(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102106191 B
(45)授权公告日 2014.01.22

(21)申请号 200980128986.8
(22)申请日 2009.07.13
(30)优先权数据
12/178,032 2008.07.23 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2011.01.24
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2009/050403 2009.07.13
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2010/011521 EN 2010.01.28
(73)专利权人 应用材料公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 肯尼思·S·柯林斯
道格拉斯·A·小布什伯格
卡尔蒂克·拉马斯瓦米
沙希德·劳夫 塙广二
詹尼弗·Y·孙 安德鲁·源
托尔斯特恩·B·莱尔 梅华·沈
(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
代理人 陆嘉
(51)Int.Cl.
H05H 1/34(2006.01)
H05H 1/38(2006.01)
H01L 21/3065(2006.01)
H01L 21/683(2006.01)
(56)对比文件
US 5486975 A,1996.01.23, 全文.
US 5668524 A,1997.09.16, 全文.
US 2003/0201069 A1,2003.10.30, 全文.
JP 2004-22822 A,2004.01.22, 全文.
US 2004/0261946 A1,2004.12.30, 全文.
US 2005/0272227 A1,2005.12.08, 全文.
CN 101057310 A,2007.10.17, 全文.
US 2006/0005930 A1,2006.01.12, 全文.
审查员 赵延瑞

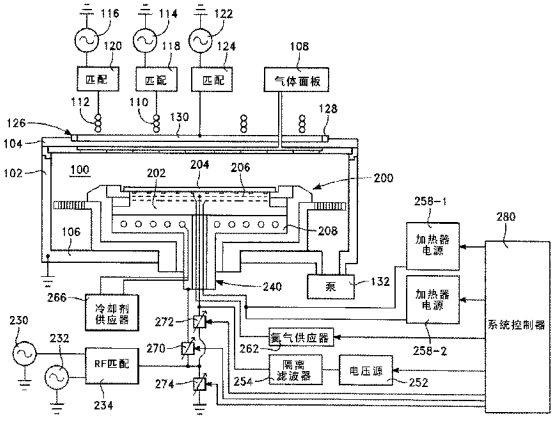
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

具有可控制分配RF功率至制程套组环的等离子体反应器的工件支撑件

(57)摘要

在静电夹盘中，RF偏压功率系分别被施加至工件和环绕工件的制程套组环。由系统控制器所控制的至少一个可变阻抗组件系调节工件和制程套组环之间的RF偏压功率分配，以允许在工件最边缘处的等离子体鞘电场的动态调整，由此例如在不同的等离子体条件下使电场均匀性最佳化。



CN 102106191 B

1. 一种用于等离子体反应器腔室中的 RF 偏压工件支撑系统，包括 ：

圆盘，具有工件支撑表面以支撑工件 ；

工件电极，嵌设于该圆盘中，该工件电极位于该工件支撑表面的下方，且与该工件支撑表面大致平行 ；

金属板，位于该圆盘下方 ；

环状制程套组环，环绕该工件支撑表面的周围边缘 ；

制程套组电极组件，位于该制程套组环的下方 ；

RF 等离子体偏压电源，耦合至该工件电极及该制程套组电极组件 ；

可变 RF 阻抗组件，包含电抗组件，该电抗组件具有可变电抗，该可变 RF 阻抗组件耦合在该 RF 等离子体偏压电源与 (a) 该工件电极及 (b) 该制程套组电极组件其中一者之间 ；以及

系统控制器，连接至该可变 RF 阻抗组件的控制输入，由此控制该可变 RF 阻抗组件的该电抗组件的该可变电抗。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其中 ：

该金属板包含中央部分和外部部分，该中央部分位于该工件支撑表面下方，该外部部分位于该制程套组环下方 ；

该制程套组电极组件包含该金属板的该外部部分，其中该金属板包括 RF 驱动的阴极。

3. 如权利要求 1 所述的系统，还包括 ：

环状绝缘层，环绕该圆盘和该金属板 ；

环状制程套组导体，位于该绝缘层中，并且轴向延伸通过该环状绝缘层，该环状制程套组导体包含位于该制程套组环的下方并与该制程套组环接触的套组支撑表面 ；

并且其中，该制程套组电极组件包含该环状制程套组导体。

4. 如权利要求 1 所述的系统，还包括嵌设平面制程套组电极，该嵌设平面制程套组电极位于该圆盘内，且与该工件电极分隔开并与该工件电极大致平行，该嵌设平面制程套组电极包含位于该制程套组环下方的环状外部部分，并且其中 ：

该制程套组电极组件包含该嵌设平面制程套组电极的该环状外部部分。

5. 如权利要求 4 所述的系统，其中该金属板被接地。

6. 如权利要求 1 所述的系统，其中该可变 RF 阻抗组件连接在该 RF 等离子体偏压电源与该工件电极之间。

7. 如权利要求 6 所述的系统，还包括连接在该 RF 等离子体偏压电源与该制程套组电极组件之间的第二可变 RF 阻抗组件，该系统控制器连接至该第二可变 RF 阻抗组件的控制输入，由此控制该第二可变 RF 阻抗组件的阻抗。

8. 如权利要求 1 所述的系统，还包括阴极接地可变阻抗组件，且该阴极接地可变阻抗组件包括输入端和接地端，该输入端耦合至该工件电极和该制程套组电极组件，该接地端连接至 RF 接地电位。

9. 如权利要求 1 所述的系统，还包括 ：

第一静电夹持电压源，耦合至该工件电极，其中来自所述第一静电夹持电压源的夹持电压施加至所述工件电极 ；以及

第二静电夹持电压源，耦合至该制程套组电极组件，该系统控制器与该第一静电夹持

电压源和该第二静电夹持电压源耦合，由此分别控制施加至该工件支撑表面上的工件和施加至该制程套组环上的夹持力。

10. 如权利要求 2 所述的系统，其中该圆盘包括中央圆盘部分和外部圆盘部分，该中央圆盘部分位于该工件支撑表面下方，该外部圆盘部分位于该制程套组环下方，该外部圆盘部分具有位于该环下方的环支撑表面，该系统还包括：

冷却剂流体流动通道，位于该金属板内；以及

气流通道，位于该环支撑表面内。

11. 如权利要求 10 所述的系统，还包括：

制程套组环静电夹持电极，位于该环下方；

第一静电夹持电压源，耦合至该工件电极，其中来自所述第一静电夹持电压源的夹持电压施加至所述工件电极；

第二静电夹持电压源，耦合至该制程套组环静电夹持电极，该系统控制器被连接以控制该第一静电夹持电压源和该第二静电夹持电压源各自的输出电压。

12. 如权利要求 3 所述的系统，还包括：

冷却剂流体流动通道，位于该环状制程套组导体内；以及

气流通道，位于该环状制程套组导体的该套组支撑表面内。

13. 如权利要求 12 所述的系统，还包括：

第一静电夹持电压源，耦合至该工件电极，其中来自所述第一静电夹持电压源的夹持电压施加至所述工件电极；

第二静电夹持电压源，耦合至该环状制程套组导体；并且

其中，该系统控制器被连接以分别控制该第一静电夹持电压源和该第二静电夹持电压源中每一者的输出电压。

14. 如权利要求 4 所述的系统，还包括：

第一静电夹持电压源，耦合至该工件电极，其中来自所述第一静电夹持电压源的夹持电压施加至所述工件电极；

第二静电夹持电压源，耦合至该嵌设平面制程套组电极；并且

其中，该系统控制器被连接以分别控制该第一静电夹持电压源和该第二静电夹持电压源中每一者的输出电压。

15. 如权利要求 1 所述的系统，其中该圆盘包括位于该工件支撑表面的相对侧的底表面，该系统还包括：

伸长的中央绝缘体，从该圆盘的该底表面沿着该圆盘的对称轴而轴向延伸通过该金属板并终止于该中央绝缘体的底端；

环状阴极馈电导体，其环绕该中央绝缘体，并与该中央绝缘体共轴延伸，而从该金属板的该底表面延伸至该环状阴极馈电导体的底端；以及

工件电极馈电导体，其延伸穿过该中央绝缘体和该圆盘，且该工件电极馈电导体具有顶端和底端，该顶端连接至该工件电极，该底端延伸穿过该中央绝缘体的该底端以提供介于该 RF 等离子体偏压电源和该工件电极之间的电流路径。

具有可控制分配 RF 功率至制程套组环的等离子体反应器的工件支撑件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种等离子体反应器的工件支撑件，具体涉及一种可控制制程套组环 RF 功率分配的等离子体反应器的工件支撑件。

