

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01J 37/32

H01L 21/3065

H05H 1/00



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00818408.9

[45] 授权公告日 2005 年 10 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 1225005C

[22] 申请日 2000.11.14 [21] 申请号 00818408.9

[30] 优先权

[32] 1999.11.15 [33] US [31] 09/439,759

[86] 国际申请 PCT/US2000/042158 2000.11.14

[87] 国际公布 WO2001/037311 英 2001.5.25

[85] 进入国家阶段日期 2002.7.15

[71] 专利权人 兰姆研究有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 A·D·拜利三世 A·M·舍普

N·布赖特

审查员 郑丽芬

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

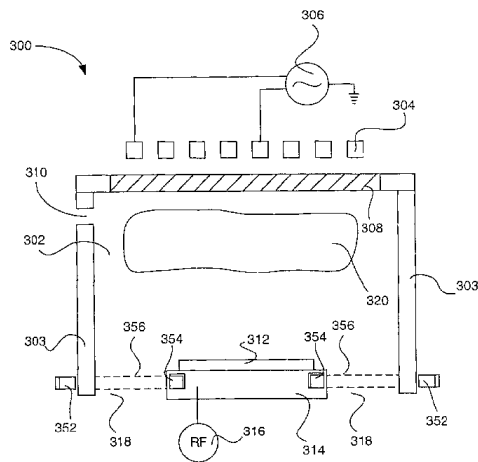
代理人 肖春京 黄力行

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 9 页

[54] 发明名称 用于控制等离子体体积的方法和设备

[57] 摘要

这里公开的是一种用于在采用等离子体增强工艺加工处理室中的衬底的过程中控制等离子体体积的等离子体限定装置。该装置包括具有多个第一磁元件的第一磁性桶形装置。第一磁元件被构型为用于在加工室内产生第一磁场。该装置还包括具有多个第二磁元件的第二磁性桶形装置。第二磁元件被构型为用于在加工室内产生第二磁场。第二磁场构型为与第一磁场组合,以便在第一与第二磁性桶形装置之间产生合成磁场。该合成磁场被构型为在允许加工中产生的副产物气体通过,而将等离子体大致限定在至少由加工室和合成磁场确定的体积内。



ISSN 1008-4274

1. 一种用于加工衬底的等离子体加工设备，包括：

圆柱形的加工室，在该加工室内等离子体被点燃和保持以进行所述的加工；

5 等离子体限定装置，它包括：

围绕所述加工室周边设置的外磁性桶形装置，所述外磁性桶形装置具有相对于所述加工室的轴线放射状地并且对称地设置的多个第一磁元件，所述多个第一磁元件构型为可以产生第一磁场；

10 设在所述加工室内且具有比所述外磁性桶形装置直径小的直径的内磁性桶形装置，所述内磁性桶形装置具有相对所述加工室的轴线放射状地并且对称地设置的多个第二磁元件，所述多个第二磁元件构型为可以产生第二磁场。

所述等离子体限定装置被构型为采用所述第一和第二磁场在所述外磁性桶形装置和所述内磁性桶形装置之间产生等离子体限定磁
15 场，使得由所述加工产生的副产物气体可以通过，而把所述等离子体限定在至少由所述圆柱形加工室和由所述等离子体限定磁场所确定的体积内。

2. 如权利要求 1 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述第一磁场的一部分与所述第二磁场一部分组合，所述的组合产生了所述
20 等离子体限定磁场，所述等离子体限定磁场的磁场强度能防止等离子体通过所述等离子体限定磁场。

3. 如权利要求 1 所述的等离子体加工设备，其特征在于，由所述第一磁场和第二磁场产生的所述等离子体限定磁场具有的组合磁通量
范围是 50 至 1000 高斯。

25 4. 如权利要求 1 所述的等离子体加工设备，其特征在于，当所述衬底被放在所述加工室内以进行加工时，所述等离子体限定装置在靠近所述衬底表面处不产生磁场。

5. 如权利要求 1 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述第一磁元件沿所述加工室的轴线空间上偏置，且所述第二磁元件沿所述
30 加工室的轴线空间上偏置。

6. 如权利要求 1 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述多个第一磁元件的第一磁元件总数与所述多个第二磁元件的第二磁元件

总数相等，使得每个所述第一磁元件具有一个对应的第二磁元件。

7. 如权利要求 6 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述第一磁元件和所述第二磁元件具有尖点，所述第一磁元件的尖点与所述对应的第二磁元件的尖点轴对称地对准。

5 8. 如权利要求 7 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述第一磁元件的磁化矢量与所述对应的第二磁元件的磁化矢量指向相同的方向。

9. 如权利要求 8 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述第一磁元件的磁化矢量方向关于所述加工室的轴交替。

10 10. 如权利要求 1 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述第一和第二磁元件是永磁铁。

11. 如权利要求 1 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述等离子体限定装置还包括一个围绕所述内磁性桶形装置的内周边和顶部周边设置的内磁通量板和一个围绕所述外磁性桶形装置的外周边设置的外磁通量板，所述内和外磁通量板被构型为控制由所述第一和第二磁元件产生的杂散磁场。

12. 如权利要求 11 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述内和外磁通量板是由具有高导磁率的材料制成。

13. 如权利要求 12 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述内和外磁通量板由冷轧钢制成。

14. 如权利要求 1 所述的等离子体加工设备，其特征在于，还包括：
设在所述加工室内的等离子体屏板装置，所述等离子体屏板装置包括等离子体屏板和等离子体屏板支座，所述等离子体屏板支座的被连接到所述加工室，所述等离子体屏板被接合到所述等离子体屏板支座的。

15. 如权利要求 1 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述等离子体加工设备还包括一个设在所述圆柱形加工室的内周边内的在加工过程中用于固定衬底的圆柱形吸盘装置，所述圆柱形吸盘装置具有比所述圆柱形的加工室的内径小的外径，所述圆柱形吸盘装置与所述圆柱形的加工室轴向对准，所述圆柱形加工室的内周边与所述圆柱形吸盘装置的外周边之间确定了一个圆环形间隙，所述圆环形间隙是圆柱地对称。

16. 如权利要求 15 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述衬底设在所述圆柱形吸盘装置的上方。

17. 如权利要求 16 所述的等离子体加工设备，其特征在于，所述内磁性桶形装置设在所述圆柱形吸盘装置内。

5 18. 如权利要求 17 所述的等离子体加工设备，其特征在于，当所述衬底放在所述加工室内以进行加工时，所述等离子体限定磁场位于所述衬底下方。

19. 如权利要求 15 所述的等离子体加工设备，其特征在于，还包括：

10 设在所述加工室内的等离子体屏板装置，所述等离子体屏板装置包括等离子体屏板和等离子体屏板支座，所述等离子体屏板支座连接到所述圆柱形吸盘装置，所述等离子体屏板被接合到所述等离子体屏板支座上。

用于控制等离子体体积的方法和设备

相关案例的交叉引用

5 本申请与以下现时申请的美国专利申请相关：

申请号 No: 09/439661, 名称 “IMPROVED PLASMA PROCESSING SYSTEM AND METHOD THEREFOR” (律师案卷号 NO: LAM1P122/P0527)

10 申请号 No: 09/470236, 名称 “PLASMA PROCESSING SYSTEM WITH DYNAMIC GAS DISTRIBUTION CONTROL”; (律师案卷号 NO: LAM1P123/P0557)

申请号 No: 09/439675, 名称 “TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR PLASMA PROCESSING APPARATUS”; (律师案卷号 NO: LAM1P124/P0558)

15 申请号 No: 09/440418, 名称 “METHOD AND APPARATUS FOR PRODUCING UNIFORM PROCESS RATES” ; (律师案卷号 NO: LAM1P125/P0560)

申请号 No: 09/440794, 名称 “MATERIALS AND GAS CHEMISTRIES FOR PLASMA PROCESSING SYSTEMS” ; (律师案卷号 NO: LAM1P128/P0561)

上述每项专利申请在此作为引用包括进来。

20 技术领域

本发明涉及加工用于集成电路 (IC) 制造中的半导体衬底或用于平板显示器应用中的玻璃板等衬底的设备和加工方法。更具体说, 本发明涉及对等离子体加工室内等离子体的控制。

背景技术

25 等离子体加工系统已出现了很长时间, 近年来, 感应耦合到等离子体源、电子回旋谐振源 (ECR)、电容源等的等离子体加工系统已引入加工半导体衬底和玻璃板, 并用于改变半导体衬底和玻璃板的加工等级。

30 加工中, 通常用多个淀积和/或蚀刻步骤。淀积中, 材料淀积在衬底表面上 (如玻璃板或晶片的表面上)。例如, 可在衬底表面上形成诸如 SiO₂ 的淀积层。反之, 用蚀刻法在衬底表面上的预定区域有选择地去除材料。例如, 在衬底上的淀积层中形成诸如通路, 接点或沟槽

等蚀刻特性。

等离子体加工的一个特定方法中，用感应源产生等离子体。图 1 示出用于等离子体加工的现有的感应等离子体加工反应器 100。典型的感应等离子体加工反应器包括加工室 102，加工室 102 有设在电介质窗 106 上方的天线感应线圈 104。通常，天线 104 有效地耦连到第一 RF 电源 108。而且，在加工室 102 内设置喷气口 110，用于将例如蚀刻源气的气态源材料释放到电介质窗 106 与衬底 112 之间的 RF 感应等离子体区中。衬底 112 引入加工室 102 中并放在吸盘 114 上，吸盘 114 通常作为底电极并有效地耦连到第二 RF 电源 116。

