



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114137059 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 04

(21) 申请号 202111376075.6

(22) 申请日 2021.11.19

(71) 申请人 中国科学院合肥物质科学研究院  
地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号

(72) 发明人 唐小锋 温作赢 顾学军 张为俊

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责  
任公司 11251

代理人 李晓莉

(51) Int. Cl.

G01N 27/62 (2021.01)

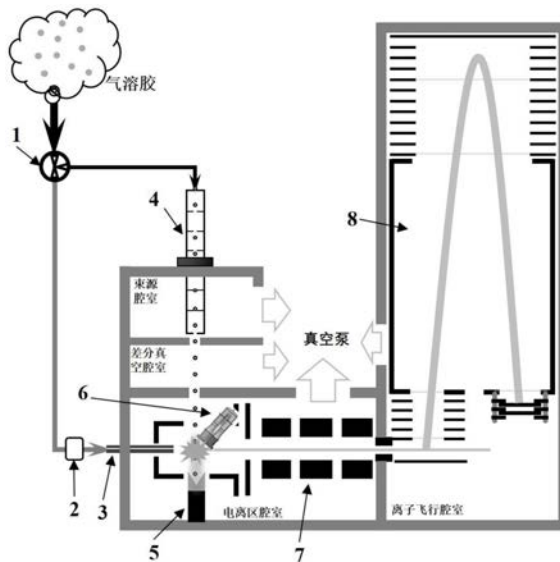
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分  
的质谱仪

(57) 摘要

本发明公开了一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分  
的质谱仪,主要包括电磁三通阀、颗粒物过滤器、毛细管、空气动力学透镜、热解吸气化器、电离源、离子导入器和质量分析器。  
用磁三通阀切换毛细管和空气动力学透镜进样接口,交替实现气体和颗粒物的进样及化学成分测量。测量气体成分时,气溶胶中的颗粒物被颗粒物过滤器移除,气体经毛细管进入质谱仪中。测量颗粒物成分时,空气动力学透镜将气溶胶传输到质谱仪中,气体被差分真空抽离,颗粒物则被聚焦传输到热解吸气化器上形成气态分子。通过交替进样的气体或气态分子,在电离区内离子化,产生的离子由离子导入器引入到质量分析器中进行质量测量,获得气溶胶中气体或者颗粒物的化学成分。



CN 114137059 A

1. 一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:所述的质谱仪包括电磁三通阀(1)、颗粒物过滤器(2)、毛细管(3)、空气动力学透镜(4)、热解吸气化器(5)、电离源(6)、离子导入器(7)、质量分析器(8);

其中,所述电磁三通阀(1)的第一端口与气溶胶进入通道相连,电磁三通阀(1)的第二端口依次连接颗粒物过滤器(2)、毛细管(3)和质谱仪的电离区,电磁三通阀(1)的第三端口依次连接空气动力学透镜(4)和质谱仪的电离区;

质谱仪的电离区分别设置有热解吸气化器(5)、电离源(6)和离子导入器(7);

离子导入器(7)连接质量分析器(8)。

2. 根据权利要求1所述的一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:电磁三通阀(1)由程序控制,根据需要切换毛细管(3)和空气动力学透镜(4)进样通道,以交替测量气体和颗粒物的化学成分。

3. 根据权利要求2所述的一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:颗粒物过滤器(2)能够过滤移除气溶胶中的颗粒物,而气体成分能够通过。

4. 根据权利要求3所述的一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:毛细管(3)与颗粒物过滤器(2)相连,用于大气压条件下气体的取样。

5. 根据权利要求4所述的一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:毛细管(3)通过加热来减少气体的沉积和吸附。

6. 根据权利要求5所述的一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:通过使用电磁三通阀(1)切换进样通道,气溶胶颗粒物由空气动力学透镜(4)聚焦和传输到质谱仪的真空环境中。

7. 根据权利要求6所述的一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:被传输到真空环境中的颗粒物到达热解吸气化器(5),吸收热量后气化成气态分子。

8. 根据权利要求7所述的一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:由毛细管(3)进样的气体分子或者通过空气动力学透镜(4)进样的颗粒物气化的气态分子,均被电离源(6)电离成离子。

9. 根据权利要求8所述的一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:电离产生的离子经离子导入器(7)传输,垂直引入到质量分析器(8)中,获得离子的质量,进而获得气体或颗粒物的化学成分信息。

