

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01J 37/32 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02815529.7

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100401451C

[22] 申请日 2002.8.8 [21] 申请号 02815529.7

[30] 优先权

[32] 2001.8.8 [33] US [31] 60/311,050

[32] 2001.12.31 [33] US [31] 10/032,279

[86] 国际申请 PCT/US2002/025223 2002.8.8

[87] 国际公布 WO2003/015123 英 2003.2.20

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.9

[73] 专利权人 拉姆研究有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 R·丁德萨 M·斯里尼瓦杉

E·兰茨 李鲁民

[56] 参考文献

JP7-297175A 1995.11.10

US6098568A 2000.8.8

US5464499A 1995.11.7

US5399254A 1995.3.21

US5660694A 1997.8.26

CN1227668A 1999.9.1

审查员 刘 琼

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 吴明华

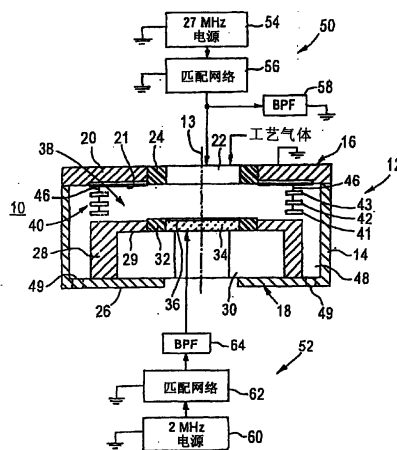
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 2 页

[54] 发明名称

用于加工工件的真空等离子体腔室及采用其的加工装置

[57] 摘要

一种用于加工工件的真空等离子体腔室，该腔室包括：一受约束的等离子体激发区域，它布置成使气体能流入该区域、使气体能在该区域中被激发成等离子体、使未离子化的气体能流出该区域、并且基本阻止等离子体和离子化的气体从该区域流出，一围绕该区域且处于一参考电位的壁，以及在该区域下游供气流出该区域的一出口；所述区域包括：用于与该区域中的气体电气耦合并连接至一相对较高频率的第一射频电源的一第一电极，用于承载工件、且与该腔室中的气体电气耦合并连接至一相对较低频率的第二射频电源的一第二电极，所述腔室设有整个地位于该区域中并连接至参考电位的一第三电极。



1. 一种用于加工工件的真空等离子体腔室，该腔室包括：一受约束的等离子体激发区域，它布置成使气体能流入该区域、使气体能在该区域中被激发成等离子体、使未离子化的气体能流出该区域、并且基本阻止等离子和离子化的气体从该区域流出，一围绕该区域且处于一参考电位的壁，以及在该区域下游供气体流出该区域的一出口；所述区域包括：用于与该区域中的气体电气耦合并连接至一相对较高频率的第一射频电源的一第一电极，用于承载工件、且与该腔室中的气体电气耦合并连接至一相对较低频率的第二射频电源的一第二电极，所述腔室的特征在于，设有整个地位于该区域中并连接至参考电位的一第三电极。

2. 如权利要求1所述的腔室，其特征在于，围绕该区域的壁包括处于一参考电位的一腔室壁，受约束等离子体激发区域的一约束结构将激发区域和腔室壁彼此基本隔绝。

3. 如权利要求2所述的腔室，其特征在于，约束结构包括对区域中的气体压力产生影响的一结构。

4. 如权利要求2或3所述的腔室，其特征在于，约束结构包括用于基本将等离子体限制在所述区域的一百页窗结构。

5. 如权利要求4所述的腔室，其特征在于，百页窗结构的百页窗具有高导电性，并处于参考电位。

6. 如权利要求4所述的腔室，其特征在于，百页窗结构的百页窗具有低导电性且电气地浮动，并布置成机械地约束等离子体。

7. 如权利要求6所述的腔室，其特征在于，相邻成对百页窗之间的间距设置成能提供机械的约束。

8. 如权利要求1所述的腔室，其特征在于，所述区域由基本将等离子体限制在所述区域的一百页窗结构来界定，并且所述区域包括整个地位于所述区域中并连接至参考电位的一第四电极，第三电极位于第一电极与百页窗结构之间，第四电极位于第二电极与百页窗结构之间。

9. 如权利要求8所述的腔室，其特征在于，第三和第四电极的面积之和约

为第一和第二电极的面积之和的两倍。

10. 如权利要求 8 所述的腔室，其特征在于，激发区域的几何形状使激发区域中的等离子体与用于承载工件的第二电极、第一电极及处于参考电位的第三和第四电极中的每一个之间形成不同的护层。

11. 如权利要求 8 或 10 所述的腔室，其特征在于，激发区域的几何形状使低频率的电流趋向于更大程度地在用于承载工件的第二电极和第一电极之间流动、而非从用于承载工件的第二电极流至处于参考电位的激发区域的第三和第四电极。

12. 如权利要求 11 所述的腔室，其特征在于，激发区域的几何形状使高频率的电流趋向于更大程度地在第一电极至处于参考电位的激发区域的第三电极和第四电极之间流动、而非从第一电极流至用于承载工件的第二电极。

13. 如权利要求 8 或 10 所述的腔室，其特征在于，激发区域的几何形状使高频率的电流趋向于更大程度地在第一电极至处于参考电位的激发区域的第三电极和第四电极之间流动、而非从第一电极流至用于承载工件的第二电极。

14. 一种真空等离子体加工装置，该加工装置包括：一用于加工工件的真空等离子体腔室，一相对较高频率的第一射频电源，一相对较低频率的第二射频电源，所述腔室包括：一受约束的等离子体激发区域，它布置成使气体能流入该区域、使气体能在该区域中被激发成等离子体、使未离子化的气体能流出该区域、并且基本阻止等离子体和离子化的气体从该区域流出，一围绕该区域且处于一参考电位的壁，以及在该区域下游供气体流出该区域的一出口；所述区域包括：用于与该区域中的气体电气耦合并连接至所述相对较高频率的第一射频电源的一第一电极，用于承载工件、且与该腔室中的气体电气耦合并连接至所述相对较低频率的第二射频电源的一第二电极，其特征在于，所述腔室设有整个地位于该区域中并连接至参考电位的一第三电极。

15. 如权利要求 14 所述的加工装置，其特征在于，所述区域由基本将等离子体限制在所述区域的一百页窗结构来界定，并且所述区域包括整个地位于所述区域中并连接至参考电位的一第四电极，第三电极位于第一电极与百页窗结构之间。

16. 如权利要求 15 所述的加工装置，其特征在于，第四电极位于第二电极

与百页窗结构之间。

17. 如权利要求 14 或 16 所述的加工装置，其特征在于，还包括一滤波器结构，该滤波器结构与第一和第二射频电源以及第一和第二电极相连，用以使来自第一射频电源的电流能流至第一电极，基本阻止来自第一射频电源的电流流至第二电极和第二射频电源，使来自第二射频电源的电流能流至第一和第二电极，以及基本阻止来自第二射频电源的电流流至第一射频电源。

