



(10) 授权公告号 CN 112955997 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 05

(21) 申请号 201980071231.2

A · K · 班塞尔 马骏 小林悟

(22) 申请日 2019.10.24

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112955997 A

专利代理师 侯颖嫫 张鑫

(43) 申请公布日 2021.06.11

(51) Int.Cl.

H01J 37/32 (2006.01)

(30) 优先权数据

H01L 21/02 (2006.01)

62/770,547 2018.11.21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.04.27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/057949 2019.10.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/106408 EN 2020.05.28

(73) 专利权人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(56) 对比文件

CN 103050363 A, 2013.04.17

JP 2000188286 A, 2000.07.04

JP H01201483 A, 1989.08.14

US 2001004478 A1, 2001.06.21

US 2014265910 A1, 2014.09.18

US 2014302256 A1, 2014.10.09

US 5698062 A, 1997.12.16

US 5964947 A, 1999.10.12

审查员 杨芳

(72) 发明人 李晓璞 K · 贝拉

爱德华四世 · P · 哈蒙德 白宗薰

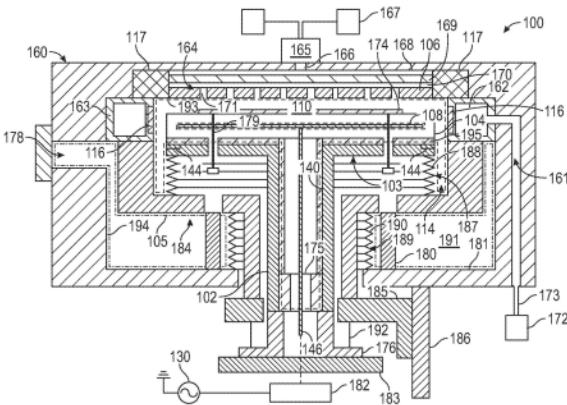
权利要求书3页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

用于使用相位控制来调整等离子体分布的
设备及方法

(57) 摘要

本文中所述的实施例涉及用于工艺腔室中的射频(RF)相位控制的装置及技术。工艺容积通过面板电极及支撑底座界定在工艺腔室中。接地筒与工艺容积相对地围绕支撑底座设置在工艺腔室内。接地筒实质填充支撑底座下方除工艺容积以外的容积。相位调谐器电路耦接到设置在支撑底座中的RF网格、及面板电极。调谐器电路调整面板电极的相位与RF网格的相位之间的相位差。



1. 一种用于调整等离子体分布的装置,包括:
支撑底座,所述支撑底座具有支撑表面;
导电网格,所述导电网格设置在所述支撑底座中;
面板,所述面板与所述支撑表面相对地设置;
工艺容积,所述工艺容积至少部分地由所述支撑底座和所述面板所界定;
接地筒的第一部分,所述接地筒的所述第一部分具有环形形状并且与所述工艺容积相对地环绕所述支撑底座;

所述接地筒的第二部分,所述接地筒的所述第二部分被设置在所述第一部分的径向外
部并且配置为可选择地与泵送板接触和不接触;

环形衬垫,所述环形衬垫环绕所述支撑底座和所述接地筒的所述第一部分的至少一
部分;以及

相位控制电路,所述相位控制电路耦接到所述面板和所述导电网格。

2. 如权利要求1所述的装置,其中所述相位控制电路包括:

相位检测器;

反馈控制器;以及

移相器。

3. 如权利要求2所述的装置,其中所述移相器包括:

可变电容器;以及

电感器,所述电感器与所述可变电容器并联。

4. 如权利要求1所述的装置,进一步包括:

射频(RF)发生器;

第一放大器,所述第一放大器耦接到所述射频发生器和所述面板;以及

第二放大器,所述第二放大器耦接到所述射频发生器和所述导电网格。

5. 如权利要求1所述的装置,进一步包括:

净化间隙,所述净化间隙形成于所述接地筒的所述第一部分与所述接地筒的所述第二部分之间,所述净化间隙的至少一部分由所述环形衬垫所界定,其中所述环形衬垫被设置在所述接地筒的所述第二部分至少一部分与所述净化间隙之间。

6. 如权利要求5所述的装置,其中所述净化间隙的至少一部分位于所述环形衬垫与所述接地筒的所述第一部分之间。

7. 如权利要求5所述的装置,其中所述接地筒的所述第一部分包括含不锈钢的材料,并且所述接地筒的所述第二部分包括含铝材料。

8. 一种用于调整等离子体分布的装置,包括:

支撑底座,所述支撑底座具有支撑表面;

导电网格,所述导电网格设置在所述支撑底座中;

面板,所述面板与所述支撑表面相对地设置;

工艺容积,所述工艺容积至少部分地由所述支撑底座和所述面板所界定;

接地筒的第一部分,所述接地筒的所述第一部分具有环形形状且与所述工艺容积相对地环绕所述支撑底座;

所述接地筒的第二部分,所述接地筒的所述第二部分被设置在所述第一部分的径向外

部并且配置为可选择地与泵送板接触和不接触；

环形衬垫,所述环形衬垫环绕所述支撑底座和所述接地筒的所述第一部分的至少一部分;以及

可调整变压器,所述可调整变压器耦接到所述导电网格和所述面板。

9.如权利要求7所述的装置,进一步包括:

射频(RF)发生器;以及

放大器,所述放大器耦接到所述射频发生器及所述导电网格。

10.如权利要求9所述的装置,进一步包括:

RF匹配电路,所述RF匹配电路被设置在所述导电网格与所述放大器之间并且耦接到所述导电网格和所述放大器。

11.如权利要求10所述的装置,进一步包括:

净化间隙,所述净化间隙形成于所述接地筒的所述第一部分与所述接地筒的所述第二部分之间,所述净化间隙的至少一部分由所述接地筒的所述第二部分所界定,其中所述环形衬垫被设置在所述接地筒的所述第二部分的至少一部分与所述净化间隙之间。

12.如权利要求11所述的装置,其中所述净化间隙位于所述环形衬垫与所述接地筒的所述第一部分之间。

13.如权利要求9所述的装置,其中所述接地筒的所述第一部分包括含不锈钢的材料,并且所述接地筒的第二部分包括含铝材料。

14.一种用于调整等离子体分布的装置,包括:

支撑底座,所述支撑底座具有支撑表面;

导电网格,所述导电网格设置在所述支撑底座中;

面板,所述面板与所述支撑表面相对地设置;

工艺容积,所述工艺容积至少部分地由所述支撑底座和所述面板所界定;

接地筒的第一部分,所述接地筒的所述第一部分具有环形形状并且与所述工艺容积相对地环绕所述支撑底座;

所述接地筒的第二部分,所述接地筒的所述第二部分被设置在所述接地筒的所述第一部分的径向外侧并且配置为可选择地与泵送板接触和不接触;

凸缘,所述凸缘形成到所述接地筒的所述第二部分中;

净化间隙,所述净化间隙在所述支撑底座附近形成于所述接地筒的所述第一部分与所述接地筒的第二部分之间;

