



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102766857 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201210137245. X

(22) 申请日 2012. 05. 04

(30) 优先权数据

13/100, 605 2011. 05. 04 US

(73) 专利权人 诺信公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 托马斯·V·博尔登

艾尔玛·M·卡利卡

罗伯特·S·康德拉少弗

路易斯·费耶罗 詹姆士·D·格蒂

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 张焕生 谢丽娜

(51) Int. Cl.

G23C 16/505(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101420816 A, 2009. 04. 29,

CN 102027810 A, 2011. 04. 20,

US 2002/0000201 A1, 2002. 06. 03,

审查员 钱国庆

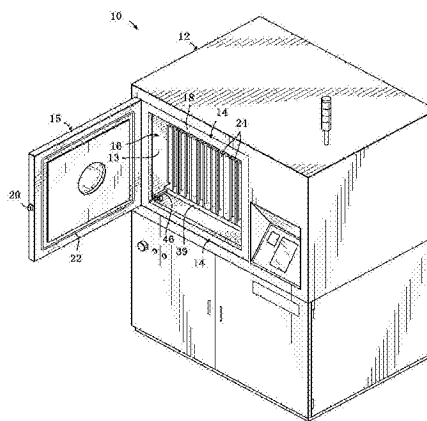
权利要求书2页 说明书11页 附图11页

(54) 发明名称

等离子体处理系统

(57) 摘要

本发明涉及用于在等离子体处理系统中向电极分配 RF 能量的等离子体处理系统和方法。该等离子体处理系统包括功率和接地母线、正相和负相初级电极母线, 以及正相和负相次级电极母线。功率和接地母线被隔离变压器耦合到次级电极母线从而负相次级电极母线被提供有与被供应到正相次级电极母线的 RF 信号 180 度异相的 RF 信号。次级电极母线被电容器耦合到各自的正相和负相初级电极母线。初级电极母线每一个均被耦合到真空腔室中的电极。将初级电极母线耦合到 RF 接地的负载线圈可以与电容器配合以调节在功率母线处的输入阻抗。



1. 一种等离子体处理系统,包括:

真空腔室;

功率母线;

接地母线;

正相次级电极母线;

负相次级电极母线;

正相初级电极母线;

负相初级电极母线;

多个隔离变压器,每个所述隔离变压器包括初级绕组和次级绕组,所述初级绕组具有被耦合到所述功率母线的第一端和被耦合到所述接地母线的第二端,所述初级绕组的所述第一端被并联耦合到所述功率母线,并且所述初级绕组的所述第二端被并联耦合到所述接地母线,并且所述次级绕组具有被耦合到所述正相次级电极母线的第一端和被耦合到所述负相次级电极母线的第二端;

第一组多个电容器,用于把所述正相次级电极母线耦合到所述正相初级电极母线;

第二组多个电容器,用于把所述负相次级电极母线耦合到所述负相初级电极母线;和

多个电极,所述多个电极在所述真空腔室中,每个所述电极与所述正相初级电极母线或与所述负相初级电极母线耦合。

2. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,进一步包括:

第一负载线圈,用于把所述正相初级电极母线耦合到接地;和

第二负载线圈,用于把所述负相初级电极母线耦合到接地。

3. 根据权利要求 2 所述的等离子体处理系统,其中所述正相初级电极母线和所述负相初级电极母线具有平行布置,所述正相初级电极母线具有被耦合到所述第一负载线圈的周边端部,并且所述负相初级电极母线具有被耦合到所述第二负载线圈的周边端部。

4. 根据权利要求 2 所述的等离子体处理系统,进一步包括:

接地罩体,所述接地罩体容纳所述功率母线、所述接地母线、所述正相次级电极母线、所述负相次级电极母线、所述正相初级电极母线、所述负相初级电极母线、所述多个隔离变压器、所述第一组多个电容器、所述第二组多个电容器、所述第一负载线圈和所述第二负载线圈,

其中所述第一负载线圈和所述第二负载线圈被所述罩体电耦合到接地。

5. 根据权利要求 2 所述的等离子体处理系统,进一步包括:

RF 输入馈通,所述 RF 输入馈通靠近具有 RF 阻抗的中心馈送点被耦合到所述功率母线,

其中所述电容器的电容和所述负载电感器的电感被选择使得减小在所述中心馈送点和所述 RF 输入馈通之间的阻抗失配。

6. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,其中所述初级绕组的第一端以规则的间隔耦合到所述功率母线,所述初级绕组的第二端以规则的间隔耦合到所述接地母线,所述次级绕组的第一端以规则的间隔耦合到所述正相次级电极母线,并且所述次级绕组的第二端以规则的间隔耦合到所述负相次级电极母线。

7. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,进一步包括:

多个馈通,所述多个馈通被配置为把每个所述电极与所述正相初级电极母线或与所述

负相初级电极母线耦合。

8. 根据权利要求 7 所述的等离子体处理系统,进一步包括:

多个托架,所述多个托架被配置为以交替次序把所述馈通电耦合到所述正相初级电极母线或所述负相初级电极母线之一。

9. 根据权利要求 7 所述的等离子体处理系统,其中所述馈通进一步被配置为提供至所述电极的密封的冷却剂路径。

10. 根据权利要求 7 所述的等离子体处理系统,其中所述电极具有并置布置使得在所述真空腔室中限定多个局部过程腔室,每个所述电极具有外周边,并且每个所述馈通从所述电极之一的所述外周边向外突出。

11. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理系统,进一步包括:

正相腔室电极母线,所述正相腔室电极母线在所述真空腔室中,所述正相腔室电极母线与耦合到所述正相初级电极母线的所述电极耦合;和

负相腔室电极母线,所述负相腔室电极母线在所述真空腔室中,所述负相腔室电极母线与耦合到所述负相初级电极母线的所述电极耦合。

等离子体处理系统

技术领域

[0001] 本发明一般涉及等离子体加工,并且特别涉及被配置为向多个电极分配射频(RF)功率的等离子体处理系统和用于向等离子体处理系统中的多个电极提供 RF 功率的方法。

背景技术

[0002] 在包括但是不限于集成电路、电子封装、印刷电路板和医疗器械的各种应用中使用的基板上,常常使用等离子体处理来沉积薄膜并且改性基板的表面性质。特别地,等离子体处理系统可以用于在基板上沉积各种类型的薄膜材料,诸如光学和生物医学涂层、绝缘层、聚合物等。等离子体处理还可用于为电子器件封装制备半导体和印刷电路板表面。例如,等离子体处理可用于蚀刻树脂和 / 或光致抗蚀剂、用于移除钻污 (drill smear)、用于增加表面活性和 / 或表面清洁度以消除分层和结合失效、用于提高引线结合强度、用于确保被附接到印刷电路板的芯片的无空隙下填充、用于从表面移除氧化物、用于增强管芯附接,和用于提高用于芯片包封的粘附性。

[0003] 在传统的等离子体加工系统中,多个基板被放置在真空腔室内侧的一对或者多对电极之间。真空腔室然后被抽空并且利用加工气体的局部压力填充。一旦腔室气氛具有所期望的加工气体组成和压力,则通过激发一个或者多个电极对从而在电极之间产生磁场来将能量引入腔室中。每一个电极对均利用具有足够能量以产生电磁场的信号激发,该电磁场至少部分地电离工艺气体,由此产生等离子体。如果将要执行蚀刻过程,则调节加工气体和能级从而等离子体的动力学和化学性质导致通过物理溅射、化学辅助溅射和由等离子体促进的化学反应从每一个基板移除(一个或者多个)最外表面层的原子。物理或者化学作用可以用于调节表面以改进诸如粘附性的性质,以选择性地移除外来表面层,或者从基板的表面清除不希望的污染物。

[0004] 等离子体辅助膜沉积方法通常通过或者化学气相沉积(CVD)或者聚合操作。如果将要执行 CVD 过程,则加工气体将包括被沉积的材料的至少一个前体。前体分子通过等离子体形成过程而被分解并且所产生的前体离子在基板表面上凝结并且反应以形成所期望的材料的薄层。在一些 CVD 应用中,基板还可以被加热以促进薄膜材料的沉积。如果将要执行聚合过程,则工艺气体将包括一个或者多个单体分子。单体分子在形成等离子体的过程中分解,形成当在基板上凝结时组合或者聚合的电离分子。单体分子的、等离子体引发的反应可以由此在基板表面上形成聚合物链的薄层和 / 或三维网络。CVD 和聚合物过程这两者均可以用于在多种产物上产生薄的保形涂层。

[0005] 包括多个电极对的等离子体加工系统允许多个面板的两侧在批次工艺中被同时地处理,这提高了生产吞吐量。为此目的,基板保持器将每一个面板以竖直定向定位在被布置在搁架(rack)中的成对的平坦垂直电极之间,从而在每一个平坦垂直电极和面板的相邻表面之间的环境提供局部过程腔室,局部过程腔室中存在被部分地电离的加工气体 - 或者等离子体。为了产生等离子体,在等离子体加工系统的处理腔室中存在适当的气氛的情况下,电极对被电源通电。等离子体加工系统采用以各种频率产生信号的电源,其中两个

通常使用的频率是 40kHz 和 13.56MHz。用于产生等离子体的频率可以影响等离子体的化学性质和等离子体如何与被处理的基板相互作用这两者。沉积速率以及在基板上沉积的膜的质量和类型可以因此随着用于激发等离子体的信号的频率和强度而改变。对于聚合物膜沉积,通常已经发现以较高频率信号产生的等离子体导致等离子体具有改进的化学性质,这导致了更高的沉积速率和质量更好的膜。

