(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 109211803 A
(43)申请公布日 2019.01.15

(21)申请号 201811081095.9

(22)申请日 2018.09.17

(71)申请人 中国科学院生态环境研究中心
地址 100084 北京市海淀区双清路18号

(72)发明人 郭宝元 郝伟玉 周益奇 焦蒙 王会利 查金苗

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
代理人 徐宁 刘美丽

(51)Int.Cl.
G01N 21/25(2006.01)
G01N 21/31(2006.01)
G01N 21/33(2006.01)
G01N 21/359(2014.01)

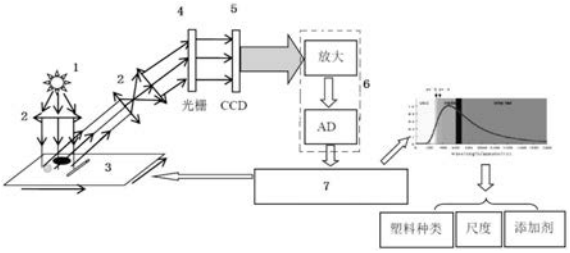
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置

(57)摘要

本发明涉及一种基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置，该装置包括多光谱光源、光学准直系统、显微物镜、电动载物台、分光系统、CCD图像采集装置、数据处理装置和计算机；多光谱光源发出的宽波长光源通过第一光学准直系统准直成平行光；显微物镜聚焦用于聚焦平行光到电动载物台上放置的微塑料样品；第二光学准直系统用于对经微塑料样品漫反射的多光谱信号进行准直；分光系统用于将第二光学准直系统准直后的多光谱信号分成紫外光谱、可见光谱和红外光；CCD图像采集装置用于采集三种光谱信号并发送到数据处理装置；数据处理装置用于将采集的信号进行放大和AD转换后发送到计算机进行分析比对。



CN 109211803 A

1.一种基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置,其特征在于,该装置包括多光谱光源、第一光学准直系统、第二光学准直系统、显微物镜、电动载物台、分光系统、CCD图像采集装置、数据处理装置和计算机;

所述多光谱光源采用能够涵盖紫外、可见和近红外波段的宽波长光源,所述多光谱光源发出的宽波长光源通过所述第一光学准直系统准直成平行光;

所述显微物镜聚焦用于聚焦平行光到所述电动载物台上放置的微塑料样品;

所述第二光学准直系统用于对经微塑料样品漫反射的多光谱信号进行准直;

所述分光系统用于将所述第二光学准直系统准直后的多光谱信号分成紫外光谱、可见光谱和红外光谱;

所述CCD图像采集装置用于采集三种光谱信号并发送到所述数据处理装置;

所述数据处理装置用于将采集的信号进行放大和AD转换后发送到所述计算机进行分析比对,完成微塑料样品的识别。

2.根据权利要求1所述的基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置,其特征在于,所述计算机内设置有电动载物台控制模块、样品数据库和光谱信息比对模块:

所述电动载物台控制模块用于发送信号控制所述电动载物台的移动并记录移动轨迹;

所述样品数据库设置有常见的塑料以及常见塑料添加剂、抗氧化剂、抗紫外线剂、成核剂、抗静电剂、增塑剂的紫外、红外、可见光谱信息和根据数据库信息构建的光谱分析预测模型;

所述光谱信息比对模块用于获取所述待测微塑料的光谱信息,根据构建的样品数据库和光谱分析模型获得待测微塑料的种类、色素、添加剂、表面吸附修饰状况信息;并比对该测样点和相邻测样点的相似度,若相似度大于设定值,则认为该测样点与相邻测样点属于同一个微塑料颗粒,根据相邻测样点的间距和移动轨迹信息,估算待测微塑料样品的粒径和长度信息。

3.根据权利要求2所述的基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置,其特征在于,光谱分析预测模型的构建过程为:

1)采用正交信号校正预处理技术对选取的若干个已知样本的光谱进行预处理;

2)采用SPXY方法选取建模样本和预测样本;

3)选用遗传算法对选取的样本进行特征波长提取;

4)采用最小二乘支持向量机构建光谱分析预测模型;

5)采用相关系数、相对分析误差和均方根误差对构建的光谱分析预测模型进行评价。

4.根据权利要求1～3任一项所述的基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置,其特征在于,所述多光谱光源采用卤钨灯。

