



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107851547 B

(45) 授权公告日 2020.11.27

(21) 申请号 201680043524.6
 (22) 申请日 2016.05.12
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 107851547 A
 (43) 申请公布日 2018.03.27
 (30) 优先权数据
 62/196,549 2015.07.24 US
 15/147,974 2016.05.06 US
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2018.01.24
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/US2016/032091 2016.05.12
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02017/019149 EN 2017.02.02
 (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 王荣平 曾继兵
 大卫·姆曲英·胡
 迈克尔·S·考克斯 原铮
 詹姆斯·L·厄鲁
 (74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理
 有限公司 11006
 代理人 徐金国 赵静
 (51) Int.Cl.
 H01J 37/32 (2006.01)
 G23C 16/44 (2006.01)
 (56) 对比文件
 CN 101390187 A, 2009.03.18
 CN 101390187 A, 2009.03.18
 JP H0696967 A, 1994.04.08
 CN 1582485 A, 2005.02.16
 JP 2013093265 A, 2013.05.16
 审查员 孙宁宁

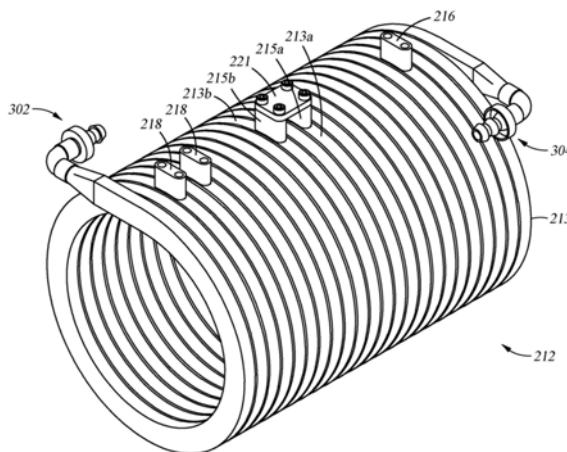
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

用于气体消除的方法及装置

(57) 摘要

本文中所公开的实施方式包括用于消除半导体工艺中所产生的化合物的等离子体源、消除系统和真空处理系统。在一个实施方式中，等离子体源包括介电管和围绕所述管的线圈天线。线圈天线包括多个匝，且至少一个匝被短接。选择性地短接线圈天线的一个或多个匝帮助减少了线圈天线的电感，而允许向线圈天线供应覆盖更多处理容积的更高的功率。供应至线圈天线的更高功率和更大的处理容积带来了改良的DRE。



1. 一种等离子体源,包括:

介电管;

线圈天线,所述线圈天线围绕所述介电管,其中所述线圈天线包括多个匝,所述多个匝具有依次连接的第一组匝、第二组匝和第三组匝,并且所述线圈天线的两端连接至接地或电源;和

第一金属连接器,所述第一金属连接器连接所述第二组匝的第一对匝,其中所述第一金属连接器经构造以形成将第一等离子体区与第二等离子区分开的缓冲区,在所述缓冲区中没有等离子体形成在所述介电管中。

2. 根据权利要求1所述的等离子体源,其中所述第一对匝包括两个相邻的匝。

3. 根据权利要求1所述的等离子体源,其中所述第一对匝包括两个匝,且所述等离子体源在所述两个匝之间进一步包括一个或多个匝。

4. 根据权利要求1所述的等离子体源,进一步包括第二金属连接器,所述第二金属连接器连接所述第一组匝的第二对匝。

5. 根据权利要求1所述的等离子体源,其中所述第一金属连接器包括电气级传导材料。

6. 根据权利要求5所述的等离子体源,其中所述电气级传导材料包括铜、铝或黄铜。

7. 根据权利要求1所述的等离子体源,其中所述介电管包括氮化铝、蓝宝石或石英。

8. 一种气体消除系统,包括:

电源;和

等离子体源,其中所述等离子体源包括:

介电管,所述介电管具有入口和出口;和

线圈天线,所述线圈天线围绕所述介电管,其中所述线圈天线包括多个匝,所述多个匝具有依次连接的第一组匝、第二组匝和第三组匝,并且所述线圈天线的两端连接至接地或电源;和

第一金属连接器,所述第一金属连接器连接所述第二组匝的第一对匝,其中所述第一金属连接器经构造以形成将第一等离子体区与第二等离子区分开的缓冲区,在所述缓冲区中没有等离子体形成在所述介电管中。

9. 根据权利要求8所述的气体消除系统,进一步包括第二金属连接器,所述第二金属连接器连接所述多个匝的第二对匝,所述第二对匝位于与所述第一对匝的位置不同的位置处。

10. 根据权利要求8所述的气体消除系统,其中所述线圈天线是空心的。

11. 根据权利要求8所述的气体消除系统,其中所述电源为射频电源,所述射频电源用于提供大于3kW的射频功率。

12. 一种真空处理系统,包括:

真空处理腔室;和

等离子体源,其中所述等离子体源包括:

介电管,所述介电管具有入口和出口;和

线圈天线,所述线圈天线围绕所述介电管,其中所述线圈天线包括多个匝,所述多个匝具有依次连接的第一组匝、第二组匝和第三组匝,并且所述线圈天线的两端连接至接地或电源;和

第一金属连接器,所述第一金属连接器连接所述第二组匝的第一对匝,其中所述第一金属连接器经构造以形成将第一等离子体区与第二等离子体区分开的缓冲区,在所述缓冲区中没有等离子体形成在所述介电管中。

13. 一种等离子体源,包括:

介电管;

线圈天线,所述线圈天线围绕所述介电管,其中所述线圈天线包括多个匝,所述多个匝具有依次连接的第一组匝、第二组匝和第三组匝;

第一端子,所述第一端子耦接至所述线圈天线的第一端,并构造为耦接至电源;

第二端子,所述第二端子耦合至所述线圈天线的第二端,并构造为耦合至电源或耦接至地;

