(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105874331 A
(43)申请公布日 2016.08.17

(21)申请号 201480071478.1

(22)申请日 2014.12.06

(30)优先权数据
61/922,547 2013.12.31 US
61/931,793 2014.01.27 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.06.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2014/002690 2014.12.06

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/101821 EN 2015.07.09

(71)申请人 DH科技发展私人贸易有限公司
地址 新加坡新加坡

(72)发明人 布拉德利·施耐德
哈桑·贾瓦希里 托马斯·柯维

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责任公司 11287
代理人 曹晓斐

(51)Int.Cl.
*G01N 30/72*(2006.01)
*H01J 49/26*(2006.01)

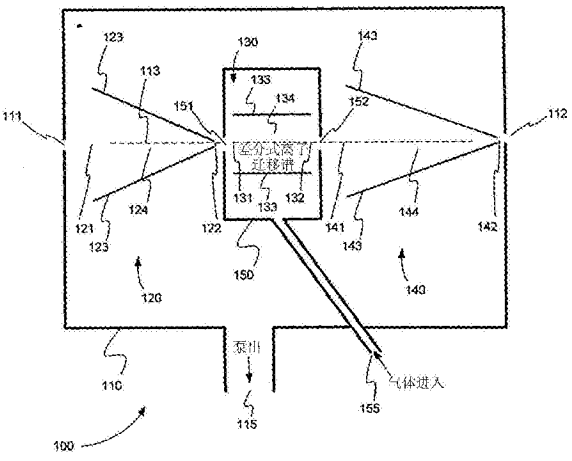
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

使用高效离子导向器的真空DMS

(57)摘要

在真空下执行差分式离子迁移谱。使用定位在真空腔中的第一离子导向器从所述真空腔的进口孔接收在高压力区域中产生的离子。所述第一离子导向器使用多个锥形电极使所述产生的离子聚焦在DMS装置进口端上。所述DMS装置同轴于且邻近于所述第一离子导向器。所述DMS装置使用多个电极分离所述聚焦离子。所述DMS装置进口端处的内接直径大于所述第一离子导向器出口端处的内接直径以使得离子转移最大化。使用同轴于且邻近于所述DMS装置的第二离子导向器从所述DMS装置接收所述分离的离子。所述第二离子导向器使用多个锥形电极使所述分离的离子聚焦在所述真空腔的出口孔上。




CN 105874331 A

1.一种用于在真空下执行差分式离子迁移谱DMS的系统，其包括：

真空腔，其包含用于将离子从高压力区域接收至所述真空腔中的进口孔和用于从所述真空腔发送离子的出口孔；

第一离子导向器，其定位在所述真空腔中，所述第一离子导向器从所述进口孔接收离子，所述第一离子导向器具有第一进口端和第一出口端，所述第一离子导向器具有绕界定第一离子通道的中心轴布置的多个第一电极，且所述多个第一电极的每个呈锥形以在所述第一进口端处提供比在所述第一出口端处大的内接直径以使离子聚焦在所述第一离子通道中；

DMS装置，其同轴于且邻近于所述第一离子导向器定位在所述真空腔中，从所述第一出口端接收离子，所述DMS装置具有DMS进口端和DMS出口端，所述DMS进口端处的内接直径大于所述第一出口端处的内接直径以使从所述第一离子导向器至所述DMS装置的离子损失最小化，所述DMS装置具有绕界定DMS离子通道的中心轴布置的多个DMS电极，其具有恒定间隙以分离所述DMS离子通道内的离子；以及

第二离子导向器，其同轴于且邻近于所述DMS装置定位在所述真空腔中，从所述DMS出口端接收离子且使所述离子聚焦在所述出口孔上，所述第二离子导向器具有第二进口端和第二出口端，所述第二进口端处的内接直径大于所述DMS出口端处的内接直径以使从所述DMS装置至所述第二离子导向器的离子损失最小化，所述第二离子导向器具有绕界定第二离子通道的中心轴布置的多个第二电极，且所述多个第二电极的每个呈锥形以在所述第二进口端处提供比在所述第二出口端处大的内接直径以使离子聚焦在所述第二离子通道中。

2.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，其进一步包括：

围封所述DMS装置的外壳，所述外壳包含用于将离子从所述第一离子导向器传递至所述DMS装置的进口孔隙、用于将离子从所述DMS装置传递至所述第二离子导向器的出口孔隙和气体进口。

3.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，其中所述气体进口接收气体以使所述外壳中的压力增大至高于所述真空腔系统的压力。

