



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110742644 A

(43)申请公布日 2020.02.04

(21)申请号 201910937429.6

(22)申请日 2019.09.29

(71)申请人 深圳大学

地址 518060 广东省深圳市南山区南海大道3688号

(72)发明人 林浩铭 胡雨阳 陈冕 陈昕
钱建庭 陈思平

(74)专利代理机构 北京睿邦知识产权代理事务
所(普通合伙) 11481

代理人 徐丁峰 戴亚南

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

A61B 5/05(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

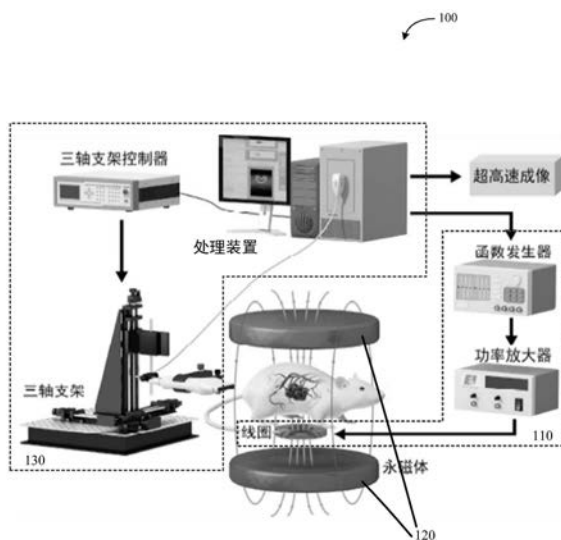
权利要求书3页 说明书13页 附图3页

(54)发明名称

弹性成像系统、弹性成像方法及存储介质

(57)摘要

本发明实施例提供一种弹性成像系统、弹性成像方法及存储介质。该系统包括：电流形成装置，用于对待测物体施加激励信号，以在待测物体的目标部位中形成动态电流；磁场生成装置，用于生成第一磁场，所述第一磁场用于与所述动态电流作用以在所述目标部位产生洛伦兹力；超声检测装置，用于利用超声波检测所述目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像，其中，所述剪切波由于所述目标部位在所述洛伦兹力的驱动下振动而形成。根据本发明实施例的弹性成像系统，剪切波的穿透深度以及剪切波的传播范围可以大幅度提高。



1. 一种弹性成像系统,包括:

电流形成装置,用于对待测物体施加激励信号,以在待测物体的目标部位中形成动态电流;

磁场生成装置,用于生成第一磁场,所述第一磁场用于与所述动态电流作用以在所述目标部位产生洛伦兹力;

超声检测装置,用于利用超声波检测所述目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像,其中,所述剪切波由于所述目标部位在所述洛伦兹力的驱动下振动而形成。

2. 如权利要求1所述的系统,其中,所述激励信号的变化频率大于或等于10赫兹并且小于或等于1000赫兹。

3. 如权利要求1所述的系统,其中,所述电流形成装置具体用于生成第二磁场,所述第二磁场是动态磁场,所述第二磁场用于作用在所述目标部位以在所述目标部位中形成感应涡流,其中,所述激励信号是所述动态磁场,所述动态电流是所述感应涡流。

4. 如权利要求3所述的系统,其中,所述电流形成装置包括:

信号发生装置,用于生成激励电信号;

激励线圈,与所述信号发生装置连接,用于接收所述激励电信号并生成对应的所述第二磁场。

5. 如权利要求4所述的系统,其中,所述激励电信号是包含一个或多个脉冲的脉冲电流信号或者是正弦电流信号。

6. 如权利要求4所述的系统,其中,所述激励线圈是单个线圈,所述单个线圈上方或下方存在用于放置所述目标部位的第一空间;或者

所述激励线圈是包括两个子线圈的亥姆霍兹线圈,所述两个子线圈中间存在用于放置所述目标部位的第二空间。

7. 如权利要求1至6任一项所述的系统,其中,所述电流形成装置与所述超声检测装置连接,

所述电流形成装置还用于向所述超声检测装置发送同步信号,所述同步信号用于指示所述激励信号的起始时刻。

8. 如权利要求7所述的系统,其中,所述超声检测装置具体用于:响应于所述同步信号的接收,向所述目标部位发射超声检测信号并接收对应的回波信号,基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像。

9. 如权利要求1至6任一项所述的系统,其中,所述超声检测装置包括相互连接的超声探头和处理装置,

所述超声探头用于向所述目标部位发射超声检测信号并接收对应的回波信号;

所述处理装置用于基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像。

10. 如权利要求9所述的系统,其中,所述激励信号具有一个或多个重复周期,所述回波信号包括与所述一个或多个重复周期一一对应的一个或多个回波信号段,

所述处理装置通过以下方式基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像:

基于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度,以获得一个或

多个速度估计结果；

基于所述一个或多个速度估计结果生成弹性分布图像。

11. 如权利要求10所述的系统,其中,在所述激励信号具有所述多个重复周期的情况下,所述激励信号在所有重复周期内均按照相同的规律变化,所述处理装置通过以下方式基于所述多个速度估计结果生成弹性分布图像:

对所述多个速度估计结果求平均,以获得平均速度估计结果;

基于所述平均速度估计结果生成所述弹性分布图像。

12. 如权利要求10所述的系统,其中,所述处理装置通过以下方式基于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度:

对于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段,

基于该回波信号段估计对应的总位移分布数据,并对所述总位移分布数据进行多角度空间滤波,以获得在多个角度中的每个角度下的位移分布数据;

对于所述目标部位中的每个感兴趣位置,

针对所述多个角度中的每个角度,基于在该角度下的位移分布数据估计在该角度下该感兴趣位置的剪切波速度;

基于在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度,以获得与该回波信号段相对应的速度估计结果。

13. 如权利要求12所述的系统,其中,所述处理装置通过以下方式基于在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度:

对在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度中的所有大于预设阈值的剪切波速度值求平均,以获得该感兴趣位置的总剪切波速度。

14. 如权利要求12所述的系统,其中,所述处理装置通过以下方式对所述总位移分布数据进行多角度空间滤波:

对所述总位移分布数据进行傅里叶变换,以获得经变换的总位移分布数据;

对于所述多个角度中的每个角度,

将所述经变换的总位移分布数据和与该角度相对应的掩膜相乘,以获得在该角度下的经变换的位移分布数据;

对在该角度下的经变换的位移分布数据进行傅里叶反变换,以获得在该角度下的位移分布数据。

15. 如权利要求1至6任一项所述的系统,其中,所述磁场发生装置包括永磁体对,所述永磁体对中间存在用于放置所述目标部位的第三空间;或者

所述磁场发生装置包括相互连接的线圈对和电源,所述线圈对中间存在用于放置所述目标部位的第四空间,其中,所述电源用于为所述线圈对供电以生成所述第二磁场。

16. 一种弹性成像方法,包括:

对待测物体施加激励信号,以在待测物体的目标部位中形成动态电流;

生成第一磁场,所述第一磁场用于与所述动态电流作用以在所述目标部位产生洛伦兹力;

利用超声波检测所述目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像,其中,所述剪切波由于所述目标部位在所述洛伦兹力的驱动下振动而形成。

17. 一种存储介质, 在所述存储介质上存储了程序指令, 所述程序指令在运行时用于执行:

