



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101495268 B

(45) 授权公告日 2011. 06. 08

(21) 申请号 200680008080. 9

(22) 申请日 2006. 02. 08

(30) 优先权数据

11/057, 433 2005. 02. 15 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007. 09. 13

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/004284 2006. 02. 08

(87) PCT申请的公布数据

W02006/088697 EN 2006. 08. 24

(73) 专利权人 兰姆研究公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 R·J·斯蒂格

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 周文强 李献忠

(51) Int. Cl.

B23Q 17/00 (2006. 01)

B21D 39/03 (2006. 01)

C23F 1/00 (2006. 01)

H01L 21/26 (2006. 01)

C23C 16/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1488161 A, 2004. 04. 07, 说明书摘要, 说明书第 6 页第 2 段第 3 行.

CN 1323444 A, 2001. 11. 21, 全文.

CN 1488161 A, 2004. 04. 07, 全文.

W0 02/054444 A1, 2002. 07. 11, 说明书摘要.

CN 1213848 A, 1999. 04. 14, 说明书摘要, 权利要求 1.

CN 1213848 A, 1999. 04. 14, 全文.

CN 1323444 A, 2001. 11. 21, 说明书摘要, 说明书第 2 页第 9 段.

W0 02/054444 A1, 2002. 07. 11, 全文.

审查员 王丹

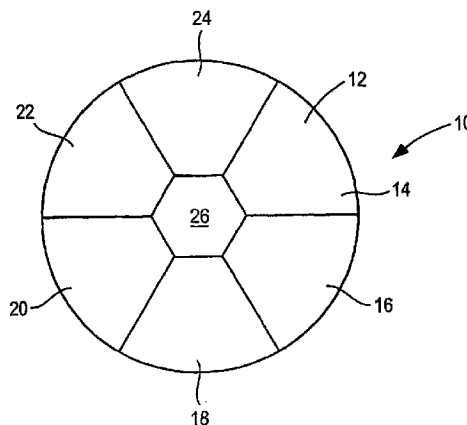
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 发明名称

制造用于等离子加工设备的气体分配构件的方法

(57) 摘要

本发明提供了制造用于等离子加工设备的气体分配构件的方法。气体分配构件可以是电极、气体分配板或其他构件。所述方法包括通过例如机械制造技术的适用技术在气体分配构件中制造喷气孔, 测量通过气体分配构件的气体流量, 随后通过相同技术或者通过例如激光钻孔的不同技术调节气体分配构件的透气性。可以在所述构件的一个或多个区域处调节气体分配构件的透气性。



1. 一种制造用于等离子加工设备的气体分配构件的方法,包括:
制造喷气孔,所述喷气孔在相对的气体分配构件入口和出口表面之间延伸;
测量从气体分配构件的多个区域中每个区域的出口表面的喷气孔流出的总气体流量;
和
根据为每个区域测得的总气体流量,在一个或多个区域调节气体分配构件的透气性以在出口表面处实现希望的气体流量分布图案。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,气体分配构件是由硅或碳化硅制成的莲蓬头式电极。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,气体分配构件是气体分配板。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在调节之后,每个区域具有大体上相同的透气性,使得气体分配构件可以在出口表面提供大体上均匀的气体流量分布图案。
5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在调节之后,至少两个区域具有彼此不同的透气性。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,喷气孔通过机械制造技术制成。
7. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,至少两个喷气孔具有彼此不同的横截面形状。
8. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,调节气体分配构件的透气性包括:
确定通过第一区域的最大总气体流量和通过至少第二区域的总气体流量之间的差;和
在第二区域,(i) 改变至少一个喷气孔以增大通过已改变的喷气孔的气体流量,和 / 或
(ii) 制造至少一个附加喷气孔以相对于第一区域的透气性调节第二区域的透气性。
9. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,用于 (i) 和 / 或 (ii) 的制造技术根据第二区域中孔的总数确定。
10. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,调节气体分配构件的透气性包括:
确定通过每个区域的期望总气体流量和测量的总气体流量之间的差;和
在所述一个或多个区域中的每个区域,(i) 改变至少一个喷气孔以增大通过已改变的喷气孔的气体流量,和 / 或 (ii) 制造至少一个附加喷气孔以根据希望的总气体流量调节所述一个或多个区域的透气性。
11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,用于 (i) 和 / 或 (ii) 的制造技术根据所述一个或多个区域中孔的总数确定。
12. 一种调节用于等离子加工设备的气体分配构件的透气性的方法,包括:
使气体流过气体分配构件的喷气孔,使得气体在气体分配构件的出口表面离开;
测量从气体分配构件的多个区域中每个区域的喷气孔流出的总气体流量;和
根据为每个区域测得的总气体流量,在一个或多个区域调节气体分配构件的透气性以在出口表面处实现希望的气体流量分布图案。
13. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,气体分配构件是由硅或破化硅制成的莲蓬头式电极。
14. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,调节气体分配构件的透气性包括:
确定通过第一区域的最大总气体流量和通过至少第二区域的总气体流量之间的差;和
在第二区域,(i) 改变至少一个喷气孔以增大通过已改变的喷气孔的气体流量,和 / 或

(ii) 制造至少一个附加喷气孔以相对于第一区域的透气性调节第二区域的透气性。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,用于 (i) 和 / 或 (ii) 的制造技术根据第二区域中孔的总数确定。

16. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,调节气体分配构件的透气性包括:

