(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 111007048 B (45) 授权公告日 2021.11.30

- (21) 申请号 201911358428.2
- (22) 申请日 2019.12.25
- (65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 111007048 A
- (43) 申请公布日 2020.04.14
- (73) 专利权人 中国科学院力学研究所 地址 100190 北京市海淀区北四环西路15
- (72) 发明人 王方仪 张少华 余西龙
- (74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理 事务所(普通合伙) 11390

代理人 席卷

(51) Int.CI. GO1N 21/64 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101361651 A,2009.02.11

CN 101380227 A,2009.03.11

CN 110082334 A,2019.08.02

- JP 2001264022 A,2001.09.26
- CN 110044278 A, 2019.07.23
- CN 101485560 A,2009.07.22

D.Schubring等. "Planar laser-induced fluorescence (PLIF) measurements of liquid film thickness in annular flow. Part I: Methods and data". (International Journal of Multiphase Flow》.2010,第815-824页.

唐宇等.基于光纤束传感器结构的激光诱导 荧光检测系统的研制.《传感技术学报》.2007,第 20卷(第12期),第2713-1715页.

D.V. Zaitsev等. "Measurement of locally heated liquid film thickness by a double-fiber optical probe". (Experiments in Fluids》.2003,第748-754页.

S.V.Alekseenko等. "Experimental Investigation of Liquid Distribution Over Structured Packing". (AIChE Journal). 2008, 第54卷(第6期),第1424-1430页.

审查员 李步骖

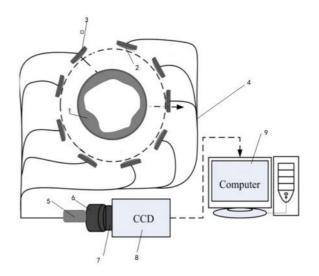
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于分布式光纤环形液膜厚度的光学 测试系统

(57) 摘要

本发明实施例涉及一种基于分布式光纤环 形液膜厚度的光学测试系统,包括:液膜生成模 块,采集模块以及成像模块;所述采集模块周向 设置在所述液膜生成模块外侧,用于采集所述液 膜生成模块中液膜的荧光信号,所述采集模块输 出端与所述成像模块连接,用于将所述荧光信号 输出至所述成像模块,由所述成像模块根据所述 m 荧光信号进行成像。由此,可以实现轴向厚度以 及周向厚度进行成像,省去了复杂的时序同步系 统,只需要利用激光器的输出信号触发增强电荷 耦合器进行采集即可,结构简单易于操作。



1.一种基于分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统,其特征在于,包括:液膜生成模块,采集模块以及成像模块:

所述采集模块周向设置在所述液膜生成模块外侧,用于采集所述液膜生成模块中液膜的荧光信号,所述采集模块输出端与所述成像模块连接,用于将所述荧光信号输出至所述成像模块,由所述成像模块根据所述荧光信号进行成像;

所述采集模块包括:激光器,透镜组件,所述激光器输出的光线经所述透镜组件在所述 液膜生成模块中的待测区域形成片状光,其中,所述待测区域外设有隔光板,用于加大光纤 探头的收集效率并且滤去杂散光:

所述采集模块,利用纳秒脉冲激光与产生荧光的时间差滤去激光杂散光对于采集信号的影响后,将线状激光光源固定在测量区域,所述线状激光光源的长度要小于光纤探头所能探测的有效长度,在光纤的俯仰角等等实验设置完成后,通过此光源在增强电荷耦合器上的成像,以实现采用明暗区分液膜厚度。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述采集模块包括:多个光学元件;

所述光学元件通过传输线路与所述成像模块连接,用于将采集到待测区域的荧光信号传输至所述成像模块:

其中,所述光学元件的接收端还设置有自聚焦透镜,用于使传输的光线产生折射,以消除由曲率产生的色差。

3.根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述成像模块包括:光纤探头,镜头转接环,微距镜头以及增强电荷耦合器;

