

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01N 29/04

G01N 29/06 A61B 8/08



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00805083. X

[45] 授权公告日 2004 年 11 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1174246C

[22] 申请日 2000.3.13 [21] 申请号 00805083. X

[30] 优先权

[32] 1999. 3. 15 [33] FR [31] 99/03157

[86] 国际申请 PCT/FR2000/000599 2000.3.13

[87] 国际公布 WO2000/055616 法 2000.9.21

[85] 进入国家阶段日期 2001.9.17

[71] 专利权人 弹性测量体系弹性推动公司

地址 法国巴黎

[72] 发明人 M·芬克 L·圣德林 M·唐特

S·卡特兰

审查员 贺文晶

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

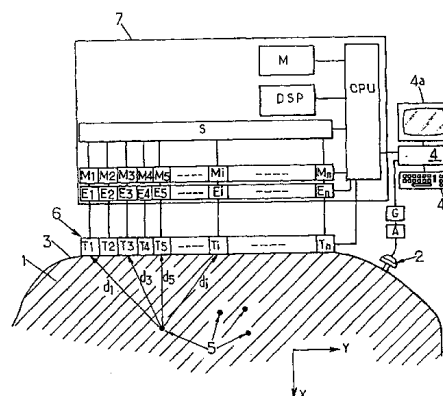
代理人 钱慰民

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 1 页

[54] 发明名称 使用切变波的成像方法和装置

[57] 摘要

本发明涉及一种成像方法，用于观察低频切变脉冲波同时在漫射粘弹性介质(1)中多点的传播。该方法包括发送一个高速超声压缩波，以获得一连串介质的图像；然后在通过互相关得出图像的延时处理中，确定当切变波传播时每个图像的每个点中的介质的运动。



1. 一种成像方法, 使用切变波观察所含粒子(5)反射超声压缩波的漫射粘弹性介质(1), 在该方法中, 弹性切变波在粘弹性介质中产生, 通过至少一个超声压缩波观察遭受所述切变波的粘弹性介质(1)的位移,

其特征在于, 通过将具有低频脉冲形式的激发施加于粘弹性介质上以产生切变波, 该低频脉冲的中心频率 f 在 20 到 5000Hz 之间, 持续时间在 $1/2f$ 到 $20/f$ 之间, 该方法中包括一个传播观察步骤, 在此期间同时观察切变波在被观察介质中多点的传播, 这些点形成了一个至少沿着第一轴(x)延伸的大体上连续的观察区域, 该切变波传播观察步骤包括:

—将一连串至少 10 束超声压缩波以每秒 100 到 100000 束的速率发射到被观察的介质;

—实时检测并记录粘弹性介质中反射粒子对每个超声波束所产生的回波, 这些回波对应于被观察介质的相继图像;

—在所述的方法中还包括一个随后的图像处理步骤, 在此期间, 如此获得的图像在稍后的时间里, 至少要经过相继图像之间的互相关处理, 以确定在观察区域中的每一点处从粘弹性介质的位移和应变中选出的运动参数, 用这种方法以获得一连串表示在切变波传播的影响下粘弹性介质运动参数演变的图像。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 低频脉冲的持续时间在 $1/2f$ 到 $2/f$ 之间。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法, 其特征在于, 低频脉冲的中心频率在 30 到 1000Hz。

4. 如上述任何权利要求所述的方法, 其特征在于, 被观察粘弹性介质(1)包括一个活体, 该活体包含至少一个脉动性运动的内部器官, 产生切变波的低频脉冲由所述内部器官的脉动性运动所确定。

5. 如权利要求 1 到 3 中任何一条所述的方法, 其特征在于, 被观察的粘弹性介质(1)由一个外表面(3)界定, 低频脉冲施加于该外表面附近。

6. 如权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 通过激发施加低频脉冲, 该激发选自:

—至少一个声换能器(2)产生的声波,

—通过直接接触粘弹性介质外表面(3)附近而局域产生的振动。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的方法, 其特征在于, 发射超声压缩波束, 并用一排换能器(6)检测粘弹性介质的反射粒子所产生的回波, 所述一排换能器至少包含一个换能器($T_1, \dots, T_n$)且与粘弹性介质外表面接触, 通过在所述一排换能器上施加脉动性位移, 将切变波施加于粘弹性介质。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述运动参数是粘弹性介质的应变。