确定通过每个区域的期望总气体流量和测量的总气体流量之间的差;和

在所述一个或多个区域中的每个区域, (i) 改变至少一个喷气孔以增大通过已改变的喷气孔的气体流量,和 / 或 (ii) 制造至少一个附加喷气孔以调节所述一个或多个区域的透气性。

17. 如权利要求 16 所述的方法,其特征在于,用于 (i) 和 / 或 (ii) 的制造技术根据所述一个或多个区域中孔的总数确定。

18. 一种根据权利要求 1 的方法制造的用于等离子加工设备的气体分配构件,包括:

机械制造的第一喷气孔,所述第一喷气孔在气体分配构件的相对的入口和出口表面之间延伸;和

至少一个激光钻出的第二喷气孔,所述第二喷气孔在所述入口和出口表面之间延伸。

19. 如权利要求 18 所述的气体分配构件,其特征在于,气体分配构件具有在整个表面范围内提供大体上均匀气体流量图案的透气性。

20. 如权利要求 18 所述的气体分配构件,其特征在于,气体分配构件具有在气体分配构件的中心部分或外周部分提供较大气体流量的透气性。

21. 如权利要求 18 所述的气体分配构件,其特征在于,气体分配构件是由硅或碳化硅制成的莲蓬头式电极。

22. 一种包括至少一个如权利要求 18 所述气体分配构件的等离子加工设备。

制造用于等离子加工设备的气体分配构件的方法

背景技术

[0001] 用于加工半导体基片,例如半导体晶片的等离子加工设备可以包括具有孔的气体分配构件,气体通过所述孔流入等离子加工室。例如,气体分配构件可以是莲蓬头式电极,其位于腔室中以将工艺气体分配到要在腔室中加工的半导体基片的表面上。

发明内容

[0002] 本发明提供了制造用于等离子加工设备的气体分配构件的方法和气体分配构件。该方法的优选实施例包括在气体分配构件中制造喷气孔,测量通过气体分配构件的气体流量,随后调节气体分配构件的透气性,使得它可以提供希望的气体流量分布。

[0003] 气体分配构件可以是用于将气体导入等离子加工室的莲蓬头式电极、气体分配板、挡板或其它构件。

[0004] 制造用于等离子加工设备的气体分配构件的方法的优选实施例包括制造喷气孔,其在气体分配构件的入口和出口表面之间延伸。气体流过喷气孔,并且测量在气体分配构件的多个区域中每一区域的出口表面上从所述喷气孔流出的总气体流量。根据在每个区域测得的总气体流量,可以在一个或多个区域调节气体分配构件的透气性以在出口表面处实现希望的气体流量分布图案。

[0005] 在优选实施例中,可以通过以下步骤调节气体分配构件的透气性,步骤包括:确定流经所述构件的第一区域的最大总气体流量;确定最大总气体流量和通过至少第二区域的总气体流量之间的差;以及,在第二区域,改变至少一个喷气孔以增大通过该孔的气体流量和/或制造至少一个附加喷气孔。

[0006] 制造用于等离子加工设备的气体分配构件的方法的另一优选实施例包括通过下列步骤调节气体分配构件的透气性,步骤包括:确定通过构件多个区域的期望总气体流量和测量总气体流量之间的差;以及,在一个或多个区域,改变至少一个喷气孔以增大通过该孔的气体流量和/或制造至少一个附加喷气孔。

[0007] 在优选实施例中,在对气体分配构件的透气性进行调节之后,可以测量通过气体分配构件的气体流量以确认透气性调节令人满意。

[0008] 调节用于等离子加工设备的气体分配构件的透气性的方法的优选实施例包括使气体流过构件的喷气孔,和测量从构件不同区域处的喷气孔流出的总气体流量。根据每个区域的总气体流量,可以对气体分配构件的一个或多个区域的透气性进行调节。

[0009] 用于等离子加工设备的气体分配构件的优选实施例包括机械制造的喷气孔和一个或多个激光钻出的喷气孔。气体分配构件包括出口表面,气体在所述出口表面处从喷气孔流出。在实施例中,气体分配构件可以提供遍布表面的大体上均匀的气体流量分布图案。在另一个实施例中,气体分配构件可以提供遍布表面的希望的不均匀气体流量分布图案。

附图说明

[0010] 图 1 显示了具有七个区域的气体分配构件的气体出口表面。

[0011] 图 2 显示了具有四个区域的气体分配构件的气体出口表面。

[0012] 图 3 显示了适于测量通过气体分配构件区域的气体流量的气体流量测量设备的实施例。

[0013] 图 4 显示了包括莲蓬头式电极的等离子加工设备的实施例。

具体实施方式

[0014] 等离子加工设备可以包括例如莲蓬头式电极或气体分配板的气体分配构件，工艺气体通过所述气体分配构件流入等离子加工室。例如，诸如电容耦合室的平行板式等离子加工室可以包括莲蓬头式上电极和下电极。上电极的底部或出口表面暴露给等离子并且典型地面向基片支座，半导体基片在加工操作期间支撑在所述支座上。在等离子加工，例如蚀刻或沉积过程期间，通过给电极提供能量以激励工艺气体从而在电极之间的区域内形成等离子。