第三端子,所述第三端子耦合至所述线圈天线的所述第二组匝的第一匝,所述第三端子设置在所述第一端子和所述第二端子之间;

第四端子,所述第四端子耦合至所述线圈天线的所述第二组匝的第二匝,所述第四端子设置在所述第二端子和所述第三端子之间;和

第一导电连接器,所述第一导电连接器连接至所述第三端子和所述第四端子,所述第一导电连接器电性短接所述第二组匝的所述第一匝和所述第二匝,其中所述第一导电连接器设置在所述第一端子和所述第二端子之间,并被构造为当向所述线圈天线施加功率时在所述第二组匝的所述第一匝和所述第二匝之间形成将第一等离子体与第二等离子体分开的缓冲区,其中在所述缓冲区中没有等离子体形成在所述介电管中。

用于气体消除的方法及装置

技术领域

[0001] 本公开内容的实施方式大致关于半导体处理设备。更具体而言,本公开内容的实施方式关于用于消除半导体工艺中所产生的化合物的等离子体源、消除系统和真空处理系统。

背景技术

[0002] 由半导体处理设施所使用的工艺产生许多化合物,例如全氟化合物(Perfluorinated Compound,PFC),由于法规要求与环境及安全考虑,这些化合物在弃置之前被消除或处理。一般而言,远程等离子体源可耦接至处理腔室以消除离开处理腔室的化合物。高密度电感耦合等离子体(Inductively Coupled Plasma,ICP)可在某些情况下在PFC的消除中用作远程等离子体源。

[0003] ICP远程等离子体源可包括围绕介电管的线圈天线,且线圈天线可足够大以围绕整个管,以便提供PFC在管里面的足够的驻留时间。然而,大的线圈天线可能是不切实际的,因为大的线圈天线具有大的电感,这可导致用于天线的电源工作在非最佳的电流电压区域中,导致电源的输出由于电流或电压限制而“折返(foldback)”。其结果是,传统ICP远程等离子体源中的PFC的破坏及移除效率(Destruction and Removal Efficiency,DRE)一般约为50%。此外,随着频率增加,大的电感器(例如大的线圈天线)可携带高电位,造成更明显的杂散效应(电容耦合而非电感耦合)。

[0004] 因此,需要改良的等离子体源和消除系统以用于消除半导体工艺中的化合物。

发明内容

[0005] 本文中所公开的实施方式包括用于消除半导体工艺中所产生的化合物的等离子体源、消除系统和真空处理系统。在一个实施方式中,等离子体源包括介电管和围绕所述管的线圈天线。线圈天线包括多个匝,且至少一个匝被短接。选择性地短接线圈天线的的一个或多个匝帮助减少了线圈天线的电感,而允许向线圈天线供应覆盖更多处理容积的更高的功率。供应至线圈天线的更高功率和更大的处理容积带来了改良的DRE。

[0006] 在一个实施方式中,等离子体源包括介电管和围绕所述介电管的线圈天线。线圈天线包括多个匝,且所述多个匝的至少一个匝被短接。

[0007] 在另一实施方式中,消除系统包括电源和等离子体源。等离子体源包括具有入口和出口的介电管和围绕所述介电管的线圈天线。线圈天线包括多个匝,且所述多个匝的至少一个匝被短接。

[0008] 在另一实施方式中,真空处理系统包括真空处理腔室和等离子体源。等离子体源包括具有入口和出口的介电管和围绕所述介电管的线圈天线。线圈天线包括多个匝,且所述多个匝的至少一个匝被短接。

附图说明

[0009] 为了能够详细理解本公开内容的上述特征所用方式,上文所简要概述的本公开内容的更具体的描述可通过参照实施方式而获得,这些实施方式中的某些系绘示于所附附图中。然而,要注意的是,所附附图仅绘示本公开内容的典型实施方式,且因此并不视为本公开内容范围的限制,因为本公开内容可容许其它等效的实施方式。

[0010] 图1为依据本文中所述实施方式的具有等离子体源的真空处理系统的示意侧视图。

[0011] 图2A-2B为依据本文中所述的实施方式的图1的等离子体源的横截侧视图。

[0012] 图3为依据本文中所述的实施方式的图1的等离子体源的线圈天线的透视图。

[0013] 图4为依据本文中所述的另一实施方式的图1的等离子体源的线圈天线的透视图。

[0014] 为了便于了解,已尽可能使用相同参考标号以指定共通用于这些附图的相同元件。可预期的是,可有益地将一个实施方式的元件和特征并入其它实施方式而无需赘述。

具体实施方式

[0015] 图1为在消除系统193中使用的具有等离子体源100的真空处理系统170的示意侧视图。真空处理系统170至少包括真空处理腔室190和消除系统193。消除系统193至少包括等离子体源100。真空处理腔室190一般经构造以执行至少一个集成电路制造工艺,例如沉积工艺、蚀刻工艺、等离子体处理工艺、预清洁工艺、离子注入工艺或其它电子装置制造工艺。真空处理腔室190中所执行的工艺可以是等离子体辅助的。例如,真空处理腔室190中所执行的工艺可为用于移除硅基材料的等离子体蚀刻工艺。

[0016] 真空处理腔室190具有腔室排气接口191,腔室排气接口191通过前级管道(foreline)192耦接至消除系统193的等离子体源100。等离子体源100的排气件由排气导管194耦接至泵和设施排气系统(由图1中的单一参考标号196示意性指示)。泵一般用于抽真空处理腔室190,同时设施排气件一般包括用于准备真空处理腔室190的流出物进入大气的洗涤器或其它排气清洁装置。