利用超声波检测待测物体的目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像, 其中, 所述剪切波由于所述目标部位在洛伦兹力的驱动下振动而形成; 其中, 所述洛伦兹力通过以下方式获得: 对所述待测物体施加激励信号, 以在待测物体的目标部位中形成动态电流, 并生成第一磁场, 所述第一磁场用于与所述动态电流作用以在所述目标部位产生所述洛伦兹力。

弹性成像系统、弹性成像方法及存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及医学成像技术领域,更具体地涉及一种弹性成像系统、弹性成像方法及存储介质。

背景技术

[0002] 弹性成像是一种能直观显示软组织力学属性的成像方法,其关键的技术包括激励和检测组织运动的方式。弹性成像可以用多种方式来检测组织运动,例如超声、磁共振成像(MRI)、光学相干断层扫描(OCT)等,因此发展了多种弹性成像技术。其中,超声弹性成像发展时间最早,临床应用也最成熟。

[0003] 近年来,基于剪切波的超声弹性成像(可称为剪切波超声弹性成像)技术发展迅速,该方法能够检测软组织内局部的弹性特性,其基本原理是检测软组织在某种作用力下剪切波的传播,并根据剪切波的传播速度来计算软组织内部的弹性分布。瞬态弹性成像(Transient elastography,TE)、声辐射力脉冲成像(Acoustic radiation force impulse imaging,ARFI)和超音剪切成像(Supersonic shear imaging,SSI)技术都是基于剪切波的超声弹性成像技术。在这些技术中,TE是利用外部机械低频点振动方式激励组织振动,而ARFI和SSI都是基于声辐射力内部瞬态激励方式。以上这几种剪切波超声弹性成像技术具有无创快捷、操作简便、适合重复操作等优点。

[0004] 可是,目前商用的剪切波超声弹性成像方法仍然存在部分局限性。首先,从激励方法来看,无论是TE、ARFI还是SSI,都存在穿透深度有限的问题。对于比较肥胖的患者,现有技术往往会失效。为了提高对较深处肝脏的检测能力,可以选择的方法是提高发射激励脉冲的能量。可是,过高的发射能量可能对人身的安全造成威胁。

发明内容

[0005] 考虑到上述问题而提出了本发明。本发明提供了一种弹性成像系统、弹性成像方法及存储介质。

[0006] 根据本发明一方面,提供了一种弹性成像系统,包括:电流形成装置,用于对待测物体施加激励信号,以在待测物体的目标部位中形成动态电流;磁场生成装置,用于生成第一磁场,所述第一磁场用于与所述动态电流作用以在所述目标部位产生洛伦兹力;超声检测装置,用于利用超声波检测所述目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像,其中,所述剪切波由于所述目标部位在所述洛伦兹力的驱动下振动而形成。

[0007] 示例性地,所述激励信号的变化频率大于或等于10赫兹并且小于或等于1000赫兹。

[0008] 示例性地,所述电流形成装置具体用于生成第二磁场,所述第二磁场是动态磁场,所述第二磁场用于作用在所述目标部位以在所述目标部位中形成感应涡流,其中,所述激励信号是所述动态磁场,所述动态电流是所述感应涡流。

[0009] 示例性地,所述电流形成装置包括:信号发生装置,用于生成激励电信号;激励线

圈,与所述信号发生装置连接,用于接收所述激励电信号并生成对应的所述第二磁场。

[0010] 示例性地,所述激励电信号是包含一个或多个脉冲的脉冲电流信号或者是正弦电流信号。

[0011] 示例性地,所述激励线圈是单个线圈,所述单个线圈上方或下方存在用于放置所述目标部位的第一空间;或者所述激励线圈是包括两个子线圈的亥姆霍兹线圈,所述两个子线圈中间存在用于放置所述目标部位的第二空间。

[0012] 示例性地,所述电流形成装置与所述超声检测装置连接,所述电流形成装置还用于向所述超声检测装置发送同步信号,所述同步信号用于指示所述激励信号的起始时刻。

[0013] 示例性地,所述超声检测装置具体用于:响应于所述同步信号的接收,向所述目标部位发射超声检测信号并接收对应的回波信号,基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像。

[0014] 示例性地,所述超声检测装置包括相互连接的超声探头和处理装置,所述超声探头用于向所述目标部位发射超声检测信号并接收对应的回波信号;所述处理装置用于基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像。

[0015] 示例性地,所述激励信号具有一个或多个重复周期,所述回波信号包括与所述一个或多个重复周期一一对应的一个或多个回波信号段,所述处理装置通过以下方式基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像:基于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度,以获得一个或多个速度估计结果;基于所述一个或多个速度估计结果生成弹性分布图像。

[0016] 示例性地,在所述激励信号具有所述多个重复周期的情况下,所述激励信号在所有重复周期内均按照相同的规律变化,所述处理装置通过以下方式基于所述多个速度估计结果生成弹性分布图像:对所述多个速度估计结果求平均,以获得平均速度估计结果;基于所述平均速度估计结果生成所述弹性分布图像。

[0017] 示例性地,所述处理装置通过以下方式基于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度:对于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段,基于该回波信号段估计对应的总位移分布数据,并对所述总位移分布数据进行多角度空间滤波,以获得在多个角度中的每个角度下的位移分布数据;对于所述目标部位中的每个感兴趣位置,针对所述多个角度中的每个角度,基于在该角度下的位移分布数据估计在该角度下该感兴趣位置的剪切波速度;基于在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度,以获得与该回波信号段相对应的速度估计结果。

[0018] 示例性地,所述处理装置通过以下方式基于在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度:对在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度中的所有大于预设阈值的剪切波速度值求平均,以获得该感兴趣位置的总剪切波速度。

[0019] 示例性地,所述处理装置通过以下方式对所述总位移分布数据进行多角度空间滤波:对所述总位移分布数据进行傅里叶变换,以获得经变换的总位移分布数据;对于所述多个角度中的每个角度,将所述经变换的总位移分布数据和与该角度相对应的掩膜相乘,以获得在该角度下的经变换的位移分布数据;对在该角度下的经变换的位移分布数据进行傅里叶反变换,以获得在该角度下的位移分布数据。

[0020] 示例性地,所述磁场发生装置包括永磁体对,所述永磁体对中间存在用于放置所述目标部位的第三空间;或者所述磁场发生装置包括相互连接的线圈对和电源,所述线圈对中间存在用于放置所述目标部位的第四空间,其中,所述电源用于为所述线圈对供电以生成所述第二磁场。

[0021] 根据本发明另一方面,提供一种弹性成像方法,包括:对待测物体施加激励信号,以在待测物体的目标部位中形成动态电流;生成第一磁场,第一磁场用于与动态电流作用以在目标部位产生洛伦兹力;利用超声波检测目标部位的剪切波以对目标部位进行弹性成像,其中,剪切波由于目标部位在洛伦兹力的驱动下振动而形成。

[0022] 根据本发明另一方面,提供一种存储介质,在存储介质上存储了程序指令,程序指令在运行时用于执行:利用超声波检测待测物体的目标部位的剪切波以对目标部位进行弹性成像,其中,剪切波由于目标部位在洛伦兹力的驱动下振动而形成;其中,洛伦兹力通过以下方式获得:对待测物体施加激励信号,以在待测物体的目标部位中形成动态电流,并生成第一磁场,第一磁场用于与动态电流作用以在目标部位产生洛伦兹力。

[0023] 根据本发明实施例的弹性成像系统、弹性成像方法及存储介质,将洛伦兹力作为驱动源来驱动组织振动并形成剪切波,这种驱动方式不像现有技术那样容易受到声波衰减的影响,也不仅仅局限于体表振动,并且不再局限于某个局部区域,而是可以深入待测物体内部,驱动体内组织整体振动,因此剪切波的穿透深度以及剪切波的传播范围可以大幅度提高。

