



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106356274 B

(45)授权公告日 2019.01.01

(21)申请号 201610210239.0

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.04.06

H01J 37/32(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106356274 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2017.01.25

CN 101720501 A, 2010.06.02, 说明书第
[0030]-[0065]段, 附图3-6.

(30)优先权数据

62/191,817 2015.07.13 US

CN 101720501 A, 2010.06.02, 说明书第
[0030]-[0065]段, 附图3-6.

(73)专利权人 朗姆研究公司

CN 103069550 A, 2013.04.24, 说明书第
[0032]-[0054]段, 附图1-9.

地址 美国加利福尼亚州

CN 101627462 A, 2010.01.13, 说明书第
0024-0027段, 附图1.

(72)发明人 斯拉瓦纳普利安·斯利拉曼
汤姆·坎普 亚历山大·帕特森

EP 1686611 A1, 2005.08.02, 全文.

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263
代理人 樊英如 杨学春

审查员 丁萍

权利要求书2页 说明书15页 附图21页

(54)发明名称

通过等离子体操作调节极端边缘鞘和晶片轮廓

(57)摘要

本发明涉及通过等离子体操作调节极端边缘鞘和晶片轮廓，具体提供了一种用于等离子体处理室的边缘环组件，其包括：被配置成围绕静电卡盘(ESC)的边缘环，所述静电卡盘被配置用于与第一RF功率源的电连接，所述静电卡盘具有用于支撑衬底的上表面和围绕所述上表面的环形台阶，所述环形台阶限定低于所述上表面的环形架；设置在所述边缘环下方且在所述环形架上方的环形电极；用于将环形电极与所述静电卡盘隔离的设置在所述环形电极下方的电介质环，所述电介质环布置在所述环形架上方；以及设置通过所述静电卡盘和穿过所述电介质环的多个绝缘连接件，所述多个绝缘连接件中的每个提供第二RF功率源和环形电极之间的电连接。

1. 一种用于等离子体处理室的边缘环组件,其包括:

边缘环,其被配置成围绕静电卡盘(ESC),所述静电卡盘被配置用于与第一RF功率源的电连接,所述静电卡盘具有用于支撑衬底的上表面和围绕所述上表面的环形台阶,所述环形台阶限定低于所述上表面的环形架;

设置在所述边缘环下方且在所述环形架上方的环形电极;

电介质环,其设置在所述环形电极下方以用于将所述环形电极与所述静电卡盘隔离,所述电介质环布置在所述环形架上方;和

多个绝缘连接件,其设置成通过所述静电卡盘和通过所述电介质环,所述多个绝缘连接件中的每个提供第二RF功率源和所述环形电极之间的电连接。

2. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中所述多个绝缘连接件中的每个由同轴连接件定义。

3. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中所述多个绝缘连接件被配置成将所述第二RF功率源与所述第一RF功率源隔离。

4. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中所述边缘环具有上表面,所述边缘环的所述上表面具有限定在所述边缘环的内径处的台阶边缘,所述台阶边缘的下部被配置成位于低于所述ESC的所述上表面的高度,使得所述衬底在存在时在所述台阶边缘的所述下部上方延伸。

5. 根据权利要求4所述的边缘环组件,其中所述环形电极的至少一部分被布置在所述边缘环的所述台阶边缘下方。

6. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中在等离子体处理过程中施加RF功率至所述环形电极导致在所述等离子体处理过程中限定的等离子体鞘大致在所述边缘环的上方限定的空间区域径向延伸。

7. 根据权利要求6所述的边缘环组件,其中在等离子体处理过程中施加RF功率至所述环形电极减少在所述衬底的边缘区域的离子聚焦。

8. 根据权利要求7所述的边缘环组件,其中在等离子体处理过程中施加RF功率至所述环形电极减少在所述衬底的所述边缘区域的离子轨迹远离所述衬底的上表面的法线的偏斜。

9. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中所述环形电极具有约5至28mm的径向宽度。

10. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中所述环形电极具有约0.5mm至5mm的厚度。

11. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中,所述环形电极由多个同心电极定义,所述多个同心电极中的每个被电连接到所述第二RF功率源。

12. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中所述环形电极由导电材料制成的网状结构定义。

13. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中所述环形电极与所述边缘环一体化。

14. 根据权利要求1所述的边缘环组件,其中所述环形电极具有与所述边缘环的径向宽度至少一样宽的径向宽度。

15. 一种用于等离子体处理的系统,其包括:

处理室;

静电卡盘(ESC),其设置在所述处理室中,所述静电卡盘具有被配置成在等离子体处理

过程中支撑衬底的上表面,所述静电卡盘还包括围绕所述上表面的环形台阶,所述环形台阶限定在低于所述上表面的高度的环形架,所述环形架配置成容纳边缘环组件,所述边缘环组件包括构造成围绕所述静电卡盘的边缘环,设置在所述边缘环下方的环形电极,以及设置在所述环形电极的下方且在所述环形架上方的电介质环;

偏置电极,其布置在所述ESC中,所述偏置电极配置成接收来自第一RF功率源的RF功率,以在所述衬底上产生偏压;

多个绝缘连接件,其设置成通过所述ESC,所述多个绝缘连接件配置成被设置为通过所述电介质环,所述多个绝缘连接件中的每个配置成提供第二RF功率源和所述环形电极之间的电连接。

16.根据权利要求15所述的系统,其中所述多个绝缘连接件中的每个是由同轴连接件定义的。

17.根据权利要求15所述的系统,其中所述多个绝缘连接件被配置成将所述第二RF功率源与所述第一RF功率源隔离。

18.一种用于等离子体处理的系统,其包括:

处理室;

静电卡盘(ESC),其设置在所述处理室中,所述ESC具有被配置成在等离子体处理过程中支撑衬底的上表面,所述ESC还包括围绕所述上表面的环形台阶,所述环形台阶限定在低于所述上表面的高度处的环形架,所述环形架配置成容纳边缘环组件,所述边缘环组件包括配置成围绕所述ESC的边缘环,所述边缘环组件还包括电介质环;

布置在所述ESC中的偏置电极,所述偏置电极配置成接收来自第一RF功率源的RF功率,以在所述衬底上产生偏压;

布置在所述ESC中的环形电极,所述环形电极被布置在所述ESC的所述上表面的外周区域下方;和

设置成通过所述ESC的多个绝缘连接件,所述多个绝缘连接件中的每个配置成提供第二RF功率源和所述环形电极之间的电连接;

其中所述电介质环被布置在所述环形电极的下方且在所述环形架的上方。

19.根据权利要求18所述的系统,其中所述环形电极和所述多个绝缘连接件被配置成将所述第二RF功率源与所述第一RF功率源隔离。

20.根据权利要求18所述的系统,其中当所述衬底存在于所述ESC的所述上表面时,所述环形电极的第一部分被布置在所述衬底下方,并且其中所述环形电极的第二部分径向延伸超过所述衬底的直径。

21.根据权利要求18所述的系统,其中所述第一RF功率源和所述第二RF功率源被配置为以预定的相位角差提供各自的RF功率。

通过等离子体操作调节极端边缘鞘和晶片轮廓

技术领域

[0001] 本发明的实施方式涉及半导体晶片处理设备工具,更具体地涉及在等离子体处理室中使用的边缘环组件。

背景技术

[0002] 尽管在追求整个晶片的均匀性方面有进展,但在晶片的边缘和极端边缘区域的蚀刻特性仍然是一个挑战。管芯的至少10%在晶片的该区域受到影响,并且考虑每个管芯的成本增加,经济上的影响可能是特别显著的。远边效应(例如在沿着300mm晶片的半径140-150mm处)具有约1-5mm的边缘排除区是目前为了实现晶片内的均匀性而在制造方面积极奋斗的重点。

[0003] 由于大多数工艺往往是传输驱动的,因而蚀刻性能取决于晶片的特定区域上方的等离子体成分,并且在任何等离子体源中将固有地有一些非均匀性并且是从室壁产生的。由于从造成电学和化学的不连续性的“有限晶片尺寸”造成的不连续性,因此在晶片边缘的中性和离子的等离子体物质成分与晶片的中心相比往往是不同的。再加上在中性通量的梯度,在晶片极端边缘的蚀刻特性与晶片的其余部分会有很大不同。

[0004] 由于从偏置表面到接地或浮置的表面的变化,因而在晶片边缘产生电压梯度。伴随着晶片和室材料(特别是边缘环)之间不同的电性能,结果是鞘弯曲和非法向的离子通量和离子聚焦朝向晶片。这对蚀刻特征造成不期望有的影响,其通过特征偏斜和/或临界尺寸(CD)变化表现为不均匀性。

[0005] 目前的在反应性离子蚀刻室中具有不同电导程度的电介质边缘环(例如由Lam Research Corporation制造的Kiyo®系列处理室)被用来防止静电卡盘(ESC)暴露于处理等离子体,并由于材料性质改变而固有地产生在晶片边缘附近的电不连续性。不存在附加的调谐旋钮用于减轻由于这种在电性能中的不连续性导致的等离子体鞘的弯曲所造成的离子聚焦和离子轨迹,因而特征偏斜的问题以及CD不均匀性持续存在。

[0006] 正是在这个背景下产生本发明的实施方式。

发明内容

[0007] 本发明的实现方式提供方法、装置和系统,以能实现和获取对在晶片极端边缘的等离子体鞘的控制以促进边缘局部的离子轨迹控制,从而提供在通常范围为从约120-150mm(沿着300mm晶片半径)的晶片极端边缘以及在更远处(具有范围为从约0-5mm的边缘排除区)的晶片轮廓的调谐。实现对离子轨迹的控制和使由于鞘在晶片边缘附近弯曲引起的离子聚焦效应最小化,不仅可以操纵朝向晶片的离子轨迹,而且可以操纵离子与中性物质的通量比(即离子比蚀刻剂和/或离子比钝化剂)。因此,也可优化另外的调谐参数以减少技术节点,另外的调谐参数如温度(例如,边缘环和静电卡盘(ESC)(例如由朗姆研究公司制造的HydraUniformity System)的温度)和钝化剂梯度轮廓(如RTC)的临界尺寸均匀性(CDU)。

[0008] 在一些实现方式中,对离子通量和轨迹的晶片极端边缘的控制是通过RF供电的边缘环来实现的,其中电极被嵌入围绕晶片的边缘环内,并在低的RF频率(在低频下高电压)供电。通过在嵌入电极上使用足够高的控制电压,在晶片极端边缘附近的等离子体鞘边界可以通过在边缘环上能实现鞘连续性来修改。由于低频RF供电的边缘环造成的修改的鞘边界的存在降低在晶片边缘的离子偏斜和离子聚焦。

[0009] 在一种实现方式中,提供了一种用于等离子体处理室的边缘环组件,其包括:被配置成围绕静电卡盘(ESC)的边缘环,所述ESC被配置用于与第一RF功率源的电连接,所述ESC具有用于支撑衬底的上表面和围绕所述上表面的环形台阶,所述环形台阶限定低于所述上表面的环形架;设置在所述边缘环的下方且在所述环形架的上方的环形电极;设置在所述环形电极下方用于将环形电极与所述ESC隔离的电介质环,所述电介质环布置在所述环形架的上方;以及设置通过所述ESC和通过所述电介质环的多个绝缘连接件,所述多个绝缘连接件中的每个提供第二RF功率源和所述环形电极之间的电连接。

[0010] 在一个实现方式中,所述多个绝缘连接件中的每个由同轴连接件定义。

[0011] 在一个实现方式中,所述多个绝缘连接件中被配置成将第二RF功率源与第一RF功率源隔离。

[0012] 在一个实现方式中,边缘环具有上表面,所述边缘环的上表面具有限定在边缘环的内径处的台阶边缘,该台阶边缘的下部被配置成位于低于ESC的上表面的高度处,使得当衬底存在时在台阶边缘的下部上延伸。

[0013] 在一个实现方式中,环形电极的至少一部分被设置在边缘环的台阶边缘的下方。

[0014] 在一个实现方式中,在等离子体处理过程中施加RF功率到环形电极导致在等离子体处理过程中定义的等离子体鞘在大致被限定于边缘环上方的空间区域内径向延伸。

[0015] 在一个实现方式中,在等离子体处理过程中施加RF功率到环形电极减少在衬底的边缘区域的离子聚焦。

[0016] 在一个实现方式中,在等离子体处理过程中施加RF功率至所述环形电极减少在所述衬底的所述边缘区域的离子轨迹远离所述衬底的上表面的法线的偏斜。

[0017] 在一个实现方式中,环形电极具有约5至28mm的径向宽度。

[0018] 在一个实现方式中,环形电极具有约0.5mm至5mm的厚度。

[0019] 在一个实现方式中,环形电极由多个同心电极所定义,所述多个同心电极中的每一个电连接到第二RF功率源。

[0020] 在一个实现方式中,环形电极由导电材料制成的网状结构所定义。

[0021] 在一个实现方式中,环形电极被与边缘环一体化。

[0022] 在一个实现方式中,环形电极具有与边缘环的径向宽度至少一样宽的径向宽度。

[0023] 在另一实现方式中,提供了一种用于等离子体处理的系统,其包括处理室;静电卡盘(ESC),其设置在所述处理室中,所述ESC具有被配置成在等离子体处理过程中支撑衬底的上表面,所述ESC还包括围绕所述上表面的环形台阶,所述环形台阶定义在低于所述上表面的高度处的环形架,所述环形架配置成容纳边缘环组件,所述边缘环组件包括配置成围绕所述静电卡盘的边缘环,设置在所述边缘环下方的环形电极,以及设置在所述环形电极的下方且在所述环形架上方的电介质环;偏置电极,其布置在所述ESC中,所述偏置电极配置成接收来自第一RF功率源的RF功率,以在所述衬底上产生偏压;多个绝缘连接件,其设置成

通过所述ESC，所述多个绝缘连接件配置成设置通过所述电介质环，所述多个绝缘连接件中的每个配置成提供第二RF功率源和所述环形电极之间的电连接。

[0024] 在一个实现方式中，所述多个绝缘连接件中的每个是由同轴连接件定义的。

[0025] 在一个实现方式中，所述多个绝缘连接件被配置成将所述第二RF功率源与所述第一RF功率源隔离。

[0026] 在另一实现方式中，提供了一种用于等离子体处理的系统，所述系统包括处理室；静电卡盘(ESC)，其设置在所述处理室中，所述ESC具有被配置成在等离子体处理过程中支撑衬底的上表面，所述ESC还包括围绕所述上表面的环形台阶，所述环形台阶限定在低于所述上表面的高度处的环形架，所述环形架配置成容纳边缘环组件，所述边缘环组件包括配置成围绕所述ESC的边缘环，所述边缘环组件还包括电介质环；布置在所述ESC中的偏置电极，所述偏置电极配置成接收来自所述第一RF功率源的RF功率，以在所述衬底上产生偏压；布置在所述ESC中的环形电极，所述环形电极被布置在所述ESC的所述上表面的外周区域下方；和设置成通过所述ESC的多个绝缘连接件，所述多个绝缘连接件中的每个配置成提供第二RF功率源和所述环形电极之间的电连接；其中所述电介质环被布置在所述环形电极的下方且在所述环形架的上方。

[0027] 在一个实现方式中，所述环形电极和所述多个绝缘连接件被配置成将所述第二RF功率源与所述第一RF功率源隔离。

[0028] 在一个实现方式中，当所述衬底存在于所述ESC的所述上表面时，所述环形电极的第一部分被布置在所述衬底下方，并且其中所述环形电极的第二部分径向延伸超过所述衬底的206直径。

[0029] 在一个实现方式中，所述第一RF功率源和所述第二RF功率源被配置为以预定的相位角差提供各自的RF功率。相位角差可以被动态调整，以实现期望的离子通量和其导致的蚀刻轮廓。

[0030] 具体而言，本发明的一些方面可以阐述如下：

[0031] 1. 一种用于等离子体处理室的边缘环组件，其包括：

[0032] 边缘环，其被配置成围绕静电卡盘(ESC)，所述静电卡盘被配置用于与第一RF功率源的电连接，所述静电卡盘具有用于支撑衬底的上表面和围绕所述上表面的环形台阶，所述环形台阶限定低于所述上表面的环形架；