18. 如权利要求 16 所述的加工装置，其特征在于，激发区域的几何形状使低频率的电流趋向于更大程度地在用于承载工件的第二电极和第一电极之间流动、而非从用于承载工件的第二电极流至处于参考电位的激发区域的第三和第四电极。

19. 如权利要求 18 所述的加工装置，其特征在于，激发区域的几何形状使高频率的电流趋向于更大程度地在第一电极至处于参考电位的激发区域的第三电极和第四电极之间流动、而非从第一电极流至用于承载工件的第二电极。

用于加工工件的真空等离子体腔室及采用其的加工装置

与待审批申请的关系

本申请是我们的待审批、共同转让的临时申请序列号 60/311,050 的部分延续，上述申请提出于 2001 年 8 月 8 日，名为“带有独立的等离子体密度 / 化学性质和离子能量控制的双频等离子体蚀刻反应器（Dual Frequency Plasma Etch Reactor with Independent Plasma Density/Chemistry and Ion Energy Control）”。

技术领域

本发明总体涉及真空等离子体加工装置，并更具体地涉及这样一种真空等离子体加工装置，其包括一等离子体激发区域，该区域包括分别连接至高和低频率的激发电源以及至一参考电位的第一、第二及第三电极，其中激发区域被约束在其壁处于参考电位的一真空腔室内。本发明的另一方面涉及这样一种真空等离子体加工装置，其包括分别用高和低频率射频（RF）激发在该真空等离子体加工装置中的一等离子体的一阻抗元件和一电极，其中用于高和低频率供电电路中的一滤波器结构使低频率的电流流过电极和阻抗元件之间的等离子体，并基本阻止高频率的电流从阻抗元件流至电极。

背景技术

人们使用真空等离子体加工装置来在工件上沉积材料或从工件蚀刻去材料，这些工件通常是半导体晶片、介电和金属基片。将一气体引入到其中放置了工件的真空等离子体加工装置中。腔室的压力通常在 0.1 至 1000 托的范围中。该气体响应一射频电场或电磁场而被激发成一射频等离子体。射频场是由一阻抗元件提供的，通常它是一电极组、或者是将磁或静电射频场耦合至气体的一线圈。阻抗元件连接至具有一第一相对高射频频率的一第一射频电源，且该电源具有足够的功率并使气体能被激发成等离子体。第一射频电源与阻抗元件之间

的连接通常借助于直接连接至第一射频电源的相对较长的电缆。一第一谐振匹配网络连接在电缆与阻抗元件之间，并通常包括一对可变电抗，它们调节成使第一射频电源的阻抗与其所驱动的负荷的相匹配。

通常，通过腔室的顶部将气体引入到腔室中，并从腔室的底部抽出气体。通常，在腔室顶部的一电极与通至激发区域中的一组导流板和开孔相关联，以为流入激发区域的气体提供一喷淋头的效果。

工件通常安装在腔室中一等离子体激发区域的底部处的一电极上。在一些腔室中，承载工件的电极是供以第一射频频率的阻抗元件，而与承载工件的电极间隔开的另一电极则连接至一参考电位，通常为接地。如前面所提及的待审批临时申请的图 4 中所示，已知提供这样一种腔室，它带有外壁和一位于腔室内部的等离子体约束区域。

在其它类型的腔室中，阻抗元件是与在激发区域底部处承载工件的电极间隔开的。在这些其它类型腔室中的一些中，如前面所提及的待审批临时申请的图 1 中所示，阻抗元件是邻近激发区域顶部的一线圈，并且承载工件的电极经常连接至一第二射频电源，该第二射频电源具有比第一射频频率低得多的一第二射频频率。因为第二射频电源致使在电极上形成一 DC 电压，所以它经常被称为一 DC 偏压电源，且它经常通过一第二谐振匹配网络而连接至电极，且第二谐振匹配网络通常包括一对可变电抗，它们调节成使第二射频电源的阻抗与其所驱动的负荷相匹配。如果阻抗元件是一线圈，则第二射频电压通常具有在 2MHz 范围内的频率。在这些其它类型的腔室中，线圈置于腔室外面，并且在线圈中所产生的电磁场通过在腔室顶部处的介电窗口来耦合至腔室的一激发区域中的气体。

第一，即超过 10MHz 的相对较高的频率控制等离子体的密度，而第二，即低于 10MHz 的相对较低的频率控制等离子体中的离子能量。通过独立地控制第一和第二射频电源的诸如功率、电压和 / 或电流之类的电气参数，就可以独立地控制等离子体密度和离子能量。这些其它类型的真空腔室包括一金属壁，且其通常保持在一参考电位、例如接地。

在还有一些其它类型的腔室中，其中在激发区域顶部处的电极连接至一参考电位，将第一，即相对较高的射频频率供至金属壁，且该金属壁起到阻抗元件的作用，而将第二，即相对较低的射频频率供至承载工件的电极。当真空腔室

包括一金属壁时，金属壁通常形成等离子体激发区域的外部。

在再一些结构中，腔室壁是一绝缘体，并且等离子体激发区域的外部是由与腔室壁间隔开的等离子体约束百页窗来形成的，并被保持在一参考电位、例如接地。在激发区域中被激发成等离子体的气体穿过百页窗流至在腔室底部处的一出口。在这些其它的结构中，在激发区域的顶部处的电极连接至参考电位。

尽管前述的结构已经足以用来加工现有技术的工件，但是人们不认为它们适于对某些工件、特别是半导体晶片的亚微米加工，以满足对蚀刻和沉积薄膜日益增长的需求。满足日益增长的需求的等离子体加工装置的关键设计参数是在等离子体中产生和保持离子和根基对中性物质的正确比例，离子、根基和中性物质在工件上方的激发区域中的滞留时间，以及对入射到基片上的离子能量的控制。这些参数提供宽泛的过程控制，以为许多类型的蚀刻和沉积过程形成正确的工艺。此外，对于具有较大面积的工件，加工每一工件的成本成为了加工装置设计中的一个重要的参数。需要清洁腔室内部的平均时间间隔、消耗品的成本、加工装置的可使用性、以及各种其它的因素都会影响在加工装置中加工工件的成本。

发明内容

本发明提供一种用于加工工件的真空等离子体腔室，该腔室包括：一受约束的等离子体激发区域，它布置成使气体能流入该区域、使气体能在该区域中被激发成等离子体、使未离子化的气体能流出该区域、并且基本阻止等离子体和离子化的气体从该区域流出，一围绕该区域且处于一参考电位的壁，以及在该区域下游供气体流出该区域的一出口；所述区域包括：用于与该区域中的气体电气耦合并连接至一相对较高频率的第一射频电源的一第一电极，用于承载工件、且与该腔室中的气体电气耦合并连接至一相对较低频率的第二射频电源的一第二电极，所述腔室的特点是，设有整个地位于该区域中并连接至参考电位的一第三电极。

