



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109009229 A

(43)申请公布日 2018.12.18

(21)申请号 201810739013.9

(22)申请日 2018.07.06

(71)申请人 深圳大学

地址 518060 广东省深圳市南山区粤海街  
道南海大道3688号

(72)发明人 张新宇 朱莹 邵梦 陈昕  
刁现芬

(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 彭家恩

(51)Int.Cl.

A61B 8/10(2006.01)

A61B 8/08(2006.01)

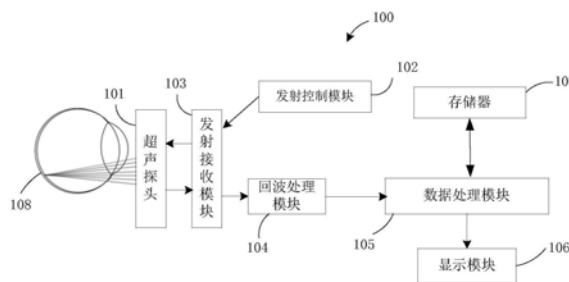
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种巩膜力学特性在体定量测量的设备及方法

(57)摘要

本发明公开了一种巩膜力学特性在体定量测量的设备及方法,包括:超声探头,用于向巩膜发射超声波并接收超声波的回波;发射控制模块,用于控制超声探头向巩膜发射超声波,接收超声波的回波从而得到第一回波数据;在得到第一回波数据后,控制超声探头在巩膜产生兰姆波;控制超声探头再次向巩膜发射超声波,以对行经巩膜的兰姆波进行检测,接收超声波的回波从而得到第二回波数据;数据处理模块,用于基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算巩膜的力学特性参数。本发明提供的设备和方法,操作简单,便于实施,通过不同频率的超声探头实现对巩膜大部分区域的在体测量,可以无创测量巩膜弹性模量和粘性系数,全面检测巩膜的力学特性。



1. 一种巩膜力学特性在体定量测量的设备,其特征在於,包括:

超声探头,用于向巩膜发射超声波并接收超声波的回波;

发射控制模块,用于控制超声探头向巩膜发射超声波,接收超声波的回波从而得到第一回波数据;在得到第一回波数据后,控制超声探头对巩膜发射聚焦声束,生成声辐射力激励巩膜振动,在巩膜产生兰姆波;控制超声探头再次向巩膜发射超声波,以对行经巩膜的兰姆波进行检测,接收超声波的回波从而得到第二回波数据;

数据处理模块,用于基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算巩膜的力学特性参数。

2. 如权利要求1所述的设备,其特征在於,采用高频线阵探头对眼前节巩膜进行测量,采用中频线阵探头对眼后节巩膜进行测量。

3. 如权利要求1所述的设备,其特征在於,所述第一回波数据至少为一个,用于测量巩膜厚度和记录巩膜的原始位置。

4. 如权利要求1所述的设备,其特征在於,所述第二回波数据为多个,包括:从巩膜被激励开始振动到振动结束,持续检测兰姆波,得到多个第二回波数据。

5. 如权利要求1所述的设备,其特征在於,基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算巩膜的力学特性参数,包括:根据薄板中的非对称兰姆波弥散方程式(1)计算巩膜的力学特性参数,即:

$$\begin{aligned} & 4k_L^3 \beta \cosh(k_L h) \sinh(\beta h) - (2k_L^2 - k_S^2)^2 \sinh(k_L h) \cosh(\beta h) \\ & = k_S^4 \cosh(k_L h) \cosh(\beta h) \end{aligned} \quad (1)$$

其中,兰姆波波数 $k_L = \omega / c_L(\omega)$ , $\omega$ 是角频率, $c_L(\omega)$ 是频率相关的兰姆波相速度,剪切波波数 $k_S = \omega \sqrt{\rho_m / \mu^*}$ , $\rho_m$ 是样品的密度(与水的密度相近), $\mu^*$ 表示巩膜的粘弹性参量, $\beta = \sqrt{k_L^2 - k_S^2}$ , $h$ 等于巩膜厚度的一半;通过第一回波数据和第二回波数据中的多个数据可以计算兰姆波各频率分量传播的相速度 $c_L(\omega)$ ,对相速度频散曲线进行非线性拟合,可以计算巩膜的力学特性参数。

