(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117476434 A
(43)申请公布日 2024.01.30

(21)申请号 202310943240.4

(22)申请日 2023.07.28

(30)优先权数据
17/877781 2022.07.29 US

(71)申请人 赛默菲尼根有限责任公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 M·W·森科

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
专利代理师 张凌苗 陈晓

(51)Int.Cl.
H01J 49/06(2006.01)
H01J 49/42(2006.01)

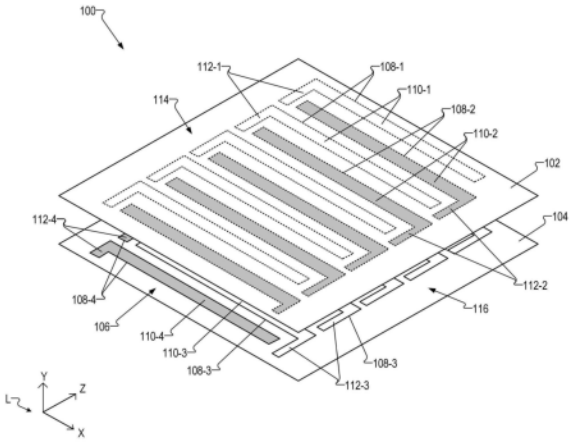
权利要求书2页 说明书17页 附图16页

(54)发明名称

用于极性无关的离子约束的离子引导件电极配置

(57)摘要

用于极性无关的离子约束的离子引导件电极配置。一种离子引导件包括在第一表面上的电极的第一布置、在第二表面上的电极的第二布置以及在该第一布置与该第二布置之间的间隙中的离子约束空间。该第一布置包括第一电极和第二电极。每个第一电极包括第一主部和第一边缘部分。该第一边缘部分比该第一主部宽。该第二布置包括第三电极和第四电极。每个第四电极包括第四主部和第四边缘部分。该第四边缘部分比该第四主部宽。该第一边缘部分定位成与该第四边缘部分相对。该第一电极和该第三电极被配置成接收第一RF电压,并且该第二电极和该第四电极被配置成接收相对于该第一RF电压相移的第二RF电压。



CN 117476434 A

1.一种离子引导件,所述离子引导件包括:

面向彼此的第一表面和第二表面,所述第一表面与所述第二表面之间具有间隙;和

多个电极,所述多个电极包括在所述第一表面上的电极的第一布置和在所述第二表面上的电极的第二布置,电极的所述第一布置和电极的所述第二布置定位成彼此相对并且限定在所述间隙中的离子约束空间,其中:

电极的所述第一布置包括沿着所述离子约束空间的纵向轴线布置在所述第一表面上的第一电极和第二电极;

每个第一电极包括:

从所述离子约束空间的第一侧延伸到所述离子约束空间的第二侧的第一主部;和

在所述离子约束空间的所述第一侧处的第一边缘部分,沿着所述离子约束空间的所述纵向轴线,所述第一边缘部分比所述第一主部宽;

电极的所述第二布置包括沿着所述离子约束空间的所述纵向轴线布置在所述第二表面上的第三电极和第四电极;

每个第四电极包括:

从所述离子约束空间的所述第一侧延伸到所述离子约束空间的所述第二侧的第四主部;和

在所述离子约束空间的所述第一侧处的第四边缘部分,沿着所述离子约束空间的所述纵向轴线,所述第四边缘部分比所述第四主部宽;

所述第一电极的所述第一边缘部分定位成与所述第四电极的所述第四边缘部分相对;并且

所述第一电极和所述第三电极被配置成接收第一RF电压,并且所述第二电极和所述第四电极被配置成接收相对于所述第一RF电压相移的第二RF电压。

2.根据权利要求1所述的离子引导件,其中所述第一电极和所述第二电极具有L形状、T形状或Y形状。

3.根据权利要求1所述的离子引导件,其中:

每个第三电极包括第三主部;并且

所述第一电极的所述第一主部定位成与所述第三电极的所述第三主部相对。

4.根据权利要求1所述的离子引导件,其中所述第一电极的所述第一主部定位成与所述第四电极的所述第四主部相对。

5.根据权利要求1所述的离子引导件,其中:

每个第二电极包括第二主部;

每个第三电极包括第三主部;并且

所述第一电极的所述第一主部和所述第二电极的所述第二主部定位成与在所述第三电极的所述第三主部与所述第四电极的所述第四主部之间的间隙相对。

6.根据权利要求1所述的离子引导件,其中:

每个第二电极包括:

从所述离子约束空间的所述第一侧延伸到所述离子约束空间的所述第二侧的第二主部;和

在所述离子约束空间的所述第二侧处的第二边缘部分,沿着所述离子约束空间的所述

纵向轴线,所述第二边缘部分比所述第二主部宽;

每个第三电极包括:

从所述离子约束空间的所述第一侧延伸到所述离子约束空间的所述第二侧的第三主部;和

在所述离子约束空间的所述第二侧处的第三边缘部分,沿着所述离子约束空间的所述纵向轴线,所述第三边缘部分比所述第三主部宽;

所述第二电极的所述第二边缘部分定位成与所述第三电极的所述第三边缘部分相对。

7.根据权利要求6所述的离子引导件,其中所述第二电极和所述第三电极具有L形状、T形状或Y形状。

8.根据权利要求1所述的离子引导件,其中:

每个第一电极进一步包括在所述离子约束空间的所述第二侧处的第二边缘部分,沿着所述离子约束空间的所述纵向轴线,所述第二边缘部分比所述第一主部宽;

每个第四电极进一步包括在所述离子约束空间的所述第二侧处的第三边缘部分,沿着所述离子约束空间的所述纵向轴线,所述第三边缘部分比所述第四主部宽;并且

所述第一电极的所述第二边缘部分定位成与所述第四电极的所述第三边缘部分相对。

9.根据权利要求1所述的离子引导件,其中第一电极的所述第一边缘部分沿着所述离子约束空间的所述纵向轴线延伸经过相邻第二电极的所述第二主部的全部或一部分。

10.根据权利要求9所述的离子引导件,其中第四电极的所述第四边缘部分沿着所述离子约束空间的所述纵向轴线延伸经过相邻第三电极的所述第三主部的全部或一部分。

用于极性无关的离子约束的离子引导件电极配置

[0001] 发明背景

[0002] 离子引导件是通过施加静电场和电动力学场和/或通过载气沿着离子路径引导离子的装置。离子引导件可用于例如在质谱仪内传送离子或在离子迁移装置内分离离子。常规离子引导件由多极布置(诸如线性四极装置)或在相对表面上的电极布置(诸如印刷电路板(PCB))形成。PCB离子引导件因其低成本以及用相当简单的印刷工艺产生复杂几何形状的可能性而具有吸引力。然而,PCB离子引导件的常规配置具有各种缺点。例如,为了将离子维持在离子路径内,一些PCB离子引导件向内部RF电极施加射频(RF)电压以在Y(竖直)方向上提供俘获电势,并且向外部防护电极施加直流(DC)电压以在X(水平)方向上提供俘获电势。离子沿着Z轴沿着离子路径被引导。然而,由DC防护电极生成的俘获电势能俘获仅单一极性的离子。其它PCB离子引导件使用定位在上部PCB与下部PCB之间的空间中的额外RF电极以提供沿着X轴的极性无关的俘获。然而,这些额外RF防护电极需要额外驱动电子器件并且使离子引导件的设计和制造复杂化。

发明内容

[0003] 以下描述呈现了本文所描述的方法和系统的一个或多个方面的简化概述,以便提供对此类方面的基本理解。此概述不是所有所涵盖方面的广泛综述,并且既不希望标识所有方面的关键或决定性要素,也不希望划定任何或所有方面的范围。其唯一目的是以简化形式呈现本文所述的方法和系统的一个或多个方面的一些概念,作为下文呈现的更详细描述的序言。

[0004] 在一些例示性示例中,离子引导件包括第一表面和定位成与第一表面相对的第二表面以及多个电极,该多个电极包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置,电极的第一布置和电极的第二布置定位成彼此相对并且限定在该第一布置与该第二布置之间的离子约束空间,其中:电极的第一布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第一表面上的第一电极和第二电极;每个第一电极包括从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第一主部和在该离子约束空间的第一侧处的第一边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第一边缘部分比第一主部宽;电极的第二布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第二表面上的第三电极和第四电极;每个第四电极包括从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第四主部和在该离子约束空间的第一侧处的第四边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第四边缘部分比该第四主部宽;第一电极的第一边缘部分定位成与第四电极的第四边缘部分相对;并且第一电极和第三电极被配置成接收第一RF电压,并且第二电极和第四电极被配置成接收相对于第一RF电压相移的第二RF电压。

[0005] 在一些例示性示例中,引导离子的方法包括:将离子引入离子引导件内,该离子引导件包括第一表面和定位成与第一表面相对的第二表面以及多个电极,该多个电极包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置,电极的第一布置和电极的第二布置定位成彼此相对并且限定在该第一布置与该第二布置之间的离子约束空间,其

中:电极的第一布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第一表面上的第一电极和第二电极;每个第一电极包括从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第一主部和在该离子约束空间的第一侧处的第一边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第一边缘部分比第一主部宽;电极的第二布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线交替布置在第二表面上的第三电极和第四电极;每个第四电极包括从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第四主部和在该离子约束空间的第一侧处的第四边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第四边缘部分比该第四主部宽;并且第一电极的第一边缘部分定位成与第四电极的第四边缘部分相对;以及向该多个电极施加RF电压,第一电极和第三电极接收第一RF电压,并且第二电极和第四电极接收相对于第一RF电压相移的第二RF电压。

[0006] 在一些例示性示例中,离子引导件包括第一表面和定位成与第一表面相对的第二表面以及多个电极,该多个电极包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置,电极的第一布置和电极的第二布置定位成彼此相对并且限定在该第一布置与该第二布置之间的离子约束空间,其中:电极的第一布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线交替布置在第一表面上的第一电极和第二电极;电极的第二布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线交替布置在第二表面上的第三电极和第四电极;第一电极和第三电极被配置成接收相同相位的RF电压;第二电极和第四电极被配置成接收具有相同相位并且相对于由第一电极和第三电极接收的RF电压相移的RF电压;第一电极和第三电极的相对主部以及第二电极和第四电极的相对主部被配置成生成表面约束电场,该表面约束电场抑制该离子约束空间内的离子朝向第一表面和第二表面的移动;并且第一电极和第四电极的相对边缘部分被配置成接收相对于彼此相移的RF电压并且生成第一边缘约束电场,该第一边缘约束电场抑制该离子约束空间内的离子朝向该离子约束空间的第一侧的移动。

[0007] 在一些例示性示例中,离子引导件包括第一表面和定位成与第一表面相对的第二表面;多个电极,其包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置;以及在电极的第一布置与电极的第二布置之间的离子约束空间;其中:电极的第一布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第一表面上的第一电极和第二电极;电极的第二布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第二表面上的第三电极和第四电极;第一电极的第一主部定位成与第三电极的第三主部相对;第二电极的第二主部定位成与第四电极的第四主部相对;第一电极的第一边缘部分在该离子约束空间的第一侧处定位成与第四电极的第四边缘部分相对;第一电极和第三电极被配置成接收RF电压;并且第二电极和第四电极被配置成接收相对于由第一电极和第三电极接收的RF电压相移的RF电压。

[0008] 在一些例示性示例中,制作离子引导件的方法包括以电极的第一布置将第一电极和第二电极布置在第一表面上;以电极的第二布置将第三电极和第四电极布置在第二表面上;以及将第一表面定位成与第二表面相对,使得电极的第一布置和电极的第二布置限定在该第一布置与该第二布置之间的离子约束空间,其中将电极的第一布置和电极的第二布置定位,使得第一电极的第一主部定位成与第三电极的第三主部相对,第二电极的第二主部定位成与第四电极的第四主部相对,并且第一电极的第一边缘部分在该离子约束空间的第一侧处定位成与第四电极的第四边缘部分相对;将第一电极和第三电极连接到被配置成接收RF电压的第一电路;以及将第二电极和第四电极连接到第二电路,该第二电路被配置

成接收相对于由第一电路接收的RF电压相移的RF电压。

[0009] 在一些例示性示例中，离子引导件包括多个电极，该多个电极布置在相对表面上并且限定在该相对表面之间的离子约束空间，其中：该多个电极中的每个电极包括细长的主部和在该主部的端部处的边缘部分，沿着该离子约束空间的纵向轴线，该边缘部分比该主部宽；该多个电极被配置成接收RF电压；并且该多个电极布置成使得相对主部接收相同相位的RF电压，并且相对边缘部分接收相对于彼此相移的RF电压。

附图说明

[0010] 附图示出了各种实施方案，并且是说明书的一部分。所示出的实施方案仅是示例，并且不限制本公开的范围。贯穿附图，相同或类似的参考标号表示相同或类似的元件。

[0011] 图1示出例示性离子引导件的透视图。

[0012] 图2示出图1的离子引导件的平面图。

[0013] 图3A和图3B示出分别沿图2中的标记为IIIA和IIIB的点划线截取的图1和图2的离子引导件的横截面视图。

[0014] 图4A至图4C示出分别沿图2中的标记为IVA、IVB和IVC的点划线截取的图1和图2的离子引导件的横截面视图。

[0015] 图5示出图1和图2的离子引导件的横截面视图以及当电极接收RF电压时由离子引导件的电极生成的例示性约束电场的等势线。

[0016] 图6A和图6B示出图1和图2的离子引导件的横截面视图以及当电极108接收RF电压时由电极108生成的例示性约束电场的等势线。

[0017] 图7和图8示出电极在表面上的另选的配置。

[0018] 图9示出另一例示性离子引导件的透视图。

[0019] 图10示出图9的离子引导件的平面图。

[0020] 图11A和图11B示出分别沿图10中的标记为XIA及XIB的点划线截取的图9和图10的离子引导件的横截面视图以及当电极接收RF电压时由离子引导件的电极生成的例示性约束电场的等势线。

[0021] 图12至图14示出电极在表面上的另选的配置。

[0022] 图15示出引导离子的例示性方法的流程图。

[0023] 图16示出制作离子引导件的例示性方法的流程图。

具体实施方式

[0024] 本文描述在多个方向上提供极性无关的俘获的例示性离子引导件。在一些示例中，离子引导件包括第一表面(例如，第一PCB)、定位成与第一表面相对的第二表面(例如，第二PCB)和多个电极。该多个电极包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置。电极的第一布置和电极的第二布置定位成彼此相对并且限定在该第一布置与该第二布置之间的离子约束空间，离子可以被约束在该离子约束空间中。电极的第一布置包括沿着离子约束空间的纵向轴线布置在第一表面上的第一电极和第二电极。每个第一电极包括从离子约束空间的第一侧延伸到离子约束空间的第二侧的第一主部和在离子约束空间的第一侧处的第一边缘部分。沿着离子约束空间的纵向轴线，第一边缘部分比第

一主部宽。电极的第二布置包括沿着离子约束空间的纵向轴线布置在第二表面上的第三电极和第四电极。每个第四电极包括从离子约束空间的第一侧延伸到离子约束空间的第二侧的第四主部和在离子约束空间的第一侧处的第四边缘部分。沿着离子约束空间的纵向轴线，第四边缘部分比第四主部宽。第一电极的第一边缘部分定位成与第四电极的第四边缘部分相对。第一电极和第三电极被配置成接收第一RF电压，并且第二电极和第四电极被配置成接收相对于第一RF电压相移的第二RF电压。

[0025] 本文中所述的离子引导件具有优于常规离子引导件的各种优点。例如，本文所述的电极配置生成边缘约束电场和表面约束电场，其分别沿着第一轴线(例如，X(水平)轴)和第二轴线(例如，Y(竖直)轴)将离子约束在离子约束空间内，与离子的极性无关。此外，本文中所述的离子引导件具有简单构造，因为沿X轴的离子约束由提供沿Y轴的离子约束的相同电极提供。此外，相同的RF电压以及因此相同的电子驱动电路用于生成边缘约束电场和表面约束电场，因此简化了离子引导件的构造和操作。

[0026] 现在将参考附图更详细地描述各种实施方案。本文所述的系统和方法能够提供上述有益效果中的一个或多个和/或本文将使其显而易见的各种附加的和/或另选的有益效果。