为了产生等离子体，加工气经喷气口 110 输入加工室 102。之后，用第一 RF 电源 108 给感应线圈 104 施加功率（能量）。所施加的 RF 功率通过电介质窗 106，在加工室 102 中感应大电场。电场加速加工室内存在的少量电子，使它们与加工气的气体分子碰撞。这些碰撞引起电离和开始放电或产生等离子体 118。正如本领域公知的，加工气的中性气体分子在这些强电场作用下失去电子，而留下带正电荷的离子。结果，等离子体 118 中含正电荷离子、负电荷电子和中性气体分子（和/或原子）。

一旦形成了等离子体，等离子体中的中性气体分子有向衬底表面移动的趋势。例如，使得中性气体分子存在于衬底处的机理之一可能是扩散（即，在加工室内的分子随机移动）。因此，通常沿衬底 112 的表面会发现中性物质层（例如中性气体分子层）。因此，当底电极 114 接通电源时，离子朝衬底加速移动与中性物质组合，进行蚀刻反应。

虽然等离子体 118 主要停留在加工室的上部区域（例如有效区），但是部分等离子体仍有充满整个加工室的趋势。等离子体通常进入加工室内任何能持续的地方。例如，等离子体会充入衬底下诸如泵下的区域（例如无效区内）。如果等离子体到达这些区域，就会造成这些区域的刻蚀、淀积和/或腐蚀，这会导致加工室内的因对该区域的刻蚀或淀积材料碎片剥落引起的颗粒污染。结果，使加工室部分的寿命降低。

而且，不受约束的等离子体会形成不均匀的等离子体，导致加工性能变化，即蚀刻均匀性、总蚀刻速率、蚀刻形状、微负荷、选择性

等变化。结果，使集成电路的关键尺寸极难控制。此外，加工性能变化会导致半导体电路中的器件损坏，结果通常使生产成本更高。

5 控制等离子体的标准方法是在等离子体反应器内设等离子体屏板。等离子体屏板的尺寸大致确定为可以将等离子体限定在由加工室和等离子体屏板确定的体积内。大多数情况下，等离子体屏板还包括许多开口，以允许加工中产生的副产品气体穿过等离子体反应器的排气口。

参见图 1 和 2，等离子体屏板 202 与等离子体加工室 100 相连。等离子体屏板 202 通常构型为大致填满加工室壁 120 的内部周边与静电吸盘 114 的外部周边之间形成的间隙。而且，等离子体屏板 202 通常包括许多穿孔 204，穿孔 204 的尺寸应允许加工中形成的副产品气体从排气口 122 排出。同时，穿孔 204 的尺寸确定为将等离子体限定在加工室 102 确定的体积内。穿孔大致形成同心圆、槽等形状。而且，等离子体屏板通常在固定位置与加工室连接（例如用螺栓固定）。

15 但等离子体屏板有一些缺点。通常，设在加工室内的构件在加工期间会造成衬底污染。其原因是，该构件的某些部位或表面吸附的蚀刻副产品和淀积物碎屑会附着到衬底上，造成颗粒污染。颗粒污染会产生不希望有的和/或预想不到的结果。例如，衬底表面上的颗粒会使衬底上要刻蚀的部分中断。按此方式，不能正确地形成沟槽，这会导致器件损坏，因此降低了合格率。而且，在加工中要随时清洁等离子体屏板。以防止过多地累积淀积物和刻蚀副产物。清洁的缺点是降低了衬底的制造量，通常由于生产率的降低提高了生产成本。

25 此外，等离子体屏板减小了副产品气体的通道。例如，等离子体屏板通常使副产品气体通道减小 30%至 60%。这会导致设计中对泵的要求提高。即，为了有效除去副产品气体和保持减小的通道内的所需加工室压力，需要更大的涡轮分子泵。

而且，在加工期间穿孔会阻塞，这就进一步减小了通道。通道减小对泵系统正常功能的发挥造成负面影响，即减小了流通。这会导致加工变化、缩短泵的寿命，进一步降低生产效率，加大成本。而且，等离子体屏板也是消耗部件，因为等离子体屏板与等离子体接触，等离子体中的反应物要撞击等离子体屏板。

此外，正常安装中，等离子体屏板用螺栓连接到加工室，通常会

限制不会造成断裂的可用材料的种类。而且很难保证等离子体屏板与加工室之间的电接触和热接触。

考虑到所述的缺点，需要提供控制加工室内的等离子体体积的改进方法和设备。

5 发明内容

根据本发明，提供了一种用于加工衬底的等离子体加工设备，包括：

圆柱形的加工室，在该加工室内等离子体被点燃和保持以进行所述的加工；

10 等离子体限定装置，它包括：

围绕所述加工室周边设置的外磁性桶形装置，所述外磁性桶形装置具有相对于所述加工室的轴线放射状地并且对称地设置的多个第一磁元件，所述多个第一磁元件构型为可以产生第一磁场；

15 设在所述加工室内且具有比所述外磁性桶形装置直径小的直径的内磁性桶形装置，所述内磁性桶形装置具有相对所述加工室的轴线放射状地并且对称地设置的多个第二磁元件，所述多个第二磁元件构型为可以产生第二磁场。

20 所述等离子体限定装置被构型为采用所述第一和第二磁场在所述外磁性桶形装置和所述内磁性桶形装置之间产生等离子体限定磁场，使得由所述加工产生的副产物气体可以通过，而把所述等离子体限定在至少由所述圆柱形加工室和由所述等离子体限定磁场所确定的体积内。

附图说明

25 图 1 示出用于等离子体加工的现有技术的感应等离子体加工反应器；

图 2 是图 1 所示的现有感应等离子体加工反应器的顶视图；

图 3 是根据本发明一个实施例的具有等离子体限定装置的典型的等离子体加工系统示意图；

30 图 4 是根据本发明一个实施例的具有等离子体限定装置的典型的等离子体加工系统的断开侧视图；

图 5 是根据本发明一个实施例的具有等离子体限定装置的等离子体加工反应器的顶视图；

图 6 是根据本发明一个实施例的具有等离子体限定装置的等离子体加工反应器的断开的顶视图；

图 7 是根据本发明一个实施例的有较大外磁性桶形装置的典型的等离子体加工系统的示意图，较大外磁性桶形装置的第一磁元件从加工室的顶部伸到加工室的底部；

图 8A 是根据本发明一个实施例的用等离子体限定装置和等离子体屏板的典型等离子体加工系统的示意图；

图 8B 是图 8A 所示的根据本发明一个实施例的等离子体屏板和固定器组件的放在侧视图；

图 9 是按本发明一个实施例的包括等离子体屏板的图 7 所示等离子体加工设备的示意图。

具体实施方式

现在参照附图所示的本发明的优选实施例详细说明本发明。以下的说明中，陈述了许多具体的细节，以便充分理解本发明。显然，对本领域技术人员而言，没有这些具体细节也能实施本发明。其它例中，为了不造成本发明的不必要的不清楚，不再描述公知的工艺步骤。

一个实施例中，本发明提供用于加工衬底的等离子体加工设备。等离子体加工设备包括大致是圆柱形的加工室，在加工室内等离子体被点火并保持以便用于加工衬底。等离子体加工设备还包括由外磁性桶形装置和内磁性桶形装置构成的等离子体限定装置，外磁性桶形装置产生第一磁场，内磁性桶形装置产生第二磁场。用第一和第二磁场在外磁性桶形装置与内磁性桶形装置之间产生等离子体限定磁场，它允许加工产生的副产物气体通过，并把等离子体大致限定在至少由大致定圆柱形的加工室和等离子体限定磁场确定的体积内。

当衬底放在等离子体加工室内的吸盘上，开始进行等离子体加工。给输入到等离子体室的加工气施加功率从而产生等离子体。等离子体向有效区和无效区移动，趋于充满整个加工室。在有效区中，等离子体的离子朝衬底加速移动，它们在衬底表面与淀积在衬底表面上的材料反应，与中心反应物结合，以加工衬底。在无效区内，通常会

产生负面的加工条件，例如产生不均匀的等离子体密度，或与加工室的无保护区反应，即与排气口碰撞。

按本发明的一个方面，通过引入加工室内的磁场，能改善对等离

子体加工反应器内的等离子体的限定。磁场构型为可以防止等离子体移到加工室的无效区。更具体地说，设置磁场，迫使等离子体离开无效区而集中到加工室的有效区附近的区域。结果，使等离子体大致限定到加工室的预定区域（例如有效区）。

5 不希望受理论约束，相信将磁场构型为可以影响带电颗粒（例如等离子体中的负电荷电子和正电荷离子）的方向。磁场可布置成起镜像场（mirror field）作用，它能瞬时俘获等离子体中的带电荷颗粒（沿场线的盘旋），并最终沿离开磁场的方向重新确定它们的方向。换句话说，如果带电荷颗粒要跨越磁场，它会受磁场干扰而旋转或反
10 射开。按此方式，磁场抑制了等离子体跨越磁场限定区的移动。

在一个优选实施例中，把外磁性桶形装置和内磁性桶形装置引入等离子体系统建立所述的磁场或等离子体限定磁场。磁性桶形装置建立的磁场覆盖内外磁性桶形装置之间的区域。如上所述，磁场构型为可以防止等离子体移动到加工室内的无效区，并可以把等离子体大致
15 限定在至少由加工室和等离子体限定磁场确定的体积内。最好把外磁性桶形装置设在加工室周围，内磁性桶形装置设在加工室周边内。但是，实际的位置可按每个等离子体加工系统的具体设计变化。