环形衬垫,所述环形衬垫环绕所述支撑底座和所述接地筒的所述第一部分的至少一部分,所述环形衬垫被设置在所述凸缘上;以及

相位控制电路,所述相位控制电路耦接到所述面板和所述导电网格。

15.如权利要求14所述的装置,其中所述相位控制电路包括:

相位检测器;

反馈控制器,其中所述反馈控制器使用来自所述面板和所述导电网格的传输的相位数据;以及

移相器。

16.如权利要求15所述的装置,其中所述移相器包括:

可变电容器;以及

电感器,所述电感器与所述可变电容器并联。

17.如权利要求16所述的装置,进一步包括:

射频(RF)发生器;

第一放大器,所述第一放大器耦接到所述射频发生器和所述面板;以及

第二放大器,所述第二放大器耦接到所述射频发生器和所述导电网格。

18.如权利要求14所述的装置,其中所述净化间隙的至少一部分位于所述环形衬垫与所述接地筒的所述第一部分之间。

19.如权利要求14所述的装置,其中所述环形衬垫包括含氧化铝的材料。

20.如权利要求18所述的装置,其中所述接地筒的所述第一部分包括含不锈钢的材料,并且所述接地筒的所述第二部分包括含铝材料。

用于使用相位控制来调整等离子体分布的设备与方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年11月21日所提出的美国临时专利申请序列号62/770,547的权益,其整体内容以引用方式并入本文。

[0003] 本公开内容的实施例总体上涉及半导体工艺,且更具体而言涉及用于通过控制工艺腔室中的RF功率的相位来调整工艺腔室中的等离子体的分布的装置及技术。

背景技术

技术领域

[0004] 化学气相沉积(CVD)用来在基板(诸如半导体基板)上沉积膜。CVD通常是通过将工艺气体引入到容纳基板的工艺腔室中来完成。工艺气体被引导通过气体分布组件且进入工艺腔室中的工艺容积。气体分布组件与基板相对地设置在工艺容积中,所述基板定位于底座上。

[0005] 可以通过向工艺腔室施加射频(RF)功率来将工艺气体通电(例如激发)以在工艺容积中形成等离子体。这称为等离子体增强CVD(PECVD)。RF功率源可耦接到底座及气体分布组件。RF功率源向底座及气体分布组件提供RF功率以在底座与气体分布组件之间产生电容耦合的等离子体。然而,寄生等离子体可能产生在底座下方的工艺腔室的下方容积中。寄生等离子体减少了电容耦合等离子体的密度及稳定性,并因此减少了PECVD腔室的功率效率。

[0006] 因此,需要改进的PECVD腔室设计。

发明内容

[0007] 在一个实施例中,提供了一种装置。所述装置包括:支撑底座,所述支撑底座具有支撑表面。导电网格被设置在所述支撑底座中,且面板与所述支撑表面相对地设置。工艺容积至少部分地由所述支撑底座及所述面板所界定。所述装置进一步包括:环状接地筒(bowl),且所述接地筒的第一部分与所述工艺容积相对地环绕所述支撑底座。环形衬垫环绕所述支撑底座、及所述接地筒的所述第一部分的至少一部分。相位控制电路耦接到所述面板及所述导电网格。

[0008] 在一个实施例中,提供了一种装置,所述装置包括:支撑底座,所述支撑底座具有支撑表面。导电网格被设置在所述支撑底座中,且面板与所述支撑表面相对地设置。工艺容积至少部分地由所述支撑底座及所述面板所界定。所述装置进一步包括:环状接地筒,且所述接地筒的第一部分与所述工艺容积相对地环绕所述支撑底座。环形衬垫环绕所述支撑底座、及所述接地筒的所述第一部分的至少一部分。可调整变压器耦接到所述导电网格及所述面板。

[0009] 在一个实施例中,提供了一种装置,所述装置包括:支撑底座,所述支撑底座具有支撑表面。导电网格被设置在所述支撑底座中,且面板与所述支撑表面相对地设置。工艺容

积至少部分地由所述支撑底座及所述面板所界定。所述装置进一步包括：环状接地筒，且所述接地筒的第一部分与所述工艺容积相对地环绕所述支撑底座。所述接地筒的第二部分被设置在所述接地筒的所述第一部分的径向外侧。凸缘被形成到所述接地筒的所述第二部分中。净化间隙在所述支撑底座附近形成于所述接地筒的所述第一部分与所述接地筒的所述第二部分之间。设置在所述凸缘上的环形衬垫环绕所述支撑底座、及所述接地筒的所述第一部分的至少一部分。相位控制电路耦接到所述面板及所述导电网络。

附图说明

[0010] 以可详细地理解本公开内容的上述特征的方式，可以通过参照实施例来获得上文所简要概述的本公开内容的更详细说明，附图中示出了所述实施例中的一些。然而，要注意，附图示出示例性实施例并且因此并不被视为对其范围的限制，且可以允许其他等效实施例。

[0011] 图1A是根据一个实施例的工艺腔室的示意横截面图。

[0012] 图1B是图1A的工艺腔室的一部分的示意横截面图。

[0013] 图2A是根据一个实施例的调谐器电路的示意图。

[0014] 图2B是根据一个实施例的调谐器电路的示意图。

[0015] 图2C是根据一个实施例的调谐器电路的示意图。

[0016] 图3A是根据一个实施例的描绘了被供电的面板的各种相位差下的氩离子的等离子体通量分布的图表。

[0017] 图3B是根据一个实施例的描绘了被供电的面板的各种相位差下的氩自由基的等离子体通量分布的图表。

[0018] 图4是根据一个实施例的描绘了无源浮动面板的各种相位差下的氩离子及氩自由基的等离子体通量分布的图表。

[0019] 图5是根据一个实施例的描绘了具有无源浮动面板的工艺腔室中的电压分布的图表。

[0020] 为了促进理解，已尽可能使用相同的参考标号来指示附图中共有的相同元素。可预期到，可以在不另外详述的情况下有益地将一个实施例的元素以及特征并入其他实施例。

具体实施方式

[0021] 本文中所述的实施例涉及用于工艺腔室中的射频 (RF) 相位控制的装置及技术。工艺容积通过面板电极及支撑底座界定在工艺腔室中。接地筒与工艺容积相对地围绕支撑底座设置在工艺腔室内。接地筒实质填充支撑底座下方的容积。相位调谐器电路耦接到设置在支撑底座中的RF网络、及面板电极。调谐器电路调整面板电极的相位与RF网络的相位之间的相位差。

[0022] 寄生等离子体在PECVD处理期间形成在工艺腔室中，并可能减少形成于工艺腔室的工艺容积中的等离子体的稳定性。此外，寄生等离子体减少了用来产生等离子体的RF功率源的功率效率。

[0023] 电容耦合等离子体形成于面板电极与设置在支撑底座中的RF网络之间的工艺容

积中。减少工艺腔室中除工艺容积以外的容积以防止工艺腔室中的寄生等离子体。接地筒被设置在工艺腔室内部且围绕支撑底座,以减少工艺腔室内除了工艺容积以外的容积的尺寸。在一个示例中,工艺容积以外的容积是支撑底座下方的区域。在另一个示例中,工艺容积以外的容积是与支撑底座相邻的净化间隙容积。在另一个示例中,工艺容积以外的容积是支撑底座下方的区域和/或与支撑底座相邻的净化间隙容积。