背景技术

[0002] 在对诸如半导体晶片等工件进行等离子体处理时，均匀性要求已延伸至距离工件边缘 5mm 或 3mm 内，而近来已将要求延伸至 2mm 甚至 1mm 内。工件通常被静电夹持至包括静电夹盘 (electrostatic chuck ;ESC) 的工件支撑件上，而静电夹盘用于执行多种功能，例如经由工件而将 RF 偏压功率、电压或电流耦合至等离子体，且 / 或是提供来自另一电极耦合至等离子体的 RF 电流的接地返回路径。静电夹盘通常也用于加热或冷却工件，或是用于控制工件温度。对于蚀刻处理来说，静电夹盘的尺寸通常小于工件，由此覆盖住夹盘，并保护夹盘免受等离子体伤害。否则，等离子体会损害或者侵蚀静电夹盘，且由 ESC 所溅射或蚀刻的物质会污染工件或腔室。为了防止工件支撑件与工件之间的有效接触，尤其是在工件的边缘处，通常工件边缘是不平坦的，且取而代之的是斜角或圆角。由此导致将均匀处理延伸遍及工件而至其边缘的困难。即使是理想导体 (perfectly conducting) 的工件，由于电极的尺寸受限，则在偏压或非偏压工件上形成的等离子体鞘或等离子体鞘电场都是不均匀的，这是因为跨越工件的电场在接近边缘区域相较于工件其余部分上的电场而呈现变化。由于工件或晶片不是理想导体，故在接近边缘处会有额外的电场变化。其结果就是工件边缘的等离子体离子流和离子能量或者离子角能量分布不同于工件的其余部分。甚至朝向工件边缘的等离子体基流 (plasma radical flux) 也不同于朝向工件其余部分的等离子体基流。在等离子体蚀刻处理中，此种边缘效应在晶片边缘处造成非均匀的处理结果，其例如呈现为晶片边缘附近的高深宽比开口的蚀刻轮廓的倾斜或扭曲。其它等离子体处理的参数在晶片边缘处呈现大幅变化，包括临界尺寸偏差 (CD bias)、蚀刻速率、溅射、沉积速率、蚀刻选择性、蚀刻微负载等。

[0003] 减少边缘效应的公知方法包括 :(1) 导体、半导体或介电的周围组件 (例如当工件为圆形半导体晶片时所使用的圈或环) ;或者 (2) 能控制工件边缘温度使之与工件其余部分温度不同的边缘温度区域 ;或者 (3) 允许不同的气体混合物或不同的气体混合物比例至边缘区域的边缘气体导入区域 ;或者 (4) 接近工件边缘的等离子体限制环，能够降低副产物从工件边缘移除的速率或者提高等离子体类型在接近工件边缘处的再结合率 ;或者 (5) 边缘周围组件，其被温控至选择以改变局部等离子体状态的温度，例如选择以增加或减少邻近边缘的等离子体类型 (例如通过发生沉积以耗尽特定类型、通过周围组件的蚀刻以耗尽特定类型，或者通过蚀刻周围组件以形成副产物类型而增加特定类型)。方法 (2)、(3)、(4) 和 (5) 无法直接解决非均匀鞘电场的问题，而是使用其它技术来改变边缘处理。方法 (1) 是直接解决问题，但当选择了不同的等离子体条件时，其不允许控制工件边缘鞘电场，所以方法 (1) 充其量是对广范围等离子体条件的折衷方法。目前需要的是一种方法，其能

够控制工件边缘等离子体鞘条件，例如离子能量、离子角能量分布或者离子密度或离子流，且由此控制，举例来说，工件结构参数，例如 CD 均匀性（临界尺寸）、轮廓（斜度）、蚀刻速率（或选择性），而在选择不同等离子体条件、腔室条件改变或处理不同工件结构的情况下可控制工件边缘等离子体鞘条件。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种用于等离子体反应器腔室中的 RF 偏压工件支撑系统。介电圆盘具有工件支撑表面以支撑工件。工件电极嵌设于圆盘中。工件电极位于工件支撑表面下方，并且大致平行于工件支撑表面。金属板位于介电圆盘下方。环状制程套组环系环绕在工件支撑表面的周围边缘。制程套组电极组件位于制程套组环下方。RF 等离子体偏压功率源耦接至工件电极和制程套组电极组件。分配在工件和制程套组环之间的 RF 偏压功率的控制是通过耦合于 RF 等离子体功率源与 (a) 工件电极以及 (b) 制程套组电极其中一者之间的可变 RF 阻抗组件来执行。可变 RF 阻抗组件包含具有可变电抗的电抗组件。系统控制器连接至可变 RF 阻抗组件的控制输入，由此控制可变 RF 阻抗组件的电抗组件的可变电抗。

附图说明

[0005] 为使本发明之上述特征更明显易懂，可配合参考实施例说明，其部分如附图所示。应当理解，为了不使本发明产生误解，某些公知的处理方法将不在此讨论。

[0006] 图 1A 示出根据第一实施例的包括工件支撑基座的等离子体反应器；

[0007] 图 1B 是图 1A 的一部分的放大视图，其显示关于晶片支撑基座的某些细节；

[0008] 图 2 示出根据第二实施例的工件支撑基座；

[0009] 图 3 示出根据第三实施例的工件支撑基座；

[0010] 图 4 示出根据第四实施例的工件支撑基座；

[0011] 图 5 是图 1B 中实施例的改变示例，其中包含了制程套组环的热控制特征结构；

[0012] 图 6 是简化电路图，该电路可应用于图 1 至图 4 中分配制程套组和工件之间 RF 功率的可变阻抗组件中一者。

[0013] 为便于了解，图中相同的组件符号表示相同的组件。某实施例采用的组件无需特别详述而可应用到其它实施例。须注意的是，虽然附图揭示了本发明特定实施例，但其并非用以限定本发明的精神与范围，本领域的普通技术人员可通过各种之改变与而得到等效实施例。

具体实施方式

[0014] 本发明的实施例包括静电夹盘，在静电夹盘中的 RF 偏压功率分别耦合至工件和环绕工件的制程套组环 (process kit collar)。由系统控制器所控制的至少一个可变阻抗组件系调整工件和制程套组环间的 RF 偏压功率分配，以允许动态调整工件最边缘处的等离子体鞘电场，而例如在变化的等离子体条件下使得电场均匀性最佳化。

[0015] 参照图 1A 和图 1B，等离子体反应器具有腔室 100，该腔室 100 由圆柱形侧壁 102、顶板 104 和底板 106 所界定，而底板 106 的周围边缘与侧壁 102 相接。顶板 104 是用于从制程气体供应器 108 接收制程气体的气体分布板。侧壁 102 和底板 106 由金属制成并且连

接至接地。真空泵 132 通过底板 106 中的端口而对腔室 100 进行抽真空。来自内部及外部线圈天线 110、112 的等离子体 RF 源功率可感应耦合至腔室 100 中，其中内部及外部线圈天线 110、112 通过各自的 RF 阻抗匹配组件 118 和 120 而连接至各自的 RF 源功率产生器 114 和 116。顶板或气体分布板 104 可由非导电材料制成，以使来自线圈天线 110、112 的 RF 功率通过顶板 104 而感应耦合至腔室 100 内。

[0016] 替代地，或额外地，来自 VHF 产生器 122 和阻抗匹配组件 124 的 RF 等离子体源功率可以由顶部电极 126 而电容耦合至腔室 100 中。在实施例中，顶部电极 126 可以与气体分布板 104 分隔开。

[0017] 在实施例中，来自线圈天线 110、112 的 RF 功率经由气体分布板 104 以及顶部电极 126 而感应耦合至腔室 100 中。在该实施例中，气体分布板可以由介电材料或半导体材料制成，而顶部电极 126 为法拉第屏蔽 (Faraday shield) 的形式，其具有外部环导体 128 和由外部环导体 128 径向向内延伸的多个传导触指 (finger) 130。法拉第屏蔽 126 可连接至接地，以提供耦合至晶片支撑基座（将于下方描述之）的 RF 功率的接地回路 (ground return)。法拉第屏蔽 126 可通过 RF 滤波器而采所选择的频率接地。

[0018] 在没有线圈天线 110 和 112 的情况下，气体分布板 104 可以完全由金属制成，并可作为顶部电极 126，而经由阻抗匹配组件 124 耦合至 VHF 产生器 122。

