



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105914124 B

(45)授权公告日 2018.07.10

(21)申请号 201610099211.4

(22)申请日 2016.02.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105914124 A

(43)申请公布日 2016.08.31

(30)优先权数据

2015-032833 2015.02.23 JP

(73)专利权人 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 立石勇介 高桥和辉 佐藤秀树

(74)专利代理机构 上海市华诚律师事务所

31210

代理人 徐乐乐

(51)Int.Cl.

H01J 49/10(2006.01)

(56)对比文件

CN 104254903 A, 2014.12.31, 说明书第32-34段、及附图3.

CN 104254903 A, 2014.12.31, 说明书第32-34段、及附图3.

JP 特开2005-259482 A, 2005.09.22, 附图

1.

US 2013/0206978 A1, 2013.08.05, 全文.

CN 103608894 A, 2014.02.26, 全文.

审查员 丁钰丰

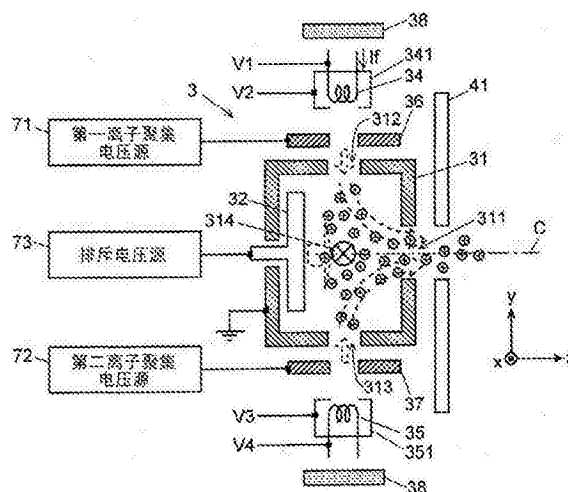
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

电离设备

(57)摘要

公开一种电离设备。离子源(3)中,形成朝离子发射端口(311)排斥离子的排斥电场的排斥电极(32)在电离室(31)内,离子聚集电极(36)和(37)分别在电子导入端口(312)和丝(34)之间,和电子排出端口(313)和反向丝(35)之间。通过施加预定电压到离子聚集电极(36)和(37)中的各个形成的电场由电子导入端口(312)和电子排出端口(313)侵入电离室(31),且变成离子光轴C方向上推动离子的聚集电场。偏离电离室(31)中心部分位置的离子接收排斥电场力和聚集电场力的结合力,并朝离子发射端口(311)移动,同时接近光轴C。因此,离子发射端口发送出的离子量增加。此外即使充电现象发生,离子轨迹也不大容易改变,且灵敏度稳定性可以提高。



1. 一种电离设备,其特征在于,所述电离设备用于使预定样品分子或者原子离子化,所述电离设备包括:

a) 电离室,所述电离室具有:电子导入端口,所述电子导入端口用于将热电子导入所述电离室的内部空间;电子排出端口,所述电子排出端口用于将已经穿过所述内部空间的热电子排出;以及离子发射端口,所述离子发射端口用于将在所述内部空间产生的源自样品的离子发射至外部;

b) 热电子源,所述热电子源用于产生所述热电子,所述热电子源被布置在所述电子导入端口的外侧上;

c) 电子捕获单元,所述电子捕获单元用于捕获通过所述电子排出端口排出的所述热电子,所述电子捕获单元被设置在所述电子排出端口的外侧上;

d) 排斥电极,所述排斥电极用于在所述电离室中形成排斥电场,所述排斥电场将在所述电离室中产生的源自样品的离子朝向所述离子发射端口排斥,所述排斥电极被布置在所述电离室的内部,以便与所述离子发射端口相对;以及

e) 离子聚集电极,所述离子聚集电极用于在所述电离室中形成聚集电场,所述聚集电场将在所述电离室中产生的所述源自样品的离子聚集在通过由所述排斥电场排斥所述源自样品的离子而形成的离子流的中心轴周围,所述离子聚集电极被布置在所述热电子源和所述电子导入端口之间以及所述电子排出端口和所述电子捕获单元之间中的任何一个或者两者,

检测到正离子时,正电压施加到所述离子聚集电极,

检测到负离子时,负电压施加到所述离子聚集电极。

2. 如权利要求1所述的电离设备,其特征在于,

所述离子发射端口被设置至所述电离室,以致所述离子在基本上与所述热电子通过所述电子导入端口被引入至所述电离室的方向正交的方向上被发射出。

3. 如权利要求1或2所述的电离设备,其特征在于,进一步包括:电压施加单元,所述电压施加单元用于将DC电压 V_r 施加到所述排斥电极,并且用于将DC电压 V_s 施加到所述离子聚集电极,所述DC电压 V_r 具有与所述源自样品的离子的极性相同的极性,所述DC电压 V_s 具有与所述源自样品的离子的极性相同的极性,其中,

所述DC电压 V_r 是1~20[V],并且所述DC电压 V_s 是5~50[V]。

电离设备

技术领域

[0001] 本发明涉及用于使样品分子和原子离子化的电离设备,更具体地,涉及使用根据电子电离(EI)方法、化学电离(CI)方法、以及其它这样的方法的热电子的电离设备。根据本发明的电离设备例如能够被用作质谱仪的离子源,并且也可以被用于诸如离子注入设备的使用离子的各种设备。

背景技术

[0002] 当气体样品在质谱仪中被离子化时,诸如电子电离方法以及化学电离方法的使用热电子的电离方法通常被使用。图6以及图7是传统常规的EI离子源的配置图。虽然正离子被分析的实例情形在这里被描述,但是即使在负离子要被分析的情形下,除了电压的极性是反向的之外,基本操作是相同的。

