

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 1 月 9 日 (09.01.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/006812 A1

- (51) 国际专利分类号:
A61B 8/08 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/099966
- (22) 国际申请日: 2018 年 8 月 10 日 (10.08.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201810738363.3 2018年7月6日 (06.07.2018) CN
- (71) 申请人: 深圳大学 (SHEN ZHEN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。
- (72) 发明人: 张新宇 (ZHANG, Xinyu); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060

(CN)。邵梦 (SHAO, Meng); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。
朱莹 (ZHU, Ying); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。陈昕 (CHEN, Xin); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。刁现芬 (DIAO, Xianfen); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。

(74) 代理人: 深圳鼎合诚知识产权代理有限公司 (DHC IP ATTORNEYS); 中国广东省深圳市福田区金田路与福华路交汇处现代国际大厦2201, Guangdong 518048 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING MECHANICAL PROPERTY PARAMETERS OF TISSUE

(54) 发明名称: 一种测量组织力学特性参数的方法及设备

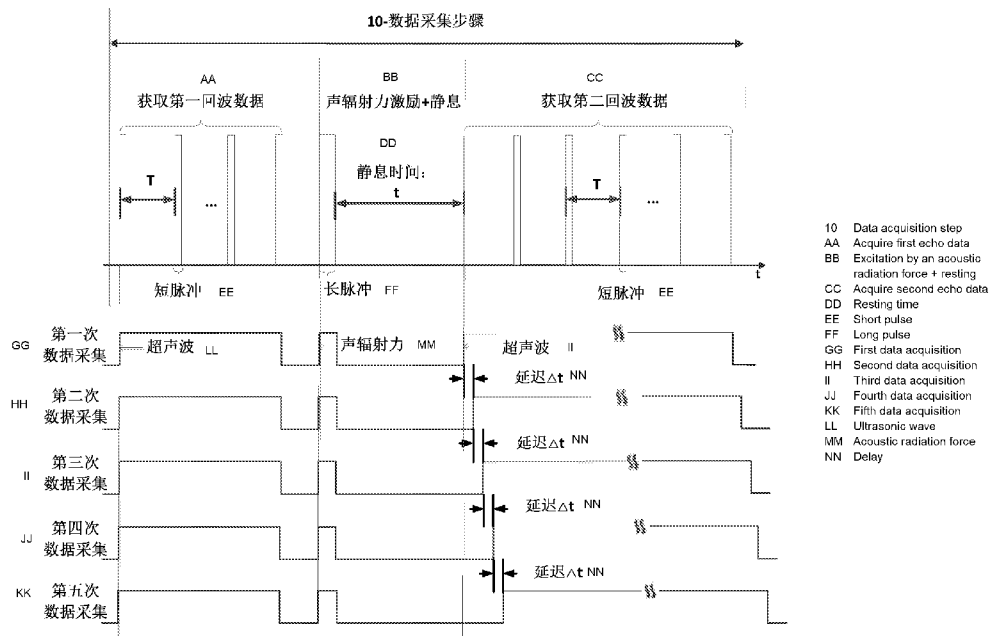


图 2

(57) Abstract: A method and a device (100) for measuring mechanical property parameters of tissue. A data acquisition step (10) is continuously performed multiple of times, said step comprising: controlling an ultrasonic probe (101) to transmit an ultrasonic wave to target tissue (108), and receiving an echo of the ultrasonic wave to obtain first echo data; controlling the ultrasound probe (101) to transmit a focusing acoustic beam to a region of interest of the target tissue (108), so as to generate a propagation of a strain wave; within a resting time after the focusing acoustic beam is transmitted, the ultrasound probe (101) not transmitting an ultrasound signal

CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

to and/or receiving an ultrasound signal from the target tissue (108); after the resting time ends, controlling the ultrasonic probe (101) to transmit an ultrasonic wave to the region of interest of the target tissue (108) again, and to receive the echo of the ultrasonic wave, so as to obtain second echo data. The mechanical property parameters of the target tissue (108) are calculated on the basis of multiple sets of first echo data and second echo data. By means of said method and device (100), the temporal resolution for measurement can be several times that of the single excitation detection method in the original technology, achieving accurate detection of wave velocity of a strain wave of biological soft tissue having high toughness.

(57) 摘要: 一种测量组织力学特性参数的方法及设备 (100)。通过连续多次进行数据采集步骤 (10), 包括: 控制超声探头 (101) 向目标组织 (108) 发射超声波, 接收超声波的回波从而得到第一回波数据; 控制超声探头 (101) 对目标组织 (108) 的感兴趣区域发射聚焦声束, 产生应变波的传播; 发射聚焦声束后的一段静息时间内, 超声探头 (101) 不对目标组织 (108) 发射和/或接收超声波信号; 静息时间结束后, 控制超声探头 (101) 再次向目标组织 (108) 的感兴趣区域发射超声波, 接收超声波的回波从而得到第二回波数据。基于多组第一回波数据和第二回波数据计算目标组织 (108) 的力学特性参数。通过这一方法和设备 (100), 测量时间分辨率可达到原有技术单次激励检测方法的数倍, 实现对硬度较大的生物软组织应变波波速的准确检测。

