



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109106340 A

(43)申请公布日 2019.01.01

(21)申请号 201811096996.5

(22)申请日 2018.09.20

(71)申请人 烟台龙驰光电技术有限公司

地址 264006 山东省烟台市经济技术开发区珠江路28号科技大厦1113室

(72)发明人 徐庆扬 徐勇勇

(74)专利代理机构 烟台上禾知识产权代理事务所(普通合伙) 37234

代理人 刘志毅

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61N 5/067(2006.01)

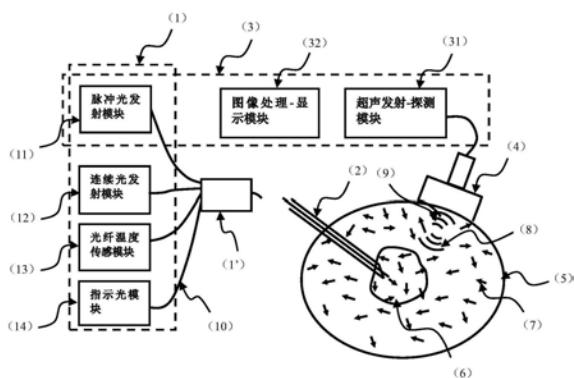
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种介入式光声成像与激光热治疗系统

(57)摘要

本发明提供了一种介入式光声成像与激光热治疗系统，包括激光子系统、光波分复用器模块、光纤探针模块、光声成像子系统以及超声波探测单元。激光子系统包括：脉冲光发射模块发射用于声光成像的脉冲激励光；连续光发射模块发射用于激光热治疗的连续治疗光；光纤温度传感模块发射并接收用于温度监测的传感光；指示光模块发射用于指示的可见光。激光子系统的各模块通过光波分复用器模块连接到光纤探针。光纤探针包括温度传感器、光发散角控制器以及保护涂层，用于介入并输送连续治疗光、脉冲激励光以及传感光到治疗区。脉冲激励光激发的部分光声波信号进入超声波探测单元。该系统实现了激光治疗、温度监控、高分辨率成像的一体化。



1. 一种介入式光声成像与激光热治疗系统,其特征在于:包括:激光子系统(1)、光波分复用器模块(1')、光纤探针模块(2)、光声成像子系统(3)以及超声波探测单元(4);其中:

激光子系统(1)包括脉冲光发射模块(11),发射用于声光成像的脉冲激励光(20);连续光发射模块(12),发射用于激光热治疗的连续治疗光(19);光纤温度传感模块(13),发射并接收用于温度监测的传感光(21);以及指示光模块(14),发射用于指示的可见光(22);

光波分复用器模块(1')包括脉冲光波分复用器(15)、传感光波分复用器(16)以及指示光波分复用器(17),分别将脉冲光发射模块(11)、连续光发射模块(12)、光纤温度传感模块(13)以及指示光模块(14)通过单模光纤(10)连接到光纤探针模块(2),作用于治疗区(6);

光纤探针模块(2)包括介入式针管(23)与光纤探针(24);其中介入式针管(23)用于协助光纤探针(24)进入治疗区(6);

光声成像子系统(3)包括脉冲光发射模块(11)、超声发射-探测模块(31)以及图像处理-显示模块(32);其中,脉冲光发射模块(11)发出的脉冲激励光(20)通过光纤探针模块(2)进入治疗区(6),一部分被激发的光声波信号(7)进入超声波探测单元(4);超声波探测单元(4)同时发射超声波信号(8)并接收返回的超声波信号(9)。

2. 根据权利要求1所述的治疗系统,其特征在于:连续光发射模块(12)和脉冲光发射模块(11)均为掺稀土光纤激光器或者准相位匹配晶体腔内倍频-参量振荡激光器;发射波长范围800-1200nm;脉冲光发射模块(11)、连续光发射模块(12)以及光纤温度传感模块(13)都采用对工作波长单模的光纤。