4.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，

其中所述多个锥形第一电极的每个的平坦表面面向所述第一离子导向器的内部且逐渐向内变窄并且倾斜以在所述第一出口端处提供比在所述第一进口端处小的内接直径，且

其中所述多个锥形第二电极的每个的平坦表面面向所述第二离子导向器的内部且逐渐向内变窄并且倾斜以在所述第二出口端处提供比在所述第二进口端处小的内接直径。

5.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，其中所述第一离子导向器包括第一多极。

6.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，其中所述第一多极选自两个电极的任一倍数之一。

7.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，其中所述第二离子导向器包括第二多极。

8.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，其中所述第二多极选自两个电极的任一倍数之一。

9.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，其中所述DMS装置包括DMS多极。

10.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，其中所述DMS多极选自两个电极的任一倍数之一。

11.根据系统的前述权利要求的任一组合所述的系统，其包含用于在期望过滤时向DMS装置提供不对称分离场和DC补偿场和在不期望过滤时提供聚焦RF电势的构件。

12.一种用于在真空下执行差分式离子迁移谱DMS的方法，其包括：

使用真空腔从高压力区域接收产生的离子，所述真空腔包含用于将所述产生的离子从所述高压力区域接收至所述真空腔中的进口孔和用于从所述真空腔发送离子的出口孔；

使用定位在所述真空腔中的聚焦所述产生的离子的第一离子导向器从所述进口孔接收所述产生的离子，所述第一离子导向器具有第一进口端和第一出口端，所述第一离子导向器具有绕界定第一离子通道的中心轴布置的多个第一电极，且所述多个第一电极的每个呈锥形以在所述第一进口端处提供比在所述第一出口端处大的内接直径以使离子聚焦在所述第一离子通道中；

使用同轴于且邻近于所述第一离子导向器定位在所述真空腔中的分离所述聚焦离子的DMS装置从所述第一离子导向器接收所述聚焦离子，所述DMS装置具有DMS进口端和DMS出口端，所述DMS进口端处的内接直径大于所述第一出口端处的内接直径以使从所述第一离子导向器至所述DMS装置的离子损失最小化，所述DMS装置具有绕界定DMS离子通道的中心轴布置的多个DMS电极，其具有恒定间隙以分离所述DMS离子通道内的离子；以及

使用同轴于且邻近于所述DMS装置定位在所述真空腔中的使所述分离的离子聚焦在所述出口孔上的第二离子导向器从所述DMS装置接收所述分离的离子，所述第二离子导向器具有第二进口端和第二出口端，所述第二进口端处的内接直径大于所述DMS出口端处的内接直径以使从所述DMS装置至所述第二离子导向器的离子损失最小化，所述第二离子导向器具有绕界定第二离子通道的中心轴布置的多个第二电极，且所述多个第二电极的每个呈锥形以在所述第二进口端处提供比在所述第二出口端处大的内接直径以使离子聚焦在所述第二离子通道中。

13.根据方法的前述权利要求的任一组合所述的方法，其中从所述第一离子导向器接收所述聚焦离子包括：

穿过围封所述DMS装置的外壳的进口孔隙接收所述聚焦离子，所述外壳包含用于将离子从所述第一离子导向器传递至所述DMS装置的进口孔隙、用于将离子从所述DMS装置传递至所述第二离子导向器的出口孔隙和气体进口。

14.根据方法的前述权利要求的任一组合所述的方法，其进一步包括：

穿过所述气体进口接收气体以使所述外壳内的压力增大至高于所述真空腔系统的压力。

15.根据方法的前述权利要求的任一组合所述的方法，其进一步包括：

在期望过滤时将不对称分离场和DC补偿场施加至所述DMS装置，且在不期望过滤时施加聚焦RF电势。

# 使用高效离子导向器的真空DMS

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案要求2013年12月31日申请的美国临时专利申请案第61/922,547号和2014年1月27日申请的美国临时专利申请案第61/931,793号的权利，其完整内容以引用的方式并入本文中。

## 背景技术

[0003] 差分式离子迁移谱(DMS)装置通常在大气压力下操作。将DMS装置放入质谱仪的真空系统中可提供好处，诸如永久地使装置安装有电致动的开/关控制的可能性。但是，重要的是确保DMS装置不使穿透质谱仪的入射光学件的离子透射降级。

## 发明内容

[0004] 公开一种用于在真空下执行差分式离子迁移谱(DMS)的系统。系统包含真空腔、第一离子导向器、DMS装置和第二离子导向器。真空腔包含用于将离子从高压力区域接收至真空腔中的进口孔。真空腔进一步包含用于从真空腔发送离子的出口孔。第一离子导向器定位在真空腔中。第一离子导向器从真空腔的进口孔接收离子。第一离子导向器具有第一进口端和第一出口端。第一离子导向器具有绕界定第一离子通道的中心轴布置的多个第一电极。多个第一电极的每个呈锥形以在第一进口端处提供比在第一出口端处大的内接直径以使离子聚焦在第一离子通道中。

[0005] DMS装置同轴于且邻近于第一离子导向器定位在真空腔中。DMS装置从第一离子导向器的第一出口端接收离子。DMS装置具有DMS进口端和DMS出口端。DMS进口端处的内接直径比第一离子导向器的第一出口端处的内接直径大以使从第一离子导向器至DMS装置的离子损失最小化。DMS装置具有绕界定DMS离子通道的中心轴布置的多个DMS电极，其具有恒定间隙以分离DMS离子通道内的离子。

