



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117954304 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 30

(21) 申请号 202311395318.X

G01N 27/626 (2021.01)

(22) 申请日 2023.10.25

(30) 优先权数据

2022-172967 2022.10.28 JP

(71) 申请人 株式会社岛津制作所

地址 日本京都府京都市中京区西之京桑原
町1番地

(72) 发明人 松下知义

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有
限公司 11270

专利代理师 康艳青 张铮铮

(51) Int.Cl.

H01J 49/04 (2006.01)

H01J 49/10 (2006.01)

H01J 49/24 (2006.01)

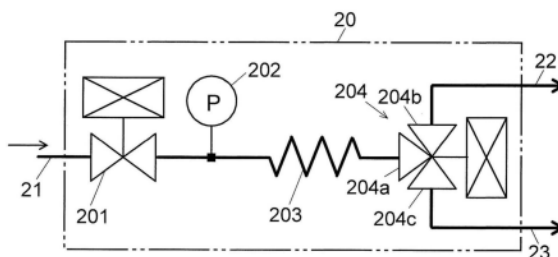
权利要求书1页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

质量分析装置

(57) 摘要

本发明的课题在于缩短从无气体分析向有气体分析的切换时的分析等待时间,提高分析效率。本发明的质量分析装置包括:真空室;池,配置在真空室的内部,使来源于试样的离子接触至规定气体;以及质量分析部,对从池排出的离子或来源于此的离子进行质量分析,质量分析装置包括:气体供给部,包含三通阀,三通阀使从气体供给源供给的规定气体择一性地流至将规定气体向池供给的第一流路与将规定气体向真空环境中排出的第二流路;以及控制部,控制三通阀的切换,以使得在以池中不使离子接触至规定气体的状态进行分析的期间和/或不实施分析的期间,使规定气体流向第二流路,在以池中使离子接触至规定气体的状态进行分析的期间,使规定气体流至第一流路。



1. 一种质量分析装置,其特征在于,包括:真空室;池,配置在所述真空室的内部,使来源于试样的离子接触至规定气体;以及质量分析部,对从所述池排出的离子或来源于此的离子进行质量分析,所述质量分析装置包括:

气体供给部,包含三通阀,所述三通阀使从气体供给源供给的规定气体择一性地流至将所述规定气体向所述池供给的第一流路与将所述规定气体向真空环境中排出的第二流路;以及

控制部,控制所述三通阀的切换,以使得在以所述池中不使离子接触至所述规定气体的状态进行分析的期间和/或不实施分析的期间,使所述规定气体流向所述第二流路,在以所述池中使离子接触至所述规定气体的状态进行分析的期间,使所述规定气体流至所述第一流路。

2. 根据权利要求1所述的质量分析装置,其中,

所述气体供给部包含配置在所述气体供给源与所述三通阀之间的流路上的流量调整部,

所述控制部控制所述流量调整部,以使得在所述三通阀中从使规定气体流向所述第二流路的状态切换至使规定气体流至所述第一流路的状态的前后使气体流量变得相同。

3. 根据权利要求1所述的质量分析装置,其中,

所述第二流路的出口端连接于对所述真空室进行真空排气的真空泵的进气口侧。

4. 根据权利要求1所述的质量分析装置,其中,

包括电感耦合等离子体离子源,所述池是用于去除妨碍离子的碰撞池。

质量分析装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种质量分析装置,更详细而言,涉及一种包括用于使规定气体接触到来源于试样成分的离子的池(cell)的质量分析装置。

背景技术

[0002] 使用电感耦合等离子体(Inductively Coupled Plasma,以下称作“ICP”)离子源的ICP质量分析装置(以下称作“ICP-MS”)常常用在一齐分析试样液中所含的多种微量金属的用途中。一般的ICP-MS中,在ICP离子源中生成的来源于试样成分的离子是通过作为离子导入口的采样锥(sampling cone)等而从大气压环境中导入至被维持为真空环境的腔室内。所导入的离子经直流电场加速而被导入至碰撞池(collision cell)内。因各种因素产生的非期望的干扰离子(妨碍离子)也会与来源于作为观测目标的成分(元素)的离子一同被导入至腔室内。干扰离子有因在ICP离子源中用于等离子体的生成的Ar等气体引起的干扰离子、因试样液中所含的夹杂物或添加在试样液中的添加物(硝酸或盐酸等)引起的干扰离子等。碰撞池具有分离此种干扰离子与目标离子的功能(专利文献1、专利文献2等)。

[0003] 例如,向碰撞池内供给He气(或其他种类的惰性气体)。被导入至碰撞池内的各种离子与He气反复接触,每当所述接触时,离子所具有的动能减少。多数情况下,干扰离子为多原子离子,与具有同程度的质量的目标离子相比,碰撞剖面积大。因此,干扰离子与目标离子相比,与He气的接触次数多,动能会变得更小。因此,通过在碰撞池的出口预先形成仅使动能为规定值以上的离子通过而阻断动能小于规定值的离子的势垒,能够将干扰离子与目标离子分离而予以去除。此种离子的分离以及去除的方法被称作动能甄别法(Kinetic Energy Discrimination,KED)。

