

基片刻蚀方法及基片处理设备

技术领域

- 5 本发明涉及微电子技术领域，特别涉及一种基片刻蚀方法及基片处理设备。

背景技术

- 随着 MEMS 器件和 MEMS 系统被越来越广泛地应用于汽车和消费电子
10 领域，以及 TSV 通孔刻蚀（Through Silicon Etch）技术在未来封装领域的广阔前景，干法等离子体深硅刻蚀工艺逐渐成为 MEMS 加工领域及 TSV 技术中最炙手可热的工艺之一。

- 深硅刻蚀工艺相对于一般的硅刻蚀工艺，主要区别在于：深硅刻蚀工艺的刻蚀深度远大于一般的硅刻蚀工艺，深硅刻蚀工艺的刻蚀深度一般为几十
15 微米甚至可以达到上百微米，而一般硅刻蚀工艺的刻蚀深度则小于 1 微米。要刻蚀厚度为几十微米的硅材料，就要求深硅刻蚀工艺具有更快的刻蚀速率，更高的选择比及更大的深宽比。

- 目前主流的深硅刻蚀工艺为德国 Robert Bosch 公司发明的 Bosch 工艺或在 Bosch 工艺上进行的优化。其主要特点为：整个刻蚀过程为一个循环单元的多次重复，该循环单元包括刻蚀作业和沉积作业，即整个刻蚀过程是刻蚀
20 作业与沉积作业的交替循环。其中刻蚀作业所采用的工艺气体为 SF_6 ，该工艺气体刻蚀硅基底具有很高的刻蚀速率。在实际应用中，由于该刻蚀过程是各向同性刻蚀，导致很难控制侧壁形貌。因此，为了减少对侧壁的刻蚀，在整个刻蚀工艺的过程中加入了沉积作业，以在侧壁沉积一层聚合物保护膜来
25 保护侧壁不被刻蚀，从而得到只在垂直面上的刻蚀。

现有技术的缺点是，由于刻蚀作业和沉积作业是交替循环进行的，因而导致刻蚀剖面侧壁上的由沉积作业所产生的沉积聚合物而不平滑，因此该刻

蚀方法的工艺结果不理想。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。

- 5 本发明的目的旨在至少解决上述技术缺陷之一，特别是解决刻蚀剖面侧壁不平滑，工艺结果不理想的缺陷。

为达到上述目的，本发明一方面提出了一种基片刻蚀方法，包括以下步骤：S1：待处理的基片放入反应腔室；S2：向所述反应腔室输入刻蚀气体；S3：开启激励电源以在所述反应腔室内产生等离子体；S4：开启偏压电源以
10 向所述基片施加偏压功率；S5：关闭所述偏压电源且同时开始向所述反应腔室内输入沉积气体；S6：停止向所述反应腔室内输入沉积气体且同时开启所述偏压电源；S7：重复步骤 S5-S6 直至完成刻蚀工艺。

在本发明的一个实施例中，随着工艺的进行，在每一次偏压电源开启期间内，所述偏压电源的功率、所述刻蚀气体的流量和/或所述激励电源的功率
15 保持不变或者逐渐增大；和/或在每一次偏压电源关闭期间内，所述沉积气体的流量、所述刻蚀气体的流量和/或所述激励电源的功率保持不变或者逐渐减小。

在本发明的一个实施例中，随着工艺的进行，对于相邻的两次偏压电源开启期间，后一次偏压电源开启期间内的所述偏压电源的功率、刻蚀气体的
20 流量和/或激励电源的功率与前一次偏压电源开启期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所增大；和/或对于相邻的两次偏压电源关闭期间，后一次偏压电源关闭期间内的所述沉积气体的流量、刻蚀气体的流量和/或激励电源的功率与前一次偏压电源关闭期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所减小。

