



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102018533 B

(45) 授权公告日 2015. 02. 25

(21) 申请号 201010278462. 1

(22) 申请日 2010. 09. 10

(30) 优先权数据

61/241, 817 2009. 09. 11 US

(73) 专利权人 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南十二路迈瑞大厦

(72) 发明人 姚林鑫

(74) 专利代理机构 深圳鼎合诚知识产权代理有限公司 44281

代理人 郭燕

(51) Int. Cl.

A61B 8/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1343310 A, 2002. 04. 03, 全文.

US 5810731 A, 1998. 09. 22, 全文.

WO 2008/141220 A1, 2008. 11. 20, 全文.

Jérémy Bercoff 等. Supersonic Shear

Imaging: A New Technique for Soft Tissue Elasticity Mapping. 《IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL》. 2004, 第 51 卷 (第 4 期), 第 396-409 页.

审查员 初博

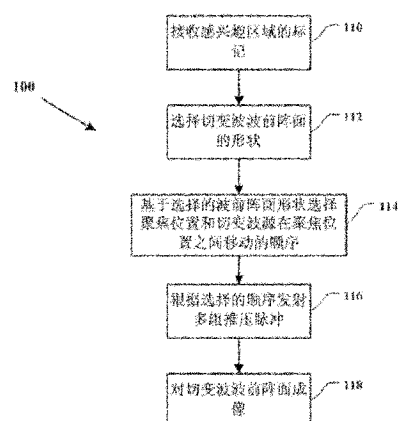
权利要求书3页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

一种横波组织成像的方法及其超声成像系统

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种横波组织成像的方法及其超声成像系统。该系统接收感兴趣区域的标记, 选择横波波前阵面的形状, 基于选择的波前阵面的形状选择多组推压脉冲的聚焦位置和在聚焦位置之间移动驱动波源的顺序。系统根据选择的顺序发射多组推压脉冲, 并检测产生的横波波前阵面传播通过感兴趣区域时的速度。该横波波前阵面速度的变化即反映出组织内硬度的变化。



1. 一种横波组织成像方法,其特征在于:包括:

接收组织内感兴趣区域的标记;

选择经过所述感兴趣区域的横波波前阵面的形状;

根据所述选择的横波波前阵面的形状,选择多个在组织中的聚焦位置和在所述选择的聚焦位置之间移动横波源的顺序;

按照所述选择的顺序,向组织发射多组超声推压脉冲,其中每组推压脉冲在所述选择的聚焦位置中的一个聚焦位置处产生各自的横波,当横波源在所述选择的聚焦位置之间移动时,所述各自产生的横波之间相互作用,产生具有所述选择的横波波前阵面形状的合成的横波;

对经过所述感兴趣区域的所述合成的横波的波前阵面进行成像。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述选择横波波前阵面的形状包括:选择可以提高感兴趣区域内横波强度的横波波前阵面形状作为选中的横波波前阵面形状。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:还包括:在组织中选择焦点,其中所述选择的横波波前阵面形状为以所述焦点为圆心的圆弧形。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述选择在聚焦位置之间移动横波源的顺序包括:使所述横波源在位于组织中深处的聚焦位置和浅处的聚焦位置之间交替移动,且同时向所述聚焦位置中的位于中间位置的聚焦位置移动。

5. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述选择多个在组织中的聚焦位置包括:沿着平行于所述超声推压脉冲的传播方向的直线定义所述多个聚焦位置。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于:所述向组织发射多组超声推压脉冲包括:发射聚焦于第一聚焦位置的第一组超声推压脉冲;

发射第一组超声推压脉冲后,延迟第二组超声推压脉冲的发射,延迟一延迟时间,所述第二组超声推压脉冲聚焦于第二聚焦位置,其中所述延迟时间等于第一传播时间与第二传播时间之间的差,其中所述第一传播时间为第一横波在第一聚焦位置和所述焦点之间传播的时间,所述第二传播时间为第二横波在第二聚焦位置和所述焦点之间的传播时间;

延迟所述延迟时间后,发射所述第二组超声推压脉冲。

7. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述选择多个在组织中的聚焦位置包括:沿组织中的曲线路径定义所述多个聚焦位置。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征在于:其中所述曲线路径基于使当以固定的频率发射多组超声推压脉冲时可以产生具有圆弧形波前阵面的合成的横波而定义。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于:所述选择多个在组织中的聚焦位置还包括:

定义所述圆弧形波前阵面形状的弧段;

在所述弧段上深度等于所述焦点在组织中的深度的第一深度位置定义第一聚焦位置;

在组织中的第二深度定义第二聚焦位置,且所述第二聚焦位置与所述弧段的距离相当于以固定频率发射多组超声推压脉冲时各组超声推压脉冲之间的传播延迟的距离。

10. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述选择多个在组织中的聚焦位置包括:沿着与所述超声推压脉冲的传播方向成一定角度的直线定义所述多个聚焦位置。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于:所述发射超声推压脉冲包括:在各自的时间分别发射多组超声推压脉冲,以使得所述合成的横波的波前阵面形状为平面。

12. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:还包括对一组或多组所述的发射的超声推压脉冲进行加权操作。

13. 一种横波组织成像的超声成像系统,其特征在于:包括:

处理器;

超声探头,所述超声探头包括电-声转换元件阵列;

横波子系统,所述横波子系统用于:

接收组织内感兴趣区域的标记;

选择经过所述感兴趣区域的横波波前阵面的形状;

根据所述选择的横波波前阵面的形状,选择多个在组织中的聚焦位置和在所述选择的聚焦位置之间移动横波源的顺序;

按照所述选择的顺序,向组织发射多组超声推压脉冲,其中每组推压脉冲在所述选择的聚焦位置中的一个聚焦位置处产生各自的横波,当横波源在所述选择的聚焦位置之间移动时,所述各自产生的横波之间相互作用,产生具有所述选择的横波波前阵面形状的合成的横波;

对经过所述感兴趣区域的所述合成的横波的波前阵面进行成像。

14. 如权利要求 13 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统选择可以提高感兴趣区域内横波强度的横波波前阵面形状作为选中的横波波前阵面形状。

15. 如权利要求 13 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统还在组织中选择焦点,其中所述选择的横波波前阵面形状为以所述焦点为圆心的圆弧形。

16. 如权利要求 15 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统按照使所述横波源在位于组织中深处的聚焦位置和浅处的聚焦位置之间交替移动,且同时向所述聚焦位置中的位于中间位置的聚焦位置移动的方式选择在聚焦位置之间移动横波源的顺序。

17. 如权利要求 16 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统通过沿着平行于所述超声推压脉冲的传播方向的直线定义所述多个聚焦位置的方式选择多个在组织中的聚焦位置。

18. 如权利要求 17 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统发射多组超声推压脉冲包括:

发射聚焦于第一聚焦位置的第一组超声推压脉冲;

发射第一组超声推压脉冲后,延迟第二组超声推压脉冲的发射,延迟一延迟时间,所述第二组超声推压脉冲聚焦于第二聚焦位置,其中所述延迟时间等于第一传播时间与第二传播时间之间的差,其中所述第一传播时间为第一横波在第一聚焦位置和所述焦点之间传播的时间,所述第二传播时间为第二横波在第二聚焦位置和所述焦点之间的传播时间;

延迟所述延迟时间后,发射所述第二组超声推压脉冲。

19. 如权利要求 15 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统通过沿组织中的曲线路径定义多个聚焦位置的方式选择多个在组织中的聚焦位置。

20. 如权利要求 19 所述的系统,其特征在于:其中所述曲线路径基于使当以固定的频率发射多组超声推压脉冲时可以产生具有圆弧形波前阵面的合成的横波而定义。

21. 如权利要求 20 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统选择多个在组织中的聚焦位置还包括:

定义所述圆弧形波前阵面形状的一个弧段;

在所述弧段上深度等于所述焦点在组织中的深度的第一深度位置定义第一聚焦位置;