3. 根据权利要求1所述的治疗系统,其特征在于:光纤探针(24)包括单模光纤(10)、温度传感器(25)、光发散角控制器(26)以及保护涂层(27),用于传输连续治疗光(19)、脉冲激励光(20)、传感光(21)以及可见光(22);单模光纤(10)包括包层(101)和芯层(102),温度传感器(25)用于传感治疗区(6)的温度。

4. 根据权利要求3所述的治疗系统,其特征在于:光发散角控制器(26)包括包层(261)和芯层(262),用于控制治疗光(19)在治疗区域的发散角;从发散角控制器(26)发出的光斑(28)以发散角(281)传播。

5. 根据权利要求4所述的治疗系统,其特征在于:光发散角控制器(26)使用多模渐变折射率光纤。

6. 根据权利要求1-5中任一项所述的治疗系统,其特征在于:保护涂层(27)用于包裹光纤探针(24)的头部以提高其机械强度。

7. 根据权利要求1-5中任一项所述的治疗系统,其特征在于:温度传感器(25)使用具有光敏特性的单模光纤,其芯层为光纤布拉格光栅(251)。

一种介入式光声成像与激光热治疗系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种介入式光声成像与激光热治疗系统,该系统可以实现激光介入治疗、光声成像以及对介入治疗处温度的实时监控。属于对良性、恶性肿瘤、囊肿、增生、结节等进行介入治疗的领域。

背景技术

[0002] 介入式激光热治疗(ILITT: Interventional Laser Induced Thermal Therapy)是目前除了传统手术、化疗、放疗三大肿瘤治疗手段之外的又一肿瘤治疗方式。激光热治疗可以分为激光消融(高功率)和激光光热治疗(低功率)两大类。光纤介入式的激光热治疗方式具有微创、精准等优点。利用近红外激光(700nm-1100nm)的光热特性,实施介入式手术可以对肿瘤部位进行精准加热消融,从而达到尽大限度的杀灭肿瘤细胞而不破坏健康组织的目的。对于红外激光特定波长吸收的纳米材料(例如纳米金),甚至可以使用更低能量的红外激光选择性的加热肿瘤细胞而完全不破坏健康细胞,从而达到介入式靶向治疗的目的。

[0003] 介入式激光热治疗主要借助介入金属针管将多模光纤送到治疗部位。然而多模光纤输出激光能量分布不均,由于局部的空间相干效应而导致散斑效应,容易产生局部能量热点,而传输光纤的弯曲也会导致输出激光能量热点的变化,这对于肿瘤部位的治疗效果的控制会产生相当大的离散性。

[0004] 另一方面,实施激光热治疗时,精确测量、控制治疗区域的温度是必不可少的。例如,使用MRI实时监测可以测量治疗区域的温度,然而在激光热治疗过程中使用实时MRI监控将大大提高手术成本;而且该温度监控方法是相对的,易受治疗光影响,精度无法保证。实时超声图像可以监控治疗区温度,同样存在类似问题。另外,在介入金属针管中同时封装了能测温的热电偶和光纤的方法也能实现治疗区域的点监控,然而封装有光纤和热电偶的金属针管直径太大,大大增加了患者痛苦。

[0005] 另一方面,介入式治疗的辅助成像包括磁共振、计算机断层扫描、以及实时超声成像。超声作为低成本、实时的成像方式获得了广泛应用。虽然超声可以探测到的组织深度达10cm以上,但是其分辨率较低,随着深度的增加,分辨率下降,因此难以观察更复杂的组织以及更细微的病变,进而影响对介入式激光热治疗效果的评估。因此需要一种同时能够在较深病变组织中实时进行高分辨成像的方法。一种新型的提高成像分辨率的方式为光声成像,它能够实现对特定组织更高分辨率(达几十微米)的扫描。光声成像系统的光声激励光源为对生物组织的相对透明的红外(700-1100nm)脉冲激光,经皮照射被成像部位,利用光脉冲激励一定深度的生物组织形成光散射,产生弹性机械波,超声探头捕捉到返回的弹性波信号从而进行精细的超声成像。目前主要使用1064nm掺钕石榴石(Nd:YAG)固体脉冲激光器产生纳秒级光脉冲。1064nm的光谱对皮肤的穿透效应比800-900nm的更浅,因此对深部组织的穿透效果比较弱,从而使得高分辨率的超声图像只能分辨组织表面1cm以下甚至几毫米的范围,实际应用效果有限。另外,光声成像的探头设计区别于传统超声探头,结构更加复杂。。

