



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106153573 A

(43)申请公布日 2016.11.23

(21)申请号 201610443242.7

(22)申请日 2016.06.20

(71)申请人 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
号

(72)发明人 李飞 曾徽 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 胡剑辉

(51)Int.Cl.

G01N 21/359(2014.01)

G01N 21/3504(2014.01)

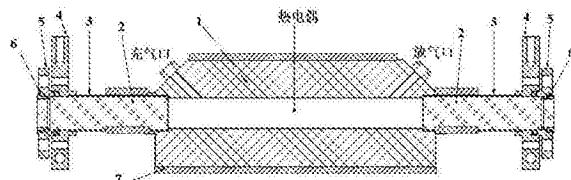
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种用于吸收系数标定的高温高压光学腔
及其使用方法

(57)摘要

本发明公开一种用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其解决近红外光谱标定无法兼顾温和高压的问题，以及中红外标定的密封漏气问题，克服现有标定系统无法对近、中红外光谱进行从低压、低温至高压、高温的宽范围标定的局限，发展、建立了一种宽波段的高温、低压至高压标定系统。该高温高压光学腔包括固定气室、蓝宝石光学柱、薄壁钢管、可安装冷却法兰、压紧法兰、压紧螺母、加热带、密封圈、压力表、真空压力表、供气/排气模块。还提供了这种用于吸收系数标定的高温高压光学腔的使用方法。



1. 一种用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其特征在于：该高温高压光学腔包括固定气室(1)、蓝宝石光学柱(2)、薄壁钢管(3)、可安装冷却法兰(4)、压紧法兰(5)、压紧螺母(6)、加热带(7)、密封圈(8)、压力表(9)、真空压力表(10)、供气/排气模块；

固定气室包含充气口和放气口，分别与供气/排气模块连接，固定气室内是一段圆柱孔，两端与薄壁钢管真空焊接密封；

薄壁钢管内部嵌入蓝宝石光学柱，薄壁钢管的一端与固定气室焊接密封，另一端与可安装冷却法兰焊接；

可安装冷却法兰固定和密封蓝宝石光学柱；

密封圈包括大线径密封圈和小线径密封圈，压紧法兰压紧大线径密封圈，压紧螺母压紧小线径密封圈；

加热带围绕固定气室设置；

供气/排气模块包括高压气瓶(12)和若干个控制阀门，高压气瓶、压力表、真空压力表分别通过控制阀门连接到固定气室的充气口，从而向固定气室内充入浓度确定的待测气体，真空泵(11)通过阀门连接到固定气室的放气口。

2. 根据权利要求1所述的用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其特征在于：该高温高压光学腔还与标定系统连接，所述标定系统包括信号发生器(13)、激光控制器(14)、激光器(15)、准直透镜(17)、光电探测器(18)、示波器(19)；

利用信号发生器(13)对激光控制器(14)进行电流调制，调制后的电流信号驱动激光器(15)，激光器输出特定波长范围内的激光，经准直透镜(17)准直之后通过高温高压光学腔的蓝宝石光学柱(2)进入固定气室，被浓度、温度、压力确定的待测气体吸收后，光强衰减，穿过右侧的蓝宝石光学柱(2)，被光电探测器(18)接收，通过示波器(19)采集获得。

3. 根据权利要求2所述的用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其特征在于：所述激光器(15)设有冷却系统(16)。

4. 根据权利要求1所述的用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其特征在于：所述固定气室是不锈钢气室。

5. 根据权利要求1所述的用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其特征在于：所述薄壁钢管是壁厚为0.5mm的不锈钢钢管。

6. 根据权利要求1所述的用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其特征在于：所述加热带还设有继电器和热电偶，以便进行温度控制和保持。

7. 根据权利要求1所述的用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其特征在于：所述大线径密封圈和小线径密封圈均为全氟橡胶密封圈，线径分别为2.5mm和1.5mm。

8. 根据权利要求1所述的用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其特征在于：所述压力表的有效量程：0.1-2MPa，精度： $\pm 0.5\%$ ；所述真空压力表包括两组真空表，其有效量程分别为：0.1-100Torr, 1-1000Torr。