而且，最好把外磁性桶形装置构型为具有多个第一磁元件，内磁性桶形装置最好构型为具有多个第二磁元件，第一和第二磁元件均相
20 对于加工室的轴放射状地 and 对称地设置并构型为可以产生磁场。第一和第二磁元件产生的磁场的组合生成合成磁场（例如，等离子体限定磁场），以允许加工产生的副产物气体通过，同时把等离子体大致限定在至少是由加工室和等离子体限定磁场确定的空间内。更具体地说，把等离子体限定磁场构型为允许中性颗粒通过而阻挡带电荷颗
25 粒。

为容易描述本发明的该方案，图 3 和图 4 示出了采用所述磁性桶形装置的典型等离子体加工系统 300 的示意图。典型的等离子体加工系统 300 以电感性耦合的等离子体反应器示出，但是，要注意，本发明可以采用能形成等离体的任何等离子体反应器的形式应用，例如，
30 电容性耦合的等离子体反应器或 ECR 反应器。

等离子体加工系统 300 包括等离子体加工室 302，等离子体加工室的一部分由加工室壁 303 确定。为了容易制造和便于操作，等离子体

加工室 302 最好构型为具有大致垂直的室壁 303 的大致是圆柱形状。但是，应注意，本发明不限于此，可采用各种构形的加工室。

在室 302 外部设有天线装置 304（用线圈表示），天线装置 304 经匹配网络（为简化图示，图 3 中未示出）耦连到第一 RF 电源 306。第一 RF 电源 306 构型为给天线装置 304 供给频率范围为 0.4MHz 至 50MHz 的 RF 能量。而且，在天线 304 与衬底 312 之间设电介质窗 308。衬底 312 代表要被加工的工件，它例如可以要被刻蚀、淀积或要进行其它加工的半导体衬底，或者是要被加工成平板显示器的玻璃板。例如，在与本申请同时申请的，在此引作参考的发明名称为“METHOD AND APPARATUS FOR PRODUCING UNIFORM PROCESS RATES”（律师案卷号为 NO: LAM1PD125/P0560）的待审查专利申请中，对用在典型的等离子体加工系统中的天线/电介质窗有更详细的描述。

加工室 302 内通常设有气体喷嘴 310，气体喷嘴最好沿加工室 302 的内周边设置，以便把气体源材料（例如，蚀刻源气）释放进电介质窗 308 与衬底 312 之间的 RF 感应等离子体区中。或者，气体源材料从构建在加工室自身的壁中的口或经过设在电介质窗中的喷头释放。例如，在与本申请同时申请的在此引作参考的发明名称为“PLASMA PROCESSING SYSTEM WITH DYNAMIC GAS DISTRIBUTION CONTROL”（律师案卷号 NO: LAM1P0123/P0557）的待审查专利申请中，对可用于典型的等离子体加工系统中的气体分配系统有更详细描述。

多数情况下，衬底 312 引入加工室 302 并放在吸盘 314 上，吸盘被构型为在加工过程中能固定衬底。吸盘 314 可以是 ESC（静电）吸盘，它用静电力把衬底 312 固定到吸盘表面。通常，吸盘 314 用作底电极，并最好用第二 RF 电源 316 施加偏压。第二 RF 电源 316 构型为可以供给频率范围为 0.4MHz 至 50MHz 的 RF 能量。

此外，吸盘 314 最好设置成大致是圆柱形，并与加工室 302 的轴向对准，使得加工室和吸盘呈圆柱形对称。但是，要注意，吸盘不限于这些，可根据每个加工系统的具体结构改变吸盘位置。吸盘 314 也可以构型为在用于加载和卸除衬底 312 的第一位置（未示出）与加工衬底的第二位置（未示出）之间移动。

再参见图 3 和 4，在加工室壁 303 与吸盘 314 之间设排气口 320。但是，要注意，排气口的实际位置可根据每个等离子体加工系统的具

体结构变化。排气口 320 最好构型为能排出加工期间产生的副产物气体。而且，排气口 320 耦连到涡流分子泵（未示出），涡流泵通常放在加工室 302 外。正如本行业技术人员公知的，涡流分子泵使加工室 302 内保持合适的压力。

5 而且，在半导体加工中，例如蚀刻加工，要严格控制加工室内的许多参数，以保持高容限结果。加工室的温度是一个这样的参数。由于蚀刻容限（和制成的半导体器件的性能）对系统中元件的温度波动很敏感，所以要精确控制温度。与本申请同日申请的在此引作参考的，发明名称为“TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR PLASMA PROCESSING
10 APPARATUS”；（律师案卷号为 No: LAM1P0124/P0558）的待审查专利申请中更详细描述了可用在典型的等离子体加工系统中进行温度控制的温度控制系统的一个实例。

此外，对等离子体加工实现严格控制的另一个重要考虑是用于等
15 离子体加工室的材料，例如，用于诸如加工室壁的内表面的材料。还有一个重要考虑是用于加工衬底的气体化学。与本申请同日申请的在此引作参考的发明名称为“MATERIALS AND GAS CHEMISTRIES FOR
PLASMA PROCESSING SYSTEMS”，（律师案卷号为 No: LAM1P
0128/P0561-1）的待审查专利申请中，更详细描述了可用于典型的等
离子体加工系统中的材料和气体化学的实例。

20 加工气体经气体喷嘴 310 输入加工室 302，以产生等离子体。之后，用第一 RF 电源 306 给天线 304 供给功率，在加工室 302 内产生大电场。电场加速加工室内存在的少量电子，使它们与加工气的气体分子碰撞。这些碰撞引起电离，并开始放电或产生等离子体 320。正如本
行业公知的，加工气的中性气体分子经这些强电场作用而失去电子，
25 留下带正电荷的离子。结果，在加工室 320 内含有带正电荷的离子、带负电荷的电子和中性气体分子。

一旦形成了等离子体，加工室内的中性气体分子会朝衬底表面移动。例如，使得衬底上出现的中性气体分子的一个机理可能是扩散（即加工室内的分子随意移动）。因此，沿衬底 112 的表面通常会发现中
30 性物质层（例如，中性气体分子）。因此，在给底电极 314 供电时，离子朝衬底加速移动，与中性物质撞击，进行衬底加工，即蚀刻、淀积等。

图 3 和 4 中还展示出等离子体限定装置，它包括外磁性桶形装置 352 和内磁性桶形装置 354。如上所述，外磁性桶形装置 352 和内磁性桶形装置 354 被构型为可以产生关联的多个磁场，这些磁场组合形成等离子体限定磁场 356。在一个优选实施例中，等离子体限定磁场 356 最好位于加工室壁 303 与吸盘 314 之间。以该方式，等离子体被防止进入排气口 318，因而把等离子体 320 大致限定在加工室 302 内。但是，要注意，加工室内的等离子体限定磁场的实际位置应根据每个等离子体加工系统的具体结构变化。

尽管图 3 和 4 示出了在同一平面中的外磁性桶形装置 352 和内磁性桶形装置 354，但应了解，它们可以是偏置的。只需要部分外磁性桶形装置 352 和部分内磁性桶形装置 354 在同一平面内。如果没有重叠，那么，等离子体限定磁场不能有效地限定等离子体。

参见图 4，等离子体限定磁场 356 设置成大致平行于衬底 314 并位于衬底 314 的顶表面确定的平面下。内和外磁性桶形装置最好设在衬底下 0.25 英寸与 1.5 英寸之间的位置。但是，要注意，内和外磁性桶形装置可设在加工室内的任何地方，只要它们不产生贴近衬底的磁场即可。例如，等离子体限定装置可设在衬底上方，以把等离子体限定在更小的区域，或将等离子体引导到加工室中特定的区域，很像均匀的环。而且，等离子体限定磁场不限于平行衬底，可以设在其它位置，例如与由衬底限定的平面成一定角度。

最好不要等离子体屏板，因为等离子体屏板通常会增大颗粒污染，增大可消耗件的成本，增加清洁步骤，减小气流导通。而且，由于等离子体限定在特定的体积内，能得到更均匀的等离子体密度，其中可以实现更均匀的蚀刻，即衬底的中心和边缘具有大致相同的加工速率。

为了进一步描述本发明的特征和它们比现有技术好的优点，图 5 和 6 是按本发明一个方案的具有等离子体限定装置的等离子体加工反应器 300 的顶视图。如上所述，等离子体限定装置 350 包括外磁性桶形装置 352 和内磁性桶形装置 354。外磁性桶形装置 352 最好围绕加工室 302 的周边设置。在一个实施例中，外磁性桶形装置 352 最好设在加工室壁 303 的外边。但是要注意，外磁性桶形装置也可以设在加工室壁内以及加工室内等。

而且，内磁性桶形装置 354 设在加工室 303 周边内。内磁性桶形装置 354 的直径最好小于外磁性桶形装置 352 的直径。一个实施例中，内磁性桶形装置 354 设在吸盘 314 内。但是，要注意，这不是限制，内磁性桶形装置也可以设在加工室内的任何位置。例如，内磁性桶形装置 5 5 装置设在吸盘上方的均匀环内。

参见图 5 和 6，外磁性桶形装置 352 包括多个相对加工室 302 的轴线 362 放射状地并对称地设置的第一磁元件 360。第一磁元件 360 最好相对加工室周边轴向取向，使得它们的尖点（例如 N 或 S 点）指向轴线 362。正如本领域技术人员所公知的，尖点在磁元件的磁力线组集中在一起的区域上，即磁元件的北极端或南极端。而且，第一磁元件 10 360 沿加工室周边空间偏置，使得在每个第一磁元件 360 之间设有间距 364。要知道，间距大小应随每个等离子体加工系统的具体结构变化。

还是如图 5 和 6 所示，内磁性桶形装置 354 包括相对加工室 302 的轴线放射状地并对称地设置的多个第二磁元件。与第一磁元件 360 15 极相似，第二磁元件 366 也相对吸盘周边轴向取向，使得它们的尖点（例如 N 或 S 点）指向轴线 362。而且，第二磁元件 366 沿吸盘周边空间偏置，在每个第二磁元件 366 之间设有间隔 368。还应知道，间距大小应随每个等离子体加工系统的具体结构变化。