10. 根据权利要求1所述的一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,其特征是:热解吸气化器(5)的表面有一圆锥角孔;优选地,所述空气动力学透镜(4)由一系列薄片孔组成,安装在调整架上进行准直;优选地,所述电离源(6)选用电子轰击、化学电离、激光照射、真空紫外灯照射或同步辐射光照射电离方式;优选地,所述离子导入器(7)在施加电压后,构成引出电场和聚焦电场;优选地,所述质量分析器(8)选用四极杆质量分析器、飞行时间质量分析器、或离子阱质量分析器。

## 一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪

### 技术领域

[0001] 本发明属于气溶胶中气体和颗粒物的化学成分检测分析和质谱技术领域,具体涉及一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪装置。

### 背景技术

[0002] 气溶胶是指液体或固体颗粒均匀分散在气体中形成的相对稳定的气体和颗粒物的混合物,颗粒物的空气动力学粒径一般为 $0.002-100\mu\text{m}$ 。为了较全面获得气溶胶的信息,需要测量其气体和颗粒物的化学成分。对于气体成分检测,常用的技术有:气相色谱-火焰离子探测技术、气相色谱-质谱连用技术、质子转移反应质谱技术、光电离质谱技术和化学电离质谱技术等。对于颗粒物化学成分检测,其技术可分成离线和在线两大类。其中离线技术常采用滤膜收集颗粒物,并结合离子色谱仪、气相色谱-质谱仪、液相色谱-质谱仪等进行分析。气溶胶质谱仪和单颗粒气溶胶飞行时间质谱仪可用于在线检测气溶胶颗粒物的化学成分。目前,检测气溶胶中气体和颗粒物的化学成分,往往需要采用两台甚至多台仪器方能获得结果,且不同仪器及检测技术的差异会对测量结果产生影响。因此,使用同一套检测仪器,对气溶胶中气体和颗粒物的化学成分进行在线、实时检测尤为必要,且具有较好的经济性。

[0003] 质谱技术具有检测灵敏度高、时间响应快等特点,被广泛应用于气体和颗粒物的成分检测分析。本发明公开了一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪。

### 发明内容

[0004] 本发明提出了一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪。利用电磁三通阀切换选择气溶胶中气体和颗粒物的进样口,实现气体和颗粒物的交替在线取样。在气体成分测量中,气溶胶中的颗粒物被毛细管之前的颗粒物过滤器移除,而气体能够通过,并通过毛细管进入到质谱仪中进行成分分析。气体成分检测完成后,电磁三通阀切换进样接口至颗粒物通道,此时,气溶胶通过空气动力学透镜进样,其中的气体成分在逐级真空环境中被真空泵抽离,颗粒物具有更大的质量和惯性,能够被空气动力学透镜聚焦和传输到热解吸气化器上,吸收热量后被气化成气态分子。

[0005] 气体分子或颗粒物气化后产生的气态分子,在电离源内被电离生成离子,随后垂直引入到质量分析器中获得质量信息。通过电磁三通阀切换,交替获得气溶胶中气体和颗粒物的化学成分。

[0006] 本发明实施例的技术方案为:一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,包括:电磁三通阀(1)、颗粒物过滤器(2)、毛细管(3)、空气动力学透镜(4)、热解吸气化器(5)、电离源(6)、离子导入器(7)、质量分析器(8)。

[0007] 其中,所述电磁三通阀(1)的第一端口与气溶胶进入通道相连,电磁三通阀(1)的第二端口依次连接颗粒物过滤器(2)、毛细管(3)和质谱仪的电离区,电磁三通阀(1)的第三端口依次连接空气动力学透镜(4)和质谱仪的电离区;

[0008] 质谱仪的电离区分别设置有热解吸气化器(5)、电离源(6)和离子导入器(7)；

[0009] 离子导入器(7)连接质量分析器(8)。

[0010] 电磁三通阀(1)能够交替切换两个进样通道。当测量气溶胶中的气体成分时,电磁三通阀将连通毛细管(3)通道,颗粒物通过颗粒物过滤器(2)移除,气体通过毛细管(3)传输到质谱仪的电离区。当完成气溶胶中气体成分的测量后,电磁三通阀(1)将连通空气动力学透镜(4)通道,颗粒物经空气动力学透镜聚焦并传输至质谱仪的电离区,而气体被真空泵抽离,进而完成颗粒物化学成分测量。