[0006] 第二离子导向器同轴于且邻近于DMS装置定位在真空腔中。第二离子导向器从DMS出口端接收离子并且使离子聚焦在真空腔的出口孔上。第二离子导向器具有第二进口端和第二出口端。第二进口端处的内接直径比DMS出口端处的内接直径大以使从DMS装置至第二离子导向器的离子损失最小化。第二离子导向器具有绕界定第二离子通道的中心轴布置的多个第二电极。多个第二电极的每个呈锥形以在第二进口端处提供比在第二出口端处大的内接直径以使离子聚焦在第二离子通道中。

[0007] 在优选的实施例中，系统进一步包含围封DMS装置的外壳。外壳用于优化DMS装置中的压力。例如，外壳允许DMS装置在比第一离子导向器和第二离子导向器大的压力下操作。外壳包含用于将离子从第一离子导向器传递至DMS装置的进口孔隙。外壳包含用于将离子从DMS装置传递至第二离子导向器的出口孔隙。外壳还包含气体进口。例如，气体进口接收气体以使外壳内的压力增大至高于真空腔的压力。

[0008] 公开一种用于在真空下执行DMS的方法。使用真空腔从高压力区域接收产生的离子。真空腔包含用于将产生的离子从高压力区域接收至真空腔中的进口孔。真空腔进一步

包含用于从真空腔发送离子的出口孔。使用定位在真空腔中的聚焦产生的离子的第一离子导向器从真空腔的进口孔接收产生的离子。第一离子导向器具有第一进口端和第一出口端。第一离子导向器具有绕界定第一离子通道的中心轴布置的多个第一电极。多个第一电极的每个呈锥形以在第一进口端处提供比在第一出口端处大的内接直径以使离子聚焦在第一离子通道中。

[0009] 使用DMS装置从第一离子导向器接收聚焦离子。DMS装置同轴于且邻近于第一离子导向器定位在真空腔中分离聚焦离子。DMS装置具有DMS进口端和DMS出口端。DMS进口端处的内接直径比第一离子导向器的第一出口端处的内接直径大，以使从第一离子导向器至DMS装置的离子损失最小化。DMS装置具有绕界定DMS离子通道的中心轴布置的多个DMS电极，其具有恒定间隙以分离DMS离子通道内的离子。

[0010] 使用第二离子导向器从DMS装置接收分离的离子。第二离子导向器同轴于且邻近于DMS装置定位在真空腔中。第二离子导向器使分离的离子聚焦在真空腔的出口孔上。第二离子导向器具有第二进口端和第二出口端。第二进口端处的内接直径比DMS出口端处的内接直径大，以使从DMS装置至第二离子导向器的离子损失最小化。第二离子导向器具有绕界定第二离子通道的中心轴布置的多个第二电极。多个第二电极的每个呈锥形以在第二进口端处提供比在第二出口端处大的内接直径以使离子聚焦在第二离子通道中。

[0011] 本文中阐述申请人教示的这些和其它特征。

## 附图说明

[0012] 熟练技术人员将了解下文描述的图仅用于说明目的。图不旨在以任一方式限制本教示的范围。

[0013] 图1是根据各种实施例的在真空下执行差分式离子迁移谱(DMS)的系统的示意图。

[0014] 图2是根据各种实施例的用于在真空下执行DMS的系统的正视图，其包含四电极DMS装置。

[0015] 图3是根据各种实施例的用于在真空下执行DMS的系统的正视图，其包含十二电极DMS装置。

[0016] 图4是示出根据各种实施例的用于在真空下执行DMS的方法的流程图。

[0017] 在详细描述本教示的一个或更多个实施例之前，本领域技术人员将了解本教示在它们的应用方面不限于下文详细描述中阐述或在图中图示的构造、组件布置和步骤布置的细节。此外，将了解本文中使用的短语和术语用于描述目的且不应被视为限制。

## 具体实施方式

[0018] 如上所述，将差分式离子迁移谱(DMS)装置放入质谱仪的真空系统中可允许装置保持永久安装至质谱仪。但是，尚未开发出提供用于捕获来自自由射流膨胀的离子的高效构件的系统。

[0019] 在各种实施例中，质谱仪的真空系统内的分段射频(RF)多极配置提供用于捕获来自DMS的自由射流膨胀的离子的高效途径。具体地，离子导向器(与透镜相对)用于提供高效离子透射。段包含第一RF多极离子导向器、第一RF离子导向器的出口处的多极DMS装置和DMS装置的出口处的第二RF多极离子导向器。例如，第一RF离子导向器包含进口处的内接直

径，其足以将绕自由射流气体膨胀的桶形激波的直径的至少50％接纳至真空腔中。第一RF离子导向器呈锥形，使得捕获的离子被聚焦在出口前方。第一RF离子导向器的出口尺寸比DMS装置的进口尺寸小，以使离子在转移至DMS装置时的离子损失最小化。离子可接着在DMS装置内分离。