25 在本发明的一个实施例中，随着工艺的进行逐渐增加所述偏压电源开启和关闭的变换频率，并对应地增加所述沉积气体的通/断的变换频率。

在本发明的一个实施例中，随着工艺的进行逐渐增加所述激励电源的功率大小的变换频率；和/或逐渐增加所述刻蚀气体的流量大小的变换频率。

在本发明的一个实施例中，在开启偏压电源时，采用固定匹配或固定匹配结合频率扫描的方式使所述激励电源和所述偏压电源各自实现匹配。

5 在本发明的一个实施例中，所述激励电源为射频电源。

本发明另一方面还提出一种基片处理设备，包括：反应腔室；刻蚀气体控制器，所述刻蚀气体控制器用于开启或者关闭将刻蚀气体输入至所述反应腔室内的刻蚀气体气路，以及调节刻蚀气体的流量；激励电源，所述激励电源用于向所述反应腔室内的刻蚀气体施加射频功率以在所述反应腔室内产生
10 等离子体；偏压电源，所述偏压电源用于向基片施加偏压功率；沉积气体控制器，所述沉积气体控制器用于开启或者关闭将沉积气体输入至所述反应腔室内的沉积气体气路，以及调节沉积气体的流量；和中央控制器，所述中央控制器分别与所述刻蚀气体控制器、所述激励电源、所述偏压电源和所述沉积气体控制器相连，所述中央控制器用于至少执行下述操作：控制所述刻蚀
15 气体控制器开启或者关闭所述刻蚀气体气路，以及调节刻蚀气体的流量；控制开启或者关闭所述激励电源，以及调节激励电源的射频功率；控制开启或关闭所述偏压电源，以及调节偏压电源的偏压功率；和控制所述沉积气体控制器开启或者关闭所述沉积气体气路，以及调节沉积气体的流量；并且所述中央控制器在整个基片刻蚀工艺过程中控制所述激励电源始终处于开启状
20 态、控制所述刻蚀气体控制器保持所述刻蚀气体气路始终处于开启状态、控制在开启偏压电源的同时关闭所述沉积气体气路，以及控制在关闭所述偏压电源的同时开启所述沉积气体气路。

在本发明的一个实施例中，随着工艺的进行，所述中央控制器控制所述刻蚀气体控制器调节所述刻蚀气体的流量，和/或所述中央控制器对激励电源
25 的功率和/或偏压电源的功率进行控制，以使在每一次偏压电源开启期间内，所述刻蚀气体的流量、所述激励电源的功率和/或所述偏压电源的功率保持不

变或者逐渐增大；和/或所述中央控制器控制所述刻蚀气体控制器调节所述刻蚀气体的流量、所述中央控制器控制所述沉积气体控制器调节所述沉积气体的流量，和/或所述中央控制器对激励电源的功率进行控制，以使在每一次偏压电源关闭期间内，所述刻蚀气体的流量、沉积气体的流量和/或所述激励电源的功率保持不变或者逐渐减小。

在本发明的一个实施例中，随着工艺的进行，所述中央控制器控制所述刻蚀气体控制器调节所述刻蚀气体的流量，和/或所述中央控制器对激励电源的功率和/或偏压电源的功率进行控制，以使在相邻两次偏压电源开启期间，后一次偏压电源开启期间内的刻蚀气体的流量、激励电源的功率和/或偏压电源的功率与前一次偏压电源开启期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所增大；和/或所述中央控制器控制所述刻蚀气体控制器调节所述刻蚀气体的流量、所述中央控制器控制所述沉积气体控制器调节所述沉积气体的流量，和/或所述中央控制器对激励电源的功率进行控制，以使在相邻两次偏压电源关闭期间，后一次偏压电源关闭期间内的刻蚀气体的流量、沉积气体的流量和/或激励电源的功率与前一次偏压电源关闭期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所减小。

在本发明的一个实施例中，所述中央控制器对所述偏压电源开启和关闭的变换频率进行控制，以使其随着工艺的进行而逐渐增加，并且所述中央控制器对所述沉积气体控制器进行控制，以使所述沉积气体气路开启和关闭的变换频率随着所述偏压电源开启和关闭的变换频率的增加而增加。