[0011] 进一步的,所述电磁三通阀(1)在程序控制下,按照要求切换进样通道,在测量气溶胶中的气体成分时,电磁三通阀(1)将连接气溶胶样品和毛细管(3);完成气体测量分析后,电磁三通阀(1)自动切换通道,连通气溶胶样品和空气动力学透镜(4)。

[0012] 进一步的,所述毛细管(3)用于大气压条件下的气体进样,同时能够限制气体的进样流量,来满足质谱仪运行所需的真空环境。在气体进入毛细管(3)前,颗粒物过滤器(2)将气溶胶中的颗粒物移除。

[0013] 进一步的,所述空气动力学透镜(4)由一系列薄片孔组成,安装在调整架上进行准直。颗粒物在空气动力学透镜(4)中聚焦并传输。

[0014] 进一步的,所述热解吸气化器(5)的加热温度能够调节,使颗粒物吸收热量后气化成气态分子。热解吸气化器(5)的表面有一圆锥角孔,用于减少颗粒物击打在尖端时的回弹损失。

[0015] 进一步的,所述电离源(6)可选用电子轰击、化学电离、激光照射、真空紫外灯照射、同步辐射光照射等电离方式,优选地选用真空紫外灯照射软电离源。颗粒物气化后的气态分子被离子源电离。

[0016] 进一步的,所述离子导入器(7)在施加电压后,构成引出电场和聚焦电场。引出电场将离子有效的从电离区引出,离子被聚焦电场汇聚成离子束,传到质量分析器(8)中。

[0017] 进一步的,所述质量分析器(8)可选用四极杆质量分析器、飞行时间质量分析器、或离子阱质量分析器,质量分析器获得离子的质量,进而得到气溶胶的化学成分。由于飞行时间质量分析器具有响应快、质量分辨率高等优点,优选地使用飞行时间质量分析器。

[0018] 本发明中,电磁三通阀(1)由程序控制,切换毛细管(3)和空气动力学透镜(4)进样接口,交替实现气体和颗粒物化学成分测量。在气体化学成分测量中,气溶胶中的颗粒物经过颗粒物过滤器(2)后被移除,气体在大气压条件下由毛细管(3)直接进入质谱仪的真空环境中。在颗粒物化学成分测量中,空气动力学透镜(4)将大气压条件下的气溶胶传输到真空环境中,通过一系列真空差分将其中的气体成分抽离,颗粒物被空气动力学透镜(4)聚焦传输到达热解吸气化器(5),吸收热量后形成气态分子。通过两种交替进样方式的气体或气态分子,在质谱仪的电离源内离子化,产生的离子经过离子导入器(7)垂直地引入到质量分析器(8)中进行离子的质量测量,从而获得气溶胶中气体或者颗粒物的化学成分信息。

[0019] 有益效果:

[0020] 本发明的技术方案,相对于现有技术,具有如下优点:

[0021] 1、采用程序控制电磁三通阀自动切换气溶胶中的气体和颗粒物的进样,实现气溶胶中气体和颗粒物的在线交替进样及化学成分测量。通过电磁三通阀切换,气溶胶中气体和颗粒物的化学成分检测互不影响。

[0022] 2、气溶胶中气体和颗粒物的在线交替进样,在一台质谱仪中,利用相同的电离源和质量分析器,实时较全面的获取气溶胶中气体和颗粒物的化学成分。

[0023] 3、使用飞行时间质谱分析器作为气溶胶化学成分的分析检测器。飞行时间质谱仪具有检测灵敏度高、时间相应快、质量分辨高等特点,在一张质谱中能够获得较全面的组分信息。

#### 附图说明

[0024] 图1是本发明实施例中一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪的结构示意图;

[0025] 附图标记说明:

[0026] 1、电磁三通阀;

[0027] 2、颗粒物过滤器;

[0028] 3、毛细管;

[0029] 4、空气动力学透镜;

[0030] 5、热解吸气化器;

[0031] 6、电离源;

[0032] 7、离子导入器;

[0033] 8、质量分析器。

#### 具体实施方式

[0034] 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,所描述的实施例仅为本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例,基于本发明中的实施例,本领域的普通技术人员在不付出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明的保护范围。