而且，第一磁元件 360 的总数最好等于第二磁元件 366 的总数，20 使得每个第一磁元件对应每个第二磁元件。在一种实施方式中，第一磁元件总数约为 32。但是每个加工室的磁元件实际数会随每个等离子体加工系统的具体结构变化。通常磁元件数量应足够多，以保证有可以有效限定等离子体的足够大的等离子体限定磁场。具有很少的磁元件会在等离子体限定磁场中产生低点，它会使等离子体进入不希望的25 区域。但是，由于通常在沿磁力线在尖点处损失最高，太多的磁元件会造成密度增强受损。

在一个优选实施例中，第一磁元件 366 的尖点与对应的第二磁元件 360 的尖点轴向对准，并有指向同一方向的磁化矢量。正如本行业技术人员公知的，磁元件的磁化矢量确定磁极（例如 N/S）的方向。而且，第一磁元件和相应的第二磁元件的磁化矢量沿加工室轴线的方向30 最好交替（例如，N/S，S/N，N/S，S/N 等）。

最好但不是必须，把第一和第二磁元件均构型为尺寸相同和产生

相同磁通量的永磁铁。但是，不限于大小相同和磁通量相同，某些结构中可能需要磁元件有不同的磁通量和不同的尺寸。例如，约 50 至 1500 高斯的磁通量适合于产生等离子体限定磁场 369，该磁场有足够抑制等离子体移动的强度。影响磁通量和磁铁尺寸的其它因素有气体化学、功率、等离子体密度等等。永磁铁最好用强磁永磁铁材料制造，例如用 NdFeB 或 SmCo 族磁性材料制造。某些小加工室中，也可用 AlNiCo 或陶瓷材料。

尽管可以用永磁铁制造等离子体限定装置，但也可以用电磁铁制造等离子体限定装置。电磁铁的优点是能控制磁通量，因而能更好进行工艺控制。但是，用电磁铁使系统制造复杂，因而不实用。

参见图 6，第一磁元件 360 被构型成可以产生第一磁场 370，第二磁元件 366 被构型成可以产生第二磁场 372。最好是部分第一磁场 370 与部分第二磁场 372 重叠。更具体地说，磁元件构型为使部分磁力线结合，以增大得到的环形间隙中的磁场强度。而且，磁元件最好构型为使轴向取向的磁元件 360、366 之间的磁力线连接。两个磁场分量 370、372 和连接磁力线 376 的吸引产生了要求的等离子体限定磁场 369。磁场 370、372 在加工室壁 303 与吸盘 314 之间的环形间隙或排气口两侧相互吸引，以提供覆盖环形间隙的足够强的等离子体限定磁场 369。尽管等离子体限定磁场已覆盖吸盘与加工室壁之间的区域，但应了解，等离子体限定磁场的布局可以变化，例如，磁场可用于排斥来自加工室任何预定区域的等离子体。

大多数情况下，磁元件有高的磁场强度，以便从磁铁发出大的磁场强度并影响相连的磁场的布局。如果选择太小的磁通量，等离子体限定磁场中的弱磁场区会更大，因此，等离子体限定磁场不能有效限定等离子体。因此，最好使磁场的重叠达到最大，并为了使弱磁场区最小而使磁场相连。最好结合第一和第二磁场，或者等离子体限定磁场的磁性组合场强能有效防止等离子体穿过等离子体限定磁场。更具体地说，等离子体限定磁场的磁通量范围应在约 15 至 1500 高斯。在约 50 至 1000 高斯较好，在 100 至 800 高斯更好。

通常，第一壁 380 设在第一磁元件 360 与加工室 302 之间，第二壁 382 设在第二磁元件 366 与加工室 302 之间。第一壁 380 可以是例如加工室壁 303，第二壁 382 可以是例如吸盘 314 的一部分。壁（例

如，加工室壁和吸盘的一部分)最好用大致抗等离子体环境的非磁性材料构成。例如，可用SiC、SiN、石英、阳极氧化铝、氮化硼、碳化硼等构成壁。

而且，磁元件与加工室之间的距离应最小化，以能更好利用磁元件产生的磁能。即，磁元件越靠近加工室，在加工室内产生的磁场强度越大。如果距离大则需用更大的磁铁来得到所需的磁场。距离最好在1/16英寸至1英寸之间。应了解，距离可根据磁元件与加工室之间所用的具体材料而变化。

关于所用的磁场，通常在贴近衬底处的磁场强度为0或接近0。衬底表面附近的磁通量会对加工均匀性有负面影响。因此，由等离子体限定装置产生的磁场最好构型为在衬底上方产生大致为0的磁场。

根据本发明的另一方面，设置多个磁通量板以控制由等离子体限定装置的第一和第二磁元件产生的杂散磁场。磁通量板被构型为在不需磁场(例如，在磁元件的不使用侧凸出的磁场)的区域中将磁场短路。而且，磁通量板能改变某些磁场的方向，因而使更强的磁场处在要求的区域内。磁通量板最好使衬底区域内的磁场强度最小。结果，磁元件能放在更接近衬底的位置。而且，可以实现贴近衬底表面的磁场为0或接近0。

再参见图4，等离子体限定装置350包括用于控制杂散磁场的多个磁通量板。一个实施例中，内磁通量板400连续设在内磁性桶形装置354的内周边和顶周边周围，即设在最接近衬底一侧上。内磁通量板400最好设置成能阻挡指向衬底312的杂散磁场以及改变这些杂散磁场的方向。内磁通量板400最好包括第一元件402和第二元件404。第一元件402沿内磁性桶形装置354的顶表面设置，第二元件沿内磁性桶形装置354的内周边设置。而且，内磁通量板400最好设在贴近内磁性桶形装置354的位置。内磁通量板400与内磁性桶形装置354紧密接触更好。该装置的最大优点是使磁场朝向圆环区域改变方向。

应了解，不限于这些位置，第一和第二元件可设置在其它位置，只要能大致防止贴近衬底处形成杂散磁场即可。而且，内磁通量板不限于有两个元件，它可以构型为单个元件或者有多个元件。

在另一实施例中，外磁通量板406连续设置在外磁性桶形装置352的外周边周围，以使磁场方向改变成指向加工室中，其有助于限定等

离子体空间，即能有效利用磁铁。此外，外磁通量板能阻止外磁场干扰对设计的影响。而且，外侧磁通量板 406 最好位于贴近外磁性桶形装置 352 处。外磁通量板 406 与外磁性桶形装置 352 紧密接触更好（其原因与前面所述的关于内磁通量板的相同）。

5 通常，用能吸收（例如，短路）杂散磁场的材料制造磁通量板。例如，可用高导磁率（ μ ）材料制造磁通量板。在一个实施例中，用冷轧钢制造磁通量板。另一实施例中，用铁制造磁通量板。

有利的是，内磁通量板能使第二磁元件处在更接近衬底处，而不会在衬底表面附近产生磁场。以此方式，等离子体限定磁场也可设在
10 更接近衬底处，从而能更好地限定等离子体。此外，通过把磁元件放在更接近衬底处，更多的排气口会被覆盖。

而且，应了解，内磁性桶形装置离衬底有一个较好的距离时，不需要内磁通量板。这些情况下，内磁性桶形装置的顶表面与衬底底表面之间的距离大约是第一磁元件的尺寸，或者是第一磁元件之间的间隔的大小，应是两者之中的较小者。如果磁铁小，磁力线会在磁铁上
15 闭合。如果间隔小，磁力线将在下一个磁铁上闭合。任何情况下，磁力线都不会在贴近衬底处闭合。例如，不用磁通量板的磁铁与衬底之间的距离应为 1 至 2 英寸。

尽管图 3 和 4 示出的外磁性桶形装置包括只跨过加工室部分高度
20 上的多个磁元件，但这不是必须的。例如图 7 展示的是图 3 示出的带有更大的外磁性桶形装置 700 的等离子体加工系统 300。更大的外磁性桶形装置包括从加工室 302 的顶伸过加工室 302 的底的多个更长的磁元件 702。更大的外磁性桶形装置 700 与现有技术的外磁性桶形装置比有更多优点。即，更长的磁元件构型为可以产生贴近加工室壁 303 的
25 加工室壁磁场 704，使等离子体密度梯度的主要部分集中在离开衬底的加工室壁附近。以该方式，随着衬底 312 上等离子体密度梯度变化减至最小来进一步增加均匀性。与等离子体限定磁场 356 组合，在改进的等离子体加工系统中加工均匀性被提高到比许多等离子体加工系统中可能实现的加工均匀性更高的等级。在与本申请同日申请的在此引
30 作参考的发明名称为“IMPROVED PLASMA PROCESSING SYSTEM AND METHODS THEREFOR”（律师案卷号：No.:LAM1P0122/P0527）的待审查专利申请中，更详细描述了这种磁性桶形装置的实例。

如上所述，与现有技术相比本发明有很多优点。例如，本发明提供了一种构型为限定等离子体的磁场，但它允许加工中产生的副产物气体通过。而且，磁场能大致防止等离子体移到加工室内的无效区。更重要的是，等离子体能被控制为加工室中的特定体积和特定位置。5 以此方式，能得到更均匀的等离子体密度，从而可以形成更均匀的加工，即，在蚀刻过程中使衬底的中心区和边缘区有大致相同的蚀刻速率。而且，有利的是，本发明可以在加工室内不贴近衬底表面处产生磁场。结果，使衬底表面的加工条件更稳定。