[0017] 等离子体源100用于对化合物(例如离开真空处理腔室190的气体和/或其它材料)执行消除工艺,使得这样的气体和/或其它材料可被转换成更环保和/或对处理设备友好的成分。电源110可耦接至等离子体源100以向等离子体源100供应功率。电源110可为射频(Radio Frequency, RF)电源,且可以足以在等离子体源100内形成等离子体的预定频率提供RF能量,使得流动通过等离子体源100的气体和/或其它材料被等离子体处理(例如至少部分地分解成一个或多个离子、自由基、元素或更小的分子)。RF能量可大于3kW,例如6kW。RF能量的频率的范围可从约10kHz至约60MHz。

[0018] 在某些实施方式中,消除系统193也包括消除试剂源114。消除试剂源114可耦接至前级管道192或等离子体源100中的至少一个。消除试剂源114将消除试剂提供进等离子体源100,所述消除试剂可被通电以辅助将离开真空处理腔室190的化合物转换成更环保和/或对处理设施友好的成分。消除试剂的实例包括 H_2 、 O_2 、 H_2O 和其它合适的消除试剂。

[0019] 可选地,压力调节模块182可耦接至等离子体源100或排气导管194中的至少一个。压力调节模块182注射压力调节气体(例如Ar、N或其它合适的气体),所述压力调节气体允许等离子体源100内的压力可被更好地控制,且因此提供更有效率的消除效能。在一个实例

中,压力调节模块182是消除系统193的一部分。等离子体源100内的压力的范围可从约10毫托(mTorr)至约几托(Torr)。

[0020] 依据本文中所述的实施方式,图2A为图1的等离子体源100的横截侧视图。等离子体源100包括介电管202,介电管202具有内容积204和线圈天线212,线圈天线212围绕介电管202以在处理期间将RF能量电感耦合进内容积204,以激发穿过内容积204的化合物。介电管202可具有圆锥形侧壁206,圆锥形侧壁206在第一直端部分208和第二直端部分210终止。圆锥形侧壁206可相对于介电管202的中心轴201以约1至约5度的一定角度(例如2度)而设置。直端部分208、210促进与导管(例如前级管道192和排气导管194)耦接,以促进将化合物流动通过等离子体源100。第一直端部分208可为介电管202的入口,以允许离开真空处理腔室190的化合物流动进入介电管202,且第二直端部分210可为介电管202的出口,以允许经处理的化合物流动离开介电管202。介电管202可由适于允许RF功率传输至内容积204的任何介电材料制成。

[0021] 介电管202可具有适于允许使化合物从前级管道192流动并通过介电管202以及建立用于处理的必要驻留时间的任何尺寸。例如,在某些实施方式中,介电管202可具有约6至约15吋的长度。介电管202的侧壁206可具有适于提供机械强度和高效的RF耦合的厚度。更厚的侧壁206将提供延长的服务寿命,但具有较低的功率耦合效率。在某些实施方式中,侧壁206具有范围从约0.1吋至约0.5吋的厚度,例如约0.125吋。

[0022] 线圈天线212可缠绕在介电管202的侧壁206上,且可具有与介电管202相同的形状。在一个实施方式中,介电管202和线圈天线212两者是圆锥形的。线圈天线212可包括多个匝213。在某些实施方式中,线圈天线212可具有约5至25匝。在一个实施方式中,如图2A中所示,线圈天线212具有22匝。在某些实施方式中,各匝可远离相邻匝约0.25吋至约0.75吋而设置。线圈天线212可由合适RF和热传导材料的空心管制造。在某些实施方式中,虽然可使用其它尺寸,线圈天线212由电气级铜管(例如#60管)制造。线圈天线212可具有各种横截面(例如圆形、矩形或扁平圆形)中的一者。可将冷却剂提供至空心管,以在处理期间促进线圈天线212的热调节(例如冷却)。线圈天线212可具有适于在介电管202内激发和维持等离子体的任何形状。线圈天线212可为螺旋形的、锥形的、半球形的或平面的。一个或多个第一端子216可设置于线圈天线212的第一端217处,以促进将RF功率耦合至线圈天线212。一个或多个第二端子218可设置于线圈天线212的第二端219处,以促进将RF功率耦合至线圈天线212。第二端子218也可耦接至接地(ground)。在一个实施方式中,第一端子216和第二端子218连接至电源110。

[0023] 对于线圈天线,线圈天线的电感正比于线圈天线具有的匝数的平方。为了减少线圈天线212的电感,可短接(short)线圈天线212的一个或多个匝。本文中所使用的用语“短接”定义为将线圈的部分与不属于线圈的一部分的电气级传导材料连接。例如,具有15匝的线圈天线具有正比于 15^2 (或225)的电感。在第6和第7匝被电气级传导材料连接的情况下(即,短接一匝)的具有15匝的线圈天线具有正比于 6^2+8^2 (或100)的电感。因此,具有至少短接一匝的线圈天线的电感远小于具有相同匝数但没有被短接的匝的线圈天线的电感。更小的电感允许增加供应至线圈天线的功率,带来改良的DRE。具有被短接的匝且工作在高RF功率(例如约6kW)的线圈天线的DRE为95%以上。如图2A中所示,第三端子215a可连接至线圈天线212的第10匝,并且第四端子215b可连接至线圈天线212的第12匝。金属连接器221可连

接至第三端子215a和第四端子215b,以短接两个匝(第10匝和第11匝之间的第一匝和第11匝和第12匝之间的第二匝)。第三端子215a、第四端子215b和金属连接器221可以由电气级传导材料制造。在一个实施方式中,金属连接器221由铜、黄铜、铝或其它合适金属制造,且具有范围从约0.01吋至约0.2吋的厚度,例如约0.125吋。在某些实施方式中,两个相邻的匝可与金属连接器221连接,并且一匝(相邻匝之间的匝)被短接。在某些实施方式中,中间具有一个或多个匝的两个匝可与金属连接器221连接,且两个或更多个匝被短接。第三端子215a、第四端子215b和金属连接器221用于短接线圈天线212的一个或多个匝。其它方法和装置可用于短接一个或多个匝。例如,金属构件可电耦合至多个匝以短接这些匝。在一个实施方式中,金属构件可焊接至匝213。