[0004] 而且,在KED以外,为了在碰撞池中分离目标离子与质量跟所述离子相同的干扰离子,还有利用电荷转移等反应的方法。此时,并非将惰性气体,而是将氢或氨等活性的反应气体(reaction gas)供给至碰撞池内。被导入至碰撞池内的特定的干扰离子与反应气体接触,产生电子转移或质子转移等反应,而变成中性粒子,或者变化为质荷比(mass charge ratio, m/z)不同的其他离子。中性粒子不会被由配置于碰撞池内的离子导向器(ion guide)所形成的高频电场捕获而是被发散并排除。而且, m/z 发生了变化的干扰离子或来源于此的离子在后级的四极滤质器等质量分离器中与目标离子分离。这样,能够将干扰离子与目标离子分离并去除。

[0005] 另外,在像上述那样使用反应气体的情况下,碰撞池也有时被称作反应池(reaction cell),在利用KED与使用反应气体的方法这两者的情况下,碰撞池也有时被称作碰撞反应池,但在本说明书中全部称作碰撞池。

[0006] [现有技术文献]

[0007] [专利文献]

[0008] [专利文献1]国际公开第2018/055707号

[0009] [专利文献2]日本专利特开2020-91988号公报

发明内容

[0010] [发明所要解决的问题]

[0011] 利用所述碰撞池的干扰离子的去除尽管有效,但存在因与气体的接触也损失一部分目标离子的可能性,由此导致的目标离子的测定灵敏度的下降有时成为问题。此问题在目标离子的质量小的情况下变得尤其显著。因此,在ICP-MS中,一般以下述方式进行气体的有/无切换,即,在中质量~高质量的原子离子的测定时或目标离子的量相对较多的情况下,进行向碰撞池供给气体而通过KED等来去除干扰的有气体分析,而在低质量的原子离子的测定时或重视测定灵敏度的情况下,实施不向碰撞池供给气体而使灵敏度优先的无气体分析(参照专利文献1)。

[0012] 在无气体分析时,尽管停止向碰撞池的气体供给,但如果仅仅是简单地停止气体的流通,则有空气从配管的接缝或阀的密封部分等漏入配管内之虞。在利用KED的ICP-MS中,所使用的He气的纯度会大幅影响分析的精度,因此在配管内有空气混入He气中将不佳。因此,以往已知有一种装置,其在用于向碰撞池供给气体的气体供给流路中所设的开闭阀的上游侧设置使流路分支的清洗流路,在无气体分析时,封闭气体供给流路中所设的开闭阀,另一方面,开放清洗流路中所设的开闭阀,使He气流向大气中,由此来减轻配管内的He气的污染(以及流路内壁的污染)。在通过清洗流路将He气排出到大气中时,使气体流量尽可能大(通常为最大流量),由此,更切实地避免通过清洗流路的空气漏入。

[0013] 此种ICP-MS中,在从无气体分析切换至有气体分析时,为了避免经由清洗流路的污染,实施下述控制,即,继封闭清洗流路上的开闭阀之后开放气体供给流路上的开闭阀,开始向碰撞池供给He气。当为了向碰撞池开始气体供给而开放开闭阀时,之前刚刚在流路内受到加压的气体会骤然放出至碰撞池内即真空腔室内。由此,真空腔室内的真空度会暂时下降。对于配置在真空腔室内的、四极滤质器等离子光学元件或离子检测器等,在分析时施加有高电压,但若真空度下降,则有因所述高电压产生放电之虞。而且,若真空度骤然下降,则设置于腔室内的真空度测量用的离子计(ion gauge)也有烧坏之虞。

[0014] 由此,所述以往的ICP-MS中,在从无气体分析或分析停止(分析待机)状态向有气体分析切换时,会暂时停止高电压向各种元件的施加或者停止离子计的运行。若进行此种控制,则不仅会产生因运行停止造成的分析等待时间,还必须确保在重新开始高电压的施加后直至电压值稳定为止的分析等待时间,因此存在分析所需的时间变长,分析效率下降的问题。

[0015] 本发明是为了解决所述问题而完成,其目的之一在于提供一种质量分析装置,能够缩短从无气体分析或非分析状态向有气体分析的切换所需的时间而提高分析效率。

[0016] [解决问题的技术手段]

[0017] 本发明的质量分析装置的一方式包括:真空室;池,配置在所述真空室的内部,使来源于试样的离子接触至规定气体;以及质量分析部,对从所述池排出的离子或来源于此的离子进行质量分析,所述质量分析装置包括:

[0018] 气体供给部,包含三通阀,所述三通阀使从气体供给源供给的规定气体择一性地流至将所述规定气体向所述池供给的第一流路与将所述规定气体向真空环境中排出的第二流路;以及

[0019] 控制部,控制所述三通阀的切换,以使得在所述池中不使离子接触至所述规定

气体的状态进行分析的期间和/或不实施分析的期间,使所述规定气体流向所述第二流路,在以所述池中使离子接触至所述规定气体的状态进行分析的期间,使所述规定气体流至所述第一流路。

[0020] [发明的效果]

[0021] 根据本发明的质量分析装置的所述方式,在从无气体分析向有气体分析的切换时和/或从非分析的状态开始有气体分析时,能够避免大量的气体一下子流入池内而导致真空室内的真空度急剧下降的情况。由此,不再需要伴随真空度下降的、施加电压的暂时停止等控制,能够减少或几乎全部消除分析等待时间。其结果,能够缩短分析所需的时间而提高分析效率。

