



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107578976 B

(45)授权公告日 2020.09.08

(21)申请号 201710811999.1

(22)申请日 2014.01.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107578976 A

(43)申请公布日 2018.01.12

(30)优先权数据

61/756,545 2013.01.25 US

13/833,257 2013.03.15 US

(62)分案原申请数据

201480004346.7 2014.01.16

(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 D·卢博米尔斯基 V·克尼亚齐克

H·诺巴卡施 J·德拉 罗萨

Z·J·叶 J·Y·孙 S·班达

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 李炜 侯颖嫒

(51)Int.Cl.

H01J 37/32(2006.01)

H01L 21/02(2006.01)

H01L 21/67(2006.01)

B05B 1/00(2006.01)

B05B 1/18(2006.01)

G23C 16/455(2006.01)

(56)对比文件

CN 102084726 A,2011.06.01

CN 102084726 A,2011.06.01

CN 102124819 A,2011.07.13

CN 2848367 Y,2006.12.20

US 2012304933 A1,2012.12.06

JP 2006120872 A,2006.05.11

审查员 邓辉

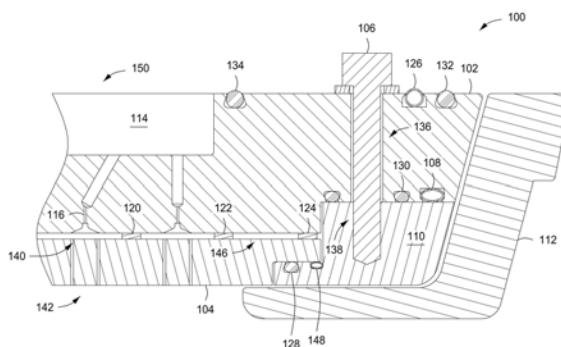
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

具有可拆卸式气体分配板的喷淋头

(57)摘要

本申请公开了具有可拆卸式气体分配板的喷淋头的实施例。在一些实施例中,一种使用于基板处理腔室的喷淋头,可包括:主体,所述主体具有第一侧与相对的第二侧;气体分配板,所述气体分配板设置成邻近于所述主体的所述第二侧;以及夹具,所述夹具围绕所述气体分配板的周围边缘设置以将所述气体分配板以可移除方式耦接至所述主体,其中所述主体通过所述夹具电耦接至所述气体分配板。



1. 一种用于基板处理腔室的喷淋头,所述喷淋头包括:
主体,所述主体具有第一侧与相对的第二侧;
气体分配板,所述气体分配板设置成邻近于所述主体的所述第二侧;以及
夹具,所述夹具围绕所述气体分配板的周围边缘设置以将所述气体分配板以可移除方式耦接至所述主体,其中所述主体通过所述夹具电耦接至所述气体分配板,并且其中所述夹具的下表面与所述气体分配板的最下表面共面。
2. 如权利要求1所述的喷淋头,还包括一个或多个热垫片,所述一个或多个热垫片设置在所述主体与所述气体分配板之间。
3. 如权利要求2所述的喷淋头,其中所述一个或多个热垫片包括多个同心环,所述多个同心环设置在所述主体与所述气体分配板之间以提供介于所述主体与所述气体分配板之间的间隙。
4. 如权利要求1所述的喷淋头,还包括:第一射频垫片,所述第一射频垫片设置在所述夹具与所述主体之间,以促进将射频功率从所述主体耦接至所述夹具;以及第二射频垫片,所述第二射频垫片设置在所述夹具与所述气体分配板之间,以促进将射频功率从所述夹具耦接至所述气体分配板。
5. 如权利要求1所述的喷淋头,其中所述主体包括多个通孔,所述多个通孔从所述主体的所述第一侧延伸至所述主体的所述第二侧。
6. 如权利要求5所述的喷淋头,其中所述主体包括气室,所述气室形成在所述主体的所述第一侧内,所述气室流体性地耦接至所述多个通孔。
7. 如权利要求1所述的喷淋头,其中所述夹具设置在所述主体的下周围边缘中的凹口内。
8. 如权利要求1所述的喷淋头,其中所述气体分配板由单晶硅(Si)制造。
9. 一种用于基板处理腔室的喷淋头,所述喷淋头包括:
主体,所述主体具有第一侧与相对的第二侧;
气体分配板,所述气体分配板设置成邻近于所述主体的所述第二侧;
夹具,所述夹具围绕所述气体分配板的周围边缘设置以将所述气体分配板以可移除方式耦接至所述主体,其中所述主体通过所述夹具电耦接至所述气体分配板,并且其中所述夹具的下表面与所述气体分配板的下表面共面;以及
环件,所述环件围绕所述主体和所述夹具的所述周围边缘设置,并且在所述气体分配板的部分上延伸以覆盖所述主体的至少部分以及所述气体分配板的至少部分。
10. 一种处理腔室,所述处理腔室包括:
腔室主体,所述腔室主体具有基板支座,所述基板支座设置在所述腔室主体的内容积内;以及
喷淋头,所述喷淋头设置在所述腔室主体的所述内容积内且与所述基板支座相对,所述喷淋头包括:
喷淋头主体,所述喷淋头主体具有第一侧与相对的第二侧,其中所述喷淋头主体的所述第一侧耦接到所述处理腔室的构件;
气体分配板,所述气体分配板设置成邻近于所述喷淋头主体的所述第二侧;以及
夹具,所述夹具围绕所述气体分配板的周围边缘设置以将所述气体分配板以可移除方

