

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810099586.6

H01L 21/00 (2006.01)
H01L 21/3065 (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01)
C23F 4/00 (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)

[43] 公开日 2008年10月22日

[11] 公开号 CN 101290873A

[22] 申请日 2002.5.14

[21] 申请号 200810099586.6

分案原申请号 02812094.9

[30] 优先权

[32] 2001.5.16 [33] US [31] 09/859,091

[71] 申请人 科林研发公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 大卫·W·本辛

巴巴克·卡德霍达扬

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 钟强 谷惠敏

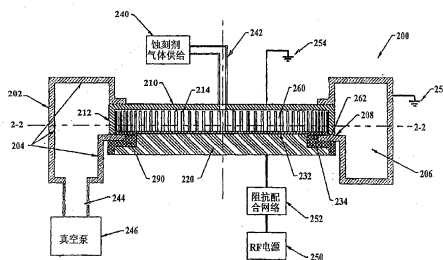
权利要求书4页 说明书9页 附图10页

[54] 发明名称

中空阳极等离子体反应器与方法

[57] 摘要

等离子体处理设备包括等离子体室、第一电极、第二电极与等离子体容器设备。等离子体容器设备具有多个槽并且电连接到第一电极。容器设备用于将等离子体限制在中间电极空间内，并且有利于最大程度的处理气体流动。当在中间电极空间内通过将电场应用于处理气体而产生等离子体时，容器设备将等离子体电子地限制在中间电极空间而没有显著的限制来自中间电极空间的气体的流动。



1. 一种等离子体约束系统，包括：
电气接地；
与所述电气接地连接的等离子体室；
与所述等离子体室连接的真空泵；
与所述等离子体室连接的处理气体源；
第一电极，具有面对所述等离子体室的内部的表面；
第二电极，具有面对所述等离子体室的所述内部的表面，所述表面邻近并基本平行于所述第一电极；
设置在所述第一和第二电极之间的室壳体空间；
邻近所述室壳体空间设置的第二空间；以及
基本上密封所述室壳体空间并与所述电气接地电气连接的容器设备，所述容器设备包括至少一个允许气体在所述室壳体空间和第二空间之间流动的轨道，所述至少一个轨道用来保持所述室壳体空间和第二空间中的至少一个的压力水平。
2. 如权利要求 1 所述的等离子体约束系统，其中所述至少一个轨道用来使所述室壳体空间和第二空间之间的压力损失最小。
3. 如权利要求 2 所述的等离子体约束系统，其中所述第二空间包括通过真空管与所述真空泵连接的外部室空间，所述真空泵用来从所述等离子体约束系统中去除气体。
4. 如权利要求 1 所述的等离子体约束系统，其中所述容器设备包括将电场基本上限定在所述室壳体空间的导电部分。
5. 如权利要求 1 所述的等离子体约束系统，还包括用来将处理气体从所述处理气体源引导至所述室壳体空间的供给线。

6. 如权利要求 1 所述的等离子体约束系统，其中所述至少一个轨道用来均衡所述室壳体空间和第二空间之间的压力。

7. 一种等离子体室系统，包括：

处理气体源；

从所述处理气体源接收处理气体的屏蔽；

设置在所述屏蔽内的中间电极空间；

第一电极，具有面对所述中间电极空间的内部的表面

第二电极，具有面对所述中间电极空间的所述内部的表面，所述表面邻近并基本平行于所述第一电极，其中所述中间电极空间设置在所述第一电极和第二电极之间；

与所述中间电极空间连接的第二空间；以及

在所述屏蔽内、允许气体在所述中间电极空间和第二空间之间流动的至少一个轨道，所述至少一个轨道用来使所述中间电极空间和第二空间之间的压力损失最小。

8. 如权利要求 7 所述的系统，其中所述屏蔽基本上终止了在所述中间电极空间内形成的电场，以防止电场穿过所述第二空间。

9. 如权利要求 7 所述的系统，其中所述屏蔽包括将电场基本上限定在所述中间电极空间的导电部分。

10. 如权利要求 7 所述的系统，其中所述屏蔽由所述第一电极的至少一部分来形成。

11. 如权利要求 10 所述的系统，其中所述第一电极伸入所述中间电极空间。

12. 如权利要求 7 所述的系统，其中所述第二空间包括外部电极空间。

13. 如权利要求 7 所述的系统，还包括去除处理气体的真空泵。

14. 如权利要求 13 所述的系统，还包括连接所述真空泵至所述第二空间的真空管。

15. 一种等离子体室设备，包括：

气体源；

第一电极；

邻近并基本上平行于所述第一电极的第二电极；

中间电极空间，位于所述第一电极的内表面和所述第二电极的内表面之间，从所述气体源接收气体；

与所述中间电极空间连接的第二空间；

使所述中间电极空间与所述第二空间分离的壁；

至少一个穿过所述壁的轨道，所述轨道允许气体在所述中间电极空间和第二空间之间流动，所述至少一个轨道用来保持所述中间电极空间或所述第二空间处的压力水平。

16. 如权利要求 15 所述的等离子体室设备，其中所述包括至少一个轨道的壁基本上终止了在所述中间电极空间内形成的电场，防止电场穿过所述第二空间。

17. 如权利要求 15 所述的等离子体室设备，其中所述壁包括围绕所述中间电极空间凸出的第一电极的外缘。

18. 如权利要求 15 所述的等离子体室设备，其中所述壁包括至少部分地密封所述中间电极空间的屏蔽。

19. 如权利要求 15 所述的等离子体室设备，其中所述第二空间包括外部电极空间。

20. 如权利要求 19 所述的等离子体室设备，还包括通过真空管与所述外部电极空间连接的真空泵，所述真空泵用来从所述等离子体设备中去除气体。

21. 如权利要求 15 所述的等离子体室设备，其中所述壁包括在所述中间电极空间和第二空间之间的分隔物。

中空阳极等离子体反应器与方法

本发明是申请日为 2002 年 5 月 14 日、申请号为 02812094.9 的相同发明名称的专利申请的分案申请。所述专利申请 02812094.9 已被授予专利权。

技术领域

本发明涉及集成电路的制造，并且具体涉及清除来自表面的材料的设备与方法。

背景技术

干刻（dry etch）处理可用于半导体晶片处理以清除来自晶片表面的材料，或通过暴露到等离子体，清除来自晶片上积淀的膜的材料。等离子体是电中性，部分离子化状态的材料。蚀刻反应器不但生产等离子体，而且对出现在晶片或膜上的化学或物理反应提供一定程度的控制。通过蚀刻处理，材料从蚀刻区域中晶片或膜的表面被清除以形成部分限定电路元件的轮廓或维数。

在已知的等离子体反应器中，等离子体以接近晶片的空间产生，并且等离子体扩展以充满大部分或全部的反应室空间。等离子体与等离子接触的全部表面相互作用。在接近晶片空间的外面，等离子壁相互作用能够产生不需要的结果，比如壁材料的喷镀，或更通常地在壁上或靠近壁的积淀。当壁的积淀的厚度随着持续处理而增加时，壁的积淀能够剥落而引起粒子污染物。另外，因为壁的积淀与壁本身相比较具有不同的电子与化学性质，所以该积淀能够改变等离子体如何与壁进行相互作用，并且经过一段时间能够导致等离子体性质的变化。因此，壁的积淀必须周期性的清除。就地进行等离子体清除是优选的，但由于一些等离子壁相互作用的低能量，通常是困难的或很慢。这样，

