



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110831505 A

(43)申请公布日 2020.02.21

(21)申请号 201980003389.6

(22)申请日 2019.02.26

(30)优先权数据

1851822 2018.03.02 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.12.31

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2019/054656 2019.02.26

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/166393 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 斯蒂芬·奥迪尔

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

代理人 王玉双

(51)Int.Cl.

A61B 8/08(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

G01S 7/52(2006.01)

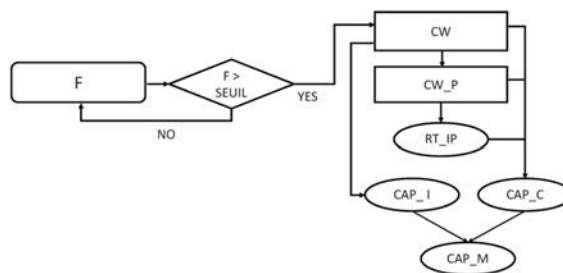
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法、探头和用于实施该方法的装置

(57)摘要

一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,包括以下步骤:使用包括在与粘弹性介质接触的探头中的振动器施加连续低频振动,所述连续低频振动在所述粘弹性介质内产生弹性波;和在所述弹性波的传播期间,使用与所述粘弹性介质接触的超声波换能器产生一连串超声波采集的步骤(CW),所述一连串超声波采集包括超声波采集组,所述超声波采集组以重复率生成,每个超声波采集组包括至少一个采集;所述超声衰减参数是从在所述连续低频振动的施加期间实现的所述超声波采集中测量的。



1. 一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,包括以下步骤:

使用包括在与粘弹性介质接触的探头中的振动器施加连续低频振动,所述连续低频振动在所述粘弹性介质内产生弹性波;和在所述弹性波的传播期间,使用与所述粘弹性介质接触的超声波换能器产生一连串超声波采集的步骤(CW),所述一连串超声波采集包括超声波采集组,所述超声波采集组以重复率(LPRF)生成,每个超声波采集组包括至少一个采集;所述超声衰减参数是从所述超声波采集中测量的。

2. 根据前述权利要求所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,进一步包括:从所述一连串超声波采集中确定所述弹性波在所述粘弹性介质内的至少一种传播特性的步骤(CW_P)。

3. 根据前述权利要求所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,其特征在于,所述弹性波在所述粘弹性介质内的传播特性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)。

4. 根据前述权利要求所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,其特征在于,进一步包括:实时显示所述实时定位指示符(RT_IP)的步骤。

5. 根据权利要求2至4中任一项所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,其特征在于,所测量的弹性波的传播特性选自弹性波的振幅、弹性波的相位、弹性波的相速、粘弹性介质的弹性,粘弹性介质的杨氏模量、和粘弹性介质的剪切模量。

6. 根据前述权利要求任一项所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,其特征在于,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的下临界值时才触发施加连续低频振动的步骤。

7. 根据前述权利要求任一项所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,其特征在于,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的下临界值并且低于预定的上临界值时才触发施加连续低频振动的步骤。

8. 根据前述权利要求任一项所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,其特征在于,所述一连串超声波采集通过重复包括至少两个超声波采集的组形成,所述包括至少两个超声波采集的组具有在500Hz和10kHz之间的组内重复率(HPRF)和在10Hz和10kHz之间的重复率(LPRF)。

9. 根据前述权利要求任一项所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,其特征在于,所述重复率(LPRF)低于所述连续振动的频率(cSWF)。

10. 根据前述权利要求任一项所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,其特征在于,所述超声衰减参数是瞬时参数,并且与所述瞬时超声衰减参数的测量相关联的质量系数是根据所述弹性波在所述粘弹性介质内的传播特性和/或所述超声波的特性来计算的。

11. 根据前述权利要求所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,其特征在于,根据多个瞬时超声衰减参数和与每个瞬时超声衰减参数相关联的质量系数来计算平均超声衰减参数。

12. 一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的探头,包括:

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

-超声波换能器,被配置为发射一连串超声波采集,所述一连串超声波采集包括超声波采集组,所述超声波采集组以重复率生成,每个超声波采集组包括至少一个采集;

-用于计算和实时显示所述探头的定位指示符的装置,所述定位指示符是根据所述弹性波的传播特性计算出的,所述弹性波的所述传播特性由所述一连串超声波采集确定;

所述超声衰减参数是从在施加所述连续低频振动期间实现的所述超声波采集中测量的。

13. 根据前述权利要求所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的探头,所述探头被进一步配置为在所述探头与所述粘弹性介质之间的接触力高于预定值时施加所述连续振动。

14. 根据权利要求16或17所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的探头,其特征在于,所述换能器由所述振动器承载。

15. 根据权利要求13至15中任一项所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的探头,所述探头被配置为计算平均超声衰减参数,所述平均超声衰减参数是根据多个瞬时超声衰减参数和与所述瞬时超声衰减参数相关联的质量系数计算出的。

16. 一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的装置,包括:

-根据权利要求11或12所述的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的探头 (PR);

-中央单元 (UC),所述中央单元 (UC) 连接至所述探头 (PR) 并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)、以及控制和/或输入装置 (ENT)。

由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法、探头和用于实施该方法的装置

技术领域

[0001] 本发明属于测量超声衰减的领域,更具体地说,涉及利用谐波弹性成像引导确定在超声波照射后具有超声波信号的介质的超声衰减。首先,本发明涉及一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法。其次,本发明涉及一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的探头。再者,本发明涉及一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的装置。由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的方法特别适用于确定诸如人或动物肝脏的粘弹性介质的性质。

背景技术

[0002] 已知超声衰减与肝脏脂肪含量相关。因此,它可用于测量肝脏中脂肪变性的量。

[0003] 申请人已经开发并商业化了一种以非侵入方式量化超声衰减的装置,称为CAP。所使用的技术是测量由振动受控瞬时弹性成像(vibration controlled transient Elastography, VCTE)引导的超声衰减。VCTE技术描述于L.Sandrin等人发表在《医学和生物学中的超声波》的2003年第29卷1705-1713页中的文献“Transient Elastography:a new non-invasive method for assessment of hepatic fibrosis(瞬时弹性成像:一种评估肝纤维化的新型非侵入性方法)”。对为测量弹性而采集的超声波信号的研究使得可能回溯介质的超声衰减,如下列文献中所描述的:

[0004] • M.Sasso等人发表在2011年《肝病学和胃肠病学临床研究》中的“The controlled attenuation parameter (CAP):A novel tool for the non-invasive evaluation of steatosis using *Fibroscan*®(受控衰减参数(CAP):一种使用 *Fibroscan*®非侵入性评估脂肪变性的新型工具)”;