[0020] 第二RF离子导向器也呈锥形。第二RF离子导向器在进口处具有大于DMS装置的出口尺寸的内接直径。第二RF离子导向器的锥形将经迁移过滤的离子聚焦在孔隙前方，所述孔隙分离经差动泵抽的真空区域。DMS装置可围封在外壳中，使得来自差动泵抽的真空腔的出口的气流牵引层流流线穿过DMS装置。此外，第一RF离子导向器和第二RF离子导向器的长度可被优化来确保足够的聚焦性质和不利的聚束/激波的消除。聚焦电势也可被施加至DMS装置以改进透射。

[0021] 在真空下进行DMS的系统

[0022] 图1是根据各种实施例的在真空下执行DMS的系统100的示意图。系统100包含真空腔110、第一离子导向器120、DMS装置130和第二离子导向器140。第一离子导向器120和第二离子导向器140是例如RF离子导向器，且各由提供RF电压的电源供电。

[0023] 真空腔110包含用于将离子从高压力区域接收至真空腔110中的进口孔111和用于从真空腔110发送离子的出口孔112。例如，离子源(未示出)从高压力区域(未示出)中的样本产生离子。真空腔110还包含泵口115。例如，粗抽泵可附接至泵口115以在真空腔110中提供压力控制。

[0024] 第一离子导向器120定位在真空腔110中。第一离子导向器120从进口孔111接收离子。第一离子导向器120具有第一进口端121和第一出口端122。第一离子导向器120具有绕界定第一离子通道124的中心轴113布置的多个第一电极123。多个第一电极123的每个呈锥形以在第一进口端121处提供比在第一出口端122处大的内接直径，以使离子聚焦在第一离子通道124中。

[0025] DMS装置130同轴于且邻近于第一离子导向器120定位在真空腔110中。DMS装置130从第一离子导向器120的第一出口端122接收离子。DMS装置130具有DMS进口端131和DMS出口端132。DMS进口端131处的内接直径比第一离子导向器120的第一出口端122处的内接直径大，以使从第一离子导向器120至DMS装置130的离子损失最小化。DMS装置130具有绕中心轴113布置的多个DMS电极133。多个DMS电极133界定DMS离子通道134，所述DMS离子通道134具有恒定间隙以在DMS离子通道134内分离离子。

[0026] 第二离子导向器140同轴于且邻近于第一DMS装置130定位在真空腔110中。第二离子导向器140从DMS装置130的DMS出口端132接收离子。第二离子导向器140使离子聚焦在真空腔110的出口孔112上。第二离子导向器140具有第二进口端141和第二出口端142。第二进口端141处的内接直径比DMS出口端132处的内接直径大，以使从DMS装置130至第二离子导向器140的离子损失最小化。第二离子导向器140具有绕界定第二离子通道144的中心轴113布置的多个第二电极143。多个第二电极143的每个呈锥形以在第二进口端141处提供比在第二出口端142处大的内接直径，以使离子聚焦在第二离子通道144中。

[0027] 在各种实施例中，系统100进一步包含围封DMS装置130的外壳150。外壳150用于允许DMS装置130在比第一离子导向器120和第二离子导向器140大的压力下操作。RF离子导向器在中间压力状态中表现较好，且DMS装置在更高压力力下表现更好。例如，第一离子导向

器120和第二离子导向器140在小于20托的压力下操作，且DMS装置130在高于20托的压力下操作。在各种实施例中，DMS装置130在比第一离子导向器120和第二离子导向器140高10倍的压力下操作。在其它实施例中，DMS压力可在与真空腔110相同的压力下优化，或在从与腔110相同扩展至大气压力或更大压力的范围内的任一压力下优化。应注意，由于气体从孔隙151和152的外流，DMS单元中的更高压力力将需要更大真空泵来在腔110中维持给定压力。

[0028] 外壳150包含用于将离子从第一离子导向器120传递至DMS装置130的进口孔隙151。外壳150包含用于将离子从DMS装置130传递至第二离子导向器140的出口孔隙152。外壳150也包含气体进口155。例如，气体进口155接收气体以使外壳150中的压力增大至高于真空腔110的压力。

[0029] 重要的是注意DMS装置130并非通过将真空腔110和外壳150排空至不同压力水平而在大于第一离子导向器120和第二离子导向器140的压力下操作。取而代之，DMS装置130通过将气体穿过气体进口155引入至外壳150中以使外壳150中的压力增大至高于真空腔110的压力而在比第一离子导向器120和第二离子导向器140大的压力下操作。

[0030] 在各种实施例中，多个锥形第一电极123的每个的平坦表面面向第一离子导向器120的内部，且逐渐向内变窄并且倾斜以在第一出口端122处提供比在第一离子导向器120的第一进口端121处小的内接直径。相同地，多个锥形第二电极143的每个的平坦表面面向第二离子导向器140的内部，且逐渐向内变窄并且倾斜以在第二出口端142处提供比在第二离子导向器140的第二进口端141处小的内接直径。

[0031] 在各种实施例中，第一离子导向器120、DMS装置130或第二离子导向器140可为多极装置。第一离子导向器120、DMS装置130和第二离子导向器140可包含两个电极的任一倍数。例如，第一离子导向器120、DMS装置130或第二离子导向器140可包含四个电极、六个电极、八个电极、十个电极、十二个电极、十四个电极、十六个电极等。