通常需要反应器的手工清除，其增加了操作成本并减少了系统处理量。

图 1 示出了现有技术的等离子反应器的剖视侧面图。该设备使用形成了反应器或室 100 的室壳体 110。第一电极 112 放置在壳体 110 的顶部内。如图所示，第一电极 112 与壳体 110 电连接到地 134。第二电极 114 放置在壳体 110 的下部内，相对并平行于上部电极 112。第二电极 114 通过绝缘环 116 与壳体 110 电气隔离。被蚀刻的基底或晶片 118 放置在第二电极 114 的内表面上，其通常配置有夹紧设备和/或冷却设备。晶片 118 被由诸如石英之类的绝缘材料制造的薄板 120 围绕。

蚀刻剂气体通过蚀刻剂气体供给 122 与供给线 124 提供到反应器 100。供给线 124 通过第一电极 112 经过开口连接到反应器 100 以将蚀刻剂气体传递到反应器 100 的内部。减少的压力通过真空泵 128 保持在反应器 100 内，该真空泵 128 通过真空管 126 连接到反应器 100。无线电频率 (RF) 功率通过 RF 电源 130 与阻抗配合网络 132 提供到第二电极 114。

反应器 100 内蚀刻剂气体的适当减少的压力以及将适当的 RF 功率应用到第二电极 114，等离子体在第一电极 112 与第二电极 114 之间的中间电极空间 146 内形成，并且扩展到第一与第二电极 112 与 114 外面的空间 142。在空间 142 内的等离子气体能够与室壳体 110 的暴露的内部壁 144 相互作用。

其它设备已试图限制靠近晶片 118 的等离子体。一些已知设备采用两个或多个环形圈 150，其直接靠近类似于图 2 所示的两个平行圆盘电极之间的中间电极空间 146。多个环形圈 150 加入到图 1 的反应器 100，所述环形圈 150 充满上面的电极 112 与下面的电极 114 之间靠近它们的外围的空间。环形圈 150 由诸如石英之类的非导电材料制造，并且环形圈 150 在它们之间具有小开口 152。开口 152 允许气体从中间电极空间 146 流动到外部空间 148，并且然后流动到真空泵 128。该开

口 152 足够的窄, 并且环形圈 150 的宽度足够宽, 使得通过小开口 152, 存在气流传导的显著损失。此气流传导损失引起中间电极空间 146 与外部空间 148 之间的压力差。由于窄的开口 152 与存在于外部空间 148 中的很低的压力, 因此在中间电极空间 146 内引起的等离子体限制在中间电极空间 146 内。

对等离子体限制的上述方法会遭受限定的处理窗口。在较低的等离子体操作压力下, 通常小于 60 毫托 (millitorr), 环形圈 150 的功效通常不能建立有益的压降。此外, 在其中限制等离子体的例子中, 由环形圈 150 引起的低气流传导限定可被采用的气流比率。

如果等离子体能够被限制到接近晶片的空间, 则得到一些优点, 包括增强的处理稳定性和重复性、以及减少的系统维护。因此, 需要一种设备与一种方法, 其将等离子体限制在接近晶片的空间, 并且没有显著地限制该设备与方法的气流比率和/或压力。

附图说明

在图中, 相同的参考数字指示整个图的对应的部件。

图 1 是现有技术的反应器的剖视侧面图。

图 2 是第二现有技术的反应器的剖视侧面图。

图 3 是当前优选实施例的剖视侧面图。

图 4 是沿着图 3 的线 2-2 的剖视俯视图。

图 5 是图 3 的流程框图。

图 6 是可选的当前优选实施例的剖视侧面图。

图 7 是第二可选的当前优选实施例的剖视侧面图。

图 8 是第三可选的当前优选实施例的剖视侧面图。

图 9 是沿着图 8 的线 A-A 的剖视俯视图。

图 10 是沿着图 8 的可选的当前优选实施例的线 A-A 的剖视俯视图。

具体实施方式

描述如下的本发明的设备与方法的当前优选实施例将等离子体限制在接近晶片的空间，并且最少化与等离子体相互作用的表面区域。当前优选实施例还提供了在中间电极空间外面对气体流动的高传导。当前优选的设备与方法利用限制方法，该方法实质上将电场限制在室的等离子体区域。当前优选的设备与方法可以是许多等离子体处理系统的整体部分或集成在许多等离子体处理系统内。当前优选的设备与方法实质上最小化等离子壁的相互作用、减少系统维护、改善处理的稳定性以及减少系统到系统的改变。

参照图 3 与图 4，该设备优选地采用形成了反应器或室 200 的室壳体 202。第一电极 210 放置在室壳体 202 的顶部内。在一个当前优选实施例中，第一电极 210 能够具有圆盘形并由硅 (Si) 或碳化硅 (SiC) 制造，优选地具有小于 1 欧姆/厘米 (ohm/cm) 的电阻率。第一电极 210 与室壳体 202 电连接到地 254。第二电极 220 放置在室壳体 202 的下部内，相对并实质上平行于第一电极 210。第二电极 220 优选地具有圆盘形。在可选地优选实施例中，第一电极 210 与第二电极 220 能够采取许多其它形状，并由许多其它材料制造。第一电极 210 与第二电极 220 之间的分离能够优选地手工或自动调节。第二电极 220 通过绝缘环 230 优选地与室壳体 202 电隔离，该绝缘环 230 由诸如石英 (SiO₂) 或三氧化二铝 (Al₂O₃) 之类的非导电固体材料制造。被蚀刻的基底或晶片 232 在第二电极 220 的内部面或表面上支持，该第二电极 220 优选地配置有将晶片 232 夹到内部表面的装置以及用于控制晶片 232 的温度的装置。用于夹住与控制温度的此装置能够包括，但不限于，静电夹与液冷的第二电极 220，共同地与放置在晶片 232 与第二电极 220 之间的氦 (He) 气一起使用，以提高晶片 232 与第二电极 220 之间的热电导系数。由诸如石英 (SiO₂) 之类的绝缘材料制造的聚焦环 234 优选地包围晶片 232。在可选地优选实施例中，聚焦环 234 可包括两个实质上同心与接近的环、由硅 (Si) 或碳化硅 (SiC) 制造的内部环以

及由石英 (SiO_2) 制造的外部环。在其它可选地优选实施例中, 聚焦环 234 能够具有许多其它形状并能够由许多其它材料制造。

蚀刻剂气体通过蚀刻剂气体供给 240 与供给线 242 提供到反应器 200。供给线 242 通过第一电极 210 经过一个或多个开口优选地连接到室 200, 以致蚀刻剂气体均匀地分散在中间电极空间 260 内。气体从室 200 排出, 并且真空压力被真空泵 246 维持。真空泵 246 通过真空管 244 优选地连接到反应器。无线电频率 (RF) 功率通过阻抗配合网络 252, 由连接到第二电极 220 的 RF 电源 250 优选地提供到第二电极 220。

