



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104380134 B

(45)授权公告日 2016.09.21

(21)申请号 201480001426.7

(22)申请日 2014.02.19

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104380134 A

(43)申请公布日 2015.02.25

(30)优先权数据  
1351405 2013.02.19 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2014.12.04

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2014/053264 2014.02.19

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/128182 FR 2014.08.28

(73)专利权人 爱科森股份有限公司  
地址 法国巴黎

(72)发明人 洛朗·桑德兰 塞西尔·巴斯塔尔

(74)专利代理机构 北京志霖恒远知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11435

代理人 孟阿妮 郭栋梁

(51)Int.Cl.

G01S 7/52(2006.01)

A61B 8/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 102151152 A, 2011.08.17, 说明书第26、29、30-37段, 附图1-4.

CN 102151152 A, 2011.08.17, 说明书第26、29、30-37段, 附图1-4.

CN 101675888 A, 2010.03.24, 说明书第17页第1-3、6-8行.

US 20130031981 A1, 2013.02.07, 说明书第76-77段.

WO 2011064688 A1, 2011.06.03, 全文.

EP 2294983 A1, 2011.03.16, 全文.

审查员 鹿倩

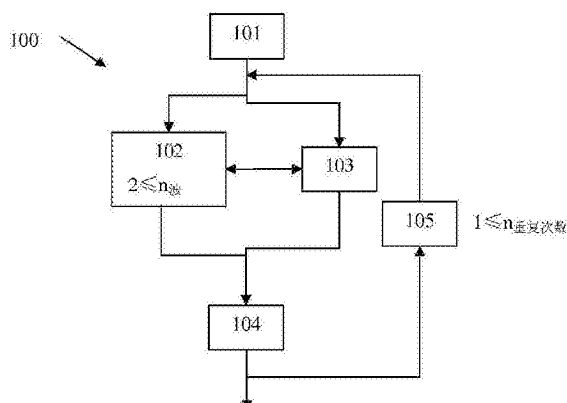
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

多脉冲弹性成像方法

(57)摘要

本发明涉及一种多脉冲弹性成像方法(100),用于定量测量经超声波照射后发出超声波信号的粘弹性介质的至少一种机械特性,所述方法(100)包括以下步骤:-确定(101)至少两个机械脉冲的特性,-在粘弹性介质中产生(102)所述至少两个机械脉冲,-通过发射和采集超声波信号,监测(103)所述至少两个机械脉冲产生的至少两个剪切波在粘弹性介质中的传播,-以及通过所述超声波信号的采集,计算(104)所述粘弹性介质的至少一个机械特性。



1. 一种多脉冲弹性成像方法,用于定量测量经超声波照射后发出超声波信号的粘弹性介质的至少一种机械特性,所述方法包括以下步骤:

- 确定至少两个机械脉冲的特性,
- 在粘弹性介质中产生所述至少两个其特性已经确定的机械脉冲,
- 通过发射和采集超声波信号,监测所述至少两个机械脉冲产生的至少两个剪切波在粘弹性介质中的传播,
- 通过所述超声波信号的采集,计算所述粘弹性介质的至少一个机械特性,其中所确定的每个机械脉冲的至少一个特性是不同的,所述至少一种不同的特性为振幅、时间曲线、周期数或中心频率,所述每个机械脉冲的振幅在 $100\mu\text{m}$ 到 $5\text{mm}$ 之间,每个机械脉冲的中心频率在 $20\text{Hz}$ 到 $1000\text{Hz}$ 之间,包括脉冲产生步骤、监测步骤和计算步骤的再重复步骤,所述再重复步骤进行1-1000次。

2. 根据权利要求1所述的方法,所述再重复步骤进行1-20次。

3. 根据权利要求1所述的方法,下一个机械脉冲的中心频率比前一个机械脉冲的中心频率低。

4. 根据权利要求1所述的方法,下一个机械脉冲的中心频率比前一个机械脉冲的中心频率高。

5. 根据上述权利要求中任一项所述的方法,所述至少两个机械脉冲是频带部分重叠的。

6. 一种多脉冲弹性成像装置,其包括一个振动发生器,用于粘弹性介质中产生多个剪切波,以及至少一个超声换能器,用于发射和采集超声信号,所述装置的特征在于,它用于实施根据上述权利要求1所述的多脉冲弹性成像方法的各个步骤。