[0006] 在多电极等离子体加工系统中处理的面板可以是非常大的。例如,面板可以具有矩形周边,其特征在于大约 26 英寸的宽度和大约 32 英寸的长度。电极必须具有至少与被处理的面板一样大的面积并且电极搁架可以包括水平地隔开的一打或者更多电极。电极搁架的总体尺寸因此在每一个维度中可以在二到三英尺的量级上,因此要求同样大的电极激发信号分配系统。因为电极和电极搁架的尺寸增加,所以跨越每一个被处理基板的整个表面区域以及在基板之间维持场强均匀性变得更加具有挑战性。在更高电极激发频率下,维持等离子体均匀性的问题可能加重,这是因为,电极和激发信号分配系统的尺寸成为激发信号波长的一个更大的部分。在 40kHz 实现充分的场均匀性的、传统的 RF 总线系统在以诸如 13.56MHz 的更高等离子体激发频率操作的多个电极等离子体系统中提供不足的均匀性。另外,传统 RF 总线系统的输入阻抗在这些更高频率下难以匹配,从而导致高驻波比和浪费的 RF 功率。

[0007] 因此,存在对于在以诸如 13.56MHz 的更高操作频率下以改进的输入阻抗更加均匀地向等离子体处理系统中的多个电极分配 RF 功率的等离子体处理系统和方法的需要。

发明内容

[0008] 在一个实施例中,一种等离子体处理系统包括功率和接地母线、正相和负相次级电极母线、正相和负相初级电极母线、多个隔离变压器、将正相次级电极母线耦合到正相初级电极母线的电容器和将负相次级电极母线耦合到负相初级电极母线的另外的电容器。每个隔离变压器包括初级绕组,初级绕组具有被耦合到功率母线的第一端和被耦合到接地母线的第二端。每个隔离变压器还包括次级绕组,次级绕组具有被耦合到正相次级电极母线的第一端和被耦合到负相次级电极母线的第二端。该等离子体处理系统进一步包括在真空腔室中的多个电极。每个电极与正相初级电极母线或者与负相初级电极母线耦合。

[0009] 在又一个实施例中,提供了一种用于向具有射频 (RF) 功率的等离子体处理系统中的电极供电的方法。该方法包括利用 RF 功率激发功率母线、通过多个隔离变压器将 RF 功率的第一部分从功率母线传递到第一正相母线,和,通过该多个隔离变压器将 RF 功率的第二部分从功率母线传递到第一负相母线。RF 功率的第一部分通过第一组多个电容器被从第一正相母线传递到第二正相母线并且被从第二正相母线传递到第一组多个电极。RF 功率的第二部分通过第二组多个电容器被从第一负相母线传递到第二负相母线并且被从第二负相母线传递到第二组多个电极。

附图说明

[0010] 在本说明书中结合并且构成其一个部分的附图示意本发明的实施例,并且与以上给出的本发明的一般说明和以下给出的详细说明一起用于解释本发明的原理。其中

[0011] 图 1 是多电极等离子体处理系统的前透视图。

[0012] 图 2 是根据本发明的实施例的、外部罩体被移除以示出被附接到真空腔室的顶部的 RF 总线系统的、多电极等离子体处理系统的后透视图。

[0013] 图 3 是其中为了说明清楚起见省略了被产物保持器保持的产物的多电极等离子体处理系统的电极和产物保持器的端视图。

[0014] 图 3A 是具有在相邻的电极对之间可视并且被在该相邻的电极对之间的产物保持器保持的产物的、图 3 的一个部分的放大视图。

[0015] 图 4 是用于在多电极等离子体处理系统内侧的过程腔室中的处理位置处保持产物的产物保持器的搁架的透视图。

[0016] 图 5 是根据本发明的实施例用于等离子体处理的 RF 总线系统的示意性视图。

[0017] 图 6A 是根据本发明的实施例在图 1 的 RF 总线系统内侧截取并且示出 RF 母线条 (buss bar)、耦合电容器、隔离变压器和相关联结构组件的相对位置的、图 5 的 RF 总线系统的横截面视图。

[0018] 图 6B 是基本沿着图 6A 中的线 6B-6B 截取的横截面视图。

[0019] 图 6C 是基本沿着图 6A 中的线 6C-6C 截取的横截面视图。

[0020] 图 6D 是图 6A 的 RF 总线系统的顶视图。

[0021] 图 7 是示出电极冷却通道和腔室电极母线的、电极的横截面视图。

具体实施方式

[0022] 本发明的实施例涉及用于多电极等离子体处理系统的射频 (RF) 总线系统。RF 总线系统通过一系列母线条、变压器和阻抗匹配元件将 RF 电源耦合到多个电极。RF 功率母线条和接地母线条被电耦合到 RF 电源以提供用于总线系统的单一馈送点。功率和接地母线条依次地被多个隔离变压器电耦合到两个次级电极母线条, 该多个隔离变压器向正相和负相次级电极母线条分配 180 度异相的 RF 信号。隔离变压器被空间地分布从而各个次级电极母线条在沿着其长度的多个位置中耦合。每一个次级电极母线条均被多个电容器以连接点沿着初级和次级电极母线条空间地分布而耦合到相关联的初级电极母线条。该两个初级电极母线条依次以交替的配置耦合到多个电极, 使得相邻的电极被供应有 180 度异相的 RF 信号。每一个初级电极母线条还被电感器耦合到接地, 该电感器与电容器形成阻抗匹配网络。被相同相位 RF 信号驱动的电极可以进一步通过等离子体腔室内部的两个母线条中的一个而被电耦合。隔离变压器、电容器和电感器的分布式配置提供提高的阻抗匹配和 RF 功率在电极之间的、更加均匀的分布。这个均匀的功率分布提高了等离子体均匀性并且允许等离子体处理系统以对于传统的 RF 电源总线不太可能的、更高的 RF 电源频率操作。

[0023] 参考图 1-4, 其中相同的附图标记涉及相同的特征, 等离子体处理系统 10 包括机壳或者罩体 12、真空腔室 14 和被真空腔室 14 的侧壁 13 包围的可抽空空间 16。通过真空腔室 14 中的入口 18 进入可抽空空间 16。腔室门 15 能够被打开以露出通过其进入可抽空空间 16 的入口 18, 并且能够被关闭以提供从周围的周边环境隔离可抽空空间 16 的、不透流体的密封。被沿着真空腔室 14 的一个侧边缘定位的铰链邻近于入口 18 附接的腔室门 15 带有闭锁 20, 当腔室门 15 处于关闭位置中时, 该闭锁 20 接合真空腔室 14 的另一个部分。闭锁 20 用于确保腔室门 15 与真空腔室 14 的其余部分密封接合。围绕腔室门 15 的周边的密封构件 22 作为密封接合的中介。真空腔室 14 由适合于高真空应用的、诸如铝合金

或者不锈钢的导电材料形成,并且被与电接地连接。在发明名称为“Multiple-Electrode Plasma Processing Systems with Confined Process Chambers and Interior-Bussed Electrical Connections with the Electrodes(具有受约束的过程腔室和与电极的内部母线电连接的多电极等离子体加工系统)”的美国专利公开 No. 2009/0288773 中描述了一种这样的等离子体处理系统,该公开以其整体在此通过引用而被并入。等离子体处理系统 10 包括位于真空腔室 14 内侧的、名义上相同的多个电极 24,和具有射频 (RF) 发生器的代表性形式的等离子体激发源。RF 发生器 26 包括通过阻抗匹配网络 27 被耦合到在 RF 总线系统罩体 71 内的一个或者多个传导构件的输出 28(图 5)。传导构件可以是如下面详细描述地将电极 24 耦合到 RF 发生器 26 的 RF 总线系统 70(图 5、图 6A-D) 的一个部分。真空腔室 14 可以用作未被供电的接地电极。RF 发生器 26 通常以大约 13.56MHz 的频率输出信号,但是可以使用在 kHz 到 MHz 范围中的其它操作频率。在 13.56MHz 下,由 RF 发生器 26 供应的功率范围可以从大约 4000 瓦特到大约 8000 瓦特。然而,本领域普通技术人员可以理解,系统 10 可以被修改为允许递送不同的偏压功率或者替代地可以允许利用直流电 (DC) 电源。等离子体处理系统 10 还可以具有电极冷却系统,该电极冷却系统包括通过 RF 总线系统罩体 71 被流体地耦合到电极 24 的冷却剂分配歧管 142 和冷却剂收集歧管 144。

[0024] 电极 24 被从真空腔室 14 的侧壁 13 之一悬挂,在并置的成对 25 电极 24 之间具有均匀的间隔。局部过程室或者腔室 34(图 3) 由在并置电极 24 的每一个相邻对 25 之间的空间限定。除了周边的最外电极 24 之外,每一个电极 24 均利用它的最靠近的相邻电极 24 参与两个相邻对 25。周边的最外电极 24 中的每一个均仅仅参与单一相邻对 25。电极 24 可以被以适当的距离横向地隔开,以允许当电极 24 被激发时形成等离子体,以及接受各面板 40 中的一个。

[0025] 参考图 3 和图 4,用于与等离子体处理系统 10 一起使用的搁架 35 包括多个产物保持器 38,和被设置在产物保持器 38 和真空腔室 14 的底侧壁 13 之间的底板 39。搁架 35 的每一个产物保持器 38 均被水平顶杆 52、具有后棒 54 的代表性形式的竖直构件和具有一对前棒 56、58 的代表性形式的竖直构件加以外框。当搁架 35 位于可抽空空间 16 中时,靠近真空腔室 14 的后侧壁 13 定位的后棒 54 将顶杆 52 的一端与底板 39 连接。当搁架 35 位于可抽空空间 16 中并且腔室门 15 被关闭时,靠近真空腔室 14 的腔室门 15 定位的前棒 56、58 将顶杆 52 的相对端与底板 39 连接。每一个产物保持器 38 的上和下横向构件 60、62 均机械地连接到棒 54、56、58 并且相配合以支撑这里以代表性形式作为面板 40 示出的各产物中的一个。横向构件 60、62 中的至少一个可以是沿着棒 54、56、58 竖直地可移动的,以调节被棒 54、56、58 和横向构件 60 加以外框的开口的面积。横向构件 60、62 可以由此被配置为容纳具有不同大小的面板 40。

