



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111938579 A

(43) 申请公布日 2020.11.17

(21) 申请号 202010609423.9

(22) 申请日 2020.06.29

(71) 申请人 南昌大学

地址 330000 江西省南昌市红谷滩新区学府大道999号

(72) 发明人 宋贤林 王玉峰 周辉林 魏剑霜 宋玲芳

(74) 专利代理机构 南昌金轩知识产权代理有限公司 36129

代理人 余鹏锦

(51) Int. Cl.

A61B 5/00 (2006.01)

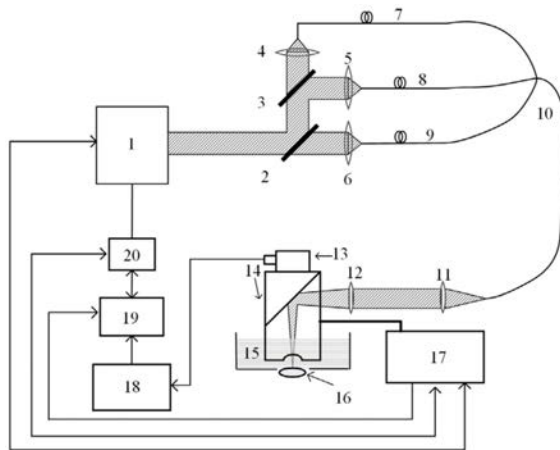
权利要求书2页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法及其装置

(57) 摘要

一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法及其装置,包括激光发生器、三根不同长度的光纤、光纤合束器、超声探头、三维扫描器、信号采集卡以及工作站。所述的基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法主要是使用三根不同长度的光纤将一个激光脉冲分成彼此间含有一定时间间隔的三个光脉冲,然后通过光纤合束器将从三根光纤出来的光束合成一路光束,最后被物镜聚焦在样品上,依次在焦面激发光声信号,从而可在一次A型扫描中获得三个分离的光声信号,将这三个光声信号进行叠加获得高信噪比光声图像。本发明使用光纤延时的方法获得多个脉冲,使光声显微成像系统一次扫描既可以获得多次测量信号,提升了成像速度。



1. 一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法,包括下列步骤:

S1: 泵浦激光器出射激光,通过第一立方体(2)、第二立方体(3)将激光束分成三路激光束,这三束激光束分别耦合进芯径相同、长度分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 的光纤获得延时;

S2: 通过光纤合束器(10)将从三根光纤出来的具有一定时间间隔的光脉冲合成一路,最后通过物镜(12)聚焦;这三个光脉冲依次聚焦在样品上,在一次A型扫描中获得三个对应的分离的光声信号;将这三个光声信号进行叠加获得高信噪比光声图像;

S3: 进行二维光栅扫描获取三维数据。

2. 根据权利要求1所述的一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法,其特征在于S1相邻两根所述光纤的长度应根据光声显微系统的轴向分辨率来确定;

相邻两根光纤的长度差应该大于轴向分辨率,以保证相邻两个光脉冲激发的光声信号不重叠、互相干扰;对相邻两根光纤的长度 L_1 (更长的那根)、 L_2 的要求是:为保证从两根光纤出来的光脉冲激发的光声信号能够很好区分出来,要求对应两个光声信号之间的深度间隔应大于系统的轴向分辨率 Res (对于中心频率为50MHz的超声探头,其轴向分辨率约45微米),考虑到光声信号在水中的速度 $v=1500\text{m/s}$,则两个光脉冲之间的时间间隔应大于 Res/v ,因此,相邻两根光纤的长度应满足 $(L_1n_1-L_2n_2) > c \times (Res) / v$,其中 c 为光在真空的速度, n_1 、 n_2 为两根多模光纤的折射率。

3. 根据权利要求1所述的一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法,其特征在于S2所述的分离是指在相邻两根光纤的长度满足S1中条件时,从两根光纤出来的两个光脉冲在时间上间隔足够大,激光的光声信号相隔足够远,反映在B型图上(纵向为深度)为信号彼此不重叠、间隔分布,因此在B型图上两个光声信号之间确定一个位置即可分离。

4. 一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像系统,用于执行上述的基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法,包括:

激光模块,用于产生激光束,并将所述激光束聚焦,包括泵浦激光器(1)、物镜和第四聚光镜(11);

