



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110824002 A

(43)申请公布日 2020.02.21

(21)申请号 201910964053.8

A61B 5/00(2006.01)

(22)申请日 2019.10.11

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 李东 张浩 陈斌

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 高博

(51)Int.Cl.

G01N 29/04(2006.01)

G01N 21/39(2006.01)

G01L 5/00(2006.01)

G01K 11/22(2006.01)

G01K 11/00(2006.01)

A61B 5/01(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种基于光声效应的耦合同步测量系统及
方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于光声效应的耦合同步测量系统及方法,激光器发出的激光依次经光圈、聚光透镜、针孔、ND滤光器、光纤准直器、第一物镜、光束取样镜、平面镜、第二物镜、矫正透镜、直角棱镜和长菱形透镜后照射在样本上,样本设置在充满水的水箱内,长菱形透镜上方设置有超声探头,超声探头经放大器与数据获取PC点连接,数据获取PC通过扫描控制PC与激光器连接,长菱形透镜的底部设置有声透镜,声透镜浸没在充满水的水箱中能够进行声学耦合。本发明基于共聚焦光声测量技术协同测量皮肤/仿体内部压力及温度信号,达到温度和压力参数同时测量的目的。

1. 一种基于光声效应的耦合同步测量系统,其特征在于,包括激光器(1),激光器(1)发出的激光依次经光圈(2)、聚光透镜(3)、针孔(4)、ND滤光器(5)、光纤准直器(6)、第一物镜(7)、光束取样镜(8)、平面镜(10)、第二物镜(11)、矫正透镜(12)、直角棱镜(13)和长菱形透镜(15)后照射在样本(16)上,样本(16)设置在充满水的水箱内,长菱形透镜(15)上方设置有超声探头(17),超声探头(17)经放大器(18)与数据获取PC(19)点连接,数据获取PC(19)通过扫描控制PC(20)与激光器(1)连接,长菱形透镜(15)的底部设置有声透镜,声透镜浸没在充满水的水箱中能够进行声学耦合。

2. 根据权利要求1所述的基于光声效应的耦合同步测量系统,其特征在于,在第一物镜(7)和平面镜(10)之间设置有能够监测激光强度波动的光电二极管(9),光电二极管(9)设置在光束取样镜(8)的下方。

3. 根据权利要求1所述的基于光声效应的耦合同步测量系统,其特征在于,直角棱镜(13)和长菱形透镜(15)之间设置有硅油(14)用于声光同轴对准,长菱形透镜(15)贴近硅油(14)侧会透过光信号反射声信号。

4. 根据权利要求3所述的基于光声效应的耦合同步测量系统,其特征在于,长菱形透镜(15)的底部设置出声透镜。

5. 根据权利要求1所述的基于光声效应的耦合同步测量系统,其特征在于,针孔(2)的位置偏离聚光透镜(3)的焦点设置,用于匹配针孔(4)和基模光束的直径实现有效的空间滤波。

6. 根据权利要求1所述的基于光声效应的耦合同步测量系统,其特征在于,激光和声波位于样品(16)的同侧。

7. 根据权利要求1所述的基于光声效应的耦合同步测量系统,其特征在于,激光器(1)为二极管泵浦固态激光器。

8. 一种基于光声效应的耦合同步测量方法,其特征在于,利用权利要求1所述的基于光声效应的耦合同步测量系统,具体测量步骤如下:

S1、激光器进行光声辐射,输出激光束由光圈重新整形,然后通过聚光透镜聚焦;

S2、聚焦后的激光束通过针孔实现空间滤波;

S3、滤波后的激光束由中性密度滤光片进行衰减,并发射到单模光纤耦合器;

S4、单模光纤的输出由显微镜物镜准直,由固定镜反射,并射入另一个相同物镜的后孔径实现近衍射限制的光学聚焦;

S5、在长菱形透镜的底部研磨出声透镜,将声透镜浸没在充满水的水箱中以进行声学耦合;

S6、激光束聚焦到样品中,所产生的光声信号由声透镜收集,然后由超声探头接收,来自超声探头的电信号被数据获取PC放大,数字化和分析,并使运动控制器与DAQ卡和激光器同步,实现温度和压力信号的耦合同步测量。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,步骤S4中,步骤S2中,针孔的直径为 $50\mu\text{m}$ 。

一种基于光声效应的耦合同步测量系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光技术领域,具体涉及一种基于光声效应的耦合同步测量系统及方法。

