



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110831504 A

(43)申请公布日 2020.02.21

(21)申请号 201980003390.9

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

(22)申请日 2019.02.26

代理人 王玉双

(30)优先权数据

1851821 2018.03.02 FR

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

A61B 8/08(2006.01)

2019.12.31

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2019/054658 2019.02.26

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/166395 FR 2019.09.06

(71)申请人 法国爱科森有限公司

地址 法国巴黎

(72)发明人 洛朗·桑德兰

雨果·伯纳德·马丁·洛雷

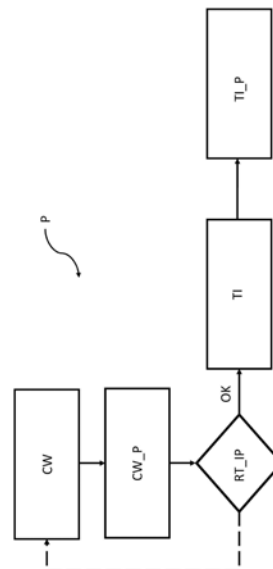
权利要求书2页 说明书15页 附图7页

(54)发明名称

混合弹性成像方法、用于混合弹性成像的探头和装置

(57)摘要

包括以下步骤的混合弹性成像方法(P):-步骤(CW),施加连续低频振动并使用与粘弹性介质接触的超声波换能器产生第一连串的超声波采集,所述第一连串的超声波采集包括超声波采集组,所述超声波采集组以第一重复率产生,每个超声波采集组包括至少一个探测,所述连续振动在所述粘弹性介质内产生弹性波;-施加低频脉冲并且使用所述超声波换能器产生(TI)第二连串的超声波采集,组成所述第二连串的所述超声波采集以第二重复率产生,所述低频脉冲产生在所述粘弹性介质内传播的瞬时剪切波;在施加所述低频脉冲之前停止通过第一振荡器施加的所述连续振动。



1. 一种混合弹性成像方法 (P), 所述方法包括以下步骤:

-步骤 (CW), 使用包含在与粘弹性介质接触的探头中的第一振动器施加连续低频振动, 并且使用与所述粘弹性介质接触的超声波换能器产生第一连串的超声波采集, 所述第一连串的超声波采集包括超声波采集组, 所述超声波采集组以第一重复率产生, 每个超声波采集组包括至少一个采集, 所述连续低频振动在所述粘弹性介质内产生弹性波;

-步骤 (CW_P), 由所述第一连串超声波采集确定所述粘弹性介质内的所述弹性波的至少一个特性, 所述粘弹性介质内的所述弹性波的所述特性被用于计算所述探头相对于待研究的所述粘弹性介质的实时定位指示符 (RT_IP);

-步骤 (TI), 使用包含在与所述粘弹性介质接触的所述探头中的第二振动器施加低频脉冲, 并且使用所述超声波换能器产生第二连串的超声波采集, 构成所述第二连串的所述超声波采集以第二重复率产生; 所述低频脉冲产生在所述粘弹性介质内传播的瞬时剪切波。

2. 根据前述权利要求所述的方法, 其特征在于, 在通过所述第二振动器施加所述低频脉冲以及产生所述第二连串的超声波采集之前, 停止通过所述第一振动器施加的所述连续低频振动。

3. 根据前述权利要求之一所述的混合弹性成像方法 (P), 进一步包括以下步骤:

-步骤 (TI_P), 从所述第二连串的超声波采集确定所述瞬时剪切波的至少一个特性。

4. 根据前述权利要求任意一项所述的混合弹性成像方法 (P), 其特征在于, 使用同一振动器来施加所述连续低频振动和所述低频脉冲。

5. 根据前述权利要求任意一项所述的混合弹性成像方法 (P), 其特征在于, 所述方法还包括步骤 (RT_IP), 实时显示所述实时定位指示符。

6. 根据前述权利要求任意一项所述的混合弹性成像方法 (P), 其特征在于, 施加所述低频脉冲及产生所述第二连串的超声波采集的步骤 (TI) 仅在所述定位指示符满足预定条件的情况下触发。

7. 根据前述权利要求任意一项所述的混合弹性成像方法 (P), 其特征在于, 施加所述低频脉冲及产生所述第二连串的超声波采集的步骤 (TI) 被自动触发。

8. 根据前述权利要求任意一项所述的混合弹性成像方法 (P), 其特征在于, 施加连续低频振动的步骤仅在所述振动器与所述粘弹性介质之间的接触力高于预定下临界值的情况下触发。

9. 根据前述权利要求任意一项所述的混合弹性成像方法 (P), 其特征在于, 施加低频脉冲的步骤仅在所述振动器与所述粘弹性介质之间的接触力包括在预定下临界值与预定上临界值之间的情况下触发。

10. 根据前述权利要求任意一项所述的混合弹性成像方法 (P), 其特征在于, 所述第一连串的超声波采集通过重复包括至少两个超声波采集的组而形成, 包括所述至少两个超声波采集的所述组具有在 500Hz 与 10kHz 之间的组内重复率 (HPRF), 以及在 10Hz 与 10kHz 之间的第一重复率 (LPRF)。

11. 根据前述权利要求任意一项所述的混合弹性成像方法 (P), 其特征在于, 所述第一重复率低于所述连续振动的频率 (cSWF)。

12. 根据前述权利要求任意一项所述的混合弹性成像方法 (P), 其特征在于, 基于通过

所述连续低频振动在所述粘弹性介质内产生的所述弹性波的特性来确定所述低频脉冲的振幅。

13. 根据权利要求2至12中任意一项所述的混合弹性成像方法(P), 其特征在于, 所述振动器的所述连续振动的停止和所述低频脉冲的施加以大于10ms的时间间隔而被分开。

14. 一种混合弹性成像探头(PR), 包括:

- 第一振动器, 所述第一振动器被配置为向粘弹性介质施加一连续低频振动, 所述连续低频振动在所述粘弹性介质内产生弹性波;

- 第二振动器, 所述第二振动器被配置为向所述粘弹性介质施加一低频脉冲, 所述低频脉冲在所述粘弹性介质内产生瞬时剪切波;

- 超声波换能器, 所述超声波换能器被配置为发射:

o 第一连串的超声波采集, 所述第一连串的超声波采集包括超声波采集组, 所述超声波采集组以第一重复率产生, 每个超声波采集组包括至少一个采集;

o 第二连串超声波采集, 构成所述第二连串的所述超声波采集以第二重复率产生;

所述探头进一步被配置为在施加所述低频脉冲之前停止施加所述连续振动。

15. 根据前述权利要求所述的混合弹性成像探头(PR), 其特征在于, 至少一个振动器具有与所述超声波换能器相同的对称轴。

16. 根据权利要求14或15所述的混合弹性成像探头(PR), 其特征在于, 至少一个振动器为环形且被布置成围绕所述超声波换能器。

17. 根据权利要求14至16中任意一项所述的混合弹性成像探头(PR), 其特征在于, 其进一步包括用于计算及显示定位指示符(RT_IP)的装置。

18. 一种混合弹性成像装置(DEV), 包括:

- 根据前述权利要求任意一项的所述混合弹性成像探头(PR);

- 中心单元(UC), 所述中心单元连接至所述探头(PR)且至少包括用于处理反射的超声波信号的计算装置、显示装置(SC)、和控制及/或输入装置(ENT)。

混合弹性成像方法、用于混合弹性成像的探头和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于确定在超声波照射后具有超声波信号的粘弹性介质的粘弹特性的弹性成像领域。首先,本发明涉及一种包括谐波弹性成像步骤和瞬时弹性成像步骤的混合弹性成像方法。其次,本发明涉及一种用于实施所述混合弹性成像方法的探头。再者,本发明涉及一种混合弹性成像装置。根据本发明的混合弹性成像方法特别适于确定诸如人或动物肝脏的粘弹性介质的特性。

背景技术

[0002] 瞬时弹性成像(也称作脉冲弹性成像)是用于确定粘弹性介质的弹性的最著名及有效的方法之一。例如,瞬时弹性成像被广泛用于确定人或动物内的肝脏的弹性。

[0003] 在瞬时弹性成像中,产生脉冲剪切波并测量该脉冲剪切波在感兴趣粘弹性介质内的传播速度。剪切波的传播速度继而使其能够计算介质的杨氏模量并从而测量其弹性。

[0004] 存在用于实施瞬时弹性成像的数种技术。

[0005] 例如,申请人已开发出一种振动受控瞬时弹性成像(vibration controlled transient elastography, VCTE)技术并使其商业化。实施此技术的装置被称作 **Fibroscan®**,其能够以快速、无创及可重现的方式测量人的肝脏的弹性。在这种瞬时弹性成像装置中,通过被放置成与要表征的介质接触的振动器产生剪切波。然后使用由超声波换能器实现的具有高重复率的一连串的超声波采集监测剪切波的传播。每次超声波采集对应于至少一次超声波发射。每次超声波发射可与对回波的行进进行的检测和记录相关联,所述回波由所研究的介质的限定深度范围中存在的反射粒子产生。通过互相关来处理反射的超声波信号,以回溯作为时间和介质中的位置的函数的、由剪切波的传播而产生的组织的运动。这些运动的研究使得能够反映剪切波在粘弹性介质内的传播速度,并从而反应组织的弹性,如L.Sandrin等在Ultrasound in Medicine and Biology 2003年第29期第1705-1713页中发表的文献“Transient Elastography:a new non-invasive method for assessment of hepatic fibrosis(瞬态弹性成像:一种评估肝纤维化的新型非侵入性方法)”中所解释的。