[0015] 莲蓬头式电极包括喷气孔，其具有布置在电极底面上的出口以将工艺气体分配到被加工基片的表面上。喷气孔通过机械制孔技术制成，例如使用磨粉浆的机械钻孔技术。这种技术典型地具有大约 ± 0.003 英寸的最大精度。该精度等级可以使气体分配构件区域相对于其他区域在气体流量方面产生不希望的差异，其继而会有害地影响利用气体分配构件加工的半导体基片的加工速率均匀性，例如，基片蚀刻速率均匀性。

[0016] 可用于在气体分配构件，例如莲蓬头式电极上形成喷气孔的另一制孔技术是激光钻孔。激光钻孔可用于制造比机械制孔技术的精度等级更高的喷气孔。但是，激光钻孔的每孔成本比机械钻孔贵得多，例如，激光钻孔是机械钻孔成本的十倍以上。由于莲蓬头式电极典型地包括数百个喷气孔，通过激光钻孔形成莲蓬头式电极的所有喷气孔的总成本高得惊人。

[0017] 另外，莲蓬头式电极是消耗性部件，因此被周期性地更换。人们希望降低莲蓬头式电极以及其他可消耗气体分配构件的总生产成本，以便降低它们的更换成本。因此，希望提供制造气体分配构件中喷气孔的经济的方法。还希望这种构件能够以希望的流量分布图案将工艺气体分配到等离子加工室中。

[0018] 因此，本发明提供了制造用于等离子加工设备的气体分配构件的方法。在优选实施例中，使用相同的方法在气体分配构件中制造所有的喷气孔。例如，机械制孔方法可以用于制造气体分配构件中的所有喷气孔。在实施例中，通过机械制孔技术在喷气构件中以希望的图案制造喷气孔的主要部分。随后，利用机械制造技术在所述构件的一个或多个选择区域上调节喷气构件的透气性，从而实现希望的最终喷气孔图案。如下文解释的那样，通过测量经过最初制造的喷气孔的气体流量、随后根据所测气体流量值在一个或多个区域调节构件的透气性可以确定对透气性进行调节的喷气构件的位置。

[0019] 当在此使用时，气体分配构件或构件区域的“透气性”是指当气体流过喷气孔时，分别通过遍布构件的整个出口表面的喷气孔或通过所述区域的喷气孔的总（或合成）气体流量。例如，通过气体分配构件或通过构件区域的总气体流量可以表示为按例如 sccm 的传统单位测量的体积流量。

[0020] 在另一个优选实施例中，机械制孔技术用于形成气体分配构件中全部喷气孔的主要部分。然后，例如激光钻孔的更精密的技术用于调节所述构件的一个或多个区域处的气

体分配构件的透气性。

[0021] 因此,所述方法的优选实施例可以利用经济的制孔技术制造所有喷气孔的主要部分,随后利用相同或不同的技术调节喷气孔图案,以便制造适于在等离子加工室中提供希望的气体流量分布图案的气体分配构件。通过在气体分配构件中改变一个或多个机械制孔和/或制造一个或多个附加喷气孔可以调节气体分配构件的透气性。

[0022] 气体分配构件可以是莲蓬头式电极,在等离子加工期间,所述莲蓬头式电极可以在等离子加工室中接地或通电。在另一个优选实施例中,气体分配构件可以是例如挡板的气体分配板。气体分配构件优选地为新部件(即,从未用于等离子加工的气体分配构件)。可选地,气体分配构件可以是用过的部件。

[0023] 气体分配构件可以是在等离子加工室中使用的任何适当材料,例如包括单晶硅、多晶硅、无定形硅或碳化硅。例如铝或铝合金的金属材料可用于制造不暴露给等离子加工室中的等离子的气体分配构件。金属气体分配构件(例如安装在挡板室中的挡板)可以具有暴露给等离子体的覆硅表面。在共同受让的美国专利 No. 6,451,157 中描述了示例性电极组件和含硅挡板布置,所述文献在此全文引入作为参考。

[0024] 形成在例如莲蓬头式电极的气体分配构件中的喷气孔典型地为圆孔,其典型地具有大约 0.005 英寸到大约 0.05 英寸的直径。气体分配构件中喷气孔的总数典型地为数百个,例如多至 600 个孔或以上。

[0025] 喷气孔可以具有其他适当的横截面形状,例如锥形或缝形。具有彼此不同形状(例如圆孔和锥形或缝形孔)的喷气孔可以设置于相同的气体分配构件中。

[0026] 制造用于等离子加工设备的气体分配构件的方法的优选实施例包括在具有出口表面的气体分配构件中制造喷气孔,其中气体在所述出口表面离开喷气孔。气体分配构件的出口表面可以选择性地划分为分别包括喷气孔的多个区域。然后,气体流过喷气孔,并且测量从每个区域通过构件的出口表面流出的总气体流量。根据单个区域的气体流量测量值,可以在一个或多个区域上调节气体分配构件的透气性。一个区域的透气性可以相对于另一区域,例如具有最大总气体流量的区域的透气性进行调节。可选地,区域透气性可以相对于希望的透气性数值,例如工艺设计值进行调节,所述工艺设计值提供用于等离子加工操作的希望的气体流量分布图案。

[0027] 在给定的区域通过制造一个或多个附加喷气孔,或者通过改变至少一个喷气孔以增大通过该孔的气体流量,例如通过增大一个或多个孔的尺寸,即,增大沿孔长度的至少一部分(例如,在孔的出口部分)的横截面流动面积来调节喷气构件的透气性。使用用于形成初始喷气孔的相同方法,例如机械制造技术,或者通过使用不同的制造技术,例如激光钻孔实现所述调节。

