



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106983494 A

(43)申请公布日 2017. 07. 28

(21)申请号 201710273436.1

(22)申请日 2017.04.21

(71)申请人 中国科学院深圳先进技术研究院

地址 518055 广东省深圳市南山区深圳大学
学城学苑大道1068号

(72)发明人 宋亮 燕康 龚小竞 林日强
刘成波 刘筱阳

(74)专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 郝传鑫 熊永强

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

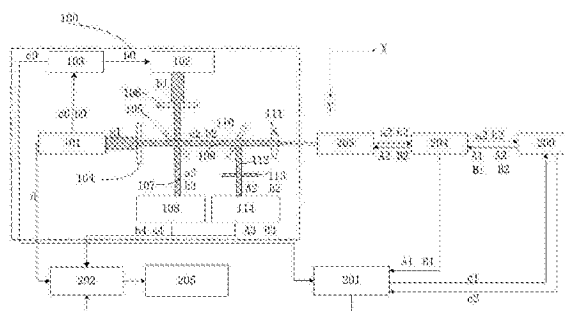
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

多模态成像系统及其成像方法

(57)摘要

本发明提供了一种多模态成像系统,包括第一激光器、第二激光器、延时装置、成像探头、超声收发仪、荧光探测器、数据采集及处理模块。第一激光器产生第一光信号和光源触发信号,光源触发信号通过延时装置传输至第二激光器,以产生第二光信号。第一光信号和第二光信号通过成像探头被发射至被测组织,分别激发出第一光声信号、第一荧光信号和第二光声信号、第二荧光信号。第一激光器还产生超声触发信号,超声触发信号通过延时装置传输至超声收发仪,以产生第二超声信号。这些信号均被成像探头接收并被传送至数据采集及处理模块以获得图像信息。本发明可同时获得被测组织的光声、超声、荧光、光声光谱成像信息。



1. 一种多模态成像系统,其特征在于,包括第一激光器、第二激光器、延时装置、成像探头、超声收发仪、荧光探测器、数据采集及处理模块;

所述第一激光器产生第一光信号和光源触发信号,所述光源触发信号通过所述延时装置传输至所述第二激光器,以使所述第二激光器产生第二光信号,所述第一光信号与所述第二光信号的波长不同;所述第一光信号和所述第二光信号通过所述成像探头被发射至被测组织,所述第一光信号与所述被测组织相互作用产生第一光声信号和第一荧光信号,所述第二光信号与所述被测组织相互作用产生第二光声信号和第二荧光信号,所述第一光声信号和所述第二光声信号被所述成像探头接收并通过所述超声收发仪传送至所述数据采集及处理模块,所述第一荧光信号和所述第二荧光信号被所述成像探头接收并通过所述荧光探测器传送至所述数据采集及处理模块。

2. 如权利要求1所述的一种多模态成像系统,其特征在于,所述第一光信号沿第一轴向传输,所述第二光信号沿第二轴向传输,所述第一轴向与所述第二轴向相交;所述多模态成像系统还包括第一分光镜、第二分光镜和设于所述第一分光镜与所述第二分光镜之间的第一通道;所述第一分光镜设于所述第一轴向与所述第二轴向交汇处,部分所述第一光信号经过所述第一分光镜透射进入所述第一通道以形成第三光信号,部分所述第二光信号经过所述第一分光镜反射进入所述第一通道以形成第四光信号。

3. 如权利要求2所述的一种多模态成像系统,其特征在于,所述第三光信号和所述第四光信号耦合进光纤并通过所述光纤和所述成像探头发射至所述被测组织,所述第三光信号与所述被测组织相互作用以激发出所述第一光声信号和所述第一荧光信号,所述第四光信号与所述被测组织相互作用以激发出所述第二光声信号和所述第二荧光信号。

4. 如权利要求3所述的一种多模态成像系统,其特征在于,还包括光电探测器及设于所述光电探测器与所述第一分光镜之间的第二通道,所述第一光信号之另一部分经过所述第一分光镜反射进入所述第二通道以形成第五光信号,所述光电探测器将所述第五光信号转换成第一电信号并将所述第一电信号传送至所述数据采集及处理模块,所述第二光信号之另一部分经过所述第一分光镜透射进入所述第二通道以形成第六光信号,所述光电探测器将所述第六光信号转换成第二电信号并将所述第二电信号传送至所述数据采集及处理模块。

5. 如权利要求2所述的一种多模态成像系统,其特征在于,还包括设于所述第二分光镜与所述荧光探测器之间的第三通道,所述第一荧光信号和所述第二荧光信号被所述成像探头接收并传递至所述第二分光镜,经过所述第二分光镜反射至所述第三通道,并传递至所述荧光探测器,所述荧光探测器将所述第一荧光信号、所述第二荧光信号分别转换成所述第一荧光电信号、所述第二荧光电信号,并将所述第一荧光电信号和所述第二荧光电信号传递至所述数据采集及处理模块。

6. 如权利要求1所述的一种多模态成像系统,其特征在于,所述第一激光器还产生超声触发信号,所述超声触发信号通过所述延时装置传输至所述超声收发仪,使所述超声收发仪发射第一超声信号,所述第一超声信号通过所述成像探头发射至所述被测组织,所述第一超声信号与所述被测组织相互作用形成第二超声信号,所述第二超声信号被所述成像探头接收,并通过所述超声收发仪传递至所述数据采集及处理模块。

7. 一种多模态成像方法,其特征在于,包括:

第一激光器在 t_1 时间发射第一光信号至成像探头及发射光源触发信号至延时装置；

所述延时装置将所述光源触发信号传送至第二激光器，以触发所述第二激光器在 t_1+t_2 时间发射第二光信号至所述成像探头；

所述成像探头将所述第一光信号发射至被测组织，并接收所述被测组织反射的第一光声信号和第一荧光信号，所述超声收发仪在 t_1+T_1 时间将所述第一光声信号传递至数据采集及处理模块，所述荧光探测器在 t_1+T_2 时间将所述第一荧光信号传送至所述数据采集及处理模块；