9. 如上述任何权利要求所述的方法, 其特征在于, 在观察切变波的传播期间, 以每秒 1000 到 100000 束的速率发射 100 到 10000 束的超声压缩波。

10. 如上述任何权利要求所述的方法, 其特征在于, 观察区域至少沿着一个平面延伸, 该平面一方面包含第一轴(X), 另一方面包含垂直于第一轴的第二轴(Y)。

11. 如权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 在传播观察步骤期间, 至少沿着第二轴(Y)排列的一排几个声换能器($T_1, \dots, T_n$)用于发射超声压缩波束, 并检测粘弹性介质中反射粒子所产生的回波, 直接存储每个声换能器检测的回波而无需在传播观察步骤期间预先处理, 图像处理步骤包含一个预先形成通路的子步骤, 在此期间通过组合各种换能器($T_1, \dots, T_n$)所接收的回波中的至少几个, 产生对应于每个超声压缩波束的粘弹性介质的图像。

12. 如上述任何权利要求所述的方法, 其特征在于, 在图像处理步骤之后是观察步骤, 在此期间在慢动作下观察由相继处理图像组成的影像, 每个图像的每一点显示一个根据分配到该点的运动参数值变化的光学参数。

13. 如权利要求 12 所述的方法, 其特征在于, 光学参数选自灰度和彩色度。

14. 如上述任何权利要求所述的方法, 其特征在于, 在图像处理步骤之后是映射步骤, 在此期间根据观察区域中运动参数随时间的演变, 为观察区域中至少几个点处的切变波计算至少一个传播参数。

15. 如权利要求 14 所述的方法, 其特征在于, 在映射步骤中计算的切变波传播参数选自切变波的速度、切变模量、切变波的衰减、切变弹性和切变粘性。

16. 一种成像装置, 它使用切变波观察所含粒子反射超声压缩波的漫射粘弹性介质(1), 该装置包含用于在粘弹性介质中产生弹性切变波的激发装置和用于通过至少一个超声压缩波观察遭受所述切变波的粘弹性介质位移的捕获装置(CPU、 T_i 、 E_i 、 M_i),

其特征在于, 激发装置(2)适于将具有低频脉冲形式的激发施加于粘弹性介

质, 该低频脉冲的中心频率 f 在 20 到 5000Hz, 它的持续时间为 $1/2f$ 到 $20/f$,

以及捕获装置(CPU、 T_i 、 E_i 、 M_i)适于同时观察切变波在被观察介质中多点的传播, 这些点形成一个至少沿第一轴(X)延伸的大体上连续的观察区域, 所述捕获装置适用于:

--将一连串至少 10 束超声压缩波以每秒 100 到 100000 束的速率发射到被观察的介质,

--实时检测并记录粘弹性介质中反射粒子对每个超声波束所产生的回波, 这些回波对应于被观察介质的相继图像;

--所述装置还包括图像处理装置(CPU, S DSP), 它适于在以后的时间里, 至少通过图像之间的互相关处理观察装置获得的图像, 以确定在观察区域中的每一点处的从粘弹性介质位移和应变中选出的运动参数, 用这种方法以获得一连串显示在切变波传播的影响下粘弹性介质运动参数的演变图像。

17. 如权利要求 16 所述的装置, 其特征在于, 观察装置包含一排(6)换能器($T_1, \dots, T_n$), 它包括至少一个换能器且适于与界定粘弹性介质(1)的外表面(3)接触, 激发装置(2)适于在所述一排换能器上施加脉动性位移。

18. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 所述运动参数是粘弹性介质的应变。

19. 如权利要求 17 和 18 中任何一条所述的装置, 其特征在于, 观察区域至少沿着一个平面延伸, 该平面一方面包含第一轴(X), 另一方面包含垂直于第一轴的第二轴(Y), 所述一排换能器(6)包含至少沿第二轴排列的几个换能器($T_1, \dots, T_n$), 提供了用于选择性操作装置的控制装置(4, CPU), 或者用切变波的成像模式, 或者用标准的回波描记术, 使每秒能够获得 10 到 100 幅图像。

使用切变波的成像方法和装置

技术领域

本发明涉及使用切变波的成像方法和装置。

尤其，本发明涉及使用切变波观察包含粒子反射超声压缩波的漫射粘弹性介质的成像方法，在该方法中，弹性切变波在粘弹性介质中产生，通过至少一个超声压缩波观察遭受所述切变波的粘弹性介质的位移。