[0024] 然而,接地筒接近RF网格可能减少工艺容积中的等离子体均匀性。为了减轻等离子体均匀性的减少,将调谐器电路耦接到面板电极和/或RF网格。调谐器电路控制面板电极与RF网格之间的RF电势的相位差,以促进改进的等离子体均匀性。

[0025] 图1A是根据一个实施例的工艺腔室100的示意横截面图,且图1B是图1A的工艺腔室100的一部分的示意横截面图。在一个实施例中,工艺腔室100用来经由工艺(例如化学气相沉积工艺)在基板174上沉积材料。在其他的实施例中,工艺腔室100可以用来执行其他的沉积工艺。工艺腔室100包括腔室盖160及泵送路径161。泵送路径161是形成于工艺腔室100中且耦接到形成于泵送板163中的泵送容积162的路径。支撑底座104被设置在工艺腔室100内部。支撑底座104包括支撑表面128及与支撑表面128相对的背表面132。支撑底座104定位于工艺腔室100内的杆140上。杆140耦接到支撑底座104并从支撑底座104延伸。

[0026] 在一个实施例中,支撑底座104由陶瓷材料(例如氮化铝)制造。面板106被设置在工艺腔室100内部与支撑表面128相对。支撑底座104及面板106至少部分地在其间界定工艺容积110。

[0027] RF功率源130向RF网格108提供RF功率,这至少部分地促进产生等离子体以用于处理设置在支撑底座104上的基板174。RF网格108设置在支撑底座104中与支撑表面128相邻。RF功率源130经由导电杆146及连接器142耦接到RF网格108。导电杆146延伸通过杆140。在一个实施例中,导电杆146与杆140的主轴同轴。导电杆146由金属导电材料制造。例如,导电杆146可以由铜合金、不锈钢合金、镍合金、铝合金或上述项的组合制造。连接器142延伸通过支撑底座104并且耦接到导电杆146及RF网格108。在一个实施例中,连接器142由金属导电材料制造。或者,导电杆146延伸通过支撑底座104并耦接到RF网格108。

[0028] 接地筒102被设置在工艺腔室100内部与支撑底座104的背表面132相邻。接地筒102电接地。接地筒102是环状的,且环绕支撑底座104的杆140。在一个实施例中,接地筒102包括第一部分103及第二部分105。在一个实施例中,接地筒102的第一部分103经由例如粘着剂(诸如胶水)或焊接粘着到支撑底座104的背表面132。第一部分103由耐处理材料制造,诸如不锈钢材料。第二部分105可以由与第一部分103相同的材料或不同的材料制造。例如,接地筒102的第二部分105由含铝材料制造,诸如铝或铝合金材料。

[0029] 接地筒102及支撑底座104被可移动地设置在工艺腔室100中。接地筒102及支撑底座104可以通过耦接到接地筒102及支撑底座104的致动器(未示出)(诸如线性致动器)在工艺腔室100内移动。可以通过朝向或背向面板106移动接地筒102及支撑底座104来调整工艺容积110的高度120。例如,在接地筒102及支撑底座104朝向面板106移动时,工艺容积110的高度120减少。相反地,在接地筒102和支撑底座104远离面板106地移动时,工艺容积110的高度120增加。

[0030] 净化间隙114至少形成在接地筒102的第一部分103与第二部分105之间。净化间隙114在第一部分103与第二部分105之间延伸通过接地筒102。因此,第一部分103及第二部分

105至少部分地界定净化间隙114。净化间隙114与工艺容积110流体连通。净化气体源(未示出)与净化间隙114流体连通,且提供在箭头126的方向上向工艺腔室100流动的净化气体。即,净化气体朝向工艺容积110流动通过净化间隙114。第一部分103与第二部分105之间的净化间隙114的宽度118是在约100密耳与约150密耳之间,例如是在约120密耳与约135密耳之间,诸如约125密耳。

[0031] 凸缘134形成于接地筒102的第二部分105中。凸缘134与支撑表面128实质平行,且与净化间隙114的主轴实质垂直。环形衬垫115在净化间隙114的与工艺容积110相邻的端部处设置在净化间隙114与接地筒102的第二部分105之间的凸缘134上。环形衬垫115在净化间隙114附近延伸且与净化间隙114平行地延伸。在一个实施例中,环形衬垫115由陶瓷材料制造,诸如氧化铝材料。环形衬垫115的厚度124在约0.25英寸与约2.5英寸之间,例如在约0.4英寸与约1.2英寸之间,诸如是约0.5英寸。

[0032] 泵槽112穿过环形衬垫115而形成并进入接地筒102的第二部分105。泵槽112与工艺容积110及净化间隙114流体连通。排气泵(未示出)与泵槽112流体连通,以从工艺容积110及净化间隙114移除工艺气体及净化气体。

[0033] 环形衬垫115包括第一部分116和第二部分117。环形衬垫115的第一部分116设置在接地筒102的第二部分105中的凸缘134上。环形衬垫115的第二部分117与面板106共面。泵槽112穿过环形衬垫115的第一部分116与第二部分117之间。在一个实施例中,环形衬垫115的第二部分117的宽度136大于环形衬垫115的第一部分116的厚度124。例如,环形衬垫115的第二部分117从泵槽112延伸到面板106。因此,环形衬垫115的第二部分117延伸于泵槽112之上。

[0034] 在一个实施例中,块体144沿着净化间隙114的与环形衬垫115相对的一部分设置。块体144与接地筒102及支撑底座104接触。在一个实施例中,块体144由金属材料制造。在一个实施例中,块体144由与接地筒102相同的材料制造。在一个实施例中,块体144由与接地筒102的材料不同的材料制造。例如,块体144可以由含不锈钢的材料制造。

[0035] 工艺腔室100的腔室盖160包括气体分布组件164,面板106是气体分布组件164的一部分。气体入口通路166形成于腔室盖160中以促进引入工艺气体。气体歧管165接收来自一个或多个气体源167的气体流。气体流跨气体箱168分布、流动通过背板169的多个孔洞(未示出)、并进一步跨由背板169及面板106所界定的增压室170分布。气体流接着穿过面板106的多个孔洞171流动到工艺容积110中。泵172通过导管173连接到泵送路径161,以控制工艺容积110内的压力且将气体及副产物从工艺容积110通过泵送路径161排出。

[0036] 支撑底座104包括加热元件(未示出)。支撑底座104通过耦接到加热器夹175的杆140可移动地设置在工艺容积110中。加热器夹175耦接至冷却套壳(hub)176。冷却套壳176连接至升降系统183,升降系统183在升高处理位置与降下位置之间移动支撑底座104。支撑底座104的移动促进通过形成于工艺腔室100中的狭缝阀178向工艺容积110传输基板174以及从工艺容积110传输基板174。支撑底座104具有设置通过支撑底座104的孔洞,多个升降杆179被可移动地设置通过所述孔洞。在降下位置,所述多个升降杆179通过接触升降板180从支撑底座104突出,升降板180耦接到腔室主体的底部181。升降杆179的突出使得基板174处于与底座隔开的关系以促进传输基板174。