另一优点是不需要等离子体屏板，因为等离子体屏板通常会增加10 颗粒污染，增大可消耗零部件的成本，增加清洁步骤，减小气流传导。因此，本发明增大了加工室的总传导，因而扩大了加工窗，即扩大了泵速、气流和压力。而且不损失传导，允许加工系统在低压下工作，和采用更小的泵。而且，在衬底表面周围产生对称气流，它能产生更均匀的加工速率。而且本发明对于等离子体加工系统的使用寿命是价格15 较低的。

注意，虽然优选实施例认为，不将等离子体屏板引入加工室，所产生的磁场就有足够的强度以限定等离子体。但也可以用本发明和等离子体屏板一起增强等离子体限定。例如，磁场用作限定等离子体的20 第一装置，等离子体屏板可用作限定等离子体的第二装置。

而且，如果要使磁铁设计不太复杂或花费不太高，并可承受传导25 损失，可根据本发明的另一方案提出改进的等离子体屏板。参见图 8A 和 8B，不要直接栓接等离子体屏板 802/803，等离子体屏板可以粘接到合适材料制成的固定器 804/806（诸如铝）上。因而，把蚀刻速率低且更脆弱的机械强度（即，低张力和高脆性）的实际等离子体屏板材料固定到这些更坚固的固定器。能用作等离子体屏板 802/803 的材30 料包括 Si 和 SiC。粘接材料 808 用适当真空的适宜材料（例如，粘结剂）制成具有良好电热接触性。而且，等离子体屏板 802/803 可连接到单个或多个加工室中的加工室壁 303 或吸盘 314。

除了在等离子体屏板的特殊材料选择上具有灵活性外，对固定器30 的设计更要灵活以便能形成可重复的电和热连接，从而在重新组装时能提供可重复的系统性能。例如，包括 RF 密封垫和栓接表面的复杂形状可以设计成具有一定强度，并用比 SiC 或 Si 性能价格比更高的铝制

成。另一个优点是，通过提供经固定器返回到 RF 匹配系统中的 RF 接地的低阻抗路径，能可靠地控制从底电极（例如吸盘 314）返回的 RF 返回电流。从而减小了经过装置中有问题的接地回流路径的环流。另一优点是，屏板材料能分成更小的、生产成本效益更好的规格，并能通过固定器连接。如果需要等离子体屏板的多个部分可以移动以便能使加载和卸载衬底 312，这也是有好处的。由于需要面对着等离子体的反应器内表是完全纯的材料，而金属固定器的存在会引起真空完整性和污染方面的顾虑，所以本发明在将纯材料的屏板（例如 SiC 或 Si）

5 设在不希望直接用螺栓固定的位置方面允许有更大的灵活性。

10 而且，所述的等离子体屏板和固定器组件或与以上就图 7 说明的方案结合使用。参见图 9，等离子体屏板 802/803 可用上述的处在磁铁元件 702 端部上方的固定器 804/806 安装。如前所述，等离子体屏板 802/803 更容易实施时，用磁场 704 沿加工室壁确定等离子体体积会导致困难。如图所示，磁元件 702 端部的杂散磁力线 900 能穿过加工室 902 下的屏板。这能增强等离子体催毁等离子体屏板并伸到加工室 902 下面的能力。等离子体屏板的孔可做得足够小，以防止出现这种情况，但是，好有传导损失。或者，等离子体屏板放在离杂散场很远处。但这会增大加工室的面积，某些情况下这与限定等离子体体积的磁铁装置带来的优点冲突。

15

20 在本发明特别优选实施例中，等离子体屏板 802/803 可放在磁铁结构的高处，在该处的磁力线 906 处在等离子体屏板 802/803 的平面内而不是与其相切。该结构中，交叉场扩散减小，磁性限定将在位置上抑制等离子体穿过屏板扩散。等离子体屏板中可设更大的孔以增加传导。

25 已用几个优选实施例描述了发明，但在本发明范围内还会有许多改变，替换和等效方案。应注意，还有许多实施本发明的方法和设备的可选方式。所以后面所附权利要求书应被解释为包括所有落入本发明真正思想和范围的变化、替换和等效方案。

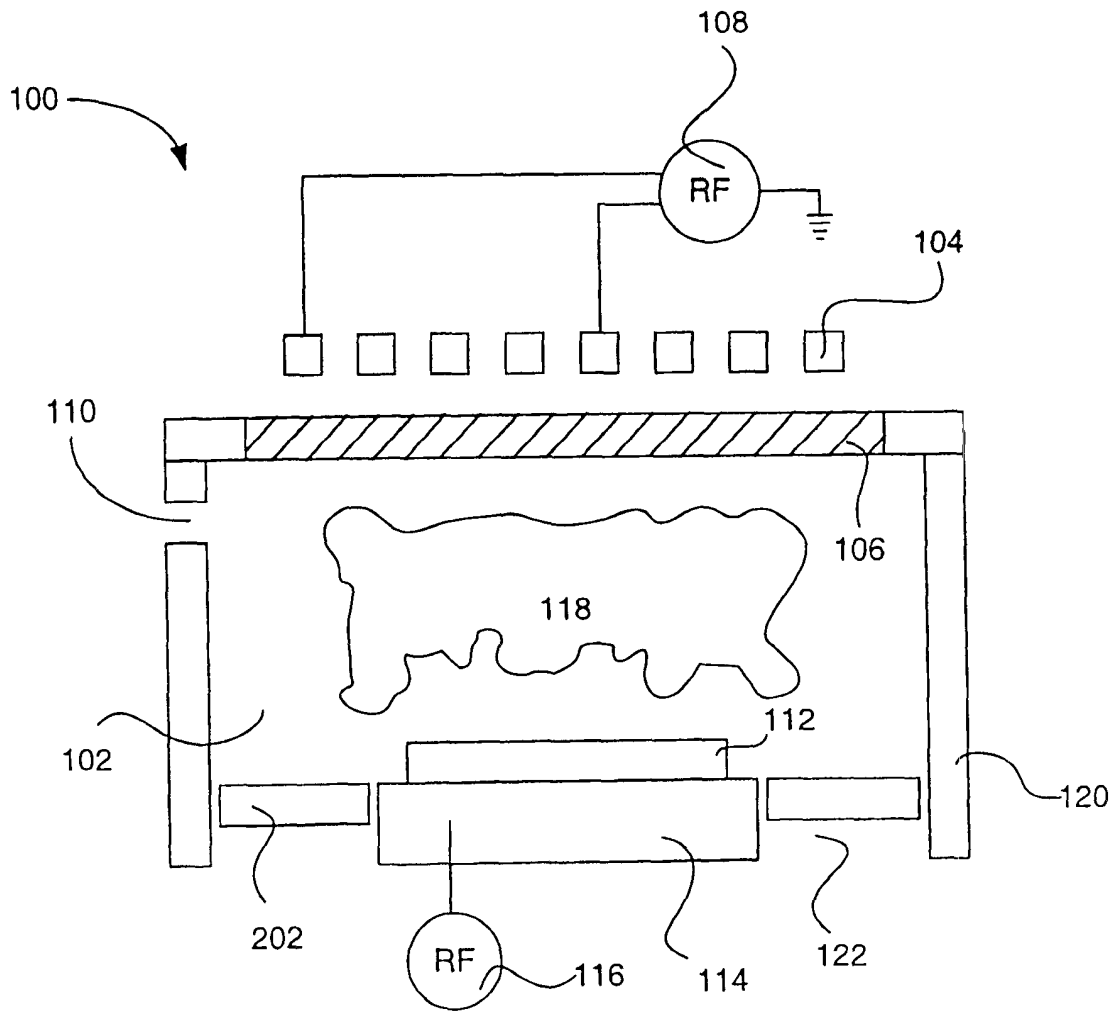


图 1

(现有技术)

