



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110384471 A

(43)申请公布日 2019.10.29

(21)申请号 201910711663.7

(22)申请日 2019.08.02

(71)申请人 上海长征医院

地址 200003 上海市黄浦区凤阳路415号

申请人 上海理工大学

(72)发明人 肖建如 蔡小攀 张雷洪 叶华龙

张志晟 徐润初 张大伟 魏海峰

吴志鹏 杨兴海 赵剑 龚海熠

王霆 赵铨龙 赵越超

(74)专利代理机构 上海精晟知识产权代理有限公司 31253

代理人 任翠翠

(51)Int.Cl.

A61B 1/07(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

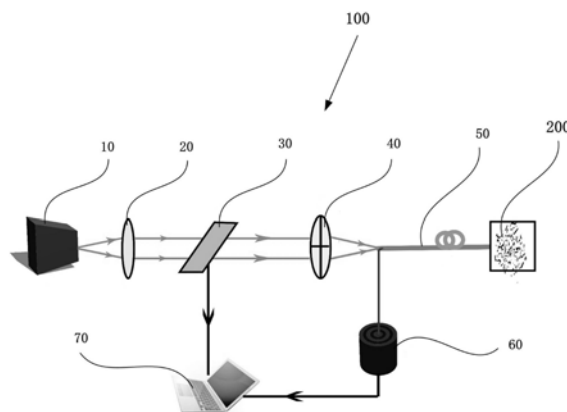
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统

(57)摘要

本发明的目的在于提供一种结构微型化、操作便捷、分辨率高的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统。该检测系统包括：激光器、透镜、空间光调制器、耦合器、具有声探头的光纤内窥镜、声探测放大器以及控制处理器，其中，激光器产生的激光源通过透镜转化为平行光束，再通过空间调制器将平行光束调制形成散斑信号，然后通过耦合器将散斑信号耦合进入光纤内窥镜并由光纤照明头投射到待测生物组织上，待测生物组织吸收热量产生的声波信号被声探头接收，并通过声探测放大器放大后转化为电信号传输到控制处理器中，控制处理器基于调制矩阵、以及接收到的电信号和接收时间并根据预定算法就能够获得待测生物组织的组织分布。



1. 一种基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统,用于检测待测生物组织的组织分布,其特征在于,包括:

激光器、透镜、空间光调制器、耦合器、具有声探头的光纤内窥镜、声探测放大器以及控制处理器,

其中,所述激光器用于产生激光源,

所述透镜用于将入射的所述激光源转化为平行光束,

所述空间光调制器用于对所述平行光束进行调制形成散斑信号,

所述耦合器用于对所述散斑信号进行耦合形成作为线阵照明信号的耦合信号,

所述光纤内窥镜用于将所述耦合信号通过光纤照明头投射到所述待测生物组织上,该待测生物组织产生的声波信号被所述声探头接收,

所述声探测放大器用于存储声波信号对应的接收时间,放大所述声波信号的波强并将所述波强转换为电信号,

所述控制处理器用于生成调制矩阵以控制所述空间光调制器,并接收所述电信号,进一步基于接收到的所述电信号、生成的所述调制矩阵以及所述接收时间并根据预定算法获得所述待测生物组织的所述组织分布。

2. 根据权利要求1所述的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统,其特征在于:

其中,所述待测生物组织的所有组织层与所述声探头之间的距离信息和所述照明线阵信号的方向信息构成一个面阵。

3. 根据权利要求1所述的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统,其特征在于:

其中,所述光纤将所述线阵照明信号的光束以一定的发散角度照射到所述待测生物组织接触面上,使所述待测生物组织重复形成所述声波信号让所述声探头接收。

4. 根据权利要求1所述的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统,其特征在于:

其中,所述耦合信号被投射到所述待测生物组织上后,所述待测生物组织吸收能量使温度升高后发生热弹性膨胀而产生所述声波信号。

5. 根据权利要求1所述的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统,其特征在于:

其中,所述声探头与所述待测生物组织之间的距离根据需要可随时调整。

6. 根据权利要求1所述的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统,其特征在于:

其中,所述预定算法的过程为:

假设所述调制矩阵为:
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$
, 所述待测生物组织为:
$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ \vdots \end{bmatrix}$$
, 所述声探头接

收到的所述声波信号为: $\begin{bmatrix} a+b \\ b+c \\ c+d \\ d+e \\ \vdots \end{bmatrix}$,

$$\text{则: } \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a+b \\ b+c \\ c+d \\ d+e \\ \vdots \end{bmatrix}, \text{即 } B_i = \int I_i(x, y) \times T(x, y) dx dy.$$