一种测量组织力学特性参数的方法及设备

技术领域

本发明涉及组织检测方法及系统，具体涉及一种测量组织力学特性参数的方法及设备。

背景技术

医学超声成像由于其具有实时、无辐射、价格低等优点，已经成为主流的医学成像手段之一，其中，以测量各种材料弹性等力学特性为主的超声弹性成像技术已经成为超声技术中一条庞大的分支。应变波（也称为弹性波）是一种只能在固体介质中传播、在传播过程中质点的振动方向和传播方向相互垂直的波型。因为传播介质的不同，当组织受到激励后将产生不同类型的应变波。在乳房、肝脏等纯弹性无限大的组织传播时，产生的应变波称为剪切波；应变波在薄板状的介质中传播时（例如血管壁、角膜、膀胱等），受到介质边界内反射的强烈影响，从而形成导波。弹性波在无限长薄板中的传播模式被命名为兰姆波。兰姆波已经被广泛地应用于导波在圆柱壳内传播的研究中。沿半无限弹性介质自由表面传播的应变波被称为瑞利波，它是横波和纵波叠加的效果，只能在固体表面传播。应变波（包括剪切波，兰姆波和瑞利波等）在组织中的传播特性与组织的密度，几何尺寸和力学特性有关。假设组织的密度已知，几何尺寸可测量，则可获得应变波传播特性和组织力学参数之间的解析表达式。基于应变波的超声弹性成像技术的基本原理，是通过超声系统发射声辐射力激励组织产生应变波，并通过超声技术记录组织的振动，进而测量应变波的传播特性。根据测得的应变波群速度，相速度，或者衰减系数，求解逆问题估计组织的力学参数（如弹性模量，粘性系数等），定量评估组织的各种力学特性。

超声剪切波弹性成像中跟踪组织振动过程，是计算应变波必不可少的一步。大多数技术采用超声探头聚焦产生声辐射力作用于组织，使其产生振动并传播。紧接着，控制同一个超声探头发射高帧率的平面波并获取回波信号。从接收到的回波信号中进行解调，得到振动源周围一系列点的振动位移曲线，由此计算应变波的传播特性参数。在这个过程中，

得到的振动位移曲线的时间分辨率取决于平面波发射的帧频。如平面波发射的帧频为 n fps, 则振动位移曲线的采样频率为 n Hz, 时间分辨率为 $1/n$ 秒。

平面波超声成像伴随着超高速超声成像技术的研究而随之出现, 相对于传统的超声多普勒成像系统, 平面波血流成像技术无需聚焦, 进行一次平行发射就可得到整幅图像, 大大提高了图像的帧率。发展至今, 平面波成像技术主要有单角度和多角度复合成像两种方式。

单角度平面波发射成像是声束垂直于换能器表面一次性发射并实现一次性回波接收, 接收的信号被称为射频(Radio Frequency, RF)信号, 回波信号的接收与发射方向相反, 即从组织反射到阵元表面, 使阵元振动并产生电信号, 模拟信号通过模拟—数字转化模块转换为数字信号被超声系统接收和存储, 经过对回波数据进行延迟叠加、相应的解调、包络提取等操作, 重建组织图像。多角度平面波复合成像算法通过改变换能器发射角度, 从多个角度获得同一成像目标的多幅超声成像图, 并将多幅图像叠加得到复合图像。平面波多角度复合成像可改善成像质量, 但是降低了成像的帧频, 适用于对帧频要求不高的应用场合。

单角度平面波成像往往用于对帧频有很高要求的测量中。它的帧间间隔 T_b 取决于纵波声速和探测深度, 即: $T_b = 2R/c$, 其中 c 为声速, R 为探测深度。帧频指成像系统每秒钟内可成像的帧数, 是帧间间隔的倒数。例如, 已知组织中的声速约为 1540m/s , 若检测 2cm 深处目标振动, 计算可得平面波发射的最小帧间间隔为 $\Delta T = 25\mu\text{s}$, 换言之, 平面波的极限帧频为 40Kfps 。假设超声探头阵元之间距离为 0.3mm , 即应变波传播路径上最近两个点的距离为 0.3mm , 如果应变波经过这两个点的时间有可以辨识的时间延迟, 理想情况下, 这两点的应变波的波峰至少相差一个最小帧间间隔, 根据 $V_g = 0.3\text{mm} / 25\mu\text{s} = 12\text{m/s}$, 可计算出该设置下能测量的最大剪切波速度 V_g 约为 12m/s 。

实际上, 受到超声声束的横向分辨率等因素的影响, 往往当应变波传播速度大于 10m/s 以上就测不准了。另一方面, 如果检测目标点的位置更深, 平面波往返所需要的时间更长, 则极限帧频将大大下降, 那么能分辨的应变波最大速度也大大降低。目前的研究报道中, 对于传播速度大于 10m/s 的应变波的检测鲜有报道。

实际上，硬度较大的组织，比如致密的巩膜，某些肿瘤，硬化血管等，应变波的传播速度也比较快，有时可超过 10m/s。对于这类的较硬软组织，现有的单角度平面波超快成像的帧频已经不足以获取准确计算波速所需的信息。

发明内容

本发明主要解决的技术问题是现有的单角度平面波超快成像的帧频已经不足以获取准确计算波速所需的信息，需要一种新的检测方法及设备，用于提高测量应变波传播的时间分辨率，有助于实现对硬度较大的生物软组织应变波波速等力学特性参数的准确检测。

根据第一方面，一种实施例中提供一种测量组织力学特性参数的方法，包括：数据采集步骤，包括：控制超声探头向目标组织的感兴趣区域发射超声波，接收超声波的回波从而得到第一回波数据；得到第一回波数据后，控制超声探头对目标组织的感兴趣区域发射聚焦声束，生成声辐射力激励组织振动，产生应变波的传播；超声探头在发射聚焦声束后的一段静息时间内，不对目标组织发射和/或接收超声波信号；静息时间结束后，控制超声探头再次向目标组织的感兴趣区域发射超声波，以对行经目标组织的应变波进行检测，接收超声波的回波从而得到第二回波数据；连续多次进行所述数据采集步骤，得到多组第一回波数据和第二回波数据；数据处理步骤，基于多组第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算感兴趣区域的力学特性参数。