[0028] 在制造气体分配构件的方法的优选实施例中,利用机械制造技术在由硅或碳化硅制成的莲蓬头式电极中制造喷气孔。典型地,通过该技术在电极中制造数百个喷气孔。图 1 显示了莲蓬头式电极 10 的实施例的底面。莲蓬头式电极 10 具有圆板结构并且包括延伸穿过电极厚度,即,沿垂直于表面的方向延伸的喷气孔(未显示)。莲蓬头式电极 10 可以具有适于加工直径为例如 200 毫米或 300 毫米的晶片的直径。喷气孔可以按照任何希望的图案布置在莲蓬头式电极中,例如以同心圆的图案。

[0029] 莲蓬头式电极 10 的出口表面 12 可以选择性地在空间上分为(或划为)围绕中心

区域 26 的区域 14、16、18、20、22、24。例如,可以制造区域图案的模板,其中所述区域优选地包括莲蓬头式电极 10 的整个出口表面 12,如图 1 所示。如下文更详细描述的那样,气体优选地流过每个区域以确定每个区域的透气性。

[0030] 对于莲蓬头式电极或其它气体分配构件来说,区域尺寸、形状和数量可以改变。例如,根据希望的最终电极使用性能,莲蓬头式电极 10 可以分为比图 1 所示或多或少的区域,例如大约 2 到 24 个区域。通过增加区域数目,可以提高离开遍布出口表面的喷气孔的气体流量的均匀性。图 2 显示了莲蓬头式电极 30 的另一个优选实施例,所述莲蓬头式电极 30 包括分为四个区域 32、34、36、38 的出口表面 31,每个区域具有大致相同的尺寸和形状。

[0031] 在该实施例中,通过莲蓬头式电极 10 的气体流量可以按下列示例性的方式进行测量。莲蓬头式电极 10 安装到适于测量通过每个区域 14-26 的气体流量的气体流量测量设备 40 中。图 3 显示了包括两个增压室 42、44 的气体流量测量设备 40 的示例性实施例。增压室 42 配置为密封到莲蓬头式电极 10 的入口表面 28 的外周上,增压室 44 配置为密封到出口表面 12 的外周上。两个增压室 42、44 优选地具有直径大致等于莲蓬头式电极 10 的直径的圆形外部形状,以便使在其上测量气体流量的莲蓬头式电极 10 的表面面积最大化。

[0032] 增压室 42 连接到供气系统上,所述供气系统包括气体源 46、气体管线 48、截流阀 50、流量控制阀 52 和压力传感器 54。

[0033] 增压室 44 的单个区域的数目、形状和尺寸对应于莲蓬头式电极 10 上要测量气体流量的区域的数目、形状和尺寸。因此,对于图 1 所示莲蓬头式电极 10 来说,增压室 44 包括七个区域,其具有莲蓬头式电极 10 的区域 14-26 的形状和尺寸。增压室 44 的区域可以由沿垂直于莲蓬头式电极 10 的出口表面 12 的方向延伸的隔离壁界定。增压室 44 的每个区域优选地与其他区域以及环境大气隔离,从而能够精确测量通过每个单独区域的总气体流量。

[0034] 莲蓬头式电极 10 的每个区域优选地分别连接到相应的流量测量装置 56 上。流量测量装置 56 的出口优选地共同连接到截流阀 58 和真空泵 60 上。该布置允许希望的气体流量和进气压力施加到莲蓬头式电极 10 上。用于测试的气体流量和压力条件优选地与在半导体基片的等离子加工期间使用莲蓬头式电极 10 施加的典型工作条件相类似。

[0035] 在实施例中,为了测量经由增压室 44 的区域通过莲蓬头式电极 10 的区域离开的气体流量,真空泵 60 起动并且阀 58 打开,使得增压室 42、44 和莲蓬头式电极 10 抽空。当达到希望的真空度时,核对流量测量装置 56 处于零流量。

[0036] 截流阀 50 打开以允许气体从气体源 46 流入增压室 42,并且利用流量控制阀 52 调节气体流量以获得压力传感器 54 上的压力读数,其可与用于莲蓬头式电极 10 的典型工作条件相比。稳定系统并且通过流量测量装置 56 单独或同时测量通过单个区域的气体流量。优选地人工或电子地记录流量。

[0037] 在优选实施例中,气体流量测量设备 40 可以电气连接到控制器上,该控制器在控制下与截流阀 50、流量控制阀 52、压力传感器 54、流量测量装置 56、截流阀 58 和真空泵 60 中任何选定的装置通信。控制器可以读取来自压力传感器 54、流量测量装置 56 和阀的控制操作的数值。控制器还可以利用测量值进行数值计算。

[0038] 在测量通过莲蓬头式电极 10 的单个区域的气体流量之后,莲蓬头式电极 10 可以从气体流量测量设备 40 上拆下。根据通过单个区域的总气体流量值,可以决定是否希望调

节任何一个区域的透气性以在电极 10 的出口表面 12 处实现希望的气体流量分布图案。例如,所述区域的单独的总气体流量值可以彼此比较以确定最大总气体流量测量值。对于与最大测量值相比具有较小总气体流量值的区域来说,可以对这些区域中一个或多个区域的透气性进行调节,以便允许所述区域提供优选地大体上等于最大测量值的总气体流量。

