(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119230443 A
(43)申请公布日 2024.12.31

(21)申请号 202311791363.7

(22)申请日 2023.12.22

(30)优先权数据
2310034.0 2023.06.30 GB

(71)申请人 SPTS科技有限公司
地址 英国新港

(72)发明人 A·S·比切

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责任公司 11287
专利代理师 章蕾

(51)Int.Cl.
H01L 21/67(2006.01)
H01L 21/683(2006.01)
H01J 37/32(2006.01)

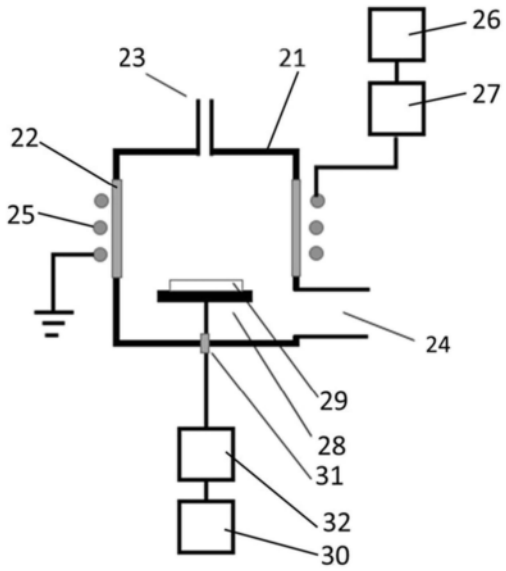
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

等离子体蚀刻方法及设备

(57)摘要

本申请案的实施例涉及一种等离子体蚀刻方法及设备。一种等离子体蚀刻半导体衬底的方法包括以下步骤:将半导体衬底定位于腔室内的衬底支撑件上,使得所述半导体衬底的上表面能够暴露于所述等离子体蚀刻且所述半导体衬底的下表面由所述衬底支撑件支撑,其中所述衬底支撑件包括双极静电卡盘"ESC"及用于在相关联压力下向所述下表面供应冷却气体的冷却气体系统,且其中所述ESC包括至少第一电极及第二电极;等离子体蚀刻所述半导体衬底;及在所述等离子体蚀刻步骤完成之后,从所述衬底支撑件移除所述半导体衬底。



CN 119230443 A

1.一种等离子体蚀刻半导体衬底的方法,其包括以下步骤:

将半导体衬底定位于腔室内的衬底支撑件上,使得所述半导体衬底的上表面能够暴露于所述等离子体蚀刻且所述半导体衬底的下表面由所述衬底支撑件支撑,其中所述衬底支撑件包括双极静电卡盘"ESC"及用于在相关联压力下向所述下表面供应冷却气体的冷却气体系统,且其中所述ESC包括至少第一电极及第二电极;

等离子体蚀刻所述半导体衬底;及

在所述等离子体蚀刻步骤完成之后,从所述衬底支撑件移除所述半导体衬底;

其中在所述等离子体蚀刻步骤期间:在相关联压力下将冷却气体供应到所述半导体衬底的所述下表面;所述ESC在其中将正电压施加到所述第一电极且将负电压施加到所述第二电极的第一双极操作模式与其中将负电压施加到所述第一电极且将正电压施加到所述第二电极的第二双极操作模式之间切换;且当所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换时,所述冷却气体的所述压力相对于所述等离子体蚀刻步骤期间其它时间的所述压力降低,使得所述半导体衬底保持定位于所述衬底支撑件上。

2.根据权利要求1所述的方法,其中当所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换时,所述冷却气体的所述压力降到小于1托的压力。

3.根据权利要求1或权利要求2所述的方法,其中在所述等离子体蚀刻步骤期间,所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换多次。

4.根据权利要求3所述的方法,其中在所述等离子体蚀刻步骤期间,所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换至少三次。

5.根据权利要求1到4中任一权利要求所述的方法,其中在所述等离子体蚀刻步骤期间,所述半导体衬底达到至少140℃的温度。

6.根据权利要求1到5中任一权利要求所述的方法,其包括以下进一步步骤:将所述半导体衬底暴露于在惰性气体或惰性气体混合物中形成的等离子体,其中所述进一步步骤在等离子体蚀刻所述半导体衬底与从所述衬底支撑件移除所述半导体衬底的步骤之间执行。

7.根据权利要求6所述的方法,其中所述惰性气体或惰性气体混合物包括He及/或Ar。

8.根据前述权利要求中任一权利要求所述的方法,其中如果所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换而不降低所述冷却气体的所述压力,那么所述半导体衬底将由所述冷却气体移动。