式耦接至所述喷淋头主体,其中所述喷淋头主体通过所述夹具电耦接至所述气体分配板,并且其中所述夹具的下表面与所述气体分配板的最下表面共面。

11.如权利要求10所述的处理腔室,其中所述处理腔室的所述构件为冷却板,并且其中所述冷却板耦接至所述腔室主体的天花板。

12.如权利要求10所述的处理腔室,还包括一个或多个热垫片,所述一个或多个热垫片设置在所述喷淋头主体与所述气体分配板之间。

13.如权利要求12所述的处理腔室,其中所述一个或多个热垫片包括多个同心环,所述多个同心环设置在所述喷淋头主体与所述气体分配板之间。

14.如权利要求10所述的处理腔室,还包括:

环件,所述环件围绕所述喷淋头主体和所述夹具的所述周围边缘设置,并且在所述夹具的部分上延伸以覆盖所述喷淋头主体的至少部分以及所述气体分配板的至少部分。

15.如权利要求14所述的处理腔室,其中所述环件由设置在所述腔室主体内的衬垫支撑。

16.如权利要求10所述的处理腔室,还包括第一射频垫片,所述第一射频垫片设置在所述夹具与所述喷淋头主体之间,以促进将射频功率从所述喷淋头主体耦接至所述夹具。

17.如权利要求10所述的处理腔室,还包括第二射频垫片,所述第二射频垫片设置在所述夹具与所述气体分配板之间,以促进将射频功率从所述夹具耦接至所述气体分配板。

18.如权利要求10所述的处理腔室,其中所述喷淋头主体的外侧壁与所述夹具的外侧壁共面。

19.如权利要求10所述的处理腔室,其中所述夹具设置在所述喷淋头主体的下周围边缘中的凹口内。

具有可拆卸式气体分配板的喷淋头

[0001] 本申请是PCT国际申请号为PCT/US2014/011756、国际申请日为2014年1月16日、进入中国国家阶段的申请号为201480004346.7,题为“具有可拆卸式气体分配板的喷淋头”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明的实施例一般而言与半导体处理设备相关。

背景技术

[0003] 习知的使用于半导体处理腔室(例如沉积腔室、蚀刻腔室,或类似装置)的喷淋头一般包含永久性地黏合至基座的气体分配板。由于在等离子体处理期间暴露于等离子体下所致的劣化,气体分配板需要周期性更换。然而,发明者已观察到因为气体分配板永久性地黏合至基座,需要更换整个喷淋头组件以更换气体分配板,因此造成昂贵的更换处理。

[0004] 因此,发明者提供具有可拆卸式气体分配板的改良型喷淋头的实施例。

发明内容

[0005] 兹提供具有可拆卸式气体分配板的喷淋头的实施例。在一些实施例中,一种使用于基板处理腔室的喷淋头,可包括:主体,所述主体具有第一侧与相对的第二侧;气体分配板,所述气体分配板设置成邻近于所述主体的所述第二侧;以及夹具,所述夹具围绕所述气体分配板的周围边缘设置以将所述气体分配板以可移除方式耦接至所述主体,其中所述主体通过所述夹具电耦接至所述气体分配板。