利用关联函数运算公式重构出所述待测生物组织的所述组织分布,所述公式如下:

$$T(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (B_i - \langle B \rangle) I_i(x, y) = \langle B \bullet I(x, y) \rangle - \langle B \rangle \langle I(x, y) \rangle$$

式中, $T(x, y)$ 表示所述待测生物组织的所述组织分布, B 表示所述声探头探测到的 N 个所述声波信号, $I(x, y)$ 为所述调制矩阵, $\langle \rangle$ 表示对 N 次所述声波信号取平均值。

基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统

技术领域

[0001] 本发明属于生物医学成像技术领域，具体地涉及一种结构微型化、操作便捷、分辨率高的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统。

背景技术

[0002] 随着光学成像技术的快速发展，人们对于信息资源的需求越来越大，而获取信息的主要方式是光学成像。光纤技术是一种可以使半透明物体内部结构的横断面成像的新型光学成像技术。光纤技术比其他传统成像技术（如X射线、CT、超声成像、核磁共振扫描成像）相比，具有明显的优势，特别适合对生物组织进行实时的无损检测成像。

[0003] 近年来，医疗器械的可视化已经成为了一种趋势，内窥镜技术也已经非常成熟。目前实现内窥镜成像和传像的技术主要有两种：一种是采用微透镜对目标物体进行成像，然后由光纤传像束进行图像传输；另一种是采用梯度折射率透镜进行成像，再采用多级梯度折射率透镜级联进行传输。采用传像束进行图像传输，图像分辨率与光纤束直径相关，要达到很高的图像分辨率，传像束直径就要增大；另一方面，光纤束中单根光纤的芯径变细，也能提高成像分辨率，目前传像束中光纤的最小丝径决定了图像的分辨率。采用梯度折射率透镜进行成像和传像，图像分辨率也不高，一般只能达到50—100lp，而且梯度折射率透镜的像差和色差都比较大。因此，现有内窥成像技术已经出现了技术瓶颈。

[0004] 随着医学进一步的专业化和精细化发展，目前的医疗器械难以满足临床的个性化需求。比如，对于深部创口以及术中组织遮挡区域重要神经血管的内窥镜可视化探查，目前无成熟产品可用。

发明内容

[0005] 本发明是为了解决上述问题而进行的，目的在于提供一种结构微型化、操作便捷、分辨率高的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统。

[0006] 本发明提供了一种基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统，用于检测待测生物组织的组织分布，其特征在于，包括：激光器、透镜、空间光调制器、耦合器、具有声探头的光纤内窥镜、声探测放大器以及控制处理器，其中，激光器用于产生激光源，透镜用于将入射的激光源转化为平行光束，空间光调制器用于对平行光束进行调制形成散斑信号，耦合器用于对散斑信号进行耦合形成作为线阵照明信号的耦合信号，光纤内窥镜用于将耦合信号通过光纤照明头投射到待测生物组织上，该待测生物组织产生的声波信号被声探头接收，声探测放大器用于存储声波信号对应的接收时间，放大声波信号的波强并将波强转换为电信号，控制处理器用于生成调制矩阵以控制空间光调制器，并接收电信号，进一步基于接收到的电信号、生成的调制矩阵以及接收时间并根据预定算法获得待测生物组织的组织分布。

[0007] 在本发明提供的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统中，还可以具有这样的特征，其中，待测生物组织的所有组织层与声探头之间的距离信息和照明线阵信号的

方向信息构成一个面阵。

[0008] 在本发明提供的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统中,还可以具有这样的特征,其中,光纤将线阵照明信号的光束以一定的发散角度照射到待测生物组织接触面上,使待测生物组织重复形成声波信号让声探头接收。

[0009] 在本发明提供的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统中,还可以具有这样的特征,其中,耦合信号被投射到待测生物组织上后,待测生物组织吸收能量使温度升高后发生热弹性膨胀而产生声波信号。

[0010] 在本发明提供的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统中,还可以具有这样的特征,其中,声探头与待测生物组织之间的距离根据需要可随时调整。

[0011] 在本发明提供的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统中,还可以具有这

样的特征,其中,预定算法的过程为:假设调制矩阵为:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}, \text{待测生物组}$$

织为:

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ \vdots \end{bmatrix}, \text{声探头接收到的声波信号为:}$$

$$\begin{bmatrix} a+b \\ b+c \\ c+d \\ d+e \\ \vdots \end{bmatrix}, \text{则:}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a+b \\ b+c \\ c+d \\ d+e \\ \vdots \end{bmatrix},$$