5.根据权利要求1～3任一项所述的基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置,其特征在于,所述分光系统采用平面反射式光栅单色仪。

6.根据权利要求1～3任一项所述的基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置,其特征在于,所述数据处理装置包括放大器和AD转换器,所述放大器用于对接收的所述CCD图像采集装置的信号进行放大,所述AD转换器用于对放大的信号进行AD转换,并将AD转换后的信号发送到所述计算机。

一种基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置

技术领域

[0001] 本发明是关于一种基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置，涉及环境监测及环境介质中微塑料的检测技术领域。

背景技术

[0002] 塑料制品的广泛应用给人们带来了极大的便利。但是，被废弃的塑料产品会长时间积累在环境中，受物理、化学作用破碎成小的塑料碎片，而且能够进行远距离迁移，一部分塑料废弃物在风力、降水、河流流动等作用下进入海洋环境，经阳光辐射、生物侵蚀、潮汐和海浪冲刷等物理作用下破碎成更小的碎片。现有技术将这些尺寸大小在1nm至5mm的塑料材质纤维、颗粒和碎片定义为微塑料。微塑料在海洋环境中广泛分布，由于其较大的比表面积，更易吸附有机污染物和重金属。同时，微塑料容易被海洋生物摄取，造成危害。微塑料正逐渐成为一种新型的环境污染物引起人们广泛的关注。

[0003] 开展微塑料的污染状况研究，需要对环境介质中微塑料的存在进行检测，后续的研究需要对微塑料进行定性分析，以获取微塑料污染的具体信息。目前国内外就塑料种类判别的方法主要有传统物化法和新型无损检测法，传统物化方法根据外观、密度、燃烧以及溶解度特性对塑料种类加以判别，通常使用的方法有外观判别法、密度判别法、溶解度法、热解法、燃烧判别、双重热分析法，上述方法均存在不同的缺点，导致难以大量推行。微塑料的新型定性分析通常使用扫描电镜、电子显微镜扫描、红外光谱、拉曼光谱、热解吸气相色谱-质谱等，这些设备适用于室内分析，普遍存在分析成本较高，分析环境条件要求较高的问题，难以用于采样现场的快速检测。

[0004] 塑料组成单体种类、加工工艺和添加剂成分及含量不同，其性能特征有着较为明显的差异。光谱分析技术是根据物质具有吸收、发射和散射光谱谱系的特征，来测定其性质、结构或含量的一类分析技术，具有灵敏、快速、准确、简便等优点。现有技术缺乏一种高效简单、准确率高、成本低的微塑料分离、纯化、定量方法，成为微塑料环境分布和毒理学相关研究的瓶颈。因此，只有优先发展新型的微塑料分离纯化和定量分析方法，才能够理解微塑料在环境中和生物体内的存在、迁移及转化过程。

发明内容

[0005] 针对上述问题，本发明的目的是提供一种灵敏度高，简单易行，抗干扰能力强且检测效率高的基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置。

[0006] 为实现上述目的，本发明采取以下技术方案：一种基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置，其特征在于，该装置包括多光谱光源、第一光学准直系统、第二光学准直系统、显微物镜、电动载物台、分光系统、CCD图像采集装置、数据处理装置和计算机；所述多光谱光源采用能够涵盖紫外、可见和近红外波段的宽波长光源，所述多光谱光源发出的宽波长光源通过所述第一光学准直系统准直成平行光；所述显微物镜聚焦用于聚焦平行光到所述电动载物台上放置的微塑料样品；所述第二光学准直系统用于对经微塑料样品漫

反射的多光谱信号进行准直;所述分光系统用于将所述第二光学准直系统准直后的多光谱信号分成紫外光谱、可见光谱和红外光谱;所述CCD图像采集装置用于采集三种光谱信号并发送到所述数据处理装置;所述数据处理装置用于将采集的信号进行放大和AD转换后发送到所述计算机进行分析比对,完成微塑料样品的识别。

