



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109856057 A

(43)申请公布日 2019.06.07

(21)申请号 201910147830.X

(22)申请日 2019.02.27

(71)申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
大直街92号

(72)发明人 董永康 巴德欣 闫嘉亮 张晓沛
李惠

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 毕雅凤

(51)Int.Cl.

G01N 21/17(2006.01)

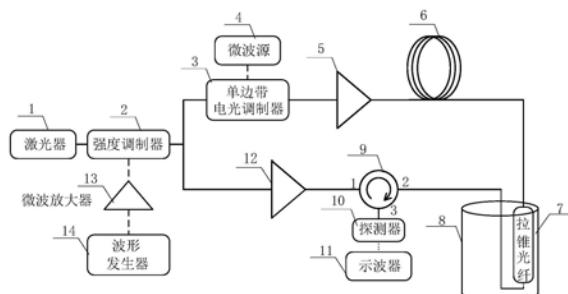
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置及
方法

(57)摘要

以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置及
方法，涉及光检测技术领域。本发明解决了现有
液体成分检测方法存在分辨率低和检测灵敏度
低的问题。本发明的波形发生器发射的波形信号
经微波放大器放大后发送至强度调制器，强度调
制器利用波形信号对激光器发射的激光进行编
码调节，调制后的激光信号一路作为探测光发送
至单边带电光调制器；另一路作为泵浦光发送至
第二掺铒光纤放大器；拉锥光纤设置在待测液体
中；泵浦光与探测光经由受激布里渊散射效应在
拉锥光纤中发生相互作用，相互作用后的探测光
入射至探测器的感光面，经探测器光电转换后发
送至示波器进行采集。本发明适合于检测液体成
分。



1. 以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置，其特征在于，该装置包括激光器(1)、强度调制器(2)、单边带电光调制器(3)、微波源(4)、第一掺铒光纤放大器(5)、延时光纤(6)、拉锥光纤(7)、环行器(9)、探测器(10)、示波器(11)、第二掺铒光纤放大器(12)、微波放大器(13)和波形发生器(14)；

波形发生器(14)发射的波形信号经微波放大器(13)放大后发送至强度调制器(2)，强度调制器(2)利用波形信号对激光器(1)发射的激光进行编码调制，调制后的激光信号一路作为探测光发送至单边带电光调制器(3)；另一路作为泵浦光发送至第二掺铒光纤放大器(12)；

单边带电光调制器(3)利用微波源(4)发送的微波信号对该路光信号进行单边带调制，形成具有下移频的探测光，具有下移频的探测光经第一掺铒光纤放大器(5)后入射至延时光纤(6)进行延时，经延时光纤(6)延时后的探测光再入射至拉锥光纤(7)，拉锥光纤(7)设置在待测液体中；

第二掺铒光纤放大器(12)对泵浦光进行放大后通过环行器(9)的1端口射入经2号口射出至拉锥光纤(7)；经过放大后的泵浦光与延时后的探测光在拉锥光纤(7)内相互作用，形成一个相关峰，在相关峰处发生受激布里渊散射，从拉锥光纤(7)射出的探测光经环行器(9)的2号口入，经环行器(9)的3号口射出至探测器(10)的感光面，经探测器(10)的光电转换后发送至示波器(11)。

2. 根据权利要求1所述的以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置，其特征在于，激光器(1)采用输出波长为1550nm的分布反馈式光纤激光器。

3. 根据权利要求1或2所述的以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置，其特征在于，微波源(4)和波形发生器(14)均替换为函数发生器。

4. 根据权利要求1或2所述的以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置，其特征在于，第二掺铒光纤放大器(12)与强度调制器(2)之间设置有脉冲调制器，所述脉冲调制器接收强度调制器(2)输出的泵浦光进行脉冲调制，将脉冲调制后的激光发射至第二掺铒光纤放大器(12)。

5. 根据权利要求1所述的以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置，其特征在于，第二掺铒光纤放大器(12)与强度调制器(2)之间设置有脉冲调制器，所述脉冲调制器接收强度调制器(2)输出的泵浦光进行脉冲调制，将脉冲调制后的激光发射至第二掺铒光纤放大器(12)。

6. 以拉锥光纤为介质的液体成分检测方法，其特征在于，该方法的具体过程为：

步骤一、利用波形信号对激光信号进行编码调制，将编码调制后的激光信号分为两路，上路光作为探测光，下路光作为泵浦光；

步骤二、利用微波对上路光信号进行单边带调制，获得具有下移频的探测光，具有下移频的探测光经第一掺铒光纤放大器(5)放大后入射至延时光纤(6)，经延时光纤(6)延时后入射至拉锥光纤(7)；