所述光纤探头的有效探测表面为矩形,长度为5mm;

将所述荧光信息以此经过所述镜头转接环和所述微距镜头传输至所述增强电荷耦合器,所述增强电荷耦合器用于根据各个光学元件传输的荧光信号生成图像。

- 4.根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述光学元件安装在调节装置上,通过所述调节装置控制所述光学元件的角度。
- 5.根据权利要求4所述的系统,其特征在于,所述调节装置包括:底座,安装座,第一限位组件以及第二限位组件;

所述底座通过第一限位组件与所述安装座连接,通过所述第一限位组件控制位于所述 安装座内所述光学元件的角度;

所述第二限位组件设置于所述安装座一侧,用于固定位于所述安装座内所述光学元件的角度。

- 6.根据权利要求5所述的系统,其特征在于,所述第一限位组件包括:调节螺钉以及位于所述底座与所述安装座之间弹簧,通过所述调节螺钉控制所述弹簧的高度,以达到控制 所述光学元件的角度。
- 7.根据权利要求5所述的系统,其特征在于,所述第二限位组件包括:压紧螺钉以及压板。
- 8.根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统还包括:处理模块,所述处理模块 用于处理所述成像模块发送的图像。

一种基于分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及液模测量领域,尤其涉及一种基于分布式光纤环形液膜厚度的 光学测试系统。

背景技术

[0002] 液膜的形成与蒸发现象广泛地存在于各种工业应用中,例如发动机中活塞头上油膜,汽油发动机中入口处内壁油膜,灭火应用中水膜及降膜冷却等。由于液体薄膜流具有小流量、小温差、高传热传质系数、高热流密度、结构简单且动力消耗小等独特优点,其换热强度及传质强度是同等流动条件下层流流动的几倍,现已成为国际传热传质科学与工程界的一个十分活跃的研究领域,在化工、核能、动力、制冷等尤其是各种发动机实用领域得到了广泛的应用。

[0003] 液膜的厚度值及其变化趋势是研究环状流机理过程中的关键性参数,也是研究其它特征参数的重要基础。例如,液膜厚度的瞬时测量是计算持液率的基础,持液率是研究气液两相流界面波动的基础,而界面波是计算两相流流体动力参数的基础,因此液膜厚度的精确测量已经成为了国内外学者的重点研究内容。

[0004] 已有的研究工作显示目前针对环状流特征参数测量的主要方法有电导探针法、电容层析成像法、超声法、以及以激光诱导荧光技术为代表的光学方法等。其中前两者为接触式测量,受液膜表面张力影响及对流动的干扰,其测量准确度易受到表面液膜覆盖情况和探针结构参数等的影响,且对流场具有干扰,受限较大,所以尽管其中的电导法是目前最常用的环状流测试方法之一,但其侵入式测量方会不可避免地对液膜流动产生影响,且在测量区域具有平均效应。而超声波法是一种非接触式的无干扰测量方法,其测量原理是超声波在不同的介质中具有不同的传播特性与衰减特性,但超声波作为一种非电磁波,传播速度比较小,复杂构型的试验件中会导致多次反射,从而对数据测量的精度产生影响。且实际使用时测量频次受超声波衰减周期限制,测量实时性不强。

发明内容

[0005] 本发明实施例提供了一种基于分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统,可以实现在对平板液膜、环形液膜以及喷嘴处液膜等多种工况下的精准测量具有重要的参考价值。

[0006] 本申请实施例提供一种基于分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统,包括:液膜生成模块,采集模块以及成像模块:

[0007] 所述采集模块周向设置在所述液膜生成模块外侧,用于采集所述液膜生成模块中液膜的荧光信号,所述采集模块输出端与所述成像模块连接,用于将所述荧光信号输出至所述成像模块,由所述成像模块根据所述荧光信号进行成像。

[0008] 在一个可能的实施方式中,所述采集模块包括:激光器,透镜组件,所述激光器输出的光线经所述透镜组件在所述液模生成模块中的待测区域形成片状光。

[0009] 在一个可能的实施方式中,所述采集模块包括:多个光学元件;