[0027] 图1至图4C示出例示性离子引导件100的各种视图。图1示出离子引导件100的透视图。图2示出离子引导件100的平面图。图3A和图3B示出分别沿图2中的标记为IIIA和IIIB的点划线截取的离子引导件100的横截面视图。图4A至图4C示出分别沿图2中的标记为IVA、IVB和IVC的点划线截取的离子引导件100的横截面视图。

[0028] 离子引导件100包括第一表面102、第二表面104、第一表面102与第二表面104之间的离子约束空间106以及多个电极108，该多个电极包括布置在第一表面102上的第一电极108-1和第二电极108-2以及布置在第二表面104上的第三电极108-3和第四电极108-4。在图1和图2中，第一表面102上的电极108以虚线示出以指示电极108定位在第一表面102的面向第二表面104的一侧上。虽然未示出，但离子引导件100可包括可适合特定实施方式的其它组件，诸如维持第一表面102与第二表面104之间的间隔的间隔件、用于将电极108连接到电压源的布线以及用于控制施加到电极108的电压的电子器件。

[0029] 图1至图4C仅表示离子引导件100，因为离子引导件100可具有任何其它数目及布置的电极108。例如，虽然图1、图2和图4A示出第一表面102和第二表面104各自具有十个电极108，但是第一表面102和第二表面104可以具有适合特定实施方式的任何其它数目的电极108。

[0030] 图1至图4C示出3D坐标系的图例L，该坐标系已被任意定向成使得离子约束空间106的纵向轴线(例如，当离子引导件100为发射装置时的离子传播方向)沿着Z轴延伸并且第一表面102和第二表面104各自位于XZ平面中并且定位成沿Y轴彼此相对。如本文所用，X、Y或Z轴是指图例L的X、Y或Z轴或定向成类似于图例L的任何其它3D坐标系。例如，“X轴”可以指图例L的X轴或平行于图例L的X轴的任何其它轴，“Y轴”可以指图例L的Y轴或平行于图例L的Y轴的任何其它轴，并且“Z轴”可以指图例L的Z轴或平行于图例L的Z轴的任何其它轴。

[0031] 第一表面102和第二表面104是定位成基本上彼此平行并且面向彼此的平面表面，第一表面与第二表面之间具有间隙。第一表面102和第二表面104可各自由任何合适的平面结构(诸如PCB或固体基底(例如，玻璃基底、陶瓷基底、聚合物基底等))实施。在其它实施方

案中，第一表面102和第二表面104不是平面的，而是具有弯曲、起伏状或其它非平面的形状，这可以适合特定的实施方式。

[0032] 离子约束空间106是在第一表面102与第二表面104之间的间隙中的空间，离子可以被约束(例如，俘获、引导等)在该空间中。如下文将更详细地解释，跨越离子约束空间106的成对相对电极108接收RF电压并且生成表面约束电场和边缘约束电场以将离子约束在离子约束空间106内。离子约束空间106可以处于真空、低压或高压下。

[0033] 在一些示例中，离子引导件100是透射型装置，其中离子约束空间106形成离子路径，离子被引导通过该离子路径。离子可以以任何合适的方式被引导(例如，驱动)通过离子约束空间106，诸如通过向电极108(或未示出的其它电极)施加DC和/或RF电压以在约束电场上叠加DC梯度场(例如，通过使用分压器)、DC行波(例如，从一个电极移动到下一个电极的DC脉冲)和/或RF场。附加地或另选地，可通过使载气穿过离子约束空间106来引导离子通过离子约束空间106。在其它示例中，离子引导件100为俘获型装置，其中离子约束空间106是俘获离子直到离子从离子约束空间106射出的俘获空间。

[0034] 现在参见图2，离子约束空间106包括入口孔202、出口孔204、第一侧206和第二侧208。入口孔202是用于将离子引入到离子约束空间106中的开口，并且出口孔204是离子可以通过其离开或从离子约束空间106喷射的开口。入口孔202位于离子约束空间106的纵向轴线的上游端部处，并且出口孔204位于离子约束空间106的纵向轴线的下游端部处。然而，入口孔202和/或出口孔204可位于可适合特定实施方式的任何其它位置。第一侧206和第二侧208沿着离子约束空间106的纵向轴线(例如，Z轴)彼此相对地延伸。例如，如图2中所示，第一侧206位于离子约束空间106的-X侧，并且第二侧208位于离子约束空间106的+X侧。

[0035] 再次参见图1至图4C，电极108由导电材料(例如，金属)形成并且被配置成接收RF电压。每个电极108具有主部110和边缘部分112。例如，每个第一电极108-1具有第一主部110-1和第一边缘部分112-1，每个第二电极108-2具有第二主部110-2和第二边缘部分112-2，以此类推。

[0036] 如图所示，每个主部110具有细长的矩形形状并且沿着X轴(例如，沿着垂直于离子约束空间106的纵向轴线并且平行于第一表面102和第二表面104的轴)从离子约束空间106的第一侧206延伸到第二侧208。然而，主部110不限于此配置，而是可具有任何其它合适形状(例如，弯曲、椭圆形、卵形、波浪状或不规则)和/或相对于离子约束空间106的纵向轴线的定向。将在下文中说明，接收相同相位的RF电压的一对相对主部110生成表面约束电场，该表面约束电场抑制离子在离子约束空间106内朝向第一表面102和第二表面104移动。

[0037] 每个边缘部分112形成在主部110的端部(沿着X轴)处，并且沿着离子约束空间106的纵向轴线(例如，沿着Z轴)比主部110宽。如图1和图2中所示，电极108具有L形状，但还可以想到其它形状，其中一些在下面的另选的示例中有所描述。在其中主部110不是矩形或直的(例如，是卵形、弯曲、波浪状或不规则的)的示例中，边缘部分112可以比边缘部分112所连接的主部110的紧邻端部宽。附加地或另选地，边缘部分112可以比主部110的平均或最大宽度宽。如图1至图4C中所示，每个边缘部分112沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过相邻电极108的主部110的全部或一部分(例如，当沿着X方向观察时，与主部110的全部或一部分重叠)。将在下文中说明，接收相对于彼此相移的RF电压的相对边缘部分112生成边缘约束电场，该边缘约束电场抑制离子朝向离子约束空间106的第一侧206和第二侧208移动。

[0038] 如上所述，第一表面102包括电极108的第一布置114，并且第二表面104包括定位成与第一布置114相对的电极108的第二布置116。第一布置114和第二布置116限定在该第一布置与该第二布置之间的离子约束空间106。

[0039] 第一布置114包括交替布置的第一电极108-1和第二电极108-2，使得每个边缘部分112沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过相邻第一电极108-1或第二电极108-2的主部110的全部或一部分。如图1、图2、图4B和图4C中所示，每个第一电极108-1的第一边缘部分112-1延伸超过下一个(或前一个)相邻(在-Z方向上)第二电极108-2的第二主部110-2。类似地，每个第二电极108-2的第二边缘部分112-2延伸超过下一个(或前一个)相邻(在-Z方向上)第一电极108-1的第一主部110-1。在另选的配置(未示出)中，一对相邻电极108的边缘部分112延伸经过彼此。例如，第一电极108-1的第一边缘部分112-1可延伸经过相邻(在-Z方向上)第二电极108-2的第二主部110-2的全部或一部分，并且第二电极108-2的第二边缘部分112-2可延伸经过相邻(在+Z方向上)第一电极108-1的第一主部110-1的全部或一部分。

[0040] 第二布置116包括交替布置的第三电极108-3和第四电极108-4，使得每个边缘部分112沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过相邻第三电极108-3或第四电极108-4的主部110的全部或一部分。如图1、图2、图4B和图4C中所示，每个第三电极108-3的第三边缘部分112-3延伸超过下一个(或前一个)相邻(在-Z方向上)第四电极108-4的第四主部110-4。类似地，每个第四电极108-4的第四边缘部分112-4延伸超过下一个(或前一个)相邻(在-Z方向上)第三电极108-3的第三主部110-3。在另选的配置(未示出)中，一对相邻电极108的边缘部分112延伸经过彼此。例如，第三电极108-3的第三边缘部分112-3可延伸经过相邻(在-Z方向上)第四电极108-4的第四主部110-4的全部或一部分，并且第四电极108-4的第四边缘部分112-4可延伸经过相邻(在+Z方向上)第三电极108-3的第三主部110-3的全部或一部分。

[0041] 利用刚刚描述的配置，每个边缘部分112沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过相邻电极108的主部110的全部或部分。因此，第一电极108-1的第一边缘部分112-1定位成沿着离子约束空间106的第一侧206彼此相邻，并且第二电极108-2的第二边缘部分112-2定位成沿着离子约束空间106的第二侧208彼此相邻。类似地，第三电极108-3的第三边缘部分112-3定位成沿着离子约束空间106的第二侧208彼此相邻，并且第四电极108-4的第四边缘部分112-4定位成沿着离子约束空间106的第一侧206彼此相邻。

[0042] 如所提到的，电极108被配置成接收RF电压并且生成表面约束电场和边缘约束电场以将离子约束在离子约束空间106内。在上述配置中，第一电极108-1和第三电极108-3被配置成接收具有相同相位的RF电压，并且第二电极108-2和第四电极108-4被配置成接收相同相位但相对于由第一电极108-1和第三电极108-3接收的RF电压相移的RF电压。在附图中，第一相位的电极108(例如，第一电极108-1和第三电极108-3)以白色示出，并且第二相对相位的电极108(例如，第二电极108-2和第四电极108-4)以阴影示出。在一些示例中，由第一电极108-1和第三电极108-3接收的RF电压与由第二电极108-2和第四电极108-4接收的RF电压具有180°相差。因此，第一布置114和第二布置116可定位成彼此相对，使得成对的相对主部110接收具有相同相位或相对于彼此相移的RF电压，并且成对的相对边缘部分112接收相对于彼此相移的RF电压。

[0043] 例如，如图1、图3A和图4A中所示，第一电极108-1的第一主部110-1定位成与第三电极108-3的第三主部110-3相对。类似地，第二电极108-2的第二主部110-2定位成与第四电极108-4的第四主部110-4相对，如图1、图3B和图4A中所示。在离子约束空间106的第一侧206处，第一电极108-1的第一边缘部分112-1定位成与第四电极108-4的第四边缘部分112-4相对，如图1、图3A、图3B和图4B中所示。在离子约束空间106的第二侧208处，第二电极108-2的第二边缘部分112-2定位成与第三电极108-3的第三边缘部分112-3相对，如图1、图3A、图3B和图4C中所示。

[0044] 在一些示例中，第一电极108-1和第三电极108-3连接到被配置成从电压源(未示出)供应第一RF电压的第一电路(未示出)，并且第二电极108-2和第四电极108-4连接到被配置成从相同电压源或不同电压源供应第二RF电压的第二电路(未示出)。第二RF电压相对于第一RF电压相移。在其中第一电路和第二电路的电压源相同的示例中，第一电路或第二电路可包括任何合适的相移电路或相移模块。

[0045] 如图1中所示，第一布置114的L形电极108(例如，第一电极108-1和第二电极108-2)的边缘部分112在与第二布置116的L形电极108(例如，第三电极108-3和第四电极108-4)的边缘部分112相同的方向(例如，-Z方向)上延伸。在另选的配置中，第一布置114的L形电极108的边缘部分112沿着Z轴在与第二布置116的L形电极108的边缘部分112(例如，-Z方向)相反的方向(例如，+Z方向)上延伸。

[0046] 现在将参照图5、图6A、图6B描述离子引导件100的操作。图5类似于图4A，并且示出离子引导件100的横截面视图以及当电极108接收RF电压时由电极108生成的例示性约束电场的等势线。图6A和图6B分别类似于图3A和图3B，并且示出离子引导件100的横截面视图以及当电极108接收RF电压时由电极108生成的例示性约束电场的等势线。现在将说明，当电极108接收RF电压时，电极108的主部110和边缘部分112生成约束电场以将离子502约束在离子约束空间106内。

[0047] 第一电极108-1和第三电极108-3的成对相对主部110生成表面约束电场。如图5和图6A中所示，第一表面102上的第一电极108-1的第一主部110-1生成第一表面约束电场504-1，并且第二表面104上的第三电极108-3的第三主部110-3生成第二表面约束电场504-2。由于相对的第一电极108-1的第一主部110-1和第三电极108-3的第三主部110-3接收具有相同相位但相对于由相邻的第二电极108-2和第四电极108-4接收的RF电压相移的RF电压，因此在第一表面102与第二表面104之间形成离子约束空间108内的低电势区域。

[0048] 成对的相对的第二电极108-2的主部110-2和第四电极108-4的第四主部110-4也生成表面约束电场。如图5和图6B中所示，第一表面102上的第二电极108-2的第二主部110-2也生成第一表面约束电场504-1，并且第二表面104上的第四电极108-4的第四主部110-4也生成第二表面约束电场504-2。由于相对的第二电极108-2的第二主部110-2和第四电极108-4的第四主部110-4接收具有相同相位但相对于由相邻的第一电极108-1和第三电极108-3接收的RF电压相移的RF电压，因此在位于第一表面102与第二表面104之间的离子约束空间106内形成低电势区域。

[0049] 由第一主部110-1和第二主部110-2在第一表面102上生成的第一表面约束电场504-1是抑制离子502朝向第一表面102移动的俘获电势。由第三主部110-3和第四主部110-4在第二表面104上生成的第二表面约束电场504-2是还抑制离子502朝向第二表面104移动

的俘获电势。

[0050] 在离子约束空间106的第一侧206和第二侧208处，相对边缘部分112生成边缘约束电场。如图6A中所示，在离子约束空间106的第一侧206处，第一表面102上的第一电极108-1的第一边缘部分112-1定位成与第二表面104上的第四电极108-4的第四边缘部分112-4相对。由于第一边缘部分112-1和第四边缘部分112-4接收相对于彼此相移的RF电压，因此在第一侧206处生成第一边缘约束电场602-1。第一边缘约束电场602-1是抑制离子502朝向第一侧206移动并且在第一侧206处逸出离子约束空间106的俘获电势。

[0051] 如图6B中所示，在离子约束空间106的第二侧208处，第一表面102上的第二电极108-2的第二边缘部分112-2定位成与第二表面104上的第三电极108-3的第三边缘部分112-3相对。由于第二边缘部分112-2和第三边缘部分112-3接收相对于彼此相移的RF电压，因此在第二侧208处生成第二边缘约束电场602-2。第二边缘约束电场602-2是抑制离子502朝向第二侧208移动并且在第二侧208处逸出离子约束空间106的俘获电势。

[0052] 当离子被引入到离子约束空间106中时，第一表面约束电场504-1抑制离子502在+Y方向上朝向第一表面102的移动，并且第二表面约束电场504-2抑制离子502在-Y方向上朝向第二表面104的移动。第一边缘约束电场602-1抑制离子502在-X方向上朝向第一侧206的移动，并且第二边缘约束电场602-2抑制离子502在+X方向上朝向第二侧208的移动。

[0053] 利用这种配置，电极108可接收RF电压并且生成表面约束电场504和边缘约束电场602以将离子502约束在离子约束空间106内。由于第一边缘约束电场602-1和第二边缘约束电场602-2是RF电场，因此电极108在离子约束空间106内沿X轴提供对离子502的极性无关的约束。此外，从生成第一表面约束电场504-1和第二表面约束电场504-2的相同电极生成第一边缘约束电场602-1和第二边缘约束电场602-2，从而简化离子引导件100的设计和构造。

[0054] 在图1至图4C的示例中，由第一表面102和第二表面104上的边缘部分112接收的RF电压的相位具有关于离子约束空间106的纵向轴线的旋转对称性。即，由边缘部分112接收的RF电压的相位跨越离子引导件100的横截面对角线是相同的。例如，如图6A和图6B中所示，在第一侧206处的第一表面102上的第一边缘部分112-1和在第二侧208处的第二表面104上的第三边缘部分112-3被配置成接收具有相同相位的RF电压，并且在第二侧208处的第一表面102上的第二边缘部分112-2和在第一侧206处的第二表面104上的第四边缘部分112-4被配置成接收具有相同相位但相对于由第一边缘部分112-1和第三边缘部分112-3接收的RF电压相移的RF电压。通过使用旋转对称配置，相同的表面配置可用于第一表面102和第二表面104两者。例如，相同的PCB可用于第一表面102和第二表面104两者，因此促进以低复杂性及低成本制造离子引导件100。