发明内容

[0006] 针对当前激光热治疗设备的上述缺点,本发明提供了一种能够同时进行激光热治疗和光声成像的系统。本发明的介入式光声成像与激光热治疗系统,具有如下特征:激光系统不仅能够提供连续治疗光,还能够提供光声成像用的脉冲激励激光,同时还能提供温度监控用的传感光;不同于传统光声成像系统的外部脉冲激光激发方式,本发明的脉冲激光从内部激发并接收透射光声信号;多功能光纤探针用于输送连续治疗光与脉冲激励光的同时又能实现介入处的温度监控;为了实现上述发明目的,本发明采用的技术方案如下:

[0007] 根据本发明的第一个方面,提供了介入式光声成像与激光热治疗系统,包括激光子系统(1)、光波分复用器模块(1')、光纤探针模块(2)、光声成像子系统(3)以及超声波探测单元(4);其中,

[0008] 激光子系统(1)包括脉冲光发射模块(11),发射用于声光成像的脉冲激励光(20);

连续光发射模块(12),发射用于激光热治疗的连续治疗光(19);光纤温度传感模块(13),发射并接收用于温度监测的传感光(21);以及指示光模块(14),发射用于指示的可见光(22);

[0009] 光波分复用器模块(1')包括脉冲光波分复用器(15)、传感光波分复用器(16)以及指示光波分复用器(17),分别将脉冲光发射模块(11)、连续光发射模块(12)、光纤温度传感模块(13)以及指示光模块(14)通过单模光纤(10)连接到光纤探针模块(2),作用于治疗区(6);

[0010] 光纤探针模块(2)包括介入式针管(23)与光纤探针(24);其中介入式针管(23)用于协助光纤探针(24)进入治疗区(6);

[0011] 光声成像子系统(3)包括脉冲光发射模块(11)、超声发射-探测模块(31)以及图像处理-显示模块(32);其中,脉冲光发射模块(11)发出的脉冲激励光(20)通过光纤探针模块(2)进入治疗区(6),一部分被激发的光声波信号(7)进入超声波探测单元(4);超声波探测单元(4)同时发射超声波信号(8)并接收返回的超声波信号(9)。

[0012] 连续光发射模块(12)和脉冲光发射模块(11)均为掺稀土光纤激光器或者准相位匹配晶体腔内倍频-参量振荡激光器;发射波长范围800-1200nm;脉冲光发射模块(11)、连续光发射模块(12)以及光纤温度传感模块(13)都采用对工作波长单模的光纤。

[0013] 根据本发明的第二个方面,提供了一种介入式光纤探针(24),包括单模光纤(10)、温度传感器(25)、光发散角控制器(26)以及保护涂层(27),用于传输连续治疗光(19)、脉冲激励光(20)、传感光(21)以及可见光(22);单模光纤(10)包括包层(101)和芯层(102),温度传感器(25)用于传感治疗区(6)的温度。

[0014] 光发散角控制器(26)包括包层(261)和芯层(262),用于控制治疗光(19)在治疗区域的发散角;从发散角控制器(26)发出的光斑(28)以发散角(281)传播。光发散角控制器(26)使用多模渐变折射率光纤。保护涂层(27)用于包裹光纤探针(24)的头部以提高其机械强度。温度传感器(25)使用具有光敏特性的单模光纤,其芯层为光纤布拉格光栅(251)。

[0015] 本发明的光声成像与激光热治疗系统,将脉冲光发射模块(11)、连续光发射模块(12)、光纤温度传感模块(13)以及指示光模块(14)全部集成为一个全光纤的激光子系统(1),集治疗、激励、传感、指示于一体,大大简化了子系统结构。多功能光纤探针模块(2)具有设计参数灵活、功能多样的特点,配合光声成像子系统(3),该治疗系统实现了实时诊断、介导、成像、治疗的一体化。

