



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101316949 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 07

(21) 申请号 200580039837. 6

H01L 21/306(2006. 01)

(22) 申请日 2005. 09. 23

B44C 1/22(2006. 01)

(30) 优先权数据

10/953, 229 2004. 09. 29 US

(56) 对比文件

US 6202589 B1, 2001. 03. 20, 全文.

US 5877471 A, 1999. 03. 02, 全文.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2007. 05. 21

US 6779481 B2, 2004. 08. 24, 全文.

US 5897389 A, 1999. 04. 27, 全文.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2005/034073 2005. 09. 23

审查员 李玮

(87) PCT国际申请的公布数据

W02006/039193 EN 2006. 04. 13

(73) 专利权人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 拉杰·迪得萨

费利克斯·科扎克维奇

埃里克·伦茨 拉塞尔·马丁

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 周文强 李献忠

(51) Int. Cl.

G23F 1/00(2006. 01)

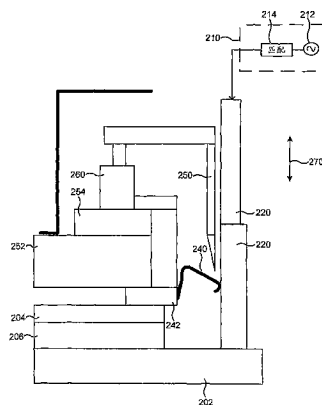
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

用于等离子体处理系统的 RF 接地开关

(57) 摘要

本发明涉及一种等离子体处理系统中的用于选择性地地在电极与地之间提供 RF 接地路径的装置。该装置包括 RF 导电路径结构和环形结构。环形结构和 RF 导电路径结构具有彼此相关的两个相关位置。两个相关位置的第一相关位置的特征在于使环形结构与 RF 导电路径结构电耦合, 以使 RF 导电路径结构接地。两个相关位置的第二相关位置的特征在于使环形结构从 RF 导电路径电分离。



1. 一种等离子体处理系统,包括:

电极;

RF 导电路径结构,所述 RF 导电路径结构被配置为在 RF 能量子系统与所述电极之间提供 RF 导电路径;

环形 RF 开关装置,由导电材料构成,所述 RF 开关装置和所述 RF 导电路径结构具有彼此相关的两个相关位置,所述两个相关位置的第一相关位置的特征在于使所述 RF 开关装置与所述 RF 导电路径结构电耦合,以提供所述电极的 RF 接地,所述两个相关位置的第二相关位置的特征在于使所述 RF 开关装置从所述 RF 导电路径电分离;

第一绝缘体结构,被配置为置于所述 RF 开关装置和所述 RF 导电路径之间,以产生所述两个相关位置中的所述第二相关位置;

致动器,可操作地耦合至所述第一绝缘体结构,所述致动器移动所述第一绝缘体结构,以使所述第一绝缘体结构交替地位于第一绝缘体位置和第二绝缘体位置,所述第一绝缘体位置用于将所述绝缘体结构插于所述开关装置与所述 RF 导电路径结构之间,从而使所述开关装置相对于所述 RF 导电路径结构位于所述第二相关位置,所述第二绝缘体位置用于使所述绝缘体位置远离所述环形结构与所述 RF 导电路径结构之间的区域,从而使所述开关装置相对于所述 RF 导电路径位于所述第一相关位置;以及

散热片,被配置为用于去除来自所述电极的热量,以及机械地支撑所述致动器。

2. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述开关装置包括表示用于多个偏置指状物的环形金属环,所述偏置指状物被配置为在所述第一相关位置与所述 RF 导电路径结构物理接触。

3. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述开关装置是环形的且由 BeCu 构成。

4. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,还包括:

第二绝缘体结构,与用于提供接地的接地结构耦合;所述第二绝缘体结构与所述电极耦合,所述第二绝缘体结构置于所述接地结构和所述电极之间。

5. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述绝缘体结构由陶瓷材料构成。

6. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述绝缘体结构由 ULTEM 形成。

7. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述开关装置、所述绝缘体结构、以及所述 RF 导电路径结构呈环形。

8. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述绝缘体结构由塑料构成。

9. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述致动器为气动致动器。

10. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述致动器被配置为沿着平行于以下直线的方向移动所述绝缘体结构:所述直线垂直于被设置在所述等离子体处理系统中用于等离子体处理的衬底。

11. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,还包括耦合于 RF 电源的输出和所述地之间的滤波器装置,所述滤波器装置被配置为滤出提供给所述 RF 导电路径的多个 RF 信号中所选择的 RF 信号。

12. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述电极为上部电极。

13. 根据权利要求 12 所述的等离子体处理系统,其中所述开关装置相对于所述 RF 导电

路径结构在所述第二相关位置;以及其中所述电极被配置为在等离子体处理期间由具有多个频率的多个 RF 信号提供能量。

14. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述等离子体处理系统为电容耦合等离子体处理系统。

15. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中,所述多个频率包括大约 2MHz、大约 28MHz、以及大约 60MHz。