[0055] 在上述示例中，通过使用L形电极108来实现旋转对称配置，如上所述。然而，可以通过使用其它电极形状来实现旋转对称配置。现在将参考图7和图8描述另选的电极形状的示例。

[0056] 图7示出在表面700上的电极108的另选的配置。表面700可实现离子引导件100的第一表面102和/或第二表面104。在图7中，每个电极108具有T形状，其中每个电极108的边缘部分112在沿着离子约束空间106的纵向轴线的两个方向上延伸超过电极108的主部110。因此，沿着离子约束空间106的纵向方向，每个边缘部分112比电极108的主部110宽。在一些

示例中，边缘部分112沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过两个相邻电极108的主部110的至少一部分。离子引导件可通过将两个表面700定位成彼此相对，其中一个表面700围绕离子约束空间106的纵向轴线旋转，使得相对主部接收相同相位的RF电压并且相对边缘部分112接收相对于彼此相移的RF电压而形成。

[0057] 图8示出在表面800上的电极108的另一另选的配置。表面800可实现离子引导件100的第一表面102和/或第二表面104。在图8中，每个电极108具有Y形状，其中每个电极108的边缘部分112从主部110向外展开(例如，具有三角形形状)并且在沿着离子约束空间106的纵向轴线的两个方向上延伸超过电极108的主部110。因此，沿着离子约束空间106的纵向方向，每个边缘部分112比电极108的主部110宽。在一些示例中，边缘部分112沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过两个相邻电极108的主部110的至少一部分。离子引导件可通过将两个表面800定位成彼此相对，其中一个表面800围绕离子约束空间106的纵向轴线旋转，使得相对主部接收相同相位的RF电压并且相对边缘部分112接收相对于彼此相移的RF电压而形成。

[0058] 图9至图11B示出另一例示性离子引导件900的各种视图。图9示出离子引导件900的透视图。图10示出离子引导件900的平面图。图11A和图11B示出分别沿图10中的标记为XIA和XIB的点划线截取的离子引导件900的横截面视图。离子引导件900类似于离子引导件100，除了在离子引导件900中，由第一表面102和第二表面104上的边缘部分112接收的RF电压的相位具有X镜像对称性。即，由边缘部分112接收的RF电压的相位跨离子引导件100水平地(沿X轴)相同。现在将说明，通过在主部110的两个端部上具有边缘部分112的一组电极108(例如，第一电极108-1)来实现这种镜像对称配置。

[0059] 如图9和图10中所示，第一布置114包括交替布置在第一表面102上的第一电极108-1和第二电极108-2。如图所示，每个第一电极108-1包括在第一主部110-1的第一端部(例如，对应于离子约束空间106的第一侧206的-X侧上的端部)处的第一边缘部分112-1和在第一主部110-1的第二端部(例如，对应于离子约束空间106的第二侧208的+X侧上的端部)处的第二边缘部分112-2。第一边缘部分112-1和第二边缘部分112-2两者均比第一主部110-1宽并且在沿着离子约束空间106的纵向轴线的相同方向(例如，-Z方向)上延伸超过第一主部110-1。因此，第一电极108-1各自具有双L形状(“LL形状”)。第二电极108-2具有第二主部110-2，但不具有任何边缘部分。在一些示例中，第一电极108-1的第一边缘部分112-1和第二边缘部分112-2沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过相邻第二电极108-2的第二主部110-2的全部或一部分。例如，如图9和图10中所示，第二电极108-2定位在相邻第一电极108-1的第一边缘部分112-1与第二边缘部分112-2之间。

[0060] 第二布置116包括交替布置在第二表面104上的第三电极108-3和第四电极108-4。如图所示，第三电极108-3具有第三主部110-3，但不具有任何边缘部分。每个第四电极108-4包括在第四主部110-4的第一端部(例如，对应于离子约束空间106的第一侧206的-X侧上的端部)处的第四边缘部分112-4和在第四主部110-4的第二端部(例如，对应于离子约束空间106的第二侧208的+X侧上的端部)处的第三边缘部分112-3。第三边缘部分112-3和第四边缘部分112-4两者均比第四主部110-4宽并且在沿着离子约束空间106的纵向轴线的相同方向(例如，-Z方向)上延伸超过第四主部110-4。因此，第四电极108-4各自具有双L形状(“LL形状”)，类似于第一电极108-1。在一些示例中，第四电极108-4的第三边缘部分112-3

和第四边缘部分112-4沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过相邻第三电极108-3的第三主部110-3的全部或一部分。例如，如图9和图10中所示，第三电极108-3定位在相邻第四电极108-4的第三边缘部分112-3与第四边缘部分112-4之间。

[0061] 利用刚刚描述的配置，第一电极108-1的第一边缘部分112-1定位成沿着离子约束空间106的第一侧206彼此相邻，并且第一电极108-1的第二边缘部分112-2定位成沿着离子约束空间106的第二侧208彼此相邻。类似地，第四电极108-4的第三边缘部分112-3定位成沿着离子约束空间106的第二侧208彼此相邻，并且第四电极108-4的第四边缘部分112-4定位成沿着离子约束空间106的第一侧206彼此相邻。

[0062] 离子引导件900的电极108被配置成接收RF电压并且生成表面约束电场和边缘约束电场以将离子约束在离子约束空间106内。在上述配置中，第一电极108-1和第三电极108-3被配置成接收具有相同相位的RF电压，并且第二电极108-2和第四电极108-4被配置成接收相同相位但相对于由第一电极108-1和第三电极108-3接收的RF电压相移的RF电压。在一些示例中，由第一电极108-1和第三电极108-3接收的RF电压与由第二电极108-2和第四电极108-4接收的RF电压具有180°相差。因此，第一布置114和第二布置116可定位成彼此相对，使得成对的相对主部110接收具有相同相位的RF电压，并且成对的相对边缘部分112接收相对于彼此相移的RF电压。

[0063] 例如，第一布置114沿着Z轴与第二布置116偏置，使得LL形第一电极108-1的第一主部110-1定位成与LL形第三电极108-3的第三主部110-3相对，如图9和图11A中所示。类似地，LL形第二电极108-2的第二主部110-2定位成与LL形第四电极108-4的第四主部110-4相对，如图9和图11B中所示。在离子约束空间106的第一侧206处，第一电极108-1的第一边缘部分112-1定位成与第四电极108-4的第四边缘部分112-4相对，如图9和图11A和图11B中所示。在离子约束空间106的第二侧208处，第一电极108-1的第二边缘部分112-2定位成与第四电极108-4的第三边缘部分112-3相对，如图9和图11A和图11B中所示。

[0064] 如图9中所示，第一布置114的LL形电极108(例如，第一电极108-1)的边缘部分112在与第二布置116的LL形电极108(例如，第四电极108-4)的边缘部分112相同的方向(例如，-Z方向)上延伸。在另选的配置中，第一布置114的LL形电极108的边缘部分112沿着Z轴在与第二布置116的L形电极108的边缘部分112(例如，-Z方向)相对的方向(例如，+Z方向)上延伸。

[0065] 当电极108接收RF电压时，电极108的主部110和边缘部分112生成约束电场以将离子502约束在离子约束空间106内。例如，成对的相对电极108的主部接收具有相同相位的RF电压，并由此生成第一表面约束电场504-1和第二表面约束电场504-2。在离子约束空间106的第一侧206处，相对的第一边缘部分112-1和第四边缘部分112-4接收相对于彼此相移的RF电压，并由此生成第一边缘约束电场602-1。在离子约束空间106的第二侧208处，相对的第二边缘部分112-2和第三边缘部分112-3接收相对于彼此相移的RF电压，并由此生成第二边缘约束电场602-2。

[0066] 在图9至图11B的示例中，由第一表面102和第二表面104上的边缘部分112接收的RF电压的相位跨离子约束空间106(例如，跨YZ平面)镜像对称。即，由边缘部分112接收的RF电压的相位跨离子引导件100水平地(沿X轴)相同。例如，如图11A和图11B中所示，在第一侧206处的第一表面102上的第一边缘部分112-1和在第二侧208处的第一表面102上的第二边

缘部分112-2被配置成接收具有相同相位的RF电压，并且在第二侧208处的第二表面104上的第三边缘部分112-3和在第一侧206处的第二表面104上的第四边缘部分112-4被配置成接收具有相同相位但相对于由第一边缘部分112-1和第二边缘部分112-2接收的RF电压相移的RF电压。

[0067] 在上述示例中，通过使用LL形电极108来实现镜像对称配置，如上所述。然而，可以通过使用其它电极形状来实现镜像对称配置。现在将参考图12至图14描述另选的电极形状的示例。

[0068] 图12示出在表面1200上的电极108的另一另选的配置。表面1200可实现离子引导件900的第一表面102和/或第二表面104。在图12中，相同电极108的第一边缘部分112-1和第二边缘部分112-2沿着Z轴在相反的方向上延伸。如图所示，第一边缘部分112-1沿-Z方向延伸，而第二边缘部分112-2沿+Z方向延伸。因此，第一电极108-1各自具有双L形状(“LL形状”)，而第二电极108-2不具有任何边缘部分。在一些示例中，第一边缘部分112-1沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过相邻(在+Z方向上)第二电极108-2的第二主部110-2的至少一部分。电极的第二边缘部分112-2沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过另一相邻(在-Z方向上)第二电极108-2的第二主部110-2的至少一部分。离子引导件可通过将两个表面1200定位成彼此相对，其中一个表面1200沿离子约束空间106的纵向轴线偏置，使得相对主部接收相同相位的RF电压并且相对边缘部分112接收相对于彼此相移的RF电压而形成。

[0069] 图13示出在表面1300上的电极108的另一另选的配置。表面1300可实现离子引导件900的第一表面和/或第二表面104。在图13中，每个第一电极108-1包括在第一主部110-1的第一端部(例如，对应于离子约束空间106的第一侧206的-X侧上的端部)处的第一边缘部分112-1和在第一主部110-1的第二端部(例如，对应于离子约束空间106的第二侧208的+X侧上的端部)处的第二边缘部分112-2。第一边缘部分112-1和第二边缘部分112-2两者均在沿着Z轴的两个方向(例如，+Z方向和-Z方向)上延伸超过主部110。因此，第一电极108-1各自具有双T形状(“TT形状”)，而第二电极108-2不具有任何边缘部分。第一边缘部分112-1和第二边缘部分112-2沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过两个相邻第二电极108-2的第二主部110-2的至少一部分。离子引导件可通过将两个表面1300定位成彼此相对，其中一个表面1300沿离子约束空间106的纵向轴线偏置，使得相对主部接收相同相位的RF电压并且相对边缘部分112接收相对于彼此相移的RF电压而形成。

[0070] 图14示出在表面1400上的电极108的另一另选的配置。表面1400可实现离子引导件900的第一表面和/或第二表面104。图14类似于图13，不同的是第一电极108-1具有双Y形状(“YY形状”)。在图14中，第一电极108-1包括在第一主部110-1的第一端部(例如，对应于离子约束空间106的第一侧206的-X侧上的端部)处的第一边缘部分112-1和在第一主部110-1的第二端部(例如，对应于离子约束空间106的第二侧208的+X侧上的端部)处的第二边缘部分112-2。第一边缘部分112-1和第二边缘部分112-2两者均从第一主部110-1向外展开(例如，以三角形形状)并且在沿着Z轴的两个方向(例如，+Z方向和-Z方向)上延伸超过第一主部110-1。第二电极108-2不具有任何边缘部分。第一边缘部分112-1和第二边缘部分112-2沿着离子约束空间106的纵向轴线延伸经过两个相邻第二电极108-2的第二主部110-2的至少一部分。离子引导件可通过将两个表面1400定位成彼此相对，其中一个表面1400沿离子约束空间106的纵向轴线偏置，使得相对主部接收相同相位的RF电压并且相对边缘部

分112接收相对于彼此相移的RF电压而形成。

[0071] 可以对本文所述的设备做出各种修改。在一些示例中，第一布置114和第二布置116沿着离子约束空间106的纵向轴线彼此偏置，使得接收相同相位的RF电压的电极108的主部110不定位成直接彼此相对。例如，相对主部110可以接收相对于彼此相移的RF电压。因此，第一主部110-1可定位成与第四主部110-4相对，并且第二主部110-2可定位成与第三主部110-3相对。在其它配置中，第一布置114和第二布置116沿着离子约束空间106的纵向轴线彼此偏置，使得第一主部110-1和第二主部110-2部分地或完全地定位成与在相邻第三主部110-3与第四主部110-4之间的间隙相对。同样，第三主部110-3和第四主部110-4部分地或全部地定位成与在相邻第一主部110-1与第二主部110-2之间的间隙相对。因为电极108的边缘部分112的形状，第一布置114和第二布置116的偏置配置不改变由相对边缘部分112或边缘约束电场接收的RF电压的相位。

[0072] 在一些示例中，第一表面102上的第一布置114不同于第二表面104上的第二布置116。例如，第一布置114可具有图2中所示的配置，并且第二布置116可具有图7或图8中所示的配置。又如，第一布置114可具有图10和图12至图14中任一者中所示的配置，并且第二布置116可具有图10和图12至图14中的任一其它图中所示的任何配置。

[0073] 在一些实施方案中，第一布置114和/或第二布置116包括不同电极形状的组合。例如，第一布置114和/或第二布置116可以包括L形电极108、T形电极108和Y形电极108的任何组合。又如，第一布置114和/或第二布置116可包括LL形电极108、TT形电极108和YY形电极108的任何组合。

[0074] 在上述示例中，边缘部分112是矩形的(L形或T形电极)或三角形的(Y形电极)。然而，边缘部分112可具有可适合特定实施方式的任何其它形状(例如，圆形、卵形、不规则的等)。

[0075] 在上述示例中，边缘部分112与主部110一体形成。在其它实施方案中，边缘部分112与主部110单独形成，但电连接(例如，通过通孔、迹线、导线、继电器等)以接收相同的RF电压。

[0076] 在上述示例中，电极108被布置为形成线性(直的)离子路径。在其它实施方案中，电极108被布置为形成非线性离子路径。例如，离子路径可包括一个或多个弯曲、转弯、曲线和/或角度。此外，本文中所述的离子引导件可包括多个离子路径以及与其它离子路径的一个或多个接面或交叉点。

[0077] 图15示出引导离子的例示性方法1500的流程图。尽管图15示出根据一个实施方案的例示性操作，但其它实施方案可以省略、添加、重新排序和/或修改图15中所示出的方法1500的一个或多个操作。图15中示出的方法1500的每个操作可以本文中所述的任何方式执行。

[0078] 在操作1502处，将RF电压施加于包括在如本文所述配置的离子引导件(例如，离子引导件100或离子引导件900)中的电极。例如，离子引导件包括第一表面和定位成与第一表面相对的第二表面以及多个电极，该多个电极包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置，电极的第一布置和电极的第二布置定位程彼此相对并且限定在该第一布置与该第二布置之间的离子约束空间。该多个电极如本文所述配置。例如，包括在该多个电极中的电极具有主部和比主部宽的边缘部分。

[0079] 在操作1504处，将离子引入到离子引导件中。当该多个电极接收RF电压时，该多个电极生成表面约束电场和边缘约束电场，该表面约束电场和边缘约束电场沿着垂直于离子引导件的纵向轴线(例如，Z轴)的第一轴线(例如，Y轴)和第二轴线(例如，X轴)在离子约束空间内提供对离子的极性无关的约束。

[0080] 图16示出制作离子引导件(例如，离子引导件100或离子引导件900)的例示性方法1600的流程图。尽管图16示出根据一个实施方案的例示性操作，但其它实施方案可以省略、添加、重新排序和/或修改图16中所示出的方法1600的一个或多个操作。图16中示出的方法1600的每个操作可以本文中所述的任何方式执行。

[0081] 在操作1602处，在第一表面(例如，第一表面102)上以第一布置(例如，第一布置114)沿着第一轴线(例如，Z轴)布置第一多个电极。该多个电极如本文所述布置。包括在第一多个电极中的电极包括主部和沿第一轴线比主部宽的边缘部分。在一些示例中，电极具有L形状、T形状、Y形状、LL形状、TT形状或YY形状。