下路光信号通过第二掺铒光纤放大器(12)放大后的注入环行器(9)的1号口，经环行器(9)的2号口射出后入射至拉锥光纤(7)；

步骤三、放大后的泵浦光和延时后的具有下移频的探测光在拉锥光纤(7)内相互作用，形成一个相关峰，在相关峰处发生受激布里渊散射，从拉锥光纤(7)射出的探测光由环行器

(9) 的2号口入射后,从环行器(9)的3号口射出至探测器(10)的感光面,经探测器(10)光电转换后发送至示波器(11)。

步骤四、对示波器(11)对接收的的电信号进行去噪声和解调后获得拉锥光纤中相关峰处的布里渊频移,根据布里渊频移与液体成分的关系,获得拉锥光纤所处液体的成分。

以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光检测技术领域。

背景技术

[0002] 分布式光纤传感技术有灵敏度高、传感距离长、抗电磁干扰、耐腐蚀以及便于布设等诸多传统传感器没有的优点。该技术一般以单模光纤为传感光纤，利用光纤外界物理量对光纤内传输光的调制作用，通过检测经过传感光纤的光的特征参数（如光强、偏振）来实现对光纤外界物理量的测量。由于光被局限在传感光纤的内部，现有的分布式光纤传感技术难以实现对液体成分的检测。

[0003] 拉锥光纤是一种新型的光纤传感介质。拉锥光纤的纤径为几微米甚至几百纳米量级，这增强了光纤中传输的倏逝场，使光能够突破包层的限制，进入周围环境中传输。光与外界环境的直接接触为实现周围液体成分的检测提供了可行的途径。

[0004] 现有的以拉锥光纤为介质的分布式布里渊液体成分检测技术基于布里渊光时域分析原理。该技术属布里渊光纤传感技术范畴。不同的待测液体具有不同的布里渊频移。通过测量布里渊频移就可以实现对待测液体成分的检测。布里渊光时域分析技术的空间分辨率较低，一般为米级。这就要求拉锥光纤的长度至少要为米级，而现有工艺条件下，拉锥光纤的有效传感区域一般为厘米量级，米级长度的拉锥光纤难以实现，成品率极低，这显著限制了该技术的实际应用能力。而且，这要求被测液体所占空间的跨度也要达到米级，这限制了该技术的检测灵敏度。

发明内容

[0005] 本发明是为了解决现有液体成分检测方法存在空间分辨率低和检测灵敏度差的问题，提出了一种以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置及方法。

[0006] 本发明所述的以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置，该装置包括激光器1、强度调制器2、单边带电光调制器3、微波源4、第一掺铒光纤放大器5、延时光纤6、拉锥光纤7、环行器9、探测器10、示波器11、第二掺铒光纤放大器12、微波放大器13和波形发生器14；

[0007] 波形发生器14发射的波形信号经微波放大器13放大后发送至强度调制器2，强度调制器2利用波形信号对激光器1发射的激光进行编码调制，调制后的激光信号一路作为探测光发送至单边带电光调制器3；另一路作为泵浦光发送至第二掺铒光纤放大器12；

[0008] 单边带电光调制器3利用微波源4发送的微波信号对该路光信号进行单边带调制，形成具有下移频的探测光，具有下移频的探测光经第一掺铒光纤放大器5后入射至延时光纤6进行延时，经延时光纤6延时后的探测光再入射至拉锥光纤7，拉锥光纤7设置在待测液体中；

[0009] 第二掺铒光纤放大器12对泵浦光进行放大后通过环行器9的1端口射入经2号口射出至拉锥光纤7；经过放大后的泵浦光与延时后的探测光在拉锥光纤7内相互作用，形成一个相关峰，在相关峰处发生受激布里渊散射，从拉锥光纤7射出的探测光经环行器9的2号口

入,经环行器9的3号口射出至探测器10的感光面,经探测器10的光电转换后发送至示波器11。

[0010] 进一步地,微波源4和波形发生器14均替换为函数发生器。

[0011] 进一步地,第二掺铒光纤放大器12与强度调制器2之间设置有脉冲调制器,所述脉冲调制器接收强度调制器2输出的泵浦光进行脉冲调制,将脉冲调制后的激光发射至第二掺铒光纤放大器12。

[0012] 以拉锥光纤为介质的液体成分检测方法,该方法的具体过程为:

[0013] 步骤一、利用波形信号对激光信号进行编码调制,将编码调制后的激光信号分为两路,上路光作为探测光,下路光作为泵浦光;

[0014] 步骤二、利用微波对上路光信号进行单边带调制,获得具有下移频的探测光,具有下移频的探测光经第一掺铒光纤放大器5放大后入射至延时光纤6,经延时光纤6延时后入射至拉锥光纤7;

