



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107085018 A

(43)申请公布日 2017.08.22

(21)申请号 201710287020.5

(22)申请日 2017.04.27

(71)申请人 浙江清华长三角研究院

地址 314006 浙江省嘉兴市亚太路705号创新大厦9层

(72)发明人 黄灿灿 梁子跃 乔新勇 蔡强

(74)专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224

代理人 胡红娟

(51)Int.Cl.

G01N 27/27(2006.01)

G01N 27/00(2006.01)

G01N 27/64(2006.01)

G01N 1/40(2006.01)

G01D 21/02(2006.01)

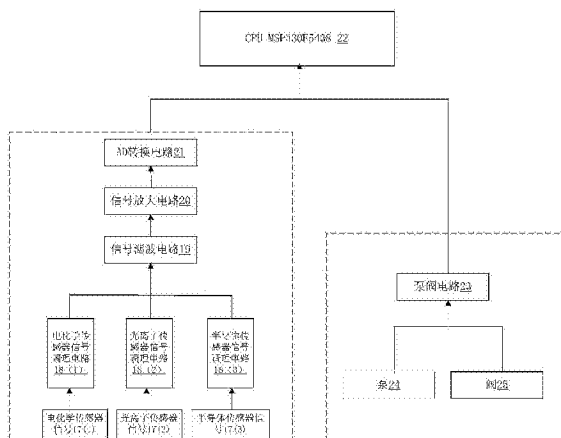
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种用于VOC及恶臭类气体检测的电子鼻系统

(57)摘要

本发明公开了一种用于VOC及恶臭类气体检测的电子鼻系统,其主要包括:对VOC类气体收集的富集系统、一主要把气体信号转化为电信号的气室气路及传感器阵列、一主要对传感器阵列输出信号进行滤波、模数转换、特征提取的信号调理和数据预处理模块、一对信号进行识别和判断的上位机系统。本发明系统采用多气室结构和不同类传感器分气室布局设计,模式识别分类采用遗传算法优化的支持向量机等多种算法模型,系统具有体积小,检测数据准确,系统响应灵敏且兼容性好的特点。



1. 一种用于VOC及恶臭类气体检测的电子鼻系统,其特征在于:包括气体富集模块、气室气路模块、传感器阵列、信号调理预处理模块、嵌入式处理模块和PC机;其中:

所述气体富集模块用于对低浓度气体进行富集;

所述气室气路模块与气体富集模块连接,由气管、泵、电磁阀、转向接头以及气室组成,用于对气体流向进行控制,通过改变泵阀状态完成采气、检测及冲洗过程;

所述传感器阵列与气室气路模块连接,用于对气室中的气体进行采集,并生成相应电信号;

所述信号调理预处理模块用于对传感器阵列所产生的电信号进行调理、滤波以及模数转换后提供给嵌入式处理模块;

所述嵌入式处理模块用于对信号调理预处理模块的输出信号进行处理、显示和存储;

所述PC机搭载有多个分类模型,通过信息融合的模式识别技术对嵌入式处理模块处理后的数据进行识别分类。

2. 根据权利要求1所述的电子鼻系统,其特征在于:所述气体富集模块包含若干三通阀以及待测气体储气瓶,其通过调整三通阀的不同组合控制储气瓶的开关状态,使得待测气体富集后进入气室。

3. 根据权利要求1所述的电子鼻系统,其特征在于:所述传感器阵列包含有电化学传感器、PID传感器以及半导体传感器;其中电化学传感器有3个,分别对氨气、硫化氢和甲醛进行采集;半导体传感器有7个,用于对乙醇、VOC以及有机气体进行采集;PID传感器有1个,用于对DMF等其他污染气体进行采集。

4. 根据权利要求3所述的电子鼻系统,其特征在于:所述气室有三个,分别放置电化学传感器、PID传感器以及半导体传感器;其中放置半导体传感器的气室内还放置有温湿度传感器。

5. 根据权利要求1所述的电子鼻系统,其特征在于:所述信号调理预处理模块包括滤波电路、放大电路和A/D转换电路,传感器阵列将待测气体的成分及浓度转换为电信号后通过滤波电路进行低通滤波,滤波后的电信号再经放大电路适当放大后传输至A/D转换电路进行模数转换,最终使转换后得到的数字信号传输至嵌入式处理模块。

6. 根据权利要求1所述的电子鼻系统,其特征在于:所述嵌入式处理模块包括嵌入式处理器、触控显示电路、数据存储器以及数据传输电路;其中嵌入式处理器通过内置软件程序对信号调理预处理模块的输出信号进行特征提取以及归一化处理,生成关于气体含量、浓度的数据结果;触控显示电路用于对所述数据结果进行显示并接受外部的参数设定;数据存储器用于对所述数据结果进行存储;数据传输电路包括两个传输接口:一个为与信号调理预处理模块通信的串口,另一个为与PC机通信的以太网接口。