附图说明

[0022] 图1是本发明的一实施方式的ICP-MS的概略结构图。

[0023] 图2是本实施方式中的ICP-MS中的气体供给部的概略流路结构图。

[0024] 图3是表示在本实施方式的ICP-MS中,从无气体分析切换为有气体分析时的概略序列的图。

[0025] 图4是一般的ICP-MS中的气体供给部的一例的概略流路结构图。

[0026] 图5是表示在包括图4所示的气体供给部的ICP-MS中,从无气体分析切换为有气体分析时的概略序列的图。

具体实施方式

[0027] 参照附图来说明本发明的一实施方式的ICP-MS。

[0028] 图1是本实施方式的ICP-MS的概略结构图。

[0029] 所述ICP-MS包括为大致大气压环境的离子化室1、从所述离子化室1侧起真空度依序变高的第一真空室2、第二真空室3以及第三真空室4。第一真空室2内通过旋转泵(Rotary Pump, RP) 15进行真空排气,第二真空室3以及第三真空室4内通过旋转泵15以及涡轮分子泵(Turbo Molecular Pump, TMP) 16进行真空排气。

[0030] 在离子化室1的内部配设有ICP离子源5。ICP离子源5包含等离子体炬(plasma torch) 51,所述等离子体炬51具有供通过雾化气体而雾化的液体试样流通的试样管、形成在所述试样管的外周的等离子体气体管、以及形成在所述等离子体气体管的外周的冷却气体管。在等离子体炬51的试样管的入口端,设有将液体试样导入至等离子体炬51的自动采样器52。除此以外,虽未图示,但在试样管连接有供给雾化气体的雾化气体供给源,在等离子体气体管连接有供给等离子体气体(例如Ar气)的等离子体气体供给源,在冷却气体管连接有供给冷却气体的冷却气体供给源。

[0031] 第一真空室2形成在为大致圆锥形状的采样锥6与同样为大致圆锥形状的分选锥(skimmer) 7之间。采样锥6以及分选锥7均在其顶部具有离子通过口。第一真空室2作为如下所述的接口(interface)发挥功能,即,用于将从ICP离子源5供给的离子送往后级并且排出溶剂气体等的接口。

[0032] 在第二真空室3内,从分选锥7侧即从离子入射的一侧起依序配置有包含引入电极的离子透镜(ion lens) 8、碰撞池9以及能垒(energy barrier)形成用电极11。离子透镜8、

能垒形成用电极11均为形成有用于使离子通过的大致圆形状开口的圆盘状的电极。在碰撞池9的内部,配设有多个极型的离子导向器10,所述多个极型的离子导向器10包含与离子光轴14平行地配置的多根杆电极(rod electrode)。

[0033] 在最终级的第三真空室4内,配置有包含前置杆(pre-rod)电极和主杆(main rod)电极的四极滤质器12与离子检测器13。

[0034] 另外,所述ICP-MS中,从第一真空室2直至第三真空室4为止,离子光轴14为直线状,但也可设为偏轴离子光学系统的结构。

[0035] 气体供给部20通过出口端朝碰撞池9的内部开放的气体导入流路22而向碰撞池9的内部供给碰撞气体或反应气体。碰撞气体例如为He,反应气体为氢、氨等反应性气体。电压产生部19产生对四极滤质器12或离子检测器13等的各部施加的电压。控制部18控制电压产生部19以及气体供给部20等的动作。另外,图1中,省略了对由离子检测器13所获得的信号进行数字化后进行数据处理的数据处理部等的记载。

[0036] 本实施方式的ICP-MS中,概略地说明进行利用KED的有气体分析时的动作。

[0037] 在有气体分析的情况下,根据控制部18的控制,气体供给部20通过气体导入流路22将规定流量的He气供给至碰撞池9内。而且,电压产生部19对离子透镜8、离子导向器10、能垒形成用电极11、四极滤质器12、离子检测器13等各元件分别施加规定的电压。

[0038] 当在控制部18的控制下,从自动采样器52将液体试样喷雾至在ICP离子源5的等离子体炬51中所形成的等离子体中时,所述液体试样中所含的元素被离子化。在ICP离子源5中生成的来源于试样成分的离子与来源于等离子体气体等的非期望的离子一同经过采样锥6以及分离锥7的离子通过口而导入至第二真空室3。这些离子经离子透镜8会聚而被导入至碰撞池9内。

[0039] 在碰撞池9中,离子与He气反复碰撞,离子所具有的动能衰减。碰撞剖面面积越大的离子,与碰撞气体发生碰撞的机会越多,动能的衰减越大。通常,来源于等离子体气体等的离子的碰撞剖面面积比来源于试样成分的离子的碰撞剖面面积大,因此来源于等离子体气体等的不需要的离子比来源于试样成分的离子,动能大幅减少。因此,来源于试样成分的离子容易越过在碰撞池9的出口外侧由能垒形成用电极11所形成的势垒,与此相对,不需要的离子难以越过势垒。由此,能够去除不需要的离子,而主要将来源于试样成分的离子送至第三真空室4。