9. 根据权利要求1所述的用于吸收系数标定的高温高压光学腔，其特征在于：所述高压气瓶内气体为O₂, CO, CO₂, NO中的一种，并利用N₂或Ar气作为平衡载气。

10. 一种根据权利要求2所述的用于吸收系数标定的高温高压光学腔的使用方法，其特征在于：包括以下步骤：

(1) 对高温高压光学腔和供气/排气模块进行气密性测试，分别对低压、高压环境进行

气密性检查,保证标定系统具有良好的气密性;

(2)通过加热带加热至设定温度,设定温度值通过继电器和热电偶进行温度控制,使气室内热电偶测温稳定在设定温度,保持几十分钟;

(3)使用真空泵对固定气室进行抽真空,真空度接近0.1Pa,维持稳定;

(4)通过供气/排气模块,逐步放入一定压力的气体进入固定气室,固定气室的压力通过真空压力表获得;使气室内标准气体的温度、压力保持稳定;

(5)利用标定系统进行光谱测量:将激光通过气室,信号被探测器接收后,通过示波器采集,获得一组压力、稳定条件下的光谱信号;之后,改变设定的气室压力和温度,依次进行不同压力、不同温度下的光谱测量。

一种用于吸收系数标定的高温高压光学腔及其使用方法

技术领域

[0001] 本发明属于光学的技术领域,具体地涉及一种用于吸收系数标定的高温高压光学腔,以及其使用方法。

背景技术

[0002] 激光吸收光谱测量技术是建立在精确的光谱参数的基础之上。最常用的分子光谱数据库HITRAN(hight resolution transmission molecular absorption database)是基于量子计算获得的光谱参数,经过40多年的发展,该数据库已经涵盖了H₂O,CO,CO₂等47种分子。然而,HITRAN数据库也存在明显不足,即缺乏高温光谱参数,为此L.S.Rothman等人组织发展了HI TEMP光谱数据库,但其分子光谱参数仍缺乏足够的实验验证,光谱参数的准确度受到质疑,特别是高温、高压下的复杂加宽机制影响,实测参数与HITRAN/HI TEMP数据库有差异。因此需要对光谱参数的进行标定,与此同时,基于激光吸收光谱的气体分析仪也需要复杂环境(高温高压)下的测量精度标定。

[0003] 根据波段范围,吸收光谱的标定可分为近红外吸收标定和中红外吸收吸收标定,近红外波段的大多利用石英管作为标定池,标定系统较为成熟,相关的光谱标定工作有大量的积累。斯坦福大学R.K.Hason小组对H₂O在近红外的众多谱线进行高温标定,其中包括X.Liu等人利用石英吸收池和高温马弗炉对1.4μm附近H₂O的多条谱线进行标定,并与HITRAN 2004数据库进行了对比;C.S.Goldenstein等人对2.4μm附近H₂O吸收线进行标定。这些基于石英管的近红外标定腔的最大困难是无法形成高压环境,因此无法用于高压吸收标定。

[0004] 在波长方面,石英在近红外波段具有良好的透过性,但其长波截止波长约为2.5μm,不能用于透过中红外激光,因此中红外标定系统需更换光学窗口。鉴于蓝宝石玻璃的良好中红外透过性和绝佳的耐高温、耐高压特性,目前中红外吸收实验和标定实验大都选用蓝宝石窗口作为透光材料。国外在中红外高温标定实验方面,有先例可循,J.Rice,S.Hahn等人发展的蓝宝石-铜密封标定系统,然而该系统存在高温漏气问题。G.B.Rieker等在上述基础上,采用新的密封方式,即蓝宝石两端密封(前端楔形铜垫片密封、后端平铜垫片密封)的方式,部分解决了高温(900K)下标定腔漏气的问题,但并不成熟,难以对中红外气体的光谱常数进行精确的、长时间的标定试验。

发明内容

[0005] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,提供一种用于吸收系数标定的高温高压光学腔,其解决近红外光谱标定无法兼顾温和高压的问题,以及中红外标定的密封漏气问题,克服现有标定系统无法对近、中红外光谱进行从低压、低温至高压、高温的宽范围标定的局限,发展、建立了一种宽波段的高温、低压至高压标定系统。