[0007] 进一步地,所述计算机内设置有电动载物台控制模块、样品数据库和光谱信息比对模块:所述电动载物台控制模块用于发送信号控制所述电动载物台的移动并记录移动轨迹;所述样品数据库设置有常见的塑料以及常见塑料添加剂、抗氧化剂、抗紫外线剂、成核剂、抗静电剂、增塑剂的紫外、红外、可见光谱信息和根据数据库信息构建的光谱分析预测模型;所述光谱信息比对模块用于获取所述待测微塑料的光谱信息,根据构建的样品数据库和光谱分析模型获得待测微塑料的种类、色素、添加剂、表面吸附修饰状况信息;并比对该测样点和相邻测样点的相似度,若相似度大于设定值,则认为该测样点与相邻测样点属于同一个微塑料颗粒,根据相邻测样点的间距和移动轨迹信息,估算待测微塑料样品的粒径和长度信息。

[0008] 进一步地,光谱分析预测模型的构建过程为:

[0009] 1)采用正交信号校正预处理技术对选取的若干个已知样本的光谱进行预处理;

[0010] 2)采用SPXY方法选取建模样本和预测样本;

[0011] 3)选用遗传算法对选取的样本进行特征波长提取;

[0012] 4)采用最小二乘支持向量机构建光谱分析预测模型;

[0013] 5)采用相关系数、相对分析误差和均方根误差对构建的光谱分析预测模型进行评价。

[0014] 进一步地,所述多光谱光源采用卤钨灯。

[0015] 进一步地,所述分光系统采用平面反射式光栅单色仪。

[0016] 进一步地,所述数据处理装置包括放大器和AD转换器,所述放大器用于对接收的所述CCD图像采集装置的信号进行放大,所述AD转换器用于对放大的信号进行AD转换,并将AD转换后的信号发送到所述计算机。

[0017] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:1、本发明将光谱技术应用于微塑料检测领域,利用不同微塑料反射光谱的不同,与之前建立的样品光谱库进行比对,达到快速检测的目的,具有灵敏度高,简单易行,抗干扰能力强,检测效率高等特点。2、本发明的整个检测过程,抗干扰能力强,检测结果可信度高,测量快速简便,成本低,适用范围广,可以用于室外环境的测量。

附图说明

[0018] 图1是本发明的基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置原理示意图。

具体实施方式

[0019] 以下结合附图来对本发明进行详细的描绘。然而应当理解,附图的提供仅为了更好地理解本发明,它们不应该理解成对本发明的限制。

[0020] 如图1所示,本发明提供的基于显微多光谱技术对微塑料进行快速识别的装置,包括多光谱光源1、光学准直系统2、显微物镜(图中未示出)、电动载物台3、分光系统4、CCD图

像采集装置5、数据处理装置6和计算机7。

[0021] 多光谱光源1采用波长在200nm～2500nm能够涵盖紫外、可见和近红外波段的宽波长光源，多光谱光源1发出的宽波长光源通过光学准直系统2准直成平行并经显微物镜聚焦放置有待测微塑料样品的电动载物台3，经微塑料样品漫反射的多光谱信号经光学准直系统2准直成平行光并发射到分光系统4，分光系统4用于将多光谱信号分成紫外光谱、可见光谱和红外光谱，分光后的三种光谱信号经CCD图像采集装置5采集并发送到数据处理装置6，数据处理装置6用于将采集的信号进行放大和AD转换后发送到计算机7进行分析比对，快速识别微塑料样品。其中，计算机7还连接电动载物台3，计算机7控制电动载物台3进行连续移动并能够记录电动载物台3的运动轨迹，实现对微塑料样品的自动扫描。

[0022] 在一个优选的实施例中，多光谱光源1可以采用卤钨灯。

[0023] 在一个优选的实施例中，光学准直系统2可以采用限制入射光束的入射狭缝和使入射的发散光束变成平行光束的透镜。

[0024] 在一个优选的实施例中，分光系统4可以采用平面反射式光栅单色仪，用于将紫外、可见及红外三个光谱区的复合光分解为单色光。

[0025] 在一个优选的实施例中，数据处理装置6包括放大器和AD转换器，放大器用于对接收的CCD图像采集装置5的信号进行放大，AD转换器用于对放大的信号进行AD转换，并将AD转换后的信号发送到计算机7。