在组织中的第二深度定义第二聚焦位置,且所述第二聚焦位置与所述弧段的距离相当于以固定频率发射多组超声推压脉冲时各组超声推压脉冲之间的传播延迟的距离。

22. 如权利要求 13 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统通过沿着与所述超声推压脉冲的传播方向成一定角度的直线定义所述多个聚焦位置的方式选择多个在组织中的聚焦位置。

23. 如权利要求 22 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统发射多组超声推压脉冲包括:在各自的时间分别发射多组超声推压脉冲,以使得所述合成的横波的波前阵面形状为平面。

24. 如权利要求 13 所述的系统,其特征在于:所述横波子系统还对一组或多组所述的发射的超声推压脉冲进行加权操作。

## 一种横波组织成像的方法及其超声成像系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及医用超声成像领域,特别涉及基于横波的组织成像方法及其系统。

### 背景技术

[0002] 确定组织的相对硬度可以用来诊断疾病和监测对疾病的治疗。常规的成像技术,比如常规的B模式超声成像技术并不能清楚地对硬化的病变或组织进行成像。这种硬化的病变或组织可以用手工的触诊进行诊断。但是,手工触诊的方法只能局限于可以用手接触到的组织,而对于生物体内较深处无法用手接触到的组织就无能为力了。因此,在超声成像领域中,需要发展能够对生物组织粘弹性或硬度成像的技术。

### 发明内容

[0003] 本发明的实施例公开了一种可以对生物组织内的粘弹性或硬度进行成像的超声横波组织成像方法及其超声成像系统。

[0004] 本发明实施例公开的技术方案包括:

[0005] 提供一种横波组织成像方法,其特征在于:包括:接收组织内感兴趣区域的标记;选择经过所述感兴趣区域的横波波前阵面的形状;根据所述选择的横波波前阵面的形状,选择多个在组织中的聚焦位置和在所述选择的聚焦位置之间移动横波源的顺序;按照所述选择的顺序,向组织发射多组超声推压脉冲,其中每组推压脉冲在所述选择的聚焦位置中的一个聚焦位置处产生各自的横波,当横波源在所述选择的聚焦位置之间移动时,所述各自产生的横波之间相互作用,产生具有所述选择的横波波前阵面形状的合成的横波;对经过所述感兴趣区域的所述合成的横波的波前阵面进行成像。

[0006] 本发明实施例还提供一种横波组织成像的超声成像系统,其特征在于:包括:处理器;超声探头,所述超声探头包括电-声转换元件阵列;横波子系统,所述横波子系统用于:接收组织内感兴趣区域的标记;选择经过所述感兴趣区域的横波波前阵面的形状;根据所述选择的横波波前阵面的形状,选择多个在组织中的聚焦位置和在所述选择的聚焦位置之间移动横波源的顺序;按照所述选择的顺序,向组织发射多组超声推压脉冲,其中每组推压脉冲在所述选择的聚焦位置中的一个聚焦位置处产生各自的横波,当横波源在所述选择的聚焦位置之间移动时,所述各自产生的横波之间相互作用,产生具有所述选择的横波波前阵面形状的合成的横波;对经过所述感兴趣区域的所述合成的横波的波前阵面进行成像。

[0007] 本发明实施例中,通过向选择的聚焦位置发射超声推压脉冲以在组织中产生横波,并按照选择的顺序在各个选择的聚焦位置中分别产生横波,各个聚焦位置产生的横波相互作用形成选择的形状的横波波前阵面,该横波波前阵面传播通过感兴趣区域,通过对此横波波前阵面进行成像,即可获得位于生物体内较深位置的不能用手直接接触的组织的硬度或粘弹性信息。

## 附图说明

[0008] 图 1 为本发明一实施例的用动态控制的横波波前阵面对生物组织的粘弹性进行成像的方法的流程图；

[0009] 图 2 为本发明一实施例的对生物组织的粘弹性进行成像的超声成像系统的结构框图；

[0010] 图 3 为本发明一实施例的用超声探头扫描软组织的扫描区域的示意图；

[0011] 图 4 为本发明一实施例的在生物组织内生成四个横波源的示意图；

[0012] 图 5 为本发明另一实施例的横波源顺序的示意图；

[0013] 图 6 为本发明另一实施例的横波源的示意图；

[0014] 图 7 为本发明另一实施例的产生平面波前阵面的横波源的示意图。

## 具体实施方式

[0015] 在本发明实施例的超声横波组织成像中,发射称为“推压脉冲”的超声波,这些推压脉冲在生物组织的内部聚焦。推压脉冲在组织内部通过声学力产生横波,此横波的传播方向相对于推压脉冲的传播方向是横向的。推压脉冲在组织内部的聚焦点在这里可以称为“横波源”。横波可以引起随时间变化的可测量的位移,而此位移与当前组织的粘弹性有关。

[0016] 较大的横波的强度可以使得组织产生较大的位移。因此,为了提高横波的强度,一种“超音速”横波组织成像技术使用了多组推压脉冲。发射的多组推压脉冲聚焦于组织内部的紧密排列的一系列位置。因此,横波源连续地从一个聚焦位置移动到另一个聚焦位置。通常,横波源从组织中较浅的位置向较深的位置移动,且移动速度大于横波的传播速度(约 2m/s)。换句话说,横波源以相对于横波传播速度的超音速的速度移动。多组推压脉冲的横波组合后的波的波前阵面形成一“超音速锥”。检测波前阵面随时间的变化可以确定当前横波的速度以及当前组织的特征。

[0017] 本发明实施例的方法和系统中,可以形成可控制的横波波前阵面,这种可控可以是指选择的聚焦位置,也可以包括可选的波前阵面形状和/或强度。本发明一个实施例中,一种横波组织成像的方法使用了超声成像系统产生的动态控制的横波波前阵面。此方法包括接收组织中感兴趣区域的标记以及选择通过此感兴趣区域的横波波前阵面的形状。在某些实施例中,选择横波波前阵面的形状的目的是为了提高感兴趣区域中的横波的强度。此方法还包括基于选择的横波波前阵面的形状,在组织中选择多个聚焦位置以及选择在选择的聚焦位置之间移动横波源的顺序。此方法还包括基于所选移动横波源的顺序,从超声探头向组织内部发射一系列的多组超声推压脉冲,每组推压脉冲在所选的聚焦位置中的一个聚焦位置产生各自的横波。当横波源在聚焦位置之间移动时,各自产生的横波之间相互作用,生成具有所选择的横波波前阵面形状的合成的横波。此方法还包括当此横波传播通过感兴趣区域时用超声探头对此横波进行成像。

[0018] 本发明一个实施例中,该方法还包括在组织内部选择一个焦点,其中选择的横波波前阵面形状为以此焦点为圆心的圆弧形。在此实施例中,选择移动横波源的顺序可以包括使横波源在位于组织中较深位置的聚焦位置和较浅位置的聚焦位置之间交替移动,且同时向这些聚焦位置中的位于中间位置的聚焦位置移动。

[0019] 选择的多个聚焦位置可以是沿着平行于推压脉冲传播方向的直线排列或定义。在

这样的实施例中,该横波组织成像方法可以包括发射聚焦于第一聚焦位置的第一组推压脉冲以及发射此第一组推压脉冲之后,延迟第二组推压脉冲的发射,延迟持续的时间称为“延迟时间”。此第二组推压脉冲聚焦于第二聚焦位置。其中该延迟时间等于第一传播时间和第二传播时间之间的差。其中第一传播时间为第一横波在第一聚焦位置和前述焦点之间传播的时间,而第二传播时间为第二横波在第二聚焦位置和前述焦点之间传播的时间。在此延迟后,此方法包括发射第二组推压脉冲。

[0020] 本发明另外一个实施例中,选择多个聚焦位置包括在组织中沿着曲线路径定义所述的多个聚焦位置。在此实施例中,此曲线路径可以是基于使当以固定的频率发射多组超声推压脉冲时可以产生具有圆弧形波前阵面的合成的横波而定义。选择多个聚焦位置可以包括定义圆弧形波前阵面形状的弧段;在弧段上深度等于所述焦点在组织中的深度的第一深度位置定义第一聚焦位置;在组织中第二深度且到弧段的距离相当于以固定频率发射多组超声推压脉冲时各组超声推压脉冲之间的传播延迟的距离的位置定义第二聚焦位置。