[0006] 本发明的技术解决方案是:这种用于吸收系数标定的高温高压光学腔,该高温高压光学腔包括固定气室、蓝宝石光学柱、薄壁钢管、可安装冷却法兰、压紧法兰、压紧螺母、

加热带、密封圈、压力表、真空压力表、供气/排气模块；

[0007] 固定气室包含充气口和放气口，分别与供气/排气模块连接，固定气室内是一段圆柱孔，两端与薄壁钢管真空焊接密封；

[0008] 薄壁钢管内部嵌入蓝宝石光学柱，薄壁钢管的一端与固定气室焊接密封，另一端与可安装冷却法兰焊接；

[0009] 可安装冷却法兰固定和密封蓝宝石光学柱；

[0010] 密封圈包括大线径密封圈和小线径密封圈，压紧法兰压紧大线径密封圈，压紧螺母压紧小线径密封圈；

[0011] 加热带围绕固定气室设置；

[0012] 供气/排气模块包括高压气瓶和若干个控制阀门，高压气瓶、压力表、真空压力表分别通过控制阀门连接到固定气室的充气口，从而向固定气室内充入浓度确定的待测气体，真空泵通过阀门连接到固定气室的放气口。

[0013] 还提供了这种用于吸收系数标定的高温高压光学腔的使用方法，包括以下步骤：

[0014] (1)对高温高压光学腔和供气/排气模块进行气密性测试，分别对低压、高压环境进行气密性检查，保证标定系统具有良好的气密性；

[0015] (2)通过加热带加热至设定温度，设定温度值通过继电器和热电偶进行温度控制，使气室内热电偶测温稳定在设定温度，保持几十分钟；

[0016] (3)使用真空泵对固定气室进行抽真空，真空度接近0.1Pa，维持稳定；

[0017] (4)通过供气/排气模块，逐步放入一定压力的气体进入固定气室，固定气室的压力通过真空压力表获得；使气室内标准气体的温度、压力保持稳定；

[0018] (5)利用标定系统进行光谱测量：将激光通过气室，信号被探测器接收后，通过示波器采集，获得一组压力、稳定条件下的光谱信号；之后，改变设定的气室压力和温度，依次进行不同压力、不同温度下的光谱测量。

[0019] 本发明通过固定气室包含充气口和放气口，分别与供气/排气模块连接，固定气室内是一段圆柱孔，两端与薄壁钢管真空焊接密封；薄壁钢管内部嵌入蓝宝石光学柱，薄壁钢管的一端与固定气室焊接密封，另一端与可安装冷却法兰焊接；可安装冷却法兰固定和密封蓝宝石光学柱；密封圈包括大线径密封圈和小线径密封圈，压紧法兰压紧大线径密封圈，压紧螺母压紧小线径密封圈；加热带围绕固定气室设置；供气/排气模块包括高压气瓶和若干个控制阀门，高压气瓶、压力表、真空压力表分别通过控制阀门连接到固定气室的充气口，从而向固定气室内充入浓度确定的待测气体，真空泵通过阀门连接到固定气室的放气口；从而解决了近红外光谱标定无法兼顾温和高压的问题，以及中红外标定的密封漏气问题，克服现有标定系统无法对近、中红外光谱进行从低压、低温至高压、高温的宽范围标定的局限，发展、建立了一种宽波段的高温、低压至高压标定系统。

附图说明

[0020] 图1是根据本发明的用于吸收系数标定的高温高压光学腔的整体结构示意图。

[0021] 图2是根据本发明的用于吸收系数标定的高温高压光学腔的局部结构示意图。

[0022] 图3是根据本发明的用于吸收系数标定的高温高压光学腔的充放气示意图。

[0023] 图4是根据本发明的用于吸收系数标定的高温高压光学腔的吸收光谱常数标定过

程示意图。

具体实施方式

[0024] 如图1、2、3所示,这种用于吸收系数标定的高温高压光学腔,该高温高压光学腔包括固定气室、蓝宝石光学柱、薄壁钢管、可安装冷却法兰、压紧法兰、压紧螺母、加热带、密封圈、压力表、真空压力表、供气/排气模块;

[0025] 固定气室包含充气口和放气口,分别与供气/排气模块连接,固定气室内是一段圆柱孔,两端与薄壁钢管真空焊接密封;

