



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103444268 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 11

(21) 申请号 201280013790. 6

代理人 陈松涛 夏青

(22) 申请日 2012. 01. 24

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

61/436, 131 2011. 01. 25 US

61/554, 536 2011. 11. 02 US

13/356, 546 2012. 01. 23 US

H05H 1/00 (2006. 01)

H05H 1/03 (2006. 01)

H05H 1/24 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 09. 17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2012/022380 2012. 01. 24

(87) PCT申请的公布数据

W02012/103101 EN 2012. 08. 02

(71) 申请人 先进能源工业公司

地址 美国科罗拉多州

(72) 发明人 D·J·霍夫曼 D·卡特 V·布劳克

K·彼德森 R·戈瑞理

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

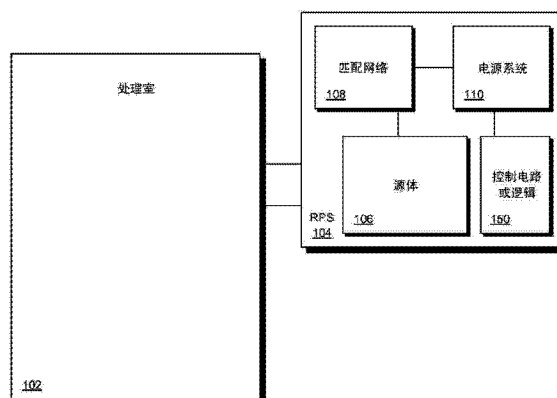
权利要求书2页 说明书12页 附图11页

(54) 发明名称

静电远程等离子体源

(57) 摘要

本公开描述了用于向等离子体内电容耦合能量,从而点着并维持远程等离子体源内的等离子体的系统、方法和设备。通过至少部分包围第二电极或者至少部分被第二电极包围的第一电极提供所述功率。可以使所述第二电极接地或浮置。可以将所述第一和第二电介质部件布置为使所述电极之一或两者与所述等离子体隔离,由此使所述等离子体与所述电极之一或两者 DC 隔离。



1. 一种远程等离子体源,包括:

第一电极;

第二电极,所述第一电极或所述第二电极中的一个电极至少部分围绕所述第一电极或所述第二电极中的另一个电极;

至少部分被室壁包围并且被配置为耦合至处理室的室,所述室壁将所述第一电极和所述第二电极隔开,所述室包括:

用于使第一流体进入所述室的第一通路;以及

被配置为向所述处理室提供第二流体的第二通路,其中,所述第二流体包括通过所述第一流体创建的离解流体的至少一部分;以及

被配置为耦合至 RF 电源并且从所述 RF 电源向所述第一电极提供 RF 功率的 RF 电源输入,所述 RF 功率静电耦合至所述第二电极,从而在所述室的至少一部分内静电维持等离子体。

2. 根据权利要求 1 所述的远程等离子体源,还包括第一电介质部件,所述第一电介质部件将所述第一电极或所述第二电极中的至少一个电极与所述等离子体隔开,使所述至少一个电极与所述等离子体 DC 隔离,并且防止所述等离子体与所述至少一个电极相互作用。

3. 根据权利要求 2 所述的远程等离子体源,还包括第二电介质部件,所述第二电介质部件使所述等离子体与未经由所述第一电介质部件 DC 隔离的电极隔开。

4. 根据权利要求 1 所述的远程等离子体源,其中,所述第二电极比所述第一电极长。

5. 根据权利要求 1 所述的远程等离子体源,其中,所述第二电极接地。

6. 根据权利要求 1 所述的远程等离子体源,其中,所述第一电极和所述第二电极具有一条或多条斜截边。

7. 根据权利要求 1 所述的远程等离子体源,其中,所述第一通路沿径向将所述第一流体提供到所述室内。

8. 根据权利要求 1 所述的远程等离子体源,其中,所述第一通路沿轴向将所述第一流体提供到所述室内。

9. 根据权利要求 1 所述的远程等离子体源,其中,所述第一电极和所述第二电极同心对准。

10. 根据权利要求 1 所述的远程等离子体源,其中,所述室壁是所述第一电极或所述第二电极之一的内表面。

11. 一种在电容耦合的远程等离子体源中维持等离子体的方法,包括:

使 RF 功率通过两个电容耦合的电极之间,所述两个电极由至少部分包围所述电容耦合的远程等离子体源的室的室壁隔开;

通过将 RF 功率电容耦合至所述等离子体而在所述室内维持等离子体;

向所述室内提供第一流体;

通过所述第一流体的至少一部分与所述等离子体的相互作用而使所述第一流体的至少一部分发生离解;以及

将第二流体传送至与所述电容耦合的远程等离子体源耦合的处理室。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,还包括经由第一电介质部件使所述第一电极或第二电极中的一个电极与所述等离子体 DC 隔离,其中所述第一电介质部件将所述第一电极或

所述第二电极中的一个电极与所述等离子体隔离。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,还包括经由所述第一电介质部件和第二电介质部件使所述第一电极和所述第二电极两者均与所述等离子体 DC 隔离,所述第一电介质部件和所述第二电介质部件使所述等离子体与所述第一电介质部件和所述第二电介质部件隔离。

14. 根据权利要求 11 所述的方法,还包括使所述第一电极或所述第二电极中的一个电极接地。

15. 根据权利要求 11 所述的方法,其中,将所述第一流体沿轴向提供到所述室内。

16. 根据权利要求 11 所述的方法,其中,将所述第一流体沿径向提供到所述室内。

17. 根据权利要求 11 所述的方法,还包括对所述第一电极和所述第二电极同心布置。

18. 根据权利要求 11 所述的方法,其中,所述室壁是所述第一电极或所述第二电极之一的内表面。

19. 一种被编码有处理器可读指令的非暂时有形计算机可读存储介质,所述指令用于执行远程维持电容耦合的等离子体的方法,所述方法包括:

使 RF 功率通过两个电容耦合的电极之间,所述两个电极由界定所述电容耦合的远程等离子体源的室的室壁隔开;

经由将 RF 功率电容耦合至所述等离子体而在所述室内维持等离子体;

向所述室内提供第一流体;

通过所述第一流体的至少一部分与所述等离子体的相互作用而使所述第一流体的至少一部分发生离解;以及

将第二流体传送至与所述电容耦合的远程等离子体源耦合的处理室,其中,所述第二流体包括通过所述第一流体创建的离解流体的至少一部分。

静电远程等离子体源

[0001] 优先权

[0002] 本申请是要求 2011 年 1 月 25 日提交的名为“Electrostatic Remote Plasma Source”的美国专利申请 No. 61/436131 以及 2011 年 11 月 2 日提交的名为“Electrostatic Remote Plasma Source and Enhancements”的美国专利申请 No. 61/554536 的权益的非临时专利申请, 在这里通过引用将上述两专利并入本文。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及远程等离子体源。具体而言, 本发明涉及但不限于使用远程等离子体源对处理气体进行离解、电离和 / 或激发的系统、方法和设备。

背景技术

[0004] 远程等离子体源(RPS)用于通过使气体通过对气体进行激励的等离子体而生成含有离子、自由基、原子和分子的活化气体。活化气体和自由基用于很多工业和科学应用, 包括处理固体材料和 / 或薄膜, 例如, 那些出现在半导体晶圆、显示面板和其他有源器件基板中的材料和 / 或薄膜。经活化或者激发的含有离子、离解原子和自由基的气体还用于从半导体处理室壁上去除淀积的薄膜。RPS 的一种额外的用途是电离并减少泵流中的气态废物, 从而通过等离子体温度加快泵送, 并且能够通过流的等离子体电离而使化合物气体降解为更加安全的元素形式。

[0005] 已经开发出了这样的 RPS, 其中, 将气体引入到线性感应等离子体室内, 并使所述气体离解成流出该室的活性组分, 其用于执行所述源的下流的(例如, 衬底上的)作业。在这些类型的 RPS 中, 通常围绕所述室沿轴向设置感应线圈, 从而在等离子体内感生电流。

[0006] 被开发出来的还有环形(toroidal)源, 其中, 在包含于一般的环形室内的环形等离子体中感生电流。这些环形源经常采用基于铁氧体的变压器布置对初级绕组集合生成的场进行感应耦合, 将所述场集中在铁氧体磁芯内, 进而在所述等离子体中感生出构成变压器的次级回路的电流。

[0007] 这些感应线性和感应环形远程源存在几个缺陷。例如, 它们通常只有在等离子体处于其高电流状态时才理想地工作, 所述高电流状态被称为 ICP 状态或者有时被称为 H 模式操作。在未达到所述源内的场强和电流密度的临界阈值的情况下通常无法产生这一状态。因此, 低功率的高压操作可能存在困难, 而且往往是不可能的。类似地, ICP 体系内的操作需要在等离子体内达到充分高的电荷密度, 而且在等离子体点火过程中实现这一状态可能是很困难的。出于这一原因, 在能够引入处理气体之前, 这些源往往需要采用诸如氩气的易于电离的气体完成点火。

[0008] 此外, 传统上由诸如铝的导电导热材料来设计环形源, 由于这些源的工作需要高低功率密度, 因而需要水冷。为了避免电流流经室体而非流经等离子体, 所述环形源的设计通常在室体内结合电介质中断。这些电介质中断将承受其附近的高电压降(即, 高电场), 其将导致向源的壁的离子加速。这一离子加速导致了在这些位置上对所述壁的侵蚀, 从而导

致内壁损坏和器件工作寿命的缩短。这种对壁的离子轰击还会导致粒子的生成。这些源内的粒子生成尤其可能会导致对薄膜结构、半导体器件或者由这些远程源清洁的下游工具的损坏。

[0009] 线性感应源看到的是非均匀场分布,因为在接近所述线圈围绕所述线性源的位置的地方场强是最大的。其结果是,所述源内的部分因离子轰击而受到更快的侵蚀,因而线性源往往具有缩短的寿命。

[0010] 可以看到,现有的 RPS 源经常不能令人满意,因而几乎可以确定将来必然需要改进的 RPS 源。

发明内容

[0011] 下文将概述附图所示的本发明的示范性实施例。在具体实施方式部分将更加充分地描述这些和其他实施例。然而,应当理解,不存在使本发明局限于这一发明内容部分或者具体实施方式部分当中描述的形式意图。本领域技术人员将认识到,还有很多修改、等价方案和替代构造落在权利要求表达的本发明的精神和范围内。

[0012] 可以将本公开的一些实施例的特征表述为包括第一电极、第二电极、室和 RF 电源输入的远程等离子体源。所述第一或第二电极之一可以至少部分包围另一电极。所述室可以至少部分被室壁包围,并且被配置为耦合至处理室。所述室壁可以使所述第一和第二电极隔开。此外,所述室可以包括用于使第一流体进入所述室的第一通路,还可以包括被配置为将第二流体提供到所述处理室内的第二通路。所述第二流体可以包括由所述第一流体创建的离解流体的至少一部分。可以将所述 RF 电源输入配置为耦合至 RF 电源,并将 RF 功率从所述 RF 电源提供给所述第一电极。所述 RF 功率可以静电耦合至所述第二电极,从而静电维持所述室的至少一部分内的等离子体。