7. 根据权利要求1所述的电子鼻系统,其特征在于:所述PC机内部搭载有线性判别式分析算法模型、PCA算法模型、多层感知器神经网络模型、粒子群优化算法模型以及基于遗传算法优化的支持向量机模型,因此有多个模型可供选择,通过信息融合的模式识别技术,能够很好地利用各种传感器收集的信息,提高识别的正确率。

一种用于VOC及恶臭类气体检测的电子鼻系统

技术领域

[0001] 本发明属于气体检测技术领域,具体涉及一种用于VOC及恶臭类气体检测的电子鼻系统。

背景技术

[0002] 大气污染是工业区污染的主要污染之一,其污染源主要是工业生产及采暖用锅炉、污水处理厂、垃圾场等挥发气体,其中VOC(Volatile Organic Compounds,挥发性有机化合物)是主要的大气污染物,是空气中三种有机污染物(多环芳烃、挥发性有机物和醛类化合物)中影响较为严重的一种。目前VOC的检测主要集中于室内环境的评价,多采用热解析/毛细管气相色谱法(ISO16017-1,GB50325-2006)以及在此基础上发展的GC/MS等方法。而基于光离子化检测技术(PID)的便携式VOC检测仪由于可以快速测定VOC大致浓度,也有较广泛的应用。仪器分析法一般分析费用较高,分析时间也比较长,不适于现场使用。PID检测技术需要昂贵的真空UV灯管和精密的检测室设计,通常UV灯管的寿命较短,性价比较低。

[0003] 电子鼻是一种模拟生物嗅觉工作原理的新颖仿生检测仪器,通常由交叉敏感的化学传感器阵列和适当的模式识别算法组成,可用于检测、分析和鉴别简单或复杂气味。从Persaud和Dodd的开创性工作至今,它以快速、简单、客观和廉价的特点,已经在食品加工、公共安全和医学诊断等诸多领域得到了广泛的应用。第一个真正的电子鼻是由Wilkins和Hatman在1964年利用气体分子在电极上的氧化-还原反应研制的,这是关于电子鼻的最早报道。1965年,Buck和Dravieks等分别利用气味调制电导和气味调制接触电势的原理研制了电子鼻。1982年,英国Warwick大学的Persaud等人提出气体传感器阵列的概念,他们的电子鼻系统包括气敏传感器阵列和模式识别系统两部分,其中传感器阵列部分由三个半导体传感器组成;这一简单的系统可以分辨桉树脑、玫瑰油、丁香牙油等挥发性化学物质的气味。

[0004] 国内对电子鼻的研究起步较晚,但也取得骄人的成果;张红梅、王俊等人采用8个金属氧化物传感器(分别为:MQ-3、TGS822、MQ-7、TGS800、TGS824、TGS813、TGS880、TGS825)及相关信号调理电路和结合BP网络算法的PC软件组成的电子鼻系统,用于检测谷物霉变程度。吉林大学生物与农业工程学院的孙永海采用日本Figaro公司生产的TGS822、TGS825、TGS826、TGS832、TGS2611气敏传感器及其调理电路结合遗传算法优化的组合径向基函数神经网络构成的电子鼻系统,用于肉品品质的检测。

[0005] 目前,为了改变传统传感器体积大、重量大、成本高的情况,全球的产业界正在积极推动传感器的小型化发展;在精密加工、微电子等技术的支撑下,传感器敏感元件的尺寸正在从微米级走向毫米级甚至纳米级。同时,集成技术的快速发展也助推了传感器的小型化趋势,将微小的敏感元件、信号处理器、数据处理装置封装在一块芯片上的集成传感器技术正在不断演进,帮助传感器“一瘦再瘦”,为研究便携式的电子鼻系统奠定基础。

[0006] 随着传感器技术的发展和微处理器的处理能力的增强,使得开发便携式的气体检测仪器变的越来越容易实现。J.Getino等人的基于一只锡氧化物的VOC检测,采用的是主

成分分析和人工神经网络算法,人工神经网络正确率达到71%;田秀英等人的基于PCA方法的带鱼和肉类新鲜度的电子鼻系统,采用半导体传感器阵列检测在5,10,15℃条件下,TVBN(挥发性盐基总氮)的含量,采用PCA算法对不同天数的鱼和肉进行了分类;Z.Haddi等人的大麻类药物识别的电子鼻系统,采用6个半导体传感器对5种药物进行分类,采用了非监督模型PCA和监督模型SVM(支持向量机),SVM分类正确率为98.5%;西安理工大学的许燕文介绍了一种基于DSP TMS320C6713的便携式电子鼻系统,系统中使用个8个TGS系列半导体传感器,结合BP神经网络,能够实验对苹果新鲜度的判断;L.C.Wang等介绍了一种基于FPGA的便携式电子鼻系统,采用炭黑导电聚合物传感器和PCA算法,能实现对3种气体的区分。