9.根据前述权利要求中任一权利要求所述的方法,其中所述半导体衬底是InP半导体衬底。

10.根据前述权利要求中任一权利要求所述的方法,其中所述ESC包括电介质材料且在所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换期间,所述电介质材料的电阻率在10^{12}到10^{13}ohm-cm的范围内。

11.一种使用根据前述权利要求中任一权利要求所述的方法来等离子体蚀刻半导体衬底的设备,所述设备包括:

腔室;

衬底支撑件,其安置于所述腔室内,其中所述衬底支撑件包括双极静电卡盘"ESC"及用于在相关联压力下将冷却气体供应到所述下表面的冷却气体系统,且其中所述ESC包括至少第一电极及第二电极;

等离子体产生装置,其用于在所述腔室内维持用于蚀刻所述半导体衬底的等离子体;

用于从所述衬底支撑件移除所述半导体衬底的机构;及

控制器,其经配置以控制所述设备执行等离子体蚀刻所述半导体衬底的步骤,其中所述ESC在其中将正电压施加到所述第一电极且将负电压施加到所述第二电极的第一双极操作模式与其中将负电压施加到所述第一电极且将正电压施加到所述第二电极的第二双极操作模式之间切换;且当所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换时,所述冷却气体的所述压力相对于所述等离子体蚀刻步骤期间其它时间的所述压力降低,使得所述半导体衬底保持定位于所述衬底支撑件上。

12.根据权利要求11所述的设备,其中所述等离子体产生装置是电感耦合等离子体ICP装置。

13.根据权利要求11或权利要求12所述的设备,其进一步包括与所述冷却气体系统及气泵流体连通的旁通阀,其中所述控制器经配置以打开及关闭所述旁通阀,使得当所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换时,通过打开所述旁通阀以通过所述气泵排出冷却气体来降低所述冷却气体的所述压力。

14.根据权利要求11到13中任一权利要求所述的设备,其中所述ESC的所述电极是非指叉的。

15.根据权利要求11到14中任一权利要求所述的设备,其中所述ESC包括Al_2O_3。

等离子体蚀刻方法及设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种等离子体蚀刻半导体衬底的方法。本发明还涉及一种用于等离子体蚀刻半导体衬底的相关联设备。

背景技术

[0002] 在半导体制造工业中基于真空的等离子体蚀刻及沉积工具中,由于处理腔室中低于大气压的压力,避免晶片移动且从晶片或衬底移除由等离子体或放热过程产生的热是具有挑战性的。由于从衬底到衬底支撑件的不良热对流及直接传导,降低压力限制热传递。为了实现衬底温度的最佳控制,静电卡盘或“ESC”用于控制真空系统中衬底的温度。ESC与衬底之间的静电吸引允许用惰性气体(例如He)在足够高压力下对衬底与ESC表面之间的空腔或通道加压以促进衬底与热控ESC之间的良好热传导。此过程称为背面加压。即使处理腔室在比ESC与衬底之间的压力低得多的压力下操作,也可维持衬底的静电夹持且库仑维持严格温度控制。

[0003] 通常具有两种不同ESC用于在真空系统中夹持衬底,即,双极(“库仑(Coloumb)”)及单极(“约翰森-拉贝克(Johnsen-Rahbek)”)ESC。在两种类型中,金属电极或多个电极囊封于电介质结构中,电介质结构接着附接到金属衬底支撑件,如图1中所展示。衬底支撑件2(其通常由铝或不锈钢制成)连接到RF电源4且静电卡盘ESC 6附接到衬底支撑件2的上表面。ESC 6具有夹置于两层电介质材料之间的金属电极。电极附接到高电压DC电源8,对于厚度大于0.5mm的相对较厚陶瓷层,高电压DC电源8可供应高达+/-9kV。对于较薄聚合物层(例如聚酰亚胺),层厚度可小于0.1mm,且DC电源通常以小于+/-2kV供应。制冷剂气体(通常为He或Ar)的背面气体入口由衬底支撑件2中的管道20提供且允许气体注入于衬底12与ESC 6的表面之间。冷却剂通道10使制冷剂流能够从衬底支撑件2移除热,同时电阻加热器(未展示)可促进高温操作。使用升降组合件18来实现衬底12与涂层14的装载及卸载。屏蔽环16(通常由陶瓷形成)保护衬底支撑件2免受等离子体且帮助在衬底12附近等离子体成形。

[0004] 在双极ESC中,具有至少两个相反极性的电极,其在衬底的背面处产生静电场。此需要衬底支持电荷移动,即,衬底必须由半导体或金属材料形成。由于半导体及光电产业中处理的大多数衬底本身是半导体,所以双极ESC被广泛使用。