[0032] 在各种实施例中，在期望过滤时将不对称分离场和DC补偿场施加至DMS装置，且在DMS未过滤时施加聚焦RF电势。不对称分离场、DC补偿场和聚焦RF电势是使用能够在程序控制下切换电压或电场的任一构件来施加。这种构件可包含但不限于处理器、控制器、专用数字电路或专用模拟电路。

[0033] 图2是根据各种实施例的用于在真空下执行DMS的系统200的正视图，其包含四电极DMS装置240。真空腔210包含进口孔211、出口孔212和泵口215。泵口215的位置可被移动至真空腔210的背面以提供朝向真空腔210的背面的气流。例如，真空腔210可为任一类型的套管或围封件。

[0034] 第一离子导向器220、DMS装置230和第二离子导向器240是定位在真空腔210中的分段离子导向器的部分。第一离子导向器220和第二离子导向器240是锥形十二极装置。DMS装置230包含四个平板作为电极。可将DMS分离波形施加于对向电极的两个之间。进一步DC或RF电势可施加于其它电极对。当不期望DMS分离时，可将对称RF聚焦电势施加于4个电极以确保高透射率。

[0035] 图3是根据各种实施例的用于在真空下执行DMS的系统300的正视图，其包含十二电极DMS装置340。真空腔310包含进口孔311、出口孔312和泵口315。第一离子导向器320、DMS装置330和第二离子导向器340是定位在真空腔310中的分段离子导向器的部分。第一离子导向器320和第二离子导向器340是锥形十二极装置。DMS装置330是非锥形十二极装置。

当期望过滤时，可将DMS波形施加至十二极装置，且当不期望过滤时，可施加聚焦RF电势。

[0036] 在真空下进行DMS的方法

[0037] 图4是示出根据各种实施例的用于在真空下执行DMS的方法400的流程图。

[0038] 在方法400的步骤410中，使用真空腔从高压力区域接收产生的离子。真空腔包含用于将产生的离子从高压力区域接收至真空腔中的进口孔和用于从真空腔发送离子的出口孔。

[0039] 在步骤420中，使用定位在真空腔中的第一离子导向器从进口孔接收产生的离子。第一离子导向器使产生的离子聚焦。第一离子导向器具有第一进口端和第一出口端。第一离子导向器具有绕界定第一离子通道的中心轴布置的多个第一电极。多个第一电极的每个呈锥形以在第一进口端处提供比在第一出口端处大的内接直径以使离子聚焦在第一离子通道中。

[0040] 在步骤430中，使用同轴于且邻近于第一离子导向器定位在真空腔中的DMS装置从第一离子导向器接收聚焦离子。DMS装置分离聚焦离子。DMS装置具有DMS进口端和DMS出口端。DMS进口端处的内接直径比第一离子导向器的第一出口端处的内接直径大，以使从第一离子导向器至DMS装置的离子损失最小化。DMS装置具有绕界定DMS离子通道的中心轴布置的多个DMS电极，其具有恒定间隙以分离DMS离子通道内的离子。

[0041] 在步骤440中，使用同轴于且邻近于DMS装置定位在真空腔中的第二离子导向器从DMS装置接收分离的离子。第二离子导向器使分离的离子聚焦在出口孔上。第二离子导向器具有第二进口端和第二出口端。第二进口端处的内接直径比DMS出口端处的内接直径大，以使从DMS装置至第二离子导向器的离子损失最小化。第二离子导向器具有绕界定第二离子通道的中心轴布置的多个第二电极。多个第二电极的每个呈锥形以在第二进口端处提供比在第二出口端处大的内接直径，以使离子聚焦在第二离子通道中。

[0042] 虽然结合各种实施例描述本教示，但是本教示不旨在受限于这些实施例。相反，本教示涵盖如将由本领域技术人员所了解的各种替代、修改和等效物。

[0043] 此外，在描述各种实施例时，说明书可能已经以特定次序的步骤的形式提出方法和/或过程。但是，在方法或过程不依赖本文中阐述的特定顺序的步骤的范围内，方法或过程不应受限于所描述的特定次序的步骤。如本领域一般技术人员将了解，其它次序的步骤可能是可行的。因此，本说明书中阐述的特定顺序的步骤不应被解释为限制权利要求。此外，涉及方法和/或过程的权利要求不应受限于它们的步骤以所写的顺序的执行，且本领域技术人员可易于了解次序可变化且仍保持在各种实施例的精神和范围内。

