



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111863585 B

(45) 授权公告日 2023.05.23

(21) 申请号 201910350523.1

H01J 49/24 (2006.01)

(22) 申请日 2019.04.28

H01J 49/26 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111863585 A

(56) 对比文件

CN 106340437 A, 2017.01.18

CN 200997383 Y, 2007.12.26

(43) 申请公布日 2020.10.30

CN 107636797 A, 2018.01.26

(73) 专利权人 岛津分析技术研发(上海)有限公司

CN 107665806 A, 2018.02.06

CN 105679636 A, 2016.06.15

地址 201206 上海市浦东新区金海路1000号52号楼三楼

CN 101364519 A, 2009.02.11

US 2009294655 A1, 2009.12.03

(72) 发明人 张小强 孙文剑

US 2020386713 A1, 2020.12.10

US 2017084445 A1, 2017.03.23

(74) 专利代理机构 上海立群专利代理事务所(普通合伙) 31291

审查员 王顺冲

专利代理师 杨楷 毛立群

(51) Int. Cl.

H01J 49/06 (2006.01)

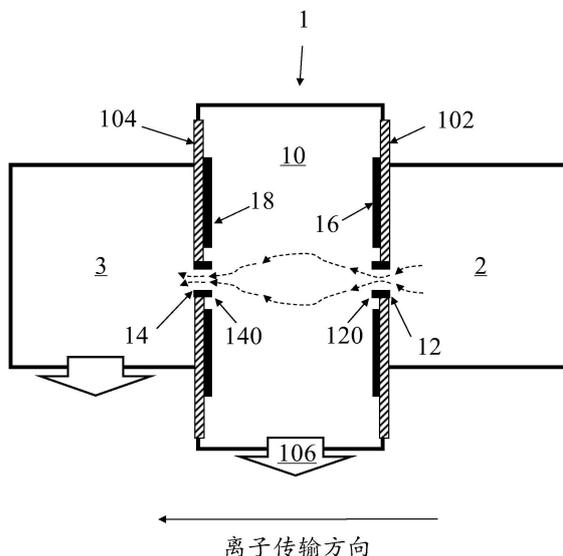
权利要求书2页 说明书7页 附图9页

(54) 发明名称

质谱仪

(57) 摘要

本发明提供了一种小型化质谱仪,其包含一个真空腔室,且在真空腔室的两端各包含一个由平面型离子光学装置和真空接口组成的一体化结构装置。本发明可在较短的轴向长度内,构造多级真空系统,并保证高效的离子传输和聚焦。本发明简化了质谱仪离子光学系统和真空系统的构造,有利于实现质谱仪器的小型化。



1. 一种质谱仪,其特征在于,包括:

气压在0.1Pa~10000Pa之间的真空腔室,一侧与具有第一气压的第一区域连通,另一侧与具有第二气压的第二区域连通,所述第一气压高于所述第二气压;

第一真空接口,设置在所述真空腔室的一侧,与所述第一区域连通作为离子入口,所述第一真空接口具有位于所述真空腔室内部的第一端;

第二真空接口,设置在与所述第一真空接口相对置的所述真空腔室的另一侧,与所述第二区域连通作为离子出口,所述第二真空接口具有位于所述真空腔室内部的第二端,且离子入口到离子出口的距离不超过100毫米;

第一电极阵列,环绕所述第一真空接口的所述第一端设置,

第二电极阵列,环绕所述第二真空接口的所述第二端设置,

其中,所述第一电极阵列和所述第二电极阵列沿垂直于从离子入口到离子出口的离子传输方向的平面分布;

第一基板,所述第一真空接口和所述第一电极阵列均形成于所述第一基板上;和/或

第二基板,所述第二真空接口和所述第二电极阵列均形成于所述第二基板上,

所述第一基板和/或所述第二基板构成为所述真空腔室的腔壁局部。

2. 如权利要求1所述的质谱仪,其特征在于,所述第一电极阵列和所述第二电极阵列中的至少一个电极阵列为四极场电极阵列。

3. 如权利要求2所述的质谱仪,其特征在于,所述四极场电极阵列为在所述第一真空接口或者所述第二真空接口周围沿径向排布的多层四极场阵列。

4. 如权利要求1所述的质谱仪,其特征在于,所述第一电极阵列和所述第二电极阵列中的至少一个电极阵列为同心环形电极阵列。

5. 如权利要求4所述的质谱仪,其特征在于,还包括一个电源装置,以提供幅值相同且相位不同的射频电压到至少一部分相邻的同心环形电极上。

6. 如权利要求1所述的质谱仪,其特征在于,所述第一基板和/或所述第二基板为印刷线路板,所述第一电极阵列和/或所述第二电极阵列为所述印刷线路板上的印刷线路。

7. 如权利要求6所述的质谱仪,其特征在于,所述印刷线路板还具有通孔,所述第一真空接口和/或所述第二真空接口的至少部分内置于所述通孔中。

8. 如权利要求1所述的质谱仪,其特征在于,还具有直流电场施加装置,在所述第一电极阵列和所述第二电极阵列之间施加直流偏置电场。

9. 如权利要求1所述的质谱仪,其特征在于,所述第一电极阵列和/或所述第二电极阵列,以所述第一真空接口和/或所述第二真空接口为中心,沿从内向外的方向,厚度逐渐增大。

10. 如权利要求1所述的质谱仪,其特征在于,所述第一真空接口和所述第二真空接口在所述真空腔室两侧的设置位置相互错开。

11. 如权利要求1-10中任一项所述的质谱仪,其特征在于,还包括:

真空设备,与所述真空腔室耦合,能够将所述真空腔室的内部气压调节至所述第一气压和所述第二气压之间。

12. 如权利要求1-10中任一项所述的质谱仪,所述第一真空接口和/或所述第二真空接口为毛细管、孔口、锥孔或者喷嘴中的一种或几种的组合。

13. 如权利要求1所述的质谱仪,其特征在于,包括多个串联的由所述真空腔室、所述第一真空接口、所述第二真空接口、所述第一电极阵列和所述第二电极阵列组合形成的装置。

质谱仪

技术领域

[0001] 本发明涉及小型化质谱仪,特别涉及小型化质谱仪的离子光学系统和真空接口。

背景技术

[0002] 小型化质谱仪(或称便携式质谱仪)相比其它便携式的分析仪器,具有通用性强、灵敏度高、定性或定量能力强等优点。质谱的小型化是一个系统优化的过程,需要在兼顾性能要求的同时综合考虑减小各部件体积的可能。

[0003] 由于样品和质量分析器所在区域的气压差别,即使在小型化质谱仪中,也需要多级真空系统。两级真空之间需有真空接口,两级真空接口之间通常使用沿轴向延伸的离子光学装置以保证较高的离子传输效率,在输送过程中保持对离子束的导引和聚焦。为了保证充足的作用距离,使得离子能够在真空膨胀后压缩至合适尺寸,上述离子光学装置沿轴向的长度通常较长,装置的复杂程度也较高,这对于质谱的小型化无疑是不利的。