[0082] 在操作1604，第二多个电极沿着第二轴线(例如，Z轴)以第二布置(例如，第二布置116)布置在第二表面(例如，第二表面104)上。第二多个电极如本文所述布置。包括在第二多个电极中的电极包括主部和沿第二轴线比主部宽的边缘部分。在一些示例中，电极具有L形、T形、Y形、LL形、TT形或YY形

[0083] 在操作1606处，将第一表面定位成与第二表面相对，使得电极的第一布置和电极的第二布置限定在该第一布置与该第二布置之间的离子约束空间。第一轴线和第二轴线沿着该离子约束空间的纵向轴线延伸。

[0084] 本领域普通技术人员将认识到，尽管在前面的描述中，已经参考附图描述了各种例示性实施方案。然而，将显而易见的是，在不脱离如在所附权利要求中所阐述的本发明的范围的情况下，可以对其做出各种修改和改变，并且可以实施另外的实施方案。例如，本文所述的一个实施方案的某些特征可以与本文所描述的另一实施方案的特征组合或对其进行取代。因此，说明书和附图应被视为例示性的而非限制性的。

[0085] 可以通过以下实施例进一步描述本公开的优点和特征：

[0086] 实施例1.一种离子引导件，包括：面向彼此的第一表面和第二表面，第一表面与第二表面之间具有间隙；和多个电极，该多个电极包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置，电极的第一布置和电极的第二布置定位成彼此相对并且限定在间隙中的离子约束空间，其中：电极的第一布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第一表面上的第一电极和第二电极；每个第一电极包括：从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第一主部；和在该离子约束空间的第一侧处的第一边缘部分，沿着该离子约束空间的纵向轴线，第一边缘部分比第一主部宽；电极的第二布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第二表面上的第三电极和第四电极；每个第四电极包括：从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第四主部；和在该离子约束空间的第一侧处的第四边缘部分，沿着该离子约束空间的纵向轴线，第四边缘部分比第四主部宽；第一电极的第一边缘部分定位成与第四电极的第四边缘部分相对；并且第一电极和第三电极被配置成接收第一RF电压，并且第二电极和第四电极被配置成接收相对于第一RF电压相移的第二RF电压。

[0087] 实施例2.根据实施例1所述的离子引导件，其中第一电极和第二电极具有L形状、T

形状或Y形状。

[0088] 实施例3.根据实施例1所述的离子引导件,其中:每个第三电极包括第三主部;并且第一电极的第一主部定位成与第三电极的第三主部相对。

[0089] 实施例4.根据实施例1所述的离子引导件,其中第一电极的第一主部定位成与第四电极的第四主部相对。

[0090] 实施例5.根据实施例1所述的离子引导件,其中:每个第二电极包括第二主部;每个第三电极包括第三主部;并且第一电极的第一主部和第二电极的第二主部定位成与在第三电极的第三主部与第四电极的第四主部之间的间隙相对。

[0091] 实施例6.根据实施例1所述的离子引导件,其中:每个第二电极包括:从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第二主部;和在该离子约束空间的第二侧处的第二边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第二边缘部分比第二主部宽;每个第三电极包括:从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第三主部;和在该离子约束空间的第二侧处的第三边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第三边缘部分比第三主部宽;第二电极的第二边缘部分定位成与第三电极的第三边缘部分相对。

[0092] 实施例7.根据实施例6所述的离子引导件,其中第二电极和第三电极具有L形状、T形状或Y形状。

[0093] 实施例8.根据实施例6所述的离子引导件,其中第二电极的第二主部定位成与第四电极的第四主部相对。

[0094] 实施例9.根据实施例6所述的离子引导件,其中第二电极的第二主部定位成与第三电极的第三主部相对。

[0095] 实施例10.根据实施例6所述的离子引导件,其中第一电极的第一主部和第二电极的第二主部定位成与在第三电极的第三主部与第四电极的第四主部之间的间隙相对。

[0096] 实施例11.根据实施例1所述的离子引导件,其中每个第一电极进一步包括在该离子约束空间的第二侧处的第二边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第二边缘部分比第一主部宽;每个第四电极进一步包括在该离子约束空间的第二侧处的第三边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第三边缘部分比第四主部宽;并且第一电极的第二边缘部分定位成与第四电极的第三边缘部分相对。

[0097] 实施例12.根据实施例11所述的离子引导件,其中第一电极和第四电极具有LL形状、TT形状或YY形状。

[0098] 实施例13.根据实施例11所述的离子引导件,其中第一边缘部分和第二边缘部分沿着离子约束空间的纵向轴线在相反方向上延伸。

[0099] 实施例14.根据实施例11所述的离子引导件,其中:每个第二电极包括第二主部;每个第三电极包括第三主部;第一电极的第一主部定位成与第三电极的第三主部相对;并且第二电极的第二主部定位成与第四电极的第四主部相对。

[0100] 实施例15.根据实施例11所述的离子引导件,其中:每个第二电极包括第二主部;每个第三电极包括第三主部;第一电极的第一主部定位成与第四电极的第四主部相对;并且第二电极的第二主部定位成与第三电极的第三主部相对。

[0101] 实施例16.根据实施例11所述的离子引导件,其中:每个第二电极包括第二主部;

每个第三电极包括第三主部;并且第一电极的第一主部和第二电极的第二主部定位成与在第三电极的第三主部与第四电极的第四主部之间的间隙相对。

[0102] 实施例17.根据实施例1所述的离子引导件,其中第一电极的第一边缘部分沿着该离子约束空间的纵向轴线延伸相邻第二电极的第二主部的全部或一部分。

[0103] 实施例18.根据实施例17所述的离子引导件,其中第四电极的第四边缘部分沿着该离子约束空间的纵向轴线延伸经过相邻第三电极的第三主部的全部或一部分。

[0104] 实施例19.根据实施例1所述的离子引导件,其中第一表面和第二表面中的一者或两者包括印刷电路板(PCB)。

[0105] 实施例20.一种引导离子的方法,包括:将离子引入到离子引导件中,该离子引导件包括面向彼此并且两者间具有间隙的第一表面和第二表面以及多个电极,该多个电极包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置,电极的第一布置和电极的第二布置定位成彼此相对并且限定在该间隙中的离子约束空间,其中:电极的第一布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第一表面上的第一电极和第二电极;每个第一电极包括:从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第一主部;和在该离子约束空间的第一侧处的第一边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第一边缘部分比第一主部宽;电极的第二布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线交替布置在第二表面上的第三电极和第四电极;每个第四电极包括:从该离子约束空间的第一侧延伸到该离子约束空间的第二侧的第四主部;和在该离子约束空间的第一侧处的第四边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,第四边缘部分比第四主部宽;并且第一电极的第一边缘部分定位成与第四电极的第四边缘部分相对;以及向该多个电极施加RF电压,第一电极和第三电极接收第一RF电压,并且第二电极和第四电极接收相对于第一RF电压相移的第二RF电压。

[0106] 实施例21.根据实施例20所述的方法,进一步包括沿着该离子约束空间的纵向轴线驱动离子。

[0107] 实施例22.根据实施例21所述的方法,其中沿着该离子约束空间的纵向轴线驱动离子包括使载气通过离子约束空间。

[0108] 实施例23.根据实施例21所述的方法,其中沿着该离子约束空间的纵向轴线驱动离子包括向该多个电极施加DC电压以生成DC梯度场或DC行波。

[0109] 实施例24.根据实施例21所述的方法,其中该RF电压被配置成沿着该离子约束空间的纵向轴线驱动离子。

[0110] 实施例25.根据实施例20所述的方法,进一步包括将离子俘获在该离子约束空间中。

[0111] 实施例26.一种离子引导件,包括:面向彼此的第一表面和第二表面,第一表面与第二表面之间具有间隙;和多个电极,该多个电极包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置,电极的第一布置和电极的第二布置定位成彼此相对并且限定在该间隙中的离子约束空间,其中:电极的第一布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线交替布置在第一表面上的第一电极和第二电极;电极的第二布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线交替布置在第二表面上的第三电极和第四电极;第一电极和第三电极被配置成接收相同相位的RF电压;第二电极和第四电极被配置成接收具有相同相位并且相对于

由第一电极和第三电极接收的RF电压相移的RF电压;第一电极和第三电极的主部以及第二电极和第四电极的主部被配置成生成表面约束电场,该表面约束电场抑制该离子约束空间内的离子朝向第一表面和第二表面的移动;并且第一电极和第四电极的相对边缘部分被配置成接收相对于彼此相移的RF电压并且生成第一边缘约束电场,该第一边缘约束电场抑制该离子约束空间内的离子朝向该离子约束空间的第一侧的移动。

[0112] 实施例27.根据实施例26所述的离子引导件,其中第二电极和第三电极的相对边缘部分被配置成接收相对于彼此相移的RF电压并且生成第二边缘约束电场,该第二边缘约束电场抑制该离子约束空间内的离子朝向该离子约束空间的第二侧移动。

[0113] 实施例28.根据实施例26所述的离子引导件,其中第一电极和第四电极的另外的相对边缘部分生成第二边缘约束电场,该第二边缘约束电场抑制该离子约束空间内的离子朝向该离子约束空间的第二侧的移动。

[0114] 实施例29.根据实施例26所述的离子引导件,其中:每个第一电极沿着该离子约束空间的纵向轴线延伸到相邻第二电极;并且每个第四电极沿着该离子约束空间的纵向轴线延伸到相邻第三电极。

[0115] 实施例30.根据实施例26所述的离子引导件,其中第一电极和第四电极具有L形状、T形状或Y形状。

[0116] 实施例31.根据实施例26所述的离子引导件,其中第一电极和第四电极具有LL形状、TT形状或YY形状。

[0117] 实施例32.一种离子引导件,包括;面向彼此的第一表面和第二表面,该第一表面与该第二表面之间具有间隙;多个电极,该多个电极包括在第一表面上的电极的第一布置和在第二表面上的电极的第二布置;以及在电极的第一布置与电极的第二布置之间的间隙中的离子约束空间;其中:电极的第一布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第一表面上的第一电极和第二电极;电极的第二布置包括沿着该离子约束空间的纵向轴线布置在第二表面上的第三电极和第四电极;第一电极的第一主部定位成与第三电极的第三主部或第四电极的第四主部相对;第二电极的第二主部定位成与第三电极的第三主部或第四电极的第四主部中的另一者相对;第一电极的第一边缘部分在该离子约束空间的第一侧处定位成与第四电极的第四边缘部分相对;第一电极和第三电极被配置成接收RF电压;并且第二电极和第四电极被配置成接收相对于由第一电极和第三电极接收的RF电压相移的RF电压。

[0118] 实施例33.根据实施例32所述的离子引导件,其中第二电极的第二边缘部分在该离子约束空间的第二侧处定位成与第三电极的第三边缘部分相对。

[0119] 实施例34.根据实施例32所述的离子引导件,其中第一电极的第二边缘部分在该离子约束空间的第二侧处定位成与第四电极的第三边缘部分相对。

[0120] 实施例35.一种制造离子引导件的方法,包括:以电极的第一布置将第一电极和第二电极布置在第一表面上;以电极的第二布置将第三电极和第四电极布置在第二表面上;并且将第一表面定位成面向第二表面,在第一表面与第二表面之间具有间隙,使得电极的第一布置和电极的第二布置限定在该间隙中的离子约束空间,其中电极的第一布置和电极的第二布置定位成使得:第一电极的第一主部定位成与第三电极的第三主部或第四电极的第四主部相对;第二电极的第二主部定位成与第三电极的第三主部或第四电极的第四主部

中的另一者相对;并且第一电极的第一边缘部分在该离子约束空间的第一侧处定位成与第四电极的第四边缘部分相对;将第一电极和第三电极连接到被配置成接收RF电压的第一电路;以及将第二电极和第四电极连接到第二电路,该第二电路被配置成接收相对于由第一电路接收的RF电压相移的RF电压。

[0121] 实施例36.根据实施例35所述的方法,其中电极的第一布置和电极的第二布置进一步定位成使得第二电极的第二边缘部分在该离子约束空间的第二侧处定位成与第三电极的第三边缘部分相对。

[0122] 实施例37.根据实施例35所述的方法,其中电极的第一布置和电极的第二布置进一步定位成使得第一电极的第二边缘部分在该离子约束空间的第二侧处定位成与第四电极的第三边缘部分相对。

[0123] 实施例38.一种离子引导件,包括:多个电极,该多个电极布置在相对表面上并且限定在该相对表面之间的间隙中的离子约束空间,其中:该多个电极中的每个电极包括细长的主部和在该主部的端部处的边缘部分,沿着该离子约束空间的纵向轴线,该边缘部分比该主部宽;该多个电极被配置成接收RF电压;并且该多个电极被布置成使得相对边缘部分接收相对于彼此相移的RF电压。