延时模块,用于将一个激光脉冲分成三个具有一定时间间隔的激光脉冲,包括第一光纤(7)、第二光纤(8)、第三光纤(9)、第一立方体(2)、第二立方体(3)、第一聚光器(4)、第二聚光器(5)、第三聚光器(6)和将三个具有一定时间间隔的激光脉冲合在一起的光纤合束器(10);

采集模块,用于传导所述激光模块生成的聚焦后的激光束到样品上,并采集在样品上产生的光声信号,包括超声探头、信号放大器(18)和采集卡(19);

调焦模块,用于调整所述超声探头与所述样品的间距,包括三维扫描器(17);

控制模块,与所述激光模块、采集模块和调焦模块电连接。

5. 根据权利要求4所述的一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像系统,其特征在于,所述泵浦激光器(1)发出激光束后经过延时模块,再经由所述物镜(12)入射到样本上。

6. 根据权利要求4所述的一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成

像系统,其特征在于,所述超声探头包括超声换能器(15)和声光耦合棱镜(14),所述声光耦合棱镜的数值孔径为0.5。

一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光声显微成像领域,特别是涉及一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法及其装置。

背景技术

[0002] 新近出现的光声显微成像技术是一种新型的、无损医学成像技术,它有机结合了纯光学成像的高对比度和纯超声成像的高分辨率优点。常用的光学成像技术,如光学相干层析和双光子显微镜光声成像技术由于光在生物组织的高散射,成像深度较浅,很难超过“软极限”。而虽然超声成像基于组织的力学性质改变,对比度低,但是其在组织中的散射比光学散射要低两至三个数量级,因此能够在更深层的组织中提供更高的分辨率。光声显微成像能够在保持高已经广泛应用于生物研究中,例如脉管系统的结构成像、脑结构与功能的成像、肿瘤探测等。考虑到横向分辨率,光声显微成像系统可分为光学分辨光声显微成像系统(OR-PAM)和声学光声显微成像系统(AR-PAM)。在AR-PAM中,由于聚焦在样品上的光为弱聚焦,光斑尺寸较大,系统的横向分辨率取决于焦点较小的声焦点。相反,光学分辨光声显微成像系统中,由于入射光为强聚焦,光斑尺寸通常能达到几个微米,远小于声焦点。在光声成像中,光声信号会受到噪声的干扰,从而被探头所接收的信号是光声信号与噪声相混杂的结果。根据光声显微成像原理,产生的初始声压和光脉冲能量成正比。若要获得更高信噪比的光声图像,通常是提高光脉冲能量或者多次采集叠加,前者要考虑到光漂白或者光毒性,后者则会使成像速度变慢,成像效率变低。因此,有必要在保持较低光脉冲能量和保证较快成像效率的基础上获得高信噪比光声图像。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是为了克服现有技术中的光声显微成像系统中信噪比低的问题,提供一种能够获得高信噪比光声图像的基于光纤延时的多脉冲光声显微成像方法及其装置。

[0004] 一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法,其特征在于,包括下列步骤:

[0005] S1:一脉冲激光器出射激光,通过两个立方体将激光束分成三路激光束,这三束激光束分别耦合进芯径相同、长度分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 的光纤获得延时。

[0006] S2:通过一个光纤合束器将从三根光纤出来的具有一定时间间隔的光脉冲合成一路,最后通过物镜聚焦。这三个光脉冲依次聚焦在样品上,在一次A型扫描中获得三个对应的分离的光声信号。将这三个光声信号进行叠加获得高信噪比光声图像。

[0007] S3:进行二维光栅扫描获取三维数据。

[0008] S1中相邻两根所述光纤的长度应根据光声显微系统的轴向分辨率来确定,相邻两根光纤的长度差应该大于轴向分辨率,以保证相邻两个光脉冲激发的光声信号不重叠、互

相干扰;对相邻两根光纤的长度 L_1 (更长的那根)、 L_2 的要求是:为保证从两根光纤出来的光脉冲激发的光声信号能够很好区分出来,要求对应两个光声信号之间的深度间隔应大于系统的轴向分辨率 Res (对于中心频率为50MHz的超声探头,其轴向分辨率约45微米),考虑到光声信号在水中的速度 $v=1500\text{m/s}$,则两个光脉冲之间的时间间隔应大于 Res/v ,因此,相邻两根光纤的长度应满足 $(L_1n_1-L_2n_2) > c \times (Res) / v$,其中 c 为光在真空的速度, n_1 、 n_2 为两根多模光纤的折射率。