[0033] 设置在所述边缘环下方且在所述环形架上方的环形电极；

[0034] 电介质环，其设置在所述环形电极下方以用于将所述环形电极与所述静电卡盘隔离，所述电介质环布置在所述环形架上方；和

[0035] 多个绝缘连接件，其设置成通过所述静电卡盘和通过所述电介质环，所述多个绝缘连接件中的每个提供第二RF功率源和所述环形电极之间的电连接。

[0036] 2. 根据条款1所述的边缘环组件，其中所述多个绝缘连接件中的每个由同轴连接件定义。

[0037] 3. 根据条款1所述的边缘环组件，其中所述多个绝缘连接件被配置成将所述第二RF功率源与所述第一RF功率源隔离。

[0038] 4. 根据条款1所述的边缘环组件，其中所述边缘环具有上表面，所述边缘环的所述上表面具有限定在所述边缘环的内径处的台阶边缘，所述台阶边缘的下部被配置成位于低

于所述ESC的所述上表面的高度,使得所述衬底在存在时在所述台阶边缘的所述下部上方延伸。

[0039] 5.根据条款4所述的边缘环组件,其中所述环形电极的至少一部分被布置在所述边缘环的所述台阶边缘下方。

[0040] 6.根据条款1所述的边缘环组件,其中在等离子体处理过程中施加RF功率至所述环形电极导致在所述等离子体处理过程中限定的等离子体鞘大致在所述边缘环的上方限定的空间区域径向延伸。

[0041] 7.根据条款6所述的边缘环组件,其中在等离子体处理过程中施加RF功率至所述环形电极减少在所述衬底的边缘区域的离子聚焦。

[0042] 8.根据条款7所述的边缘环组件,其中在等离子体处理过程中施加RF功率至所述环形电极减少在所述衬底的所述边缘区域的离子轨迹远离所述衬底的上表面的法线的偏斜。

[0043] 9.根据条款1所述的边缘环组件,其中所述环形电极具有约5至28mm的径向宽度。

[0044] 10.根据条款1所述的边缘环组件,其中所述环形电极具有约0.5mm至5mm的厚度。

[0045] 11.根据条款1所述的边缘环组件,其中,所述环形电极由多个同心电极定义,所述多个同心电极中的每个被电连接到所述第二RF功率源。

[0046] 12.根据条款1所述的边缘环组件,其中所述环形电极由导电材料制成的网状结构定义。

[0047] 13.根据条款1所述的边缘环组件,其中所述环形电极与所述边缘环一体化。

[0048] 14.根据条款1所述的边缘环组件,其中所述环形电极具有与所述边缘环的径向宽度至少一样宽的径向宽度。

[0049] 15.一种用于等离子体处理的系统,其包括:

[0050] 处理室;

[0051] 静电卡盘(ESC),其设置在所述处理室中,所述静电卡盘具有被配置成在等离子体处理过程中支撑衬底的上表面,所述静电卡盘还包括围绕所述上表面的环形台阶,所述环形台阶限定在低于所述上表面的高度的环形架,所述环形架配置成容纳边缘环组件,所述边缘环组件包括构造成围绕所述静电卡盘的边缘环,设置在所述边缘环下方的环形电极,以及设置在所述环形电极的下方且在所述环形架上方的电介质环;

[0052] 偏置电极,其布置在所述ESC中,所述偏置电极配置成接收来自第一RF功率源的RF功率,以在所述衬底上产生偏压;

[0053] 多个绝缘连接件,其设置成通过所述ESC,所述多个绝缘连接件配置成被设置为通过所述电介质环,所述多个绝缘连接件中的每个配置成提供第二RF功率源和所述环形电极之间的电连接。

[0054] 16.根据条款15所述的系统,其中所述多个绝缘连接件中的每个是由同轴连接件定义的。

[0055] 17.根据条款15所述的系统,其中所述多个绝缘连接件被配置成将所述第二RF功率源与所述第一RF功率源隔离。

[0056] 18.一种用于等离子体处理的系统,其包括:

[0057] 处理室;

[0058] 静电卡盘(ESC),其设置在所述处理室中,所述ESC具有被配置成在等离子体处理过程中支撑衬底的上表面,所述ESC还包括围绕所述上表面的环形台阶,所述环形台阶限定在低于所述上表面的高度处的环形架,所述环形架配置成容纳边缘环组件,所述边缘环组件包括配置成围绕所述ESC的边缘环,所述边缘环组件还包括电介质环;

[0059] 布置在所述ESC中的偏置电极,所述偏置电极配置成接收来自所述第一RF功率源的RF功率,以在所述衬底上产生偏压;

[0060] 布置在所述ESC中的环形电极,所述环形电极被布置在所述ESC的所述上表面的外周区域下方;和

[0061] 设置成通过所述ESC的多个绝缘连接件,所述多个绝缘连接件中的每个配置成提供所述第二RF功率源和所述环形电极之间的电连接;

[0062] 其中所述电介质环被布置在所述环形电极的下方且在所述环形架的上方。

[0063] 19.根据条款18所述的系统,其中所述环形电极和所述多个绝缘连接件被配置成将所述第二RF功率源与所述第一RF功率源隔离。

[0064] 20.根据条款18所述的系统,其中当所述衬底存在于所述ESC的所述上表面时,所述环形电极的第一部分被布置在所述衬底下方,并且其中所述环形电极的第二部分径向延伸超过所述衬底的直径。

[0065] 21.根据条款18所述的系统,其中所述第一RF功率源和所述第二RF功率源被配置为以预定的相位角差提供各自的RF功率。

附图说明

[0066] 图1A根据本发明的一个实施方式示出了用于蚀刻操作的等离子体处理系统100的构造图。

[0067] 图1B根据本发明的一个实施方式示出了等离子体处理系统100的设计图。

[0068] 图2A根据本发明的实现方式概念性地示出了被配置为设置在等离子体处理室中的静电卡盘(ESC)和边缘环组件的横截面。

[0069] 图2B-1根据本发明的实现方式示出了ESC和边缘环组件的放大剖视图。

[0070] 图2B-2根据本发明的实现方式示出了ESC和边缘环组件的剖视图。

[0071] 图2C根据本发明的实现方式示出了边缘环和ESC的横截面。

[0072] 图2D根据本发明的实现方式示出了边缘环和ESC的横截面。

[0073] 图2E根据本发明的实现方式示出了具有嵌入其中的多个同心电极的边缘环的横截面。

[0074] 图3A根据本发明的实现方式概念性地示出了在等离子体处理操作过程中产生的等离子体鞘。

[0075] 图3B根据本发明的实现方式概念性地示出了在等离子体处理操作过程中产生的等离子体鞘。

[0076] 图4A、4B、4C、4D和4E根据本发明的实现方式示出了经历等离子体处理的衬底的边缘区域的横截面视图。

[0077] 图5A根据图4A-4E的实现方式示出了Ar离子通量与沿着衬底的上表面的径向位置的关系的曲线图。

[0078] 图5B根据图4A-4E的实现方式示出了针对约13至15厘米范围内的径向位置Ar离子通量与沿着衬底的径向位置的关系曲线(靠近直径300mm衬底的边缘)。

[0079] 图6根据本发明的实现方式示出了针对边缘环的环形电极的不同的施加电压的归一化的蚀刻速率与沿300mm的晶片径向位置的关系曲线。

[0080] 图7根据本发明的实现方式示出了边缘环和基座/ESC。

[0081] 图8根据本发明的实现方式概念性地示出了被配置为设置在等离子体处理室中的静电卡盘(ESC)和边缘环的横截面。

[0082] 图9根据本发明的实现方式概念性地示出了被配置为设置在等离子体处理室中的静电卡盘(ESC)和边缘环的横截面。

[0083] 图10根据本发明的实现方式示出了施加到ESC的功率和施加到环形电极的功率之间的不同的相位差的影响。

[0084] 图11A根据本发明的实现方式示出了边缘环组件的剖视图。

[0085] 图11B和11C根据本发明的实现方式示出了等离子体处理室的碗状下部的内部视图。

[0086] 图12A根据本发明的实现方式示出了边缘环组件的横截面。

[0087] 图12B根据本发明的实现方式示出了边缘环组件的横截面。

[0088] 图13根据本发明的实现方式示出了HBr等离子体工艺的蚀刻速率轮廓。

[0089] 图14示出了用于控制本发明的系统的控制模块1000。

具体实施方式

[0090] 本发明的实施方式提供用于通过边缘局部化的离子轨迹控制和等离子体操作使极端边缘鞘和晶片轮廓能调谐的方法、装置和系统。应当理解的是，这些实施方式可以以多种方式来实现，多种方式诸如过程、装置、系统、设备、或方法。若干实施方式在下面描述。

[0091] 在一些实施方式中，对离子通量和轨迹的晶片极端边缘控制是通过RF供电的边缘环组件实现的，其中电极被嵌入在围绕晶片或静电卡盘(ESC)陶瓷的极端边缘的边缘环组件内并以低RF频率(例如400kHz, 2MHz-约13.56MHz)对电极供电。电极可制造在边缘环内部，或者可以夹在电介质之间，只要该电极与ESC电隔离并提供有可与在ESC上的RF功率独立地控制的RF功率。如在下面进一步详细讨论的，可以通过可在ESC的外周限定的馈送件来提供RF功率。

[0092] 通过在嵌入式电极上使用足够高的电压，在晶片极端边缘附近的等离子体鞘边界可以通过使得在边缘环上能实现鞘连续性来修改。由于RF供电的边缘环造成的修改的鞘边界的存在，因而减少了在晶片边缘的离子偏斜和离子聚焦。施加RF电压在嵌入电极上可以与供给到ESC的主RF源同相位或可以具有相位差。利用两个RF电压之间的相位差将在晶片边缘附近产生横向电场，从而可导致以控制在晶片极端边缘的离子轨迹的方式来修改鞘。

[0093] RF供电的边缘环组件被布置在围绕ESC的区域中，使得在晶片边缘和邻近晶片边缘的等离子体会受到影响。对等离子体的影响可以协助提供在边缘排除区附近的区域以及在晶片的物理边缘外的区域上的等离子体鞘的均匀性和连续性。向排除区提供均匀性且包括所述排除区的优点在于较多的可用的集成电路可以按每个晶片来定义，从而提高制造产量。

[0094] 通过采用低RF频率实现高电压,而通过使用较高的RF频率可以实现高密度的等离子体。在晶片极端边缘产生局部钝化物质的情况下,可以设计出具有高RF频率 $\geq 27\text{MHz}$ (尽管这可能并非始终是理想的)的供电边缘环。特别针对电压控制和修改鞘边界,可利用在较低的范围内的RF频率(400kHz-13.56MHz)。在其他实施方式中,延伸的ESC的陶瓷台阶可被用于容纳嵌入的电极,使得电极和边缘环外周之间有径向重叠以操纵在晶片边缘上的鞘。

[0095] 晶片极端边缘控制通过控制在边缘环上的电压并影响在晶片极端边缘的电容耦合的低频RF供电边缘环是可行的。这提供了减轻在晶片极端边缘的电学和化学不连续性的影响的技术优点。

[0096] 图1A根据本发明的一个实施方式示出了用于蚀刻操作的等离子体处理系统100的构造图。图1B根据本发明的一个实施方式示出了等离子体处理系统100的设计图。系统100包括室101,室101包括ESC 103和电介质窗口107。虽然在图1B的实施方式中的ESC 103受到室101的一侧延伸的侧臂支撑,但可以理解,ESC 103也可以经由从室101的底部延伸或穿过下侧开口的支撑件从底部支撑。此外,RF功率可以从ESC 103的底部供给到ESC 103,而该RF功率可被对称地输送到ESC 103。ESC 103被定义成在等离子体处理操作期间支撑衬底105。在本文中提及的衬底,表示但不限于,半导体晶片、硬盘驱动器、光盘、玻璃衬底、平板显示表面、液晶显示表面、在半导体器件制造过程中存在的基本上任何其它类型的衬底。在一个实施方式中,ESC 103是用于支撑和保持衬底105的静电ESC。在另一实施方式中,ESC 103被定义为通过物理约束保持衬底105。ESC 103包括所连接的一个或多个偏置电极104(以下称为偏置电极104)以通过偏置匹配电路113和离子能量和角分布函数(IEADF)控制电路115从偏置RF功率源111接收射频(RF)功率。如由电连接119A和119B所示的,偏置RF功率源111连接在基准接地电势117和偏置匹配电路113之间。如由电连接件119C所指示的,偏置匹配电路113电连接到IEADF控制电路115,IEADF控制电路115进而电连接到偏置电极104。

[0097] ESC 103包括夹持电极(未示出),以使衬底105能被夹持和脱夹。而且,在本实施方式中,设置滤波器和直流(DC)夹持功率源以通过夹持电极实现将衬底105静电夹持至ESC 103。另外,ESC 103可包括其它控制系统,例如升降销或类似物,以接收衬底105,使衬底105降低到ESC 103,并使衬底105提升离开ESC 103。此外,尽管未示出,泵被连接到室101,以提供对室101内的压强的控制,以及用于在等离子体处理操作期间从该室101排出气态副产物。

[0098] 在各种实施方式中,电介质窗口107由电介质材料所定义,电介质材料例如陶瓷材料或石英等。应当理解,在其他实施方式中,电介质窗口107可以由其它电介质材料来定义,只要电介质窗口107能够承受在室101内的在等离子体处理操作期间它暴露于其中的条件即可。在一些等离子体处理操作中,室101在约50摄氏度($^{\circ}\text{C}$)延伸至约120 $^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内的升高的温度下工作。在一般情况下,室101内的温度将取决于所执行的特定蚀刻工艺。此外,室101可以在从约1毫托(mT)延伸至约100mT的压强范围内的减压条件下工作。

[0099] 系统100还包括设置在室101外面的电介质窗口107上方的TCP(变压器耦合等离子体)线圈109。TCP线圈109经由TCP匹配电路123连接以接收来自TCP RF功率源121的RF功率。具体而言,TCP RF功率源121被电连接在基准接地电势125和TCP匹配电路123之间,如通过电连接件127A和127B所指示的。TCP匹配电路123被电连接在TCP RF功率源121和TCP线圈109之间,如通过电连接件127B和127C所指示的。TCP匹配电路123被定义为控制通到TCP线

圈109的RF功率输送路径的阻抗,以提供RF功率至TCP线圈109的有效输送。

[0100] 在等离子体处理操作期间,使工艺气体流入室101,使RF功率从TCP RF功率源121供应到TCP线圈109。传送通过TCP线圈109的RF功率诱导室101中的电磁电流,电磁电流作用在工艺气体上,以产生等离子体129。以这种方式,TCP线圈109充当变压器的初级线圈,而等离子体129充当变压器的次级线圈。等离子体129包括反应性组分,例如自由基和离子(正和负),其作用是在与衬底105接触时从衬底105去除(即,蚀刻)材料。

[0101] 应当理解的是,当室101被安装在生产设施中时,室101被耦接到系统,所述系统构造成:供给工艺气体至室101,从室101排出工艺气体和副产物,监测和控制室101内的压强,监测和控制室101内的温度,以及环境颗粒控制。此外,应该理解的是,室101可以耦接到输送室,输送室被限定成确保:自动传送衬底105到室101中以及自动将衬底105从室101移除。

[0102] 在操作期间,RF功率经由偏置匹配电路113和IEADF控制电路115从偏置RF功率源111传送至偏置电极104,以产生并控制存在于衬底105上的直流(DC)偏压,其进而控制施加在存在于在衬底105上方产生的等离子体129内的离子群体上的力。传送至偏置电极104的RF功率对应于施加到偏置电极104的RF偏压。作为经由偏置匹配电路113和IEADF控制电路115施加来自偏置RF功率源111的RF功率至偏置电极104的结果,在衬底105上建立的DC偏压和施加到偏置电极104上的RF偏压两者同时存在。因此,偏置RF功率源内的IEADF控制电路115影响衬底105上的DC偏压和偏置电极104上的RF偏压两者。

[0103] 直流偏压是在衬底105上的特定点的平均离子能量的代表。由于发生衬底105带电,因而在衬底105上建立DC偏压。IEADF控制电路115控制以脉冲偏置RF功率供给模式产生直流偏压的速率。在连续波(CW)偏置RF功率供给模式中,在衬底105上的DC偏压被允许达到稳态。因此,在CW偏置RF功率供给模式中,IEADF控制电路115对衬底105上的DC偏压的作用是不相关的。此外,应该理解的是,在等离子体129鞘边缘看到的RF波形(在偏置匹配电路113和在ESC 103的所有电容层之后)将通过IEADF控制电路115控制。并且,由于离子加速朝向衬底105,离子对在等离子体129鞘边缘的RF波形的响应相应地填充IEADF。