[0035] 根据本发明的一个实施例,提供一种在线测量气溶胶中气体和颗粒物化学成分的质谱仪,如图1所示,包括:电磁三通阀1、颗粒物过滤器2、毛细管3、空气动力学透镜4、热解吸气化器5、电离源6、离子导入器7、质量分析器8。其中,所述电磁三通阀1的第一端口与气溶胶进入通道相连,电磁三通阀1的第二端口依次连接颗粒物过滤器2、毛细管3和质谱仪的电离区,电磁三通阀1的第三端口依次连接空气动力学透镜4和质谱仪的电离区;质谱仪的电离区分别设置有热解吸气化器5、电离源6和离子导入器7;离子导入器7连接质量分析器8。

[0036] 根据本发明的一个实施例,空气动力学透镜4位于质谱仪的束源腔室内,束源腔室与电离区腔室之间安装有一个差分真空腔室,热解吸气化器5、电离源6和离子导入器7位于质谱仪的电离区腔室内,质量分析器8位于离子飞行腔室内。

[0037] 本发明实施例进一步设置为:电磁三通阀1的第一端口与气溶胶进入通道相连,另外两个端口(即第二端口和第三端口)分别与毛细管3和空气动力学透镜4相连。交替进样时,电磁三通阀1连通毛细管3,或者连通空气动力学透镜4,进而分别测量气溶胶中的气体和颗粒物化学成分,且其测量结果互不影响。电磁三通阀1的切换时序由程序控制,一个切换周期优选的为60秒。通过使用电磁三通阀1切换进样通道,气溶胶颗粒物由空气动力学透

镜4聚焦和传输到质谱仪的真空环境中。被传输到真空环境中的颗粒物到达热解吸气化器5,吸收热量后气化成气态分子。由毛细管3进样的气体分子或者通过空气动力学透镜4进样的颗粒物气化生成的气态分子,均被电离源6电离成离子。电离产生的离子经离子导入器7传输,垂直引入到质量分析器8中,获得离子的质量,进而获得气体或颗粒物的化学成分信息。

[0038] 本发明实施例进一步设置为:电磁三通阀1与颗粒物过滤器2及其连接的管道的温度均保持与室温一致,避免颗粒物中的挥发性成分受热气化进入到气体成分中。而毛细管3可适当加热,避免一些气相成分在毛细管3内沉积和吸附。毛细管3的加热温度优选为200℃。颗粒物过滤器2能够过滤气溶胶中的颗粒物,而气体成分能够通过。毛细管3与颗粒物过滤器2相连,用于大气压条件下气体样品的取样,同时能够限制气体样品的进样流量,来满足质谱仪运行所需的真空环境。

[0039] 本发明实施例进一步设置为:空气动力学透镜4同轴连接在调整架上,在水平、竖直和前后方向可调节,可调范围分别优选地为30mm、30mm和150mm。优选地,空气动力学透镜4由1个限流小孔和5片薄片组成。

[0040] 本发明实施例进一步设置为:热解吸气化器5的温度可控,优选地为<500℃。热解吸气化器5的尖端圆锥角大小为60°,直径为3mm。

[0041] 本发明实施例进一步设置为:电离源6将气体分子或颗粒物气化后生成的气态分子离子化,可以是激光器照射的激光、化学电离源、真空紫外放电灯照射的真空紫外光、电子枪发射加速的电子等,本发明优选地为真空紫外放电灯照射的真空紫外光。

[0042] 本发明实施例进一步设置为:离子导入器7的引出电压可根据质谱仪的几何结构大小和质量分析器的电压参数调整,优选地引出电压为15V。所述离子导入器7在施加电压后,构成引出电场和聚焦电场。

[0043] 本发明实施例进一步设置为:质量分析器8优选地为反射式飞行时间质量分析器。

[0044] 本发明实施例进一步设置为:电磁三通阀1由程序控制,切换毛细管3和空气动力学透镜4,交替实现气体和颗粒物的进样。测量气体成分时,气溶胶中的颗粒物被颗粒物过滤器2移除,气体在大气压条件下由毛细管3直接进入质谱仪的真空环境中。测量颗粒物成分时,空气动力学透镜4将大气压条件下的气溶胶传输到真空环境中,气体被真空差分抽离,颗粒物则被传输到达热解吸气化器5,气化成气态分子。气体或颗粒物气化后的气态分子均在质谱仪的电离源6内离子化,产生的离子被离子导入器7垂直地引入到质量分析器8中进行质量测量,从而交替获得气溶胶中气体或者颗粒物的化学成分信息。