附图说明

[0024] 通过结合附图对本发明实施例进行更详细的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显。附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中,相同的参考标号通常代表相同部件或步骤。

[0025] 图1示出根据本发明一个实施例的弹性成像系统的示意图;

[0026] 图2示出根据本发明一个实施例的激励与检测脉冲的时序图;

[0027] 图3示出根据本发明一个实施例的八角度掩膜的示意图;

[0028] 图4示出根据本发明一个实施例的多角度空间滤波的示意图。

具体实施方式

[0029] 为了使得本发明的目的、技术方案和优点更为明显,下面将参照附图详细描述根据本发明的示例实施例。显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是本发明的全部实施例,应理解,本发明不受这里描述的示例实施例的限制。

[0030] 为了至少部分解决以上问题,本发明实施例提供一种新的弹性成像技术。该弹性成像技术通过利用洛伦兹力驱动组织振动的方式生成剪切波,与现有技术相比,这种方法可以提高剪切波穿透深度。

[0031] 下面,将参考图1描述根据本发明实施例的弹性成像系统。图1示出根据本发明一个实施例的弹性成像系统100的示意图。如图1所示,弹性成像系统100可以包括电流形成装置110、磁场发生装置120和超声检测装置130。需注意,图1所示的弹性成像系统仅是示例而

非对本发明的限制,本发明并不局限于图1所示的具体示例。例如,虽然图1示出磁场发生装置120为永磁体对,但是磁场发生装置120可以采用其他方式实现,这将在下文描述。又例如,虽然图1示出电流形成装置110包括功率放大器,但是该功率放大器是可选的,其可以省略。再例如,图1示出的电流形成装置110可以具有其他的实现方案,例如用注入电极取代激励线圈或者激励线圈用其他形式的线圈实现等。

[0032] 电流形成装置110用于对待测物体施加激励信号,以在待测物体的目标部位中形成动态电流。

[0033] 待测物体可以是任意物体,目标部位可以是待测物体上的任意部位。需理解,目标部位可以包括待测物体上的部分部位,也可以包括待测物体的全部部位(即包括待测物体整体)。

[0034] 电流形成装置110可以是任何合适的能够在目标部位形成动态电流的装置。例如,电流形成装置110可以是包含激励线圈的装置,也可以是包含注入电极的装置等,这些将在下文描述。在本文描述时,主要以采用激励线圈的实施例为主描述弹性成像系统100。

[0035] 示例性地,电流形成装置110具体可以用于生成第二磁场,第二磁场是动态磁场,第二磁场用于作用在目标部位以在目标部位中形成感应涡流,其中,激励信号是动态磁场,动态电流是感应涡流。

[0036] 可选地,电流形成装置110可以包括激励线圈等,通过为激励线圈供应动态电流来生成动态变化的第二磁场。可选地,电流形成装置110可以包括永磁体等,通过移动永磁体来生成动态变化的第二磁场。

[0037] 在一个示例中,电流形成装置110可以包括:信号发生装置,用于生成激励电信号;激励线圈,与信号发生装置连接,用于接收激励电信号并生成对应的第二磁场。

[0038] 激励电信号可以是任何合适的动态变化电信号,例如包含一个或多个脉冲的脉冲电流信号、或者正弦电流信号等。激励线圈在接收到激励电信号时,由于该电信号是变化的,因此可以生成变化的第二磁场。第二磁场的变化频率取决于激励电信号。典型地,第二磁场的变化频率与激励电信号的变化频率一致。

[0039] 在一个示例中,信号发生装置可以包括信号发生器和功率放大器,信号发生器用于生成初始电信号;功率放大器用于对初始电信号进行放大,以获得激励电信号。

[0040] 继续参考图1,其示出信号发生器(即函数发生器)和功率放大器。信号发生器可以输出所需形式的电信号。在一个实施例中,信号发生器可以输出包含单个脉冲的脉冲电流信号。在另一个实施例中,信号发生器可以输出包含多个脉冲的脉冲电流信号,例如方波信号。在又一个实施例中,信号发生器可以输出正弦电流信号或者其他形式的动态变化电信号。

[0041] 功率放大器可以是可选的,在信号发生器输出的初始电信号的大小满足要求,足够大的情况下,可以无需功率放大器,此时初始电信号即为所需的激励电信号。如果信号发生器输出的初始电信号的大小不够大,则可以采用功率放大器进行放大,放大后的信号为所需的激励电信号。

[0042] 磁场发生装置120用于生成第一磁场,第一磁场用于与动态电流作用以在目标部位产生洛伦兹力。

[0043] 在待测物体内部产生的动态电流与外部磁场(即第一磁场)的共同作用下,可以在

物体内部产生洛伦兹力,进而驱动物体组织振动产生剪切波。本领域技术人员能够理解洛伦兹力和剪切波的产生原理,本文不对此进行赘述。

[0044] 超声检测装置130用于利用超声波检测目标部位的剪切波以对目标部位进行弹性成像,其中,剪切波由于目标部位在洛伦兹力的驱动下振动而形成。

[0045] 超声检测装置130可以向待测物体发射超声波信号,对在目标部位的软组织中振动产生的剪切波进行检测。超声检测装置130可以采用任何现有的或将来可能出现的弹性成像方法对目标部位进行弹性成像,本发明不对此进行限制。

[0046] 示例性地,超声检测装置130可以用于向目标部位发射超声检测信号并接收对应的回波信号,并基于回波信号检测剪切波以对目标部位进行弹性成像。示例性地,超声检测装置130可以通过以下方式检测剪切波以对目标部位进行弹性成像:基于超声检测信号和回波信号计算目标部位的质点振速,基于该质点振速计算位移分布数据,并基于位移分布数据计算剪切波速度,进而获得弹性分布图像。示例性地,在本文描述的激励信号具有多个重复周期的实施例中,可以针对回波信号的每个回波信号段计算对应的质点振速和总位移分布数据,具体可以参见下文描述。

[0047] 继续参考图1,本发明中的弹性成像系统100主要包括激励系统和检测系统,其中,激励系统主要包括电流形成装置110和磁场发生装置120,电流形成装置110包括激励线圈、功率放大器和信号发生器,磁场发生装置120包括永磁体对。检测系统包括超声检测装置130,超声检测装置130包括三轴支架平台、三轴支架控制器、超声探头和处理装置。三轴支架平台和三轴支架控制器都是可选的,超声检测装置130可以不包括这两个装置。三轴支架平台起到固定超声探头的作用。三轴支架控制器用于控制三轴支架平台的操作,以间接控制超声探头的位置、角度等。

[0048] 下面描述图1所示的弹性成像系统100的示例性工作流程。首先,放置永磁体对,利用该永磁体对提供第一磁场,其为静磁场。随后,可以将激励线圈放置于第一磁场中,并将待测物体也放置于第一磁场中,且待测物体和激励线圈之间不相互接触。随后,可以调节待测物体的位置以使其靠近激励线圈,且使待测物体的中心与激励线圈中心基本一致。随后,由信号发生器发射一定频率的交变激励信号,该激励信号经功率放大器放大之后驱动激励线圈,使得激励线圈产生交变的动态磁场(即第二磁场),进而在待测物体内部产生感应涡流(即动态电流)。同时,超声探头可以发射超声检测信号,以对软组织中振动产生的剪切波进行检测。图2示出根据本发明一个实施例的激励与检测脉冲的时序图。