在本发明的一个实施例中，所述中央控制器对所述激励电源开启和关闭的变换频率进行控制，以使其随着工艺的进行而逐渐增加；和/或所述中央控制器对所述刻蚀气体控制器进行控制，以使所述刻蚀气体气路开启和关闭的变换频率随着工艺的进行而逐渐增加。

在本发明的一个实施例中，在开启偏压电源时，所述中央控制器分别对所述激励电源和所述偏压电源各自的阻抗匹配状况进行控制，并且实现匹配

的方式采用固定匹配方式或固定匹配结合频率扫描的方式。

在本发明的一个实施例中，所述激励电源为射频电源。

在本发明的一个实施例中，所述刻蚀气体为氟基刻蚀气体、氯基刻蚀气体和溴基刻蚀气体中的至少一种。

- 5 在本发明的一个实施例中，所述氟基刻蚀气体包括 CF_4 和 SF_6 ，所述氯基刻蚀气体包括 Cl_2 、 BCl_3 、 SiCl_4 、 SiCl_2H_2 ，且所述溴基刻蚀气体包括 Br_2 和 HBr 。

在本发明的一个实施例中，所述沉积气体为 C_4F_8 ， C_2F_4 ， $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2$ 和 CCl_4 中的至少一种。

- 10 本发明实施例提供的基片刻蚀方法和基片处理设备，在整个基片刻蚀工艺的过程中始终向反应腔室内通入刻蚀气体且保持激励电源始终处于开启状态，以此可以保持在整个工艺过程中始终进行刻蚀作业，并穿插着进行沉积作业，从而形成了单一的刻蚀作业模式、以及刻蚀作业和沉积作业共存的复合作业模式的交替循环。这样，当进行复合作业模式时，在进行沉积作业的同时，反应腔室内的等离子体也可以对基片进行刻蚀，以至少将刻蚀剖面侧壁上的由沉积作业所形成的沉积聚合物中的一部分刻蚀掉，从而使基片的刻蚀剖面的侧壁平滑，进而提高基片的工艺质量。
- 15

- 并且，通过在整个工艺过程中始终向反应腔室内通入刻蚀气体且保持激励电源始终处于开启状态，不仅可以在工艺过程中方便地调整工艺参数（如激励电源功率，气体种类、刻蚀气体和气压等），而且还可以使工艺很快能够达到稳定状态，从而提高工艺性能。
- 20

- 此外，在本发明的实施例中，不同的工艺参数的调节可以同步实现，例如，沉积气体的供给和偏压电源的关闭可以是同步的；又如，沉积气体停止供给和偏压电源的开启可以是同步的。这与现有的 Bosch 艺中只能依次对不同的工艺参数进行调节相比，可以节省工艺参数的调节时间，从而提高工艺效率。
- 25

本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

5 本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 为本发明实施例的基片刻蚀方法的流程图；

图 2 为本发明一个实施例的激励电源、刻蚀气体、偏压功率和沉积气体的开/关时序图；

10 图 3 为本发明另一个实施例的激励电源、刻蚀气体、偏压功率和沉积气体的开/关时序图；和

图 4 为本发明实施例的基片处理设备的结构图。

具体实施方式

15 下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中，自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。以下参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能解释为对本发明的限制。

下文的公开提供了许多不同的实施例或例子用来实现本发明的不同结
20 构。为了简化本发明的公开，下文中对特定例子的部件和设置进行描述。当然，它们仅仅为示例，并且目的不在于限制本发明。此外，本发明可以在不同例子中重复参考数字和/或字母。这种重复是为了简化和清楚的目的，其本身不指示所讨论各种实施例和/或设置之间的关系。此外，本发明提供了各种特定的工艺和材料的例子，但是本领域普通技术人员可以意识到本发明可适
25 用于其他工艺和/或其他材料。另外，以下描述的第一特征在第二特征之“上”的结构可以包括第一和第二特征形成为直接接触的实施例，也可以包括另外