[0005] • M.Sasso等人发表在2010年《医学和生物学中的超声波》中的“Controlled Attenuation Parameter (CAP):A Novel VCTE™Guided Ultrasonic Attenuation Measurement for the Evaluation of Hepatic Steatosis:Preliminary Study and Validation in a Cohort of Patients with Chronic Liver Disease from Various Causes(受控衰减参数(CAP):一种用于评估肝脏脂肪变性的新型VCTE™引导的超声衰减测量:来自各种原因的慢性肝病患者人群的初步研究和验证)”;

[0006] • M.Sasso等人发表在2015年《医学和生物学中的超声波》中的“Liver steatosis assessed by controlled attenuation parameter (cap) measured with the x1 probe of the Fibroscan:a pilot study assessing diagnostic accuracy(通过Fibroscan的x1探头测量的受控衰减参数(cap)评估肝脏脂肪变性:评估诊断准确性的先导研究)”。

[0007] 实施该技术的装置称为 *Fibroscan*®,能够以快速、非侵入性和可重复的方式测量人体肝脏的弹性和超声衰减。在*Fibroscan*中,通过弹性测量来验证超声衰减(CAP)的测量:当弹性测量有效时,相关联的CAP值被认为是有效的。因此,它不涉及指导先验,而是验证后验。为了精确测量超声衰减,*Fibroscan*根据脉冲弹性成像结果验证CAP的测量。

[0008] 在这种瞬时弹性成像装置中,脉冲切变波是由与需要表征的介质接触的振动器产生。接下来使用由超声波换能器实现的具有高重复率的一连串超声波采集来监测切变波的传播。每个超声波采集对应于至少一个超声波发射。每个超声波发射可与由存在于研究介质的限定深度范围内的反射粒子产生的回波的检测和记录相关联。反射的超声波信号通过互相关处理,以回溯由作为时间和介质中的位置的函数的由切变波的传播产生的组织运动。对这些运动的研究使得可能回溯粘弹性介质内的切变波的传播速度,然后回溯粘弹性介质的弹性。

[0009] 通过VCTE技术来测量CAP(超声衰减)具有若干局限性。

[0010] 通过VCTE技术来测量CAP(超声衰减)的第一个缺点是:难以预测探头是否有效地面向肝脏。实际上,有必要通过脉冲弹性成像进行有效测量以获得超声衰减的测量。

[0011] 通过VCTE技术测量CAP的第二个缺点是:装置的成本高,装置需要使用脉冲振动,其成本较高。

[0012] 通过VCTE技术测量CAP的第三个缺点是:必须通过脉冲弹性成像进行大约十次左右的弹性测量,其中个别弹性测量的持续时间至少为1秒(包括计算时间),这导致大约一分钟的检查时间。

[0013] 现在,可以使用超声波来引导振动器的定位,以用于瞬时弹性成像。例如,可以使用超声成像或诸如专利申请EP2739211A1中描述的瞄准工具。然而,这些解决方案并不令人满意,因为它们不能直接预测探头是否正确地面向所研究的器官。此外,这些技术非常依赖于操作者。最后,超声波信号可能变成不是肝脏的特异性。

[0014] 此外,存在所谓的谐波弹性成像技术。这些技术是基于施加具有包括在30Hz和100Hz之间的频率的连续振动。在介质内产生的弹性波是准驻波、切变波和压缩波的叠加,其不像脉冲弹性成像技术那样有效地用于精确测量粘弹性,但是其使用切变波并且能够测量切变波的传播。

[0015] 最后,已知低频切变波在肝脏中很好地传播。这种观察结果对于脉冲和谐波切变波是适用的。

[0016] 此外,谐波弹性成像技术可用于指导治疗方法。例如,它涉及通过热疗式方法藉由谐波弹性成像技术来治疗局部肿瘤。

[0017] 技术问题

[0018] 没有一种测量超声衰减的技术可以确保相对于要表征的组织使用的超声波探头的实时最佳引导。结果是,由于无法确认所研究的器官是否正确地面向探头定位,因此测量可能难以进行。这对于具有小尺寸且易于使用的装置的实施是不利的。

发明内容

[0019] 为了至少部分地解决这些问题,本发明描述了一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的新技术。

[0020] 首先,本发明涉及一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法,包括以下步骤:使用包括在与粘弹性介质接触的探头中的振动器施加连续低频振动,连续低频振动在粘弹性介质内产生弹性波;和在弹性波传播期间,使用与粘弹性介质接触的超声波换能器产生一连串超声波采集,所述一连串超声波采集包括超声波采集组,所述超声波采集

组以重复率生成,每个超声波采集组包括至少一个采集;

[0021] 所述超声衰减参数是根据超声波采集测量的。

[0022] 根据一个实施方式,超声波采集是在施加连续低频振动期间实现的。

[0023] 由谐波弹性成像引导的测量超声衰减是指包括施加连续振动和测量反映超声衰减的参数中的至少一个步骤的方法。换句话说,根据本发明的方法包括产生连续振动(即谐波弹性成像技术的特征)和测量反映超声衰减的参数二者。

[0024] 超声衰减是指反映超声衰减的任何参数:宽带超声衰减(Broadband Ultrasound Attenuation, BUA,以dB/cm/MHz为单位)、在特定频率下测量的衰减(以dB/cm为单位)、受控衰减参数(Controlled Attenuation Parameter, CAP)等。

[0025] 连续低频振动是指波形图案的连续再现。例如,该图案可以是理想的正弦曲线;这被称为单色振动(monochromatic vibration)。振动也可以由任意图案的再现构成。中断连续振动以停止测量过程,或者当测量条件不再令人满意时中断连续振动。例如,测量条件可以是与研究介质的接触力有关的条件。连续低频振动的中心频率在5Hz和500Hz之间。

[0026] 弹性波是指压缩波和切变波的叠加。

[0027] 超声波采集是指超声波发射。所述超声波发射可以与由存在于研究介质的限定深度范围内的反射粒子产生的回波的检测和记录相关联。

[0028] 因此,通过重复采集组形成一连串超声波采集。一个采集组包括至少一个超声波采集。以第一重复率发射或生成采集组。第一重复率也称为组间重复率。第一重复率通常在5Hz和500Hz之间。

[0029] 当每个采集组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和100kHz之间的组内重复率发射或生成。

[0030] 有利地,在施加连续振动期间使用低重复率使得能够测量粘弹性组织的位移,同时限制发送到组织自身的声能,以便不超过峰值和平均声功率限制。

[0031] 在本文档中,从广义上考虑“位移”一词。它涵盖任何运动参数,诸如位移、速度、变形、变形率、变形速度、以及应用于这些参数的任何数学变换。

[0032] 在施加连续振动期间,在粘弹性介质内产生弹性波。

[0033] 该系列超声波采集用于研究弹性波在粘弹性介质中的传播。能够检测由粘弹性介质反射的回波或超声波信号,并根据这些反射的超声波信号计算由连续振动产生的弹性波在粘弹性介质内的传播引起的粘弹性介质的位移。