[0049] 根据本发明实施例的弹性成像系统,将洛伦兹力作为剪切波的激励源。与现有的剪切波超声弹性成像方法相比,本发明提供的弹性成像技术具有穿透深度深,剪切波传播区域大的优点。

[0050] 在基于声辐射力的剪切波激励方法中,产生声辐射力的声波受软组织衰减影响较大,在保证人体安全性的前提下,声辐射力穿透深度有限,导致剪切波穿透深度有限。在基于机械振子点振动的剪切波激励方法中,机械振子以点接触体表振动,从而驱动体内组织振动。此振动方法中由于体表与振动点接触面积有限,且剪切波衰减很快,使得剪切波的传播区域较小。总之,现有的超声弹性成像技术,基本都存在穿透深度有限、传播范围小等问题。

[0051] 而本发明中将洛伦兹力作为驱动源,这种驱动方式不像现有技术那样容易受到声

波衰减的影响,也不仅仅局限于体表振动,并且不再局限于某个局部区域,而是可以深入待测物体内部,驱动体内组织整体振动,因此剪切波的穿透深度以及剪切波的传播范围可以大幅度提高。

[0052] 此外,基于低频喇叭的剪切波激励方式,需要将低频振动器与待测物体充分耦合,而本方法中磁场发生装置无需与待测物体接触,也可以在物体内部产生振动进而产生剪切波传播。在电流形成装置包括激励线圈的实施例,电流形成装置也无需与待测物体接触,可以进一步为检测提供更高的自由度。

[0053] 根据本发明实施例,激励信号的变化频率大于或等于10赫兹(Hz)并且小于或等于1000Hz。例如,激励信号的变化频率可以为20Hz、50Hz、100Hz、300Hz、500Hz、800Hz,等等。相应地,在利用第二磁场生成动态电流的情况下,第二磁场的变化频率可以大于或等于10Hz并且小于或等于1000Hz。

[0054] 比较可取的是,采用低频激励信号来对待测物体实施激励。例如,第二磁场的变化频率可以是低频,例如几十至几百Hz。在基于声辐射力的剪切波激励方法中,产生声辐射力的声波频率一般在MHz级别,而本发明实施例采用低频激励信号,使得与现有技术相比,可以进一步降低信号衰减对激励的影响,因此,可以发射更长的激励脉冲,提高组织振动的幅度,从而有助于更好地检测弹性分布情况。

[0055] 根据本发明实施例,上述激励线圈是单个线圈,单个线圈上方或下方存在用于放置目标部位的第一空间;或者激励线圈是包括两个子线圈的亥姆霍兹线圈,两个子线圈中间存在用于放置目标部位的第二空间。

[0056] 虽然图1示出的激励线圈只有一个,但是这并非对本发明的限制,激励线圈可以有其他实现方式。示例性地,可以采取双线圈的方式组成亥姆霍兹线圈,并将其作为激励线圈使用,这样可以提高第二磁场的强度和空间均匀性。在采用亥姆霍兹线圈的情况下,放置待测物体时将其目标部位放置于两个子线圈中间。本领域技术人员可以理解亥姆霍兹线圈的实现方式及其工作原理,本文不做赘述。

[0057] 根据本发明实施例,电流形成装置110可以包括:信号发生装置,用于生成激励信号;注入电极,与信号发生装置连接,用于置于目标部位表面或目标部位内部,并用于将激励信号注入目标部位。

[0058] 如上所述,可以用注入电极取代激励线圈,将注入电极置于目标部位表面或目标部位内部,通过注入电极可以直接在目标部位内部产生动态电流,该电流与第一磁场作用,同样可以产生洛伦兹力。

[0059] 根据本发明实施例,电流形成装置110与超声检测装置130连接,超声检测装置130还可以用于控制电流形成装置110对待测物体施加激励信号。超声检测装置130可以向电流形成装置110输出指令,控制电流形成装置110输出激励信号的时间以及输出的激励信号的参数,所述参数例如是激励信号的变化波形、变化频率等。在超声检测装置130包括超声探头和处理装置的情况下,电流形成装置110可以与处理装置连接,可以由处理装置控制电流形成装置110对待测物体施加激励信号。

[0060] 根据本发明实施例,电流形成装置110与超声检测装置130连接,电流形成装置110还用于向超声检测装置130发送同步信号,同步信号用于指示激励信号的起始时刻。

[0061] 电流形成装置110向目标部位施加激励信号时,可以同时向超声检测装置130发送

同步信号,以使超声检测装置130获知激励信号何时开始。电流形成装置110通过同步信号通知超声检测装置130激励信号的起始时刻,方便超声检测装置130后续进行弹性成像时区分激励前和激励后的回波信号。

[0062] 在采用激励线圈或注入电极的实施例中,信号发生装置可以与超声检测装置130连接,信号发生装置可以用于向超声检测装置130发送上述同步信号。

[0063] 可选地,超声检测装置130可以在任何时刻发射超声检测信号,只要能够基于同步信号区分激励前和激励后的回波信号即可。

[0064] 示例性地,超声检测装置130具体可以用于:响应于同步信号的接收,向目标部位发射超声检测信号并接收对应的回波信号,基于回波信号计算剪切波参数,并基于剪切波参数对目标部位进行弹性成像。

[0065] 超声检测装置130可以在接收到同步信号时才发射超声检测信号,这样超声检测装置130可以直接将接收到同步信号之后接收到的回波信号作为包含剪切波信息的回波信号。

[0066] 根据本发明实施例,超声检测装置130可以包括相互连接的超声探头和处理装置,超声探头用于向目标部位发射超声检测信号并接收对应的回波信号;处理装置用于基于回波信号检测剪切波以对目标部位进行弹性成像。

[0067] 示例性地,处理装置可以进一步用于控制超声探头发射超声检测信号。示例性地,在信号发生装置发送同步信号的情况下,处理装置还可以进一步用于响应于同步信号的接收控制超声探头发射超声检测信号。

[0068] 处理装置可以采用任何合适的具有数据处理能力和/或指令执行能力的器件或设备实现。例如,处理装置可以采用个人计算机、移动终端、服务器等实现。处理装置还可以采用数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑阵列(PLA)、微处理器中的至少一种硬件形式来实现,处理装置可以是中央处理单元(CPU)、图像处理器(GPU)、专用的集成电路(ASIC)或者其它形式的处理单元中的一种或几种的组合。

[0069] 超声探头可以用同时具有超声波发射和接收功能的单个装置实现,也可以用分别具有超声波发射和接收功能的两个装置实现。例如,超声探头可以包括超声发射器和超声接收器,分别用于发射和接收超声波。

[0070] 根据本发明实施例,超声探头可以是多振源超声探头,例如128振源超声探头。现有的弹性成像技术通常采用单振源超声探头,需要围绕目标部位扫描一圈才能完成成像过程。而采用多振源超声探头的话,检测目标部位的切面时探头固定不动也可以检测到,这样检测过程不再需要繁琐的机械扫描,可以极大缩短成像时间。

[0071] 根据本发明实施例,激励信号具有一个或多个重复周期,回波信号包括与一个或多个重复周期一一对应的一个或多个回波信号段,处理装置可以通过以下方式基于回波信号检测剪切波以对目标部位进行弹性成像:基于一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度,以获得一个或多个速度估计结果;基于一个或多个速度估计结果生成弹性分布图像。