[0040] 入射至第三真空室4的离子中的、具有与被施加至四极滤质器12的电压相应的特定的 m/z 的离子通过四极滤质器12,除此以外的离子在中途发散。这样,通过四极滤质器12的离子到达离子检测器13,离子检测器13输出与所入射的离子的量相应的检测信号。

[0041] 在无气体分析的情况下,不从气体供给部20对碰撞池9供给He气,也不通过能垒形成用电极11形成势垒。因此,导入至碰撞池9的离子几乎全部直接导入至第三真空室4,成为与四极滤质器12中的 m/z 相应的分选对象。因而,在无气体分析的情况下,干扰离子未被去除,相应地,也几乎没有目标离子的损失,从而能够以高灵敏度来检测目标离子。

[0042] 此处,在说明本实施方式的ICP-MS中的气体供给部20的详细流路结构之前,对一般的ICP-MS中的气体供给部的流路结构及其问题进行说明。

[0043] 图4是一般的ICP-MS的气体供给部20A的流路结构图。

[0044] 所述气体供给部20A包含比例阀211、压力传感器212、阻力管213、两个开闭阀214、

215。比例阀211是其开度可大致连续地调整的阀,开闭阀214、开闭阀215是简单的通断阀。

[0045] 通过气体供给流路21A而从气体供给源(未图示)供给的He等气体的流量通过比例阀211进行调整,并通过阻力管213而流动。压力传感器212对此流量调整后的管路内的气体压力进行探测。在有气体分析时,设于气体导入流路22A的第一开闭阀214开放,设于清洗流路23A的第二开闭阀215封闭,He气经由第一开闭阀214以及气体导入流路22A被供给至碰撞池。另一方面,在无气体分析时,第二开闭阀215开放,第一开闭阀214封闭,He气经由第二开闭阀215以及清洗流路23A被放出至大气中。

[0046] 图5是表示在包括图4所示的气体供给部20A的ICP-MS中,从无气体分析切换为有气体分析时的控制序列的概略时序图。

[0047] 图5中的流量设定值为比例阀211的流量设定值,在无气体分析时或非分析时,设定为将比例阀211的开度设为最大的最大流量(所述示例中为15sccm)。即,此时,最大流量的He气经由第二开闭阀215以及清洗流路23A被放出至大气中。通过像这样使He气的流量尽可能多,能够极力避免空气从配管的接头或阀的密封部分等漏入配管内,从而能够防止空气侵入碰撞池。

[0048] 在从无气体分析切换为有气体分析时,首先封闭第二开闭阀215,自此开始稍许延迟后开放第一开闭阀214,由此来切换气体流路。设置延迟期间是为了切实地避免两开闭阀214、215同时成为开放状态。在如上所述的气体流路的切换时,尽管极少但存在第一开闭阀214与第二开闭阀215同时封闭的期间,因此在此期间,阻力管213与第一开闭阀214之间的配管内的气体压力上升,在第一开闭阀214开放的瞬间,大流量的He气流入碰撞池。由此,不仅碰撞池的内部,而且腔室的内部整体的真空度也会骤然下降。

[0049] 在真空腔室内,配置有四极滤质器或离子检测器等,对它们施加有数kV左右以上的高电压,因此当真空度下降时,有可能引起放电。而且,也有对为了测定腔室内的真空度而配置的离子计造成过大的负载而烧坏之虞。由此,在从无气体分析切换为有气体分析时,如图5所示,以规定时间停止对四极滤质器等的高电压施加,并且停止离子计的运行(真空度稳定等待时间)。电压施加停止的期间是根据气体流量的骤增收敛而真空度充分下降所需的时间来适当决定。当此期间结束时,重新开始对四极滤质器等的高电压施加,但在重新开始后直至电压稳定为止需要一定程度的时间。

[0050] 而且,通常在有气体分析时,比例阀211的流量设定值下降至最大流量的 $1/3 \sim 1/2$ 左右,因此直至切换后的气体流量稳定为设定值为止须耗费时间。在ICP-MS中的有气体分析时,He气的流量变动成为分析精度下降的一个原因。因此,不仅要考虑真空度下降的影响,而且也必须考虑气体流量稳定所需的时间。因此,如图5所示,在从电压施加重新开始时间点直至实际开始分析为止,也要确保规定的等待时间(电压等稳定等待时间)。

[0051] 由于此种理由,从为了实施有气体分析而切换气体流路直至能够实际开始分析为止,即便是短也需要一分钟左右以上的分析等待时间,与此相应地,分析的所需时间变长。

[0052] 与此相对,本实施方式的ICP-MS中,跟迄今为止相比变更以气体供给部20为中心的流路结构,并且变更了从无气体分析或非分析状态向有气体分析的切换时的控制序列。

[0053] 图2是本实施方式的ICP-MS中的气体供给部20的概略流路结构图。而且,图3是表示在本实施方式的ICP-MS中,从无气体分析切换为有气体分析时的控制序列的时序图。

[0054] 如图2所示,气体供给部20包含比例阀201、压力传感器202、阻力管203以及三通阀

204,所述三通阀204具有共用阀口204a、第一阀口204b、第二阀口204c。而且,与三通阀204的第二阀口204c连接的清洗流路23的出口端并非朝大气中开放,而是连接于旋转泵15的进气侧配管17。进气侧配管17连接旋转泵15的进气口与第一真空室2以及涡轮分子泵16的排气口,此配管内被维持为真空环境。

