(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106248651 A
(43)申请公布日 2016.12.21

(21)申请号 201610902385.X

(22)申请日 2016.10.17

(71)申请人 南京工业大学
地址 210009 江苏省南京市新模范马路5号

(72)发明人 蒋书波 张秀梅 王旭 胡佳琳 王凡

(74)专利代理机构 南京君陶专利商标代理有限公司 32215
代理人 沈根水

(51)Int.Cl.
G01N 21/65(2006.01)

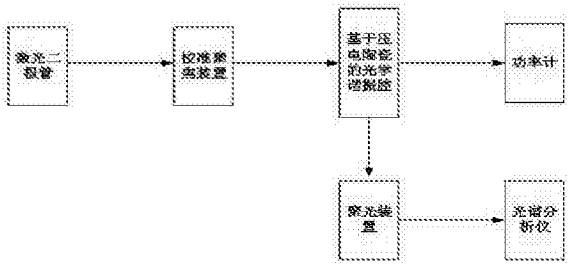
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置及增强方法

(57)摘要

本发明是基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置及增强方法，其结构由激光二极管、校准聚焦装置、基于压电陶瓷的光学谐振腔、功率计、聚光装置和光谱分析仪组成；其中激光二极管连接校准聚焦装置，校准聚焦装置连接基于压电陶瓷的光学谐振腔，光学谐振腔连接功率计与聚光装置，聚光装置连接光谱分析仪。优点：1)压电陶瓷的体积小、分辨率高、响应快、推力大、不发热、不产生噪声，不仅可以使光源的输出频率均匀稳定，还可以使激光束能量增大，从而使光功率增大；2)该装置的增强效果高，尤其在检测单分子物质时可达到10^4倍左右的效果；3)该方法的灵敏度得到很大提高，为低成本拉曼光谱技术应用于多组分在线气体检测中提供可能。



CN 106248651 A

1.基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置，其特征在于：结构由激光二极管、校准聚焦装置、基于压电陶瓷的光学谐振腔、功率计、聚光装置和光谱分析仪组成；其中激光二极管连接校准聚焦装置，校准聚焦装置连接光学谐振腔，光学谐振腔连接功率计与聚光装置，聚光装置连接光谱分析仪。

2.根据权利要求1所述的基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置，其特征在于：所述的激光二极管与一个带控温的温度控制器相连。

3.根据权利要求1所述的基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置，其特征在于：所述的校准聚焦装置内设有法拉第隔离器(FIA)。

4.根据权利要求1所述的基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置，其特征在于：所述的光学谐振腔由玻璃密封包装，光学谐振腔设有一个进口和一个出口，光学谐振腔内部设有一对相对放置的反射镜，其中一个反射镜上设有压电陶瓷。

5.根据权利要求1所述的基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置，其特征在于：所述的聚光装置包括一个分色镜和一个集光镜。

6.使用如权利要求1所述的基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置的拉曼光谱增强方法，其特征在于该方法包括如下步骤：

1)将激光二极管发出的的激光通过校准聚焦装置进行准直；

2)将待测样品注入光学谐振腔内，将校准后的激光引入光学谐振腔内，让其在腔内多次来回反射，通过控制压电陶瓷器的压电电压来实现谐振腔长度的微变化，由于激光的纵模与可变腔的模式产生匹配，激光能量的不断累积使得腔内的激光束能量逐渐增大，使谐振腔内的功率被不断增强；

3)通过聚光装置对光源频率进一步筛选得到所需的拉曼光，再进行拉曼信号的收集，使用拉曼光谱分析仪获得增强后的样品的拉曼光谱图。

基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置及增强方法

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置及增强方法，属于光电技术领域。

背景技术

[0002] 拉曼散射效应可以反映出分子的振动信息，在被发现并经过几十年的发展之后，已经广泛应用于分子结构研究，并且实现了定量和定性分析物质。与红外光谱和传统分析仪器相比，拉曼光谱仪不论在分析时间、可靠性，还是谱图的清晰度上都有其独特的优势，因此，拉曼光谱分析法成为了气体或液体理想的检测方法之一。