[0004] 已经有利用平面型电极结构的在先技术试图将质谱仪中的离子光学系统进行简化,比如专利CN201410448494.X中的折线形状的平面型离子光学装置,专利US8013296和US8829463中的离子地毯装置(Ion carpet),专利US8969800中的无损离子操纵结构(structure for lossless ion manipulation),US8299443中的楔形排布的平面型离子光学装置,或者专利US2013/0120894中的平面型离子漏斗(planar ion funnel)。另外,还有专利US8859961中介绍了一种离子束压缩的装置,可在垂直于离子光轴方向上利用表面型电极进行离子压缩。然而,这些装置要么仍然是沿轴向有较长的延伸长度,要么无法解决上级气体进入真空后急速膨胀而造成离子损失的问题;另外,这些装置也并未提供一种用于小型质谱仪的离子光学系统和真空接口的解决方案。

发明内容

[0005] 鉴于现有技术的上述问题,本发明提供了一种用于小型化质谱仪的离子光学装置,包括气压在0.1Pa~10000Pa之间的真空腔室,一侧与具有第一气压的第一区域连通,另一侧与具有第二气压的第二区域连通,所述第一气压高于所述第二气压;第一真空接口,设置在所述真空腔室的一侧,与所述第一区域连通作为离子入口,所述第一真空接口具有位于所述真空腔室内部的第一端;第二真空接口,设置在与所述第一真空接口相对置的所述真空腔室的另一侧,与所述第二区域连通作为离子出口,所述第二真空接口具有位于所述真空腔室内部的第二端,且离子入口到离子出口的距离不超过100毫米;第一电极阵列,环绕所述第一真空接口的所述第一端设置,第二电极阵列,环绕所述第二真空接口的所述第二端设置,其中,所述第一电极阵列和所述第二电极阵列沿垂直于从离子入口到离子出口的离子传输方向的平面分布。

[0006] 相比于现有技术,本发明提供的质谱仪利用表面电极工艺(比如印刷线路板工艺),将用以离子传输和聚焦的电极阵列,与用以形成不同真空区域的真空界面及接口制作在同一基材上,避免了使用沿轴线延伸的单独的离子光学装置和单独的真空接口,简化了

质谱仪系统的构造。而真空腔体前后两端同时使用表面电极来聚焦离子,可以保证高的离子俘获、传输和聚焦的效率。这样的结构安排十分利于减小离子光学器件的尺寸,实现仪器小型化。

[0007] 在本发明的较优技术方案中,第一电极阵列和第二电极阵列中的至少一个电极阵列为四极场电极阵列。四极场阵列能够获得靠近中心真空接口处最强,而轴向远离真空接口处降低的电场,提高离子的通过率。

[0008] 在本发明的较优技术方案中,四极场电极阵列为在第一真空接口或者第二真空接口周围沿径向排布的多层四极场阵列。

[0009] 在本发明的较优技术方案中,第一电极阵列和第二电极阵列中的至少一个电极阵列为同心环形电极阵列。

[0010] 在本发明的较优技术方案中,质谱仪还包括电源装置,与同心环形电极阵列耦合,且能够在至少一部分相邻的同心环形电极上施加幅值相同且相位不同的射频电压。

[0011] 在本发明的较优技术方案中,质谱仪还包括:第一基板,第一真空接口和第一电极阵列均形成于第一基板上;和/或第二基板,第二真空接口和第二电极阵列均形成于第二基板上。优选地,第一基板和/或第二基板沿垂直于离子入口—离子出口传输方向的平面设置。通过将真空接口与电极阵列均制作在同一基板上,可以避免沿轴线延伸的单独的离子光学装置,简化质谱仪的系统构造,同时有利于减少光学器件的尺寸,实现仪器的小型化。

[0012] 在本发明的较优技术方案中,第一基板和/或第二基板为印刷线路板,第一电极阵列和/或第二电极阵列为印刷线路板上的印刷线路。印刷线路板工艺为成熟工艺,利用印刷线路的方式,能够方便电极阵列的制作,同时使得电极阵列能够以直接贴附真空腔室内壁的形式安装,简化装置结构,方便安装。

[0013] 在本发明的较优技术方案中,印刷线路板还具有通孔,第一真空接口和/或第二真空接口的至少部分内置于通孔中。

[0014] 在本发明的较优技术方案中,第一基板和/或第二基板构成为真空腔室的腔壁局部。

[0015] 在本发明的较优技术方案中,还具有直流电场施加装置,在第一电极阵列和第二电极阵列之间施加直流偏置电场。该直流偏置电场可以是正向的直流偏置,以驱动离子传输;也可以是负向的直流偏置,以筛除部分噪音离子。

[0016] 在本发明的较优技术方案中,第一电极阵列和/或第二电极阵列,以第一真空接口和/或第二真空接口为中心,沿从内向外的方向,厚度逐渐增大。

[0017] 在本发明的较优技术方案中,第一真空接口和第二真空接口在真空腔室两侧的设置位置相互错开。通过设置第一真空接口与第二真空接口之间具有偏移,可以减小进入下级真空的气流量,进而减小中性噪音。

[0018] 在本发明的较优技术方案中,质谱仪还包括:真空设备,与真空腔室耦合,能够将真空腔室的内部气压调节至第一气压和第二气压之间。

[0019] 在本发明的较优技术方案中,第一真空接口和/或第二真空接口为毛细管、孔口(orifice)、锥孔或者喷嘴中的一种或几种的组合。

[0020] 在本发明的较优技术方案中,小型化质谱仪具有多个串联的由真空腔室、第一真空接口、第二真空接口、第一电极阵列和第二电极阵列组合形成的装置,用以组成多级真空

系统。

附图说明

- [0021] 图1是本发明一个实施方式中的质谱仪结构示意图；
- [0022] 图2是图1实施方式中,印刷电路板的结构示意图；
- [0023] 图3是图1实施方式中的离子轨迹仿真图；
- [0024] 图4是本发明另一实施方式中的质谱仪结构示意图；
- [0025] 图5是图4实施方式的离子轨迹仿真图；
- [0026] 图6是本发明实施方式二中的离子光学装置和真空接口的结构示意图；
- [0027] 图7是本发明另一实施方式中的离子光学装置和真空接口的结构示意图；
- [0028] 图8是本发明实施方式三中的离子光学装置的结构示意图；
- [0029] 图9是本发明另一实施方式中离子光学装置的结构示意图；
- [0030] 图10是本发明实施方式四中质谱仪的结构示意图；
- [0031] 图11是本发明再一实施方式中真空接口的入口端面的结构示意图。
- [0032] 附图标记:1-装置,10-真空腔室,102-入口端面,104-出口端面,106-真空抽口,12-第一真空接口,120-第一端,14-第二真空接口,140-第二端,16-第一电极阵列,18-第二电极阵列,2-前级,3-后级,4-离子轨迹,5-质量分析器,6-检测器,7-离子源。

具体实施方式

[0033] 以下,一边参照附图一边大致说明本发明的优选实施例。另外,本发明的实施例并不限于下述实施例,能够采用在本发明的技术构思范围内的各种各样的实施例。

[0034] 术语和注释

[0035] 在本文档中,术语“包含”和“在其中”被用作相应术语“包括”和“其中”的等同。而且,在权利要求中,术语“包含”和“包括”是开放性的,也就是说,包括附加于在权利要求中的这样的术语之后列出的那些的元件的系统、设备、制品、复合物、公式或过程仍旧被视为落在该权利要求的范围内。在权利要求中,术语“第一”、“第二”和“第三”等仅仅用作标记,并且不意图对其对象强加数量要求。