[0026] 在一个优选的实施例中，计算机7内设置有电动载物台控制模块、样品数据库和光谱信息比对模块：

[0027] 电动载物台控制模块用于发送信号控制电动载物台的移动并记录移动轨迹；

[0028] 样品数据库设置有常见的塑料例如聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚苯乙烯、尼龙塑料、聚对苯二甲酸乙二醇脂、聚氯乙烯、聚甲基丙烯酸酯和PC等，以及常见塑料添加剂、抗氧化剂、抗紫外线剂、成核剂、抗静电剂、增塑剂等物质的紫外、红外、可见光谱信息和根据数据库信息构建的光谱分析预测模型。

[0029] 光谱信息比对模块用于获取待测微塑料的光谱信息，采用OSC的预处理技术对待测样本光谱进行预处理，采用主成分分析与马氏距离相结合的方法剔除异常样本，根据构建的样品数据库和光谱分析模型获得待测微塑料的种类、色素、添加剂、表面吸附修饰状况等信息；由于连续测样，比对该测样点和相邻测样点的相似度，若相似度大于90％，则认为该测样点与相邻测样点属于同一个微塑料颗粒，根据相邻测样点的间距和移动轨迹信息，估算微塑料的粒径和长度等信息。

[0030] 在一个优选的实施例中，光谱分析预测模型构建的具体方法：

[0031] 1)光谱预处理

[0032] 本实施例采用OSC(正交信号校正，Orthogonal Signal Correction)的预处理技术对254个已知样本的光谱进行预处理，减少噪声，样本数的选择以此为例，可以根据实际需要进行选择。

[0033] 2)建模集样本选择

[0034] 考虑到所要预测的组分变量的性质变化的影响，采用SPXY方法选取建模样本，本实施例采用SPXY((Sample Set Partitioning based on Joint x-y Distances)方法选取178个样本作为建模集，剩下76个样本作为预测集，该方法基于样本光谱变量之间的欧氏距

离，在样本特征空间中均匀选取建模样本，两个样本之间的欧式距离计算公式为：

[0035] $$d_{xy}(i,j)=\frac{d_x(i,j)}{max_{i,j\in(1,z)[d_x(i,j)]}}+\frac{d_y(i,j)}{max_{i,j\in(1,z)[d_y(i,j)]}}$$

[0036] 式中，$d_x(i,j)$是样本光谱变量之间的欧氏距离；$d_y(i,j)$是样本组分性质之间的欧氏距离，z是选择建模集总样本数，i、j是需要比较的两个样本。

[0037] 3)特征波长提取

[0038] 采用全波长建立模型，会大大增加模型的复杂度和计算负担，同时降低模型的预测精度，引入无关变量和共线性变量。因此，本发明选用遗传算法来进行特征波长提取。遗传算法是一种自适应的全局概率搜索算法，借鉴了生物界自然选择和遗传机制，通过选择、交叉和突变，不断淘汰较差的变量，保留较好的变量，最终达到最优的结果。

[0039] 4)建立光谱分析预测模型

[0040] 本发明采用最小二乘支持向量机(Least Squares-Support Vector Machine，LS-SVM)构建光谱分析预测模型，其原理是在函数拟合的同时把数据从低维向高维映射，然后在有等式约束的高维空间中根据最小化损失函数求解，最终获得线性拟合函数，具体过程为：

[0041] 假设训练样本集$D=\{(x_k,y_k)\mid k=1,2,\cdots,N\}$，$x_k\in R^n$，$y_k\in R$，$x_k$是输入数据，$y_k$是输出数据。在权ω空间中的函数估计问题就转化成下列公式求导：

[0042] $$min\,J(\omega,e)=\frac{1}{2}\omega^T\omega+\frac{1}{2}\gamma\sum_{k=1}^{N}e_k^2$$

[0043] 约束条件为：$y_k=\omega^T\varphi(x_k)+b+e_k,k=1,2,\cdots,N.$

[0044] 其中，$\varphi(x):R^n\rightarrow R^{nk}$为核空间映射函数，γ为惩罚系数，$e_k$为误差变量，b是偏差量，损失函数J是SSE误差和规则化量之和。

[0045] 根据上式，可定义拉格朗日函数：

[0046] $$L(\omega,b,e;a)=J(\omega,e)-\sum_{k=1}a_k\{\omega^T\varphi(x_k)+b+e_k-y_k\}$$