[0026] 薄壁钢管内部嵌入蓝宝石光学柱(用于透过可见、近红外和中红外波段的激光),薄壁钢管的一端与固定气室焊接密封,另一端与可安装冷却法兰焊接;

[0027] 可安装冷却法兰固定和密封蓝宝石光学柱;另外,由于采用的密封圈会在高温下融化,必须水冷却该法兰的温度,使其小于200℃,在保护密封圈的同时,保证最小热变形,提高其密封效果。

[0028] 压紧法兰:用于压紧大线径(2.5mm)密封圈,保证低压、高压条件下,该标定系统具有良好的密封性;

[0029] 压紧螺母:将小线径的密封圈压紧,在提高密封能力的同时,向气室内压紧蓝宝石光学柱,抵抗高压下的气体压力;

[0030] 密封圈包括大线径密封圈和小线径密封圈,压紧法兰压紧大线径密封圈,压紧螺母压紧小线径密封圈;

[0031] 加热带围绕固定气室设置;

[0032] 供气/排气模块包括高压气瓶和若干个控制阀门,高压气瓶、压力表、真空压力表(用于低压光谱标定时的压力测量)分别通过控制阀门连接到固定气室的充气口,从而向固定气室内充入浓度确定的待测气体,真空泵(对标定腔抽真空,最低压力可小于1Pa)通过阀门连接到固定气室的放气口。

[0033] 另外,该高温高压光学腔还与标定系统连接,所述标定系统包括信号发生器(产生锯齿波信号,对激光器控制器进行波长和强度调制)、激光控制器(用于控制激光器的工作温度和工作电流,试验中根据信号发生器的信号,对激光器的输出波长进行快速调制)、激光器(输出激光,激光器的波长范围覆盖目标组分的特征吸收谱,比如CO₂的中红外吸收谱在4.3um附近,CO的中红外吸收谱在4.6um附近,激光器的输出功率一般在几个mW量级)、准直透镜(激光器(15)输出激光大多具有较大的发散角,需要对其准直,以获得较好的空间远距离传输特性,准直后的光斑一般约为1~2mm直径)、光电探测器(接收穿过光学标定腔的透射光,将光强信号转换为电压信号)、示波器(采集记录探测器(18)输出的电压信号);

[0034] 利用信号发生器对激光控制器(14)进行电流调制,调制后的电流信号驱动激光器(15),激光器输出特定波长范围内的激光,经准直透镜(17)准直之后通过高温高压光学腔的蓝宝石光学柱(2)进入固定气室,被浓度、温度、压力确定的待测气体吸收后,光强衰减,穿过右侧的蓝宝石光学柱(2),被光电探测器(18)接收,通过示波器(19)采集获得。