[0039] 在其它实施例中,希望在气体分配构件的不同区域,例如界定气体分配构件外周的区域或中心部分处提供较高的透气性,使得气体以希望的流量图案分布在基片的加工表面上。

[0040] 在另一个实施例中,区域的单独总气体流量值可与期望值,例如预定值进行比较。如果总气体流量测量值不超过期望值,那么一个或多个区域的透气性可以相对于期望值进行调节以实现希望的气体流量分布图案。如果区域的一个或多个总气体流量测量值超过期望值,那么这些区域中的一个或多个区域的透气性可以相对于最大测量值或相对于期望值进行调节。在该实施例中,希望气体分配构件在一个或多个选定区域,例如在气体分配构件的外周或中心部分处具有较高的透气性,使得工艺气体能以希望的流量分布图案分布在基片的加工表面上。

[0041] 在通过加工调节气体分配构件的一个或多个区域的透气性之后,可以在气体流量测量设备 40 中重新测量通过所述区域的气体流量,从而确定透气性调节已经提供了通过所述区域的希望的总气体流量。如果确定气体分配构件的附加加工是希望的,气体分配构件可以根据如上所述的步骤在一个或多个选定区域进行加工,以便改变一个或多个喷气孔和 / 或形成一个或多个附加喷气孔。该步骤可以根据需要重复进行,直到实现气体分配构件的希望的气体流量性能。

[0042] 在示例性实施例中,莲蓬头式电极 10 的每个区域具有相等的预定总气体流量,表示为 Q_0 。在区域 j 中测量的实际总气体流量表示为 Q_j 。对于每个区域来说,可以计算预定流量和实际流量之间的差 ΔQ_j , 即, $\Delta Q_j = Q_0 - Q_j$ 。

[0043] 在实施例中,对一个区域而言优选地保持每单位孔横截面积的气体流速,即,比率 Q_j/A_j , 其中 A 是区域的公称总孔横截面流动面积, Q 是该区域的总气体流量。利用关系式 $Q_j/A_j = \Delta Q_j / \Delta A_j$, 增加给选定区域以实现该区域的希望横截面流动面积的 ΔA_j 可以计算得出。通过增大一个或多个已有孔的横截面流动面积或者在所述区域增加一个或多个附加孔,可以给该区域增加希望的横截面流动面积 ΔA_j 。如上所述,使用例如机械钻孔、超声钻孔或激光钻孔的制造方法可以调节一个或多个孔的尺寸,使得所述一个或多个孔的横截面流动面积增加 ΔA_j , 或者可以增加总横截面流动面积等于 ΔA_j 的一个或多个孔。

[0044] 实例 1

[0045] 示例性莲蓬头式电极包括七个区域,每个区域包括 240 个具有公称直径为 0.025 英寸的孔。每个区域的 A_j 等于 0.118 in^2 。孔可以通过任何适当的制造技术形成。假定预定流量值为 36.1 sccm , $A_j/Q_j = 3.263 \times 10^{-3} \text{ in}^2/\text{sccm}$ 。

[0046] 气体流过区域的喷气孔,并且各区域的总气体流量测量值显示于表 1 中。表 1 还显示了计算孔径,其可以增加给相应区域使得每个区域具有相同的总横截面流动面积。区域 6 具有最大总气体流量测量值 Q_j 。因此,通过给每个区域 1-5 和 7 增加一个或多个具有图 2 所示总直径的孔,可以相对于区域 6 对每个剩余区域 1-5 和 7 的横截面流动面积进行调节。例如,在区域 1 中,可以采用任何适当的制造技术制造直径为 0.018 英寸的单个附加

孔。在区域 7 中,可以制造期望直径为 0.044 英寸的单个附加孔,或者两个分别具有 0.022 英寸的期望直径的附加孔。

[0047] 表 1

[0048]

区域	流量 Q_j	期望流量 Q_j	ΔQ_j	$A_j/Q_j \times \Delta Q$	孔直径 (in.)
1	35.8	36.1	0.3	0.0010	0.018
2	34.7	36.1	1.4	0.0046	0.038
3	34.6	36.1	1.5	0.0049	0.039
4	35.3	36.1	0.8	0.0026	0.029
5	34.3	36.1	1.8	0.0059	0.043
6	36.1	36.1	0	0	无
7	34.2	36.1	1.9	0.0062	0.044

[0049] 实例 2

[0050] 该实例描述了制造于气体分配构件中的喷气孔的尺寸误差对通过气体分配构件的气体流量的影响。对于给定孔来说,误差是例如圆孔直径的期望孔径与实际孔径之间的差值。可以单独测量气体分配构件中每个区域的实际总气体流量,并且可以确定区域之一的最大总气体流量值,或例如总气体流量预定值的用于一个或多个区域的总气体流量期望值与所述区域的总气体流量实际测量值之间的差。从该差值出发,可以确定附加横截面流动面积 ΔA_j ,其可以增加到选定区域中将该区域的总气体流量增大到最大值或期望值。

[0051] 如上所述,为了在一区域中提供附加横截面流动面积,可以通过例如机械钻孔、超声钻孔或激光钻孔的任何适用技术在该区域内制造附加孔。假定与用于形成孔的特定制孔技术相关的误差为附加孔的实际直径与计算直径的差。可以采用下列方式估算附加孔孔尺寸方面的误差对由增加孔引起的区域流量校正精度的影响。