[0003] 但由于拉曼散射截面面积仅为$10^{-30}cm^2molecule^{-1}Sr^{-1}$，所以传统的拉曼效应是一种弱效应。相对于液体样品而言，拉曼光谱分析法适用范围仍然相当窄，在检测高浓度样品时才有可接受的应用效果。在实际应用中，当待测样品浓度很低时，获取有效的拉曼光强度就很难，加之杂质和非待测样品可能发生的荧光现象，拉曼光谱分析法用武之地就大大减少。

[0004] 拉曼光谱分析法要想成为一种广泛应用的检测技术，就必须增强拉曼效应。为此人们进行了大量的研究，因此发展出各种特殊的拉曼光谱技术，来获取强度更大的拉曼信号。例如：共振增强拉曼光谱、共焦显微拉曼光谱、表面增强拉曼光谱、光子晶体光纤增强拉曼效应等，由于它们都存在着局限性，只能在不同的领域有着各自的优势，不能成为通用的方法在工业现场使用。

[0005] 基于上述分析，解决好拉曼弱效应这个问题对于将拉曼光谱检测成为通用的检测分析手段并完全取代各种繁多的分析仪器意义重大，并还将带来显著的经济效益。本发明在应用现有激光器的基础上，改进了腔模式匹配方法，并寻找出一种新的腔长与波长的匹配方式。利用压电陶瓷的逆压电效应，在电场作用下产生的形变量很小，可以达到纳米级的优点，精密调节腔长。从而达到光波长与谐振腔长度匹配的目的，使腔内产生驻波，激光功率因干涉而增强，最终使得产生的拉曼散射光得到显著增强。

发明内容

[0006] 本发明提出的是一种基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置及增强方法，旨在增强拉曼光谱的信号，提高在对物质定性定量分析和气体检测时拉曼光谱分析仪的灵敏度，使其在拉曼检测过程中得到更准确的应用。

[0007] 本发明的技术解决方案：一种基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置，其结构由激光二极管、校准聚焦装置、基于压电陶瓷的光学谐振腔、功率计、聚光装置和光谱分析仪组成；其中激光二极管连接校准聚焦装置，校准聚焦装置连接光学谐振腔，光学谐振腔连接功率计与聚光装置，聚光装置连接光谱分析仪。

[0008] 基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置的增强方法，该方法包括如下步骤：

1)将激光二极管发出的的激光通过校准聚焦装置进行准直；

2)将校准后的激光引入光学谐振腔内，让其在腔内多次来回反射，通过控制压电陶瓷器的压电电压来实现谐振腔长度的微变化，由于激光的纵模与可变腔的模式产生匹配，激光能量的不断累积使得腔内的激光束能量逐渐增大，使谐振腔内的功率被不断增强；

3)通过聚光装置对光源频率进一步筛选得到所需的拉曼光，再进行拉曼信号的收集，使用拉曼光谱分析仪获得增强后的样品的拉曼光谱图。

[0009] 本发明的优点：

1)压电陶瓷的体积小、分辨率高、响应快、推力大、不发热、不产生噪声，通过控制压电陶瓷的压电电压来改变谐振腔内镜片的距离，不仅可以使光源的输出频率均匀稳定，还可以使激光束能量增大，从而使光功率增大；

2)该装置的增强效果得到明显提高，使用高精度的谐振腔使拉曼信号增强好几个数量级，尤其在检测单分子物质时可达到10^4倍左右的效果；

3)该方法的灵敏度得到很大提高，不仅可以用于大分子物质检测，还可用于微量级物质检测，更为低成本拉曼光谱技术应用于多组分在线气体检测中提供可能。

附图说明

[0010] 附图1是基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置原理示意图。

[0011] 附图2是光学谐振腔结构示意图。

具体实施方式

[0012] 如图1所示，基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置，其结构由激光二极管、校准聚焦装置、基于压电陶瓷的光学谐振腔、功率计、聚光装置和光谱分析仪组成；其中激光二极管连接校准聚焦装置，校准聚焦装置连接光学谐振腔，光学谐振腔连接功率计与聚光装置，聚光装置连接光谱分析仪。