附图说明

- [0016] 图1为本发明第一方面的光声成像-激光热治疗系统示意图；
- [0017] 图2为本发明第一方面的激光系统示意图；
- [0018] 图3a为本发明第二方面的光纤探针模块的示意图；
- [0019] 图3b为本发明第二方面的光纤探针的结构示意图。

具体实施方式

- [0020] 下面结合附图及实施例对本发明进行详细说明。
- [0021] 参照图1，根据本发明的第一个方面，提供了一种介入式光声成像与激光热治疗系统，包括激光子系统(1)、光波分复用器模块(1')、光纤探针模块(2)、光声成像子系统(3)以及超声波探测单元(4)。各子系统及模块部分结构如下：
 - [0022] 激光子系统(1)包括脉冲光发射模块(11)，发射用于声光成像的脉冲激励光(20)；连续光发射模块(12)，发射用于激光热治疗的连续治疗光(19)；光纤温度传感模块(13)，发射并接收用于温度监测的传感光(21)；以及指示光模块(14)，发射用于指示的可见光(22)。
 - [0023] 脉冲光发射模块(11)和连续光发射模块(12)所采用的激光根据治疗的需要选择，分别为波长为800-1200nm的连续和脉冲激光器，例如1064nm掺铷石榴石激光器，800-1200nm的半导体激光器、700-900nm波长可选择的掺钛蓝宝石激光器等。在一个优选实施例中，为了与本发明其他部分的单模光纤结构兼容，优选激光波长为1000-1100nm的掺镱光纤激光器。使用掺镱有源光纤及一对光纤反射镜构成光纤激光器。有源光纤芯径尺寸为6-20μm，包层直径为125-400μm。为了达到全光纤结构的机械强度问题，尤其是光纤探针部分的机械强度问题，光纤包层直径优选250-400μm。发射波长由光纤激光器的光纤反射镜反射波长决定。光纤反射镜由光纤光栅构成，反射波长1000-1100nm，反射率10%-99%；功率1-50W，优选为1-20W。在另一个优选的实施例中，为了缩小体积，连续光发射模块(12)和脉冲光发射模块(11)为准相位匹配晶体腔内倍频-参量振荡激光器，发射波长优选800-1200nm。
 - [0024] 光声成像子系统(3)包括脉冲光发射模块(11)、超声发射-探测模块(31)以及图像处理-显示模块(32)。脉冲光发射模块(11)发出的脉冲激励光(20)通过光纤探针模块(2)进入治疗区(6)。脉冲光发射模块(11)为激光子系统(1)和光声成像子系统(3)所共有。脉冲激光脉宽优选1-100ns，重复频率10-100kHz。脉冲激光在治疗区(6)以及组织(5)中产生各向传播的弹性机械波，即光声波；一部分被激发的光声波信号(7)通过透射模式进入超声波探测单元(4)。另一方面，超声波探测单元(4)同时发射超声波信号(8)并接收返回的超声波信号(9)。透射的光声波和反射的超声波叠加在图像处理-显示模块(32)中处理，形成更高分辨率的实时超声-光声图像。
 - [0025] 指示光模块(14)作为本发明的辅助系统，发射可见光(22)，经过单模光纤(10)进入指示光波分复用器(17)后进入光纤探针模块(2)，作用于治疗区(6)，用于指示介入治疗方位。优选采用450-650nm的可见光，最优选择635nm的红光，出纤功率优选1-10mW。
 - [0026] 光纤温度传感模块(13)的功能是发射温度传感光(21)，经过传感光波分复用器(16)进入光纤探针模块(2)，携带治疗区(6)的温度信息的温度传感光(21)通过光纤探针模块(2)返回至光纤温度传感模块(13)中进行温度解调。光纤温度传感模块(13)获得的温度参数(18)反馈给近红外激光发射模块(11)，用于调节其发射功率，以达到治疗所需要的温