所述成像探头将所述第二光信号发射至所述被测组织，并接收所述被测组织反射的第二光声信号和第二荧光信号，所述超声收发仪在 $t_1+t_2+T_1$ 时间将所述第二光声信号传递至数据采集及处理模块；所述荧光探测器在 $t_1+t_2+T_2$ 时间将所述第二荧光信号传送至所述数据采集及处理模块；

所述数据采集及处理模块处理所述第一光声信号、所述第二光声信号以得到光声图像和光声光谱图像，所述数据采集及处理模块处理所述第一荧光信号和所述第二荧光信号以得到荧光图像。

8. 如权利要求7所述的一种多模态成像方法，其特征在于，第一激光器在 t_1 时间发射超声触发信号至所述延时装置；

所述延时装置将所述超声触发信号传送至超声收发仪，以触发所述超声收发仪在 $t_1+t_2+t_3$ 时间发射第一超声信号至所述成像探头；

所述成像探头将所述第一超声信号发射至所述被测组织，并将所述被测组织反射的第二超声信号传递至超声收发仪，所述超声收发仪在 $t_1+t_2+t_3+T_3$ 时间将所述第二超声信号传递至数据采集及处理模块；

所述数据采集及处理模块处理所述第二超声信号以得到超声图像。

9. 如权利要求7所述的一种多模态成像方法，其特征在于，将所述第一光信号和所述第二光信号传送至成像探头前，第一分光镜将所述第一光信号分为第三光信号和第五光信号，并将所述第三光信号和所述第五光信号分别传递至所述光纤和光电探测器，所述光纤将所述第三光信号传送至成像探头，所述光电探测器将所述第五光信号转换成第一电信号并在 t_1+T_0 时间传递至所述数据采集及处理模块。

10. 如权利要求9所述的一种多模态成像方法，其特征在于，将所述第一光信号和所述第二光信号传送至成像探头前，第一分光镜将所述第二光信号分为第四光信号和第六光信号，并将所述第四光信号和所述第六光信号分别传递至所述光纤和所述光电探测器，所述光纤将所述第四光信号传送至成像探头，所述光电探测器将所述第六光信号转换成第二电信号并在 $t_1+t_2+T_0$ 时间传递至所述数据采集及处理模块；

所述数据采集及处理模块根据所述第一电信号和所述第二电信号监测所述第三光信号和所述第四光信号的能量变化情况，以在成像计算过程中消除因被测组织对所述第三光信号和所述第四光信号能量吸收程度的误差。

多模态成像系统及其成像方法

技术领域

[0001] 本发明涉及生物医学成像技术领域,具体涉及一种多模态成像系统及其成像方法。

背景技术

[0002] 光声成像技术是兼具光学与超声成像优势的一种无创生物医学成像技术,它对获取病灶形态结构、分布等信息具有大深度、高分辨成像的优点,但是这种成像技术主要集中于结构性成像,对于功能性的定量数据很难获取,也无法获取组织中某种特殊组份的含量。荧光成像技术可通过荧光内窥镜探针检测不同分子的组成,还可以指示肿瘤或血管内动脉粥样硬化斑块等病灶的状态。然而,荧光内窥镜探针通常仅能够提供二维特异性荧光信号,而无法给出任何截面结构信息。光声-荧光成像技术将光声成像技术与荧光成像技术两者结合起来,可以获得生物体组织的结构、分布和成份信息,可以进一步提高医疗诊断及治疗效率,因而受到研究者的广泛关注。

[0003] 然而,现有技术中的光声-荧光成像系统存在着一些不足之处,例如,只能检测某一波长的激光信号下的光声-荧光信号,使得检测结果的准确性不高,或者可以检测不同波长的激光信号下的光声-荧光信号,但是不同波长之间切换需花费较多的时间,这样造成检测过程耗时太长,使得较多检测样品时的检测效率降低。现有技术中的光声-荧光成像系统不能对生物体组织的结构、分布和成份等信息进行动态的实时的测量和分析。

[0004] 因此,提供一种多模态成像系统,以获得生物体组织的结构、分布和成份的光声光谱荧光光谱等信息,成为业界人士研究的重点课题。

发明内容

[0005] 针对以上的问题,本发明的目的是提供一种多模态成像系统,以获得光声光谱荧光光谱等信息,从而对生物体组织的结构、分布和成份等信息进行动态的实时的测量和分析。

[0006] 为了解决背景技术中存在的问题,本发明提供了一种多模态成像系统,包括第一激光器、第二激光器、延时装置、成像探头、超声收发仪、荧光探测器、数据采集及处理模块;

[0007] 所述第一激光器产生第一光信号和光源触发信号,所述光源触发信号通过所述延时装置传输至所述第二激光器,以使所述第二激光器产生第二光信号,所述第一光信号与所述第二光信号的波长不同;所述第一光信号和所述第二光信号通过所述成像探头被发射至被测组织,所述第一光信号与所述被测组织相互作用产生第一光声信号和第一荧光信号,所述第二光信号与所述被测组织相互作用产生第二光声信号和第二荧光信号,所述第一光声信号和所述第二光声信号被所述成像探头接收并通过所述超声收发仪传送至所述数据采集及处理模块,所述第一荧光信号和所述第二荧光信号被所述成像探头接收并通过所述荧光探测器传送至所述数据采集及处理模块。