[0006] 在一些实施例中,一种处理腔室可包含:腔室主体,所述腔室主体具有基板支座,所述基板支座设置在所述腔室主体的内容积内;以及喷淋头,所述喷淋头设置在所述腔室主体的所述内容积内且与所述基板支座相对,所述喷淋头包含:主体,所述主体具有第一侧与相对的第二侧;气体分配板,所述气体分配板设置成邻近于所述主体的所述第二侧;以及夹具,所述夹具围绕所述气体分配板的周围边缘设置以将所述气体分配板以可移除方式耦接至所述主体,其中所述主体通过所述夹具电耦接至所述气体分配板。

[0007] 本发明的其他与更多的实施例将于下描述。

附图说明

[0008] 通过参照所附图式中绘示的本发明的一些例示实施例,可更详细了解上述本发明的特征且得到简短总结于上的上述本发明的更特定的描述。但是,注意到,所附图式只例示本发明的典型实施例且因此不视为限制本发明的范围,因为本发明可容许其他等效实施例。

[0009] 图1图示出根据本发明一些实施例的具有气体分配板的喷淋头。

[0010] 图2图示出根据本发明一些实施例的适于与具有气体分配板的喷淋头搭配使用的处理腔室。

[0011] 为了促进了解,已经在任何可能的地方使用相同的参考号码来表示图式中共同的相同元件。附图未按比例绘制且可能为清楚图示而简化。可了解到,一实施例的元件与特征可有利地并入在其他实施例中,而不用另外详述。

具体实施方式

[0012] 兹提供具有可拆卸式气体分配板的喷淋头的实施例。在至少一些实施例中,具有发明性的喷淋头可有利地允许移除且更换气体分配板,相较于传统喷淋头,传统喷淋头具有永久性黏合于其上的气体分配板,藉此提供一种喷淋头,该喷淋头具有较长的使用寿命且以较佳成本效率方式更换气体分配板。

[0013] 图1图示出根据本发明一些实施例的具有气体分配板的喷淋头。喷淋头100一般而言包含主体102、气体分配板104以及夹具110,夹具110配置成将气体分配板以可移除的方式耦接至主体102。

[0014] 主体102(即基座)包含第一侧150、第二侧140以及数个通孔116,通孔116形成于主体102内且从第一侧150延伸至第二侧140。数个通孔116能促使处理气体的通道通过主体102而至气体分配板104。在一些实施例中,通孔116可被嵌埋(例如嵌埋件)以减少通孔116的残留电场且促进更均匀的气体流至气体分配板104。在一些实施例中,空腔114可形成于主体102的第一侧150内以促使将处理气体更均匀的分配至数个通孔116。主体102可由任何合适的处理兼容材料所制造,举例而言,例如铝。通过从如铝的导电材料加以制造主体102,主体102可如电极般作用以促进,举例而言,等离子体从被提供至喷淋头100的处理气体所形成。

[0015] 在一些实施例中,一或更多通道可形成于主体102的表面内以容纳一或更多O形环及/或射频垫片(所示的O形环130、132、134以及射频垫片108、126)。当O形环存在时,O形环130、132、134会在主体102与夹具110或处理腔室的表面(未示)之间提供密封件。O形环130、132、134可由任何适于促进前述密封件的材料所制造,举例而言,橡胶。射频垫片108、126促进射频功率的传导性,举例而言,从射频源传导至主体102与夹具110。例如,射频功率可从射频电源(例如如下所述的射频电源248)提供至与主体102相耦接的构件且与一或更多个射频垫片接触(例如射频垫片126)。射频垫片108、126可由任何合适的导电材料所制造,举例而言为不锈钢。

[0016] 气体分配板104,举例而言,会促使将从主体102所提供的处理气体透过形成于气体分配板104内的数个气体分配孔142分配至处理腔室的处理容积。气体分配孔142可以任何适于提供所期望的处理气体分配的方式加以布置。举例而言,在一些实施例中,当气体分配板104耦接于主体102时,气体分配孔142可以集群方式布置而设置在主体102的通孔116附近。