根据第二方面，一种实施例中提供一种测量组织力学特性参数的设备，包括：超声探头，用于向目标组织的感兴趣区域发射超声波并接收超声波的回波；发射控制模块，用于进行数据采集，包括：控制超声探头向目标组织的感兴趣区域发射超声波，接收超声波的回波从而得到第一回波数据；得到第一回波数据后，控制超声探头对目标组织的感兴趣区域发射聚焦声束，生成声辐射力激励组织振动，产生应变波的传播；超声探头在发射聚焦声束后的一段静息时间内，不对目标组织发射和/或接收超声波信号；静息时间结束后，控制超声探头再次向目标组织的感兴趣区域发射超声波，以对行经目标组织的应变波进行检测，接收超声波的回波从而得到第二回波数据；连续多次进行所述数据采集步骤，

得到多组第一回波数据和第二回波数据；数据处理模块，用于基于多组第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算感兴趣区域的力学特性参数。

依据上述实施例的一种测量组织力学特性参数的方法及设备，通过多次激励融合检测方法，测量应变波传播的时间分辨率可达到原有技术单次激励检测方法的数倍，有助于实现对硬度较大的生物软组织的应变波波速的准确检测。

附图说明

图 1 为一种测量组织力学特性参数的设备结构示意图；

图 2 为一种实施例中连续多次对生物组织进行检测的数据采集步骤过程流程图；

图 3 为一种实施例中基于多组第一回波数据和第二回波数据解调得到的每个阵元下的位移曲线；

图 4 为一种实施例中基于多组第一回波数据和第二回波数据融合得到的位移曲线；

图 5 为一种实施例中基于多组第一回波数据和第二回波数据拟合得到的应变波群速度。

具体实施方式

下面通过具体实施方式结合附图对本发明作进一步详细说明。其中不同实施方式中类似元件采用了相关联的类似的元件标号。在以下的实施方式中，很多细节描述是为了使得本申请能被更好的理解。然而，本领域技术人员可以毫不费力的认识到，其中部分特征在不同情况下是可以省略的，或者可以由其他元件、材料、方法所替代。在某些情况下，本申请相关的一些操作并没有在说明书中显示或者描述，这是为了避免本申请的核心部分被过多的描述所淹没，而对于本领域技术人员而言，详细描述这些相关操作并不是必要的，他们根据说明书中的描述以及本领域的一般技术知识即可完整了解相关操作。

另外，说明书中所描述的特点、操作或者特征可以以任意适当的方式结合形成各种实施方式。同时，方法描述中的各步骤或者动作也可以

按照本领域技术人员所能显而易见的方式进行顺序调换或调整。因此，说明书和附图中的各种顺序只是为了清楚描述某一个实施例，并不意味着是必须的顺序，除非另有说明其中某个顺序是必须遵循的。

本文中为部件所编序号本身，例如“第一”、“第二”等，仅用于区分所描述的对象，不具有任何顺序或技术含义。而本申请所说“连接”、“联接”，如无特别说明，均包括直接和间接连接（联接）。

请参考图 1，一种测量组织力学特性参数的设备 100 的结构如图 1 所示，包括超声探头 101、发射控制模块 102、数据处理模块 105、显示模块 106 和存储器 107。在一具体实施例中，一种测量组织力学特性参数的设备 100 还包括发射和接收模块 103 和回波处理模块 104，发射控制模块 102 通过发射和接收模块 103 与超声探头 101 信号连接，超声探头 101 通过发射和接收模块 103 与回波处理模块 104 信号连接，回波处理模块 104 的输出端与数据处理模块 105 连接，数据处理模块 105 的输出端与显示模块 106 连接。存储器 107 与数据处理模块 105 连接。

超声探头 101 包括多个换能器，换能器也称为阵元，用于实现电脉冲信号和超声波的相互转换，从而实现向被检测生物组织（例如人体或动物体中的生物组织）108 发射超声波并接收组织反射回的超声回波。多个换能器可以排列成一排构成线阵，或排布成二维矩阵构成面阵，多个换能器也可以构成凸阵列。换能器可根据激励电信号发射超声波，或将接收的超声波变换为电信号。因此每个换能器可用于向感兴趣区域的生物组织发射超声波，也可用于接收经组织返回的超声波回波。在进行超声检测时，可通过发射序列和接收序列控制哪些换能器用于发射超声波，哪些换能器用于接收超声波，或者控制换能器分时隙用于发射超声波或接收超声回波。参与超声波发射的所有换能器可以被电信号同时激励，从而同时发射超声波；或者参与超声波发射的换能器也可以被具有一定时间间隔的若干电信号激励，从而持续发射具有一定时间间隔的超声波。

发射控制模块 102 用于产生发射序列，并将发射序列输出至超声探头，发射序列用于控制多个阵元的部分或者全部向感兴趣区域的生物组织发射超声波，发射序列还提供发射参数（例如超声波的幅度、频率、发波次数、发波角度、波型和/或聚焦位置等）。根据不同的用途，通过

调整发射参数可控制发射超声波的波型、发射方向和聚焦位置，超声波的波型可以是脉冲超声波、平面波等。

发射和接收模块 103 连接在超声探头和发射序列控制模块 102、回波处理模块 104 之间，用于根据将发射序列控制模块 102 的发射序列传输给超声探头 101，并将超声探头 101 接收的超声回波信号传输给回波处理模块 104。

回波处理模块 104 用于对超声回波信号进行处理，例如对超声回波信号进行滤波、放大、波束合成等处理，得到超声回波数据。在具体实施例中，回波处理模块 104 可以将超声回波数据输出给数据处理模块 105，也可以将超声回波数据先存储在存储器 107 中，在需要基于超声回波数据进行运算时，数据处理模块 105 从存储器 107 中读取超声回波数据。