用于等离子体处理系统的 RF 接地开关

背景技术

[0001] 长久以来,等离子体处理系统被用于处理衬底(例如,硅衬底或其他衬底),以形成半导体器件、纳米机器等。等离子体处理在蚀刻应用中尤其有效,其中,由蚀刻剂源气体混合物形成的等离子体用于选择性地蚀刻衬底上的层。为了在等离子体处理系统中蚀刻衬底,将衬底设置在等离子体处理室内,并使蚀刻剂源气体流入处理室。使蚀刻剂源气体燃烧,以形成等离子体,然后露出衬底上目标层的蚀刻区域,即,未被掩模保护的区域。利用提供至等离子体处理室中的一个或多个电极的 RF 能量来将等离子体点燃并使其保持燃烧。

[0002] 在电容耦合等离子体处理系统中,可以在每个处理室中设置一个或多个电极。可将具有多个频率的 RF 能量提供至电容耦合等离子体处理系统的一个或多个电极。例如,如果设置了上部电极和下部电极,则可以将 2MHz、27MHz、和 60MHz 的 RF 信号提供到上述电极中的一个或两个。

[0003] 一些蚀刻应用可能要求上部电极相对于一个或多个 RF 频率接地。为了清楚起见,等离子体处理室中的上部电极表示在等离子体处理期间与衬底相对并通过等离子体云与衬底分开的电极。下部电极表示其上设置有处理用衬底的电极。例如,特定的蚀刻应用要求上部电极相对于较低频率的 RF 信号(例如,2MHz)接地。另一蚀刻应用可能要求上部电极相对于较高频率的 RF 信号(例如,27MHz 和 / 或 60MHz)接地。再一蚀刻应用可能要求上部电极相对于所有 RF 信号频率(例如,2MHz、27MHz、和 60MHz)接地。由于给定的处理室可用于不同的蚀刻步骤,其每个都可以具有不同的接地需求,因此,非常期望一种相对于一个、多个、或全部 RF 频率选择性地使上部电极接地的能力。

[0004] 在相关技术中,可以使用继电器与电感的组合使一个或多个 RF 频率接地。图 1 示出了这样一个实例,其中,继电器 R1 用于控制流经电感 L1 的电流。当继电器 R1 关闭时,电流流过 L1。L1 用做滤波器,其根据 L1 的值有效地滤出来自输出 OUT 的特定频率。

[0005] 已经发现,由于继电器 / 电感的组合强加的空间限制,所以继电器 / 电感的使用不适于特定的处理系统。此外,已经发现,用于使 RF 信号接地的继电器 / 电感装置趋向于对在较低频率范围的 RF 信号更有效,并趋向于对在较高频率范围的 RF 信号效果较差。这是因为电感 L1 表现出的高阻抗使得该组合对于使高频 RF 信号(例如,60MHz RF 信号)接地的效果较差。但是,在一些蚀刻应用中,好的处理结果(例如,好的等离子体一致性和好的蚀刻速度一致性)需要使选取的 RF 信号或全部 RF 信号有效接地。

[0006] 因此,需要一种用于以可选方式使提供至等离子体处理室的一个或多个电极的所有 RF 信号有效接地的装置。更优选地,期望一种使提供至等离子体处理室中上部电极的所有 RF 信号都有效接地的装置。

发明内容

[0007] 在一个实施例中,本发明涉及一种用于在等离子体处理系统中选择性地提供电极与地之间的 RF 接地路径的装置。该装置包括 RF 导电路径结构,该 RF 导电路径结构被配置为在 RF 能量子系统与电极之间提供 RF 导电路径。该装置还包括由导电材料构成的环形结

构,该环形结构和 RF 导电路径结构具有彼此相关的两个相关位置。两个相关位置的第一相关位置的特征在于使环形结构与 RF 导电路径结构电耦合,以使 RF 导电路径结构接地。两个相关位置的第二相关位置的特征在于使环形结构从 RF 导电路径电分离。

[0008] 在另一实施例中,本发明涉及一种用于在等离子体处理系统中选择性地提供电极与地之间的 RF 接地路径的方法。该方法包括提供 RF 导电路径结构,该 RF 导电路径结构被配置为在 RF 能量子系统与电极之间提供 RF 导电路径。该方法还包括提供由导电材料构成的环形结构。该方法进一步包括将 RF 导电路径结构和环形结构定位于彼此相关的两个相关位置之一。两个相关位置的第一相关位置的特征在于使环形结构与 RF 导电路径结构电耦合,以使 RF 导电路径结构接地。两个相关位置的第二相关位置的特征在于使环形结构从 RF 导电路径电分离。

