



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104027132 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201410252167. 7

(22) 申请日 2014. 06. 09

(71) 申请人 苏州大学

地址 215123 江苏省苏州市苏州工业园区仁
爱路 199 号

(72) 发明人 胡丹峰 王加俊 邹玮 方二喜

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103

代理人 陶海锋

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006. 01)

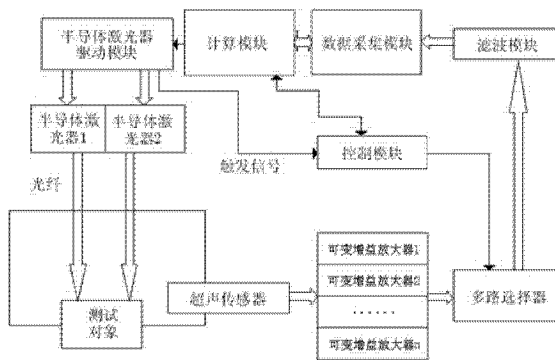
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于多谱光声成像的装置和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于多谱光声成像的装置和方法,所述装置包括半导体激光器组、半导体激光器驱动模块、超声传感器、可变增益放大器组、多路选择器模块、滤波模块、数据采集模块和计算模块,所述半导体激光器组的两个波长不等的半导体激光器交替放光,通过光纤照射在测试对象的特定区域,激发出的超声信号被多个位置上传感器采集,通过可变增益放大器后,使用采集速度为高速数据采集卡送入计算模块中进行图像重建及分析处理。本发明能够对医学研究中肿瘤的早期诊断和疗效观察、基因的表达、心血管疾病的检测等提供影像学上的帮助以及血红蛋白浓度、血氧饱和度等定量信息。



1. 一种基于多谱光声成像的装置,其特征在于:包括半导体激光器组、半导体激光器驱动模块、超声传感器、可变增益放大器组、多路选择器模块、滤波模块、数据采集模块和计算模块,所述半导体激光器组包括波长不等的第一半导体激光器和第二半导体激光器,所述第一半导体激光器和第二半导体激光器交替发光且光源出射方向分别指向测试对象,所述超声传感器设于测试对象附近,所述超声传感器的信号输出端连接到可变增益放大器组输入端,所述可变增益放大器组的输出端连接到多路选择器输入端,所述多路选择器的输出端连接到滤波模块输入端,所述滤波模块输出端连接到数据采集模块输入端,所述数据采集模块与计算模块连接,所述控制模块的输入端分别连接到计算模块和半导体驱动模块的输出端,所述控制模块的输出端连接到多路选择器的输入端,所述计算模块的输出端连接到半导体驱动模块的输入端,所述半导体驱动模块的输出端分别连接到第一半导体激光器和第二半导体激光器的信号输入端。

2. 根据权利要求1所述的一种基于多谱光声成像的装置,其特征在于:所述第一半导体激光器和第二半导体激光器的波长分别为750nm和790nm。

3. 根据权利要求1所述的一种基于多谱光声成像的装置,其特征在于:所述第一半导体激光器和第二半导体激光器通过光纤照射到测试对象上。

4. 一种基于多谱光声成像的方法,其特征在于,包括如下步骤:

- 1) 计算模块发出采集命令;
- 2) 半导体驱动模块接收到命令后驱动两个半导体激光器交替发出脉冲激光,并给出触发信号;
- 3) 超声传感器将采集到的信号经过放大器处理后送入多路选择器;
- 4) 控制模块根据触发信号依次给出控制信号,选择采集通道;
- 5) 依次采集的各路信号经过滤波后经数据采集模块送入计算模块中存储;
- 6) 将采集得到的参数代入公式(1)(2)(3)中,通过迭代算法得到组织吸收的能量,即

$$\nabla^2 p(\mathbf{r}, \omega) + k_0^2 p(\mathbf{r}, \omega) = ik_0 \frac{c_0 \beta \Phi(\mathbf{r})}{C_p} \quad (1)$$

$$\Phi = \mu_a \Psi \quad (2)$$

$$(\mathbf{J}^T \mathbf{J} + \lambda \mathbf{I}) \Delta \mathbf{x} = \mathbf{J}^T (\mathbf{p}^0 - \mathbf{p}^c) \quad (3)$$