## 多脉冲弹性成像方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种多脉冲弹性成像方法,用于定量测量经超声波照射后发出超声波信号的粘弹性介质的至少一种机械特性。在一种非限制性应用中,本发明涉及一种多脉冲弹性成像方法,用于定量测量人或动物器官如肝脏组织的弹性和黏性。

### 背景技术

[0002] 人们已知一种用于在漫射粘弹性介质的多个点上同时观察低频剪切脉冲波传播的方法。为此,需要发射超高速压缩超声波,以便获得一系列介质测量值,然后延时甚至实时处理所得的测量值,从而测定剪切波传播时介质的运动。

[0003] 专利申请FR2843290描述了一种装置,用于测量经超声波照射后发出超声波信号的器官的弹性,该装置包括一个超声换能器以及一个电动伺服致动器,可以使换能器产生低频振动,进而在组织中发射剪切波。剪切波具有一个中心频率已确定的频带,该中心频率附近的频率会大幅度衰减,从而只能获得非常接近中心频率处的数据。这样的结果是,不能通过所进行的测量对组织进行全面表征。

[0004] 还存在一项被称为超声辐射力弹性成像(还缩写成ARFI)的技术,利用该技术,通过超声波束产生的辐射压力的作用可以使组织运动。通过运动在组织中产生剪切应力,并且表现为剪切波的传播。在ARFI中,该剪切波迅速地衰减,并且通常传播至少一个波长。在这种情况下,很难对剪切波的频率特性进行研究。所以使用这种技术的科学家们通常侧重于上行或弛豫时间以及位移幅度的研究(参见专利US 2010/069751和WO 2011/064688)。通过调节超声波束,也就是说,超声波的发射,例如频率、振幅或速度,可以调节在组织中所产生的位移。所以,某些团队还连续采用多种具有不同性质的超声波激励,以便调节组织对于观测到的最大位移、上行时间和弛豫时间的响应(参见专利US2010/069751)。然而,通过超声波发射参数调节不能精确地调节组织的位移尤其是其频率成分。辐射压力所产生的位移其实取决于组织的吸收系数。

[0005] 在此背景下,本发明旨在提供一种弹性成像方法来克服现有技术的缺陷,特别是提供一种弹性成像方法,用于快速实现人或动物器官机械性能的精确定量测量。

### 发明内容

[0006] 为此,本发明提供了一种多脉冲弹性成像方法,用于定量测量经超声波照射后发出超声波信号的粘弹性介质的至少一种机械特性,所述方法包括以下步骤:

[0007] -确定至少两个机械脉冲的特性,

[0008] -利用电动致动器产生所述至少两个机械脉冲,

[0009] -通过发射和采集超声波信号,监测所述至少两个机械脉冲产生的至少两个剪切波在粘弹性介质中的传播,

[0010] -通过所述超声波信号的采集,计算所述粘弹性介质的至少一个机械特性。

[0011] 在一个非限制性实施方式中,每个机械脉冲的至少一个特性是不同的。非限制性

地,机械脉冲的特性包括振幅、周期数和/或测定的时间曲线。

[0012] 所申请的发明用于实现多脉冲弹性成像,其由一系列具有例如不同特性的脉冲组成,如所测定的不同的中心频率。在非限制性实施例中,每个脉冲可以用于研究所测定的中心频率附近的频带。这一特殊性可用于在较大的频率范围内对介质进行表征。

[0013] 除了上文中提到的特征外,根据本发明的方法可能还具有一个或多个下列其它特征,可以单独应用或进行任何可行的技术组合。

[0014] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,该方法包括脉冲产生步骤、监测步骤和计算步骤的再重复步骤。

[0015] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,进行1-1000次的再重复,优选为1-20次。

[0016] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,所述至少一种不同的特性为振幅。

[0017] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,所述每个机械脉冲的振幅在10 $\mu$ m至10mm之间,优选为在100 $\mu$ m到5mm之间。

[0018] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,所述至少一个不同的特性为时间曲线和/或周期数。

[0019] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,所述至少一个不同的特性为中心频率。

[0020] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,下一个机械脉冲的中心频率比前一个机械脉冲的中心频率低。

[0021] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,下一个机械脉冲的中心频率比前一个机械脉冲的中心频率高。