[0009] 下面将通过本发明的详细描述并结合附图来更详细地描述本发明的这些和其它特性。

附图说明

[0010] 在附图的图示中,以实例的方式而不是以限制的方式示出了本发明,并且在附图中,相同的标号表示相同的元件,其中:

[0011] 图 1 示出了这样一种装置实例,其中,使用继电器来控制流经电感的电流,以过滤出一个或多个频率;

[0012] 图 2 示出了根据本发明实施例的 RF 接地开关装置的实现;

[0013] 图 3 是示出根据本发明实施例的开关组合的电路图,其使系统操作员可以使用环形 RF 开关使所有 RF 信号接地或仅使选取的 RF 频率接地;以及

[0014] 图 4 示出了根据本发明实施例的包括 RF 接地开关装置的等离子体处理装置。

具体实施方式

[0015] 现在将参考附图中示出的本发明的几个实施例来详细描述本发明。在以下的描述中,为了提供对本发明的透彻理解,将阐述多个具体细节。然而,在没有这些具体细节的一些或全部的情况下也可以实施本发明,这对本领域技术人员来说是显而易见的。在其它情况下,为了避免对本发明造成不必要的混淆,对于众所周知的处理步骤和/或结构没有进行详细描述。

[0016] 在本发明的实施例中,提供了一种装置,其用作 RF 导电路径结构(其电耦合至上部电极)与地之间的 RF 开关,以选择性地使上部电极与地耦合或者选择性地使上部电极与地分离。RF 开关结构呈环形,以使得在接地期间与 RF 导电路径结构(其与上部电极相关)的电接触最大化。

[0017] 在实施例中,RF 开关装置包括由导电材料(例如,铍铜(BeCu))构成的环形导电结构。环形导电结构接地。在其缺省位置处,环形导电结构与 RF 导电路径结构电接触,以提供上部电极的 RF 接地。设置了绝缘体结构,并且该绝缘体结构耦合至致动机构。致动机构可以是气动的、水动的、或电动的,其移动绝缘体结构,从而使绝缘体结构交替地位于第一绝缘体位置和第二绝缘体位置。在第一绝缘体位置处,绝缘体结构插于环形导电结构与 RF 导电路径结构之间,以断开其间的电接触。在第二绝缘体位置处,从环形导电结构和 RF 导

电路路径结构之间的区域中移除绝缘体结构,以使得环形导电结构使 RF 导电路径结构接地(以及通过延伸使上部电极接地)。为环形导电结构选取的材料优选地具有高抗疲劳性,并且本质上有弹性,从而使环形导电结构能够重复弯曲,以形成或断开电接触。

[0018] 在另一实施例中,没有绝缘体结构,并且环形导电结构通过本身来移入和移出与 RF 导电路径的接触,以形成和断开 RF 接地接触。例如,RF 导电路径结构可以是倾斜的,使得在一个位置处,环形导电结构与 RF 导电路径结构电接触,以及在另一个位置处,环形导电结构从 RF 导电路径电分离。移动可以是在等离子体处理期间沿着垂直于衬底的直线的线性移动,或者其可以是使得环形导电结构的半径扩大和收缩的径向移动,以形成和断开接触。在其它实施例中,反之亦然,其中,环形导电结构固定,通过致动器移动耦合至上部电极的 RF 导电路径结构,以形成和断开与环形导电结构的电接触。

[0019] 在本发明的实施例中,RF 开关集成有频率选择滤波器装置,以对于 RF 接地提供更多选择。当期望选择性地使具有特定 RF 频率的特定 RF 信号接地时,采用频率选择滤波器装置。当期望使上部电极接地,以在不考虑其频率的情况下使所有 RF 信号接地时,采用环形 RF 开关。在一个实施例中,通过致动器致动的 RF 接地被集成到控制等离子体处理的软件中,从而使得上部电极的 RF 接地能够自动重新配置,以适应不同蚀刻应用的需求。

[0020] 通过参照附图和以下的论述,将更好地理解本发明的特征和优点。图 1 示出了根据本发明实施例的电容耦合等离子体处理室 100 的电路图,其包括上部电极 102 以及在等离子体处理期间其上设置有衬底(未示出)的下部电极 104。在图 1 的实例中,通过 RF 电源 106 向下部电极提供 RF 频率为 2MHz、27MHz、和 60MHz 的三种 RF 信号。通过 RF 电源 110 向上部电极 102 提供多个 RF 频率。为了清楚起见,更详细地示出了 RF 电源 110,其包括 RF 源 112 和匹配网络 114。

[0021] 在等离子体处理期间,将蚀刻剂源气体引入上部电极 102 与下部电极 104 之间的区域,并使其燃烧以形成等离子体云 120。通过聚焦环 122 和接地的室壁 124 来限制等离子体云。通过排出路径 126 排出蚀刻副产物。