[0009] S2中所述的分离是指在相邻两根光纤的长度满足S1中条件时,从两根光纤出来的两个光脉冲在时间上间隔足够大,激光的光声信号相隔足够远,反映在B型图上(纵向为深度)为信号彼此不重叠、间隔分布,因此在B型图上两个光声信号之间确定一个位置即可分离。

[0010] 本发明同时提供一种基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像系统,用于执行上述的基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像方法,包括:

[0011] 激光模块,用于产生激光束,并将所述激光束聚焦,包括泵浦激光器、物镜和第四聚光镜;

[0012] 延时模块,用于将一个激光脉冲分成三个具有一定时间间隔的激光脉冲,包括第一光纤、第二光纤、第三光纤、第一立方体、第二立方体、第一聚光器、第二聚光器、第三聚光器和将三个具有一定时间间隔的激光脉冲合在一起的光纤合束器;

[0013] 采集模块,用于传导所述激光模块生成的聚焦后的激光束到样品上,并采集在样品上产生的光声信号,包括超声探头、信号放大器和采集卡;

[0014] 调焦模块,用于调整所述超声探头与所述样品的间距,包括三维扫描器和载物台;

[0015] 控制模块,与所述激光模块、采集模块和调焦模块电连接。

[0016] 在其中一个实施例中,所述物镜包括第一物镜,所述泵浦激光器发出激光束后经过延时模块,再经由所述第一物镜入射到样本上。

[0017] 在其中一个实施例中,所述超声探头包括超声换能器和声光耦合棱镜,所述声光耦合棱镜的数值孔径为0.5。

[0018] 本发明的优点及有益效果是:

[0019] 本发明使用三根不同长度的光纤将一个激光脉冲分成彼此间含有一定时间间隔的三个光脉冲,然后通过光纤合束器将从三根光纤出来的光束合成一路光束,最后被物镜聚焦在样品上,依次在焦面激发光声信号,从而可在一次A型扫描中获得三个分离的光声信号,将这三个光声信号进行叠加获得高信噪比光声图像。本发明使用光纤延时的方法获得多个脉冲,使光声显微成像系统一次扫描既可以获得多次测量信号,实现光声显微成像系统在低脉冲能量下图像高信噪比的成像需求,减少测量次数,提升了成像速度。本方法并不局限于三个脉冲,脉冲的数量可以根据需要灵活设置。

附图说明

[0020] 图1为本发明一实施例中的用于光声显微成像的基于光纤延时的提升光声图像质量的多脉冲光声显微成像结构示意图。

[0021] 图中:1、泵浦激光器;2、第一立方体;3、第二立方体;4、第一聚光镜;5、第二聚光

镜;6、第三聚光镜;7、第一光纤;8、第二光纤;9、第三光纤;10、光纤合束器;11、第四聚光镜;12、物镜;13、超声换能器;14、声光耦合棱镜;15、水槽;16、样品;17、三维扫描器;18、放大器;19、信号采集卡;20、工作站。

具体实施方式

[0022] 为了便于理解本发明,下面将参照相关附图对本发明进行更全面的描述。附图中给出了本发明的较佳实施例。但是,本发明可以以许多不同的形式来实现,并不限于本文所描述的实施例。相反地,提供这些实施例的目的是使对本发明的公开内容的理解更加透彻全面。

[0023] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的,不是旨在于限制本发明。

[0024] 实施例1

[0025] 图一为本发明整套成像装置的原理结构示意图,该系统的主要器件包括泵浦激光器1、第一立方体2、第二立方体3、第一聚光镜4、第二聚光镜5、第三聚光镜6、第一光纤7、第二光纤8、第三光纤9、光纤合束器10、物镜12、声光耦合棱镜14、超声换能器13、放大器18、信号采集卡19、工作站20构成。泵浦激光器1用于发射激光束。激光出射后通过第一立方体2、第二立方体3将激光束分成三束,一束耦合进长度为1米、芯径为3微米的单模第一光纤7,一束耦合进长度为51m、芯径为3微米的单模第二光纤8,一束耦合进长度为101m、芯径为3微米的单模第三光纤9。然后通过光纤合束器10分别将从三根光纤出来的光束合成一束。这样从三个单模光纤出来的三个光脉冲相邻间获得约240ns的时间间隔。最终被物镜12依次聚焦在样品16上。产生的光声信号被自制的声光耦合棱镜(数值孔径为0.5)14和超声换能器(中心频率50MHz,奥林巴斯)13探测接收,经放大器18放大后被采样率为500MHz的信号采集卡19采集(采样数:1024个)。水槽15的作用是用来耦合光声信号的。三维扫描器17用于横向和轴向调节样品16的位置。