[0005] 单极ESC具有维持在单个电势的一或若干电极且依赖外部电子源来产生静电场。用等离子体腔室产生等离子体通常提供电流接地路径且进而使单极ESC能够将衬底夹持到衬底支撑件。为了支持此类型的操作,通过用于ESC中的绝缘陶瓷层产生非常少量泄漏电流。

[0006] 然而,当蚀刻工艺完成时,由于静电电荷留在衬底及晶片支撑件中,用ESC夹持会产生问题。已积聚的电荷需要相当多时间量来消散(可能几分钟)且因而增加在工艺模块中的停留时间,因为衬底有效附着到ESC表面。由于生产率的原因,这是非常不合需要的,因为其降低工具的产量。等离子体蚀刻工艺结束与衬底可从衬底升起的点之间的时间称为释放时间。需要改进既定方法以减少释放时间。

发明内容

[0007] 本发明在其实施例中的至少一些中寻求解决上述问题及需要中的至少一些。

[0008] 根据本发明的第一方面,提供一种等离子体蚀刻半导体衬底的方法,其包括以下步骤:

[0009] 将半导体衬底定位于腔室内的衬底支撑件上,使得所述半导体衬底的上表面可暴露于所述等离子体蚀刻且所述半导体衬底的下表面由所述衬底支撑件支撑,其中所述衬底支撑件包括双极静电卡盘(“ESC”)及用于在相关联压力下向所述下表面供应冷却气体的冷却气体系统,且其中所述ESC包括至少第一电极及第二电极;

[0010] 等离子体蚀刻所述半导体衬底;及

[0011] 在所述等离子体蚀刻步骤完成之后,从所述衬底支撑件移除所述半导体衬底;

[0012] 其中在所述等离子体蚀刻步骤期间:在相关联压力下将冷却气体供应到所述半导体衬底的所述下表面;所述ESC在其中将正电压施加到所述第一电极且将负电压施加到所述第二电极的第一双极操作模式与其中将负电压施加到所述第一电极且将正电压施加到所述第二电极的第二双极操作模式之间切换;且当所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换时,所述冷却气体的所述压力相对于所述等离子体蚀刻步骤期间其它时间的所述压力降低,使得所述半导体衬底保持定位于所述衬底支撑件上。

[0013] 当所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换时,所述冷却气体的所述压力可降到小于1托的压力。当所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换时,所述冷却气体的所述压力可降到小于0.1托的压力。仍可采用较低压力且实际上可方便地抽空将所述冷却气体供应到所述ESC的所述下表面的气体管线。目的是在所述ESC防止所述冷却气体在所述第一与第二双极操作模式之间切换时升起所述半导体衬底,因为在这些时间,由所述ESC提供的夹持显著减弱。

[0014] 在所述等离子体蚀刻步骤期间,所述ESC可在所述第一与第二双极操作模式之间切换多次。在所述等离子体蚀刻步骤期间,所述ESC可在所述第一与第二双极操作模式之间切换至少三次。原则上,为了在任何给定实际应用中提供有利结果,所述ESC可在所述第一与第二双极操作模式之间以任何期望切换频率切换任何次数。所述ESC可切换偶数或奇数次。所述ESC可在所述第一或第二双极模式下操作30秒或更长(任选地60秒或更长,任选地180秒或更短)之后切换。

[0015] 在所述等离子体蚀刻步骤期间,所述半导体衬底可达到至少140℃的温度。在所述等离子体蚀刻步骤期间,所述半导体衬底可达到至少150℃的温度。在所述等离子体蚀刻步骤期间,所述半导体衬底可达到300℃或更低的温度,任选地250℃或更低。令人惊讶地,本发明人已发现,可通过在其中所述半导体衬底在相对较高温度下等离子体蚀刻的应用中实施本发明来实现释放时间显著减少。

[0016] 等离子体蚀刻所述半导体衬底的所述步骤可使用等离子体产生装置(例如电感耦合等离子体(ICP)装置)来执行。本发明不受所执行的等离子体蚀刻类型限制,且可使用非ICP等离子体蚀刻技术。

[0017] 在等离子体蚀刻所述半导体衬底的所述步骤期间及/或之后,可向所述衬底支撑件施加RF偏压信号。

[0018] 所述方法可包括以下进一步步骤:将所述半导体衬底暴露于在惰性气体或惰性气

体混合物中形成的等离子体,其中所述进一步步骤在等离子体蚀刻所述半导体衬底与从所述衬底支撑件移除所述半导体衬底的步骤之间执行。此等离子体是惰性的,通常为低能的,其可通过提供电流接地路径来帮助“释放”所述半导体衬底。依此方式,可从所述半导体衬底及ESC表面移除任何剩余电荷。所述惰性气体或惰性气体混合物可包括He及/或Ar。所述等离子体产生装置及/或施加到所述衬底支撑件的所述RF偏压信号可用于在所述惰性气体或惰性气体混合物中形成所述等离子体。

