



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106323470 B

(45)授权公告日 2019.01.15

(21)申请号 201610633886.2

(22)申请日 2016.08.04

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106323470 A

(43)申请公布日 2017.01.11

(73)专利权人 北京华泰诺安探测技术有限公司
地址 101312 北京市顺义区临空经济核心区裕华路28号5号楼4层002室

(72)发明人 熊胜军 夏征

(74)专利代理机构 北京名华博信知识产权代理有限公司 11453

代理人 李冬梅 苗源

(51)Int.Cl.

G01J 3/44(2006.01)

G01J 3/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 1941117 A,2007.04.04,
CN 102426163 A,2012.04.25,
CN 102027346 A,2011.04.20,

审查员 彭文炫

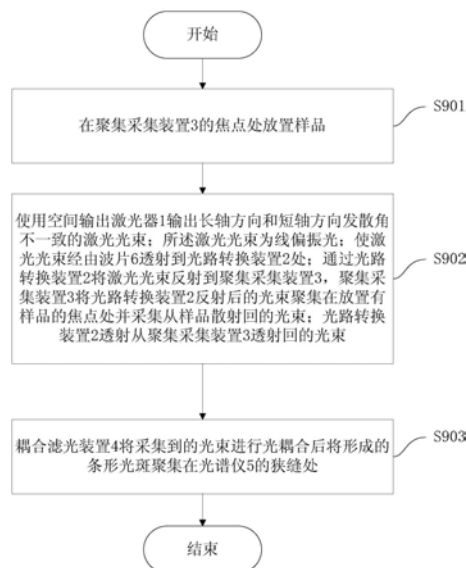
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

使用空间输出激光器的偏振调制拉曼探头及光谱探测方法

(57)摘要

本发明公开了一种使用空间输出激光器的偏振调制拉曼探头及光谱探测方法,此探头包括:空间输出激光器、光路转换装置、聚集采集装置、耦合滤光装置、光谱仪、波片;波片设置于空间输出激光器和光路转换装置之间的光路上,或者,波片设置于光路转换装置和聚集采集装置的焦点之间的光路上。本发明采用与狭缝方向平行的非轴对称空间条形光斑输出模式的激光器设计,使激光长轴方向和短轴方向的发散角与狭缝匹配,使汇聚后同样能量的激光能量由圆形区域分布变为条形区域分布,并且对激光光束进行消极化处理,可以提高光谱仪耦合效率,提高系统采集效率;降低器件及仪器的成本,提高系统的容差性能。



1. 一种使用空间输出激光器的拉曼探头,其特征在于,包括:空间输出激光器(1)、光路转换装置(2)、聚集采集装置(3)、耦合滤光装置、光谱仪(5)、波片(6);

所述空间输出激光器(1)用于输出长轴方向和短轴方向发散角不一致的激光光束;所述激光光束为线偏振光;

所述光路转换装置(2)设置于所述空间输出激光器(1)输出激光光束的输出光路上,用于对所述激光光束进行反射;还用于透射聚集采集装置(3)准直后的信号光束;

所述聚集采集装置(3)以垂直于所述光路转换装置(2)反射的激光光束的方式设置于所述光路转换装置(2)的一侧,用于聚集所述光路转换装置(2)反射后的光束;

所述耦合滤光装置(4)以垂直于所述光路转换装置(2)透射的信号光束的方式设置于所述光路转换装置(2)的另一侧,用于将采集到的光束进行光耦合后将形成的条形光斑聚集在所述光谱仪(5)的狭缝处;

所述波片(6)设置于所述空间输出激光器(1)和所述光路转换装置(2)之间的光路上,或者,所述波片(6)设置于所述光路转换装置(2)和所述聚集采集装置(3)的焦点之间的光路上;

所述波片(6)为四分之一波片,所述波片(6)的快轴方向角 θ 与所述激光光束的线偏振方向角成正45度角或负45度角。

2. 如权利要求1所述的拉曼探头,其特征在于,

所述拉曼探头还包括以垂直于所述空间输出激光器(1)输出的激光光束的方式设置于所述空间输出激光器(1)和所述光路转换装置(2)之间的净化滤光片(7);

所述波片(6)设置于所述空间输出激光器(1)和所述光路转换装置(2)之间的光路上包括:所述波片(6)以垂直于所述空间输出激光器(1)输出的激光光束的方式设置于所述空间输出激光器(1)和所述净化滤光片(7)之间,或者,所述波片(6)以垂直于所述空间输出激光器(1)输出的激光光束的方式设置于所述净化滤光片(7)与所述光路转换装置(2)之间。

3. 如权利要求1所述的拉曼探头,其特征在于,

所述波片(6)设置于所述光路转换装置(2)和所述聚集采集装置(3)的焦点之间的光路上包括:所述波片(6)以垂直于所述光路转换装置(2)的反射激光光束的方式设置于所述光路转换装置(2)和所述聚集采集装置(3)之间;或者,所述波片(6)设置于所述聚集采集装置(3)的光束汇聚侧。

4. 如权利要求1所述的拉曼探头,其特征在于,

所述拉曼探头还包括设置于所述光路转换装置(2)和所述耦合滤光装置(4)之间的陷波滤光片(8)。

5. 一种光谱探测方法,其特征在于,包括:

步骤1,在聚集采集装置(3)的焦点处放置样品;