[0008] 一种实施方式中,所述第一光信号沿第一轴向传输,所述第二光信号沿第二轴向

传输,所述第一轴向与所述第二轴向相交;所述多模态成像系统还包括第一分光镜、第二分光镜和设于所述第一分光镜与所述第二分光镜之间的第一通道;所述第一分光镜设于所述第一轴向与所述第二轴向交汇处,部分所述第一光信号经过所述第一分光镜透射进入所述第一通道以形成第三光信号,部分所述第二光信号经过所述第一分光镜反射进入所述第一通道以形成第四光信号。

[0009] 一种实施方式中,所述第三光信号和所述第四光信号耦合进光纤并通过所述光纤和所述成像探头发射至所述被测组织,所述第三光信号与所述被测组织相互作用以激发出所述第一光声信号和所述第一荧光信号,所述第四光信号与所述被测组织相互作用以激发出所述第二光声信号和所述第二荧光信号。

[0010] 一种实施方式中,还包括光电探测器及设于所述光电探测器与所述第一分光镜之间的第二通道,所述第一光信号之另一部分经过所述第一分光镜反射进入所述第二通道以形成第五光信号,所述光电探测器将所述第五光信号转换成第一电信号并将所述第一电信号传送至所述数据采集及处理模块,所述第二光信号之另一部分经过所述第一分光镜透射进入所述第二通道以形成第六光信号,所述光电探测器将所述第六光信号转换成第二电信号并将所述第二电信号传送至所述数据采集及处理模块。

[0011] 一种实施方式中,还包括设于所述第二分光镜与所述荧光探测器之间的第三通道,所述第一荧光信号和所述第二荧光信号被所述成像探头接收并传递至所述第二分光镜,经过所述第二分光镜反射至所述第三通道,并传递至所述荧光探测器,所述荧光探测器将所述第一荧光信号、所述第二荧光信号分别转换成所述第一荧光电信号、所述第二荧光电信号,并将所述第一荧光电信号和所述第二荧光电信号传递至所述数据采集及处理模块。

[0012] 一种实施方式中,所述第一激光器还产生超声触发信号,所述超声触发信号通过所述延时装置传输至所述超声收发仪,使所述超声收发仪发射第一超声信号,所述第一超声信号通过所述成像探头发射至所述被测组织,所述第一超声信号与所述被测组织相互作用形成第二超声信号,所述第二超声信号被所述成像探头接收,并通过所述超声收发仪传递至所述数据采集及处理模块。

[0013] 本发明还提供了一种多模态成像方法,包括:

[0014] 第一激光器在 t_1 时间发射第一光信号至成像探头及发射光源触发信号至延时装置;

[0015] 所述延时装置将所述光源触发信号传送至第二激光器,以触发所述第二激光器在 t_1+t_2 时间发射第二光信号至所述成像探头;

[0016] 所述成像探头将所述第一光信号发射至被测组织,并接收所述被测组织反射的第一光声信号和第一荧光信号,所述超声收发仪在 t_1+T_1 时间将所述第一光声信号传递至数据采集及处理模块,所述荧光探测器在 t_1+T_2 时间将所述第一荧光信号传递至所述数据采集及处理模块;

[0017] 所述成像探头将所述第二光信号发射至所述被测组织,并接收所述被测组织反射的第二光声信号和第二荧光信号,所述超声收发仪在 $t_1+t_2+T_1$ 时间将所述第二光声信号传递至数据采集及处理模块;所述荧光探测器在 $t_1+t_2+T_2$ 时间将所述第二荧光信号传递至所述数据采集及处理模块;

[0018] 所述数据采集及处理模块处理所述第一光声信号、所述第二光声信号以得到光声图像和光声光谱图像,所述数据采集及处理模块处理所述第一荧光信号和所述第二荧光信号以得到荧光图像。

[0019] 一种实施方式中,第一激光器在 t_1 时间发射超声触发信号至所述延时装置;

[0020] 所述延时装置将所述超声触发信号传送至超声收发仪,以触发所述超声收发仪在 $t_1+t_2+t_3$ 时间发射第一超声信号至所述成像探头;

[0021] 所述成像探头将所述第一超声信号发射至所述被测组织,并将所述被测组织反射的第二超声信号传递至超声收发仪,所述超声收发仪在 $t_1+t_2+t_3+T_3$ 时间将所述第二超声信号传递至数据采集及处理模块;

[0022] 所述数据采集及处理模块处理所述第二超声信号以得到超声图像。

[0023] 一种实施方式中,将所述第一光信号和所述第二光信号传送至成像探头前,第一分光镜将所述第一光信号分为第三光信号和第五光信号,并将所述第三光信号和所述第五光信号分别传递至所述光纤和光电探测器,所述光纤将所述第三光信号传送至成像探头,所述光电探测器将所述第五光信号转换成第一电信号并在 t_1+T_0 时间传递至所述数据采集及处理模块。

[0024] 一种实施方式中,将所述第一光信号和所述第二光信号传送至成像探头前,第一分光镜将所述第二光信号分为第四光信号和第六光信号,并将所述第四光信号和所述第六光信号分别传递至所述光纤和所述光电探测器,所述光纤将所述第四光信号传送至成像探头,所述光电探测器将所述第六光信号转换成第二电信号并在 $t_1+t_2+T_0$ 时间传递至所述数据采集及处理模块;

[0025] 所述数据采集及处理模块根据所述第一电信号和所述第二电信号监测所述第三光信号和所述第四光信号的能量变化情况,以在成像计算过程中消除因被测组织对所述第三光信号和所述第四光信号能量吸收程度的误差。

[0026] 本发明实施例具有如下的有益效果:

[0027] 本发明实施例提供一种多模态成像系统和成像方法,通过设置第一激光器输出第一光信号、光源触发信号和超声触发信号。第一光信号与被测组织相互作用产生第一光声信号和第一荧光信号;所述光源触发信号通过所述延时装置传输至所述第二激光器以产生相对于第一光信号延时 t_2 时间的第二光信号,其中,第二光信号与所述第一光信号波长不同,所述第二光信号与所述被测组织相互作用产生第二光声信号和第二荧光信号;所述超声触发信号通过所述延时装置传输至所述超声收发仪以产生第一超声信号,第一超声信号相对于第二光信号延时 t_3 时间,所述第一超声信号与所述被测组织相互作用产生第二超声信号;将被测组织产生信号均传至数据采集及处理模块,以得到超声图像及不同波长下的光声图像、光声光谱图像、荧光图像。在所述多模态成像系统中融合了光声、超声、荧光、光声光谱成像技术,可以实现对病灶形态结构、分布等信息进行大深度、高分辨成像、针对某一特定成分进行分子成像及实现血液中血氧饱和度等生理参数的动态测量和分析。

附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域

普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0029] 图1是本发明实施例提供的一种多模态成像系统结构示意图。

[0030] 图2是本发明实施例提供的一种多模态成像系统光信号和超声信号时序图。

[0031] 图3是本发明实施例提供的一种成像方法结构示意图。

具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0033] 请参阅图1,图1是本发明实施例提供的一种多模态成像系统,用于采集被测组织200的组织结构及成分等生理参数,所述多模态成像系统包括光学模块100、运动控制模块203、成像探头204、超声收发仪201、数据采集及处理模块202、显示模块205。

[0034] 所述光学模块100用于将不同波长的光信号耦合进光纤,所述光纤将光信号传送至运动控制模块203和成像探头204中,并通过成像探头204发射至所述被测组织200表面,所述运动控制模块203控制所述成像探头204旋转和轴向移动以获取所述被测组织200的三维信息,所述光信号在所述被测组织200表面激发出光声信号和荧光信号,并反射至所述成像探头204中,所述光声信号通过所述成像探头204传递至所述数据采集及处理模块202,所述荧光信号则被反向传输至所述光学模块100中,并被所述光学模块100中的荧光探测器114接收、被转换成荧光电信号后传至所述数据采集及处理模块202中,所述数据采集及处理模块202将采集到的所述光声信号和所述荧光电信号均传送至显示模块205,以得到到光声-荧光-光声光谱图像。

[0035] 请参阅图1及图2,所述光学模块100包括第一激光器101、第二激光器102、延时装置103和荧光探测器114。所述第一激光器101产生第一光信号a1和光源触发信号b0,同时也产生信号采集触发信号d至数据采集及处理模块202。所述光源触发信号b0通过所述延时装置103传输至所述第二激光器102,以使所述第二激光器102产生第二光信号b1。其中,所述第一光信号a1与所述第二光信号b1波长不同。一种实施方式中,所述第一激光器101在t1时间输出光源触发信号b0,所述光源触发信号b0经过延时装置103后经过t2时间的延时由所述延时装置103发射至所述第二激光器102,使所述第二激光器102在t1+t2时间产生所述第二光信号b1。所述第一光信号a1与被测组织200相互作用产生第一光声信号A1和第一荧光信号A2。所述第二光信号b1与所述被测组织200相互作用产生第二光声信号B1和第二荧光信号B2。所述第一光声信号A1和所述第二光声信号B1被所述成像探头204接收并通过所述超声收发仪201传送至所述数据采集及处理模块202,所述第一荧光信号A2和所述第二荧光信号B2被所述成像探头204接收并通过所述荧光探测器114传送至所述数据采集及处理模块202。

[0036] 本发明实施例提供的一种多模态成像系统,通过设置第一激光器101同时输出第一光信号a1和光源触发信号b0,第一光信号a1与被测组织200相互作用产生第一光声信号A1和第一荧光信号A2。光源触发信号b0经延时装置103传输至所述第二激光器102,使得第二激光器102产生相对于所述第一光信号a1延时的第二光信号a2,其中,第二光信号b1与所述第一光信号a1波长不同,所述第二光信号b1与所述被测组织200相互作用产生第二光声信号B1和第二荧光信号B2;将被测组织200产生信号均传至数据采集及处理模块和显示模

块,以得到不同波长下的光声图像、光声光谱图像、荧光图像。在所述多模态成像系统中融合了光声、荧光、光声光谱成像技术,可以实现对病灶形态结构、分布等信息进行大深度、高分辨成像、针对某一特定成分进行分子成像及实现血液中血氧饱和度等生理参数的动态测量和分析。此外,通过对不同波长的光信号被被测组织200反射的光声信号、荧光信号进行计算,获取到光声光谱、荧光光谱等信息。

[0037] 进一步地,所述第一光信号a1与所述第二光信号b1为短脉冲激光或幅度调制激光,输出波长范围为400nm~2400nm,该波长范围以适用于光声光谱成像。所述第一激光器101和所述第二激光器102发射信号的频率均大于或等于1KHz,所述第二光信号b1相对于所述第一光信号a1的延时时间t2为5 μ s~30 μ s,优选地,所述第二光信号b1相对于所述第一光信号a1的延时时间t2为5 μ s,第一激光器101与第二激光器102具有较大的重复频率及较小间隔的波长切换模式可实现快速的成像,以提高成像速度,本实施例中,当每帧图像由200条线组成时,成像速度可大于或等于5帧/秒。