[0026] 产物保持器 38 名义上是相同的并且被配置为支撑真空腔室 14 内侧的面板 40。各面板 40 中的每一个均包括第一表面 42 和与第一表面相对的第二表面 44,并且可插入搁架 35 中的产物保持器 38 之一。在搁架 35 上填入大量或者批次的面板 40 之后,腔室门 15 打开并且搁架 35 被置放在真空腔室 14 内侧的轨道 46 上。在这种迁移之后,搁架 35 位于真空腔室 14 内侧使得腔室门 15 能够被关闭以提供准备好用于通过真空泵系统(未示出)抽空的密封环境。在搁架 35 中的面板 40 在等离子体处理系统 10 中处理时,类似于搁架 35 的另一搁架(未示出)可以被装载有另一批次的面板 40,并且,当在加工之后移除搁架 35

时,被立即装载到真空腔室 14 中以加工更多的面板 40。

[0027] 在装载之后,各面板 40 中的一个可以被设置在每一个局部过程腔室 34 中,并且当等离子体处理系统 10 操作时,每一个面板 40 的两个相对的表面 42、44 均被等离子体处理。在被真空腔室 14 内侧的搁架 35 的产物保持器 38 支撑时,面板 40 沿基本平行于包含电极 24 的相应平面的相应平面定向。面板 40 的第一表面 42 面对每一个相邻对 25 中的并置电极 24 之一的表面 48。面板 40 的第二表面 44 面对每一个相邻对 25 中的并置电极 24 中的另一个的表面 50。每个电极 24 具有足够的长度和宽度使得面板 40 的外周边边缘被设置在电极 24 的相邻对 25 的外周边内侧。面板 40 通常相对于电极 24 并且相对于真空腔室 14 被留置于电浮状态中。

[0028] 参考图 5、图 6A-6D 和图 7,其中相同的附图标记涉及相同的特征,并且根据本发明的一个实施例,等离子体处理系统 10 的 RF 总线系统 70 通过阻抗匹配网络 27 将电极 24 耦合到 RF 发生器 26。被来自 RF 总线系统内的共同母线驱动的交流电极 24 可以进一步被正相腔室电极母线 32 或者负相腔室电极母线 33 在可抽空空间 16 内电耦合。可以通过将 RF 发生器 26 的输出 28 电耦合到阻抗匹配网络 27 的输入 29 的传输线路或者电缆 31 从 RF 发生器 26 向阻抗匹配网络 27 递送功率。电缆 31 可以使用适当的连接器在每一个端部处连接化 (connectorize) 以便于安装和拆卸等离子体处理系统 10,并且可以根据工业标准 RG-393 或者由某种其它适当的同轴电缆形成。

[0029] 阻抗匹配网络 27 可以包括在金属罩体 69 内包含的控制器 64、相位 / 幅值探测器 65、串联电容器 66、并联电容器 67,和串联电感器 68。通常,串联电感器 68 的特征在于固定的电感,并且电容器 66、67 是提供由控制器 64 可调节的电容值的可变电容器。控制器 64 从相位 / 幅值探测器 65 接收反馈,该反馈包含与通过相位 / 幅值探测器 65 的前向和 / 或反向 RF 功率的相位和幅值有关的信息。响应于来自相位 / 幅值探测器 65 的反馈,控制器 64 调节可变电容器 66、67 的电容以减小通过相位 / 幅值探测器 65 的反向 RF 功率,由此减小反射回 RF 发生器 26 的功率。控制器 64 可以通过被耦合到可变电容器的、诸如可逆 DC 马达驱动器的致动器的操作调节电容器 66、67 的电容,该可变电容器可以是可旋转的平行板电容器。阻抗匹配网络 27 由此在 RF 发生器 26 的输出 28 和由 RF 总线系统 70 给出的负载之间提供提高的阻抗匹配。匹配 RF 总线系统 70 的输入的阻抗与 RF 发生器 26 的输出 28 的阻抗匹配可以通过减少反射回 RF 发生器 26 的功率的量而增加递送到 RF 总线系统 70 的功率。通过使得在反射回 RF 发生器 26 时浪费的功率更少,阻抗匹配网络 27 可以在等离子体处理系统 10 的操作期间减小在 RF 发生器 26 上的负载。

[0030] 被设置在罩体 71 内侧的 RF 总线系统 70 包括功率母线 72、接地母线 74、正相初级电极母线 78、负相初级电极母线 80、正相次级电极母线 82,和负相次级电极母线 84。多个隔离变压器 76a-76n 将功率和接地母线 72、74 电耦合到次级电极母线 82、84。多个耦合电容器 86a-86m 将正相初级电极母线 78 电耦合到正相次级电极母线 82。多个耦合电容器 87a-87m 将负相初级电极母线 80 耦合到负相次级电极母线 84。正相和负相初级电极母线 78、80 可以具有分别地被负载线圈 90、92 电耦合到接地的周边端部 79、83。功率、接地和电极母线 72、74、78、80、82、84 可以由传导杆构成,该传导杆由诸如铝、铜、黄铜或者其它合金的任何适当的金属形成并且基本在 RF 总线系统 70 的罩体 71 的整个宽度上延伸。在 RF 总线系统 70 的一个具体实施例中,传导杆可以从铝形成并且可以具有大约 0.5 英寸 (大约

13mm) 的厚度、大约 1 英寸 (大约 25mm) 的宽度,和大约 30.9 英寸 (大约 784mm) 的长度,但是本发明的实施例不受如此限制。

[0031] RF 功率通过 RF 输入馈通 36 进入 RF 总线系统 70, 该 RF 输入馈通 36 在基本在功率母线 72 的中心馈送点 73 下面的位置处穿过 RF 总线系统罩体 71 的前侧壁 102。RF 输入馈通 36 的外端可以被配置为电耦合到阻抗匹配网络 27 的输出 30 的中心导体, 并且 RF 输入馈通 36 的内端可以被电耦合到传导构件 75。传导构件 75 可以由诸如铝、铜、黄铜或者其它合金的适当的金属形成并且横越在 RF 输入馈通 36 的内端和功率母线 72 的中心馈送点 73 之间的竖直距离。传导构件 75 可以由此将 RF 输入馈通 36 的内端电耦合到功率母线 72 的中心馈送点 73。功率母线 72 的中心馈送点 73 可以在大致在功率母线 72 的左和右周边端部之间的中途的点处位于功率母线 72 的底表面上。RF 输入馈通 36 由此提供通过 RF 总线系统罩体 71 的前侧壁 102 的电隔离传导路径, 使得电耦合阻抗匹配网络 27 的输出 30 和功率母线 72 的中心馈送点 73。

[0032] 可以通过将阻抗匹配网络 27 的罩体 69 电耦合到 RF 总线系统 70 的罩体 71 而提供在阻抗匹配网络 27 和 RF 总线系统 70 之间的 RF 接地连接。这可以例如通过将阻抗匹配网络 27 的罩体栓接或者另外机械地耦合到 RF 总线系统 70 的罩体 71 而完成。接地连接还可以包括具有被电耦合到阻抗匹配网络 27 的罩体 69 的一端和被电耦合到 RF 总线系统 70 的罩体 71 的另一端的一根或者多根编织电缆和 / 或其它导线或者电缆。

[0033] 功率母线 72 可以横向地邻近于 RF 总线系统罩体 71 的前侧壁 102 定位并且通过绝缘支撑件 94、96 而被紧固到 RF 总线系统罩体 71 (图 6B)。绝缘支撑件 94、96 基本靠近功率母线 72 的、相对的周边端部定位并且将功率母线 72 从 RF 总线系统罩体 71 电隔离。绝缘支撑件 94、96 可以由陶瓷、聚四氟乙烯 (PTFE) 或者任何其它适当的绝缘材料形成并且可以被托架 98、100 固定到 RF 总线系统罩体 71 的右侧壁和左侧壁 110、112。接地母线 74 可以以与功率母线 72 类似的方式横向地邻近于 RF 总线系统罩体 71 的后侧壁 104 定位。接地母线 74 可以被传导金属托架 106、108 机械地紧固到 RF 总线系统罩体 71 (图 6C), 该传导金属托架支撑接地母线 74 的相对的周边端部, 并且将其电耦合到 RF 总线系统罩体 71 的右侧壁和左侧壁 110、112。

[0034] 功率和接地母线 72、74 被多个隔离变压器 76a-76n 耦合到次级电极母线 82、84。次级电极母线 82、84 基本平行于功率和接地母线 72、74 并且处于基本平行于总线系统罩体 71 的顶表面并且基本在功率和接地母线 72、74 下面的水平平面中。隔离变压器 76a-76n 中的每一个均包括初级绕组、次级绕组, 和从具有高磁导率和低导电性的、诸如铁素体的磁性材料形成的环形磁芯。在本发明的一个具体实施例中, 初级和次级绕组可以每一个均使用绝缘的双导体或者在每一个端部上以接线片端接的双股线形成。初级和次级绕组被磁芯电磁耦合从而被耦合到初级绕组的信号在次级绕组中诱发类似的信号。初级和次级绕组的端部可以被以铲型接线片或者小孔接线片 (eyelet lug) 或者便于连接到母线 72、74、82、84 的某种其它适当的端子端接。相对于在初级绕组上的输入信号的幅值, 在次级绕组上的输出信号的幅值可以是在初级绕组的匝数和次级绕组的匝数之间的比率的函数。在本发明的一个实施例中, 隔离变压器 76a-76n 在初级和次级绕组之间具有 1:1 比率。因为在初级和次级绕组之间无任何直流电路径, 所以隔离变压器 76a-76n 在功率和接地杆 72、74 和次级电极母线 82、84 之间提供直流电隔离。