第一电极 210 的外部边缘优选地向下凸出, 并且围绕中间电极空间 260 形成圆柱壁或“屏蔽” 212。屏蔽 212 优选地具有底面部分 262, 其实质上相邻于聚焦环 234 的一面或室 200 的上缘 208。屏蔽 212 的底面部分 262 与室 200 的上缘 208 进行电连接。当相比于从 RF 电源 250 通过室 200 的壁 204 到地 254 地传导路径, 电连接优选地建立从 RF 电源 250 通过室 200 的壁 204 到地 254 的可选与更短的 RF 导电路径。该屏蔽 212 最小化包围在外部室空间 206 内的电场与磁场强度并且改善等离子体限制。

屏蔽 212 优选地配置多个孔或实质上垂直的槽 214, 所述槽 214 完全穿过或通过屏蔽 212, 并且使中间电极空间 260 内的蚀刻剂气体能够排出。实质上垂直的槽 214 优选地垂直定向并且宽度大约为 0.8 到 3.0 毫米。在可选的优选实施例中, 实质上垂直的槽 214 可采取许多其它形状并具有许多其它宽度。

实质上垂直的槽 214 的数目、形状与尺寸和屏蔽 212 的厚度优选地被选择以得到需要的气流电导系数或在中间电极空间 260 内的气体停留时间, 然而, 使等离子体受到限制。在此优选实施例中, 实质上垂直的槽 214 包括 180 个实质上垂直的槽, 大约 2.5 毫米宽, 大约为

20 毫米中间电极开口的全长。屏蔽 212 的壁的厚度大约为 6 毫米。在其它优选实施例中，开口的数目、形状与尺寸能够改变，象屏蔽 212 的厚度能够改变一样。

在中间电极空间 260 内的蚀刻剂气体的适当压力水平处和依据对第二电极 220 的适当 RF 功率的应用，等离子体在中间电极空间 260 内形成。等离子体被屏蔽 212 优选地限制，并且等离子体表面的相互作用被限制在相对小与明确限定的区域。在能够蚀刻大约 200 毫米晶片的示例性实施例中，屏蔽 212 优选地具有在大约 14 到大约 25 毫米范围内的高度。屏蔽 212 的内部直径 (ID) 大约为 220 毫米，并且屏蔽 212 的外部直径 (OD) 大约为 235 毫米。实质上垂直的槽 214 具有大约 2.0 毫米的宽度以及大概每 2.0 度分开的大约 12 到大约 24 毫米的长度。在这些示例性实施例中，第一电极 210 与单一的屏蔽 212 包括硅 (Si) 或碳化硅 (SiC)。而且，使用了结合 3000Watt 2MHz RF 电源的 3000Watt 27MHz RF 电源。在其它优选实施例中，包括可蚀刻大约 200 毫米和/或大约 300 毫米晶片的这些实施例，能够改变：实质上垂直的槽的宽度、直径与尺寸以及用于制造屏蔽 212 的材料。而且，也能够改变频率与 RF 功率电平。

在操作中，如图 5 所述的步骤 502 处，晶片 232 放置在内部表面或第二电极 220 的面上。在步骤 504 处，室 200 被排空。用于夹住的装置，比如晶片夹住环或静电荷，将晶片 232 固定到第二电极 220。在步骤 506 处，通过分配源 240 提供处理气体。处理气体通过气体供给线 242 与诸如喷头之类的分配设备进入中间电极空间 260。通过控制处理气体引入的比率和/或气体去除的比率，得到中间电极空间 260 中可选的压力。诸如机械真空泵（涡轮泵）之类的泵通过排气口与真空管 244 从中间电极空间 260 去除处理气体。

RF 功率优选地应用到第二电极 220，其在中间电极空间 260 内创建高能电场并且在步骤 508 处产生等离子体。此后，在步骤 510 处，

等离子体与晶片 232 的暴露的表面进行反应。应当注意：图 5 中示出的操作可重新排列和/或在示出的步骤以前或以后可包括额外的操作。

优选地，屏蔽 212 实质上终止形成在中间电极空间 260 内的电场，这防止了电场从外部室空间 206 穿过。在屏蔽 212 内实质上垂直的槽 214 使处理气体能够在中间电极空间 260 与真空管 244 之间以最小的压力损失来流动，以在低处理压力处得到高气体流动比率。

在一些示例性实施例中，屏蔽 212 有效地修改晶片 232 附近的电场，并且修改处理。在一些氧化物蚀刻应用中，例如，屏蔽 212 在晶片 232 的外缘增加蚀刻比率。此优选实施例的一个优点在于：能够得到经过晶片 232 的改善的蚀刻比率均匀性。

设定屏蔽 212 实质上终止具有有限的阻止气体流动的靠近中间电极空间 260 的外围的电场，屏蔽 212 包含得到该功能的任何结构。因此，屏蔽 212 不限于仅具有实质上垂直的槽 214 的容器结构。在可选的优选实施例中，屏蔽 212 包括实质上水平的槽，其在一些例子中实质上平行于第一电极 210 与第二电极 220 的面或内表面。屏蔽 212 也能够包括穿孔、开口和/或任何其它合适的排列以及均匀或非均匀截面的孔、槽、开口、轨道等的结合，使处理气体能够从中间电极空间 260 到真空管 244 流动。屏蔽 212 优选地得到最大的气体电导系数。而且，由于屏蔽 212 在接地电位处，因此第一电极 210 的尺寸能够下降而实质上没有改变在中间电极空间 260 内形成的等离子体的电状态。

通过以上描述，显而易见的是：屏蔽 212 可以是第一电极 210 的一体化部分、或分离但电连接到第一电极 210。屏蔽 212 优选地可移动，表明即使当设备与方法在操作时，屏蔽 212 也能够相对于第二电极 220 手工或自动地提高或降低。如图 6 所示，屏蔽 212 物理地与第一电极 210 分离，并且机械与电气连接到板 217。三个或更多起模针 218 平均地连接到板 217，并且促进屏蔽 212 的提高与降低。六个或更多柔性导

电带 219 优选地提供板 217 与室 200 之间的电连接。在优选实施例中，当屏蔽 212 移动到最低的位置时，屏蔽 212 的低表面 216 与室 200 的上缘 208 进行机械与电气接触。当与包括室 200 的壁 204 的从 RF 电源 250 到地 254 的 RF 返回路径比较时，这些接触创建从 RF 电源 250 到地 254 可选与更短的 RF 返回路径。连接到地 254 的更短的传导路径最小化外部室空间中的电场与磁场强度，并且改善等离子体限制。

如图 7 所示，屏蔽 212 还能够物理地与第一电极 210 分离，并且机械与电气连接到靠近第二电极 220 的室 200 的下半部。屏蔽 212 的底面 216 优选地机械与电气连接到导电环 213。导电环 213 优选地机械与电气连接到室 200 的上缘 208。

图 8 描述了结合两个独立 RF 功率电极密封在等离子体反应器内的屏蔽 450 的另一种可选地优选实施例。这种反应器能够称为“三极管”（2 个 RF 功率电极与 1 个接地表面）。参照图 8、图 9 与图 10，三极管反应器 400 包括室 402、上面的电极 410 与下面的电极 420。室 402 优选地电气连接到电气接地 448。上面的电极 410 通过上面绝缘环 414 优选地与室 402 电隔离。上面的电极 410 优选地具有机械与电气连接到室 402 内部表面的硅（Si）、碳化硅（SiC）或其它合适材料的板 412。上面的电极 410 通过阻抗配合网络 446 连接到 RF 电源 444。