[0022] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,所述至少两个机械脉冲是频带部分重叠的。

[0023] 在所述多脉冲弹性成像方法的非限制性实施方式中,每个机械脉冲的中心频率在10Hz到5000Hz之间,优选为在20Hz到1000Hz之间。

[0024] 本发明还涉及一种多脉冲弹性成像装置,其包括一个用于产生多个机械脉冲的振动发生器,每个机械脉冲可以在粘弹性介质中产生一个剪切波,还包括至少一个超声换能器,用于发射和采集超声信号,所述装置的特征在于,它用于实施根据本发明的多脉冲弹性成像方法的各个步骤。

[0025] 在一个非限制性的实施方式中,所述振动发生器是一个电动伺服致动器,并且用于使换能器产生低频振动(该振动即为机械脉冲),以便在组织中发射剪切波。因此,本发明提出了改进该电动致动器(机械脉冲)的控制特征,以便精确调节所产生的剪切波的特性,特别是它的频率成分。由已知性质的机械脉冲所产生的剪切波,其特性是已知的,它们可以通过弹性动力学中的格林函数计算得到。

## 附图说明

[0026] 本发明的其它特征和优点将结合附图,通过下述示例性并且是非限制性的说明予以详细阐述,其中:

- [0027] 图1表示根据本发明的多脉冲弹性成像方法的各步骤方框图；
- [0028] 图2表示根据本发明的多脉冲弹性成像装置的一个实施例的方框图；
- [0029] 图3表示每个均具有不同中心频率的三个机械脉冲的示意图,这三个机械脉冲是根据本发明所述方法产生的；
- [0030] 图4表示具有不同周期数的机械脉冲的示意图,这些机械脉冲是根据本发明所述方法产生的；
- [0031] 图5表示图3所示三个机械脉冲的再重复步骤。
- [0032] 在所有附图中,相同内容采用相同的标号。

### 具体实施方式

- [0033] 图1表示根据本发明的多脉冲弹性成像方法100的各步骤方框图。
- [0034] 多脉冲弹性成像方法100主要包括步骤101,其确定至少两个低频机械脉冲的特性。在本实施例中,所确定的每个机械脉冲的至少一个特性是不同的。
- [0035] 非限制性地,可以利用中心频率、振幅、周期数和/或时间曲线表征一个机械脉冲。
- [0036] 因此,实施此确定步骤101时,操作员可以确定例如第一脉冲的斜线型时间曲线、第二脉冲的正弦型切趾时间曲线、第三脉冲的方脉冲型时间曲线、第四三脉冲的高斯型时间曲线以及第五三脉冲的正弦型时间曲线。
- [0037] 作为示例,根据下述公式可以确定正弦型时间曲线: $S(t)=A \sin(2\pi ft)$
- [0038] 其中:
- [0039]  $-t \in [0 \text{ n } T]$
- [0040]  $-T$ 为信号周期, $T=1/f$
- [0041]  $-n$ 为周期数,
- [0042]  $-A$ 为振幅。
- [0043] 在机械脉冲的时间曲线为正弦型的情况下,可以改变频率、周期数和/或振幅。例如,每个脉冲的振幅可能在 $10\mu\text{m}$ 到 $10\text{mm}$ 之间,优选为在 $100\mu\text{m}$ 到 $5\text{mm}$ 之间。
- [0044] 总之,在确定步骤101中,每个脉冲具有与所确定的其它机械脉冲不同的机械特性。换言之,即所确定的每个机械脉冲均与所确定的其它机械脉冲不同。
- [0045] 多脉冲弹性成像方法100还包括脉冲产生步骤102,其在确定步骤101后产生至少两个已确定的机械脉冲,所述至少两个机械脉冲均在粘弹性介质中产生一个剪切波,从而使该波在粘弹性介质中传播。
- [0046] 这些机械脉冲(也可以称为低频脉冲)可以通过扬声器或任何其它类型的振动发生器2(参见图2)来产生,用于产生多个机械脉冲,每个机械脉冲均在粘弹性介质如人或动物的生物组织中产生低频剪切波。“脉冲产生步骤脉冲产生步骤102可以自动或手动启动”。操作员按下启动按钮进行手动启动,或者当粘弹性介质向振动发生器产生压力时直接自动启动。
- [0047] 这些机械脉冲均具有特定的中心频率。这些机械脉冲的特定中心频率选自最低频率如 $10\text{Hz}$ 到最高频率如 $5000\text{Hz}$ 之间。
- [0048] 多脉冲弹性成像多脉冲弹性成像方法100还包括监测步骤103,其监测所述至少两个剪切波在粘弹性介质中的传播。监测步骤103通过在粘弹性介质中发射超声波信号并采