[0013] 所述的激光二极管与一个带控温的温度控制器相连。

[0014] 所述的校准聚焦装置内设有法拉第隔离器(FIA)。

[0015] 如图2所示，光学谐振腔结构由玻璃密封包装，光学谐振腔设有一个进口和一个出口，光学谐振腔内部设有一对相对放置的反射镜，其中一个反射镜上设有压电陶瓷。

[0016] 所述的聚光装置包括一个分色镜和一个集光镜。

[0017] 基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置的增强方法，该方法包括如下步骤：

1)将激光二极管发出的的激光通过校准聚焦装置进行准直；

2)将待测样品注入光学谐振腔内，将校准后的激光引入光学谐振腔内，让其在腔内多次来回反射，在谐振腔长度控制的作用下，由于激光的纵模与可变腔的模式产生匹配，激光能量的不断累积使得腔内的激光束能量逐渐增大，使谐振腔内的功率被不断增强；

3)通过聚光装置对光源频率进一步筛选得到所需的拉曼光，再进行拉曼信号的收集，使用拉曼光谱分析仪获得增强后的样品的拉曼光谱图。

[0018] 工作时，波长为532nm的光源通过梯度折射镜进行准直，采用变形棱镜对使光束进行循环，再通过一个法拉第隔离器(FIA)来防止光路中由于各种原因产生的后向传输光对

光源以及光路系统产生的不良影响;当激光被引入谐振腔内后,被约束在腔内,由于衍射效应的存在,加之反射镜尺寸无法做到无限大,光束每次被反射,就只有部分光再次回到腔内,少部分光会由于微小的透射率而射出谐振腔;让其激光腔内多次来回反射,通过压电陶瓷的逆压电效应,精密调节谐振腔长度,达到光波长与谐振腔长度匹配的目的;由于激光的纵模与可变腔的模式产生匹配,激光能量的不断累积使得腔内的激光束能量逐渐增大,从而谐振腔内的功率被不断增强;通过分色镜对光源频率进一步筛选得到所需的拉曼光,再进行拉曼信号的收集,使用拉曼光谱分析仪获得增强后的样品的拉曼光谱图。

实施例

[0019] 选取波长为532nm的激光二极管作为激光器,为后面的拉曼检测实验作光源,再选用梯度折射率透镜(L)作为准直透镜,将发散的光源进行准直,用变形棱镜对(AP)将光束聚集,经过一个法拉第隔离器(FIA)可以有效防止光路中由于各种原因产生的后向传输光对光源以及光路系统产生的不良影响,在很大程度上减少反射光对光源的光谱输出功率稳定性产生的影响。进入由高折射率的棱镜对(SM)(PSM)组成的Fabry-Perot光学谐振腔中,谐振腔内充满了待检测的物质,腔体由密封的玻璃包裹,设有一个进口和一个出口。谐振腔下方依次放置一个分色镜和一个集光镜,分色镜可以将特定波长的拉曼光分离,以便后面分析;集光镜将特定波长的拉曼光集中起来,送至拉曼光谱分析仪,做最后的检测,在光谱分析仪中,便可观察到实验物质的拉曼光谱。另外,在谐振腔外连接了功率计方便测量谐振腔内的功率。

[0020] 本发明采用的是高折射的棱镜对(SM)(PSM),其中一个棱镜上安装了压电陶瓷器,通过压电陶瓷的逆压电效应,精密调节谐振腔长度,达到光波长与谐振腔长度匹配的目的。由于激光的纵模与可变腔的模式产生匹配,激光能量的不断累积使得腔内的激光束能量逐渐增大,从而谐振腔内的功率被不断增强。

[0021] 对于特定光功率的增强,激光二极管发出的光源进入Fabry-Perot光学谐振腔后,让其在腔内多次来回反射,通过调节谐振腔长,使腔内的激光束能量逐渐增大,从而提高拉曼光强度。

[0022] 上述介绍了本发明基于压电陶瓷调节谐振腔的拉曼光谱增强装置及增强方法,实现了在对物质定性定量分析和气体检测时的拉曼信号的增强,通过激光二极管发射的特定波长,以及使用Fabry-Perot光学谐振腔使光源进行多次全反射,达到增强光功率的目的,解释说明了此光学谐振腔增强拉曼效应的可行性,为低成本拉曼技术应用于气体检测提供了一种解决方案。