步骤2,使用空间输出激光器(1)输出长轴方向和短轴方向发散角不一致的激光光束;所述激光光束为线偏振光;使激光光束经由波片(6)透射到光路转换装置(2)处;通过所述光路转换装置(2)将激光光束反射到聚集采集装置(3),所述聚集采集装置(3)将所述光路转换装置(2)反射后的光束聚集在放置有样品的焦点处并采集从样品散射回的信号光束;所述光路转换装置(2)透射从聚集采集装置(3)准直后的光束;

或者,使用空间输出激光器(1)输出长轴方向和短轴方向发散角不一致的激光光束;所

述激光光束为线偏振光；通过所述光路转换装置(2)将激光光束进行反射，经由波片(6)和聚集采集装置(3)或者经由聚集采集装置(3)和波片(6)将所述光路转换装置(2)反射后的激光光束聚集在放置有样品的焦点处并透射从样品散射回的光束；所述光路转换装置(2)透射从样品散射回的光束；

所述波片(6)为四分之一波片，所述波片(6)的快轴方向角 θ 与所述激光光束的线偏振方向角成正45度角或负45度角；

步骤3，耦合滤光装置(4)将采集到的光束进行光耦合后将形成的条形光斑聚集在所述光谱仪(5)的狭缝处。

6. 如权利要求5所述的光谱探测方法，其特征在于，包括：

所述使激光光束经由波片(6)透射到所述光路转换装置(2)处包括：使激光光束经由波片(6)和净化滤光片(7)或者经由净化滤光片(7)和波片(6)透射到所述光路转换装置(2)处。

7. 如权利要求5所述的光谱探测方法，其特征在于，包括：

所述步骤2和步骤3之间还包括：陷波滤光片(8)接收光路转换装置(2)透射的光束并透射输出至所述耦合滤光装置(4)。

使用空间输出激光器的偏振调制拉曼探头及光谱探测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光激发光谱检测技术领域,尤其涉及一种使用空间输出激光器的偏振调制拉曼探头及光谱探测方法。

背景技术

[0002] 拉曼光谱(Raman spectra),是一种散射光谱。拉曼光谱分析法是基于印度科学家C.V.拉曼(Raman)所发现的拉曼散射效应,对与入射光频率不同的散射光谱进行分析以得到分子振动、转动方面信息,并应用于分子结构研究的一种分析方法。拉曼光谱技术以其灵敏性、快速性以及操作方便等优点,在非侵入式检测领域得到了快速发展和广泛应用。

[0003] 基于光栅/棱镜的光谱分析仪是目前使用最为广泛的光谱探测设备,其光学结构主要包括:狭缝、准直光学系统、光栅/棱镜、收集光学系统、探测器/探测器阵列;激光器种类繁多,有半导体激光器、固体激光器、光纤激光器等;而激光器输出的激光经过多种处理后多以轴对称的平行光出射并最终汇聚成圆形光斑,最终耦合进光谱仪的激发信号的能量受限于狭缝,大部分的能量均被狭缝阻隔而无法进入后续分析系统,极大的降低的系统的采集效率。为了达到更高的效率,通常的做法是严格控制激光的发散角,使其以极小的发散角汇聚后达到尽量小的汇聚光斑,这样导致激光器的制造成本提高,极小的汇聚光斑又有能量密度过高易点燃被测样品、采样范围小不利于混合固体测量,而且系统的对焦景深小,系统容差小等问题。

[0004] 在偏振拉曼理论中,当电磁辐射与一系统相互作用时,偏振态常发生变化,这种现象称为退偏。在拉曼散射中,这种退偏度和分子的对称性是密切相关的。

[0005] 在激光拉曼光谱探测中,偏振方向平行于入射激光偏振方向的拉曼光强度记为 $I_{||}$,偏振方向垂直于入射激光偏振方向的拉曼强度记为 I_{\perp} ,两者之比 $\rho = I_{\perp} / I_{||}$ 称为退偏比。如果退偏比 ρ 小于0.75,该振动可以被认为是偏振的,那么振动是全对称的。如果退偏比 ρ 等于0.75,该振动可以被认为是退偏振的,振动则是非对称的。

[0006] 由于激光具有极强的线偏振度,进行拉曼光谱探测时,谱峰的强度就与分子的结构及激光的偏振状态有关,偏振方向角还是一个相对量,这增加了拉曼光谱探测的随机性。除了一些专门或科研级别的拉曼光谱仪需要对偏振进行调制或使用特定偏振态的激光进行采集分析。通常,标准的拉曼采集需要消除偏振的影响,在空间输出激光器和样品之间光路中插入“扰偏”元件来去除其偏振特性,常用的扰偏器件有石英楔扰偏器和液晶扰偏器。

[0007] 石英楔扰偏器能将偏振光束转化为伪随机偏振光束,用伪随机来形容是因为通过扰偏器的光束并不是非偏振光;而是它的偏振态是随机的。单色光源的线偏振光经过石英楔扰偏器后,其偏振态将发生空间变化。通常扰偏器的结构由两个晶体石英楔片组成,其中一个厚度是另一个的两倍。两个楔片被一个薄金属环隔开。每个楔片的光轴垂直于楔片的平面。两个晶体石英楔片的光轴间的夹角为45度。由于该器件利用的是不同空间位置处的相位延迟的差异来打乱入射光的偏振态,故通常要求入射光斑具有一定直径(通常 $\geq 6\text{mm}$),故不适用于细小的光束的扰偏,且成本非常高。