[0010] 所述光学元件通过传输线路与所述成像模块连接,用于将采集到待测区域的荧光信号传输至所述成像模块:

[0011] 其中,所述光学元件的接收端还设置有自聚焦透镜,用于使传输的光线产生折射, 以消除由曲率产生的色差。

[0012] 在一个可能的实施方式中,所述成像模块包括:光纤探头,镜头转接环,微距镜头以及增强电荷耦合器;

[0013] 所述光纤探头将所述荧光信息以此经过所述镜头转接环和所述微距镜头传输至 所述增强电荷耦合器,所述增强电荷耦合器用于根据各个光学元件传输的荧光信号生成图 像。

[0014] 在一个可能的实施方式中,所述光学元件拆卸的安装在调节装置上,通过所述调节装置调控制所述光学元件的角度。

[0015] 在一个可能的实施方式中,所述调节装置包括:底座,安装座,第一限位组件以及第二限位组件;

[0016] 所述底座通过第一限位组件与所述安装座连接,通过所述第一限位组件控制位于 所述安装座内所述光学元件的角度:

[0017] 所述第二限位组件设置于所述安装座一侧,用于固定位于所述安装座内的所述光学元件。

[0018] 在一个可能的实施方式中,所述第一限位组件包括:调节螺钉以及位于所述底座与所述安装座之间弹簧,通过所述调节螺钉控制所述弹簧的高度,以达到控制所述光学元件的角度。

[0019] 在一个可能的实施方式中,所述第二限位组件包括:压紧螺钉以及压板。

[0020] 在一个可能的实施方式中,所述系统还包括:处理模块,所述处理模块用于处理所述成像模块发送的图像。

[0021] 本发明实施例提供的基于分布式光纤可使用单台相机对液膜的轴向厚度以及周向厚度进行成像,省去了复杂的时序同步系统,只需要利用激光器的输出信号触发增强电荷耦合器进行采集即可,结构简单易于操作。

[0022] 本申请实施例避免了采用荧光强度来确定液膜厚度,由于荧光强度受到多种因素的影响,例如温度、压力以及液滴溅射等等,因此本发明采用了有无荧光来确定液膜的边界,使其更适用于实际工程。

[0023] 本申请实施例基于LIF的光学诊断测量方式,既可以避免电阻法、电导探针等直接接触对流动状态产生的影响,也可以测量超声波测量无法测量到的波状液膜,提高空间分辨率,满足较高的精度要求。

[0024] 本申请实施例中没有采用荧光强度来关联液膜厚度,从而避免了荧光强度定量分析中可能引进的其他误差,同时还可拓宽此设备的应用范围,仅仅采用明暗来区分液膜的厚度降低了定量分析的难度,简化了繁琐的数据处理过程,很大程度上提高了测量的精度,相比于目前使用荧光强度定量分析液膜强度会使得测量结果真实可靠,对于液膜厚度的精确测量具有十分重要的意义。

附图说明

[0025] 图1为本申请实施例提供的一种分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统的俯视图:

[0026] 图2为本申请实施例提供的一种分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统的测试图:

[0027] 图3为本申请另一实施例提供的一种分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统的测试图:

[0028] 图4为本申请实施例提供的调节装置的示意图;

[0029] 标号注释:1-液膜生成管道,2-自聚焦透镜,3-光学元件,4-传输线路,5-光纤探头,6-镜头转接环,7-微距镜头,8-增强电荷耦合器,9-处理模块,10-安装座,11-底座,12-调节螺钉,13-弹簧,14-压紧螺,15-压板。

具体实施方式

[0030] 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法进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例只是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动成果前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明的保护范围。

[0031] 需要说明,若本发明实施例中有涉及方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后等),则该方向性指示仅用于解释在某一特定姿态下各部件之间的相对位置关系,运动情况等,如果该特定姿态发生改变时,则该方向性指示也相应地随之改变。