背景技术

文档 US-A-5 810 731 描述了该方法的一个实例，其中通过聚焦在被观察的一点上的调制超声波的发射压力，切变波在被观察的粘弹性介质中局域产生。然后，另一个超声波被发送到该焦点上，通过波的反射可能确定切变波在焦点附近的某些的传播参数(尤其是介质的动力粘度和它的切变模量)。

该技术具有一个缺点，即在研究每次切变波产生时，只允许分析粘弹性介质的一个点。如果有人希望得到一个被观察粘弹性介质的完整图像，就必须重复操作很多次，这包括相当长的无效时间(例如几分钟)以获得该图像。

该相当长的无效时间使得该先前技术方法不实用。

此外，该无效时间会阻止所述方法的使用，而不能得到总是运动的活组织的图像。

发明内容

本发明的一个目的特别是要减小这些缺点。

为了这个目标，根据本发明，所述这种方法的本质特征是通过将具有低频脉冲形式的激发用于粘弹性介质上以产生切变波，该低频脉冲的中心频率 f 在 20 到 5000Hz 之间，持续时间在 $1/2f$ 到 $20/f$ 之间，该方法中包括一个传播观察步骤，在此期间观察切变波同时在被观察介质中多点的传播，这些点形成了一个至少沿着第一轴延伸的大体上连续的观察区域，该切变波传播观察步骤包括：

—将一连串至少 10 束超声压缩波以每秒 100 到 100000 束的速率发射到被观察的介质；

--实时检测并记录粘弹性介质中反射粒子对每个超声波束所产生的回波，这些回波对应于(直接或间接)被观察介质的相继图像；

--在所述的方法中还包括一个随后的图像处理步骤，在此期间，如此获得的图像在以后的时间里，至少要经过相继图像之间的互相关处理，以确定在观察区域中的每一点处从粘弹性介质的位移和应变中选出的运动参数，用这种方法以获得一连串表示在切变波传播的影响下粘弹性介质运动参数演变的图像。

依赖于这些安排，能获得一个清楚显示切变波在粘弹性介质中传播的影像，例如在医学应用中，它可用于直接标记病人组织中的癌症区域：事实上切变波在癌症区域的传播与其相邻的区域有很大的不同。

进行这种标记比通过超声回波描记术进行的传统观察要方便很多，因为切变波的传播依赖于介质的切变模量，它在健康组织区域和癌症组织区域之间的变化很大；切变模量在健康区域和癌症区域之间变化的比值通常是 1 到 30，而用于超声回波描记术中支配声压缩波传播的体积模量在健康组织和癌症组织之间的变化大约只有 5%。

应该注意到，获得的影像显示了切变波的传播，比介质的反射粒子所给出的一连串图像要清楚得多，因为所述影像能够随时观察到被观察介质的区域，该区域遭受由切变波传播引起的同样数量的运动，然而反射粒子的一连串图像只能观察到模糊的运动亮点。

在根据本发明方法的较佳实施例中，可能还要依赖以下安排中的一个和/或其它：

- 低频脉冲的持续时间在 $1/2f$ 到 $2/f$ 之间；
- 低频脉冲的中心频率在 30 到 1000Hz 之间；
- 被观察的粘弹性介质包括一个活体，该活体包含至少一个脉动性运动的内部器官，产生切变波的低频脉冲由所述内部器官的脉动性运动所确定；
- 被观察的粘弹性介质由一个外表面界定，低频脉冲施加于该外表面附近；
- 通过选自以下的激发施加低频脉冲：
 - 至少一个声换能器产生的声波，
 - 由粘弹性介质外表面附近的直接接触局域产生的振动；
- 发射超声压缩波束，并用一排换能器检测粘弹性介质的反射粒子所产生的回波，所述一排换能器包含至少一个换能器且与粘弹性介质的外表面接触，通过在所述一排换能器上施加脉动性位移，将切变波强加于粘弹性介质；

--所述的运动参数是粘弹性介质的应变：在上文中最后所设想的情况下，这种安排特别有用，因为它可以不用上述一排换能器的位移，另外该位移会扰乱观察区域中各点位移的测量值；