[0104] 在各种实施方式中,RF功率源111可以被定义为包括单个RF产生器或多个RF产生器。此外,RF功率源111可被定义为产生在一个或多个频率的RF功率。并且,在多个RF产生器的情况下,RF功率源111可同时产生在多个频率下的RF功率。偏置匹配电路113被定义为控制通到偏置电极104的RF功率传送路径的阻抗,以提供RF功率到偏置电极104的高效率输送。

[0105] 室101利用由RF功率源111产生的在不同的频率下的RF偏置功率,以产生并控制在等离子体处理操作期间到达衬底105的暴露表面的具能离子群体。取决于正在执行的特定蚀刻应用,控制在各种能量和相关的离子能量和角分布函数(IEADF)的离子群体的一部分到达衬底105会是重要的。可以利用偏置RF功率源111的脉冲,即,偏置脉冲,以产生在衬底105上的IEADF。偏置脉冲操作导致来自各种能量的离子群体朝向衬底105输送持续与所供给的偏置RF功率的脉冲重复频率(PRF)和脉冲占空比(D.C.)相关联的时间段。然而,在偏置脉冲操作期间控制IEADF(衬底105被暴露于该IEADF)以在衬底105上获得特定的等离子体处理结果。根据本发明的各种实施方式,IEADF电路115被限定和操作以控制在偏置脉冲操作期间的IEADF,从而控制衬底105被暴露于其中的低能和高能离子群体。

[0106] 如所讨论的,偏置RF功率从偏置RF功率源111供给,通过偏置匹配电路113,通过

IEADF电路115到达偏置电极104。偏置RF功率从偏置电极104通过等离子体129传送到室101的被电接地的周围结构。偏置匹配电路113内的电路元件提供阻抗匹配以使偏置RF功率能有效输送通过等离子体129。偏置RF功率源111可以在连续波偏置RF功率源模式或脉冲偏置RF功率源模式下操作。

[0107] 图2A根据本发明的实施方式概念性地示出了被配置为设置在等离子体处理室中的静电卡盘(ESC)和边缘环的横截面。在图示的实施方式中，ESC 103具有被配置为在等离子体处理过程中支撑衬底(未示出)的上表面130。还示出了被设置在ESC 103的上表面130的下方的偏置电极104。偏置电极104接收来自偏置RF功率源111的RF功率。在一些实施方式中，偏置RF功率源111在13.56MHz的频率下操作，但在其他实施方式中，偏置RF功率源111可在其他的适合于正在执行的等离子体处理的频率下进行操作。

[0108] ESC 103具有限定环形架134的环形台阶132。环形架134的高度比ESC 103的上表面130的高度低。边缘环组件200至少部分地位于由环形台阶132所限定的环形架134上方。

[0109] 在图示的实施方式中，边缘环组件200包括从RF源/产生器204接收功率的环形电极202。在一些实施方式中，环形电极202被完全封装/嵌入边缘环组件200内。即，在等离子体处理期间环形电极202的表面不暴露于室的环境。在一些实施方式中，环形电极202被定义为由导电材料(例如铜、铝、导电性合金，等)的固体零件构成的单一环形结构。在这样的实施方式中，环形电极202可具有平坦的环形结构。

[0110] 虽然在上述实施方式的环形电极202可以具有连续的固体环形结构，但应当理解，在其它实施方式中，环形电极202可以具有其他类型的结构，例如由一些径向部分组成的非周向连续的环形结构，遍布有孔的多孔结构，网状结构，导电线/带/等的交织结构，限定多个相互连接的元件的格栅状结构(例如，一些具有相互连接件的同心环形元件)，等。

[0111] 在一些实施方式中，多个同心布置的环形电极被嵌入边缘环组件200。每个环形电极可以由相同的RF源/产生器204供电，或由独立的RF源/产生器供电。此外，每个电极的RF功率可以被单独调谐，并且可以在不同的电压/频率下供电。

[0112] 如上所述，在一个实施方式中，偏置电极104在13.56MHz的频率下供电。环形电极202可以与偏置电极104在相同的频率(在当前实施例中为13.56MHz)下供电，或在不同的频率(例如0.4MHz、1MHz、2MHz、27MHz、60MHz，等等)下供电。此外，施加到偏置电极104的RF功率可以是连续波或脉冲式的。当施加到偏置电极104的RF功率是连续波时，施加到环形电极202的RF功率也应该是连续波。当施加到偏置电极104的RF功率是脉冲式时，然后施加到环形电极202的RF功率可以是脉冲式的或连续波。

[0113] 继续参考图2A，还示出的是被限定在ESC 103中并穿过ESC 103的边缘环RF馈送件206。边缘环RF馈送件206电连接到RF源204，并且被配置为将来自RF源204的RF功率输送至边缘环组件200，并且更具体地输送至布置在边缘环组件200内的环形电极202。虽然示出了单个边缘环RF馈送件206，但是应当理解，可以在ESC 103内布置有若干这样的RF馈送构件。在一些实施方式中，多个边缘环RF馈送构件围绕ESC 103对称布置。边缘环RF馈送件可以由被配置为提供与ESC 103电隔离的绝缘的同轴连接件定义。

[0114] 在一个实施方式中，边缘环RF馈送件206被配置成延伸通过ESC103，并通过在边缘环组件200中限定的通孔(下面进一步描述)以连接到环形电极202。

[0115] 在一个实施方式中，边缘环RF馈送件206延伸到环形架134，在环形架134中，边缘

环RF馈送件206与连接到环形电极202的另一个连接件进行连接。应该理解的是，由于可以有若干边缘环RF馈送件206，因此同样可以存在若干这样的相应的连接点。边缘环RF馈送件206应该不受ESC 103的其余部分影响，因此，在一些实施方式中，边缘环RF馈送件206被绝缘和/或被定义为同轴连接件/电缆。

[0116] 图2B-1根据本发明的实施方式示出了边缘环组件200的放大横截面图。在一些实施方式中，边缘环组件200包括边缘环210，边缘环210具有上表面214，以及被设置在边缘环210下方的电介质环211。部分212被进一步设置在电介质环211的下方。环形电极202被设置在边缘环210和电介质环211之间。

[0117] 广义地说，边缘环210具有从内径(标号220)到外径(标号222)延伸的环形结构。边缘环210的内径可以比衬底/晶片105的直径小或大。台阶边缘232限定在边缘环210的内径处，并且限定了从边缘环210的上表面213下降的台阶。台阶边缘232的下部233被定义为在低于ESC 103的上表面130的高度，从而使衬底105在下部233上方延伸。下部233和上表面213之间的高度差限定为在图示的实施方式中所示的口袋深度D₁。在一些实施方式中，口袋深度D₁在约2.5至3mm的范围内。在一些实施方式中，口袋深度D₁为约2.75mm。在一些实施方式中，口袋深度D₁在约0.7至4.5mm的范围内。将可以理解，在各种实施方式中，边缘环组件200的各部分可以由如石英、SiC等材料制成。

[0118] 环形电极202嵌入边缘环210的环形结构内。应该理解的是，在不同的实施方式中环形电极202的尺寸可以变化。如在所示实施方式中根据一些实施方式，所述的环形电极202具有约5至28毫米(mm)的径向宽度(W₁) (从电极的内径至电极的外径的径向距离)。在一些实施方式中，环形电极202具有约10至20mm的径向宽度(W₁)。在一些实施方式中，环形电极202具有约10至15mm的径向宽度(W₁)。在各种实施方式中，环形电极202的内径226可以等于或大于边缘环210的内径220。在各种实施方式中，环形电极202的外径228可以等于或小于边缘环210的外径222。因此，环形电极202的径向宽度W₁可以小于或等于边缘环210的径向宽度W₂。

[0119] 在一些实施方式中，环形电极202被定义为具有至少约10至15mm的最小径向宽度(W₁)。最小径向宽度可被限定成提供在边缘环210上方的等离子体鞘的期望的延伸水平。

[0120] 在一些实施方式中，环形电极202的厚度为约0.5mm至10mm。在一些实施方式中，环形电极202的厚度为约0.75mm至5mm。在一些实施方式中，环形电极202的厚度为约2至3mm。在图示的实施方式中，环形电极202可具有等于边缘环(标号220)的内径的最小内径，环形电极202可具有等于边缘环(标号222)的外径的最大外径。

[0121] 此外，在各种实施方式中，环形电极202的上表面的高度可以在ESC 103的上表面130的高度处、上方或下方。在一些实施方式中，环形电极202的上表面的高度被配置成在ESC 103的上表面130的高度的上方或下方0至5mm处。在其他实施方式中，环形电极202的上表面的高度可以参考衬底(当放置在ESC 103的上表面130上时)的上表面来定义，以及环形电极202的上表面的高度可以被配置为在衬底105的上表面的高度处、上方或下方。在一些实施方式中，环形电极202的上表面的高度处于边缘环210的上表面213下方深度D₂处。在一些实施方式中，电极深度D₂在约3到6mm的范围内。在一些实施方式中，电极深度D₂在约4至5mm的范围内。在一些实施方式中，电极深度D₂为4.5mm。

[0122] 环形电极202的一部分可设置在边缘环210的台阶边缘232下方。因此，环形电极

202的一部分也可设置在衬底105的一部分下方。在这样的实施方式中，环形电极202的内径(标号226)小于衬底105的直径(标号244)，使得在环形电极202和衬底105之间存在径向重叠(ROL)。在一些实施方式中，环形电极202与衬底105之间的ROL在0至3mm的范围内。在其他实施方式中，ROL的最小量被定义为在约0至3mm的范围内。

[0123] 相关的尺寸是环形电极202超出衬底直径(标号224)的径向延伸(RE)。在一些实施方式中，RE在5至25mm的范围内。在其他实施方式中，RE被定义为具有在约5至10mm的范围内的最小值。

[0124] 在一些实施方式中，环形电极202被连接到连接件209，连接件209终止于沿着电介质环211的下表面216设置的接触件208。应该理解的是，电介质环211的下表面216被配置为放置在室101的ESC 103的环形架134上方。连接件209可以被配置为从环形电极202向下延伸至在下表面216的接触件208。接触件208与沿着ESC 103的环形架134放置并终止边缘环RF馈送件206的相应接触件207配合。连接件209和边缘环RF馈送件206两者都可被定义为绝缘的同轴连接件。应该理解的是，接触件207和208可同样被定义为提供各连接件206和209的内部导体与管状屏蔽导体的配合的同轴接触件。接触件可以由任何提供高电导的RF功率的材料来定义，材料包括铜、铝、银、金等。接触件可被定义成提供向外的压力，以保证接触件之间合适的表面与表面的接触。例如，当与另一个接触件不通过接口连接时，接触件可显示出从表面(例如，环形架134或下表面216)突起。

[0125] 图2B-2根据本发明的实施方式示出了ESC和边缘环组件的剖视图。在图示的实施方式中，边缘环RF馈送件206是布置穿过ESC 103并延伸穿过ESC 103的环形架134的连接件。边缘环RF馈送件206进一步延伸穿过限定在电介质环211中的通孔236，以连接到环形电极202。

[0126] 图2C根据本发明的实施方式示出了边缘环组件和ESC的横截面。在图示的实施方式中，边缘环组件200包括边缘环210和电介质环211。在边缘环210和电介质环211之间布置在所述边缘环组件200的整个径向宽度延伸的环形电极202。

[0127] 图2D根据本发明的实施方式示出了边缘环组件和ESC的横截面。在图示的实施方式中，边缘环组件200包括边缘环210和电介质环211。边缘环210和电介质环211之间布置的是从边缘环210的内径延伸但具有比边缘环组件200的整个径向宽度小的径向宽度的环形电极202。

[0128] 图2E根据本发明的实施方式示出了具有多个同心电极嵌入其中的边缘环组件的横截面。在图示的实施方式中，多个同心环形电极240、242和244被定义在边缘环组件200中。同心环形电极240、242和244通过电介质区域241和243分隔开。同心环形电极240经由连接件246连接到接触件247；同心环形电极242经由连接件248连接到接触件249；和同心环形电极244经由连接件250连接到接触件251。

[0129] RF源262经由RF馈送件261供应RF功率到同心环形电极240，RF馈送件261在与接触件247配合的接触件260处终止。RF源265经由RF馈送件264供应RF功率到同心环形电极242，RF馈送件264在与接触件249配合的接触件263处终止。RF源268经由RF馈送件267供应RF功率到同心环形电极244，RF馈送件267在与接触件251配合的接触件266处终止。应该理解，可以单独调整供应到同心环形电极240、242和244中的每个的RF功率，以在衬底105的边缘区域实现期望的等离子体鞘特性和蚀刻特性。

[0130] 图3A根据本发明的实施方式概念性地示出了在等离子处理操作过程中产生的等离子体鞘。从广义上讲,由于在ESC 103上施加偏压,衬底105的上表面带负电荷。因此,大致在衬底105的表面上方产生定义具有增加密度的正离子的层的等离子体鞘300。然而,边缘环组件200的暴露表面可以带正电荷,因此等离子体鞘300延伸不显著超出衬底105的边缘。在衬底边缘处的等离子体鞘的这种不连续性导致沿着衬底105的边缘的上表面的反应性离子轨迹和密度与在等离子体鞘被连续和一致地限定的位于较居中的区域的轨迹和密度明显不同。

[0131] 图3B根据本发明的实施方式概念性地示出了在等离子处理操作过程中产生的等离子体鞘。在图示的实施方式中,边缘环组件200包括环形电极202,RF功率被施加到电极202。这将导致边缘环组件200的暴露的上表面表现出带负电,从而使等离子体鞘302径向向外延伸,以便限定在基本上位于边缘环组件200上方的区域中。提供等离子体鞘302的径向延伸使得离子聚焦减少和离子轨迹相对于衬底105的上表面的法线方向的偏斜较少。

[0132] 图4A、4B、4C、4D和4E根据本发明的实施方式示出了经历等离子体处理的衬底的边缘区域的横截面示意图。图4A-4E示出了从在各种电压下施加RF功率至环形电极202得到的电压梯度和离子轨迹(如所示的离子磁通线)。对于图4A-4E中的每一个,在10mT的压强、900W(瓦特)的感应线圈功率、200sccm(标准立方厘米)的氩(Ar)的气体流量和在10MHz的频率下施加到偏置电极104的200V(伏)的RF偏压下,产生等离子体。在2MHz的频率下将RF电压施加到环形电极202。

[0133] 图4A和4B示出了当0V(无电压)和100V分别施加到环形电极202的结果。在这两种情况下,在衬底105的边缘区域存在显著的离子聚焦,以及在边缘区域的离子轨迹相对于衬底105的上表面的法线方向的显著偏斜(朝向晶片的边缘向内径向偏斜)。如在图4C所示,当300V被施加到环形电极202时,离子聚焦被减少,离子轨迹的径向向内偏斜被减少。如图4D所示,当500V被施加到环形电极202时,离子聚焦和离子轨迹偏斜甚至进一步减少。如图4E所示,当700V施加到环形电极202时,在边缘区域的离子轨迹已经开始反转其偏斜,即,从衬底边缘区域径向向外偏斜并远离衬底边缘区域。另外,离子聚焦被完全消除,并且事实上,在衬底边缘区域观察到离子扩散。

[0134] 图5A示出了根据图4A-4E的实施方式所述的Ar离子通量与沿着衬底的上表面的径向位置的关系曲线图。如上所述,多种电压被施加到环形电极202,并示出了氩离子通量的对应曲线。如图所示,当施加100V、300V、500V或700V的电压时,针对从0至约14cm的径向位置的氩离子通量在很大程度上类似。

[0135] 图5B示出了Ar离子通量与沿着衬底的针对在约13至15厘米范围内的径向位置(300mm直径的衬底的边缘附近)的径向位置的关系曲线图。如所示,当施加0V(标号500)、100V(标号502)和300V(标号504)的电压时,Ar离子通量随着径向位置靠近衬底的极端边缘(接近15厘米)增大。然而,当施加500V(标号506)和700V(标号508)的电压时,所述Ar离子通量随着径向位置接近衬底极端边缘(接近15厘米)而减小。

[0136] 图6根据本发明的实施方式示出了针对不同的施加至环形电极的电压的归一化的蚀刻速率与沿300mm晶片的径向位置的关系的曲线图。在Kiyo EX/FX室(由Lam Research Corporation制造)中在原(blanket)晶片上在下列条件下进行等离子体处理:40mT的压强,900W(瓦)的感应线圈(TCP)功率(在1.3的TCCT比率),450sccm(标准立方厘米)的HBr气体流