[0017] 气体分配板104可由任何适合抵抗因暴露于等离子体(例如在处理期间形成于处理腔室中的等离子体)期间所致的劣化的材料所制造。举例而言,在一些实施例中,气体分配板104可由单晶硅(Si)所制造。单晶硅并非一般所使用的用于气体分配板的材料,这至少部分因为相较于较佳的材料:碳化硅而言,单晶硅具有较快的蚀刻速率。然而,发明者已观察到单晶硅受表面不平整变化、电弧,以及微遮罩(micro-masking)的影响较小,且相较于传统上用于促进气体分配板的材料而言,举例而言,如碳化硅(SiC),单晶硅进一步提供了

上升温度(例如高于摄氏约150度)条件下的较佳的操作性。此外,相较于传统材料而言,单晶硅在较低成本条件下更易于具有可用性与可得性。再者,在喷淋头100被使用于具有含硅气体的基板处理中的实施例,因考量气体分配板104的劣化,故将气体分配板104由硅所制造会减少污染的实例。

[0018] 气体分配板104可具有足以提供所期望的气体分配以及合适的使用功能的寿命的任何合适的厚度。此外,在一些实施例中,当气体分配板104耦接于主体102时,气体分配板104可具有足以确保能持续接触一或多个设置于气体分配板104与主体102之间的热垫片(所示三个热垫片120、122、124)的合适的厚度。举例而言,在一些实施例中,气体分配板104的厚度可被选择而使得在气体分配板104边缘的因夹具110所提供的力所致的气体分配板104的弯曲量小于热垫片120、122、124当受挤压时所致的变形量,藉此可在当热垫片120、122、124受压夹时,能确保持续接触热垫片120、122、124中的每一者。可替换地,或结合地,在一些实施例中,气体分配板104的厚度可被选择以提供适于减少等离子体渗透的气体分配孔142的深宽比且改良气体分配板104的使用功能的寿命。举例而言,在气体分配孔142具有约0.5毫米(mm)直径的一些实施例中,气体分配板104可具有约9毫米的厚度。

[0019] 夹具110促使将气体分配板104耦接至主体102。在一些实施例中,夹具110透过紧固件106促使这样的耦接,紧固件106被提供至形成于主体102内的通孔136,该通孔136对应于形成于夹具内的螺纹孔138。夹具110可由任何处理兼容的导电材料所制造,举例而言为铝。在一些实施例中,夹具110可以喷洒涂覆(例如氧化钇(Y_2O_3))方式加以涂覆以减少夹具110在等离子体环境中的劣化。

[0020] 在一些实施例中,夹具110可包含一或多个形成于夹具110表面的通道以容纳一或多个O形环及/或射频垫片(所示的O形环128以及射频垫片148)。当O形环128存在时,O形环128会提供至气体分配板104的缓冲以防止当气体分配板104被夹至主体102时所造成气体分配板104的破损。当射频垫片148存在时,射频垫片148促进射频功率从主体102通过夹具110传导至气体分配板104,藉此使气体分配板如射频电极般作用。提供至气体分配板104的射频电流路径亦会屏蔽介于主体102与气体分配板104之间的间隙146,如此减少了例如在主体102的通孔116处的电弧。O形环128与射频148可由任何合适的材料所制造,举例而言,如上述关于O形环130、132、134与射频垫片108、126所讨论的材料。

[0021] 在一些实施例中,热垫片120、122、124可设置于主体102与气体分配板104之间。当热垫片120、122、124存在时,当热垫片120、122、124可促进主体102与气体分配板104之间的热交换,举例而言,以提供横跨气体分配板104的更均匀的热梯度。此外,热垫片120、122、124可提供介于主体102与气体分配板104之间的间隙146且界定用于通孔116群组以及对应的气体分配孔142的分离的气室(例如区域)。

[0022] 热垫片120、122、124可由任何在处理气压与温度(例如真空情况以及达或在摄氏约150度以上的温度)条件下低脱气(low out-gassing)的可压缩的、热传导材料所制造。举例而言,在一些实施例中,垫片可包含含硅材料。热垫片120、122、124可具有任何适于维持主体102与气体分配板104之间接触的形状。举例而言,在一些实施例中,如图1所示,热垫片120、122、124可为数个具有矩形横截面的同心环。在一些实施例中,热垫片120、122、124的几何形状可加以最佳化以在当主体102与气体分配板104因位于气体分配板104边缘的夹具110所提供的力而被夹在一起时(例如气体分配板104的弯曲),能容纳主体102与气体分配