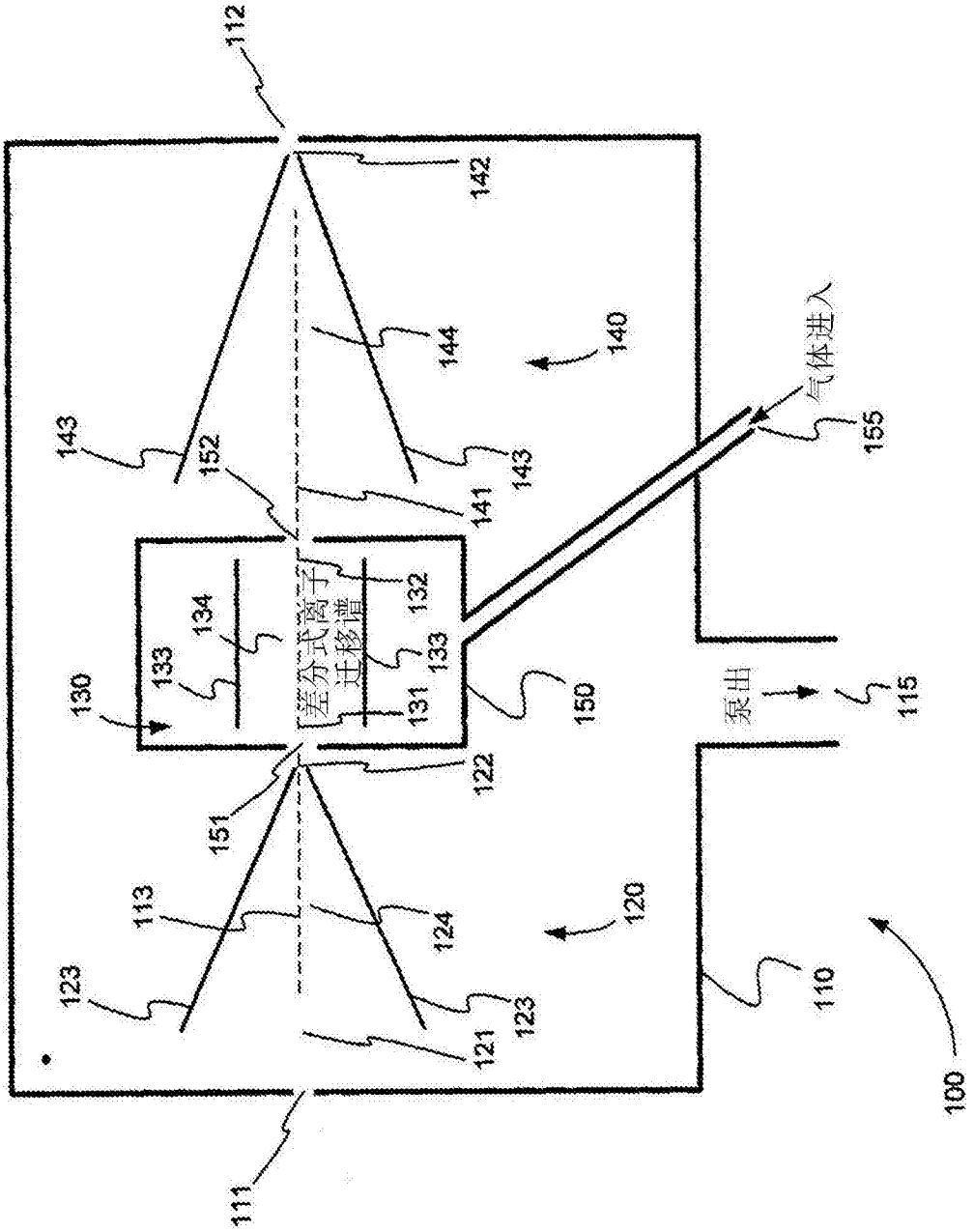

112
142
144
140
气体进入
155
143
152
143
141
差分式离子迁移谱
132
134
133
133
131
130
150
泵出
115
122
151
113
124
120
123
123
121
110
100
111