[0036] 几何术语,诸如“平行”、“垂直”、“圆形”、“环绕”或“方形”,不意图要求绝对数学精确性,除非上下文另行指示。而是,这样的几何术语允许由于制造所致的变化或等同功能。例如,如果将元件描述为“圆形”或“大体圆形”,并非精确圆状的组件(例如略微椭圆或多边形的组件)仍旧被该描述所涵盖。再例如,本文档中的“A环绕B”既不意图将A的形状严格限定为环状,其也可以是方形、菱形或其他合适的形状,也不意图严格限定A的封闭程度,其可以是完全封闭的,也可以具有部分裂口或开口。

[0037] 本文档中,除非上下文另行指示,圆柱体类的几何术语,例如“轴向”“径向”“径向平面”等,均是针对离子光学装置,通过将离子光学装置描述为从离子入口向离子出口延伸的圆柱体而言的。例如,“轴向”即是指离子的传输方向,“径向”则为垂直于离子束中心轴的直线方向,“径向平面”是指垂直于离子束中心轴的平面。

[0038] 实施方式一

[0039] 如图1所示,本实施方式提供了一种小型质谱仪,该小型质谱仪包括一个包含离子

光学装置和真空接口的一体化结构装置1,该装置1被布置在离子的传输路径上,将离子从前级2(即第一区域)的更高气压(即第一气压)的环境,经由装置1的真空腔室10,传输至后级3(即第二区域)的更低气压(即第二气压)的环境中,装置1内包括由电极阵列构成的离子光学装置以提供对离子束的传输和聚焦,避免离子传输过程中的损失。

[0040] 具体的,该装置1包括真空腔室10,该真空腔室10的腔壁由真空腔室10一侧(图1中右侧)的入口端面102,另一侧(图1中左侧)的出口端面104,以及连接入口端面102和出口端面104的其他腔壁部分组成。真空腔室10上还开设有真空抽口106,真空抽口106与真空设备(未图示)连通,以将真空腔室10内的气压控制在上级2的第一气压和下级3的第二气压之间的气压范围内,具体的,真空腔室10内的气压可以是0.1-10000Pa之间的任意气压值,优选为10-2000Pa之间的任意气压值。

[0041] 本实施方式中的入口端面102和出口端面104均采用印刷电路板制得,其基材可以是玻璃纤维、塑料、陶瓷等常用的绝缘材料。入口端面102的印刷电路板的中心制作有通孔,在通孔周围制作有中心电极,以作为孔口状的第一真空接口12。本实施方式中,第一真空接口12采用印刷电路板工艺直接制作而成,在本发明的其他实施方式中,第一真空接口12也可以是锥孔(skimmer)、喷嘴(nozzle)、毛细管(capillary)或者其他合适的真空接口结构,此类结构也可以采用焊接、封接或者其他合适的工艺固定在印刷电路板的通孔上。将入口端面102和出口端面104配置为印刷电路板,并用印刷电路板工艺制作一体化的真空接口和电极,能够方便地制作出尺寸更小、更灵活的离子光学装置,便于装置的小型化,此外,电极接线也可以直接贴附在入口端面102或出口端面104上,制作、安装以及最终的装置结构均较为简单。

[0042] 印刷电路板的主体部分制作有第一电极阵列16,布置在印刷电路板基板的夹层之中,并引线至装置1外部与电源装置(未示出)电性连接。

[0043] 图2是印刷电路板的排布方式示意图,参考图2可知,本实施方式中,第一电极阵列16为四片沿周向均匀分布的弧状电极,环绕第一真空接口12设置,以形成四极场电极阵列。

[0044] 特别地,该第一电极阵列16沿轴向的设置位置,与第一真空接口12伸入真空腔室10内部的第一端120的沿轴向的位置大致相同。参考图1,图中第一端120为第一真空接口12位于真空腔体10内部部分的端部。在离子束从较高气压的前级2进入真空腔室10内部的过程中,离子束在靠近第一真空接口12的第一端120的位置,气压将急剧降低,通过在该位置设置第一电极阵列16,可以使离子束在该位置受到相对较强的聚焦作用,防止其沿径向扩散而造成离子损失;而当离子束离开该压降较强的区域之后,离子束的径向扩散速度也在马赫面之后迅速降低,虽然聚焦电场的强度也逐渐降低,但依旧能够对离子束保持良好的聚焦作用。在关键位置布置强聚焦电场,一方面可以高效地对离子束进行压缩和聚焦,减少离子损失,提高装置的灵敏度;另一方面,可以无需使用沿轴向延伸类型的离子光学装置,而改为使用布置在径向平面的离子光学装置,节省空间,方便设备的小型化。

[0045] 本实施方式中,第一电极阵列16上施加射频四极场,以提高离子的通过率。该射频四极场中,沿轴向在靠近第一真空接口12的第一端120处最强,而在沿轴向逐渐远离第一真空接口12的第一端120时,电场强度逐渐降低。该电场分布能够保证离子束在气流急速膨胀的区域所受到的聚焦电场强度最大,以最大程度地在该位置约束离子束的径向扩散。

[0046] 本实施方式中的装置1还将出口端面104布置为与入口端面102对称设置的印刷电

路板,该印刷电路板中心也开设有通孔,通孔周围制作有中心电极,以作为第二真空接口14使用。第二真空接口14具有位于真空腔室10内部的第二端140,印刷电路板在第二真空接口14的周围,环绕第二真空接口14布置有第二电极阵列18,

[0047] 本实施方式中,与第一电极阵列16类似的,第二电极阵列18也由四片沿周向均匀分布的弧状电极形成,其上施加有射频四极场。通过以上设置,离子在沿轴向被输送到接近第二电极阵列18的位置时,其所处的电场强度将逐渐增大,从而将离子束有效地聚焦至第二真空接口14内,并高效地传输至后续3。

[0048] 此外,本实施方式中,第一电极阵列16和第二电极阵列18之间还施加有直流偏置电压。在一些实施方式中,该直流偏置电压可以是正向的直流偏置,以驱动离子传输;在另一些实施方式中,该直流偏置电压还可以是负向的直流偏置,以筛除部分噪音离子。对置的平面型电极阵列能够提高离子传输驱动或者离子筛除的效果。

[0049] 为了验证上述结构对离子的聚焦和传输效果,在150Pa气压,离子质量范围为150-1500Da的条件下对上述结构的离子轨迹4进行了仿真模拟。图3是实施方式一中装置1的真空腔室10内离子轨迹4的仿真图,图中离子的传输方向为从右往左,观察图3可知,即使离子具有较宽的初始分布,该装置1依旧能够对离子进行良好的聚焦和传输。

[0050] 在本发明的另外一些实施方式中,如图4所示,第一真空接口12和第二真空接口14在真空腔室10两侧的设置位置可以具有一定程度的径向偏移,即两者的设置位置相互错开。该设置方式能够减小进入后续3的气流量,同时减小中性噪音,这在第一真空接口12、第二真空接口14之间距离较短或者后续真空泵的抽速较小时尤为重要。在150Pa气压,离子质量范围为150-1500Da的条件下,对该具有径向偏移的装置1的离子轨迹4进行了仿真模拟。仿真结果如图5所示,参考图5可知,对于该离子偏轴传输的情况,离子束依旧能够得到很好的聚焦和传输。