的特征形成在第一和第二特征之间的实施例，这样第一和第二特征可能不是直接接触。

在本发明的描述中，需要理解的是，术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和作业，因此不能理解为对本发明的限制。

在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是机械连接或电连接，也可以是两个元件内部的连通，可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

图1为本发明实施例提供的基片刻蚀方法的流程图。根据本发明的实施例，在整个基片刻蚀工艺过程中保持刻蚀等离子体始终存在（即，始终进行刻蚀作业），并且在整个刻蚀工艺过程中穿插着进行沉积作业，从而形成单一作业模式和复合作业模式的交替循环。其中，单一作业模式是指仅存在单一的刻蚀作业，亦称为单一的刻蚀作业模式；复合作业模式是指同时存在刻蚀作业和沉积作业，亦称为刻蚀作业和沉积作业共存的复合作业模式。在实际应用中，沉积作业所需的各个条件可以同步实现，例如，可以同步实现供给沉积气体和关闭偏压电源。

下面针对本发明实施例提供的基片刻蚀方法进行详细的描述。具体地，该方法包括以下步骤：

步骤S1，将待处理的基片放入反应腔室。在本发明的一个示例中，所述待处理基片可以为Si晶片。

步骤S2，向所述反应腔室内输入刻蚀气体。需指出的是，在本发明实施例提供的基片刻蚀方法的整个工艺过程中，始终保持向反应腔室内输入刻蚀

气体。在本发明的一个示例中，所述刻蚀气体为氟基刻蚀气体、氯基刻蚀气体和溴基刻蚀气体中的至少一种。所述氟基刻蚀气体包括 CF_4 和 SF_6 ，所述氯基刻蚀气体包括 Cl_2 、 BCl_3 、 SiCl_4 、 SiCl_2H_2 ，且所述溴基刻蚀气体包括 Br_2 和 HBr 。在下面的描述中，以使用氟基刻蚀气体 SF_6 为例进行描述。

5 步骤 S3，开启激励电源（例如射频电源），以在所述反应腔室内产生等离子体。需指出的是，在整个工艺过程中，保持始终向反应腔室内输入刻蚀气体，且保持激励电源始终处于开启状态，以便在反应腔室内始终产生等离子体，进而在整个工艺过程中始终进行刻蚀作业，从而使得在进行沉积作业时反应腔室内的等离子体仍可以对基片进行一定的刻蚀。

10 步骤 S4，开启偏压电源以向待处理基片施加偏压功率。通过施加偏压功率，可以促使所述等离子体对所述待处理基片进行刻蚀。

步骤 S5，关闭所述偏压电源且同时向所述反应腔室内输入沉积气体。在本发明的一个示例中，所述沉积气体可以为 C_4F_8 ， C_2F_4 ， $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2$ 和 CCl_4 中的至少一种。在下面的描述中，以使用 C_4F_8 为例进行描述。

15 步骤 S6，停止向所述反应腔室内输入沉积气体且同时开启所述偏压电源。

步骤 S7，重复上述步骤 S5-S6，直至完成基片的刻蚀。

根据本发明实施例提供的基片刻蚀方法，在整个基片刻蚀工艺过程中，反应腔室内始终保持等离子体的存在（即，反应腔室内始终存在着刻蚀作业），并穿插着进行沉积作业，从而形成了单一的刻蚀作业模式、以及刻蚀作业和沉积作业共存的复合作业模式的交替循环。当进行复合作业模式时，在进行沉积作业的同时，反应腔室内的等离子体也可以对基片进行刻蚀，以至少将刻蚀剖面侧壁上的由沉积作业所形成的沉积聚合物中的一部分刻蚀掉，从而使基片的刻蚀剖面的侧壁平滑，进而提高基片的工艺质量。此外，通过在整个工艺过程中始终向反应腔室内通入刻蚀气体且保持激励电源始终处于开启状态，不仅可以在工艺过程中方便地调整工艺参数（如激励电源功率、气体