[0003] 被安装在维持在高真空的真空室(没有图解)内部的盒状的电离室31在其中形成有:样品导入端口314,样品气体通过样品导入端口314被供给;离子发射端口311,离子从离子发射端口311被发射出;电子导入端口312,热电子通过电子导入端口312被导入;以及电子排出端口313,热电子从电子排出端口313被排出。收容在丝室341中的丝34被布置在电子导入端口312的外侧。当加热电流 I_f 从加热电流源(没有图解)被供给至丝34时,丝34的温度上升,并且热电子从丝34的表面被发射出。同时,收容在丝室351中的反向丝(counter filament) 35作为捕获电极被布置在电子排出端口313的外侧。例如,-70[V]的电压 V_1 被施加到丝34。例如,略小于电压 V_1 的-71[V]的电压 V_2 被施加到丝室341。例如,近似+10[V]的正电压 V_4 被施加到反向丝35。此外,电离室31具有地电势(0[V])。

[0004] 从丝34产生的热电子通过丝室341与电离室31之间的电势差(-71[V]→0[V])被加速,并且通过电子导入端口312被导入电离室31中。样品气体从样品导入端口被导入电离室31中。当样品分子M和热电子 e^- 在电离室31中彼此接触时,发生 $M+e^- \rightarrow M^++2e^-$ 的电子发射。因此,产生样品分子离子或者样品原子离子。电子由被施加到反向丝35的正电压 V_4 吸引,以到达反向丝35,并且捕获电流 I_b 流入反向丝35。由反向丝35捕获的电子的数目取决于从丝34发射出的电子的数目。因此,例如,控制电路(没有图解)控制加热电流 I_f ,以致捕获电流 I_b 具有预定值。这使得从丝34产生的热电子的量基本上不变,因此,在电离室31中实现稳定的电离。

[0005] 一对磁体38被安装在丝34和反向丝35的外侧,并且一对磁体38在电离室31内部以及周围形成磁场。由于这个磁场,从丝34产生的并且朝向反向丝35穿过电离室31内部的热电子在螺旋回旋的轨迹上飞行。因此,与电子简单地直线飞行的情形相比,电子与样品分子之间接触的概率增加,借此能够提高电离效率。

[0006] 在图6和图7中图解的配置中,来源于样品的离子以以上描述的方式在电离室31中产生。因此产生的来源于样品的离子通过离子发射端口311被发射到电离室31的外部,以用于质谱分析。用于离子发射的机构在图6和图7之间是不同。

[0007] 在图6中图解的离子源中,负DC电压 V_5 被施加到被布置在离子发射端口311的外侧

的引出 (extraction) 电极41。由引出电极41和电离室31之间的电势差所形成的电场通过离子发射端口311侵入电离室31。由于这个电场的动作,在电离室31中所产生的离子在图6中被向右引出 (以下称这个操作为“引出模式”),并且被发送至诸如四极质量过滤器的质量分析器 (没有图解)。

[0008] 在图7所示的离子源中,排斥电极32被设置在电离室31的内部且在与离子发射端口311相对的位置,并且正DC电压V6被施加至排斥 (repeller) 电极32。由于因此形成的电场的动作,在电离室31中产生的离子在图7中被向右排斥 (以下称这个操作为“排斥模式”),被使得穿过离子发射端口311,并且被发送至质量分析器 (没有图解)。在一些情形下,使用排斥电极32的离子排斥动作和引出电极41的离子引出动作两者。

[0009] 为了在质谱仪中达到高分析灵敏度,期望的是,将在电离室31中产生的离子中的要被分析的离子以尽可能低的损失导向质量分析器。此外,为了维持用于定量测定的标定曲线的可靠性,期望的是,当设备被连续地使用时,在检测灵敏度上的减小 (变化) 是尽可能小的,也就是,灵敏度的稳定性是高的。然而,如以下所描述的,在传统的电离设备中,难以达到高灵敏度和灵敏度的稳定性两者。

[0010] 在图7所示的采用排斥模式的离子源的情形下,因为由被施加到排斥电极32的电压所形成的电场排斥离子,所以朝向离子发射端口311的电势梯度变得更平缓,排斥电极32被设置在远离离子发射端口311的位置。因此,在围绕电离室31的中心部分的区域中产生的离子接收足够的能量以朝向离子发射端口311移动,并且从离子发射端口311被发送出去,而在电离室31中的离子发射端口311侧的拐角周围产生的离子不太容易穿过离子发射端口311,并且当接触离子发射端口311周围的电离室31的墙壁表面时,大部分离子消失。此外,靠近电子导入端口312和电子排出端口313产生的离子容易通过电子导入端口312和电子排出端口313流出。因此,在排斥模式下只有在电离室31的中心周围的相对窄的区域中产生的离子能够被主要用于质谱分析,并且难以达到高的分析灵敏度。

[0011] 在图6图解的采用引出模式的离子源的情形下,通过被施加到引出电极41的电压形成在电离室31外部的电场通过离子发射端口311侵入电离室31中,并且离子通过由此形成的引出电场而被引出。通过离子发射端口311侵入的引出电场甚至到达电离室31的中心周围的区域,并且因此在电离室31的中心周围产生的离子从电离室31被有利地引出。此外,靠近引出电极41的离子发射端口311周围的电场是强的,因此,与以上描述的排斥模式相比,在电离室31的离子发射端口311侧的拐角周围产生的更大量的离子能够被引出。相应地,与排斥模式相比,引出模式可以更加高效地将电离室31中产生的离子从离子发射端口311发送出去,并且对于分析灵敏度的增强是更加有利的。

[0012] 即使是在引出模式下,引出电场不太容易到达电离室31中的电子导入端口312周围的区域以及电子排出端口313周围的区域,因此这些端口周围产生的离子可能通过电子导入端口312和电子排出端口313流出。为了解决这个问题,在专利文献1中描述的电离设备中,离子渗漏防止电极被分别布置在丝34和电子导入端口312之间以及电子排出端口313和反向丝35之间,每一个离子渗漏防止电极包括允许电子经过的开口,并且预定电压被施加到每一个离子渗漏防止电极,以便形成对于离子来说从电子导入端口312和电子排出端口313中的每一个朝向离子渗漏防止电极梯度变得越来越陡的电场。因此,即将要从电子导入端口312和电子排出端口313流向外部的离子返回到电离室31的内部,借此能够抑制离子损