[0013] 还可以将本公开的其他实施例的特征表述为维持电容耦合的远程等离子体源内的等离子体的方法。所述方法可以包括使 RF 功率通过两个电容耦合的电极之间,所述两个电极被至少部分包围所述电容耦合的远程等离子体源的室的室壁隔开。所述方法还可以包括通过电容耦合至所述等离子体的 RF 功率来维持所述室内的等离子体。所述方法还可以包括将第一流体提供到所述室内,并使所述第一流体的至少一部分通过与所述等离子体的相互作用发生离解。所述方法还可以包括将第二流体传送至与所述电容耦合的远程等离子体源耦合的处理室,其中,所述第二流体包括由所述第一流体创建的离解流体的至少一部分。

[0014] 可以将本公开的其他实施的特征表述为采用被编码有处理器可读指令的非暂时有形计算机可读存储介质,所述指令用于执行远程维持电容耦合的等离子体的方法。所述方法可以包括使 RF 功率通过两个电容耦合的电极之间,所述两个电极被至少部分包围所述电容耦合的远程等离子体源的室的室壁隔开。所述方法还可以包括通过电容耦合至所述等离子体的 RF 功率来维持所述室内的等离子体。所述方法还可以包括将第一流体提供到所述室内,并使所述第一流体的至少一部分通过与所述等离子体的相互作用发生离解。所述方法还可以包括将第二流体传送至与所述电容耦合的远程等离子体源耦合的处理室,其中,所述第二流体包括由所述第一流体创建的离解流体的至少一部分。

附图说明

[0015] 通过参考下文的具体实施方式以及结合附图考虑的所附权利要求,各种目的和优点以及对本发明的更加透彻的理解将更加显见并且仍容易认识到:

[0016] 图 1 是描绘可以实现本发明的几个实施例的环境的方框图。

[0017] 图 2 示出了远程等离子体源(RPS)的示范性功能部件的截面图。

[0018] 图 3 示出了 RPS 的另一实施例。

[0019] 图 4 示出了 RPS 的另一实施例。

[0020] 图 5 示出了 RPS 的又一实施例。

[0021] 图 6 示出了 RPS 的又一实施例。

[0022] 图 7 示出了 RPS 的又一实施例。

[0023] 图 8 示出了 RPS 的又一实施例。

[0024] 图 9 示出了 RPS 的又一实施例。

[0025] 图 10 示出了 RPS 的又一实施例。

[0026] 图 11 示出了具有计算机系统的示范性形式的机器的一个实施例的示意性表示,其中,能够运行一组指令,从而使装置执行或运行本公开的任意一个或多个方面和 / 或方法。

具体实施方式

[0027] 本公开总体上涉及等离子体处理。更具体而言,本公开涉及通过电容耦合的远程等离子体源进行等离子体处理,但不限于此。

[0028] 首先参考图 1,其示出了描绘可以实现本发明的几个实施例的环境的方框图。如图所示,一般用于向处理室 102 提供活化气体和自由基的远程等离子体源(RPS)104 作为与处理室 102 分离的功能部件工作。文中公开了图 1 所示的可以包括电源系统 110、匹配网络 108 和源体 106 的 RPS104 的几种本发明的变型。尽管将匹配网络 108 和电源系统 110 示为与源体 106 集成(处于同一外壳内),但是这一点决不是必须的,在很多种实现方式中,可以使电源系统 110 和匹配网络 108 与源体 106 分离。

[0029] 可以通过各种实施不同类型的处理(例如,蚀刻和淀积处理)的不同类型的处理室实现处理室 102。根据通过处理室 102 执行的处理的类型,可以将 RPS104 用于各种目的(例如,在电介质蚀刻过程之后将聚合物从晶圆上清理下来或者在淀积过程之后清理室 102 的内壁)。可以通过将活化气体和 / 或自由基从源体 106 引入到处理室 102 内来实施这些处理。

[0030] 电源系统 110 能够在一定范围的 AC 频率上工作,例如,VHF 范围,以及在脉冲 DC 波形和其他时变波形上工作。可以经由能够嵌入硬件、软件、固件或其组合的控制电路或逻辑 150 对功率、频率、DC 和 / 或 AC 偏压、脉宽、脉冲调制连同电源系统 110 的其他电特性加以控制。本领域技术人员将认识到,尽管在其他附图中未示出控制电路或逻辑 150,但是还是能够将其与将在本公开的下文中讨论的任何实施例一起使用。用于检测(例如,处理室 102 内的)等离子体密度或场强的传感器可以与控制电路或逻辑 150 进行通信,从而使电源系统 110 起着反馈或前馈系统的作用。

[0031] 图 2 示出了 RPS 的示范性功能部件的截面。RPS202 包括 RPS 室 203,其至少部分被

室壁包围并且被配置为耦合至处理室 206。所述识别能够将第一电极 210 和第二电极 212 隔开,其中,第一电极 210 布置在 RPS 室 203 内。也可以将第二电极 212 说成至少部分与第一电极 210 相对或者至少部分围绕(例如,环绕)第一电极 210。在一些实施例中,RPS 室 203 的壁是第二电极 212 的内表面。RF 电源 204 在第二电极 212 通过任选的接地通路 208 接地或者浮置的同时向 RF 电源输入 205 提供 RF 功率(例如,任何时变功率),继而向第一电极 210 提供功率。主要将 RF 功率静电(电容)耦合至第二电极 212(也可能发生一些电感耦合),并且耦合至被点火并保持在 RPS 室 203 的至少一部分内的等离子体 216。

[0032] RPS202 可以包括将第一电极 210 与等离子体 216 隔开并使第一电极 210 与等离子体 216DC 隔离从而使等离子体 216 和第一电极 210 能够在不同的电势上工作的第一电介质部件 220(例如,陶瓷)。也可以将第一电介质部件 220 布置为避免等离子体 216 与第一电极 210 相互作用。RPS202 还可以包括第二电介质部件 222(例如,陶瓷),其将第二电极 212 与等离子体 216 隔开并且使第二电极 212 和等离子体 216DC 隔离,从而使等离子体 216 和第二电极 212 能够在不同的电势上工作。也可以将第二电介质部件 222 布置为避免等离子体 216 与第二电极 212 相互作用。

[0033] 在足够的功率密度上或者在两个电极 210、212 之间的电磁场强度足够高时,第一和第二电介质部件 220、222 之间的流体(气体、液体或两者的组合)电离并形成等离子体 216。流体是物相的子集,其包括气体(具有任何粘滞度的)、液体和等离子体。也可以采用与对等离子体 216 点火的功率相同的 RF 功率对等离子体 216 进行电容维持。可以通过诸如轴向进入通路 218a、面向内侧的径向进入通路 218b 或者面向外侧的径向进入通路 218c 的第一通路将诸如非活化气体的第一流体(气体、液体或两者的组合)输送到 RPS202 内。所述第一通路使所述第一流体进入到室 203 内,并在最佳位置(例如,具有最大等离子体 216 的密度的区域;第一和第二电极 210、212 之间的区域;存在最大流体—等离子体相互作用的区域)与等离子体 216 相互作用。第一流体能够与等离子体 216 相互作用,通过离解而形成第二流体(气体、液体或两者的组合),例如活化气体和 / 或自由基,并将其通过第二通路传送至处理室 206。第二流体可以包括由第一流体生成的离解流体的至少一部分。例如,可以将第二通路实现为一个或多个出口通路 219。

[0034] 出于本公开的目的,通过保持预期等离子体密度(又称为电子或离子密度)或者通过保持超过电子—离子复合率预期值的电离率而保持等离子体。在实施例中,在每 cm^3 存在 10^8 到 10^{13} 个自由电子时能够保持等离子体。

[0035] 随着气体通过等离子体 216,其发生离解,从而形成能够提供与 RPS202 流体连通的处理室 206 的活化气体和 / 或自由基。所述活化气体和 / 或自由基能够与处理室 206 内的表面相互作用(例如,室壁或者吸附安装的晶圆 224),以执行诸如清洁或蚀刻的各种处理。

[0036] 电介质部件 220、222 可以采取各种形式。例如,电介质部件 220、222 可以是制作(例如,通过外延生长、氧化、喷涂)到电极 210、212 上的化学层或屏障。它们也可以是与电极 210、212 分离但是通过(例如)连接法兰(未示出)附着于其上的结构。在一些实施例中,可以使电介质部件 220、222 相互耦合,但是它们通常相互 DC 隔离。

[0037] 电极 210、212 和电介质部件 220、222 可以采取各种形状,它们全都涉及环绕内侧部件(第一电极 210 和第一电介质部件 220)的外侧部件(第二电极和第二电介质部件 222)。

在一个实例中, RPS202 可以具有筒状或圆柱形状。换言之, 在从晶圆 224 的角度来看时, RPS202 是作为一组环出现的, 其中, 第一电极 210 处于中央, 第二电极 212 形成了外环。在另一实施例中, 可以采用具有斜截边的矩形(对于晶圆 224 而言呈现为一组具有斜截角的方形)。尽管在一些实施例中可以使这些部件同轴对准(例如, 同心), 但是在一些实施例中, 两个电极未必一定共享等同的轴(未必同心)。

[0038] 尽管将第一和第二电极 210、212 示为具有锐边, 例如, 在第一电极 210 与处理室 206 相遇的位置, 但是在很多实施例中, 可以对这些锐边斜截或者使其弯曲(例如, 参考图 8 中的元件 811)。这是因为, 导体上的锐边倾向于增大这些边或拐角附近的电磁场密度, 因而其将导致 RPS202 中的不均匀的场密度。非均匀场密度导致了 RPS202 的“热点”或受到来自等离子体 216 的更大的离子轰击, 因而受到比 RPS202 的其他部分更快的侵蚀的部分。通过使电极 210、212 的边缘弯曲, 从而建立更加均匀的场密度, RPS202 将不会遭受热点, 并且能够在需要更换之前享有更长的寿命。在一个实施例中, 第一电极 210 的边缘的曲率半径 240 基本等于第一电极的半径 242, 第二电极 212 的边缘的曲率半径 244 基本等于第二电极 212 的半径 246。

[0039] 轴向通路 218a 以及向内和向外的径向通路 218b、218c 分别示出了第一流体的流动的相对方向而非第一通路的绝对方向、位置、数量或构造。在一些实施例中, 第一通路可以包括电极 210、212、电介质部件 220、222 和 / 或 RPS202 内的开口, 其能够使第一流体(例如, 加压非活化气体)进入 RPS202, 并与等离子体 216 相互作用。在一些实施例中, 第一流体可以包括通过不同通路进入室 203 的多种流体。因此, 可以有多种流体与等离子体 216 的不同部分相互作用。

[0040] 尽管将通路 218a、218b、218c 示为只进入 RPS202 的上半部分, 但是省略 RPS202 的下半部分的通路指示的目的仅在于简化图示。本领域技术人员将认识到, 能够围绕整个 RPS202 布置通路 218a、218b、218c, 从而使第一流体通过等离子体 216 均等分布。另一方面, 在一些实施例中, 能够将通路 218a、218b、218c 布置为, 将第一流体以非均匀的方式分配到 RPS 室 203 内。例如, 可以围绕 RPS 室 203 的中心径向分配第一流体, 而不将其分配到 RPS 室 203 的末端附近。