背景技术

[0002] 光声效应是当物质受到周期性强度调制的光照射时,产生声信号的现象。用光照射某种媒质时,由于媒质对光的吸收会使其内部的温度改变而引起媒质内某些区域结构和体积变化;当采用脉冲光源或调制光源时,媒质温度的升降会引起媒质的体积涨缩,因而可以向外辐射声波。这种现象称为光声效应。

[0003] 利用光声效应进行温度探测的基本原理是利用声波速度和物质的热膨胀系数等随着组织温度和压力的改变而发生变化,导致组织所产生的光声信号幅度随组织温度和压力变化而波动,进而利用光声信号进行生物组织温度和压力的同时测量。在光声温度和压力测量技术中,光声信号的产生取决于生物组织对激光的吸收,使得光声温度和压力的测量具备光学测量的高灵敏度与高分辨率的特性;而超声波在组织中有良好的穿透性能,使得光声信号具备探测表层以下组织的潜力;并且光声探测能够实现实时的温度和压力显示。因此,光声测温测压有潜力成为一种在探测灵敏度和穿透性能上都具有优势的无创的组织测温测压方法。

[0004] 目前,在临床上常利用激光祛斑、祛痣、脱毛等,激光疗法已然成为一种美容手段。人体组织各部分对不同波长激光的吸收能力不同,可以通过选择特定波长的激光,选择性地吸收激光能量破坏病变色素等目标色基的同时尽量不损伤周围正常组织。根据皮下色素尺寸和深度选择合适的激光脉宽,使目标色基吸收的激光能量不向外扩散,从而达到损伤目标色基而保留周围正常组织的治疗目的,但是在治疗过程中经常需要监测组织的温度和压力数据。因此,如何同时测量组织中的温度和压力信息成为亟待解决的技术问题。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种基于光声效应的耦合同步测量系统及方法,基于共聚焦光声测量技术协同测量皮肤/仿体内部压力及温度信号,达到温度和压力参数同时测量的目的。

[0006] 本发明采用以下技术方案:

[0007] 一种基于光声效应的耦合同步测量系统,包括激光器,激光器发出的激光依次经光圈、聚光透镜、针孔、ND滤光器、光纤准直器、第一物镜、光束取样镜、平面镜、第二物镜、矫正透镜、直角棱镜和长菱形透镜后照射在样本上,样本设置在充满水的水箱内,长菱形透镜上方设置有超声探头,超声探头经放大器与数据获取PC点连接,数据获取PC通过扫描控制PC与激光器连接,长菱形透镜的底部设置有声透镜,声透镜浸没在充满水的水箱中能够进行声学耦合。

[0008] 具体的,在第一镜物和平面镜之间设置有能够监测激光强度波动的光电二极管,

光电二极管设置在光束取样镜的下方。

[0009] 具体的,直角棱镜和长菱形透镜之间设置有硅油用于声光同轴对准,长菱形透镜贴近硅油侧会透过光信号反射声信号。

[0010] 进一步的,长菱形透镜的底部设置出声透镜。

[0011] 具体的,针孔的位置偏离聚光透镜的焦点设置,用于匹配针孔和基模光束的直径实现有效的空间滤波。

[0012] 具体的,激光和声波位于样品的同侧。

[0013] 具体的,激光器为二极管泵浦固态激光器。

[0014] 本发明的另一个技术特征是,一种基于光声效应的耦合同步测量方法,利用权利要求1所述的基于光声效应的耦合同步测量系统,具体测量步骤如下:

[0015] S1、激光器进行光声辐射,输出激光束由光圈重新整形,然后通过聚光透镜聚焦;

[0016] S2、聚焦后的激光束通过针孔实现空间滤波;

[0017] S3、滤波后的激光束由中性密度滤光片进行衰减,并发射到单模光纤耦合器;

[0018] S4、单模光纤的输出由显微镜物镜准直,由固定镜反射,并射入另一个相同物镜的后孔径实现近衍射限制的光学聚焦;

[0019] S5、在长菱形透镜的底部研磨出声透镜,将声透镜浸没在充满水的水箱中以进行声学耦合;

[0020] S6、激光束聚焦到样品中,所产生的光声信号由声透镜收集,然后由超声探头接收,来自超声探头的电信号被数据获取PC放大,数字化和分析,并使运动控制器与DAQ卡和激光器同步,实现温度和压力信号的耦合同步测量。

[0021] 具体的,步骤S4中,步骤S2中,针孔的直径为 $50\mu\text{m}$ 。

[0022] 与现有技术相比,本发明至少具有以下有益效果:

[0023] 本发明一种基于光声效应的耦合同步测量系统,基于共聚焦光声测量技术协同测量皮肤/仿体内部压力及温度信号,达到温度和压力参数同时测量的目的。

[0024] 进一步的,光电二极管可以监测激光强度波动。

[0025] 进一步的,硅油用于声光同轴对准,长菱形透镜贴近硅油侧会透过光信号反射声信号。

[0026] 进一步的,针孔的位置偏离聚光透镜的焦点设置,用于匹配针孔的直径实现有效的空间滤波。

[0027] 进一步的,激光和声波位于样品的同侧,可以实现活体探测。

[0028] 进一步的,二极管泵浦固态激光器所述激光器用于光声辐射,为高重复率激光器,可以实现超声波的高频激发,提高信号质量。

[0029] 进一步的,超声波通过声透镜发散后,在长菱形透镜中经过两次折射,将大部分的剪切波转换成了纵波,增大了超声探头的灵敏度。

[0030] 本发明一直基于光声效应的耦合同步测量方法,基于共聚焦光声测量技术协同测量皮肤/仿体内部压力及温度信号,达到温度和压力参数同时测量的目的。

[0031] 综上所述,本发明基于共聚焦光声测量技术协同测量皮肤/仿体内部压力及温度信号,达到温度和压力参数同时测量的目的。

[0032] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0033] 图1为本发明系统连接示意图。

[0034] 其中:1.激光器;2.光圈;3.聚光透镜;4.针孔;5.ND滤光器;6.光纤准直器;7.第一物镜;8.光束取样镜;9.光电二极管;10.平面镜;11.第二物镜;12.矫正透镜;13.直角棱镜;14.硅油;15.长菱形透镜;16.样本;17.超声探头;18.放大器;19.数据获取PC;20.扫描控制PC。

具体实施方式

[0035] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“一侧”、“一端”、“一边”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0036] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0037] 目前光声技术多用于光声成像方面,还没有利用光声技术进行温度和压力测量的相关专利。通过光声技术可以实现在不破坏样品的情况下,对内部的压力和温度数据实时测量。

[0038] 请参阅图1,本发明一种基于光声效应的耦合同步测量系统,包括激光器1、光圈2、聚光透镜3、针孔4、ND滤光器5、光纤准直器6、第一物镜7、光束取样镜8、光电二极管9、平面镜10、第二物镜11、矫正透镜12、直角棱镜13、硅油14、长菱形透镜15、样本16、超声探头17、放大器18、数据获取PC19和扫描控制PC20。

[0039] 激光器1发出的激光依次经光圈2、聚光透镜3、针孔4、ND滤光器5、光纤准直器6、第一物镜7、光束取样镜8、平面镜10、第二物镜11、矫正透镜12、直角棱镜13和长菱形透镜15后照射在样本16上,样本16设置在充满水的水箱内,长菱形透镜15上方设置有超声探头17,超声探头17经放大器18与数据获取PC19点连接,数据获取PC19通过扫描控制PC20与激光器1连接。

[0040] 在第一物镜7和平面镜10之间插入光电二极管9,以监测激光强度的波动。光电二极管9设置在光束取样镜8的下方,光束取样镜和光电二极管共同的作用是检测激光强度波动,直接和电源连接即可。

[0041] 直角棱镜13和长菱形透镜15之间设置有硅油14,一个直角棱镜13和一个长菱形透镜15将一层薄薄的硅油14夹在中间用于声光同轴对准。在长菱形透镜15的底部研磨出声透镜,将声透镜浸没在充满水的水箱中以进行声学耦合,长菱形透镜15贴近硅油14侧会透过

光信号反射声信号。

[0042] 激光器1发射激光,输出激光束由光圈2重新整形,然后通过聚光透镜3聚焦,再通过针孔4输出;输出的激光束经ND滤光器5滤波后进入光纤准直器6;滤波后的光束由中性密度滤光片进行衰减,并发射到单模光纤耦合器,单模光纤的输出由第一镜物7准直,由平面镜10反射,并射入另一个相同的第二物镜11的后孔径实现近衍射限制的光学聚焦。

[0043] 光学和声学焦点共焦对齐以最大化检测灵敏度。激光聚焦到样品16的某一位置上,所产生的光声信号由声透镜收集,然后由超声探头17接收。来自超声探头17的电信号被数据获取PC19处理,数据获取PC19将电信号放大和数字化并分析样品在激光聚焦位置的温度和压力,还使运动控制器与DAQ卡和激光器同步。