即 $B_i = \int I_i(x, y) \times T(x, y) dx dy$ 。利用关联函数运算公式重构出待测生物组织的组织分布,公式如下:

[0012]
$$T(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (B_i - \langle B \rangle) I_i(x, y) = \langle B \bullet I(x, y) \rangle - \langle B \rangle \langle I(x, y) \rangle$$

[0013] 式中, $T(x, y)$ 表示待测生物组织的组织分布, B 表示声探头探测到的 N 个声波信号, $I(x, y)$ 为调制矩阵, $\langle \rangle$ 表示对 N 次声波信号取平均值。

[0014] 发明的作用与效果

[0015] 根据本发明所涉及的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统,开启激光器后产生的激光源通过透镜将激光源转化为平行光束,进一步通过空间调光器将平行光束调制形成散斑信号,然后通过耦合器对散斑信号进行耦合进入光纤内窥镜并由光纤照明头投射到待测生物组织上,待测生物组织吸收热量膨胀而产生声波信号被声探头接收,并通过声探测放大器放大后转化为电信号传输到控制处理器中,控制处理器基于用来控制空间调光器的调制矩阵、以及接收到的电信号和接收时间并根据预定算法就能够获得待测生物组织的组织分布。

[0016] 该检测系统利用光声成像原理,能够对现有设备中肉眼不易观察到的隐蔽部位方便快捷地进行检测,只需将光纤照明头投射到相应的生物组织上即可,既不需设备的解体,亦不需另外照明,只要有孔能使光纤照明头插入,内部情况便一目了然,既可直观,亦可侧

视,弥补了目前医用设备的不足。

[0017] 其次,整个检测系统是一种非接触式检测方式,对待测生物组织不会造成任何伤害,待测生物组织的组织层与声探测放大器的距离信息以及光纤照明线阵的方向信息构成了一个面阵,根据声波信号到达声探测放大器的时间就可以获得面阵生物组织分布,检测速度快,可以进行实时检测成像。

[0018] 最后,通过采用光纤技术,让检测系统的光路更加紧凑和稳定,大大提升了抗干扰能力,减小了系统的体积,整体结构实现了微型化;而且由于使用低相干性的光源,使得在深度方向的分辨率可达微米量级,分辨率高。

附图说明

[0019] 图1是本发明的实施例中基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统的结构示意图。

[0020] 图2是本发明的实施例中光纤内窥镜的横截面示意图。

[0021] 图3是本发明的实施例中光纤内窥镜检测深部组织示意图。

[0022] 图4是本发明的实施例中待测生物组织的组织层示意图。

具体实施方式

[0023] 下面通过实施例的方式进一步说明本发明,但并不因此将本发明限制在所述的实施例范围之中。

[0024] <实施例>

[0025] 图1是本发明的实施例中基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统的结构示意图。

[0026] 如图1所示,在本实施例中,基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统100用于检测待测生物组织200的组织分布,它包括:激光器10、透镜20、空间光调制器30、耦合器40、光纤内窥镜50、声探测放大器60以及控制处理器70。

[0027] 激光器10用于产生激光源。

[0028] 透镜20沿着激光器10的出射光路设置,用于将入射的激光源转化为平行光束。

[0029] 空间光调制器30沿着透镜20的出射光路设置,用于对透镜20出射的平行光束进行调制从而形成散斑信号。光源的光场强度分布信息可以用SLM上线阵的调制矩阵表示。

[0030] 耦合器40沿着空间光调制器30的出射光路设置,用于对散斑信号进行耦合形成耦合信号,该耦合信号耦合进入光纤50中作为线阵照明信号。

[0031] 图2是本发明的实施例中光纤内窥镜的横截面示意图。

[0032] 如图1和2所示,光纤内窥镜50包含光纤传输本体51、光纤照明头52和声探头53。光纤传输本体51为细长管状,内部设有光纤束,光纤照明头52位于光纤束远离耦合器40的端部,声探头52设置在光纤传输本体51中与光纤照明头52相同的端部,并且与光纤照明头52临近设置。

[0033] 又如图1所示,光纤传输本体51用于将耦合器40耦合进入的耦合信号通过光纤照明头52投射到待测生物组织200上。待测生物组织200位于阵列光纤束端面处对光进行反射,由于待测生物组织200吸收能量后温度升高,并发生热弹性膨胀,最后产生了声波信号。