[0024] 在处理期间,在RF功率从电源110通过端子216、218供应至线圈天线212时,作为使用金属连接器221短接匝的结果,在短接位置处产生场230。场230限定在由被短接的匝所围绕的区域中,并且场230不具有足够强来产生等离子体的磁场。换言之,场230用作用于介电管202里面所产生的磁场的缓冲区,将等离子体分割成第一等离子体区232和第二等离子体区234。在形成场230的位置没有等离子体形成在介电管202中。短接数量和位置可用于调谐介电管202内的等离子体区的数量和位置。例如,在一个实施方式中,围绕第一等离子体区232的线圈天线212的第一部分具有比围绕第二等离子体区234的线圈天线212的第二部分更少的匝。更多匝是指线圈天线212的第二部分具有更高的电感,这也导致了在第二等离子体区234中更密的等离子体。为了有效率地冷却线圈天线212,冷却剂可从线圈天线212的底部向线圈天线212的顶部流动通过线圈天线212,例如从围绕第二等离子体区234的第二部分流至围绕第一等离子体区232的第一部分。在某些实施方式中,用于线圈天线212的第一和第二部分两者的匝数是相同的。在某些实施方式中,围绕第一等离子体区232的匝数大于围绕第二等离子体区234的匝数。在某些实施方式中,在线圈天线212上的第一位置处使用第一金属连接器221将两个匝连接成第一对,而在线圈天线212上的不同于第一位置的第二位置处使用第二金属连接器221将其它两个匝连接成第二对,以便产生三个等离子体区。可通过连接更多对的匝来形成更多的等离子体区。化合物级联地流动通过等离子体区,且驻留时间是等离子体区的数量的函数。

[0025] 当在介电管202里面存在多于一个的等离子体区时,介电管202内的温度可基于位置而变化。例如,在一个实施方式中,在处理期间位于第一直端部分208处的温度可为约40摄氏度,且在处理期间位于第二直端部分210处的温度可为约120摄氏度。介电管202内的温度的巨大差异导致介电管202在不同位置处具有温度上的巨大差异。介电管202的不同位置处的不同温度在介电管202上强行施加了热应力,这可导致介电管202破裂。为了防止介电管202破裂,介电管202可以由氮化铝制造。相较于氧化铝,氮化铝具有高达285W/m*K的热传导率,氧化铝是传统上用于介电管的具有高达30W/m*K的热传导率的材料。氮化铝的高热传导率减少介电管202中的温度梯度、减少介电管202上的应力并防止介电管202断裂。

[0026] 此外,通过使用由氮化铝制造的介电管202,实现了放电电压减少的意想不到的结果。在某些实施方式中,包括由氮化铝制造的介电管202的等离子体源100的放电电压比包括由氧化铝制造的介电管的等离子体源的放电电压少约百分之20。氮化铝的其它属性(例如介电常数和损耗角正切(loss tangent))类似于氧化铝的那些属性。降低的放电电压在通过腐蚀性物种(例如氟、氯、氢等)降低介电管202的电容耦合驱动侵蚀时是有益的。

[0027] 其它材料(例如石英和蓝宝石)可用于介电管202。石英和蓝宝石两者都具有比氧化铝的热传导率更高的热传导率,但比氮化铝的热传导率更低。此外,石英和蓝宝石可能不适用于某些化学物质,因为石英和蓝宝石不像氮化铝那样可以耐受特定的化学物质。蓝宝石可同基于氟的化学物质一起使用,而不可同基于氯的化学物质一起使用。石英可同基于氧或氯的化学物质一起使用,而不可同基于氟的化学物质一起使用。氮化铝可用于任何化学物质中。

[0028] 在某些实施方式中,可变形层214可设置于线圈天线212和介电管202之间,以在线圈天线212和介电管202之间确保良好的热传导路径。线圈天线212和介电管202间的良好热传导路径有助于冷却介电管202,因为线圈天线212可具有流动通过线圈天线212的冷却剂。可变形层214可以由电气绝缘并导热的材料制造,例如硅胶。

[0029] 为了维持线圈天线212的匝213的间隔,灌封材料220可用于围绕线圈天线212。灌封材料220可以由电气绝缘并导热的材料制造。灌封材料220也可从介电管202向流动过线圈天线212的冷却剂传输热。端子216、215a、215b、218和金属连接器221可被暴露且不被灌封材料220覆盖。在某些实施方式中,罩222可围绕灌封材料220而设置。罩222可为薄的塑料材料,例如聚碳酸酯。

[0030] 可在介电管202的各端处提供第一凸缘224和第二凸缘226,以促进等离子体源100与导管(例如前级管道192和排气导管194)耦接。可分别在相应的第一和第二凸缘224、226以及相应的直端部分208、210之间提供密封件228(例如O形环)。在某些实施方式中,第一和第二凸缘224、226中的至少一个可被冷却。例如,可在第一和第二凸缘224、226中提供冷却剂通道242,以促进冷却剂通过第一和第二凸缘224、226而循环。

[0031] 依据本文中所述的另一实施方式,图2B为图1的等离子体源100的横截侧视图。如图2B中所示,等离子体源100包括具有内容积252的介电管250和线圈天线254,线圈天线254围绕介电管250以在处理期间将RF能量电感耦合进内容积252,以激发穿过内容积252的化合物。介电管250可具有在第一端部分258和第二端部分260终止的圆柱形侧壁256。圆柱形侧壁256可实质平行于介电管250的中心轴262。端部分258、260可用于与图2A中所示的直端部分208、210相同的用途。介电管250可以由与介电管202相同的材料制造且可具有与介电管202相同的厚度。