下面的电极 420 通过下面的绝缘环 422 优选地与室 402 电隔离，并且优选地结合用于机械或电气保持并冷却描述如上放置在下面的电极 420 内部表面上的基底或晶片 424 的装置。包括电绝缘材料的聚焦环 426 优选地位于晶片 424 周围。RF 功率通过 RF 电源 440 与阻抗配合网络 442 提供到下面的电极 420。

蚀刻剂气体依靠蚀刻剂气体供给 430 与供给线 432 提供到反应器 400。该供给线 432 通过经过上面的电极 410 的一个或多个开口优选地连接到反应器 400，从而蚀刻剂气体均匀地传递到中间电极空间 460。

气体从反应器 400 排出，并且通过真空泵 434，在室 402 内维持真空水平，所述真空泵 434 通过真空管 436 连接到反应器 400。

屏蔽 450 优选地放置在下面的电极 420 周围的环形空间中，以致屏蔽 450 在中间电极空间 460 与放置在室 402 的下半部内的空间 404 之间形成屏蔽。屏蔽 450 优选地机械与电气连接屏蔽 450 周围的内部与外部圆周处的室 402。屏蔽 450 优选地包括多个槽或孔 452，其中处理气体可容易地经过这些槽或孔，但槽或孔 452 的尺寸足够有效地终止在等离子体空间 460 内形成的全部电场，以致实质上在室 402 的下面的部分 404 中不存在电场。这些槽 452 的宽度优选地为大约 0.8 到大约 3.0 毫米，并且屏蔽 450 的厚度为大约 6 到大约 12 毫米。槽 452 的方向可以径向、切向或任何其它合适的方向延伸。

如图 9 与 10 所示，屏蔽 450 的相应的径向与切向地延伸槽分别对准盖板 454 的径向与切向地延伸槽 456。如图 9 与 10 所示，尽管可选地优选实施例中，屏蔽 450 与盖板 454 能够为分离的组件，但屏蔽 450 也能够是盖板 454 的一体化部分。盖板 454 的槽 456 优选地对准屏蔽 450 的槽 452。盖板 454 优选地由硅 (Si)、碳化硅 (SiC) 或其它合适的材料制造。

上述详细的说明仅描述了本发明能够采用的许多形式的一些，并且因此，上述详细的说明应该被作为示例性的而非限定性的。仅下列的权利要求并包括全部的等价物目的是限定本发明的范围。