[0022] 设置 RF 接地开关装置 130,以选择性地将上部电极 102 与 RF 地耦合。当 RF 接地开关装置 130 闭合时,建立了从上部电极 102 到地的导电路径,从而提供了上部电极 102 的 RF 接地。当 RF 接地开关装置 130 断开时,上部电极 102 与 RF 地之间不存在导电路径。

[0023] 为了使上部电极完全接地,期望一种低阻抗接地路径,其中,上部电极可能被提供了具有各种低和高 RF 频率的多个高能 RF 信号。具有挑战性的是提供 RF 接地开关,其可以在需要接地时通过几千或几百万个回路可靠地提供低阻抗 RF 接地路径,并且可以在不需要接地时断开 RF 接地路径。图 2 示出了根据本发明实施例的 RF 接地开关装置 130 的实现。图 2 示出了上部电极 202,例如,其可以由铝形成。上部电极 202 通过绝缘体 206 与接地结构 204 绝缘,例如,该绝缘体可以由氮化铝 (AlN) 形成。由绝缘体 206 提供的绝缘使得当上部电极 202 需要 RF 信号时,通过该 RF 信号向上部电极 202 供电。

[0024] 上部电极 202 通过 RF 导电路径结构 220 连接至 RF 电源 210(其包括 RF 源 212 和 RF 匹配网络 214)。RF 导电路径结构 220 可以由铝形成。设置了环形开关装置 240,以提供地 204(通过导体 242)与上部电极 202(通过使用 RF 导电路径结构 220)之间的选择性接地。在其缺省位置处,环形开关装置 240 的指状物 (finger) 的形状为,使得指状物自然地偏向 RF 导电路径结构 220,以提供电接触。同样地,在上部电极 202 与地 204(通过 RF 导电

路径 220 和导体 242) 之间存在接地路径。由于环形开关装置 240 呈环形, 所以各个指状物设置在环形开关装置的周围附近, 提供与 RF 导电路径结构 220 的最大电接触, 从而提供高效的接地路径。指状物的数量可以改变, 可以为从几个到几十个再到几百个。

[0025] 图 2 示出了绝缘体结构 250。绝缘体结构 250 与包括致动器 260 的致动装置有效地连接, 该致动器由结构 252 和 254 机械支承。在图 2 的实例中, 结构 252 也用作散热片, 以帮助除去来自上部电极组件的热量。绝缘体 250 呈环形, 并通过致动器 260 致动, 从而在箭头 270 的方向上上下移动, 其中, 当衬底设置于处理室中用于等离子体处理时, 箭头 270 的方向与衬底垂直。

[0026] 在图 2 所示的位置处, 绝缘体 250 位于远离环形开关装置 240 与 RF 导电路径结构 220 之间的区域的位置。当致动器 260 沿箭头 270 的方向向下移动绝缘体 250, 以将绝缘体插于环形开关装置 240 与 RF 导电路径结构 220 之间时, 断开了环形开关装置 240 与 RF 导电路径结构 220 之间的电接触。为了确保完全的电绝缘, 在一个实施例中, 绝缘体 250 可呈环形。在这种情况下, 上部电极 202 不再接地。这样, 绝缘体 250 与环形开关装置一起使上部电极 202 与地 204 之间的接地路径选择性地形成和断开。

[0027] 在一个实施例中, 环形开关装置由 BeCu 制成, 这是因为 BeCu 是高导电率材料, 其具有高抗拉强度, 并且能够重复弯曲和再弯曲, 以断开和形成电接触。然而, 可以采用任何具有这种特性的其他材料。应当注意的是, 基于整个开关装置设置于等离子体处理环境之外的事实, 可以充分放宽对于环形开关装置材料的选择, 从而基本上避免了污染问题和等离子体引起的损坏问题。

[0028] 在一个实施例中, 绝缘体 250 由诸如 ULTEM 的塑料材料制成, **ULTEM®** 是一种聚酰亚胺热塑材料, 可以从 (美国) 康涅狄格 / 费尔菲尔德的通用电器公司获得。然而, 可以采用任意类型的具有高介电强度从而能够经受高等级 RF 能量的材料。优选地, 绝缘体 250 的绝缘材料具有相对低的介电常数, 以使电容最小化。例如, 可以很好地采用特定类型的陶瓷或其他非导电材料。

[0029] 图 2 的装置使得处理工程师具有使所有可提供至上部电极的 RF 信号接地的能力。在一些情况下, 仅使所选择的具有选择的 RF 频率的 RF 信号接地是理想的。根据本发明的实施例, 本发明的环形 RF 开关与采用继电器 / 电感组合的 RF 开关并联电连接。可以通过保持环形 RF 开关闭合 (从而在上部电极与地之间存在导电路径), 并选择适当值的电感和闭合继电器, 来过滤 (即, 接地) 选择的 RF 信号。图 3 是示出根据本发明实施例的开关组合的电路图, 该开关组合可以使系统操作员使用环形 RF 开关 302 使所有 RF 信号接地, 或使用 RF 开关 308 中适当的电感 304 和闭合的继电器 306 仅使选择的 RF 频率接地。