存储器 107 用于存储数据和程序，程序可包括超声设备的系统程序、各种应用程序或实现各种具体功能的算法。

数据处理模块 105 用于获取超声回波数据，并采用相关算法得到需要的参数或图像。

数据处理模块 105 可根据超声回波数据生成超声图像，或根据超声回波数据得到力学特性数据，生成具有力学特性参数的图像。

显示模块 106 用于显示检测结果，例如超声图像、计算结果、图形图表或文字说明。

为了在组织内产生应变波，在一种实施例中，超声探头 101 还包括振动器，振动器可以设置在探头的壳体内，也可以设置在壳体外。振动器按照预定的频率进行振动，牵引表面的组织随其振动，利用组织之间的粘连，从而产生向组织深处传播的应变波。在另一实施例中，超声探头 101 通过发射超声波推动组织移动，利用组织之间的粘连，从而产生在组织内传播的应变波。

但不论通过哪种方式产生应变波，在检测应变波时，都需要超声探头持续发射一段时间的超声波并接收超声波的回波。

在本发明实施例中，将基于多次激励的高时间分辨率应变波振动检测和波速测量方法用于超声弹性检测中，实现对较硬的生物软组织的应变波振动进行检测，并对组织的力学特性参数进行准确测量。

在本发明实施例中，超声设备 100 用于进行组织力学特性参数检测

时，超声探头 101 包括可以进行超声 B 型成像的各种探头，例如：线阵探头、凸阵探头、相控阵探头、容积探头和瞬时弹性探头等。使用者将超声探头 101 与生物体表面 108 稳定接触，并通过发射控制模块 102 设定超声波发射参数，例如：设定发射频点、聚焦强度、聚焦位置、扫描范围、扫描时间等。

发射和接收模块 103 用于在发射和接收之间进行切换，当需要发射超声波时，发射和接收模块 103 切换到将发射控制模块 102 和超声探头 101 电连接的状态，使发射控制模块 102 将超声发射参数传送到超声探头 101，超声探头 101 在电激励下产生相应的超声波。当需要接收超声波的回波时，发射和接收模块 103 切换到将超声探头 101 和回波处理模块 104 电连接的状态，使得超声探头 101 将感应的超声回波信号转换成电信号后传送给回波处理模块 104。

实施例 1:

本实施例中包括:

步骤 10，数据采集步骤，请参考图 2，包括:

首先，控制超声探头向目标组织的感兴趣区域发射超声波，接收超声波的回波从而得到第一回波数据，第一回波数据包括多帧回波数据;

其次，得到第一回波数据后，控制超声探头对目标组织的感兴趣区域发射聚焦声束，生成声辐射力激励组织振动，产生应变波的传播;超声探头在发射聚焦声束后的一段静息时间内，保持静息，即:不对目标组织发射和/或接收超声波信号;

接着，静息时间结束后，控制超声探头再次向目标组织的感兴趣区域发射超声波，以对行经目标组织的应变波进行检测，接收超声波的回波从而得到第二回波数据;第二回波数据包括多帧回波数据;

连续多次进行所述数据采集步骤，得到多组第一回波数据和第二回波数据;在这个过程中，每次数据采集步骤中的静息时间都比上一次的静息时间有着相同的时间延迟 Δt ，如图 2 所示，当第一次数据采集步骤的第一静息时间是 t ，则第二次数据采集步骤的第二静息时间是 $t+\Delta t$ ，第三次数据采集步骤的第三静息时间是 $t+2\Delta t$ ，以此类推。当连续进行 K 次数据采集步骤时，静息时间之间的延迟 Δt =第二回波数据检测的超声波帧间间隔 T/K 。

步骤 20，数据处理步骤。具体是指基于多组第一回波数据和第二回

波数据中的多个数据计算感兴趣区域的力学特性参数。包括：对每组第一回波数据和第二回波数据的原始超声波回波数据进行解调，然后再将多组解调后的数据进行融合处理，得到组织的振动位移曲线，由位移曲线可以计算得到组织的力学特性参数。

实施例 2:

请参考图 1 和图 2 所示，在本实施例中，一种测量组织力学特性参数的设备 100，其中，超声探头 101 选用 128 阵元的线阵探头，激励最大电压为 70V，激励中心频率为 6.25MHz，数据采集的帧频为 20K fps。声辐射力使用 35 个振元聚焦，激励最大电压为 58V，激励的中心频率为 4MHz。使用该检测设备 100 进行组织力学特性参数测量的具体过程如下：

发射控制模块 102 通过发射接收模块 103 以平面波成像模式控制超声探头 101 向目标组织 108 的感兴趣区域发射超声波，回波处理模块 104 通过发射接收模块 103 以帧率 20KHz 对静态下的目标组织接收 10 帧回波信号，得到第一回波数据，在本实施例中，第一回波数据是由 10 帧平面波成像数据组成。

得到第一回波数据后，发射控制模块 102 通过发射接收模块 103 控制 35 个阵元聚焦产生声辐射力激励目标组织的感兴趣区域产生振动，并有应变波沿经振动方向传播，目标组织开始振动后，发射控制模块 102 控制发射接收模块 103 暂停对感兴趣区域进行外部激励，数据检测操作进入静息时间，在本实施例中，静息时间设定为 200 μ s。

如图 2 所示，当静息时间结束后，发射控制模块 102 通过发射接收模块 103 以平面波成像模式控制超声探头 101 向目标组织 108 的感兴趣区域发射超声波，以对行经目标组织的应变波进行检测，回波处理模块 104 通过发射接收模块 103 以帧率 20KHz 对静态下的目标组织接收 40 帧回波信号，得到第二回波数据，在本实施例中，第二回波数据是由 40 帧平面波成像数据组成。

如图 2 所示，测量设备 100 将上述数据采集操作连续进行 5 次，完成 5 组第一回波数据和第二回波数据的数据采集。其中，每次数据采集步骤中的静息时间都比上一次的静息时间有相同的时间延迟 Δt 。当连续进行 K 次数据采集步骤时，静息时间之间的延迟 Δt = 第二回波数据检测