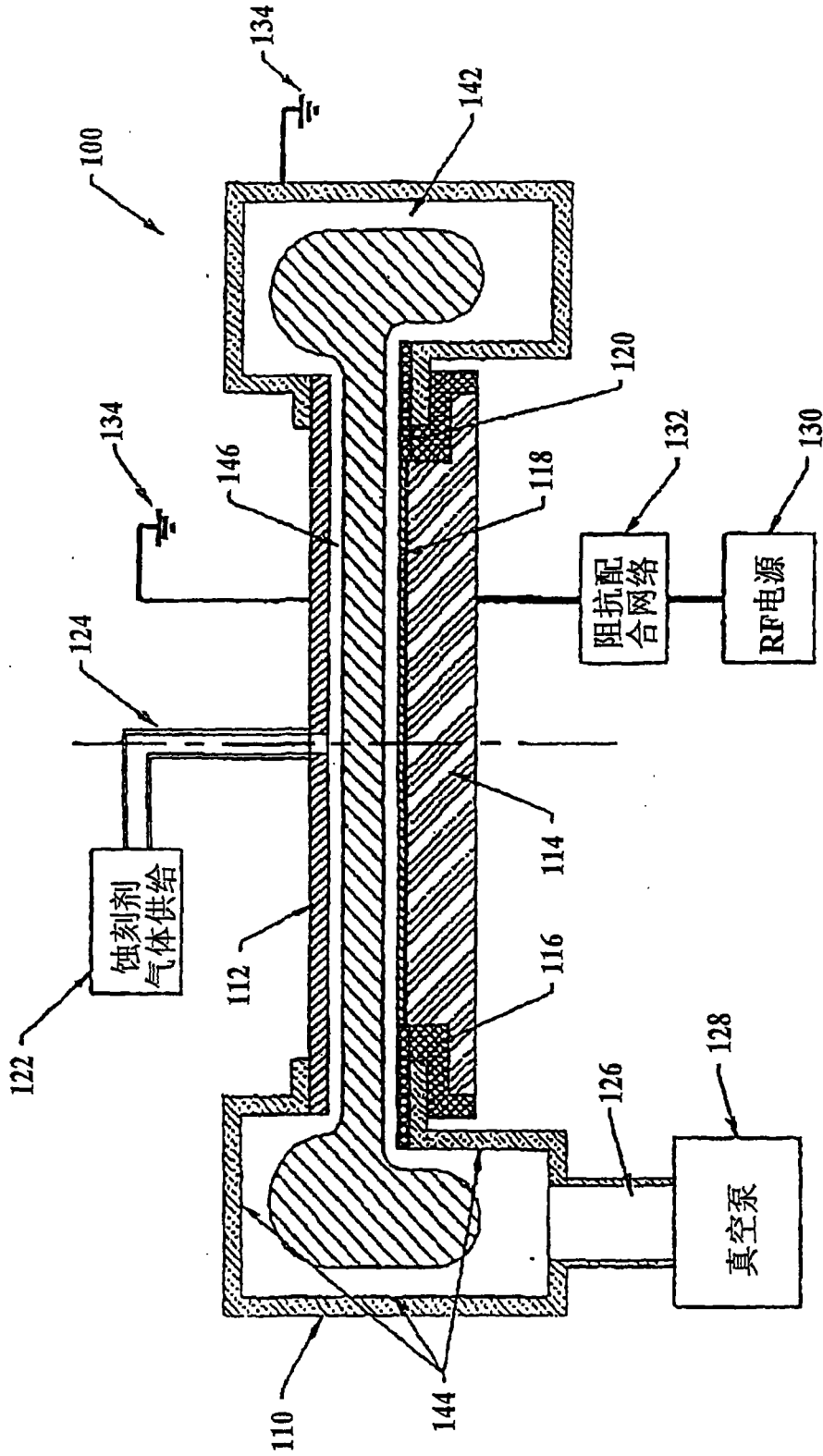


图1

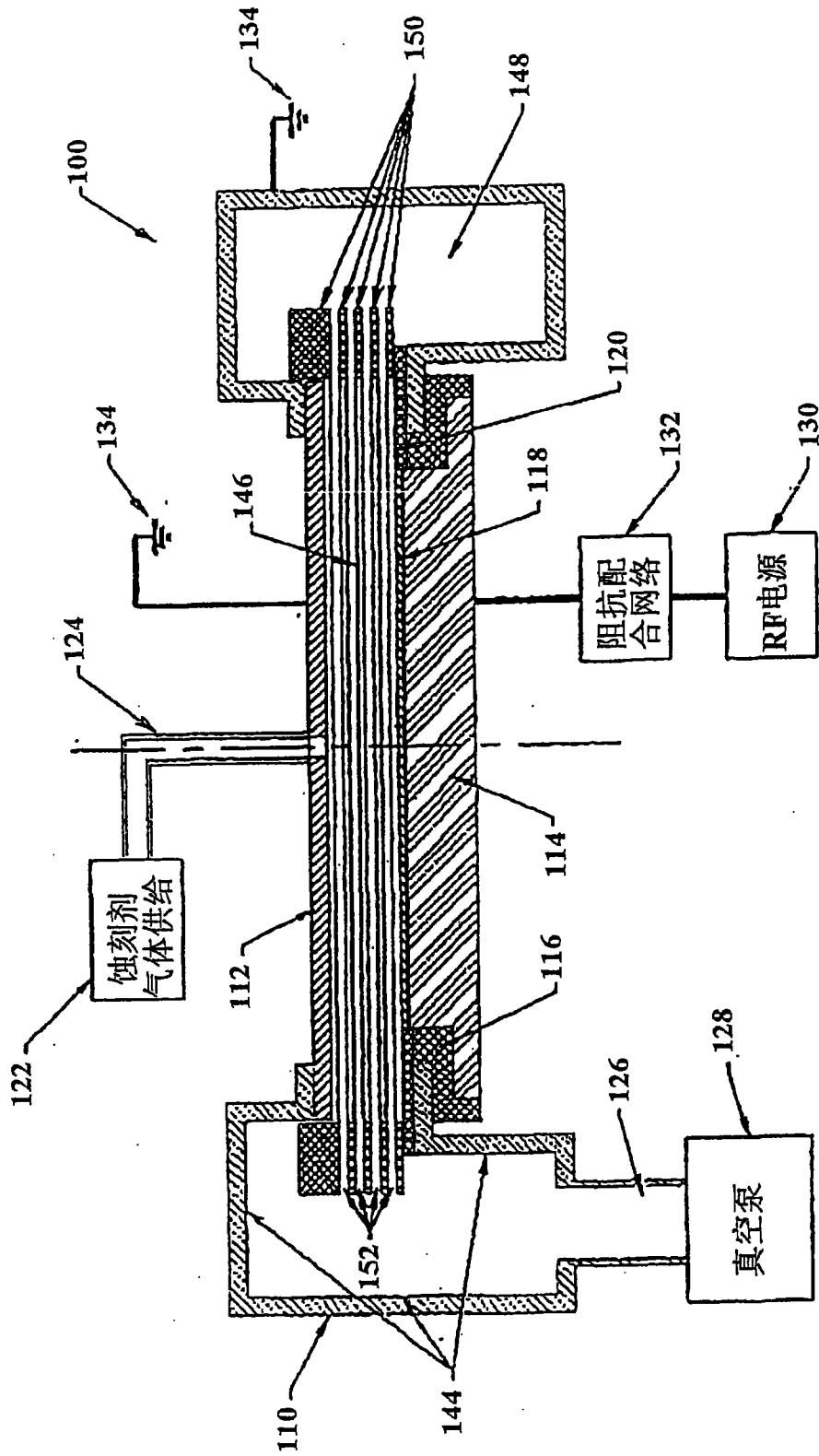


图2

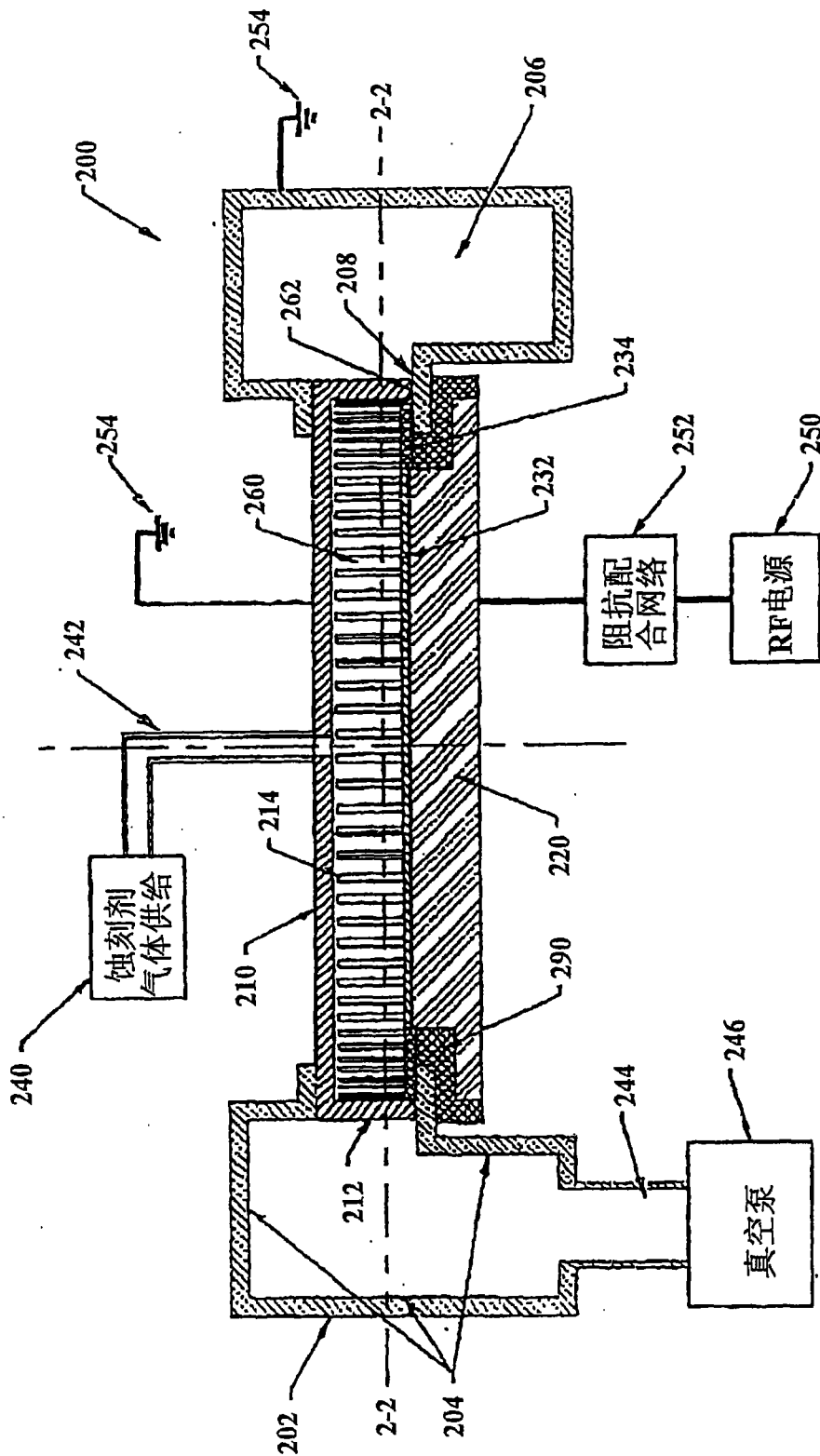