[0015] 下路光信号通过第二掺铒光纤放大器12放大后的注入环行器9的1号口,经环行器9的2号口射出后入射至拉锥光纤7;

[0016] 步骤三、放大后的泵浦光和延时后的具有下移频的探测光在拉锥光纤7内相互作用,形成一个相关峰,在相关峰处发生受激布里渊散射,从拉锥光纤7射出的探测光由环行器9的2号口入射后,从环行器9的3号口射出至探测器10的感光面,经探测器10光电转换后发送至示波器11。步骤四、对示波器11对接收的电信号进行去噪声和解调后获得拉锥光纤中相关峰处的布里渊频移,根据布里渊频移与液体成分的关系,获得拉锥光纤所处液体的成分。

[0017] 本发明使用光纤中的受激布里渊散射信号的布里渊频移来探测液体的折射率。非拉锥光纤光场和声波场均被束缚在纤芯中,拉锥光纤的光场和声波场会与外界作用,从而感知外界影响,这一影响可以通过布里渊频移的变化体现出来,故可以对液体的折射率进行探测。但是拉锥光纤的长度一般比较短,常规的布里渊传感手段的布里渊作用区域比较长,难以得到拉锥光纤处信噪比高的信号,使用布里渊相关域分析(BOCDA)技术可以仅在拉锥光纤处发生布里渊作用,从而得到较高信噪比的信号,并达到分布式传感的效果,显著的提高传感灵敏度。

附图说明

[0018] 图1是本发明所述以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置的原理框图。

具体实施方式

[0019] 以下将结合附图及实施例来详细说明本发明的实施方式,借此对本发明如何应用技术手段来解决技术问题,并达成相应技术效果的实现过程能充分理解并据以实施。本申请实施例以及实施例中的各个特征,在不相冲突前提下可以相互结合,所形成的技术方案均在本发明的保护范围之内。

[0020] 具体实施方式一:下面结合图1说明本实施方式,本实施方式所述以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置,

[0021] 该装置包括激光器1、强度调制器2、单边带光调制器3、微波源4、第一掺铒光纤

放大器5、延时光纤6、拉锥光纤7、环行器9、探测器10、示波器11、第二掺铒光纤放大器12、微波放大器13和波形发生器14；

[0022] 波形发生器14发射的波形信号经微波放大器13放大后发送至强度调制器2，强度调制器2利用波形信号对激光器1发射的激光进行编码调制，调制后的激光信号一路作为探测光发送至单边带电光调制器3；另一路作为泵浦光发送至第二掺铒光纤放大器12；

[0023] 单边带电光调制器3利用微波源4发送的微波信号对该路光信号进行单边带调制，形成具有下移频的探测光，具有下移频的探测光经第一掺铒光纤放大器5后入射至延时光纤6进行延时，经延时光纤6延时后的探测光再入射至拉锥光纤7，拉锥光纤7设置在待测液体中；

[0024] 第二掺铒光纤放大器12对泵浦光进行放大后通过环行器9的1端口射入经2号口射出至拉锥光纤7；经过放大的泵浦光与延时后的探测光在拉锥光纤7内相互作用，形成一个相关峰，在相关峰处发生受激布里渊散射，从拉锥光纤7射出的探测光经环行器9的2号口入，经环行器9的3号口射出至探测器10的感光面，经探测器10的光电转换后发送至示波器11。

[0025] 具体实施方式二：本实施方式对实施方式一所述的以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置作进一步说明，激光器1输出的激光的波长为输出波长为1550nm的分布反馈式光纤激光器。

[0026] 具体实施方式三：本实施方式对实施方式一或二所述的以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置作进一步说明，微波源4和波形发生器14均替换为函数发生器。

[0027] 具体实施方式四：本实施方式对实施方式一或二所述的以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置作进一步说明，第二掺铒光纤放大器12与强度调制器2之间设置有脉冲调制器，所述脉冲调制器接收泵浦光进行脉冲调制，将脉冲调制后的激光发射至第二掺铒光纤放大器12。

[0028] 本实施方式对泵浦光进行脉冲调制可以提高其作用的峰值功率，增强信噪比。拉锥光纤的有效增益长度较小，泵浦光的功率要求较高，如果采用连续光，容易对光学造成损坏，而使用脉冲调制器进行脉冲调制后再进行放大可以容易得到较高的峰值功率，获得较高的信噪比。