[0041] 在一些实施例中, 第一流体可以包括一种或多种流体, 例如, 气体、液体或两种的组合。第二流体也可以包括一种或多种流体, 例如, 气体、液体或两种的组合。在一些示例中, 第一和第二流体中的一些或全部可以是相同的流体。例如, 非活化气体可以作为第一流体进入室 203, 并在等离子体 216 内部离解, 以形成活化气体和 / 或自由基。可以将它们连同一些第一流体(例如, 非活化气体)一起作为第二流体传送至处理室 206, 其中, 所述第二流体包括一些第一流体和一些活化气体和 / 或自由基。

[0042] 通过虚线指出了等离子体 216 的边界, 因为这一边界位置根据其定义而存在变化, 而且所述边界也未必是按比例绘制的。也可以将等离子体 216 的边界定义为从范围 10^8 到 10^{13} 个自由电子 / cm^3 中选出的等离子体密度。换言之, 在等离子体 216 的边界内的所有位置上每 cm^3 都至少存在 10^8 到 10^{13} 个自由电子。

[0043] 在很多实施方式中, 通过 VHF 电源(例如, 基本上高于 13.6MHz)实现电源 204, 所述电源将提供点火并维持等离子体 216 的交变电压。已经发现, 相对较高的频率(例如, 基本上高于 13.6MHz)上的操作使得施加至第一电极 210 上的电压降低, 其可以提高功率效率并

减少对 RPS 室 203 的室壁的侵蚀。可以利用一定的频率范围(例如其包括但不限于 60MHz),而且如文中的进一步讨论所述,也可以采用多于一个电源 204 向第一电极 210 供电。例如,已经发现,采用额外的电源(未示出)(例如,2MHz 电源)向第一电极 210 施加额外的功率将产生受到修改的等离子体 216 密度分布,与向第一电极 210 施加单个电源或单一频率的情况相比,其可能更合乎需要。

[0044] 尽管在其他情况下有时将电源示为向至少部分与非供电电极相对或者至少部分围绕(例如,环绕)非供电电极的电极提供 RF 功率(图 3、5、7、9),但是可以优选将电源耦合至内侧电极(例如,图 2、6、8),从而避免人和供电或者非接地或非浮置电极发生接触。换言之,在向内侧电极提供 RF 功率时,降低了人接触高压的可能性。

[0045] 可以在 RPS 室 203 的一部分内或者在整个 RPS 室 203 内对等离子体 216 点火并维持。在一些实施例中,甚至可以在 RPS202 外维持等离子体 216,例如,在等离子体 216 扩展到处室 206 内的情况下。

[0046] 在与线性和环形源相比较时,文中公开的 RPS202 具有很多优点。首先,通过避免产生“热点”以及在 RPS 室 203 内实现更加均匀的场分布而使得 RPS202 的长使用寿命成为可能。这要求在 RPS 室 203 内保持均匀的场和功率密度。如早前讨论的在电极 210、212 上采用弯曲边缘就是一种提高场和功率均匀性的方式。其次,相对于电极 210、212 的至少其中之一的浮置等离子体 216 电势使得离子轰击减少。电介质部件 220、222 在等离子体 216 和电极 210、212 的任一者或两者之间建立了 DC 隔离,从而使得等离子体 216 电势相对于电极 210、212 之一或两者浮置。通过使等离子体 216 电势浮置,具有较低的外壳电压,因而减少了对 RPS 室 203 的壁的破坏性离子轰击。还能通过较低的局部功率(即,向所述系统内输入相同的功率,但是局部高功率区域不如现有计数当中那样严重)降低对室 203 的损害。换言之,静电 RPS202 能够维持与感应耦合源一样的等离子体 216 密度,而其对室 203 壁的损害则更低。也可以换一种方式描述这一优点,即,通过使 DC 电势(其表现为外壳电势)与 RF 电势隔离,能够将更多的能量引导至等离子体 216 密度,而不是导致更强的外壳电压,从而缩短室 203 的寿命。

[0047] 一个或多个电介质部件 220、222 还减少了活化气体和自由基与室 203 壁的相互作用以及等离子体 216 污染。在现有技术当中可能会导致等离子体污染 216,其中,等离子体溅射金属室壁,从而向等离子体内释放污染物。现有技术中的一个引起室溅射的原因是接地电弧,在这种情况下,电流在处于两个地电势之间的室壁的表面上流动。一个或多个电介质部件 220、222 能够有助于避免出现接地电弧。

[0048] 电极 210、212 的布置还能够使得非活化气体在现有技术中不可能的位置和角度上进入等离子体 216。例如,环形和线性感应源不能提供朝外的径向通路 218c,而就 RPS202 而言,该通路则是可能的。第一电极 210 的引入为流体的传送提供了新的路径和场所,并且还提供了诸如冷却的其他功能。

[0049] RPS202 的另一优点是免除了变压器,而在感应耦合源中往往需要变压器。与现有技术中的源相比,RPS202 还可以通常在更高的频率上(例如,>30MHz,>160MHz)工作。在这些较高的频率上,用于点火和维持等离子体 216 的电压更低,其使得由离子轰击导致的室壁损害得到了降低。换言之,对于更高频率上的电容性 RPS202 而言,更大百分比的功率进入了提高的等离子体 216 密度而不是外壳电压。就感应源而言,前述优点就不会发生,相

反,增大的频率只会向外壳电压增加更大的功率,从而导致更大的室侵蚀。

[0050] 在更高的频率上(例如,>30MHz)工作的电容耦合 RPS202 使得 RPS202 具有比现有技术源更宽的点火和工作范围(例如,针对压力、流量、功率和 / 或频率的更宽的可接受参数范围)。例如,RPS202 能够在与现有技术源相同的压力下工作,但是所处的功率则更低,其可能对低功率处理应用有利。现有技术源通常不能在与 RPS202 相同的功率和压力下维持等离子体。

[0051] 电容耦合 RPS202 还具有比喷头型就地源更小的覆盖面积,并且具有与感应源类似的覆盖面积。然而,可以将相同的 RPS202 覆盖面积用于各种处理室 206 尺寸(例如,在增大处理室 206 已容纳更大的晶圆的情况下),而感应远程源和喷头式就地源通常要增大尺寸来容纳更大的处理室。还将 RPS202 外部安装到处理室 206 上,这对于安装和维修都是有利的。

[0052] RPS202 还能够实现机架安装 VHF 电源 204 和集成匹配网络电路(固定的或者可选择的)。RPS202 还能够执行扫描频率阻抗匹配,并且能够包括集成点火电路。这一点与经常具有单独的点火和操作过程及电路的感应远程源相比也是有利的。

[0053] 通常对感应源内的涂覆和电介质进行优化,从而使对等离子体的耦合效率(例如,经由更薄的电介质层)最大化。相反,在电介质部件 220、222 受到材料类型或厚度的修改时,RPS202 不会出现耦合的降低。这允许对电介质部件 220、222 进行修改,以便在不降低耦合效率的情况下更好地生成某一处理结果。

[0054] RPS202 的工作功率可以包括但不限于 100-7000 瓦的范围,压力处于 10 毫托到 200 托以上的范围内。等离子体 216 密度可以包括 10^{11} - 10^{12} /cm³ 的范围,在实施例,中可以允许等离子体 216 扩展到 RPS 源室 203 以外,或者允许将其投射到 RPS 源室 203 之外,并进入处理室 206 (又称为远程投射等离子体源)。等离子体 216 密度可以是等离子体 216 的体积(bulk)的量度,例如,作为跨越主释放区域的平均值。所述主释放区域可以包括室 203 的至少一部分,在一些实施例中,可以扩展到处理室 206 内。

[0055] RPS202 的另一优点在于,由于可以使电极 210、212 之一接地或浮置,因而不必使晶圆 224 接地,因而能够实现独特的处理(例如,制作氮化物表面、实施低能量蚀刻或者进行表面改性)。换言之,利用 RPS202,能够使晶圆 224 浮置,或者将其偏置到任何预期的电势(其未必是 RF 电路的部分)上。这缓解了接地问题和 VHF 室 203 兼容性问题,但仍旧能够实现对晶圆 224 的 VHF 等离子体处理。这一技术还是后向兼容的,因而能够不需修改就与旧有的处理室 206 一起使用。

[0056] 尽管文中图示并描述了晶圆 224,但是本领域技术人员将认识到可以采用各种其他处理目标代替晶圆 224。例如,可以在处理室 206 中处理玻璃薄板(例如,对于 LCD、LED 和等离子体电视生产而言)。

[0057] 图 2 所示的部件旨在表达与很多实施例相关的功能部件,文中将对其中的几个部件做进一步讨论。图 2 对这些部件的描绘并非旨在给出机械或电硬件图解;因而可以在仍然提供相同的功用的同时对所示出的部件重新布置和修改。此外,可以结合或去除一些部件,并且在各种实现当中可以添加额外的部件。例如,电极 210、212 的几何方面和相对位置设定可以随着实施例的不同而发生很大变化。而且,电源 204 被示为不存在匹配网络(例如,图 1 中的 108)。但是,本领域技术人员将认识到,可以假定电源 204 包括阻抗匹配电

路。尽管将电源 204 耦合至第一电极 210,但是作为替代可以将电源 204 耦合至第二电极 212,并使第一电极 210 接地或浮置(参考图 3)。尽管示出了两个电介质部件 220、222,但是在一些实施例中,仅采用了单个电介质部件(参考图 4-7)。尽管示出了三个进入通路 218a、218b、218c,但是在实践中可能仅采用这些通路中的一个或多个。电极 210、212 被示为具有相同的长度,然而在一些实施例中,从电源 204 接收 RF 功率的电极(供电电极)比接地或浮置电极短(参考图 8-9)。

[0058] 图 3 示出了 RPS302 的实施例,其中,将 RF 功率提供给至少部分围绕内侧电极 310 的外侧电极 312,其中,使内侧电极 310 通过任选的接地连接 308 接地,或者可以使其电浮置。RPS302 还包括使内侧电极 310 与等离子体 316 隔开的第一电介质部件 320。RPS302 还包括使外侧电极 312 与等离子体 316 隔开的第二电介质部件 322。

[0059] 图 4 示出了 RPS402 的实施例,其中,将 RF 功率提供给至少部分被外侧电极 412 围绕的内侧电极 410,其中,使外侧电极 412 通过任选的接地连接 408 接地,或者可以使其电浮置。RPS402 还包括使外侧电极 412 与等离子体 416 隔开的第一电介质部件 420。

[0060] 图 5 示出了 RPS502 的实施例,其中,将 RF 功率提供给环绕内侧电极 510 的外侧电极 512,其中,使内侧电极 510 通过任选的接地连接 508 接地,或者可以使其电浮置。RPS502 还包括将外侧电极 512 与等离子体 516 隔开的电介质部件 520。

[0061] 图 6 示出了 RPS602 的实施例,其中,将 RF 功率提供给至少部分被外侧电极 612 围绕的内侧电极 610,其中,使外侧电极 612 通过任选的接地连接 608 接地,或者可以使其电浮置。RPS602 还包括使内侧电极 610 与等离子体 616 隔开的第一电介质部件 620。

[0062] 图 7 示出了 RPS702 的实施例,其中,将 RF 功率提供给环绕内侧电极 710 的外侧电极 712,其中,使内侧电极 710 通过任选的接地连接 708 接地,或者可以使其电浮置。RPS702 还包括将内侧 710 与等离子体 716 隔开的第一电介质部件 720。