[0021] 在另外一实施例中,选择多个聚焦位置包括沿着与所述超声推压脉冲的传播方向成一定角度的直线定义所述多个聚焦位置。在此实施例中,该系列的推压脉冲组可以在各自的时间发射以使得横波波前阵面的形状为平面。

[0022] 在一些实施例中,接收感兴趣区域标记包括用超声成像系统生成组织的 B 模式超声图像,以及允许用户在 B 模式超声图像中设置标记来定义感兴趣区域。

[0023] 在一些实施例中,超声成像系统的波束合成器可以用来对发射的推压脉冲组进行加权。该波束合成器还可以用于将发射的推压脉冲组在离散的点、沿着某条线和 / 或在一组点或区域内聚焦。此外,或在其它的实施例中,该波束合成器还可以在有限衍射成像技术中使用。

[0024] 参考附图可以更好地理解本发明的各个实施例,其中相同的原件具有相同的标号。在后文的描述中,为了本发明的实施例能够被充分理解,提供了很多具体的细节描述和详细说明。但是,本领域内普通技术人员可以认识到,其中的某个或某些具体的细节是可以省略的,或者也可以使用其它的方法、元件或材料。在某些情况下,有些操作步骤没有进行详细描述。

[0025] 此外,本发明实施例中描述的技术特征或操作步骤可以按照任何合适的方式进行组合。本领域内普通技术人员容易理解,本发明实施例描述的方法中的步骤或动作的顺序是可以改变的。因此,除非另有说明要求一定的顺序,在附图或者详细描述中的任何顺序只是为了用作说明的目的,而不是必须的顺序。

[0026] 本发明的各实施例中可以包括各种步骤,这些步骤可以体现为可由通用或专用计算机(或其它电子设备)执行的机器可执行的指令。可选地,这些步骤可以由包括了用以执行这些步骤的特定逻辑电路的硬件元件执行或者由硬件、软件和 / 或固件联合执行。

[0027] 本发明实施例也可以作为包括计算机可读介质的计算机程序产品提供,计算机可读介质中存储了可以用以使计算机(或其它电子设备)执行前文描述的处理过程的指令。计算机可读介质包括但不限于硬盘、软盘、光盘、CD-ROM、ROM、RAM、EPROM、EEPROM、磁卡或光卡、固态存储器或其它种类的可以用来存储电子指令的介质 / 计算机可读介质。

[0028] 图 1 为根据本发明一个实施例的用动态控制的横波波前阵面对生物组织的粘弹性进行成像的成像方法 100 的流程图。成像方法 100 包括步骤 110,用于接收组织内感兴趣

区域的标记。感兴趣区域可以是由超声成像系统的用户选择的。成像方法 100 还包括步骤 112, 用于选择横波波前阵面的形状。在一些实施例中, 此横波波前阵面的形状由超声成像系统的用户选择; 在另外的一些实施例中, 超声成像系统可以基于感兴趣区域的标记自动选择横波波前阵面的形状, 而无需用户干预。例如, 超声成像系统可以基于标记的感兴趣区域的位置、尺寸、组织特征和 / 或其它特征从一系列预先确定的横波波前阵面形状中进行选择。

[0029] 成像方法 100 还包括步骤 114, 用于基于选择的横波波前阵面形状, 选择聚焦位置以及沿聚焦位置移动横波源的顺序。选择的横波波前阵面形状将由所述的选择的聚焦位置和横波源的移动顺序决定, 下文详述。在一些实施例中, 超声成像系统自动决定用以形成期望的波前阵面形状、强度、传播方向和 / 或其它横波特征的聚焦位置和横波源移动顺序, 而无需用户干预。此外, 或在其它实施例中, 用户可以选择聚焦位置中的至少一部分和 / 或横波源移动顺序的至少一部分。除了横波源在选择中的聚焦位置中移动的顺序之外, 还可以定义一些参数, 比如发射推压脉冲组之间的延时、各组推压脉冲的加权系数 (例如, 能量) 和 / 或每组推压脉冲的聚焦区域的尺寸。

[0030] 成像方法 100 还包括步骤 116, 用于根据选择的横波源移动顺序发射一系列的推压脉冲组。如前文所述, 这些推压脉冲组也可以是由波束合成器进行了加权的推压脉冲组。每组发射的推压脉冲各自在选择的聚焦位置中的一个聚焦位置处产生各自的横波。多个产生的横波之间在组织内相互作用 (例如, 通过正干涉), 产生具有所选择的形状的波前阵面的合成的横波。此方法还包括步骤 118, 用于对通过感兴趣区域的横波波前阵面进行成像。在一些实施例中, 超声成像系统使用邻近推压脉冲的跟踪波束来检测经过的横波波前阵面。从横波波前阵面的产生到检测到对应横波波前阵面的尖峰之间的时间间隔用来计算横波的速度。横波波前阵面的速度值与感兴趣区域内的组织的硬度有关。因此, 在本发明实施例中, 组织的硬度就可以量化并叠加到感兴趣区域的 B 模式超声图像上。

[0031] 图 2 为根据本发明一个实施例的横波组织成像的超声成像系统 200 的结构框图。此超声成像系统 200 包括主处理系统 210、显示超声图像的显示设备 212、用户控制模块 214、以及超声探头 216。用户控制模块 214 允许用户输入各种扫描参数和作出与期望的感兴趣区域和 / 或横波波前阵面相关的选择。用户控制模块 214 可以包括常规的硬件、系统软件和如键盘、手柄、鼠标和 / 或按键等的常用设备。

[0032] 主处理系统 210 可以包括电连接并联合工作的多个处理器 218, 比如微处理器或具有必要的系统软件 (例如, 操作系统) 的数字信号处理器。主处理系统 210 还包括发射控制电路 220、接收控制电路 222、切换电路 224、扫描变换器 226、存储器 228 和横波子系统 230。

[0033] 主处理系统 210 设置、调节和监视发射控制电路 220 的操作参数。发射控制电路 220 产生并传送电控制和驱动信号到超声探头 216。超声探头 216 包括电 - 声转换元件 232 (通常是压电材料, 比如压电陶瓷 (PZT)) 阵列。当一定频率的电信号加载到其上时, 该电 - 声转换元件 232 产生超声波。本发明实施例中, 该电 - 声转换元件 232 产生一系列的如前所述的超声推压脉冲。

[0034] 为了产生发射进入组织内部 (例如, 扫描区域 234) 的超声信号, 所有的或部分的电 - 声转换元件 232 被按给定的频率进行电激励, 每个电 - 声转换单元根据其在电 - 声转



换单元阵列中的相对位置具有各自的相位和时移,且产生的各超声信号的同相部分形成一相干发射波束 (Tx)。接收时通过选择延时,使得从期望的角度方向返回的回波信号可以相干地相加,而从其它角度方向返回的回波信号不能相干地相加从而被消除。加载到电-声转换单元 232 的激励信号的幅度可以改变(变迹),以控制获得的发射波束的宽度和抑制旁瓣。电-声转换单元阵列的孔径也可以改变,也就是说,激活的电-声转换单元(并不是所有的电-声转换单元通常都同时激活)的“宽度”可以改变,就像照相机的孔径可以改变以调节焦深和提供均匀的侧向分辨率一样。

[0035] 根据特定的信号包络来激励电-声转换单元 232 以对给定区域进行成像的各种方法被称为发射波束合成。通过改变发射的信号幅度和相位,发射波束不仅可以聚焦到特定的深度,还可以离轴传播,也就是说,发射波束的方向不与激活的电-声转换单元中位于中间位置的电-声转换单元垂直。例如,在图 2 中,发射波束的方向与电-声转换单元列 232 的表面有一夹角。各个发射信号的非同相部分之间趋向于相互抵消,发射波束在某一点深度处汇合,在此深度之外,发射波束再次分开。发射波束的方向在方位角/侧向方向 LAT 和厚度方向 EL 上偏离,在深度/轴向方向 AZ 聚焦,以将发射波束的能量集中于扫描区域 234 中期望的点,比如点 236。