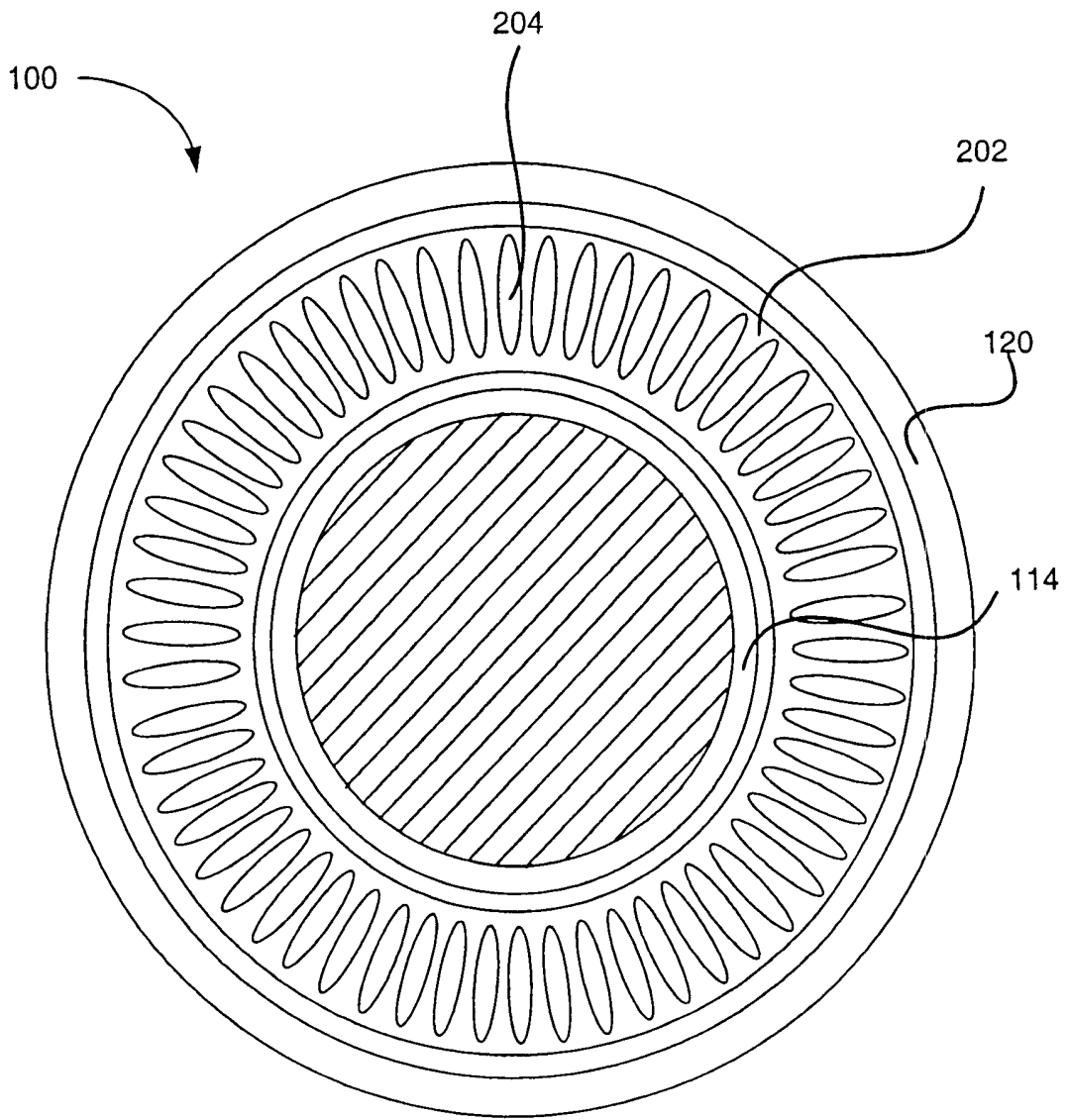


图 2

(现有技术)