[0035] 另外,所述激光器(15)设有冷却系统(16)。对激光器内部元件进行冷却,保证激光器(15)正常、稳定工作。

[0036] 另外,所述固定气室是不锈钢气室。

- [0037] 另外,所述薄壁钢管是壁厚为0.5mm的不锈钢钢管(304钢管)。
- [0038] 另外,所述加热带还设有继电器和热电偶,以便进行温度控制和保持。
- [0039] 另外,所述大线径密封圈和小线径密封圈均为全氟橡胶密封圈,线径分别为2.5mm和1.5mm。
- [0040] 另外,所述压力表的有效量程:0.1-2MPa,精度: $\pm 0.5\%$;所述真空压力表包括两组真空表,其有效量程分别为:0.1-100Torr,1-1000Torr。
- [0041] 另外,所述高压气瓶内气体为O₂,CO,CO₂,NO中的一种,并利用N₂或Ar气作为平衡载气。
- [0042] 如图4所示,还提供了这种用于吸收系数标定的高温高压光学腔的使用方法,包括以下步骤:
- [0043] (1)对高温高压光学腔和供气/排气模块进行气密性测试,分别对低压、高压环境进行气密性检查,保证标定系统具有良好的气密性;
- [0044] (2)通过加热带加热至设定温度,设定温度值通过继电器和热电偶进行温度控制,使气室内热电偶测温稳定在设定温度,保持几十分钟;
- [0045] (3)使用真空泵对固定气室进行抽真空,真空度接近0.1Pa,维持稳定;
- [0046] (4)通过供气/排气模块,逐步放入一定压力的气体进入固定气室,固定气室的压力通过真空压力表获得;使气室内标准气体的温度、压力保持稳定;
- [0047] (5)利用标定系统进行光谱测量:将激光通过气室,信号被探测器接收后,通过示波器采集,获得一组压力、稳定条件下的光谱信号;之后,改变设定的气室压力和温度,依次进行不同压力、不同温度下的光谱测量。
- [0048] 本发明通过固定气室包含充气口和放气口,分别与供气/排气模块连接,固定气室内是一段圆柱孔,两端与薄壁钢管真空焊接密封;薄壁钢管内部嵌入蓝宝石光学柱,薄壁钢管的一端与固定气室焊接密封,另一端与可安装冷却法兰焊接;可安装冷却法兰固定和密封蓝宝石光学柱;密封圈包括大线径密封圈和小线径密封圈,压紧法兰压紧大线径密封圈,压紧螺母压紧小线径密封圈;加热带围绕固定气室设置;供气/排气模块包括高压气瓶和若干个控制阀门,高压气瓶、压力表、真空压力表分别通过控制阀门连接到固定气室的充气口,从而向固定气室内充入浓度确定的待测气体,真空泵通过阀门连接到固定气室的放气口;从而解决了近红外光谱标定无法兼顾温和高压的问题,以及中红外标定的密封漏气问题,克服现有标定系统无法对近、中红外光谱进行从低压、低温至高压、高温的宽范围标定的局限,发展、建立了一种宽波段的高温、低压至高压标定系统。在温度范围:常温-1000K,压力范围:1Torr-1MPa条件下,该系统具有良好的密封效果。可以同时适用于低压的光谱参数标定和高压下的谱线线型加宽参数标定,可获得精确的光谱参数,同时可以模拟多种高温、高压燃烧环境,进行光谱吸收模拟,用于验证测量系统的测量精度
- [0049] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属本发明技术方案的保护范围。