的超声波帧间间隔 T/K 。在本实施例中，一共 5 次连续数据采集操作，平面波检测的帧间间隔为 $50\mu\text{s}$ ，则每次静息延迟时间 $\Delta t = 50/5 = 10\mu\text{s}$ ，则可以得到，本实施例中的第一静息时间为 $200\mu\text{s}$ ，第二静息时间为 $210\mu\text{s}$ ，第三静息时间为 $220\mu\text{s}$ ，第四静息时间为 $230\mu\text{s}$ ，第五静息时间为 $240\mu\text{s}$ 。

检测结束后，数据处理模块 105 对每次数据采集操作得到的第一采集数据和第二采集数据的结果进行解调，然后取出感兴趣区域的数据进行数据平滑去噪声处理，获取多通道组织振动位移信息，得到每个阵元下的组织位移曲线，采样时间间隔为 $50\mu\text{s}$ ，如图 3 所示；再将 5 次检测的结果进行融合处理，即：依次取出五次数据采集操作的第一个数据为前 5 个数据，然后取出五次数据采集操作的第二个数据依次排列.....最后取出五次数据采集操作的最后一个数据为合成数据的最后五个数据，由此将所有数据融合在一起，得到的位移曲线如图 4 所示，采样时间间隔为 $10\mu\text{s}$ ，即得到采样速率相当于 5 倍于原有采样速率的振动位移曲线，也就是说，得到了 5 倍于原有采样速率的检测时间分辨率；通过对所述检测结果的计算，可以准确获取组织振动的变形过程，并计算应变波的传播速度，如图 5 所示。由应变波速度可以定量估算出生物组织的力学特性参数。该方法可以解决现有单平面波检测技术帧频不足的问题，实现对组织更深位置检测点的测量。

以上应用了具体个例对本发明进行阐述，只是用于帮助理解本发明，并不用以限制本发明。对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，可以对上述具体实施方式的变化。

权 利 要 求

1. 一种测量组织力学特性参数的方法，其特征在于，包括：

数据采集步骤，包括：控制超声探头向目标组织的感兴趣区域发射超声波，接收超声波的回波从而得到第一回波数据；得到第一回波数据后，控制超声探头对目标组织的感兴趣区域发射聚焦声束，生成声辐射力激励组织振动，产生应变波的传播；超声探头在发射聚焦声束后的一段静息时间内，不对目标组织发射和/或接收超声波信号；静息时间结束后，控制超声探头再次向目标组织的感兴趣区域发射超声波，以对行经目标组织的应变波进行检测，接收超声波的回波从而得到第二回波数据；

连续多次进行所述数据采集步骤，得到多组第一回波数据和第二回波数据；

数据处理步骤，基于多组第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算感兴趣区域的力学特性参数。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述连续进行多次数据采集步骤过程中，每次的静息时间比上一次的静息时间长 Δt ；当连续进行 K 次数据采集步骤时， $\Delta t = \text{第二回波数据检测的超声波帧间间隔 } T / K$ 。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一回波数据和第二回波数据分别包括多帧回波信号。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述基于多组第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算感兴趣区域的力学特性参数，包括：对每组第一回波数据和第二回波数据的原始超声波回波数据进行解调，然后再将多组解调后的数据进行融合处理，计算组织的力学特性参数。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述将多组解调后的数据进行融合处理，计算组织的力学特性参数，包括：融合多组解调后的数据得到组织的位移曲线，由组织的位移曲线计算组织的力学特性参数。

6. 一种测量组织力学特性参数的设备，其特征在于包括：

超声探头，用于向目标组织的感兴趣区域发射超声波并接收超声波的回波；

发射控制模块，用于进行数据采集，包括：控制超声探头向目标组

织的感兴趣区域发射超声波，接收超声波的回波从而得到第一回波数据；得到第一回波数据后，控制超声探头对目标组织的感兴趣区域发射聚焦声束，生成声辐射力激励组织振动，产生应变波的传播；超声探头在发射聚焦声束后的一段静息时间内，不对目标组织发射和/或接收超声波信号；静息时间结束后，控制超声探头再次向目标组织的感兴趣区域发射超声波，以对行经目标组织的应变波进行检测，接收超声波的回波从而得到第二回波数据；

连续多次进行所述数据采集步骤，得到多组第一回波数据和第二回波数据；

数据处理模块，用于基于多组第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算感兴趣区域的力学特性参数。

7. 如权利要求 6 所述的设备，其特征在于包括：所述连续进行多次数据采集步骤过程中，每次的静息时间比上一次的静息时间长 Δt ；当连续进行 K 次数据采集步骤时， $\Delta t = \text{第二回波数据检测的超声波帧间间隔} T / K$ 。

8. 如权利要求 6 所述的设备，其特征在于，所述第一回波数据和第二回波数据分别包括多帧回波信号。

9. 如权利要求 6 所述的设备，其特征在于包括：所述基于多组第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算感兴趣区域的力学特性参数，包括：数据处理模块对每组第一回波数据和第二回波数据的原始回波数据进行解调，然后再将多组解调后的数据进行融合处理，计算组织的力学特性参数。

10. 如权利要求 9 所述的设备，其特征在于包括：所述将多组解调后的数据进行融合处理，计算组织的力学特性参数，包括：融合多组解调后的数据得到组织的位移曲线，由组织的位移曲线计算组织的力学特性参数。