失。因此,在专利文献1中描述的电离设备对于分析灵敏度的增强是进一步有利的。

[0013] 如上所述,就获得高灵敏度而言,引出模式比排斥模式更加有利。然而,根据本申请的发明人所进行的研究,就获得灵敏性得稳定性而言,引出模式比排斥模式更加不利。

[0014] 具体地,如上所述,在引出模式下,用于移动离子的电势梯度通过由施加到引入电极41的电压所形成的电场的侵入被给出,并且因此在排斥模式下,电离室31的中心周围的电势梯度比形成在电离室31中的电场的电势梯度更平缓。随着该设备的长期使用,在由导体制成的电离室31中可能出现充电(charge-up)现象,因此形成在电离室31中的电场的状态改变。由于电离室31中的电势梯度更平缓,所以可以这么说,由扰动所引起的电场的这种改变的影响更大。因此,即使最初引出模式的分析灵敏度比排斥模式的分析灵敏度更高,与设备的长期使用相关的充电现象防止离子沿着适当的轨迹被引出,因此,到达质量分析器的离子的量显著减小,并且引出模式的分析灵敏度变得比排斥模式的分析灵敏度更低。

[0015] 引用列表

[0016] 专利文献

[0017] [专利文献1]JP2005-259482A

发明内容

[0018] 技术问题

[0019] 如上所述,将引出模式和排斥模式彼此相比,前者就高灵敏度而言更有利,而就稳定的灵敏度而言更劣势,而后者就稳定的灵敏度而言更优越,但是具有相对低的灵敏度。换句话说,从高灵敏度和灵敏度的稳定性的视角来看,引出模式和排斥模式具有优势和缺点,并且难以稳定地维持高灵敏度。这同样适用于引出模式和排斥模式的组合使用。这是因为在高灵敏度被实现时与当灵敏度的稳定性被实现时之间被施加到排斥电极32的电压和被施加到引出电极41的电压的最优数值不是相同的。

[0020] 为了解决上述问题而被进行的本发明的目的是提供一种电离设备,该电离设备能够以尽可能低的损失将在电离室中产生的离子发送出去至随后的阶段,使得随着设备的长期使用而发生的充电现象的影响最小化,以及因此既获得高分析灵敏度,又获得高的灵敏度的稳定性。

[0021] 解决问题的技术方案

[0022] 为了达到上述目的,本发明提供一种电离设备,该电离设备用于使预定样品分子或者原子离子化,该电离设备包括:

[0023] a) 电离室,具有:电子导入端口,电子导入端口用于将热电子导入电离室的内部的空间;电子排出端口,电子排出端口用于将已经穿过内部的空间的热电子排出;以及离子发射端口,离子发射端口用于将在内部的空间中产生的源自样品的离子发射至外部;

[0024] b) 热电子源,所述热电子源用于产生热电子,热电子源被布置在电子导入端口的外侧上;

[0025] c) 电子捕获单元,电子捕获单元用于捕获通过电子排出端口排出的热电子,电子捕获单元被布置在电子排出端口的外侧上;

[0026] d) 排斥电极,所述排斥电极用于在电离室中形成将在电离室中产生的源自样品的离子朝向离子发射端口排斥的排斥电场,排斥电极被布置在电离室的内部以便与离子发射

端口相对;以及

[0027] e) 离子聚集电极,所述离子聚集电极用于在电离室中形成聚集电场,聚集电场将在电离室中产生的源自样品的离子聚集在通过由排斥电场排斥源自样品的离子而形成的离子流的中心轴周围,离子聚集电极被布置在热电子源和电子导入端口之间以及电子排出端口和电子捕获单元之间中的任何一个或者两者。

[0028] 在根据本发明的电离设备中,在被导入电离室的样品气体中的样品分子或者原子接触热电子,或者样品分子或者原子与通过被包含在样品气体中的缓冲气体或者分开提供的缓冲气体与热电子之间的接触而产生的缓冲离子发生化学反应,借此样品分子或者原子被电离。由此在电离室中产生的源自样品的离子由于通过将预定的电压施加至排斥电极而形成在电离室中的排斥电场的作用而朝向离子发射端口移动,排斥电极被布置在电离室的内部以便与离子发射端口相对。换句话说,在根据本发明的电离设备中,在排斥模式下,源自样品的离子从离子发射端口被发送出去。

[0029] 在根据本发明的电离设备中,除了作用在离子上的排斥电场的力,通过将预定的电压施加到被布置在电离室的外部的离子聚集电极而形成得聚集电场通过电子导入端口和/或电子排出端口侵入电离室中,并且聚集电场给予离子力以便在朝向电子导入端口和电子排出端口的方向上扩散的离子朝向电离室的中心部分被聚集。典型地,离子发射端口被设置以便离子在与热电子通过电子导入端口被导入电离室的方向基本上正交的方向上被发射出。在这种情况下,在电离室中聚集电场推动离子的方向是基本上与排斥电场排斥离子的方向正交的方向。因此,排斥电场的力与聚集电场的力的结合力被给予在电离室中相对靠近电子导入端口和电子排出端口的位置处的离子。因此,离子移动以便被聚集在离子流的中心轴周围,同时朝向离子发射端口前进。结果,在离子发射端口周围否则将会接触电离室的壁等等的并且在只有排斥电场作用在离子上的状态下消失的离子可以更加容易地穿过离子发射端口,因此,更大量的离子可以被发送至随后的阶段。