[0019] 在所述方法期间使用的条件可使得如果所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换而不降低所述冷却气体的所述压力,那么所述半导体衬底将由所述冷却气体移动。

[0020] 所述半导体衬底可为InP半导体衬底。InP半导体衬底的等离子体蚀刻通常在相对较高温度下执行以移除挥发性物种。然而,本发明不限于任何特定半导体衬底。预计本发明将特别适合于需要相对较高处理温度的其它半导体衬底的所述等离子体蚀刻。

[0021] 所述ESC可包括电介质材料。在所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换期间,所述电介质材料的电阻率可在10^{12}到10^{13}ohm-cm的范围内。

[0022] 根据本发明的第二方面,提供一种用于等离子体蚀刻半导体衬底的设备,其包括:

[0023] 腔室;

[0024] 衬底支撑件,其安置于所述腔室内,其中所述衬底支撑件包括双极静电卡盘(“ESC”)及用于在相关联压力下将冷却气体供应到下表面的冷却气体系统,且其中所述ESC包括至少第一电极及第二电极;

[0025] 等离子体产生装置,其用于在所述腔室内维持用于蚀刻所述半导体衬底的等离子体;

[0026] 用于从所述衬底支撑件移除所述半导体衬底的机构;及

[0027] 控制器,其经配置以控制所述设备执行等离子体蚀刻所述半导体衬底的步骤,其中所述ESC在其中将正电压施加到所述第一电极且将负电压施加到所述第二电极的第一双极操作模式与其中将负电压施加到所述第一电极且将正电压施加到所述第二电极的第二双极操作模式之间切换;且当所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换时,所述冷却气体的所述压力相对于所述等离子体蚀刻步骤期间其它时间的所述压力降低,使得所述半导体衬底保持定位于所述衬底支撑件上。

[0028] 所述设备使用根据本发明的第一方面的方法来等离子体蚀刻所述半导体衬底。

[0029] 所述等离子体产生装置可为电感耦合等离子体(ICP)装置。可使用其它类型的等离子体产生装置。

[0030] 所述设备可进一步包括与所述冷却气体系统及气泵流体连通的旁通阀,其中所述控制器经配置以打开及关闭所述旁通阀,使得当所述ESC在所述第一与第二双极操作模式之间切换时,通过打开所述旁通阀以通过所述气泵排出冷却气体来降低所述冷却气体的所述压力。

[0031] 所述ESC的所述电极可为非指叉的。例如,所述电极可为半圆形电极。

[0032] 所述ESC可包括Al_2O_3。

[0033] 用于从所述衬底支撑件移除所述半导体衬底的所述机构可为任何合适机构,其可采用例如升降销或另一衬底升降布置及机械臂的元件。此类机构是熟练读者所熟知。

[0034] 为免生疑问,每当本文中涉及“包括”或“包含”及类似术语时,本发明也被理解为包含更具限制性术语,例如“由…组成”及“基本上由…组成”。

[0035] 虽然上文已描述本发明,但其扩展到上文或以下描述、附图或权利要求书中阐述的特征的任何发明组合。例如,关于本发明的第一方面公开的任何特征可与关于本发明的第二方面公开的任何特征组合。

附图说明

[0036] 现将参考附图、仅通过实例来描述本发明的实施例,其中:

[0037] 图1是已知衬底支撑件的示意图;

[0038] 图2是电感耦合等离子体设备的半示意性横截面图;

[0039] 图3展示根据本发明的过程序列;及

[0040] 图4是ESC及冷却气体系统的示意图。

具体实施方式

[0041] 图2是根据本发明的适合于等离子体蚀刻半导体衬底的设备20的半示意图。适合于执行本发明的方法的设备包适用SPTS欧米茄(RTM)ICP蚀刻系统,其可从位于英国新南威尔士纽波特的SPTS技术有限公司购得。下文描述的所有示范性实施例及比较实例使用此设备执行。