[0038] 请参阅图1及图2,本发明另一种实施例提供的一种多模态成像系统,在以上实施例的基础上,还包括电连接于所述延时装置103的超声收发仪201,超声收发仪201也电连接于数据采集及处理模块202。所述第一激光器101还产生超声触发信号c0。所述超声触发信号c0通过所述延时装置103传输至所述超声收发仪201,使所述超声收发仪201发射第一超声信号c1。一种实施方式中,所述第一激光器101在t1时间输出第一光信号a1、光源触发信号b0和超声触发信号c0,所述延时装置103将光源触发信号b0传送至所述第二激光器102,使得所述第二激光器102发射出相对于所述第一光信号a1延时t2时间的第二光信号a2,所述延时装置103将超声触发信号c0传送至所述超声收发仪201,使得所述超声收发仪201发射出相对于所述第二光信号b1延时t3的第一超声信号c1。所述第一超声信号c1通过所述成像探头204发射至所述被测组织200表面并反射形成第二超声信号c2,所述第二超声信号c2被所述超声收发仪201接收,并传递至所述数据采集及处理模块202。一种实施方式中,所述第一超声信号c1相对于所述第二光信号b1的延时时间t3为5 μ s~30 μ s,优选地,所述第一超声信号c1相对于所述第二光信号b1的延时时间t3为5 μ s。

[0039] 本实施例提供的一种多模态成像系统,通过设置第一激光器101输出第一光信号a1、光源触发信号b0和超声触发信号c0,且光源触发信号b0和超声触发信号c0经延时装置103分别相对于所述第一光信号a1延时t2和t2+t3。基于上述实施例,可得到超声图像及不同波长下的光声图像、光声光谱图像、荧光图像。在所述多模态成像系统中融合了光声、超声、荧光、光声光谱成像技术,可以实现对病灶形态结构、分布等信息进行大深度、高分辨成像、针对某一特定成分进行分子成像及实现血液中血氧饱和度等生理参数的动态测量和分析。

[0040] 请参阅图1,所述第一光信号a1沿第一轴向X传输,所述第二光信号b1沿第二轴向Y传输。其中,所述第一轴向X与所述第二轴向Y相交,一种实施方式中,所述第一轴向X与第二轴向Y相垂直。所述光学模块100还包括第一分光镜105、第二分光镜110和设于所述第一分光镜105与所述第二分光镜110之间的第一通道109。所述第一分光镜105设于所述第一轴向X与所述第二轴向Y交点处,所述第一光信号a1之一部分经过所述第一分光镜105透射进入所述第一通道109以形成第三光信号a2,所述第二光信号b1之一部分经过所述第一分光镜105反射进入所述第一通道109以形成第四光信号b2。

[0041] 请参阅图1,所述第三光信号a2和所述第四光信号b2先后被传输至所述成像探头204,使所述第三光信号a2照射至所述被测组织200表面并激发出所述第一光声信号A1和所述第一荧光信号A2,且使所述第四光信号b2照射至所述被测组织200表面并激发出所述第二光声信号B1和所述第二荧光信号B2。具体为,所述第三光信号a2和所述第四光信号b2在光学模块中耦合形成光纤,从成像探头的光纤中出射的光斑照射到被测组织200表面,同时激发出光声信号和荧光信号,该光声信号可反映被测组织200的组织结构和分布情况,该荧光信号可反映被测组织200中某一成份的分布和含量。

[0042] 进一步地,所述光学模块100还包括光电探测器108及设于所述光电探测器108与所述第一分光镜105之间的第二通道107。所述数据采集及处理模块202电连接于所述光电探测器108。所述第一光信号a1之另一部分经过所述第一分光镜105反射进入所述第二通道107以形成第五光信号a3。所述光电探测器108将所述第五光信号a3转换成第一电信号a4并传送至所述数据采集及处理模块202。所述第二光信号b1之另一部分经过所述第一分光镜105透射进入所述第二通道107以形成第六光信号b3。所述光电探测器108将所述第六光信号b3转换成第二电信号b4,并传送至所述数据采集及处理模块202。所述第一电信号a4与所述第二电信号b4被记录到计算机上,计算机根据所述第一电信号a4与所述第二电信号b4监测激光能量变化情况,从而实现可实时记录所述第三光信号a2和所述第四光信号b2的强度,以在成像计算中消除因被测组织200对第三光信号a2和所述第四光信号b2能量吸收程度的误差,及在后期图像处理时可进行能量补偿。

[0043] 进一步地,所述光学模块100还包括荧光探测器114及设于所述第二分光镜110与所述荧光探测器114之间的第三通道112。所述荧光探测器114电连接于所述数据采集及处理模块202。所述第一荧光信号A2和所述第二荧光信号B2被所述成像探头204内的光纤接收并反向传递至所述第二分光镜110,经过所述第二分光镜110反射后进入所述第三通道112,且传递至所述荧光探测器114。所述荧光探测器114将所述第一荧光信号A2、所述第二荧光信号B2分别转换成所述第一荧光电信号A3、所述第二荧光电信号B3,并传递至所述数据采集及处理模块202。所述第三通道112还设有滤光片113,用以过滤所述第一荧光信号A2和所述第二荧光信号B2。

[0044] 进一步地,所述光学模块100还包括第一光阑104和第二光阑106,所述第一光阑104设于所述第一激光器101与所述第一分光镜105之间,用于过滤第一光信号a1中的杂散光;所述第二光阑106设于所述第二激光器102与所述第一分光镜105之间,用于过滤第二光信号b1中的杂散光。所述光学模块100还包括设于第二分光镜110与运动控制模块203之间的聚焦透镜111,所述第一光信号a1和第二光信号b1通过光阑、第一分光镜105、第一通道109、第二分光镜110、聚焦透镜111耦合进光纤。

[0045] 进一步地,所述运动控制模块203控制所述成像探头204旋转和轴向移动扫描。具体而言,运动控制模块203包含电动位移平台、光电滑环、电磁电机等。所述运动控制模块203及所述成像探头204固定于电动位移平台上,以便于所述运动控制模块203控制成像探头204进行360°的旋转和轴向移动扫描。所述第三光信号a2和第四光信号b2耦合成光纤后通过所述光电滑环进入所述成像探头204中。所述电磁电机用于驱动光电滑环旋转,光电滑环旋转过程中实现光信号和电信号的传递。所述成像探头204每采集完一次信号,成像探头204转动一定角度重新采集信号,重复至旋转一圈;每旋转扫描一圈,成像探头204轴向移动