[0030] 在根据本发明的电离设备中,使用不太容易受到诸如充电现象的扰动的影响的排斥电场,离子从离子发射端口被发送出,并且此外通过电子导入端口和电子排出端口侵入电离室的聚集电场的电势梯度在离子发射端口周围也不太容易受到充电现象的影响。因此,即使是在充电现象发生的情形下,当离子通过离子发射端口被发送出去时,源自样品的离子的轨迹也不太容易改变,因此,可以维持离子低损失状态。因为这些原因,所以利用根据本发明的电离设备作为质谱仪的离子源,可以达到高分析灵敏度,并且即使是在设备的长期使用状态下,也能够维持这种高分析灵敏度。

[0031] 根据本申请的发明人所进行的研究,为了达到如上所述的高分析灵敏度和高的灵敏度的稳定性,根据本发明的电离设备可以进一步包括电压施加单元,电压施加单元用于将DC电压 V_r 施加到排斥电极,并且用于将DC电压 V_s 施加到离子聚集电极,DC电压 V_r 具有与源自样品的离子的极性相同的极性,DC电压 V_s 具有与源自样品的离子的极性相同的极性,DC电压 V_r 是可以在1和20[V]之间,并且更较好地,在1和8[V]之间,DC电压 V_s 可以在5和50[V]之间,并且更较好地,在5和20[V]之间。用于施加的电压的适当的数值可以根据电离室和其他部件的尺寸和距离来确定。

[0032] 发明的有益效果

[0033] 在根据本发明的电离设备中,由于使用被布置在电离室的内部的排斥电极的离子

排斥作用和被布置在电离室的外部的离子聚集电极的离子聚集作用两者,在电离室中产生的离子被导向离子发射端口,并且通过离子发射端口被发送出去至随后的阶段。因此,与使用传统的排斥模式的电离设备相比,可以抑制离子损失,并且较大的量的离子可以从离子发射端口被发送出去。此外,即使随着设备的长期使用而发生充电现象,也可以减小离子轨迹的变化。结果,利用根据本发明的电离设备作为质谱仪的离子源,要被用于质谱分析的离子的量增加,可以达到分析灵敏度的增强,并且这种高灵敏度可以长期被维持。

附图说明

[0034] 图1是根据本发明的实施例的使用离子源的质谱仪的示意性的配置图。

[0035] 图2是根据本实施例的离子源的配置图。

[0036] 图3A和图3B是各自图解在传统的离子源中在使用排斥电极(排斥模式)时的离子轨迹的模拟结果的图,其中,图3A图解没有充电的情形,且图3B图解有充电的情形。

[0037] 图4A和图4B是各自图解在传统的离子源中在使用引出电极(引出模式)时的离子轨迹的模拟结果的图,其中,图4A图解没有充电的情形,并且图4B图解有充电的情形。

[0038] 图5A和图5B是各自图解在根据本发明的离子源中的离子轨迹的模拟结果的图,其中,图5A图解没有充电的情形,并且图5B图解有充电的情形。

[0039] 图6是传统的离子源的配置图(排斥模式)。

[0040] 图7是传统的离子源的配置图(引出模式)。

具体实施方式

[0041] 参考所附图描述根据本发明的实施例的离子源。图1是使用根据本实施例的离子源的质谱仪的示意性的配置图,以及图2是根据本实施例的离子源的配置图。与参考图6和图7已被描述的传统离子源中相同的组成元件由相同的参考标记来表示。

[0042] 首先,参考图1描述使用本实施例的离子源的质谱仪。离子源3、离子输送光学系统4、作为质量分析器的四极质量过滤器5、以及离子检测器6被设置在由真空泵2抽真空的室1的内部。例如,从气相色谱仪(没有图解)的柱流出的样品气体与电离室31的样品导入端口314连通,并且包含在被连续地供给至电离室31的样品气体中的样品分子或者原子在接触从丝34产生的热电子时被电离。如稍后描述的,由此产生的来源于样品的离子通过离子发射端口311从电离室31被发送出去,被离子输送光学系统4聚集,并且被导入四极质量过滤器5的长轴方向上的空间。DC电压和RF电压叠加的电压从电源(没有图解)被施加到四极质量过滤器5,并且只有具有与被施加的电压对应的质荷比 m/z 的离子穿过长轴方向上的空间,并到达离子检测器6以被离子检测器6检测。其它不必要的离子种类不能穿过四极质量过滤器5的长轴方向上的空间,并且在途中偏离和消失。

[0043] 如图1和图2所示,在本实施例的离子源3中,类似于图7中所示的传统离子源,排斥电极32被布置在与电离室31中的离子发射端口311相对的位置,并且预定的DC电压从排斥电压源73被施加到排斥电极32。离子聚集电极36和37被分别布置在电子导入端口312和丝室341之间以及电子排出端口313和丝室351之间。例如,离子聚集电极36和37中的每一个是环状的导体,该环状的导体包括电子通过开口,电子通过开口具有与电子导入端口312和电子排出端口313中的每一个的内径基本上相同或者略小的内径。预定DC电压从第一离子

聚集电压源71被施加到离子聚集电极36,并且预定DC电压从另一个第二离子聚集电压源72被施加到离子聚集电极37。换句话说,独立的电压可以被分别施加到两个离子聚集电极36和37。

[0044] 在正离子要被分析的情形下,排斥电压源73施加 $V_r=1\sim 20$ [V]的DC电压至排斥电极32。第一和第二离子聚集电压源71和72分别施加 $V_s=5\sim 50$ [V]的DC电压至离子聚集电极36和37。取决于电离室31的尺寸、电子导入端口312和电子排出端口313的尺寸、离子聚集电极36和37的形状、与电子导入端口312和电子排出端口313的距离、以及其它因素,被施加的电压 V_r 和 V_s 是不同的。例如,基于模拟和实验,用于被施加的电压 V_r 和 V_s 的适当的数值可以提前被确定。