本发明还提供一种真空等离子体加工装置，该加工装置包括：一用于加工工件的真空等离子体腔室，一相对较高频率的第一射频电源，一相对较低频率的第二射频电源，该腔室包括：一受约束的等离子体激发区域，它布置成使气体

能流入该区域、使气体能在该区域中被激发成等离子体、使未离子化的气体能流出该区域、并且基本阻止等离子和离子化的气体从该区域流出，一围绕该区域且处于一参考电位的壁，以及在该区域下游供气体流出该区域的一出口；所述区域包括：用于与该区域中的气体电气耦合并连接至所述相对较高频率的第一射频电源的一第一电极，用于承载工件、且与该腔室中的气体电气耦合并连接至所述相对较低频率的第二射频电源的一第二电极，其特点是，所述腔室设有整个地位于该区域中并连接至参考电位的一第三电极。

本发明的一个方面涉及一种用于加工工件的真空等离子体腔室，其中，该腔室包括连接至一相对较高频率的第一射频等离子体激发电源的一等离子体激发阻抗元件，并且一用于承载工件的电极连接至一相对较低频率的第二射频偏压电源。连接至阻抗元件和电极的一滤波器结构构造造成使低频率的电流从电极流至阻抗元件，且基本不耦合至高频电源，以及，基本阻止从高频电源流出的高频率的电流流至电极和低频射频电源。

在一较佳的实施例中，滤波器结构包括第一和第二滤波器。第一滤波器连接至阻抗元件，并使高频率的电流能从高频电源流至阻抗元件，且基本阻止低频率的电流从阻抗元件流至高频电源。第二滤波器连接至电极，并使低频率的电流从低频电源流至电极，并基本阻止高频率的电流流至电极和低频射频电源。

第一滤波器较佳地是包括一与阻抗元件分路连接的带通滤波器。该分路滤波器的通频带可供低频率的电流通过，并大量衰减掉高频率的电流。第二滤波器最好包括一与电极串联的带通滤波器。该串联的滤波器的通频带可供低频率的电流通过，并大量衰减掉高频率的电流。

本发明的另一方面涉及一种用于加工工件的真空等离子体腔室，其中，该腔室包括分别连接至相对较高和较低频率的射频电源的第一和第二电极、处于参考电位的一壁、以及约束等离子体并与所述壁间隔开的一等离子体激发区域。

本发明的还有一个方面涉及一种用于加工工件的真空等离子体腔室，其中，该腔室包括分别连接至相对较高和较低频率的射频电源的第一和第二电极、处于参考电位的一壁、以及用于约束等离子体的一等离子体激发区域。该等离子体激发区域包括第一和第二电极、以及从所述壁间隔开并处于参考电位的百页窗。等离子体激发区域布置成使要激发成等离子体的气体能在诸百页窗之间流

入该区域和流出该区域。

本发明的另一方面涉及一种用于加工工件的真空等离子体腔室，其中，该腔室包括分别连接至相对较高和较低频率的射频电源的第一和第二电极、和连接至在一激发区域中的、连接至一参考电位（接地）的一第三电极。激发区域、亦即包括等离子体的区域通过一物理的等离子体约束结构与腔室壁基本隔离，所述等离子体约束结构在使未离子化的气体从激发区域内部流至其外部的同时，电气地和 / 或机械地将等离子体约束在激发区域中。

在一较佳的实施例中，诸电极被包括在至少具有一个侧面的等离子体激发区域中，且该激发区域较佳地包括处于参考电位且与腔室壁间隔开的百页窗。该较佳实施例的等离子体约束区域包括位于激发区域的相对表面上且处于参考电位的第一和第二表面。第一和第二表面分别位于诸百页窗和电极之间。

该较佳实施例的激发区域的几何形状使等离子体与加电电极、以及处于参考电位的第一与第二表面之间形成不同的护层。该较佳实施例的激发区域的几何形状还使（1）低频率的电流趋向于更大程度地流至诸电极之间、而非从低频率所驱动的电极流至处于参考电位的表面，以及（2）高频率的电流趋向于更大程度地流至高频率驱动的电极至处于参考电位的激发区域表面之间、而非诸电极之间。

当考虑了以下对本发明的一个特定实施例的详细描述，特别是结合附图进行考虑时，本发明的上述和还有其它的目的、特征及优点会变得清楚。

附图说明

图 1 是根据本发明的一较佳实施例的等离子体加工装置的示意图；

图 2 是示出了图 1 所示加工装置中的真空等离子体加工装置腔室的一较佳实施例的剖视图；以及

图 3 是图 1 所示等离子体加工装置的电路示意图。

具体实施方式

现请参见诸图中的图 1，其中等离子体加工装置 10 所示为包括真空腔室 12，其较佳地是具有一圆筒状的设计，以使该腔室相对其中心纵轴线 13 对称。腔

室 12 包括保持在射频和 DC 参考电位（例如接地）下的高导电性的圆筒状金属侧壁 14，还包括圆形顶盖 16 和圆形基底 18。顶盖 16 包括环形的外部高导电性金属板 20，该金属板 20 在其下表面上带有高导电性的环 21。板 20 和环 21 电气地和机械地连接至壁 14，以使板 20 和环 21 也处于射频和 DC 接地电位。顶盖 16 还包括圆形的金属电极 22（一等离子体激发阻抗元件）和环形的电气绝缘体 24，该绝缘体 24 将电极 22 从板 20 分开并电气地绝缘。板 20、环 21、电极 22 以及绝缘体 24 与轴线 13 共轴线。

基底 18 包括一环形的外金属板 26，该金属板电气地和机械地连接至壁 14，以使板 26 也处于射频和 DC 接地电位。板 26 带有高导电性的金属管 28，该金属管的外径为壁 14 内径的约百分之 80。管子 28 凸伸入腔室 12 中，并且机械地和电气地连接至板 26，以使圆柱体也处于射频和 DC 接地电位。管子 28 带有高导电性的环 29，该环径向向腔室 12 的内部延伸，且该环平行于基底板 26 并处于射频和 DC 接地电位。板 26 还带有管状的电气绝缘体 30，该电气绝缘体 30 具有一接触管子 28 的内侧壁的外侧壁和一支承环 29 的下表面的上表面。绝缘体 30 的上表面还带有电气绝缘体环 32 和用于承载工件 36 的圆形电极 34，该工件 36 较佳的是一半导体晶片，但也可以是一介电或金属基片。由于环 32 有分别与环 29 的内缘和电极 34 的外缘邻靠的外缘和内缘，环 32 可将电极 34 与环 29 电气地绝缘。电极 34 经常设置为连接至一 DC 吸引电压电源（未示出）的一静电吸盘，在这种情况下，电极 34 包括用来在工件在腔室 12 中由等离子体进行加工的同时冷却工件 36 的一装置（未示出）。板 26、管子 28、环 29、绝缘体 30、环 32 以及电极 34 是与轴线 13 共轴线的；当工件 36 处在电极 34 上正确的位置时，工件也与轴线 13 共轴线。