板104之间的距离的差异。

[0023] 在一些实施例中,保护环112可设置于喷淋头附近以屏蔽主体102、夹具110以及气体分配板104的部分。保护环112可由任何合适的与处理兼容的材料所制造,举例而言,石英(SiO_2)。

[0024] 图2图示出根据本发明一些实施例所绘示的适于与喷淋头搭配使用的处理腔室200的示意图。范例性处理腔室可包含 ENABLER[®]、ENABLER[®] E5、ADVANTEDGE[™],或其他处理腔室,上述各者可自位于美国加利福尼亚州圣克拉拉市的应用材料公司取得。其他具有喷淋头或可调整而具有喷淋头的合适的处理腔室可相似地受益于本发明。

[0025] 在一些实施例中,处理腔室200通常可包含腔室主体202,腔室主体202具有用于支撑设置于腔室主体的内容积205之内的基板210于其上的基板支撑座208,且处理腔室200包含用于从腔室主体202的内容积205移除过量处理气体、处理副产品、或类似物质的排气系统220。

[0026] 在一些实施例中,在处理期间,上衬垫264与下衬垫266可覆盖腔室主体202的内部以保护腔室主体202。在一些实施例中,腔室主体202具有可包含处理容积204的内容积205。处理容积204可被界定为,举例而言,介于基板支撑座208与喷淋头214(例如上述的喷淋头100)以及/或被提供于所期望位置的喷嘴之间。在一些实施例中,气体供应288可提供一或更多处理气体至喷淋头214以分配该等一或更多处理气体至腔室主体202的处理容积204。

[0027] 在一些实施例中,基板支撑座208可包含一种能保持或支撑基板210于基板支撑座208表面上的机制,例如静电夹具、真空夹具、基板固定夹,或类似物。可替换地,或结合地,在一些实施例中,基板支撑座208可包含用于控制基板温度的机制(例如未示的加热与/或冷却元件)以及/或用于控制物种通量与/或邻近于基板表面的离子能量的机制。举例而言,在一些实施例中,基板支撑座208可包含电极240与通过分别的匹配网络236、262而耦接于电极240的一或更多功率源(两个偏压功率源238、244)。举例而言,基板支撑座208可配置成如通过匹配网络262而耦接于偏压功率源244的阴极。上述偏压功率源(例如偏压功率源238、244)可产生在频率为约2M赫兹或约13.56M赫兹,或约60M赫兹的高达12000瓦的功率。至少一个偏压功率源可提供连续或脉冲功率二者之一。在一些实施例中,偏压功率源可替换地可为DC或脉冲DC源。

[0028] 在一些实施例中,基板支撑座208可包含在处理期间设置于基板支撑座208之上且配置成用以支撑基板210的至少一部份的基板支撑环280。在一些实施例中,一或更多个环(所示的插入环278与屏障环242)可设置于基板支撑座208附近。一或更多个环可由任何合适的处理兼容的材料所制造。举例而言,在一些实施例中,插入环可由硅(Si)所制造。在一些实施例中,屏障环242可由石英(SiO_2)所制造。在一些实施例中,接地筛孔260可设置于基板支撑座208周边附近且耦接于腔室主体202。

[0029] 基板210可通过腔室主体202的墙壁内的开口212进入腔室主体202。开口212可通过流量阀218或者通过开口212选择性地提供进出腔室内部的通道的其他机制选择性地密封。基板支撑座208可耦接于可将基板支撑座208的位置控制在介于下位置与可选择的上位置之间的举升机制234,其中下位置(如所示)适于通过开口212将基板转移进入腔室或将基板从腔室转移出来,而可选择的上位置适于处理。处理位置可被选择以极大化用于特定处理的处理均匀性。当在上升处理位置的至少一者时,基板支撑座208可设置于开口212之上

以提供对称的处理区域。

[0030] 在一些实施例中,保护环206(例如前述的保护环112)可设置于喷淋头214附近,且覆盖喷淋头214的至少一部份,举例而言,如主体294(例如前述的主体102)或喷淋头214的气体分配板296(例如前述的气体分配板104)。在一些实施例中,保护环206可由上衬垫264所支撑。