[0063] 图 8 示出了 RPS802 的实施例,其中,将 RF 功率提供给至少部分被第二电极 812(外侧电极)围绕的第一电极 810(内侧电极)。使第二电极 812 通过任选的接地连接 808 接地,或者可以使其电浮置。RPS802 还包括将第一电极 810 与等离子体 816 隔开的第一电介质部件 820 以及将第二电极 812 与等离子体 816 隔开的第二电介质部件 822。第一电极 810 比第二电极 812 短(延伸程度不及)。换言之,通过电源 804 供电的电极(供电电极)比非供电(接地或浮置)电极短。沿前述线路使第一电介质部件 820 包裹第一电极 810 的正面,换言之,在第一电极 810 的所有部分和等离子体 816 之间提供电介质屏障。

[0064] 第一电极 810 的延伸长度不及第二电极 812。例如,第一电极 810 可以是第二电极 812 的长度的 90%、80%、50% 或者 25%,这几个数字只是几个例子。在一些情况下,第一电极 810 可以具有比其直径或半径短的长度。在这样的情况下,将等离子体 816 的外形塑造得更像管状,而不是包围第一电极 810。

[0065] 如图所示,第一电极 810 在接近处理室 806 处具有锐边。然而,在其他实施例中,,可以使这些边弯曲或者对其斜截(如虚线 811 所示),具体而言,可以使其弯曲从而具有基本上等于第一电极 810 的直径的一半的半径。

[0066] 图 9 示出了 RPS902 的实施例,其中,将 RF 功率提供给环绕第一电极 910(内侧电极)的第二电极 912(外侧电极)。使内侧电极 910 通过任选的接地连接 908 接地,或者可以使其电浮置。RPS902 还包括将第一电极 910 与等离子体 916 隔开的第一电介质部件 920 以

及将第二电极 912 与等离子体 916 隔开的第二电介质部件 922。第二电极 912 比第二电极 910 短(延伸长度不及)。换言之,通过电源 904 供电的电极(供电电极)比非供电(接地或浮置)电极短。第一和第二电介质部件 920、922 被示为具有相等长度,但是在一些实施例中,这些长度未必相等。

[0067] RPS902 包括可以至少部分被第一和第二电介质部件 920、922 包围的室 903。可以将等离子体 916 局限到第二电极 912 围绕的室 903 的一部分内。等离子体 916 的部分可以扩展到第二电极 912 的范围之外,但是其通常不会扩展到室 903 的长度,或者(例如)进入处理室 906。

[0068] 局限范围通常如图所示一等离子体 916 被局限至 RPS 室 903 中电极 910、912 重叠的区域。例如,图 9 的等离子体 916 主要被局限至 RPS 室 903 中第二电极 912 与较长的第一电极 910 重叠的区域。

[0069] 在上文描述的使内侧电极接地的各个实施例中,RPS 具有额外的益处;通过向外的径向进入通路进入的非活化气体不必在引入点处(即供电电极和所述室之间)跨越电势差。

[0070] 在所有图示的实施例中,第一和第二电极之间的径向距离足够小,从而使电流主要由等离子体通过所述电极之间。换言之,在低功率操作模式下,所述电极之间的区域(例如,室 203)可以是优选的电流通路。随着功率或电压的增大,或者随着各种等离子体特性的变更,可以使处于任何电势上的任何其他导体或电极充当第三类电极,其可以用于在所述电极和这一第三电极之间创建或者扩展用于等离子体的“扩展区带”。例如,可以使所述室的室壁或者泵送增压室(plenum)接地,从而使其充当第三电极,其中,等离子体将朝向这一第三电极扩展。通过允许等离子体扩展到高场强区域之外,能够实现各种优点。一个优点是,能够在具有较低的场强的扩展区带内在等离子体中形成活化气体和自由基,若非如此,其很难在典型的等离子体区域内形成。另一个优点是,可以采用扩展区带内的等离子体过滤或去除不想要的活化气体和自由基,例如,其中不同的种类(species)具有不同的寿命。所述扩展区带还扩展了通过其施加 RF 功率的体积,从而降低了局部功率密度,简化了冷却方案。

[0071] 尽管在本公开文本中经常将所述电极描述为第一和第二电极,并且将其示为使第一电极至少部分被第二电极围绕,但是可以倒换这些布置,从而使第一电极至少部分围绕所述第二电极。

[0072] 图 10 示出了在电容耦合的远程等离子体源中维持等离子体的方法。将通过以括号引用图 2 的附图元素来描述这一方法。所述方法包括在第一传送操作 1002 中使 RF 功率通过两个电容耦合的电极(例如,210 和 212)之间。可以通过界定所述电容耦合的远程等离子体源的室(例如,203)的室壁使所述电极隔开。所述方法还包括在维持操作 1004 中在所述室内维持等离子体(例如,216)。可以通过电容耦合至等离子体的 RF 功率维持所述等离子体。通过提供操作 1006 将第一流体提供到所述室内(沿径向或轴向)。随着第一流体与等离子体相互作用,能够在离解操作 1008 中使第一流体的至少一部分离解,以形成活化气体和 / 或自由基。之后,在第二传送操作 1010 中,将包括活化气体和 / 或自由基的第二流体,有时还将第一流体的一部分传送至与所述电容耦合的远程等离子体源耦合的处理室。

[0073] 除了文中描述的具体实体器件之外,还可以在诸如计算机系统的机器内实现文中

描述的系统和方法。图 11 示出了具有计算机系统 1100 的示范性形式的机器的一个实施例的示意性表示,其中,能够运行一组指令,从而使装置执行或运行本公开的方面和 / 或方法中的任何一者或多者。图 11 中的部件只是例子,其不限制实现具体实施例的任何硬件、软件、嵌入逻辑部件或者两个或多个这样的部件的组的使用范围或功能。

[0074] 计算机系统 1100 可以包括处理器 1101、内存 1103 和存储器 1108,它们通过总线 1140 相互通信并且与其他部件通信。总线 1140 还可以链接显示器 1132、一个或多个输入装置 1133 (例如,其可以包括小键盘、键盘、鼠标、指示笔等)、一个或多个输出装置 1134、一个或多个存储装置 1135 以及各种有形存储介质 1136。所有这些元件都可以与总线 1140 直接对接或者通过一个或多个接口或适配器对接。例如,各种有形存储介质 1136 可以通过存储介质接口 1126 与总线 1140 对接。计算机系统 1100 可以具有任何适当的物理形式,包括但不限于一个或多个集成电路(IC)、印刷电路板(PCB)、移动手提装置(例如,移动电话或 PDA)、膝上型或者笔记本电脑、分布式计算机系统、计算格网(grid)或服务器。

[0075] 处理器 1101 (例如,中央处理单元(CPU)任选含有用于指令、数据或计算机地址的暂时局部存储的高速缓存单元 1102。将处理器 1101 配置为参与计算机可读指令的运行。计算机系统 1100 可以提供作为处理器 1101 运行一个或多个有形计算机可读存储介质中体现的软件的实现的功能,例如,所述存储介质为内存 1103、存储器 1108、存储装置 1135 和 / 或存储介质 1136。所述计算机可读介质可以存储实现具体实施例的软件,处理器 1101 可以执行所述软件。内存 1103 可以从一个或多个其他计算机可读介质(例如,大容量存储装置 1135、1136)或者通过诸如网络接口 1120 的适当接口从一个或多个其他来源读取所述软件。所述软件可以使处理器 1101 执行文中描述或示出的一个或多个过程或者所述一个或多个过程的一个或多个步骤。执行这样的过程或步骤可以包括定义存储在内存 1103 内的数据结构以及根据软件的指示修改所述数据结构。

[0076] 内存 1103 可以包括各种部件(例如,机器可读介质),其包括但不限于随机存取存储部件(例如, RAM1104) (例如,静态 RAM “SRAM”、动态 RAM (DRAM) 等)、只读部件(例如 ROM1105) 及其任何组合。ROM1105 可以起到向处理器 1101 单向传达数据和指令的作用, RAM1104 可以起到与处理器 1101 双向互通数据和指令的作用。ROM1105 和 RAM1104 可以包括下文所述的任何适当的有形计算机可读介质。在一个例子中,可以将基本输入 / 输出系统 1106 (BIOS) 存储到内存 1103 内,所述基本输入 / 输出系统 1106 包括有助于在(例如)起动过程中在计算机系统 1100 内的元件之间传递信息的例程。

[0077] 将固定存储器 1108 双向连接至处理器 1101,所述连接任选通过存储控制器 1107 完成。固定存储器 1108 提供额外的数据存储容量,其也可以包括文中描述的任何适当有形计算机可读介质。存储器 1108 可以用于存储操作系统 1109、EXEC1110 (可执行态)、数据 1111、APV 应用 1112 (应用程序) 等。存储器 1108 经常但不总是作为比主存储器(例如,内存 1103) 慢的辅助存储介质(例如,硬盘)。存储器 1108 还可以包括光盘驱动器、固态存储装置(例如,基于闪存的系统) 或者任何上述装置的组合。在适当的情况下,可以将存储器 1108 内的信息作为虚拟内存结合到内存 1103 内。

[0078] 在一个例子中,可以使存储装置 1135 以可拆卸的方式通过存储装置接口 1125 与计算机系统 1100 对接(例如,通过外部断开连接器(未示出))。具体而言,存储装置 1135 和相关机器可读介质可以提供机器可读指令、数据结构、程序模块和 / 或计算机系统 1100 的

其它数据的非易失性和 / 或易失性存储。在一个例子中,软件可以完全或者部分存在于存储装置 1135 上的机器可读介质内。在另一个例子中,软件可以完全或部分存在于处理器 1101 内。

[0079] 总线 1140 连接各种子系统。文中提及总线可能包含在适当的情况下服务于共同的功能的一条或多条数字信号线。总线 1140 可以是几种类型的总线结构中的任何一种,其包括但不限于采用各种总线架构中的任何一种的存储总线、存储控制器、外围总线、局部总线及其任何组合。作为例子而非限制,这样的架构包括工业标准架构 (ISA) 总线、增强 ISA (EISA) 总线、微通道架构 (MCA) 总线、视频电子标准协会局部总线 (VLB)、外围部件互连 (PCI) 总线、PCI-Express (PCI-X) 总线、加速图形接口 (AGP) 总线、HyperTransport (HTX) 总线、串行高级技术附件 (SATA) 总线及其任何组合。

[0080] 计算机系统 1100 还可以包括输入装置 1133。在一个例子中,计算机系统 1100 的用户可以将命令和 / 或其他信息通过输入装置 1133 输入到计算机系统 1100 内。输入装置 1133 的例子包括但不限于字母数字输入装置 (例如,键盘)、光标定位装置 (例如,鼠标或触控板)、触控板、操纵杆、游戏键盘、音频输入装置 (例如,传声器、语音应答系统等)、光扫描器、视频或静止图像俘获装置 (例如,摄像机) 及其任何组合。可以通过各种接口 1123 (例如,输入接口 1123) 将输入装置 1133 对接至总线 1140,所述接口包括但不限于串行、并行、游戏端口、USB、FIREWIRE、THUNDERBOLT 或上述接口的任何组合。