6. 一种巩膜力学特性在体定量测量的方法,其特征在於,包括:

检测第一回波数据步骤,包括:控制超声探头向巩膜发射超声波,接收超声波的回波从而得到第一回波数据;

激励巩膜振动步骤,包括:得到第一回波数据后,控制超声探头对巩膜发射聚焦声束,生成声辐射力激励巩膜振动,在巩膜产生兰姆波;

检测第二回波数据步骤,包括:控制超声探头再次向巩膜发射超声波,以对行经巩膜的兰姆波进行检测,接收超声波的回波从而得到第二回波数据;

数据处理步骤,包括:基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算巩膜的力学特性参数。

7. 如权利要求6中所述的方法,其特征在於,所述第一回波数据至少为一个,用于测量巩膜厚度和记录组织的原始位置。

8. 如权利要求6中所述的方法,其特征在於,所述第二回波数据为多个,包括:从巩膜被激励开始振动到振动结束,持续检测兰姆波,得到多个第二回波数据。

9. 如权利要求6中所述的方法,其特征在于,基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算巩膜的力学特性参数,包括:根据薄板中的非对称兰姆波弥散方程式(1)计算巩膜的力学特性参数,即:

$$\begin{aligned} 4k_L^3 \beta \cosh(k_L h) \sinh(\beta h) - (2k_L^2 - k_S^2)^2 \sinh(k_L h) \cosh(\beta h) \\ = k_S^4 \cosh(k_L h) \cosh(\beta h) \end{aligned} \quad (1)$$

其中,兰姆波波数 $k_L = \omega / c_L(\omega)$ , $\omega$ 是角频率, $c_L(\omega)$ 是频率相关的兰姆波相速度,剪切波波数 $k_S = \omega \sqrt{\rho_m / \mu^*}$ , $\rho_m$ 是样品的密度(与水的密度相近), $\mu^*$ 表示巩膜的粘弹性参量, $\beta = \sqrt{k_L^2 - k_S^2}$ , $h$ 等于巩膜厚度的一半;通过第一回波数据和第二回波数据中的多个数据可以计算兰姆波各频率分量传播的相速度 $c_L(\omega)$ ,对相速度频散曲线进行非线性拟合,可以计算巩膜的力学特性参数。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,包括程序,所述程序能够被处理器执行以实现如权利要求6-9中任一项所述的方法。

## 一种巩膜力学特性在体定量测量的设备及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及医学在体定量测量的设备及方法,具体涉及一种巩膜力学特性在体定量测量的设备及方法。

### 背景技术

[0002] 巩膜是眼球壁的最外层,质地坚韧不透明,呈瓷白色,血管很少,前面与角膜,后面与视神经硬膜鞘相连,覆盖整个眼球5/6的面积。已有研究揭示了巩膜具有非线性的应力-应变关系、粘弹性及各向异性等生物力学特性,而这些生物力学特性会因为某些病变或外伤等因素而发生改变。

[0003] 在青光眼发病机制的研究中发现了巩膜力学特性的异常。相关离体研究表明:青光眼患者的巩膜硬度比同年龄对照组更大,由此推测巩膜力学特性的异常是正常眼压青光眼发病的主要原因之一,某些间接的在体测量研究也得到了相似的结果。目前,巩膜力学特性在体测量技术基本上还是空白。有限的几个研究提出了在体测量的力学特性的方法,仅能从整体上粗略地区分巩膜力学特性的改变,而且这些方法操作复杂,难以推向临床。

[0004] 奥地利维也纳医科大学Hommer等人在原发性开角型青光眼患者身上,用眼压计测量眼内压的变化,用激光干涉法测量心动周期内眼球体积的变化,基于Friedenwald方程估算眼球的硬度。