[0051] 通过以上方式,本实施方式提供的小型质谱仪,利用一个包含离子光学装置和真空接口的一体化结构装置,可在较短的轴向长度内,构造多级真空系统,并保证高效的离子传输和聚焦。本实施方式中,真空腔室10沿轴向的长度通常不超过100mm,优选为小于50mm,或者小于20mm。

[0052] 实施方式二

[0053] 本实施方式提供了一种包含装置1的小型质谱仪,该装置1是基于对实施方式一中的装置1变化获得的,除非特别论述,未被提及的部分均与实施方式一中的装置结构相同。

[0054] 本实施方式与实施方式一的不同之处在于,实施方式一中,第一电极阵列16、第二电极阵列18均被布置为四极场电极阵列,而在本实施方式中,第一电极阵列16、第二电极阵列18均为如图6所示的同心环形电极阵列。该同心环形电极阵列具有多个以第一真空接口12为中心的同心设置的环形电极。

[0055] 与电极结构相适应地,第一电极阵列16、第二电极阵列18上施加的电压类型也与实施方式一中不同。具体地,本实施方式中,在入口端面102处的第一电极阵列16上施加直流聚焦场,而在出口端面104处的第二电极阵列18上施加射频场和直流场的复合场。第一电极阵列16处被气流裹挟的离子将迅速离开入口端面102处,施加直流聚焦场即可满足聚焦要求,以降低电源复杂度;而在第二电极阵列18处施加直流场与射频场的复合场可以对靠近电极表面的离子产生强聚焦作用,进一步提高离子的捕获效率。

[0056] 在本发明的一些实施方式中,也可以在第一电极阵列16和第二电极阵列18上均施加直流聚焦场,例如,在气压高于4000Pa的状态下。此外,分别施加直流聚焦场的工作方式还可以用于根据离子的迁移率对离子进行筛选。

[0057] 在本发明的其他实施方式中,也可以采用混合了实施方式一与实施方式二中电极阵列分布形式的如图7所示的多层四极场阵列。多层四极场阵列包括多层以第一真空接口12为中心,同心排布的整体呈环形的四极场电极结构。多层四极场阵列也可以采用直流聚焦场与射频场的复合场,以取得更好的聚焦效果。

[0058] 实施方式三

[0059] 本实施方式提供了一种包含装置1的小型质谱仪,该装置1是基于对实施方式一中的装置1变化获得的,除非特别论述,未被提及的部分均与实施方式一中的装置结构相同。

[0060] 本实施方式与实施方式一的不同之处在于,实施方式一中,第一电极阵列16和/或第二电极阵列18均沿径向排布,且厚度一致;而在本实施方式中,如图8所示,第一电极阵列16和/或第二电极阵列18沿径向方向从内向外厚度逐渐增大。梯度形式的电极阵列可以增大沿轴向远离印刷线路板处的电场强度,使得离子在传输过程能够始终保持较强的聚焦作用。而且,在一些实施方式中,如图9所示,还可以通过将电极阵列沿径向分段并施加直流梯度,以进一步提高聚焦效果。

[0061] 实施方式四

[0062] 本实施方式提供了一种由两个装置1串联形成的多级真空系统,以及由该多级真空系统构成的小型质谱仪。

[0063] 如图10所示,本实施方式提供的质谱仪的多级真空系统为三级真空系统。其中,第一级真空腔室、第二级真空腔室为两个包含离子光学装置和真空结构的一体化结构装置1,第一级真空腔室与大气压的真空接口(图10最右侧真空接口)为毛细管,第一级真空腔室内的气压在50-3000Pa之间;第一级真空腔室和第二级真空腔室之间的真空接口(图10中间的真空接口)为锥孔,第二级真空腔室与第三级真空腔室之间的真空接口(图10最左侧真空接口)为孔口,第二级真空腔室内的气压在1-50Pa之间;第三级真空腔室内的气压在 10^{-3} - 10^{-1} Pa之间,第三级真空腔室内设置有质量分析器5和检测器6。

[0064] 本实施方式中,第一级真空腔室的入口端面处优选设置为四极场电极阵列,出口端面处优选设置为如图6所示的多层环形阵列。第二级真空腔室的入口端面 and 出口端面均被优选配置为四极场电极阵列。如此安排的原因是不同形式的射频多极场与在不同气压下的工作效率有所不同。

[0065] 本实施方式中,质谱仪的离子源7可以选自以下各者或其组合:电喷射电离(“ESI”)离子源、大气压光电离(“APPI”)离子源、大气压化学电离(“APCI”)离子源、基质辅助激光解吸电离(“MALDI”)离子源、激光解吸电离(“LDI”)离子源、大气压电离(“API”)离子源、电子轰击(“EI”)离子源、化学电离(“CI”)离子源、场电离(“FI”)离子源、场解吸(“FD”)离子源、电感耦合等离子体(“ICP”)离子源、快原子轰击(“FAB”)离子源、解吸电喷射电离(“DESI”)离子源、镍-63放射性离子源、大气压基质辅助激光解吸电离离子源(“AP-MALDI”)、辉光放电(“GD”)离子源、实时直接分析(“DART”)离子源、声波喷雾电离(“SSI”)离子源、基质辅助电离(“MAII”)离子源、溶剂辅助电离(“SAII”)离子源、解吸电喷雾电离(“DESI”)离子源、激光剥蚀电喷雾电离(“LAESI”)离子源。

[0066] 质量分析器5可以选自以下各者或其组合:四极杆质量分析器、离子阱质量分析器、扇形磁质量分析器、傅里叶变换回旋共振质量分析器、飞行时间质量分析器等。

[0067] 需要说明的是,虽然本发明一些实施方式提供的质谱仪的装置1中,入口端面、出口端面均被配置为相互平行的平面。因此,为了使印刷电路板上第一电极阵列产生的电场能够对气压突降的位置(即第一真空接口的第一端)的离子束产生聚焦作用,第一电极阵列均设置在真空腔室的内部。这种设置方法能够便于多个装置1之间的级联安装。但是,在本发明其他实施方式中,入口端面、出口端面也可以被配置为曲面或者平面与曲面的组合,如图11所示的结构,在这些实施方式中,第一电极阵列也可以被设置在真空腔室的外部,只要其产生的电场能够对第一真空接口的第一端处的离子束产生聚焦作用即可。

[0068] 至此,已经结合附图描述了本发明的技术方案,但是,本领域技术人员容易理解的是,本发明的保护范围显然不局限于这些具体实施方式。在不偏离本发明的原理的前提下,本领域技术人员可以对相关技术特征作出等同的更改或替换,这些更改或替换之后的技术方案都将落入本发明的保护范围之内。