从适合的源头（未示出）发出的工艺气体通过电极 22 被引入到等离子体激发区域 38 中，该电极包括一组导流板和开孔，以使工艺气体能以喷淋头的效果流入区域 38 中。在等离子体激发区域 38 中，工艺气体被转换成等离子体，该等离子体响应电场对工件 36 进行加工，电极 22 和 34 分别以相对的高频率和低频率连接至激发区域；在该较佳的实施例 中，高频率和低频率分别为 27MHz 和 2MHz。以高频率供应至电极 22 的功率量控制在激发区域 38 中的等离子体的密度，而以低频率供应至电极 34 的功率量则控制等离子体中的离子

能量。尽管低频率和高频率较佳地是 2MHz 和 27MHz，但应理解的是，也可以采用其它适合的、分别控制等离子体中的离子能量和等离子体密度的低频率和高频率。控制供应至电极 22 和 34 的高频率和低频率功率使在工件 36 上方的等离子体中均匀地产生蚀刻物质，这产生对整个工件的均匀蚀刻。

与轴线 13 共轴线的等离子激发区域 38 由于包括百页窗结构 40 的区域而与侧壁 14 隔开。在一个实施例中，结构 40 的诸百页窗接地用于 DC 和射频，并包括三个垂直向叠置、电气地接地的环 41—43，且诸环 41—43 具有高导电性。接地环 41—43、以及环 21 和 29 较佳地是用涂覆具有在 2×10^{-3} 欧姆-厘米量级的高导电性的碳化硅制成，并能承受在区域 38 中的苛刻的等离子体环境。接地环 41—43 可以用其它具有高导电性的材料、例如铝或者石墨制成。接地环 41—43 通过金属柱 46 电气和机械地连接至接地的金属板 20。与轴线 13 共轴线并相对彼此固定地定位的接地环 41—43 具有对齐的内缘，这些内缘也与邻靠绝缘体 30 的外壁的管子 28 的竖向延伸壁的内径对齐。环 41—43 具有对齐的外缘，这些外缘也与管子 28 的竖向延伸的外壁的外径对齐。

环 41—43 的电气接地有助于将等离子体约束在区域 38 中的诸百页窗内。环 41—43 的机械关系也有助于在使区域 38 中不再离子化或没有离子化的气体能沿着大体水平的方向穿过诸环之间的开口的同时，对等离子体进行约束。气体流过环 41—43 之间的开口，并进入与轴线 13 共轴线的环形通道 48，且该环形通道 48 包括分别由管子 28 的外壁和壁 14 的内侧所形成的内壁和外壁。因而，区域 38 可以被认为是一个等离子体约束区域，它与腔室壁 14 间隔开，在该腔室壁上基本上没有来自区域 38 的等离子体入射在其上。通道 48 的底部通过板 26 中的开孔 49 连接至一管道（未示出），接着又连接至从腔室 12 内部抽吸气体并保持腔室内部、区域 38 外侧处于真空下的一泵，该真空通常具有一小于 50 毫托的值，并较佳的是约 5 至 10 毫托。在区域 38 中的压力通常要大得多，例如 20 至 500 毫托，这是由百页窗结构 40 所提供的相对较高的流动阻抗来实现的。在一个实施例中，相邻的成对接地百页窗 41—43 之间的间距是 6.35 毫米（0.25 英寸）。

百页窗 41—43 无需在所有的例子中都是高导电性和接地，亦即提供电气的等离子体约束的。可以用一机械结构来提供将等离子体适当地约束在区域 38

中的功能，这样的机械结构包括多个（较佳的是三个）介电的（亦即低导电性）、电气地浮动的百页窗环，它们例如可以用石英或者低导电性的 SiC 制成。为了提供约束等离子体的效果，这样的百页窗环必须彼此间隔开一定的距离，以提供对从区域 38 流向百页窗结构 40 与腔室壁 14 之间的腔室区域的气体的足够高的流动阻抗。为了帮助提供在区域 38 与腔室其余部分之间，亦即从区域 38 内侧到区域 38 外侧之间的不同压差条件下的所需的等离子体约束，相邻对的三个介电百页窗环之间的间距是可变化的。我们已经发现，对于在区域 38 中的压力处于 200 至 500 毫托之间、区域 38 外面的压力处于 5 至 10 毫托之间的情况，三个浮动百页窗环的相邻对之间的间距应在约 0.762 至 3.175 毫米（0.030 至 0.125 英寸）之间。所述压力下的这样的间距提供对区域 38 的足够的等离子体约束，并基本可防止等离子体入射到壁 14 上。诸百页窗之间的可变间距可以用传统的机械机构来实现，这样的可变间距有助于确定区域 38 中的气体压力，以使对间距的调节可控制约束区域的压力和等离子体的约束程度。

等离子体激发区域 38 由电极 22 和 34、导电环 21 和 29 和绝缘体环 24 和 32、以及百页窗环 41—43 来界定。在激发区域 38 中的等离子体由一中性微粒的护层来界定，该中性物质的护层在等离子体之间形成一电容，该电容通常被认为是作用在电极 22 和 34 以及形成区域 38 的边界的诸表面上的一电阻负荷。横穿过护层的一 DC 偏压主要由以低频率供应至电极 34 的功率量来控制的。

在该较佳的实施例中，界定激发区域 38 表面的接地电极的面积比界定激发区域表面的加电电极的面积大出许多。较佳地，加电电极对接地电极的面积比为约 1.2:2.5。换言之，界定激发区域 38 表面的接地环 21 和 29 的面积之和约有界定激发区域 38 表面的加电电极 22 和 34 的面积的两倍那么大。我们发现，这个面积比有助于去耦从电极 34 施加至电极 22 的高频射频功率。此外，所述的面积比帮助形成横穿电极 34 的高 DC 偏压；在各电极上的 DC 偏压是横穿那个电极和返回电极的护层电容比值的函数。对于 2MHz 的功率，返回电极包括加电电极 22 以及接地环 21 和 29；对于来自电极 22 的 27MHz 的功率，返回电极主要包括接地环 21 和 29，这是因为带通滤波器 64（将在下文描述）基本阻止 27MHz 的功率耦合到电极 34 上。电极 34 上的 DC 偏压是横穿电极 34 的护层电容和横穿电极 22 与横穿接地环 21 和 29 的护层电容之和的函数。