图1

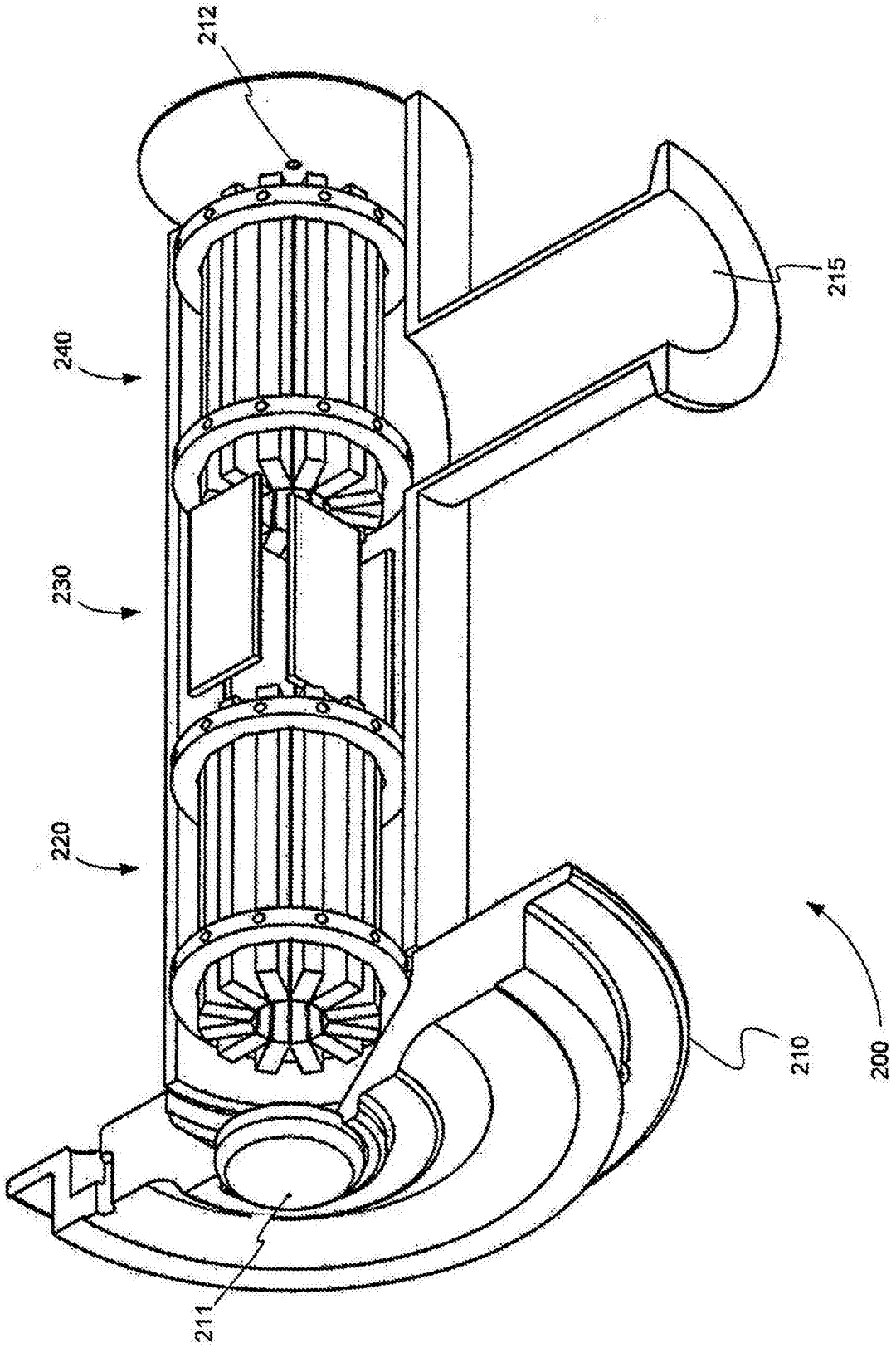



图2

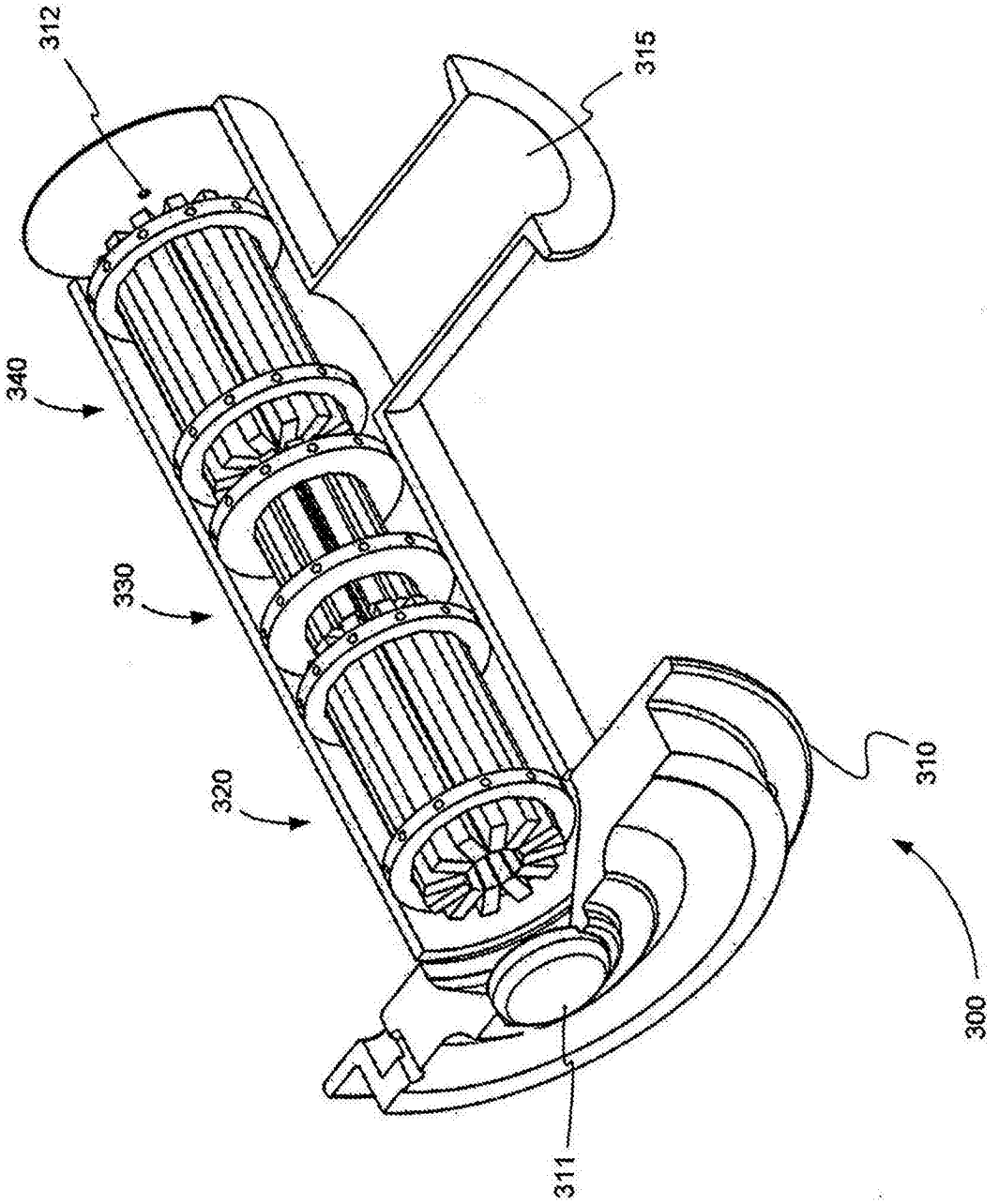