[0037] RF功率源130通过RF匹配电路182耦接到设置于支撑底座104内的RF网络108。RF匹

配电路182通过导电杆146电耦接到RF网络108,导电杆146被设置通过冷却套壳176及杆140。可以经由接地路径系统184接地的面板106、及RF网络108促进形成电容等离子体耦合。RF功率源130向支撑底座104提供RF能量,以促进在支撑底座104与气体分布组件164的面板106之间产生电容耦合的等离子体(也称为主等离子体)。在向RF网络108供应RF功率时,在面板106与支撑底座104之间产生电场,使得存在于支撑底座104与面板106之间的工艺容积110中的气体原子被离子化且释放电子。离子化的原子向支撑底座104加速以促进基板174上的膜形成。

[0038] 接地路径系统184提供对称的短路径以供RF能量从面板106传播至RF匹配电路182,以减少寄生等离子体的生成,并因此增加沉积速率并改进膜均匀性。接地路径系统184包括接地筒102,接地筒102包括第一部分103及第二部分105。接地筒102通过热阻挡层195耦接到杆140及支撑底座104。热阻挡层195向可能加热到高达大于约700℃的温度的支撑底座104提供阻挡层。热阻挡层195包括具有低导热率的材料。在可以与本文中所述的其他实施例结合的一个实施例中,热阻挡层195包括含有铬镍铁合金、石英、氧化铝、氮化铝、及不锈钢的材料中的一者或多者以提供针对温度的阻挡层。

[0039] 接地筒102也耦接到冷却套壳176,冷却套壳176连接到升降系统183。升降系统183在升高处理位置与降下位置之间移动接地筒102,从而促进传输基板174。接地筒102包括能够耐得住大于约700℃的温度的导电材料。在可以与本文中所述的其他实施例结合的一个实施例中,接地筒102包括含有铬镍铁合金、铝、及不锈钢的材料中的一者或多者。第二部分105耦接至第二部分载具185。第二部分载具185耦接至轨路186。第二部分载具185被致动成沿着轨路186线性移动,从而在接地位置与传输位置之间移动第二部分105。轨路186也可以是轨道或缆线。第二部分载具185包括能够耐得住工艺容积110中的温度及工艺环境的导电材料。在可以与本文中所述的其他实施例结合的一个实施例中,第二部分105包括含有铬镍铁合金、铝、及不锈钢的材料中的一者或多者。

[0040] 接地筒102的第一部分103经由接地筒导体187耦接到第二部分105。接地筒导体187在支撑底座104及接地筒102处于升高处理位置时处于扩张状态且在支撑底座104及接地筒102处于降下位置时处于压缩状态。处于扩张状态的接地筒导体187提供了供RF能量传播的路径。接地筒导体187包括能够耐得住工艺容积110中的温度及工艺环境的导电材料。在可以与本文中所述的其他实施例结合的一个实施例中,接地筒导体187包括含有镍基合金(例如HAYNES® 230®合金)、铬镍铁合金、和不锈钢的材料中的一者或多者。在可以与本文中所述的其他实施例结合的另一个实施例中,接地筒导体187包括多个波纹管188,多个波纹管188在扩张状态下扩张并在压缩状态下压缩。

[0041] 第二部分150经由第二部分导体189耦接到工艺腔室100的底部181。第二部分导体189在第二部分105位于接地位置时处于扩张状态且在第二部分150位于传输位置时处于压缩状态。处于扩张状态的第二部分导体189提供了供RF能量传播的路径。第二部分导体189包括能够耐得住工艺容积110中的温度及工艺环境的导电材料。在可以与本文中所述的其他实施例结合的一个实施例中,接地筒导体187包括含有镍基合金(例如HAYNES® 230®合金)、铬镍铁合金、和不锈钢的材料中的一者或多者。在可以与本文中所述的其他实施例结合的另一个实施例中,第二部分导体189包括多个波纹管190,多个波纹管190在扩张状态下扩张且在压缩状态下压缩。冷却套壳176通过多个波纹管192耦接到第二部分载具185以

维持工艺容积110内的压力。

[0042] 处于降下位置的接地筒102及处于传输位置的第二部分105促进通过狭缝阀178向工艺容积110传输基板174以及从工艺容积110传输基板174,狭缝阀178通过工艺腔室100而形成。

[0043] 处于接地位置的第二部分105接触泵送板163以完成主RF笼193以供RF能量从面板106传播到RF匹配电路182。RF能量沿着主RF笼193从面板106传播到泵送板163、从第二部分105传播到接地筒导体187、从接地筒导体187传播到第一部分103、以及从第一部分传播到导电杆146。由处于接地位置且接触泵送板163的第二部分105所形成的主RF笼193利用减少的表面面积来允许较短的及更为受控的接地路径,使得不在支撑底座104下方产生寄生等离子体。因此,电容耦合等离子体的浓度增加,且因此电容耦合等离子体的密度增加,此增加了膜的沉积速率。并且,主RF笼193是实质对称的,以改进电容耦合等离子体的均匀性,以改进所沉积的膜的均匀性。

[0044] 此外,若处于接地位置的第二部分105不接触泵送板163,则处于接地位置的第二部分105在外容积191中形成辅助RF笼194。辅助RF笼194提供RF能量的包容。在外容积191中,RF能量沿着辅助RF笼194传播到第二部分导体189、从第二部分导体189传播到第二部分105、以及从第二部分105传播到主RF笼193。

[0045] 接地筒102实质填充支撑底座104下方的工艺腔室100中的容积。即,接地筒102实质减少了工艺腔室100内的可以在内部形成寄生等离子体的区域。因此,接地筒102减少了工艺腔室100内的寄生等离子体的发生。

[0046] 为了在工艺腔室100内实现各种处理条件,通过朝向面板106或背向面板106移动接地筒102和支撑底座104来调整工艺容积110的高度120。工艺容积110的高度120可以与泵槽112的高度122不同。在工艺容积110的高度120减少时,面板106与RF网格108之间的距离也减少。面板106与RF网格108之间的减少的距离增加了工艺容积110中的电场,这造成了支撑底座104的外缘附近的等离子体密度增加。因此,减少的距离使得工艺容积110中的等离子体均匀性减少。

[0047] 进一步地,在工艺容积中存在中心低的等离子体分布时(例如其中等离子体形成于支撑底座104附近),RF功率的效率减少。因此,工艺容积110的减少的高度120增加了等离子体的稳定性且减少了形成于工艺腔室100内的寄生等离子体的发生。然而,减少的高度120减少了等离子体均匀性且减少了RF功率的效率。