[0007] 但总体来讲,目前电子鼻检测技术仍存在以下不足:(1)体积较大,不便于携带到现场和移动测试;(2)采用的数据分类模型单一且不能达到很高的分类准确率;(3)传感器的种类单一,造成所获取的信息量单一不利于分析;(4)成本高。

发明内容

[0008] 鉴于上述,本发明提供了一种用于VOC及恶臭类气体检测的电子鼻系统,其具有多类传感器以及多个模型,能够很好地利用各种传感器收集的信息,提高气体识别的准确率。

[0009] 一种用于VOC及恶臭类气体检测的电子鼻系统,包括气体富集模块、气室气路模块、传感器阵列、信号调理预处理模块、嵌入式处理模块和PC机;其中:

[0010] 所述气体富集模块用于对低浓度气体进行富集;

[0011] 所述气室气路模块与气体富集模块连接,由气管、泵、电磁阀、转向接头以及气室组成,用于对气体流向进行控制,通过改变泵阀状态完成采气、检测及冲洗过程;

[0012] 所述传感器阵列与气室气路模块连接,用于对气室中的气体进行采集,并生成相应电信号;

[0013] 所述信号调理预处理模块用于对传感器阵列所产生的电信号进行调理、滤波以及模数转换后提供给嵌入式处理模块;

[0014] 所述嵌入式处理模块用于对信号调理预处理模块的输出信号进行处理、显示和存储;

[0015] 所述PC机搭载有多个分类模型,通过信息融合的模式识别技术对嵌入式处理模块处理后的数据进行识别分类。

[0016] 所述气体富集模块包含若干三通阀以及待测气体储气瓶,其通过调整三通阀的不同组合控制储气瓶的开关状态,使得待测气体富集后进入气室。

[0017] 所述传感器阵列包含有电化学传感器、PID(Photo Ionization Detector)传感器以及半导体传感器;其中电化学传感器有3个,分别对氨气、硫化氢和甲醛进行采集;半导体传感器有7个,用于对乙醇、VOC以及有机气体进行采集;PID传感器有1个,用于对DMF(Dimethylformamide,二甲基甲酰胺)等其他污染气体进行采集。

[0018] 所述气室有三个,分别放置电化学传感器、PID传感器以及半导体传感器;其中放置半导体传感器的气室内还放置有温湿度传感器(由于温湿度的变化会影响半导体传感器的输出,故需检测气室温湿度的变化)。

[0019] 所述信号调理预处理模块包括滤波电路、放大电路和A/D转换电路,传感器阵列将待测气体的成分及浓度转换为电信号后通过滤波电路进行低通滤波,滤波后的电信号再经

放大电路适当放大后传输至A/D转换电路进行模数转换,最终使转换后得到的数字信号传输至嵌入式处理模块。

[0020] 所述嵌入式处理模块包括嵌入式处理器、触控显示电路、数据存储器以及数据传输电路;其中嵌入式处理器通过内置软件程序对信号调理预处理模块的输出信号进行特征提取以及归一化处理,生成关于气体含量、浓度的数据结果;触控显示电路用于对所述数据结果进行显示并接受外部的参数设定;数据存储器用于对所述数据结果进行存储;数据传输电路包括两个传输接口:一个为与信号调理预处理模块通信的串口,另一个为与PC机通信的以太网接口。

[0021] 所述PC机内部搭载有线性判别式分析算法模型、PCA (Principal Component Analysis,主成分分析) 算法模型、多层感知器神经网络模型、粒子群优化算法模型以及基于遗传算法优化的支持向量机模型,因此有多个模型可供选择,通过信息融合的模式识别技术,能够很好地利用各种传感器收集的信息,提高识别的正确率。

[0022] 本发明的有益技术效果如下:

[0023] (1) 本发明在传感器阵列设计上,采用多种检测原理传感器嵌在气室表面,感应气体,这样有利于在检测多种VOC或恶臭混合气体时,避免出现单一原理传感器对某一类气体没有响应,导致结果出现错误,增强了系统的容错性。

[0024] (2) 本发明在气路设计上,通过三通阀串联组合控制,既能够实现一种气体精确浓度配比,达到精确基线标定目的,又能够实现两三种气体混合。

[0025] (3) 本发明在算法上,为提高实际在线测试中的分类准确率,嵌入了非监督模型PCA、监督模型LDA、多层感知器神经网络模型、基于粒子群优化算法和基于遗传算法优化的支持向量机模型,这样保证系统有更强的兼容性。