[0124] 实施例39.根据实施例38所述的离子引导件,其中该多个电极被布置为使得相对主部接收相同相位的RF电压。

[0125] 实施例40.根据实施例38所述的离子引导件,其中该多个电极被布置为使得相对主部不接收相同相位的RF电压。

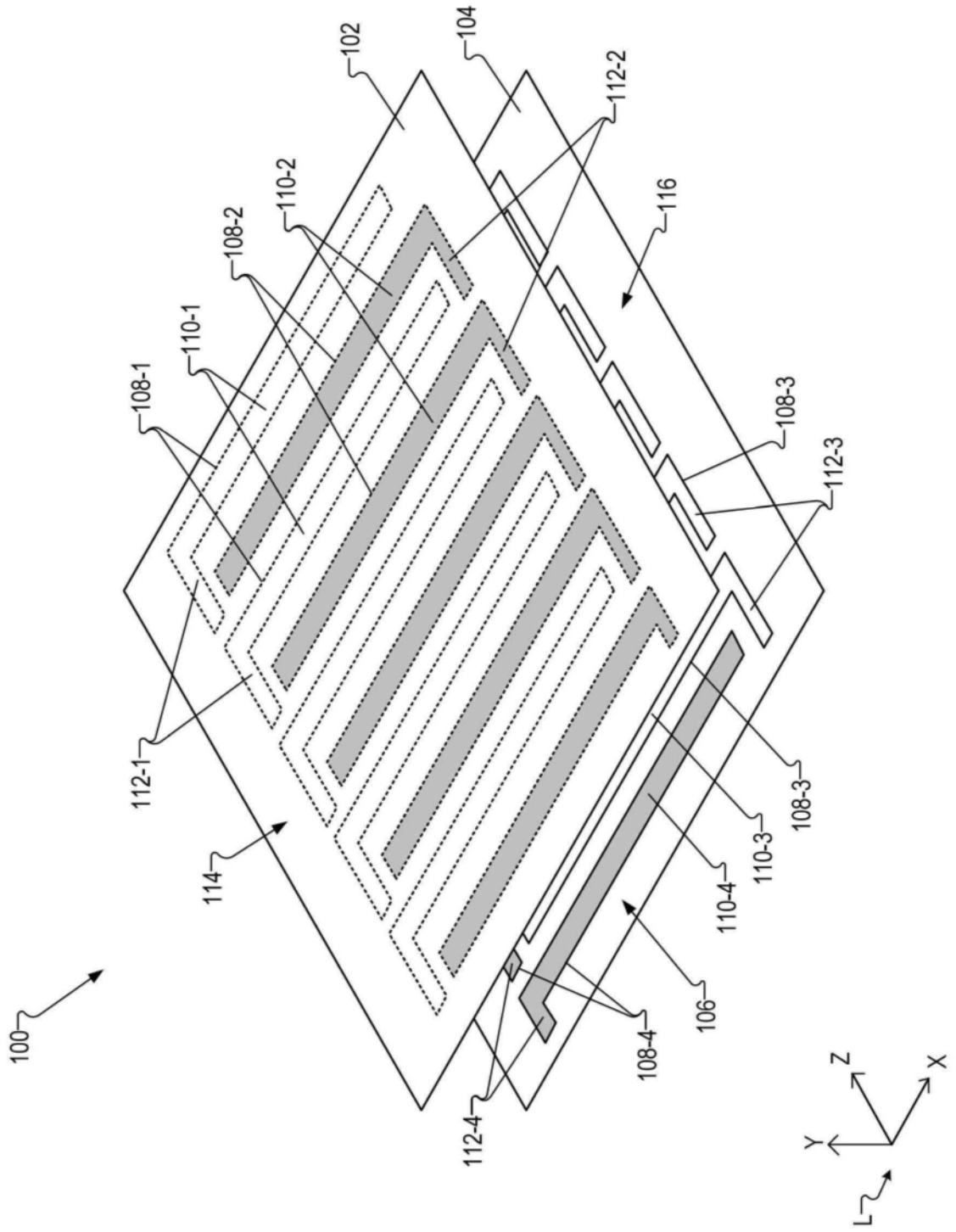

102
104
112-2
116
110-2
108-2
110-1
108-1
108-3
112-3
112-1
108-3
110-3
110-4
114
106
100
108-4
112-4
Z
X
Y
L

图1

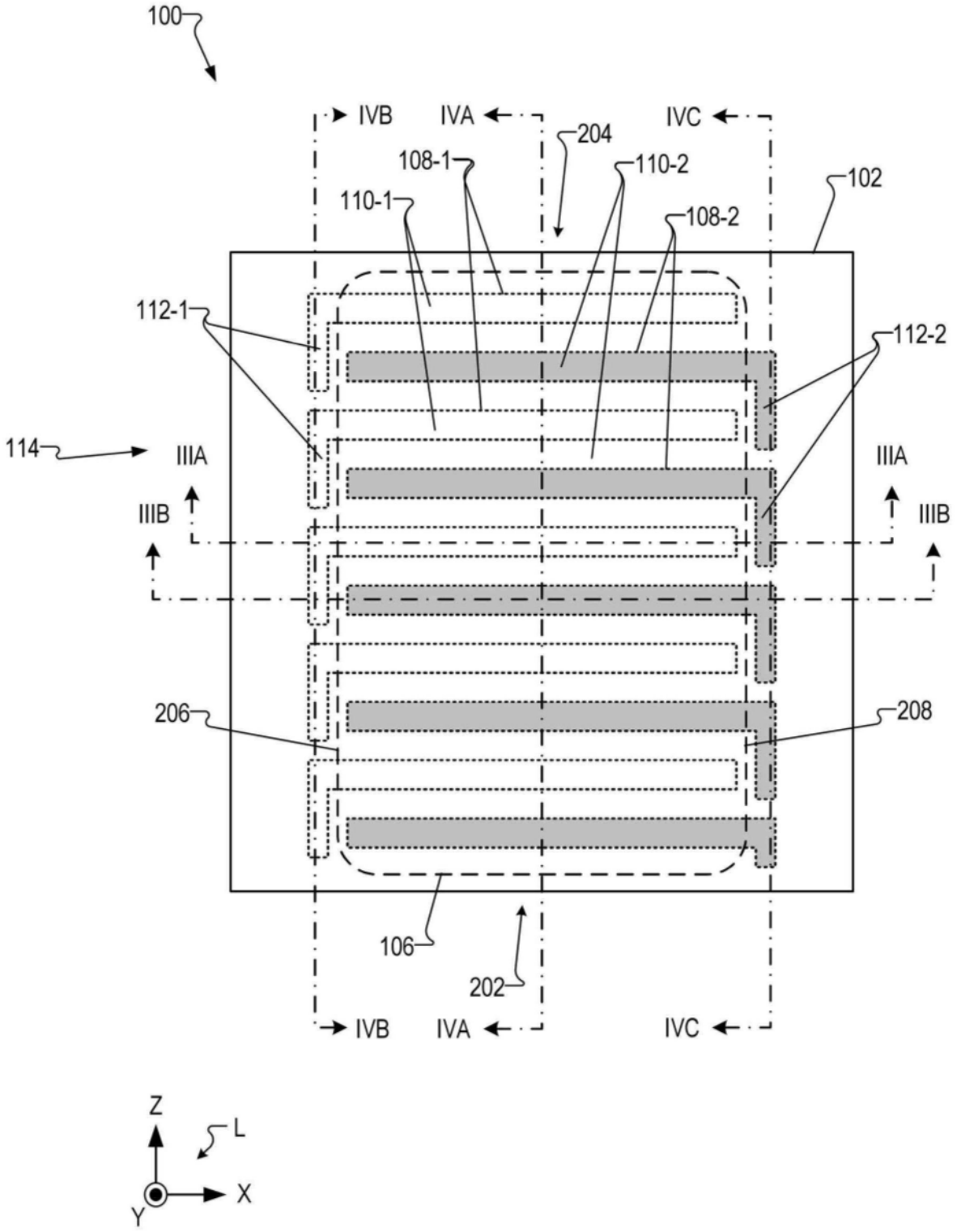

100
IVB
IVA
IVC
204
108-1
110-2
102
110-1
108-2
112-1
112-2
114
IIIA
IIIA
IIIB
IIIB
206
208
106
202
IVB
IVA
IVC
Z
L
X
Y

图2

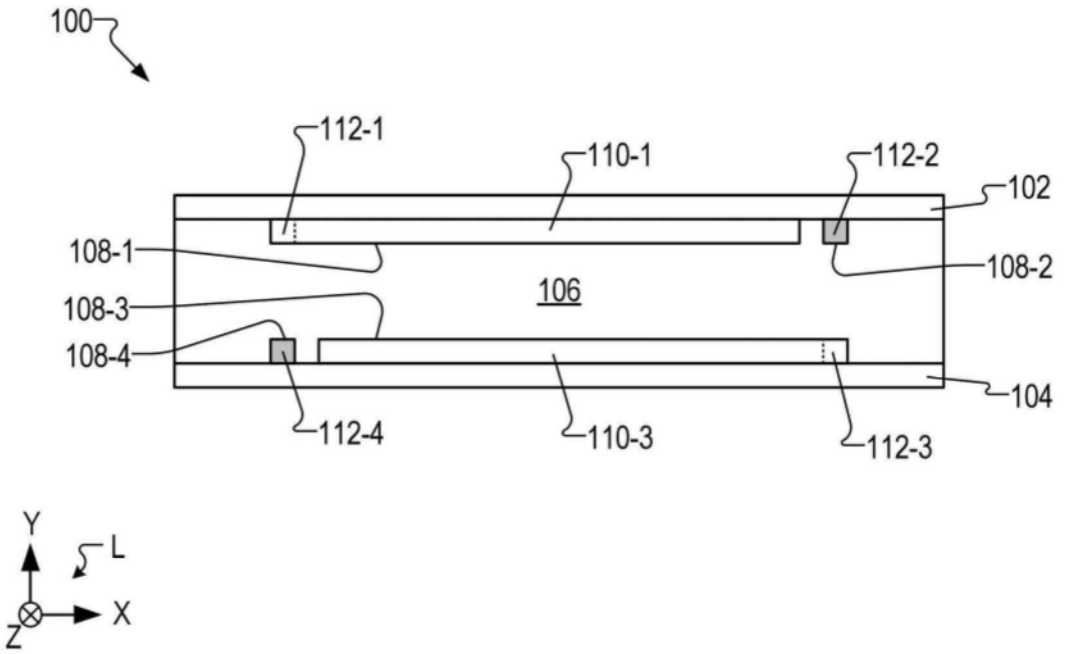

100
112-1
110-1
112-2
102
108-1
108-2
106
108-3
108-4
104
112-4
110-3
112-3
Y
L
X
Z

图3A

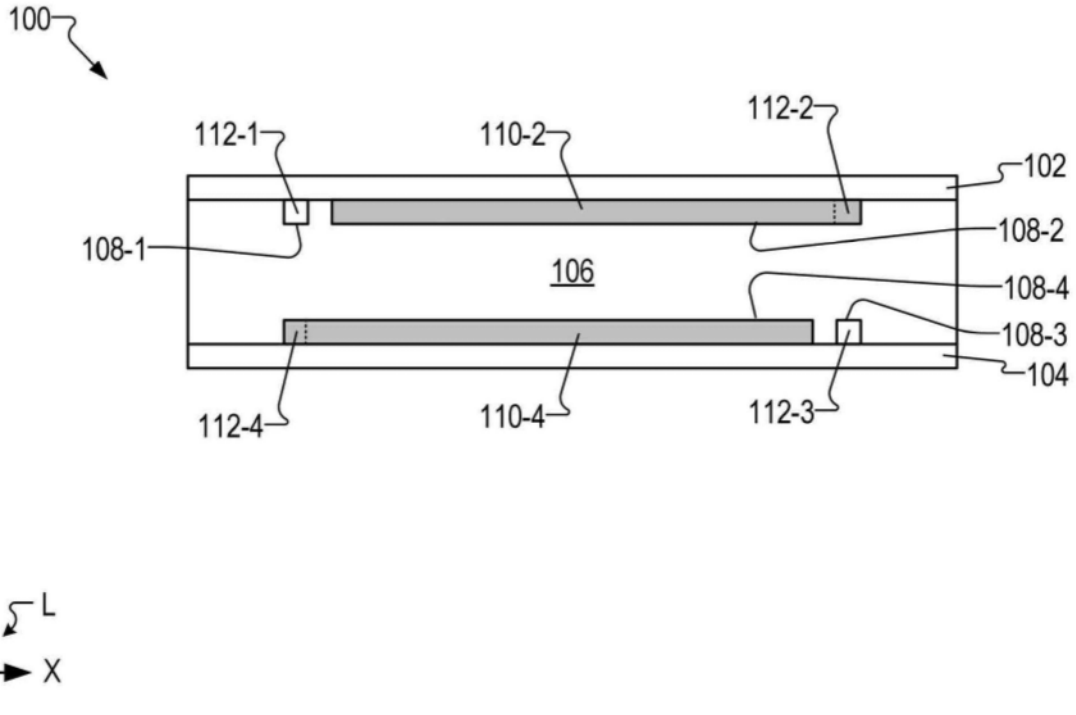

100
112-1
110-2
112-2
102
108-1
108-2
106
108-4
108-3
104
112-4
110-4
112-3
Y
L
X
Z

图3B

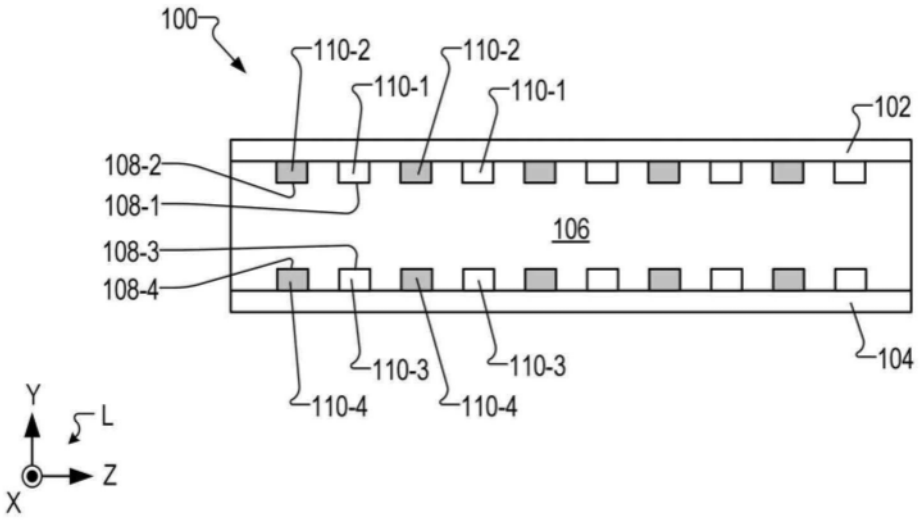

100
110-2
110-2
110-1
110-1
102
108-2
108-1
106
108-3
108-4
110-3
110-3
104
110-4
110-4
Y
L
Z
X

图4A

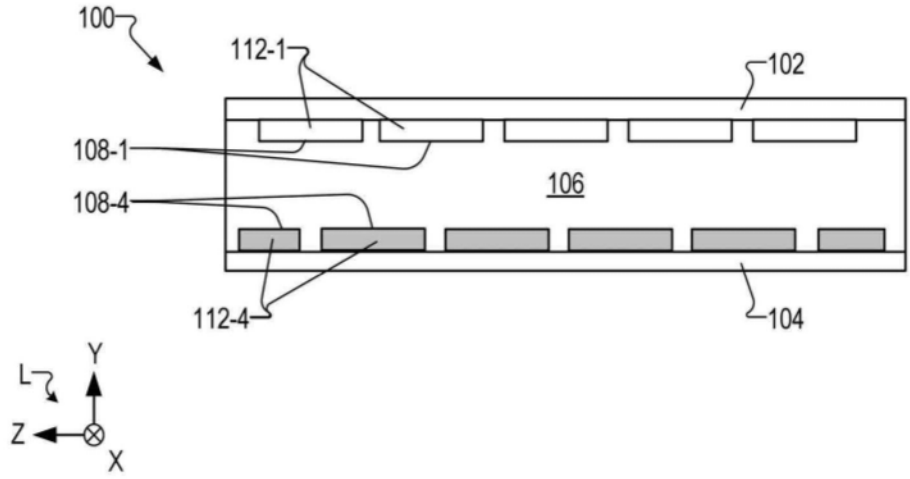

100
112-1
102
108-1
106
108-4
112-4
104
L
Y
Z
X

图4B

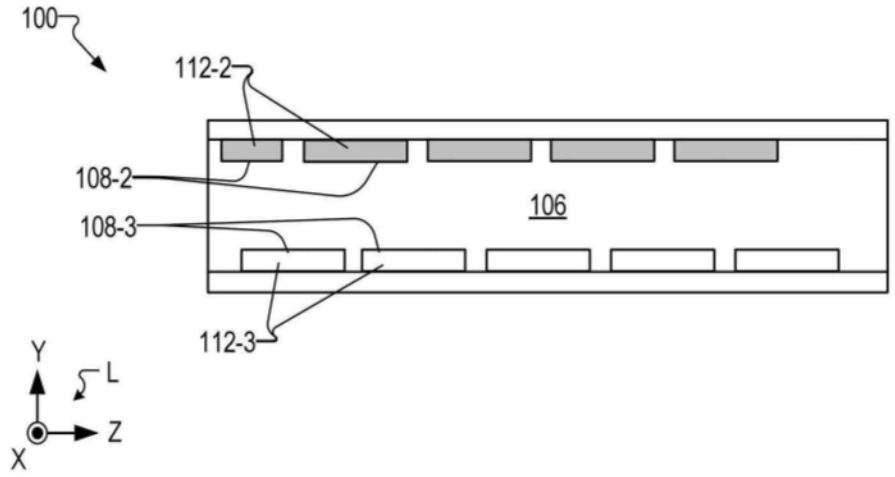

100
112-2
108-2
108-3
106
112-3
Y
L
Z
X

图4C

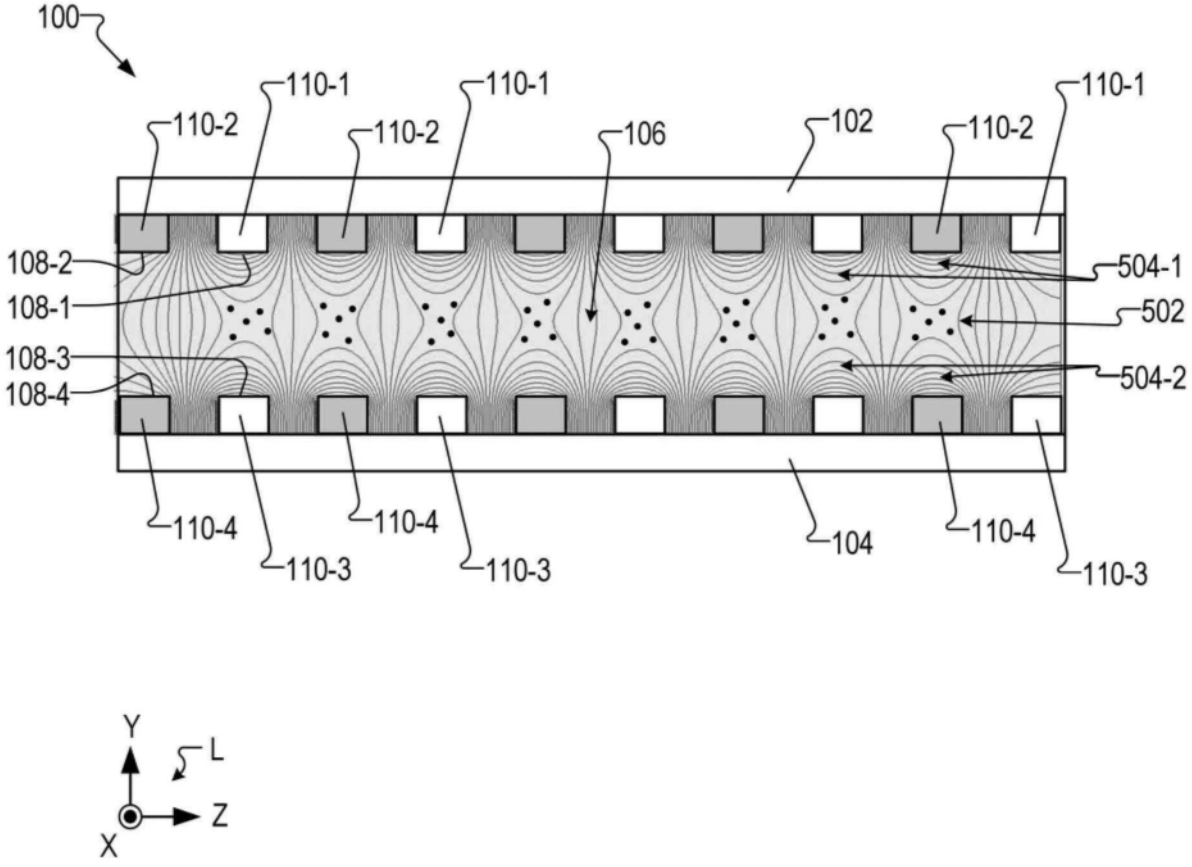

100
110-1
110-1
110-1
110-2
110-2
110-2
106
102
108-2
108-1
108-3
108-4
504-1
502
504-2
110-4
110-4
110-4
110-3
110-3
110-3
104
Y
L
Z
X