[0036] 发射之后,切换控制电路 224 将超声探头 216 由发射模式切换到接收模式,使得从成像区域中的组织反射回电-声转换单元阵列 232 表面的超声回波可以使电-声转换单元 232 产生相应的电信号。但是,电-声转换单元阵列 232 中的任意一个电-声转换单元接收的超声回波都是从成像区域中所有位置反射回来的超声回波能量的叠加,而不管这些超声回波能量是来源于哪个电-声转换单元发射的超声波。一般情况下,每个电-声转换单元将接收所有参与形成发射波束的电-声转换单元发射的超声波带来的超声回波能量。因此,在接收模式下,每个电-声转换单元将产生一个随时间变化的信号,且这个信号随时间的变化在实际中与所有其它的电-声转换单元接收的信号随时间的变化都不相同。但是,反射的能量中同相部分是占主要地位的。接收波束合成器(图中未示出)确定并将所有当前激活的接收电-声转换单元接收到的目标的相干信号相加。

[0037] 压电元件阵列(电-声转换单元阵列)232 将超声回波信号引起的轻微的机械振动转换成相应的射频(RF)信号。然后,接收控制电路 222 对获得的射频信号进行放大和其它的常规的信号整形处理。这些处理包括为了识别对应扫描区域 234 中每个被扫描的单元的回波信号以及在每个通道形成接收波束所需的各种步骤。接收控制电路 222 还将超声的射频回波信号(通常为兆赫到数十兆赫量级)转换为低频的信号以供后续处理,其中接收控制电路 222 通常全部或部分与主处理系统 210 集成在一起。发射控制电路和接收控制电路(或者,就前述而言,发射波束合成器和接收波束合成器)并不是必须为单独的元件,而是其硬件和软件可以全部或部分地共用。

[0038] 在通常的 B 模式扫描中,扫描区域 234 中的每个点用强度(亮度)值来表示。因此,扫描区域 234 可以用亮度或信号强度值的离散模式(矩阵)描述,这些离散的亮度或强度值以帧数据的形式存储于存储器 228 中。在其它扫描模式中,比如多普勒成像模式,也生成并存储相应的值。

[0039] 横波子系统 230 允许超声成像系统 200 工作在横波模式。本发明实施例中,横波子系统 230 确定聚焦位置以及横波源在各聚焦位置中的移动顺序。此外,或在其它实施例

中,横波子系统 230 执行本文中所述的动态控制横波波前阵面相关的功能。从本文的描述中,技术人员可以理解,横波子系统 230 可以与超声成像系统 200 的其它元件结合。例如,本文中描述的至少部分横波子系统 230 的功能可以由处理器 218 完成。

[0040] 本发明一个实施例中,横波子系统 230 允许超声成像系统 200 的用户用在超声图像上设置感兴趣区域标记的方式定义用于测量的解剖位置。超声推压脉冲在此位置的侧面,并产生经过感兴趣区域的横波。在横波传播路径上发射灵敏度大于声波波长  $1/100$  的跟踪波束。跟踪波束连续发射,直到检测到经过的横波波前阵面。从横波的产生到检测到代表经过的横波波前阵面的尖峰之间的时间间隔用来计算横波的速度。为了保证测量的质量,可以在同一个空间位置进行多次测量以获得一个测量值。

[0041] 图 3 为本发明一个实施例中的说明超声探头 216 扫描一软组织扫描区域 234 的示意图。如图 3 所示,用户可以标记一个可能其软组织中存在硬区域 310 的感兴趣区域 300。超声探头 216 的电-声转换阵列 232 向标记的感兴趣区域 300 的侧面邻近位置发射超声推压脉冲 312。推压脉冲 312 产生横波 314,此横波 314 穿过感兴趣区域 300。当检测脉冲 316 与经过的横波 314 相互作用时,这种相互作用会显示出在某特定时间此横波的位置,使得可以用以计算横波的速度。横波的速度值与感兴趣区域 300 内组织的硬度有关。一些实施例中,横波波前阵面的形状可以动态控制,以提高感兴趣区域内的横波 314 的强度,从而提高测定该横波 314 的速度的能力。

[0042] 图 4 为本发明一个实施例的在组织内产生的四个横波源 S1、S2、S3、S4 的示意图。如前文所述,每个横波源 S1、S2、S3 或 S4 均由超声探头 216 发射的各自的推压脉冲组(图中未示出)产生。每组推压脉冲依次发射,并聚焦于对应于各自横波源 S1、S2、S3 或 S4 的聚焦位置。如图 4 所示,各组推压脉冲的聚焦位置从较浅位置处向较深位置处移动,且速度大于横波的传播速度(约  $2\text{m/s}$ )。例如,推压脉冲组可以以  $6\text{m/s}$  的速度从 S1 移动到 S2,然后从 S2 移动到 S3,从 S3 移动到 S4。因此,横波源 S1、S2、S3、S4 移动的速度大于横波的传播速度,本文中称之为“超音速”。其中“马赫数”为横波源 S1、S2、S3、S4 的移动速度与横波的传播速度的比值。从多个推压脉冲组的焦点传播的横波 412、414、416、418 联合形成的波前阵面 410 形成一“超音速锥”。随时间检测该波前阵面 410 可以确定横波的速度和当前组织的特征。

[0043] 本发明实施例中,波前阵面 410 的形状可以由用户或者超声成像系统选择。在图 4 的例子中,合成的横波的波前阵面为平面形状。此平面的波前阵面的倾斜角度可以通过颠倒横波源移动的顺序和/或改变横波源从一个聚焦位置移动到下一聚焦位置的速度而改变。但是,本发明实施例中,波前阵面 410 的形状可以通过重新排列推压脉冲聚焦位置的顺序和/或选择非线性的聚焦位置排列方式来选择性地变化。

[0044] 例如,图 5 为本发明一个实施例的在组织内生成的一系列横波源 S1、S2、S3、S4、S5 的示意图。图 5 的实施例中,选择的波前阵面的形状是圆弧形,以提高或最大化感兴趣区域 510 中的波前阵面 500 的强度。横波源 S1 和 S2 距离感兴趣区域相对较远,因此它们会早一些发射;S5 距离感兴趣区域最近,因此最后发射;所有横波源产生的横波因此可以同时到达感兴趣区域,以形成更强的波前阵面。圆弧形波前阵面 500 的圆心是焦点 P。本发明一个实施例中,用户可以选择焦点 P 的位置。在其它实施例中,超声成像系统可以基于感兴趣区域 510 的标记自动选择焦点 P 的位置。

[0045] 图 5 的实施例中,横波源 S1、S2、S3、S4、S5 沿着平行于超声探头 216 发射的推压脉冲的传播方向的直线 512 排列。直线 512 可以是垂直于超声探头 216 (如后文所述,本发明并未要求横波源的排列必须是按直线的,横波源如何排列可以根据期望产生的横波波前阵面的形状而定)。横波源在较深的聚焦位置和较浅的聚焦位置之间交替,并同时向中间的聚焦位置 (在 S5 处) 移动。换句话说,推压脉冲依次在各聚焦位置处产生横波源,首先在最浅的聚焦位置处 (S1 处),然后在最深的聚焦位置处 (S2 处),然后在次浅的聚焦位置处 (S3 处),然后在次深的聚焦位置处 (S4 处),然后在中间聚焦位置处 (S5 处)。根据本文中的描述,技术人员可以理解,其它的顺序也是可以的,包括首先从最深的聚焦位置处开始。

[0046] 本发明一个实施例中,发射各组推压脉冲的时间延时可以基于横波在横波源 S1、S2、S3、S4 或 S5 与焦点 P 之间传播的时间。例如,超声探头 216 可以发射聚焦于 S1 的第一组推压脉冲,然后延迟第一延迟时间。第一延迟时间等于第一横波 514 从 S1 处传播到焦点 P 处的第一传播时间与第二横波 516 从 S2 处传播到焦点 P 处的第二传播时间之间的差值。第一延迟时间后,超声探头 216 发射聚焦于 S2 处的第二组推压脉冲,然后延时第二延迟时间。