[0008] 液晶扰偏器的原理和石英楔的类似,其利用不同像素点的液晶分子的偏转程度的不一致来实现不同空间位置处的相位延迟量的差异来打乱入射光的偏振态。其优点是对光束的尺寸要求相对较低,但由于液晶分子的耐光能力问题,其激光损伤阈值较低,不适于大功率激光的应用。

发明内容

[0009] 为解决现有技术中形成圆形光斑使耦合进光谱仪的激发信号的能量受限于狭缝以及消极化处理方法成本高、不适于大功率激光的问题,本发明提供了一种使用空间输出激光器的偏振调制拉曼探头及光谱探测方法。

[0010] 本发明提供了一种使用空间输出激光器的偏振调制拉曼探头,包括:空间输出激光器、光路转换装置、聚集采集装置、耦合滤光装置、光谱仪、波片;

[0011] 所述空间输出激光器用于输出长轴方向和短轴方向发散角不一致的激光光束;所述激光光束为线偏振光;

[0012] 所述光路转换装置设置于所述空间输出激光器输出激光光束的输出光路上,用于对所述激光光束进行反射;

[0013] 所述聚集采集装置以垂直于所述光路转换装置反射的激光光束的方式设置于所述光路转换装置的一侧,用于聚集所述光路转换装置反射后的光束;

[0014] 所述耦合滤光装置以垂直于所述光路转换装置透射的激光光束的方式设置于所述光路转换装置的另一侧,用于将采集到的光束进行光耦合后将形成的条形光斑聚集在所述光谱仪的狭缝处;

[0015] 所述波片设置于所述空间输出激光器和所述光路转换装置之间的光路上,或者,所述波片设置于所述光路转换装置和所述聚集采集装置的焦点之间的光路上。

[0016] 上述激光激发光谱探测探头还具有以下特点:

[0017] 所述波片为四分之一波片,所述波片的快轴方向角 θ 与所述激光光束的线偏振方向角成正45度角或负45度角。

[0018] 上述激光激发光谱探测探头还具有以下特点:

[0019] 所述消极化偏振拉曼探头还包括以垂直于所述空间输出激光器输出的激光光束的方式设置于所述空间输出激光器和所述光路转换装置之间的净化滤光片;

[0020] 所述波片设置于所述空间输出激光器和所述光路转换装置之间的光路上包括:所述波片以垂直于所述空间输出激光器输出的激光光束的方式设置于所述空间输出激光器和所述净化滤光片之间,或者,所述波片以垂直于所述空间输出激光器输出的激光光束的方式设置于所述净化滤光片与所述光路转换装置之间。

[0021] 上述激光激发光谱探测探头还具有以下特点:

[0022] 所述波片设置于所述光路转换装置和所述聚集采集装置的焦点之间的光路上包括:所述波片以垂直于所述光路转换装置的反射激光光束的方式设置于所述光路转换装置和所述聚集采集装置之间;或者,所述波片设置于所述聚集采集装置的光束汇聚侧。

[0023] 上述激光激发光谱探测探头还具有以下特点:

[0024] 所述消极化偏振拉曼探头还包括设置于所述光路转换装置和聚集采集装置之间的陷波滤光片。

[0025] 本发明还提供了一种光谱探测方法,包括:

[0026] 步骤1,在所述聚集采集装置的焦点处放置样品;

[0027] 步骤2,使用空间输出激光器输出长轴方向和短轴方向发散角不一致的激光光束;所述激光光束为线偏振光;使激光光束经由波片透射到所述光路转换装置处;通过所述光路转换装置将激光光束反射到聚集采集装置,所述聚集采集装置将所述光路转换装置反射后的光束聚集在放置有样品的焦点处并采集从样品散射回的光束;所述光路转换装置透射从聚集采集装置透射回的光束;

[0028] 或者,使用空间输出激光器输出长轴方向和短轴方向发散角不一致的激光光束;所述激光光束为线偏振光;通过所述光路转换装置将激光光束进行反射,经由波片和聚集采集装置或者经由聚集采集装置和波片将所述光路转换装置反射后的激光光束聚集在放置有样品的焦点处并透射从样品散射回的光束;所述光路转换装置透射从样品散射回的光束;

[0029] 步骤3,所述耦合滤光装置将采集到的光束进行光耦合后将形成的条形光斑聚集在所述光谱仪的狭缝处;

[0030] 上述光谱探测方法还具有以下特点:

[0031] 所述波片为四分之一波片,所述波片的快轴方向角 θ 与所述激光光束的线偏振方向角成正45度角或负45度角。

[0032] 上述光谱探测方法还具有以下特点:

[0033] 所述使激光光束经由波片透射到所述光路转换装置处包括:使激光光束经由波片和净化滤光片或者经由净化滤光片和波片透射到所述光路转换装置处。

[0034] 上述光谱探测方法还具有以下特点:

[0035] 所述步骤2和步骤3之间还包括:陷波滤光片接收光路转换装置透射的光束并透射输出至所述耦合滤光装置。

[0036] 本发明采用与狭缝方向平行的非轴对称空间条形光斑输出模式的激光器设计,使激光长轴方向和短轴方向的发散角与狭缝匹配,使汇聚后同样能量的激光能量由圆形区域分布变为条形区域分布,并且对激光光束进行消极化处理,可以提高光谱仪耦合效率,提高系统采集效率;降低器件及仪器的成本,提高系统的容差性能;降低汇聚激光光斑的功率密度,防止热积累和样品灼烧;采样范围更大,更适合对固体混合物样品及稀疏样品的采样;同时本发明中消极化成本低,对激光光束的尺寸无要求,损伤阈值高。