[0032] 线圈天线254可包括多个匝264,并且除了线圈天线254具有圆柱形状而线圈天线212具有圆锥形状以外,线圈天线254可与线圈天线212类似。一个或多个端子216可设置于线圈天线254的第一端266处,以促进将RF功率耦合至线圈天线254。一个或多个第二端子218可设置于线圈天线254的第二端268处,以促进将RF功率耦合至线圈天线254。第二端子218也可耦接至接地(ground)或另一参考电位。在一个实施方式中,第一端子216和第二端子218连接至电源110。第三端子215a可连接至线圈天线254的一个匝(例如第10匝),而第四端子215b可连接至线圈天线254的另一个匝(例如第12匝)。金属连接器221可连接至第三端子215a和第四端子215b,以便短接两个匝(第10匝和第11匝之间的第一匝和第11匝和第12匝之间的第二匝)。第三端子215a、第四端子215b和金属连接器221用于短接线圈天线254的一个或多个匝。其它方法和装置可用于短接一个或多个匝。可由与图2A中所示的用于形成场230、第一等离子体区232和第二等离子体区234相同的方法来形成场270、第一等离子体区272和第二等离子体区274。

[0033] 在某些实施方式中,可变形层276可设置于线圈天线254和介电管250之间,以在线圈天线254和介电管250之间确保良好的热传导路径。可变形层276可以由与可变形层214相同的材料制造。具有介电管250的等离子体源100也可包括灌封材料220、罩222、第一凸缘224、第二凸缘226、冷却剂通道242和密封件228。

[0034] 图3为依据本文中所述实施方式的线圈天线212的透视图。图3绘示了非相邻匝被短接的实施方式。如图3中所示,第三端子215a、第四端子215b和金属连接器221可用于短接两个匝213a、213b。如图3中所示,匝213a和213b之间具有一匝,所以匝213a和213b为非相邻的。再次地,可以使用电气级传导材料连接线圈天线212的任何一对或多对匝,以便减少线圈天线212的电感。线圈天线212也可包括冷却剂入口302和冷却剂出口304,用于使冷却剂流动进入和流动离开线圈天线212。冷却剂源(未图示)可耦接至线圈天线212。在某些实施方式中,线圈天线可为圆柱形的,例如线圈天线254。

[0035] 图4为依据本文中所述另一实施方式的线圈天线212的透视图。如图4中所示,线圈天线212可包括分别设置于匝413a、413b上的端子415a、415b。金属连接器421可电性耦接至端子415a、415b,以便短接线圈天线212的三个匝(匝413a和413b之间的三个匝)。在某些实施方式中,端子435a、435b可分别设置于相邻匝433a、433b上。金属连接器441可电性耦接至端子435a、435b,以便短接线圈天线212的一个匝(匝433a和433b之间的一个匝)。端子415a、415b、435a、435b可由与端子215a、215b相同的材料制造,且金属连接器421、441可由与金属连接器221相同的材料制造。如图4中所示,线圈天线212包括由位于线圈天线212的不同位置处的电气级传导材料连接的两对匝,这在介电管202内造成三个等离子体区。在某些实施方式中,线圈天线212包括由电气级传导材料所连接的一对匝,例如由金属连接器421所连接的匝431a、413b或由金属连接器441所连接的匝435a、435b。在某些实施方式中,线圈天线可为圆柱形的,例如线圈天线254。

[0036] 公开了具有线圈天线和介电管的等离子体源。线圈天线具有多个匝,且至少两个匝被短接,以减少线圈天线的电感。减少的电感导致供应至线圈天线的更高功率,这改良了消除工艺中的DRE。

[0037] 替代性地,等离子体源可用作位于真空处理腔室上游的远程等离子体源,用于将远程等离子体提供进真空处理腔室。在此应用中,引入等离子体源和排气件的气体为具有离子和/或自由基(例如处理物种或清洁物种)的等离子体,这些离子和/或自由基用于在真空处理腔室中进行处理。

[0038] 虽然上述内容针对本发明的实施方式,在不脱离本发明的保护范围的情况下,可设计本发明的其它和进一步的实施方式,且本发明的保护范围是由随附的权利要求书所决定的。