[0048] 为了减少寄生等离子体形成的可能性并增加工艺腔室100内的等离子体均匀性,将调谐器电路耦接到工艺腔室中的各种部件。下文针对图2A、图2B、和图2C详细论述调谐器电路。可使用下文所述的调谐器电路以替代或者附加于工艺腔室100的方面。例如,可以将本文中所述的调谐电路的方面与图1A的RF匹配电路182及RF功率源130结合使用或者替换所述RF匹配电路及所述RF功率源。

[0049] 图2A是根据一个实施例的为面板106供电的相位控制电路200的示意图。相位控制电路200包括第一发生器202、第二发生器208、相位检测器220、反馈控制器222、以及移相器224。第一发生器202包括振荡器204及耦接到振荡器204的第一RF功率放大器206。第二发生器208包括第二RF功率放大器210。振荡器204产生具有约4MHz与约20MHz之间(例如约8MHz与约15MHz之间,诸如约13.56MHz)的频率的射频(RF)信号。

[0050] 第一RF功率放大器206的频率与第二RF功率放大器210的频率实质相同。第一RF功率放大器206通过第一RF阻抗匹配电路214和第一连接件226耦接到RF网格108。第二RF功率放大器210通过第二阻抗匹配电路212和第二连接件228耦接到面板106。第一RF功率放大器206的输出频率与第二RF功率放大器210的输出频率实质相同。

[0051] 相位检测器220的输入耦接到第一连接件226和第二连接件228。相位检测器220检测第一发生器202和第二发生器208的RF功率的相位。相位检测器向反馈控制器222传输所检测到的相位。在一个实施例中,反馈控制器222包括相位比较器(未示出)。相位比较器将相位检测器220的输出转换成与移相器224相容的信号。例如,相位检测器220的输出信号可以是正弦波。若移相器224的输入是方形波,则相位比较器将相位检测器220的正弦波输出转换为方形波。

[0052] 反馈控制器222的相位比较器也确定第一发生器202及第二发生器208的相位之间的相位差。在一个实施例中,反馈控制器222也确定改进工艺容积110(示出于图1中)中所产生的等离子体的均匀性所需的相位差。反馈控制器222向移相器224传输所需的相位差以及发生器202与208之间的相位差。

[0053] 若相位差小于所需的相位差,则移相器224增加第二发生器208的相位。若相位差大于所需的相位差,则移相器224减少第二发生器208的相位。因此,移相器224调节第二RF功率放大器210以实现所需的相位差。在一个实施例中,所需的相位差是在约 125° 与约 225° 之间。面板106与RF网格108之间所需的相位差可以取决于涉及处理工艺容积110中的基板174的化学反应。调节第二RF功率放大器210的相位改进了工艺容积110中的等离子体的均匀性,且减少了净化间隙114及泵槽112(示出于图1中)中的寄生等离子体的发生。

[0054] 在一个实施例中,RF功率放大器206及210的相位被锁相。即,第二RF功率放大器210的相位与第一RF功率放大器206的相位成正比。相位控制电路200实现将RF功率放大器206及210进行锁相。

[0055] 操作时,相位控制电路200连续检测面板106与RF网格108之间的相位差,且移动第二RF功率放大器210的相位以实现所需的相位差。

[0056] 图2B是根据一个实施例具有无源浮动面板的调谐器电路230的示意图。因为尽管面板106连接到共同的电接地,但面板106并未物理连接到地面,因此面板106是“浮动的”。调谐器电路230包括面板调谐器236,面板调谐器236包括并联的可变电容器234及电感器232。可变电容器234及电感器232耦接到面板106。面板调谐器234的阻抗相对于第一发生器202的相位及电压产生面板106的相位和电压的移动。因此,面板调谐器236在面板106与RF网格108之间产生相位差。

[0057] 相位检测器220耦接到连接件226及228。操作时,相位检测器220经由第二连接件228检测面板106的相位且经由第一连接件226检测RF网格108的相位。相位检测器220向反馈控制器222传输所检测到的相位。反馈控制器222确定所检测到的相位之间的相位差。反馈控制器222确定面板106的相位的改变以在面板106与RF网格108之间实现所需的相位差。

[0058] 反馈控制器222基于相位的改变确定可变电容器234的电容值,所述电容值实现所需的相位差。反馈控制器222将可变电容器234的电容调整到确定的电容值。调谐器电路230连续监测面板106与RF网格108之间的相位差,且调整可变电容器234的电容以实现所需的相位差。面板调谐器236使面板106相对于接地电浮动。

[0059] 在图2B中所示的实施例中使用了单个功率发生器(例如,第一发生器202)。单个功率发生器向调谐器电路230提供单频,以使得RF网格108的频率与面板106的频率实质相同。因此,单个发生器减少了面板106与RF网格108之间的不同频率的发生。有利地,实施调谐器电路230的成本小于实施例如具有两个功率发生器的调谐器电路的成本,这因为利用单个功率发生器而不是多个功率发生器。

[0060] 图2C是根据一个实施例的调谐器电路240的示意图。调谐器电路240包括功率发生器248及RF变压器。功率发生器248包括RF功率源242。RF变压器244经由连接器246耦接至工艺腔室中(示出在图1中)的接地筒102。连接器246耦接到RF变压器244的辅助绕组245上的可调销。

[0061] RF变压器244将来自RF功率源242的RF功率分成两个功率信号。第一功率信号被传输至面板106,且第二功率信号传输至RF网格108。第一功率信号的相位与第二功率信号的相位相对(例如约 180°)。因此,RF变压器244在面板106与RF网格108之间产生相位差。为了调整面板106与RF网格108之间的相位差和电压,可调销可在RF变压器244的辅助绕组245上移动。

[0062] 有利地,单个功率发生器(例如功率发生器248)向调谐器电路240提供功率。因此,面板106的频率及RF网格108的频率实质相同。进一步地,相对于包括二个或更多个功率发生器的调谐器电路,单个功率发生器减少了实施调谐器电路240的成本。

[0063] 图3A是描绘被供电的面板的各种相位差下的氩离子的等离子体通量分布的图表。图3A中的图表描绘氩离子在设置在工艺容积(示出在图1中)中的基板174上的各种半径处的分布。所述图表示出,调整面板与RF网格之间的相位差可以改进整个工艺容积内的等离子体均匀性。例如,基线通量分布(其中未控制面板与RF网格之间的相位差)具有在受处理的基板174的中心处的约 4.5×10^{20} 与距离基板174的中心约140mm(0.14m)处的约 7.5×10^{20} 之间的氩离子通量。在调整面板与RF网格之间的相位差时,氩离子通量实质被改进了。例如,在 135° 的相位差下,氩离子通量在基板174的中心处的约 5×10^{20} 与距离基板174的中心约140mm处的约 5.25×10^{20} 之间。

[0064] 利用如针对图2A所描述的调谐器电路用约13.56MHz的频率及约5kW的功率,在如针对图1A及图1B所描述的工艺腔室中实现了图3A中所示出的通量分布。尽管图3A描绘氩离子的通量分布,但可以预期,也可以使用许多其他的化学品来在工艺容积中产生等离子体以供处理基板174。