率,4sccm的O₂,和50sccm的He,60摄氏度的ESC温度,在13.56MHz的频率下施加到偏置电极104的450V(伏)的RF偏压,以及在2MHz的频率下施加到环形电极202的RF电压。

[0137] 曲线600示出了当0V施加到环形电极时的蚀刻速率。如图所示,在超过约135mm的径向位置的边缘区域,蚀刻速率急剧上升。曲线602示出了当400V施加到环形电极时的蚀刻速率。如图所示,在边缘区域蚀刻速率仍表现出显著增大。曲线604示出了当560V施加到环形电极时的蚀刻速率。如图所示,在边缘区域蚀刻速率相当一致。曲线606示出当700V施加到环形电极时的蚀刻速率。如图所示,现在在边缘区域的蚀刻速率减小。所示的实验结果表明施加到环形电极上的电压如何能够被调谐以实现期望的蚀刻速率轮廓,例如以促进整个晶片的均匀性。

[0138] 图7根据本发明的实施方式示出了边缘环和基座/ESC。在图示的实施方式中,边缘环组件200的底侧被示为包括电极接触件208,电极接触件208被构造成接收通过被限定在ESC 103中的边缘环RF馈送件206输送的RF功率。如上所述,电极接触件208传送RF功率到限定在边缘环组件200内的环形电极。应当理解,在ESC 103中的边缘环RF馈送件206例如通过周围的绝缘鞘以及通过同轴构件与ESC 103电隔离。边缘环RF馈送件206延伸到环形架表面134,并在表面134终止以限定被构造成与边缘环组件200的电极接触件208配合的馈送接触件207。边缘环RF馈送件206接收来自RF源204的RF功率。

[0139] 在图示的实施方式中,四个电极接触件208围绕边缘环组件200对称地分布,四个相应的馈送接触件围绕环形架表面134对称地分布。然而,在其他实施方式中,可以存在少于四个的接触件或多于四个的接触件。接触件的具体尺寸和形状可变化。

[0140] 在其它实施方式中,边缘环RF馈送件可以被定义成延伸横向(径向)远离ESC,并且可以延伸通过室的侧壁。

[0141] 图8根据本发明的实施方式概念性地示出了被配置为设置在等离子体处理室中的静电卡盘(ESC)和边缘环的横截面。在图示的实施方式中,ESC 103具有被配置为在等离子体处理过程中支撑衬底(未示出)的上表面130。还示出了被设置在ESC 103的上表面130的下方的偏置电极104。偏置电极104接收来自偏置RF功率源111的RF功率。在当前的实施方式中,ESC 103的至少上部已横向/径向延伸以容纳ESC环形电极800。ESC环形电极800被定义在大于偏置电极104的半径的径向距离处以便包围偏置电极104。ESC环形电极800经由RF馈送件804接收来自RF源802的RF功率。可以调谐供给至环形电极800的RF功率的特性以提供在晶片边缘区域所需的蚀刻特性(例如RF功率特性,包括电压、频率、相对于偏压的相位、连续波/脉冲)。

[0142] 图9根据本发明的实施方式概念性地示出了被配置为设置在等离子体处理室中的静电卡盘(ESC)和边缘环的横截面。在图示的实施方式中,边缘环环形电极202(如参考图2A所讨论的)和ESC环形电极800(如参考图8所讨论的)两者都被包括在系统中。ESC环形电极800与边缘环环形电极202分别经由RF馈送件804和206接收来自RF源900的RF功率。在另一实施方式中,ESC环形电极800和边缘环环形电极200中的每个由可以独立地调整的单独的RF功率源供电。供给到ESC环形电极800与边缘环环形电极202的RF功率的特性可以被调谐,以提供在晶片边缘区域所需的蚀刻特性(例如RF功率特性,包括电压、频率、相对于偏压的相位、连续波/脉冲)。

[0143] 图10根据本发明的实施方式示出了施加到ESC的功率和施加到环形电极的功率之

间的不同的相位差的影响。示出的横截面示意图示出在所指示的不同的相位角差的离子通量。工艺参数如下：10mT的压强，900W的TCP，200sccm的氩气，施加到ESC主电极的在10MHz下的200V，施加到环形电极的在10MHz下的300V。如可以看到的那样，相位角的变化影响电势的形貌，并因此影响离子通量的分布和角度。因此，施加到ESC与施加到环形电极的RF功率之间的相位差可以代表另一个可调参数。

[0144] 图11A根据本发明的实施方式示出了边缘环组件的剖视图。边缘环210和电介质环211之间插入环形电极202。环形电极202还包括作为接触件的径向延伸部1100，RF功率通过该接触件被输送到环形电极202。

[0145] 图11B和11C根据本发明的实施方式示出了等离子体处理室的碗状下部的内部视图。径向延伸部1100（在视图中隐藏）由防止电弧的绝缘体外壳1102覆盖。同轴RF馈送件1104被设置成通过限定在所述室的侧壁1108中的通孔1106。同轴RF馈送件1104连接到环形电极202的径向延伸部1100并输送来自RF功率源的RF功率。虽然示出了单个径向延伸部，但是应当理解，可以存在定义用于环形电极的接触件的若干径向延伸部，并且进一步这些径向延伸部可围绕环形电极对称地分布。例如，在一个实施方式中，环形电极202包括围绕环形电极202对称分布的四个径向延伸部，其每一个连接到相应的同轴RF馈送件。在另一实施方式中，环形电极的同轴RF馈送件可以从室下方而不是通过该室的侧面发送。

[0146] 图12A根据本发明的实施方式示出了边缘环组件的横截面。如所示的，边缘环组件包括石英顶环和石英底环。如下面参考图13所讨论的，石英顶环的上表面的高度可以变化以影响在衬底的边缘的蚀刻速率。

[0147] 图12B根据本发明的实施方式示出了边缘环组件的横截面。如图所示，边缘环组件包括具有布置在其中的电极的石英顶环，和石英底环。如下面参考图13所讨论的，石英顶环的上表面的高度可以变化以影响在衬底的边缘的蚀刻速率。

[0148] 图13根据本发明的实施方式示出了HBr等离子体处理的蚀刻速率轮廓。在示出的曲线图中，曲线1300示出了具有2.74mm（0.108英寸）的口袋深度的标准的全石英边缘环的归一化蚀刻速率。曲线1302示出了具有4.01mm（0.158英寸）的口袋深度的标准的全石英边缘环的归一化蚀刻速率。可以看出，增大口袋深度具有减小在衬底边缘区域的蚀刻速率的作用。曲线1304示出其中石英顶环包括不供电（在0瓦）的电极的边缘环组件的归一化蚀刻速率。曲线1306示出了其中石英顶环包括在250W供电的电极的边缘环组件的归一化蚀刻速率。如所示的，与未供电的结果相比，对电极供电减小了边缘区域中的蚀刻速率。

[0149] 图14示出了用于控制上述系统的控制模块1400。例如，控制模块1400可以包括处理器、存储器和一个或多个接口。控制模块1400可被用于部分基于所感测的值来控制在系统中的装置。仅作为示例，控制模块1400可基于所感测的值和其他控制参数来控制一个或多个阀1402、过滤器加热器1404、泵1406，以及其他设备1408。控制模块1400仅从例如压力计1410、流量计1412、温度传感器1414，和/或其它传感器1416接收感测的值。控制模块1400也可以被用于控制在前体传送和等离子体处理过程中的工艺条件。控制模块1400典型地将包括一个或多个存储器设备和一个或多个处理器。

[0150] 控制模块1400可控制前体传送系统和等离子体处理装置的活动。控制模块1400执行包括用于控制工艺定时、输送系统温度、跨越过滤器的压力差、阀位置、气体混合物、室压强、室温度、晶片温度、RF功率电平、晶片ESC或基座的位置，和特定工艺的其它参数的成组

的指令的计算机程序。控制模块1400还可以监测压力差，并将蒸气前体从一个或多个路径自动切换至一个或多个其它的路径。在某些实施方式中可采用存储在与控制模块1400相关联的存储器设备上的其它计算机程序。

[0151] 典型地，将存在与控制模块1400相关联的用户界面。用户界面可以包括显示器1418(例如，显示屏和/或装置和/或工艺条件的图形软件显示)，以及用户输入设备如指针设备、键盘、触摸屏、麦克风，等。

[0152] 用于控制前体的输送、等离子体处理和处理序列中的其他工艺的计算机程序可以用例如，汇编语言、C、C++、Pascal、Fortran或其它编程语言之类的任何常规的计算机可读编程语言来编写。编译的对象代码或脚本由处理器执行以执行在程序中识别的任务。

[0153] 与处理条件相关的控制模块参数，诸如，例如，过滤器的压力差、工艺气体的组成和流速、温度、压强、如RF功率电平和低频RF频率之类的等离子体条件、冷却气体的压强、和室壁温度。

[0154] 系统软件可以用许多不同的方式设计或配置。例如，多个室部件子程序或控制对象可以被写入以控制要进行本发明的沉积工艺所必须的室或处理模块组件的操作。用于此目的的程序或程序的部分的实例包括衬底定位代码、工艺气体控制代码、压力控制代码、加热器控制代码、等离子体控制代码。

[0155] 衬底定位程序可以包括用于控制用于将衬底加载到基座或ESC并控制衬底和室的其他部件(例如气体入口和/或靶)之间的间隔的室组件的程序代码。工艺气体控制程序可包括用于控制气体组成和流速的代码以及任选用于使气体在沉积之前流入室中以稳定室中的压强的代码。过滤器监控程序包括比较测量差值与预定值的代码和/或用于切换路径的代码。压强控制程序可包括用于通过调节例如室的排气系统中的节流阀来控制室中的压强的代码。加热器控制程序可包括用于控制流向用于加热前体传送系统中的部件、衬底和/或系统的其它部分的加热单元的电流的代码。可替代地，加热器控制程序可控制传热气体(如氦)到晶片ESC的传送。

[0156] 在处理期间可被监测的传感器的示例包括，但不限于，质量流量控制模块、如压力计1410之类的压力传感器、位于传送系统、基座或ESC中的热电偶(例如温度传感器1414)。经适当编程的反馈和控制算法可以与来自这些传感器的数据一起使用以维持所需的工艺条件。先前描述了在单室或多室的半导体处理工具中来实现本发明的实施方式。

[0157] 所述实施方式的前述描述是为了说明和描述的目的。它不旨在穷尽或限制本发明。特定实施方式的单个元件或特征通常并不限于该特定实施方式，而是在适用时可以互换，并且可以在所选择的实施方式中使用，即使没有具体示出或描述也是如此。特定实施方式的单个元件或特征也可以以许多方式变化。这样的变化方案不应被认为是背离本发明的，并且所有这些修改旨在被包括在本发明的范围之内。

[0158] 虽然为了清晰理解的目的，已经描述了上述实施方式中的一些细节，但显而易见，可以在所附权利要求的范围内实行某些变化和改变。因此，本发明的实施方式应被视为说明性的，而不是限制性的，并且本发明并不限于本文给出的细节，而是可以在所附权利要求的范围和等同方案内进行修改。