[0047] 式中，拉格朗日函数乘子$a_k\in R$被称作支持值。求L对ω，b，e_k，a_k的偏导数等于0，消除ω，e，可得矩阵方程：

[0048] $$\begin{bmatrix}0 & 1_v^T\\ 1_v & \Omega+\frac{1}{\gamma}I\end{bmatrix}\begin{bmatrix}b\\ a\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0\\ y\end{bmatrix}$$

[0049] 其中
$$\begin{cases}x=[x_1;\cdots;x_n]\\ y=[y_1;\cdots;y_n]\\ 1_v=[1;\cdots;1]\\ a=[a_1;\cdots;a_N]\\ \Omega_{kl}=\Psi(x_k,x_l)=\varphi(x_k)^T\varphi(x_l),\ k,l=1,\cdots,N\end{cases}$$

[0050] 根据Mercer条件，存在：

[0051] $$\Psi(x_k,x_l)=\varphi(x_k)^T\varphi(x_l)$$

[0052] 核函数Ψ(x_k,x_l)可采用多项式核、多层感知核、B样条核、RBF核等，最小二乘支持向量机的函数估计为：

[0053] $$y(x)=\sum_{k=1} a_k \Psi(x,x_k)+b$$

[0054] 5)模型评估

[0055] 采用相关系数、相对分析误差和均方根误差对建立的光谱分析预测模型进行性能评价，此为现有技术，在此不做赘述。

[0056] 下面通过具体实施例详细说明本发明的基于显微多光谱技术的微塑料快速识别装置的使用效果，具体过程为：

[0057] 分别准备聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚苯乙烯、尼龙塑料，进行样品数据库建立实验。

[0058] 然后采用已知的微塑料样品进行实验，检验装置的稳定性，重复测试10次，正确识别率为95％，说明装置具有很好的稳定性。

[0059] 将10g不同的塑料颗粒样品进行混合，取1g样品进行检测，重复试验3次，总体识别率达90％。

[0060] 将环境介质中的微塑料样品进行装置检测，鉴别出聚乙烯塑料、聚氯乙烯塑料盒聚丙烯塑料，检测结果与用傅里叶变换红外光谱检测的结果一致，进一步说明本发明装置的可靠性。

[0061] 上述各实施例仅用于说明本发明，其中各部件的结构、连接方式和制作工艺等都是可以有所变化的，凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进，均不应排除在本发明的保护范围之外。

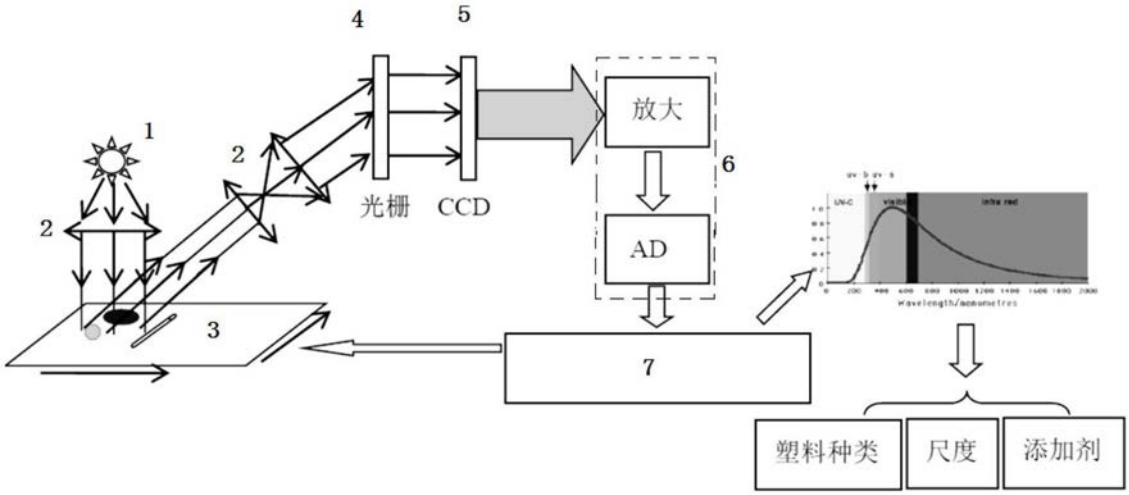


图1