一定距离重新采集信号,重复至完成轴向扫描。

[0046] 本实施例中采用的成像探头204包含光纤、自聚焦透镜、反射镜、超声换能器、金属外管等,探头的外径为0.3-2.6mm,刚性部分尺寸小于1cm,适用于血管内及消化道的光声成像,且成像探头204经由外部电机带动旋转,成像窗口在圆周转动过程中无遮拦,可实现360°成像。

[0047] 进一步地,所述成像探头204电连接于超声收发仪201,超声收发仪201电连接于数据采集及处理模块202。所述成像探头204接收到所述第一光声信号A1和所述第二光声信号B1,并传递至所述超声收发仪201。所述超声收发仪201将所述第一光声信号A1和所述第二光声信号B1传递至所述数据采集及处理模块202。具体为,所述成像探头204中设有超声换能器,所述超声换能器接收到被测组织200产生的光声信号(包括所述第一光声信号A1和所述第二光声信号B1)并传递至所述超声收发仪201,所述光声信号经放大后传递至所述数据采集及处理模块202。

[0048] 请一并参阅图1至图3,图3为本发明实施例提供的一种成像方法S100,应用于上述任一实施方式所述的一种多模态成像系统,包括以下步骤:

[0049] 第一种实施例:

[0050] S101、所述第一激光器101在 t_1 时间发射所述第一光信号a1至成像探头204及所述光源触发信号b0至延时装置103, t_1 为多模态成像系统一个周期内的起始时间。

[0051] S102、所述延时装置103将所述光源触发信号b0传送至所述第二激光器102,以触发所述第二激光器102在 t_1+t_2 时间发射所述第二光信号b1至所述成像探头204。 t_2 为所述第二光信号b1相对于所述第一光信号a1的延迟时间, t_2 取值范围为 $5\mu\text{s}\sim 30\mu\text{s}$,优选地, t_2 为 $5\mu\text{s}$ 。

[0052] S103、所述成像探头204将所述第一光信号a1发射至被测组织200,并接收所述被测组织200反射的所述第一光声信号A1和所述第一荧光信号A2,所述超声收发仪201在 t_1+T_1 时间将所述第一光声信号A1传递至数据采集及处理模块201,所述荧光探测器114在 t_1+T_2 时间将所述第一荧光信号B1传送至所述数据采集及处理模块202。

[0053] 具体为,第一分光镜105将所述第一光信号a1分为第三光信号a2和第五光信号a3,第三光信号a2通过所述第二分光镜110、聚焦透镜111耦合进光纤,并通过光纤传送至成像探头204,所述成像探头204发射所述第三光信号a2至所述被测组织200,所述第三光信号a2激发所述被测组织200产生所述第一光声信号A1和所述第一荧光信号A2。所述成像探头204接收所述第一光声信号A1后传递至所述超声收发仪201,所述超声收发仪201在 t_1+T_1 时间将所述第一光声信号A1传递至数据采集及处理模块202。所述成像探头204接收所述第一荧光信号A2并传递至第二分光镜110,所述第二分光镜110将所述第一荧光信号A2传递至荧光探测器114,所述荧光探测器114将所述第一荧光信号A2转换成第一荧光电信号A3,并在 t_1+T_2 时间传送至所述数据采集及处理模块202。 T_1 为激光器发射光信号到所述数据采集及处理模块202采集到光声信号的时间。 T_2 为激光器发射光信号到所述数据采集及处理模块202采集到荧光电信号的时间。

[0054] 进一步地,所述光电探测器108将所述第五光信号a3转换成第一电信号a4并在 t_1+T_0 时间传送至所述数据采集及处理模块202, T_0 为激光器发射光信号到所述数据采集及处理模块202采集到电信号的时间。

[0055] S104、所述成像探头204将所述第二光信号b1发射至所述被测组织200,并接收所述被测组织200反射的第二光声信号B1和第二荧光信号B2,所述超声收发仪201在 $t_1+t_2+T_1$ 时间将所述第二光声信号B1传递至数据采集及处理模块202;所述荧光探测器114在 $t_1+t_2+T_2$ 时间将所述第二荧光信号B2传送至所述数据采集及处理模块202。

[0056] 具体为,第一分光镜105将所述第二光信号b1分为第四光信号b2和第六光信号b3,第四光信号b2通过所述第二分光镜110、聚焦透镜111耦合进光纤,并通过光纤传送至所述成像探头204,所述成像探头204发射所述第四光信号b2至所述被测组织200,所述第四光信号b2激发所述被测组织200产生所述第二光声信号B1和所述第二荧光信号B2,所述成像探头204接收所述第二光声信号B1和所述第二荧光信号B2。所述成像探头204通过所述超声收发仪201在 $t_1+t_2+T_1$ 时间将所述第二光声信号B1传递至所述数据采集及处理模块202。所述成像探头204接收所述第二荧光信号B2并传递至第二分光镜110,所述第二分光镜110将所述第二荧光信号B2传递至荧光探测器114,所述荧光探测器114将所述第二荧光信号B2转换成第二荧光电信号B3,并在 $t_1+t_2+T_2$ 时间传送至所述数据采集及处理模块202。

[0057] 进一步地,所述光电探测器108将所述第六光信号b3转换成第二电信号b4并在 $t_1+t_2+T_0$ 时间传送至所述数据采集及处理模块202。

[0058] S105、所述数据采集及处理模块202处理所述第一光声信号A1、所述第二光声信号B1以得到光声图像和光声光谱图像,所述数据采集及处理模块202处理所述第一荧光信号A2和所述第二荧光信号B2以得到荧光图像。