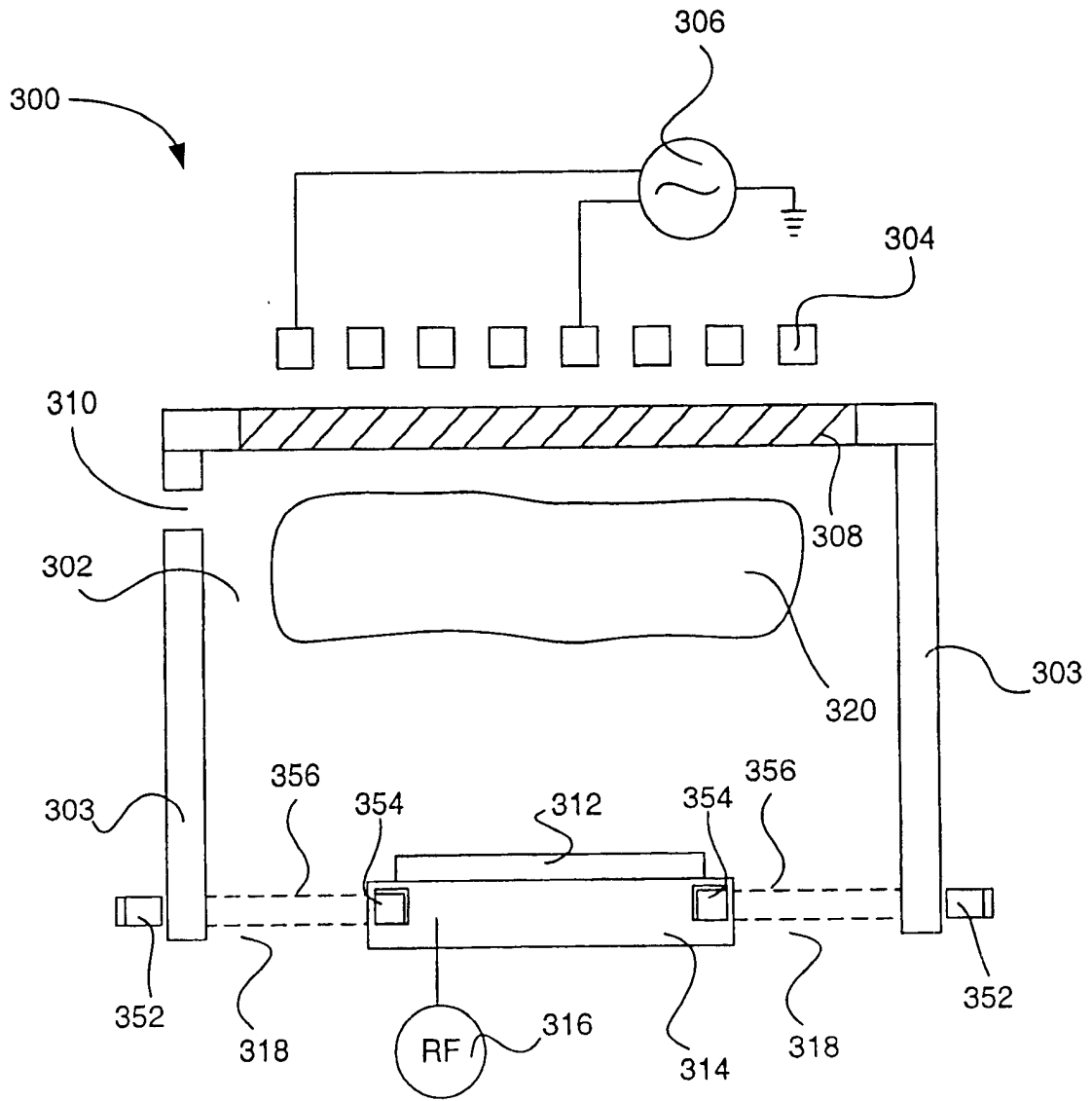


图 3

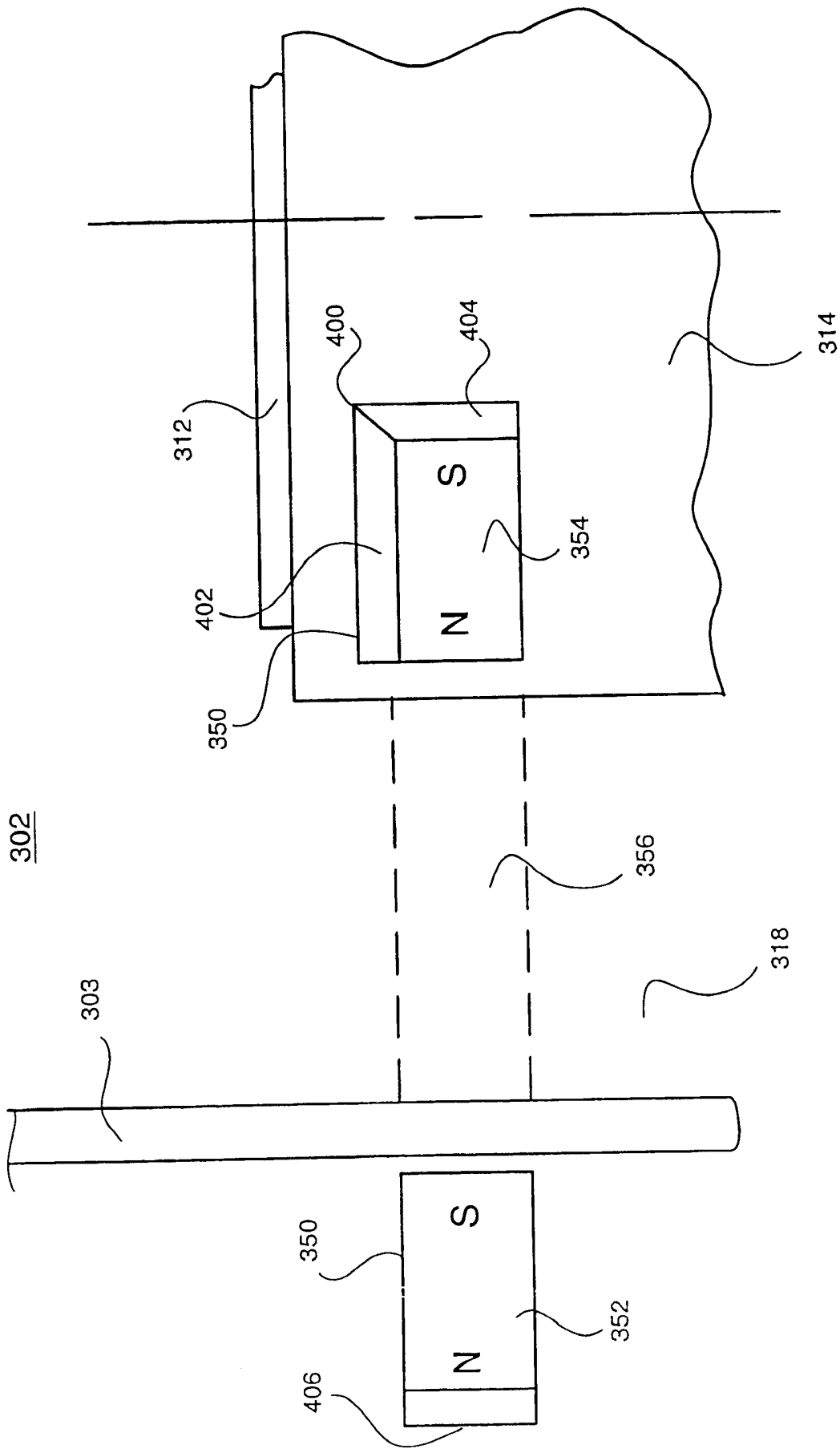


图 4

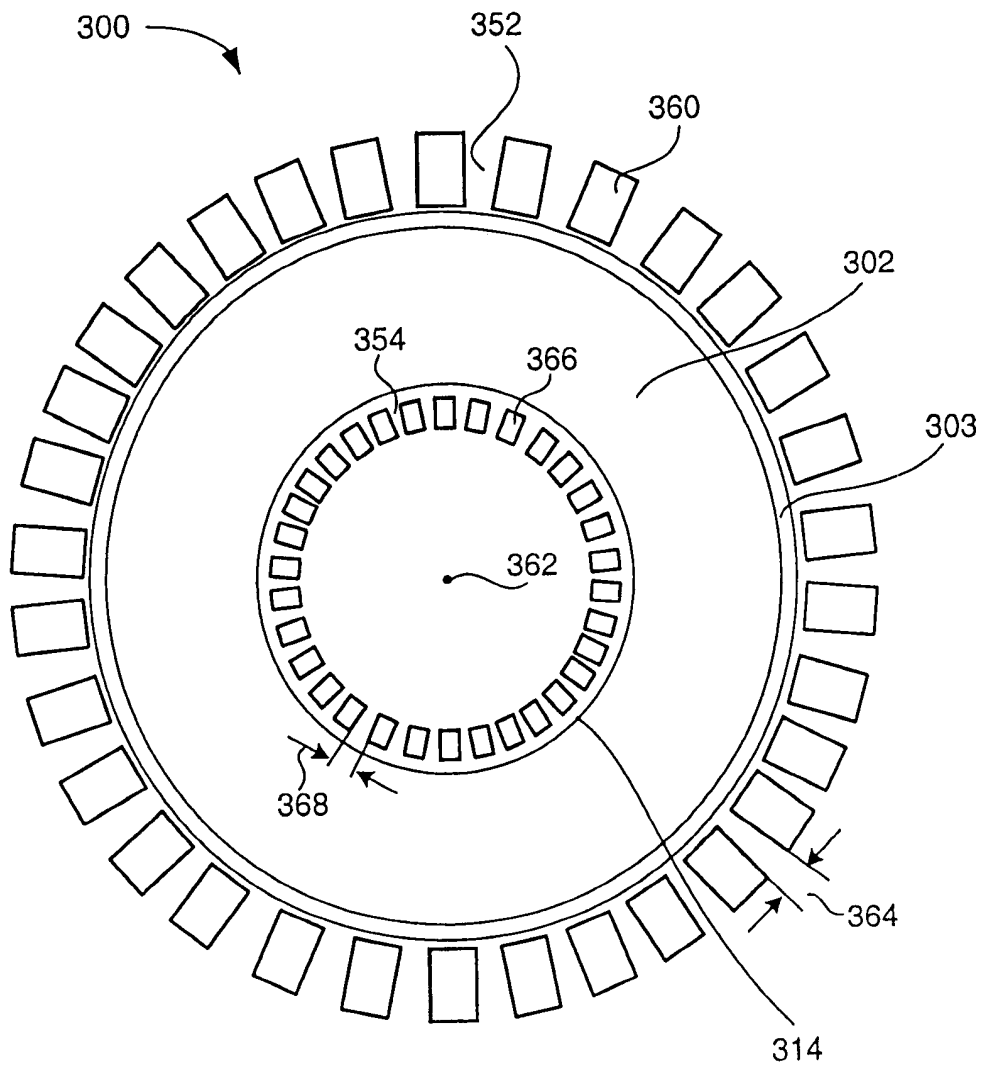


图 5

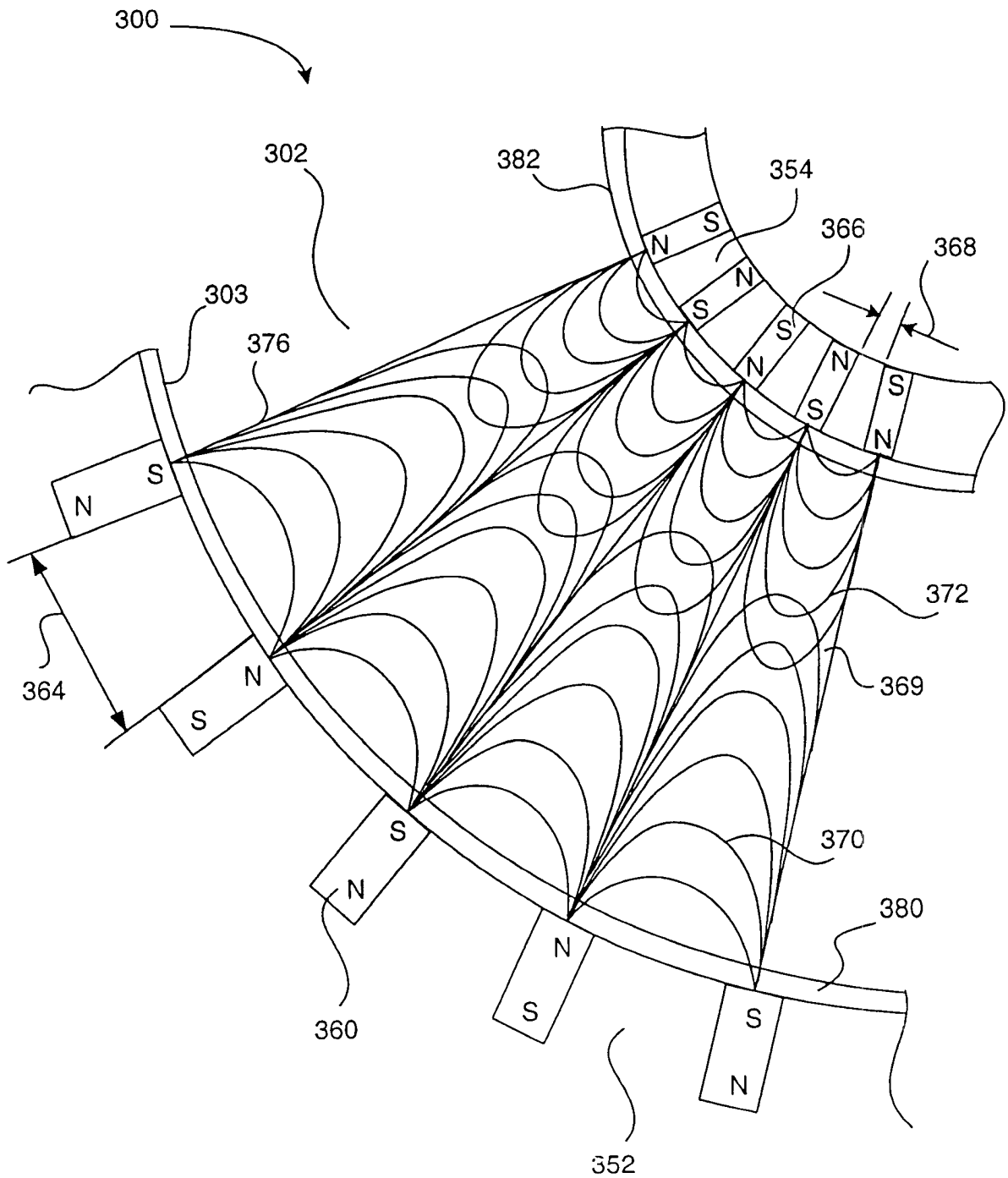


图 6