[0034] 作为示例,可以通过对该系列超声波采集的构成同一采集组的超声波采集应用互相关技术来计算粘弹性介质的位移。

[0035] 值得注意的是,弹性波的传播随着与研究介质接触的探头的位置变化而变化。

[0036] 然后能够测量介质内弹性波传播的特性,并根据测量的特性实时计算定位指示符。理想情况下,该实时定位指示符实时显示以指导操作者,以便让操作者找到探头的最佳位置。用于计算定位指示符的测量特性的示例是弹性波的振幅和相位,其作为要表征的组织中的深度的函数进行测量。还可以计算弹性波的相速。

[0037] 在本文档的其余部分中,“实时定位指示符”和“定位指示符”指的是相同的实时定位指示符。

[0038] 实时是指在检查期间定期刷新显示的指示符。通常,刷新率约为20Hz,但也可以是

1Hz的量级。

[0039] 换句话说,定位指示符给出了面向超声波换能器的要表征的粘弹性介质的存在的可能性。

[0040] 值得注意的是,连续振动首先用于验证用于测量超声衰减的探头的定位。作为示例,连续振动可用于验证面向探头的血管薄壁组织的存在。换句话说,在施加连续振动的步骤期间,间接测量介质的粘弹性是可能的,但不是必不可少的。然而,可以从弹性波的相速有效地推导出弹性值。实际上,通过测量所述传播在粘弹性介质中产生的位移接下来使得能够回溯弹性波的传播速度。如果假设弹性波主要是切变波,则可以使用公式 $E=3\rho V^2$ 来计算介质的弹性,其中 E 是弹性或杨氏模量, ρ 是密度, V 是弹性波的速度。

[0041] 因此,根据本发明的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的方法使得能够使用谐波弹性成像技术来预测探头的定位是否有利。其涉及引导。随时间进行的超声衰减的测量值可以存储在存储器中。特别地,超声衰减的每个测量值可与质量系数相关联。通常,质量系数将是0和1之间的系数。值0对应于质量差,值1对应于测量质量非常好。

[0042] 可以根据弹性波的传播特性来执行质量系数的计算。其还可以包括超声波信号的特征,以及由超声衰减的计算产生的质量标准。

[0043] 保留的超声衰减的最终测量值可以根据存储在存储器中的超声衰减的测量值和质量系数来计算。

[0044] 换句话说,通过谐波弹性成像的引导,使得能够将超声衰减的每个测量值与质量系数相关联,并且通过向操作者提供预测所研究器官的存在与否的定位指示符,来引导面向要表征的组织的探头的定位。

[0045] 作为示例,保留的超声衰减的测量值是存储的超声衰减测量值的平均值,由其质量系数加权。超声衰减的测量总数通常可以在1次和数千次测量之间。例如,如果测量以每秒20次测量的速率累积60秒,则 N 将等于1200。

[0046] 有利地,得益于采用谐波弹性成像技术,根据本发明的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的方法使得能够以可靠且可再现的方式执行组织的超声衰减的测量,同时以简单且精确的方式确保探头的最佳定位。

[0047] 有利地,根据本发明的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的方法使得可以通过使用比脉冲弹性成像更简单的简化振动系统来降低制造成本。

[0048] 有利地,根据本发明的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的方法使得可以向操作者提供实时定位指示符。

[0049] 根据本发明的由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的方法还可以具有以下一个或多个特征,单独考虑或根据其所有技术上可能的组合考虑:

[0050] -根据本发明的方法进一步包括从一连串超声波采集中确定弹性波在粘弹性介质内的至少一种传播特性的步骤;

[0051] -弹性波在粘弹性介质中的传播特性用于计算探头相对于待研究的粘弹性介质的实时定位指示符;

[0052] -根据本发明的方法进一步包括实时显示所述实时定位指示符的步骤;

[0053] -仅在振动器与粘弹性介质之间的接触力高于预定的下临界值时才触发施加连续低频振动的步骤;

- [0054] -仅在振动器与粘弹性介质之间的接触力高于预定的下临界值并且低于预定的上临界值时才触发施加连续低频振动的步骤；
- [0055] -该系列超声波采集由重复包括至少两个超声波采集的组而形成，具有包括在500Hz和10kHz之间的组内重复率和包括在10Hz和10kHz之间的重复率；
- [0056] -所述重复率低于连续振动频率；
- [0057] -计算并显示反映超声衰减的超声波参数；
- [0058] -超声衰减参数是瞬时参数，并且根据弹性波在粘弹性介质内的传播特性和/或超声波的特性计算与瞬时超声衰减参数的测量相关联的质量系数；瞬时参数是指在从每次超声波采集或单次超声波采集获得的测量值；
- [0059] -根据多个瞬时超声衰减参数和与每个瞬时超声衰减参数相关联的质量系数计算平均超声衰减参数；
- [0060] -基于弹性波在粘弹性介质内的传播特性计算的与质量系数相关或不相关的超声衰减参数存储在存储器中；
- [0061] -用于施加连续振动的预定接触力下临界值通常被选择为等于1N；
- [0062] -由振动器施加的低频振动频率cSWF在5Hz和500Hz之间；
- [0063] -由振动器施加的低频振动的振幅在10mm和5mm之间；
- [0064] -该系列超声波采集由重复包括至少两个超声波采集的组而形成，具有包括在500Hz和10kHz之间的组内重复率和包括在10Hz和10kHz之间的第一重复率；
- [0065] -第一重复率低于连续振动频率；
- [0066] -超声衰减参数选自：
- [0067] oBUA
- [0068] o特定超声频率的衰减；
- [0069] o超声控制衰减参数 (CAP)；
- [0070] -弹性波的传播特性被传递给操作者；
- [0071] -弹性波的传播特性选自：
- [0072] o弹性波的振幅；
- [0073] o弹性波的相位；
- [0074] o粘弹性介质的杨氏模量；
- [0075] o粘弹性介质的剪切模量；
- [0076] o粘弹性介质的剪切速度。
- [0077] 本发明还涉及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：
- [0078] -振动器，其被配置为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；
- [0079] -超声波换能器，配置为发射一连串超声波采集，所述一连串超声波采集包括超声波采集组，所述超声波采集组以重复率生成，每个超声波采集组包括至少一个采集；
- [0080] -用于实时计算和显示探头的定位指示符的装置，所述定位指示符是根据弹性波的传播特性计算出的，所述弹性波的传播特性由所述一连串超声波采集确定；
- [0081] 超声衰减参数是通过在施加连续低频振动期间实现的超声波采集进行测量的。

[0082] 根据一个实施方式,所述探头被进一步配置为在探头与粘弹性介质之间的接触力高于预定值时施加连续振动。

[0083] 根据本发明的探头使得能够实施根据本发明的方法。

[0084] 超声波换能器用于在粘弹性介质内发送一连串超声波采集。同一超声波换能器检测每次采集时反射的超声波信号。接下来处理反射的超声波信号以检测由弹性波产生的粘弹性介质的位移。