[0042] 设备20包括腔室21及用于在腔室内维持等离子体的等离子体产生装置。腔室21包括电介质圆柱壁部分22、合适气体可通过其引入到腔室21中的气体入口23及气体可通过其使用合适泵从腔室移除的气体出口24。等离子体产生装置包括线圈25,其可由RF电源26经由阻抗匹配网络27电驱动。线圈25围绕电介质壁22安置。RF电源26通常以2到20MHz的频率向线圈25提供RF功率,但可采用更低频率(例如380kHz)。设备20进一步包括半导体衬底29可定位到其上用于处理的衬底支撑件28。衬底支撑件28包括静电卡盘(ESC),其在蚀刻期间使用冷却气体的背压。衬底支撑件28经由陶瓷断路器31及阻抗匹配网络32连接到RF电源30。电源30向衬底支撑件28提供RF电偏压。RF电源30通常以2到20MHz的频率(任选地,13.56MHz)提供RF功率,但可采用更低频率(例如375kHz)。控制器(未展示)经配置以控制设备,包含ESC的操作及冷却气体的供应。ESC是具有由嵌入于Al_2O_3陶瓷层中的约2mm的小间隙间隔的两个半圆形金属电极的双极ESC。也可使用替代陶瓷,例如AlN或薄膜聚合物电介质膜。

[0043] 本发明利用施加到ESC的双极电极的电压极性的切换。特定来说,ESC在其中将正电压施加到第一电极且将负电压施加到第二电极的第一双极操作模式与其中将负电压施加到第一电极且将正电压施加到第二电极的第二双极操作模式之间切换。在发生极性切换时,冷却气体的背压降低以防止半导体衬底从衬底支撑件升离。如果背压不降低,那么将发生晶片移动。接着,当ESC处于第一或第二双极操作模式中时,背压升高到“稳态”背压。依此方式,可实现释放时间显著减少,特别是对于相对高温等离子体蚀刻工艺。

[0044] 在图3中,呈现根据本发明的过程序列。SPTS欧米茄(RTM)系统是群集工具且在正常操作期间在真空下维持处理模块。在步骤300,机器人从卡式盒或FOUP拾取晶片且将其放置到ICP蚀刻腔室中的ESC上的升降销上。将晶片降到ESC的表面上且在302通过向嵌入于

ESC的陶瓷层中的两个双极电极施加高电压(相等且相反)来静电夹持晶片。在304,将合适冷却气体(例如He)的背压施加到晶片的背面且等离子体蚀刻工艺开始将工艺气体供应到腔室且产生等离子体。背压通常为3到30托,但此将取决于特定应用。在此等离子体蚀刻步骤(306)期间,双极电极的极性切换及冷却气体压力的循环开始。一旦等离子体蚀刻工艺完成(例如,如由时间或终点确定),那么最终极性/冷却气体循环步骤将在步骤308完成且工艺气体由惰性气体(例如Ar)替换。接着产生释放等离子体(310),释放等离子体持续一段固定时间,通常为10到60秒。在释放等离子体步骤完成之后,由升降销从ESC升起晶片以由机器人拾取且从腔室移除(312)。

[0045] 图4是ESC及冷却气体系统的示意图。此ESC及冷却气体系统经改装成商用欧米茄(RTM)系统以提供适用于本文中所描述的实验的欧米茄(RTM)系统。图4展示ESC 41、真空腔室42、RF匹配箱43、氮气净化管线44、He阀45、背压单元46、He旁通阀47及泵48。图4中所展示的布置是方便的,因为其实现快速气体切换。特定来说,He旁通阀47的存在使到ESC 41的背面的管线能够在He旁通阀47及He阀45打开时被直接泵抽。此能够快速(几秒)控制半导体衬底后面的He压力。依此方式,He的背压可快速降低且接着快速升回到平常稳态He背压。He压力的此快速切换可易于与极性切换事件同步。

[0046] 比较实例

[0047] 使用在高温及低温下操作的双极ESC,在SPTS欧米茄ICP蚀刻工具中在150mm Si晶片上进行实验。随后进行常规蚀刻及释放工艺。ICP源以13.56MHz操作且ESC在13.下进行RF偏压。

[0048]

温度(℃)	ESC电压(+/-kV)	释放时间(秒)
30	5	10
180	5	900
180	2	300

[0049] 表1-依据ESC温度及电压而变化的释放时间

[0050] 如表1中可见,在+/-5kV的箝位电压的低温操作条件下,释放可在约10秒内发生。当使用相同箝位电压升高ESC的温度时,释放时间急剧增加到约900秒。表1表明,可通过将箝位电压降到+/-2kV来将释放时间减少到300秒。然而,300秒释放步骤仍不是可行解决方案。在释放步骤期间,在Ar或He中形成的惰性等离子体用于帮助从衬底移除电荷。

[0051] 在不希望受任何特定理论或猜想约束的情况下,可推测,在高温下,覆盖导电电极的Al_2O_3陶瓷层的电阻变小,从ρ约10^{15}ohm-cm下降到ρ约10^{12}到10^{13}ohm-cm。此被认为导致对夹持静电力的约翰森-拉贝克(J-R)贡献。通常,当ρ>10^{13}ohm-cm时,库仑力将强于J-R力,而当ρ<10^{10}ohm-cm时,J-R力将占主导地位。陶瓷的此额外充电被认为导致更长释放时间。这些比较实例表明,常规蚀刻及释放技术会导致释放时间过长,即使释放等离子体用于帮助从衬底移除电荷。