[0026] 综上所述,本发明电子鼻系统的价值在于,能根据工业园区的污染气体排放,实现多种混合气体的高准确率分类和工业园区气体溯源。

附图说明

[0027] 图1为本发明电子鼻系统气体采集的气路示意图。

[0028] 图2为本发明电子鼻系统数据采集处理的电路结构示意图。

[0029] 图3为关于氨气浓度的半导体传感器响应曲线示意图。

[0030] 图4为关于乙醇浓度的半导体传感器响应曲线示意图。

[0031] 图5为关于氨气浓度的电化学传感器响应曲线示意图。

[0032] 图6为本发明电子鼻系统的线性判别式分析结果示意图。

[0033] 图7为本发明电子鼻系统的PCA分类得分示意图。

具体实施方式

[0034] 为了更为具体地描述本发明,下面结合附图及具体实施方式对本发明的技术方案进行详细说明。

[0035] 本发明电子鼻系统包括:一主要完成对低浓度气味收集的气体富集模块、一主要把气体气味信号转化为电信号的气室气路模块和传感器阵列、一主要把传感器阵列输出信号进行滤波、模数转换的信号调理预处理模块、一对信号进行处理、显示和一定存储功能的

嵌入式处理模块以及一带有多个算法分类模型的计算机系统;其中:

[0036] 传感器阵列包含的传感器有电化学传感器、PID传感器、半导体传感器,其中电化学传感器有3个,分别对氨气、硫化氢和甲醛进行采集;半导体传感器有7个,用于对乙醇、VOC以及有机气体进行采集;PID传感器有1个,用于对DMF等其他污染气体进行采集。

[0037] 气路气室模块由气管、泵、电磁阀、转向接头以及气室组成,主要完成对气体流向控制,气室有3个,分别安装不同类型的传感器,通过改变泵阀状态,完成采气,检测和冲洗等过程。

[0038] 信号调理预处理模块由信号滤波和放大电路、数据传输电路和A/D模块组成,主要完成对传感器信号的采集、简单处理和传输;传感器把待检测的气体成分及浓度转换为电信号传输的滤波电路,由于传感器信号一般变化比较缓慢,所以采用低通滤波;滤波后的信号经过适当的放大传输到A/D模块进行模数转换,转换完成后的数据传输到嵌入式处理模块。

[0039] 嵌入式处理模块由嵌入式处理核心、触控与显示电路、数据存储电路和数据传输电路组成;其中嵌入式处理核心通过软件对输入的数据进行特征提取和简单的归一化处理,嵌入式处理模块的数据传输口有两个:一个是串口,用于信号调理电路通信;另一个是以太网接口,用于和PC机通信。嵌入式系统主要完成对数据的显示和存储,PC机主要完成模型搭建完成后数据的分类。

[0040] PC机的模式识别采用信息融合技术,由于本系统采用较多的传感器,简单的神经网络无法很好的利用各种传感器的信息,因此PC机搭载多个模型可供选择,包括线性判别式分析、多层感知器神经网络和粒子群、遗传算法优化的支持向量机模型。PC机通过信息融合的模式识别技术,能够很好地利用各种传感器收集的信息,提高识别正确率。

[0041] 如图1所示,本实施方式系统气路设计为:9是待测气体,10是冲洗气体,11(1)、11(2)和11(3)为三通阀,12(1)和12(2)为四通接头,13(1)、13(2)和13(3)分别为半导体气体传感器气室、电化学气体传感器气室和PID传感器气室,14是气体采样泵,15是三个两通阀,16是带阀流量计。气室1 13(1)主要放置半导体气体传感器,由于温湿度的变化会影响半导体气体传感器的输出,所以气室1也会放置温湿度传感器检测气室温湿度的变化;气室2 13(2)主要放置电化学气体传感器,其中电化学气体传感器是根据待测气体的成分或者需要提前了解指定气体的情况,放置对应的电化学气体传感器,一般大于等于3个;气室3 13(3)主要放置PID传感器,主要用来辅助检测VOC类气体。

[0042] 气路工作流程为:系统开机后通过调整三通阀的状态,使冲洗气体进入气室,待传感器输出稳定后切换三通阀,使待测气体进入气室;如需对气体进行富集,则可通过调整11(1)、11(2)和11(3)三个三通阀的不同组合待测气体富集后进入气室,提取完信息后重新切换至冲洗状态,使气体恢复到待测前状态,整个过程泵一直打开。

[0043] 如图2所示,17(1)、17(2)和17(3)分别为电化学传感器、光离子传感器、半导体传感器,18(1)、18(2)和18(3)分别为电化学传感器信号调理电路、光离子传感器信号调理电路、半导体传感器信号调理电路,19是信号滤波电路,20是信号放大电路,21是AD转换电路,传感器输出信号依次经调理、滤波、放大、转换后传给22,22是CPU MSP430F5438,23为泵阀电路板,经CPU实现对泵24和阀25的控制。