[0072] 在一个示例中,激励-检测的过程可以仅执行一次,激励信号可以视为仅有一个重复周期,但是在该周期中激励信号可以按照任意规律变化。在利用第二磁场生成动态电流的情况下,可以理解为第二磁场仅有一个重复周期,在该周期中第二磁场可以按照任意波

形变化。相应地,回波信号可以仅包括与该重复周期对应的一个回波信号段,可以直接基于该回波信号段计算速度估计结果并将该结果作为最终的速度估计结果。在采用激励线圈的实施例中,在这一次激励-检测的过程中,激励电信号的波形可以是任意的,例如其可以是具有预定周期的方波或正弦波电流信号。

[0073] 在另一个示例中,激励-检测的过程可以多次重复。重复周期可以按照需要设置,本文不对此进行限定。在本实施例中,不同重复周期的长度是一致的,激励信号在所有重复周期内均按照相同的规律变化。在利用第二磁场生成激励信号的情况下,可以理解为第二磁场在所有重复周期内均按照相同的波形变化。此时可以获得与多个重复周期一一对应的多个回波信号段,可以基于每个回波信号段计算速度估计结果,并综合所有速度估计结果来获得最终的速度估计结果。

[0074] 可选地,可以直接利用最终的速度估计结果来表示弹性分布并生成弹性分布图像,也可以将最终的速度估计结果转换成弹性模量分布结果再生成弹性分布图像。示例性地,处理装置可以通过以下方式基于一个或多个速度估计结果生成弹性分布图像:基于一个或多个速度估计结果获得最终速度估计结果(例如下述平均速度估计结果),基于最终速度估计结果计算弹性模量分布,基于弹性模量分布生成弹性分布图像。

[0075] 根据本发明实施例,在激励信号具有多个重复周期的情况下,激励信号在所有重复周期内均按照相同的规律变化,处理装置通过以下方式基于多个速度估计结果生成弹性分布图像:对多个速度估计结果求平均,以获得平均速度估计结果;基于平均速度估计结果生成弹性分布图像。

[0076] 在本实施例中,通过对多个速度估计结果求平均的方式来获得最终的速度估计结果。由于每次激励可能会产生同样的振动反应,将同样的振动反应进行平均,可以获得比较准确的振动分布,而噪声是随机的,有可能被平均掉。因此,通过多次重复执行激励-检测步骤,可以有效地减少噪声,提高弹性成像的准确率。

[0077] 示例性地,在激励与检测阶段,可以用同一激励信号持续激励,而检测分多次进行,即分时段发射超声检测信号并接收对应的回波信号,这样也可以分别针对每个时段获得一个速度估计结果,并进而综合多个速度估计结果获得最终的速度估计结果。当然,也可以激励信号持续激励,同时持续发射超声检测信号并接收对应的回波信号,在后续重建弹性图像时区分开每个重复周期对应的回波信号即可。

[0078] 根据本发明实施例,处理装置可以通过以下方式基于一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度:对于一个或多个回波信号段中的每个回波信号段,基于该回波信号段估计对应的总位移分布数据,并对总位移分布数据进行多角度空间滤波,以获得在多个角度中的每个角度下的位移分布数据;对于目标部位中的每个感兴趣位置,针对多个角度中的每个角度,基于在该角度下的位移分布数据估计在该角度下该感兴趣位置的剪切波速度;基于在多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度,以获得与该回波信号段相对应的速度估计结果。

[0079] 对于任一回波信号段,计算获得所有感兴趣位置的总剪切波速度,即可以获得与该回波信号段对应的速度估计结果。

[0080] 示例性地,超声检测装置130可以通过以下方式基于该回波信号段估计总位移分布数据:对该回波信号段进行信号解码,以获得相对应的解码后的回波信号段,并基于该解

码后的回波信号段估计总位移分布数据。可选地,基于解码后的回波信号段估计总位移分布数据可以通过多普勒估计方法,具体地可以通过自相关算法实现。

[0081] 在弹性成像方面,图像重建算法可以包括三个部分:信号解码、振动检测、弹性分布重建。信号解码可以包括解调等操作,例如将回波信号(具体来说为每个回波信号段)从载波带解调到基带,以获得解调后的回波信号(每个解调后的回波信号段)。

[0082] 对激励线圈施加激励电信号将在待测物体内部产生洛伦兹力,从而引起组织振动。当组织发生振动时,利用超高速超声成像技术,可以快速获取组织的回波信号,进而估计组织的振动情况。组织的振动位移(可以用位移分布数据表示)可以通过自相关算法求得。

[0083] 示例性地,可以首先基于超声检测信号和回波信号计算获得组织内部质点振动的速度(即质点振速)。随后,由于超声检测信号和回波信号之间的时间差是已知的,通过质点振速与时间差之积即可计算获得质点的位移,即获得位移分布数据。例如,在激励信号具有一个或多个重复周期的实施例中,回波信号包括与所述一个或多个重复周期一一对应的一个或多个回波信号段,超声检测信号也可以包括与所述一个或多个重复周期一一对应的一个或多个检测信号段。所述对于一个或多个回波信号段中的每个回波信号段,基于该回波信号段估计对应的总位移分布数据可以包括:通过自相关算法,基于该回波信号段以及与该回波信号段相对应的检测信号段计算质点振速,基于质点振速以及该回波信号段与对应的检测信号段之间的时间差计算质点的位移,以获得与该回波信号段对应的总位移分布数据。

[0084] 本领域技术人员可以理解估计组织振动位移的实现方式,本文不做赘述。

[0085] 由于洛伦兹力空间分布的复杂性,导致剪切波的传播也相对复杂。为了重建剪切波速度分布,进而重建弹性参数,可以对前述估计得到的振动位移场(可以理解为用位移分布数据表示的物理场)进行多角度空间滤波处理。

[0086] 示例性地,处理装置通过以下方式对总位移分布数据进行多角度空间滤波:对总位移分布数据进行傅里叶变换,以获得经变换的总位移分布数据;对于多个角度中的每个角度,将经变换的总位移分布数据和与该角度相对应的掩膜相乘,以获得在该角度下的经变换的位移分布数据;对在该角度下的经变换的位移分布数据进行傅里叶反变换,以获得在该角度下的位移分布数据。

[0087] 多角度空间滤波的处理方法具体如下:将估计得到的总位移分布数据进行三维(3D)傅立叶变换,将其从时间空间域(time-space domain)转换至频域波数域(frequency-wave domain)。然后根据感兴趣的剪切波传播方向,将频率波数域数据与各个角度相对应的掩膜相乘,从而抑制除对应角度以外的其他方向传播的剪切波。最后,通过傅立叶反变换的方法获得振动信号的时间空间域内的数据(各个角度下的位移分布数据)。以八角度方向滤波为例,掩膜的角度可以设定成 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° 。掩膜可以用二值(0和1)矩阵表示。参见图3,示出根据本发明一个实施例的八角度掩膜的示意图。图4示出根据本发明一个实施例的多角度空间滤波的示意图。可选地,对数据进行掩膜相乘计算前,可以为掩膜施加土耳其(Turkey)窗以防止频谱泄露。Turkey窗是可以加在掩膜上的窗函数,其作用是降低掩膜边界的值。