[0085] 计算装置是指用于存储超声波采集和计算结果(诸如探头的定位指示符或弹性波的传播特性)的至少一个微处理器和一个存储器。

[0086] 显示装置是指配置为显示定位指示符的屏幕或指示器。指示器例如可以是灯指示器(诸如二极管)、或声音指示器。

[0087] 根据本发明的混合弹性成像探头还可以具有以下一个或多个特征,单独考虑或根据其所有技术上可能的组合考虑:

[0088] -振动器是电动机、或音频卷盘(audio reel)、或电动致动器;

[0089] -超声波换能器安装在振动器的轴上;

[0090] -根据本发明的探头进一步包括用于触发测量累积的装置;

[0091] -超声波换能器是圆形的,其直径在2mm和15mm之间;

[0092] -超声波换能器的工作频率在1MHz和15MHz之间;

[0093] -探头被配置为计算平均超声衰减参数,所述平均超声衰减参数是根据多个瞬时超声衰减参数和与瞬时超声衰减参数相关联的质量系数计算出的;

[0094] -超声波换能器是凸的腹部探头(convex abdominal probe)。

[0095] 本发明还涉及一种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。

[0096] 根据本发明的这种混合装置包括:

[0097] -根据本发明的探头;

[0098] -中央单元,所述中央单元连接至探头并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、以及控制和/或输入装置。

[0099] 在具体实施方式中,中央单元放置在探头内。

附图说明

[0100] 本发明的其他特征和优点将从以下参照附图给出的描述中变得显而易见,该描述是出于指示性目的而不受任何限制,其中:

[0101] -图1示出了根据本发明的混合弹性成像方法的步骤;

[0102] -图2示意性地示出了在实施图1中所示的根据本发明的方法期间由振动器施加的振动和超声波采集;

[0103] -图3示意性地示出了图1中所示的弹性成像方法的具体实施方式,称为频闪模式;

[0104] -图4示出了通过实施根据本发明的方法的与振动器的定位相关的一部分而获得的结果;

[0105] -图5表示根据本发明的混合弹性成像探头;

[0106] -图6a表示根据本发明的混合弹性成像探头的具体实施方式;

[0107] -图6b表示根据本发明的混合弹性成像装置。

具体实施方式

[0108] 图1示出了根据本发明的混合弹性成像方法P的步骤。

[0109] 根据本发明的方法P包括步骤CW:使用包含在与粘弹性介质接触的探头中的振动器施加连续低频振动。

[0110] 连续振动的中心频率在5Hz和500Hz之间。

[0111] 方法P的步骤CW进一步包括由超声波换能器产生一连串超声波采集。该系列超声波采集包括超声波采集组。超声波采集组以5Hz和500Hz之间的重复率发射,每组包括至少一个超声波采集。

[0112] 超声波组的重复率也称为组间重复率。

[0113] 超声波采集包括超声波束的发射,然后检测和记录反射的超声波信号或回波。

[0114] 对粘弹性介质施加连续振动在所述介质内产生弹性波。弹性波包括切变波和压缩波的叠加。对弹性波特性的研究使得可以获得关于探头相对于粘弹性介质的正确定位的信息。

[0115] 要表征的粘弹性介质至少部分地扩散超声波发射。因此,可以检测在第一连串超声波采集的发射期间反射的超声波信号。

[0116] 可以使用用于发射的同一超声波换能器来执行对反射的超声波信号的检测。

[0117] 可以从反射的超声波信号确定超声衰减参数。例如,可以确定对应于给定超声波采集的超声衰减的值CAP_I。值CAP_I也称为超声衰减或瞬时超声衰减参数的单个或瞬时值。

[0118] 在确定弹性波在粘弹性介质内的至少一种传播特性的步骤CW_P期间,连续地处理在步骤CW期间检测到的反射超声波信号。

[0119] 通常,在该步骤期间,根据弹性成像领域且更通俗一些说是超声波领域中的已知技术,反射的超声波信号彼此进行互相关,以测量由施加连续振动产生的弹性波引起的粘弹性介质的位移。

[0120] 根据在粘弹性介质内测量的位移,能够计算弹性波的特性,诸如作为粘弹性介质内位置的函数的振幅和相位。粘弹性介质内的点的位置被测量为沿着换能器发射的超声波的传播方向计算的超声波换能器与该点之间的距离。因此,粘弹性介质内的点的位置通常称为深度。

[0121] 还能够确定粘弹性介质内的弹性波的其他参数,诸如弹性波的相速或衰减。

[0122] 可以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。通过在理论模型和测量特性之间进行调整,能够提取调整质量参数。根据该调整质量参数和/或弹性波的其他特性,能够计算出探头相对于要表征的组织的定位指示符RT_IP。

[0123] 例如,所使用的理论模型之一提供了弹性波的中心频率处的相位滞后随要表征的介质中深度的线性变化。在这种情况下,调整是线性调整,并且所述调整质量参数将相位的线性度转换为介质中深度的函数。可能的指示符是确定系数 R^2 ,其给出了在所研究的深度范围内,作为深度的函数的相位滞后曲线的线性回归预测的质量。

[0124] 根据一个实施方式,确定组织内弹性波的至少一种特性的步骤CW_P与施加连续振动的步骤CW和第一反射超声波信号的检测同时进行。

[0125] 得益于根据本发明的方法P,因此能够实时测量组织内弹性波的特性并实时获得

探头RT_IP的定位指示符。

[0126] 有利地,低重复率使得可以减小在产生一连串超声波采集的步骤CW期间记录的数据的大小,并且能够实时处理这些数据以获得定位指示符RT_IP。该指示符的值通常在0和1之间。值0对应于较差的指示符,值1对应于良好的指示符。

[0127] 有利地,定位指示符被提供给操作者以帮助他找到令人满意的测量点。例如,其可以以下形式(非详尽列出的)提供:显示彩色指示符,以或多或少的长条形式等。

[0128] 还根据超声波信号计算测量超声衰减的质量系数CAP_C。该系数的值通常在0和1之间。值0对应于低质量,值1对应于高质量。

[0129] 系数CAP_C与在采集期间从超声数据获得的超声衰减CAP_I的单个值相关联。

[0130] 质量系数CAP_C例如可以仅从超声波信号的特性计算得出。其也可以是超声波信号的质量和弹性波的特性的组合。

[0131] 根据一个实施方式,如果定位指示符RT_IP是正确的,则仅保留超声衰减的单个值。在定位指示符RT_IP不正确的情况下,相应的系数CAP_C例如设置为零。