[0030] 根据本发明的实施例, 图 4 示出了图 3 的组合如何在之前图 2 示出的实例中实现。在图 4 中, 当电感 250 未断开 RF 导电路径结构 220 与环形开关结构 240 之间的导电路径时, 可以闭合继电器 306, 使电流在箭头 402 的方向上流向地。通过选择适当值的电感 304, 可以使所选择的具有选择的 RF 频率的 RF 信号分流到地。

[0031] 如从之前的描述中可以理解的, 本发明的环形 RF 开关适用于使所有 RF 频率接地, 甚至是被证明对于相关技术的继电器 / 电感 RF 开关存在问题的较高 RF 频率 (例如, 60MHz 或更高)。对具有多个接触指状物的环孔 (annular ring) 的使用使得电接触最大化, 以确保到地的良好导电路径。在一个实施例中, 对环形开关装置使用了 BeCu, 确保了高的开关

回路寿命和到地的高导电率。此外,使用了高介电强度绝缘材料来断开地与 RF 热部分(例如,RF 导电路径结构 220)之间的接触,有利地确保了 RF 与地的完全绝缘和长的回路寿命。可以将致动器控制与等离子体处理室的控制软件集成,以提供上部电极的 RF 接地的全自动重新配置。在一个实施例中,气动(或水动)致动器的使用避免了关于来自相邻热 RF 部分的电干扰的问题。

[0032] 虽然已经根据几个实施例描述了本发明,但在本发明的范围内可以有变化、改变、和等同替换。例如,尽管所示实例涉及在箭头 270 的方向上移动绝缘体 250,但在这种移动可以使从上部电极到地的导电路径选择性地形成和断开的装置中,可以在其它方向上移动绝缘体。作为另一实例,不需要绝缘体,和/或通过致动器在箭头 270 的方向或另一方向上移动环形开关结构或 RF 导电路径结构,以使得从上部电极到地的导电路径选择性地形成和断开。例如,这可以通过改变环形开关结构和/或 RF 导电路径结构的尺寸、形状、或位置来实现。作为实例,可以通过致动器使环形开关结构的指状物弯曲或向内/向外径向移动,以选择性地形成和断开电接触。

[0033] 作为另一实施例,尽管为了说明采用了电容耦合等离子体处理室,但是应当理解,本发明还可以在采用点燃和保持等离子体燃烧的另一技术的等离子体处理室(例如,在电感耦合等离子体处理室中,在电子回旋共振等离子体处理室中等)中实现。作为再一实例,尽管这里结合上部电极描述了该实例的 RF 接地开关装置,但 RF 接地开关装置可用于使等离子体处理系统中的上部电极、下部电极、两个电极、或任意电极的组合接地。作为再一实例,可以通过本文公开的 RF 接地开关装置接地的频率范围可以从低千赫到 300 兆赫或更高的范围。

[0034] 此外,尽管在使上部电极接地的上下文中描述了本发明,但应当理解,如果需要的话,本发明的装置可用于使任意电极(例如,包括接地电极或多电极)接地。还应当注意,可以多种可选方法来 实现本发明的方法和装置。因此,随后附加的权利要求应当被理解为包括在本发明的本质精神和范围内的所有变化、改变、和等同替换。