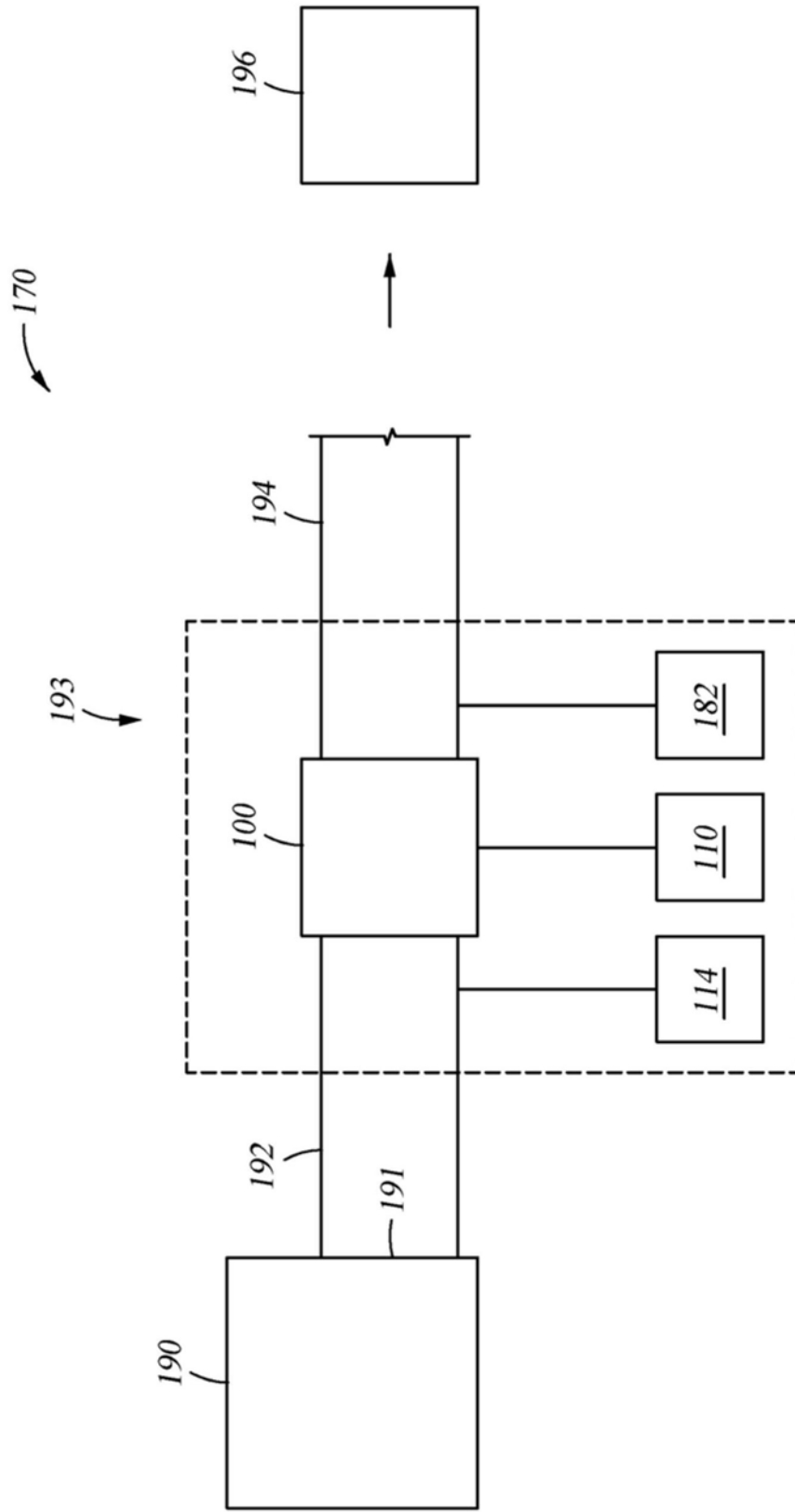


图1

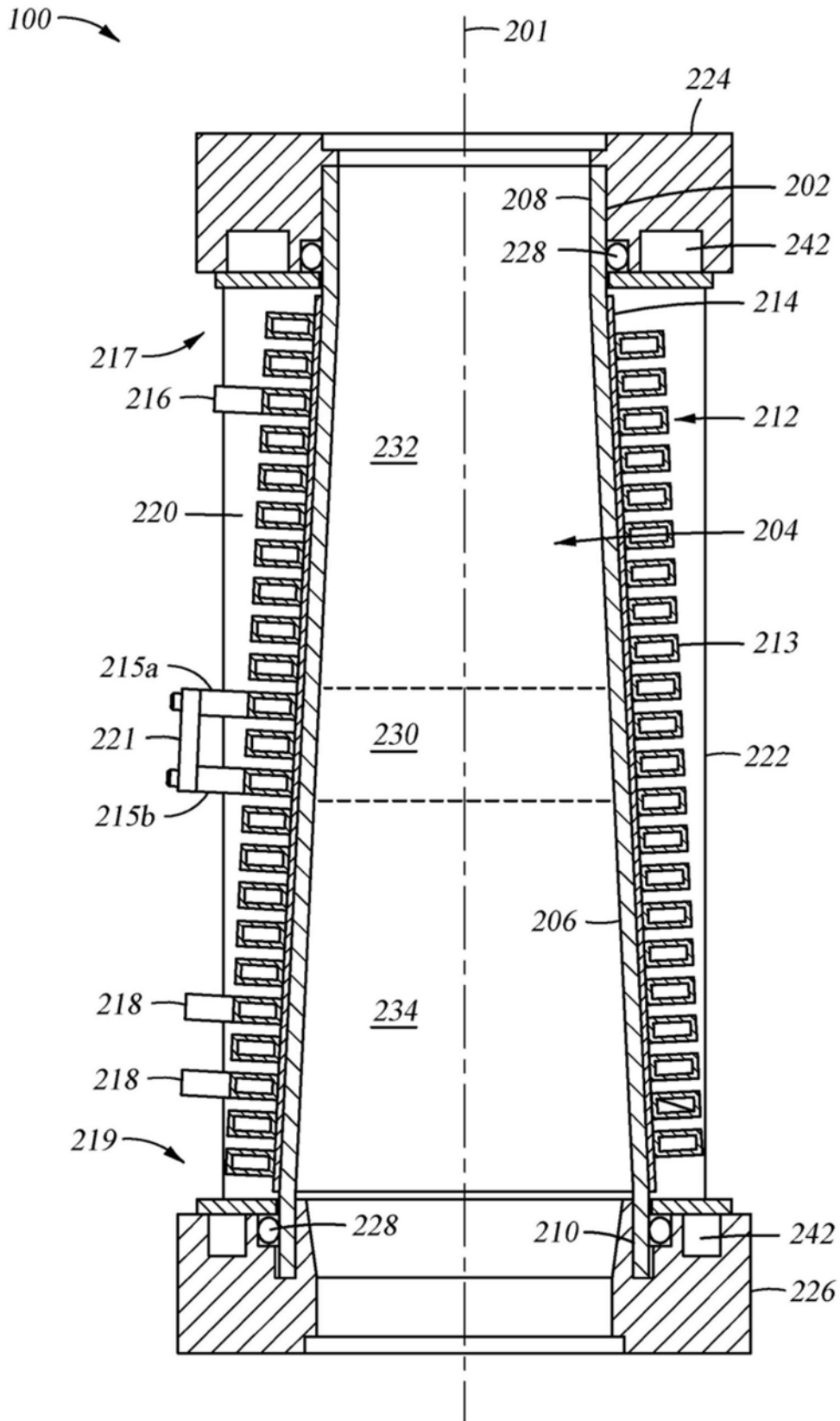