[0132] 根据一个实施方式,仅在振动器与粘弹性组织之间的接触力F高于预定的下临界值时才触发连续振动。该阈值的值通常为1N。

[0133] 有利地,该下临界值确保探头与粘弹性介质之间的充分耦合。

[0134] 根据一个实施方式,仅在振动器与粘弹性组织之间的接触力F低于预定的上临界值时才触发连续振动。该阈值的值通常为10N。

[0135] 有利地,该上临界值确保振动不会变形并且所研究的介质不会被损坏。

[0136] 由于振动器的连续振动运动,振动器与介质之间的接触力F的确定比标准瞬时弹性成像方法的情况更复杂。在存在连续低频振动的情况下,振动器与粘弹性介质之间的接触力由下式给出:

$$[0137] \quad F = k(x + A \times \cos(2\pi f_{low}t))$$

[0138] 在该式中,x是振动器的位移,k是放置在探头中的弹簧的弹性常数,A是连续振动的振幅, f_{low} 是连续振动频率。

[0139] 可以使用放置在混合弹性成像探头上的力传感器来测量力F。接着通过将低通滤波器应用至由此测量的信号,能够消除低频部分并推导出平均接触力:

$$[0140] \quad F_{average} = k(x)$$

[0141] 有利地,向操作者提供所施加的平均力的值,以便他对其进行调整,以便继续进行低频振动和数据采集。

[0142] 有利地,单个值CAP_I在存储器中被累积并用于计算平均值CAP_M。CAP_M可以以多种方式计算。例如:

$$[0143] \quad CAP_M = \frac{\sum_{i=1}^N (CAP_I(i) \times CAP_C(i))}{\sum_{i=1}^N (CAP_C(i))}$$

[0144] 然后使用值CAP_C来单个测量值CAP_I进行加权。在检查结束时保留值CAP_M作为测量的超声衰减值。值CAP_M的单位例如是dB/m。

[0145] 图2示意性地示出了:

[0146] -在图1所示的步骤CW期间由振动器施加的连续低频振动cSW;

[0147] -在图1所示的步骤CW期间由超声波换能器生成并由采集组G形成的一连串超声波

采集PA。

[0148] 在施加连续振动的步骤CW期间, 振动器以5Hz和500Hz之间的频率振荡, 振幅在10频率和5mm之间。

[0149] 有利地, 得益于连续振动的低振幅和低频率, 操作者可以容易地将探头保持与粘弹性介质接触。

[0150] 在施加连续低频振动的同时, 超声波换能器发射由超声波采集组G形成的超声波采集PA。在图2所示的示例中, 每个组G包括两个超声波采集。

[0151] 超声波采集组G以10Hz和500Hz之间的重复率LPRF或组间重复率或简单重复率发射。属于同一组G的超声波采集以包括在500Hz和10kHz之间的组内重复率HPRF发射。

[0152] 超声波换能器还检测在超声波采集PA的生成期间反射的超声波信号, 如参照图1中所示的步骤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步骤CORR来计算粘弹性介质的位移。粘弹性介质的所述位移是由振动器施加的连续振动产生的弹性波的传播产生的。

[0153] 值得注意的是, 存在用于实施该方法的大量可能的超声波序列, 并且所示元素不以任何方式构成可能字段的详尽列表。

[0154] 有利地, 通过将互相关技术应用于属于同一组G的超声波采集, 并因此带来了时间接近从而能够检测大约1大约至10约采级的小位移。

[0155] 如参照图1中所示的步骤CW_P所解释的, 接下来使用粘弹性介质的位移来计算弹性波的特性, 诸如作为介质中深度的函数的弹性波的振幅和相位。通过将测量的特性与理论模型进行比较, 可以实时推导出定位指示符RT_IP。

[0156] 例如, 定位指示符可以与作为要表征的介质中深度的函数的弹性波的相位的线性度相关联。然后, 指示符取决于作为由直线表示的深度的函数的相位演化的调整质量。

[0157] 例如, 定位指示符可以与作为要表征的介质中深度的函数的弹性波的振幅的减小相关联。然后, 指示符取决于 $1/Z^n$ 中的拟合质量, 其中Z是深度, n是介于1和3之间的整数系数。

[0158] 例如, 实时定位指示符RT_IP的值在0和1之间, 如果探头相对于感兴趣的粘弹性介质正确地定位, 则值接近1。

[0159] 图3示出了根据本发明的方法P的步骤CW和CW_P的具体施方式, 称为频闪(stroboscopic)模式。

[0160] 连续正弦曲线示意性地表示由第一振动器施加的连续振动cSW。连续振动cSW例如具有对应于20ms的周期的50Hz的中心频率cSWF。

[0161] 连续垂直线表示形成第一连串超声波采集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。

[0162] 组内重复率在500Hz和100kHz之间, 这使得可以测量大约1, 这级的小位移。

[0163] 沿着连续振动cSW的白色圆圈和箭头对应于由每个超声波采集组G进行的采样。

[0164] 得益于组G的重复率LPRF小于连续振动cSW的中心频率, 因此可以在几个振荡周期结束时以完整的方式对连续振动cSW进行采样, 如白色圆圈所示。

[0165] 有利地, 频闪模式使得可以在使用低的第一重复率LPRF的同时以完整的方式对连续振动cSW进行采样。使用低重复率使得能够实时处理反射信号, 从而实时获得定位指示符

RT_IP。

[0166] 图4示意性地示出了通过实施根据本发明的方法P的与振动器的定位相关的一部分而获得的结果。

[0167] 图CW_Disp示出了作为介质中的深度Z和时间T的函数的感兴趣区域ROI中的粘弹性介质的位移(或任何其他运动参数,诸如速度、变形、变形率)。位移用假色标表示,较亮的颜色表示沿D轴正向的位移。位移是由振动器施加的连续低频振动引起的,并且由被放置为与介质表面接触($Z=0$)的超声波换能器UT测量。

[0168] 根据在粘弹性介质内的感兴趣区域ROI中测量的CW_Disp的位移,能够实时提取关于在介质内传播并由连续振动产生的弹性波的信息RT_Info。这些特性的例子是作为介质内深度的函数的弹性波的振幅A和相位Ph。

[0169] 通过将测量的A和Ph的值与预定阈值进行比较,可以确定振动器相对于粘弹性介质的定位指示符。

[0170] 或者,能够获得测量的量A和Ph与描述弹性波在介质内传播的振幅和相位的理论模型之间的调整质量参数AJ。在这种情况下,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 ,其给出了在所研究的深度范围内,作为深度的函数的相位滞后曲线的线性回归预测的质量。

[0171] 根据一个实施方式,调整质量参数AJ介于0和1之间。

[0172] 一旦计算出,定位指示符可以以数字或字母的形式或通过使用色标显示。或者,定位指示符可以是盘型彩色的简单视觉指示。或者,定位指示符可以是“定位OK”类型的简单视觉指示,以指示操作者可以触发瞬时弹性成像步骤。