该声波信号被头端的声探头53接收。

[0034] 声探测放大器60与声探头53相连接,一方面对应存储待测生物组织200产生的声波信号的接收时间,另一方面放大声波信号的波强并将波强转换为电信号。

[0035] 控制处理器70的一端与空间光调制器30相连接,用于生成调制矩阵来控制空间光调制器30。控制处理器70的另一端与声探测放大器60相连接,从而并接收声探测放大器60的电信号,并且进一步基于接收到的电信号、生成的调制矩阵以及接收时间并根据预定算法获得待测生物组织200的组织分布。预定算法的过程为:

[0036] 控制处理器70将接收到的电信号与生成的调制矩阵进行关联计算,得到投射到待测生物组织200上的信号,再根据声波信号到达声探头53的接收时间,即可获得面阵生物组织分布,最终完成检测。

[0037] 图3是本发明的实施例中光纤内窥镜检测深部组织示意图。

[0038] 如图3所示,在实施深部组织检测操作过程中,光纤中发出的线阵照明信号以一定的发散角照射到待测生物组织200的接触面上,使待测生物组织200重复形成声波信号被声探头接收。

[0039] 这里假设调制矩阵为:
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$
, 待测生物组织为:
$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ \vdots \end{bmatrix}$$
, 声探头接收

值表示为:
$$\begin{bmatrix} a+b \\ b+c \\ c+d \\ d+e \\ \vdots \end{bmatrix}$$
, 则公式如:
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a+b \\ b+c \\ c+d \\ d+e \\ \vdots \end{bmatrix}$$
, 即: $B_i = \int I_i(x, y) \times$

$T(x, y) dx dy$ 。

[0040] 利用关联函数运算公式重构出待测生物组织的组织分布,公式如下:

[0041]
$$T(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (B_i - \langle B \rangle) I_i(x, y) = \langle B \bullet I(x, y) \rangle - \langle B \rangle \langle I(x, y) \rangle$$

[0042] 式中, $T(x, y)$ 表示待测生物组织的组织分布, B 表示声探头探测到的 N 个声波信号, $I(x, y)$ 为调制矩阵, $\langle \rangle$ 表示对 N 次声波信号取平均值。

[0043] 图4是本发明的实施例中待测生物组织的组织层示意图。

[0044] 如图4所示,在医学检查过程中,照明光纤对生物组织进行照明,利用光声成像特性,生物组织吸收能量,温度升高,并发生热弹性膨胀,最后产生光声信号。待测生物组织200的所有组织层与声探头53之间的距离信息和光纤的照明线阵信号的方向信息构成一个面阵。由于不同组织层产生的光声信号到达声探头53的时间不同,根据声波信号到达声探头53的接收时间,可以获得面阵生物组织分布,在对生物组织不产生伤害的情况下有效的

检测出机体不同组织层的组成成分,获得组织结构特征和距离信息。

[0045] 实施例的作用与效果

[0046] 根据本实施例所涉及的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统,开启激光器后产生的激光源通过透镜将激光源转化为平行光束,进一步通过空间调光器将平行光束调制形成散斑信号,然后通过耦合器对散斑信号进行耦合进入光纤内窥镜并由光纤照明头投射到待测生物组织上,待测生物组织吸收热量膨胀而产生声波信号被声探头接收,并通过声探测放大器放大后转化为电信号传输到控制处理器中,控制处理器基于用来控制空间调光器的调制矩阵、以及接收到的电信号和接收时间并根据预定算法就能够获得待测生物组织的组织分布。

[0047] 该检测系统利用光声成像原理,能够对现有设备中肉眼不易观察到的隐蔽部位方便快捷地进行检测,只需将光纤照明头投射到相应的生物组织上即可,既不需设备的解体,亦不需另外照明,只要有孔能使光纤照明头插入,内部情况便一目了然,既可直观,亦可侧视,弥补了目前医用设备的不足。

[0048] 其次,整个检测系统是一种非接触式检测方式,对待测生物组织不会造成任何伤害,待测生物组织的组织层与声探测放大器的距离信息以及光纤照明线阵的方向信息构成了一个面阵,根据声波信号到达声探测放大器的时间就可以获得面阵生物组织分布,检测速度快,可以进行实时检测成像。

[0049] 最后,通过采用光纤技术,让检测系统的光路更加紧凑和稳定,大大提升了抗干扰能力,减小了系统的体积,整体结构实现了微型化;而且由于使用低相干性的光源,使得在深度方向的分辨率可达微米量级,分辨率高。