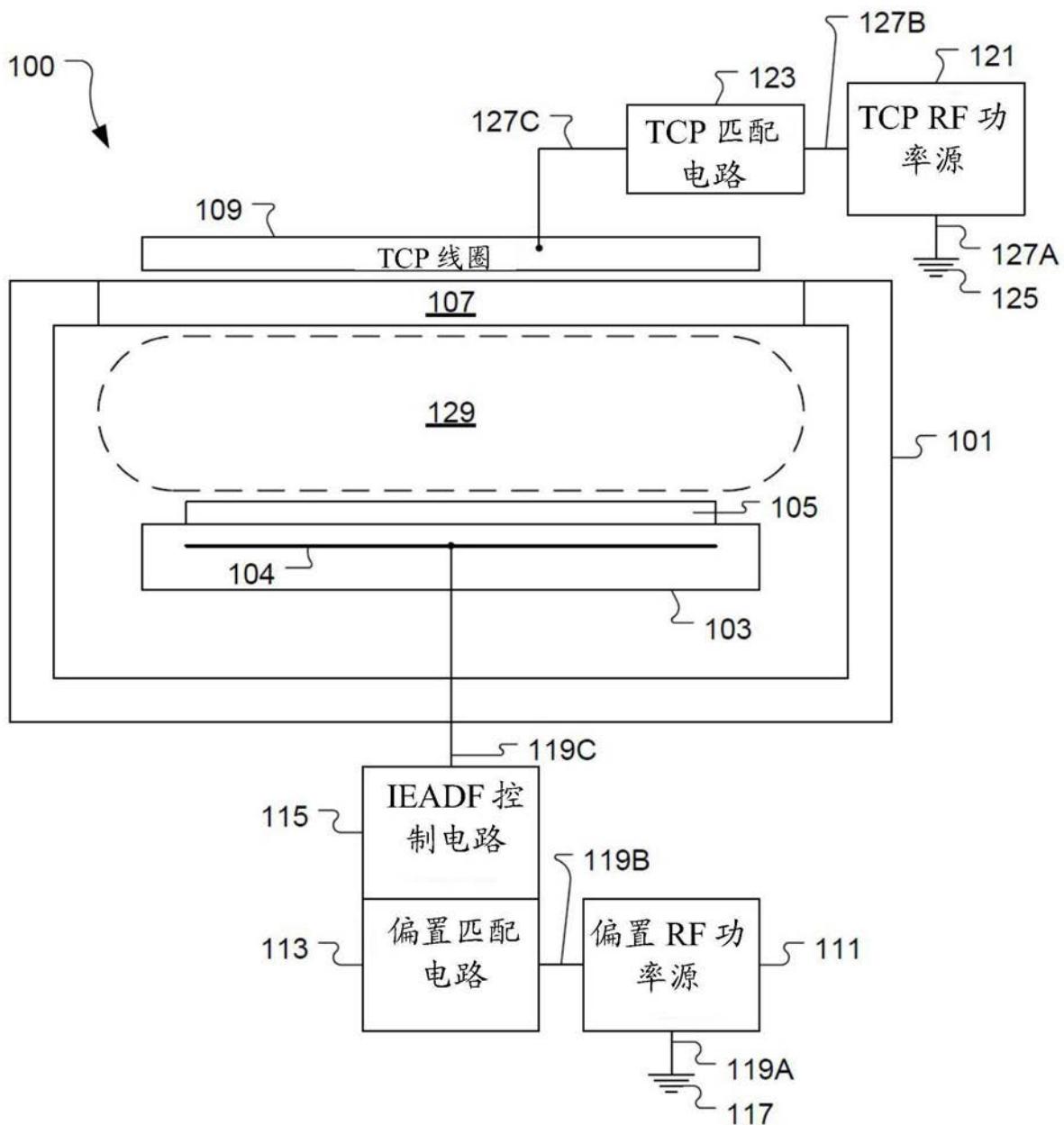


图1A

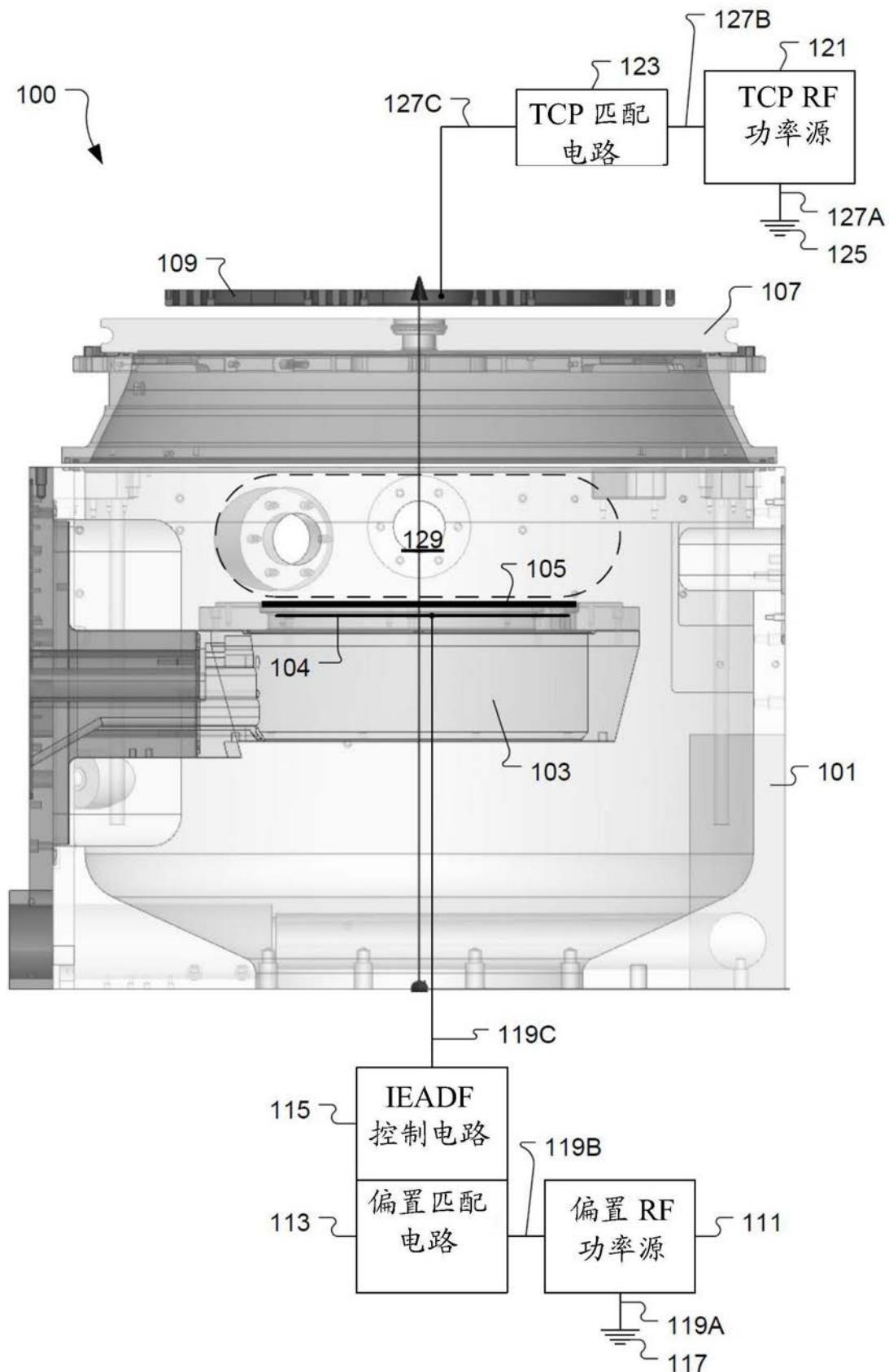


图1B

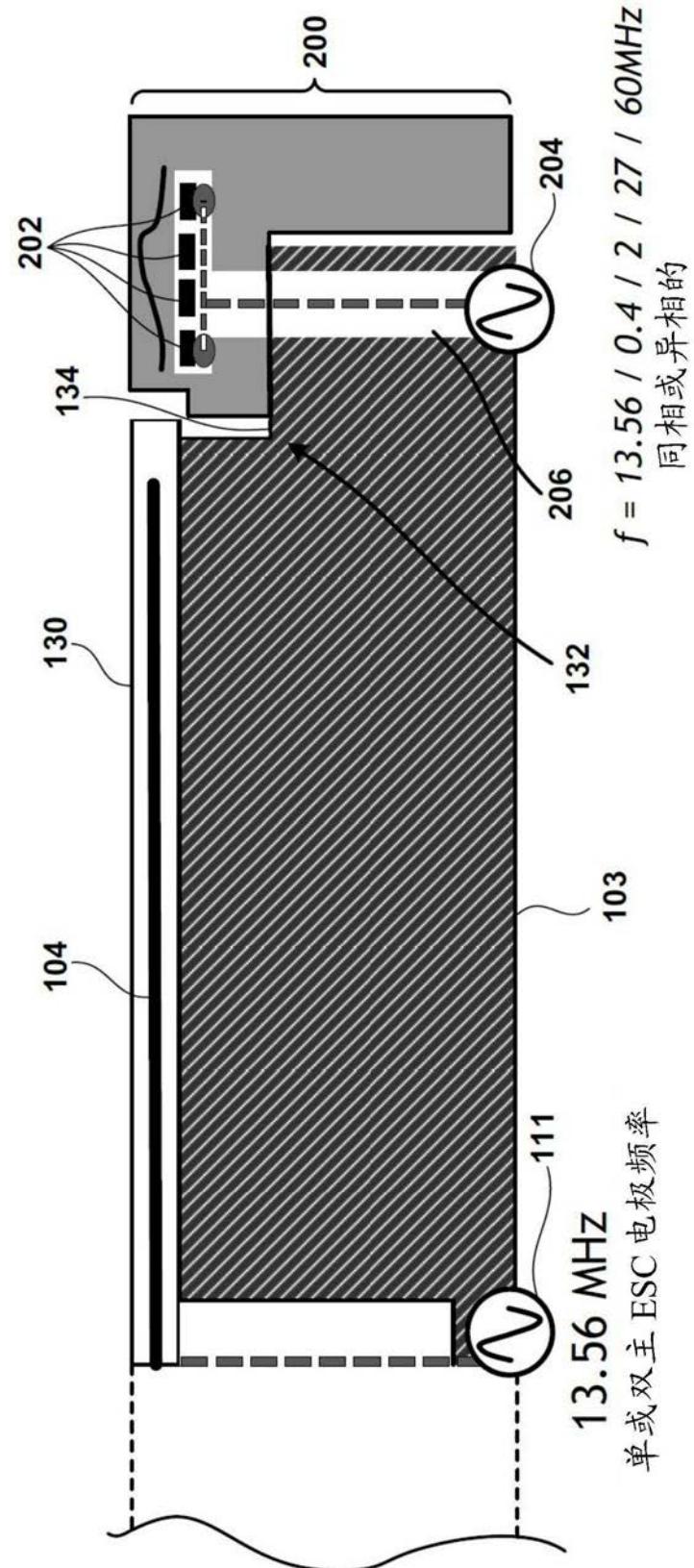


图2A

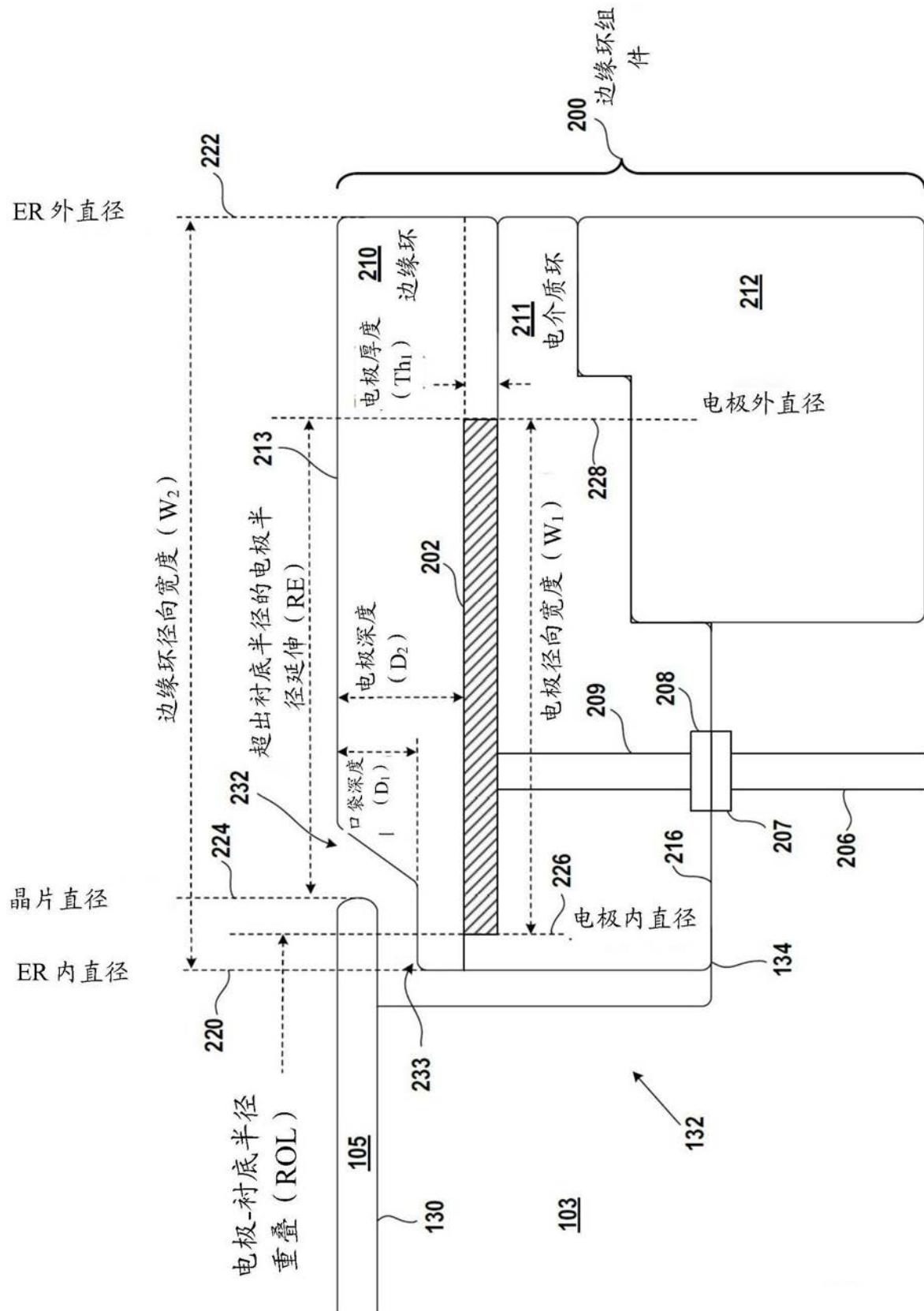


图2B-1

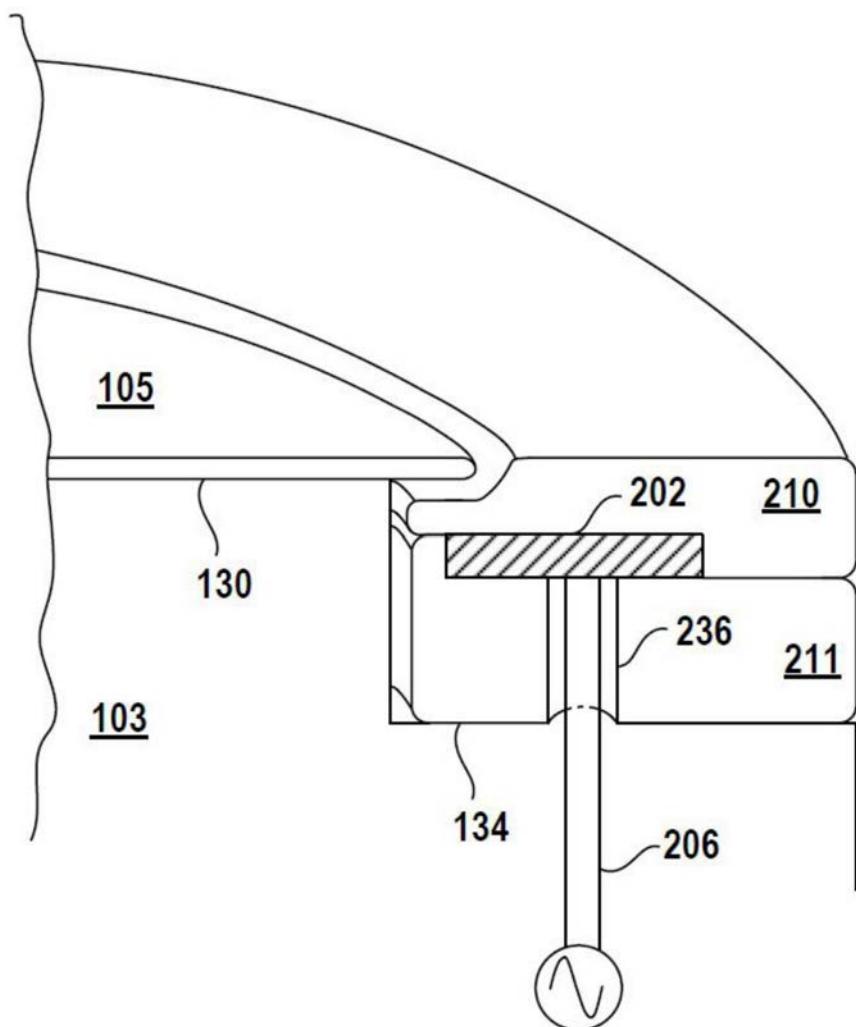


图2B-2

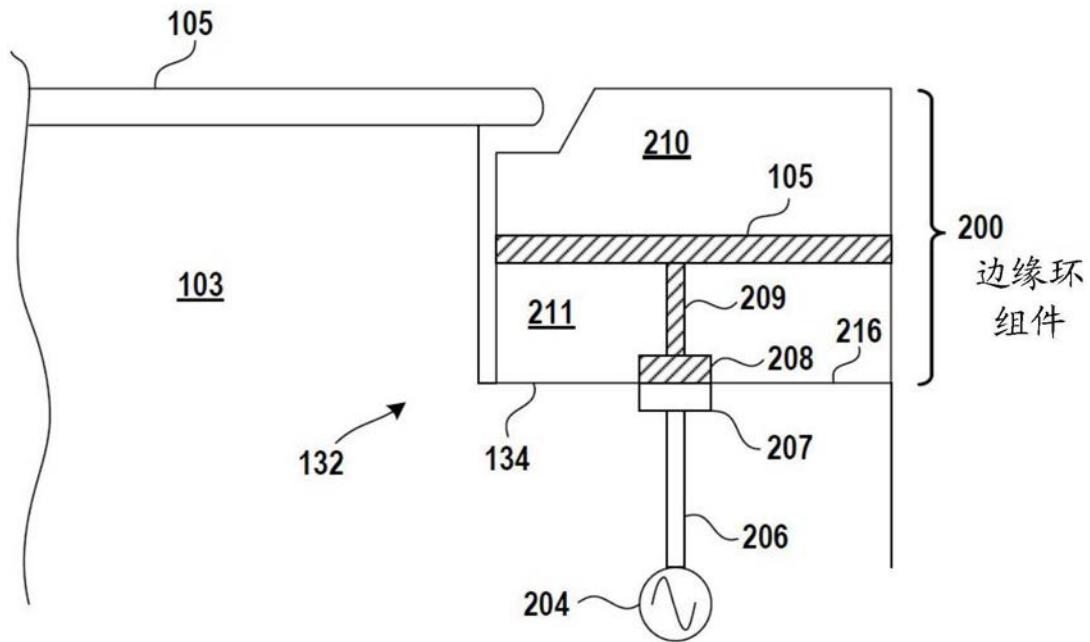


图2C

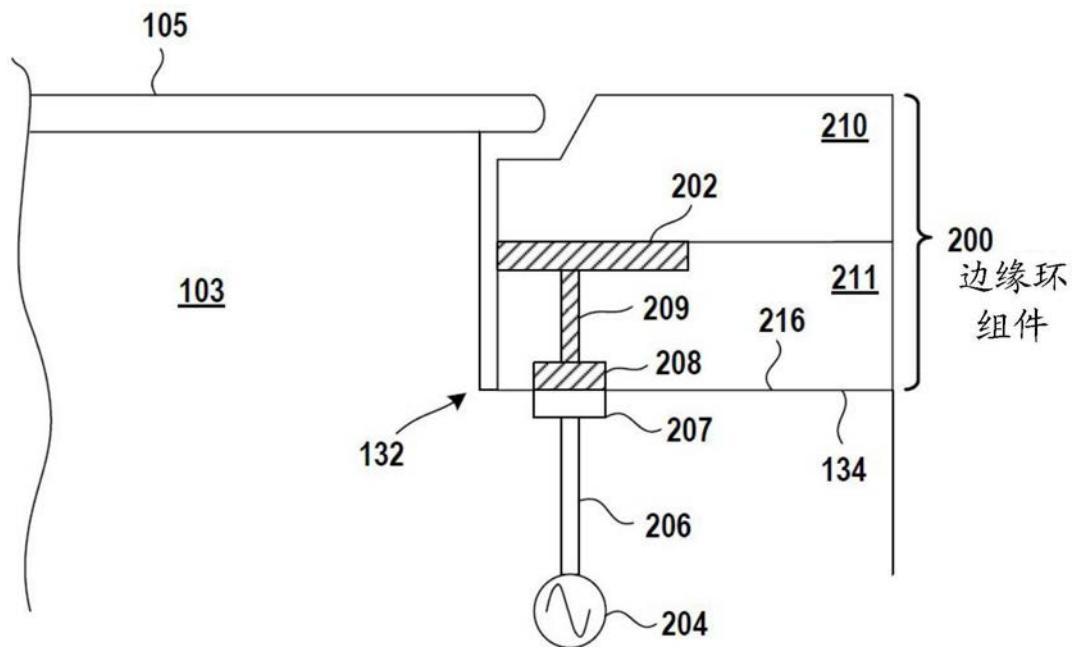


图2D