集经粘弹性介质反射的超声波信号来实现。

[0049] 监测步骤103利用单元式或多元式超声换能器3来实现。

[0050] 在一个非限制性实施例中,每个机械脉冲均具有不同的特定中心频率。所以,每个机械脉冲均具有不同的频带,该频带由机械脉冲的中心频率和中心频率的周围频率构成。

[0051] 在图3所示的非限制性实施例中,在肝脏组织中实施根据本发明的方法时:

[0052] -低频振动器2产生第一剪切波,该第一剪切波是由第一机械脉冲IM1所产生的,其特定中心频率为50Hz;

[0053] -低频振动器2产生第二剪切波,该第二剪切波是由第二机械脉冲IM2所产生的,其特定中心频率为75Hz;

[0054] -低频振动器2产生第三剪切波,该第三剪切波是由第三机械脉冲IM3所产生的,其特定中心频率为100Hz。

[0055] 在该实施例中,由产生剪切波的机械脉冲IM1、IM2和IM3的频带部分重叠。具体地说,产生第一剪切波的第一机械脉冲IM1的频带与产生第二剪切波的第二机械脉冲IM2的频带部分重叠,而产生第二剪切波的第二机械脉冲IM2的频带与产生第三剪切波的第三机械脉冲IM3的频带部分重叠。因此,总频带为三个频带的总和。与较窄的频带相比,该总频带可以对肝组织进行更为精确地表征。

[0056] 在该实施例中,在上一个机械脉冲(产生第一剪切波的机械脉冲IM1)之后的下一个机械脉冲(产生第二剪切波的机械脉冲IM2)的中心频率大于上一个机械脉冲(产生第一剪切波的机械脉冲IM1)的中心频率。

[0057] 需要强调的是,该实施方式是非限制性的。因此,在根据本发明所述的多脉冲弹性成像方法100中未能详细阐述的其它实施方式中,在上一个机械脉冲(产生第一剪切波的机械脉冲IM1)之后的下一个机械脉冲(产生第二剪切波的机械脉冲IM2)的中心频率低于上一个机械脉冲(产生第一剪切波的机械脉冲IM1)的中心频率。这种实施方式的优点在于两个连续的剪切波不会相互干扰。事实上,频率越高,剪切波则衰减越快。因此,如果产生第一剪切波的第一脉冲IM1的中心频率约为100Hz,即高于产生第二剪切波的第二脉冲IM2的中心频率(75Hz),那么第一剪切波将比第二剪切波更快地衰减,从而降低两个剪切波之间的干扰风险。

[0058] 在如图4所示的另一个实施方式中,所确定的每个机械脉冲均具有不同的周期数。例如,第一脉冲IM11为一个周期,第二脉冲IM12为两个周期,第三脉冲IM13为三个周期。

[0059] 多脉冲弹性成像方法100还包括计算步骤104,其通过采集超声波信号计算粘弹性介质中的至少一个机械特性。该计算步骤可以在步骤103完成后进行。

[0060] 在一个非限制性实施方式中,该多脉冲弹性成像方法100还包括再重复步骤105,其包括重复脉冲产生步骤102、监测步骤103和计算步骤104至少一次。

[0061] 在如图5所示的实施例中,脉冲产生步骤102的再重复步骤105进行一次。在这种情况下,三个脉冲及其三个剪切波在粘弹性介质中发生两次。

[0062] 在另一个实施例中,再重复步骤105进行20次。对于产生剪切波的每个脉冲而言,如果其变化的特性是频率时,所限定的再重复次数能够足以覆盖整个频带,从而在一定时间内表征生物组织,以防止生物组织移动,例如由呼吸等生物内部运动造成的移动。

[0063] 在一个非限制性的实施方式中,脉冲产生步骤102、监测步骤103和计算步骤104的

再重复步骤105是自动启动的。换句话说,使用根据本发明方法100的多脉冲弹性成像装置1的操作员不需要启动再重复步骤105,该步骤105会被自动启动。即步骤105的重复次数可以由操作员在启动多脉冲弹性成像法100之前预先设定。