--在观察切变波的传播期间，以每秒 100 到 100000 束的速率发射 100 到 10000 束的超声压缩波；

--观察区域至少沿着一个平面延伸，该平面一方面包含第一轴，另一方面包含垂直于第一轴的第二轴；

--在传播观察步骤期间，至少沿着第二轴排列的一排几个声换能器用于发射超声压缩波束，并检测粘弹性介质中反射粒子所产生的回波，直接存储每个声换能器检测的回波而无需在传播观察步骤期间预先处理，图像处理步骤包含一个预先形成通路的子步骤，在此期间通过组合各种换能器所接收的回波中的至少几个，产生对应于每个超声压缩波束的粘弹性介质的图像；

--在图像处理步骤之后(立刻或另外)是观察步骤，在此期间在慢动作下观察包括相继处理图像的影像，每个图像的每一点显示一个根据分配到该点的运动参数值变化的光学参数；

--光学参数选自灰度和彩色度；

--在图像处理步骤之后(立刻或另外)是映射步骤，在此期间基于观察区域中运动参数的演变，为观察区域中至少几个点处的切变波计算至少一个传播参数；

--在映射步骤中计算的切变波传播参数选自于切变波速度、切变模量、切变波衰减、切变弹性和切变粘性。

此外，本发明还有一个主题是使用切变波观察包含粒子反射超声压缩波的漫射粘弹性介质的成像装置，该装置包含用于在粘弹性介质中产生弹性切变波的激发装置和用于通过至少一个超声压缩波，观察遭受所述切变波的粘弹性介质位移的捕获装置；该装置的特征是，其中的激发装置适于将具有低频脉冲形式的激发用于粘弹性介质，该低频脉冲的中心频率 f 在 20 到 5000Hz，它的持续时间为 $1/2f$ 到 $20/f$ ；

以及其中的捕获装置适于观察切变波同时在被观察介质中多点的传播，这些点形成一个至少沿第一轴延伸的大体上连续的观察区域，所述捕获装置适用于：

--将一连串至少 10 束超声压缩波以每秒 100 到 100000 束的速率发射到被观察的介质；

--实时检测并记录粘弹性介质中反射粒子对每个超声波束所产生的回波，这

些回波反应了(直接或间接)被观察介质的相继图像;

--在所述的装置中还包括图像处理装置,适于在以后的时间里,至少通过相继图像之间的互相关处理观察装置获得的图像,以确定在观察区域中的每一点处的从粘弹性介质位移和应变中选出的运动参数,用这种方法以获得一连串表示在切变波传播的影响下粘弹性介质运动参数演变的图像。

在根据本发明装置的较佳实施例中,可能还要依赖于一个和/或其它的以下安排:

--观察装置包含一排换能器,所述一排换能器包括至少一个换能器且适于与界定粘弹性介质的外表面接触,激发装置适于在所述一排换能器上施加脉动性位移;

--所述运动参数是粘弹性介质的应变;

--观察区域至少沿着一个平面延伸,该平面一方面包含第一轴,另一方面包含垂直于第一轴的第二轴,所述一排换能器包含至少沿第二轴排列的几个换能器,提供了用于选择性操作装置的控制装置,或者用切变波的成像模式,或者用标准的回波描记术,以能够获得每秒 10 到 100 幅图像。

在以下结合附图,以非限制性实例的方式给出的几个实施例的描述中,本发明的其它特征和优点将更加明显。

附图说明

图 1 是根据本发明的实施例,通过切变波成像装置的示意图;

图 2 是显示图 1 装置另一形式的细部图。

具体实施方式

在各个附图中,同样的标号指定同样的或类似的部件。

图 1 表示根据本发明的实施例,通过切变波成像装置的一个实例,用于研究弹性切变波在相对于超声压缩波漫射的粘弹性介质 1 中的传播,例如粘弹性介质可以是:

--惰性体,特别是在工业应用的质量控制中,和特别是在农业食品的应用中;

--或是活体,例如在医学应用中,是病人身体的一部分。

该装置包括一个靠着被观察介质 1 的外表面 3 摆放的声换能器,例如扩音器 2 或振动器,例如在医学应用中,该表面 3 由病人的皮肤组成。

扩音器 2 可以通过例如低频脉冲发生器电路 G(特别的, 该电路可以由微型计算机 4 的声卡组成)和放大器 A, 由微型计算机 4 控制, 以便用于以低频脉冲的形式激发被观察介质的表面 3, 以致在粘弹性介质 1 中产生切变波。