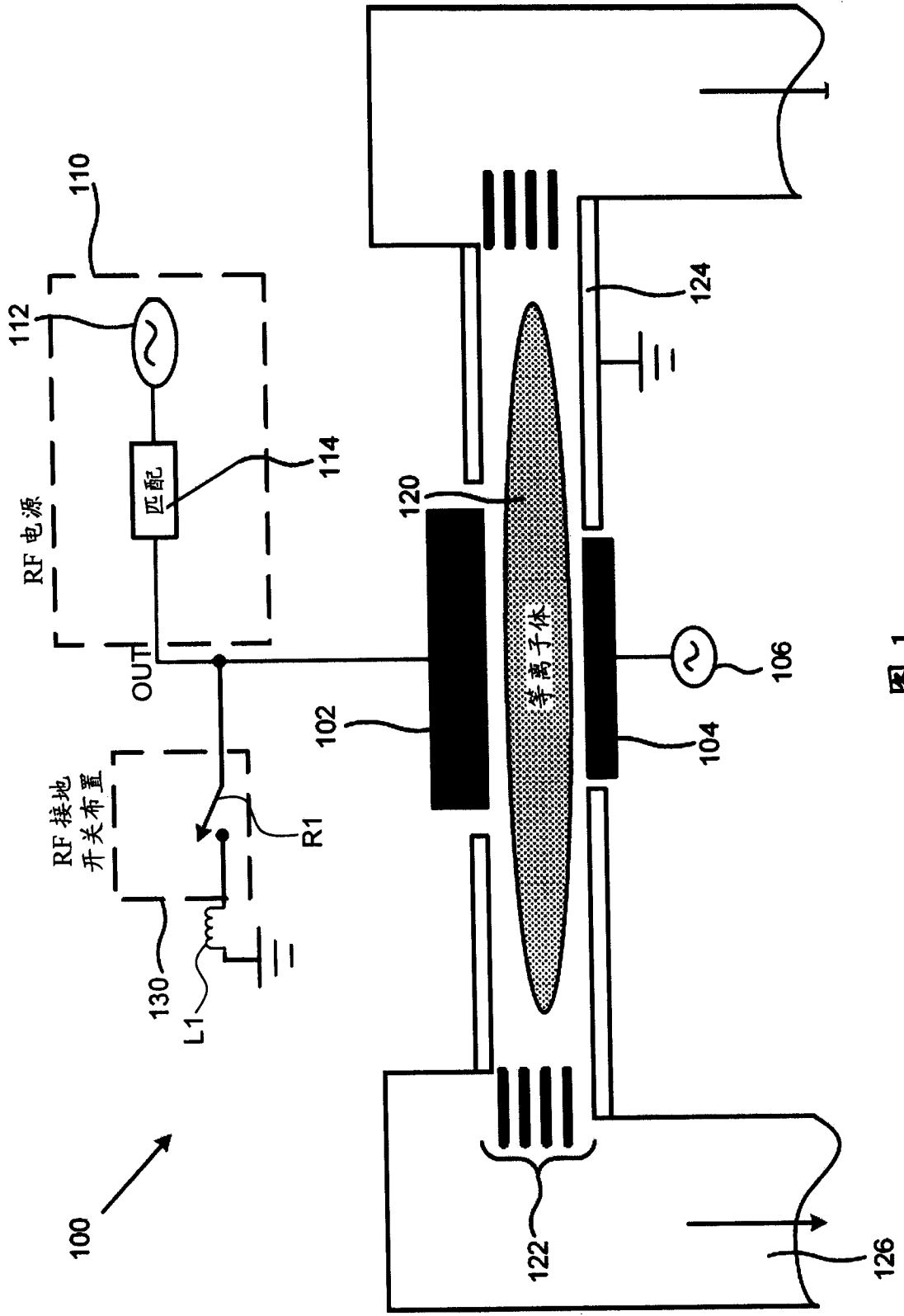


图 1