[0005] 现有的在体测量方法是根据眼内压改变或眼底脉动引起的眼轴长度/体积变化,估计巩膜硬度。此方法存在一定的局限性:第一,实验较为复杂,不易操作和监控;第二,仅能从整体粗略地反映眼球的力学特性,无法反映局部组织的力学特性,应用价值有限。

[0006] 超声波在组织中传播,其强度不可避免地随深度衰减,形成声场的梯度分布,这种梯度形成了对组织的单向作用力,即:声辐射力。运动开始时声辐射力使组织产生沿超声发射轴向的(Z方向)的位移,这种位移产生两个效应:一是轴向的压缩拉伸,从而以纵波的方式向前传播,二是由于和横向相邻组织的剪切应力,产生横向传播的应变波,体现为横向各点沿Z方向按时间顺序的剪切位移。由于巩膜是一种薄层结构的组织,应变波在其内传播时,不断在巩膜的上下边界发生作用,产生折射、反射及横波与纵波之间的模态转换而形成兰姆波。兰姆波在组织中的传播过程可用超声技术或者光学技术进行记录。

### 发明内容

[0007] 本发明主要解决的技术问题是巩膜力学特性在体定量测量系统较为复杂,不易操作和监控,而且仅能从整体粗略地反映眼球的力学特性,无法反映局部组织的力学特性,应用价值有限,因此需要一种操作简单、便于实施的在体定量测量设备及方法,用于实现对巩膜大部分区域的测量,全面反映巩膜的力学特性。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供一种巩膜力学特性在体定量测量的设备,包括:

[0009] 超声探头,用于向巩膜发射超声波并接收超声波的回波;

[0010] 发射控制模块,用于控制超声探头向巩膜发射超声波,接收超声波的回波从而得

到第一回波数据;在得到第一回波数据后,控制超声探头对巩膜发射聚焦声束,生成声辐射力激励巩膜振动,在巩膜产生兰姆波;控制超声探头再次向巩膜发射超声波,以对行经巩膜的兰姆波进行检测,接收超声波的回波从而得到第二回波数据;

[0011] 数据处理模块,用于基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算巩膜的力学特性参数。

[0012] 根据本发明的另一方面,提供一种巩膜力学特性在体定量测量的方法,包括:

[0013] 检测第一回波数据步骤,包括:控制超声探头向巩膜发射超声波,接收超声波的回波从而得到第一回波数据;

[0014] 激励巩膜振动步骤,包括:得到第一回波数据后,控制超声探头对巩膜发射聚焦声束,生成声辐射力激励巩膜振动,在巩膜产生兰姆波;

[0015] 检测第二回波数据步骤,包括:控制超声探头再次向巩膜发射超声波,以对行经巩膜的兰姆波进行检测,接收超声波的回波从而得到第二回波数据;

[0016] 数据处理步骤,包括:基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算巩膜的力学特性参数。

[0017] 依据上述实施例的一种巩膜力学特性在体定量测量的设备及方法,操作简单,便于实施,可以无创测量巩膜弹性模量和粘性系数,全面检测巩膜的力学特性。

## 附图说明

[0018] 图1为一种巩膜力学特性在体定量测量的设备结构示意图;

[0019] 图2为一种巩膜力学特性在体定量测量的方法步骤示意图。

## 具体实施方式

[0020] 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。

[0021] 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。

[0022] 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)。

[0023] 请参考图1,一种巩膜力学特性在体定量测量的设备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,一种巩膜力学特性在体定量测量的设备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。

[0024] 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,从而实现向巩膜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。换能器可根据激励电信号发射超声波,或将接收的超声波转换为电信号。因此每个换能器可用于向巩膜发射超声波,也可用于接收经巩膜返回的超声波回波。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。

[0025] 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巩膜发射超声波,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。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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所需要的参数或图像。

[0030] 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弹性模量和粘性系数数据,生成具有力学特性参数的图像。