该低频脉冲通常呈现出一个大约 1mm 的振幅, 和一个在 20 到 5000Hz 的中心频率 f , 应用的持续时间为 $1/2f$ 到 $20/f$ 。较佳的, 低频脉冲应用的持续时间在 $1/2f$ 到 $2/f$ 之间, 频率 f 在 30 到 1000Hz, 典型的该频率为大约 50Hz。

用另一形式, 也可以获得声切变波(具有上述振幅和频率特征):

--通过用微型计算机 4 控制的至少一个自动致动器, 直接接触粘弹性介质外表面附近而局域产生振动;

--通过手动直接接触粘弹性介质外表面附近而局域产生振动;

--或者, 在医学应用方面, 通过人体或动物体内部器官的自然脉动性运动(例如心搏)。

扩音器 2 产生的弹性切变波以一个相当慢的速度 C_s 移动, 大约为每秒几米(典型地, 在人体内是每秒 1 到 10 米), 并在被观察的粘弹性介质 1 中产生内部运动。

这些运动之后, 就将超声压缩波发送到介质 1 中, 该超声压缩波与介质 1 中的漫射粒子 5 交互作用, 该粒子相对于超声压缩波进行反射。粒子 5 可以由介质 1 中的任何异质构成, 特别是涉及医学应用时, 是存在于人体组织内的胶原质粒子。

为了观察切变波的传播, 因此使用靠着被观察介质 1 的外表面 3 设置的超声波探测器 6。该探测器沿着 X 轴发送超声压缩波的脉冲, 该超声压缩波为那些通常用于回波描记术的类型, 例如它的频率在 1 到 100MHz, 较佳的在 3 到 15MHz。应该注意到探测器 6 可以如下设置:

--与扩音器 2 一样在介质 1 同一边, 如图 1 所示;

--或者在介质 1 上扩音器 2 所在边的对边;

--或者在任何其它位置, 例如相对于扩音器 2 横向排列。

超声波探测器 6 包括一排 n 个超声波换能器 $T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_n$, n 为整数, 至少等于 1。

该探测器 6 通常使用直条装的形式, 它可以包含例如 $n=128$ 个沿垂直于 X 轴的 Y 轴排列的换能器, 用于同时发送它们的超声波脉冲, 通过这种方法以产生一个“平面”波(也就是说在该实例中波的波阵面在 X, Y 平面上是直的)或其它任何类型能辐射到整个观察区域的波。

用另一形式,所述一排换能器可能减少为一个单独的换能器 T1,或相反使用例如沿垂直于 X 轴的平面延伸的二维排列。

每个换能器 T1, T2, ..., Tn 由微型计算机或中央处理器 CPU(它包含在电子机架 7 中,通过可弯曲的电缆连接到探测器 6)控制,在持续时间少于 1 秒的观察相位期间和发射 p 束超声压缩波期间(p 为 100 到 1000 之间的整数,最好是在 1000 到 10000 之间),换能器以每秒 100 到 100000 束,最好是每秒 1000 到 100000 束的速率(该速率受压缩波在介质 1 中向外/回程时间的限制,因此也限制于介质 1 在 X 方向的厚度:事实上探测器 6 必须新的压缩波发射之前,接收压缩波产生的所有回波),将连续的超声压缩波束发射到介质 1。

观察相位的超声压缩波束最好正好在切变波发射之前开始。

此外,在活体组织的脉动性运动产生切变波的情况下,更容易使超声压缩波束的开始和该脉动性运动同步。例如,在切变波由心博产生的情况下,可能使超声压缩波束的开始与心电图中选中的相位同步。

这些束中的每一个都引起介质 1 中超声压缩波以高于切变波很多的传播速度的传播,例如在人体内为大约 1500m/s。

如此产生的超声波与反射粒子 5 交互作用,从而产生回波或其它类似的信号干扰,在回波描记术领域众所周知的为“斑点噪声”。

在获得每个束之后,换能器 T1, ..., Tn 获得该“斑点噪声”。在 j 号束之后每个换能器获得的信号 $s_{ij}(t)$ 首先被采样器高频采样(例如 30 到 100MHz)和实时数字化(例如 8 位,或在特定情况下为 1 位),该采样器分别为 E1, E2, ..., En, 它属于机架 7,并与换能器相连。