DC 偏压、并因而与电极 34 相关的护层电容可以通过包括一 DC 电压探测器（未示出）来加以主动地控制，该探测器用来监测电极 34 与等离子体之间的 DC 电压。这样的 DC 电压探测器得出一用于控制向电极 34 供应 2MHz 的功率、以使在等离子体激发区域内部的所有表面上保持相对较高的偏压的信号。通过优化电极 22、34 以及接地环 21 和 29 之间的适合的面积比，就可以在等离子体激发区域上保持一相对较高的偏压，这帮助去除在工件的加工过程中会沉积在腔室表面上的聚合物。通过去除聚合物，加工装置 10 就以一清洁的方式运转，以致极大的延长了要进行清洁的情况之间的平均时间，从而提供更大的工件加工生产量。

等离子体激发区域 38 的体积相对较小，这带来了可使用性、可消耗表面的成本以及加工装置 10 的总的低成本方面的优点。在一个较佳的实施例中，电极 22 和 34 的半径分别为 10.5 厘米和 9.6 厘米，并且区域 40 在中心线 13 与环 41—43 的内缘之间的半径为 13.45 厘米，而各个绝缘体环 24 和 32 的外半径为 11.4 厘米。电极 22 的底表面与电极 34 的顶表面之间间距的名义值为 1.8 厘米。电极 22 和 34 的这些表面之间的间距是以下文将述的一种方式可变的，并且可在一限定的范围内变化，以提供对从电极 34 至电极 22 的 2MHz 的激发的耦合的更多控制。已经发现，前述的尺寸有助于使在电极 34 上形成出一高的 DC 偏压，并有助于形成从电极 34 供应至电极 22 的 27MHz 的射频功率的去耦。

电路 50 和 52 分别为电极 22 和 34 提供 27MHz 和 2MHz 的激发。电路 50 包括 27MHz 的电源 54，它具有足够的功率来向电极 22 供电，以将区域 38 中的气体激发成一等离子体状态并提供所需的等离子体密度。电路 52 包括 2MHz 的电源 60，它具有足够的功率来向电极 34 供电，以在电极 34 上形成一实质的 DC 偏压并在激发区域 38 中的等离子体中形成所需的离子能量。

射频电源 54 驱动匹配网络 56，该匹配网络包括若干可变的电抗（未示出），诸电抗由一已知的方式来控制，以在电源 54 的输出阻抗与其驱动的负荷、包括电极 22 和区域 38 中的等离子体之间保持一阻抗匹配。带通滤波器 58 连在匹配网络 56 的输出接线端和电极 22 之间。滤波器 58 的通频带设置成，在为电源 60 所供应至电极 34 并穿过区域 38 中的等离子体流到电极 22 的 2MHz 的电流提供一接地的低阻抗通路的同时，将电源 54 的 27MHz 的输出通至电极 22。

滤波器 58 可以构造为连接在匹配网络 56 的输出接线端与接地之间的分路中的一分支, 其中该分支包括一串联调谐至电源 60 的 2MHz 频率的谐振电路。滤波器 58 的分支可包括呈与一电容串联的电感器形式的一简单的调谐电路。因为连接至匹配网络 56 的输出接线端, 电源 54 的 27MHz 的输出是不受滤波器 58 的影响的, 并连接至电极 22, 但电源 60 供应向电极 34 的 2MHz 的电流通过滤波器 58 流至接地。因而, 滤波器 58 保护 27MHz 的电源 54 不受电极 34 的 2MHz 的激发的影响, 并且 2MHz 频率的电流有利地在等离子体中横穿电极 22 与 34 的相对表面之间的间隙流动。

电路 52 的 2MHz 的电源 60 驱动包括可变电抗 (未示出) 的匹配网络 62, 诸电抗以一已知的方式来控制, 以在电源 60 的输出阻抗与其驱动的负荷、包括电极 34 和区域 38 中的等离子体之间保持一阻抗匹配。带通滤波器 64 连接在匹配网络 62 的输出接线端与电极 34 之间。滤波器的通频带设置成, 在为电源 54 所供应至电极 22 的 27MHz 的电流提供一高阻抗通路的同时, 将电源 60 的 2MHz 的输出送至电极 34。

滤波器 64 可以构造为串联连接在匹配网络 62 的输出接线端与电极 34 之间的一分支, 其中该分支包括一调谐至电源 54 的 27MHz 频率的并联的谐振电路。滤波器 64 的分支可包括呈与一电容并联的电感器形式的一简单的调谐电路。因为连接至匹配网络 62 的输出接线端, 电源 60 的 2MHz 的输出是不受滤波器 64 的影响的, 并连接至电极 34, 但滤波器 64 阻断电源 54 供应向电极 34 的 27MHz 的电流。因而, 滤波器 64 保护 2MHz 的电源 60 不受电极 22 的 27MHz 的激发的影响, 并且有利地阻止大部分的 27MHz 频率的电流横穿电极 22 与 34 的相对表面之间的间隙流入等离子体中。

由于滤波器 64、尤其是 27MHz 的电流被限定在邻近电极 22 的区域 38 中的等离子体部分中。27MHz 的激发通常不会穿透该间隙到达邻近电极 34 和工件 36 的等离子体。通过将高频率、27MHz 的电流限定在区域 38 中邻近电极 22 的等离子体部分中, 可以实现更好的等离子体密度控制。尽管已经描述了特定的带通滤波器 58 和 64, 但是应理解的是, 其它的滤波器结构也可以提供相同或大致相同的效果。

现在请参见诸图中的图 2, 它是腔室 12 的一较佳实施例的详细剖视图。圆

筒状的壁 14 包括金属的接地圆柱体 70 和 72, 它们分别位于等离子体激发区域 38 的上方和下方, 并且通过金属环 74 彼此电气地和机械地连接。金属环 74 包括玻璃的、大体与区域 38 对齐的观察窗口 76。圆柱体 70 的内壁结合在金属波纹管 82 的外壁上, 后者具有一环形的形状, 以使波纹管与轴线 13 共轴线。波纹管 82 的内壁粘合在与轴线 13 共轴线的金属套筒 84 上。波纹管 82 有一顶表面, 该顶表面连接至可竖向平移的致动器 (未示出), 用来上下驱动波纹管, 以使套筒 84 能相对包括圆柱体 70 和 72、以及环 76 的固定侧壁 14 竖向运动。套筒 84 与侧壁 14 之间的相对运动致使电极 22 和 34 之间的激发区域 38 中的间隙可任意改变。

套筒 84 的下缘固定地连接至一金属制成、较佳地是铝制成的环 86 的上表面, 环 86 的下表面固定地连接至碳化硅制成的、高导电性环 21 的上表面的一部分上。装载碳化硅环 41—43 并较佳地构造成一螺杆的金属柱 46 被驱入环 21 和 86 所共有的一螺纹孔中, 以将环 41—43 固定在区域 38 周围的适当位置上。较佳地是用三氧化二铝 (Al_2O_3) 制成的电气绝缘的环 88 介入在电气接地的套筒 84 与加电电极 22 的金属板 85 之间, 以使套筒 84 和电极 22 彼此电气绝缘。环 88 包括肩部 90, 该肩部具有板 85 和套筒 84 固定连接于上的两相对表面。环 88 的内壁邻靠高导电性环 91 的外壁, 且其内表面为用于压力探测器 92 的一腔室提供一外壁。用于压力探测器 92 的腔室的内壁由较佳地是用三氧化二铝制成的绝缘环 34 的外壁来提供。板 85 中的通道 94 将压力探测器 92 成流体流动关系地连接至板 85 顶部处的接头 94。