[0044] 激光器1用于光声辐射,为高重复率激光器。

[0045] 针孔2的位置稍微偏离聚光透镜3的焦点,以匹配针孔4的直径,以实现有效的空间滤波。

[0046] 激光和声波在样品16的同一侧。

[0047] 本发明提供了一种基于光声效应的耦合同步测量方法,包括以下步骤:

[0048] S1、激光器进行光声辐射,输出激光束由光圈重新整形,然后通过聚光透镜聚焦;

[0049] S2、聚焦后的激光束通过50 μ m的针孔实现空间滤波;

[0050] S3、滤波后的激光束由中性密度滤光片进行衰减,并发射到单模光纤耦合器;

[0051] S4、单模光纤的输出由显微镜物镜准直,由固定镜反射,并射入另一个相同物镜的后孔径实现近衍射限制的光学聚焦;

[0052] S5、在长菱形透镜的底部研磨出声透镜,将声透镜浸没在充满水的水箱中以进行声学耦合;

[0053] S6、激光束聚焦到样品中,所产生的光声信号由声透镜收集,然后由50MHz超声探头接收,来自超声探头的电信号被数据获取PC放大,数字化和分析,并使运动控制器与DAQ卡和激光器同步,利用激光照射被测样品,产生光声信号,同时利用传感器测量光声信号即可获得特定点的压力信号,通过在PC中快速实现压力信号与温度信号间的转化从而实现温度和压力信号的耦合同步测量。

[0054] 当激光脉冲入射到材料上时,其能量与材料耦合,产生热量 Q_g 为:

$$[0055] \quad Q_g = \mu_a F e^{-\mu_a z}$$

[0056] 其中,F为激光通量。

[0057] 当激光脉冲小于热弛豫时间时,热没有时间从辐照体积扩散出去,材料表面达到最高温度。这种情况称为热约束。

[0058] 热约束条件下的最大温升 $\Delta T_{\max}$ 为:

$$[0059] \quad \Delta T_{\max} = \frac{\mu_a F}{\rho C_p}$$

[0060] 当材料的温度由于激光吸收而升高时,会经历快速的热弹性膨胀。

[0061] 当聚焦激光辐照发生在热约束条件下时,辐照体积在等容过程中被加热。被冷材料包围的热材料的热弹性膨胀产生压力波。

[0062] 当激光脉冲小于应力波在加热体中传播的特征时间时,热弹性应力最为突出。这

种情况被称为应力约束。

[0063] 压力波即超声信号,通过检测超声信号的强度和空间分布,即可通过计算机计算出样本中激光聚焦位置的峰值热弹性应力。

[0064] 峰值热弹性应力 σ_p 由下式给出:

$$[0065] \quad \sigma_p = A \Gamma \mu_a F$$

[0066] 其中, Γ 是Grüneisen系数, A 取决于激光脉冲持续时间。Grüneisen系数是材料的热物理性质,定义为在恒定体积条件下将能量沉积到靶中时产生的每单位能量密度的内应力。

$$[0067] \quad \Gamma = \frac{\beta C_s^2}{C_p}$$

[0068] 其中, β 是体积膨胀系数, C_s 是声速;在物理上代表转换成机械能的光能部分。

[0069] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中的描述和所示的本发明实施例的组件可以通过各种不同的配置来布置和设计。因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0070] 本发明一种基于光声效应的耦合同步测量方法,使用的激光器1为二极管泵浦固态激光器,用于光声辐射。

[0071] 输出激光束由光圈重新整形,然后通过聚光透镜聚焦,然后通过50 μ m的针孔2;针孔2的位置稍微偏离聚光透镜的焦点,以匹配针孔的直径,以实现有效的空间滤波。

[0072] 滤波后的光束由中性密度滤光片进行衰减,并发射到单模光纤耦合器。

[0073] 单模光纤的输出由显微镜物镜准直,由固定镜反射,并射入另一个相同物镜的后孔径实现近衍射限制的光学聚焦。在准直物镜和固定镜之间插入光束取样镜和光电二极管,以监测激光强度的波动。

[0074] 一个直角棱镜和一个长菱形透镜将一层薄薄的硅油夹在中间用于声光同轴对准。在长菱形透镜的底部研磨出声透镜,将声透镜浸没在充满水的水箱中以进行声学耦合。光学和声学焦点共焦对齐以最大化检测灵敏度。