[0055] 图2中的比例阀201、压力传感器202以及阻力管203与图4中的比例阀211、压力传感器212以及阻力管213实质上相同。在有气体分析时,控制部18切换流路,以使得在三通阀204中共用阀口204a与第一阀口204b相连通。通过阻力管203的He气经由三通阀204以及气体导入流路22被供给至碰撞池9。另一方面,在无气体分析时,控制部18切换流路,以使得在三通阀204中共用阀口204a与第二阀口204c相连通。通过阻力管203的He气经由三通阀204以及清洗流路23而排出至进气侧配管17内即真空环境中。

[0056] 即,气体供给部20与图4所示的气体供给部20A不同的结构上的特征在于:取代两个开闭阀214、215而设有一个三通阀204;以及清洗流路23(23A)的末端即无气体分析时的气体的排出目的地由大气中变更为真空环境中。

[0057] 本实施方式的ICP-MS中,控制部18在无气体分析时或非分析时,将比例阀201的流量设定值设定为随后实施的有气体分析时的流量值而非最大流量。例如,在有气体分析时的气体流量被规定为7sccm的情况下,无气体分析时的气体流量也被设定为7sccm。在清洗流路23的出口端为大气压环境的情况下,为了切实地防止空气的漏入,必须如上述那样使气体尽可能以大流量流动。与此相对,本实施方式中,清洗流路23的出口端为真空环境,因此即便减少气体流量,也能够切实地防止空气的漏入。

[0058] 在从无气体分析切换为有气体分析时,控制部18将三通阀204的流路从第二阀口204c侧切换至第一阀口204b侧。三通阀204中,实质上择一性地切换流路,因此不会产生两流路同时封闭的状态,此切换顺畅且几乎没有气体压力的上升。而且,切换前后的比例阀201中的气体流量的设定值相同,因此伴随流路切换的、实际的气体流量的变动也小或者几乎没有。由此,如图3所示,在切换时能够连续地进行对四极滤质器12等的高电压施加,真空度测量用的离子计(未图示)的运行也能够连续地进行。

[0059] 因而,本实施方式的ICP1-MS中,在从无气体分析或非分析状态切换为有气体分析后,实质上几乎无须确保分析等待时间,而能够快速执行分析并收集数据。由此,例如即便在一边频繁地切换无气体分析与有气体分析一边执行的情况下,也能够几乎不需要徒劳的分析等待时间,从而能够缩短分析所需时间。

[0060] 而且,除了能够缩短分析所需时间以外,还能够减少阀的个数,因此也能够实现由此带来的成本削减。再进一步,能够减少在无气体分析时以及非分析时作为冲洗气体而使用的气体的量,因此也有助于用户侧的分析运营成本的降低。

[0061] 图1所示的ICP-MS是对碰撞池9供给单系统的气体的结构,但在除了基于KED的干涉去除以外还实施使用反应气体的干涉去除的情况下,也需要将所使用的一种或多种反应气体(例如氢、氨、氧等)供给至碰撞池9的气体供给部。即,可分别对应于所使用的每个气体种类来设置图1所示的气体供给部20、气体供给流路21、气体导入流路22以及清洗流路23。像这样并列设置气体供给部的结构中,通过削减阀个数带来的成本削减更为有效。

[0062] 而且,所述实施方式是将本发明适用于ICP-MS的一例,但本发明也能够适用于,三重四极型质量分析装置或者四极-飞行时间型质量分析装置等对碰撞池供给碰撞气体而在

碰撞池中产生碰撞诱导解离(collision-induced dissociation)的质量分析装置。更一般而言,能够将本发明适用于如下所述的质量分析装置,即,对配置在真空室内的碰撞池等的池内供给气体,在此池中使离子与气体接触而进行对所述离子的某些操作。

[0063] 而且,当明确的是,所述实施方式或变形例均为本发明的一例,除了所述记载的内容以外,即便在本发明主旨的范围内进行适当修正、变更、追加,也包含在本申请的权利要求书中。

[0064] [各种方式]

[0065] 本领域技术人员当理解,所述例示性的实施方式为以下方式的具体例。

[0066] (第一项)本发明的质量分析装置的一方式包括:真空室;池,配置在所述真空室的内部,使来源于试样的离子接触至规定气体;以及质量分析部,对从所述池排出的离子或来源于此的离子进行质量分析,所述质量分析装置包括:

[0067] 气体供给部,包含三通阀,所述三通阀使从气体供给源供给的规定气体择一性地流至将所述规定气体向所述池供给的第一流路与将所述规定气体向真空环境中排出的第二流路;以及

[0068] 控制部,控制所述三通阀的切换,以使得在在所述池中不使离子接触至所述规定气体的状态进行分析的期间和/或不实施分析的期间,使所述规定气体流向所述第二流路,在在所述池中使离子接触至所述规定气体的状态进行分析的期间,使所述规定气体流至所述第一流路。

[0069] 第一项所述的质量分析装置中,控制部在进行在池中不使离子接触至规定气体的分析(无气体分析)时,设定三通阀的状态以使规定气体流向第二流路。由此,从气体供给源供给的规定气体经由第二流路排出至真空环境中。在从无气体分析切换为在池中使离子接触至规定气体的分析(有气体分析)时,控制部控制三通阀的动作,以将规定气体的流通目的地由第二流路切换为第一流路。在所述切换时,规定气体的流动不会被挡止,因此经压缩的气体不会贮留在三通阀的上游侧的流路中,能够避免流路刚刚切换后的、大量气体向池中的流入。