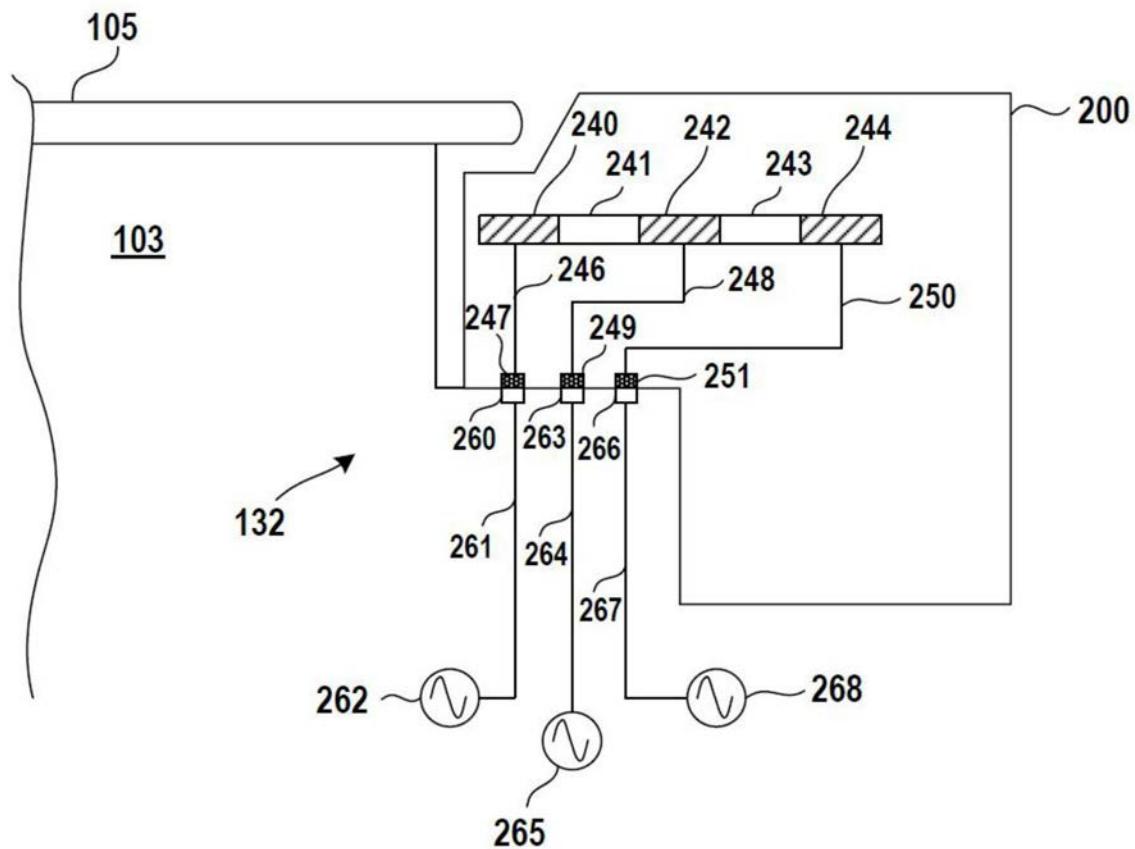


图2E

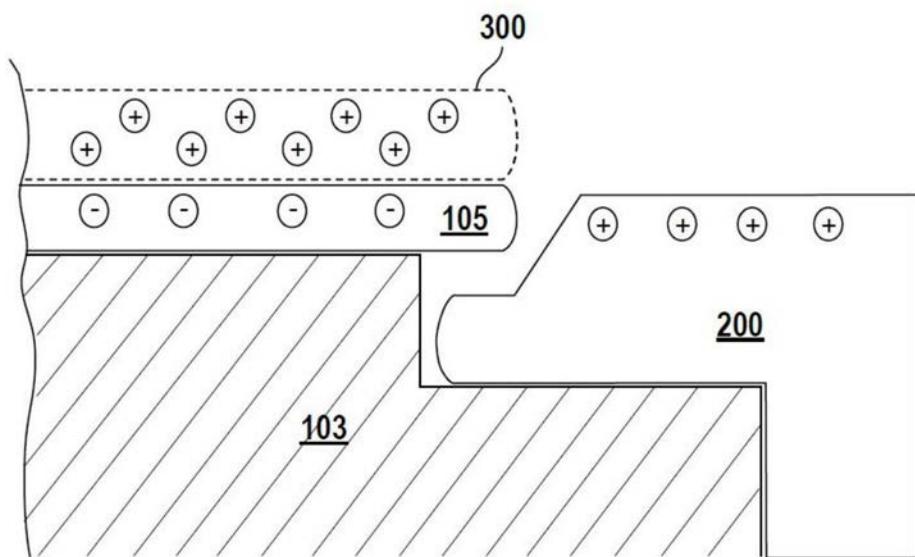


图3A

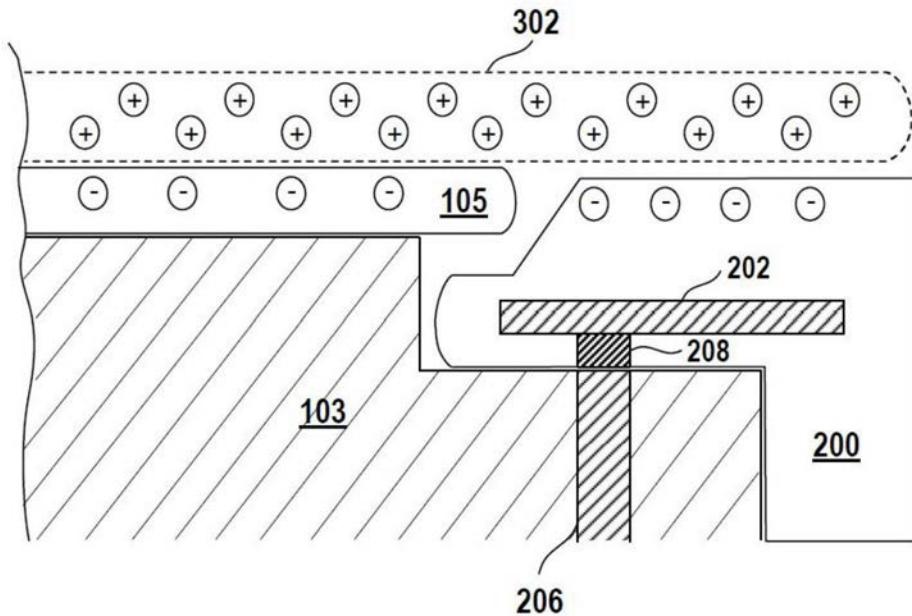


图3B

2 MHz 供电的边缘环减少在晶片极端边缘的离子聚焦并提供控制离子轨迹的途径

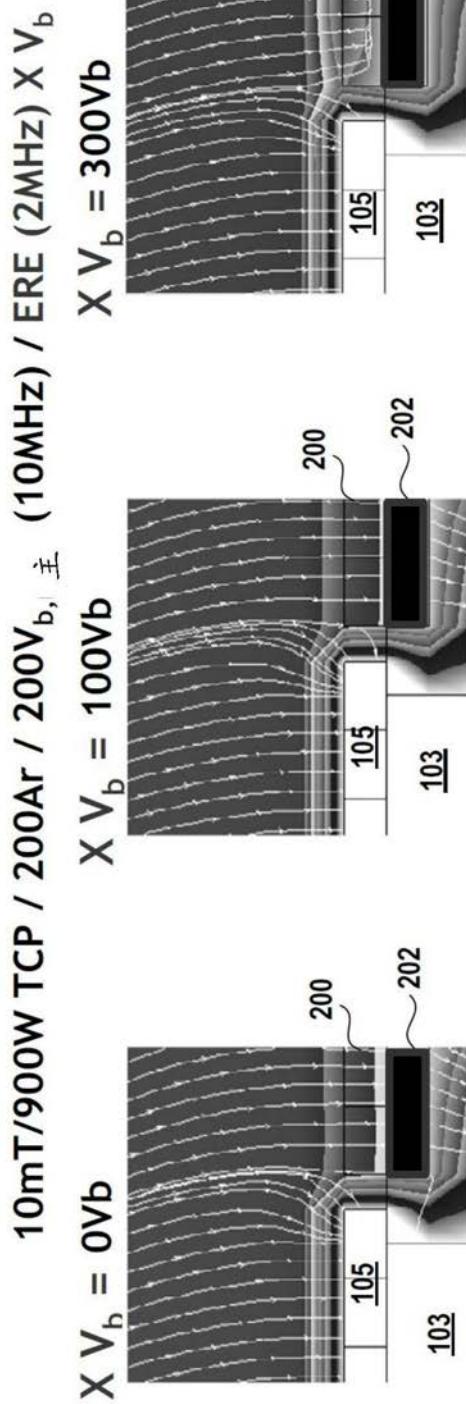


图 4C

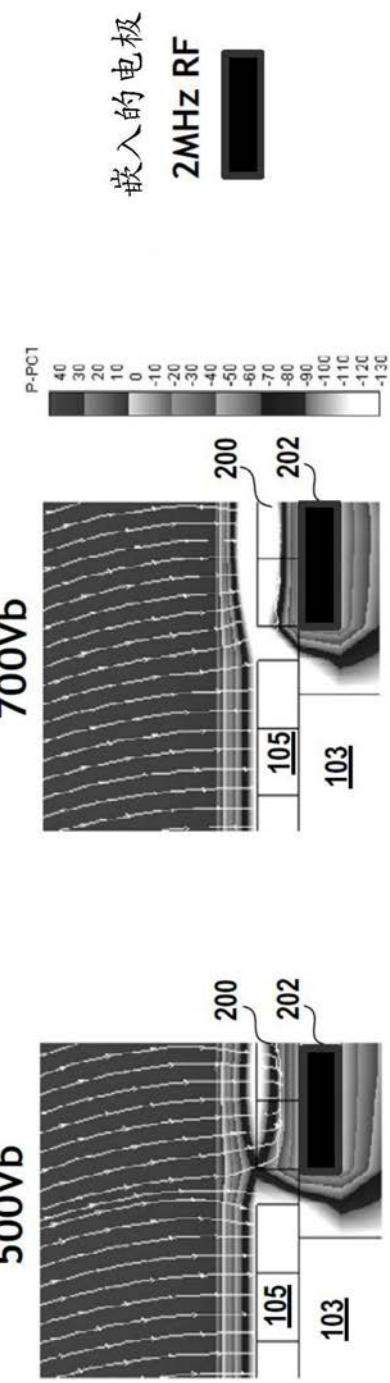


图 4E

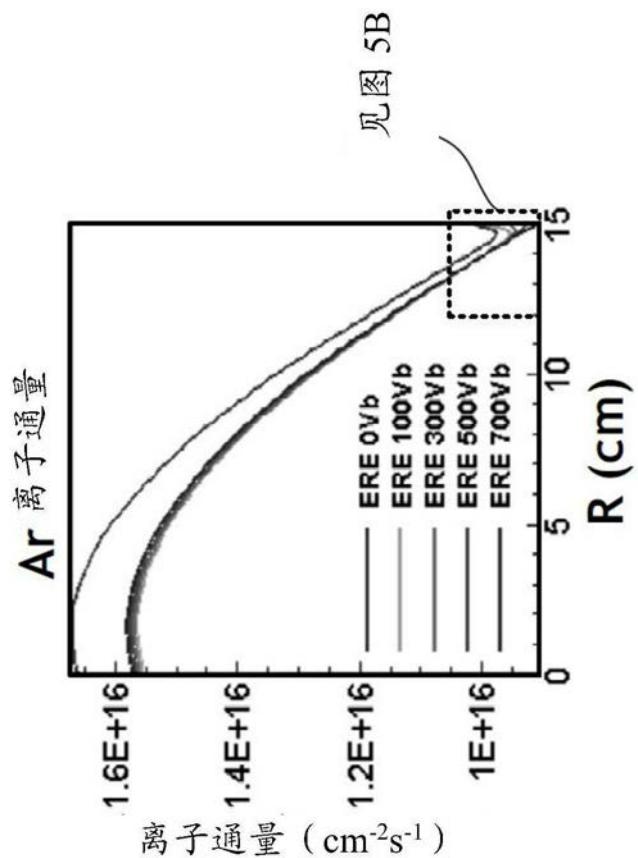


图5A