[0088] 示例性地,上述多个角度可以至少涵盖上下左右四个分量,同时角度越多结果越

精确。

[0089] 在进行所有角度的方向滤波之后,可以对空间局部(感兴趣位置)的剪切波速度进行估计。本领域技术人员可以理解,感兴趣位置指的是振动位移场的矩阵中的一个像素点,具体大小与该像素点所代表的空间大小有关。例如,对于目标部位中的每个感兴趣位置,依次针对各个角度滤波之后的振动位移场,运用波峰值渡越算法分别对剪切波沿水平方向(图4示出为侧向)和垂直方向(图4示出为轴向)的传播速度 V_x 和 V_y 进行估计,然后利用式(1)求解该角度下该感兴趣位置的剪切波速度 V 。

$$[0090] \quad V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (1)$$

[0091] 示例性地,处理装置可以通过以下方式基于在多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度:对在多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度中的所有大于预设阈值的剪切波速度值求平均,以获得该感兴趣位置的总剪切波速度。

[0092] 可选地,为了提高鲁棒性,可以设定预设阈值,将不在阈值范围内的剪切波速度值设为零,排除可能存在的异常剪切波速度值。例如,对于任一感兴趣位置,在求解所有角度下的剪切波速度值之后,对所有角度下不为零的剪切波速度值求平均,即可以求解得到该感兴趣位置处的总剪切波速度 V_s 。

[0093] 随后,可以利用式(2)求解任一感兴趣位置的弹性参数 μ 。基于所有感兴趣位置的弹性参数可以生成弹性分布图像。

$$[0094] \quad \mu = \rho V_s^2 \quad (2)$$

[0095] 根据本发明实施例,磁场发生装置120可以包括永磁体对,永磁体对中间存在用于放置目标部位的第三空间;或者磁场发生装置120可以包括相互连接的线圈对和电源,线圈对中间存在用于放置目标部位的第四空间,其中,电源用于为线圈对供电以生成第一磁场。

[0096] 比较可取的是,第一磁场实现为静磁场,其可以利用永磁体对生成。可选地,第一磁场的磁场强度可以低于1特斯拉(T)。

[0097] 可选地,也可以将第一磁场实现为动态磁场,例如交变电磁场。交变电磁场和动态电流相作用,也可以产生洛伦兹力以驱动组织运动,因此其也属于本发明的保护范围。静磁场一般产生0.5-0.6T的磁场,交变电磁场可以产生更大的磁场,更大的洛伦兹力,同样条件下可以产生更强的组织振动。

[0098] 示例性地,可以用两个线圈替换两个永磁体,用电源为两个线圈供电,来生成第一磁场。

[0099] 现有技术产生的剪切波都是集中在局部区域,传播距离非常有限,因此只能单点检测,为了形成二维图像,必须逐一对多点进行扫描。而根据本发明实施例的弹性成像系统由于传播范围的提高,无需像现有技术那样进行复杂的多点扫描,可以大大提高检测速度。

[0100] 本发明提供的电导率成像系统采用主动发射超声波的方式主动检测组织内部的振动,由于具有超声检测信号和对应的回波信号,使得组织内部质点振动的速度有可能计算出来而无需再通过假设获得。由于质点振速是实际的而非假设的,因此通过该质点振速可以进一步计算获得组织振动的位移(即位移分布数据),进而可以重建声源分布。这样,只需沿单一的、固定的方向发射和采集超声波就可以实现电导率重建,而无需如现有技术那样依次沿着多个方向进行圆周扫描,因此,本发明提供的电导率成像系统可以避免如现有

技术那样受到声特性变化的影响。

[0101] 根据本发明另一方面,提供一种弹性成像方法。该弹性成像方法包括:对待测物体施加激励信号,以在待测物体的目标部位中形成动态电流;生成第一磁场,所述第一磁场用于与所述动态电流作用以在所述目标部位产生洛伦兹力;利用超声波检测所述目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像,其中,所述剪切波由于所述目标部位在所述洛伦兹力的驱动下振动而形成。

[0102] 示例性地,所述激励信号的变化频率大于或等于10赫兹并且小于或等于1000赫兹。

[0103] 示例性地,所述对待测物体施加激励信号包括:生成第二磁场,所述第二磁场是动态磁场,所述第二磁场用于作用在所述目标部位以在所述目标部位中形成感应涡流,其中,所述激励信号是所述动态磁场,所述动态电流是所述感应涡流。

[0104] 示例性地,所述利用超声波检测所述目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像包括:向所述目标部位发射超声检测信号并接收对应的回波信号;基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像。

[0105] 示例性地,所述激励信号具有一个或多个重复周期,所述回波信号包括与所述一个或多个重复周期一一对应的一个或多个回波信号段,所述基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像包括:基于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度,以获得一个或多个速度估计结果;基于所述一个或多个速度估计结果生成弹性分布图像。

[0106] 示例性地,在所述激励信号具有所述多个重复周期的情况下,所述激励信号在所有重复周期内均按照相同的规律变化,所述基于所述多个速度估计结果生成弹性分布图像包括:对所述多个速度估计结果求平均,以获得平均速度估计结果;基于所述平均速度估计结果生成所述弹性分布图像。

[0107] 示例性地,所述基于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度包括:对于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段,基于该回波信号段估计对应的总位移分布数据,并对所述总位移分布数据进行多角度空间滤波,以获得在多个角度中的每个角度下的位移分布数据;对于所述目标部位中的每个感兴趣位置,针对所述多个角度中的每个角度,基于在该角度下的位移分布数据估计在该角度下该感兴趣位置的剪切波速度;基于在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度,以获得与该回波信号段相对应的速度估计结果。

[0108] 示例性地,所述基于在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度包括:对在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度中的所有大于预设阈值的剪切波速度值求平均,以获得该感兴趣位置的总剪切波速度。

[0109] 示例性地,所述对所述总位移分布数据进行多角度空间滤波包括:对所述总位移分布数据进行傅里叶变换,以获得经变换的总位移分布数据;对于所述多个角度中的每个角度,将所述经变换的总位移分布数据和与该角度相对应的掩膜相乘,以获得在该角度下的经变换的位移分布数据;对在该角度下的经变换的位移分布数据进行傅里叶反变换,以获得在该角度下的位移分布数据。

[0110] 根据本发明另一方面,还提供一种存储介质,所述存储介质例如可以包括智能电

话的存储卡、平板电脑的存储部件、个人计算机的硬盘、只读存储器 (ROM)、可擦除可编程只读存储器 (EPROM)、便携式紧致盘只读存储器 (CD-ROM)、USB 存储器、或者上述存储介质的任意组合。

[0111] 根据本发明实施例,在所述存储介质上存储了程序指令,所述程序指令在运行时用于执行:利用超声波检测待测物体的目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像,其中,所述剪切波由于所述目标部位在洛伦兹力的驱动下振动而形成;其中,所述洛伦兹力通过以下方式获得:对所述待测物体施加激励信号,以在待测物体的目标部位中形成动态电流,并生成第一磁场,所述第一磁场用于与所述动态电流作用以在所述目标部位产生所述洛伦兹力。

[0112] 示例性地,所述激励信号的变化频率大于或等于10赫兹并且小于或等于1000赫兹。

[0113] 示例性地,所述程序指令在运行时所用于执行的利用超声波检测所述目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像的步骤包括:获取在向所述目标部位发射超声检测信号时从所述目标部位接收的回波信号;基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像。

[0114] 示例性地,所述激励信号具有一个或多个重复周期,所述回波信号包括与所述一个或多个重复周期一一对应的一个或多个回波信号段,所述程序指令在运行时所用于执行的基于所述回波信号检测所述剪切波以对所述目标部位进行弹性成像的步骤包括:基于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度,以获得一个或多个速度估计结果;基于所述一个或多个速度估计结果生成弹性分布图像。