[0081] 在具体的实施例中,在将计算机系统 1100 连接至网络 1130 时,计算机系统 1100 可以与连接至网络 1130 的其他装置,具体而言与移动装置和企业系统通信。可以通过网络接口 1120 传送与计算机系统 1100 之间的通信。例如,网络接口 1120 可以接收来自网络 1130 的具有一个或多个包 (例如,Internet 协议 (IP) 包) 的形式的输入通信 (例如,来自其他装置的请求或响应),计算机系统 1100 可以将所述输入通信存储到内存 1103 内,以供处理。计算机系统 1100 可以类似地将具有一个或多个包的形式的输出通信 (例如,发往其他装置的请求或响应) 存储到内存 1103 内,并将其从网络接口 1120 传送至网络 1130。处理器 1101 可以访问存储在内存 1103 内的这些通信包以进行处理。

[0082] 网络接口 1120 的例子包括但不限于网络接口卡、调制解调器及其任何组合。网络 1130 或网络段 1130 的例子包括但不限于广域网 (WAN) (例如,Internet、企业网)、局域网 (LAN) (例如,与办公室、建筑物、校园或者其他相对较小的地理空间相关的网络)、电话网、两个计算装置之间的直接连接及其任何组合。诸如网络 1130 的网络可以利用有线和 / 或无线通信模式。一般而言,可以采用任何网络拓扑结构。

[0083] 可以通过显示器 1132 显示信息和数据。显示器 1132 的例子包括但不限于液晶显示器 (LCD)、有机液晶显示器 (OLED)、阴极射线管 (CRT)、等离子体显示器及其任何组合。显示器 1132 可以通过总线 1140 与处理器 1101、存储器 1103 和固定存储器 1108 以及诸如输入装置 1133 的其他装置对接。将显示器 1132 通过视频接口 1122 链接至总线 1140,可以通过图形控制 1121 控制显示器 1132 和总线 1140 之间的数据传送。

[0084] 除了显示器 1132 之外,计算机系统 1100 可以包括一个或多个其他外围输出装置 1134,其包括但不限于音频扬声器、打印机及其任何组合。可以将这样的外围输出装置通过输出接口 1124 连接至总线 1140。输出接口 1124 的例子包括但不限于串行端口、并行连接、USB 端口、FIREWIRE 端口、THUNDERBOLT 端口及其任何组合。

[0085] 此外或者作为替代,计算机系统 1100 可以提供作为在电路中硬布线或者以其他方式体现的逻辑的结果的功能,例如,所述逻辑可以代替软件或者连同软件一起工作,以执行文中描述或图示的一个或多个过程或者所述一个或多个过程的一个或多个步骤。在本公开中提及软件可以包含逻辑,提及逻辑可以包含软件。此外,在适当的情况下,提及计算机可读介质可以包含存储供执行的软件的电路(例如, IC)、体现用于执行的逻辑的电路或两者。本公开包含硬件、软件或两者的任何适当的组合。

[0086] 总之,本发明尤其提供了用于维持远程等离子体源内的电容耦合的等离子体的方法、系统和设备。本领域技术人员将容易地认识到可以在本发明及其使用和配置当中做出各种变化和替代,以达到与文中描述的实施例达到的基本相同的结果。因此,不存在将本发明局限于所公开的示范性形式的意图。很多变化、修改和替代构造都落在所公开的本发明的范围和精神内。