[0045] 从丝34产生的热电子通过电子导入端口312进入电离室31的内部,并且朝向电子排出端口313移动,同时每一个热电子由于一对磁体38形成的磁场的动作而在螺旋轨迹上飞行。当途中热电子接触样品分子或者原子时,样品分子或者原子被电离。电离室31被接地,并且如上所述, $V_r=1\sim 20$ [V]大小的正DC电压 V_r 被施加到排斥电极32。因此,具有在z轴正方向上(图2中向右)将离子从排斥电极32朝向离子发射端口311排斥的力的排斥电场在电离室31中形成。这与图7中所示的传统的离子源类似。

[0046] 每一个具有负电荷的热电子存在于电离室31中的y轴方向上的细长的区域。由于电子产生的空间电荷效应,每一个具有与电子的极性相反的极性的来源于样品的离子趋向于在y轴方向上扩散。为了解决这个问题,在本实施例的离子源3中,如上所述, $V_s=5\sim 50$ [V]大小的正DC电压 V_s 被分别施加到离子聚集电极36和37,离子聚集电极36和37被紧密地布置在电子导入端口312和电子排出端口313的外侧。因此,通过离子聚集电极36和37以及电离室31之间的电势差来形成电场,并且电场通过电子导入端口312和电子排出端口313侵入电离室31。这个聚集电场起到在电子导入端口312周围在y轴负方向上(图2中向下)推动离子,并且在电子排出端口313周围在y轴正方向上(图2中向上)推动离子的作用。也就是,这个聚集电场起到将在y轴正负方向上扩散的离子局限在电离室31的中心部分的作用。

[0047] 实际上,因为排斥电场的排斥力与聚集电场的局限(聚集)力的结合力作用在离子上,所以存在于电离室31的中心周围的离子在z轴正方向上被推动,并且比存在于中心周围的离子更靠近电子导入端口312和电子排出端口313的位置而存在的离子,被朝向离子发射端口311推动,同时接近作为离子流的中心轴的离子光轴C。因此,能够避免如在简单的排斥模式中的在离子发射端口311周围离子相对电离室31的壁表面的碰撞,并且这些离子可以从离子发射端口311被发送出去。也就是说,可以从离子发射端口311被发送出去的离子的量,换言之,可以被用于质谱分析的离子的量,比在传统的排斥模式下更多,并且,这导致分析灵敏度的增强。

[0048] 图3A至图5B各自图解为了验证本实施例的离子源3与传统的离子源之间在离子轨迹上的差别,根据计算机模拟的离子轨迹的计算结果(排斥模式和引出模式)。图3A和图3B是各自图解在传统的离子源中使用排斥电极时离子轨迹的模拟结果的图(排斥模式),图4A和图4B是各自图解在传统的离子源中使用引出电极时离子轨迹的模拟结果的图(引出模式),以及图5A和图5B是各自图解在本实施例的离子源3中离子轨迹的模拟结果的图。图3A、图4A以及图5A各自图解没有充电现象的情形,以及图3B、图4B以及图5B各自图解在电离室31的表面上发生充电现象的情形。此外,在图3A到图5B中,以实心黑色着色的组成元件是具

有与离子的极性相同的极性的正DC电压被施加的组成元件。此外,在图3A至图5B中,上半部分的范围图解可以到达质量过滤器(没有图解)的离子的轨迹,以及下半部分的范围图解通过在途中相对电极等等碰撞而消失的离子的轨迹。

[0049] 如图3A和图3B所示,在传统的排斥模式下,只有在电离室31的中心周围产生的离子被输送到随后的阶段,并且在偏离中心的位置处产生的大部分离子在电离室31中或者当接触电极时消失。即使在充电现象发生的状态下,这几乎也是相同的。

[0050] 相比下,如图4A中所示,在传统的引出模式下,不仅在电离室31的中心周围产生的离子,而且在明显偏离中心的位置处产生的离子从电离室31的内部被引出,并且被输送到随后的阶段。然而,甚至出现在电离室31的中心周围的离子部分消失。这意味着电离室31的中心周围的电场比在排斥模式下的电场相对更低(电势梯度更平缓)。结果,如图4B所示,如果充电现象发生,离子轨迹极其改变,并且没有被输送到随后的阶段的离子增加。换句话说,根据模拟结果,容易推定,与排斥模式相比,当充电现象没有发生时,引出模式的灵敏度更高,而当充电现象发生时,引出模式的灵敏度更极端下降。

[0051] 通过将图5A和图3A比较,显然,在本实施例的离子源3中,即使是在简单的排斥模式下大部分没有被输送至随后的阶段的偏离电离室31的中心部分的位置处的离子也被导向离子发射端口311,并且被输送到随后的阶段,而且只有少数离子接触电离室31的内壁表面并消失。这通过离子聚集电极36和37形成的电场侵入电离室31并且朝向离子流的中心轴推动离子的效果来实现。因此,大量的离子可以被输送至随后的阶段,并且可以达到高分析灵敏度。

[0052] 如图5B所示,即使在充电现象发生的状态下,本实施例的离子源3中的离子轨迹也几乎是相同的。这意味着排斥电场的离子排斥动作和聚集电场的离子聚集动作两者均不易受到充电现象的影响。由于这个事实,可以理解,即使随着设备的长期使用而发生充电现象,也可以维持高的分析灵敏度。

[0053] 如上所述,根据离子轨迹的模拟结果,可以验证,在本实施例的离子源3中可以实现高灵敏度和高的灵敏度的稳定性两者。

[0054] 与离子轨迹的模拟一起,从丝34产生的热电子的轨迹也被获得。结果,因为热电子的加速度高,所以可以验证,如果被施加到离子聚集电极36和37中的每一个的电压 V_s 在以上提及的范围内,那么热电子的轨迹难以受到影响。

[0055] 在以上提及的实施例中,离子聚集电极36和37被分别设置在电子导入端口312和电子排出端口313的外侧上,而就离子聚集效果而言,这是期望的。另外,离子聚集电极可以被仅设置在两个端口中的任何一个的外侧。此外,虽然不同的电压可以被施加到两个离子聚集电极36和37,但是在常规操作中施加相同的电压至两个电极是足够的。