[0019] 工件支撑基座 200 被设置在腔室 100 内部以保持工件 204，例如半导体晶片、掩膜、光罩、显示器面板、太阳能面板组件等。基座 200 是静电夹盘，其以静电方式夹持或吸引工件 204，并包括具有用以支撑工件 204 的顶表面 202a 的介电顶层或圆盘 (puck) 202。导电格栅 (grid) 206 嵌设在圆盘 202 内，并与圆盘顶表面 202a 相隔较小距离（例如 0.25mm 至 2mm）。格栅 206 作为 ESC 电极，并且直流夹持电压以下述方式而施加至 ESC 电极。圆盘 202 支撑在金属板或阴极 208 上，而 RF 等离子体偏压功率可施加至阴极 208。圆盘 202 由绝缘材料（例如电阻率大于 10^{12}Ohm·cm）或者半导体材料（例如电阻率在 10^{8}Ohm·cm 和 10^{12}Ohm·cm 之间）制成。

[0020] 提供有多种特征结构 (feature) 以用于热控制。在圆盘顶表面 202a 中所形成的通道阵列 203 用于提供热传导气体（例如氦气）以控制工件 204 和圆盘 202 间的热传导。当工件 204 被夹持到圆盘顶表面 202a 上时，这些通道被完全封住。阴极 208 包含内部流体流动通道 210，液态冷却剂则循环通过该些流动通道 210。圆盘 202 中嵌设有电加热器 211。加热器 211 可被区分为独立控制的内部及外部加热器 211a 和 211b。

[0021] 制程套组环组件 212 环绕在圆盘 202 的边缘，并且包括制程套组环 214 位于制程套组垫圈 (spacer ring) 216 上方，且垫圈 216 置于圆盘 202 的环状肩部 202b 中。环 214 的肩部 214a 环绕在晶片 204 的边缘，并留有小型径向间隙 218。环状制程套组绝缘体 220 环绕环组件 212、圆盘 202 和阴极 208。由环状绝缘体 220 底部边缘延伸的盘状阴极绝缘体 221 位于阴极 208 下方。选择性设置的接地外壳 222 具有环绕该环状绝缘体 220 的外部环状部分 222a，以及位于阴极绝缘体 221 下方的盘状部分 222b。选择性设置的环状接地挡板 224 由接地外壳 222 的环状部分 222a 延伸至腔室侧壁 102。

[0022] RF 偏压功率产生器 230、232 通过 RF 偏压阻抗匹配电路 234 而将 RF 偏压功率施加至阴极 208。产生器 230 可具有高频 (HF)（例如低于 27MHz）或超高频 (VHF)（例如大于 27MHz），产生器 232 可具有中频 (MF) 或低频 (LF)（例如低于 4MHz）。阻抗匹配电路 234 可以

通过从阴极 208 延伸通过腔室底板 106 的共轴导体组件 240 而连接至阴极 208。共轴导体组件 240 具有：中央绝缘体 242、环绕该中央绝缘体 242 的中空圆柱状阴极馈电导体 (feed conductor)244、以及环绕该阴极馈电导体 244 并与盘状阴极绝缘体 221 结合的中空圆柱状阴极馈电绝缘体 246。从阴极接地外壳 222 延伸的环状阴极接地回路导体 248 环绕圆柱状阴极馈电绝缘体 246。

[0023] 设施 (utilities) 通过各种延伸穿过共轴馈电组件 240 的导体和导管而耦接至基座 200 内。格栅馈电导体 250 延伸穿过中央绝缘体 242 而到达格栅 206。ESC 电压源 252 通过格栅馈电导体 250 而提供直流电压至格栅 206。RF 隔离滤波器 254 对格栅馈电导体上的 RF 电压提供高阻抗，并且防止 RF 功率到达直流源。加热器供电导体对 (supply conductor pair)256-1、256-2 延伸穿过中央绝缘体 242 而到达内部及外部加热器 211a 和 211b。独立 AC 电源 258-1、258-2 分别通过加热器供电导体对 256-1、256-2 而耦接至加热器 211a、211b。气体输送管 260-1、260-2 延伸穿过中央绝缘体 242 而到达圆盘表面 202a 中的通道阵列 203 的输入及输出端（未显示）。热传导气体（例如氦气）的供应器 262 与气体输送管 260-1、260-2 耦接。冷却剂输送管 264-1、264-2 延伸穿过圆柱状阴极馈电导体 244 而到达阴极 208 内的冷却剂通道 210 的输入输出端口（未显示）。液态冷却剂的供应器 266 与冷却剂输送管 264-1、264-2 耦接，以将液态冷却剂再次循环通过冷却剂通道 210。冷却剂可以通过外部的热交换器而进行冷却或加热。

[0024] 阴极 208 通过阴极 RF 馈电导体 244 并通过选择性设置的阴极偏压可变 RF 阻抗组件 270 而耦接至偏压 RF 阻抗匹配电路 234 的输出。格栅馈电导体 250 除了与 ESC 电压源 252 耦接以外，还通过格栅偏压可变 RF 阻抗组件 272 而耦接至偏压 RF 阻抗匹配电路 234 的输出。在实施例中，阴极 RF 馈电导体 244 和格栅馈电导体 250 通过选择性设置的阴极接地可变阻抗组件 274 而耦接至 RF 接地。在实施例中，阴极接地可变阻抗组件 274 是带通滤波器 (band pass filter)，其具有集中在 VHF 功率产生器的频率的非常窄的通带，并且阻隔 RF 偏压功率产生器 230 和 232 的频率。这个特性使得基座 200 可以作为电容耦合至腔室 100 中的 VHF 功率的 RF 接地回路电极，而不用将偏压功率短接至接地。

[0025] 系统控制器 280 控制阻抗组件 270、272 和 274 的可变阻抗、气体供应器 262 的压力、冷却剂供应器 266 的流体温度和流速、AC 加热器电源 258-1 和 258-2 的输出电流，以及 ESC 电压源 252 的直流输出电压。

[0026] 在图 1A 和图 1B 中所示的实施例中，整个格栅 206 位于晶片 204 下方，且没有任何部分位于制程套组环 214 下方，所以任何施加至格栅 206 的 RF 偏压功率均被电容耦合至晶片 204，而相对较少或完全没有 RF 偏压功率被电容耦合至制程套组环 214。阴极 208 的环状周围部分 208a 延伸于制程套组环 214 下方，因此部分施加至阴极的 RF 偏压功率电容耦合至制程套组环 214。这样的结构使得可以通过对格栅 206 和阴极 208 施加不同量的 RF 偏压功率，来相对于晶片 204 上的 RF 偏压功率（或电流或电压）调节制程套组环 214 上的 RF 偏压功率（或电流或电压）。

[0027] 阴极和格栅可变 RF 阻抗组件 270、272 决定了阴极 208 和格栅 206 间的 RF 偏压功率（或电流或电压）的分配。为实现此目的，只需要可变阻抗 270、272 的其中一者（虽然两者的结合能够增进调整范围）。举例来说，如果阴极可变阻抗组件 270 被从匹配电路 234 至阴极馈电导体 244 的直接电气连接 (electrical connection) 所代替，那么格栅可变阻

抗组件 272 的阻抗自身就决定了阴极 208 和格栅 206 之间的 RF 功率分配。这就改变了晶片 204 和制程套组环 214 之间的 RF 偏压功率分配。如上所述，这是因为阴极 208 的环状外部部分 208a 位于制程套组环 214 的正下方，并且将 RF 偏压功率电容耦合至制程套组环 214，同时，格栅 206 位于晶片 204 下方并且不在制程套组环 214 下方，所以将其几乎所有的 RF 偏压功率电容耦合至晶片 204，而不是耦合至制程套组环 214。当格栅可变阻抗组件 272 使得施加至阴极的 RF 功率比例增大或减小时，耦合至制程套组环的 RF 功率也同样分别相对于耦合到晶片 204 的功率而增大或减小。现将详述如何操作此种 RF 功率的分配。

[0028] 圆盘 202 的厚度 T 和阴极 208 到制程套组环 214 的距离 D 经选择以“过度补偿 (over-compensate)”耦合至制程套组环上方的等离子体相对于耦合至晶片 204 中央部分上方的等离子体的偏压功率密度（或电压或电流）。为此，制程套组环 214 与阴极 208 之间的单位面积电容量必须设计为高于晶片 204 与阴极 208 之间的单位面积电容量。如果制程套组环 214 耦合至比阴极 208 和环 214 之间的 RF 耦合区域还要更大的区域，或者环 214 负载额外接地电容（例如径向向外方向），则制程套组环 214 和阴极 208 之间的单位面积电容量甚至必须大于晶片 204 和阴极 208 之间的单位面积电容量以实现预期的过度补偿。