环 24 包括一向下垂悬的附属部分 96, 该附属部分具有延伸入激发腔室 38 中的一底表面, 且其略低于碳化硅环 21 和圆形硅板 98 的对齐的两底表面, 圆形硅板 98 在激发腔室 38 上边界上形成部分的电极 22。这样的一种结构有助于提供环 21 和板 98 之间的电气隔绝。附属部分 96 的内壁和外壁分别邻靠板 98 的外缘以及环 21 的内缘。环 24 具有内侧的水平和竖向延伸的、与石墨环 100 的相应表面邻靠的表面, 且石墨环 100 的下缘粘合至硅板 98。

电极 22 除了在电极的顶部包括铝板 85 和在电极的底部包括硅板 98 之外, 还包括间隔设置的导流板 101—103, 这些导流板介入在板 85 和 98 之间, 以为要在区域 38 中被激发成等离子体的气体提供一条流体流动通路。气体穿过设

置在铝板 85 顶表面上的接头 106 被引入，且铝板 85 包括用于将气体供应至导流板的一通道（未示出）。板 98 包括用于流过导流板 101—103 的气体的开孔（未示出），以为流入激发区域 38 的气体提供一喷淋头的效果。铝板 85 的顶表面机械地和电气地连接至电气连接件 108，接着又连接到一导线，该导线连接成响应电源 54 所产生并流过匹配网络 56 的 27MHz 的电流。板 85 的顶表面还包括连接至一冷却剂流体（未示出）源的通道 109，以用于控制电极 22 的温度。

底部组件的接地金属管 28 包括铝环 110，该环的上表面电气地和机械地连接至碳化硅环 29 的下表面，且其下表面通过多个金属块 112 电气地和机械地连接至铝管 114 的外侧壁。诸金属块 112 在通道 48 中围绕管子 114 的外侧壁等间距地设置，以使诸块不会对通道 48 中、从激发区域 38 至金属基底板 18 中的开孔的气体流动产生明显的影响。板 18 电气地连接至管子 72 和 114 的下缘。从而，一起形成图 1 中的管子 28 的环 110 和管子 114 处于与管子 72 和壁 114 相同的射频和 DC 接地电位。

包括石英环 116 和三氧化二铝环 118 的电气绝缘组件 115 将金属环 110 和金属管 114 与电极 34 电气绝缘。绝缘环 116 有一邻近但稍稍从碳化硅环 29 的底表面间隔开的顶表面，以及一邻近但稍稍与环 110 的内壁间隔开的外壁。环 116 的下部有一肩部，该肩部支靠在环 118 的顶表面上。环 116 还包括一向下垂悬的凸缘，且该凸缘介入在环 118 的外壁与环 110 的内壁下部之间。环 118 有一支靠在金属管 114 的顶缘上的底表面，并具有邻靠电气绝缘的三氧化二铝套筒 120 的外壁的一内壁，套筒 120 通过多个螺钉 125（仅示出了其中的一些）固定地附接至圆形铝板 122 的底部上。

石英环 116 的内壁邻近但稍稍与叠置的圆形铝板 122 和 124 的周缘间隔开，这些圆形铝板形成电极 34 并彼此电气地和机械地连接。电气连接件 126 机械地和电气地连接至板 122 的底表面，并且连接至将电源 60 的 2MHz 的输出供应到连接件的一导线。在板 124 的下表面中的凹腔 128 包括用于从板 124 的顶表面举起工件 36 的升降销 130。板 124 的上表面还包括一凹腔（未示出），诸如氦之类的一致冷剂流入其中，以帮助控制加工过程中的工件 36 的温度。板 122 包括多个凹槽（未示出），一致冷剂液体穿过其流动以帮助控制工件的温

度。

将加电电极 34 的金属板 124 与接地的碳化硅环 29 电气绝缘的绝缘环 32 包括石英环 132，一相对较薄的石英环 134 粘合至该石英环 132 的顶表面。石英环 132 配合在板 124 的竖向和水平向外表面与石英环 116 的上侧壁部之间的一环形空间中。环 132 粘合至板 124 的竖向和水平向外表面，并稍稍从石英环 116 的上侧壁部间隔开。环 134 的上表面延伸入腔室 38，在碳化硅环 29 与电极 34 的板 124 的对齐的两顶表面的稍上方，以帮助提供环 29 与电极 34 之间的电气绝缘。

应予以理解的是，在图 2 中所示的加工装置腔室包括常规的垫圈和其它的必需的、密封腔室内部以获得工件加工所需真空的零件。由于各种零件的热膨胀系数不同，以及由于与在没有进行工作的间歇中的腔室温度相比，工件加工过程中在腔室中会发生升温，所以这些零件之间设置有一定的间距。

现在请参见诸图中的图 3，该图是图 1 中所示加工装置以及图 2 中所示腔室的一电气示意的等效电路图。图 1 所示的加工装置可以被看作为一个双频的三极真空管，这是因为，激发区域 38 包括一接地电极和两个由不同的射频频率加电的电极。

因为在区域 38 中的被激发出的等离子体可以被看作一相对较低的电阻，等离子体在图 3 被示作接线端 140。电路 50 包括高频射频电源 54、匹配网络 56 以及分路带通滤波器 58，带通滤波器 58 包括彼此串联地连接在匹配网络 56 的输出接线端与接地之间的电感器 142 和电容 144。电感器 142 和电容 144 的值选择成它们可提供用于电源 60 所产生的 2MHz 的电流的一串联的谐振电路。电路 52 包括相对较低频率的射频电源 60、匹配网络 62 以及串联的带通滤波器 64，滤波器 64 包括彼此并联地连接在匹配网络 62 与电极 34 的输出接线端之间的电感器 146 和电容 148。电感器 146 和电容 148 的值选择成它们为电源 54 所产生的 27MHz 的电流提供一并联的谐振电路。

上电极 22 可以被看作与电阻器 152 并联的电容 150，而下电极 34 可以被看作电容 154。电极 22 与等离子体 140 之间的等离子体护层由电阻器 156、电容 158 及二极管 160 的并联组合来代表，它们接成线路以供从电电源 54 至等离子体 140 的正向电流通过，使等离子体处于比电极 22 的 DC 电压低的一 DC 电压