[0006] VCTE技术特别地有利,因为其可在时间上将剪切波的传播和与剪切波同时产生的压缩波的传播分离,这两种类型的波具有非常不同的传播速度。压缩波以大约1500m/s传播,剪切波的传播速度通常包括在1与10m/s之间,与剪切波相比,压缩波可被视为无限快速的。实际上,这种分离是重要的,因为与剪切波同时存在的压缩波向剪切波的传播速度的测量引入了系统错误。

[0007] VCTE技术的一个主要限制是在执行弹性测量之前难以验证探头的定位,因此难以触发机械脉冲。实际上,探头的不正确定位可导致剪切波的不完美传播或甚至导致剪切波的缺失。例如,剪切波的传播可能会由于存在与所研究的器官的边缘附近关联的回弹而被干扰,或者在探头与所研究的介质之间存在液体界面的情况下剪切波根本不传播。实际上,已知剪切波不会越过液体障碍物;特别是在腹部中存在腹水的情况下。所获得弹性的测量

因此将是无效的。

[0008] 现今可使用超声波来引导用于瞬时弹性成像的振动器的定位。例如,可使用诸如在专利申请EP2739211A1中描述的超声波成像或瞄准工具。然而,这些方案不是令人满意的,因为它们不能直接预测与例如探头的不正确定位或与存在液体界面相关联的剪切波的不正确传播。

[0009] 在其他瞬时弹性成像技术中,可引用基于通过辐射力或“声辐射力脉冲”-ARFI产生剪切波的技术。此技术例如描述于K.Nightingale等发表在IEEE Biomedical Imaging, 2002中的的文献“Acoustic Radiation Force Impulse Imaging:Ex-vivo and in-vivo demonstration of transient shear wave propagation (声辐射力脉冲成像:瞬态剪切波传播的离体和体内演示)”中。

[0010] 另一种瞬时弹性成像技术描述于J.Bercoff等发表在IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 2004中的的文献“Supersonic Shear Imaging: A new technique for soft tissue elasticity mapping (超声波剪切成像:一种用于软组织弹性成像的新技术)”中。根据此技术,通过将超声波束聚焦在介质的不同点处实现辐射力,进而通过辐射力产生剪切波,这使得可获得具有平面波前的剪切波。

[0011] 然而,这些瞬时弹性成像技术都没有提供关于解决定位探头问题以便以某种方式获得有效的弹性测量的简单且完整的方案。

[0012] 还存在所谓的谐波弹性成像技术。这些技术基于具有包括在30Hz与100Hz之间的频率的连续振动的应用。在介质内产生的弹性波是准驻波、剪切波和压缩波的叠加。在这些现有谐波弹性成像技术中,可引用:

[0013] -所谓的“磁共振弹性成像”或MRE技术,其中磁共振成像被用于观看在介质中产生的准驻波;此技术被描述于R.Muthupillai等发表在Science 269,1995上的文献“Magnetic resonance elastography by direct visualization of propagating acoustic strain waves (通过直接观察传播的声学应变波的磁共振弹性成像)”中。此技术由MRI指导;

[0014] -所谓的声纳弹性成像技术,其例如描述于T.Krouskop发表在Journal of Rehabilitation Research and Development, 24,1987上的文献“A pulsed doppler ultrasonic system for making noninvasive measurements of the mechanical properties of soft tissues (一种用于无创测量软组织的力学性能的脉冲多普勒超声系统)”中。此技术由回波影像成像指导;

[0015] -所谓的“时间谐波弹性成像”技术,其例如描述于H.Tzschatzsch等发表在Phys.Med.Biol., 59,2004上的文献“In vivo time-harmonic multifrequency elastography of the human liver (人体肝脏的体内时间谐波多频弹性成像)”中。此技术由回波影像成像指导;

[0016] 即使这些技术不需要产生在要表征的介质中传播的脉冲剪切波,但它们仍具有一些困难。

[0017] 例如,在谐波弹性成像中,不可能将在要表征的介质中同时产生的剪切波和压缩波分离。因而在要表征的介质内产生的弹性准驻波是剪切准驻波和压缩波的叠加。由于剪切波的速度比压缩波的速度低得多,因此真正观察到的振动速度不对应于剪切波的速度。因此在能够测量剪切波的传播速度之前必须考虑压缩波传播的影响。要这样做,必须记录

复杂的数据并计算在三个空间方向x、y、z上的位移。

[0018] 目前能够执行这种修正的唯一的谐波弹性成像技术是MRE技术。然而,此技术需要非常复杂且昂贵的磁共振成像装置,因此比VCTE技术难实施得多。

[0019] 此外,这些技术由回波影像成像或磁共振成像类型的传统方法指导。因此它们要求操作员是相当专业的,这不利于该技术的广泛传播。

[0020] 此外,谐波弹性成像技术可用于指导治疗方法。其涉及例如通过热疗型方法治疗由谐波弹性成像技术定位的肿瘤。

[0021] 技术问题

[0022] 谐波或瞬时弹性成像技术依赖于使用传统成像技术(回波影像成像或磁共振成像)进行的测量的指导,这些传统成像技术要求相当专业的操作员并且基于剪切波的传播而不能确保要表征的组织的最佳定位。结果是不可能预测将要执行的弹性成像测量的准确性。最后,这些技术不适于利用易于使用的小型装置实施。

发明内容

[0023] 为了至少部分地解决这些问题,本发明描述一种新的弹性成像技术,其将在本申请的剩余部分中被称作混合弹性成像。

[0024] 为此本发明首先涉及一种包括以下步骤的混合弹性成像方法:

[0025] -使用包括在与粘弹性介质接触的探头中的第一振动器施加连续低频振动,并且使用与粘弹性介质接触的超声波换能器产生第一连串的超声波采集,所述第一连串的超声波采集包括超声波采集组,所述超声波采集组以第一重复率产生,每个超声波采集组包括至少一个采集,所述连续振动在所述粘弹性介质内产生弹性波;

[0026] -使用包括在与粘弹性介质接触的探头中的第二振动器施加低频脉冲,并且使用所述超声波换能器产生第二连串的超声波采集,组成所述第二连串的超声波采集以第二重复率产生,所述低频脉冲产生在所述粘弹性介质内传播的瞬时剪切波。

[0027] 根据一个实施方式,在通过所述第二振动器施加所述低频脉冲以及产生所述第二连串的超声波采集之前,停止通过所述第一振动器施加连续振动。

[0028] 采用混合弹性成像来指示一种用于实施弹性成像技术的方法,所述方法包括:至少一个施加连续低频振动的步骤和施加低频脉冲的步骤。换句话说,根据本发明的混合弹性成像方法包括产生连续振动和产生低频脉冲两者,其中产生连续振动是谐波弹性成像技术的特征,产生低频脉冲是瞬时弹性成像技术的特征。

[0029] 因此,连续低频振动和低频脉冲的区别在于连续低频振动是连续的而低频脉冲的持续时间较短。通常低频脉冲的持续时间包括在 $1/2 * t_{SWF}$ 与 $20/t_{SWF}$ 之间, t_{SWF} 是低频脉冲的中心频率。

[0030] 采用连续低频振动来指示波形图案的连续产生。此图案可例如是理想正弦波;这然后被称为单频振动。所述振动也可由任意图案的重现构成。根据一个实施方式,为了停止测量处理或者当测量条件不再令人满意时,在切换到低频脉冲模式期间中断连续振动。所述测量条件能够是例如关于与所研究的介质的接触力的条件。连续低频振动的中心频率通常包括在5Hz与500Hz之间。

[0031] 采用弹性波来指示压缩波和剪切波的叠加。

[0032] 采用超声波采集来指示超声波束的发射。所述超声波发射可与对回波的行进进行的检测和记录相关联,所述回波由所研究的介质的限定深度范围中存在的反射性粒子产生。

[0033] 因此,第一连串的超声波采集由采集组的重复形成。一组采集包括至少一个超声波采集。采集组以第一重复率发射或产生。第一重复率也称作组间重复率。第一重复率通常包括在5Hz与500Hz之间。

[0034] 当每组采集由至少两个超声波采集形成时,形成同一组的超声波采集以通常包括在500Hz与100kHz之间的组内重复率发射或产生。

[0035] 有利的是,在施加连续振动期间使用第一低重复率使其能够测量粘弹性组织的运动同时限制发送到相同组织的声能不超过峰值和平均声功率限值。

[0036] 在该文档中以更广泛的意义考虑术语“位移”。其包含任何运动参数(诸如位移、速度、变形、变形率、变形速度)及应用于这些参数的任何数学变换。

[0037] 采用低频脉冲来指示中心频率通常包括在5Hz与500Hz之间的脉冲。

[0038] 采用第二连串的超声波采集来指示以大于500Hz且优选包括在500Hz与100kHz之间的重复率发射或产生的一系列的超声波采集。

[0039] 在施加连续振动期间,在粘弹性介质内产生弹性波。

[0040] 第一连串的超声波采集被用于研究粘弹性介质内的弹性波的传播。其能够检测由粘弹性介质反射的回波或超声波信号,并由这些反射的超声波信号计算由连续振动所产生的弹性波在粘弹性介质内的传播造成的粘弹性介质的位移。

[0041] 例如,能够通过将互相关技术应用到组成第一连串的超声波采集中的同一组采集的超声波采集来计算粘弹性介质的位移。

[0042] 然后能够测量介质内的弹性波的特性并从所测量的特性实时计算定位指示符。该指示符被实时显示以指导操作员。这种特性的示例是作为要表征的组织中的深度的函数而测量的弹性波的振幅和相位。也可计算弹性波的相速。然而,弹性值可从弹性波的相速推导出,但与随后在施加连续振动期间给定剪切波和压缩波的叠加的情况下利用脉冲波推导的弹性值不同。