[0065] 图3B是描绘被供电的面板的各种相位差下的氩自由基的等离子体通量分布的图表。图3B中的图表示出,控制工艺腔室中的面板与RF网格之间的相位差实质改进了工艺容积中的氩自由基的均匀性。例如,基线通量分布(其中未控制面板与RF网格之间的相位差)具有在基板174的中心处的约 1.24×10^{20} 与距离基板174的中心约140mm处的约 1.52×10^{20} 之间的氩自由基通量。在 165° 的相位差下,氩自由基通量在基板174的中心处的约 1.37×10^{20} 与距离基板174的中心约140mm处的约 1.35×10^{20} 之间。因此,调整面板与RF网格之间的相位差实质改进了工艺容积中的等离子体的均匀性。

[0066] 利用如针对图2A所描述的调谐器电路用约13.56MHz的频率及约5kW的功率,在如针对图1A及图1B所描述的工艺腔室中实现了图3B中所示出的通量分布。尽管图3B描绘氩自由基的通量分布,但可以预期,也可以使用许多其他的化学品来在工艺容积中产生等离子

体以供处理设置在其中的基板174。

[0067] 图4是描绘了无源浮动面板的各种相位差下的氩离子及氩自由基的等离子体通量分布的图表。图4中的图表描绘工艺腔室(例如图1A及图1B中所描绘的工艺腔室100)中的氩离子及自由基通量分布,其中面板经由调谐器电路(例如图2B中所描绘的调谐器电路230)浮动。

[0068] 基线离子及自由基通量分布由虚线示出。基线通量分布是通过在工艺腔室(例如图1中所示出的工艺腔室100)中产生等离子体来获得的。由实线所示出的通量分布是通过用耦接到面板电极的调谐器电路(例如图2B中的调谐器电路230)在工艺腔室中产生等离子体来获得的。如所示,一系列的基线离子及自由基通量分布(由虚线示出)比在使用调谐器电路来控制面板与RF网格之间的相位差时的相位范围宽。

[0069] 图5是描绘了具有无源浮动面板的工艺腔室中的电压分布的图表。如所示,面板及RF网格的RF功率异相达约 220° 。此相位差是在工艺腔室(诸如针对图1A及图1B所描述的工艺腔室100)及耦接到面板电极的调谐器电路(诸如图2B中的调谐器电路230)中实现的。

[0070] 本文中所述的实施例提供了用来维持或改进用来在工艺容积中产生等离子体的RF功率的效率的装置以及技术。本文中所述的实施例也实质减少了工艺腔室内的寄生等离子体的发生。最后,本文中所述的实施例在整个工艺容积中提供了改进的等离子体均匀性。

[0071] 尽管以上内容是针对本公开内容的实施例,但也可以在不脱离本公开内容的基本范围的情况下设计本公开内容的其他的及另外的实施例,并且本公开内容的范围由所附的权利要求所确定。