[0035] 通过将初级绕组的一端电耦合到功率母线 72, 并且将初级绕组的另一端电耦合到接地母线 74, RF 信号被提供给隔离变压器 76a-76n 中的每一个。在功率母线 72 上的 RF 信号由此在隔离变压器 76a-76n 的次级绕组中诱发 RF 信号。隔离变压器 76a-76n 的每一个次级绕组的一端均被电耦合到正相次级电极母线 82, 并且隔离变压器 76a-76n 的每一个次级绕组的另一端均被耦合到负相次级电极母线 84。为了便于实现到母线的变压器绕组连接, 母线 72、74、82、84 可以包括沿着母线 72、74、82、84 以一定间隔隔开的多个螺纹孔以提供隔离变压器连接点。变压器连接点可以提供一种将隔离变压器 76a-76n 的绕组电耦合到功率、接地和次级母线 72、74、82、84 的方便的方法。例如, 被电耦合到变压器绕组的端部的接线片可能被螺钉紧固到选定的隔离变压器连接点。隔离变压器连接点的数目可以超过隔离变压器绕组端部的数目, 这为每一个隔离变压器绕组提供多个连接位置选项。通过使用沿着各个母线 72、74、82、84 以规则间隔连接的多个隔离变压器 76a-76n, 可以向次级电极母线 82、84 提供更加均匀的功率分配。使用多个隔离变压器 76a-76n 还可以增加 RF 总线系统 70 的总功率处理能力。在本发明的一个具体实施例中, RF 总线系统 70 可以包括并行地工作的十个 (10) 隔离变压器, 但是本发明的实施例不限于隔离变压器的任何特定数目。

[0036] 隔离变压器 76a-76n 通常在均匀地隔开的连接点处被连接到母线 72、74、82、84。可以由此向正和负次级电极母线 82、84 提供具有大致相同的幅值和 180 度的相对相差的 RF 信号。如在前讨论地, 还可以在母线 72、74、82、84 上设置另外的隔离变压器连接点从而各个隔离变压器连接点可以相对于其它隔离变压器连接点移动。通过允许各个隔离变压器绕组沿着相关母线的长度被电耦合到不同的位置, 另外的连接点可以由此提供一种调节沿着次级电极母线 82、84 的 RF 功率分配的方法。RF 总线系统 70 可以由此提供一种用于调节 RF 功率在电极 24 之间的相对分配以补偿在等离子体处理系统 10 之间的微小变化的调谐机构。例如, 如果等离子体处理系统 10 靠近该多个电极 24 中的代表性的一个沉积具有显著地不同的厚度的膜, 则靠近向损坏 (offending) 电极馈送的次级电极母线的片段的变压器绕组的连接点可能被重新定位以改进在电极 24 之间的 RF 功率平衡。

[0037] 正相初级电极母线 78 被靠近正相电极母线 78、82 的周边端部定位的绝缘支撑件 114、115 (图 6B) 机械地耦合到正相次级电极母线 82。类似地, 负相初级电极母线 80 被靠近负相电极母线 80、84 的周边端部定位的绝缘支撑件 116、117 机械地耦合到负相次级电极母线 84。初级电极母线 78、80 由此基本位于它们的相应的次级电极母线 82、84 下面。正相次级电极母线 82 可以被耦合电容器 86a-86m 电耦合到正相初级电极母线 78。类似地, 负相次级电极母线 84 可以被耦合电容器 87a-87m 电耦合到负相初级电极母线 80。在本发明的一个实施例中, 耦合电容器 86a-86m、87a-87m 是具有由从电容器的顶部和底部凸出的竖直柱体形成的接触端子的高电压 1000pF 柱形陶瓷门钮形电容器。在本发明的一个具体实施例中, 六个 (6) 耦合电容器将每一个初级电极母线与每一个次级电极母线耦合, 总共十二个 (12) 耦合电容器, 但是可以使用其它数目的耦合电容器并且本发明的实施例不受如此限制。在耦合电容器 86a-86m、87a-87m 的端子之间的连接可以沿着它们的相应的初级和次级电极母线被以规则间隔隔开。为了便于安设和更换耦合电容器 86a-86m、87a-87m, 弹簧加载夹子 119 (图 6A) 可以被以竖直对准的布置附接到初级和次级电极母线的、面向外的侧面。弹簧加载夹子 119 可以被配置为接受从耦合电容器的顶部和底部凸出的接线头端子, 由此将耦合电容器电耦合到初级和次级电极母线 78、80、82、84。

[0038] 正相初级电极母线 78 可以通过传导金属托架 118 而被电耦合到电极 24 中每间隔一个的电极。以类似的方式,负相初级电极母线 80 可以通过传导金属托架 120 而被电耦合到其余的电极 24。每一个电极 24 均可以由此利用与紧邻的(一个或者多个)电极 24 具有 180 度异相的信号激发。为了在电极 24 和托架 118、120 之间提供电耦合,使用诸如焊接的适当的附接方法,将电馈通 122 耦合到每一个电极 24。电馈通 122 可以是中空从而可以通过电馈通 122 向电极 24 提供冷却剂。

[0039] 电馈通 122 穿过真空腔室 14 的顶侧并且可以具有螺纹顶端,该螺纹顶端被底部螺母 124 紧固到绝缘结构或者索环 126,该绝缘结构或者索环 126 将电馈通 122 从真空腔室 14 电隔离。索环可以由诸如聚四氟乙烯 (PTFE) 的适当的绝缘材料形成,并且包括具有被配置为接受顶部和底部 O 形环 130、131 的环形凹槽的凸缘。可以使用压缩底部 O 形环 131 以在索环 126 和真空腔室 14 的顶表面之间提供不透气的密封的螺钉或者其它适当的紧固件将索环 126 紧固到真空腔室 14。底部螺母 124 可以被朝着垫圈 125 紧固,该垫圈 125 压缩顶部 O 形环 130,并且牢固地将电馈通 122 朝着索环 126 的斜切内孔坐置以在电馈通 122 和索环 126 之间提供不透气的密封。电馈通 122 还可以提供用于在真空腔室 14 中悬挂电极 24,以及用于在 RF 总线系统罩体 71 内支撑初级和次级电极母线 78、80、82、84 的机械支撑。

[0040] 托架 118、120 可以从其分别的电极母线竖直地向下延伸并且包括基本直角弯曲部以向每一个托架提供被配置为从单一电极 24 接受电馈通 122 的底部水平部。为了适应在初级电极母线中的横向偏移,托架 118、120 的水平部可以通过水平凸起而从托架 118、120 的竖直截面偏移。在图 6A-6D 所示的代表性实施例中,两个 (2) 电馈通 122 被附接到每一个电极 24。电馈通 122 的螺纹端部通过在托架 118、120 的底部水平部中的孔并且可以被顶部螺母 128 紧固。顶部螺母 128 可以被紧固以提供朝着底部螺母 124 的充分的夹持作用力从而牢固地保持托架 118、120,由此为初级和次级电极母线 78、80、82、84 提供机械支撑和电耦合。交替的电极 24 由此被正相初级电极母线 78 电耦合到一起并且被提供有与被负相初级电极母线 80 电耦合到一起的其余交替电极 24 180° 异相的 RF 信号。在位于电极 24 的每一个相邻对 25 之间的面板 40 的相对侧上提供的等离子体可以由此被具有类似的能级的电磁场激发。

[0041] 正相初级电极母线 78 可以被正相初级电极母线负载线圈 90 电耦合到接地,并且负相初级电极母线 80 可以被负相初级电极母线负载线圈 92 电耦合到接地。每一个负载线圈 90、92 均可以由具有大约 0.25 英寸(大约 6.4mm)的宽度和大约 0.125 英寸(大约 3.2mm)的厚度的一段扁平磁线形成,该段扁平磁线已经被成形为具有大致 3.5 匝和大约 3 英寸(大约 76mm)的内径的线圈。负载线圈 90、92 中的每一个均可以被缠绕为使得磁线的宽度维度与负载线圈 90、92 中的对应的一个的中心轴线正交。形成负载线圈 90、92 的该段扁平磁线的相对端部可以由此形成第一和第二电感器端子。

[0042] 母线负载线圈 90 的第一端子可以被电耦合到正相初级电极母线 78 的一个周边端部 79 并且负载线圈 90 的第二端子可以被电耦合到 RF 总线系统罩体 71 (图 6B)。正相初级电极母线 78 可以由此通过负载线圈 90 而被电耦合到接地。类似地,负载线圈 92 的第一端子可以被电耦合到负相初级电极母线 80 的一个周边端部 83 并且负载线圈 92 的第二端子可以被电耦合到 RF 总线系统罩体 71 (图 6C)。负相初级电极母线 80 可以由此通过负载线圈 92 而被电耦合到接地。由于空间考虑并且为了减轻在负载线圈 90、92 之间的电磁耦合,

初级电极母线 78、80 的、向其上电耦合负载线圈 90、92 的周边端部 79、83 可以处于 RF 总线系统罩体 71 的相对侧上。然而,本发明不限于负载线圈 90、92 的位置或者数目。例如,在本发明的替代实施例中,初级电极母线 78、80 中的每一个均可能在相关电极母线 78、80 的两个周边端部 79、81、83、85 处被负载线圈电耦合到接地。负载线圈 90、92 的第二端子还可能被耦合到相对于罩体 71 接地具有 DC 电压偏压的 RF 接地以在相邻电极 24 之间提供 DC 偏压。

[0043] 除了向初级电极母线 78、80 提供 DC 接地,负载线圈 90、92 的并联电抗可以与耦合电容器 86a-86m、87a-87m 的串联电抗相互作用以调整由 RF 总线系统 70 给出的 RF 输入阻抗。这个经调整的 RF 阻抗可以比缺少次级电极母线 82、84、耦合电容器 86a-86m、87a-87m 和 / 或负载线圈 90、92 的 RF 总线系统的输入阻抗更加紧密地匹配 RF 发生器 26 的输出阻抗。在 RF 发生器 26 和 RF 总线系统 70 之间提高的 RF 阻抗匹配可以允许阻抗匹配网络 27 在不超过阻抗匹配网络 27 的调谐范围的情况下减小反射回 RF 发生器 26 的功率。由耦合电容器 86a-86m、耦合电容器 87a-87m 和负载线圈 90、92 提供的 RF 阻抗调整还可以减小被电极母线朝向功率和接地母线反射回的功率。反射功率的减小可以减小在 RF 总线系统 70 内的内部驻波比 (SWR),这可以减小 RF 功率耗散和在隔离变压器 76a-76n 中的电弧放电的可能性。由耦合电容器 86a-86m、87a-87m 和负载线圈 90、92 提供的提高的内部匹配可以由此允许等离子体处理系统 10 以更高的 RF 功率水平和以更低的损耗操作。