图5

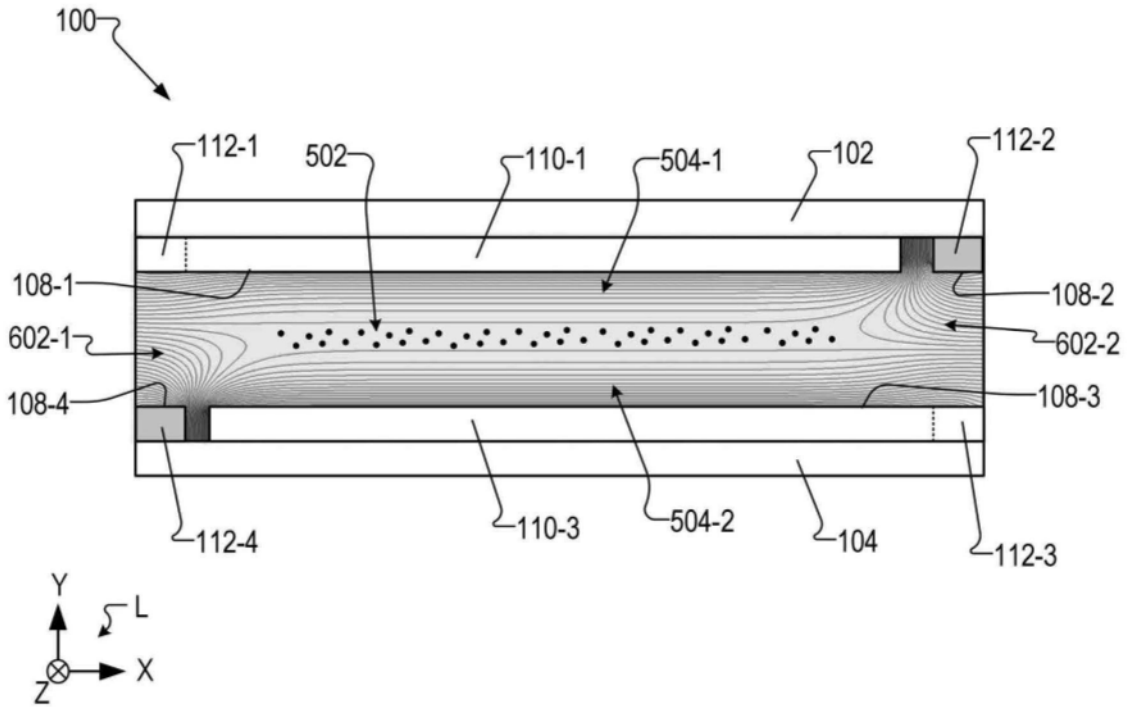

100
112-1
502
110-1
504-1
102
112-2
108-1
108-2
602-1
602-2
108-4
108-3
112-4
110-3
504-2
104
112-3
Y
L
X
Z

图6A

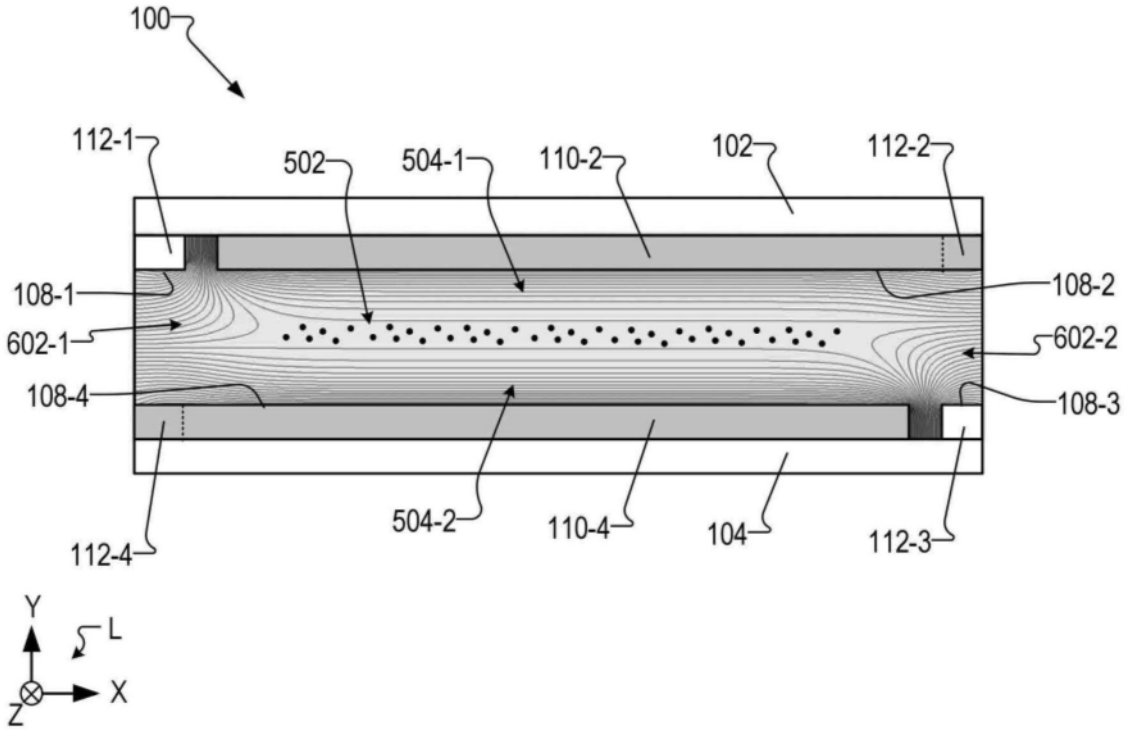

100
112-1
502
504-1
110-2
102
112-2
108-1
108-2
602-1
602-2
108-4
108-3
504-2
110-4
104
112-3
112-4
Y
L
X
Z

图6B

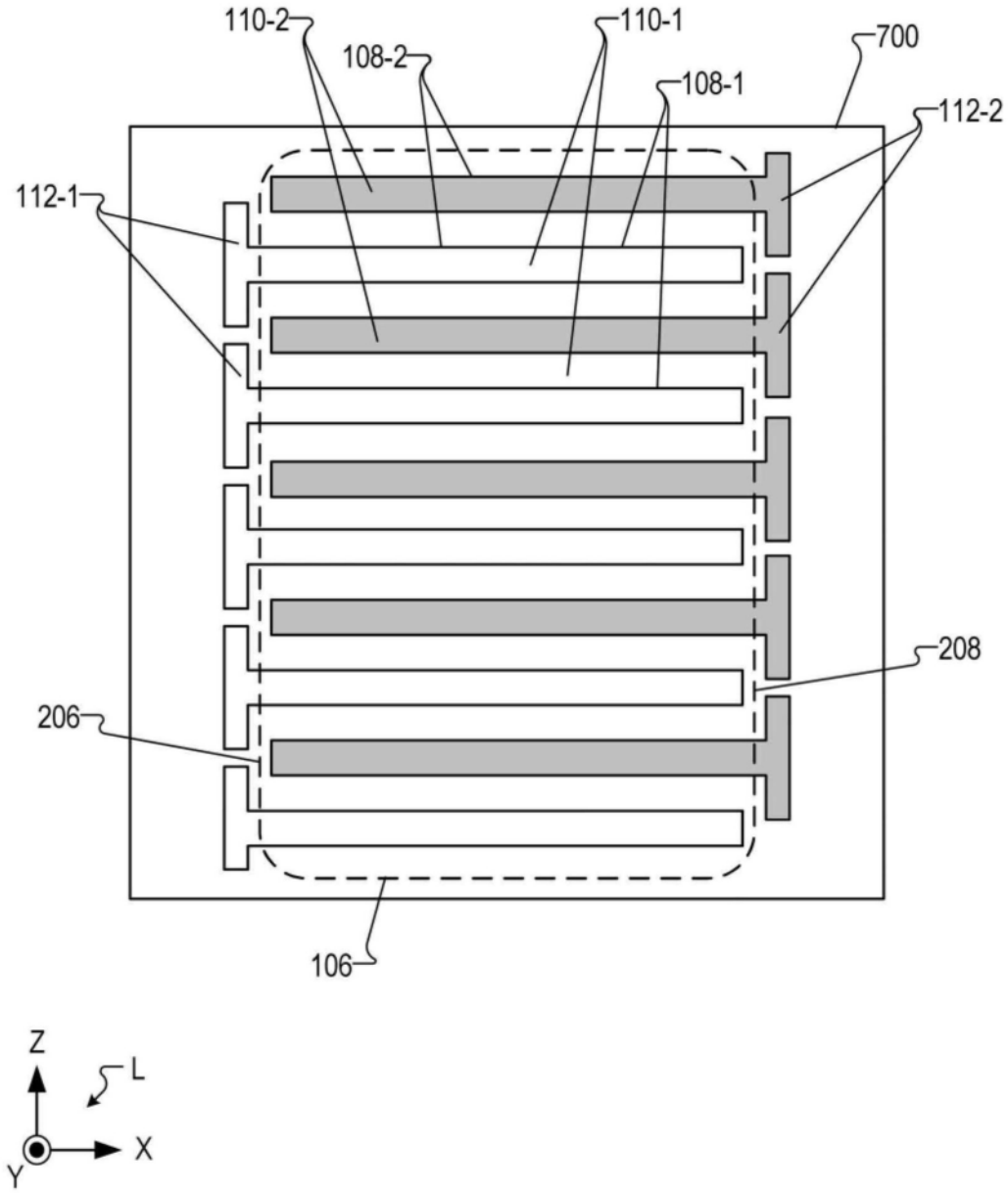


图7

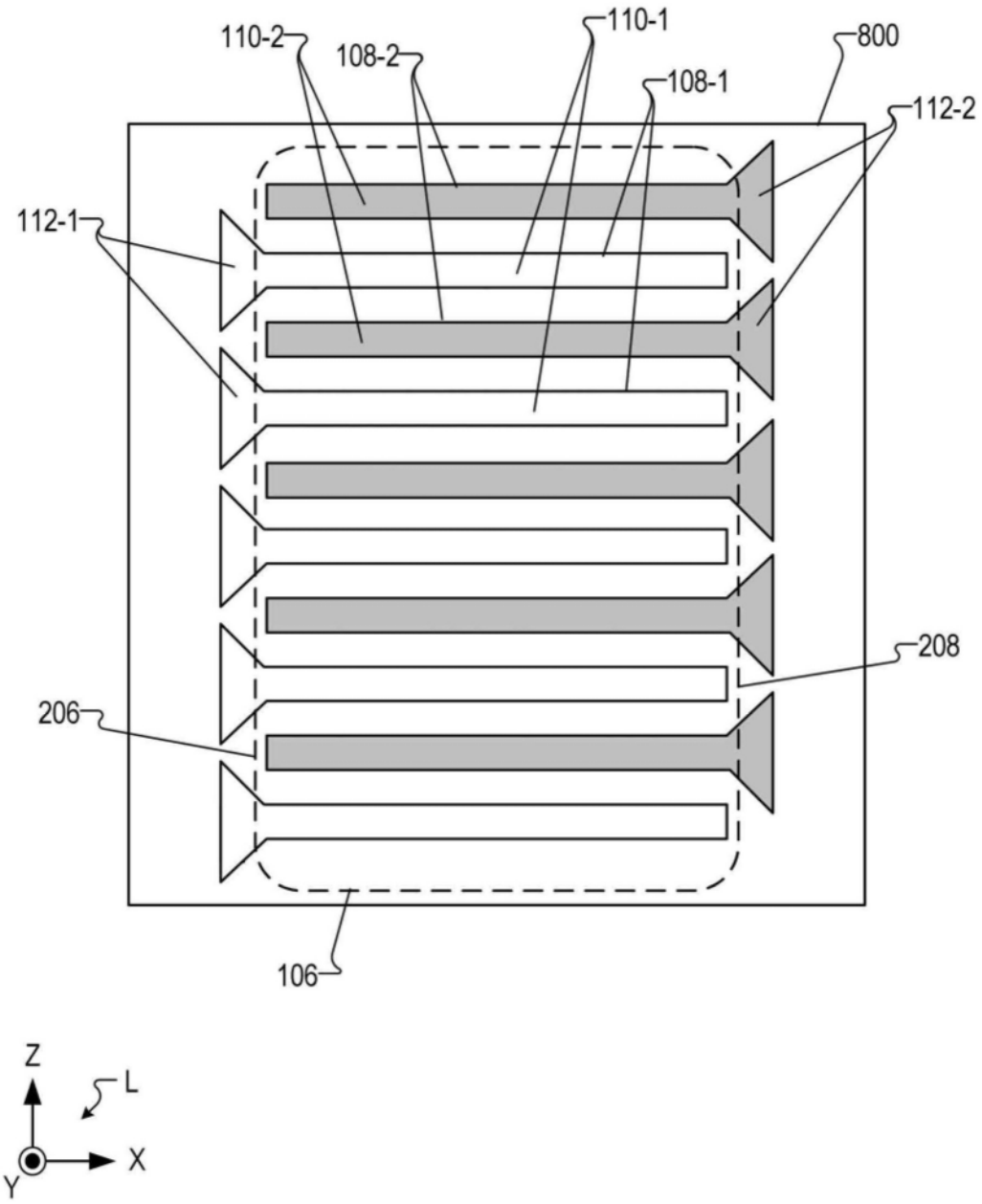


图8

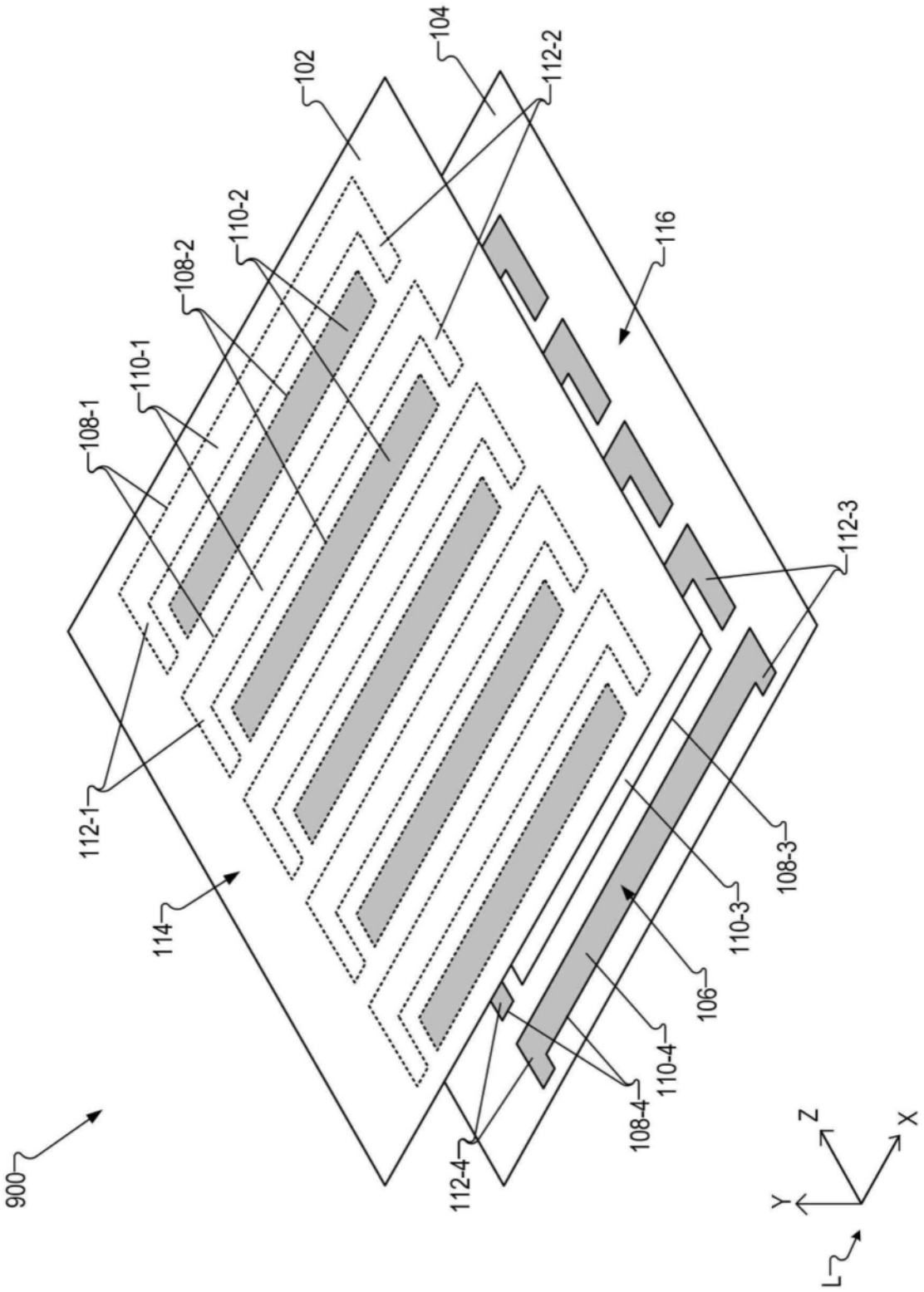

102
104
112-2
110-2
108-2
110-1
108-1
116
112-3
112-1