附图说明

[0037] 图1是自然光、垂直线偏振光和右旋圆偏振的偏振光和一种椭圆偏振光在空间平面内的振动方向示意图;

[0038] 图2是实施例一中消极化偏振拉曼探头的结构图;

[0039] 图3是实施例二中消极化偏振拉曼探头的结构图;

[0040] 图4是实施例三中消极化偏振拉曼探头的结构图;

[0041] 图5是实施例四中消极化偏振拉曼探头的结构图;

[0042] 图6是实施例五中消极化偏振拉曼探头的结构图;

[0043] 图7是实施例六中消极化偏振拉曼探头的结构图;

- [0044] 图8是实施例七中消极化偏振拉曼探头的结构图；
[0045] 图9是实施例八中光谱探测方法的流程图；
[0046] 图10是实施例九中光谱探测方法的流程图。

具体实施例

[0047] 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。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。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0048] 由于圆偏振光可以分解成相位延迟相差为 $(n+1/4)\lambda$ 的任意两个相互垂直的等强度偏振光的叠加，其中 λ 为激光波长，其电矢量（即强度）大小保持不变，而极化方向随时间变化，变化的周期为其相应的电磁波周期，而光的周期 $T=\lambda/c$ 极小（约 $10^{-14}\sim 10^{-16}s$ ），其中 c 为光速，在拉曼的采样周期内（ms到s级），经历了大于 10^{10} 个偏振周期，故拉曼采样偏振的极化能被消除，达到和自然光等同的效果。图1是自然光、垂直线偏振光和右旋圆偏振的偏振光和一种椭圆偏振光在空间平面内的振动方向示意图。光的偏振状态可以stokes矩阵完全表示， $S=[S_0, S_1, S_2, S_3]^T$ ，以上四种偏振状态的归一化stokes参量分别为 $[1, 0, 0, 0]^T$ 、 $[1, -1, 0, 0]^T$ 、 $[1, 0, 0, 1]^T$ 、 $[1, 0.2, 0.5, 0.842]^T$ ，本发明通过加入偏振调制器件，将特定偏振状态的原始入射激光光束调制成圆偏振光，能得到等同自然光的消极化偏振拉曼探测效果。本发明中的偏振调制器件典型的采用波片，波片作为常用光学元件制造成本低，并且对激光光束的尺寸无要求，且损伤阈值高。

[0049] 实施例一

[0050] 图2是实施例一中消极化偏振拉曼探头的结构图。消极化偏振拉曼探头包括：空间输出激光器1、光路转换装置2、聚集采集装置3、耦合滤光装置4、光谱仪5、波片6。

[0051] 空间输出激光器1用于输出长轴方向和短轴方向发散角不一致的激光光束；此激光光束为线偏振光；激光器1可以是空间条形光斑输出激光器。

[0052] 光路转换装置2设置于空间输出激光器1输出激光光束的输出光路上，用于对激光光束进行反射；

[0053] 聚集采集装置3以垂直于光路转换装置2反射的激光光束的方式设置于光路转换装置2的一侧，用于聚集光路转换装置2反射后的光束；

[0054] 耦合滤光装置4以垂直于光路转换装置2透射的激光光束的方式设置于光路转换装置2的另一侧，用于将采集到的光束进行光耦合后输入至光谱仪5；

[0055] 波片6设置于空间输出激光器1和光路转换装置2之间的光路上。具体的：波片6以垂直于空间输出激光器1输出的激光光束的方式设置于空间输出激光器1和光路转换装置2之间。

[0056] 波片为四分之一波片，所述波片的快轴方向角 θ 与所述激光光束的线偏振方向角成正45度角或负45度角，用于将线偏振光转换成右旋或左旋圆偏振光。

[0057] 实施例二

[0058] 图3是实施例二中消极化偏振拉曼探头的结构图。实施例二与实施例一的不同之

处是,消极化偏振拉曼探头还包括以垂直于空间输出激光器1输出的激光光束的方式设置于空间输出激光器1和光路转换装置2之间的净化滤光片7,净化滤光片7可以净化激光波长成分,滤除杂光干扰。波片6以垂直于空间输出激光器1输出的激光光束的方式设置于空间输出激光器1和净化滤光片7之间,或者,波片6以垂直于空间输出激光器1输出的激光光束的方式设置于净化滤光片7与光路转换装置2之间。

[0059] 实施例三

[0060] 图4是实施例三中消极化偏振拉曼探头的结构图。实施例三与实施例二的不同之处是,消极化偏振拉曼探头还包括设置于光路转换装置2和耦合滤光装置4之间的陷波滤光片8,此陷波滤光片8用于阻隔采集回来的瑞丽散射散射光,用于消除干扰波段的杂散光信号。

[0061] 下面说明消极化偏振拉曼探头的另一种构成方式。实施例一、二、三中波片6设置于空间输出激光器1和光路转换装置2之间的光路上,而下述实施例中波片6设置于光路转换装置2和聚集采集装置3的焦点之间的光路上。

[0062] 实施例四

[0063] 图5是实施例四中消极化偏振拉曼探头的结构图。实施例五中,波片6以垂直于光路转换装置2的反射激光光束的方式设置于光路转换装置2和聚集采集装置3之间。

[0064] 实施例五

[0065] 图6是实施例五中消极化偏振拉曼探头的结构图。实施例五与实施例四的不同之处是,消极化偏振拉曼探头还包括以垂直于空间输出激光器1输出的激光光束的方式设置于空间输出激光器1和光路转换装置2之间的净化滤光片7和/或设置于光路转换装置2和耦合滤光装置4之间的陷波滤光片8。