[0029] 环 214 的厚度可以选择为「小厚度」，以保持该耗材的低成本，通常为约 1-4mm。ESC 圆盘 202 的热阻 (thermal resistance) 和成本随厚度增大，因此对于高导热性材料（例如氮化铝），圆盘 202 的总厚度通常低于约 25mm，对于低导热性材料（例如氧化铝物或氧化钇），圆盘 202 的总厚度通常低于约 10mm。举例来说，如果选择 ESC 圆盘总厚度为 7mm，则选择 2mm 厚度的石英、硅或碳化硅的制程套组环 214。若选择半导体材料（例如碳化硅或硅），则环 214 可将基座电极的有效区域甚至延伸超过阴极 208 基底的区域。在某些情况中，当反应器用于蚀刻含硅的材料时，则垫圈 216 为诸如石英的材料，环 214 为硅或碳化硅。除了延伸电极有效区域超过阴极 208 的直径以外，蚀刻副产物可与来自蚀刻的晶片的副产物更为相似，因此通过使晶片边缘之局部副产物变化最小化，则可由此增进对于边缘的蚀刻均匀性。虽然具有低介电常数的材料（例如石英）的电极有效面积延伸至超过阴极直径的部分少于高介电常数材料或半导体，但也可将此低介电常数材料应用于环 214 材料。举例来说，垫圈 216 或者环 214 的材料可以选择高介电常数材料，例如氧化钇。

[0030] RF 格栅偏压可变阻抗组件 272 可通过系统控制器 280 选择。在将真空可变电容器作为格栅可变 RF 阻抗组件 272 的主要组件的实施例中，低的最小电容值会将极小的 RF 电流从阴极 208 转移至格栅 206。在此实施例中，制程套组环 214 仍然会相对于 RF 偏压功率的分配而过度补偿（如上所述）。RF 格栅偏压可变阻抗组件 272 可以选择为较高的电容值，使得部分电流绕过阴极 208 及晶片 204 之间的基座结构的相对低电容。这样就减小了通过制程套组环 214 而耦合至等离子体的 RF 功率的过度补偿。通过为格栅可变阻抗组件 272 选择足够高的电容值来使制程套组环 214 和阴极 208 之间的单位面积有效电容低于晶片 204 和阴极 208 之间的单位面积有效电容（以可变阻抗组件的选定来比较，并通过相同面积来衡量）。在此实施例中，制程套组功率耦合将会被“不足补偿 (under-compensated)”。

[0031] 当 RF 格栅偏压可变阻抗组件 272 的不同电容值的选择实质改变了阴极基底上的电压以及提供至 RF 偏压匹配电路 234 的阴极传输线的驱动点输入阻抗时，偏压 RF 阻抗匹配电路 234 通过改变其内部组件中一者（例如串联组件）的电抗 (reactance) 来补偿，由此提供耦合至等离子体的实质恒定功率。因此，虽然格栅可变阻抗组件 272 的电容变化改

变了与制程套组环 214 相邻的等离子体区域以及与晶片 204 相邻的等离子体区域之间的功率密度（或电压分配或电流密度）分配，然而这两个区域的净功率将保持实质恒定。

[0032] 晶片和制程套组区域之间的相对的偏压 RF 功率密度（或电压密度或电流密度）的调整或分配（例如上文所述的过度补偿或不足补偿）可用来调整晶片结构或特征结构 CD、轮廓角度（倾斜）、或蚀刻速率、或蚀刻选择性以达到具体要求。其也可用来补偿等离子体参数的非均匀性（例如源自感应或电容耦合之等离子体源功率的离子能量、离子角能量分布或离子密度或离子流，或直流磁约束 (magnetic confinement) 等等）。特别的，在晶片的极端边缘区域中，可以改变或矫正晶片表面的 RF 电场线的倾斜来避免蚀刻轮廓结果的减弱，比如晶片边缘呈现蚀刻轮廓锥形化和扭曲。

[0033] 在一种相关方法中，将制程套组环 214 的材料选择为能够影响接近晶片边缘的等离子体的化学类型成分。举例来说，环的材料会与等离子体反应，以消耗特定目标类型而增进接近晶片边缘的处理效能。或者是，环的材料会与等离子体反应，以在接近晶片边缘处产生更多的期望类型而增进处理效能。控制器 280 可改变制程套组环 214 上的 RF 偏压功率，以控制环 214 与等离子体的参与率 (participation rate)，以视不同制程配方 (recipe) 或相同制程配方的不同阶段而获得不同的参与率。

[0034] 在一种相反方法中，通过调节环 214 的温度来控制环 214 的参与率，同时，控制器 280 选择环 214 的 RF 偏压功率的分配，以在一组给定的制程条件下使工件边缘的等离子体偏压鞘电场更为均匀（例如与工件之主要部分上的鞘电场一致）。这样就消除或减小了晶片边缘的不均匀性，由此获得遍及晶片表面且前进并到达晶片边缘的较佳的离子速度的角分布（或其它等离子体性能参数）的均匀性。控制器 280 可以根据不同制程条件的产生，例如偏压 RF 功率层级、RF 功率层级、直流磁场层级和制程气体组成等的改变，来调节耦合至环 214 的 RF 偏压功率，由此保持电场均匀性。

[0035] 控制器 280 对于耦合至制程套组环 214 的 RF 偏压功率的调整或分配也可用来加强或降低制程套组环与等离子体的反应，由此对制程套组环 214 进行清洁或表面调理 (condition)。

[0036] 图 2 是图 1A 和图 1B 所示的实施例的改变示例，其中圆柱状制程套组电极 290 轴向向上延伸经过阴极馈电绝缘体 246、盘状阴极绝缘体 221 和圆柱状制程套组绝缘体 220。制程套组电极 290 提供与制程套组环 214 的 RF 电气耦接。在图 2 所示实施例中，选择性设置的制程套组圈 216 已被消除，虽然亦可以选择性地将其包含在图 2 的实施例中。在图 2 的实施例中，偏压 RF 匹配电路 234 的输出并未被连接至格栅馈电导体 250，而是与制程套组电极 290 的底部末端耦合，并且亦通过格栅可变 RF 阻抗组件 272 而与阴极馈电导体 244 耦合。由控制器 280 所控制的选择性设置制程套组可变阻抗组件 273 可被插入偏压 RF 匹配电路 234 的输出和制程套组电极 290 之间。在图 2 中，两个可变阻抗组件 272 和 273 只需其中之一者即可。使用可变阻抗组件 272 和 273 中的任意一个都可以使控制器 280 能够控制制程套组（经由电极 290）和晶片（经由阴极 208）之间的 RF 偏压功率的分配。这种分配以类似于以上参照图 1A 和图 1B 所述的实施例中的方法来实现。

[0037] 如本说明书上文中所述，制程套组环 214 的 RF 功率分配可用于使遍及晶片表面且前进并到达晶片边缘的电场均匀性最佳化，同时，所选材料的环 214 的参与率通过控制环 214 的温度而被独立控制。制程套组环 214 的独立温度控制可以通过在制程套组电极 290

内提供一组分离的内部冷却剂通道 292 来实现。一组轴向延伸穿过制程套组电极 290 的冷却剂导管 294 将内部冷却剂通道 292 耦接至制程套组冷却剂供应器 296。将来自制程套组 ESC 电压源 298 的直流夹持电压施加至制程套组电极 290，则可将制程套组环 214 以静电方式钳合于适当位置。选择性设置的 RF 隔离滤波器 299 阻挡 RF 电流而使其无法到达 ESC 电压源 298。制程套组环温度的微调可以通过改变由系统控制器 280 所控制的制程套组 ESC 电压源 298 的输出电压来实现。通过改变 ESC 对于制程套组环 214 和冷却后的电极 290 之间的夹持力，则可改变其彼此之间的热传导，且该操作可以通过系统控制器 280 来精确控制，这样就可以对制程套组环 214 的温度进行微调。替代地，或额外地，可以通过在环 214 下方以及制程套组电极 290 的顶表面 290a 内提供气体通道 310，以促进制程套组环 214 的热控制。延伸穿过制程套组电极 290 的气体导管 312 用于提供来自气体供应器 314 的热传导气体（例如氦气）的供应。气体供应器 314 的气体压力由系统控制器 280 所控制。通道 310 内的压力会影响电极与环之间的热传导，因此也影响环 214 的温度。温度传感器 320 位于制程套组绝缘体 220 的顶表面中，并且接触制程套组环 214。温度传感器 320 的输出可耦接至系统控制器 280 的输入，由此，系统控制器 280 可以对制程套组环 214 提供快速精确的闭合回路的温度控制。举例来说，这样的闭合回路温度控制可以按照给定制程配方的不同阶段的要求而将环 214 调整到不同的目标温度。