然后,将如此采样和数字化的信号 $s_{ij}(t)$ 实时存储到存储器 Mi 中,该存储器 Mi 属于机架 7,并对应于换能器 Ti。

每个存储器 Mi 具有例如 1Mb 的容量,并包含所有相继接收束 $j=1$ 到 p 的信号 $s_{ij}(t)$ 。

然后,在存储完所有对应于一个和同样切变波传播的信号 $s_{ij}(t)$ 后,中央处理器 CPU 使属于机架 7 的求和电路 S 通过通路形成的常规过程再次处理这些信号(或者 CPU 自己执行该处理,或者在微型计算机 4 中执行该处理)。

信号 $S_j(x, y)$ 由此产生,每个都对应于 j 号束之后观察区域的图像。

例如,信号 $S_j(t)$ 可以通过以下公式确定:

$$S_j(t) = \sum_{i=1}^n \alpha_i(x, y) \cdot s_{ij}[t(x, y) + d_i(x, y)/V]$$

其中:

-- s_{ij} 是 j 号超声压缩波束之后, i 号换能器感觉到的粗信号;

-- $t(x, y)$ 是超声压缩波到达观察区域中坐标为 (x, y) 的点所用去的时间, 在 j 号束发出时 $t=0$;

-- $d_i(x, y)$ 是观察区域中坐标为 (x, y) 的点与 i 号换能器之间的距离, 或者是该距离的近似值;

-- V 是超声压缩波在被观察的粘弹性介质中传播的平均速度;

-- $\alpha_i(x, y)$ 是允许变迹法的加权系数(实际上, 在很多情况下, 可以看做 $\alpha_i(x, y) = 1$)。

当观察区域是三维(平面排列换能器)时, 将空间坐标由 (x, y) 替换为 (x, y, z) , 以上公式就可用于变异变种体。

当探测器 6 只包含一个换能器时, 通路形成步骤就是非必要的, 我们可以直接使用 $S_j(x) = s_j[2 \cdot x/V]$, 符号和以上相同。

通路形成步骤以后, 应该有一个中央处理器 CPU, 将图像信号 $S_j(x, y)$ 或 $S_j(x)$ 或 $S_j(x, y, z)$ 存储到属于机架 7 的中央存储器 M 中, 其中每个信号对应于 j 号束。当微型计算机 4 自己执行图像处理时, 这些信号也可以存储在微型计算机 4 中。

然后成对处理这些图像, 再以后, 进行互相关。互相关可以在属于机架 7 的 DSP 电路中完成, 或被编入中央处理器 CPU, 或被编入微型计算机 4。

作为实例, 可以通过在具有预定长度 Δx 的滑动空间窗口上比较信号 $S_j(x, y)$ 和 $S_{j+1}(x, y)$ (在二维观察区域的情况下), 完成该互相关, Δx 的范围例如可以从 λ 到 10λ , 其中 λ 是超声压缩波的波长(也就是在水中或人体中, 3.5MHz 时大约为从 0.42 到 4.2mm)。此外, 上述窗口可以相互交迭它们沿 x 轴长度的大约 20%。

在该互相关过程期间, 互相关函数 $\langle S_j(x, y), S_{j+1}(x, y) \rangle$ 取最大值, 以确定引起超声回波的每个粒子 5 在 X 方向所遭受的位移。

这种互相关计算的实例在本技术领域的陈述中已经给出, 特别是由 O' Donnell 等人("Internal displacement and strain imaging using speckle tracking", IEEE transactions on ultrasonic, ferroelectrics, and frequency control, vol. 41, No. 3, May 1994, p. 314-325), 和 Ophir 等人("Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues",

Ultrasonic imag., vol.13, p.111-134,1991)。

如此获得在切变波的影响下, 介质 1 在 X 方向的一连串位移值 $D_{jx}(x, y)$ 。

一连串的位移值存储在存储器 M 中, 或微型计算机 4 中, 而且可以特别通过微型计算机的屏幕 4a 以慢动作影像的形式进行观察, 其中位移值通过光学参数表示, 例如通过灰度或彩色度。