[0032] 本申请实施例提供一种基于分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统,包括:液膜生成模块,采集模块以及成像模块;其中,采集模块设置在液膜生成模块外侧,用于采集液膜生成模块中液膜的荧光信号,采集模块输出端与成像模块连接,用于将荧光信号输出至成像模块,由成像模块根据荧光信号进行成像,本实施例所指的液膜生成模块为液膜生成管道1。

[0033] 本实施例基于分布式光纤的LIF测量系统,具有高精度、高灵敏度、无干扰等优点,对平板液膜、环形液膜以及喷嘴处液膜等多种工况下的精准测量具有重要的参考价值。

[0034] 具体的,采集模块包括:激光器,透镜组件,通过激光器输出的光线经透镜组件在液模生成模块中的待测区域形成线状光。采集模块还包括:多个光学元件3;

[0035] 光学元件3通过传输线路4与成像模块连接,用于将采集到待测区域的荧光信号传输至成像模块;其中,传输线路4为光纤,光学元件3的接收端还设置有自聚焦透镜2,用于使传输的光线产生折射,以消除由曲率产生的色差。

[0036] 本实施例中的成像模块包括:光纤探头5,镜头转接环6,微距镜头7以及增强电荷耦合器(ICCD)8;光纤探头5将荧光信息以此经过镜头转接环6和微距镜头7传输至增强电荷耦合器8,增强电荷耦合器8用于根据各个光学元件传输的荧光信号生成图像。其中,光纤探头5的有效探测表面为矩形,长度为5mm,宽度不作具体要求。

[0037] 具体的,光学元件3拆卸的安装在调节装置上,通过调节装置可以控制光学元件3的角度。

[0038] 本实施例中,每一根传输线路都对应着增强电荷耦合器里面特定的成像位置,互不重叠并覆盖整个成像平面;传输线路长度为2m,透过率为45%,具有柔软,重量轻和耐电磁辐射等特点;同时利用放大倍数1:2.5的微距镜头,增强电荷耦合器的分辨能力,并经过标定获得对应的mm/pixel转换系数,将图像传输到增强电荷耦合器中进行后处理。

[0039] 图2为本申请实施例提供的调节装置的示意图,本实施例中的调节装置包括:底座 11,安装座10,第一限位组件以及第二限位组件;底座11通过第一限位组件与安装座10连接,通过第一限位组件控制位于安装座内光学元件3的角度;第二限位组件设置于安装座10一侧,用于固定位于安装座10内是光学元件3。

[0040] 第一限位组件包括:调节螺钉12以及位于底座11与安装座10之间弹簧14,通过调节螺钉12控制弹簧的13高度,以达到控制光学元件3的探测角度。第二限位组件包括:压紧螺钉14以及压板15,通过压紧螺钉14推动压板15将光学元件3进行固定。

[0041] 本实施例中,系统还包括:处理模块9,处理模块9用于处理成像模块发送的图像。

[0042] 基于上述系统的环形液膜厚度测量过程,具体步骤如下:

[0043] 将自聚焦透镜2固定于光纤接收3端前,光纤探头5固定于镜头转接环6前,利用镜头转接环6连接微距镜头7与增强电荷耦合器8,确保各设备运行良好。

[0044] 在实验过程中,为了加大光纤探头的收集效率并且滤去杂散光,在管道的待测区域外使用隔光板,同时利用纳秒脉冲激光与产生荧光的时间差滤去激光杂散光对于采集信号的影响。

[0045] 确保以上设备运行正常以后,利用线状激光光源进行标定;

[0046] 具体实施步骤如下:将线状激光光源固定在测量区域,需要注意的是,线状激光光源的长度要小于光纤探头所能探测的有效长度,在光纤的俯仰角等等实验设置完成后,通过此光源在增强电荷耦合器(ICCD)上的成像,可以得到某一确定实验状态下的mm/pixel转化系数。