[0044] 为了进一步控制在电极 24 之间的 RF 功率分配,正相腔室电极母线 32 可以被电耦合到从正相初级电极母线 78 馈送的电极 24。类似地,负相腔室电极母线 33 可以被电耦合到从负相初级电极母线 80 馈送的电极 24。腔室电极母线 32、33 可以由此将在真空腔室 14 内的交替电极 24 电耦合。为了在电极 24 上提供用于腔室电极母线 32、33 的连接点,柱体 133 可以诸如利用一个或者多个螺钉而被附接到电极 24 的顶部周边边缘。柱体 133 可以从电极 24 的侧面周边边缘偏移以提供竖直附接表面。柱体 133 可以由此向电极 24 提供连接点,该连接点的位置可以相对于电极 24 的周边边缘改变。被附接到由正相电极母线 78 馈送的电极 24 的柱体 133 可以基本上沿着与电极 24 的第一和第二表面 42、44 正交的第一线对准。被附接到由负相电极母线 80 馈送的电极 24 的柱体 133 可以基本上沿着从第一线横向地偏移并且平行于第一线的第二线对准。被附接到正相电极 24 的柱体 133 可以由此与正相腔室电极母线 32 相对准,并且被附接到负相电极 24 的柱体可以由此与负相腔室电极母线 33 相对准。柱体 133 可以被伸长带 134 电耦合到腔室电极母线 32、33。为此目的,带 134 可以在第一和第二周边端部处具有孔,该孔被配置为接受螺钉或者其它适当的紧固件。伸长带 134 的第一周边端部可以被附接到相应的柱体 133 的竖直表面,并且伸长带 134 的第二周边端部可以被附接到相应的腔室电极母线 32、33。

[0045] 为了对于等离子体处理系统 10 允许温度调节,电极 24 中的每一个均可以包括用于调节当产生等离子体时被加热的固体金属板的温度的流道 136 的网络 (图 7)。为了从电极 24 吸收热量,通过流道 136 的网络泵送蒸馏水或者另一种适当的热交换液体或者冷却剂,流道 136 可以在固体金属板中枪钻 (gun-drilled)。冷却剂通过电馈通 122 中被流体地耦合到流道 136 并且用作冷却剂进口管的一个进入流道 136 中的一个。冷却剂通过电馈通 122 中被流体地耦合到另一流道 136 并且用作冷却剂出口管的另一个离开流道 136 中的另一个。电馈通 122 可以由此提供路径,使得把冷却剂从大气压力环境以密封方式输送进

和输送出可抽空空间 16 的路径。为了促成这个目的,电馈通 122 的螺纹端部可以被冷却剂分配管(未示出)流体地耦合到穿过 RF 总线系统罩体 71 的后侧壁 104 的多个冷却剂馈通 146 中的一个。冷却剂可以由此如由箭头 138(图 6A)代表地在冷却剂馈通 146 和电极 24 之间流动。冷却剂馈通 146 继而取决于馈通是用作冷却剂进口还是用作冷却剂出口管而被流体地耦合到在真空腔室 14 的外部上的冷却剂分配歧管 142 或者冷却剂收集歧管 144 中的一个。冷却剂歧管 142、144 具有通过适配长度的管段与冷却剂馈通 146 耦合以实现冷却剂回路的龙头。由此在冷却剂分配歧管 142 和用作到电极 24 的冷却剂进口管的电馈通 122 之间设置了密封的流体路径。类似地,在冷却剂收集歧管 144 和用作到电极 24 的冷却剂出口管的电馈通 122 之间设置了密封的流体路径。通过在冷却剂分配歧管 142 中提供相对于在冷却剂收集歧管中的冷却剂压力的正压力,冷却剂可以通过电极 24 循环。

[0046] 可以利用冷却剂通过各自的流道 136 的循环来调节电极 24 的温度。为此,冷却剂可以被从热交换器(未示出)供应到冷却剂分配歧管 142 的进口端口并且被分配到进口冷却剂馈通 146 中的每一个。一旦冷却剂已经通过电极 24 的流道 136 循环,冷却剂便可以通过冷却剂收集歧管 144 的出口端口返回热交换器或者被以其它方式适当地处置。根据所期望的效果,热交换器能够调节冷却剂的流量和温度以加热或者冷却电极 24。由于在操作期间在电极 24 和面板 40 之间的热传递,电极 24 的温度调节还可以用于在等离子体处理期间有益地调节面板 40 的温度。

[0047] 在使用中并且参考图 1-7,搁架 35 的产物保持器 38 在真空腔室 14 外侧的位置处填入面板 40,真空腔室 14 被排气至大气压力,腔室门 15 被打开以露出进出口 18,并且搁架 35 通过进出口 18 迁移到真空腔室 14 中。通过关闭腔室门 15 并且接合闭锁 20 来密封进出口 18。面板 40 中的每一个均在相邻对 25 中的一个的电极 24 之间被产物保持器 38 中的一个支撑。

[0048] 使用真空泵系统(未示出)抽空留在真空腔室 14 内侧的可抽空空间 16 中的大气气体。在真空腔室 14 被真空泵系统抽空时,工艺气体流可以被从工艺气体供应源供应到可抽空空间 16。可以利用质量流量控制器计量工艺气体流量以控制在可抽空空间 16 内的条件,诸如气体压力和混合。工艺气体可以用于电极 24 的每一个相邻对 25 的、适当的气体递送系统提供给每一个局部过程腔室 34。

[0049] 一旦所期望的过程压力在真空腔室 14 内侧实现和稳定,RF 发生器 26 便被通电以向电极 24 供应电力。电力通过电馈通 122 由 RF 总线系统 70 递送每一个电极 24 的周边的顶边缘。形成相邻对 25 的电极 24 由此被大致 180 度异相的 RF 信号驱动从而 RF 场在很大程度上被包含在过程室 30 内。可以利用所施加的 RF 能量部分地电离留在电极 24 的每一个相邻对 25 之间的工艺气体以局部地在过程室 30 中的每一个中产生等离子体。在过程室 30 中的每一个的内侧的等离子体代表由离子、电子、自由基和中性物质组成的、被部分地电离的工艺气体。每一个顶杆 52、每一组棒 54、56、58、底板 39 和电极 24 的每一个相邻对 25 均包围过程室 30 中的一个并且可以相配合以通过减小被部分地电离的工艺气体从各自的局部过程腔室 34 的泄漏速率而将等离子体的、被部分地电离的工艺气体约束在过程室 30 中的每一个之内。

[0050] 面板 40 被暴露于过程室 30 中的等离子体达到足以处理每一个面板 40 的、被暴露的相对表面 48、50 的一段时间。构成等离子体的、被电离的气体混合物是传导性的和高度

反应性的,这促进了等离子体与面板 40 互相作用以执行规定的等离子体处理的能力。等离子体产生的活性物质执行通过离子轰击的物理过程和通过自由基 / 副产物化学反应的化学过程。视具体工艺气体或者工艺气体组合而定,能够使不同的反应在面板表面 42、44 上发生。可以根据等离子体处理的性质改变过程方案。如果将要采用聚合过程,则工艺气体可以包括一个或者多个单体分子。单体分子可以在形成腔室等离子体的过程中分解,形成当在基板上凝结时组合或者聚合的电离分子。等离子体引发的、单体分子的反应可以由此在基板表面上形成聚合物链薄层和 / 或三维网络。对于印刷电路板应用,可以利用在面板 40 的表面 42、44 处的化学反应以移除钻污和 / 或未显影光致抗蚀剂并且提高可粘性来用于层叠和图符粘附 (legend adhesion)。在处理完成之后,腔室门 15 打开以露出进出口 18,带有处理面板 40 的搁架 35 被从真空腔室 14 移除,并且处理面板 40 被从搁架 35 卸载并且被送到另一加工阶段。

[0051] 在这里参考诸如“竖直”、“水平”等的术语是通过实例而非通过限制给出的,以建立一种参考系。应理解到在不偏离本发明的精神和范围的情况下可以采用各种其它参考系。虽然提到电极 24 被竖直地定向,但是本领域普通技术人员可以理解,电极 24 可以具有非竖直定向。

[0052] 虽然已经通过各种实施例的说明示意了本发明并且虽然已经相当详细地描述了这些实施例,但是本申请人并非意在如此详细地局限或者以任何方式限制权利要求的范围。本领域技术人员会容易想到另外的优点和修改。本发明在更一般的方面不限于所示出和描述的具体细节、代表性设备和方法 and 示意性的实例。相应地,在不偏离本申请人的总体创造性构思的精神或者范围的情况下,可以从这种细节偏离。本发明的范围应该仅仅由权利要求书限定。