[0075] 激光聚焦到样品中,所产生的光声信号由声透镜收集,然后由50MHz超声探头接收。来自超声探头的电信号被计算机放大,数字化和分析,该计算机还使运动控制器与DAQ卡和激光器同步。

[0076] 在激光通过棱镜后,可以通过添加MEMS透镜实现对样品的快速扫描。

[0077] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书的保护范围之内。

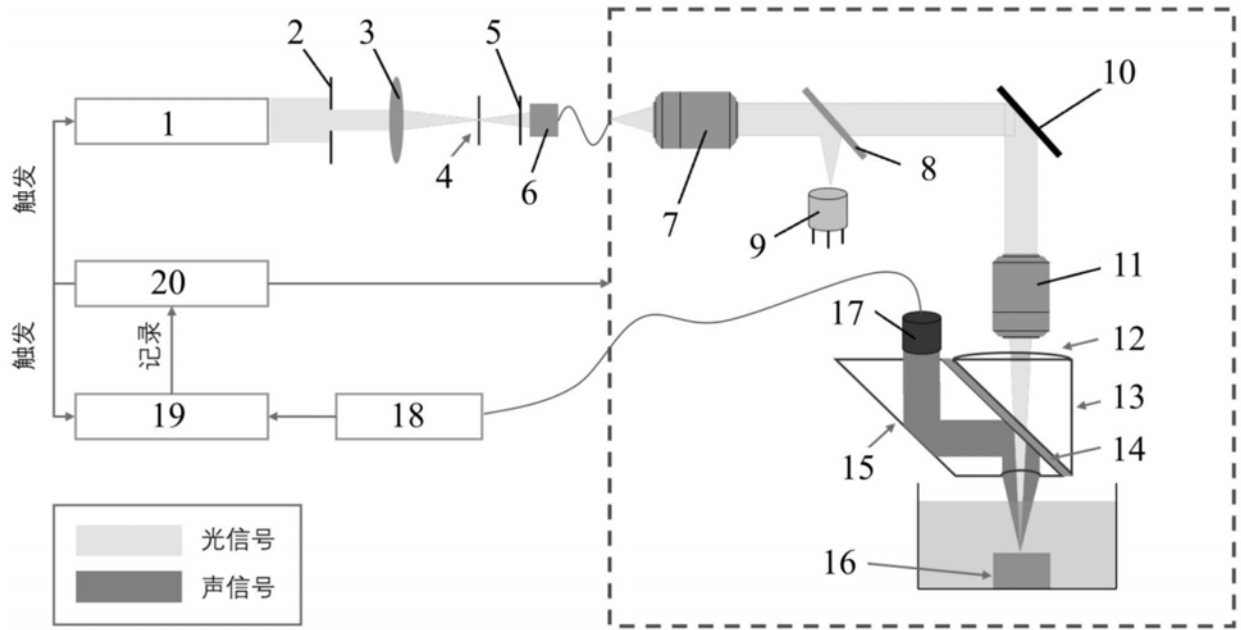


图1

专利名称(译)	一种基于光声效应的耦合同步测量系统及方法		
公开(公告)号	CN110824002A	公开(公告)日	2020-02-21
申请号	CN201910964053.8	申请日	2019-10-11
[标]申请(专利权)人(译)	西安交通大学		
申请(专利权)人(译)	西安交通大学		
当前申请(专利权)人(译)	西安交通大学		
[标]发明人	李东 张浩 陈斌		
发明人	李东 张浩 陈斌		
IPC分类号	G01N29/04 G01N21/39 G01L5/00 G01K11/22 G01K11/00 A61B5/01 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0095 A61B5/01 G01K11/00 G01K11/22 G01L5/00 G01N21/39 G01N29/04		
代理人(译)	高博		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于光声效应的耦合同步测量系统及方法，激光器发出的激光依次经光圈、聚光透镜、针孔、ND滤光器、光纤准直器、第一物镜、光束取样镜、平面镜、第二物镜、矫正透镜、直角棱镜和长菱形透镜后照射在样本上，样本设置在充满水的水箱内，长菱形透镜上方设置有超声探头，超声探头经放大器与数据获取PC点连接，数据获取PC通过扫描控制PC与激光器连接，长菱形透镜的底部设置有声透镜，声透镜浸没在充满水的水箱中能够进行声学耦合。本发明基于共聚焦光声测量技术协同测量皮肤/仿体内部压力及温度信号，达到温度和压力参数同时测量的目的。

$$Q_0 = \mu_0 P e^{-\mu_a z}$$