20

25

种类、刻蚀气体和气压等),而且还可以使工艺很快能够达到稳定状态,从而提高工艺性能。

优选地,激励电源和偏压电源各自实现匹配所采用的方法可以包括固定匹配方法和固定匹配结合频率扫描的方法。具体地,在采用固定匹配方法时,预先设定阻抗匹配器的阻抗匹配点(即,设置阻抗匹配器内的可调电容的电容值),并且在工艺时采用设有该阻抗匹配点的阻抗匹配器进行匹配,以使得激励电源和偏压电源的反射功率降低至期望值。换句话说,该方法是在离线的状态下预先设定好阻抗匹配器内的可调电容值,以便在工艺过程中无需再对阻抗匹配器的可调电容值进行调节即可使激励电源和偏压电源各自完成匹配,从而节省激励电源和偏压电源的匹配时间,进而提高工艺效率。在采用固定匹配结合频率扫描方法时,采用设定有合适的阻抗匹配点的阻抗匹配器分别对激励电源和射频电源进行匹配,若在工艺过程中因诸如设定的阻抗匹配点不合适等因素而导致激励电源和偏压电源的反射功率较大,则再结合使用频率扫描的方法来调整激励电源和偏压电源的频率,即,根据实际中激励电源和偏压电源的反射功率的大小调整激励电源和偏压电源的频率,直至激励电源和偏压电源的反射功率减小至期望值,从而使激励电源和偏压电源各自实现匹配。在实际应用中,采用固定匹配结合频率扫描方法时,由于可以实现对激励电源和偏压电源进行高速度的频率扫描,因而采用固定匹配结合频率扫描的方法同样可以迅速地完成激励电源和偏压电源的匹配,从而节省匹配时间,进而提高工艺效率。此外,在工艺过程中,由于功率、气体种类和流量都是可以改变的,因而可以通过控制摆阀(蝶阀)的位置而迅速实现气压稳定,从而提高工艺效率和工艺稳定性。

以下将以具体实施例的方式对本发明进行描述,但需要说明的是,以下实施例仅为本发明的优选实施方式,并不意味着本发明仅能通过以下方式实现,本领域技术人员能够根据上述思想对本发明的以下实施例进行等同的修改或变换,这些等同的修改或变换均应包含在本发明的保护范围之内。

如图 2 所示, 为本发明一个实施例的激励电源、刻蚀气体、偏压功率和沉积气体的开/关时序图。该实施例以深硅刻蚀为例进行描述。在进行深硅刻蚀工艺时, 利用激励电源产生高密度的等离子体, 所用的激励电源的射频频率通常为 13.56MHz, 也可以是 27.12MHz、40MHz 或其它频率, 激励电源的功率通常为 1000W~6000W, 优选为 2000W~5000W。在整个工艺过程中, 始终进行刻蚀作业, 即, 产生高密度等离子体的激励电源始终保持开启状态, 并始终向反应腔室内通入刻蚀气体 (SF_6 气体), 且刻蚀气体的流量是恒定的。在工艺开始时, 开启偏压电源以对基片施加偏压功率, 偏压电源可以是 13.56MHz 的激励电源, 也可以是低频脉冲或其它形式的激励电源。在工艺进行的过程中, 穿插着进行沉积作业, 即, 间断地向反应腔室内通入沉积气体, 沉积气体可以采用 C_4F_8 气体, 并且在开始通入 C_4F_8 气体的同时关闭偏压电源。在沉积作业结束时, 关闭 C_4F_8 气体, 同时打开偏压电源。由上可知, C_4F_8 气体和偏压功率的通断交替进行, 重复这种交替通断的循环, 直至完成待处理基片的整个刻蚀工艺。通过在沉积作业的过程中同时保持刻蚀等离子体的存在, 可以至少将刻蚀剖面侧壁上的由沉积作业所形成的沉积聚合物中的一部分刻蚀掉。