[0066] 实施例六

[0067] 图7是实施例六中消极化偏振拉曼探头的结构图。实施例六中波片6设置于聚集采集装置3的光束汇聚侧。

[0068] 实施例七

[0069] 图8是实施例七中消极化偏振拉曼探头的结构图。实施例七与实施例六的不同之处是,消极化偏振拉曼探头还包括以垂直于空间输出激光器1的激光光束的方式设置于空间输出激光器1和光路转换装置2之间的净化滤光片7和/或设置于光路转换装置2和耦合滤光装置4之间的陷波滤光片8。

[0070] 上述实施例中,波片6用于将线偏振光或椭圆偏振光转换成右旋或左旋圆偏振光。光路转换装置2典型的为二向色性边缘滤光片,用于反射激光并透射信号光。聚集采集装置3典型的为聚焦采集透镜,用于将激光汇聚至样品出,同时采集样品反射的光信号光并准直成平行光。耦合滤光装置4典型的为耦合透镜,用于将采集到的信号光耦合进光谱仪。

[0071] 实施例八

[0072] 图9是实施例八中光谱探测方法,对应于实施例一中消极化偏振拉曼探头光谱探测方法包括:

[0073] 步骤901,在聚集采集装置3的焦点处放置样品;

[0074] 步骤902,使用空间输出激光器1输出长轴方向和短轴方向发散角不一致的激光光束;所述激光光束为线偏振光;使激光光束经由波片6透射到光路转换装置2处;通过光路转

换装置2将激光光束反射到聚集采集装置3,聚集采集装置3将光路转换装置2反射后的光束聚集在放置有样品的焦点处并采集从样品散射回的光束;光路转换装置2透射从聚集采集装置3透射回的光束;

[0075] 步骤903,耦合滤光装置4将采集到的光束进行光耦合后将形成的条形光斑聚集在光谱仪5的狭缝处。

[0076] 所述波片6为四分之一波片,所述波片6的快轴方向角 θ 与所述激光光束的线偏振方向角成正45度角或负45度角,用于将线偏振光转换成右旋或左旋圆偏振光。

[0077] 对应于实施例二和实施例三中消极化偏振拉曼探头,步骤2中,使激光光束经由波片6透射到光路转换装置2处包括:使激光光束经由波片6和净化滤光片7或者经由净化滤光片7和波片6透射到光路转换装置2处。

[0078] 实施例九

[0079] 图10是实施例九中光谱探测方法,对应于实施例四、六中消极化偏振拉曼探头,此光谱探测方法包括:

[0080] 步骤1001,在聚集采集装置3的焦点处放置样品;

[0081] 步骤1002,使用空间输出激光器1长轴方向和短轴方向发散角不一致的激光光束;所述激光光束为线偏振光;通过光路转换装置2将激光光束进行反射,经由波片6和聚集采集装置3或者经由聚集采集装置3和波片6使聚集采集装置将所述光路转换装置2反射后的光束聚集在放置有样品的焦点处并透射从样品散射回的光束;光路转换装置2透射从样品散射回的光束;

[0082] 步骤1003,耦合滤光装置4将采集到的光束进行光耦合后将形成的条形光斑聚集在光谱仪5的狭缝处。

[0083] 对应于上述实施例中包括陷波滤光片8的消极化偏振拉曼探头,上述方法实施例中的方法还包括:陷波滤光片8接收光路转换装置2透射的光束并透射输出至耦合滤光装置4。

[0084] 本发明采用与狭缝方向平行的非轴对称空间条形光斑输出模式的激光器设计,使激光长轴方向和短轴方向的发散角与狭缝匹配,使汇聚后同样能量的激光能量由圆形区域分布变为条形区域分布,并且对激光光束进行消极化处理,可以提高光谱仪耦合效率,提高系统采集效率;降低器件及仪器的成本,提高系统的容差性能;降低汇聚激光光斑的功率密度,防止热积累和样品灼烧;采样范围更大,更适合对固体混合物样品及稀疏样品的采样。本发明的方案可以有效对激光光束进行消极化处理,并且成本低,对激光光束的尺寸无要求,损伤阈值高。

[0085] 上面描述的内容可以单独地或者以各种方式组合起来实施,而这些变型方式都在本发明的保护范围之内。

[0086] 需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0087] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,仅仅参照较佳实施例对本发