图2A

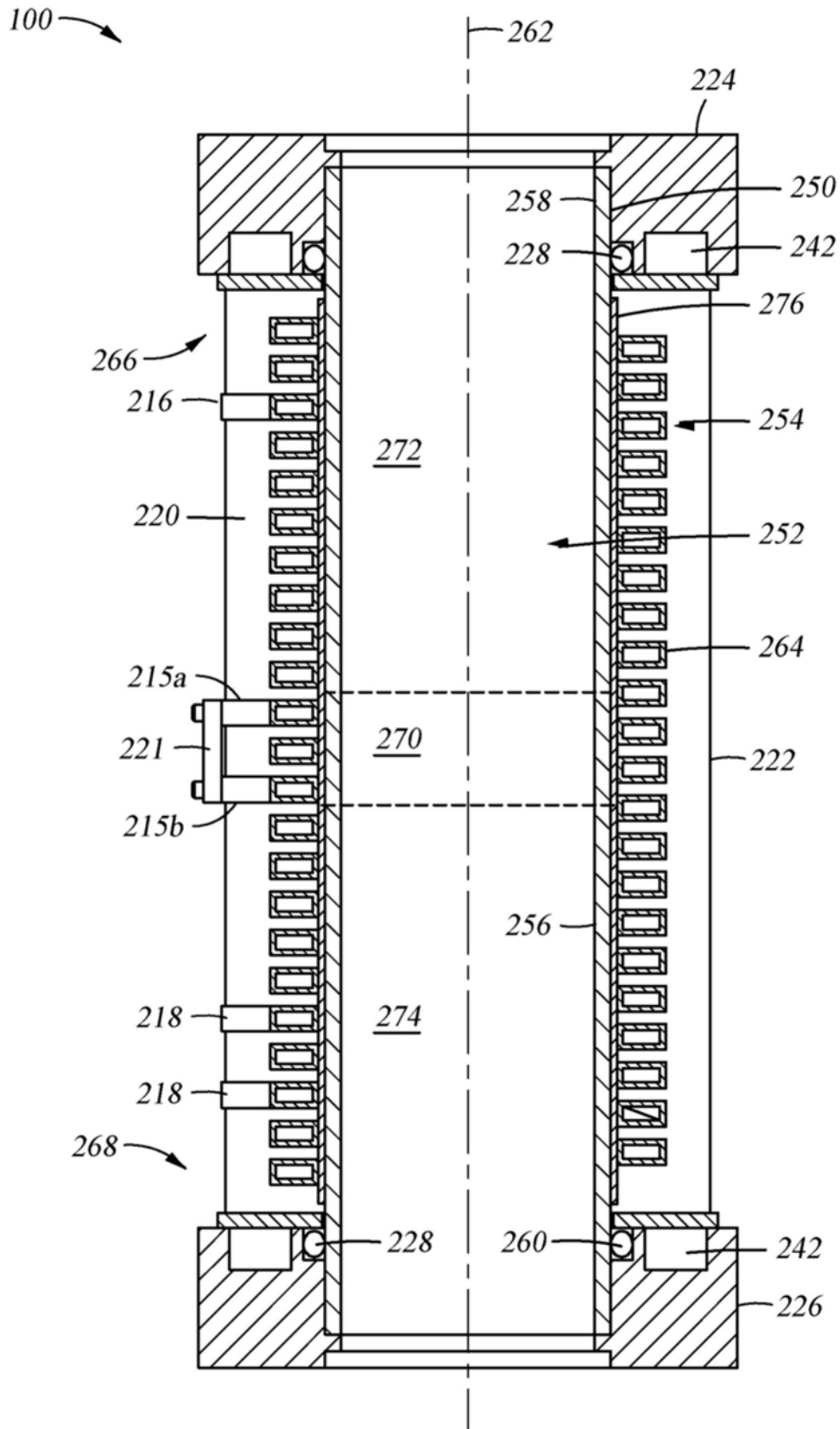


图2B