图3

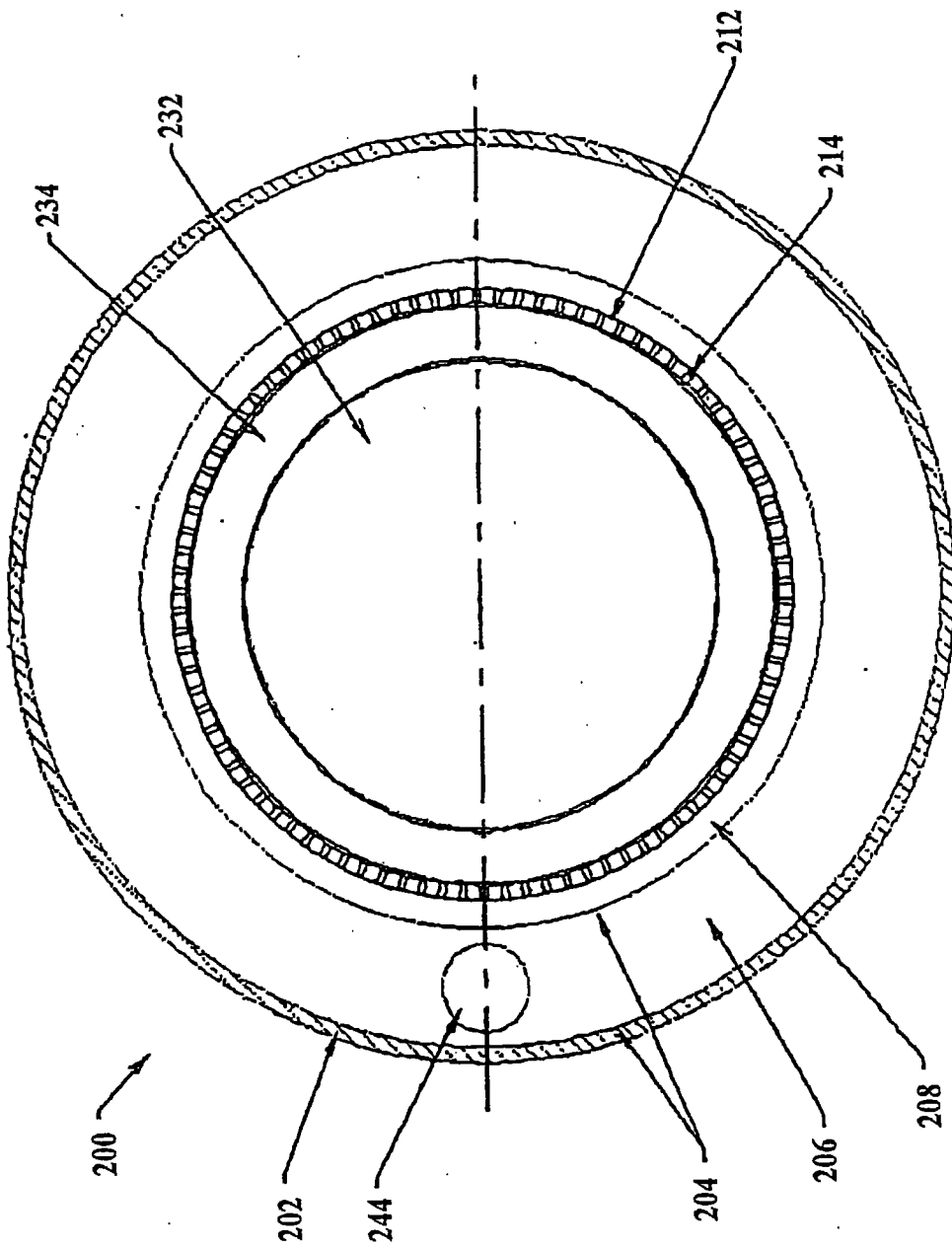


图4

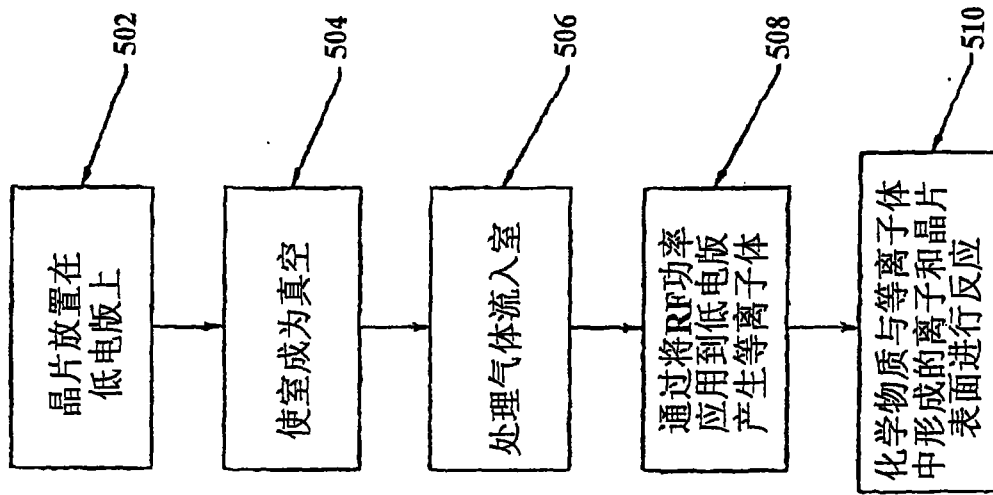


图5