[0064] 在另一个实施例中,脉冲产生步骤、监测步骤和计算步骤的再重复步骤105是手动启动的,即由操作员启动。

[0065] 因此,所申请的发明能够实现受控振动式多脉冲弹性成像型多脉冲弹性成像(也可以缩写为VCTE),其由所产生的一系列脉冲构成,例如,最小频率和最大频率之间的不同中心频率。例如每个脉冲可以检测出一个其中心频率周围的频带。而且,针对每个频带所得的结果,可以实现介质在最低和最高步骤范围内的全面表征。

[0066] 根据本发明的方法100特别适用于:

[0067] 探索一个较宽的频率范围(对介质的全面表征),

[0068] -控制所使用的频率,

[0069] -对几个不同频率下接收到的信息进行组合,

[0070] -实施快速和低成本的检查(相对于IRM),

[0071] -不能在不同采集点之间移动的配有换能器的探头(降低测量点的易变性),

[0072] -根据所探查的介质改变最低和最高频率限值,

[0073] -改变周期数,

[0074] -改变剪切波的振幅,

[0075] -改变脉冲的波形。

[0076] 本发明还涉及一种多脉冲弹性成像装置1,其包括一个振动发生器2,用于产生多个机械脉冲,从而产生多个剪切波,还包括至少一个超声换能器3,用于发射和采集超声波信号。该装置1用于实施根据本发明的多脉冲弹性成像法100的各个步骤,即装置1特别适合于:

[0077] -确定101,利用人机交互界面IHM 5确定至少两个机械脉冲的特性,每个机械脉冲的至少一个所确定的特性可能是不同的,这些特性可以由操作员利用键盘进行输入。

[0078] -产生102,利用振动发生器2,产生至少两个所确定的机械脉冲,其可以在粘弹性介质中产生至少两个剪切波,

[0079] -监测103,利用超声换能器3,通过发射和采集超声波信号,监测至少两个剪切波在粘弹性介质中的传播,

[0080] -计算104,利用计算器4,通过所述超声波信号的采集,计算所述粘弹性介质的至少一个机械特性。

[0081] 需要强调的是,在确定至少两个低频机械脉冲特性的步骤101中,每个机械脉冲至少具有一个不同的特性。注意,本发明并不局限于这种实施方式,在确定至少两个低频机械脉冲特性的步骤101中,也可以是其中至少两个低频机械脉冲的特性是相同的。其实,某些粘弹性介质具有较长的弛豫时间(即恢复平衡状态所需的时间)。在这种情况下,该介质就不具备在各个脉冲之间寻求平衡的时间。因此,通过研究若干个相似脉冲产生的连续剪切波的传播,可以获得有关粘弹性介质性质的信息。