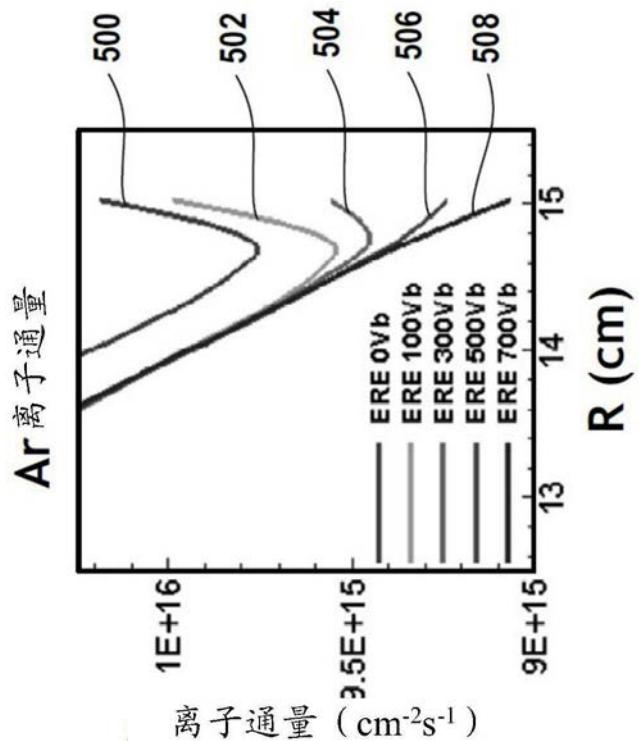


图5B

针对 EEE(极端边缘电极)的试验性原衬底蚀刻速率结果

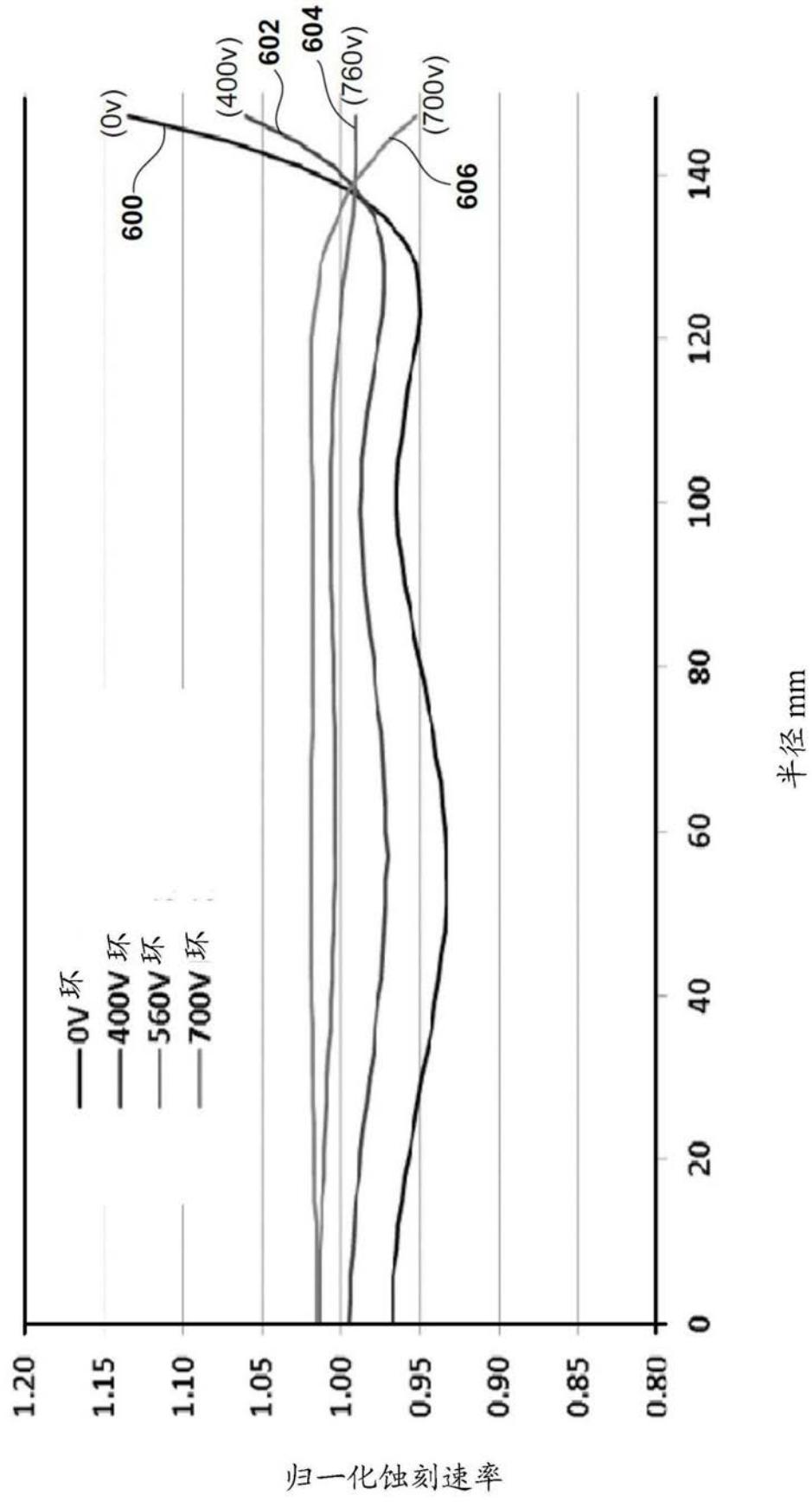


图6

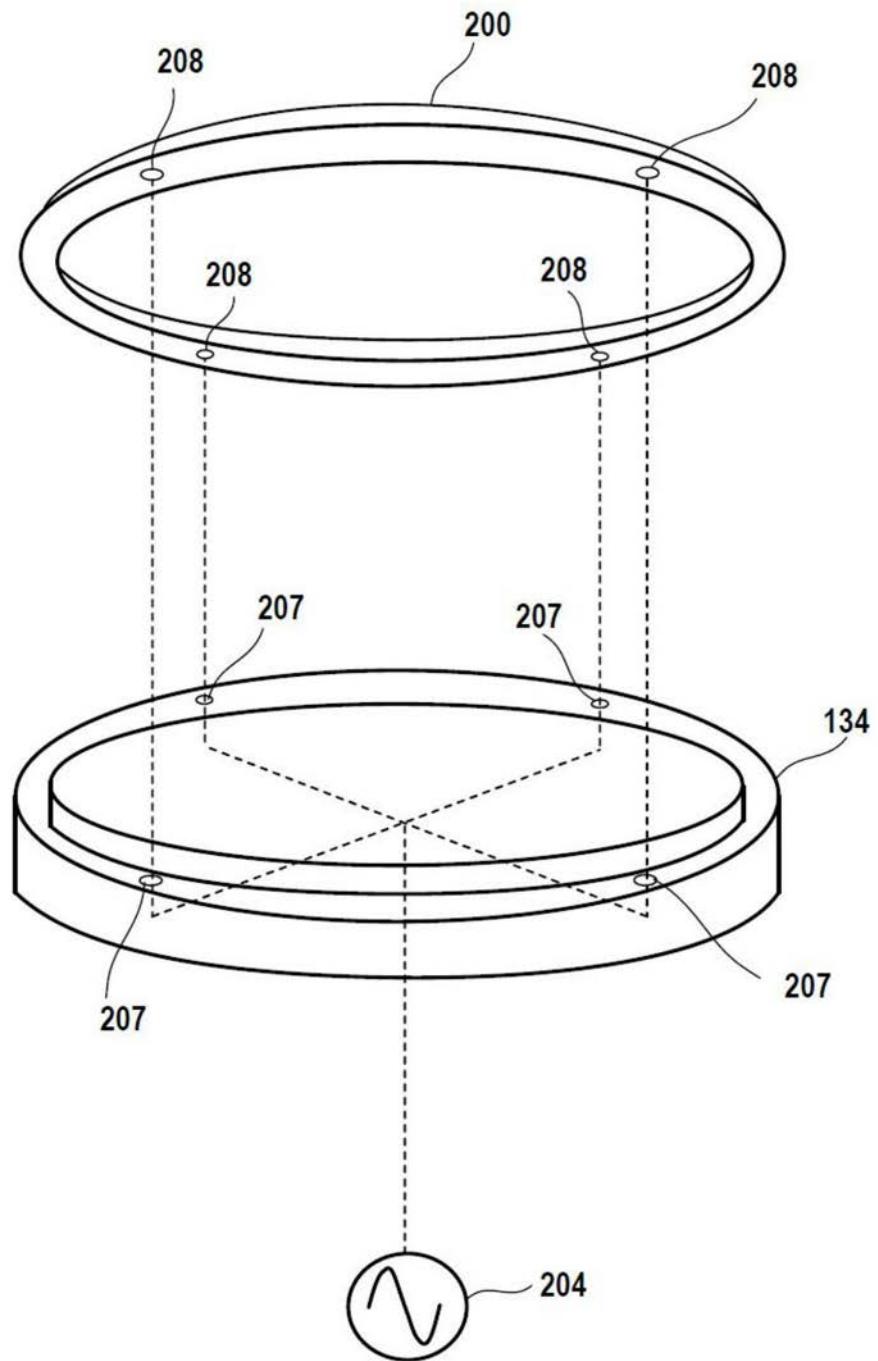


图7

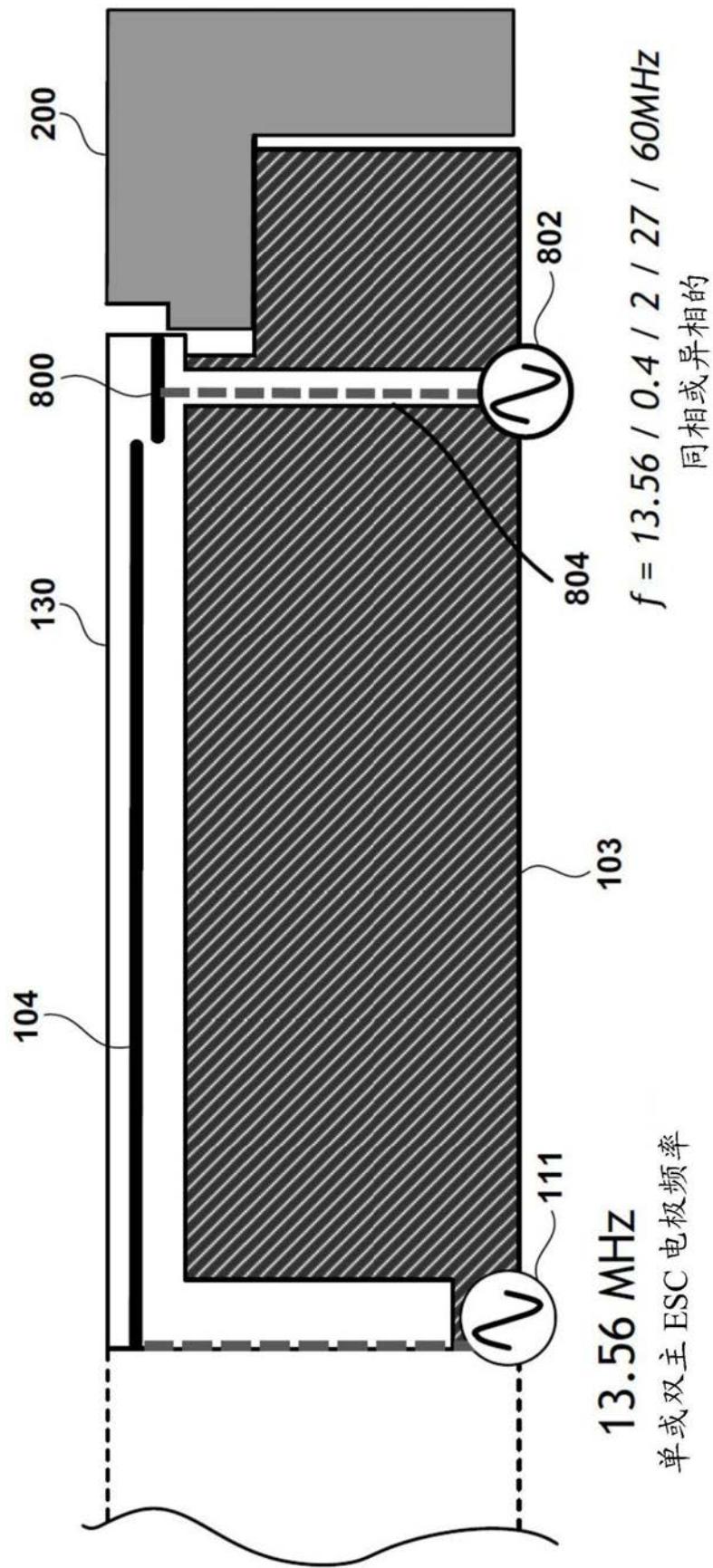


图8

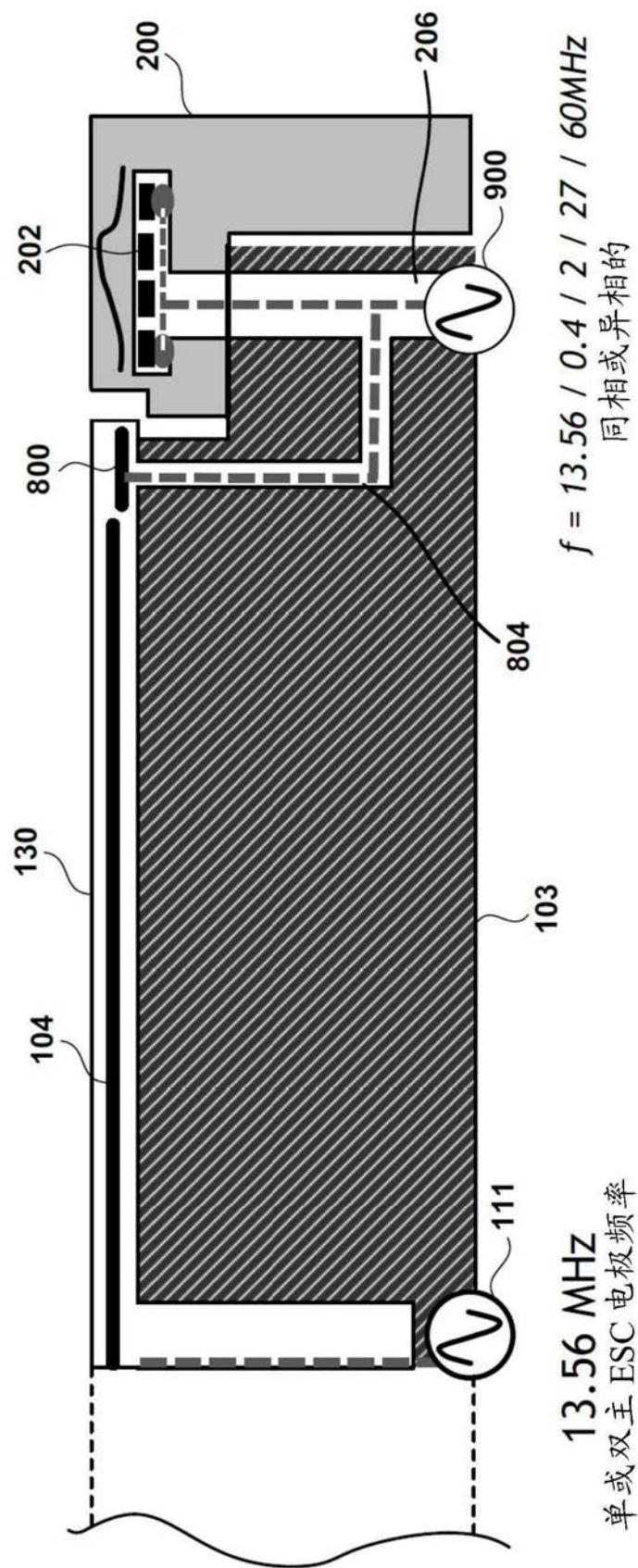


图9

10mT/900W TCP / 200Ar / 200V_b, 主 (10MHz) + 300Vb 偏置在 E (MHz) , 相位 X°