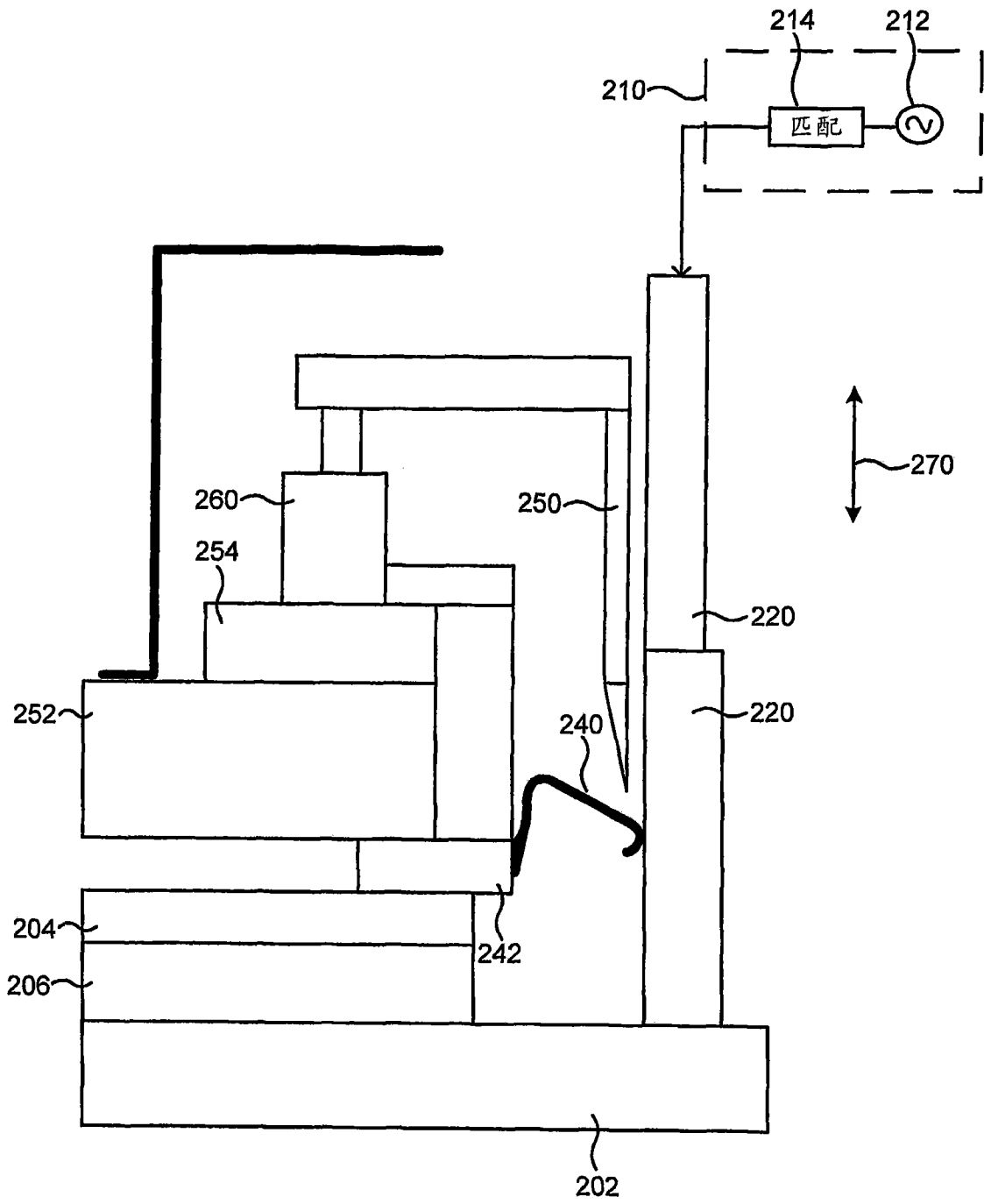


图 2

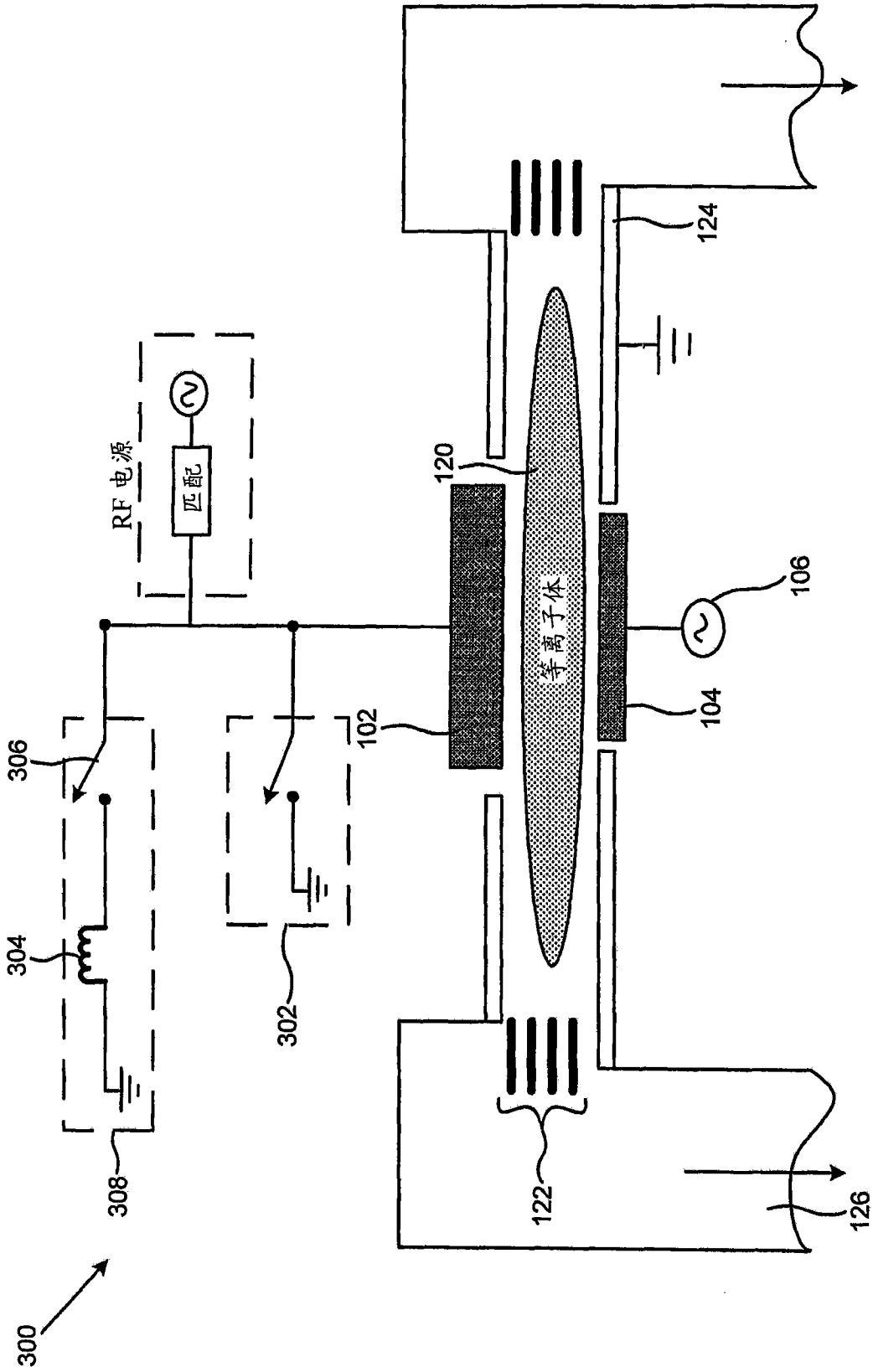