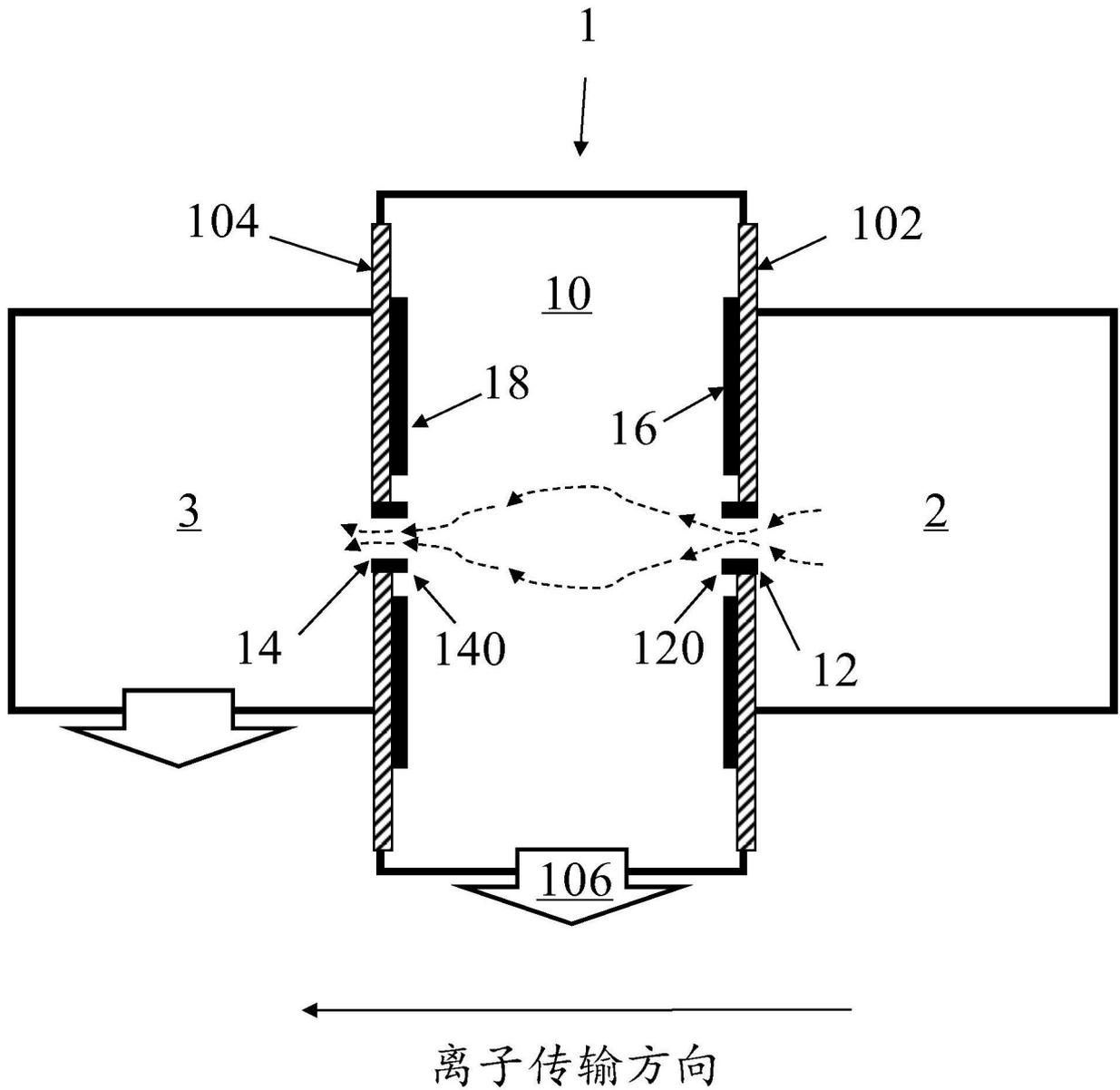


图1

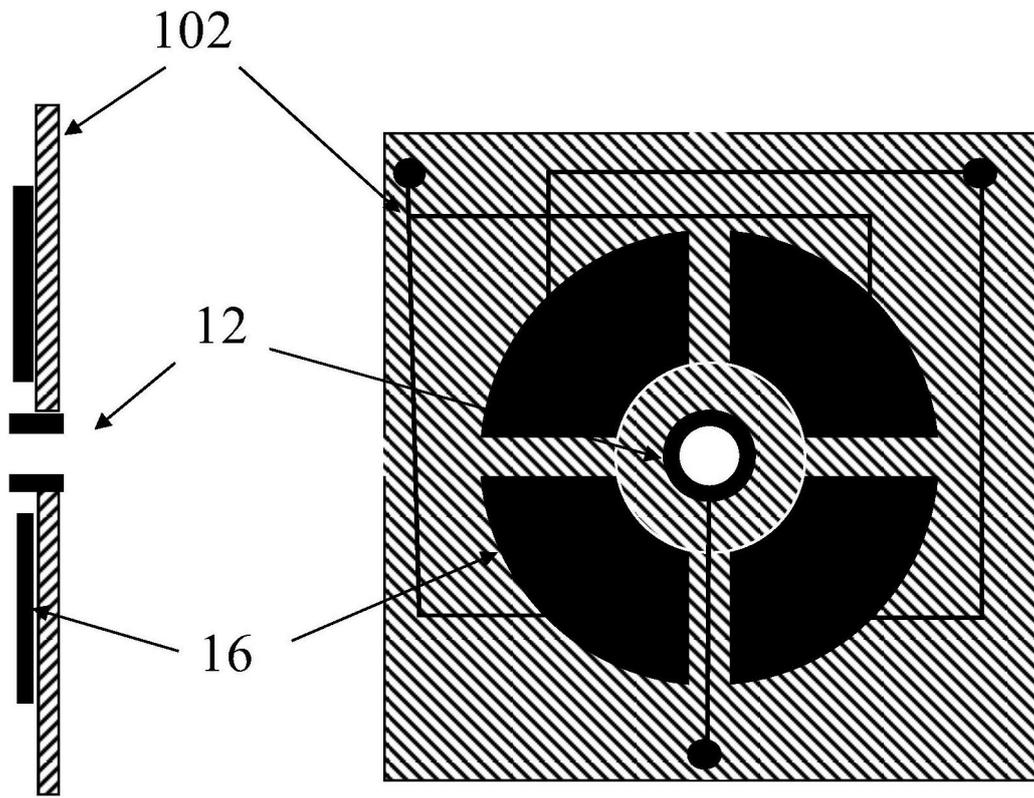


图2

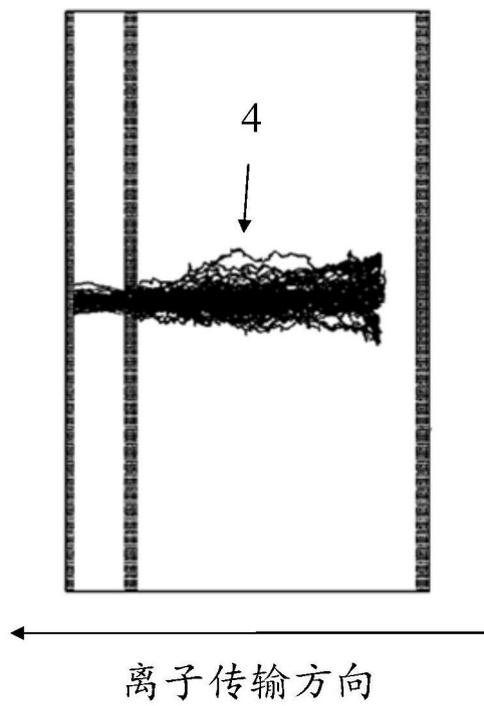