其中, p 表示压力波, $k_0 = \omega/c_0$ 是声波的波数, ω 是角频率, c_0 是声波的声速, β 是热膨胀系数, C_p 是等压热容, Φ 是组织吸收的能量, μ_a 表示组织吸收系数, Ψ 表示光通量, $\mathbf{p}^0 = (p_1^0, p_2^0, \dots, p_M^0)^T$ 表示边界上M点处声压的测量值, $\mathbf{p}^c = (p_1^c, p_2^c, \dots, p_M^c)^T$ 表示边界上M点处声压的计算值, $\Delta \mathbf{x}$ 表示吸收光能量密度的更新值, \mathbf{J} 是雅可比矩阵, λ 是正则化参数, \mathbf{I} 是单位矩阵;

7) 将组织吸收的能量 $\Phi(\mathbf{r})$ 代入公式(4)(5)(6)(7)中,迭代求解得到吸收系数,即

$$-\nabla \cdot [D(\mathbf{r}) \nabla E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r})] + k(\mathbf{r}) E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r}) = S(\mathbf{r}) \quad (4)$$

其中

$$k = \frac{i\omega}{c} + \mu_a \quad (5)$$

$$D(\mathbf{r}) = \frac{1}{3(\mu_s + \mu_a)} \quad (6)$$

$$\mathbf{n} \cdot [D(\mathbf{r}) \nabla E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r})] + bE(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r}) = 0 \quad r \in \partial\Omega \quad (7)$$

μ' 是约化散射系数。

一种基于多谱光声成像的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学成像技术,具体涉及一种基于多谱光声成像的装置和方法。

背景技术

[0002] 光声成像是近年发展起来的一种新型无损成像技术,其物理基础是 Bell 在 1880 年发现的光声效应:当光子被物体吸收转化为热时,物体温度快速提升而导致热膨胀,从而产生宽频带的超声波,超声波迅速向组织边界传播并可被一个或多个超声换能器接收接到的超声信号就可用来定性或定量的重建光声图像。

[0003] 光声成像结合了纯光学成像的高对比度特性和纯超声成像的高穿透深度特性,可以提供高分辨率与高对比度的组织成像。在光声成像过程中,通常使用激光作为激励源照射组织,从而激发出兆赫兹级的超声信号作为信息载体,对采集到的一组声信号进行图像重建以得到组织内部的电磁吸收分布图像。由于生物组织中的光吸收系数的差异,光声成像可以有效地用来进行结构成像、功能成像,利用外源性的造影剂也可以得到分子成像的信息,为肿瘤诊断提供更好的灵敏度和特异性。

[0004] 国际上 Kruger 等人在 1995 年首次将光声效应应用于生物组织成像领域,并借用 CT 的滤波反投影算法进行成像;最早精确成像算法是由 Wang 等从时域和频域分别解出了光声成像的波动方程,提出了圆周扫描、平面扫描和圆柱扫描三种情况下的时域重建法和频域重建法;Paul 等人提出了傅里叶变换重建法,在 2005 年实现了实时、活体的光声成像系统。国内从事光声成像方面的研究由 2000 年开始,其中包括华南师范大学的邢达小组和天津大学的王瑞康小组,他们分别在光声成像系统的构建、光声信号的采集、图像重建算法等方面取得了许多的研究成果。上述的这些研究中用到激光源的均为单波长,而目前的研究趋势为使用多波长的激发源进行多光谱成像,这样可以使得光声成像进一步用来解析外源性荧光探针、生物标记以及其它内源性和外源性的发色团,从背景组织的吸收中区分关键表达试剂的特定光谱信号,利用具有分子特异性的报告基因,将光声成像技术进一步应用于分子成像领域。

[0005] 中国发明专利 CN102306385A 公开了一种任意扫描方式下光声成像的图像重建方法,该技术方案未涉及多光谱成像;中国发明专利 CN103637808A 的专利公开了一种光声成像装置,用于测量血氧饱和度,其中仅阐述了对于血氧饱和度的检测和计算方法,未涉及其它参数的检测以及多光谱成像的算法。

发明内容

[0006] 本发明的发明目的是提供一种基于多谱光声成像的装置和方法,能够对医学研究中肿瘤的早期诊断和疗效观察、基因的表达、心血管疾病的检测等提供影像学上的帮助以及血红蛋白浓度、血氧饱和度等定量信息。

