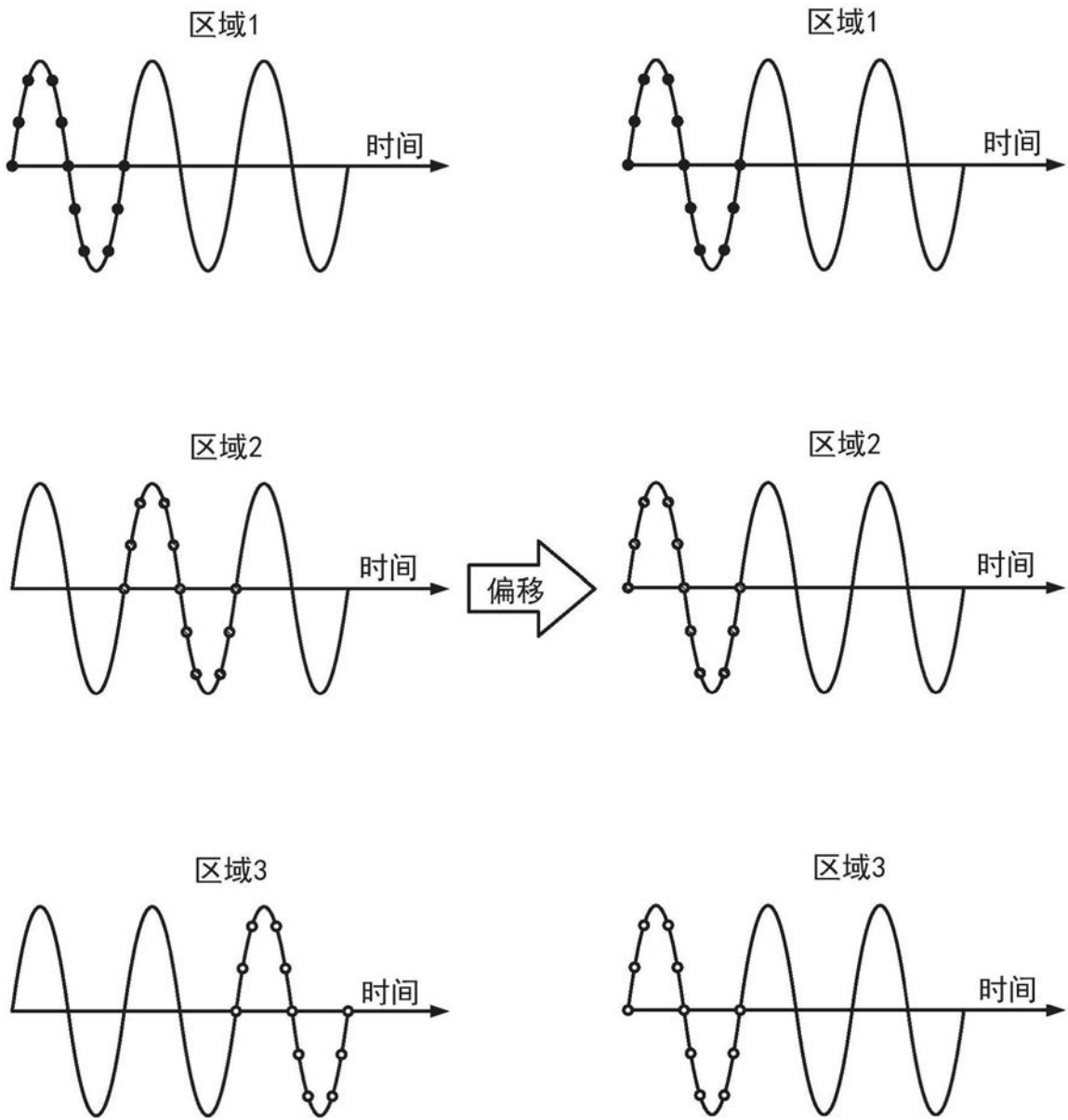


图10

专利名称(译)	用于通过超声换能器的持续振动进行超声弹性成像的方法		
公开(公告)号	CN107106120A	公开(公告)日	2017-08-29
申请号	CN201580059146.6	申请日	2015-10-28
[标]申请(专利权)人(译)	梅约医学教育与研究基金会		
申请(专利权)人(译)	梅约医学教育与研究基金会		
当前申请(专利权)人(译)	梅约医学教育与研究基金会		
[标]发明人	S陈 JF格林利夫 D C 梅勒玛 P宋		
发明人	S·陈 J·F·格林利夫 D·C·梅勒玛 P·宋		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B5/0051 A61B8/4444 A61B8/485 A61B8/5207 A61B8/5269 A61B8/5276 G01S7/52022 G01S7/52042 G01S7/52077 A61B8/14 A61B8/4483		
代理人(译)	李玲		
优先权	62/072167 2014-10-29 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

教导了一种用于借助超声换能器的持续振动通过超声弹性成像来对对象进行成像的方法。与超声换能器直接接触的致动器在轴向方向上使换能器持续振动，将剪切波引入组织并且允许实时剪切波成像。换能器的轴向运动损害组织的剪切波图像，并且必须被抑制。因此，另外教导了几种用于对由换能器的运动所造成的剪切波伪影进行校正的方法。