[0052] 实例

[0053] 根据本发明在180℃的ESC温度下进行一系列实验。在实验中,施加到ESC电极的高电压的极性在蚀刻步骤期间的一段时间内交替,同时控制He背压。当相关J-R夹持力减小时,在每一电压切换之前的几秒降低He冷却气体的背压以避免晶片移动。通过在施加ESC电压的极性的每一切换期间减少He流,可维持等离子体蚀刻且仅产生衬底的最小充电,从而

实现相对快速释放循环。在蚀刻步骤之后,产生惰性释放等离子体。表2描述所使用的释放等离子体条件。通常,以13.56MHz、在约5毫托的腔室压力下、以约100sccm的Ar流量将约500W RF功率施加到ICP线圈。实验的持续时间固定在30秒。等离子体蚀刻步骤使用常规工艺条件(ESC的切换及冷却气体背压除外)且因此无需提供此步骤的详细工艺细节。

[0054]

时间(秒)	30
RF功率(瓦特)	500
压力(毫托)	5
Ar流量(sccm)	100

[0055] 表2.释放等离子体条件

[0056] 表3描述使用He背压、He关闭时间、每一极性切换之间的间隔时间及释放时间的各种组合的三个实例。在每一情况中,在晶片成功地从ESC升起且处理出处理腔室之前,使用默认30秒释放等离子体。这些实例表明,30秒或更少的商业上可行释放时间是容易实现的。维持可接受衬底保持及冷却。

[0057]

处理时间(秒)	He 压力(托)	He 关闭时间(秒)	ESC 电压(+/-kV)	极性切换时间(秒)	释放时间(秒)
300	8	10	2.5	60	30

[0058]

300	5	5	2	60	30
480	5	10	2	120	30

[0059] 表3.减少释放时间的循环极性条件

[0060] 尽管使用Al_2O_3双极ESC在180℃下进行测试,但相同原理将适用于大范围的温度,其中在不存在等离子体时使用双极库仑夹持且其中在等离子体或替代电荷源引入到处理腔室中时J-R力显著。对于Al_2O_3,预期这是至少在140到300℃的温度范围内的情况。关于其它ESC材料,可观察到释放时间显著减少的温度范围可不同。本发明不限于任何特定操作温度。本发明也不限于任何一种等离子体蚀刻技术。本文中所描述的参数及操作条件可变化以适合任何给定应用。例如,ESC在第一与第二双极操作模式之间切换的次数、在切换之前在每一操作模式中花费的时段及冷却气体的背压降低的时序及持续时间可由熟练读者使用本文中所描述的原理来确定。