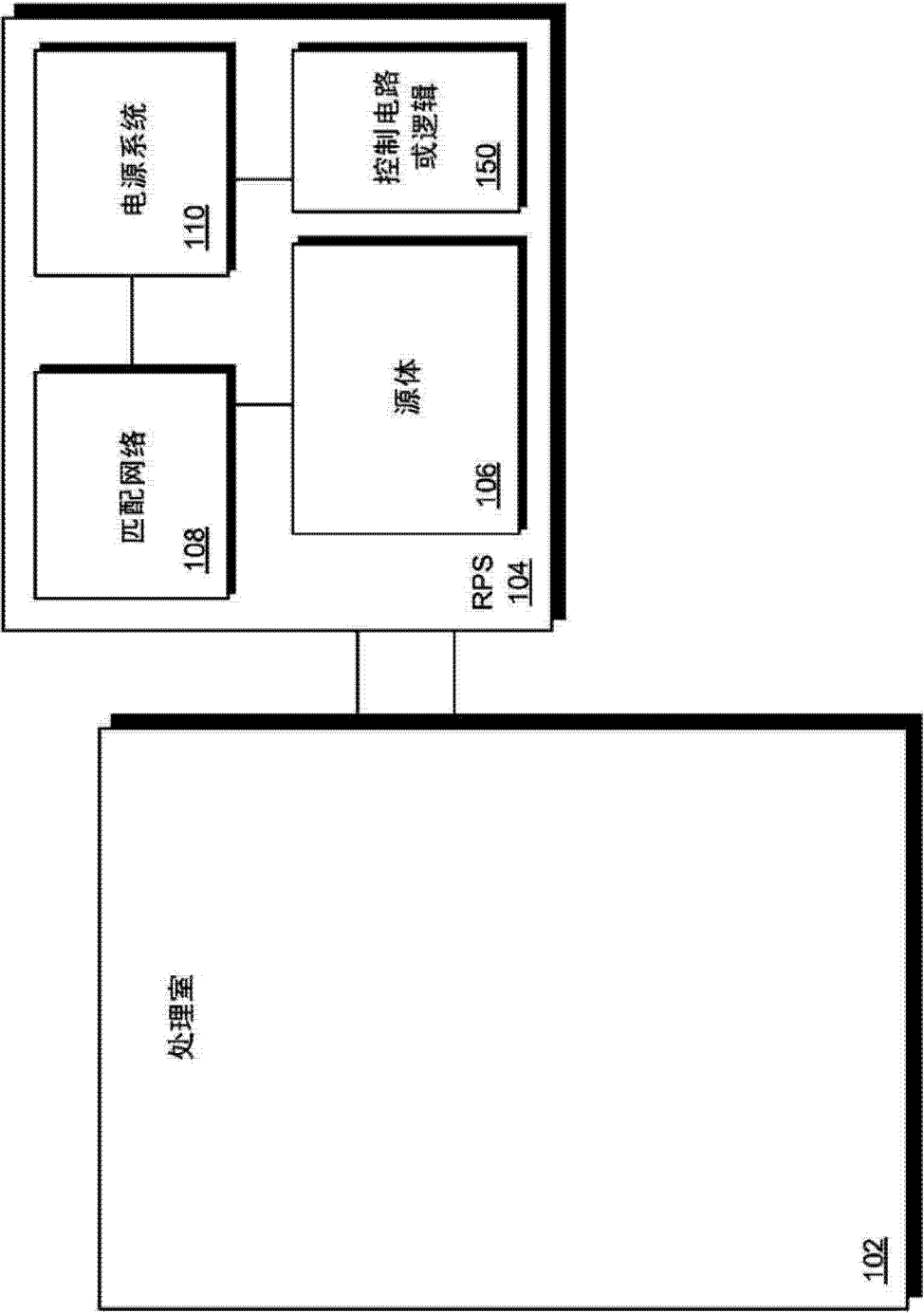


图 1

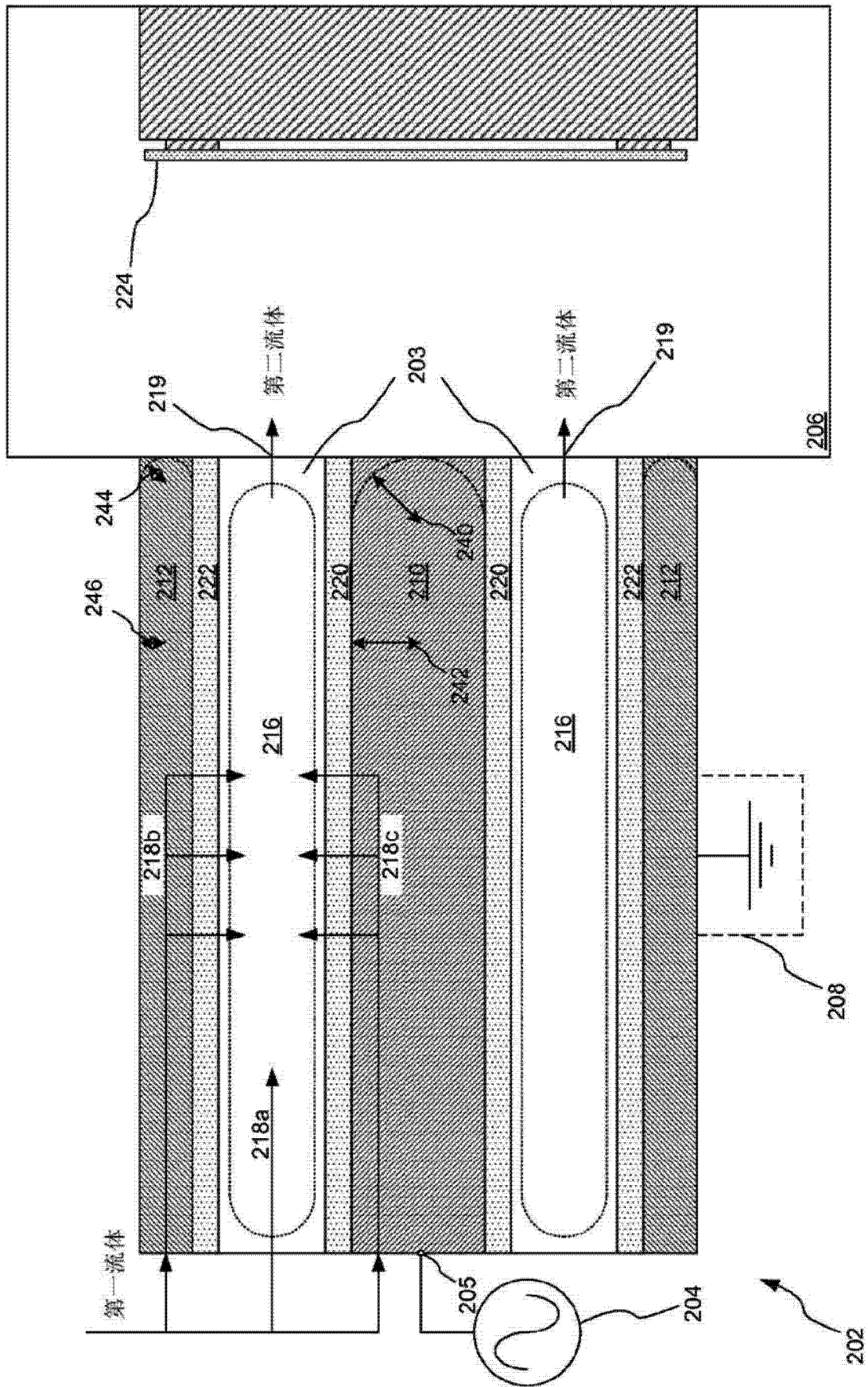


图 2

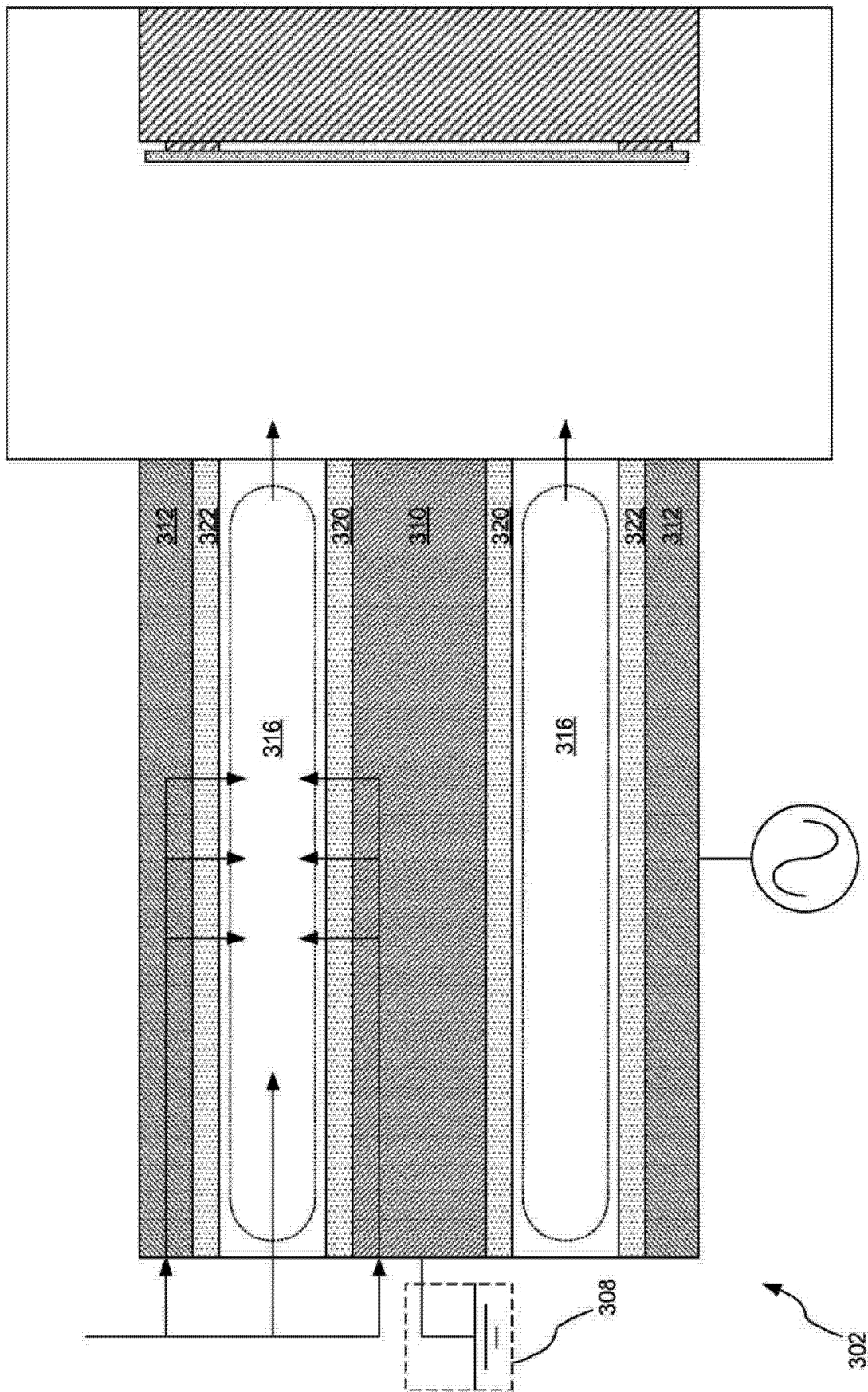


图 3

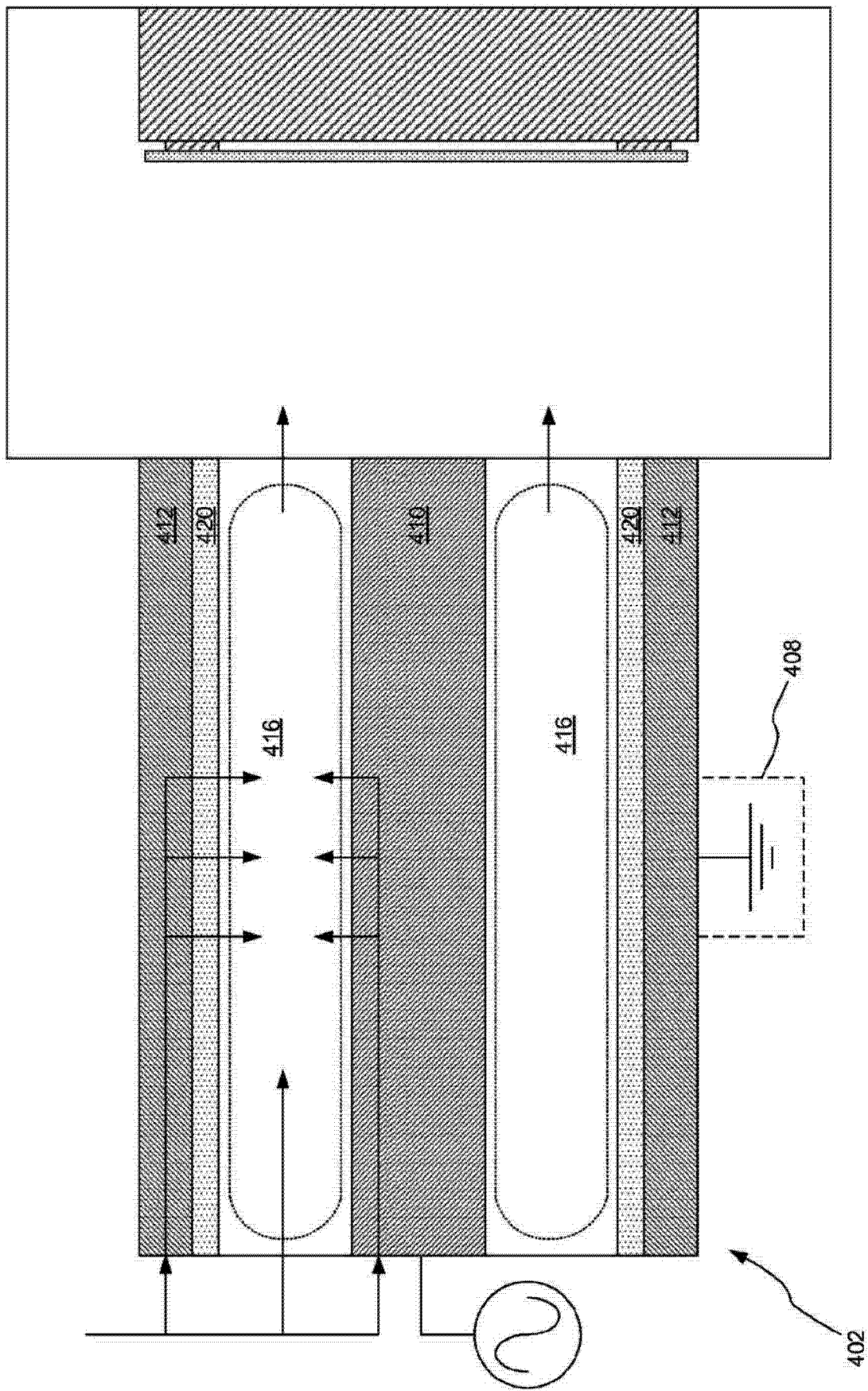