[0050] 在本实施例中,该检测方式不需要接触待测生物组织,声探头与待测生物组织之间的距离可以随时控制,根据需要不断移动调整,声探头接收不同距离下生物组织所形成的声波信号。

[0051] 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。

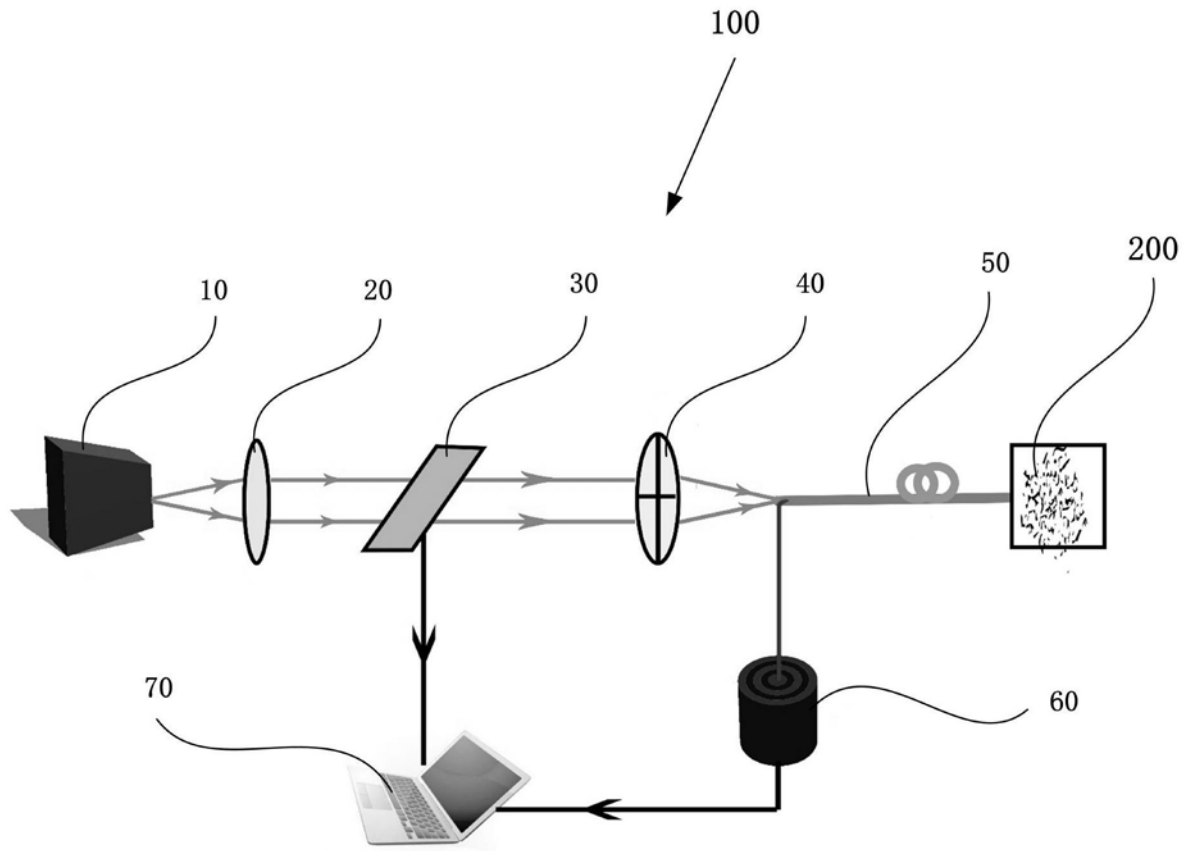


图1

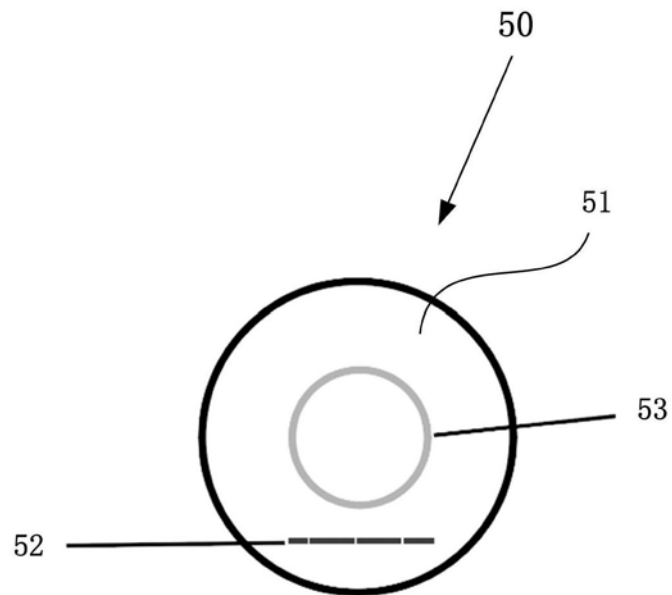


图2

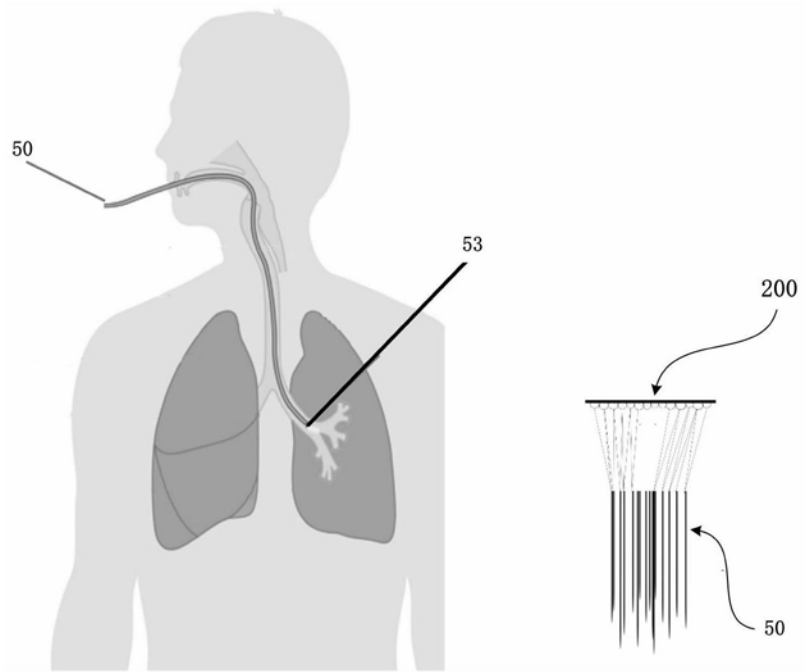


图3

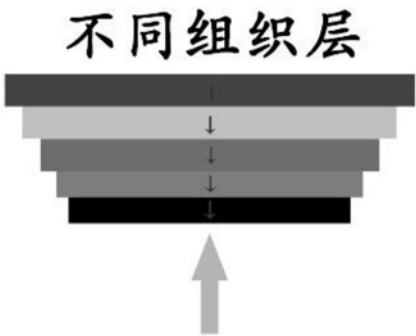


图4

专利名称(译)	基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统		
公开(公告)号	CN110384471A	公开(公告)日	2019-10-29
申请号	CN201910711663.7	申请日	2019-08-02
[标]申请(专利权)人(译)	上海长征医院 上海理工大学		
申请(专利权)人(译)	上海长征医院 上海理工大学		