114
108-3
110-3
106
110-4
108-4
112-4
900
Z
X
Y
L

图9

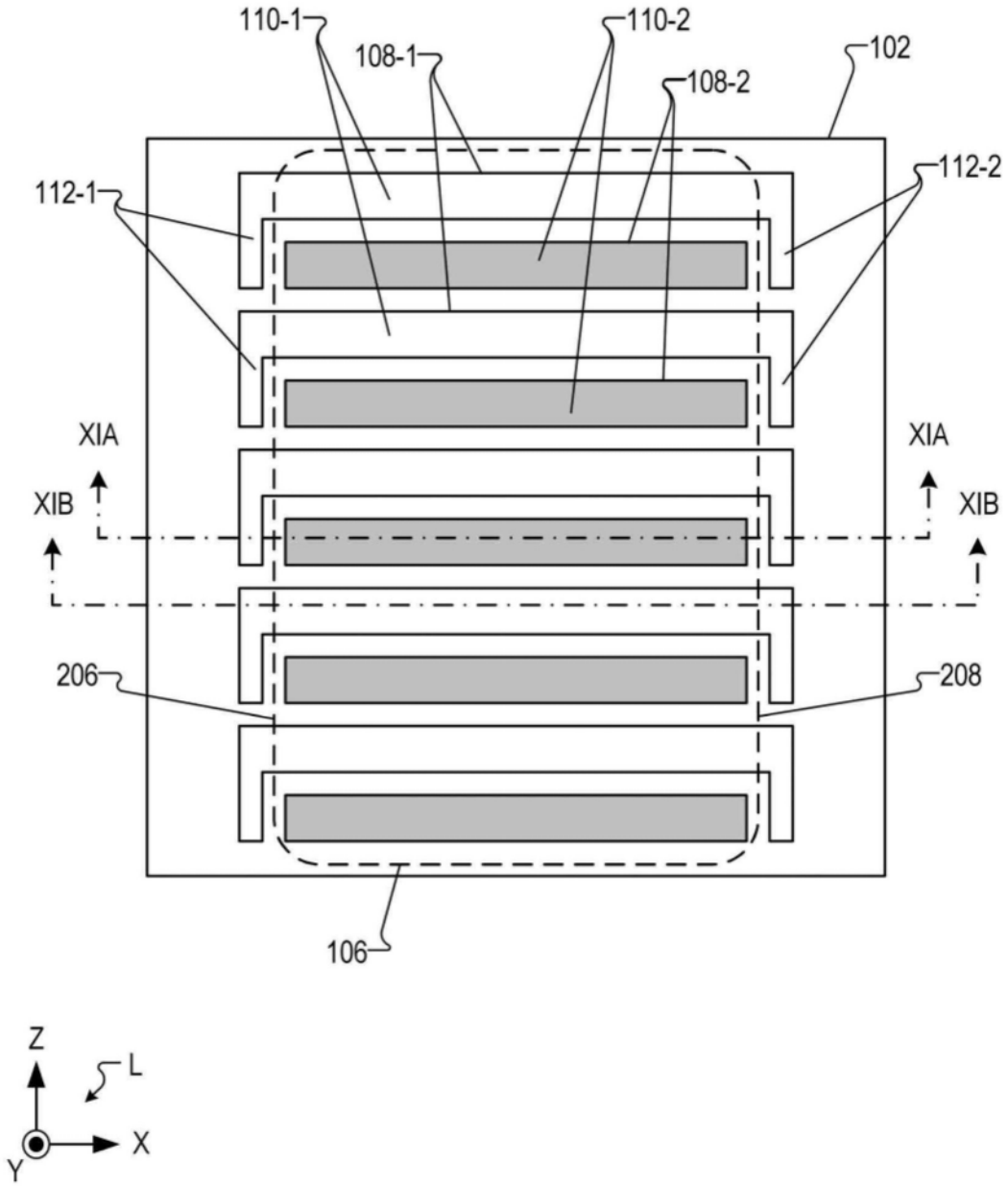

110-1
108-1
110-2
108-2
102
112-1
112-2
XIA
XIB
XIA
XIB
206
208
106
Z
L
X
Y

图10

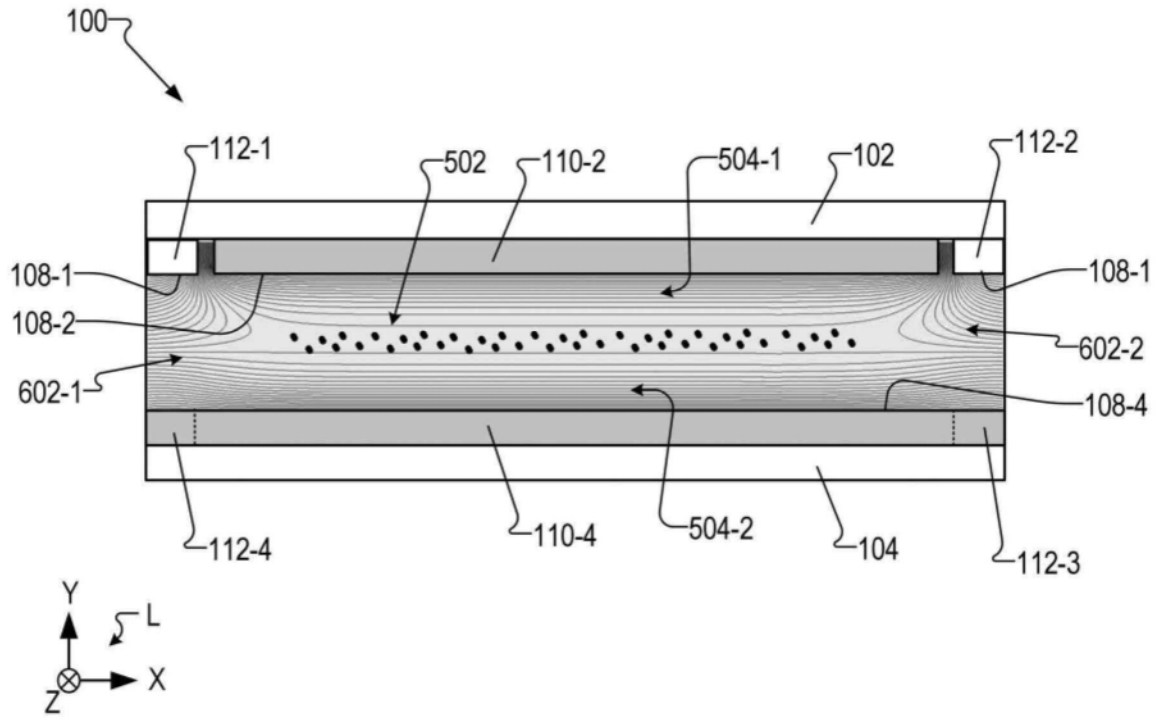

100
112-1
502
110-2
504-1
102
112-2
108-1
108-2
602-1
108-1
602-2
108-4
112-4
110-4
504-2
104
112-3
Y
L
X
Z

图11A

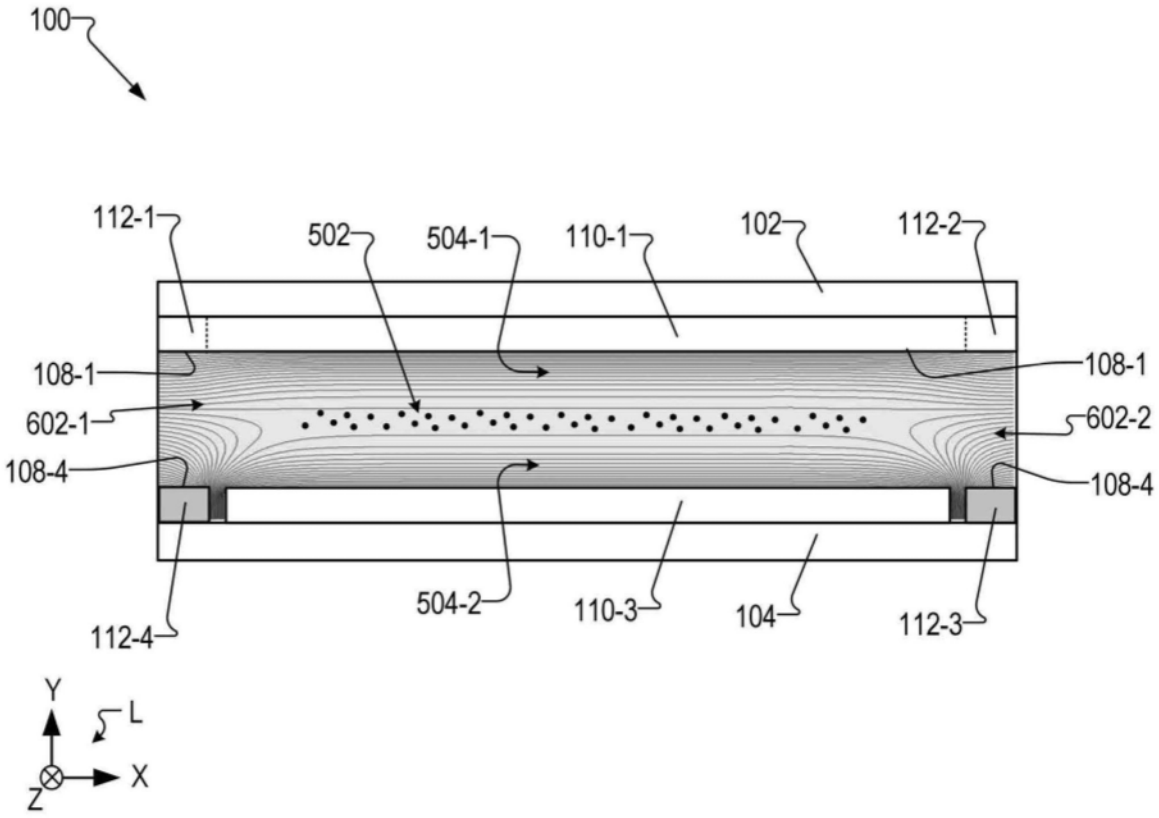

100
112-1
502
504-1
110-1
102
112-2
108-1
602-1
108-4
108-1
602-2
108-4
504-2
110-3
104
112-3
112-4
Y
L
X
Z

图11B