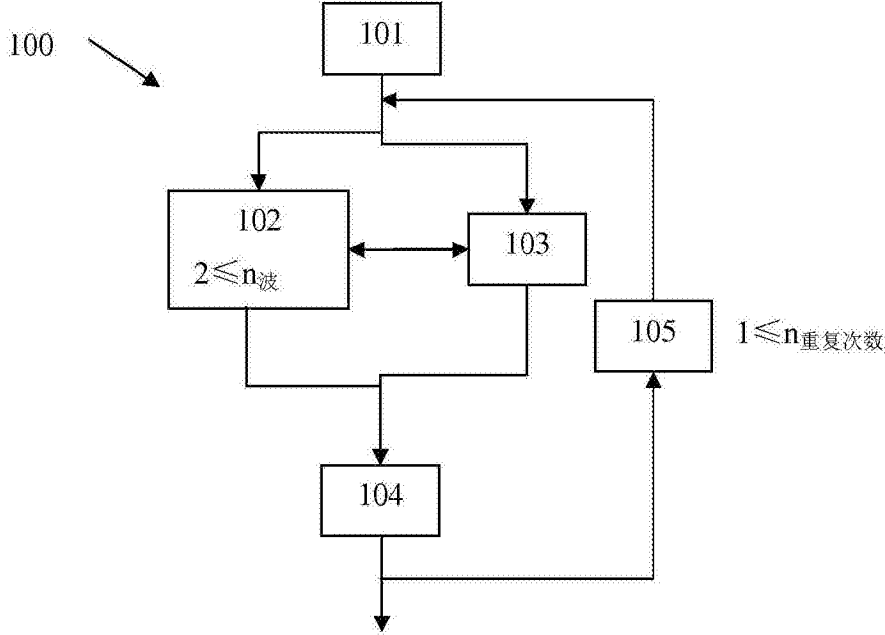


图1

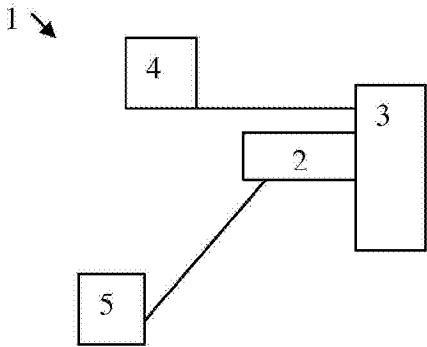


图2



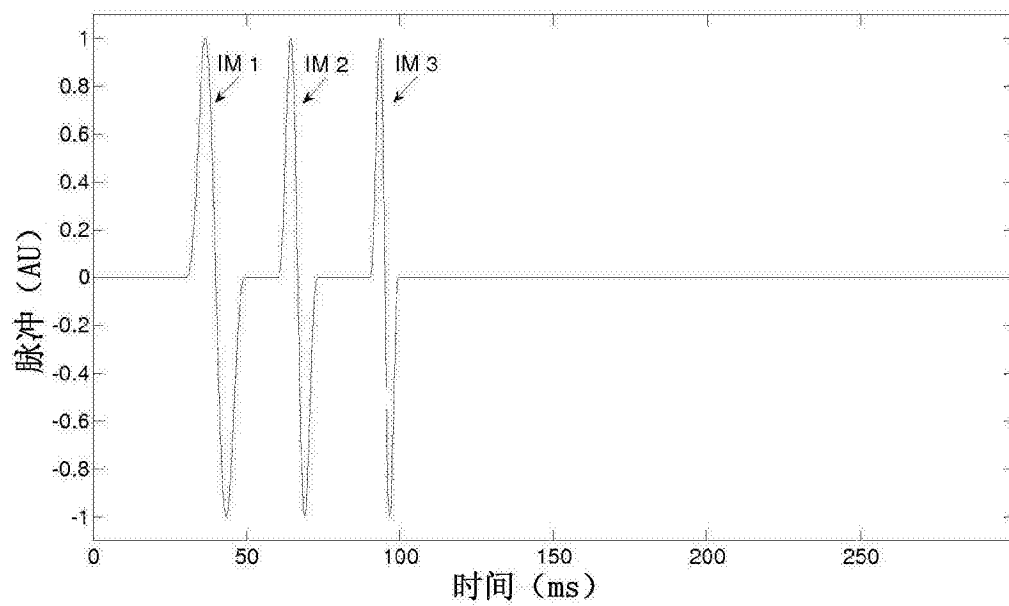


图3

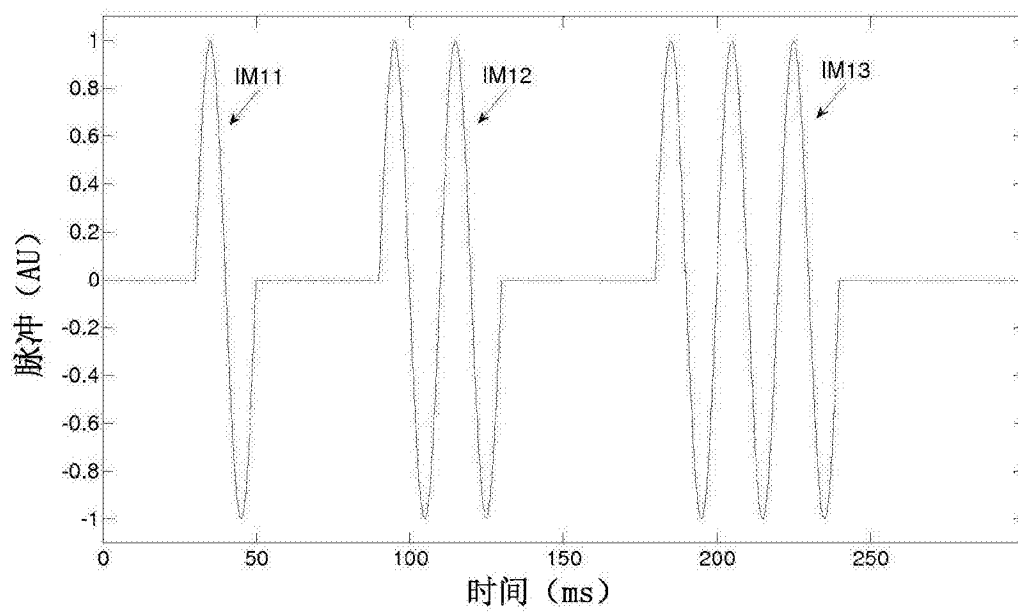


图4

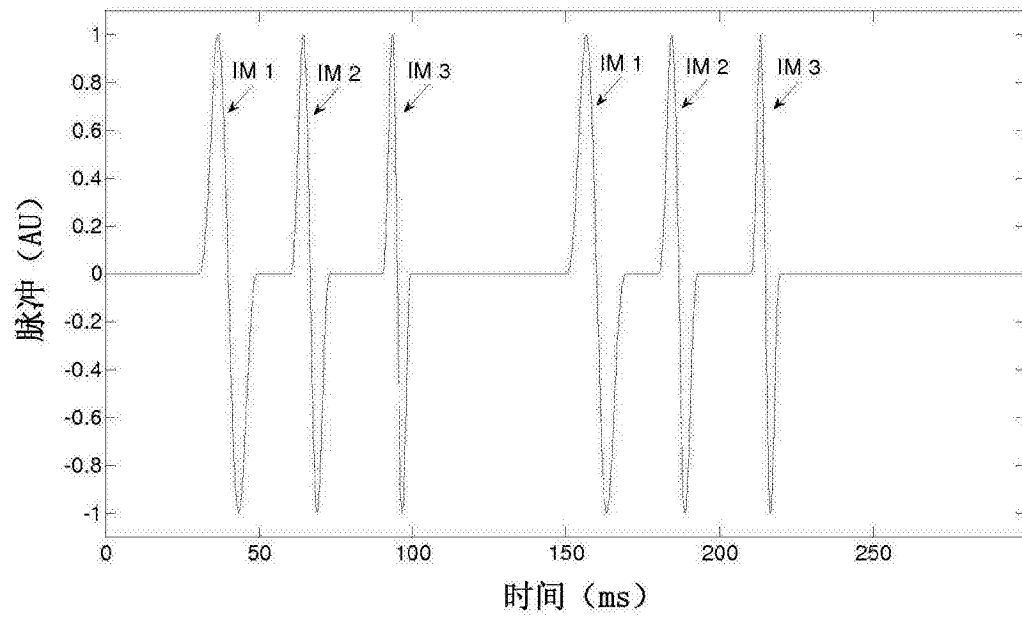


图5

|                |                                                         |         |            |
|----------------|---------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 多脉冲弹性成像方法                                               |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN104380134B</a>                            | 公开(公告)日 | 2016-09-21 |
| 申请号            | CN201480001426.7                                        | 申请日     | 2014-02-19 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 爱科森股份有限公司                                               |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 爱科森股份有限公司                                               |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 爱科森股份有限公司                                               |         |            |
| [标]发明人         | 洛朗·桑德兰<br>塞西尔·巴斯塔尔                                      |         |            |
| 发明人            | 洛朗·桑德兰<br>塞西尔·巴斯塔尔                                      |         |            |
| IPC分类号         | G01S7/52 A61B8/08                                       |         |            |
| CPC分类号         | A61B8/485 A61B8/5207 A61B8/5223 G01S7/52042 G01S7/52046 |         |            |
| 代理人(译)         | 郭栋梁                                                     |         |            |
| 优先权            | 2013051405 2013-02-19 FR                                |         |            |
| 其他公开文献         | CN104380134A                                            |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>          |         |            |

#### 摘要(译)

本发明涉及一种多脉冲弹性成像方法(100)，用于定量测量经超声波照射后发出超声波信号的粘弹性介质的至少一种机械特性，所述方法(100)包括以下步骤：-确定(101)至少两个机械脉冲的特性，-在粘弹性介质中产生(102)所述至少两个机械脉冲，-通过发射和采集超声波信号，监测(103)所述至少两个机械脉冲产生的至少两个剪切波在粘弹性介质中的传播，-以及通过所述超声波信号的采集，计算(104)所述粘弹性介质的至少一个机械特性。