之下。电极 34 与等离子体 140 之间的等离子体护层由电阻器 162、电容 164 及二极管 166 的并联组合来代表，它们接成线路以供从电源 60 至等离子体 140 的正向电流通过，使等离子体处于比电极 34 的 DC 电压低的一 DC 电压之下。等离子体 140 与接地的表面、其中包括环 21、29、41-43 及 110 之间的护层是由电阻器 168、电容 170 及二极管 172 的并联组合来代表的，它们接成线路以供从等离子体 140 至接地表面（由接线端 174 代表）的负向电流通过，使等离子体处于比接地表面的 DC 电压高的一 DC 电压之下。

从图 3 中，来自电源 54 的高频电流穿过上电极 22、由电阻器 156、电容 158 及二极管 160 所代表的上护层流至等离子体 140。由于带通滤波器 64 对高频电流的高阻抗作用，所以基本阻止高频电流流入电路 52，并借助于包括电阻器 168、电容 174 及二极管 172 的护层从等离子体 140 流至接地接线端 174。如上文所述，腔室 12 的几何形状加强了从电源 54 至等离子体 140、并使其到接地接线端 174 的该电流的流动。因此，可以通过精确控制射频电源 54 的功率来精确地控制激发区域 38 中的等离子体密度。

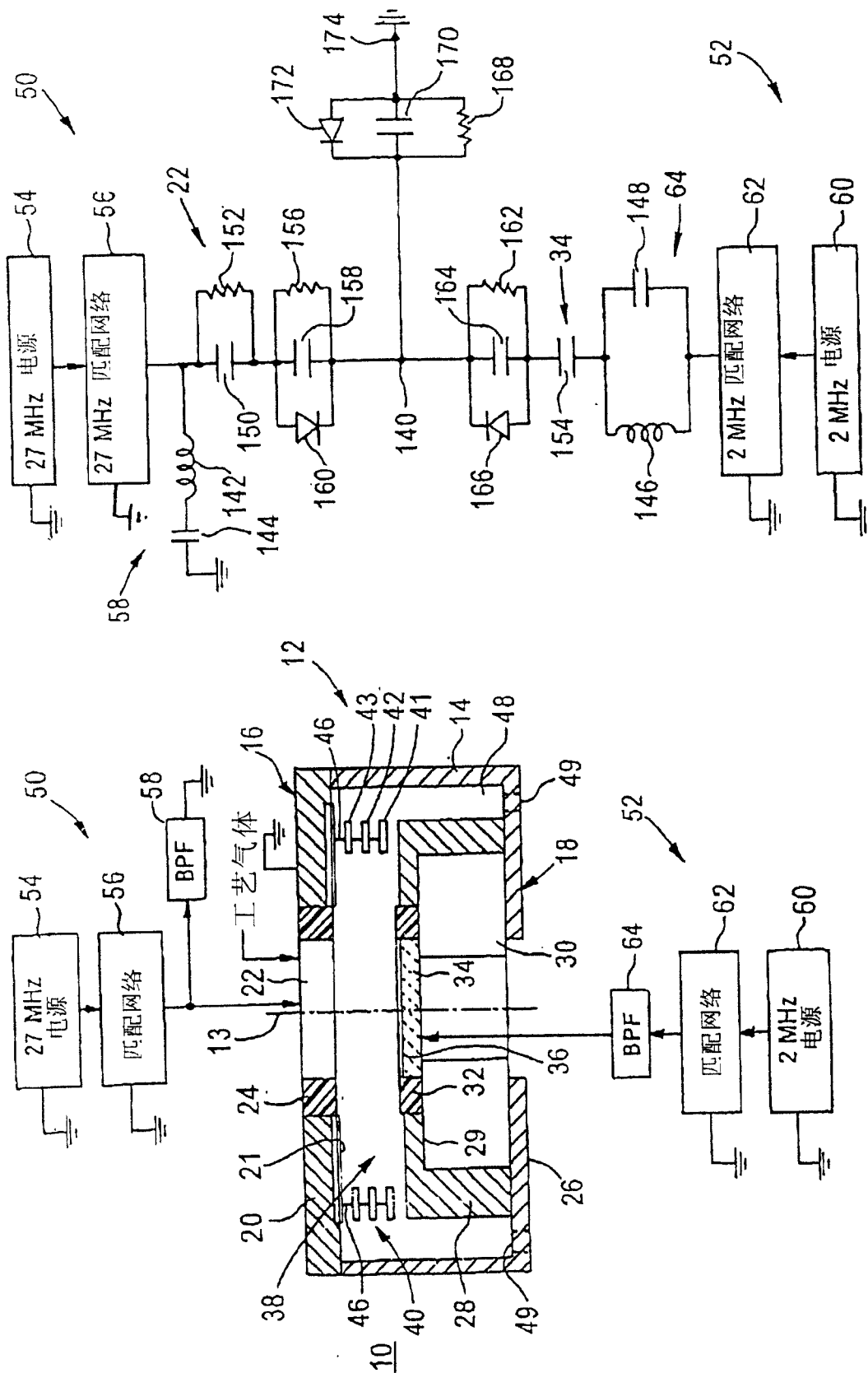
来自电源 60 的低频电流穿过下电极 34，通过包括电阻器 162、电容 164 及二极管 166 的下护层、经等离子体 140 和包括电阻器 156、电容 158 及二极管 160 的上护层主要地流至电极 22。由于带通滤波器 58 对低频电流的低阻抗作用，所以低频电流可容易地从等离子体 140、穿过滤器 58 而流至接地。如上文所述，腔室 12 的几何形状有助于阻止来自电源 60 的较大的低频电流通过包括电阻器 168、电容 170 及二极管 172 的接地护层流至接地接线端 174。因此，可以通过精确地控制射频电源 60 的功率来精确地控制区域 38 中的等离子体中的离子能量。

通过提供对区域 38 中的等离子体密度和离子能量的精确控制，就可以提供和保持在等离子体中正确的离子和根基物质对中性物质的比值。因此，可以提供对在工件 36 上方的空间中离子、根基以及中性物质的驻留时间、以及轰击工件的离子能量的精确控制。由于这些因素，加工装置 10 可为各种诸如 HARC、SAC 及低-K 之类的多种蚀刻工艺提供比现有技术加工装置更好的控制。