如此能较佳的观察切变波在不同特征介质 1 中传播的不同, 例如在医学应用中就是健康组织和癌症组织。

此外, 切变波传播影像还可以叠加入上述这种装置产生的常规回波描记术图像, 它可以操作:

—或者以切变波图像模式;

—或者以标准回波描记术模式, 作为例如从微型计算机的键盘 4b 接收到的命令功能。

此外, 除了被观察介质 1 中每个点的位移之外, 还可以计算介质在 X 方向的应变 $E_{jx}(x, y)$, 也就是位移 $D_{jx}(x, y)$ 对 x 的导数。

这些连续的应变值对于观察切变波以影像形式传播与先前的一样有用, 此外它还显示出相对于被观察介质 1 放弃探测器 6 的位移的优点。

该变化特别有利于图 2 所示的实施例, 其中扩音器或振动器 2 支撑探测器 6, 这就必须包括所述探测器的运动, 因为后者本身产生切变波。

根据位移或应变值, 如果适当的话, 可以进行映射步骤, 在此期间根据运动参数(位移或应变)随时间在观察区域 X, Y(在单换能器的情况下是 X, 在平面排列换能器的情况下是 X, Y, Z)上的演变, 计算至少一个切变波的传播参数, 或者是在用户从微型计算机 4 中选出观察区域的某些点上, 或者是整个观察区域。

在映射步骤期间计算的切变波传播参数从例如切变波的速度 C_s 、切变模量 μ 、切变波的衰减 α 、切变弹性 μ_1 和切变粘性 μ_2 中选出。

通过用常规的逆向过程执行该计算, 以下给出一个它在二维观察区域(在分别具有多个换能器 T1 和平面排列换能器的一维或三维观察区域的情况下, 同样的过程可用于变异变种体)情况下的实例。

在该实例中, 近似设定切变粘性 μ_2 为 0, 介质为各向同性的。

给出介质 1 中每个点位移向量 D 的波动方程可写为:

$$\rho \frac{\partial^2 \bar{D}}{\partial t^2} = \Delta(\mu \cdot \bar{D}) \quad (I),$$

其中 ρ 为介质 1 的密度, μ 为切变模量(假定将它简化到它的实数部分切变弹性 μ_1 , 因为假定切变粘性 μ_2 为 0)。

对于向量 D 的第一分量 u , 也就是说对于介质在 X 方向上的位移, 因此我们得到:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 (\mu u)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 (\mu u)}{\partial y^2} \quad (\text{II}),$$

在时域傅里叶变换和离散化之后, 该方程可写成以下矩阵形式, 它可写出切变波频谱中的每个频率:

$$\bar{B} = H \cdot \bar{M} \quad (\text{III}),$$

其中:

-- $\bar{M}$ 是 $(L+2) \cdot (M+2)-4$ 维的向量, 它的每个分量等于 μ_{lm} , 也就是在每个坐标为 (x_l, y_m) 的离散化点处的切变模量局部值, 其中 l 和 m 分别是 0 到 $L+1$ 和 0 到 $M+1$ 的整数, 除去 (l, m) 等于 $(0, 0)$, $(0, M+1)$, $(L+1, 0)$ 和 $(L+1, M+1)$ 的点, $L+2$ 和 $M+2$ 是介质 1 的图像中分别沿 X 和 Y 轴离散化点的数目;

-- $\bar{B}$ 是 $L \cdot M$ 维的向量, 它的分量等于 $-\omega^2 \cdot \rho \cdot U_{lm}$, 其中 ω 是低频切变波的角频率, ρ 是介质的密度, U_{lm} 是坐标为 (x_l, y_m) 点处位移 u 的时域傅里叶变换, l 在 1 到 L 之间, m 在 1 到 M 之间;

-- H 是一矩阵, 其维度为 $L \cdot M$ 行, $(L+2) \cdot (M+2)-4$ 列, 所有这些分量都可以从波动方程中知道。

通过并列分别对应于切变波频率频谱各个项目的足够多的方程(III), 获得一个全局矩阵方程, 该方程可通过矩阵求逆解答出, 以获得向量 $\bar{M}$, 也就是在观察区域中每一点的切变模量 μ 值。

然后, 以此推出切变波在每一点传播速度 C_s 的局部值, 如果需要, 可通过公式: $C_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$ 。