[0047] 本实施例中,由于液膜厚度的测量结果并不依赖于荧光强度,所以本实施例中可以尽可能地增加荧光试剂的浓度以及激发片光的能量而不需要做过多限制,使用饱和荧光 法增加亮度从而更容易对液膜厚度进行分辨。

[0048] 由此,没有采用荧光强度来关联液膜厚度,从而避免了荧光强度定量分析中可能引进的其他误差,同时还可拓宽此设备的应用范围,仅仅采用明暗来区分液膜的厚度降低了定量分析的难度,简化了繁琐的数据处理过程,很大程度上提高了测量的精度,相比于目前使用荧光强度定量分析液膜强度会使得测量结果真实可靠。

[0049] 以测量周向液膜厚度为例,图3为本申请实施例提供的一种分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统的测试图,如图3所示,安装座10分布在液膜生成模块周围,将光学元件3置于安装座10中,利用压紧螺钉14推动压板15对光学元件3进行固定;底座9与安装座10之间通过弹簧13连接,光学元件3的俯仰角由调节螺钉12进行调节;最终将数据传输至处理模块9中进行后处理,本实施例中,处理模块9为计算机。

[0050] 以测量轴向液膜厚度为例,图4为本申请另一实施例提供的一种分布式光纤环形液膜厚度的光学测试系统的测试图,如图4所示,安装座10叠加设置液膜生成模块一侧。

[0051] 以上对发明的具体实施方式进行了详细说明,但是作为范例,本发明并不限制与以上描述的具体实施方式。对于本领域的技术人员而言,任何对该发明进行的同等修改或

替代也都在本发明的范畴之中,因此,在不脱离本发明的精神和原则范围下所作的均等变换和修改、改进等,都应涵盖在本发明的范围内。

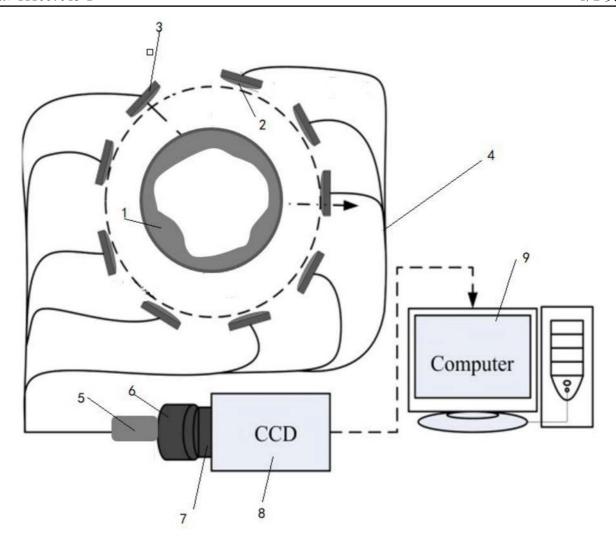
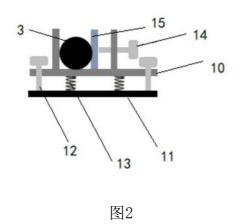


图1



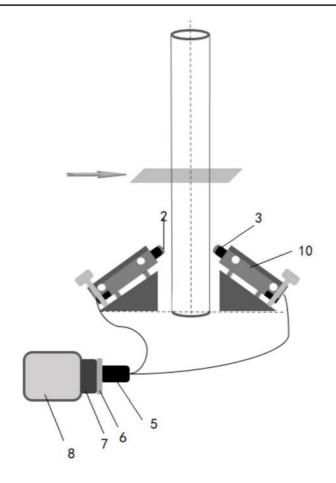


图3

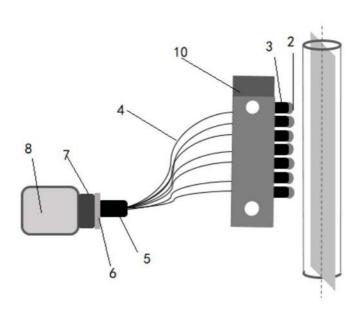


图4