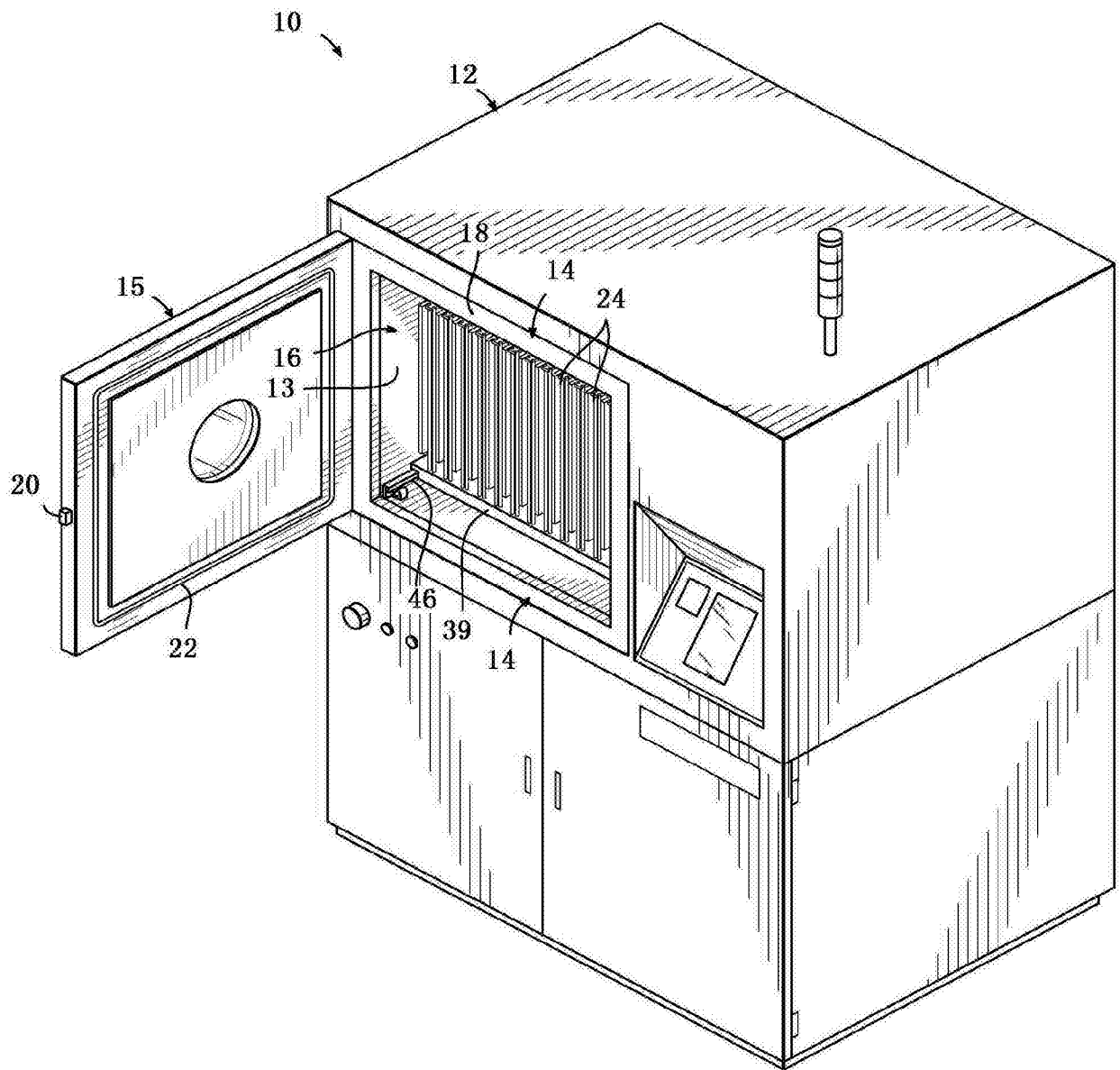


图 1

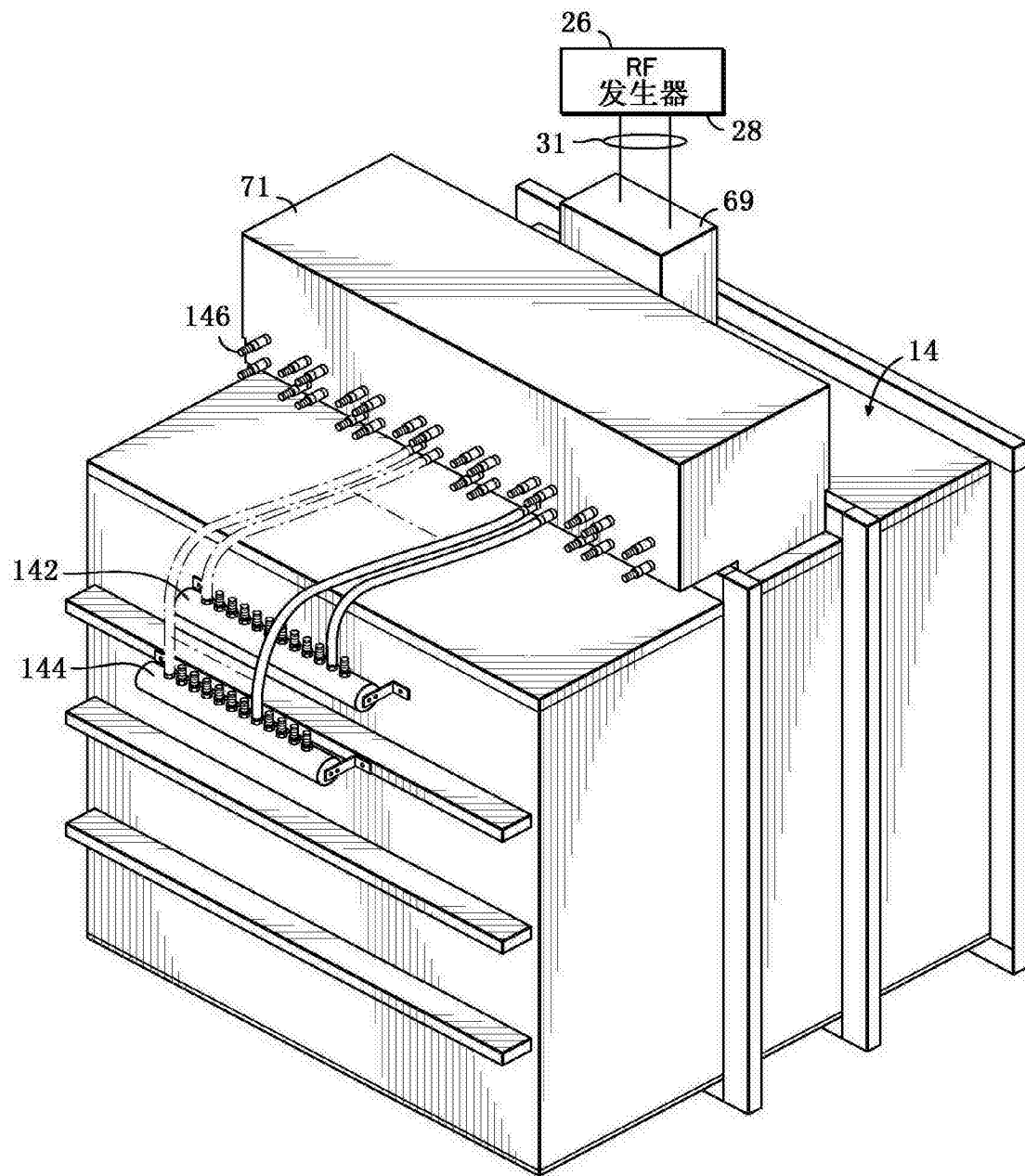


图 2

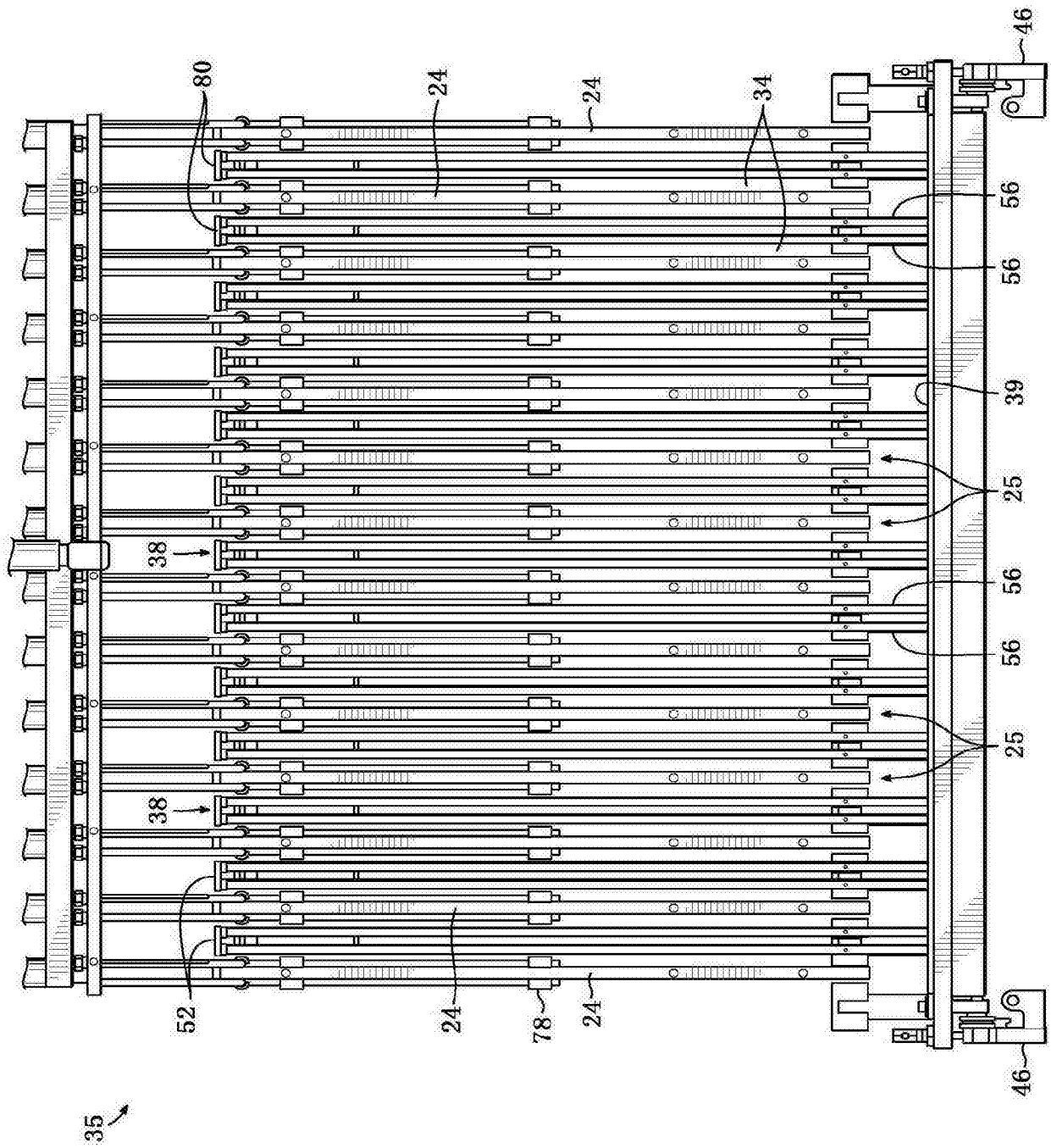