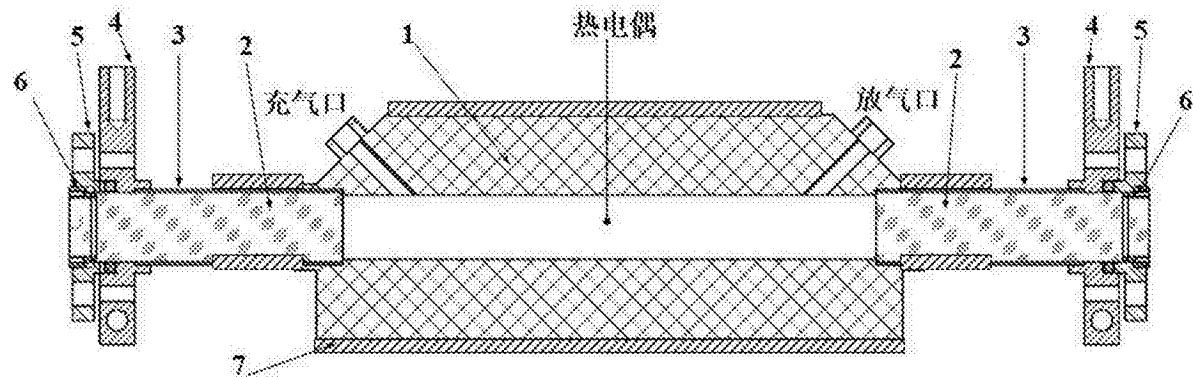


图1

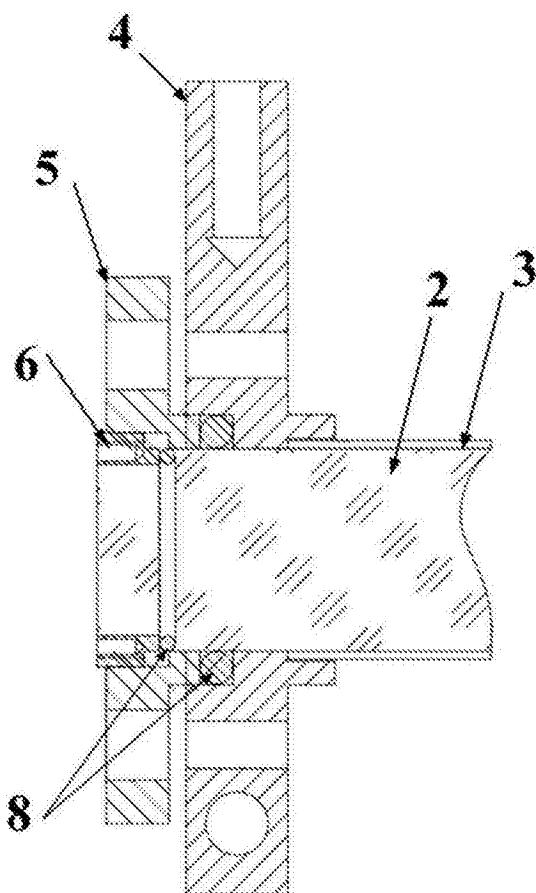


图2

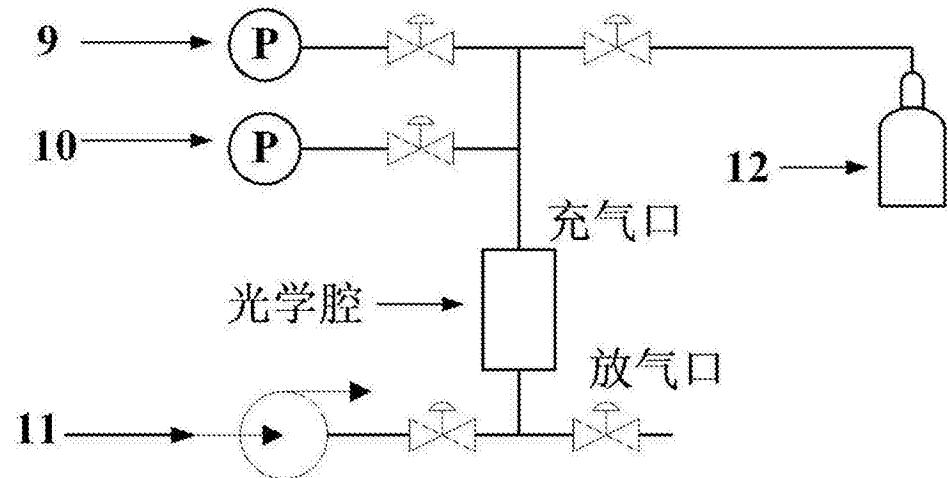


图3

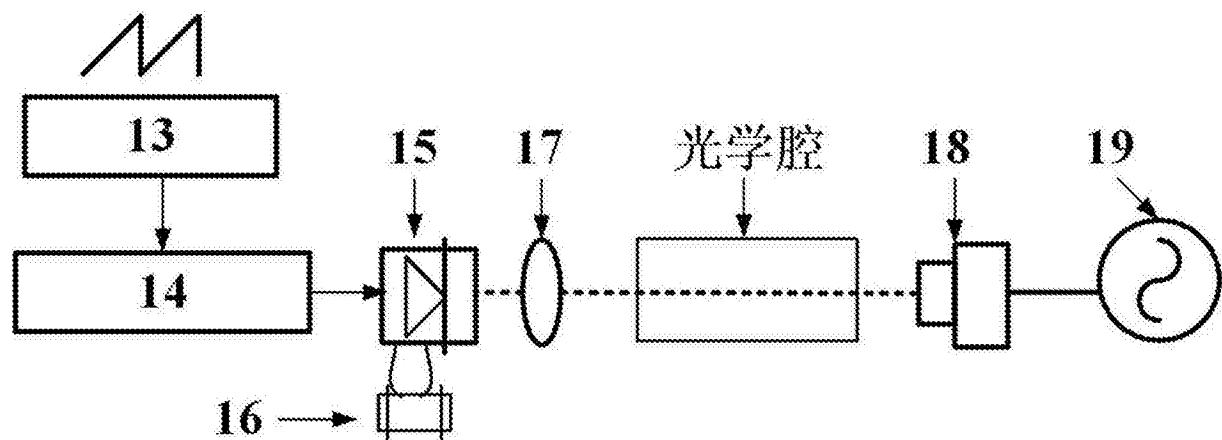


图4