图 4

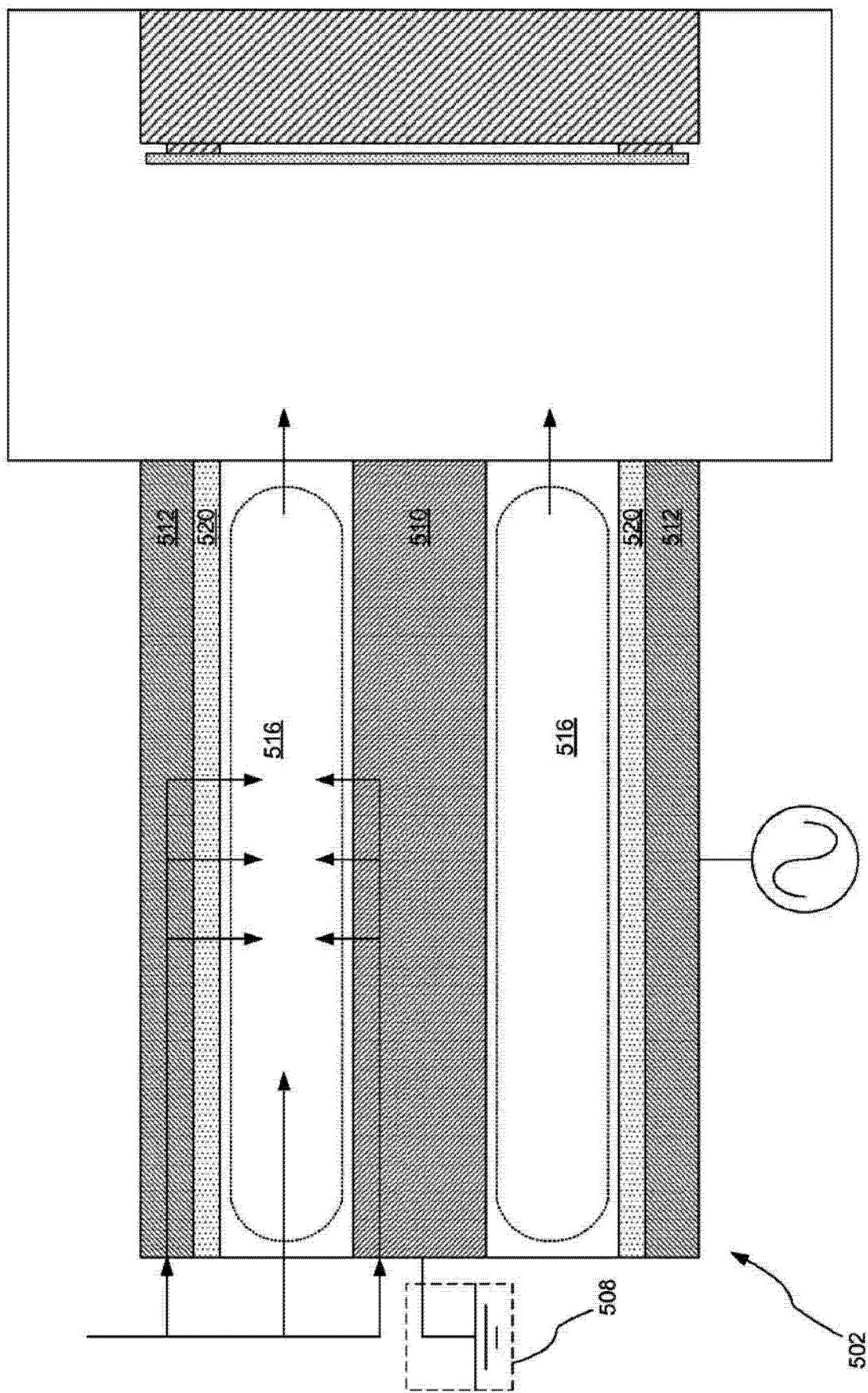


图 5

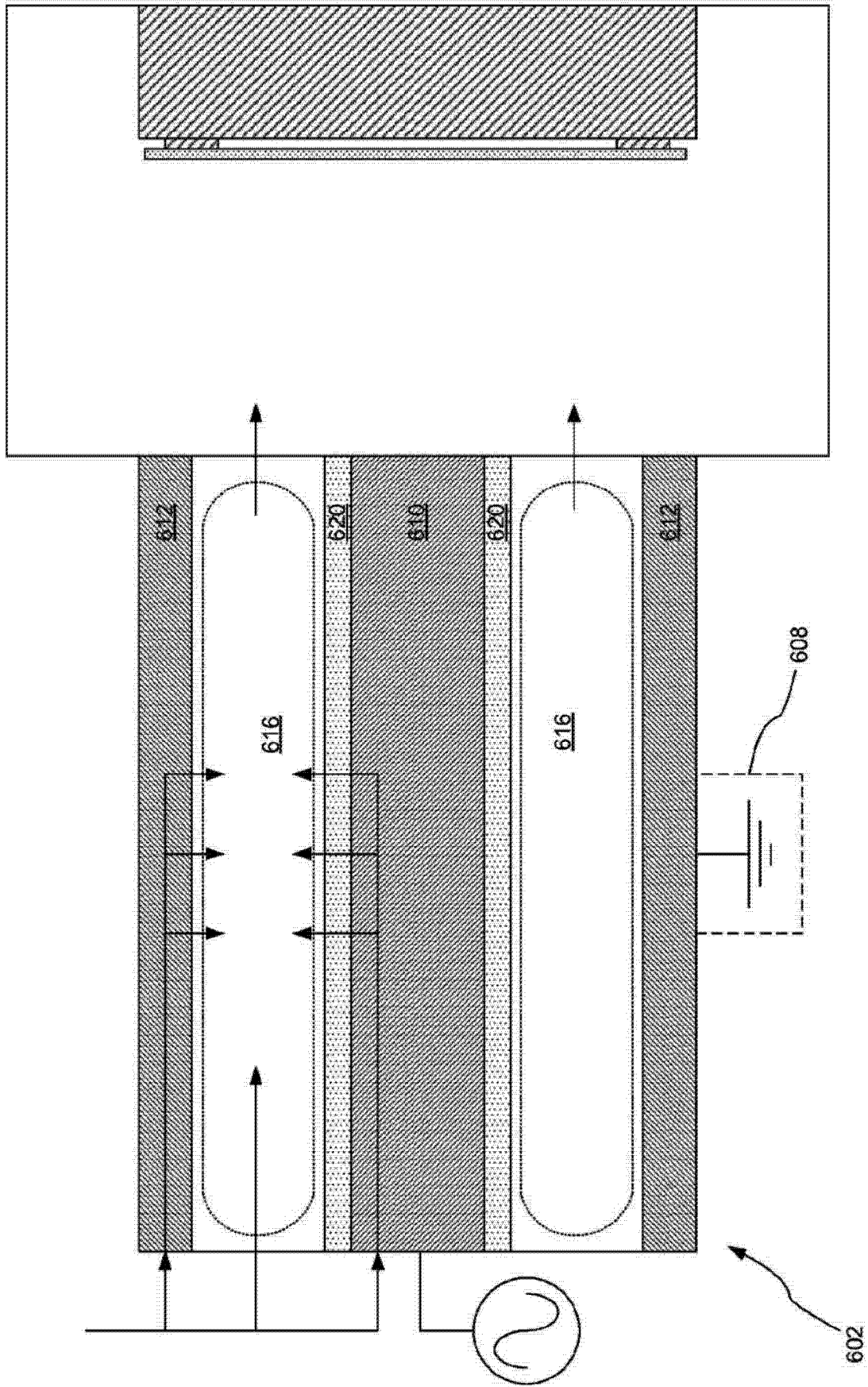


图 6

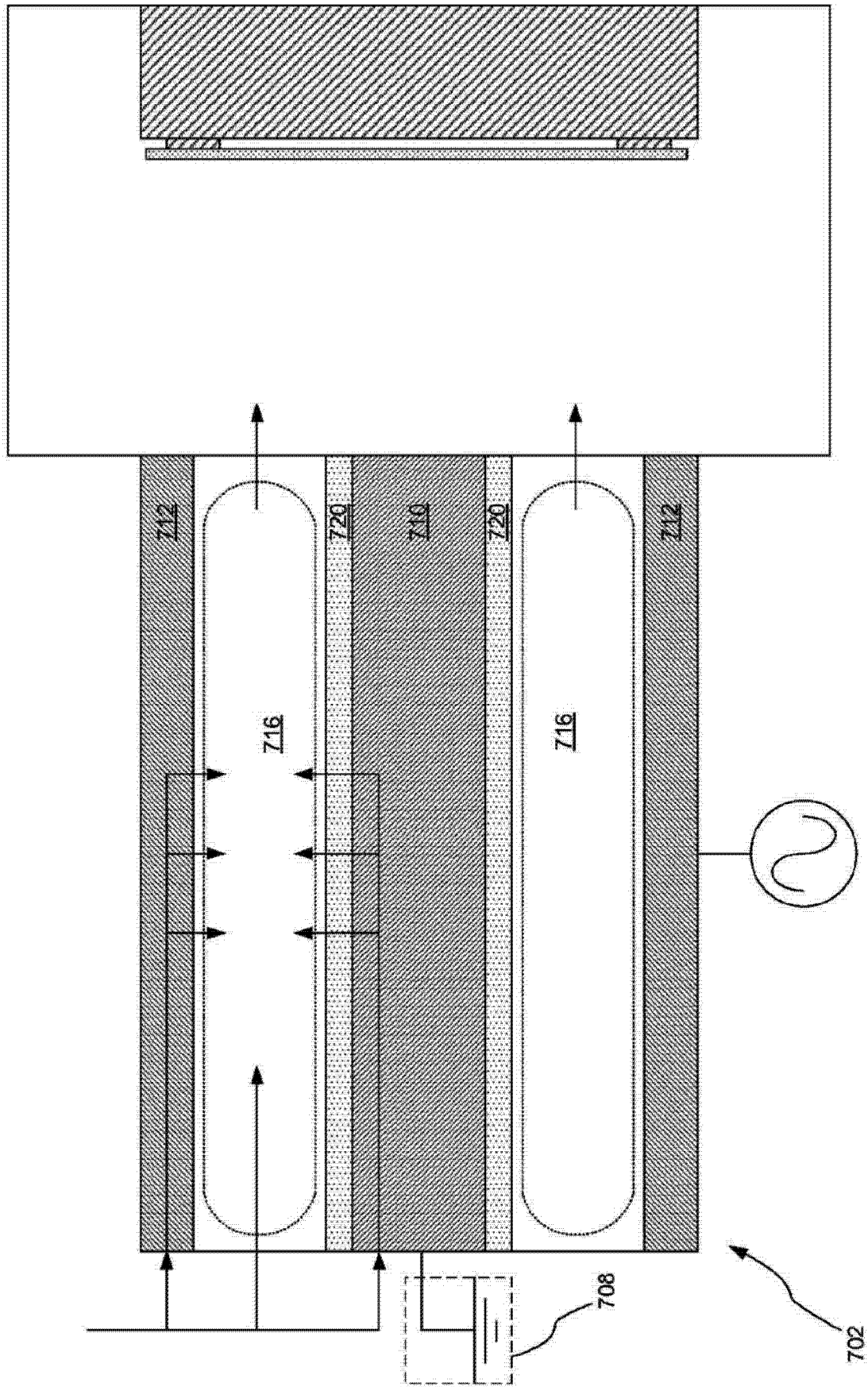


图 7