[0173] 根据一个实施方式,弹性波的传播速度被保留以作为介质弹性的测量值。

[0174] 在根据本发明的方法P的实施期间,同时计算并显示图CW_Disp、RT_Info和振动器的定位指示符。

[0175] 有利地,由于该系列超声波采集的结构,可以实时计算并显示定位指示符RT_IP以及图RT_Info。

[0176] 图5示意性地表示用于由谐波弹性成像引导的测量超声衰减的探头PR。

[0177] 探测PR包括:

[0178] -振动器VIB,其配置为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;

[0179] -超声波换能器TUS,其配置为发射一连串超声波采集,所述一连串超声波采集包括超声波采集组,所述超声波采集组以重复率生成,每个超声波采集组包括至少一个采集。

[0180] 根据图图5中所示的实施方式,超声波换能器TUS安装在振动器VIB的轴上。

[0181] 根据一个实施方式,探头PR包括用于根据超声波采集来实时计算定位指示符RT_IP的计算装置。

[0182] 根据一个实施方式,探头PR包括用于计算和显示实时定位指示符RT_IP的装置。

[0183] 根据一个实施方式,定位指示符的显示的刷新率大于5Hz。

[0184] 有利地,在探头水平处显示实时定位指示符允许操作者在不使其眼睛从探头和患者的身体转移的情况下优化探头的定位。这简化了探头定位的操作。

[0185] 根据一个实施方式,可以使用尖端PT将超声波换能器TUS固定至探头的主体。

[0186] 振动器VIB使探头PR振荡。在该振荡期间,超声波换能器TUS被推向粘弹性介质,施加连续低频振动并在介质内产生弹性波。

[0187] 根据一个实施方式,用于施加低频振动的振动器VIB包括围绕超声波换能器TUS或围绕探头尖端PT放置的振动环。

[0188] 根据一个实施方式,探头尖端PT是可移动的并且可以由振动器VIB致动。然后,超声波换能器TUS被推向粘弹性介质,以沿着图6的箭头方向施加振动。

[0189] 根据图6a所示的第二实施方式,探头PR是没有移动部件的惯性探头。在这种情况下,振动器VIB在探头PR内的移动导致探头的移动,并且通过将换能器TUS推向粘弹性介质再次施加连续或脉冲振动。

[0190] 振动器A的移动轴优选地是超声波换能器TUS的对称轴。例如,超声波换能器TUS可以具有圆形截面,轴A穿过超声波换能器TUS的中心。

[0191] 根据一个实施方式,探头PR包括用于触发测量的控制装置TOG。

[0192] 因此,根据图6a的探头PR包括用于施加连续低频振动的振动器。

[0193] 根据一个实施方式,超声波换能器的直径在2mm和15mm之间。

[0194] 根据一个实施方式,超声波换能器的中心频率在1MHz和15MHz之间。

[0195] 根据一个实施方式,超声波换能器TUS是凸的腹部探头(convex abdominal probe)。

[0196] 根据一个实施方式,探头包括定位指示符,当探头正确定位时,该定位指示符被触发。该指示符可以是视觉指示符,例如二极管的颜色变化。或者,指示符可以是声音或触觉指示符,诸如振动类型或振幅变化。

[0197] 图6b示出了根据本发明的混合弹性成像装置DEV。

[0198] 根据本发明的装置DEV包括:

[0199] -根据本发明的探头PR;

[0200] -连接至探头PR的中央单元UC。

[0201] 所述中央单元可包括:

[0202] -用于处理反射的超声波信号的计算装置;

[0203] -用于显示在根据本发明的方法P的不同步骤获得的结果的屏幕SC;

[0204] -由操作者控制装置的控制或输入装置ENT。

[0205] 中央单元UC可通过有线链路或通过无线通信装置连接至探头PR。

[0206] 根据一个实施方式,屏幕SC适合于显示图5中所示的结果。屏幕SC还可以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。