[0038] 图 3 描述了图 1A 和图 1B 所述实施例的另一改变示例，此实施例中阴极或金属板 208 为接地，而不是由 RF 偏压功率来驱动。取而代之的是，RF 偏压功率施加至位于制程套组 212 下方并嵌设于圆盘 202 内的制程套组格栅 350。制程套组格栅 350 位于圆盘 202 内的一定高度处，而此高度低于晶片格栅 206 的高度。制程套组格栅 350，或者是其至少一外部环状部分，位于制程套组环 214 下方，因此能够将 RF 功率电容耦合至环 214。晶片格栅 206 完全位于晶片 204 下方，因此施加至晶片格栅 206 的实质所有 RF 功率系电容耦合至晶片 204。格栅 206 和 350 彼此为电性绝缘，因此提供了一种调整耦合至晶片 204 和制程套组环 214 的不同 RF 功率层级的方法。

[0039] 制程套组格栅 RF 馈电导体 352 延伸穿过中央绝缘体 242 和圆盘 202，因此其顶端接触制程套组格栅 350。制程套组格栅 RF 馈电导体 352 的底端耦合至偏压 RF 匹配电路 234 的输出。选择性设置的制程套组格栅可变阻抗组件 271 可插入偏压 RF 匹配电路 234 的输出和馈电导体 352 之间。在图 3 中，两个可变阻抗组件 271 和 272 只需其中之一就可以分配格栅 206 和 350 之间的 RF 偏压功率，然而两者的结合可以获得更大的调整范围。

[0040] 图 3 所示实施例还包括用于控制制程套组环 214 温度的相同类型组件。具体而言，热传导气体可以在制程套组环 214 下方循环，且制程套组环 214 以可变力量而静电夹持至圆盘 202，以改变或控制环 214 和圆盘 202 接口的热传导，从而用以控制环 214 的温度。圆盘 202 的肩部 202b 界定了外部环状圆盘表面 202c，而制程套组环 214 被置于该外部环状圆盘表面 202c 上。用于循环热传导气体（例如氦气）的通道 311 形成于外部环状圆盘表面 202c 中。当环 214 被夹持至圆盘外部环状表面 202c 上时，通道 311 被完全封住。在图 3 的实施例中，环 214 通过 ESC 电压源 298 而静电夹持或吸引至圆盘外部环状表面 202c，而 ESC 电压源 298 的输出被耦合至制程套组格栅馈电导体 352。选择性设置的隔离滤波器 299 被插入静电夹持电压源 298 和格栅馈电导体 352 之间。通过系统控制器 280 改变 ESC 电压源 298 的输出，则可通过改变环 214 上的静电夹持力而改变环与圆盘之间的热传导，由此便实

现了环 214 的温度微调。

[0041] 图 3 所示的实施例可以通过省略阴极绝缘体 221 而修改该实施例，由此，金属板 208 会图 4 所示而接地至阴极接地外壳 222。

[0042] 参照图 3 而用于描述对环 214 进行热控制的特征结构可以并入图 1B 的实施例中，并且按照图 3 所述的方式进行操作。对于图 1B 所示实施例的改良如图 5 所示。图 5 所示实施例除了增加了某一些如图 3 所示的热控制特征结构以外，其它皆与图 1B 所示的实施例相同。在图 5 中，制程套组垫圈 216 系省略（虽然在其它实施过程中仍被保留），由此，圆盘 202 可以延伸于制程套组环 214 下方，如图 5 所示。圆盘 202 中的肩部 202b 界定了位于环 214 底表面下方并且接触该底表面的环状圆盘表面 202c。气流通道 311 形成于环状圆盘表面 202c 中，并且耦接至独立的热传导气体（例如氦气）的气体供应器 314。如图 5 所示，外部加热组件 211b 位于环 214 的正下方。制程套组环 214 旁的温度传感器 320 耦接至系统控制器 280。可选择地，可将第二传导格栅 350 嵌设于环 214 下方的圆盘 202 中，并用于将环 214 静电夹持或吸引至环状圆盘表面 202c 上。在图 5 所示的实施例中，第二传导格栅 350 经由 RF 隔离滤波器 299 而耦接至 ESC 电压源 298。电压源 298 由系统控制器 280 控制，以改变环 214 上的夹持力，并由此改变环温度。

[0043] 参照图 1-5 中各实施例所描述的可变阻抗组件 270、271、272 和 273 可用于分配制程套组和工件之间的 RF 偏压功率。任何适用的可变电抗电路都可以用于实施可变阻抗组件 270、271、272 和 273 中任何一者。图 6 是简化的示意图，其显示可变阻抗组件 270、271、272 和 273 其中之一的操作执行实施例。图 6 中的可变阻抗组件包含了与偏压 RF 阻抗匹配电路 234 的输出耦合的输入端 500，以及输出端 502。在输入端 500 和输出端 502 之间连接串联的可变电容器 504。也可选择在输入端 500 和 RF 接地间连接输入并联电容器 506，并在输出端 502 和 RF 接地间连接输出并联电容器 508。所有电容器 504、506 和 508 或其中之一者可以为可变电容器。在另一实施例中，电容器 504、506 和 508 之中任何一者均可以用合适的电感器代替，而该电感器也可以为可变电感器。

[0044] 虽然以上描述了本发明的实施例，但在不脱离本发明的基本范围的情况下，可以构思出本发明的其他实施例，并且本发明的范围由所附权利要求界定。

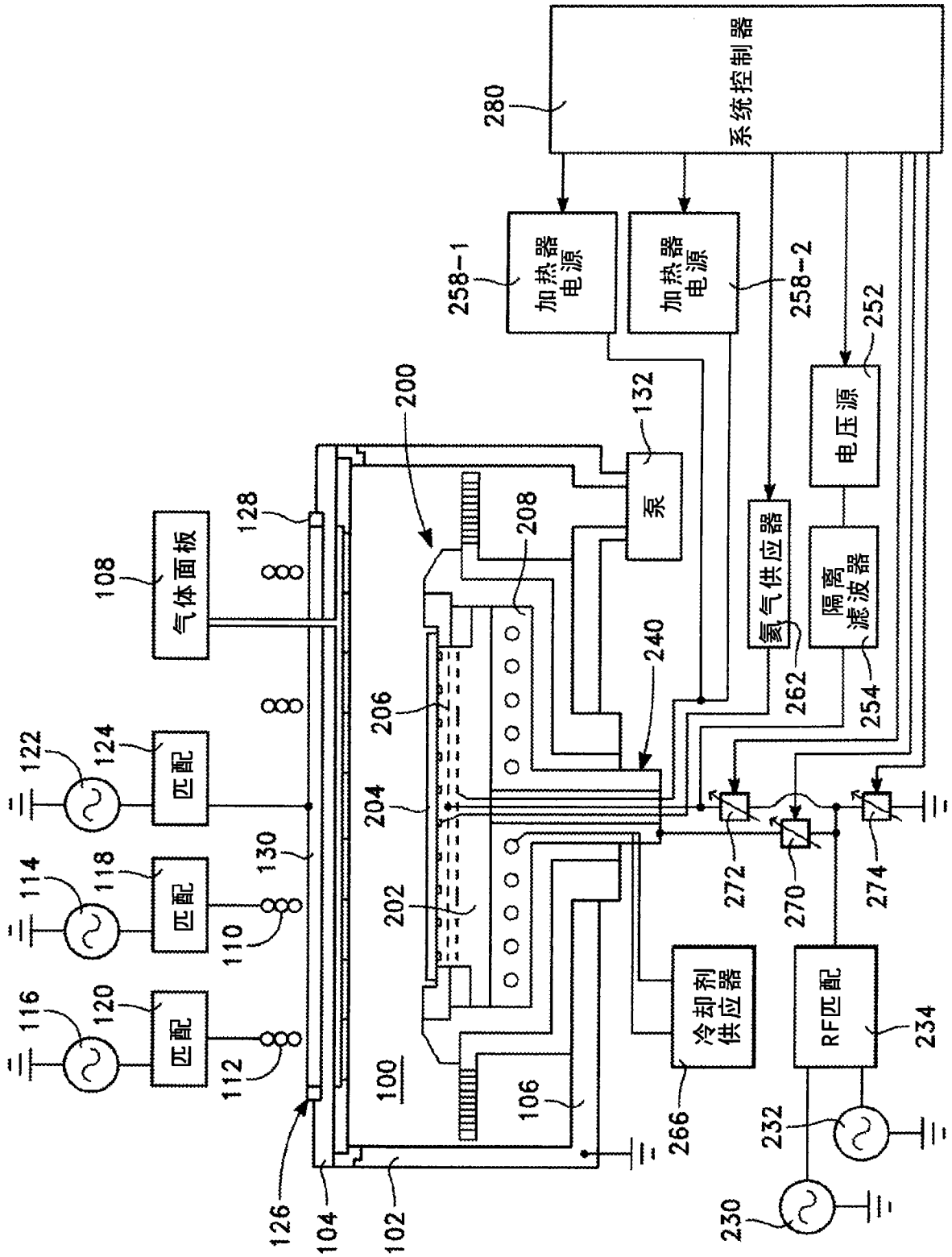

280
系统控制器
258-1
加热器电源
258-2
加热器电源
252
电压源
132
泵
200
208
240
206
204
202
100
106
108
气体面板
128
130
110
112
122
124
匹配
114
118
匹配
116
120
匹配
126
104
102
氦气供应器
262
隔离滤波器
254
272
270
274
冷却剂供应器
266
RF匹配
234
232
230