[0043] 在本文档的剩余部分中的“定位指示符”和“实时定位指示符”表示同一实时定位指示符。

[0044] 采用实时来指示这样一种指示符,该指示符的显示在检查期间被规律地刷新。通常,刷新率为大约20Hz但也可以是1Hz的量级。

[0045] 重要的是,应注意,连续振动被用于验证用于混合弹性成像的探头的定位。作为示例,连续振动可用于验证面向探头的肝实质(hepatic parenchyma)的存在。重要的是,应注意,连续振动不是用于替代利用脉冲执行的测量;而是其使该测量完整。换句话说,在施加连续振动的步骤期间,介质的粘弹特性的间接测量是可能的但不是不可缺少的。该后者测量与杨氏模量意义上的弹性在物理上是不同的,但可能与该值互相关。

[0046] 施加低频脉冲产生在要表征的粘弹性介质内传播的瞬时剪切波。对剪切波的传播的检测使得能够测量要表征的组织的粘弹特性,例如剪切波的传播速度、组织的弹性、组织的剪切模量或组织的杨氏模量。得益于根据本发明的方法,若探头的定位不是令人满意的,则可忽视介质的粘弹特性的测量。换句话说,可通过在施加连续振动的步骤期间获得的定

位指示符先验地验证弹性的测量。

[0047] 或者,可仅在已经在谐波弹性成像步骤期间预先验证了探头的定位的情况下触发低频脉冲的施加。

[0048] 以第二重复率发射或产生的第二连串的超声波采集被用于研究瞬时剪切波在要表征的粘弹性介质内的传播。可记录由粘弹性介质反射的超声波信号并由这些反射的超声波信号计算由剪切波的传播造成的粘弹性介质的位移。对由所述传播在所述粘弹性介质中产生的位移的测量接着使得能够回溯剪切波的传播速度并因而可使用公式 $E=3\rho V_s^2$ 回溯介质的弹性,其中E是弹性或杨氏模量, ρ 是密度, V_s 是剪切速度。

[0049] 因此根据本发明的混合弹性成像方法使得可以使用谐波弹性成像技术验证探头的定位并接着通过使用瞬时或脉冲弹性成像技术测量要表征的介质的粘弹特性。特别地,一旦探头的定位被验证,则在瞬时弹性成像步骤期间执行粘弹特性的测量。该测量比利用谐波弹性成像提供更准确的介质粘弹特性值,因为与在谐波弹性成像中观察到的不同,在脉冲弹性成像中压缩和剪切波不叠加。

[0050] 换句话说,谐波弹性成像的第一步骤使得可通过向操作员提供预测由脉冲弹性成像进行的测量的成功的指示符来指导相对于要表征的组织的探头的定位。一旦探头的定位被验证,则可在瞬时弹性成像中触发采集,瞬时剪切波在介质内正确地传播。

[0051] 有利的是,根据本发明的混合弹性成像方法使得能够使用瞬时弹性成像技术以可靠的且可再现的方式执行要表征的组织的粘弹特性的测量,同时得益于谐波弹性成像技术而以简单且准确的方式定位探头。

[0052] 根据本发明的混合弹性成像方法还可具有以下特征中的一个或多个,以下特征被单独地考虑或根据其所有技术上可能的结合来考虑:

[0053] -根据本发明的混合弹性成像方法进一步包括以下步骤:

[0054] ○从第一连串的超声波采集确定粘弹性介质内的弹性波的至少一个特性;

[0055] ○由第二连串的超声波采集确定瞬时剪切波的至少一个特性和粘弹性介质的特性;

[0056] -同一振动器被用于施加连续低频振动和低频脉冲;

[0057] -粘弹性介质内的弹性波的特性被用于计算探头相对于要研究的粘弹性介质的实时定位指示符;

[0058] -根据本发明的方法进一步包括实时显示实时定位指示符;显示的刷新率例如大于或等于5Hz;

[0059] -计算的步骤和显示定位指示符的步骤及其显示被一并地执行。

[0060] -施加低频脉冲并产生第二连串的超声波采集的步骤仅在实时定位指示符满足预定条件的情况下被触发;

[0061] -施加低频脉冲并产生第二连串的超声波采集的步骤基于实时定位指示符的值而被自动触发;

[0062] -施加低频脉冲并产生第二连串的超声波采集的步骤被自动触发;

[0063] -施加连续低频振动的步骤仅在振动器与粘弹性介质之间的接触力高于预定下临界值的情况下被触发;

[0064] -施加连续低频振动的步骤仅在振动器与粘弹性介质之间的接触力包括在预定下

临界值与预定上临界值之间的情况下被触发；

[0065] -施加低频脉冲的步骤仅在振动器与粘弹性介质之间的接触力高于预定下临界值的情况下被触发；

[0066] -用于施加连续振动的接触力上临界值和下临界值通常分别等于1N和10N；

[0067] -用于施加低频脉冲的接触力上临界值和下临界值通常分别等于4N和10N；

[0068] -由振动器施加的连续低频振动的频率cSWF包括在5Hz与500Hz之间；

[0069] -由振动器施加的连续低频振动的振幅包括在10 μ m与5mm之间；

[0070] -第一连串的超声波采集由包括至少两个超声波采集的组的重复形成,包括至少两个超声波采集的组具有包括在500Hz与10kHz之间的组内重复率和包括在10Hz与10kHz之间的第一重复率；

[0071] -第一重复率低于连续振动频率；

[0072] -低频脉冲的中心频率tSWF包括在10Hz与1000Hz之间；

[0073] -脉冲持续时间包括在 $1/(2*tSWF)$ 与 $20/tSWF$ 之间,tSWF是低频脉冲的中心频率；

[0074] -第二连串的超声波束的重复率包括在500Hz与100kHz之间；

[0075] -低频脉冲的振幅包括在100 μ m与10mm之间；

[0076] -振动器的连续振动的停止和低频脉冲的施加以一时间间隔分开,该时间间隔能够是大于或等于10ms且优选包括在1ms与50ms之间；

[0077] -低频脉冲的振幅基于由连续振动产生的弹性波的特性而确定。

[0078] 本发明还涉及一种用于实施根据本发明的混合弹性成像方法的探头。根据本发明的探头包括：

[0079] -第一振动器,被配置为向粘弹性介质施加连续低频振动,连续低频振动在粘弹性介质内产生弹性波；

[0080] -第二振动器,被配置为向粘弹性介质施加低频脉冲,低频脉冲在粘弹性介质内产生瞬时剪切波；

[0081] -超声波换能器,被配置为用以发射：

[0082] o第一连串的超声波采集,第一连串的超声波采集包括超声波采集组,超声波采集组以第一重复率产生,每个超声波采集组包括至少一个采集；

[0083] o第二连串的超声波采集,组成第二连串的超声波采集以第二重复率产生；

[0084] 探头进一步被配置为在施加低频脉冲之前停止施加上述连续振动。

[0085] 根据本发明的探头使得能够实施根据本发明的方法。

[0086] 根据一个实施方式,根据本发明的探头包括被用于在谐波弹性成像步骤期间向粘弹性介质施加连续振动并且在脉冲弹性成像步骤期间施加低频脉冲的单个振动器。

[0087] 所述探头被配置为使得低频脉冲的施加和连续振动的停止以一时间间隔分开,该时间间隔包括在1ms与50ms之间。优选地,该时间间隔大于或等于10ms。

[0088] 超声波换能器被用于在粘弹性介质内发送第一连串和第二连串的超声波采集。同一超声波换能器检测在每个采集处反射的超声波信号。然后反射的超声波信号被处理以检测由连续低频振动和低频脉冲导致的粘弹性介质的位移。

[0089] 根据本发明的用于混合弹性成像的探头还可具有以下特征中的一个或多个,以下特征被单独地考虑或根据其所有技术上可能的结合来考虑：

- [0090] -振动器是电动机或音频卷筒或电动致动器；
- [0091] -超声波换能器安装在振动器的轴上；
- [0092] -根据本发明的所述混合弹性成像探头进一步包括用于触发低频脉冲的施加的装置；
- [0093] -超声波换能器是圆形的,具有包括在2mm与15mm之间的直径；
- [0094] -超声波换能器具有包括在1MHz与15MHz之间的操作频率；
- [0095] -超声波换能器是凸腹探头(convex abdominal probe)；
- [0096] -第一振动器和第二振动器是轴对称的；
- [0097] -振动器中的至少一个是轴对称的；
- [0098] -至少一个振动器具有与超声波换能器相同的对称轴；
- [0099] -至少一个振动器具有环形且被布置成围绕超声波换能器；
- [0100] -探头进一步包括用于计算及显示实时定位指示符的装置。
- [0101] 本发明还涉及实施根据本发明的混合弹性成像方法的混合弹性成像装置。
- [0102] 根据本发明的此种混合装置包括：
- [0103] -根据本发明的混合弹性成像探头；
- [0104] -中心单元,连接至探头且至少包括用于处理反射的超声波信号的计算装置、显示装置、和控制及/或输入装置。
- [0105] 根据一个实施方式,显示装置用于实时显示实时定位指示符。

附图说明

- [0106] 本发明的其他特征和优点将由以下参照附图给出的本发明的描述而变得清楚,该描述用于说明的目的而不意为限制,在附图中：
- [0107] -图1示出根据本发明的混合弹性成像方法的步骤；
- [0108] -图2示意地示出在实施图1所示的根据本发明的方法期间通过振动器施加的振动以及超声波采集；
- [0109] -图3示意地示出图1所示的弹性成像方法的特定实施方式；
- [0110] -图4示出通过实施根据本发明的方法的与振动器的定位有关的部分而获得的结果；
- [0111] -图5示出图1所示的方法的实施结果；
- [0112] -图6呈现根据本发明的混合弹性成像探头；
- [0113] -图7a呈现根据本发明的混合弹性成像探头的特定实施方式；
- [0114] -图7b呈现根据本发明的混合弹性成像装置。