[0031] 在一些实施例中,喷淋头214可耦接至冷却板284与/或由冷却板284所支撑。当冷却板284存在时,冷却板284在处理期间会促进对喷淋头214的温度的控制。在一些实施例中,冷却板284包含数个形成于冷却板284内的通道(未示)以允许由温度控制流体供应(冷却器)290所提供的温度控制流体流通过冷却板284以促进对喷淋头214的温度的控制。

[0032] 在一些实施例中,一或更多线圈(所示的内线圈274与外线圈272)可设置于喷淋头214的周围边缘之上与/或邻近于喷淋头214的周围边缘。当一或更多个线圈存在时,一或更多个线圈可促进将形成于处理腔室200的处理容积204内的等离子体加以塑形。

[0033] 在一些实施例中,射频功率源286通过同轴短线292提供射频功率至冷却板270与/或喷淋头214。同轴短线292为具有特征阻抗、共振频率的固定阻抗匹配网络,且提供喷淋头214与射频功率源286之间近似的阻抗匹配。在一些实施例中,同轴短线292一般而言包含内圆柱导体298、外圆柱导体201以及填满内圆柱导体298以及外圆柱导体201之间空间的绝缘体203。

[0034] 内圆柱导体298与外圆柱导体201可由任何合适的能够抵抗特定处理环境影响的导电材料所建构。举例而言,在一些实施例中,内圆柱导体298与外圆柱导体201可由镀镍铝所制造。一或更多旋塞221在沿着同轴短线292的轴长的特定点被提供以将射频功率从射频功率源286供应至同轴短线292。射频功率源286的射频功率端子207与射频返回端子209在同轴短线292上的旋塞221分别被连接至内圆柱导体298与外圆柱导体201。在同轴短线的远端213的终接导体211将内圆柱导体298与外圆柱导体201短路在一起以便同轴短线292能在其远端213呈短路。在同轴短线292的近端215处,外圆柱导体201通过环形导电外壳或支座276连接至腔室主体202,而内圆柱导体298则通过导电圆柱217连接至冷却板270与/或喷淋头214。在一些实施例中,介电环219设置于导电圆柱217与冷却板270之间且将导电圆柱217与冷却板270分开。

[0035] 排气系统220一般而言包含泵气室224与一或更多个导管,举例而言,该等导管通过一或更多个进气口222将泵气室224耦接至腔室主体202的内容积205(且通常是处理容积204)。真空泵228可通过泵端口226耦接至泵气室224以将排气气体从腔室主体202泵出去。真空泵228可流体性地耦接至排气出气口232以如所需将排气送出至适当的排气处理装置。阀门230(例如闸门阀或类似元件)可设置于泵气室224内与真空泵228的操作接合以促进排气气体流速的控制。即便已示出z移动闸门阀,可以使用用于控制排气气流的任何合适的处理兼容阀门。

[0036] 为了如上述促进处理腔室200的控制,控制器250可为任何形式的通用计算机处理器之一,该计算机处理器可使用于控制各种腔室与子处理器的工业设定之用。CPU 252的存储器256(或计算机可读介质)可为一或更多个容易可用存储器,例如动态随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、软碟、硬碟,或任何形式的本地或远程的数字储存器。支持电路254耦接于CPU 252以便以传统方式支持处理器。这些电路包含高速缓存、电源、时钟电路、

输入/输出电路系统与子系统,以及类似元件。

[0037] 一或更多方法与/或处理一般而言可如同软件例程258般被储存于存储器256,软件例程258在当被CPU 252执行时会使处理腔室200执行处理方法与/或处理。软件例程258亦可被第二CPU(未示)储存与/或被其执行,第二CPU距由CPU252所控制的硬件位于远程。一些或所有的本发明的方法亦可在硬件中被执行。承上,方法与/或处理可被实现在软件中且通过使用计算机系统而被执行于硬件中,例如专用集成电路或其他型态的硬件实现,或作为软件和硬件的结合。软件程序258可在基板210被置于基板支撑座208上之后而被执行。当软件程序258被CPU252所执行时,软件程序258将通用计算机转型为专用计算机(控制器)250,专用计算机(控制器)250控制腔室操作使得在此所揭示的方法被执行。