图 1A

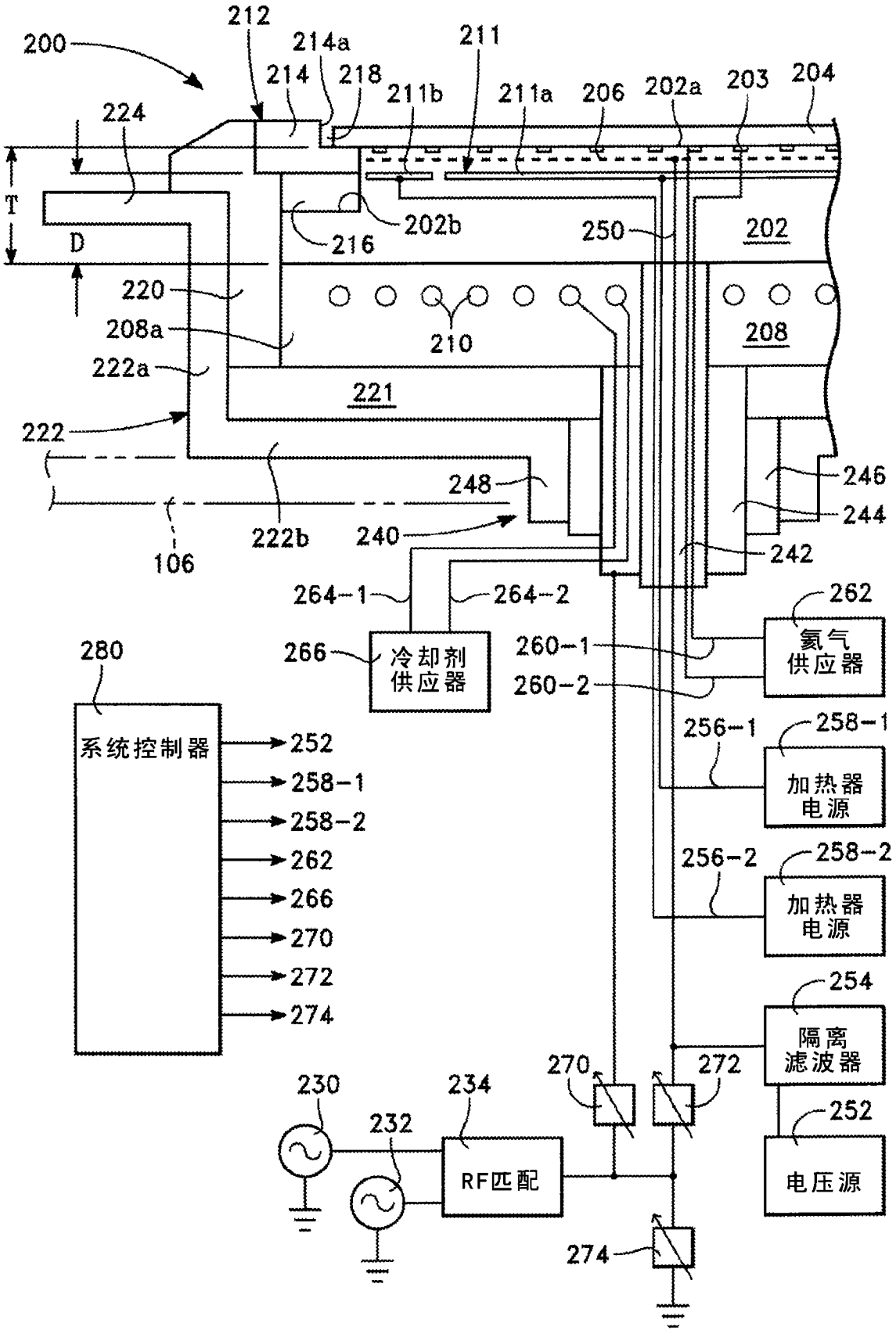

200
212
214a
214
218
211
211b
211a
206
202a
203
204
224
T
D
216
202b
250
202
220
208a
210
208
222a
221
222
248
246
244
222b
240
242
106
264-1
264-2
262
氦气
供应器
266
冷却剂
供应器
260-1
260-2
280
系统控制器
252
258-1
258-2
262
266
270
272
274
256-1
258-1
加热器
电源
256-2
258-2
加热器
电源
254
隔离
滤波器
252
电压源
270
272
230
234
232
RF匹配
274