[0031] 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。

[0032] 在本发明实施例中,通过使用一种巩膜力学特性在体定量测量的设备,对巩膜进行无创在体检测,并根据检测得到的数据,依据薄板中的非对称兰姆波弥散方程式(1)定量计算巩膜的力学特性参数,即:

$$\begin{aligned}
 &4k_L^3 \beta \cosh(k_L h) \sinh(\beta h) - (2k_L^2 - k_S^2)^2 \sinh(k_L h) \cosh(\beta h) \\
 &= k_S^4 \cosh(k_L h) \cosh(\beta h)
 \end{aligned} \tag{1}$$

[0034] 其中,兰姆波波数 $k_L = \omega / c_L(\omega)$ , $\omega$ 是角频率, $c_L(\omega)$ 是频率相关的兰姆波相速

度,剪切波波数  $k_s = \omega \sqrt{\rho_m / \mu^*}$ ,  $\rho_m$  是样品的密度(与水的密度相近),  $\mu^*$  表示巩膜的粘弹性参量,  $\beta = \sqrt{k_L^2 - k_s^2}$ ,  $h$  等于巩膜厚度的一半;通过第一回波数据和第二回波数据中的多个数据可以计算兰姆波各频率分量传播的相速度  $c_L(\omega)$ , 对相速度频散曲线进行非线性拟合,可以计算巩膜的力学特性参数。

[0035] 实施例一:

[0036] 请参考图1,在本实施例中,一种巩膜力学特性在体定量测量设备100包括超声探头101、发射控制模块102、发射和接收模块103、回波处理模块104、数据处理模块105、显示模块106和存储器107。

[0037] 在本发明实施例中,超声设备100用于进行巩膜力学特性参数检测时,超声探头101主要包括进行超声B型成像的线阵探头。使用者将超声探头101与眼睛108(闭眼,超声探头101放在眼皮上)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。

[0038] 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。

[0039] 在本实施例中,发射控制模块102首先控制超声探头101向巩膜发射超声波,回波处理模块104接收超声波的回波从而得到第一回波数据,第一回波数据为一帧或多帧回波数据,数据处理模块105根据第一回波数据,可以记录巩膜组织的原始位置,并测量巩膜的厚度。

[0040] 在回波处理模块104得到第一回波数据后,发射控制模块102控制超声探头101在巩膜产生兰姆波。因为测量对象是眼睛,在本实施例中,超声探头101发射聚焦的激励脉冲,产生声辐射力作用于巩膜,使其振动并传播。激励脉冲可持续几十至数百 $\mu\text{s}$ ,用于产生较大幅度的轴向位移,从而可导致产生的兰姆波有较大的信噪比。

[0041] 在巩膜产生兰姆波之后,发射控制模块102控制超声探头101再次向巩膜发射超声波,以对行经巩膜的兰姆波进行检测,回波处理模块104接收超声波的回波从而得到第二回波数据。

[0042] 在本实施例中,从巩膜被激励开始振动到振动结束,持续检测兰姆波,得到多帧回波数据,组成第二回波数据,用于对巩膜振动过程进行可视化的显示或记录。

[0043] 在本实施例中,采用高频线阵探头对眼前节巩膜进行测量,采用中频线阵探头对眼后节巩膜进行测量,通过转动眼球,巩膜大部分区域可被探及。

[0044] 数据处理模块105基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据,根据上述式(1)可以定量计算巩膜的力学特性参数。

[0045] 实施例二:

[0046] 如图2所示,一种巩膜力学特性在体定量测量的方法,包括以下步骤:

[0047] 步骤10:检测第一回波数据,具体包括:控制超声探头向巩膜发射超声波,接收超

声波的回波从而得到第一回波数据；

[0048] 步骤11:激励巩膜振动,具体包括:得到第一回波数据后,控制超声探头对巩膜发射聚焦声束,生成声辐射力激励巩膜振动,在巩膜产生兰姆波；

[0049] 步骤12:检测第二回波数据,具体包括:控制超声探头再次向巩膜发射超声波,以对行经巩膜的兰姆波进行检测,接收超声波的回波从而得到第二回波数据；

[0050] 步骤13:数据处理,具体包括:基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算巩膜的力学特性参数。