[0029] 具体实施方式五：本实施方式对实施方式一所述的以拉锥光纤为介质的液体成分检测装置作进一步说明，第二掺铒光纤放大器12与强度调制器2之间设置有脉冲调制器，所述脉冲调制器接收强度调制器2输出的泵浦光进行脉冲调制，将脉冲调制后的激光发射至第二掺铒光纤放大器12。具体实施方式六：本实施方式所述以拉锥光纤为介质的液体成分检测方法，该方法的具体过程为：

[0030] 步骤一、利用波形信号对激光信号进行编码调制，将编码调制后的激光信号分为两路，上路光作为探测光，下路光作为泵浦光；

[0031] 步骤二、利用微波对上路光信号进行单边带调制，获得具有下移频的探测光，具有下移频的探测光经第一掺铒光纤放大器5放大后入射至延时光纤6，经延时光纤6延时后入射至拉锥光纤7；

[0032] 下路光信号通过第二掺铒光纤放大器12放大后的注入环行器9的1号口，经环行器9的2号口射出后入射至拉锥光纤7；

[0033] 步骤三、放大后的泵浦光和延时后的具有下移频的探测光在拉锥光纤7内相互作用,形成一个相关峰,在相关峰处发生受激布里渊散射,从拉锥光纤7射出的探测光由环行器9的2号口入射后,从环行器9的3号口射出至探测器10的感光面,经探测器10光电转换后发送至示波器11。

[0034] 步骤四、对示波器11对接收的的电信号进行去噪声和解调后获得拉锥光纤中相关峰处的布里渊频移,根据布里渊频移与液体成分的关系,获得拉锥光纤所处液体的成分。

[0035] 本发明采用基于强度调制的布里渊光相关域分析技术。该技术最高空间分辨率可达2mm。此技术要求的拉锥光纤的有效传感长度不小于2mm即可,这极大地降低了拉锥光纤的拉制工艺,显著提高了该技术的实用化水平。另一方面,由于本发明所述方法能够检测液体的空间跨度为毫米级即可,这显著地提高传感灵敏度。所述布里渊频移与液体成分的关系通过对已知成分液体的实验测定建立。

[0036] 虽然本发明所揭露的实施方式如上,但所述的内容只是为了便于理解本发明而采用的实施方式,并非用以限定本发明。任何本发明所属技术领域内的技术人员,在不脱离本发明所揭露的精神和范围的前提下,可以在实施的形式上及细节上作任何的修改与变化,但本发明的专利保护范围,仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

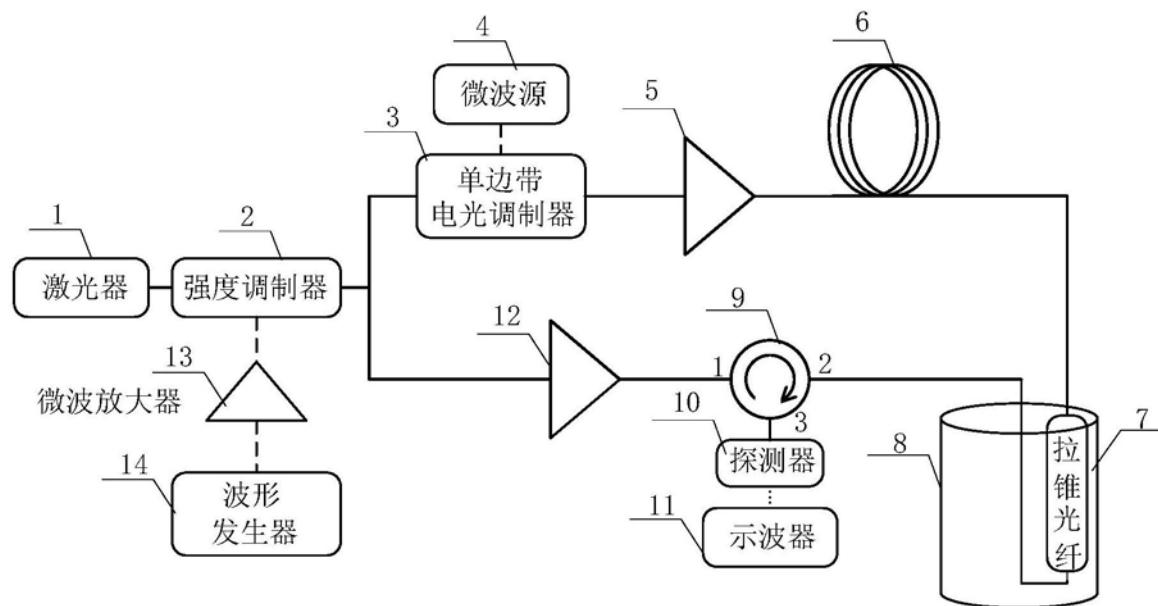


图1