明进行了详细说明。本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

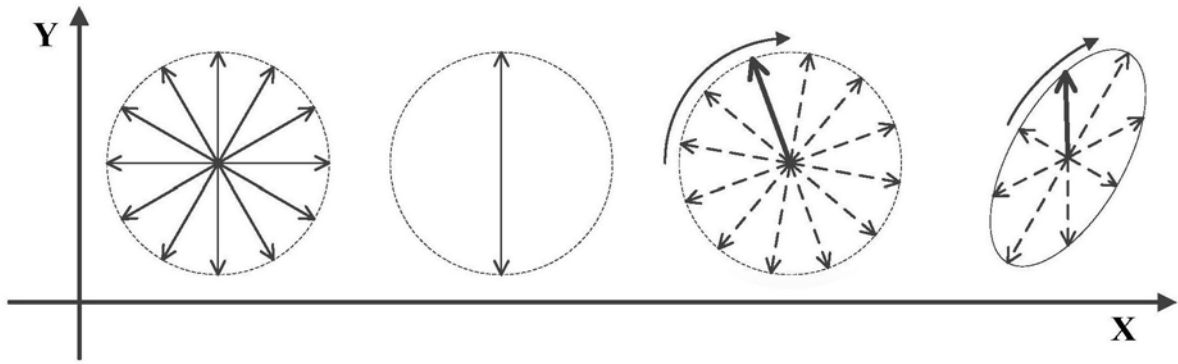


图1

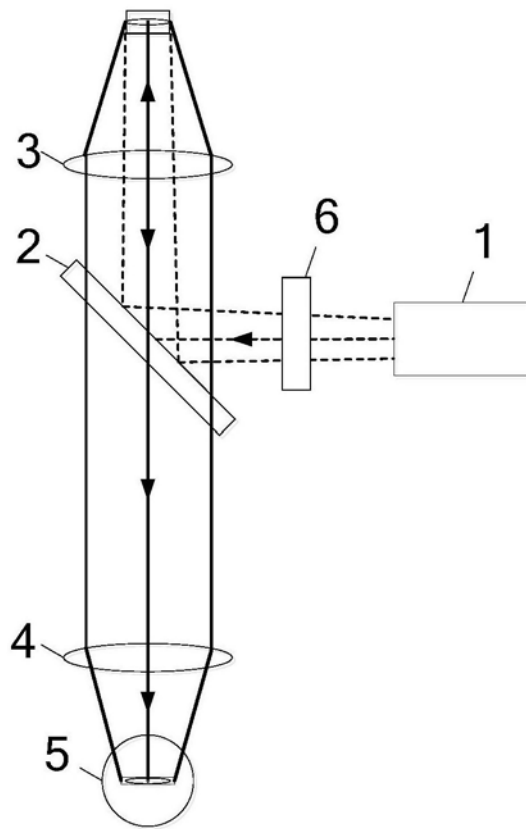


图2