图3

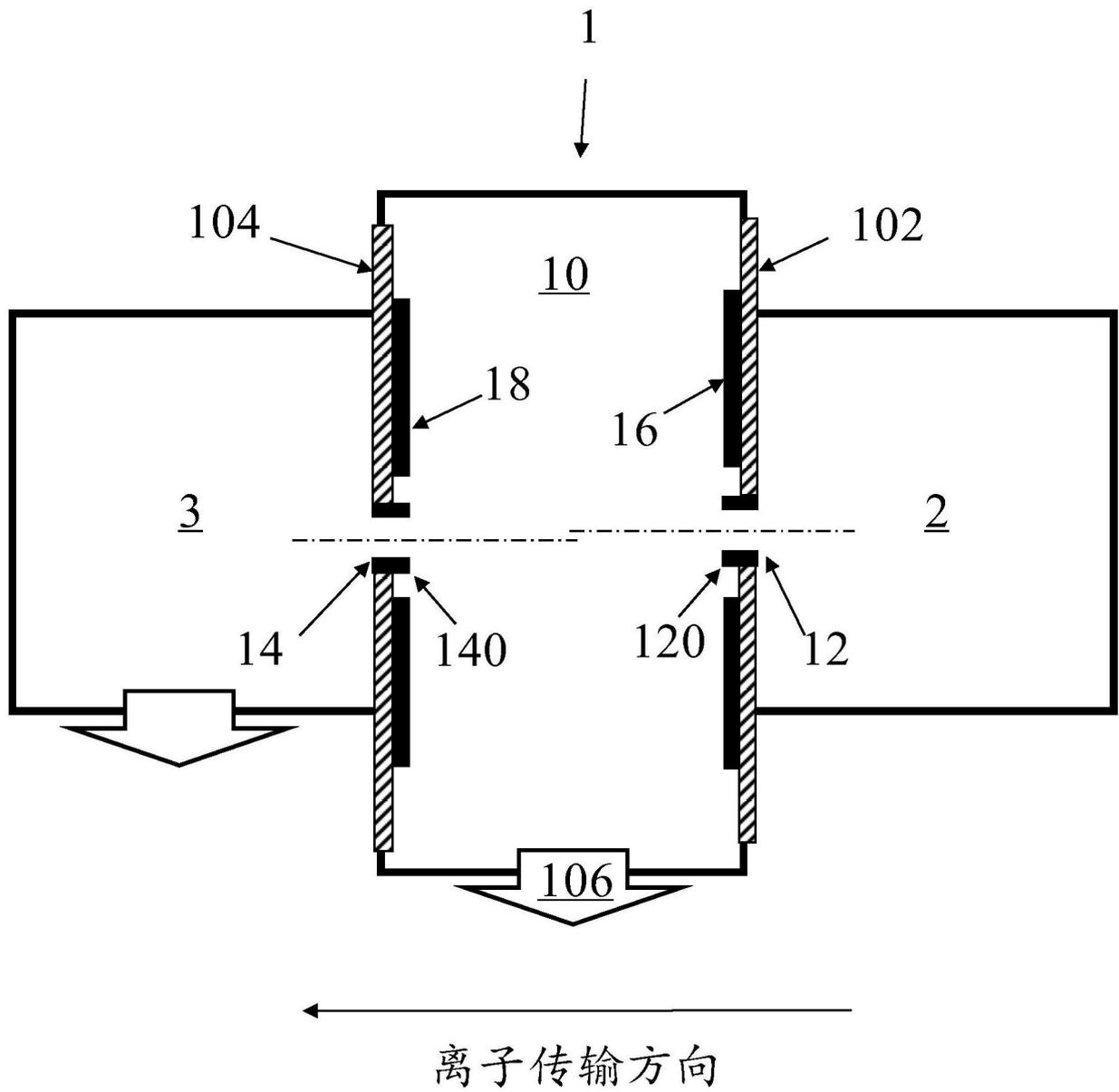


图4

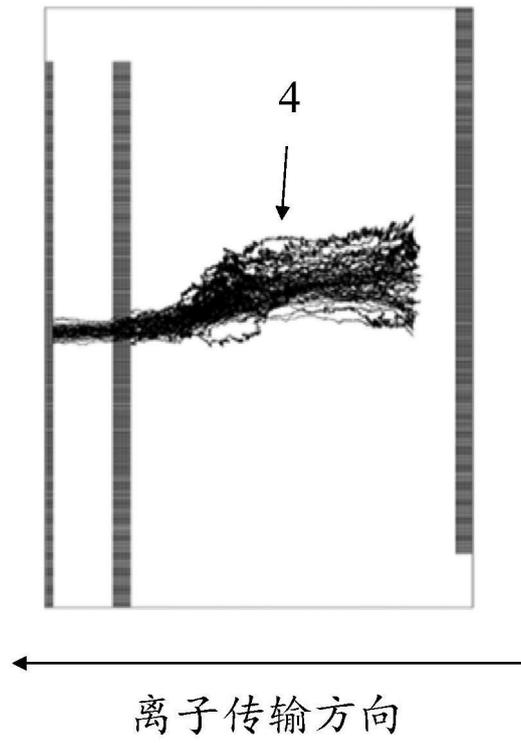


图5

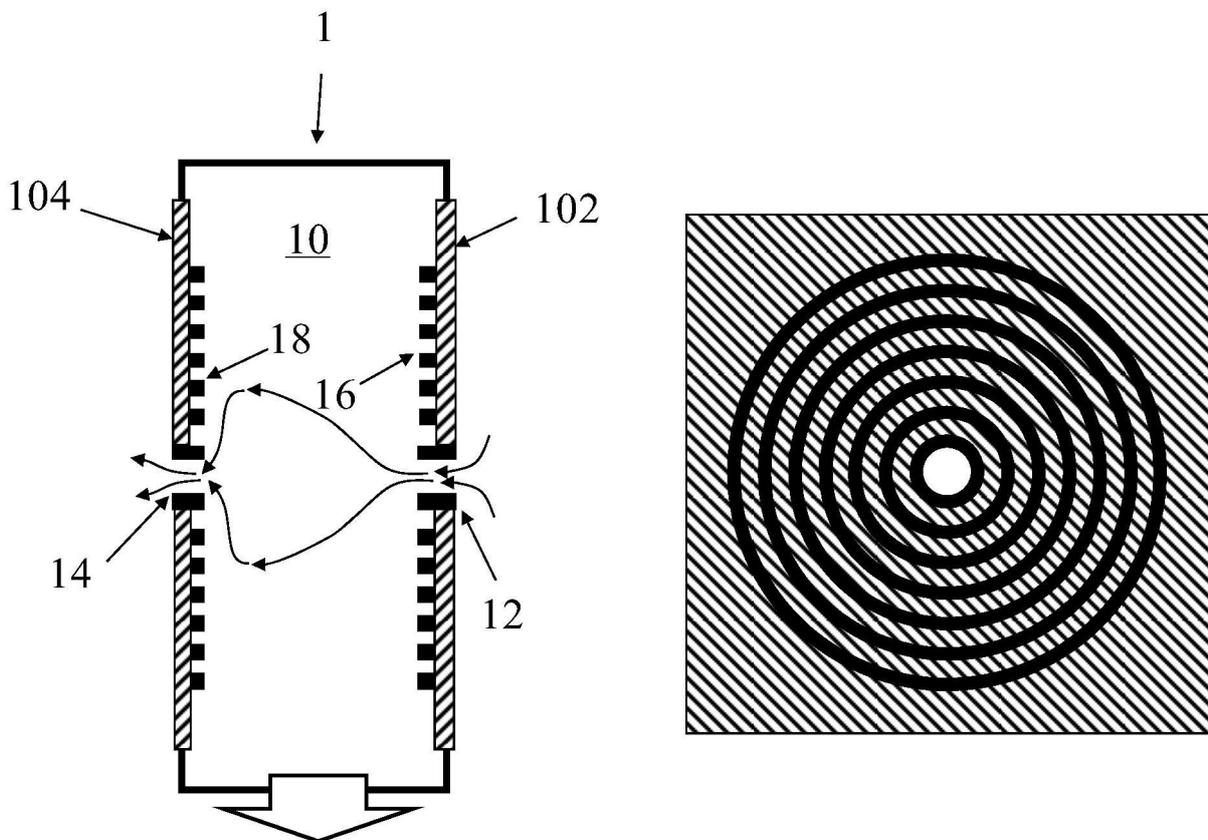