[0051] 其中,第一回波数据至少为一个,用于测量巩膜厚度和记录组织的原始位置。第二回波数据为多个,具体包括:从巩膜被激励开始振动到振动结束,持续检测兰姆波,得到多个第二回波数据。

[0052] 在数据处理步骤中,首先,第一回波数据和第二回波数据是N帧的回波数据。对于每个阵元接收到的回波信号 $r(t,k)$ 表示成一个二维信号。发射一次检测脉冲,则不同时刻 $t$ 的回波信号表示组织中不同深度处的回波。按一定的重复频率发射多次检测脉冲,得到一个脉冲回波序列, $k$ 表示该序列中回波的帧数。回波信号的幅度和相位受到该点组织振动的调制,通过现有技术的算法可从中提取出组织振动的相位变化。超声探头101接收到的射频信号经过正交解调处理,得到回波信号的复包络。对某一监测点,回波信号相邻帧的复包络信号进行互相关处理,可提取出该点不同深度中组织振动的信号。对于相距 $\Delta Z$ 的两个检测点,计算它们在某个深度上振动信号的相位差,可求出振动传播的相速度 $c_L$ 。

[0053] 在本实施例中,根据上述式(1),当忽略巩膜组织的粘性,只计算其弹性时:

[0054] 粘弹性参量 $\mu^*$ 表示为 $\mu^* = \mu$ ,其中, $\mu$ 是弹性模量,则由式(1)可得到兰姆波相速度 $c_L$ 、频率 $\omega$ 、巩膜厚度的一半 $h$ 和弹性模量 $\mu$ 的函数,如式(2)所示:

$$f(c_L, \omega, \mu, h) = 4k_L^3 \beta \cosh(k_L h) \sinh(\beta h) - (2k_L^2 - k_S^2)^2 \sinh(k_L h) \cosh(\beta h) - k_S^4 \cosh(k_L h) \cosh(\beta h) \quad (2)$$

[0056] 选定若干个频率点,在这些频率上的兰姆波相速度可测得,且巩膜厚度也可以测量。则采用非线性最小二乘估计算法,可以估算出巩膜的弹性模量 $\mu$ 。具体步骤如下:

[0057] 1) 假定 $\langle \mu \rangle$ 的一个初值;

[0058] 2) 基于“最小二乘准则”得到相速度谱的估计 $\hat{c}_L(\omega, \mu)$ ,即:

$$\hat{c}_L(\omega, \mu) = \min_c \sum_{\omega} \left| f(\hat{c}_L, \omega, \mu, h) \right|^2 \quad (3)$$

[0060] 3) 计算估计的相速度谱 $\hat{c}_L(\omega, \mu)$ 与实测相速度谱 $c_L(\omega)$ 之间的误差平方和,表示为:

[0061]

$$\hat{\mu} = \min_{\mu} \sum_{\omega} |c_L(\omega) - \hat{c}_L(\omega, \mu)|^2 \quad (4)$$

[0063] 4) 若 $\langle \hat{\mu} \rangle$ 未达到预设的精度,更新 $\langle \hat{\mu} \rangle$ 的值,返回第2)步;否则计算停止,

[0064] 所得 $\hat{\mu}$ 是巩膜弹性模量的估计值。

[0065] 对于巩膜这种薄板状组织,假定厚度已知或者厚度相同,则群速度、某个频率的相

速度、或者其他传播速度相关的参数,例如:相速度的斜率等,直接与巩膜的力学特性相关。因此,采用这些参数,可以用于评价巩膜的力学特性,进一步用于临床观察和治疗。

[0066] 实施例三:

[0067] 请参考图2,本实施例与实施例二不同的是巩膜力学特性参数的计算。

[0068] 在本实施例中,根据上述式(1),计算巩膜的粘弹性参数时,引入Voigt模型来描述粘弹性巩膜的力学行为,粘弹性参量 $\mu^*$ 则表示为 $\mu^* = \mu_1 + i \omega \mu_2$ ,其中 $\mu_1$ 和 $\mu_2$ 分别是弹性模量和粘性系数。因此,式(1)可变化为关于兰姆波相速度 $c_L$ 、频率 $\omega$ 、巩膜厚度的一半 $h$ 、弹性模量 $\mu_1$ 和粘性系数 $\mu_2$ 的数学模型,如式(5)所示:

$$[0069] \quad f(c_L, \omega, \mu_1, \mu_2, h) = 4k_L^3 \beta \cosh(k_L h) \sinh(\beta h) - (2k_L^2 - k_S^2)^2 \sinh(k_L h) \cosh(\beta h) - k_S^4 \cosh(k_L h) \cosh(\beta h) \quad (5)$$

[0070] 选定若干个频率点,在这些频率上的兰姆波相速度可测得,且巩膜厚度也可以测量。则采用非线性最小二乘估计算法,可以估算出巩膜的弹性模量 $\mu_1$ 和粘性系数 $\mu_2$ 。具体步骤如下:

[0071] 1) 假定 $\langle \mu_1, \mu_2 \rangle$ 的一个初值;

[0072] 2) 基于“最小二乘准则”得到相速度谱的估计 $\hat{c}_L(\omega, \mu_1, \mu_2)$ ,即:

$$[0073] \quad \hat{c}_L(\omega, \mu_1, \mu_2) = \min_c \sum_{\omega} |f(\hat{c}_L, \omega, \mu_1, \mu_2, h)|^2 \quad (6)$$

[0074] 3) 计算估计的相速度谱 $\hat{c}_L(\omega, \mu_1, \mu_2)$ 与实测相速度谱 $c_L(\omega)$ 之间的误差平方和,表示为:

$$[0075] \quad (\hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2) = \min_{\mu_1, \mu_2} \sum_{\omega} |c_L(\omega) - \hat{c}_L(\omega, \mu_1, \mu_2)|^2 \quad (7)$$

[0076] 4) 若 $\langle \hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2 \rangle$ 未达到预设的精度,更新 $\langle \hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2 \rangle$ 的值,返回第2)步;否则

[0077] 计算停止,所得 $\langle \hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2 \rangle$ 是巩膜粘弹性系数的估计值。

[0078] 同实施例二,对于巩膜这种薄板状组织,假定厚度已知或者厚度相同,则群速度、某个频率的相速度、或者其他传播速度相关的参数,例如:相速度的斜率等,直接与巩膜的力学特性相关。因此,采用这些参数,可以用于评价巩膜的力学特性,进一步用于临床观察和治疗。

[0079] 通过本发明提供的方法和设备,操作简单,便于实施,通过不同频率的超声探头实现对巩膜大部分区域的在体测量,可以无创测量巩膜弹性模量和粘性系数,全面检测巩膜的力学特性。

[0080] 本领域技术人员可以理解,上述实施方式中各种方法的全部或部分功能可以通过硬件的方式实现,也可以通过计算机程序的方式实现。当上述实施方式中全部或部分功能通过计算机程序的方式实现时,该程序可以存储于一计算机可读存储介质中,存储介质可以包括:只读存储器、随机存储器、磁盘、光盘、硬盘等,通过计算机执行该程序以实现上述功能。例如,将程序存储在设备的存储器中,当通过处理器执行存储器中程序,即可实现上述全部或部分功能。另外,当上述实施方式中全部或部分功能通过计算机程序的方式实现时,该程序也可以存储在服务器、另一计算机、磁盘、光盘、闪存盘或移动硬盘等存储介质中,通过下载或复制保存到本地设备的存储器中,或对本地设备的系统进行版本更新,当通