图 3

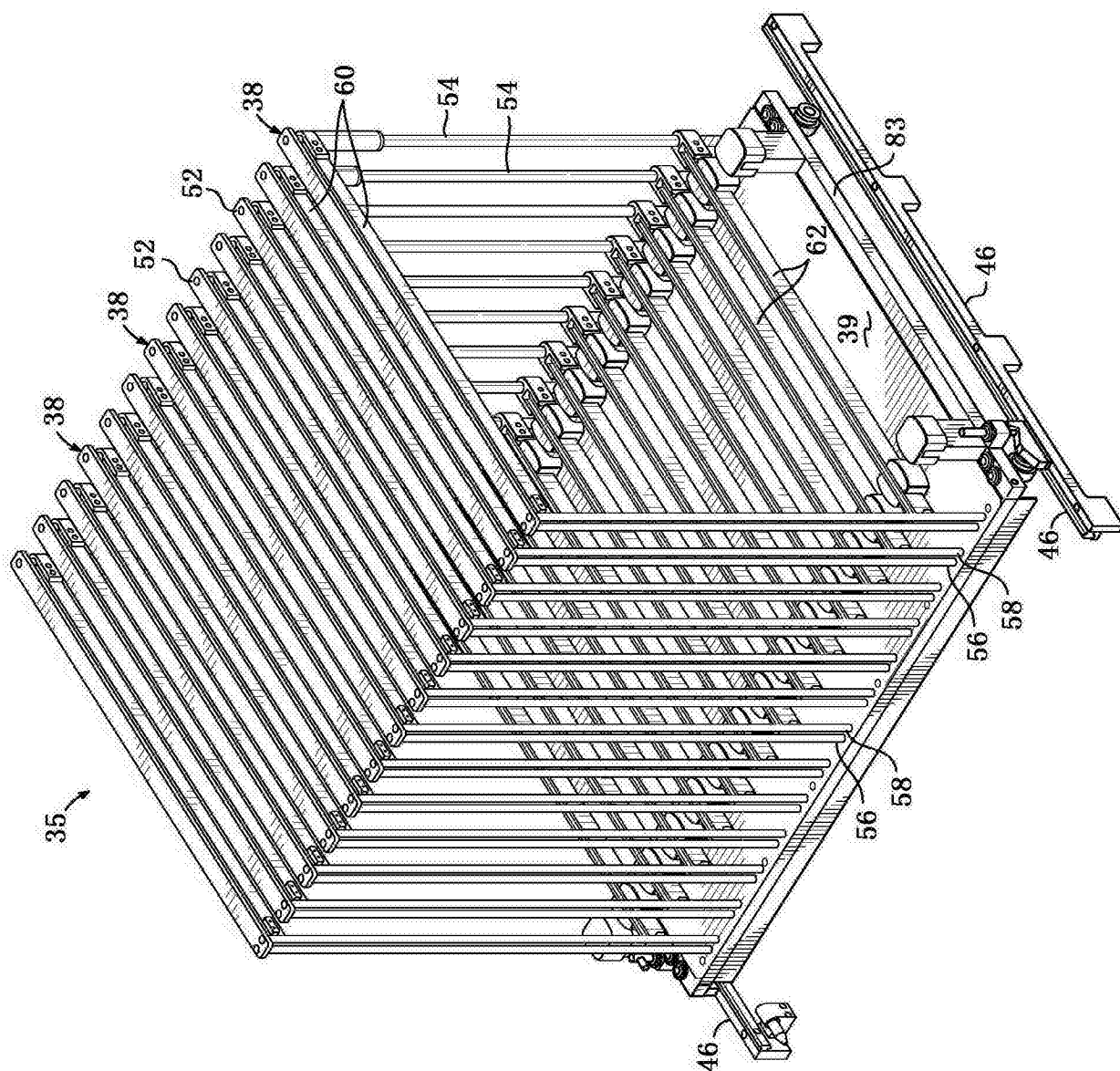


图 4

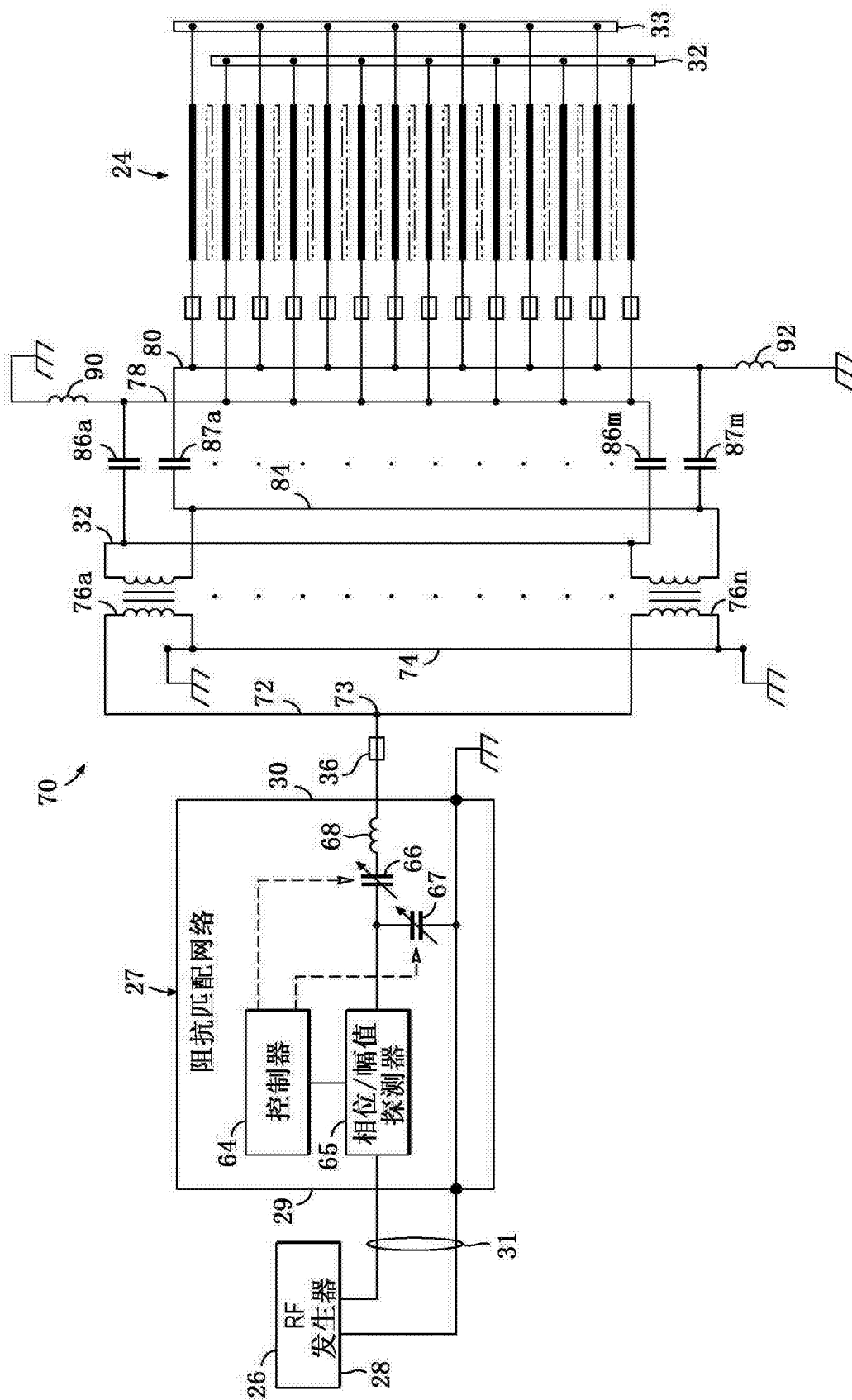


图 5