[0044] 图3为取8个不同的氨气浓度,7个半导体传感器的响应曲线;图4为取8个不同的乙

醇浓度,7个半导体传感器的响应曲线;图5为电化学传感器NH₃/CR-200随氨气浓度的响应曲线。

[0045] 图6为本发明采用线性判别式分析对氨气、乙醇以及氨气&乙醇三类气体的分类分析;从结果来看,线性判别式分析法能很好地将三类气体分开。

[0046] 图7为本发明采用主成分分析对氨气、乙醇以及氨气&乙醇三类气体的PCA分类得分情况,从结果来看,主成分分析法也能很好地将三类气体分开。

[0047] 上述对实施例的描述是为便于本技术领域的普通技术人员能理解和应用本发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对上述实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,对于本发明做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

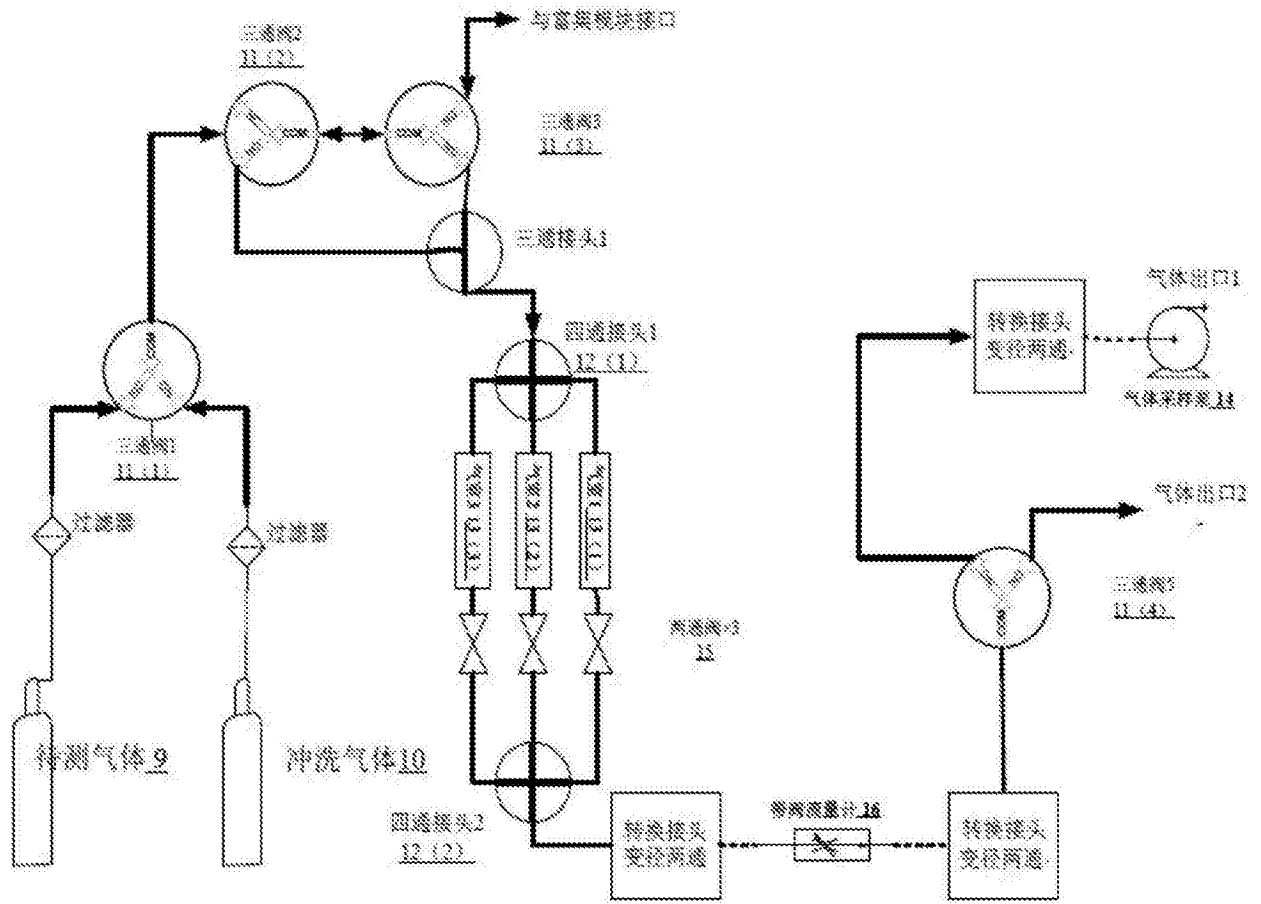


图1

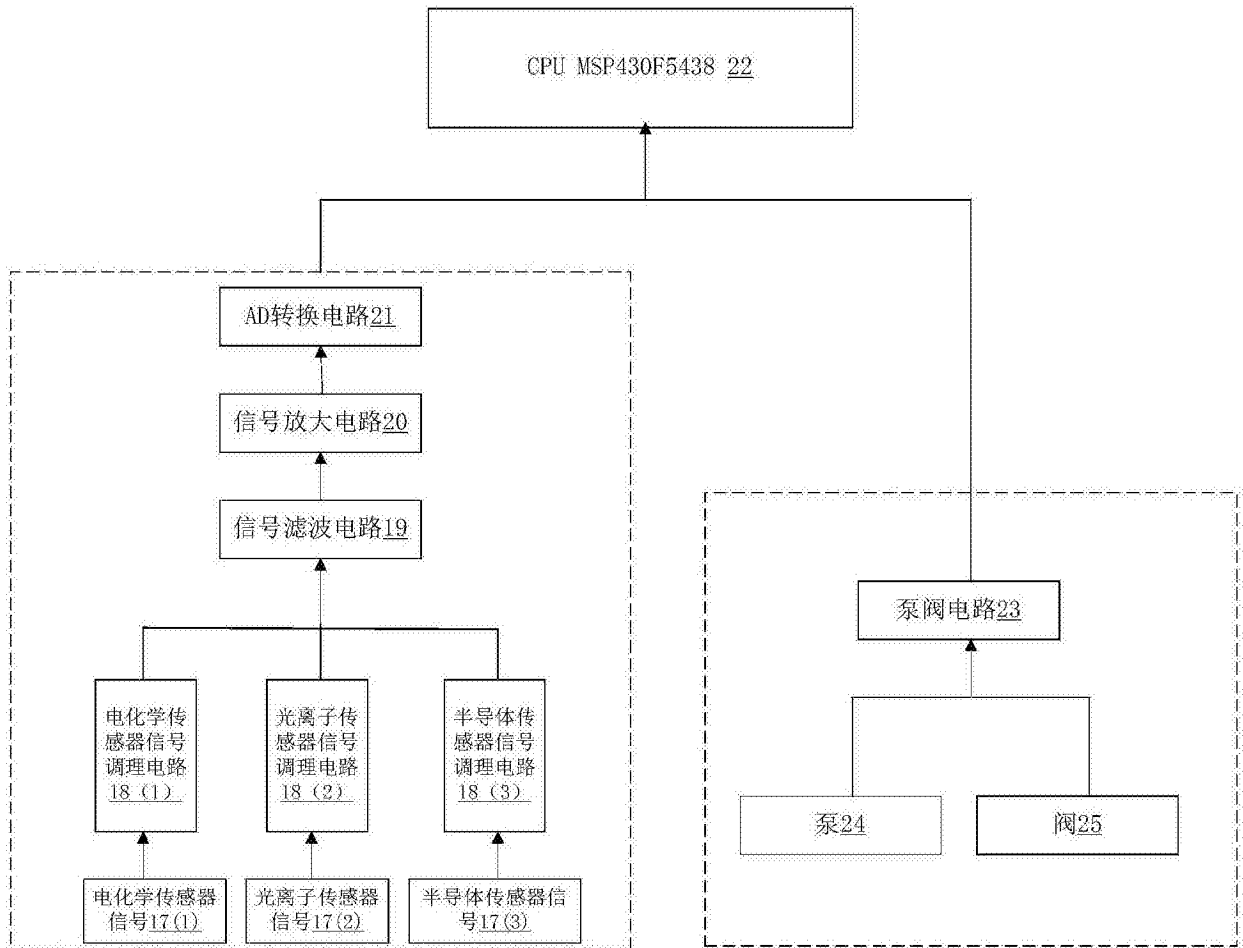


图2

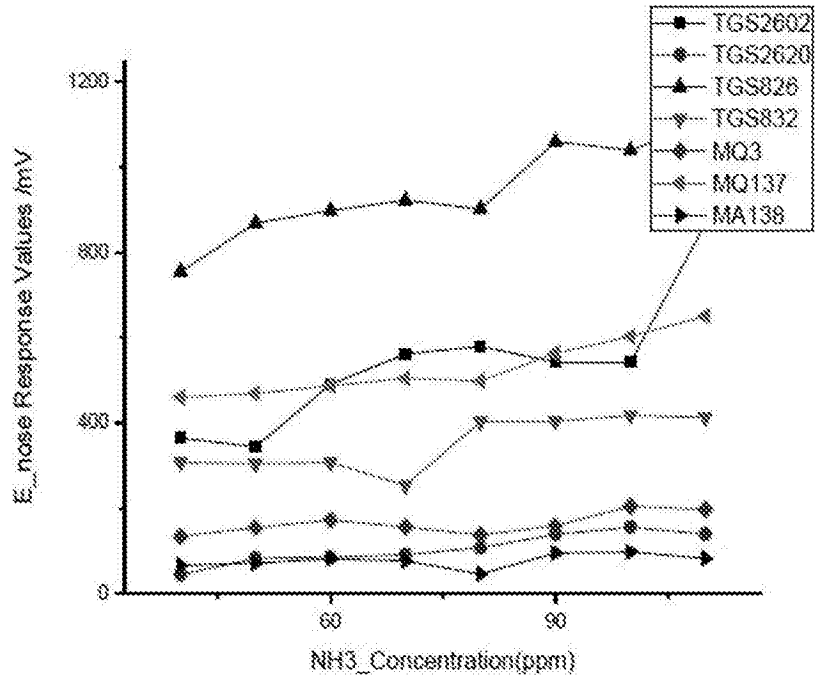