[0047] 类似地,第二延迟时间等于第二横波 516 从 S2 处传播到焦点 P 处的第二传播时间与第三横波 518 从 S3 处传播到焦点 P 处的第三传播时间之间的差值。第二延迟时间后,超声探头 216 发射聚焦于 S3 的第三组推压脉冲,然后延迟第三延迟时间。第三延迟时间等于第三横波 518 从 S3 处传播到焦点 P 处的第三传播时间与第四横波 520 从 S4 处传播到焦点 P 处的第四传播时间之间的差值。第三延迟时间后,超声探头 216 发射聚焦于 S4 的第四组推压脉冲,然后延迟第四延迟时间。第四延迟时间等于第四横波 520 从 S4 处传播到焦点 P 处的第四传播时间与第五横波 522 从 S5 处传播到焦点 P 处的第五传播时间之间的差值。第四延迟时间后,超声探头 216 发射聚焦于 S5 的第五组推压脉冲。

[0048] 各个横波 514、516、518、520、522 相互作用以形成以焦点 P 为圆心的圆形波前阵面 510。其中焦点 P 可以位于感兴趣区域之内,也可以位于感兴趣区域之外。通常,选择焦点 P 位于感兴趣区域后方,使得具有较高强度的横波波前阵面可以覆盖整个感兴趣区域。根据本文中的描述,普通技术人员可以理解,还可以形成其它形状的波前阵面。例如,一个或多个焦点可以用来形成基于椭圆、抛物线或双曲线的波前阵面。本发明实施例中,可以形成任何几何形状或非几何形状的波前阵面。

[0049] 根据本文的描述,本领域的技术人员能够理解,聚焦位置并不是必须要沿着直线排列。例如,图 6 为本发明另一实施例的在组织中产生的横波源 S1、S2、S3、S4、S5 的示意图。在本实施例中,聚焦位置基于推压脉冲发射的频率或选择的发射各推压脉冲组之间的时间延迟而排列。

[0050] 例如,推压脉冲组可以按照固定的频率发射,比如每 0.5ms 发射一组。如果横波的传播速度为大约 2m/s (2mm/ms),那么横波每 0.5ms 传播大约 1mm。在图 6 所示的实施例中,一系列表示期望的横波波前阵列的形状的圆弧 600、612、614、616 被以焦点 P 为圆心同心显示,焦点 P 位于选择的感兴趣区域 610 的外部。如图 5 所示的实施例一样,横波源在较深的聚焦位置和较浅的聚焦位置之间交替,并同时向中间的聚焦位置 (在 S5 处) 移动。为了形成穿过感兴趣区域 610 的期望的横波波前阵面形状,横波源 S5 位于圆弧 600 之上,且到超声探头 216 的距离相当于焦点 P 在组织中的深度;于是,横波源 S4 位于距离圆弧 600 的距

离为 1mm 处,横波源 S3 位于距离圆弧 600 的距离为 2mm 处,横波源 S2 位于距离圆弧 600 的距离为 3mm 处,横波源 S1 位于距离圆弧 600 的距离为 4mm 处。对于选择的横波源移动顺序,超声探头 216 在 0 时刻发射聚焦于 S1 的第一组推压脉冲,在 0.5ms 时刻发射聚焦于 S2 的第二组推压脉冲,在 1.0ms 时刻发射聚焦于 S3 的第三组推压脉冲,在 1.5ms 时刻发射聚焦于 S4 的第四组推压脉冲,在 2.0ms 时刻发射聚焦于 S5 的第五组推压脉冲。

[0051] 图 7 为本发明一个实施例的表示在组织内生成的可以形成平面波前阵面 700 的横波源 S1、S2、S3、S4、S5、S6 的示意图。本实施例中,横波源 S1、S2、S3、S4、S5、S6 沿着直线 710 设置,且直线 710 相对于超声探头 216 产生的推压脉冲的传播方向(箭头 714 所示)偏移一个角度  $\alpha$ 。本实施例中,角度  $\alpha$  基于横波的传播速度进行选择,以产生与超声探头 216 的发射表面垂直的平面横波波前阵面 700。横波源移动的顺序为从最浅的位置(S1)开始往组织内深处的位置移动,直到到达最深的位置(S6)。换句话说,超声探头 216 发射聚焦于 S1 的第一组推压脉冲,聚焦于 S2 的第二组推压脉冲,聚焦于 S3 的第三组推压脉冲,聚焦于 S4 的第四组推压脉冲,以及聚焦于 S5 的第五组推压脉冲。各组推压脉冲的发射时间根据沿直线 710 的各横波源 S1、S2、S3、S4、S5 的相对位置、各自的聚焦位置的深度和横波的传播速度进行计算。根据本文的描述,本领域内技术人员可以理解,还可以使发射的推压脉冲从最深聚焦位置向最浅聚焦位置移动,并向相反的方向倾斜直线 710,从而使得各组推压脉冲的发射顺序可以颠倒。而且,可以通过改变超声探头 216 发射推压脉冲组的频率和/或夹角  $\alpha$  使得横波波前阵面 700 倾斜。

[0052] 参考图 7,描述系统如何计算各个横波源 S1、S2、S3..... 所需的位置和生成时间的例子。在图 7 中,期望的波前阵面 700 表现为“垂直线”,也就是说,具有固定方位角的直线,在本例中,这些直线垂直于超声探头 216 的表面。令  $d_1$ 、 $d_2$  为选择的直线 710 上的横波源点 S1、S2 到最左侧的直线 700(如图 7 所示)的垂直距离,令  $V_s$  为横波在组织中的传播速度。因此,横波源 S1 产生的横波从选择的直线 710 传播到最左侧的直线 700 所需的时间为大约  $t_1 = d_1/V_s$ ,而横波源 S2 产生的横波从选择的直线 710 传播到最左侧的直线 700 所需的时间为大约  $t_2 = d_2/V_s$ 。为了使从 S1 和 S2 产生的两个横波可以同时到达最左侧的直线 700,横波源 S2 生成的时间因此需要比 S1 晚( $t_1-t_2$ )。用类似的计算方法可以计算其它的横波源 S3 到 S6 的生成时间。虽然本例中线 710 为直线,而且在许多情况下线 710 为直线更容易实现,因为这样不需要改变发射波束的方位角,但是本发明实施例中,并不要求线 710 必须为直线(如图 6 所示)。

[0053] 因此,本发明实施例并不局限于前述实施例所描述的横波波前阵面的形状、推压脉冲聚焦位置、延时、发射频率或描述的其它参数。通过合理选择横波源的位置、发射推压脉冲到选择的驱动波源位置的顺序以及发射各组推压脉冲之间的时间间隔,可以生成任意形状的横波波前阵面。这些选择可以基于感兴趣区域的位置和尺寸、推压脉冲在组织中的传播速度、横波在组织中的传播速度和/或当其传播通过感兴趣区域时期望的横波波前阵面强度进行选择。

[0054] 本领域内普通技术人员可以理解,在不违背本发明基本原理的基础上,前述各实施例描述的许多细节可以加以改变。这些变换只要未背离本发明的精神,都应在本发明的保护范围之内。此外,以上多处所述的“一个实施例”或“另一实施例”等表示不同的实施例,当然也可以将其全部或部分结合在一个实施例中。