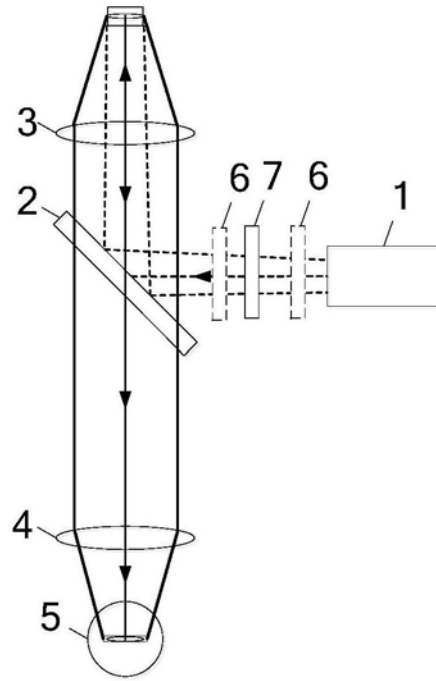


图3

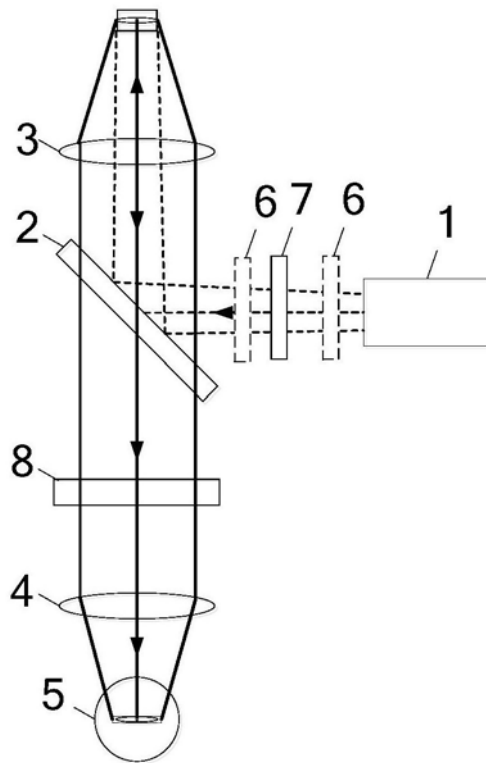


图4

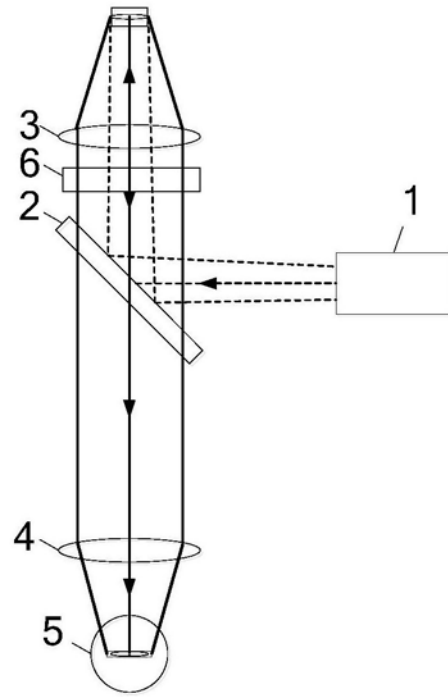


图5

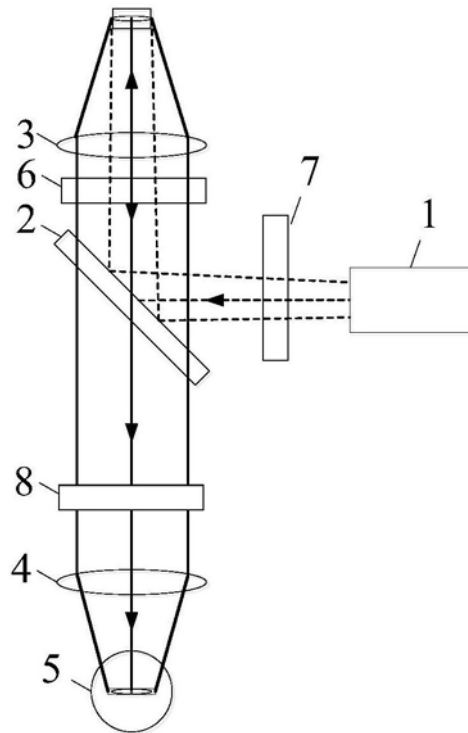


图6