[0070] 而且,通过了第二流路的气体的排出目的地并非大气环境中而是真空环境中,因此即便在流向第二流路的气体的流量少的情况下,由经由所述流路的空气所造成的污染的可能也小。因此,即便在有气体分析时通过第一流路流至池的气体的流量少的情况下,也能够使无气体分析时通过第二流路而排出的气体的流量与其一致。若切换三通阀前后的气体流量相同或其差极小,则能够使在所述切换时使气体流量稳定为目标值所需的时间大致为零或极短。

[0071] 根据第一项所述的质量分析装置,在从无气体分析向有气体分析的切换时和/或从非分析状态开始有气体分析时,能够防止因高气体压力的气体冲入真空室内所引起的真空度的下降。由此,不再需要用于避免因真空度下降所引起的不良影响的、例如停止对质量分离部等施加的高电压等特别控制。作为其结果,能够减少或几乎全部消除直至分析实质上变得可能为止的等待时间,能够缩短分析所需的时间而提高分析效率。

[0072] (第二项)第一项所述的质量分析装置中,所述气体供给部包含配置在所述气体供给源与所述三通阀之间的流路上的流量调整部,

[0073] 所述控制部能够控制所述流量调整部,以使得在所述三通阀中从使规定气体流向

所述第二流路的状态切换至使规定气体流至所述第一流路的状态的前后使气体流量变得相同。

[0074] 根据第二项所述的质量分析装置,在从无气体分析或非分析状态向有气体分析的切换时,能够使对池供给的规定气体的流量快速稳定。由此,能够在切换后快速实施实质上的分析即有效的数据收集。

[0075] (第三项) 第一项或第二项所述的质量分析装置中,所述第二流路的出口端可连接于对所述真空室进行真空排气的真空泵的进气口侧。

[0076] 根据第三项所述的质量分析装置,能够避免无气体分析时或非分析时的规定气体的排出对真空室内的真空度造成影响。

[0077] (第四项) 第一项至第三项中任一项所述的质量分析装置包括电感耦合等离子体离子源,所述池可为用于去除干扰离子的碰撞池。

[0078] 根据第四项所述的质量分析装置,即便在以高频率反复进行无气体分析与有气体分析的情况下,也既能确保高分析精度,又能缩短分析所需时间。

[0079] [符号的说明]

- [0080] 1:离子化室
- [0081] 2:第一真空室
- [0082] 3:第二真空室
- [0083] 4:第三真空室
- [0084] 5:ICP离子源
- [0085] 51:等离子体炬
- [0086] 52:自动采样器
- [0087] 6:采样锥
- [0088] 7:分离锥
- [0089] 8:离子透镜
- [0090] 9:碰撞池
- [0091] 10:离子导向器
- [0092] 11:能垒形成用电极
- [0093] 12:四极滤质器
- [0094] 13:离子检测器
- [0095] 14:离子光轴
- [0096] 15:旋转泵
- [0097] 16:涡轮分子泵
- [0098] 17:进气侧配管
- [0099] 18:控制部
- [0100] 19:电压产生部
- [0101] 20:气体供给部
- [0102] 201:比例阀
- [0103] 202:压力传感器
- [0104] 203:阻力管

- [0105] 204:三通阀
- [0106] 204a:共用阀口
- [0107] 204b:第一阀口
- [0108] 204c:第二阀口
- [0109] 21:气体供给流路
- [0110] 22:气体导入流路
- [0111] 23:清洗流路。