图6

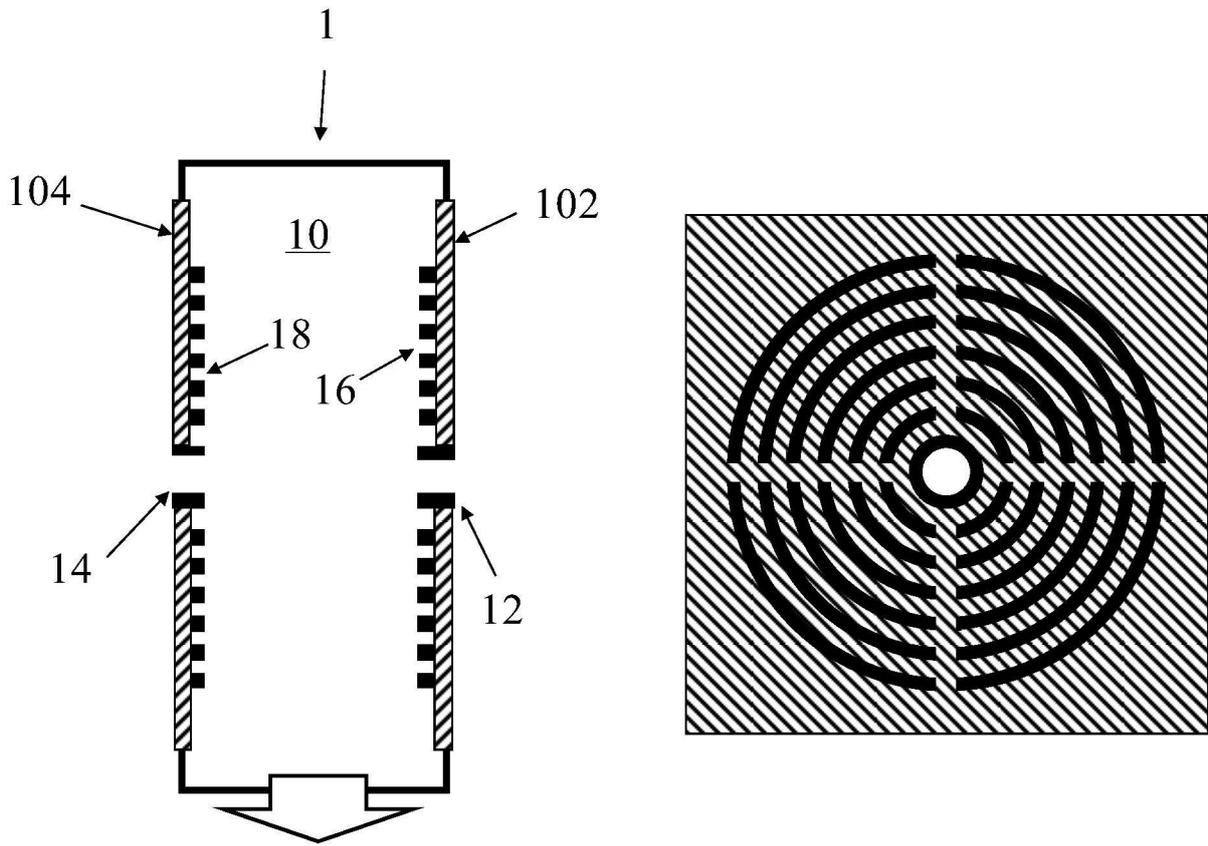


图7

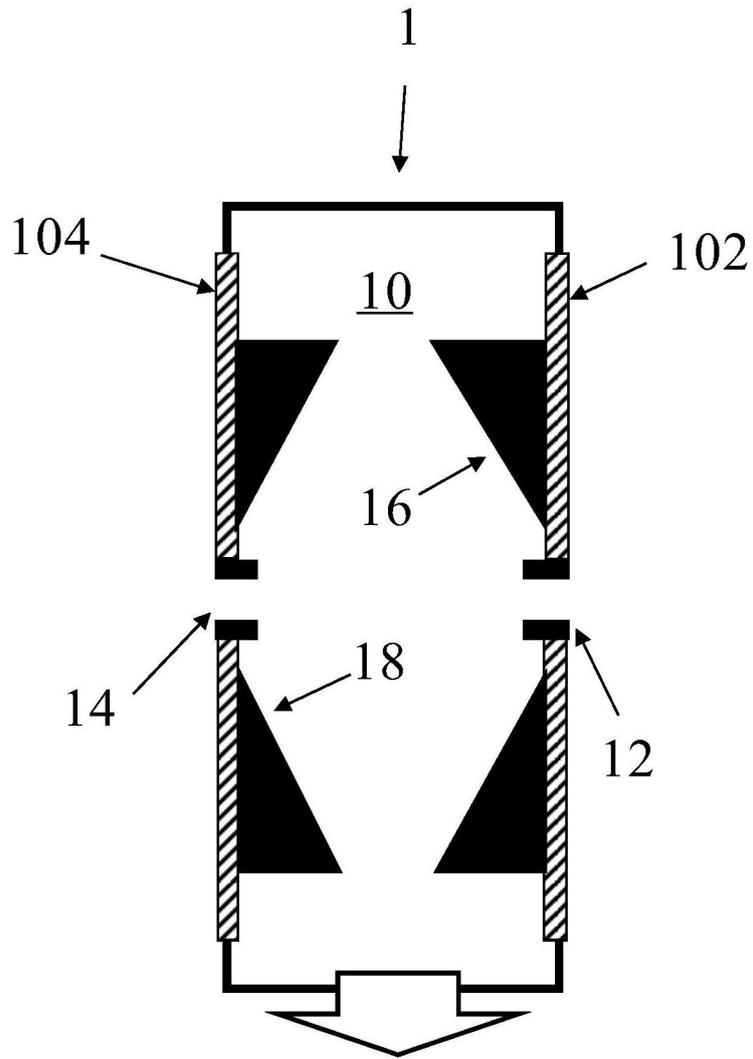


图8