[0056] 虽然以上提及的实施例中的离子源是EI离子源,但是本发明也可以被应用至CI离子源。此外,不限于质谱仪的离子源,本发明也可以被用作诸如离子注入设备的使用离子的其它设备的离子源。

[0057] 以上提及的实施例仅仅是本发明的实例,并且显然在本发明的主旨内适当进行的任何调整、改变和增加,以及以上提及的变形,被包含在本申请的权利要求的范围中。

[0058] 参考标记列表

[0059] 1...室

- [0060] 2...真空泵
- [0061] 3...离子源
- [0062] 31...电离室
- [0063] 311...离子发射端口
- [0064] 312...电子导入端口
- [0065] 313...电子排出端口
- [0066] 314...样品导入端口
- [0067] 32...排斥电极
- [0068] 34...丝
- [0069] 35...反向丝(捕获电极)
- [0070] 341,351...丝室
- [0071] 36,37...离子聚集电极
- [0072] 38...磁体
- [0073] 4...离子输送光学系统
- [0074] 41...引出电极
- [0075] 5...四极质量过滤器
- [0076] 6...离子检测器
- [0077] 71...第一离子聚集电压源
- [0078] 72...第二离子聚集电压源
- [0079] 73...排斥电压源

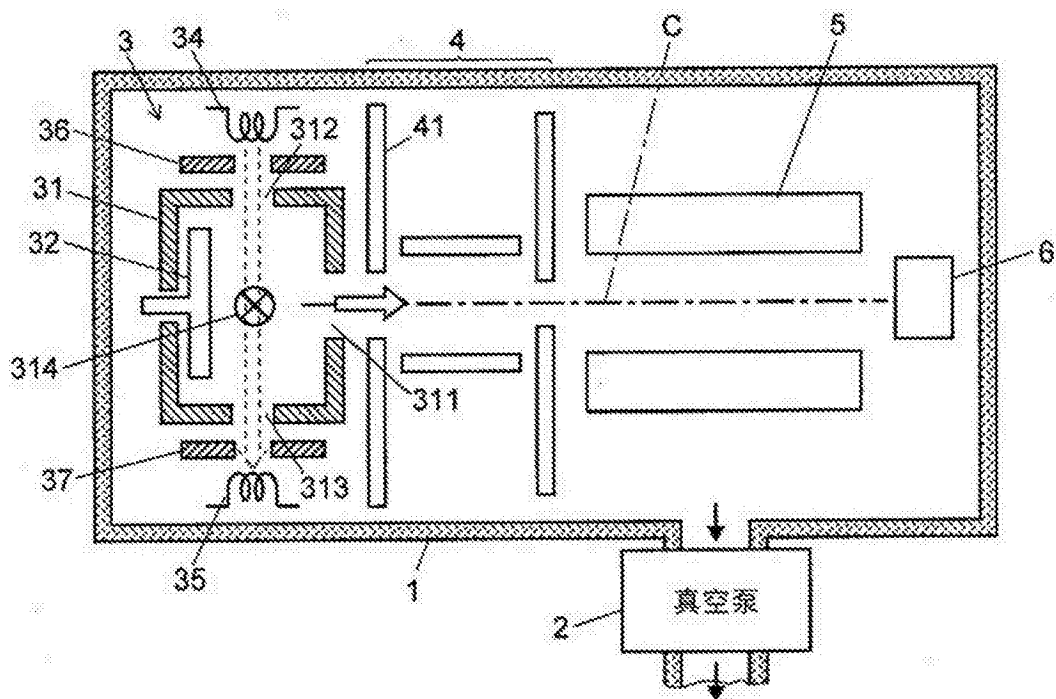


图1

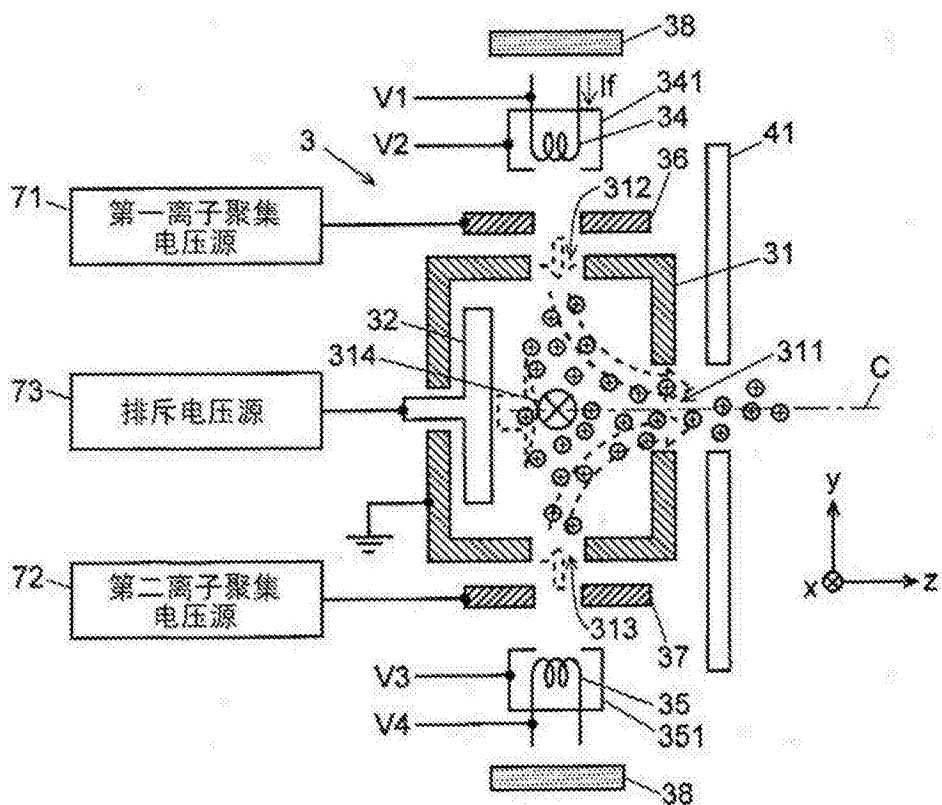


图2

排斥电极在没有充电的情况下被使用

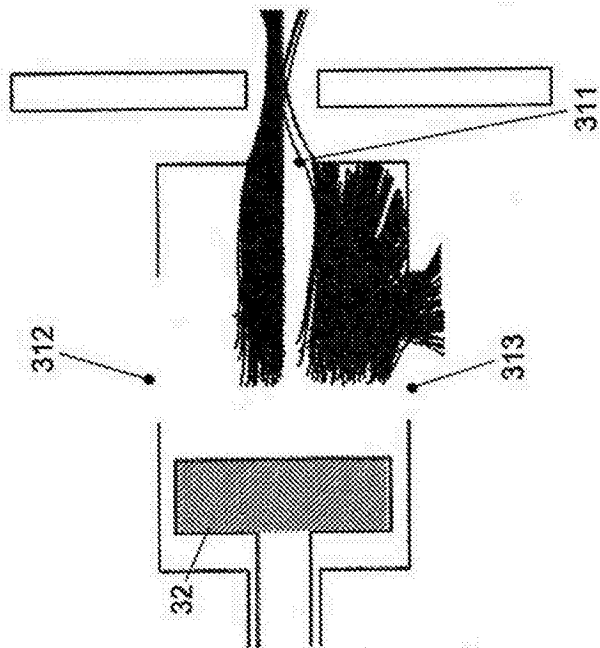


图3A

排斥电极在充电的情况下被使用