[0052] 假设 A_x 是区域 x 中的实际孔横截面流动面积 (垂直于孔轴线方向测得) 的总和。将区域 x 的流量水平增加到期望流量水平的附加横截面孔面积为 ΔA 。假定半径为 r 的一个圆孔增加到区域 x 中以实现该校正,然后 :

[0053]
$$\Delta A = \pi r^2 \quad (1)$$

[0054] 区域横截面流动面积误差 (由增加具有直径误差的孔引起) 表示为 εA ,附加孔的半径误差表示为 δ ,得出 :

[0055]
$$|\pi + \delta)^2 - \Delta A| < \varepsilon A \quad (2)$$

[0056] 展开、整理、利用等式 (1)、以及忽略 δ^2 项 (可忽略不计),得出 :

[0057]
$$\left| \frac{2\pi r \delta}{A} \right| < \varepsilon \quad (3)$$

[0058] 假定区域 x 具有 n 个孔, 每个孔具有半径 r_0 , n 个孔的总横截面流动面积 A 等于 $n \pi r_0^2$ 。结合等式 (1) 和 (3) 得出下列等式, 其中 ε 为最终的流量误差:

$$[0059] \quad \left| \frac{2r\delta}{nr_0^2} \right| < \varepsilon \quad (4)$$

[0060] 等式 4 指出, 由于增加具有尺寸误差 δ 的孔引起的区域 x 的横截面流动面积误差与 δ 成正比, 而与区域内孔的数目 n 以及已有孔的半径 r_0 的平方成反比。因此, 对于 δ 给定值和 n 个孔来说, 增加孔半径 r_0 , 会减小由增加孔引起的区域最终流量误差 ε 。

[0061] 在示例性实施例中, 假定 $r_0 = 0.0125$ 英寸, 并且 $r = 0.020$ 英寸, 改变 n 和 δ 。计算结果显示于表 2 中。

[0062] 表 2

[0063]

区域中孔的总数 (n)	附加孔的半径 尺寸误差 (δ) (英寸)	区域的最终 流量误差 (ε) (%)
100	0.001	0.26
100	0.005	1.3
40	0.001	0.64
40	0.005	3.2

[0064] 如表 2 所示, 对于 δ 的给定值来说, 增加气体分配构件区域内孔的总数会减小具有给定孔尺寸误差的区域最终流量误差 ε 。换句话说, 通过增加足以实现希望气体流量的区域内孔的总数, 可以降低仍能实现给定总流量误差的附加孔的尺寸精度。因此, 例如机械钻孔的精度不高的制孔技术适合于制造附加孔, 其中所述附加孔具有用于一个或多个区域的希望的总流量误差。例如, 可以在具有 100 个孔的区域内通过机械钻孔制造一个或多个附加孔, 而希望使用例如激光钻孔的精度更高的制造技术在只具有 40 个孔的区域内制造一个或多个附加孔。为了减少与附加孔相关的流量误差, 区域内孔的数目可以增加, 使得由孔增加的 ΔA 相对于区域内孔的总横截面积而言不大。

[0065] 还是如表 2 所示, 对于 0.001 英寸的 δ 值和 100 个孔来说, 由孔直径误差引起的 ε 值为理想流量的 0.26%。对于附加孔的 0.005 英寸的半径误差 (即, 直径误差为 0.010) 而言, 区域流量误差仅为 1.3%。计算进一步指出, 对于 0.005 英寸的易于实现的附加孔直径误差而言, 40 孔区域可以校正到大约 3% 的误差 (即, $\delta = 0.0025$ 英寸, 并且 $\varepsilon = 0.016$) 范围内。

[0066] 图 4 描绘了示例性等离子加工设备 100, 其包括可以产生中等密度等离子的电容耦合式等离子加工室 102。等离子加工室 102 包括腔壁 103。为了提供接地的电气路径, 腔壁 103 可以由铝等材料制成并且电气接地。

[0067] 等离子加工设备 100 可以包括由防护材料制成的例如腔壁、衬里等的部件和/或包括防护涂层, 其可以抵抗在等离子加工期间产生的磨损和腐蚀。例如, 在共同受让的美国专利 Nos. 6, 408, 786 ; 6, 464, 843 ; 6, 506, 254 ; 6, 620, 520 ; 6, 780, 787 ; 6, 805, 952 和

6, 830, 622 中描述了示例性部件, 每篇文献在此全文引入作为参考。

[0068] 等离子加工室 102 包括设置于腔壁 103 上的晶片传送缝 118, 从而将半导体基片送入等离子加工室 102 或从其中取出。

[0069] 等离子加工室 102 包括具有底面 108 的上电极 104。底面 108 可以为平坦的或者可以包括台阶, 如美国专利 No. 6, 391, 787 中描述的那样, 该文献在此全文引入作为参考。上电极 104 可以为一体式或多件式电极。上电极 104 可以为莲蓬头式电极, 其包括用于将工艺气体分配到等离子加工室中的气体通道。上电极可以由硅 (例如, 单晶硅、多晶硅或无定形硅) 或碳化硅制成。设备 100 包括用于向上电极 104 提供工艺气体的气体源 (未显示)。

[0070] 上电极 104 可以设置在如共同受让的美国专利 No. 6, 073, 577 中描述的弹性体粘结的电极组件中, 所述文献在此全文引入作为参考。

[0071] 上电极 104 优选地由 RF 能量源 106 通过匹配网络提供能量。在另一个实施例中, 上电极 104 可以接地以提供用于由等离子加工室 102 的底电极供给的能量的返回路径, 如下文所述。