当前申请(专利权)人(译)	上海长征医院 上海理工大学		
[标]发明人	肖建如 蔡小攀 张雷洪 叶华龙 张志晟 徐润初 张大伟 魏海峰 吴志鹏 杨兴海 赵剑 龚海熠 王霆 赵铖龙 赵越超		
发明人	肖建如 蔡小攀 张雷洪 叶华龙 张志晟 徐润初 张大伟 魏海峰 吴志鹏 杨兴海 赵剑 龚海熠 王霆 赵铖龙 赵越超		
IPC分类号	A61B1/07 A61B5/00		
CPC分类号	A61B1/07 A61B5/0095		
代理人(译)	任翠翠		
外部链接	Espacenet SIPO		
摘要(译)			

本发明的目的在于提供一种结构微型化、操作便捷、分辨率高的基于阵列光纤束照明成像的生物组织检测系统。该检测系统包括：激光器、透镜、空间光调制器、耦合器、具有声探头的光纤内窥镜、声探测放大器以及控制处理器，其中，激光器产生的激光源通过透镜转化为平行光束，再通过空间光调制器将平行光束调制形成散斑信号，然后通过耦合器将散斑信号耦合进入光纤内窥镜并由光纤照明头投射到待测生物组织上，待测生物组织吸收热量产生的声波信号被声探头接收，并通过声探测放大器放大后转化为电信号传输到控制处理器中，控制处理器基于调制矩阵、以及接收到的电信号和接收时间并根据预定算法就能够获得待测生物组织的组织分布。