过处理器执行存储器中的程序时,即可实现上述实施方式中全部或部分功能。

[0081] 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。对于本发明所属技术领域的技术人员,依据本发明的思想,还可以做出若干简单推演、变形或替换。

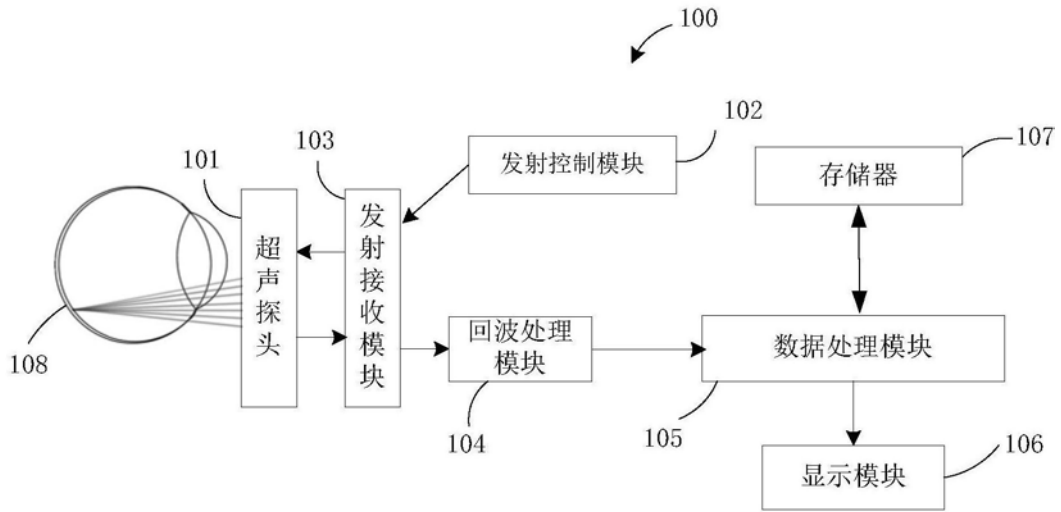


图1

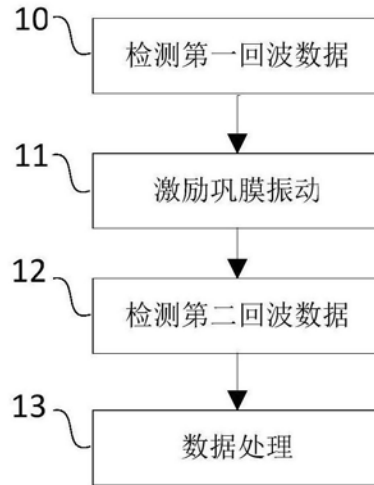


图2

专利名称(译)	一种巩膜力学特性在体定量测量的设备及方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN109009229A</a>	公开(公告)日	2018-12-18
申请号	CN201810739013.9	申请日	2018-07-06
[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	张新宇 朱莹 邵梦 陈昕 刁现芬		
发明人	张新宇 朱莹 邵梦 陈昕 刁现芬		
IPC分类号	A61B8/10 A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/10 A61B8/0858		
代理人(译)	郭燕		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种巩膜力学特性在体定量测量的设备及方法，包括：超声探头，用于向巩膜发射超声波并接收超声波的回波；发射控制模块，用于控制超声探头向巩膜发射超声波，接收超声波的回波从而得到第一回波数据；在得到第一回波数据后，控制超声探头在巩膜产生兰姆波；控制超声探头再次向巩膜发射超声波，以对行经巩膜的兰姆波进行检测，接收超声波的回波从而得到第二回波数据；数据处理模块，用于基于第一回波数据和第二回波数据中的多个数据计算巩膜的力学特性参数。本发明提供的设备和方法，操作简单，便于实施，通过不同频率的超声探头实现对巩膜大部分区域的在体测量，可以无创测量巩膜弹性模量和粘性系数，全面检测巩膜的力学特性。