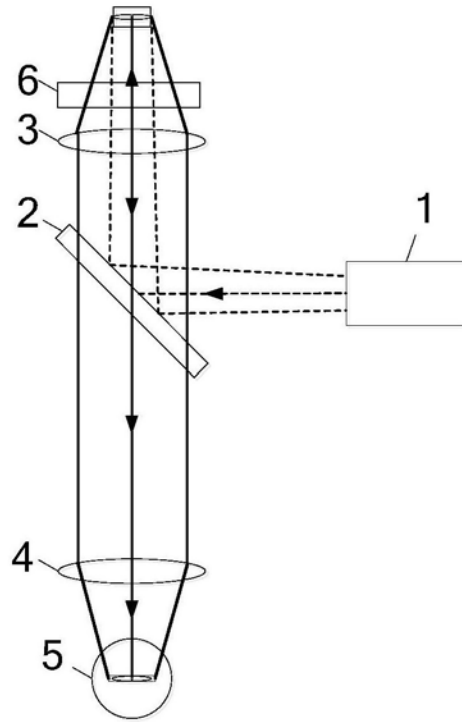


图7

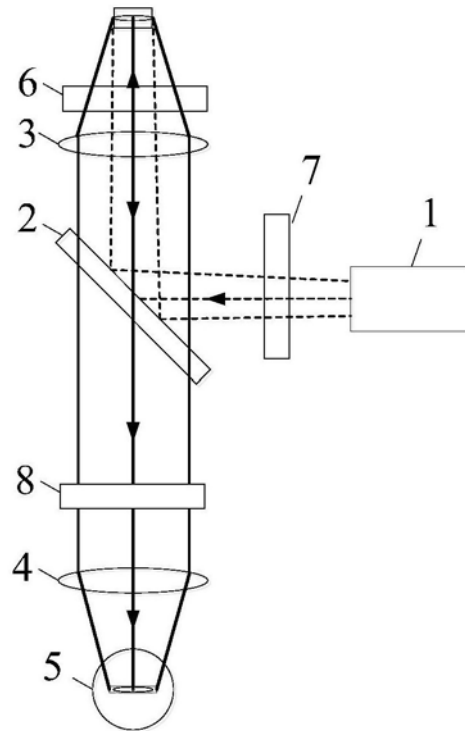


图8

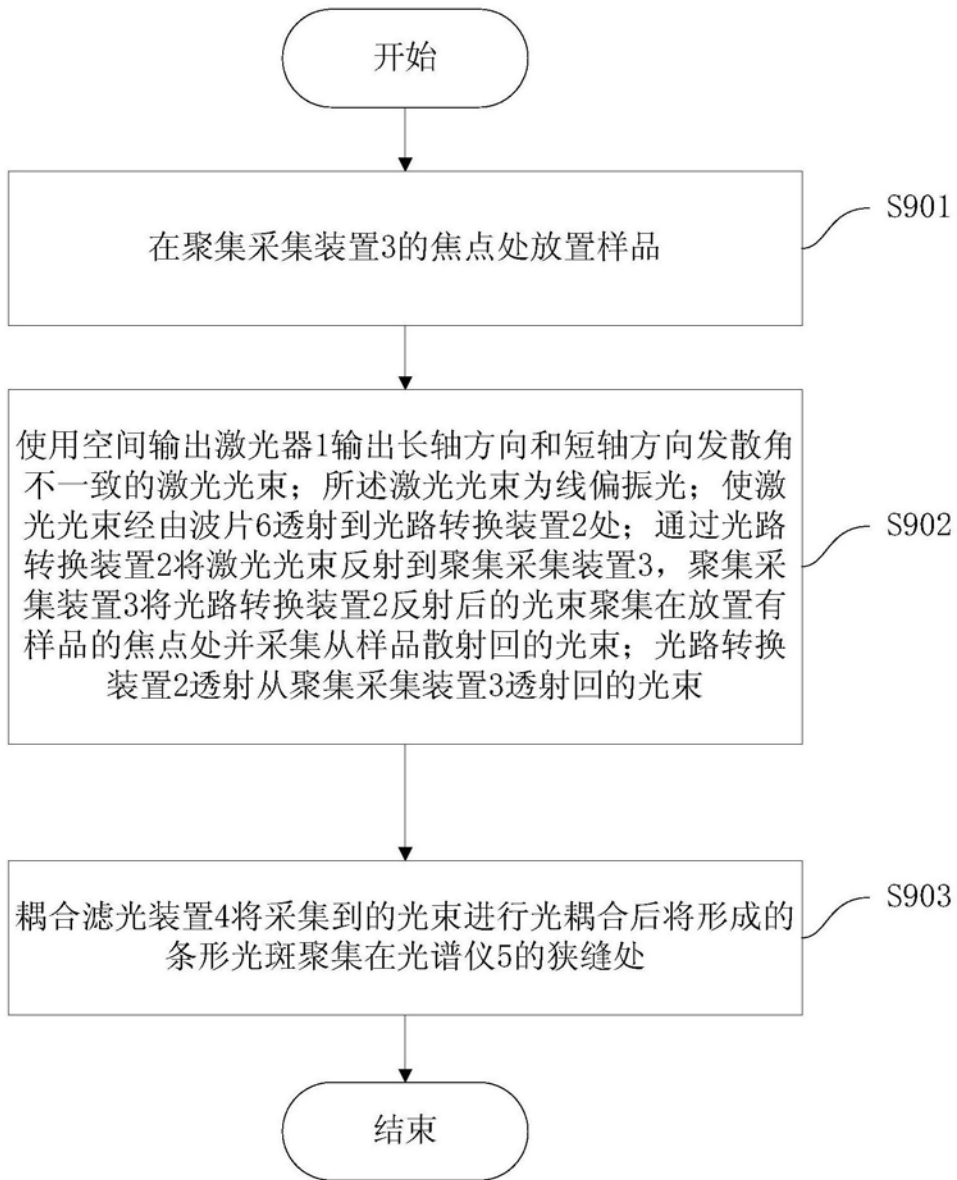


图9

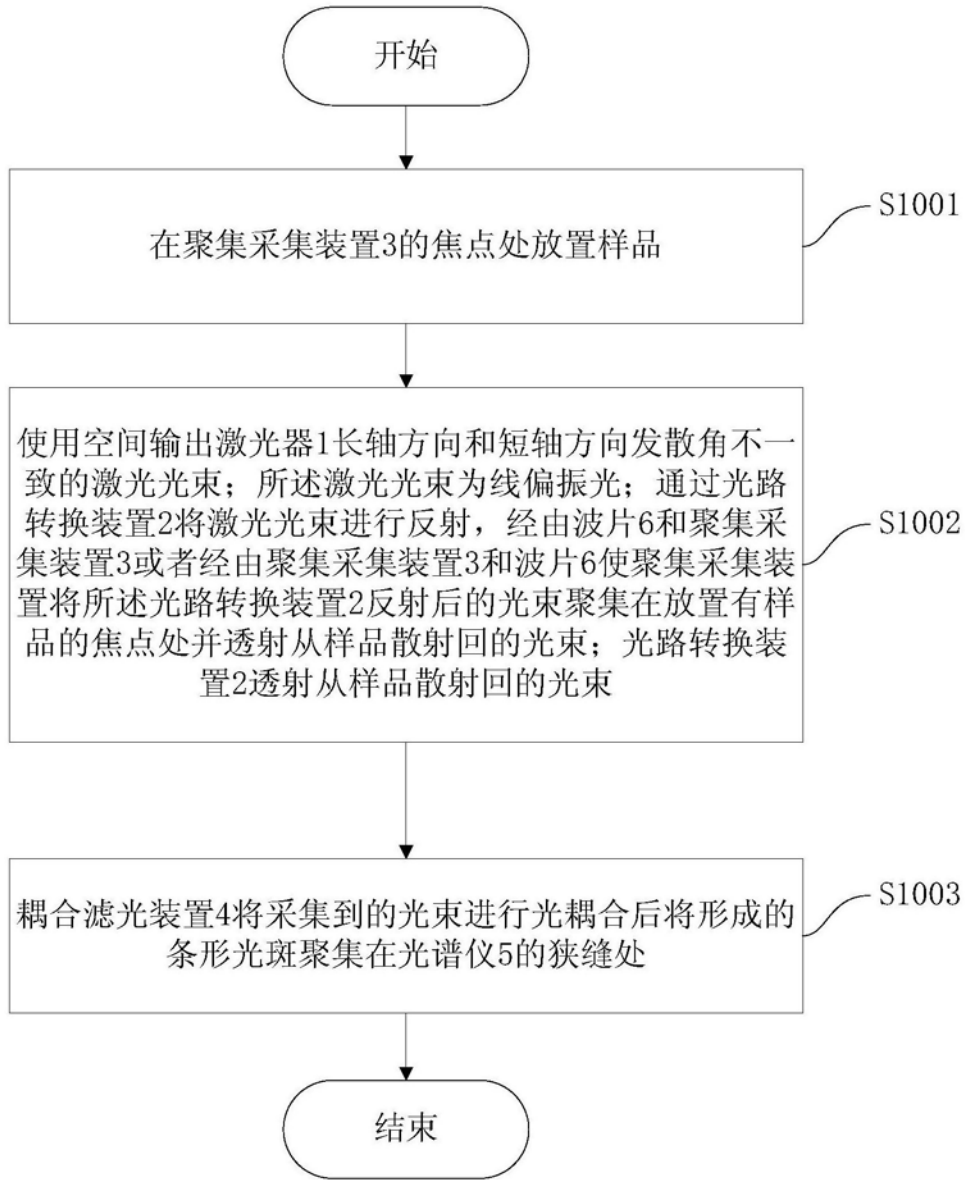


图10