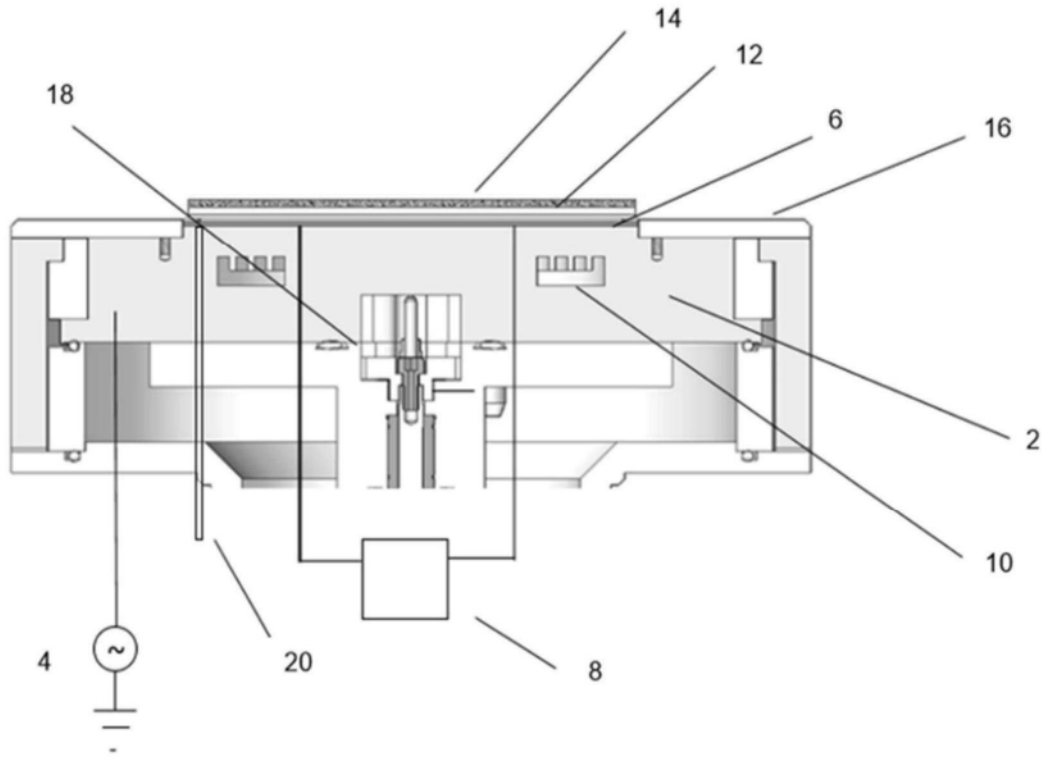


图1

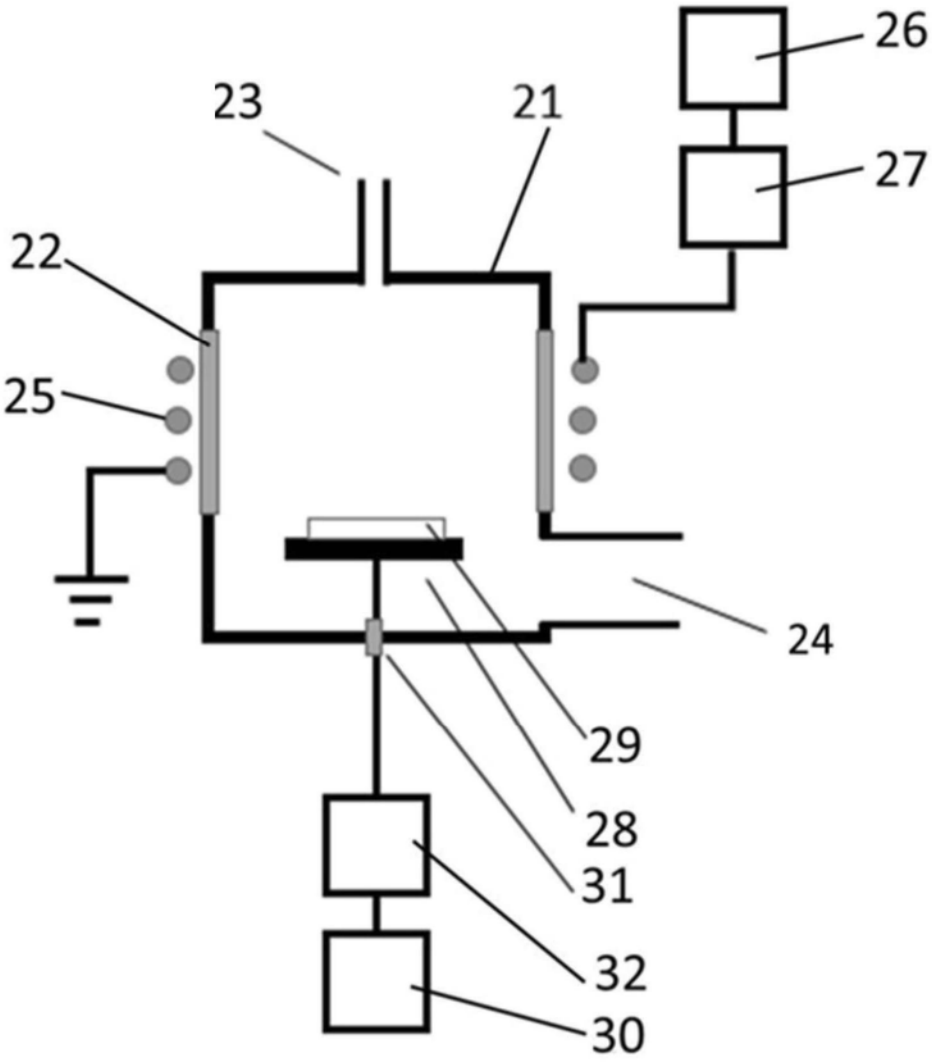


图2

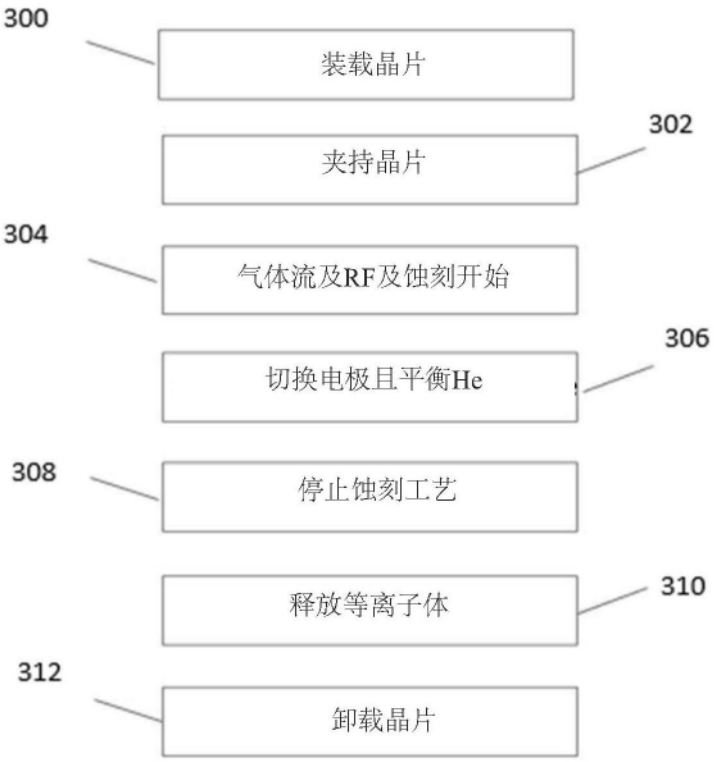