[0038] 因此,兹已提供具有可拆卸式气体分配板的喷淋头的实施例。相较于传统喷淋头,具发明性的喷淋头的实施例可有利地提供较长使用寿命且以较佳成本效率方式更换气体分配板。

[0039] 虽然前述揭露关于本发明的实施例,可以设计本发明的其他实施例和进一步实施例而不背离本发明的基本范围。

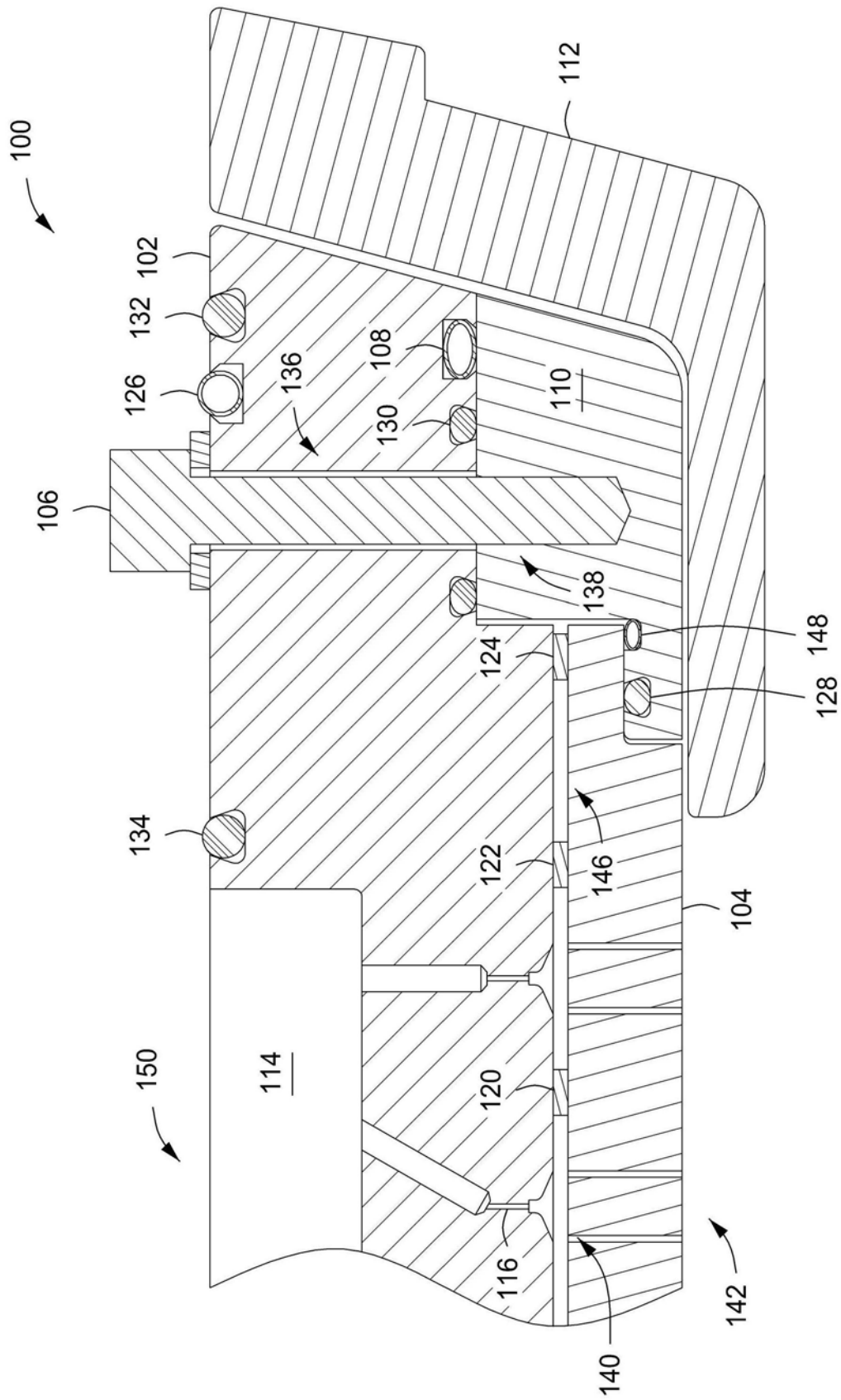


图1