图 1B

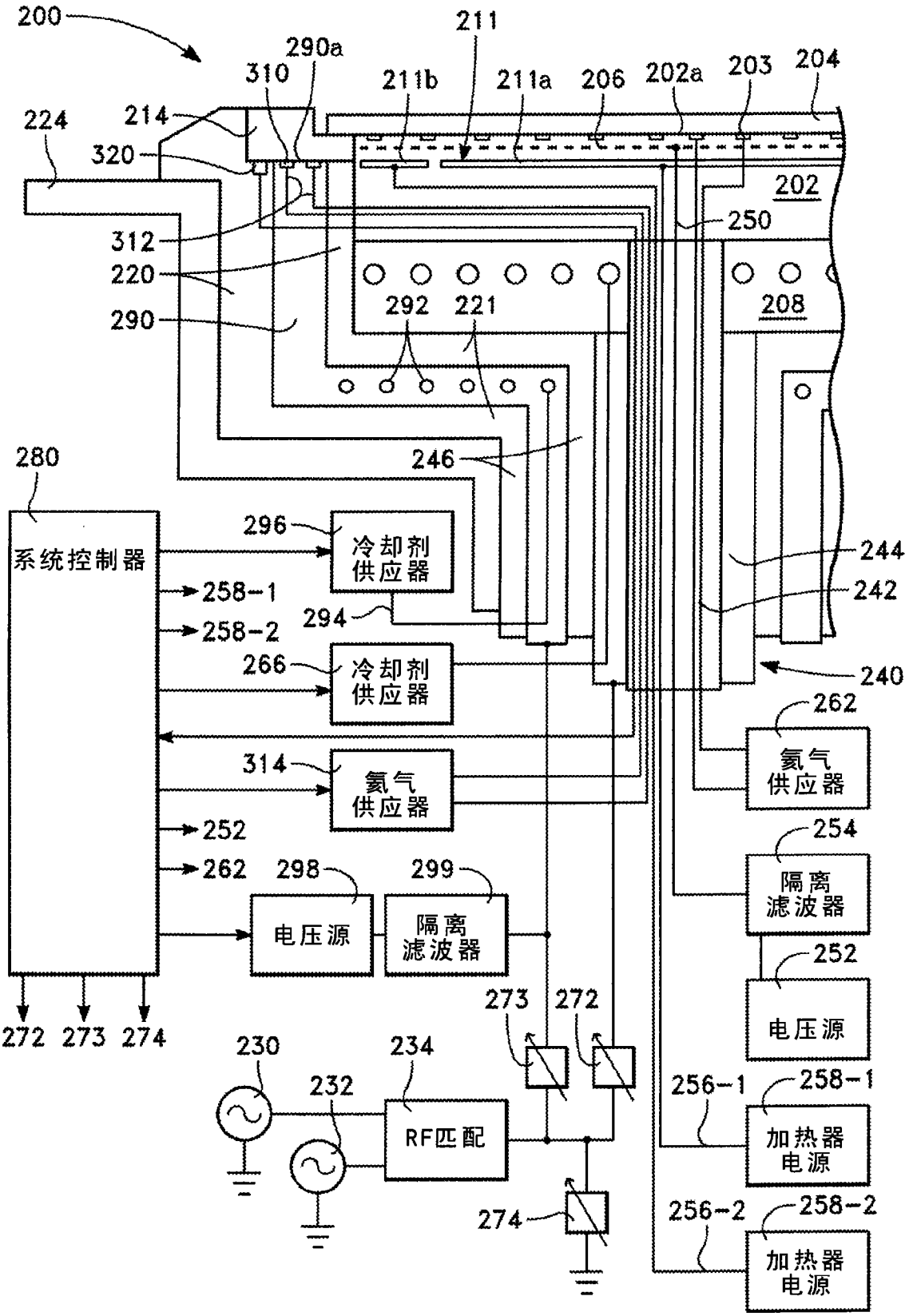

200
211
290a
310
211b
211a
206
202a
203
204
224
214
320
202
250
312
220
290
292
221
208
280
246
系统控制器
296
冷却剂供应器
244
258-1
242
294
258-2
266
冷却剂供应器
240
262
氮气供应器
314
氮气供应器
252
262
298
299
254
隔离滤波器
电压源
隔离滤波器
252
电压源
273
272
272
273
274
230
234
232
RF匹配
256-1
258-1
加热器电源
274
256-2
258-2
加热器电源

图 2

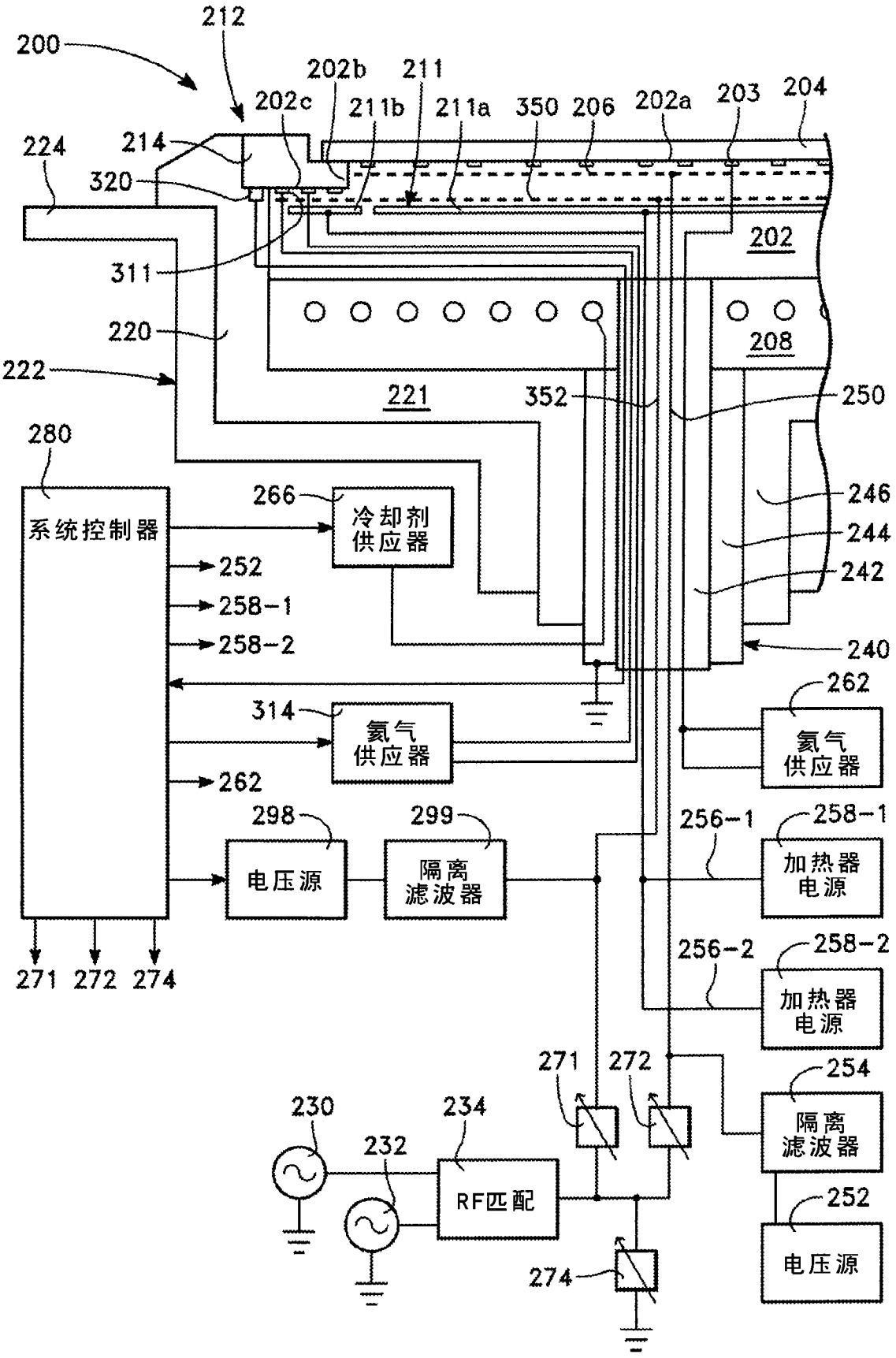

200
212
202b
211
202c
211b
211a
350
206
202a
203
204
224
214
320
202
311
220
208
222
221
352
250
280
266
冷却剂
供应器
246
244
242
系统控制器
252
258-1
258-2
240
262
314
氮气
供应器
氮气
供应器
262
298
299
256-1
258-1
电压源
隔离
滤波器
加热器
电源
256-2
258-2
加热器
电源
271 272 274
271
272
254
230
234
隔离
滤波器
232
RF匹配
252
电压源
274