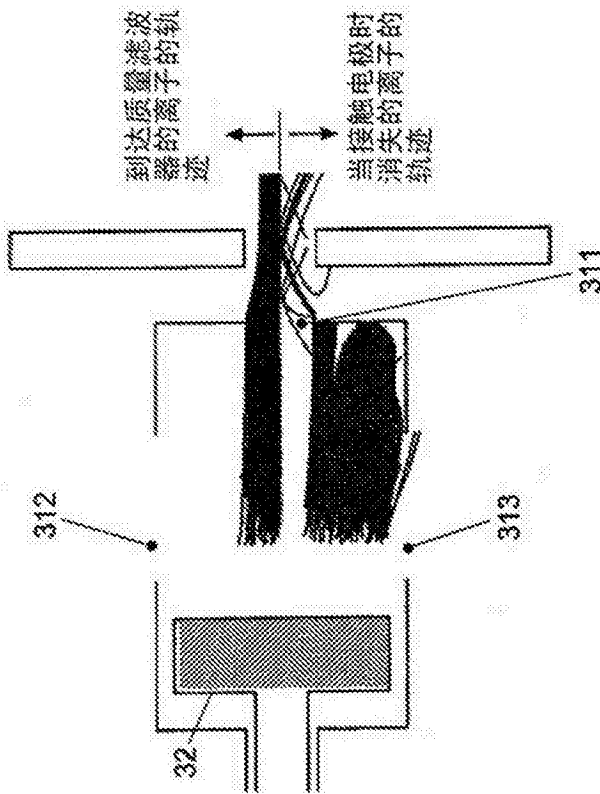


图3B

引出电极在没有充电的情况下被使用

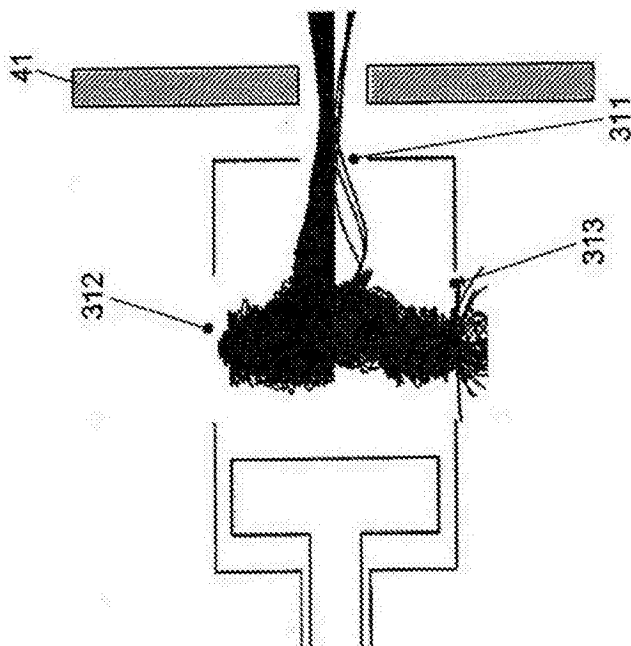


图4A

引出电极在充电的情况下被使用

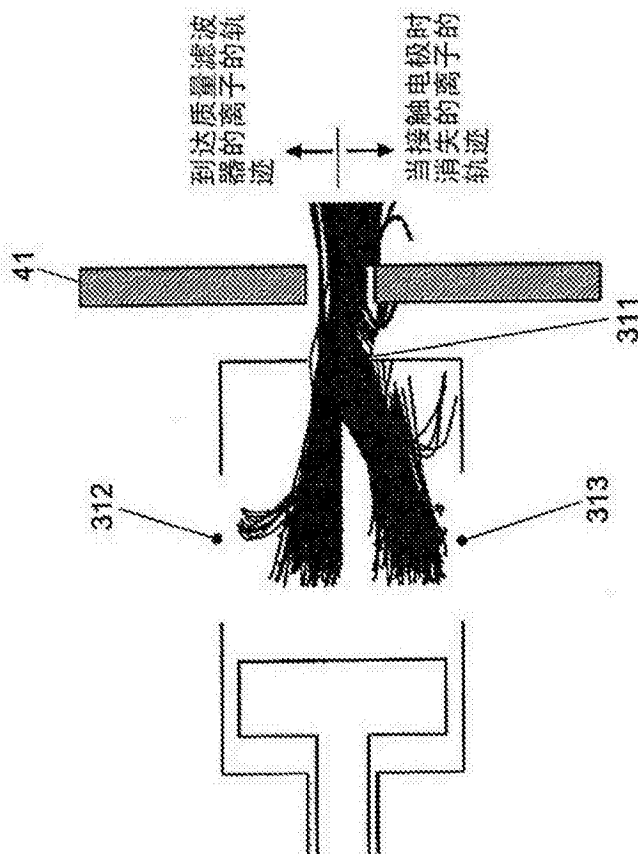


图4B

没有充电的情况下的本发明

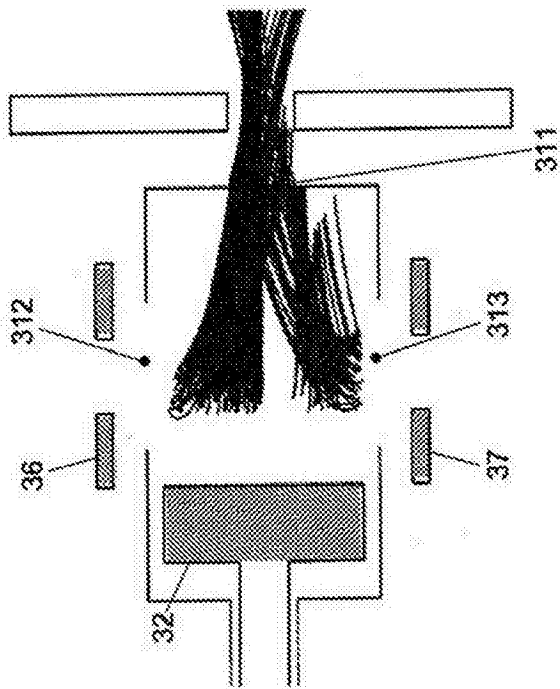


图5A

充电的情况下的本发明

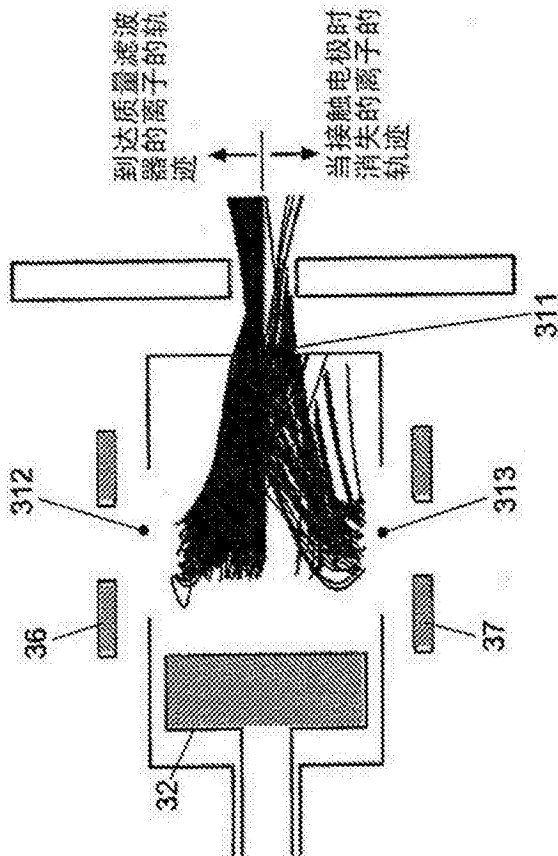


图5B

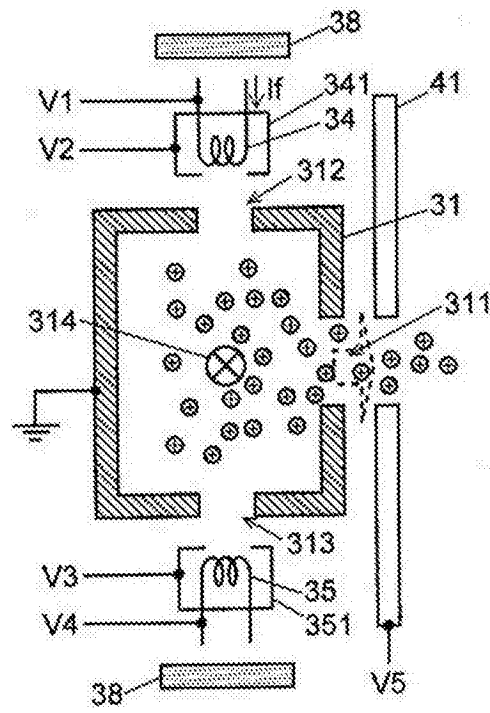


图6

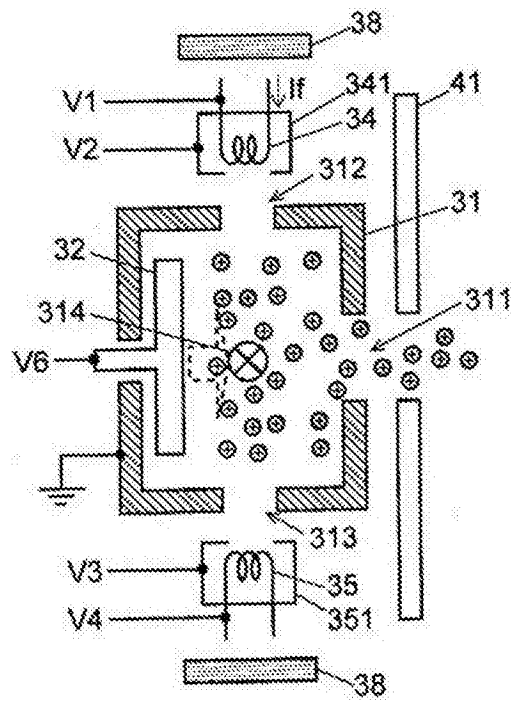


图7