[0023] 上述所述的实施例仅是作为本发明的一个说明性实例,并非只能将本发明应用于上述实。在不脱离本发明的精神或本质特征的情况下,本发明可以以其他结构、形式以及其他组件、材料和步骤来实现。

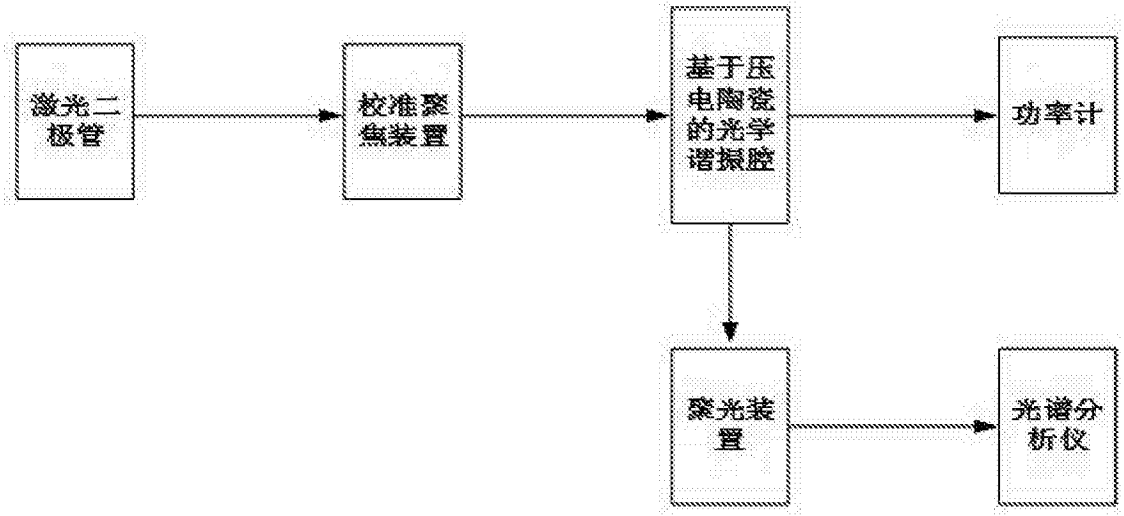


图1

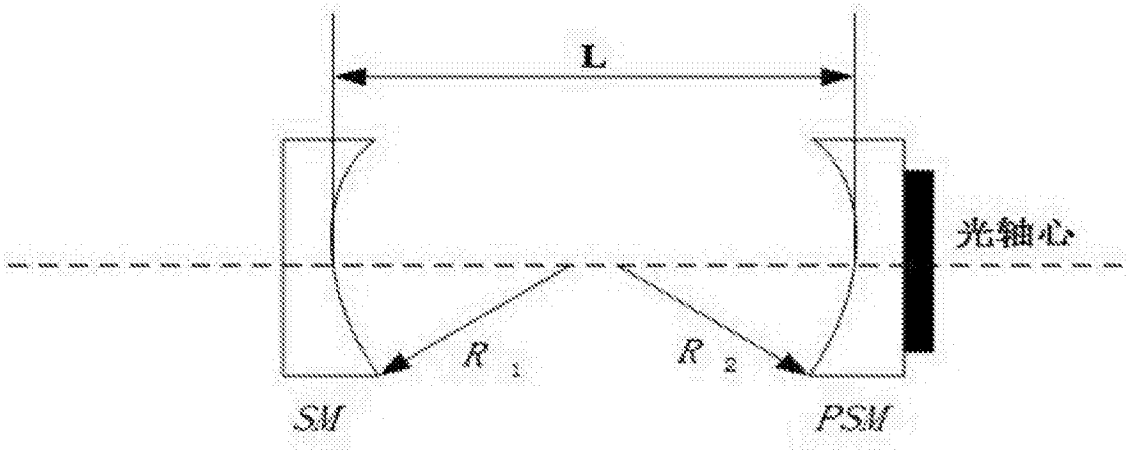


图2