图3

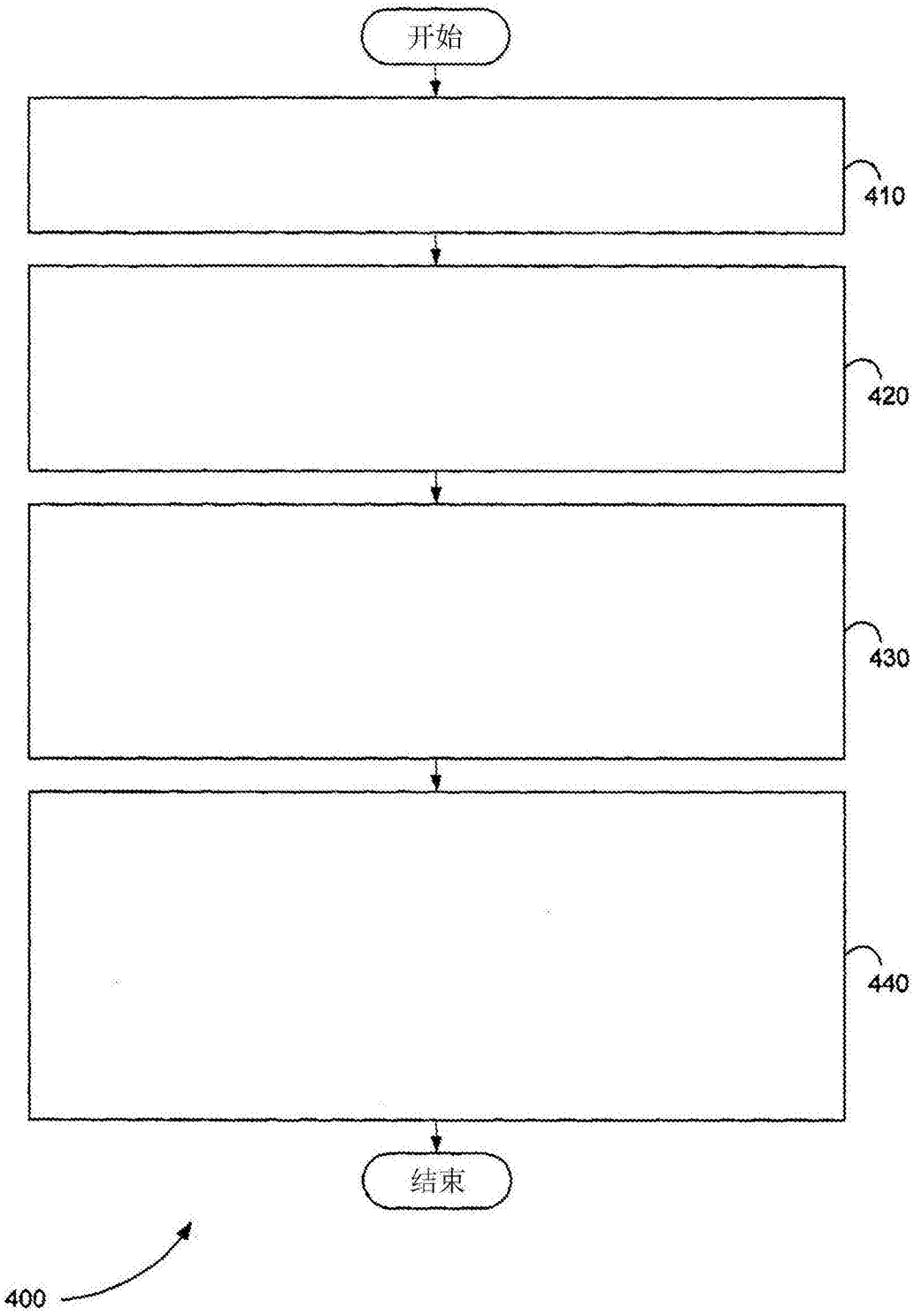



图4