[0059] 第二种实施例:

[0060] 在第一种实施例的基础上,在S101步骤中,所述第一激光器101在 t_1 时间还可以同时发射超声触发信号c0至延时装置103。

[0061] 所述延时装置103接收到所述超声触发信号c0并将所述超声触发信号c0传送至超声收发仪201,触发所述超声收发仪201在 $t_1+t_2+t_3$ 时间发射第一超声信号c1, t_3 为所述第一超声信号c1相对于所述第二光信号b1的延迟时间, t_3 取值范围为 $5\mu s \sim 30\mu s$,优选地, t_3 为 $5\mu s$ 。

[0062] 所述超声收发仪201接收到所述第一超声信号c1,并将所述第一超声信号c1发射至所述被测组织200,并接收第二超声信号c2,在 $t_1+t_2+t_3+T_3$ 时间传送至所述数据采集及处理模块202。 T_3 为所述第一超声信号c1发射到所述数据采集及处理模块202采集到所述第二超声信号c2的时间。

[0063] 所述数据采集及处理模块202将接收的信号传送至数据处理与显示模块205;显示模块205得到超声图像及不同波长下的光声图像、光声光谱图像、荧光图像。

[0064] 本发明实施例提供一种多模态成像系统和成像方法,通过设置第一激光器101输出第一光信号a1、光源触发信号b0和超声触发信号c0。第一光信号a1与被测组织200相互作用产生第一光声信号A1和第一荧光信号A2;所述光源触发信号b0通过所述延时装置103传输至所述第二激光器102以产生相对于第一光信号a1延时 t_2 时间的第二光信号b1,其中,第二光信号b1与所述第一光信号a1波长不同,所述第二光信号b1与所述被测组织200相互作用产生第二光声信号B1和第二荧光信号B2;所述超声触发信号c0通过所述延时装置103传输至所述超声收发仪201以产生第一超声信号c1,第一超声信号c1相对于第二光信号b1延时 t_3 时间,所述第一超声信号c1与所述被测组织200相互作用产生第二超声信号c2;将被

测组织200产生信号均传至数据采集和显示模块,以得到超声图像及不同波长下的光声图像、光声光谱图像、荧光图像。在所述多模态成像系统中融合了光声、超声、荧光、光声光谱成像技术,可以实现对病灶形态结构、分布等信息进行大深度、高分辨成像、针对某一特定成分进行分子成像及实现血液中血氧饱和度等生理参数的动态测量和分析。此外,通过对不同波长的光信号被被测组织200反射的光声信号、荧光信号进行计算,获取到光声光谱、荧光光谱等信息。

[0065] 综上所述,虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,但该较佳实施例并非用以限制本发明,该领域的普通技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与润饰,因此本发明的保护范围以权利要求界定的范围为准。