具体实施方式

- [0115] 图1示出根据本发明的混合弹性成像方法P的步骤。
- [0116] 方法P的第一步CW包括使用包括在与粘弹性介质接触的探头中的第一振动器施加连续低频振动。
- [0117] 连续振动的频率在5Hz与500Hz之间。
- [0118] 方法P的第一步CW还包括通过超声波换能器产生第一连串的超声波采集。第一

连串的超声波采集包括超声波采集组。超声波采集组以在5Hz与500Hz之间的第一重复率LPRF发射,每组包括至少一个超声波采集。

[0119] 超声波采集包括超声波束的发射及随后的对反射的超声波信号或回波的检测和记录。

[0120] 向粘弹性介质施加连续振动以在该粘弹性介质内产生弹性波。所述弹性波由剪切波和压缩波的叠加形成。对此弹性波的特性的研究使得可获得关于探头相对于粘弹性介质的正确定位的信息。

[0121] 要表征的粘弹性介质至少部分地漫射超声波束。因此能够检测在第一连串的超声波采集的发射期间反射的超声波信号。

[0122] 可使用与用于发射的同一超声波换能器执行反射的超声波信号的检测。

[0123] 在确定粘弹性介质内的弹性波的至少一个特性的步骤CW_P期间,处理在产生第一连串的超声波采集的步骤CW期间检测到的反射的超声波信号。

[0124] 在此步骤期间,根据在弹性成像且更一般是超声领域中已知的技术,将反射的超声波信号进行彼此互相关,从而测量由通过施加连续振动产生的弹性波导致的粘弹性介质的位移。

[0125] 从测量的粘弹性介质内的位移中,可计算作为粘弹性介质内的位置的函数的弹性波的特性,诸如振幅和相位。粘弹性介质内的点的位置被测量为沿着由换能器发射的超声波的传播方向计算的超声波换能器与所述点之间的距离。由于此原因,粘弹性介质内的点的位置通常被称作深度。

[0126] 也可确定粘弹性介质内的弹性波的其他参数,诸如弹性波的相速。

[0127] 可计算作为组织内深度的函数的弹性波的振幅和相位的变化。通过进行理论模型与所测量的特性之间的调整,能够提取调整质量参数。从该调整质量参数和/或弹性波的其他特性中能够计算振荡器相对于要表征的组织的实时定位指示符RT_IP。

[0128] 得益于针对第一连串的超声波采集而使用的低第一重复率,因此可实时计算实时定位指示符RT_IP。

[0129] 根据一个实施方式,伴随实时定位指示符RT_IP的计算来显示实时定位指示符RT_IP。换句话说,实时定位指示符被实时地计算及显示。换句话说,计算实时定位指示符的步骤和显示实时定位指示符的步骤是共同执行的。

[0130] 例如,所使用的理论模型中的一个提供了弹性波的中心频率处的相位滞后随着要表征的介质中的深度的线性变化。在该情况中,所述调整是线性调整并且所述调整质量参数将相位的线性转换为介质中的深度的函数。一种可能的指示符是确定系数 R^2 ,其给出作为所研究的深度范围中的作为深度的函数的相位滞后曲线的线性回归的预测质量。

[0131] 根据一个实施方式,确定组织内的弹性波的至少一个特性的步骤CW_P与施加连续振动并检测第一反射超声波信号的步骤CW被同时执行。

[0132] 得益于根据本发明的方法P,因而可实时测量组织内的弹性波的特性并实时获得探头的实时定位指示符RT_IP。

[0133] 有利的是,低第一重复率LPRF使得可以减小在产生第一连串的超声波采集的步骤CW期间记录的数据的大小并且可以实时处理这些数据以获得定位指示符RT_IP。

[0134] 若定位指示符的值不是令人满意的,则如图1中的虚线箭头所示,重复这两个步骤

CW和CW_P。

[0135] 若定位指示符的值令人满意,则探头相对于粘弹性介质被正确地定位,并且在瞬时弹性成像步骤期间执行的弹性测量将是有效的。在此情况中,根据本发明的方法P通向步骤TI。

[0136] 根据一个实施方式,根据本发明的方法P包括实时显示定位指示符RT_IP的步骤。定位指示符RT_IP的技术及其显示被共同执行。

[0137] 根据一个实施方式,定位指示符的显示的刷新率大于或等于5Hz。

[0138] 图1所示的步骤TI包括使用第二振动器施加低频脉冲。

[0139] 如在任何瞬时弹性成像技术中那样,向粘弹性介质施加低频脉冲产生在介质内传播的瞬时或脉冲剪切波。通过测量该瞬时剪切波在要表征的介质内的传播速度,可以反映介质的弹性。

[0140] 重要的是,应注意,在施加低频脉冲以及后面的步骤期间,停止连续低频振动。在实时瞬时弹性成像步骤期间停止连续振动对于能够实现压缩波和剪切波的暂时分离是非常重要的,这使得能够获得介质弹性的可靠测量。

[0141] 根据一个实施方式,在停止连续振动与施加低频脉冲之间存在时间间隔,所述时间间隔包括在1ms与50ms之间且优选大于或等于10ms。此时间间隔使得由连续振动产生的压缩波能够消散并能够提高粘弹性特性(诸如瞬时剪切波的速度)的测量的准确性和可靠性。

[0142] 在施加低频脉冲的同时,步骤TI包括使用超声波换能器产生以第二重复率VHPRF发射的第二连串的超声波采集。

[0143] 第二连串超声波采集的重复率VHPRF在500Hz与100kHz之间。

[0144] 从在步骤TI期间检测的反射超声波信号,能够在根据本发明的方法P的步骤Ti_P期间计算粘弹性介质的至少一个特性。这可通过应用在弹性成像中熟知的互相关技术来实现。特别地,如例如在L.Sandrin等的文献“Transient Elastography:a new non-invasive method for assessment of hepatic fibrosis(瞬时弹性成像:用于评估肝纤维化的新微创方法)”中所解释的,可以计算剪切波的传播速度并因而计算粘弹性介质的弹性。

[0145] 例如,在确定粘弹性介质的特性的步骤TI_P期间,确定由低频脉冲产生的脉冲剪切波的传播速度。从剪切波的传播速度能够回溯粘弹性介质的弹性、剪切模量或杨氏模量。

[0146] 根据一个实施方式,施加低频脉冲和产生第二连串的超声波采集的步骤仅在定位指示符满足预定条件的情况下被触发。

[0147] 有利的是,这使得能够仅触发有效的弹性测量,因为定位指示符确保了瞬时剪切波的存在及其正确传播。

[0148] 施加低频脉冲的步骤及后面的步骤的触发可以是自动的,或者是手动的,且例如通过操作员基于定位指示符RT_IP的值起动。

[0149] 若由操作员起动低频脉冲的施加,则实时显示在步骤CW_P期间实时计算的定位指示符。

[0150] 根据一个实施方式,可显示“定位OK”或“定位NOT OK”类型的较简单信号以与操作员通信。

[0151] 根据一个实施方式,定位指示符的显示的刷新率大于5Hz。

[0152] 这允许操作员从观察到剪切波的正确传播的时刻触发弹性测量,从而确保测量的

有效性。

[0153] 根据一个实施方式,连续振动仅在振动器与粘弹性组织之间的接触力高于预定临界值(通常为1N)的情况下触发。

[0154] 根据一个实施方式,连续振动仅在振动器与粘弹性组织之间的接触力低于预定临界值(通常为10N)的情况下触发。

[0155] 有利的是,下临界值确保探头与粘弹性介质之间的充分耦合,上临界值避免由过大的接触力导致连续振动变形以及损坏所研究的介质。

[0156] 根据一个实施方式,低频脉冲仅在振动器与粘弹性组织之间的接触力包括在预定下临界值与预定上临界值之间的情况下触发。这两个临界值通常分别为4N和8N。

[0157] 有利的是,该下临界值确保探头与粘弹性介质之间的充分耦合,该上临界值避免由过大的接触力导致低频脉冲变形以及损坏所研究的介质。

[0158] 由于振动器的连续振动运动,振动器与介质之间的接触力的确定比在标准瞬时弹性成像方法的情况中更加复杂。在存在连续低频振动时,振动器与粘弹性介质之间的接触力由以下公式给出:

$$[0159] \quad F = k(x + A \times \cos(2\pi f_{low} t))$$

[0160] 在该公式中,x是振动器的位移,k是探头中放置的弹簧的弹性常数,A是连续振动的振幅, f_{low} 是连续振动频率。

[0161] 可使用放置在混合弹性成像探头上的力传感器测量力F。接着通过对由力传感器测量的信号应用低通滤波器,能够消除低频部分并推导出平均接触力:

$$[0162] \quad F_{Average} = k(x)$$

[0163] 根据本发明的方法P的一个实施方式,低频脉冲仅在 $F_{Average}$ 的值高于预定临界值的情况下触发。

[0164] 有利的是,最小接触力值的使用使得能够确保低频脉冲向粘弹性介质的良好传递以及在介质内产生的瞬时剪切波的正确传播。

[0165] 根据本发明的方法P的一个实施方式,振动器的连续振动的停止和低频脉冲的施加被以一定的时间间隔分开,所述时间间隔包括在1ms与50ms之间的。优选地,所述时间间隔大于或等于10ms。

[0166] 有利的是,将连续振动的停止和低频脉冲的施加分开的时间间隔的使用使得能够减弱由连续振动产生的振动。因此可以施加低频脉冲并在不存在弹性波的情况下观察脉冲剪切波的传播。包括压缩波的弹性波和瞬时剪切波的共同存在可能向瞬时剪切波的传播速度的测量引入错误。

[0167] 图2示意地示出:

[0168] -在图1所示的步骤CW期间由第一振动器施加的连续低频振动cSW;

[0169] -在图1所示的步骤TI期间由第二振动器施加的低频脉冲tSW;