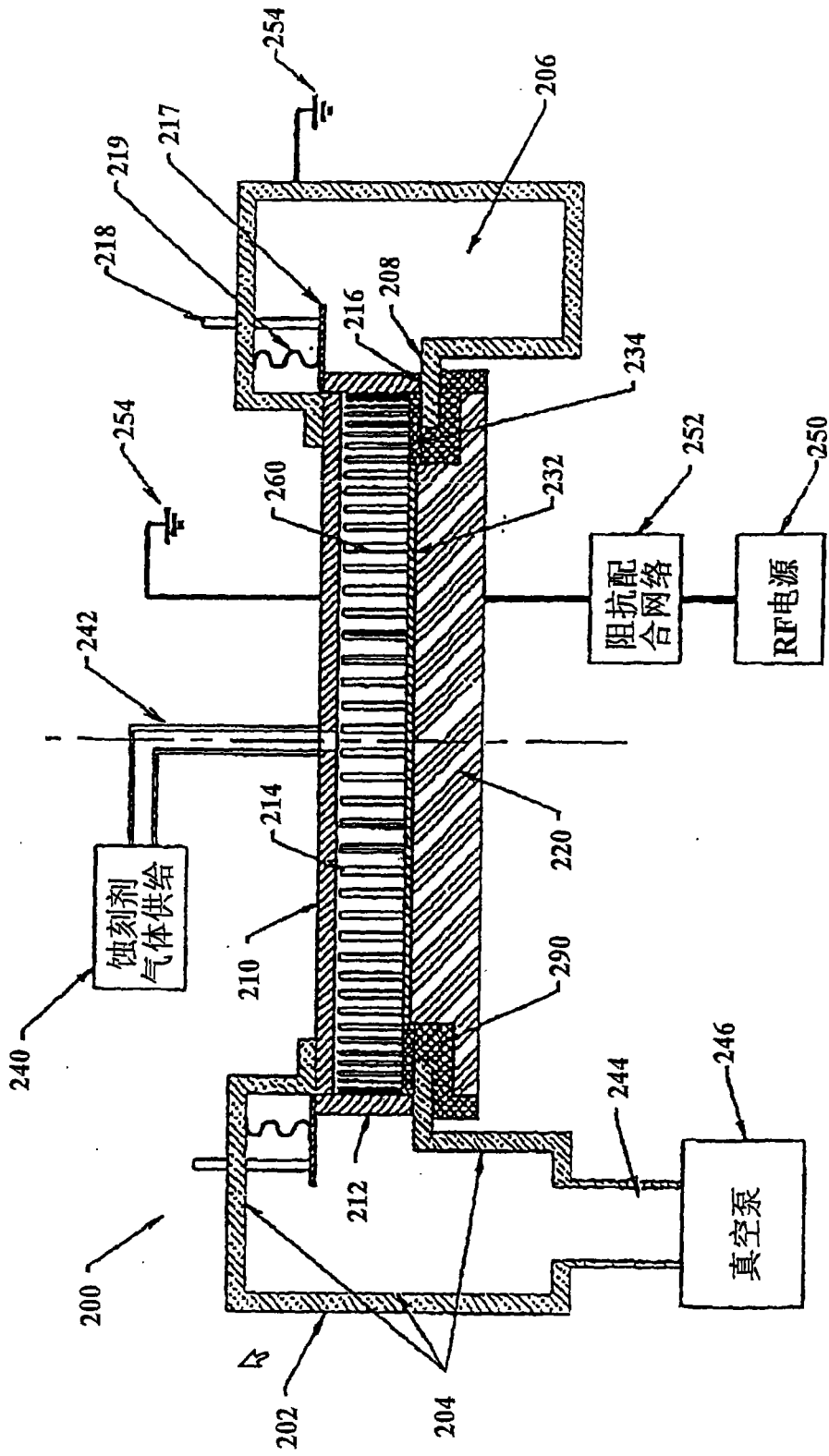


图6

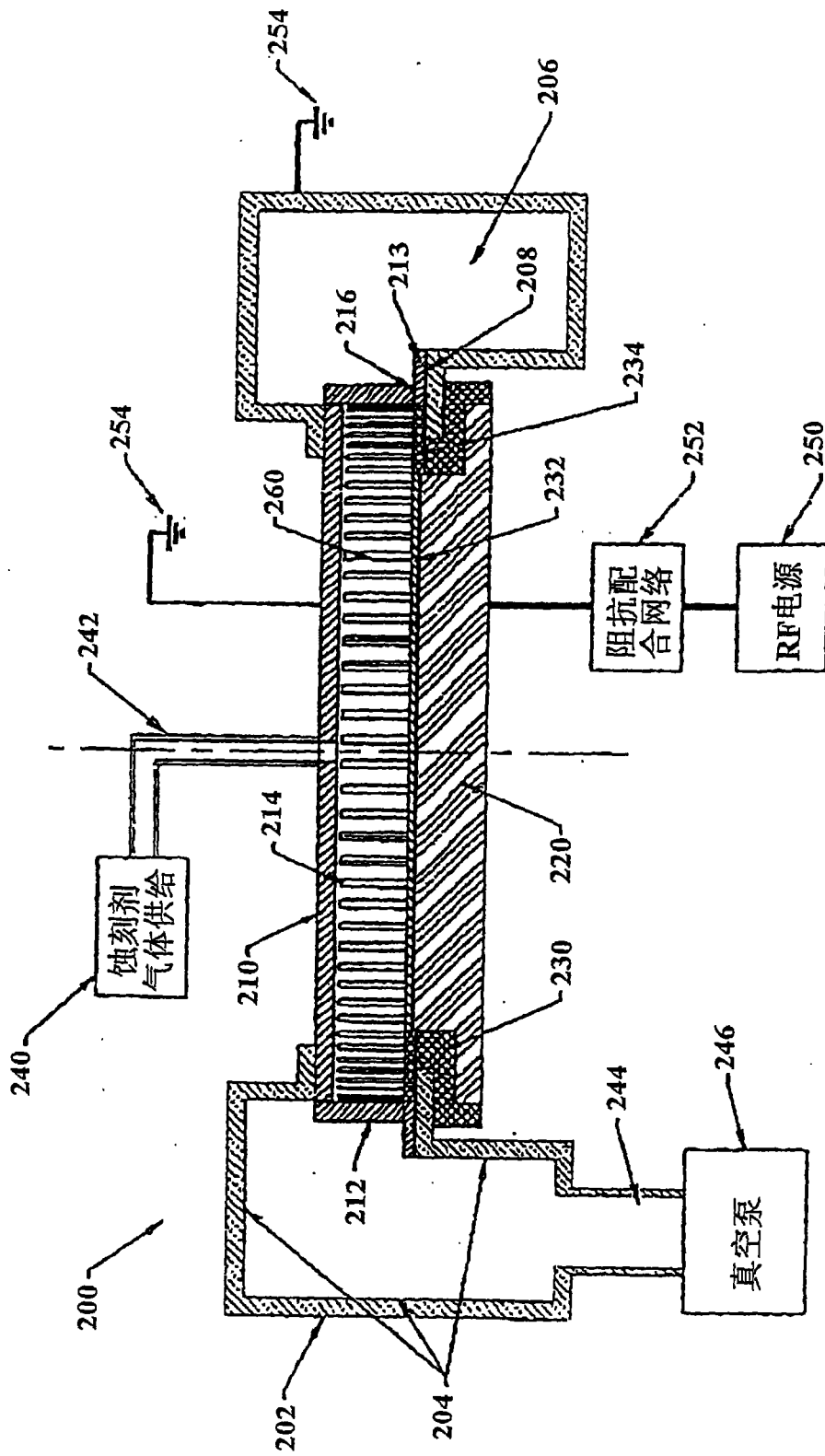


图7

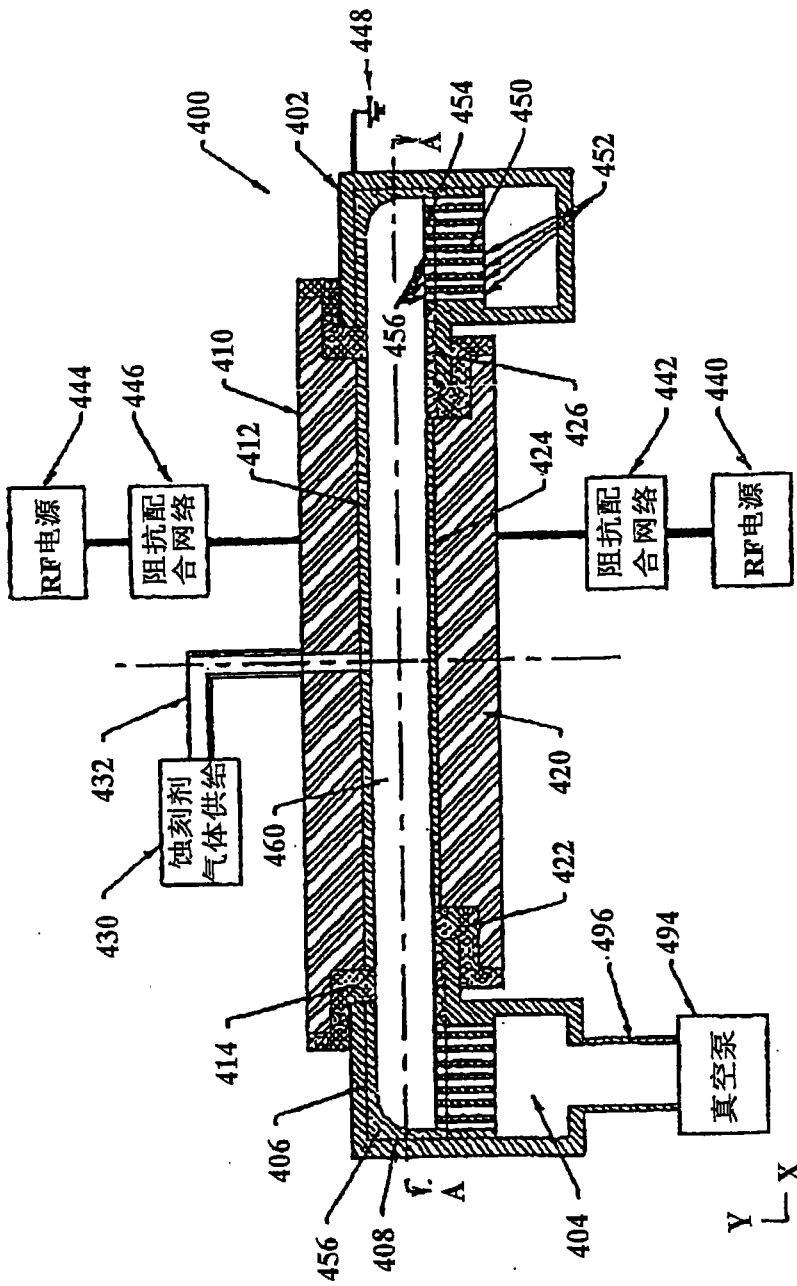