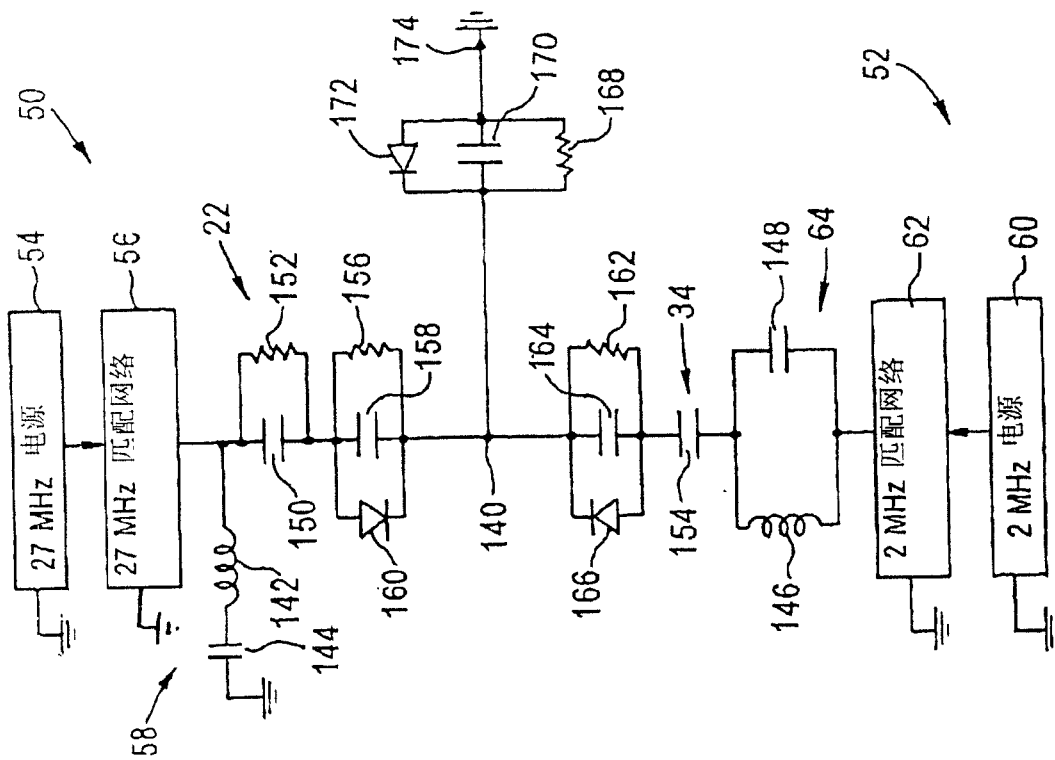
可将等离子体约束到相对较小体积的区域 38 中的腔室 12 的几何形状构造，在区域 38 中的所有表面上形成一明显的偏压，如从图 3 中可见。明显的

偏压借助于等离子体 140 和 (1) 电极 22、(2) 电极 34 以及 (3) 由接线端 174 所代表的区域 38 的接地表面之间的护层来形成。偏压和护层将防止等离子体入射在激发区域 38 中的表面上，以 (1) 在加工的过程中保持该表面清洁，因而明显地延长需要清洁腔室内部的情况出现之间的平均时间，并 (2) 减少这些表面被等离子体的损耗，以延长诸表面的使用寿命。

尽管已经描述和示出了本发明的一个特定的实施例，但很清楚的是，可以不背离如所附权利要求所定义的本发明真正原理和保护范围，而对所具体图示和描述的实施例的细节进行变化。例如，可以用一闭环控制装置来对区域 38 中的压力进行控制，该控制装置包括在该区域中的一压力传感器和响应一压力设定值和压力传感器、对百页窗 41—43 之间的间距进行控制的一驱动装置。

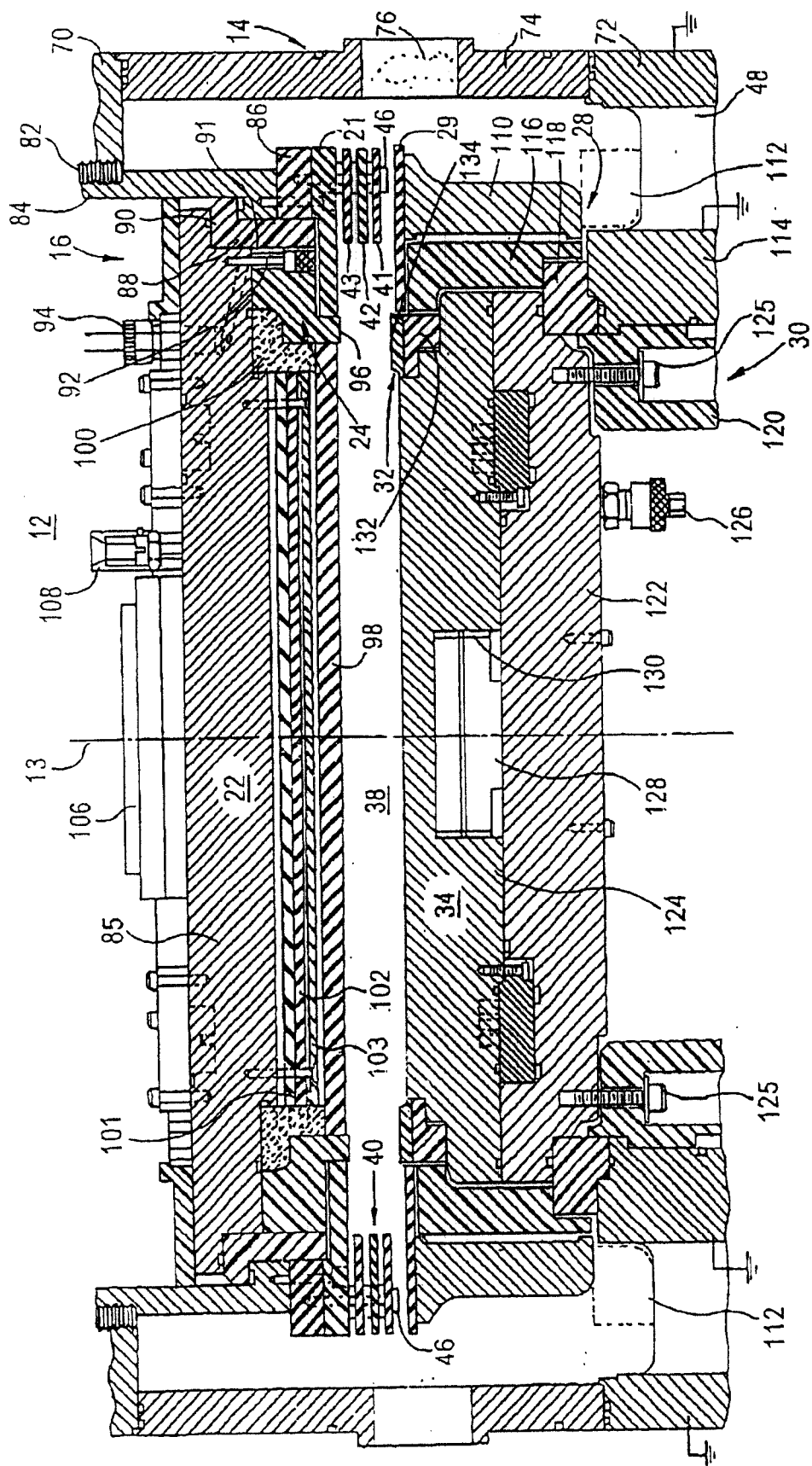


一 圖



3

11



2