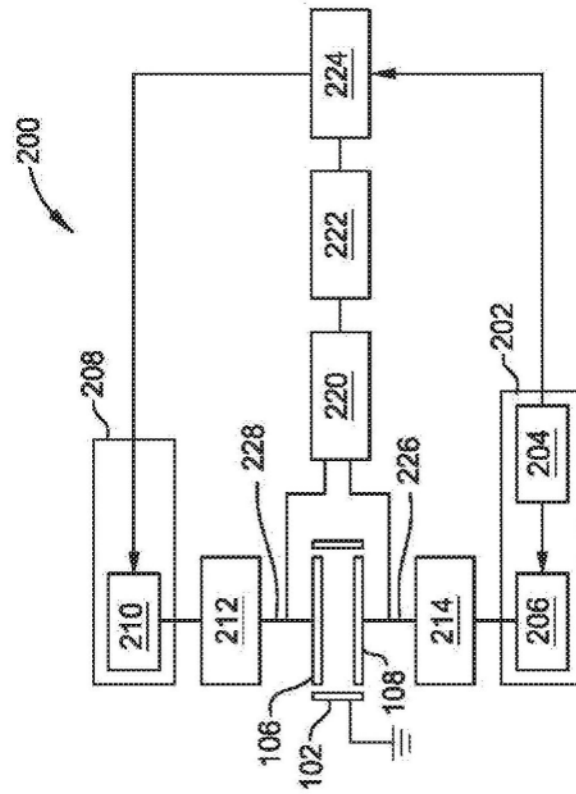


图2A

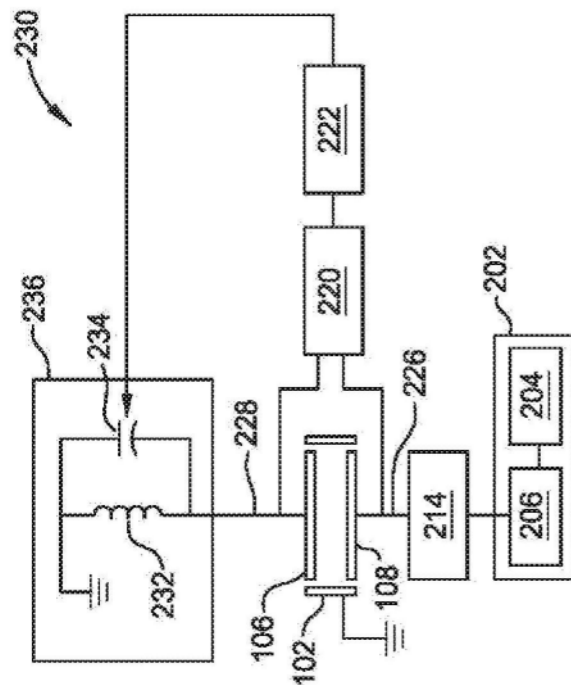


图2B

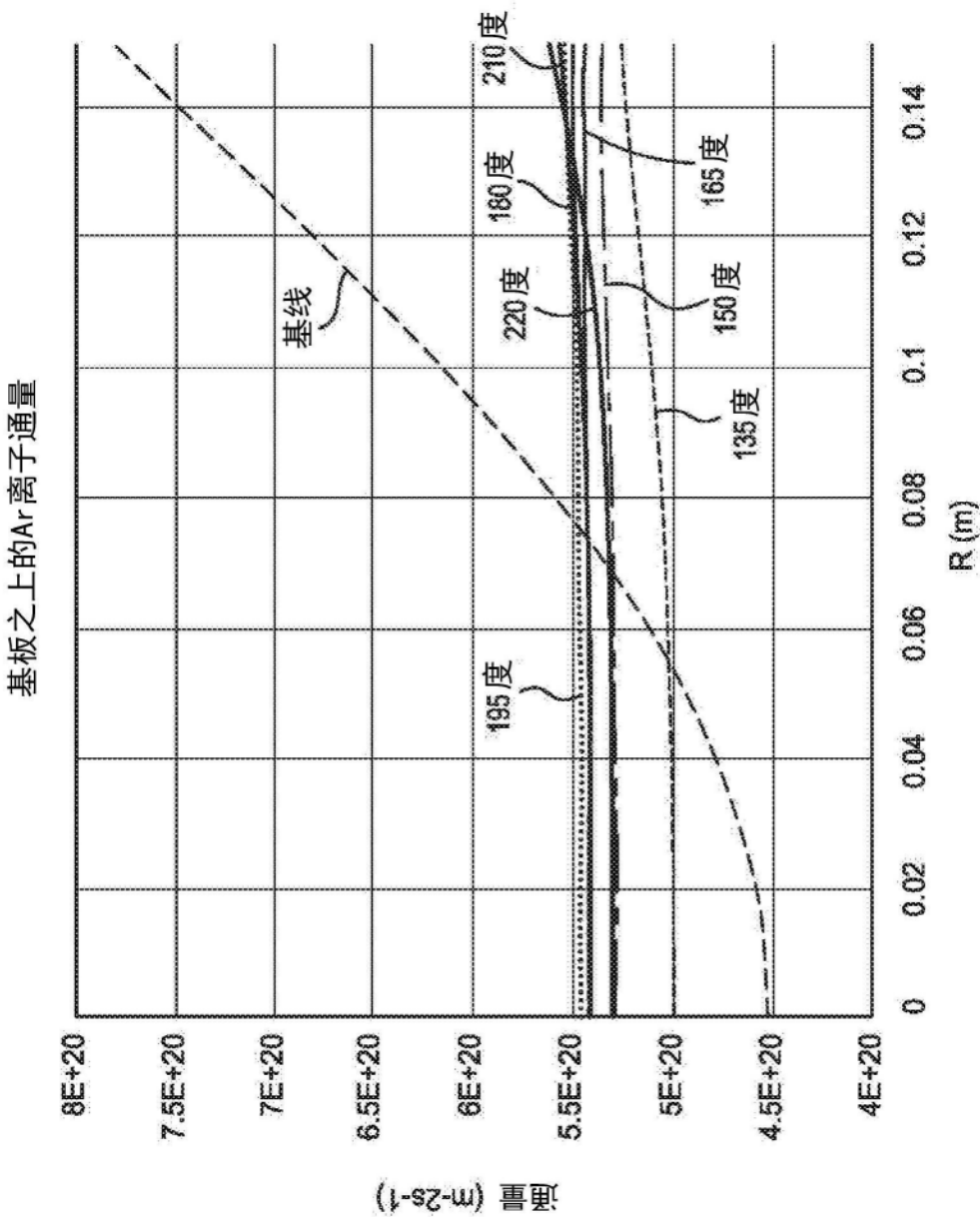


图3A