[0072] 设备 100 可以包括等离子限制环组件以将等离子限制在等离子腔室的选定区域内。例如, 在美国专利 Nos. 5, 534, 751 ; 5, 998, 932 和 6, 527, 911 中描述了适用组件, 每篇文献在此全文引入作为参考。

[0073] 在图 1 所示设备 100 的实施例中, 工艺气体在上电极 104 和支撑在基片支座 111 上的例如硅晶片的半导体基片 10 之间产生的等离子区域处供给到等离子加工室 102 中。基片支座 111 优选地包括静电式吸盘 114, 其通过静电夹持力将半导体基片 10 固定到基片支座上。静电式吸盘 114 起到底电极的作用, 并且优选地由 RF 能量源 116 (典型地经由匹配网络) 加偏压。静电式吸盘 114 的上表面 115 优选地具有与半导体基片 10 大致相同的直径。

[0074] 泵 (未显示) 适于保持等离子加工室 102 内部的希望的真空压力。气体由泵通常沿箭头 110 表示的方向抽出。

[0075] 可以使用的示例性平行板式等离子反应器是双频等离子蚀刻反应器 (例如参见共同受让的美国专利 No. 6, 090, 304, 该文献在此全文引入作为参考)。在这种反应器中, 蚀刻气体可以从气体源提供给莲蓬头式电极, 通过从两个 RF 源向莲蓬头式电极和 / 或底电极提供 RF 能量而在反应器中产生等离子, 或者莲蓬头式电极可以电气接地并且可以给底电极提供两种不同频率的 RF 能量。

[0076] 前文已经描述了本发明的原理、优选实施例和操作模式。但是, 本发明不应理解为限于所讨论的特定实施例。因此, 上述实施例应当认为是说明性而非限制性的, 应当认识到, 在不脱离由下列权利要求限定的本发明范围的情况下, 本领域的技术人员可以对这些实施例进行变形。