[0170] -在图1所示的步骤CW期间由超声波换能器产生的以探测组G的方式形成的第一连串的超声波采集PA;

[0171] -在图1所示的步骤TI期间由超声波换能器产生的第二连串的超声波采集DA。

[0172] 在施加连续振动的步骤CW期间,振动器在5Hz与500Hz之间的频率下以在10 μ m与5mm之间的振幅振荡。

[0173] 有利的是,得益于连续振动的低振幅和低频率,操作员能够容易地保持探头与粘弹性介质接触。

[0174] 根据一个实施方式,可使用同一振动器施加连续低频振动cSWF和低频脉冲tSWF。

[0175] 在施加连续低频振动的同时,超声波换能器发射以超声波采集组G的方式形成的第一连串的超声波采集PA。在图2示出的示例中,每组G包括两个超声波采集。

[0176] 以在10Hz与500Hz之间的第一重复率LPRF发射超声波采集组G。以在500Hz与10kHz之间的组内重复率HPRF发射属于同一组G的超声波采集。

[0177] 超声波换能器还检测在产生超声波采集PA期间反射的超声波信号,如参照图1所示的步骤CW所解释的。从第一连串的超声波采集PA中能够通过属于同一组G的超声波信号之间的互相关Corr步骤计算由通过振动器施加的连续振动产生的弹性波的传播在粘弹性介质中产生的位移。

[0178] 有利的是,通过向属于同一组G的超声波采集应用互相关技术,因而在时间上较为靠近,,从而能够检测在1 μ m至10 μ m量级的小位移。

[0179] 如参照图1所示的步骤CW_P解释的,粘弹性介质的位移随后被用于计算弹性波的特性,诸如作为介质中的深度的函数的弹性波振幅及弹性波相位的变化。通过将所测量的特性与理论模型进行比较,可以实时推导定位指示符RT_IP。

[0180] 例如,定位指示符可与作为要表征的介质中的深度的函数的弹性波的相位的线性相关联。指示符然后取决于作为由直线表示的深度的函数的相位演变的调整质量。

[0181] 例如,定位指示符可与作为要表征的介质中的深度的函数的弹性波的振幅的减小相关联。指示符然后取决于在1/Zⁿ中的拟合质量,其中Z是深度,n是包括在1和3之间的整数系数。

[0182] 例如,实时定位指示符RT_IP的值在0与1之间,其中若探头相对于感兴趣粘弹性介质被正确定位,则该值接近1。

[0183] 若实时定位指示符RT_IP的值被认为是令人满意的,例如大于预定临界值,则触发施加低频脉冲的步骤TI。

[0184] 低频脉冲tSWF的中心频率在10Hz与1000Hz之间。低频脉冲的持续时间在1/(2*tSWF)与1/tSWF之间。

[0185] 低频脉冲的振幅在100 μ m与10mm之间。

[0186] 根据一个实施方式,可基于在步骤CW_P处测量的弹性波的特性修改低频脉冲的振幅。

[0187] 在感兴趣区域中测量由弹性波的传播导致的位移的振幅。例如,考虑在感兴趣区域中测量的平均振幅H_M和在感兴趣区域中的参考平均振幅H_R。已知由脉冲剪切波的传播导致的位移可能更加难以测量,能够计算待应用到低频脉冲的设定点的乘积系数b,使得所产生的位移的振幅是最佳的。低频脉冲的设定点的振幅AT根据作为设定点的参考振幅AT_R和系数b的函数的以下等式计算:

$$[0188] \quad b = \frac{H_{AR}}{H_{AM}}$$

[0189] 和

$$[0190] \quad AT = b \times AT_R$$

[0191] 然后以以下方式限定低频脉冲的设定点 $a(t)$ 以用于脉冲持续的时间段:

$$[0192] \quad \begin{cases} a(t) = AT \times \sin(2\pi ft), & \text{if } t < 1/f \\ a(t) = 0, & \text{if } t \geq 1/f \end{cases}$$

[0193] 其中 f 是低频脉冲的中心频率,也标记为 t_{SWF} , t 是时间。

[0194] 根据一个实施方式,如专利申请FR 1351405中描述的,可相继产生数个低频脉冲。

[0195] 如参照图1中所示的根据本发明的方法P的步骤TI描述的,在施加低频脉冲以及传播瞬时剪切波的同时,以第二重复率VHPRF发射第二连串的超声波采集DA。

[0196] 第二重复率VHPRF在500Hz与100kHz之间。每个超声波束的中心频率在1MHz与15MHz之间。

[0197] 超声波换能器还检测从第二连串的超声波采集DA得到的反射超声波信号,如参照图1所示的步骤TI解释的。从第二连串的超声波采集,能够通过互相关Corr步骤计算粘弹性介质的位移。粘弹性介质的所述位移由通过振动器施加的低频脉冲产生的瞬时剪切波的传播产生。如参照图1所示的步骤TI_P解释的,粘弹性介质的位移然后用于计算瞬时剪切波的特性。特别地,可以计算剪切波的传播速度 V_s 并因而计算感兴趣粘弹性介质的弹性 E 。也可以计算介质的杨氏模量和/或剪切模量。

[0198] 如图2所示,在已经获得粘弹性介质的弹性 E 的测量之后,可以通过重新开始施加连续振动的步骤CW并随后进行施加低频脉冲的步骤(图2中未示出)来重复所述方法。

[0199] 图3示出根据本发明的方法P的步骤CW和CW_P的特定实施方式,被称作频闪(stroboscopic)模式。

[0200] 连续正弦线示意地表示由第一振动器施加的连续振动cSW。连续振动cSW具有例如对应于20ms的周期的50Hz的中心频率cSWF。

[0201] 连续垂直线表示形成第一连串的超声波采集PA的超声波采集组G。组G以第一重复率LPRF发射。根据频闪采集模式,第一重复率LPRF小于连续振动cSWF的中心频率。

[0202] 组内重复率在500Hz与100kHz之间,其使得可以测量 $1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 量级的小位移。

[0203] 沿着连续振动cSW的白圆圈和箭头对应于通过每个超声波采集组G执行的采样。

[0204] 得益于组G的重复率LPRF低于连续振动cSW的中心频率的事实,能够在数个振荡周期的端部以完全方式对连续振动cSW进行采样,如由白圆圈所示。

[0205] 有利的是,频闪模式使得可以以完全方式对连续振动cSW进行采样,同时使用第一低重复率LPRF。低重复率的使用使得能够实时处理反射信号并因此实时获得定位指示符RT_IP。

[0206] 根据一个实施方式,第一重复率LPRF大于连续振动cSWF的中心频率。这使得能够例如在每个振动周期获取两个点。因而使用一样多的振动周期获得更好的采样或者使用较少的振荡周期获得相等的采样。

[0207] 图4示意地示出通过实施根据本发明的方法P的与振动器的定位有关的部分而获得的结果。

[0208] 图CW_DISP示出作为介质中的深度 Z 和时间 T 的函数的感兴趣区域ROI中粘弹性介质的位移(或任何其他运动参数,诸如速度、变形、变形率)。使用假彩色标度表示位移,浅色表示沿着轴D的正方向的位移。位移由通过振动器施加的连续低频振动导致,并且通过放置成与介质的表面接触($Z=0$)的超声波换能器UT测量。

[0209] 从在粘弹性介质内感兴趣区域ROI中测量的位移CW_DISP,可以实时提取关于在介质内传播的通过连续振动产生的弹性波的信息RT_INFO。这些特性的示例是作为介质内的深度的函数的弹性波的振幅A和相位Ph。

[0210] 通过将所测量的A和Ph的值与预定临界值进行比较,能够确定振动器相对于粘弹性介质的定位指示符。若定位指示符的值高于预定临界值,则认为通过瞬时弹性成像进行的介质的弹性测量是有效的。

[0211] 或者,可以获得所测量的量A和Ph与描述在介质内传播的弹性波的振幅和相位的理论模型之间的调整质量参数。在此情况中,从调整质量参数AJ获得定位指示符。例如,调整质量参数是确定系数 R^2 ,其给出作为所研究的深度范围中的深度的函数的相位滞后曲线的线性回归的预测质量。

[0212] 根据一个实施方式,所述调整质量参数AJ包括在0与1之间。

[0213] 一旦被计算,则可以数字或字母的形式或通过使用彩色标度来显示定位指示符。或者,定位指示符可以是指示操作员能触发瞬时弹性成像步骤的“定位OK”类型的简单可视指示。

[0214] 图5示出通过实施根据本发明的方法P获得的结果。

[0215] 如已参照图4描述的,图CW_DISP表示在介质中存在弹性波的情况下测量的位移。

[0216] 图RT-INFO表示如参照图4所解释的实时测量的驻波的振幅A和相位Ph。由图RT-INFO,可实时计算及显示定位指示符。

[0217] 图TI_DISP表示低频脉冲的施加之后测量的作为介质中的深度D和时间T的函数的位移。换句话说,图TI_DISP表示脉冲弹性图。所述位移使用假彩色标度表示且对应于瞬时剪切波在粘弹性介质内的传播。

[0218] 从位移TI_DISP,能够计算瞬时剪切波的传播速度并反映介质的弹性。

[0219] 如参照图1、2和3解释的,在实施根据本发明的方法P期间,图CW_DISP、RT-INFO和振动器的定位指示符被一并地计算及显示。

[0220] 有利的是,得益于第一连串的超声波采集的结构,可实时计算及显示定位指示符RT_IP和图表RT-INFO。

[0221] 反之,图TI_DISP的剪切波的传播速度Vs的计算仅在面向粘弹性介质的振动器的位置被验证且步骤TI被触发的情况下显示。

[0222] 图5也可认为是在实施根据本发明的方法P期间获得的结果的图表示,且可被显示在屏幕上,并在检查或测量期间被操作员参考。

[0223] 图6示意地表示混合弹性成像探头PR。

[0224] 探头PR包括:

[0225] -第一振动器VIB1,被配置为用以向粘弹性介质施加连续低频振动,所述连续低频振动在粘弹性介质内产生弹性波;

[0226] -第二振动器VIB2,被配置为用以向粘弹性介质施加低频脉冲,所述低频脉冲在粘弹性介质内产生瞬时剪切波;

[0227] -超声波换能器TUS,被配置为用以发射:

[0228] o第一连串的超声波采集,第一连串的超声波采集包括超声波采集组,超声波采集组以第一重复率产生,每个超声波采集组包括至少一个采集;

- [0229] o第二连串的超声波采集,组成第二连串的超声波采集以第二重复率产生;
- [0230] 探头进一步被配置为在施加低频脉冲之前停止施加连续振动。
- [0231] 根据图6所示的实施方式,超声波换能器TUS安装在施加低频脉冲的振动器VIB2的轴上。
- [0232] 根据一个实施方式,可使用接头PT将超声波换能器TUS固定至探头的主体。
- [0233] 第一振动器VIB1使探头PR振荡。在该振荡期间,超声波换能器TUS被推靠在粘弹性介质上,施加连续低频振动并在介质内产生弹性波。
- [0234] 根据一个实施方式,用于施加连续低频振动的第一振动器VIB1包括围绕超声波换能器TUS或围绕探头接头PT放置的振动环。
- [0235] 第二振动器VIB2可根据数个实施方式向粘弹性介质施加低频脉冲。
- [0236] 根据第一实施方式,探头接头PT是可移动的且可被第二振动器VIB2致动。然后将超声波换能器TUS推靠在粘弹性介质上以沿着图6的箭头2的方向施加振动。
- [0237] 根据第二实施方式,探头PR是不具有移动部件的惯性探头。在该情况中,探头PR内的第二振动器VIB2的运动导致探头的运动,并通过将换能器TUS推靠在粘弹性介质上而再次施加连续或脉冲振动。
- [0238] 振动器的运动轴A是超声波换能器TUS的对称轴。例如,超声波换能器TUS可具有圆形截面,轴A穿过超声波换能器TUS的中心。
- [0239] 根据一个实施方式,探头PR包括用于例如在根据本发明的方法的步骤TI期间触发低频脉冲的施加的控制装置TOG。
- [0240] 图7a示意地表示用于根据本发明的混合弹性成像的探头PR的实施方式。
- [0241] 探头PR包括:
- [0242] -振动器VIB,用于向感兴趣粘弹性介质施加连续或脉冲振动;
- [0243] -超声波换能器TUS,用于发射超声波束并检测反射的超声波信号。
- [0244] 因此,根据图7a的探头PR包括意图施加连续低频振动和低频脉冲两者的单个振动器。
- [0245] 根据一个实施方式,超声波换能器的直径包括在2mm与15mm之间。
- [0246] 根据一个实施方式,超声波换能器的中心频率包括在1MHz与15MHz之间。
- [0247] 根据一个实施方式,超声波换能器TUS是凸腹探头。
- [0248] 根据探头PR的一个实施方式,至少一个振动器是轴对称的。换句话说,至少一个振动器具有对称轴。
- [0249] 根据一个实施方式,轴对称的振动器的对称轴对应于超声波换能器TUS的对称轴。
- [0250] 根据一个实施方式,探头的至少一个振动器具有环形且被布置成围绕超声波换能器TUS。
- [0251] 根据一个实施方式,探头进一步包括用于计算及显示实时定位指示符RT_IP的计算及显示装置。
- [0252] 例如,计算装置包括至少一个微处理器和一个存储器。
- [0253] 例如,显示装置包括屏幕和/或定位指示符。
- [0254] 根据一个实施方式,探头包括当探头被正确定位时被触发的定位指示符。该指示符可以是可视指示符,例如二极管的颜色的改变。或者,指示符可以是声音或触觉指示符,