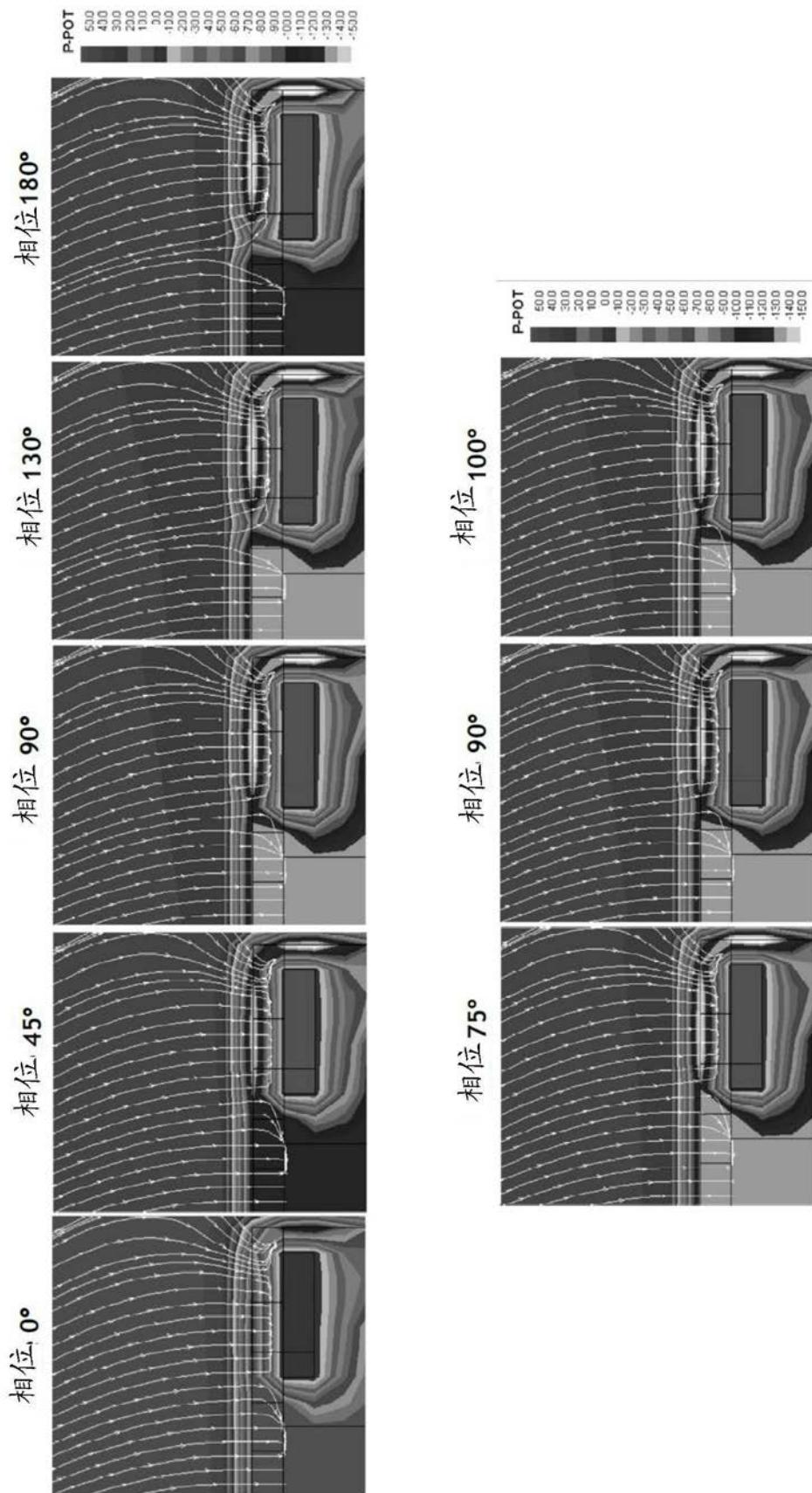


图10

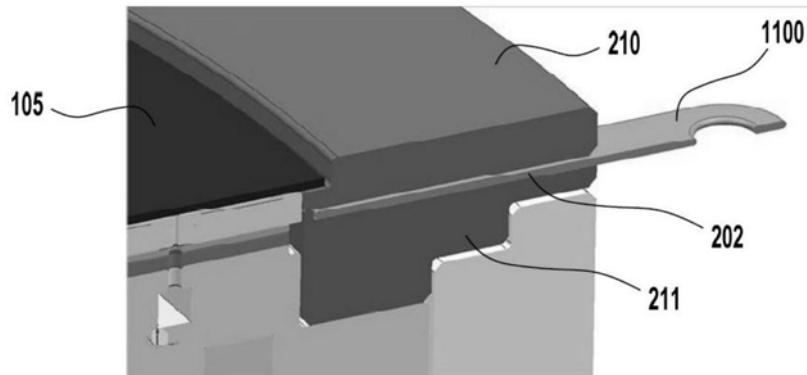


图11A



图11B

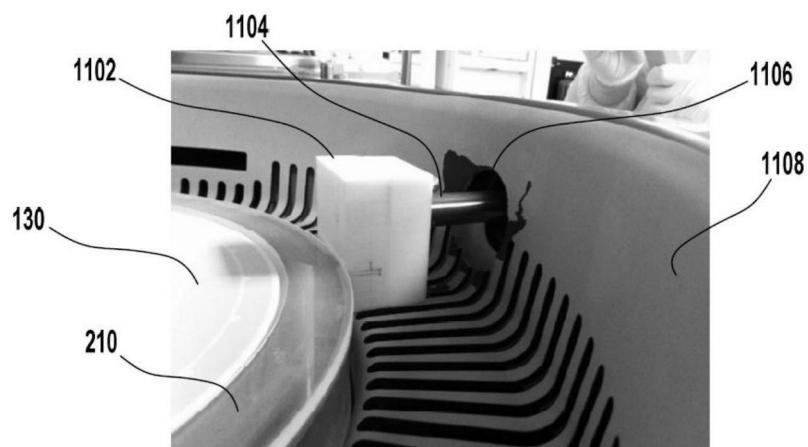


图11C

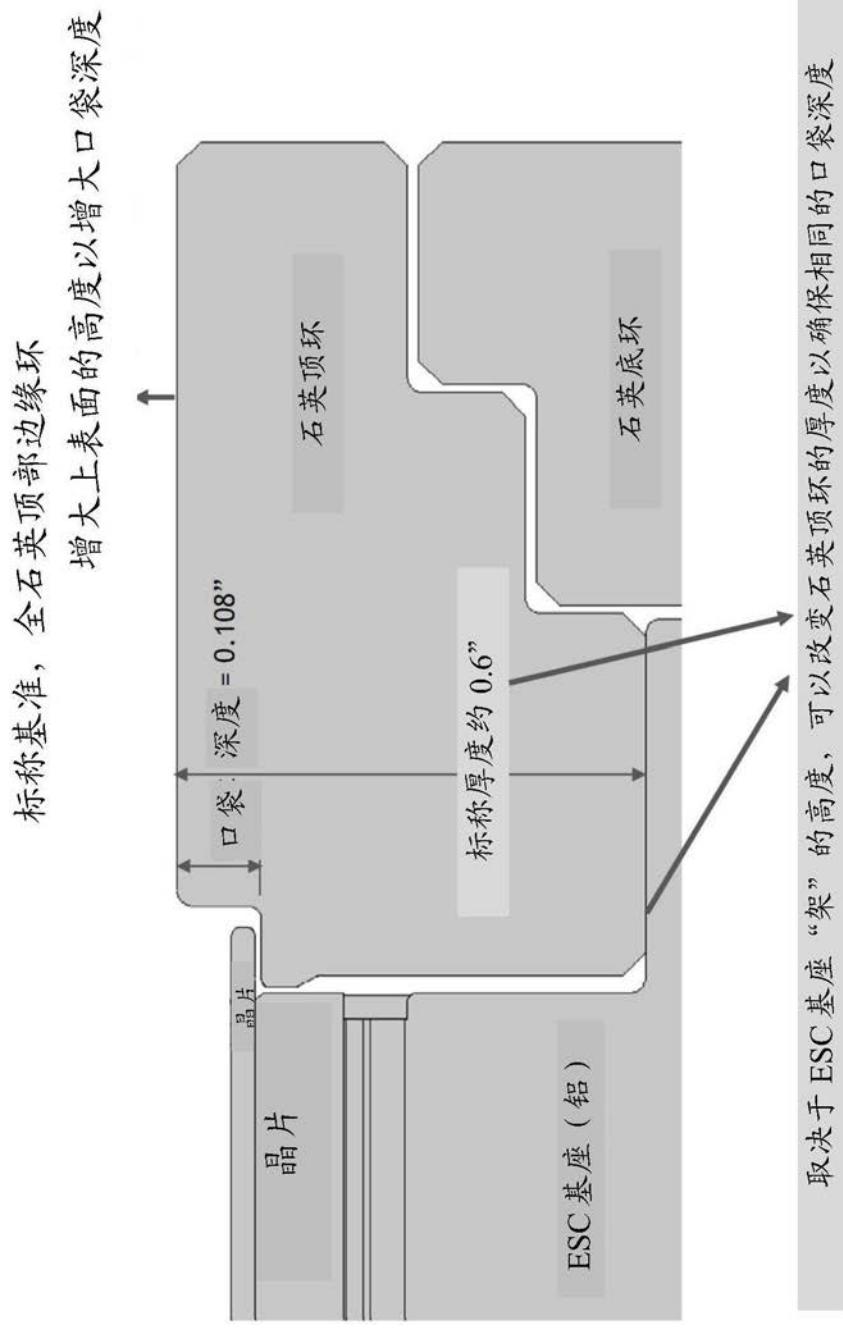


图12A

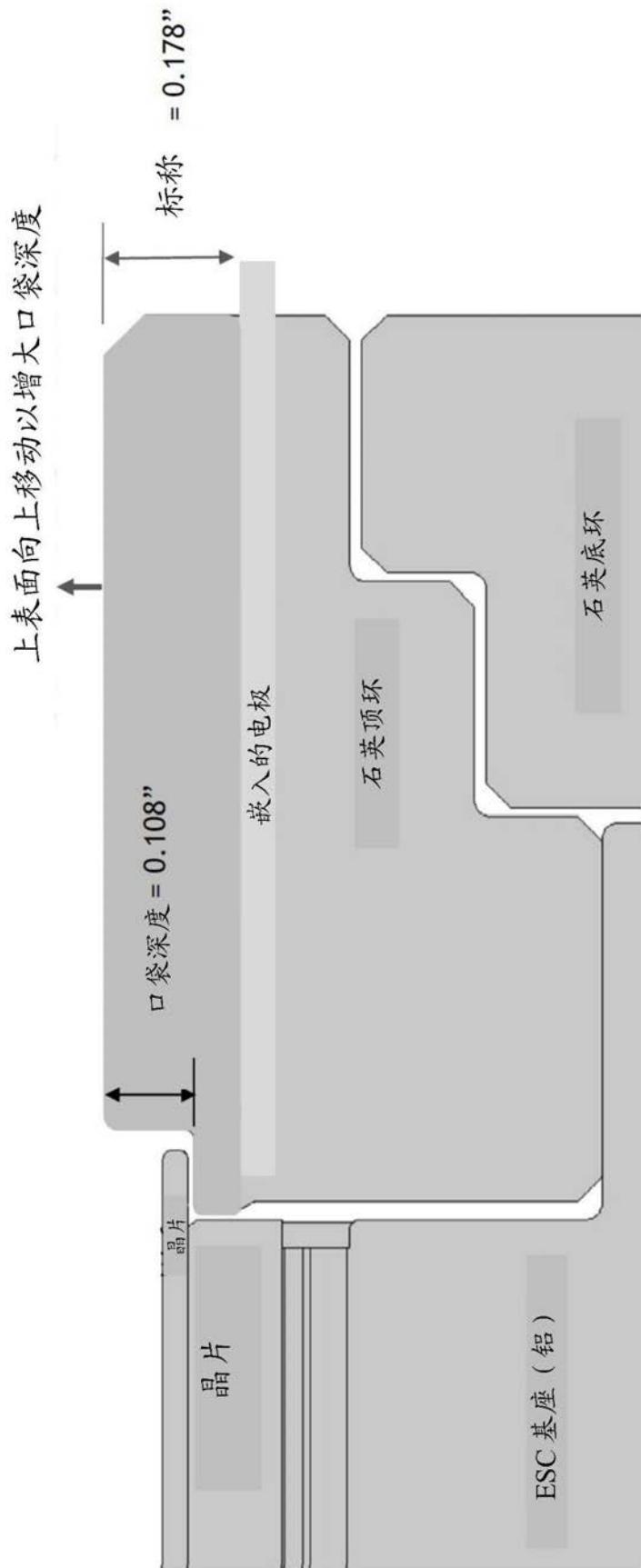


图12B

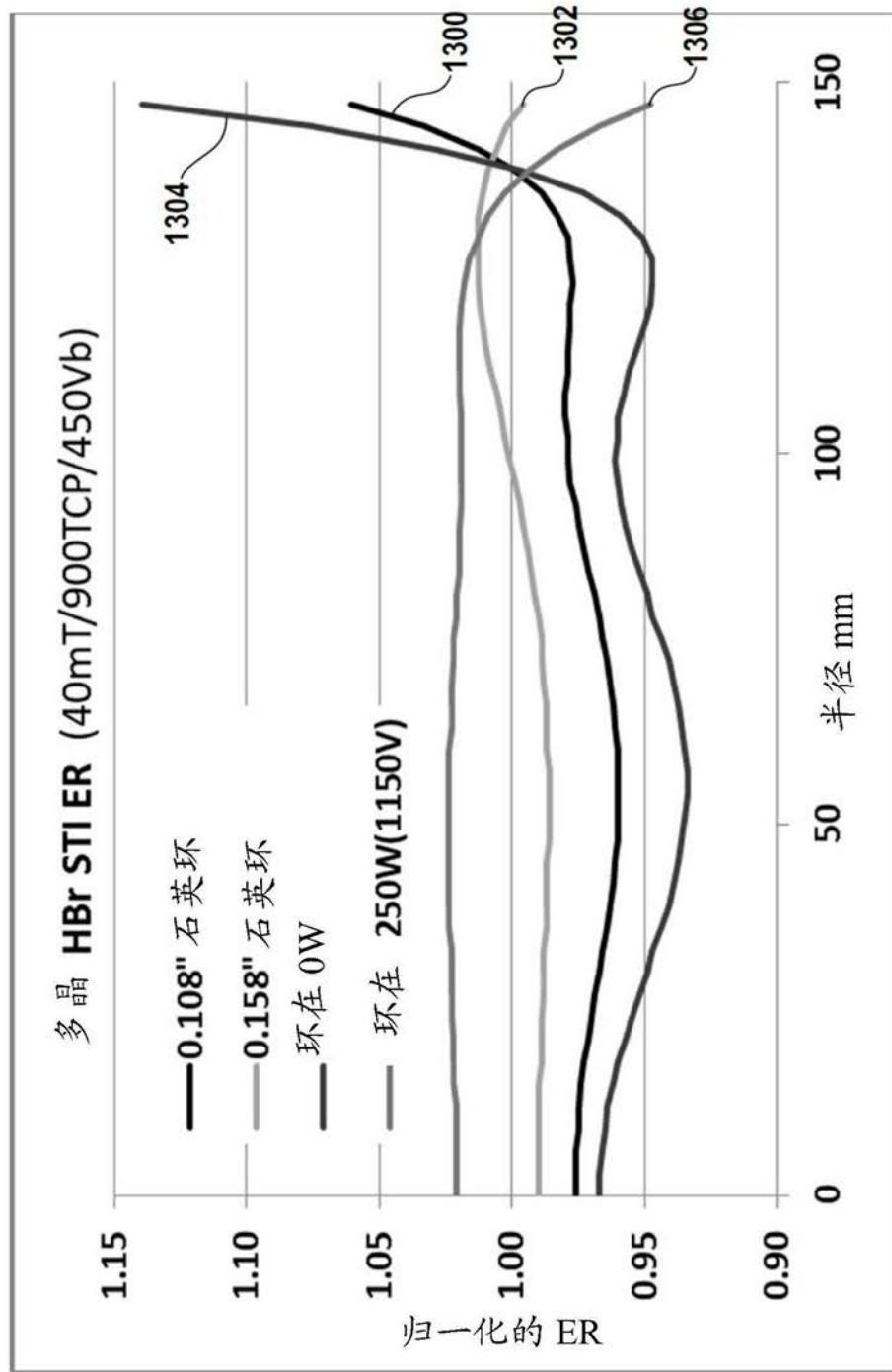


图13

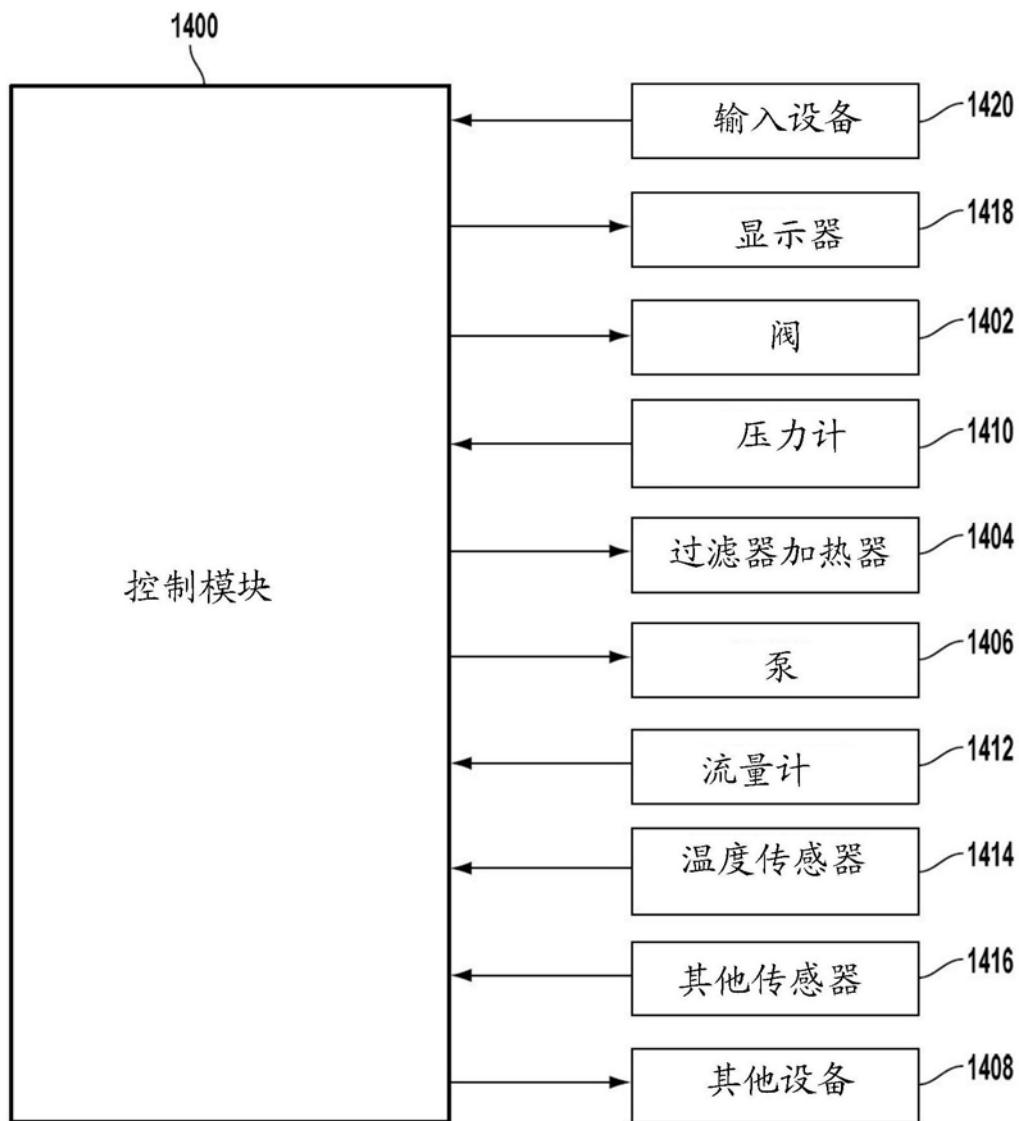


图14