300
装载晶片
302
夹持晶片
304
气体流及RF及蚀刻开始
306
切换电极且平衡He
308
停止蚀刻工艺
310
释放等离子体
312
卸载晶片

图3

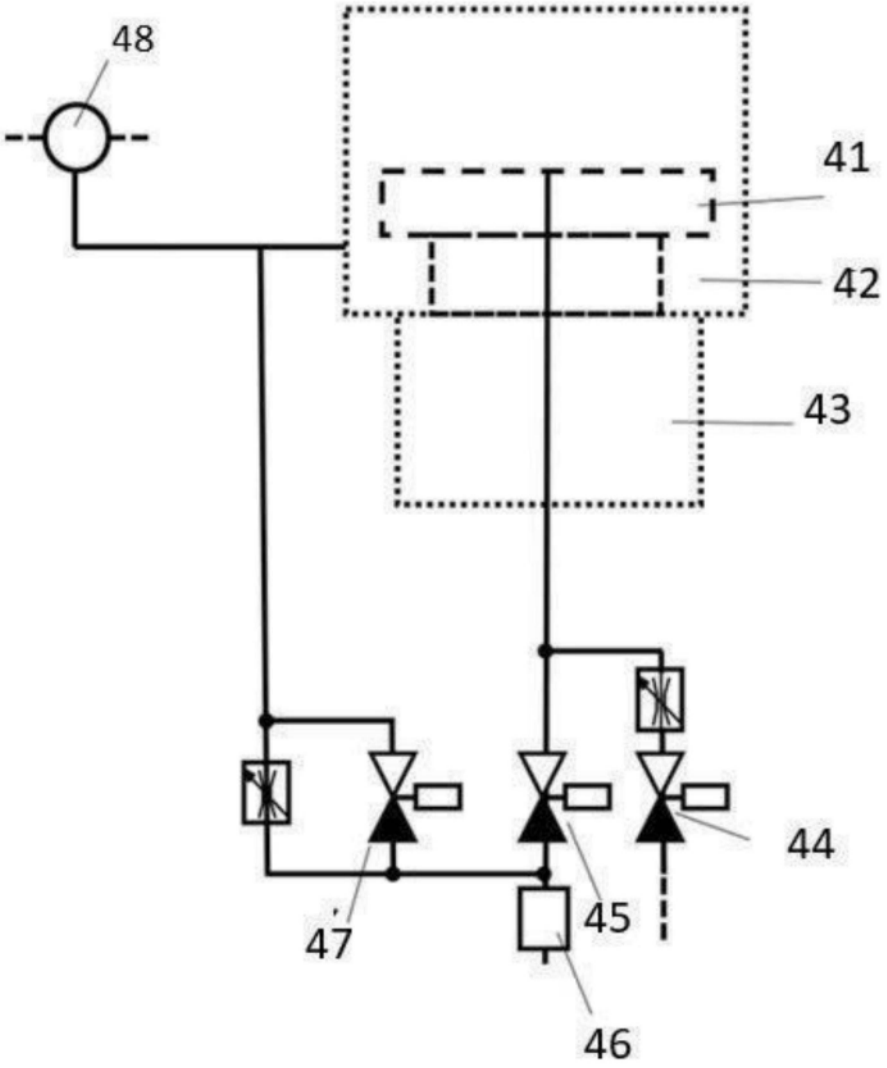


图4