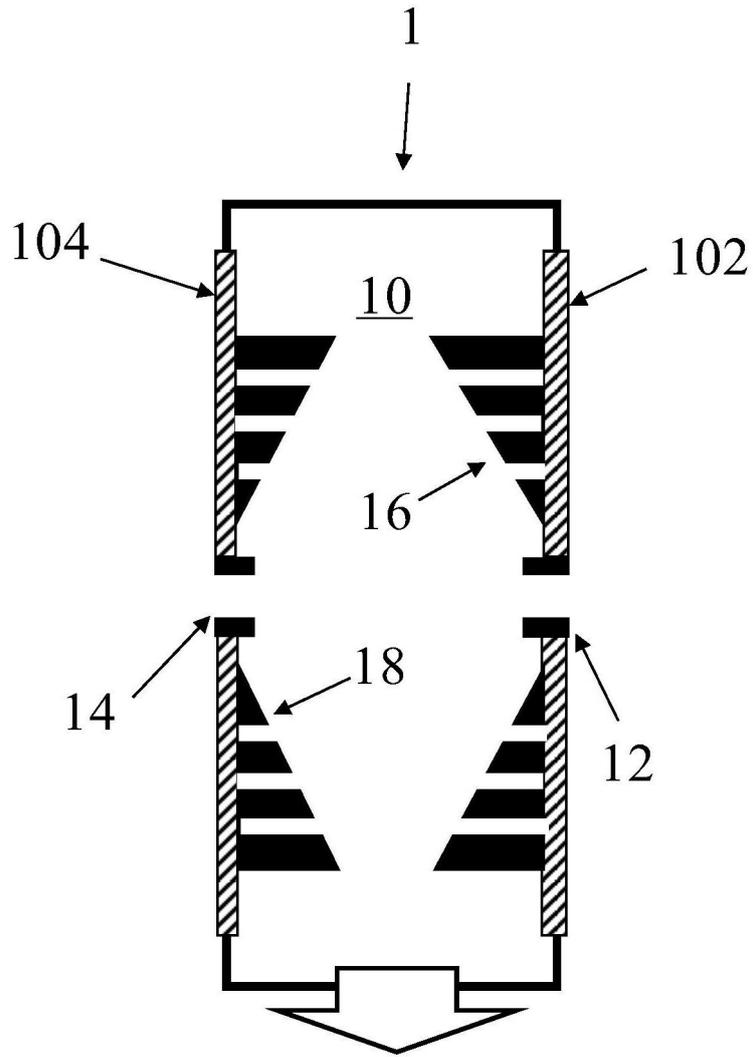


图9

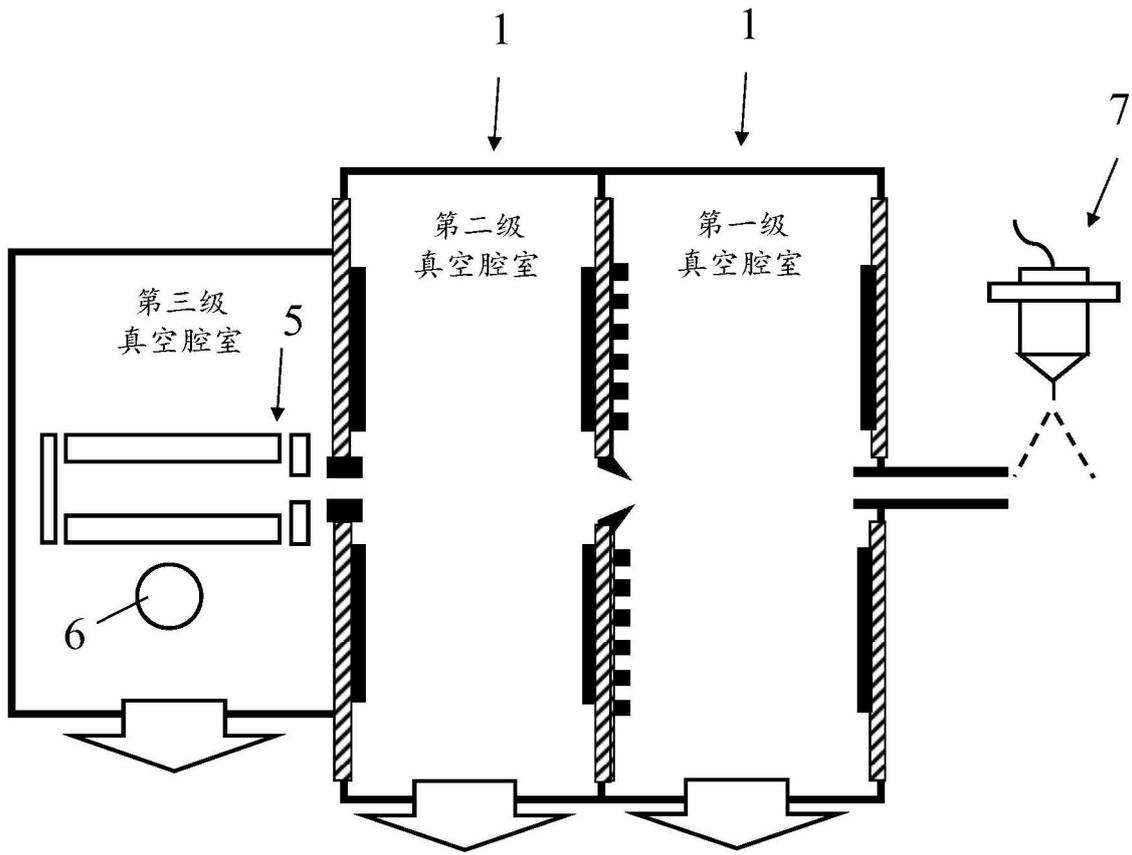


图10

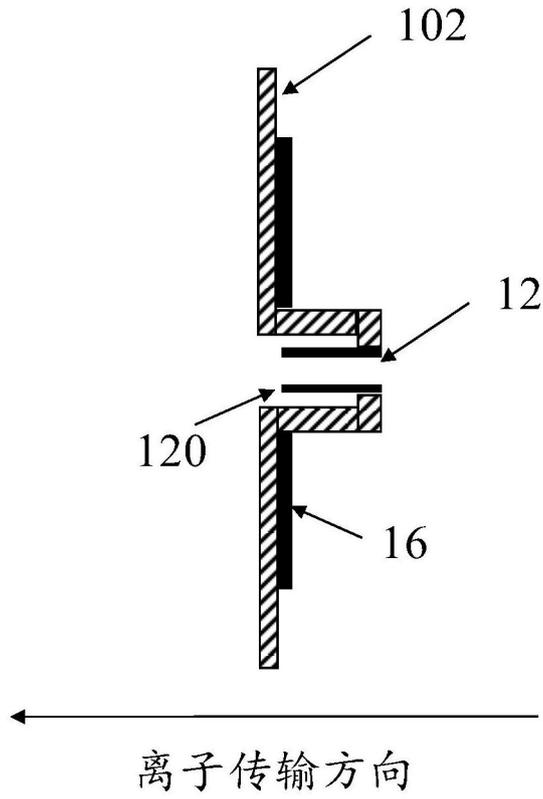


图11