[0026] 本实施例中,考虑到光声信号在水中的速度为1500m/s,时间间隔为240ns的两个光脉冲激发产生的光声信号相距约360微米。由于超声换能器13中心频率为50MHz,所能提供的轴向分辨率约为40微米,因此,两个光声信号能够被很好的区分开,这反应在获取的A型扫描数据中为两个信号相隔120个采样点。因此,可直接在两信号位置之间选取一位置进行分割,叠加后获得高信噪比光声信号。

[0027] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域的技术人员应当理解,这仅是举例说明,本发明的保护范围是由所附权利要求书限定的。本领域的技术人员在不背离本发明的原理和实质的前提下,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,但这些变更和修改均落入本发明的保护范围。

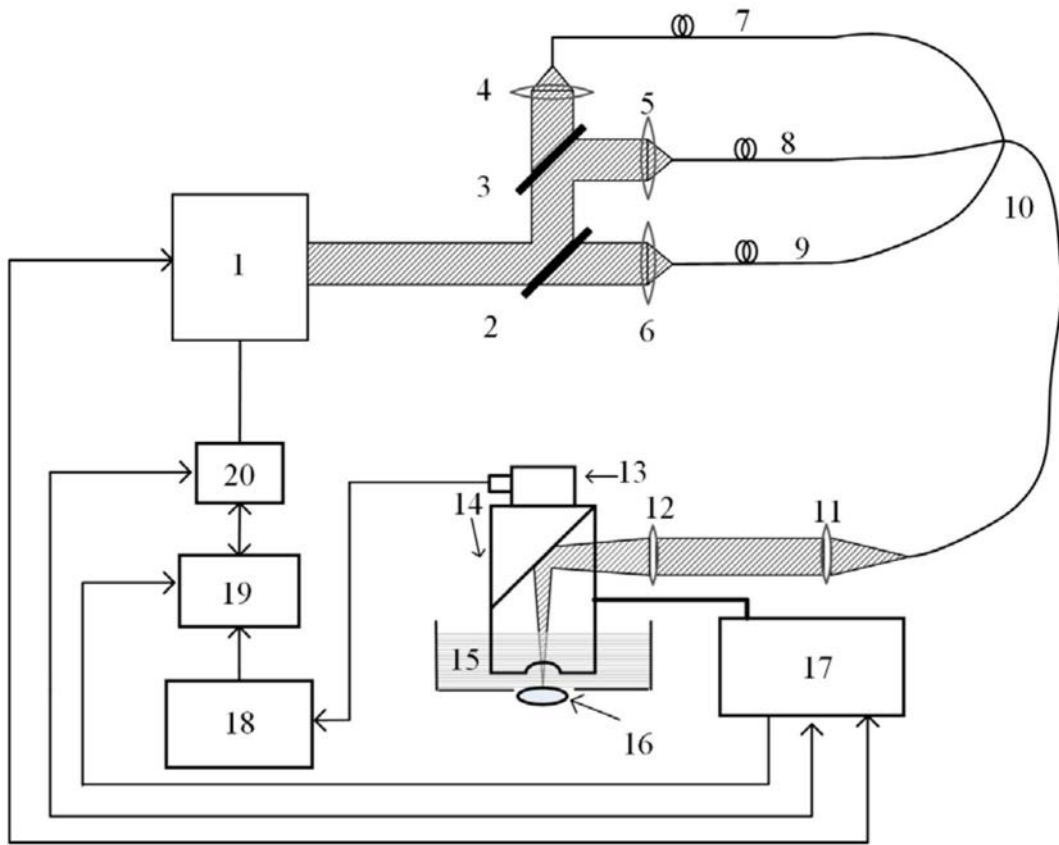


图1