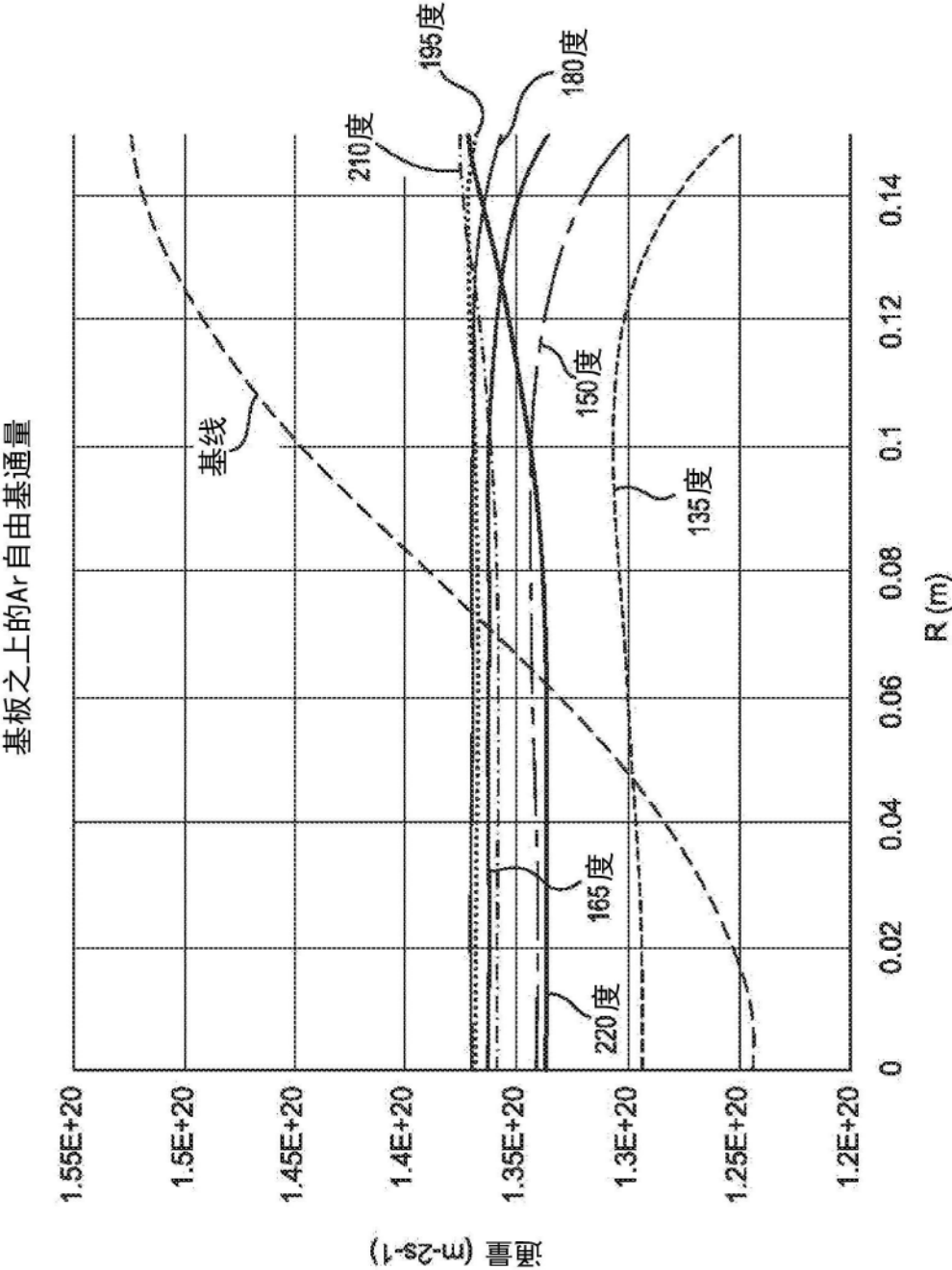


图3B

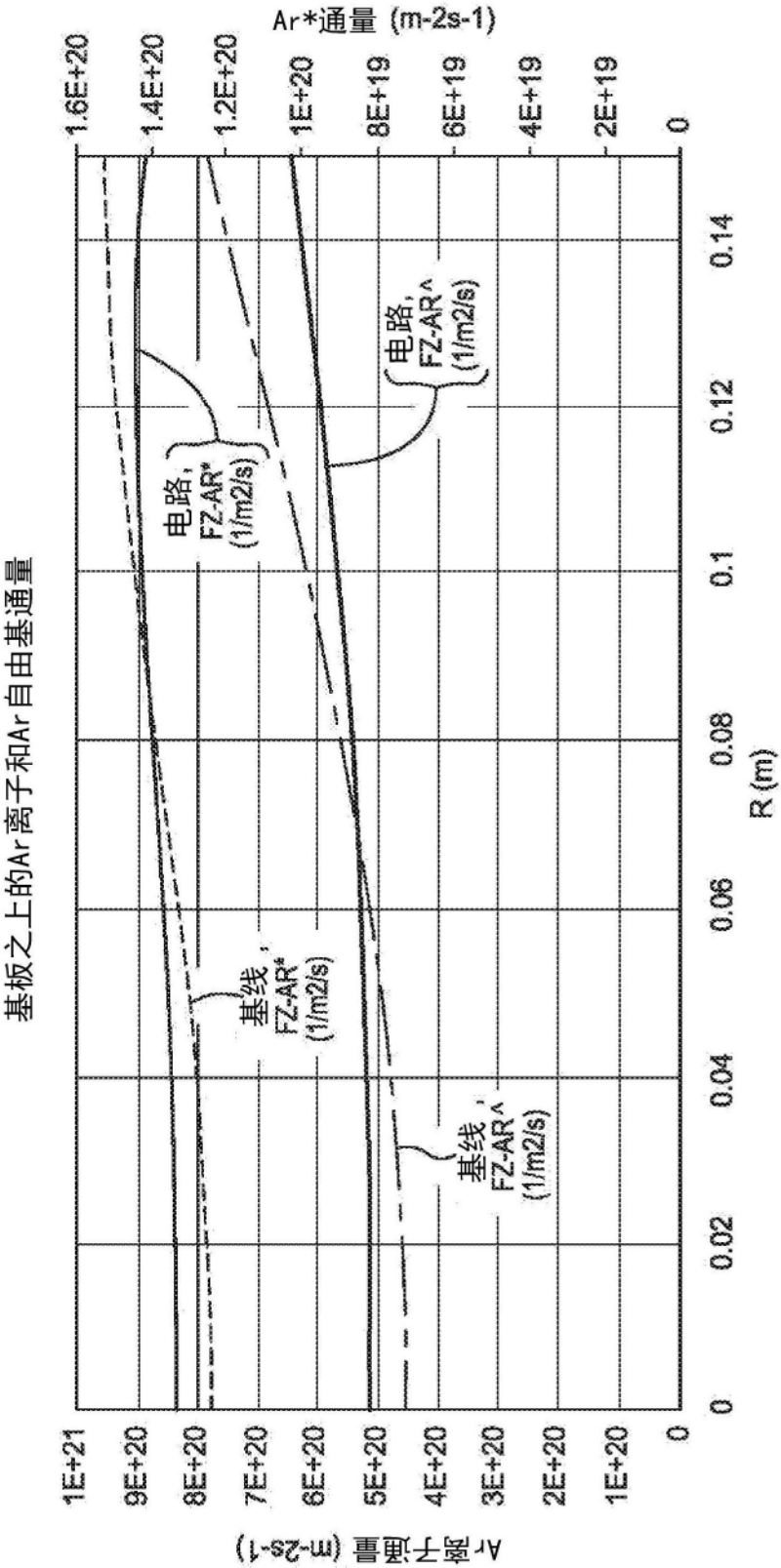


图4

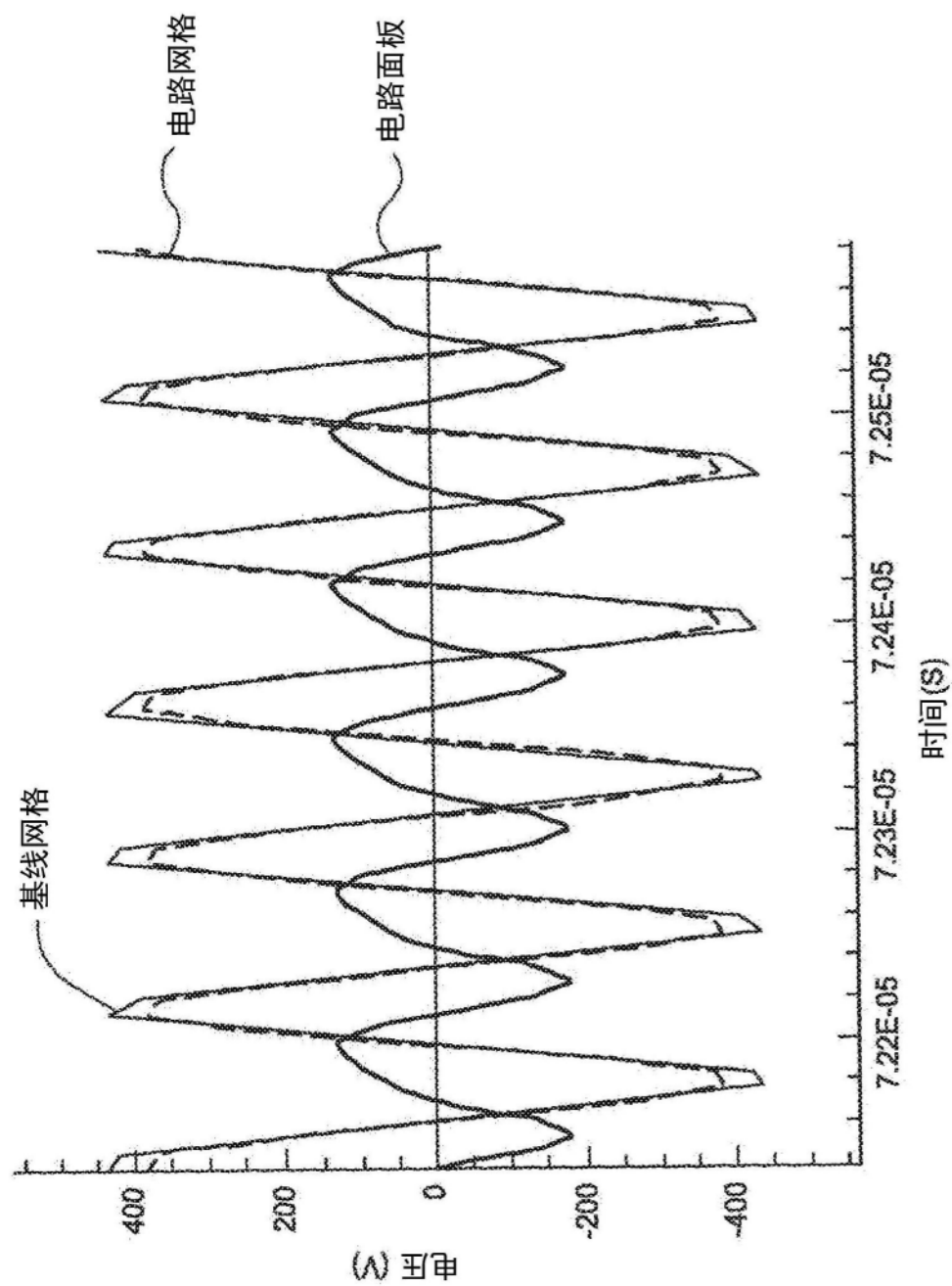


图5