图8

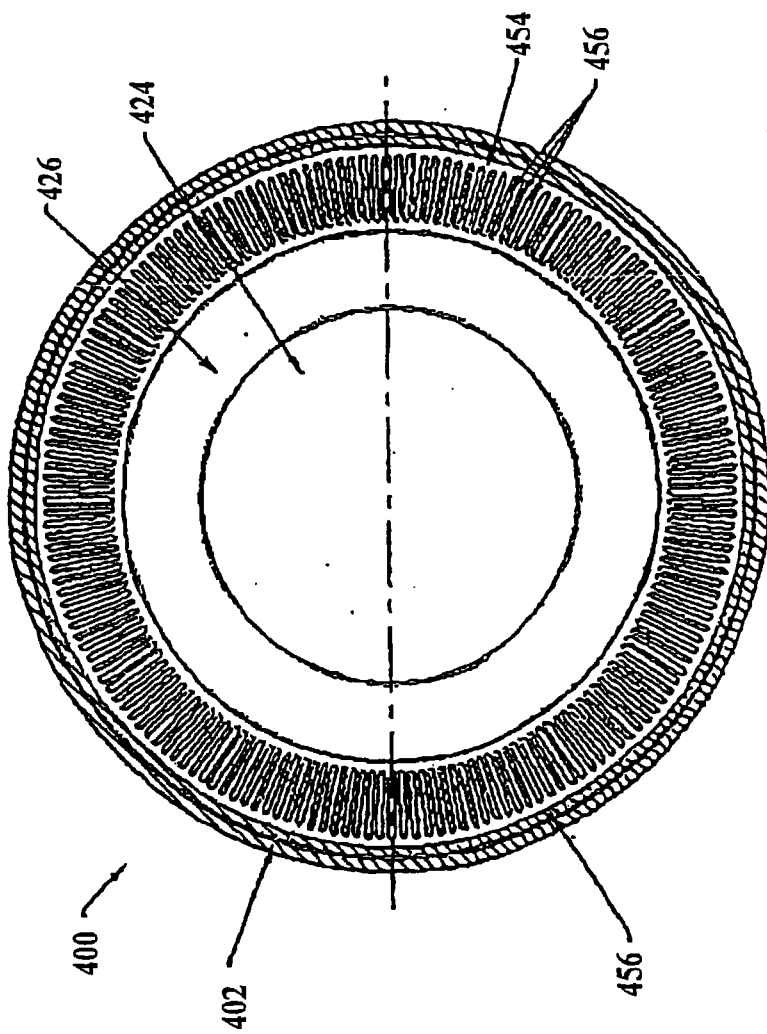


图9

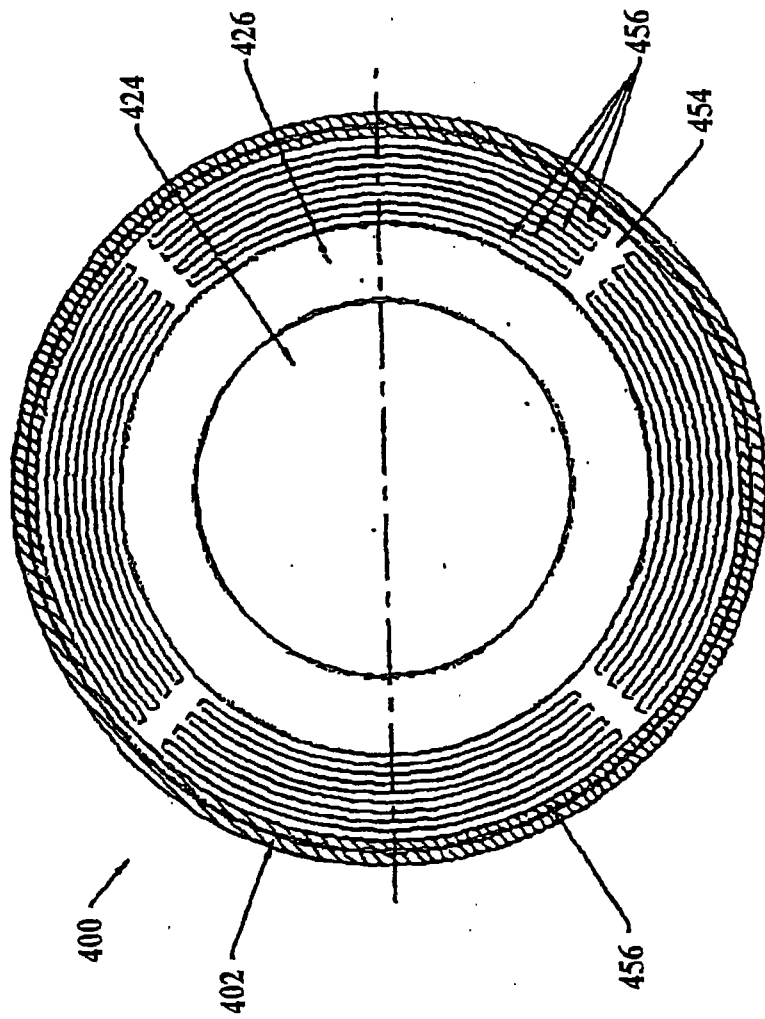


图10