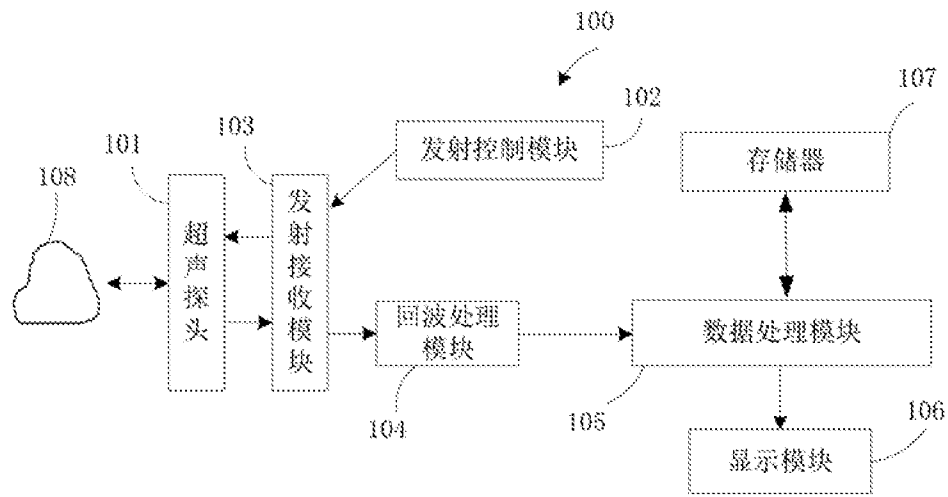


图 1

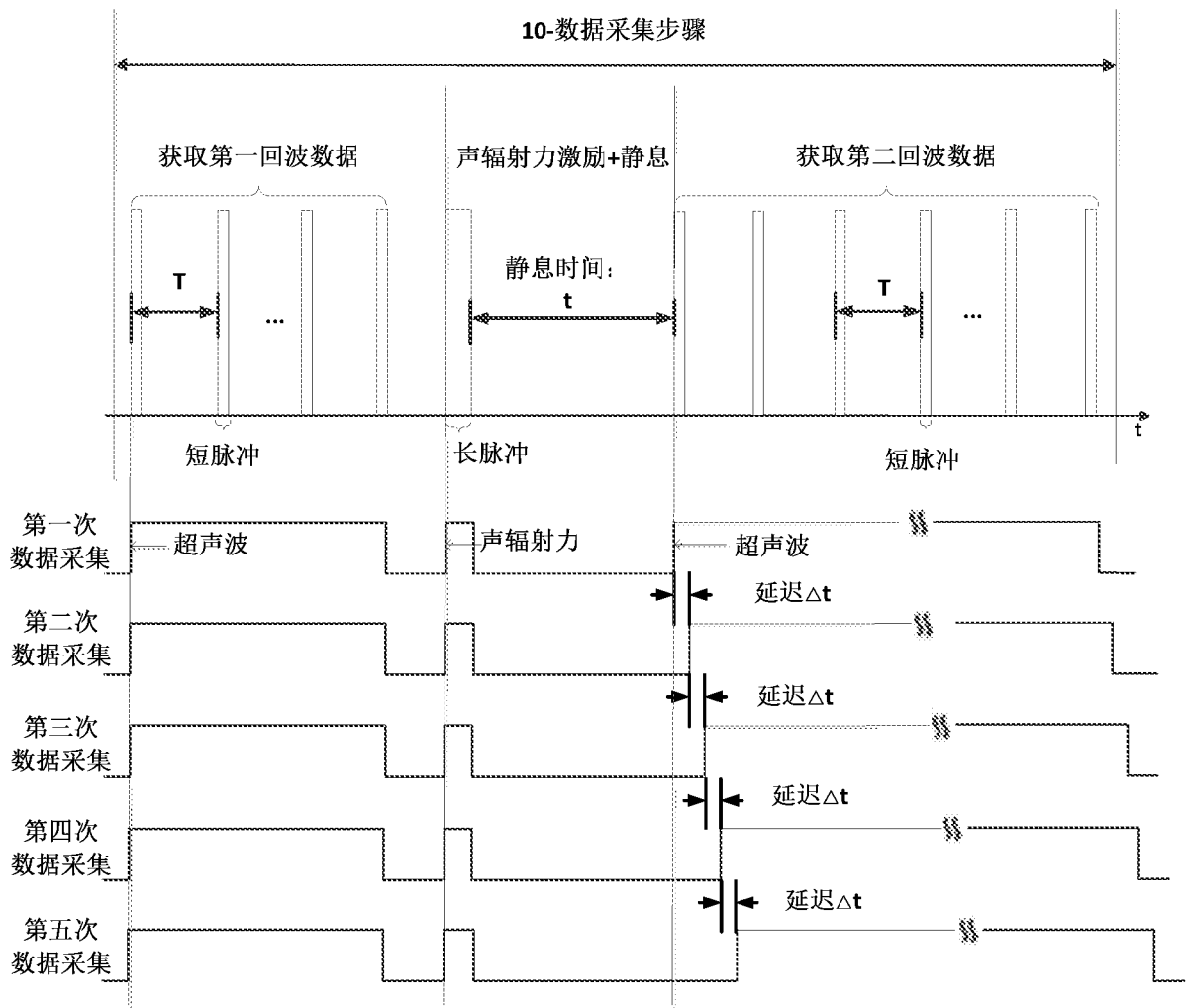


图 2

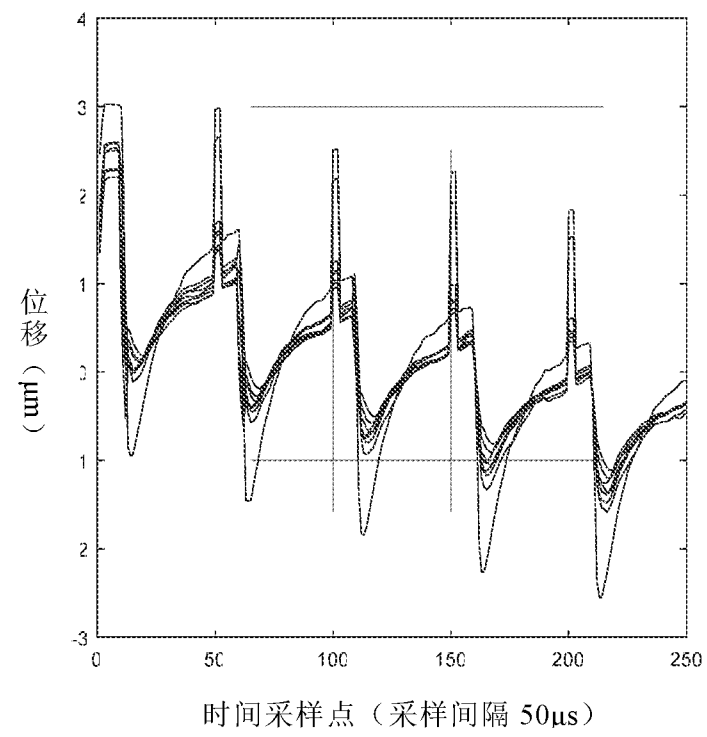


图 3

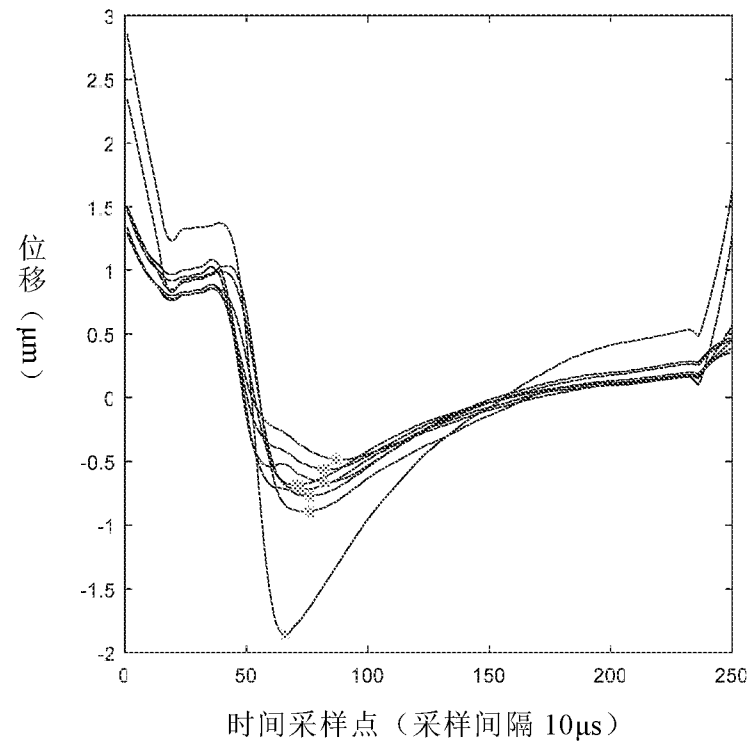


图 4

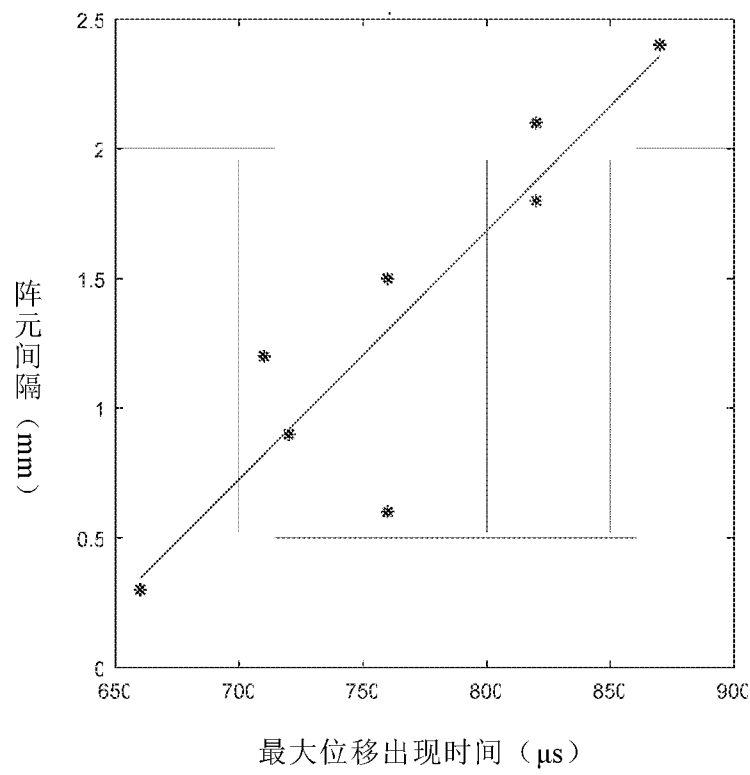


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/099966

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 8/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 8/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 张新宇, 深圳大学, 超声, 回波, 延迟, 累加, 累积, 增长, 时间, 分辨率, 敏感度, 应变波, 弹性波, 剪切波, 导波, 兰姆波, 瑞利, time, delay, increase, cumulate, delta, temporal, time, resolution, sensible, elastic, shear, lamb, relay

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ZHANG, Xinyu et al. "Noninvasive assessment of age-related stiffness of crystalline lenses in a rabbite model using ultrasound elastography" <i>BioMedical Engineering Online</i> , Vol. 17, 13 June 2018 (2018-06-13), p. 3, lines 27-33, p. 4, lines 1-22, p. 5, lines 14 and 15, and figures 2 and 3	1, 3-6, 8-10
A	郭燕荣 等 (GUO, Yanrong et al.). "基于剪切波频散超声振动技术的大鼠肝纤维化粘弹性测量 (Quantitative Measurement of Viscoelasticity of Hepatic Fibrosis in a Rat Model Using Shear Wave Dispersion Ultrasound Vibrometry)" <i>生物医学工程学进展 (Shanghai of Biomedical Engineering)</i> , Vol. 35, No. 2, 31 December 2014 (2014-12-31), pp. 71-77	1-10
A	US 5676147 A (ACUSON CORPORATION) 14 October 1997 (1997-10-14) entire document	1-10
A	CN 104302233 A (HITACHI ALOKA MEDICAL, LTD.) 21 January 2015 (2015-01-21) entire document	1-10
A	US 5763785 A (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 09 June 1998 (1998-06-09) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 March 2019