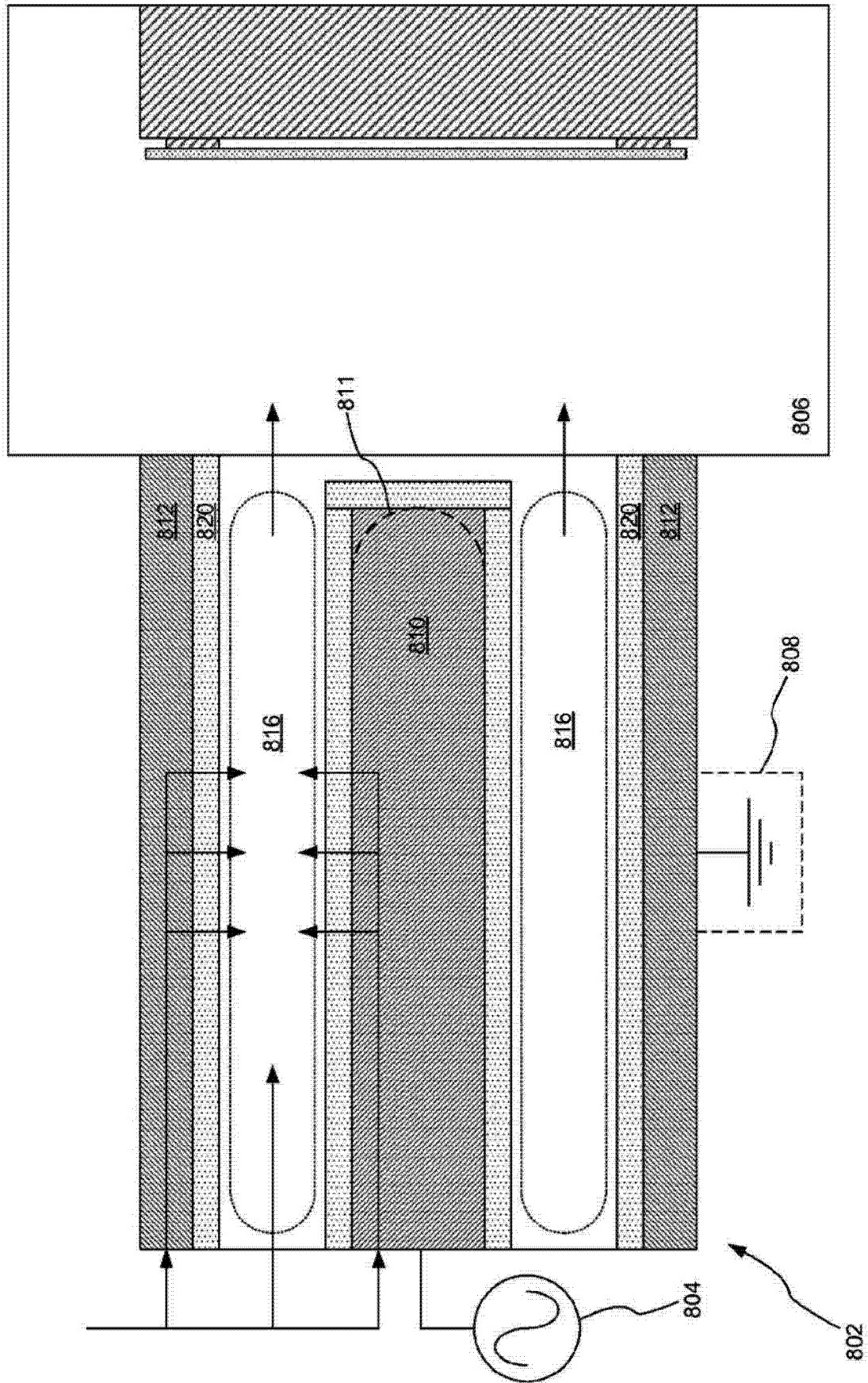


图 8

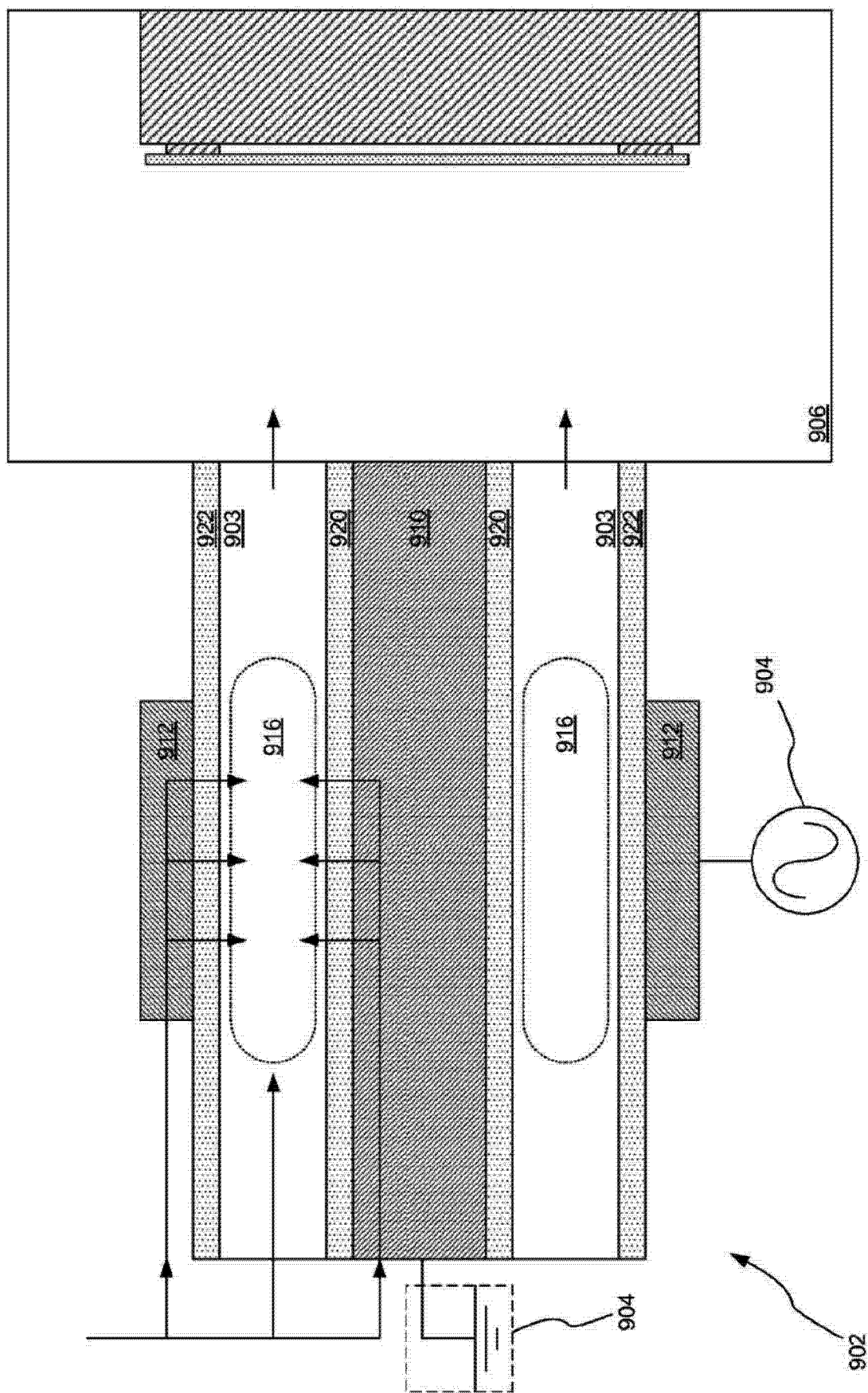


图 9

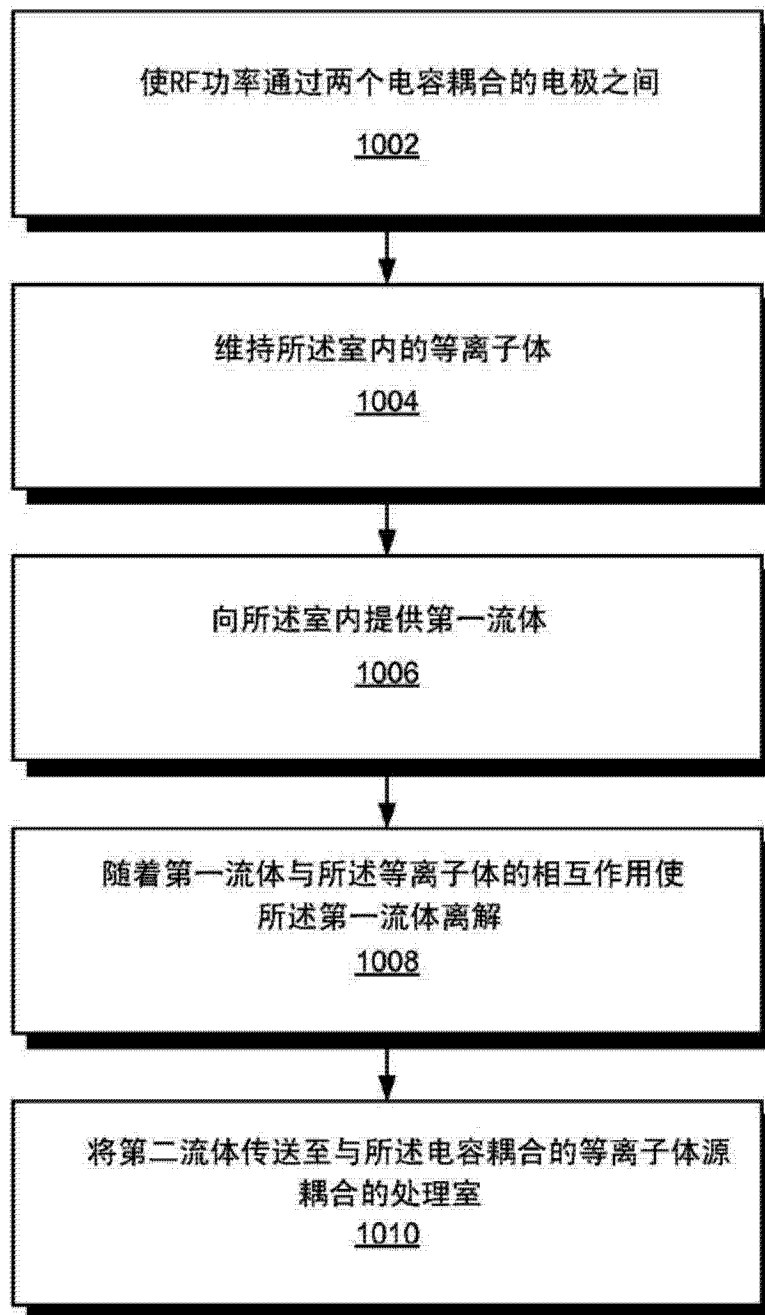


图 10

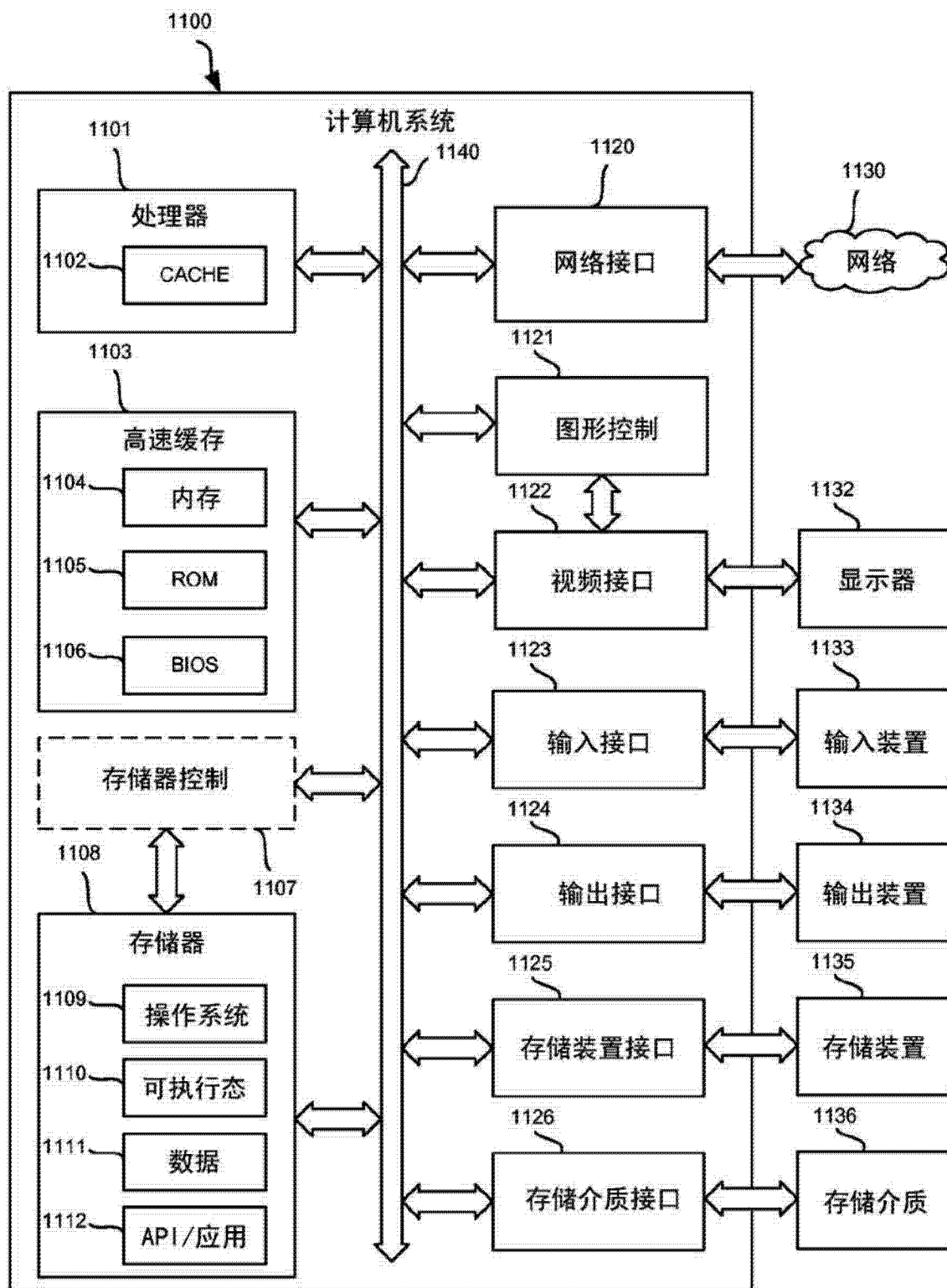


图 11