[0007] 为达到上述发明目的,本发明采用的技术方案是:一种基于多谱光声成像的装置,包括半导体激光器组、半导体激光器驱动模块、超声传感器、可变增益放大器组、多路选择

器模块、滤波模块、数据采集模块和计算模块,所述半导体激光器组包括波长不等的第一半导体激光器和第二半导体激光器,所述第一半导体激光器和第二半导体激光器交替发光且光源出射方向分别指向测试对象,所述超声传感器设于测试对象附近,所述超声传感器的信号输出端连接到可变增益放大器组输入端,所述可变增益放大器组的输出端连接到多路选择器输入端,所述多路选择器的输出端连接到滤波模块输入端,所述滤波模块输出端连接到数据采集模块输入端,所述数据采集模块与计算模块连接,所述控制模块的输入端分别连接到计算模块和半导体驱动模块的输出端,所述控制模块的输出端连接到多路选择器的输入端,所述计算模块的输出端连接到半导体驱动模块的输入端,所述半导体驱动模块的输出端分别连接到第一半导体激光器和第二半导体激光器的信号输入端。

[0008] 上述技术方案中,所述第一半导体激光器和第二半导体激光器的波长分别为750nm和790nm。

[0009] 上述技术方案中,所述第一半导体激光器和第二半导体激光器通过光纤照射到测试对象上。

[0010] 一种基于多谱光声成像的方法,包括如下步骤:

- 1) 计算模块发出采集命令;
- 2) 半导体驱动模块接收到命令后驱动两个半导体激光器交替发出脉冲激光,并给出触发信号;
- 3) 超声传感器将采集到的信号经过放大器处理后送入多路选择器;
- 4) 控制模块根据触发信号依次给出控制信号,选择采集通道;
- 5) 依次采集的各路信号经过滤波后经数据采集模块送入计算模块中存储;
- 6) 将采集得到的参数代入公式(1)(2)(3)中,通过迭代算法得到组织吸收的能量,即

$$\nabla^2 p(\mathbf{r}, \omega) + k_0^2 p(\mathbf{r}, \omega) = ik_0 \frac{c_0 \beta \Phi(\mathbf{r})}{C_p} \quad (1)$$

$$\Phi = \mu_a \Psi \quad (2)$$

$$(\mathbf{J}^T \mathbf{J} + \lambda \mathbf{I}) \Delta \mathbf{x} = \mathbf{J}^T (\mathbf{p}^0 - \mathbf{p}^c) \quad (3)$$

其中, p 表示压力波, $k_0 = \omega / c_0$ 是声波的波数, ω 是角频率, c_0 是声波的声速, β 是热膨胀系数, C_p 是等压热容, Φ 是组织吸收的能量, μ_a 表示组织吸收系数, Ψ 表示光通量, $\mathbf{p}^0 = (p_1^0, p_2^0, \dots, p_M^0)^T$ 表示边界上M点处声压的测量值, $\mathbf{p}^c = (p_1^c, p_2^c, \dots, p_M^c)^T$ 表示边界上M点处声压的计算值, $\Delta \mathbf{x}$ 表示吸收光能量密度的更新值, \mathbf{J} 是雅可比矩阵, λ 是正则化参数, \mathbf{I} 是单位矩阵;

- 7) 将组织吸收的能量 $\Phi(\mathbf{r})$ 代入公式(4)(5)(6)(7)中,迭代求解得到吸收系数,即

$$-\nabla \cdot [D(\mathbf{r}) \nabla E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r})] + k(\mathbf{r}) E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r}) = S(\mathbf{r}) \quad (4)$$

其中

$$k = \frac{i\omega}{c} + \mu_a \quad (5)$$

$$D(\mathbf{r}) = \frac{1}{3(\mu_s' + \mu_a)} \quad (6)$$

$$\mathbf{n} \cdot [D(\mathbf{r}) \nabla E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r})] + bE(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r}) = 0$$

$$r \in \partial\Omega \quad (7)$$

μ_s' 是约化散射系数。

[0011] 由于上述技术方案运用,本发明与现有技术相比具有下列优点:

1. 本发明采用半导体激光器作为光源进行成像,激光二极管的体积小、成本较低,提高了装置的灵活性。

[0012] 2. 本发明的半导体激光器波长不等,通过两个半导体激光器的交替发光实现多谱成像。

[0013] 3. 本发明由于采用了两个波长的激发光进行成像,所以可以分辨出不同载色体的吸收系数,同时可以对不同波长下载色体的吸收情况分别构造图像重建的目标函数,在多目标优化的框架下,利用迭代算法,实现对光声图像的重建。

附图说明

[0014] 图 1 是实施例一中本发明的装置结构框图。

具体实施方式

[0015] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述:

实施例一:参见图 1 所示,一种基于多谱光声成像的装置,包括半导体激光器组、半导体激光器驱动模块、超声传感器、可变增益放大器组、多路选择器模块、滤波模块、数据采集模块和计算模块,所述半导体激光器组包括波长不等的第一半导体激光器和第二半导体激光器,波长分别为 750nm 和 790nm,所述第一半导体激光器和第二半导体激光器交替发光且通过光纤分别照射到测试对象上,所述超声传感器设于测试对象附近,所述超声传感器的信号输出端连接到可变增益放大器组输入端,所述可变增益放大器组的输出端连接到多路选择器输入端,所述多路选择器的输出端连接到滤波模块输入端,所述滤波模块输出端连接到数据采集模块输入端,所述数据采集模块与计算模块连接,所述控制模块的输入端分别连接到计算模块和半导体驱动模块的输出端,所述控制模块的输出端连接到多路选择器的输入端,所述计算模块的输出端连接到半导体驱动模块的输入端,所述半导体驱动模块的输出端分别连接到第一半导体激光器和第二半导体激光器的信号输入端。

[0016] 一种基于多谱光声成像的方法,包括如下步骤:

- 1) 计算模块发出采集命令;
- 2) 半导体驱动模块接收到命令后驱动两个半导体激光器交替发出脉冲激光,并给出触发信号;
- 3) 超声传感器将采集到的信号经过放大器处理后送入多路选择器;
- 4) 控制模块根据触发信号依次给出控制信号,选择采集通道;
- 5) 依次采集的各路信号经过滤波后经数据采集模块送入计算模块中存储;
- 6) 将采集得到的参数代入公式(1)(2)(3)中,通过迭代算法得到组织吸收的能量,即

$$\nabla^2 p(\mathbf{r}, \omega) + k_0^2 p(\mathbf{r}, \omega) = ik_0 \frac{c_0 \beta \Phi(\mathbf{r})}{C_p} \quad (1)$$

其中, p 表示压力波, $k_0 = \omega/c_0$ 是声波的波数, ω 是角频率, c_0 是声波的声速, β 是热膨胀系数, C_p 是等压热容, Φ 是组织吸收的能量, 它是组织吸收系数 μ_a 与光通量或光强 Ψ 的乘积, 即:

$$\Phi = \mu_a \Psi \quad (2)$$

公式(1)可以用有限差分或有限元法进行离散化并求解。

$$[0017] \quad (\mathbf{J}^T \mathbf{J} + \lambda \mathbf{I}) \Delta \mathbf{x} = \mathbf{J}^T (\mathbf{p}^0 - \mathbf{p}^c) \quad (3)$$

其中, $\mathbf{p}^0 = (p_1^0, p_2^0, \dots, p_M^0)^T$ 表示边界上 M 点处声压的测量值, $\mathbf{p}^c = (p_1^c, p_2^c, \dots, p_M^c)^T$ 表示边界上 M 点处声压的计算值, $\Delta \mathbf{x}$ 表示吸收光能量密度的更新值, \mathbf{J} 是雅可比矩阵, λ 是正则化参数, \mathbf{I} 是单位矩阵;

公式(3)所重建的只是组织能量吸收的分布情况, 由公式(2)可知, 能量的分布是吸收系数和光通量的乘积, 然而, 光通量在组织内部并不是一个常数, 所以由公式(3)得到的信息并不能完全反映载色体的分布情况。

[0018] 7) 将组织吸收的能量 $\Phi(\mathbf{r})$ 代入公式(4) (5) (6) (7) 中, 迭代求解得到吸收系数, 即

$$-\nabla \cdot [D(\mathbf{r}) \nabla E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r})] + k(\mathbf{r}) E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r}) = S(\mathbf{r}) \quad (4)$$