[0207] 根据一个实施方式,中央单元包括被配置为基于实时计算和显示的定位指示符RT_IP的值自动触发低频脉冲的施加的装置。

[0208] 根据一个实施方式,中央单元被包括在探头PR中。

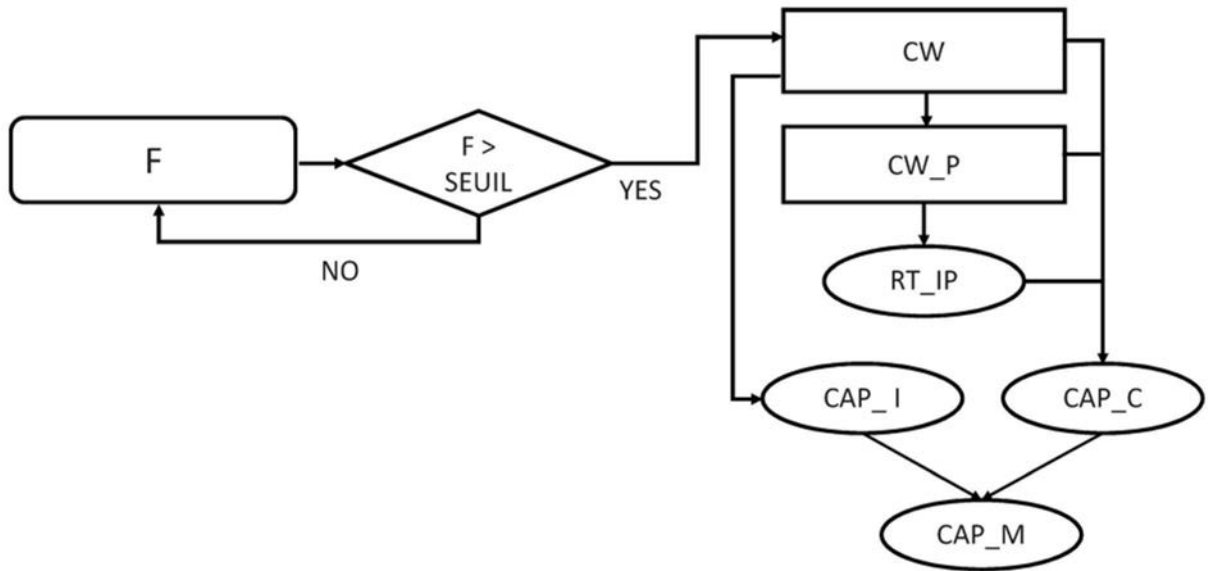


图1

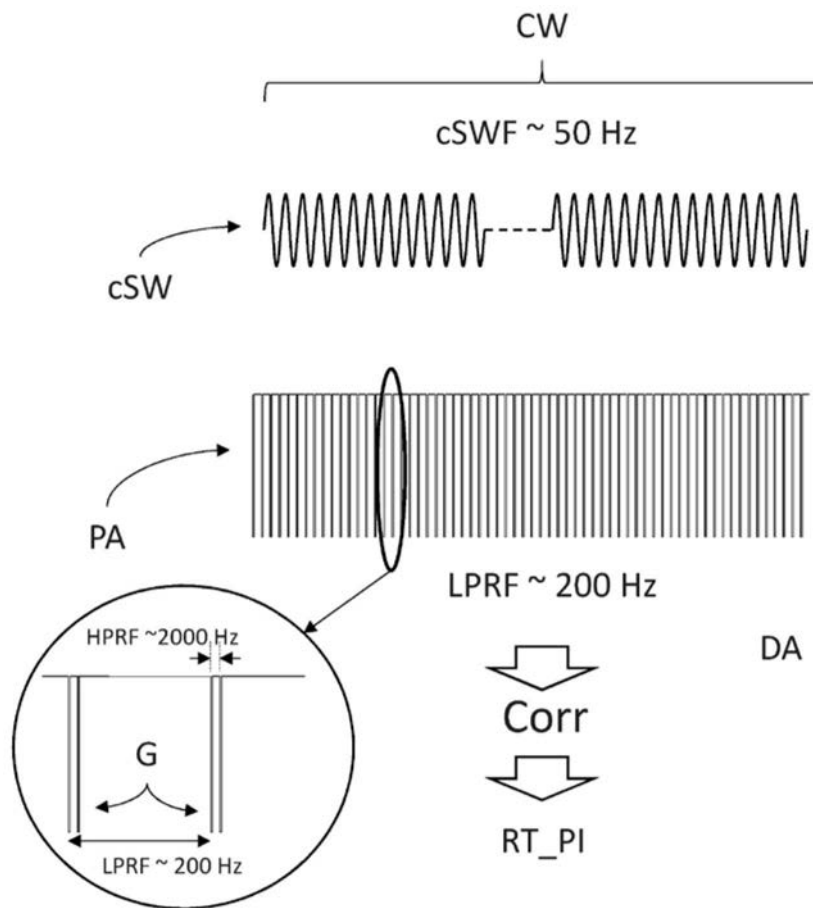


图2

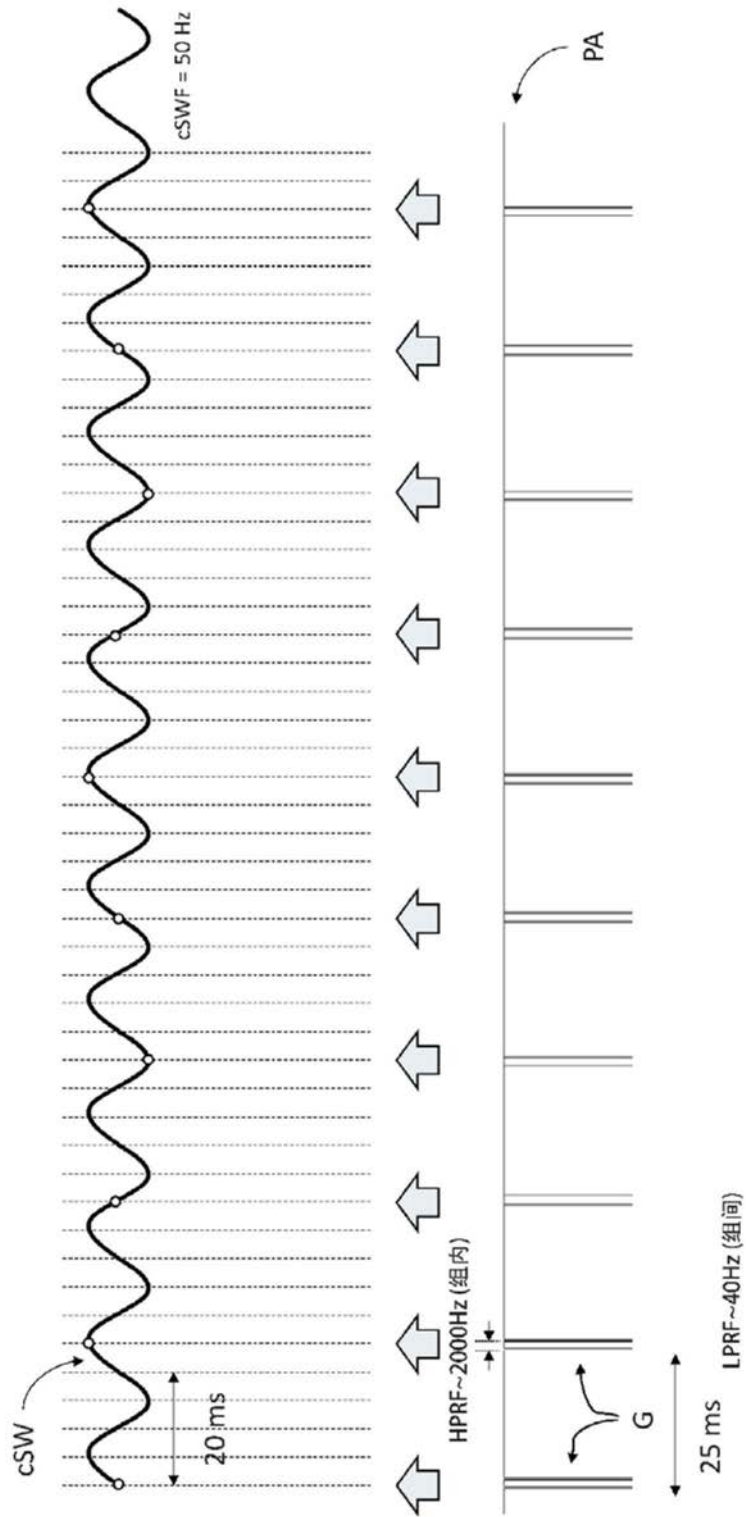


图3

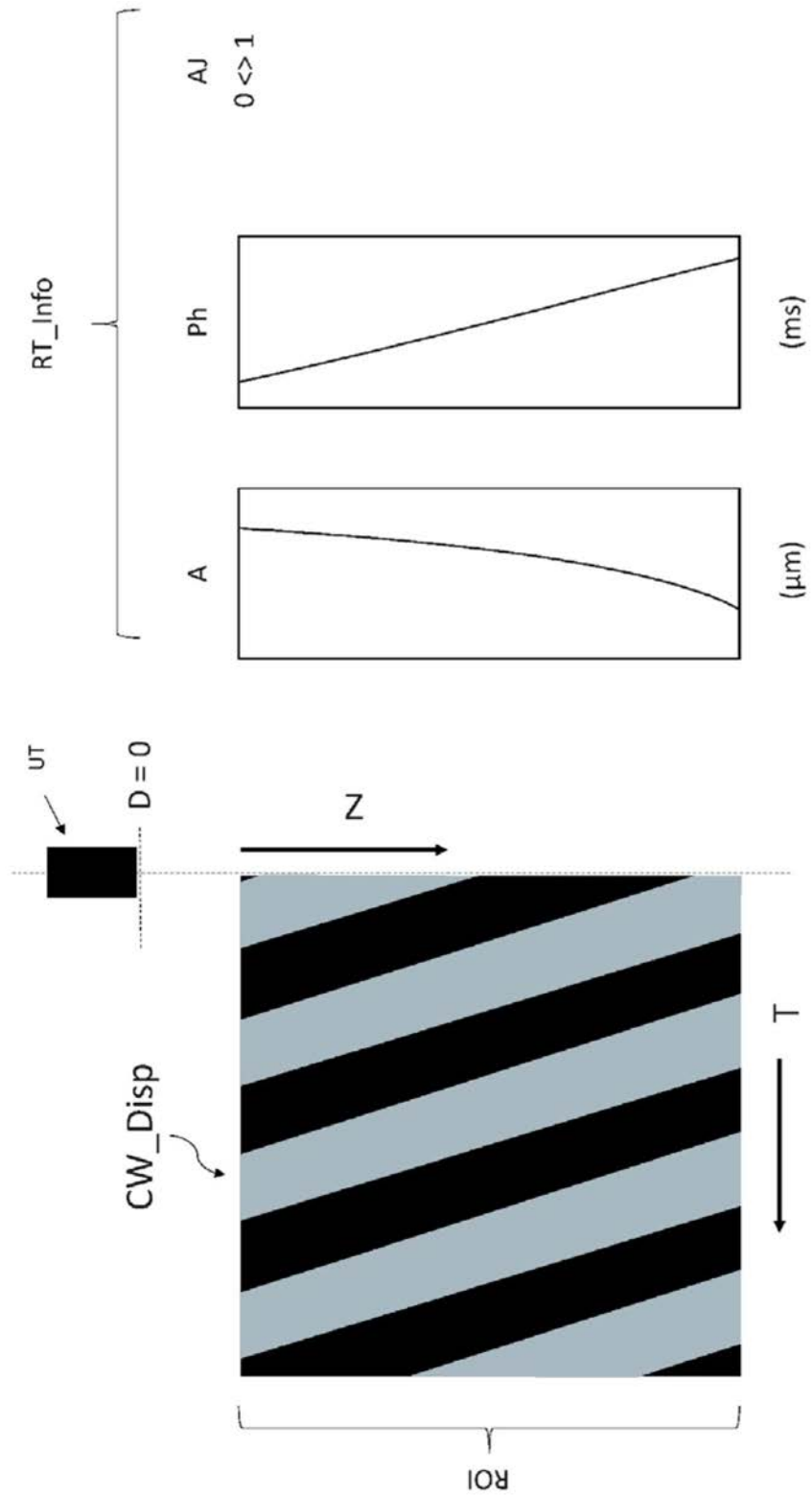


图4

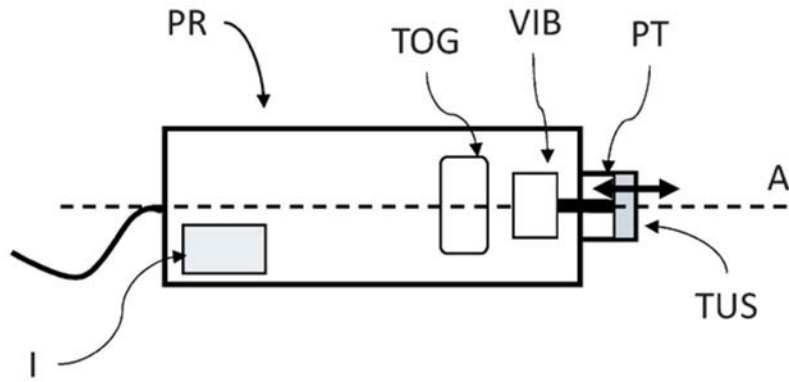


图5

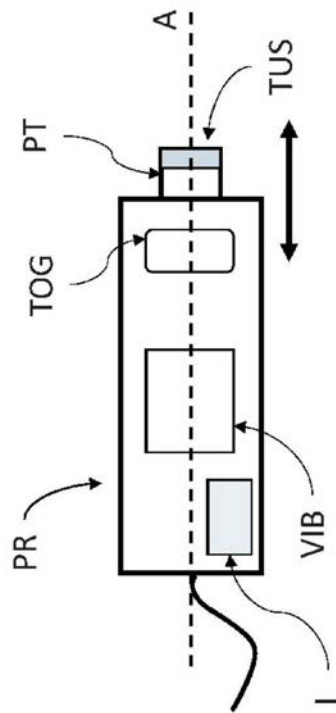


图6a

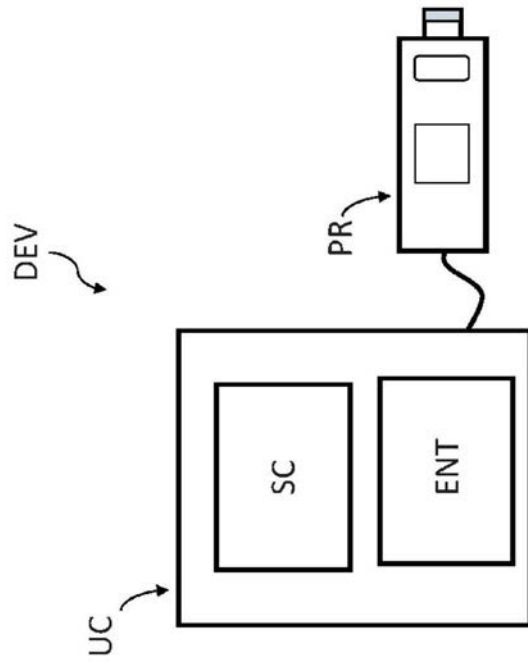


图6b

专利名称(译)	由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法、探头和用于实施该方法的装置		
公开(公告)号	CN110831505A	公开(公告)日	2020-02-21
申请号	CN201980003389.6	申请日	2019-02-26
[标]发明人	洛朗桑德兰 斯蒂芬奥迪尔		
发明人	洛朗·桑德兰 斯蒂芬·奥迪尔		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/00 G01S7/52		
CPC分类号	A61B8/08 A61B8/4444 A61B8/485 A61B8/54 G01S7/52042 G01S7/52071 G01S7/52073 G01S7/52079		
代理人(译)	王玉双		
优先权	2018051822 2018-03-02 FR		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种由谐波弹性成像引导的测量超声衰减参数的方法，包括以下步骤：使用包括在与粘弹性介质接触的探头中的振动器施加连续低频振动，所述连续低频振动在所述粘弹性介质内产生弹性波；和在所述弹性波的传播期间，使用与所述粘弹性介质接触的超声波换能器产生一连串超声波采集的步骤(CW)，所述一连串超声波采集包括超声波采集组，所述超声波采集组以重复率生成，每个超声波采集组包括至少一个采集；所述超声衰减参数是从在所述连续低频振动的施加期间实现的所述超声波采集组中测量的。