诸如振动的类型或振幅的改变。

[0255] 图7b示出根据本发明的混合弹性成像装置DEV。根据本发明的装置DEV包括：

[0256] -根据本发明的探头PR；

[0257] -中心单元，所述中心单元连接至所述探头PR。

[0258] 所述中心单元可包括：

[0259] -用于处理反射的超声波信号的计算装置；

[0260] -屏幕SC，用于显示在根据本发明的方法P的不同步骤处获得的结果；

[0261] -控制或输入装置ENT，用于通过操作员控制所述装置。

[0262] 中心单元UC可通过有线线路或通过无线通信装置连接至探头PR。

[0263] 根据一个实施方式，屏幕SC适于显示图5所示的结果。屏幕SC也可实时显示在根据本发明的方法P的步骤CW_P期间计算的定位指示符RT_IP。

[0264] 根据一个实施方式，中心单元包括被配置为基于实时计算及显示的定位指示符RT_IP的值而自动触发低频脉冲的施加的装置。

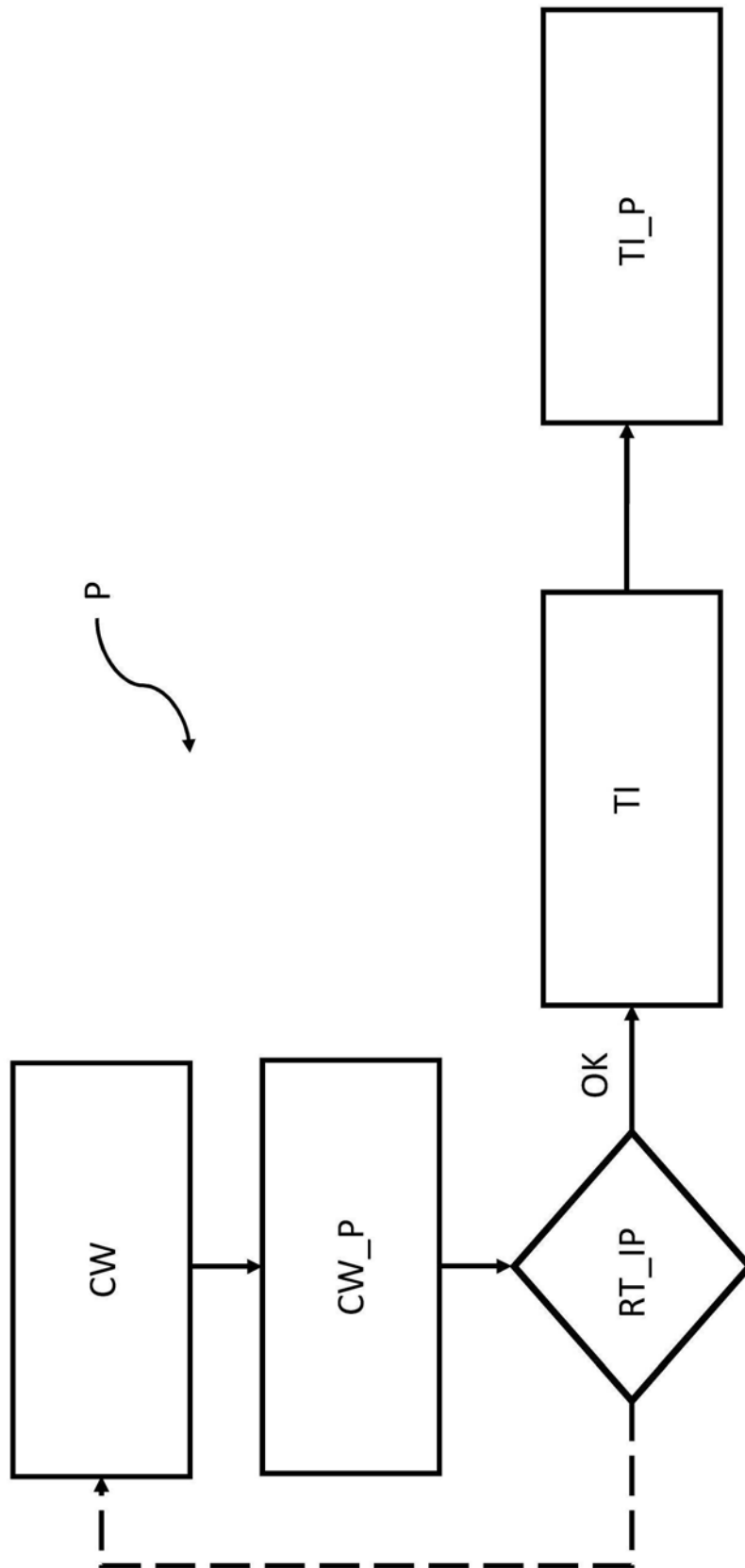


图1

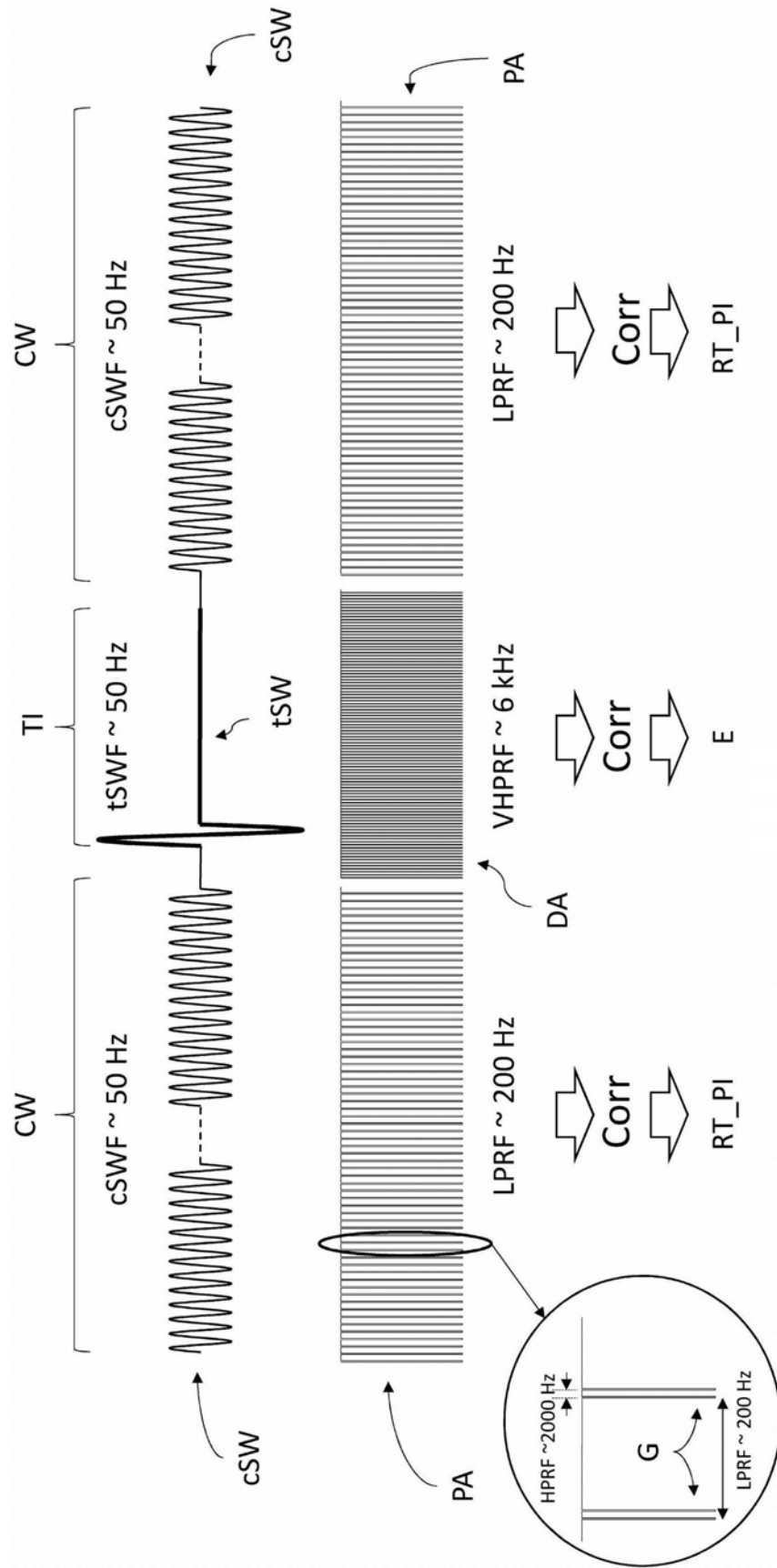


图2

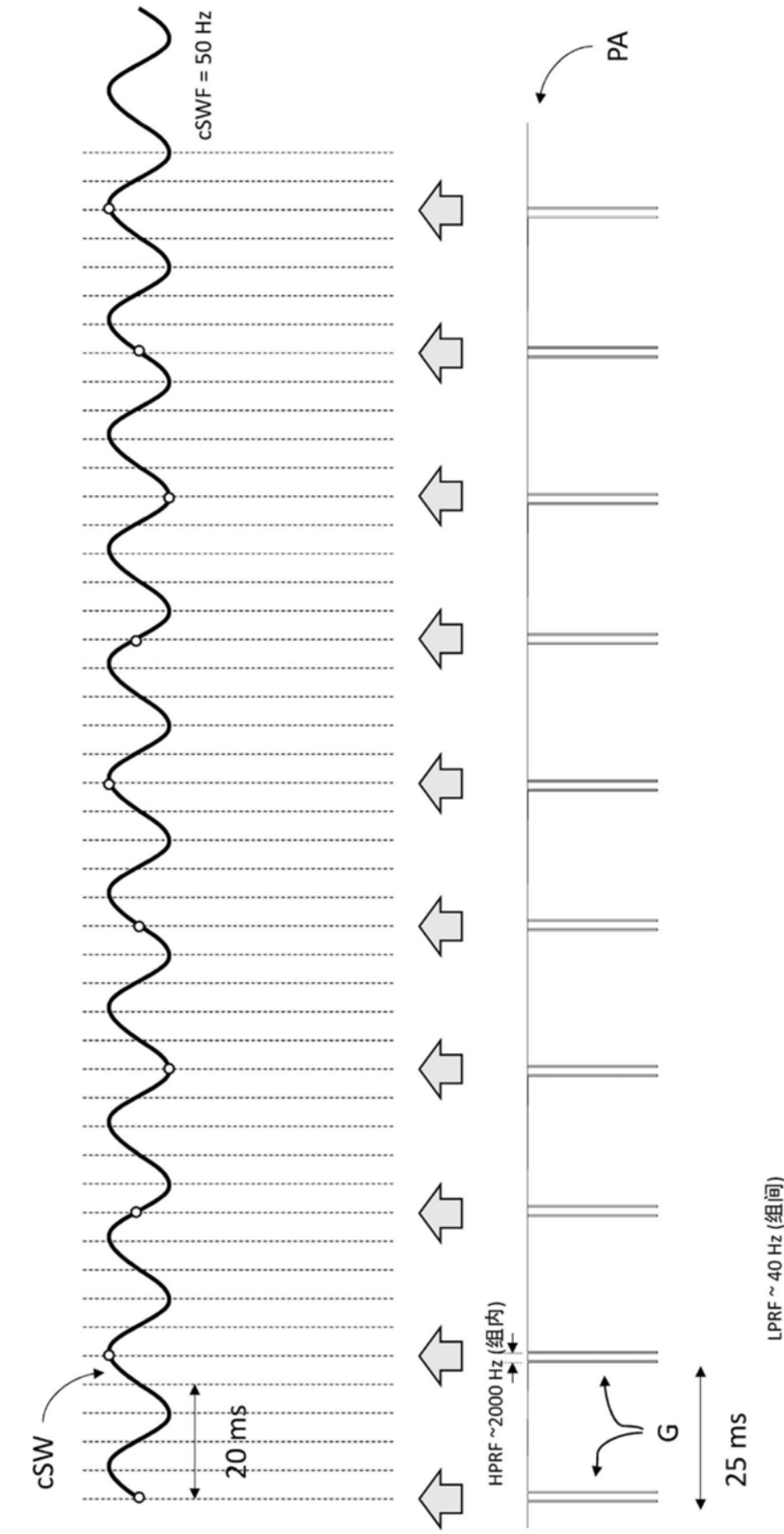


图3

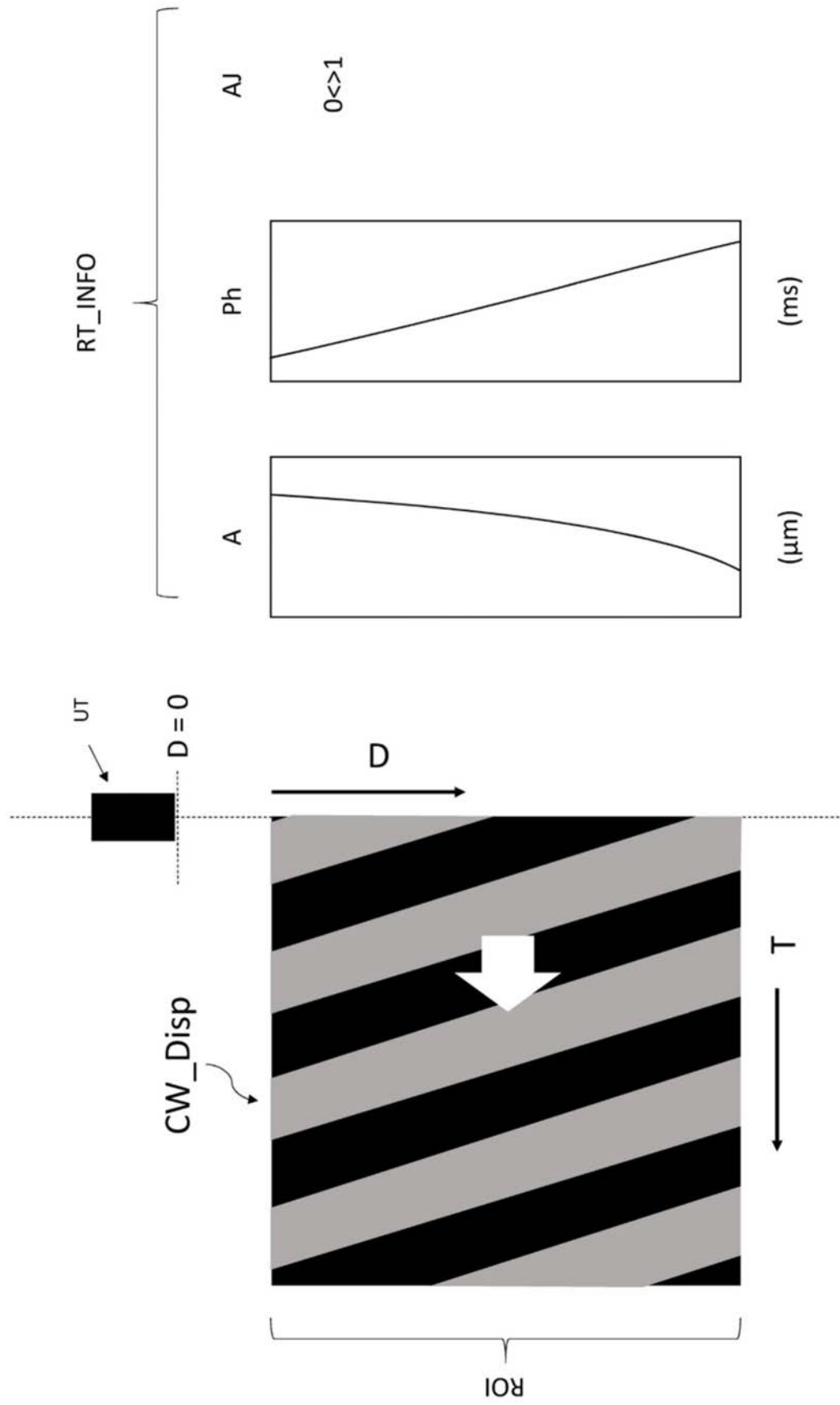


图4

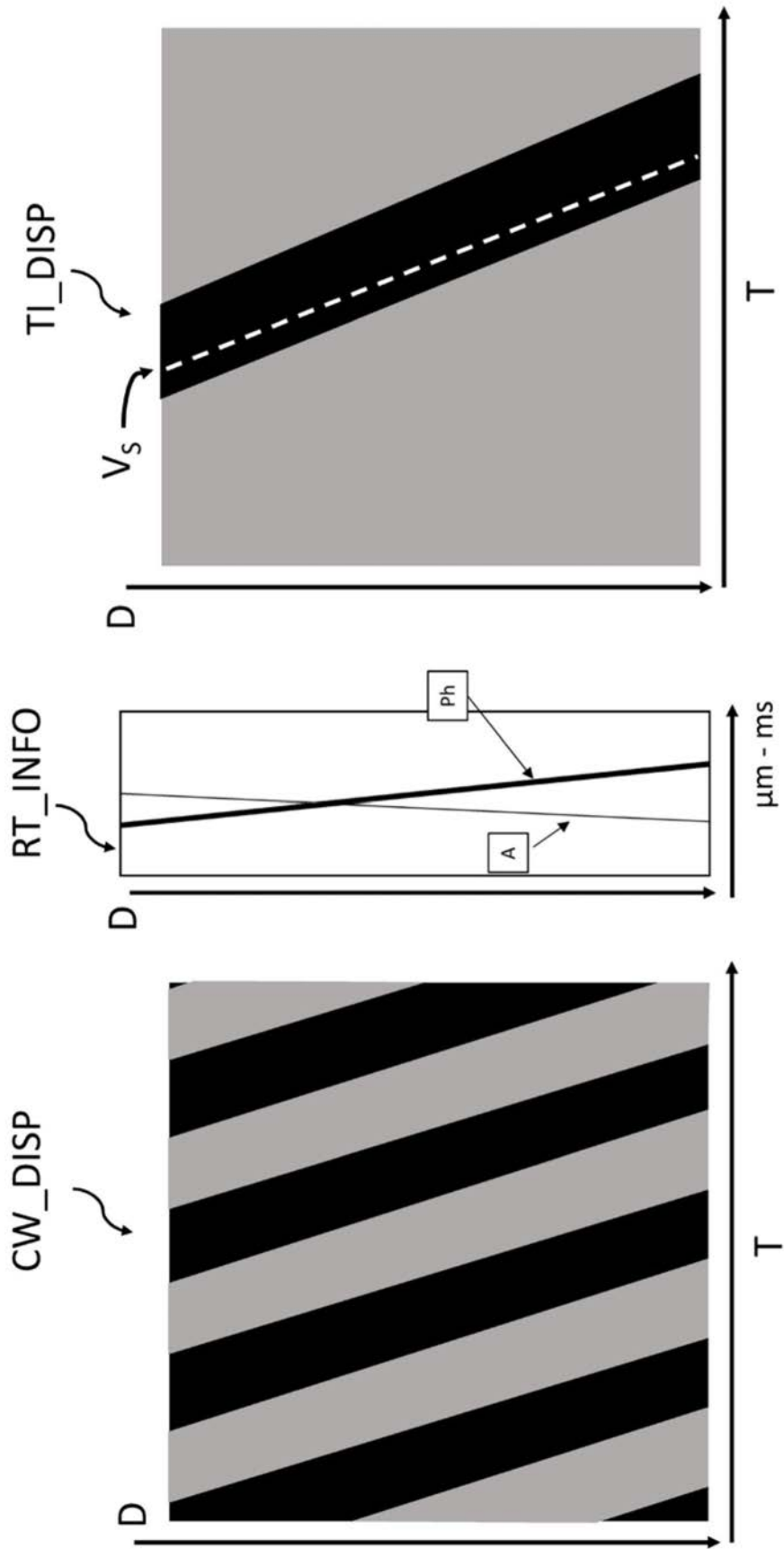


图5

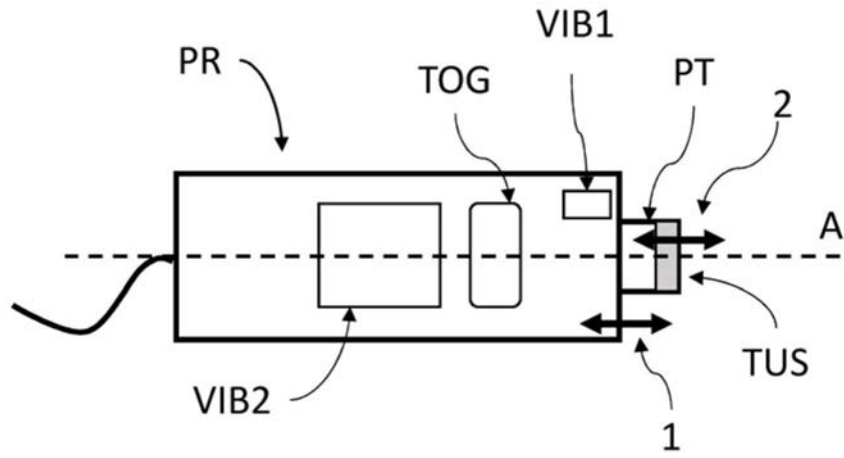


图6