其中

$$k = \frac{i\omega}{c} + \mu_a \quad (5)$$

$$D(\mathbf{r}) = \frac{1}{3(\mu_s' + \mu_s)} \quad (6)$$

$$\mathbf{n} \cdot [D(\mathbf{r}) \nabla E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r})] + b E(\mathbf{r}) \Phi(\mathbf{r}) = 0$$

$$r \in \partial \Omega \quad (7)$$

μ_s' 是约化散射系数, 由于 $\Phi(\mathbf{r})$ 已经由光声成像求出, 所以由公式(4) ~ (7) 利用迭代算法就可以求出真实的吸收系数 μ_a 。

[0019] 本发明由于采用了两个波长的激发光进行成像, 所以可以分辨出不同载色体(如脱氧血红蛋白、氧合血红蛋白、特异性分子探针等)的吸收系数, 同时可以对不同波长下载色体的吸收情况分别构造图像重建的目标函数, 在多目标优化的框架下, 利用迭代算法, 实现对光声图像的重建。

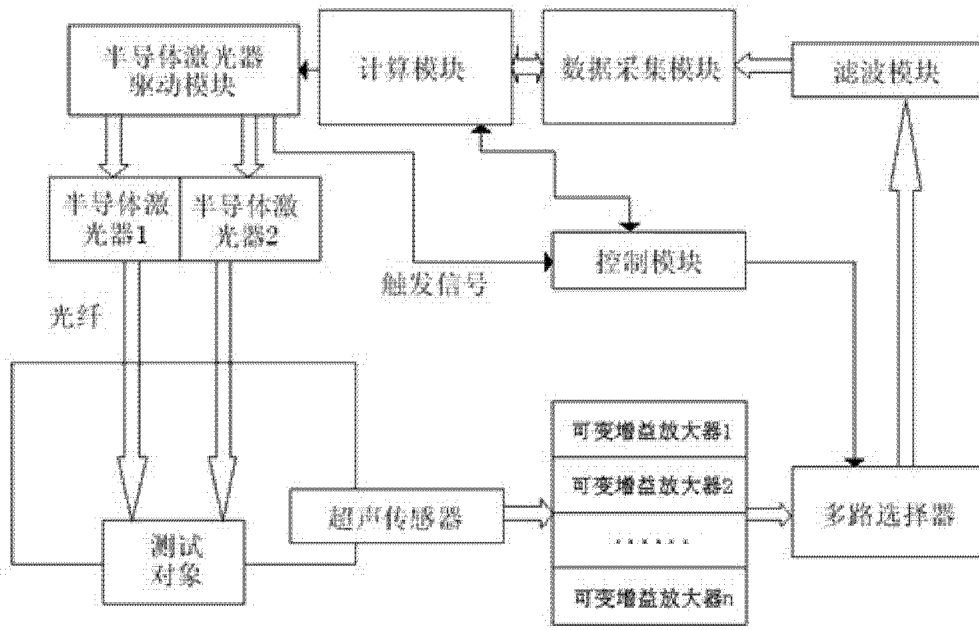


图 1

专利名称(译)	一种基于多谱光声成像的装置和方法		
公开(公告)号	CN104027132A	公开(公告)日	2014-09-10
申请号	CN201410252167.7	申请日	2014-06-09
[标]申请(专利权)人(译)	苏州大学		
申请(专利权)人(译)	苏州大学		
当前申请(专利权)人(译)	苏州大学		
[标]发明人	胡丹峰 王加俊 邹玮 方二喜		
发明人	胡丹峰 王加俊 邹玮 方二喜		
IPC分类号	A61B8/00		
代理人(译)	陶海锋		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于多谱光声成像的装置和方法，所述装置包括半导体激光器组、半导体激光器驱动模块、超声传感器、可变增益放大器组、多路选择器模块、滤波模块、数据采集模块和计算模块，所述半导体激光器组的两个波长不等的半导体激光器交替放光，通过光纤照射在测试对象的特定区域，激发出的超声信号被多个位置上传感器采集，通过可变增益放大器后，使用采集速度为高速数据采集卡送入计算模块中进行图像重建及分析处理。本发明能够对医学研究中肿瘤的早期诊断和疗效观察、基因的表达、心血管疾病的检测等提供影像学上的帮助以及血红蛋白浓度、血氧饱和度等定量信息。