[0066] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

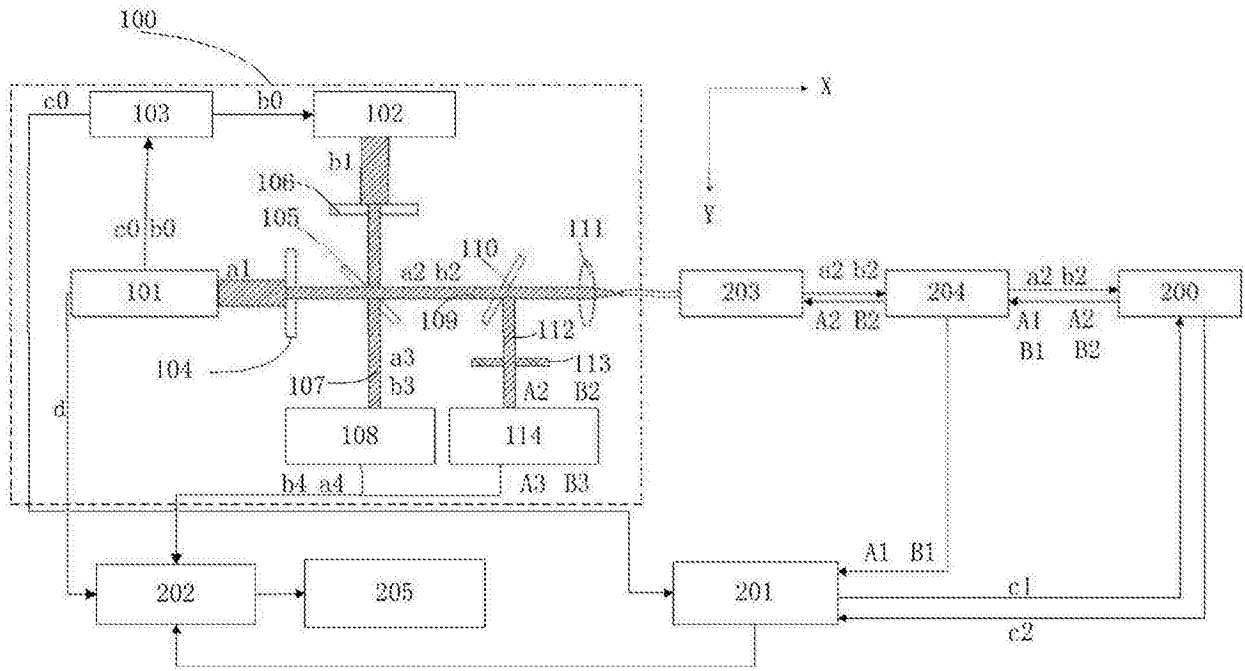


图1

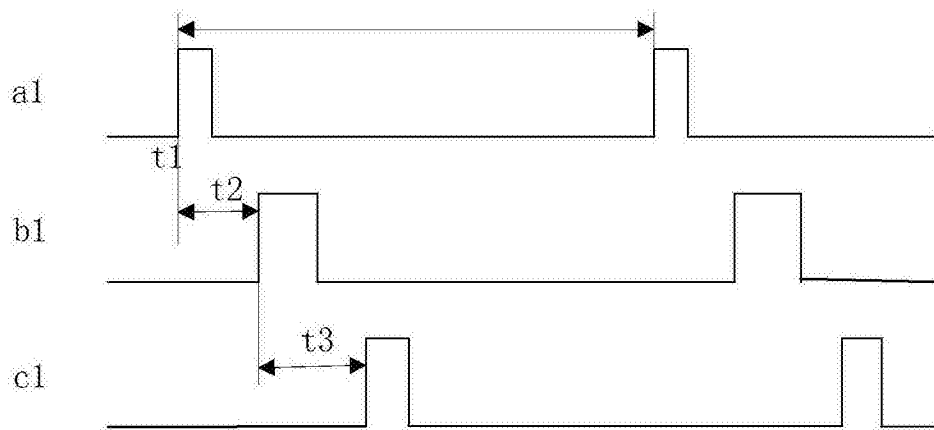


图2

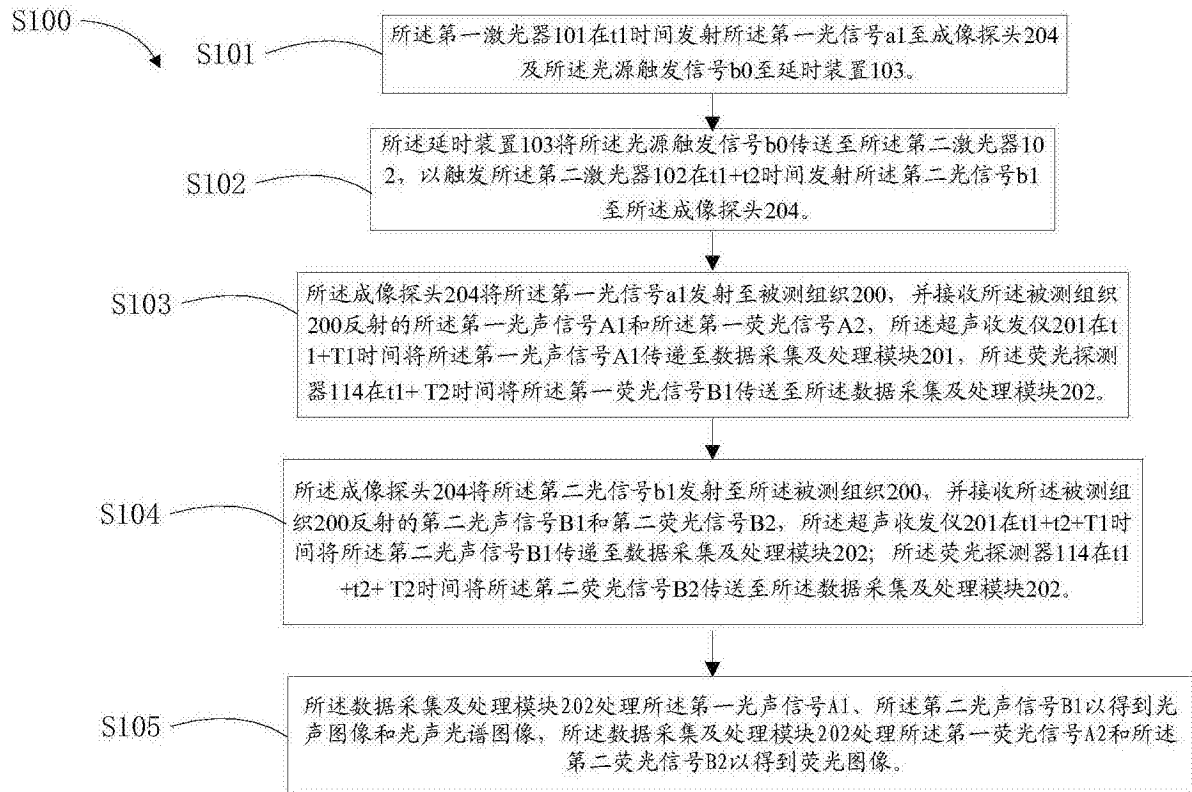


图3

专利名称(译)	多模态成像系统及其成像方法		
公开(公告)号	CN106983494A	公开(公告)日	2017-07-28
申请号	CN2017110273436.1	申请日	2017-04-21
[标]申请(专利权)人(译)	深圳先进技术研究院		
申请(专利权)人(译)	中国科学院深圳先进技术研究院		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院深圳先进技术研究院		
[标]发明人	宋亮 燕康 龚小竞 林日强 刘成波 刘筱阳		
发明人	宋亮 燕康 龚小竞 林日强 刘成波 刘筱阳		
IPC分类号	A61B5/00 A61B8/00		
CPC分类号	A61B5/0095 A61B5/0035 A61B5/0071 A61B5/0075 A61B8/44 A61B8/5207		
代理人(译)	熊永强		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种多模态成像系统，包括第一激光器、第二激光器、延时装置、成像探头、超声收发仪、荧光探测器、数据采集及处理模块。第一激光器产生第一光信号和光源触发信号，光源触发信号通过延时装置传输至第二激光器，以产生第二光信号。第一光信号和第二光信号通过成像探头被发射至被测组织，分别激发出第一光声信号、第一荧光信号和第二光声信号、第二荧光信号。第一激光器还产生超声触发信号，超声触发信号通过延时装置传输至超声收发仪，以产生第二超声信号。这些信号均被成像探头接收并被传送至数据采集及处理模块以获得图像信息。本发明可同时获得被测组织的光声、超声、荧光、光声光谱成像信息。