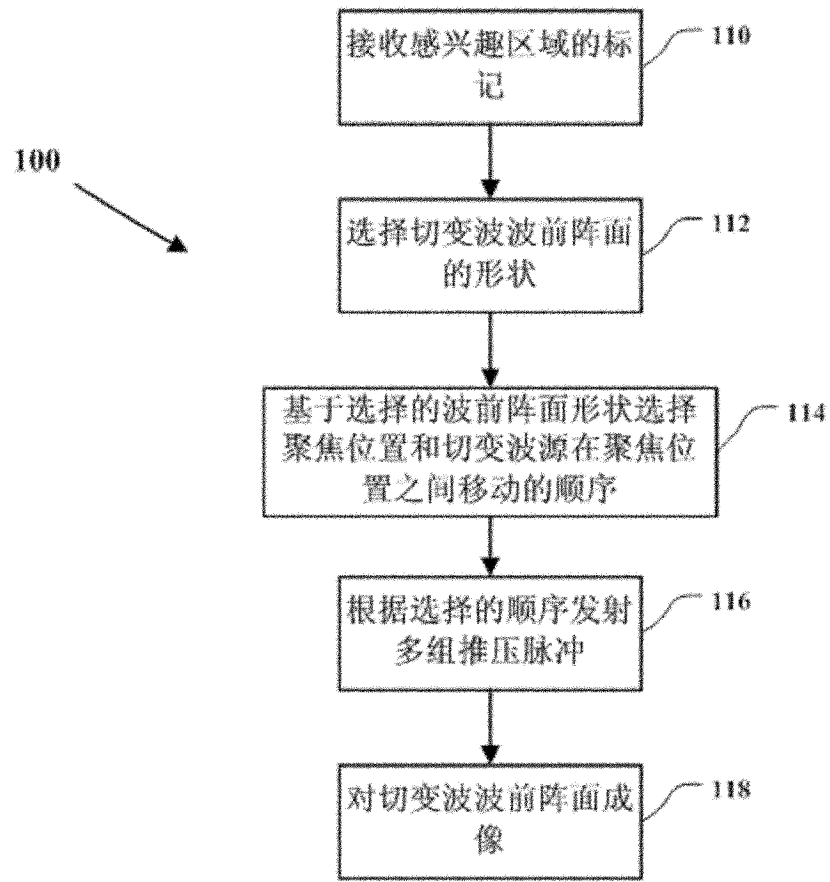


图 1

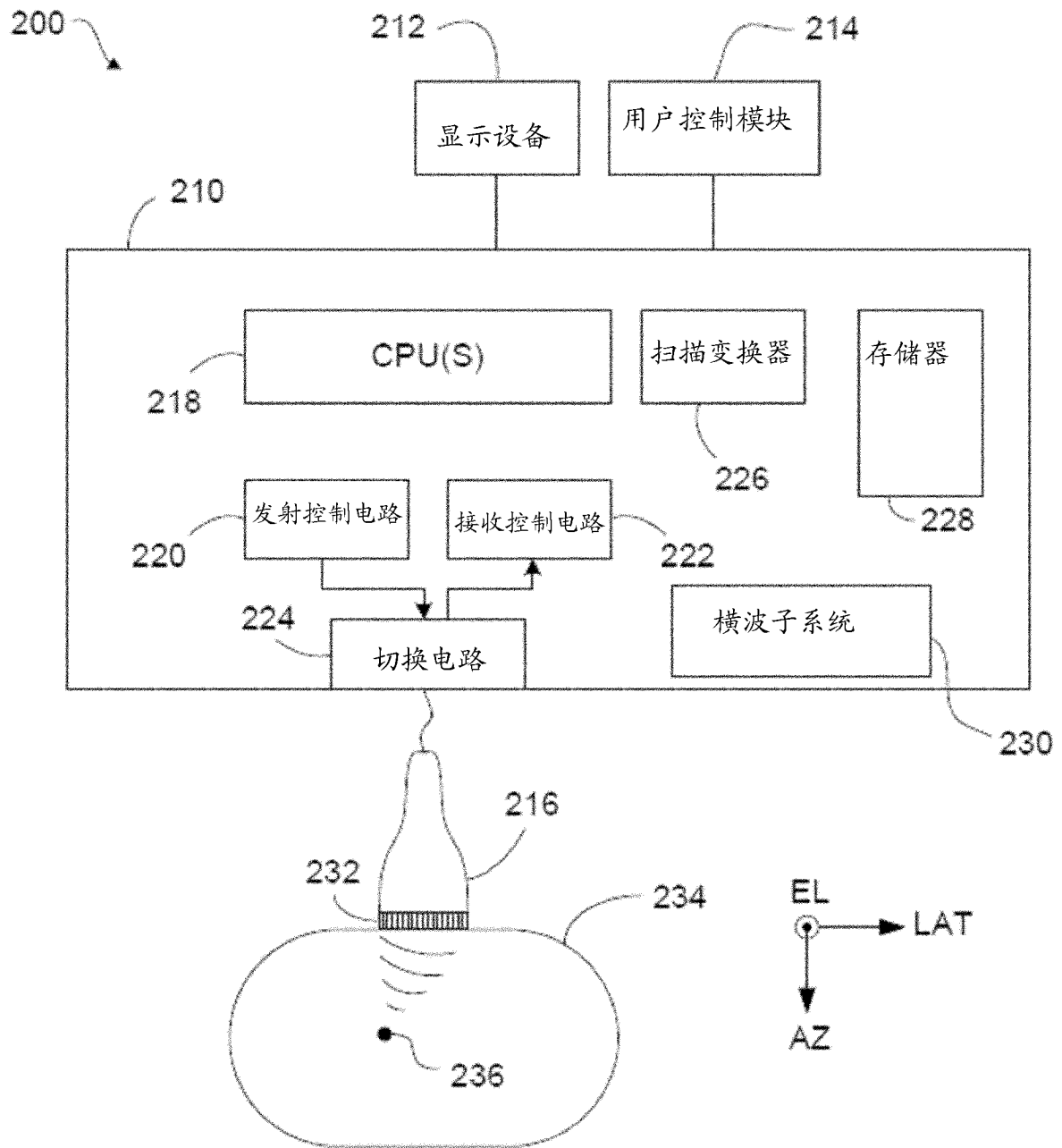


图 2

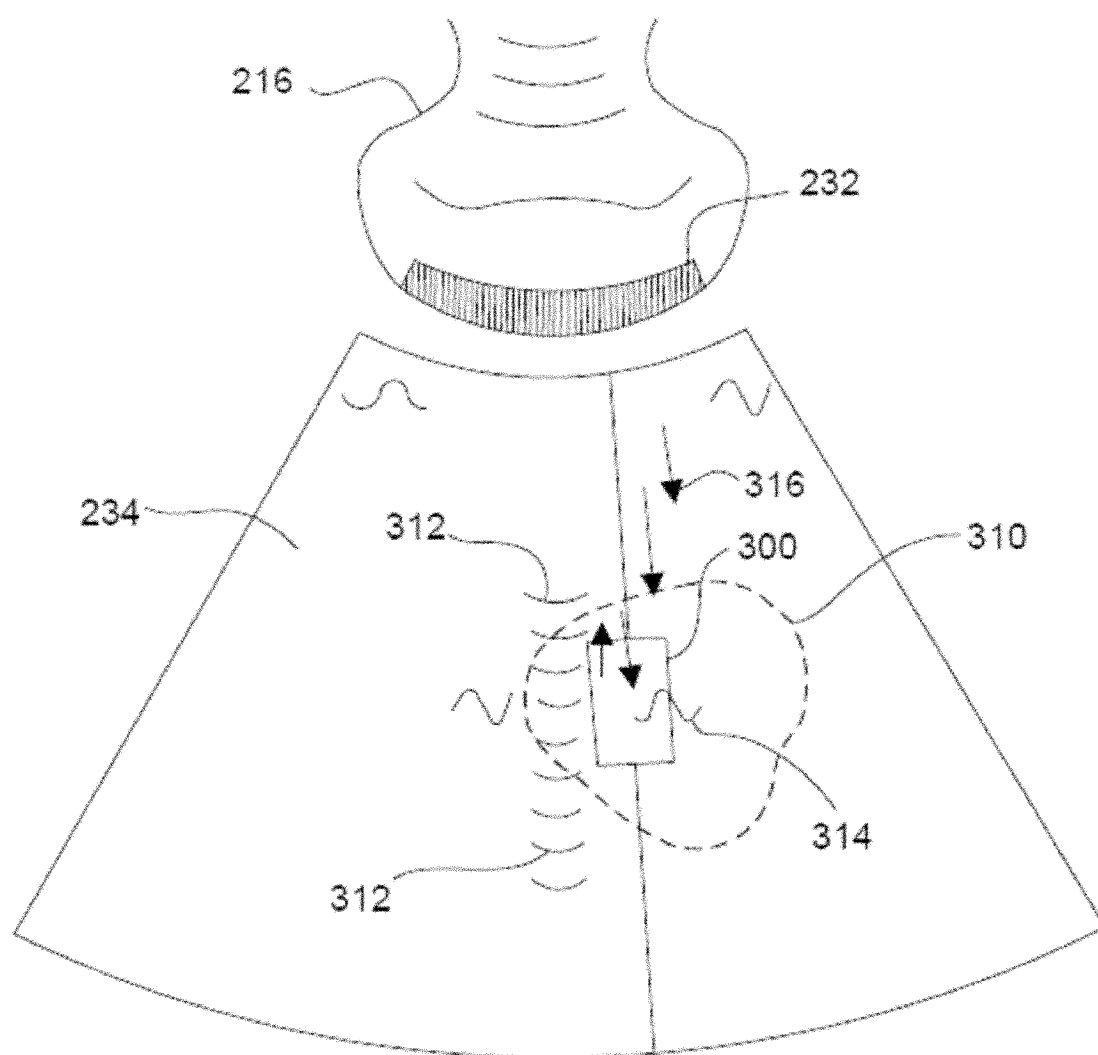


图 3

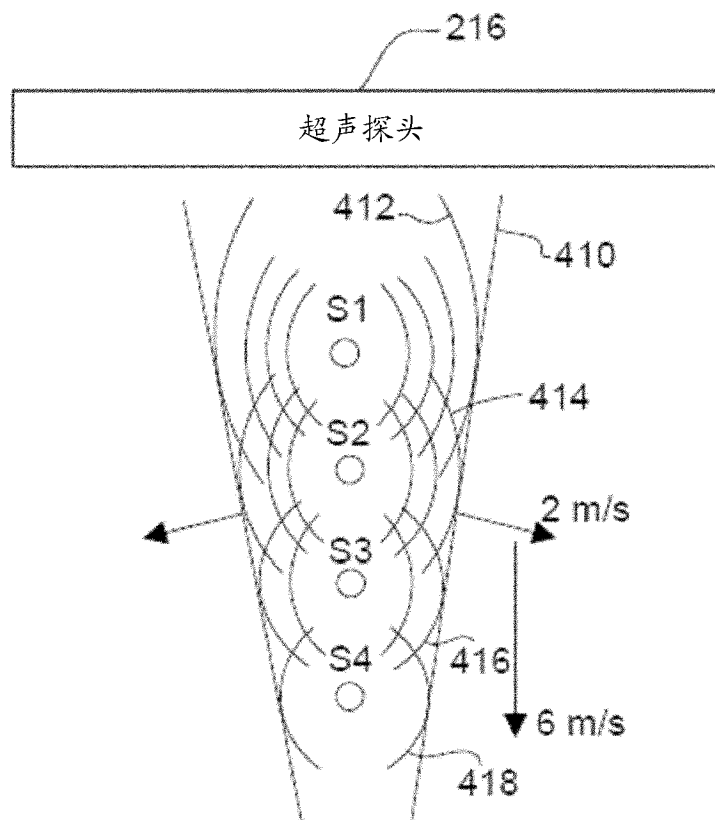


图 4



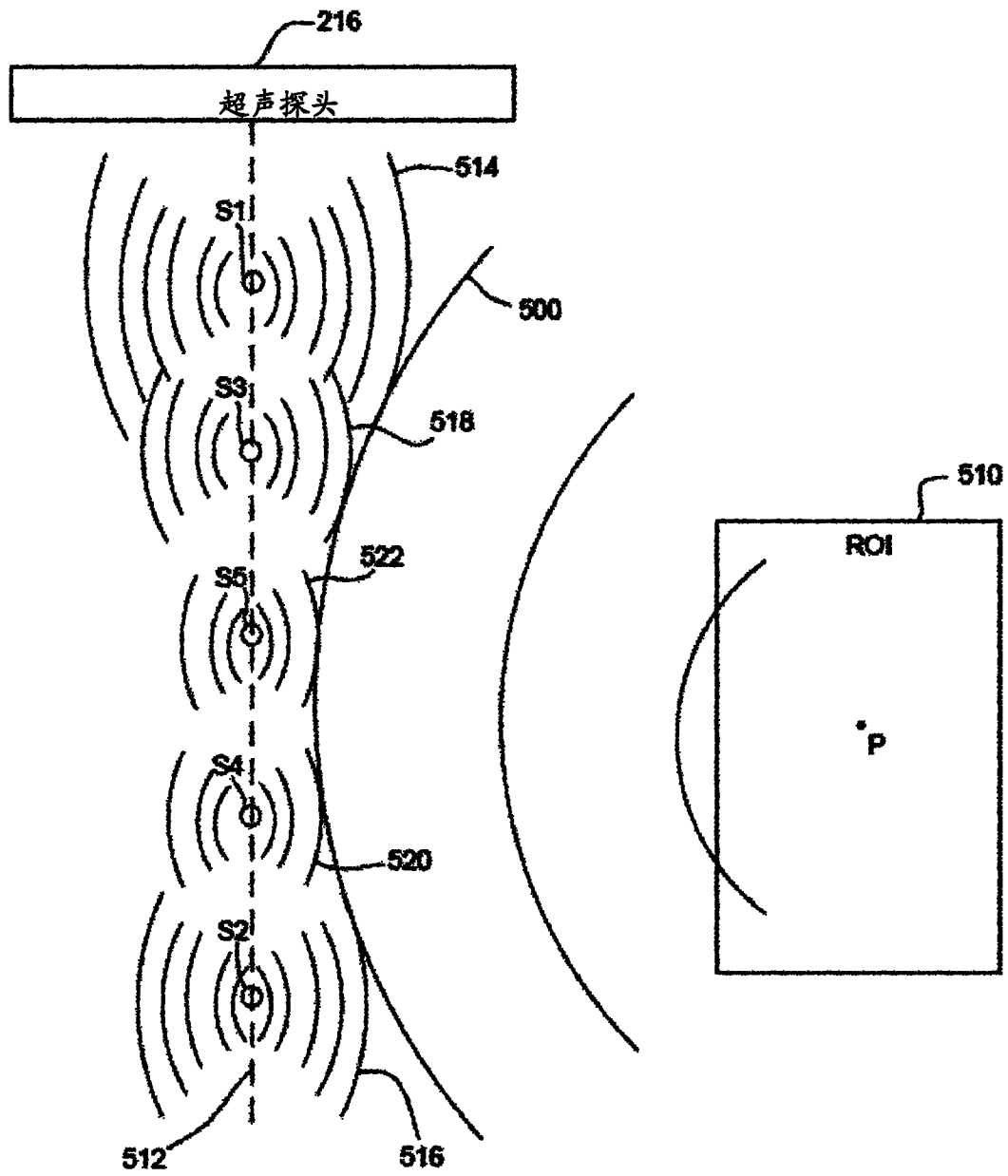


图 5

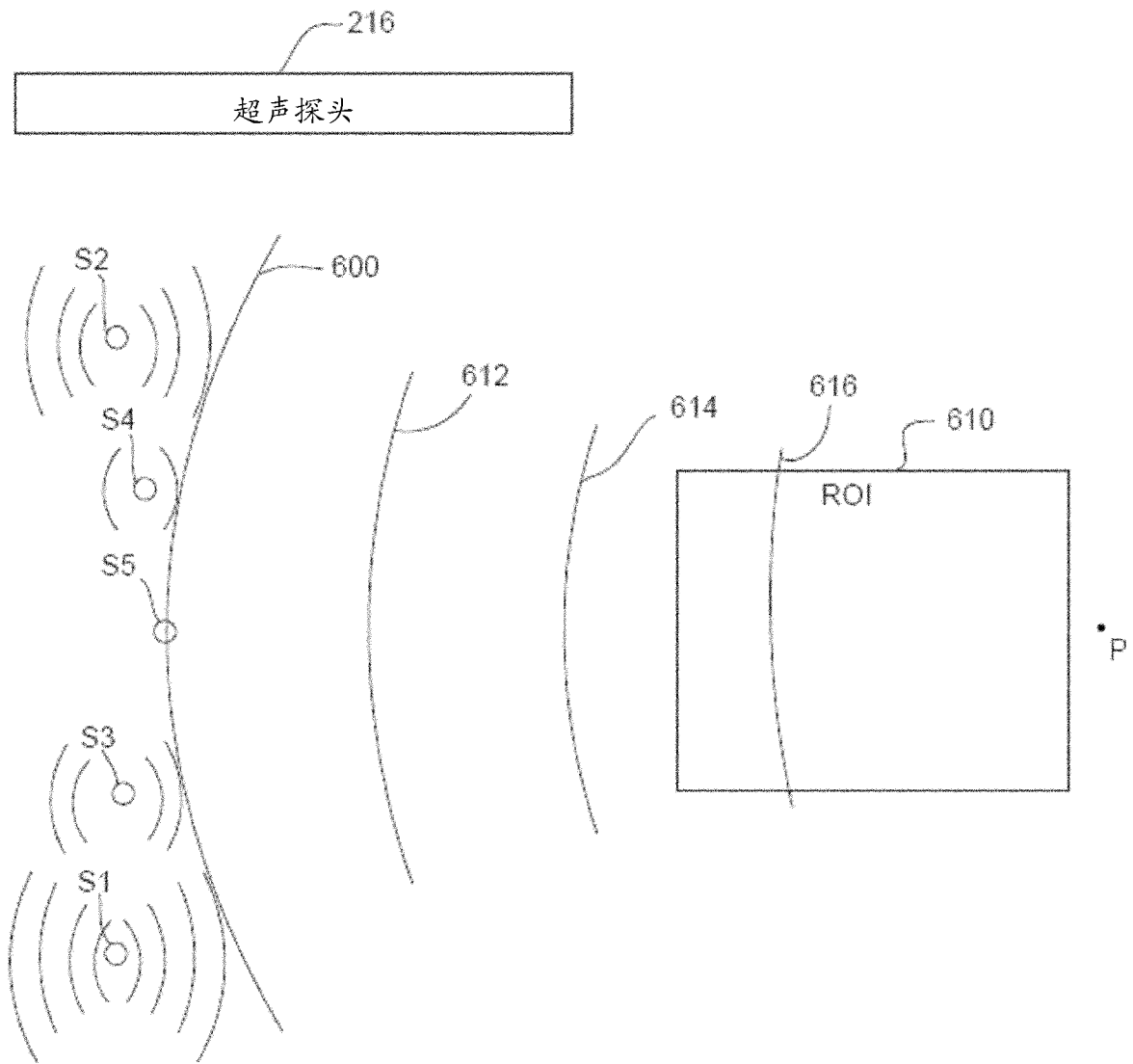


图 6

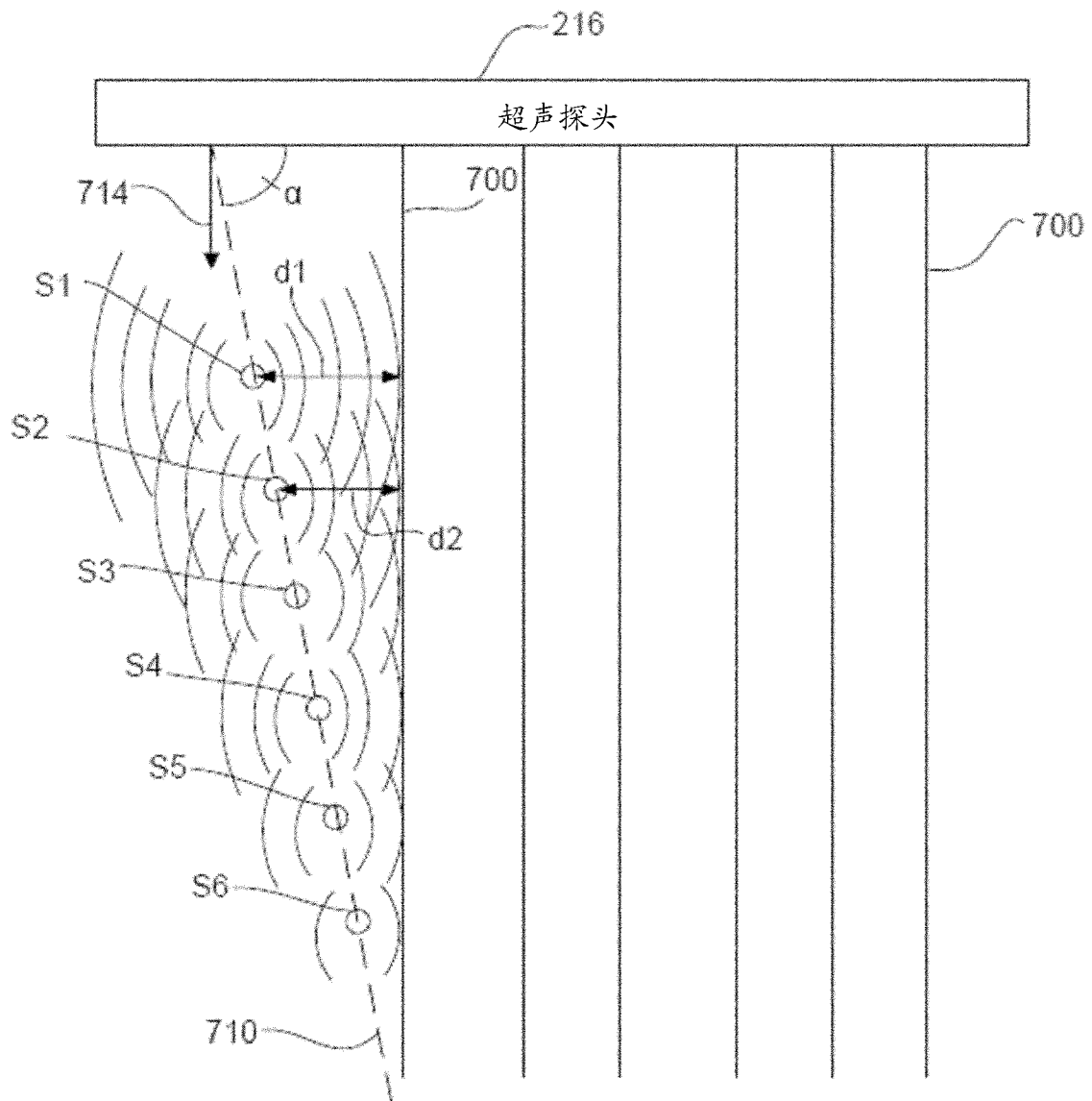


图 7

专利名称(译)	一种横波组织成像的方法及其超声成像系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN102018533B</a>	公开(公告)日	2015-02-25
申请号	CN201010278462.1	申请日	2010-09-10
[标]申请(专利权)人(译)	迈瑞控股(香港)有限公司		
申请(专利权)人(译)	迈瑞控股(香港)有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
[标]发明人	姚林鑫		
发明人	姚林鑫		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	G01S7/52036 A61B8/485 A61B8/0833 G01S7/52042 A61B5/0048 A61B8/08		
代理人(译)	郭燕		
优先权	61/241817 2009-09-11 US		
其他公开文献	CN102018533A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本发明实施例公开了一种横波组织成像的方法及其超声成像系统。该系统接收感兴趣区域的标记，选择横波波前阵面的形状，基于选择的波前阵面的形状选择多组推压脉冲的聚焦位置和在聚焦位置之间移动驱动波源的顺序。系统根据选择的顺序发射多组推压脉冲，并检测产生的横波波前阵面传播通过感兴趣区域时的速度。该横波波前阵面速度的变化即反映出组织内硬度的变化。