[0115] 示例性地,在所述激励信号具有所述多个重复周期的情况下,所述激励信号在所有重复周期内均按照相同的规律变化,所述程序指令在运行时所用于执行的基于所述多个速度估计结果生成弹性分布图像的步骤包括:对所述多个速度估计结果求平均,以获得平均速度估计结果;基于所述平均速度估计结果生成所述弹性分布图像。

[0116] 示例性地,所述程序指令在运行时所用于执行的基于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段估计剪切波速度的步骤包括:对于所述一个或多个回波信号段中的每个回波信号段,基于该回波信号段估计对应的总位移分布数据,并对所述总位移分布数据进行多角度空间滤波,以获得在多个角度中的每个角度下的位移分布数据;对于所述目标部位中的每个感兴趣位置,针对所述多个角度中的每个角度,基于在该角度下的位移分布数据估计在该角度下该感兴趣位置的剪切波速度;基于在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度,以获得与该回波信号段相对应的速度估计结果。

[0117] 示例性地,所述程序指令在运行时所用于执行的基于在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度计算该感兴趣位置的总剪切波速度的步骤包括:对在所述多个角度下该感兴趣位置的剪切波速度中的所有大于预设阈值的剪切波速度值求平均,以获得该感兴趣位置的总剪切波速度。

[0118] 示例性地,所述程序指令在运行时所用于执行的所述总位移分布数据进行多角度空间滤波的步骤包括:对所述总位移分布数据进行傅里叶变换,以获得经变换的总位移分布数据;对于所述多个角度中的每个角度,将所述经变换的总位移分布数据和与该角度

相对应的掩膜相乘,以获得在该角度下的经变换的位移分布数据;对在该角度下的经变换的位移分布数据进行傅里叶反变换,以获得在该角度下的位移分布数据。

[0119] 尽管这里已经参考附图描述了示例实施例,应理解上述示例实施例仅仅是示例性的,并且不意图将本发明的范围限制于此。本领域普通技术人员可以在其中进行各种改变和修改,而不偏离本发明的范围和精神。所有这些改变和修改意在包括在所附权利要求所要求的本发明的范围之内。

[0120] 在此处所提供的说明书中,说明了大量具体细节。然而,能够理解,本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。

[0121] 类似地,应当理解,为了精简本发明并帮助理解各个发明方面中的一个或多个,在对本发明的示例性实施例的描述中,本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而,并不应将该本发明的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如相应的权利要求书所反映的那样,其发明点在于可以用少于某个公开的单个实施例的所有特征的特征来解决相应的技术问题。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

[0122] 本领域的技术人员可以理解,除了特征之间相互排斥之外,可以采用任何组合对本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述,本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

[0123] 此外,本领域的技术人员能够理解,尽管在此所述的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征,但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。例如,在权利要求书中,所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。

[0124] 应该注意的是上述实施例对本发明进行说明而不是对本发明进行限制,并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。在权利要求中,不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。本发明可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中,这些装置中的若干个可以是通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

[0125] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式或对具体实施方式的说明,本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