度参数。温度传感光(21)的波长优选采用通信波长,例如1300–1600nm。各种光纤传感及解调技术都可以使用,优选的,本发明使用短光纤布拉格光栅作为传感单元,使用DFB激光器作为发射光源。通过调节DFB激光器的电流的方式对输出波长进行扫描,从光纤光栅的反射功率也随着波长的扫描被光纤温度传感模块(13)中的光探测器同步接收,从而解调出治疗区(6)的温度。

[0027] 参考图3a,根据本发明的第二个方面,提供了一个用于传输激光的光纤探针模块(2),其中的介入式针管(23)用于协助光纤探针(24)进入治疗区(6)。参考图3b,光纤温度传感器(25)使用具有光敏特性的单模光纤,其几何参数与连结单模光纤(10)的参数一致;其芯层为光纤布拉格光栅(251),在一个优选的实施例中,光纤光栅(261)的反射率10%–99%,反射带宽0.1–1nm,长度0.5–5mm,最优长度<1mm。光纤探针(24)的端面使用发散角控制器(26),包括包层(261)和芯层(262),用于控制治疗光(6)在治疗区域的发散角。优选使用渐变折射率光纤,通过调节渐变折射率光纤的长度(即节距)来控制光斑发散角度。在一个优选的实施例中,使用芯径50–62.5μm,包层直径125–400nm的渐变折射率光纤,长度100μm–3mm。从发散角控制器(26)发出的光斑(28)以发散角(281)传播;特定发散角度的近红外光在治疗组织中形成特定形状的光场分布,例如椭球形光场,以达到与治疗组织的最佳覆盖。光纤探针(24)的单模光纤(10)、光纤温度传感器(25)和从发散角控制器(26)通过焊接的方式连接在一起;保护涂层(27)包裹光纤探针(24)的头部用于提高其机械强度;优选使用金属镀层或者聚合物,最优使用金、银、铬,厚度10–200μm。

[0028] 最后,针对多模光纤输出光斑具有散斑以及输出光束发散角不可控的缺点,本发明使用了对连续治疗光(19)和脉冲激励光(20)和温度传感光(21)形成单模的光纤,其输出激光光斑为均匀高斯分布,因而避免了多模光纤的输出光斑不均匀问题。在一个优选的实施例中,该单模光纤(10)使用芯径5–20μm、包层直径125–400μm、对800–1200nm的治疗激光(5)形成单模的光纤。该单模光纤(6)的尺寸与近红外激光发射模块(2)中的掺镱光纤激光参数保持一致,以便高效耦合;也与光纤传感模块(13)的光纤参数一致。