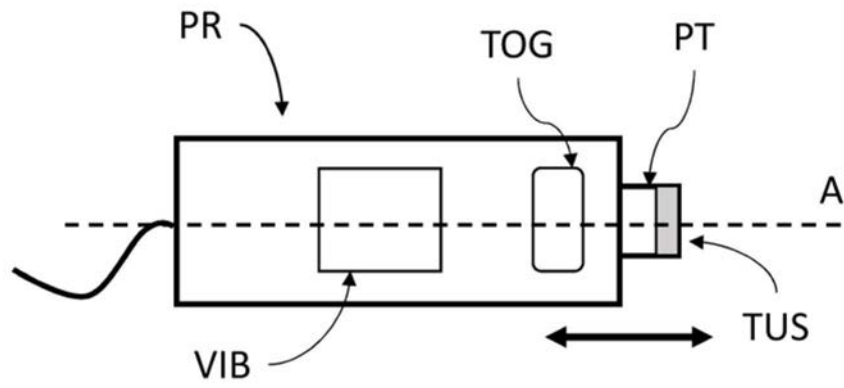


图7a

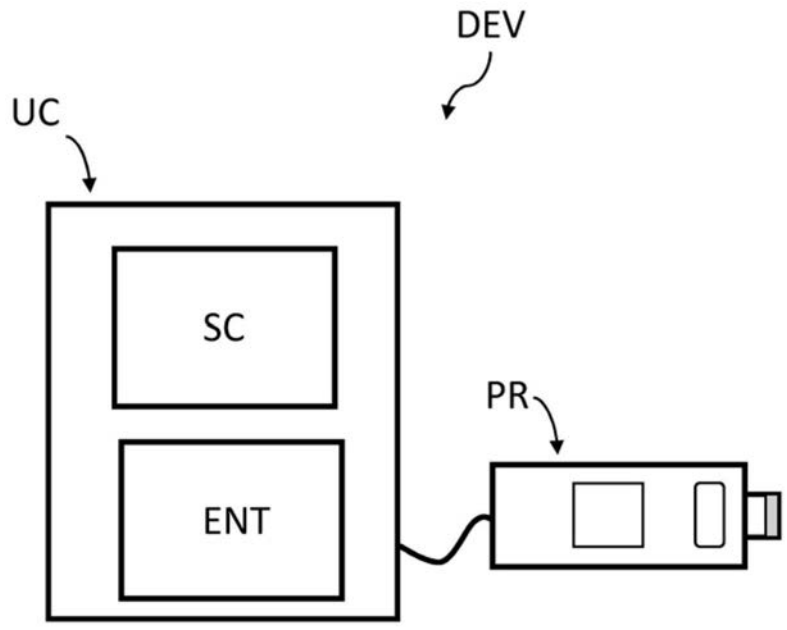


图7b

专利名称(译)	混合弹性成像方法、用于混合弹性成像的探头和装置		
公开(公告)号	CN110831504A	公开(公告)日	2020-02-21
申请号	CN201980003390.9	申请日	2019-02-26
[标]发明人	洛朗桑德兰		
发明人	洛朗·桑德兰 雨果·伯纳德·马丁·洛雷		
IPC分类号	A61B8/00 A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/085 A61B8/4416 A61B8/485 A61B8/54		
代理人(译)	王玉双		
优先权	2018051821 2018-03-02 FR		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

包括以下步骤的混合弹性成像方法(P)：-步骤(CW)，施加连续低频振动并使用与粘弹性介质接触的超声波换能器产生第一连串的超声波采集，所述第一连串的超声波采集包括超声波采集组，所述超声波采集组以第一重复率产生，每个超声波采集组包括至少一个探测，所述连续振动在所述粘弹性介质内产生弹性波；-施加低频脉冲并且使用所述超声波换能器产生(TI)第二连串的超声波采集，组成所述第二连串的所述超声波采集以第二重复率产生，所述低频脉冲产生在所述粘弹性介质内传播的瞬时剪切波；在施加所述低频脉冲之前停止通过第一振动器施加的所述连续振动。