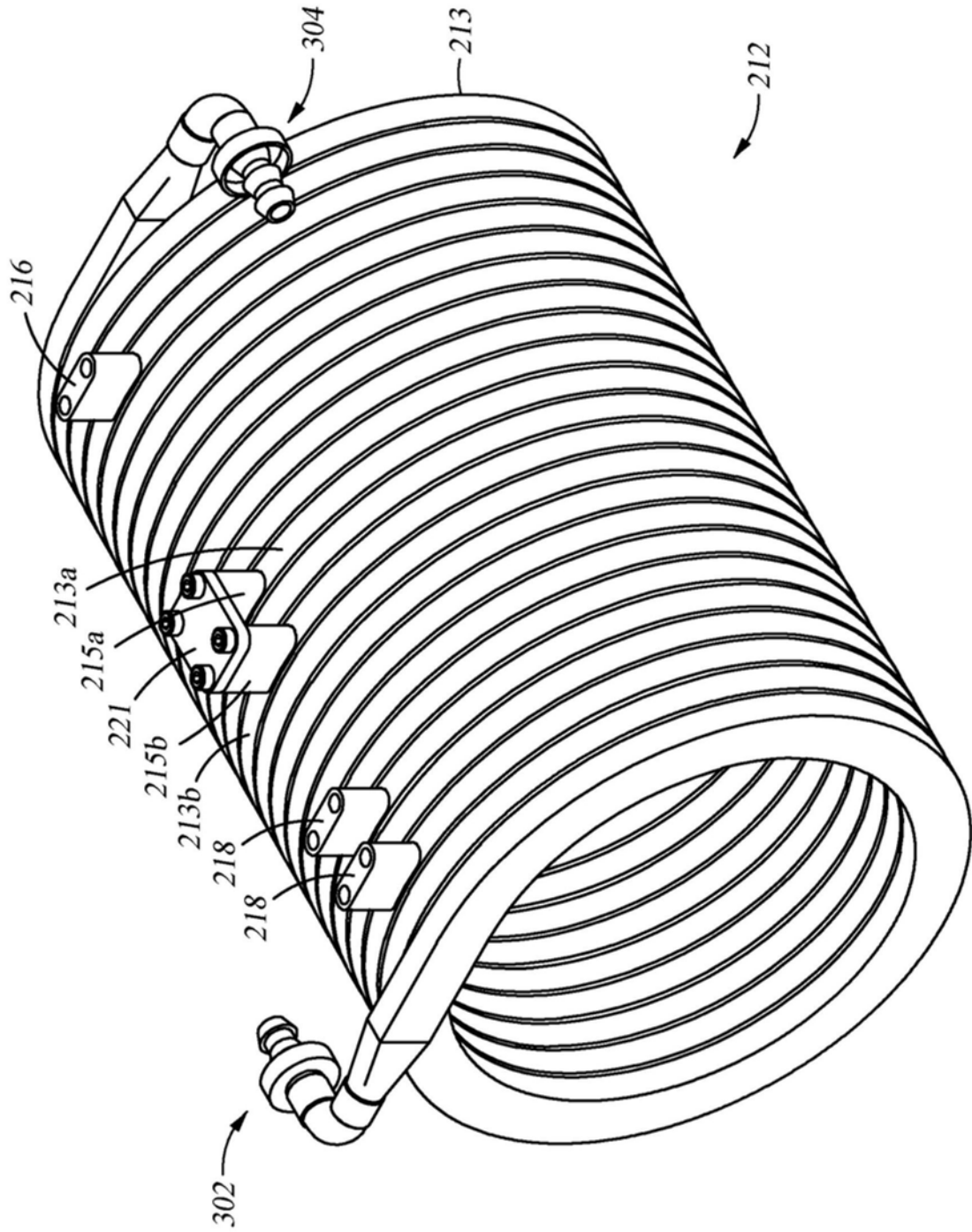


图3

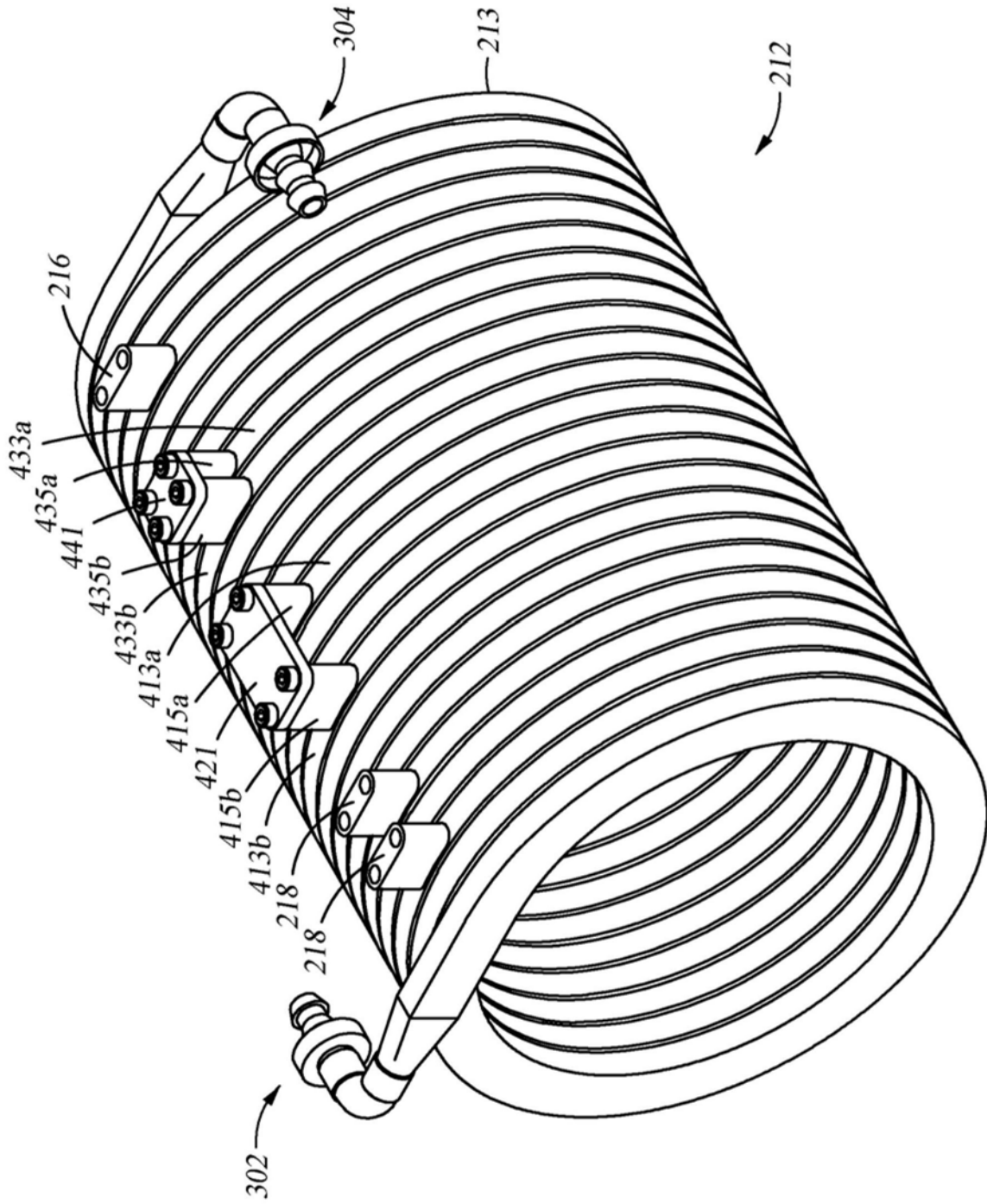


图4