图 3

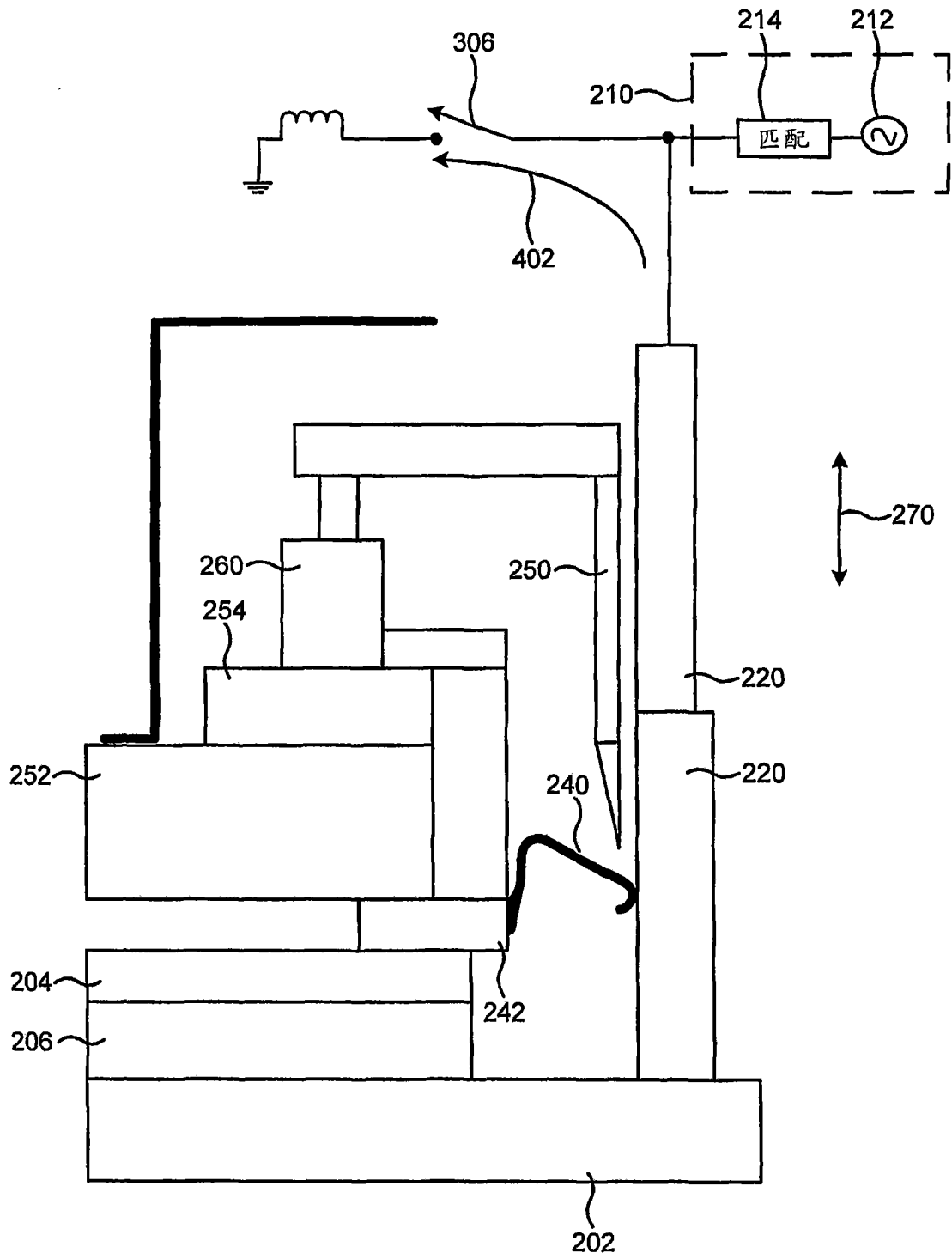


图 4