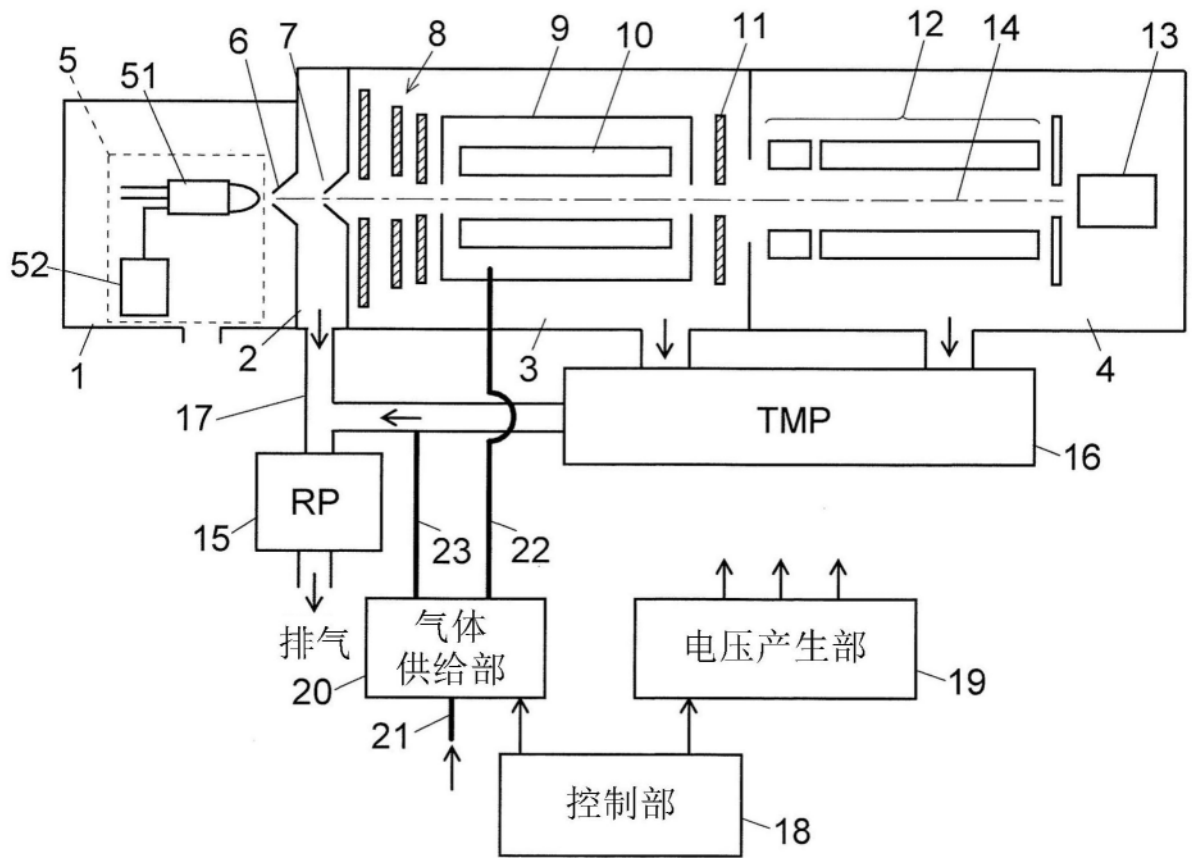


图1

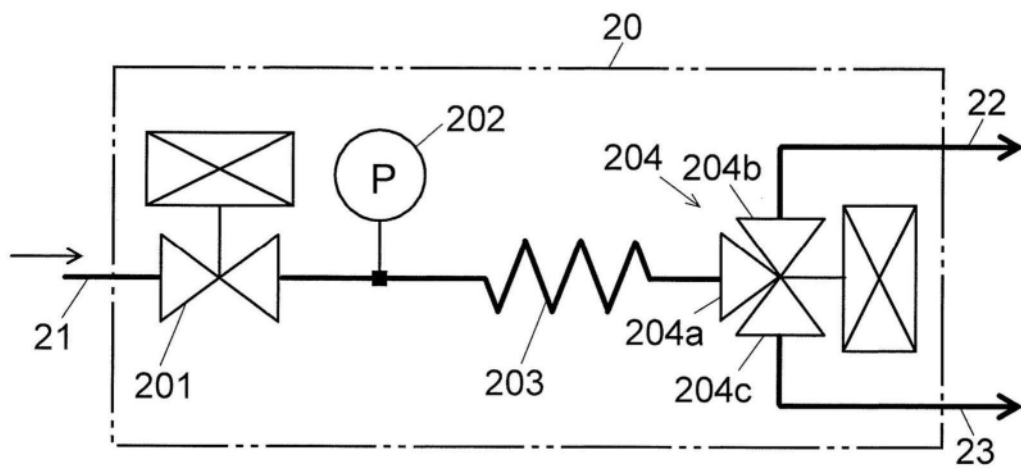


图2

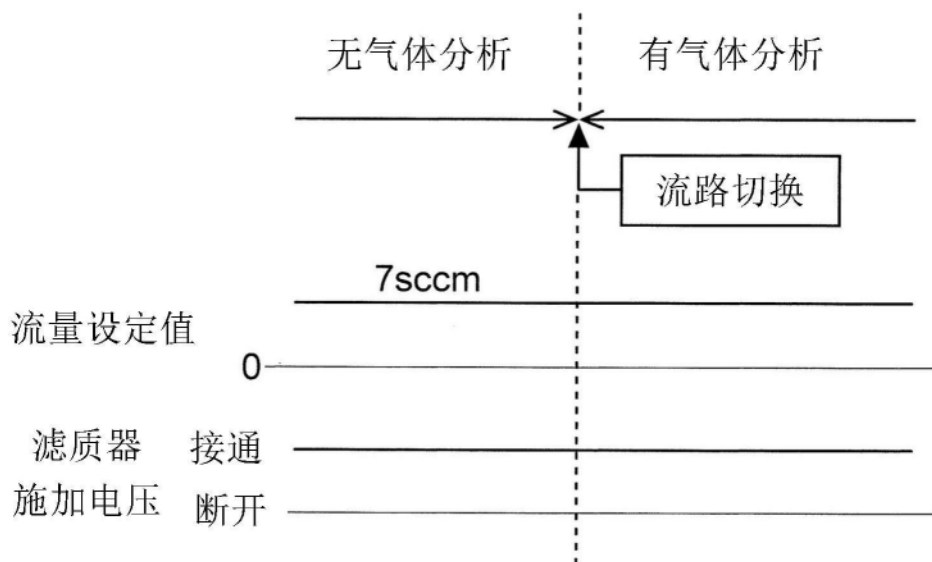