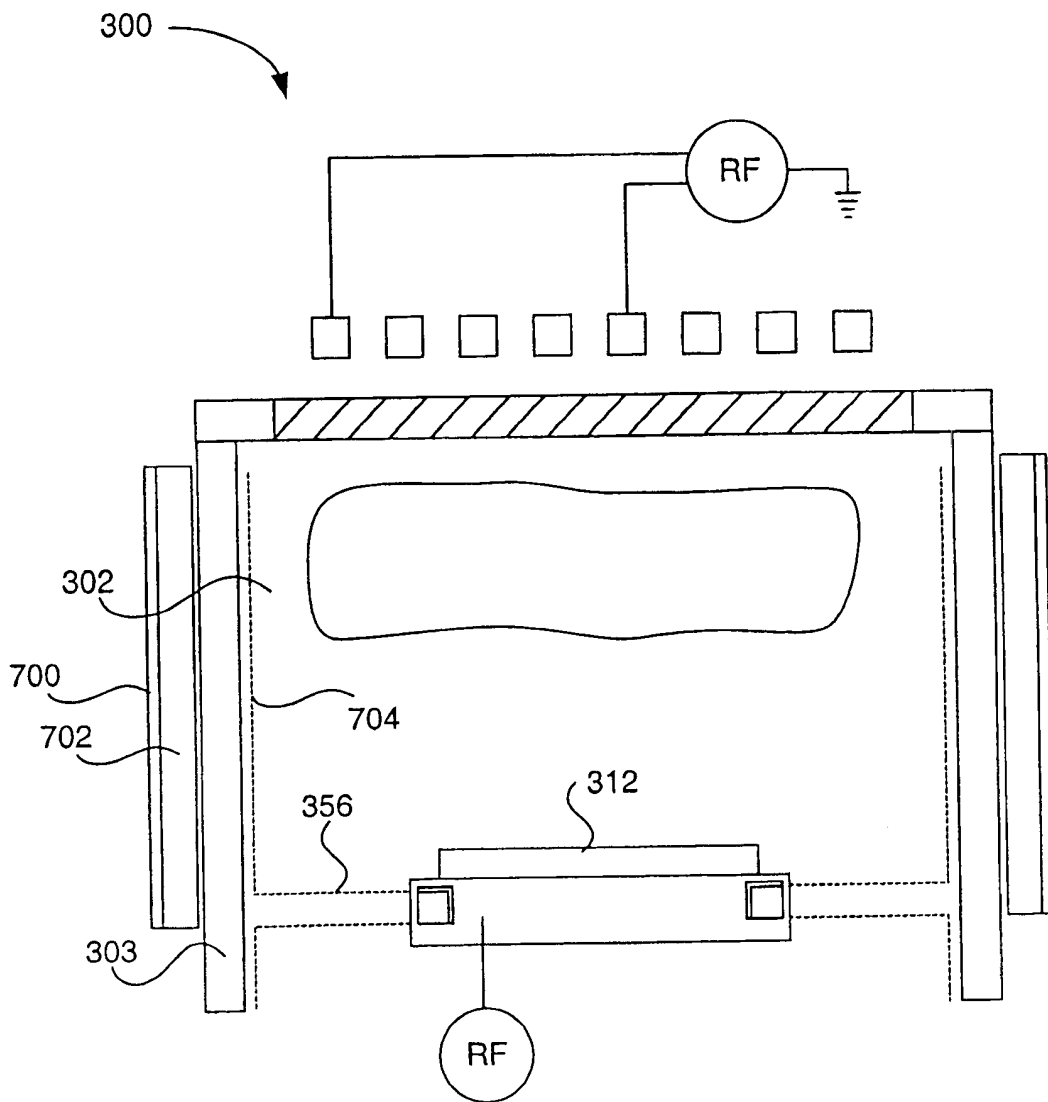


图 7

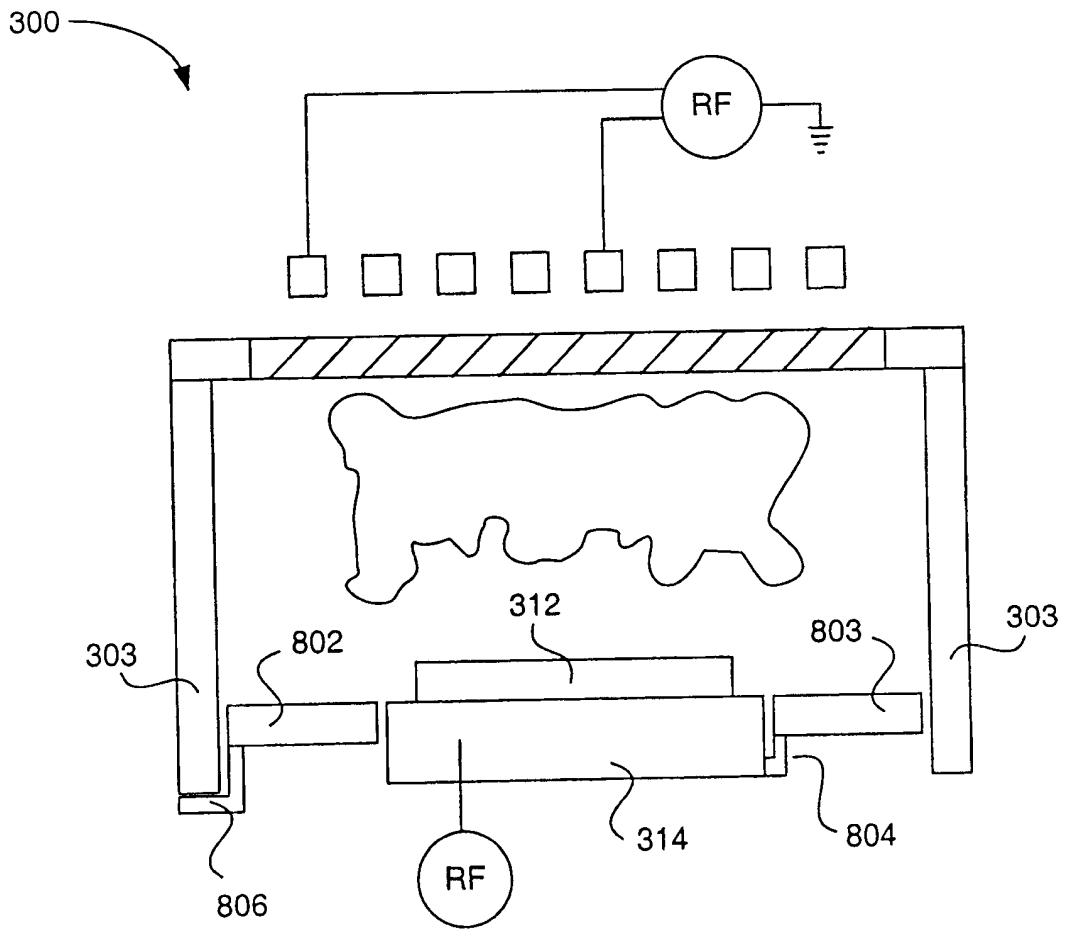


图 8A

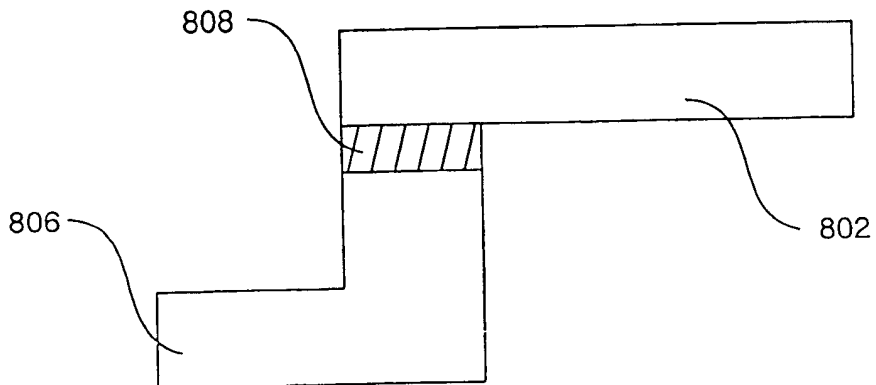


图 8B

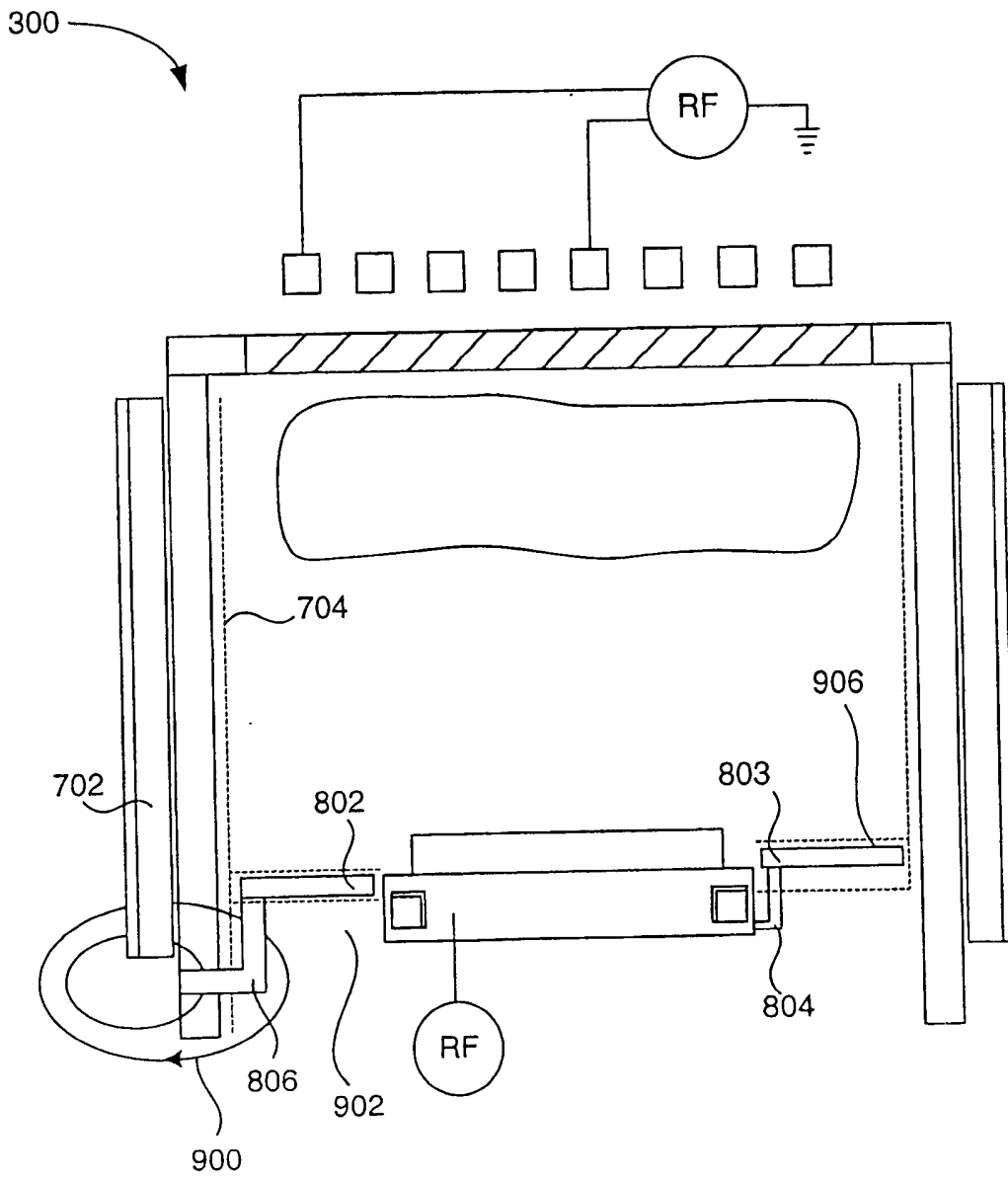


图 9