[0045] 虽然,本发明中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

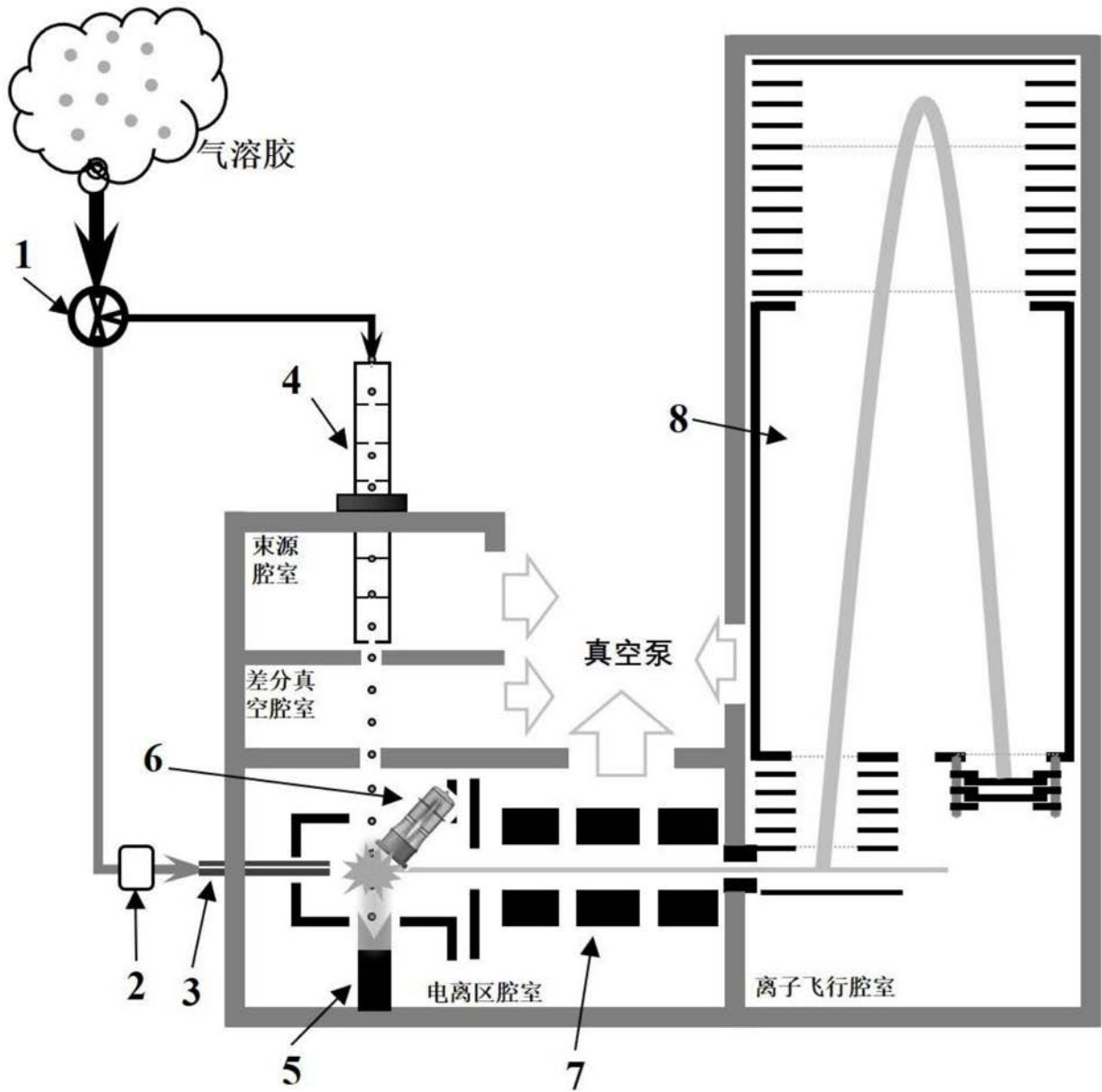


图1