如果用被观察介质 1 的应变替换位移, 计算模式也是一样。

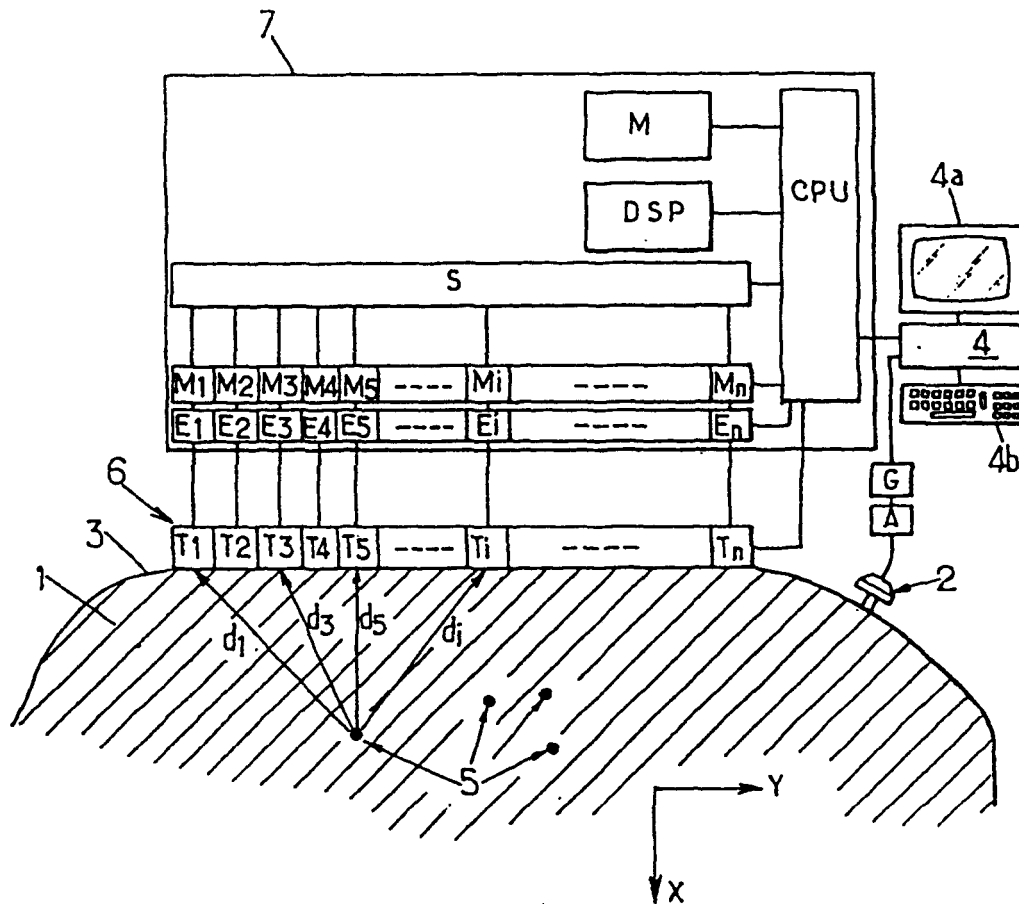


图 1

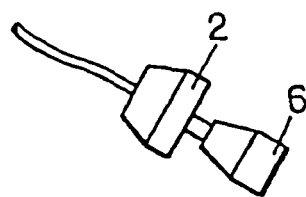


图 2

专利名称(译)	使用切变波的成像方法和装置		
公开(公告)号	CN1174246C	公开(公告)日	2004-11-03
申请号	CN00805083.X	申请日	2000-03-13
[标]发明人	M芬克 L圣德林 M唐特 S卡特兰		
发明人	M· 芬克 L· 圣德林 M· 唐特 S· 卡特兰		
IPC分类号	G01N29/00 A61B8/08 G01N29/04 G01N29/06		
CPC分类号	A61B8/08 G01N29/045 G01S7/52036 A61B8/485 G01N2291/02827 G01N29/06 G01S7/52042		
优先权	1999003157 1999-03-15 FR		
其他公开文献	CN1343310A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种成像方法，用于观察低频切变脉冲波同时在漫射粘弹性介质(1)中多点的传播。该方法包括发送一个高速超声压缩波，以获得一连串介质的图像；然后在通过互相关得出图像的延时处理中，确定当切变波传播时每个图像的每个点中的介质的运动。