[0029] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

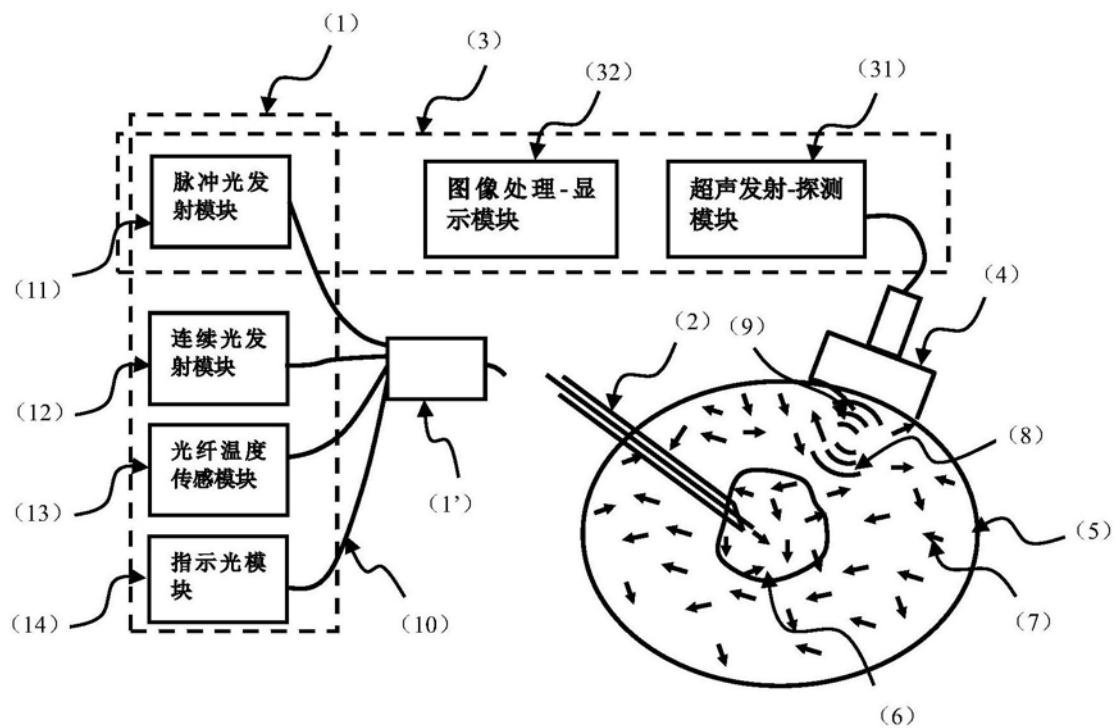


图1

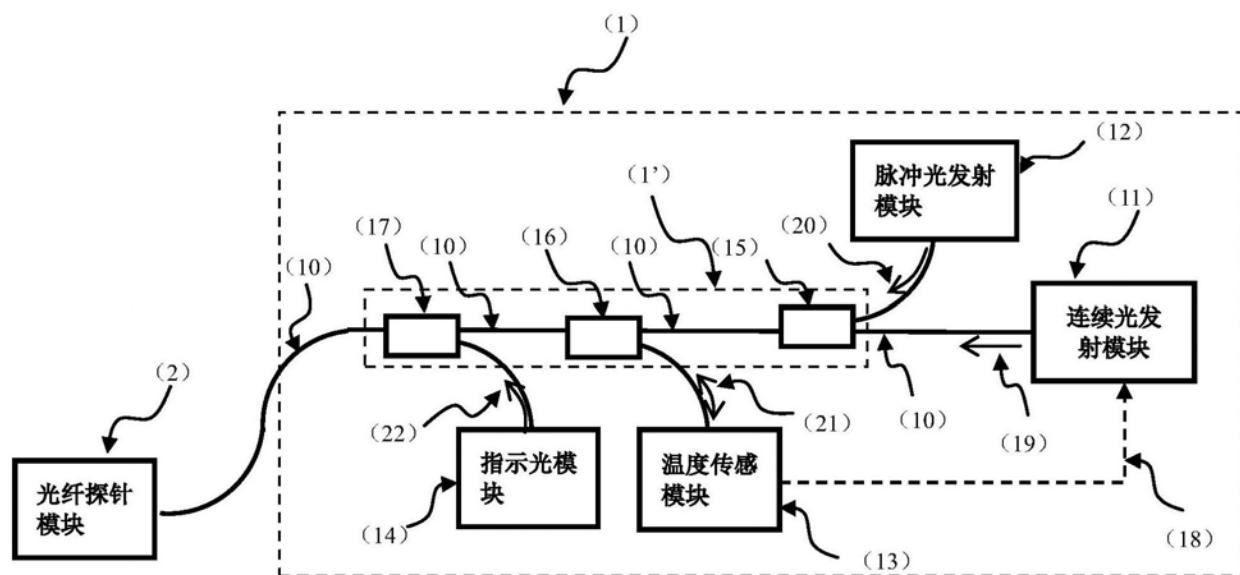


图2

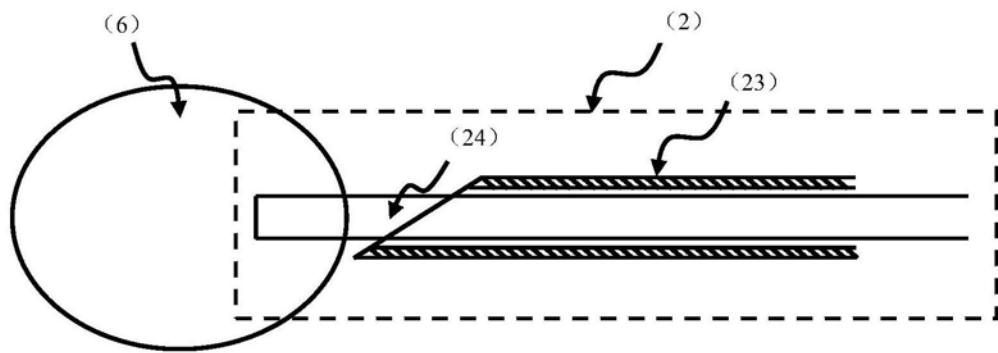


图3a

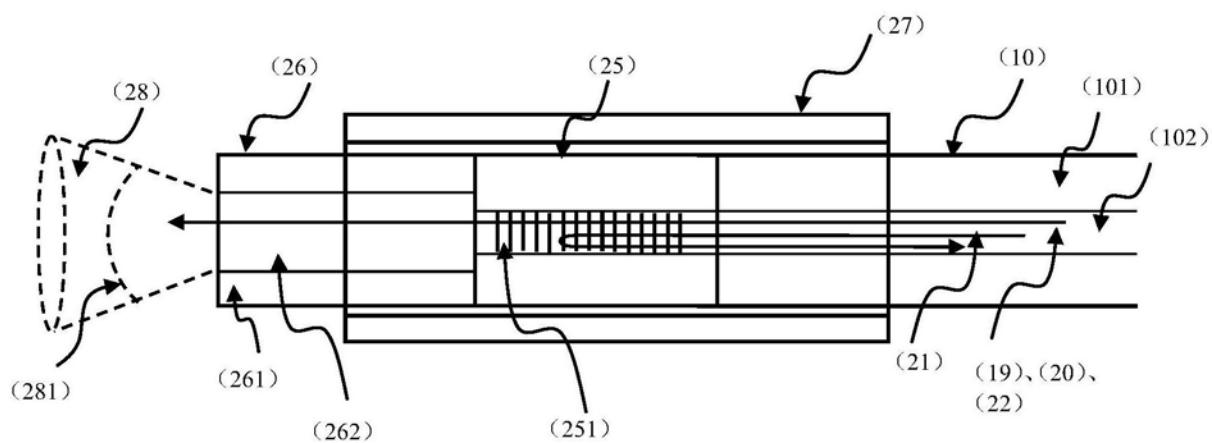


图3b

专利名称(译)	一种介入式光声成像与激光热治疗系统		
公开(公告)号	CN109106340A	公开(公告)日	2019-01-01
申请号	CN201811096996.5	申请日	2018-09-20
[标]发明人	徐庆扬 徐勇勇		
发明人	徐庆扬 徐勇勇		
IPC分类号	A61B5/00 A61N5/067		
CPC分类号	A61B5/0095 A61B5/6848 A61N5/0625 A61N2005/0627 A61N2005/0662 A61N2005/067		
代理人(译)	刘志毅		
外部链接	Espacenet Sipo		

摘要(译)

本发明提供了一种介入式光声成像与激光热治疗系统，包括激光子系统、光波分复用器模块、光纤探针模块、光声成像子系统以及超声波探测单元。激光子系统包括：脉冲光发射模块发射用于声光成像的脉冲激励光；连续光发射模块发射用于激光热治疗的连续治疗光；光纤温度传感模块发射并接收用于温度监测的传感光；指示光模块发射用于指示的可见光。激光子系统的各模块通过光波分复用器模块连接到光纤探针。光纤探针包括温度传感器、光发散角控制器以及保护涂层，用于介入并输送连续治疗光、脉冲激励光以及传感光到治疗区。脉冲激励光激发的部分光声波信号进入超声波探测单元。该系统实现了激光治疗、温度监控、高分辨率成像的一体化。