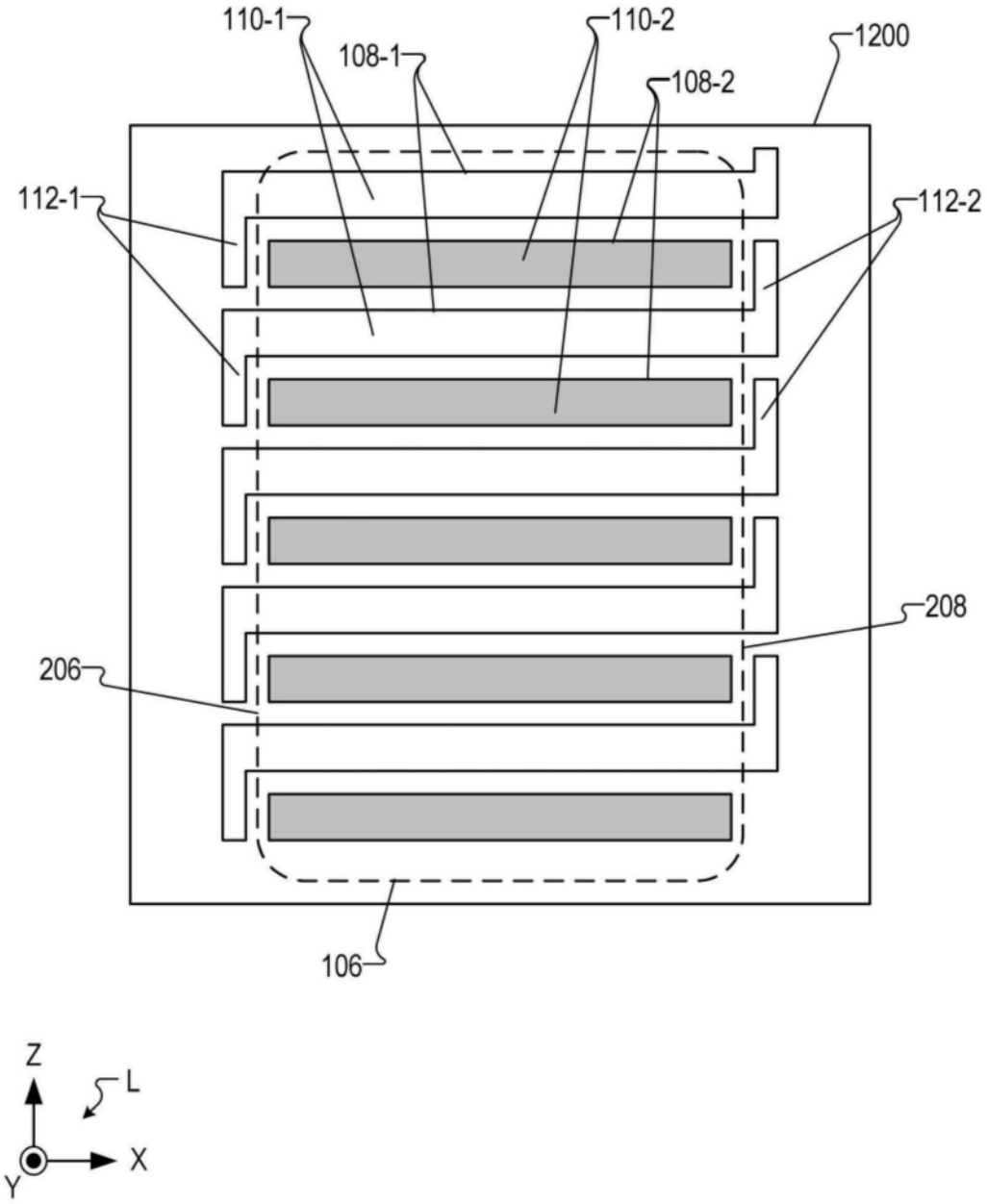


图12

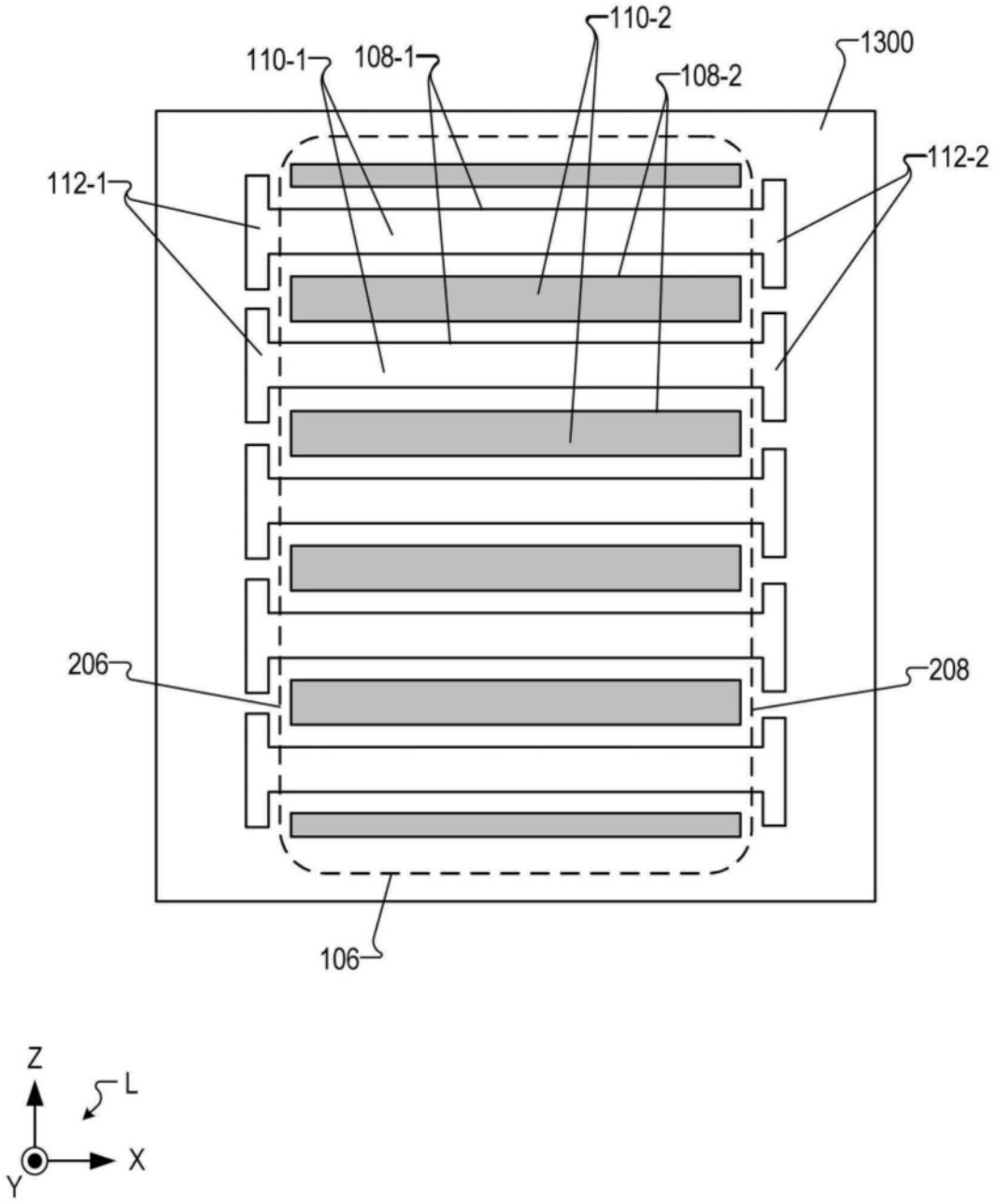


图13

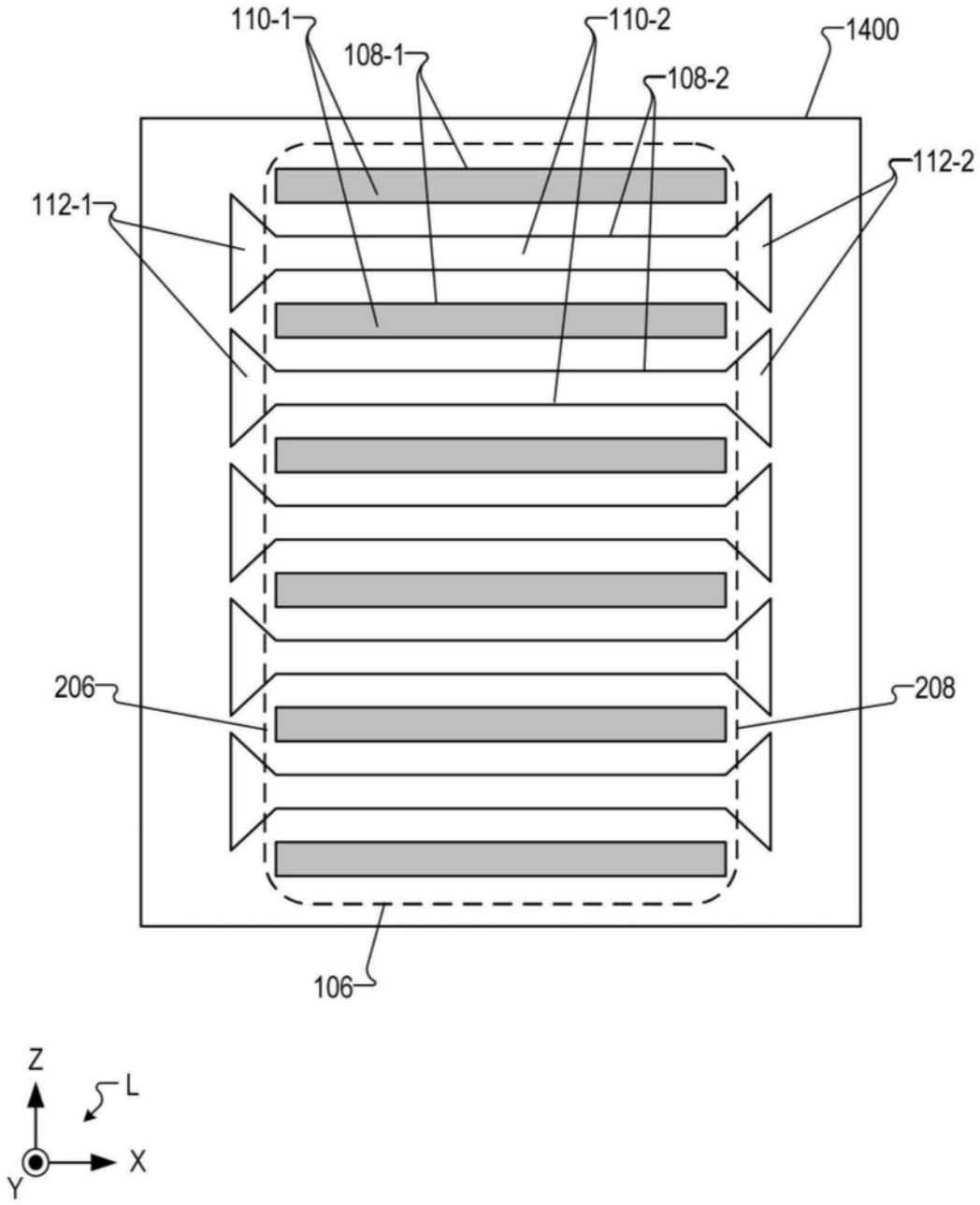


图14

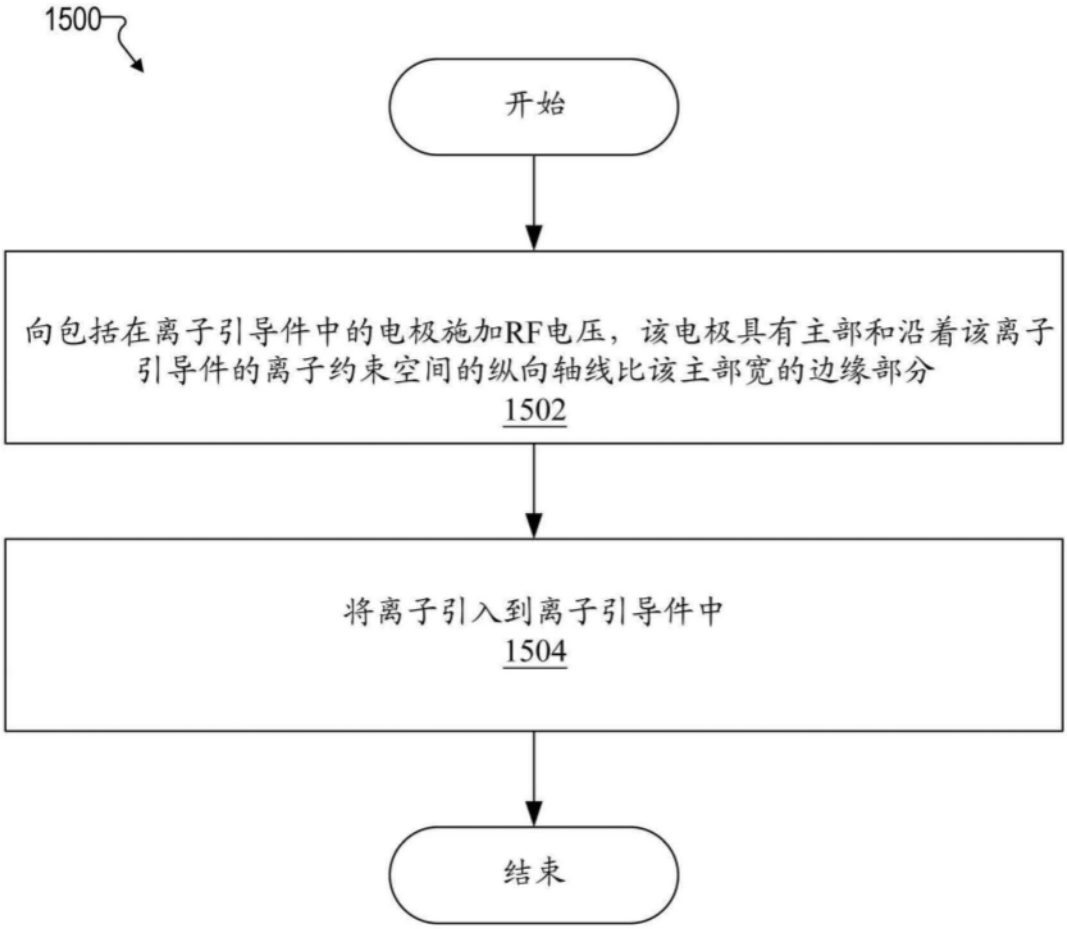

1500
开始
向包括在离子引导件中的电极施加RF电压，该电极具有主部和沿着该离子引导件的离子约束空间的纵向轴线比该主部宽的边缘部分
1502
将离子引入到离子引导件中
1504
结束

图15

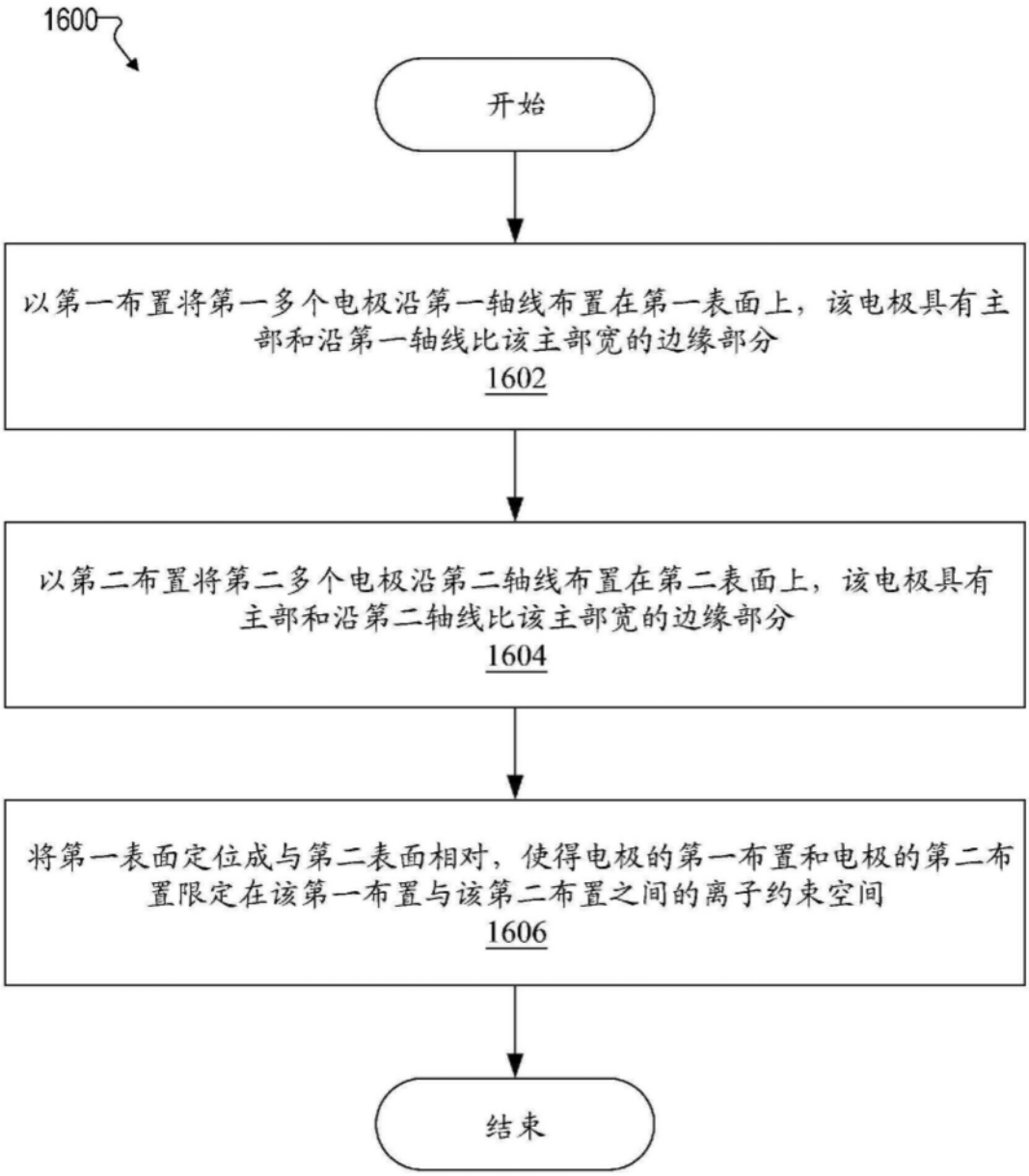

1600
开始
以第一布置将第一多个电极沿第一轴线布置在第一表面上，该电极具有主部和沿第一轴线比该主部宽的边缘部分
1602
以第二布置将第二多个电极沿第二轴线布置在第二表面上，该电极具有主部和沿第二轴线比该主部宽的边缘部分
1604
将第一表面定位成与第二表面相对，使得电极的第一布置和电极的第二布置限定在该第一布置与该第二布置之间的离子约束空间
1606
结束

图16