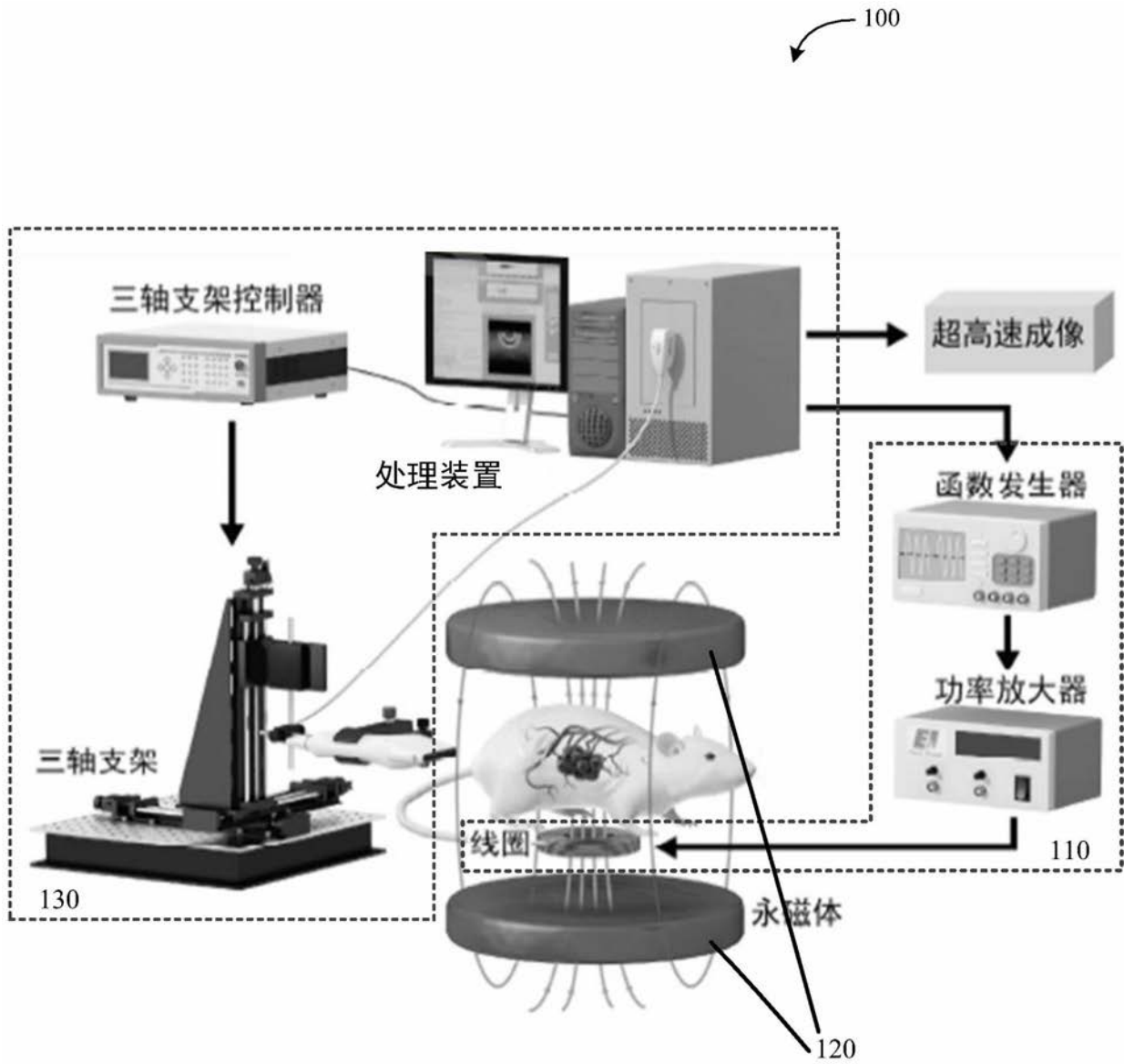


图1

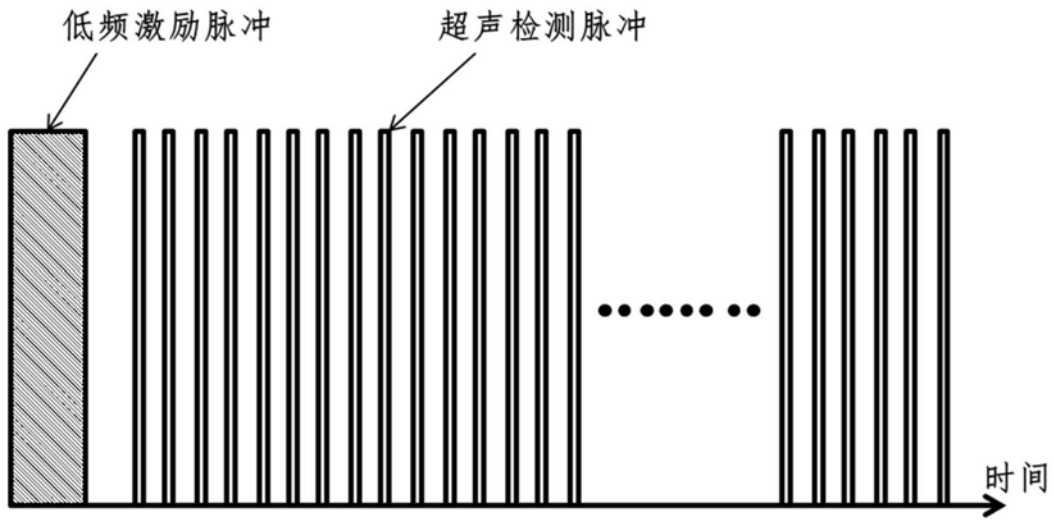


图2

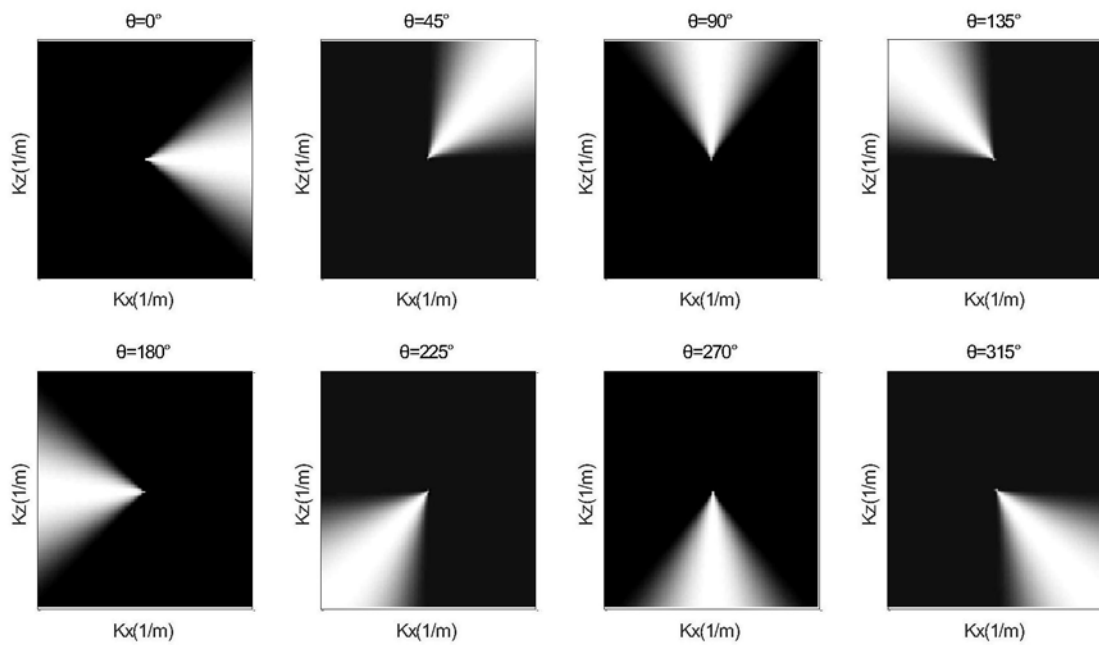


图3

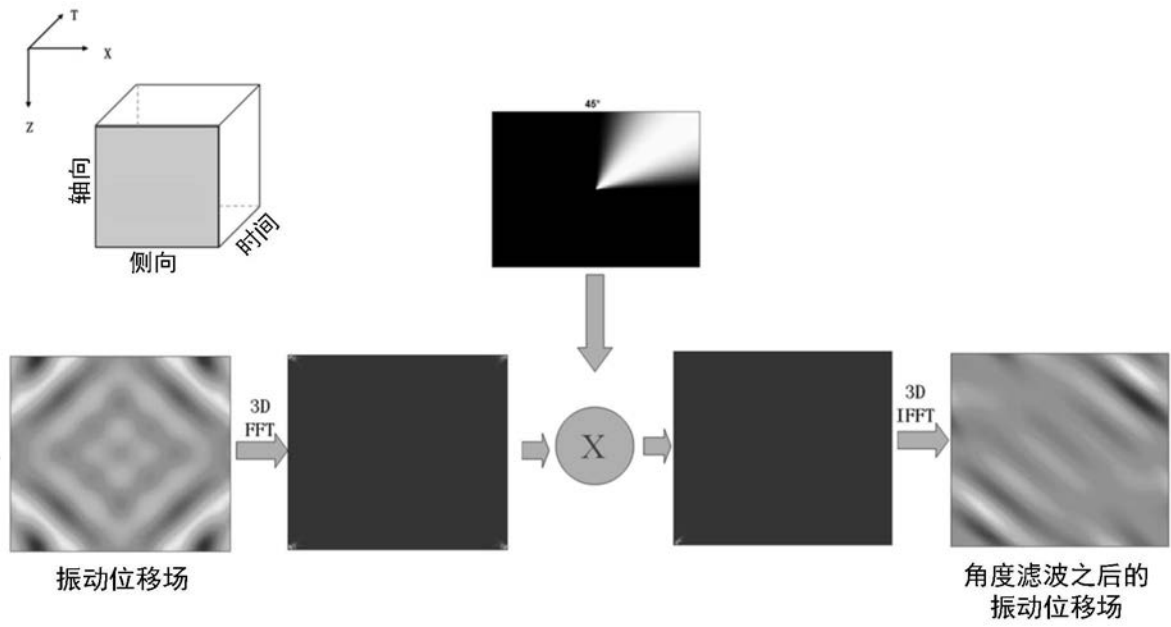


图4

专利名称(译)	弹性成像系统、弹性成像方法及存储介质		
公开(公告)号	CN110742644A	公开(公告)日	2020-02-04
申请号	CN201910937429.6	申请日	2019-09-29
[标]申请(专利权)人(译)	深圳大学		
申请(专利权)人(译)	深圳大学		
当前申请(专利权)人(译)	深圳大学		
[标]发明人	林浩铭 胡雨阳 陈冕 陈昕 钱建庭 陈思平		
发明人	林浩铭 胡雨阳 陈冕 陈昕 钱建庭 陈思平		
IPC分类号	A61B8/00 A61B5/05 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0093 A61B5/05 A61B8/485		
代理人(译)	戴亚南		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明实施例提供一种弹性成像系统、弹性成像方法及存储介质。该系统包括：电流形成装置，用于对待测物体施加激励信号，以在待测物体的目标部位中形成动态电流；磁场生成装置，用于生成第一磁场，所述第一磁场用于与所述动态电流作用以在所述目标部位产生洛伦兹力；超声检测装置，用于利用超声波检测所述目标部位的剪切波以对所述目标部位进行弹性成像，其中，所述剪切波由于所述目标部位在所述洛伦兹力的驱动下振动而形成。根据本发明实施例的弹性成像系统，剪切波的穿透深度以及剪切波的传播范围可以大幅度提高。