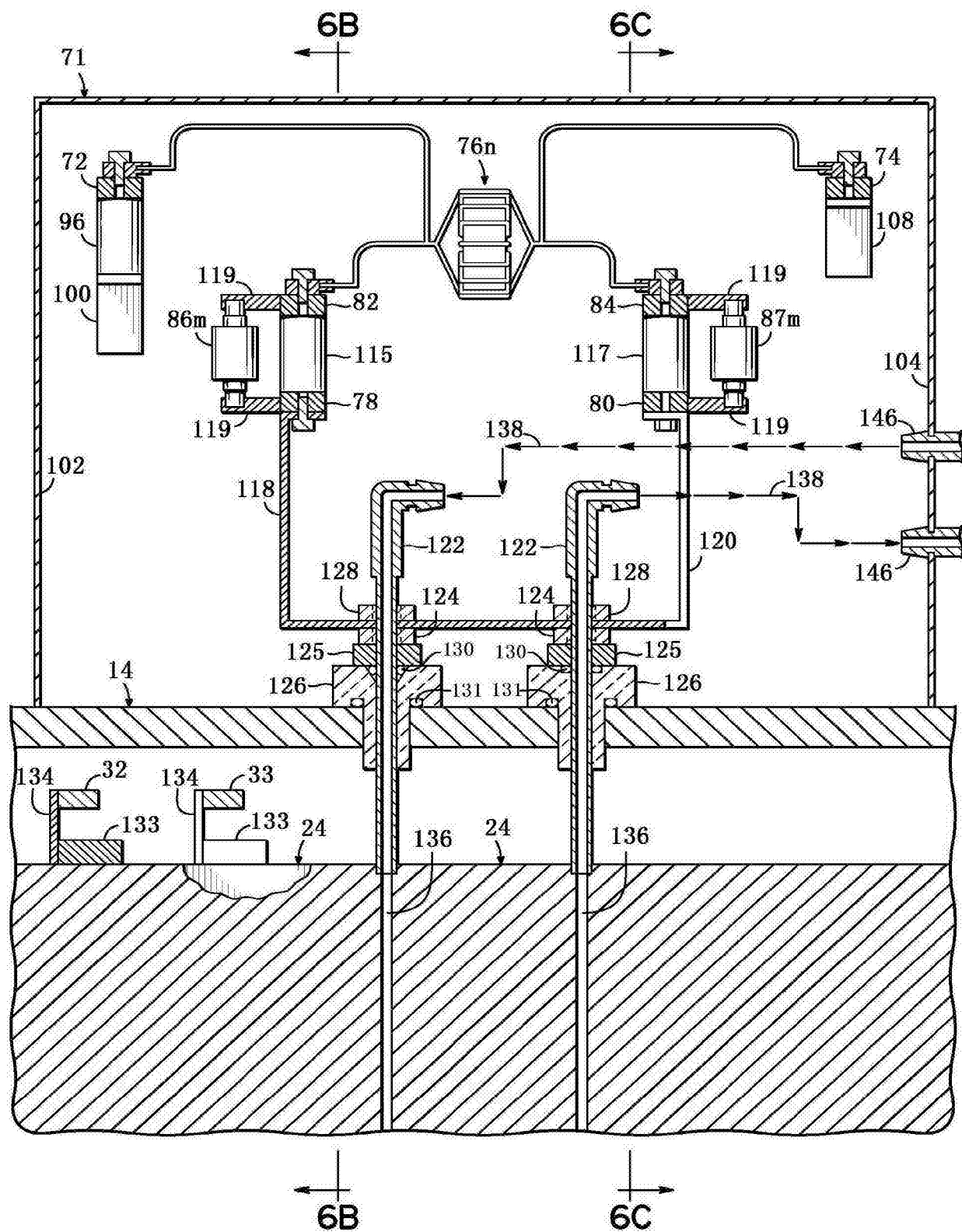


图 6A

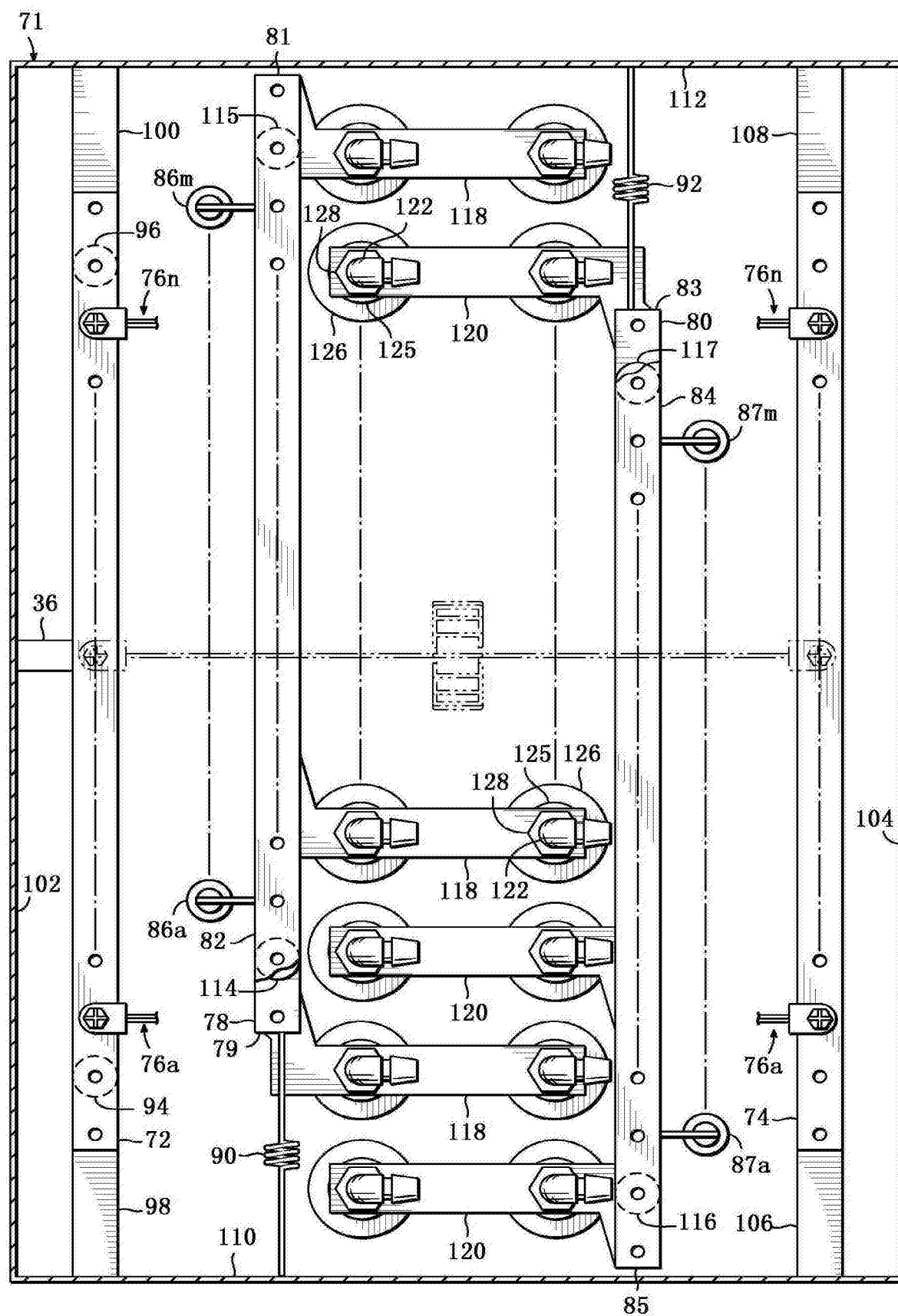


图 6D

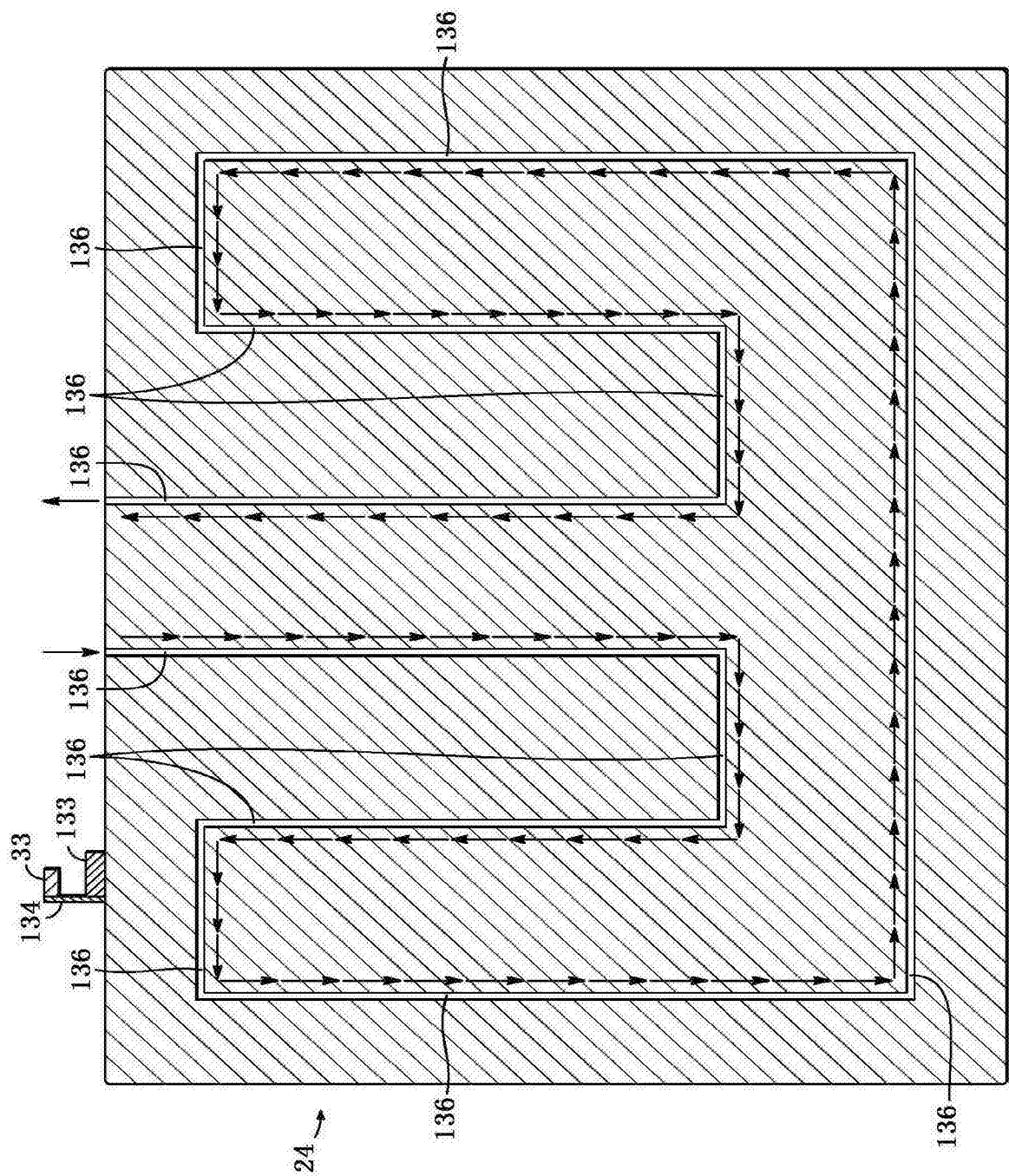


图 7