图 3

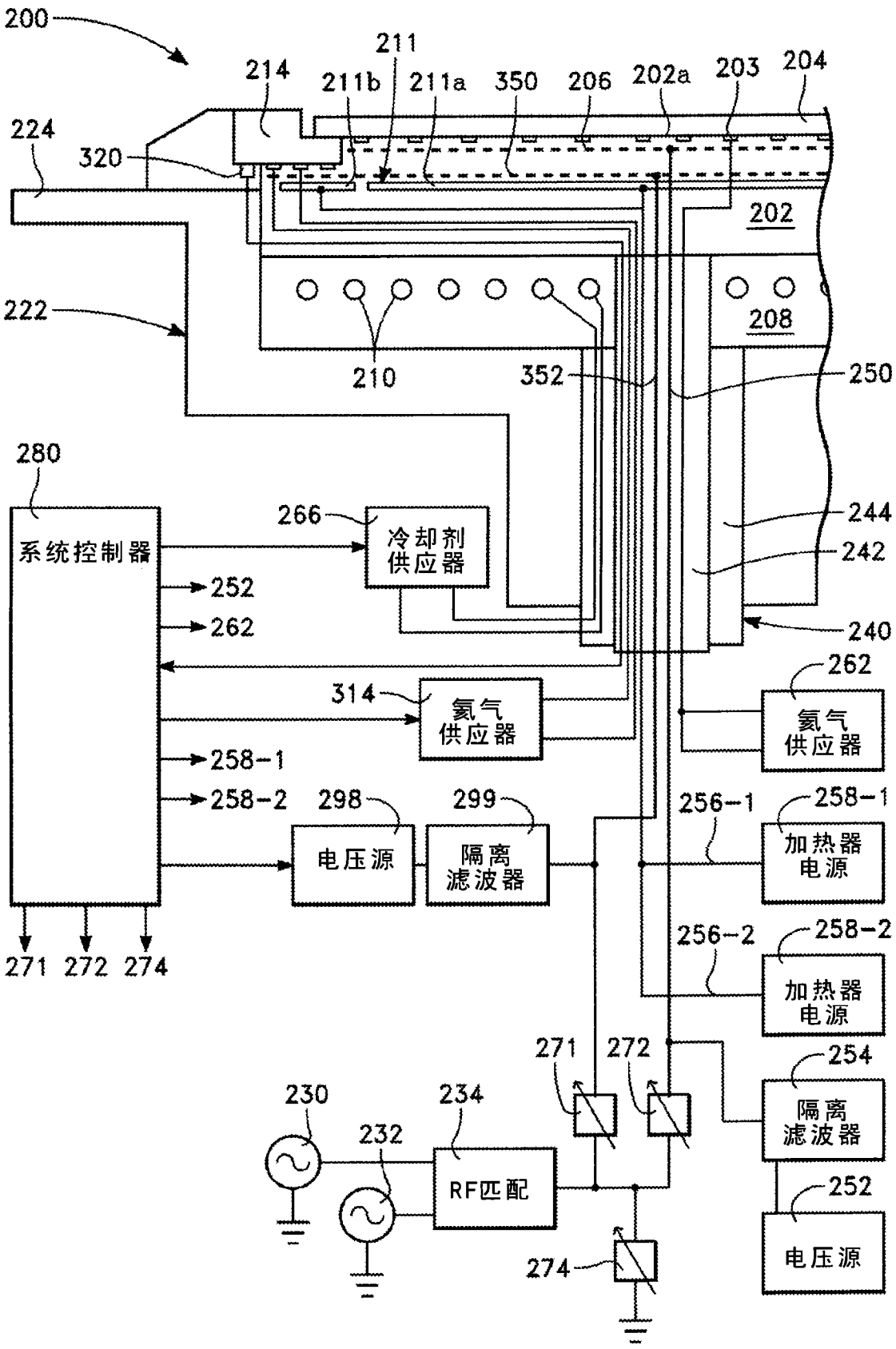

200
211
214
211b
211a
350
206
202a
203
204
224
320
202
222
208
210
352
250
280
266
冷却剂
供应器
244
242
系统控制器
252
262
240
262
314
氦气
供应器
氦气
供应器
258-1
258-2
298
299
256-1
258-1
电压源
隔离
滤波器
加热器
电源
256-2
258-2
加热器
电源
271
272
254
230
234
232
隔离
滤波器
RF匹配
252
电压源
274
271
272
274

图 4

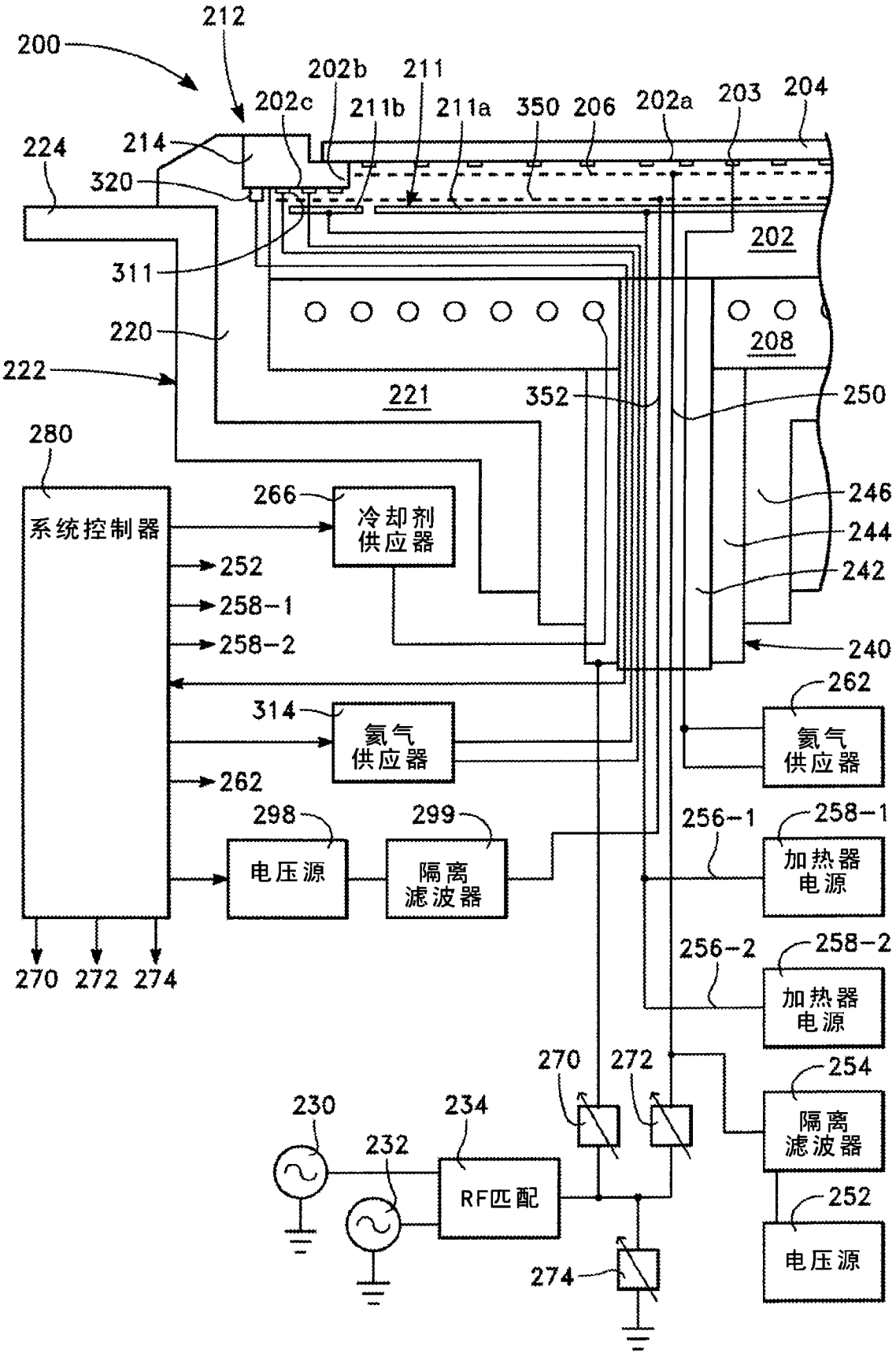

200
212
202b
211
202c
211b
211a
350
206
202a
203
204
224
214
320
202
311
220
208
222
221
352
250
280
246
系统控制器
266
冷却剂
供应器
244
252
242
258-1
258-2
240
262
314
氦气
供应器
氦气
供应器
262
298
299
256-1
258-1
电压源
隔离
滤波器
加热器
电源
256-2
258-2
加热器
电源
270 272 274
270
272
254
230
234
隔离
滤波器
232
RF匹配
252
电压源
274

图 5

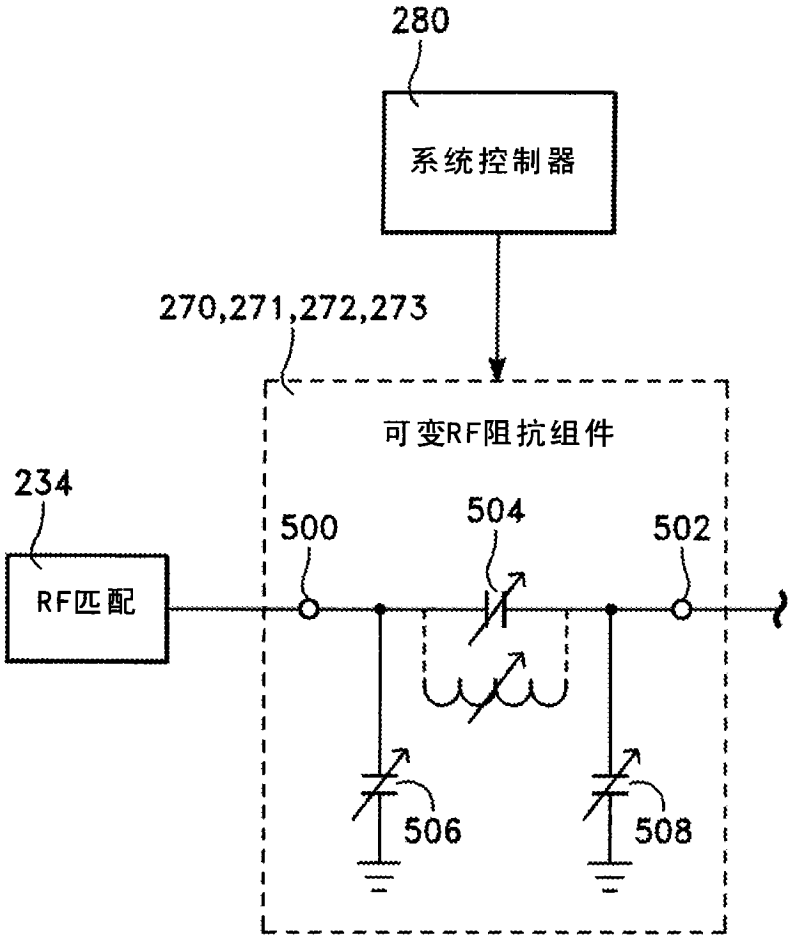

280
系统控制器
270,271,272,273
可变RF阻抗组件
234
RF匹配
500
504
502
506
508

图 6