图3

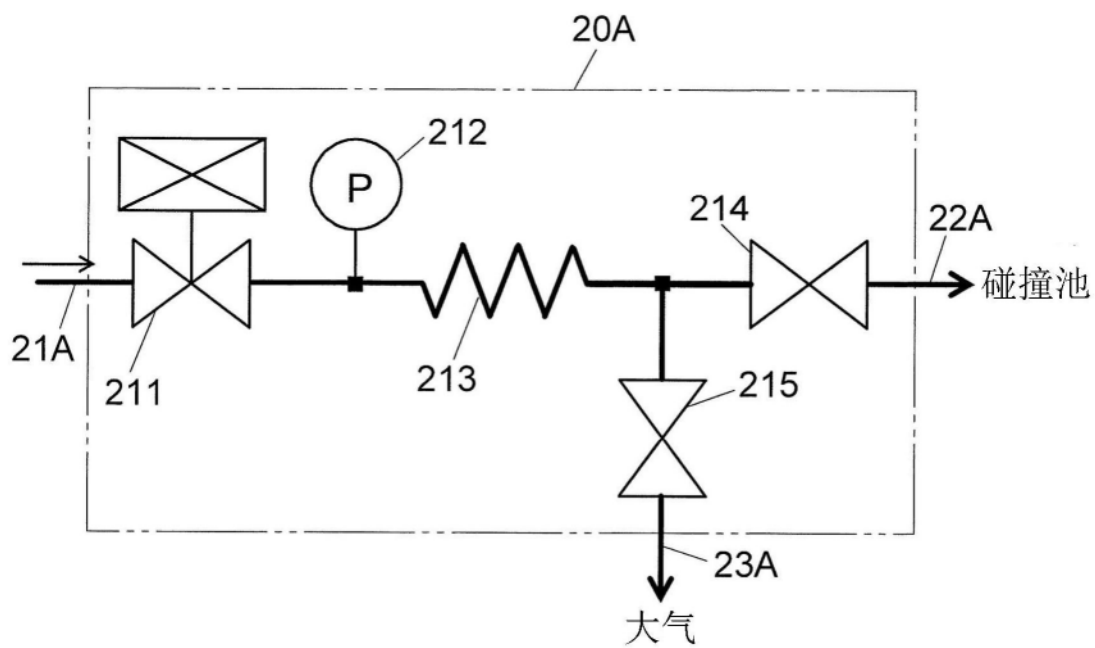


图4

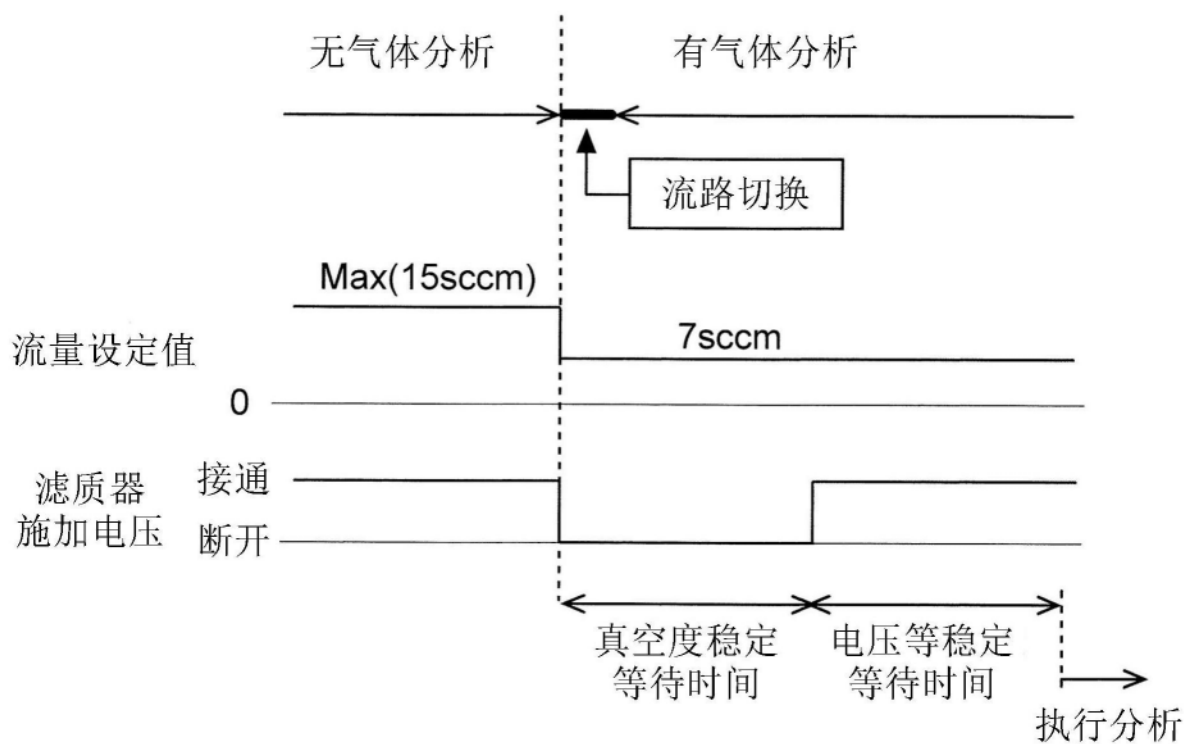


图5