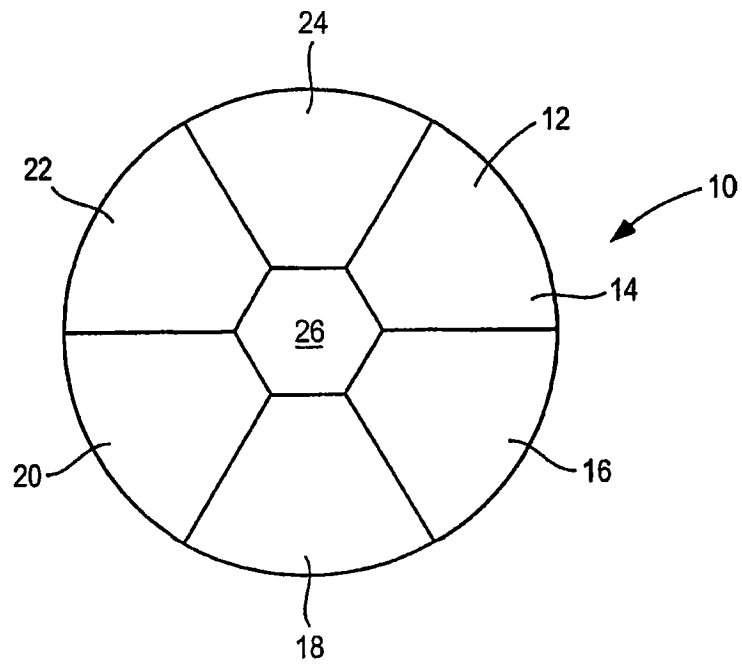


图 1

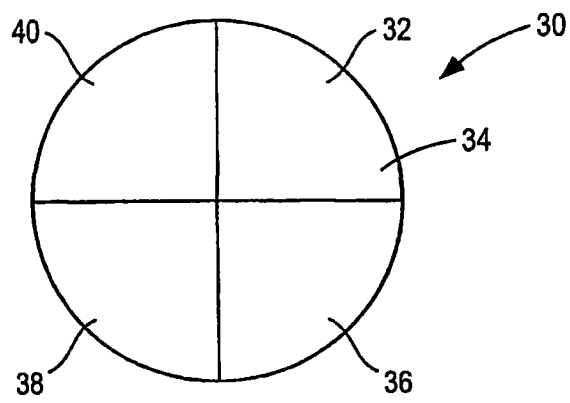
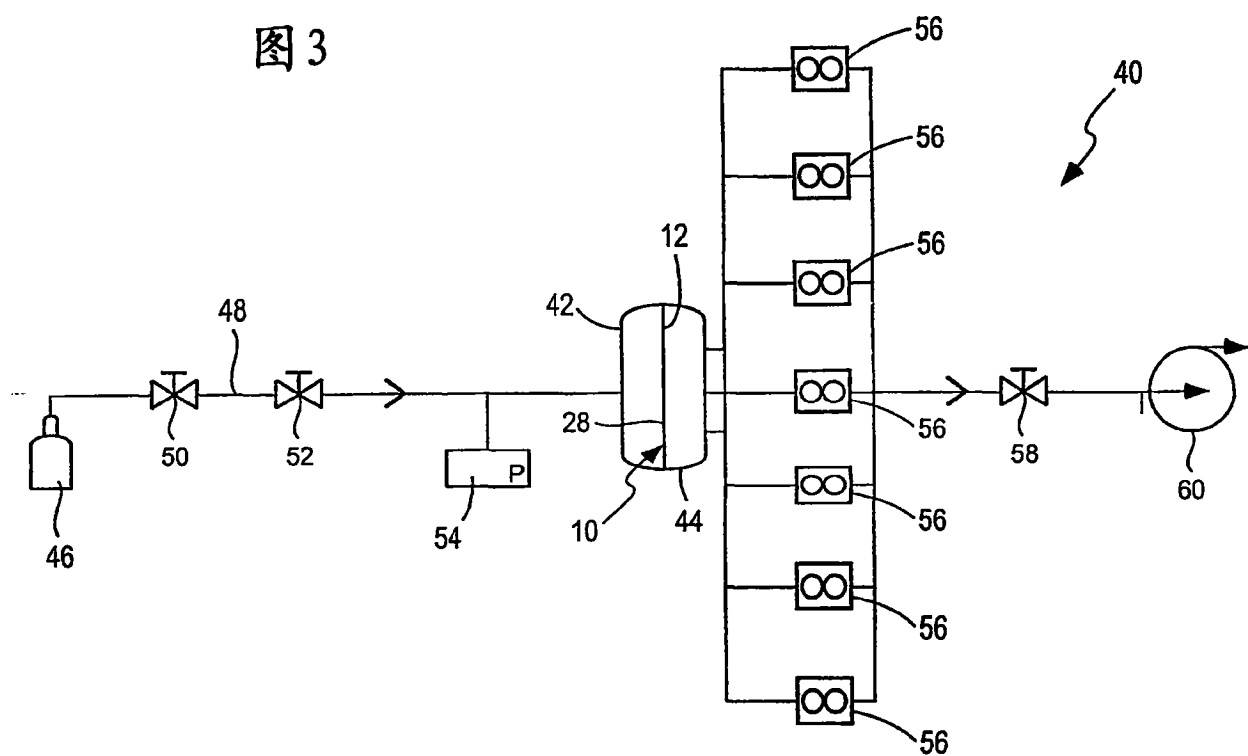


图 2

图 3



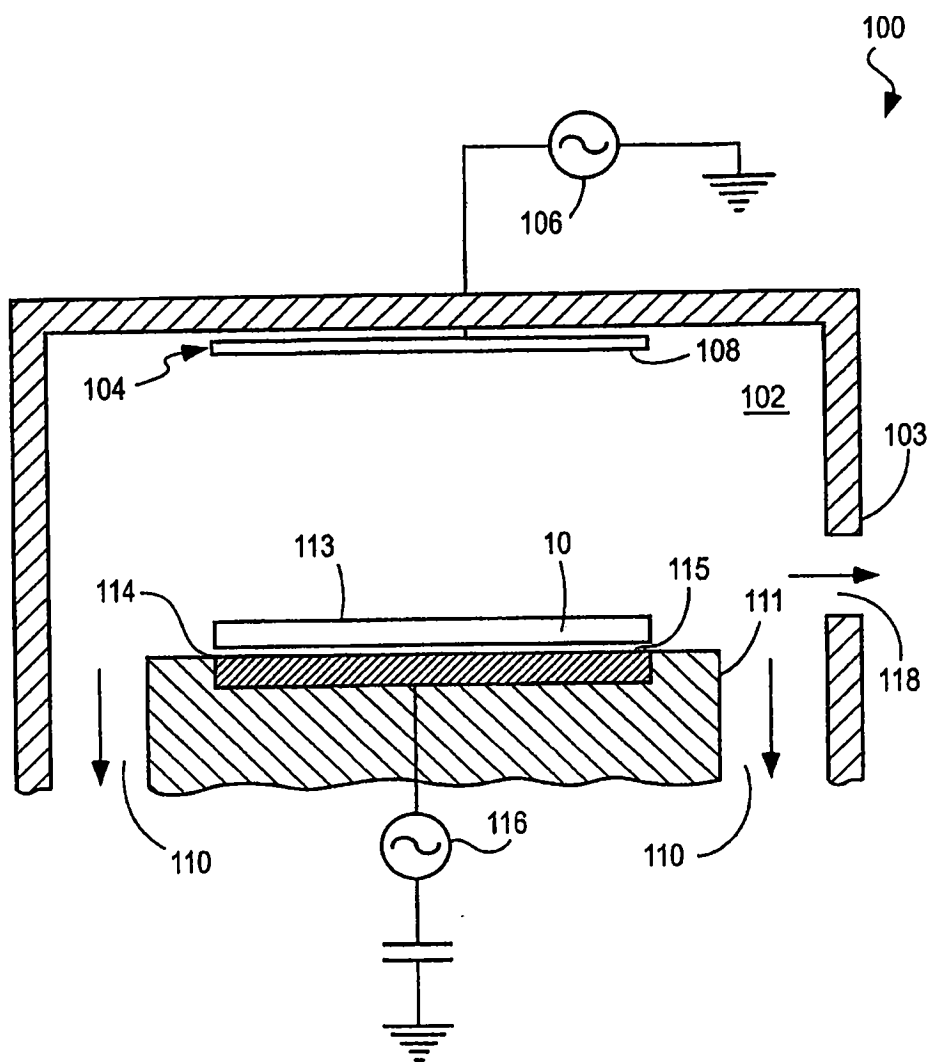


图 4