图3

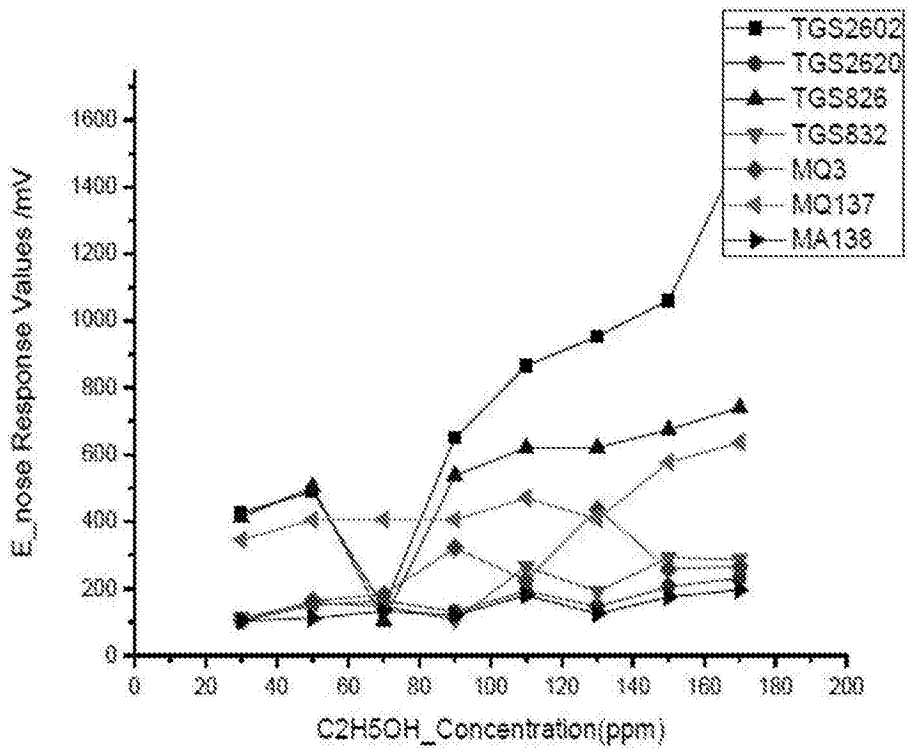


图4

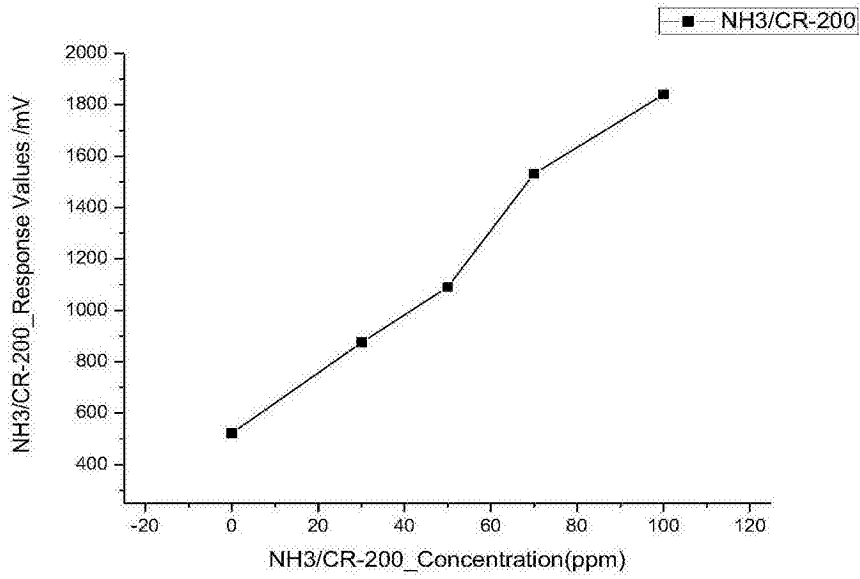


图5

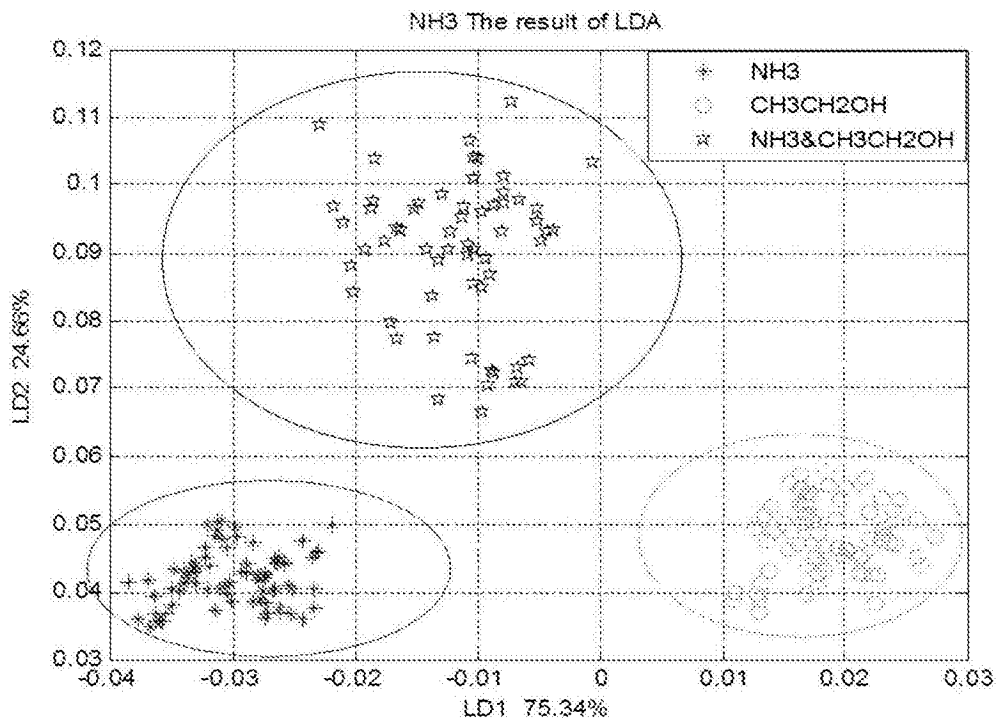


图6

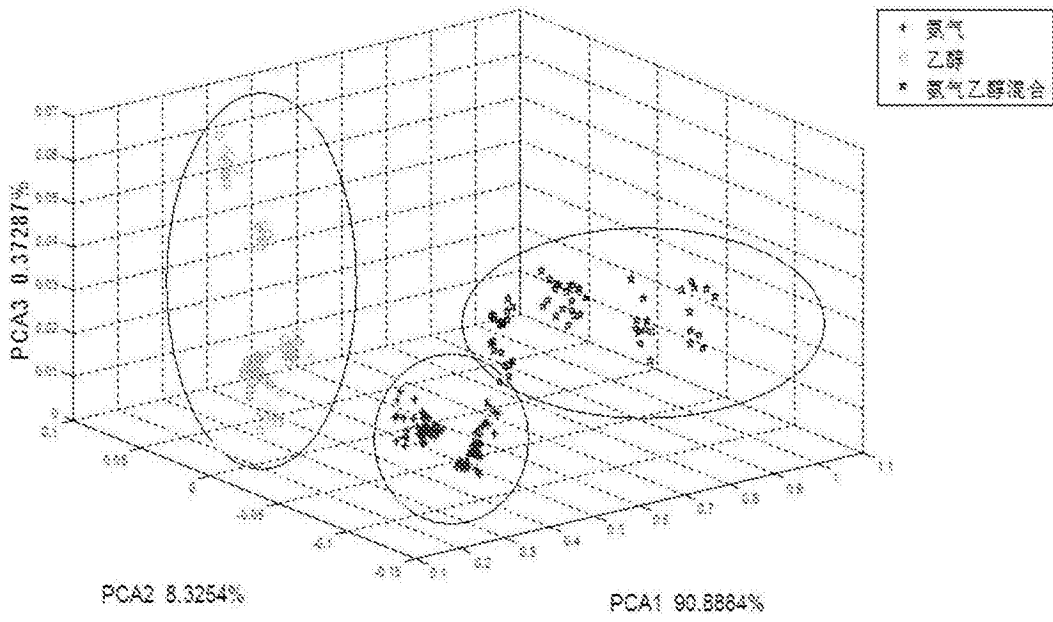


图7