Date of mailing of the international search report

28 March 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/099966

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6083168 A (ACUSON CORPORATION) 04 July 2000 (2000-07-04) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/099966

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	5676147	A	14 October 1997	AU	6897996	A	27 March 1997
				US	5573001	A	12 November 1996
				WO	9708991	A1	13 March 1997
CN	104302233	A	21 January 2015	WO	2014136502	A1	12 September 2014
				EP	2965694	A1	13 January 2016
				US	2015173718	A1	25 June 2015
				JP	5753633	B2	22 July 2015
				US	9895137	B2	20 February 2018
				CN	104302233	B	12 October 2016
				JP	WO2014136502	A1	09 February 2017
US	5763785	A	09 June 1998	None			
US	6083168	A	04 July 2000	US	5873830	A	23 February 1999

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/099966

A. 主题的分类 A61B 8/08(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) A61B 8/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNKI, CNPAT, WPI, EPDOC: 张新宇, 深圳大学, 超声, 回波, 延迟, 累加, 累积, 增长, 时间, 分辨率, 敏感度, 应变波, 弹性波, 剪切波, 导波, 兰姆波, 瑞利, time, delay, increase, cumulate, delta, temporal, time, resolution, sensible, elastic, shear, lamb, relay																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>ZHANG, Xinyu 等. "Noninvasive assessment of age-related stiffness of crystalline lenses in a rabbit model using ultrasound elastography" BioMedical Engineering Online, 第17卷, 2018年 6月 13日 (2018 - 06 - 13), 第3页第27-33行、第4页1-22行、第5页14-15行, 图2-3</td> <td>1, 3-6, 8-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>郭燕荣 等. "基于剪切波频散超声振动技术的大鼠肝纤维化粘弹性测量" 《生物医学工程学进展》, 第35卷, 第2期, 2014年 12月 31日 (2014 - 12 - 31), 第71-77页</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5676147 A (ACUSON CORPORATION) 1997年 10月 14日 (1997 - 10 - 14) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104302233 A (日立阿洛卡医疗株式会社) 2015年 1月 21日 (2015 - 01 - 21) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5763785 A (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 1998年 6月 9日 (1998 - 06 - 09) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6083168 A (ACUSON CORPORATION) 2000年 7月 4日 (2000 - 07 - 04) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	ZHANG, Xinyu 等. "Noninvasive assessment of age-related stiffness of crystalline lenses in a rabbit model using ultrasound elastography" BioMedical Engineering Online, 第17卷, 2018年 6月 13日 (2018 - 06 - 13), 第3页第27-33行、第4页1-22行、第5页14-15行, 图2-3	1, 3-6, 8-10	A	郭燕荣 等. "基于剪切波频散超声振动技术的大鼠肝纤维化粘弹性测量" 《生物医学工程学进展》, 第35卷, 第2期, 2014年 12月 31日 (2014 - 12 - 31), 第71-77页	1-10	A	US 5676147 A (ACUSON CORPORATION) 1997年 10月 14日 (1997 - 10 - 14) 全文	1-10	A	CN 104302233 A (日立阿洛卡医疗株式会社) 2015年 1月 21日 (2015 - 01 - 21) 全文	1-10	A	US 5763785 A (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 1998年 6月 9日 (1998 - 06 - 09) 全文	1-10	A	US 6083168 A (ACUSON CORPORATION) 2000年 7月 4日 (2000 - 07 - 04) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	ZHANG, Xinyu 等. "Noninvasive assessment of age-related stiffness of crystalline lenses in a rabbit model using ultrasound elastography" BioMedical Engineering Online, 第17卷, 2018年 6月 13日 (2018 - 06 - 13), 第3页第27-33行、第4页1-22行、第5页14-15行, 图2-3	1, 3-6, 8-10																					
A	郭燕荣 等. "基于剪切波频散超声振动技术的大鼠肝纤维化粘弹性测量" 《生物医学工程学进展》, 第35卷, 第2期, 2014年 12月 31日 (2014 - 12 - 31), 第71-77页	1-10																					
A	US 5676147 A (ACUSON CORPORATION) 1997年 10月 14日 (1997 - 10 - 14) 全文	1-10																					
A	CN 104302233 A (日立阿洛卡医疗株式会社) 2015年 1月 21日 (2015 - 01 - 21) 全文	1-10																					
A	US 5763785 A (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 1998年 6月 9日 (1998 - 06 - 09) 全文	1-10																					
A	US 6083168 A (ACUSON CORPORATION) 2000年 7月 4日 (2000 - 07 - 04) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2019年 3月 13日		国际检索报告邮寄日期 2019年 3月 28日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 王京阳 电话号码 86-(10)-53962396																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/099966

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
US	5676147	A	1997年 10月 14日	AU	6897996	A	1997年 3月 27日
				US	5573001	A	1996年 11月 12日
				WO	9708991	A1	1997年 3月 13日
CN	104302233	A	2015年 1月 21日	WO	2014136502	A1	2014年 9月 12日
				EP	2965694	A1	2016年 1月 13日
				US	2015173718	A1	2015年 6月 25日
				JP	5753633	B2	2015年 7月 22日
				US	9895137	B2	2018年 2月 20日
				CN	104302233	B	2016年 10月 12日
				JP	W02014136502	A1	2017年 2月 9日
US	5763785	A	1998年 6月 9日	无			
US	6083168	A	2000年 7月 4日	US	5873830	A	1999年 2月 23日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)