如图 3 所示, 为本发明另一个实施例提供的激励电源、刻蚀气体、偏压功率和沉积气体的开/关时序图。结合图 3, 以深硅刻蚀为例进行说明。在进行深硅刻蚀工艺时, 利用激励电源产生高密度的等离子体, 激励电源的射频频率为 13.56MHz, 也可以是 27.12MHz、40MHz 或其它频率, 激励电源的功率为 1000W~6000W, 优选为 2000W~5000W。在整个工艺过程中, 始终进行刻蚀作业, 即, 产生高密度等离子体的激励电源始终保持开启状态, 并始终向反应腔室内通入刻蚀气体 (SF_6 气体), 且通入的刻蚀气体的流量是变化的。在工艺进行的过程中, 穿插着进行沉积作业, 即, 间断地开/关偏压电源以及间断地向反应腔室内通入沉积气体 (C_4F_8 气体), 并且 C_4F_8 气体和偏压功率的通断交替进行, 重复这种交替通断的循环, 直至完成待处理基片的刻蚀工

艺。

根据本发明的另一个实施例，通过对诸如刻蚀气体的流量、激励电源的功率、偏压电源的功率，沉积气体的流量和偏压电源的开启和关闭频率等工艺条件中的至少一部分条件进行调整，可以进一步提高刻蚀效果。

5 例如，在本发明的一些示例中，在整个基片刻蚀工艺过程中，随着工艺的进行（即，随着刻蚀深度的增加）可以这样控制诸如激励电源的功率、刻蚀气体的流量、偏压电源的功率和沉积气体的流量等工艺参数。例如，在每一次偏压电源开启期间内（即，在执行每一次复合作业模式期间内），偏压电源的功率、刻蚀气体的流量和/或激励电源的功率可以保持不变或者逐渐增大；和/或在每一次偏压电源关闭期间内（即，在执行每一次单一作业模式期间内），沉积气体的流量、刻蚀气体的流量和/或激励电源的功率可以保持不变或者逐渐减小。

再如，在相邻两次偏压电源开启期间（即，在执行每一次复合作业模式期间），后一次偏压电源开启期间内的偏压电源的功率、刻蚀气体的流量和/或激励电源的功率与前一次偏压电源开启期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所增大；和/或在相邻两次偏压电源关闭期间（即，在执行每一次单一作业模式期间），后一次偏压电源关闭期间的沉积气体的流量、刻蚀气体的流量和/或激励电源的功率与前一次偏压电源关闭期间的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所减小。又如，还可以将上述两种控制方式结合
20 使用。

下面以图 3 为例进行说明。具体地，参考图 3，在偏压电源的第一次开启期间内（偏压电源的功率为 c_1 ），激励电源的功率为 a_1 ，刻蚀气体的流量为 b_1 ；在偏压电源的第一次关闭期间内（关闭偏压电源的同时开始通入沉积气体，且沉积气体的流量为 d_1 ），激励电源的功率为 a_2 ，刻蚀气体的流量为 b_2 ；在偏压电源的第二次开启期间内（偏压电源的功率为 c_2 ），激励电源的功率为 a_3 ，刻蚀气体的流量为 b_3 ；在偏压电源的第二次关闭期间内（关闭偏
25

压电源的同时开始通入沉积气体, 且沉积气体的流量为 d_2), 激励电源的功率为 a_4 , 刻蚀气体的流量为 b_4 。

从图 3 中可以看出, 随着工艺的进行每一次偏压电源的开启期间内和关闭期间内, 激励电源的功率和刻蚀气体的流量均保持不变。并且, 激励电源的功率为 $a_3 > a_1 > a_2 > a_4$, 刻蚀气体的流量为 $b_3 > b_1 > b_2 > b_4$, 偏压电源的功率为 $c_n > \dots > c_3 > c_2 > c_1$ 以及沉积气体的流量为 $d_n < \dots < d_3 < d_2 < d_1$ 。由 $a_3 > a_1$ 、 $b_3 > b_1$ 和 $c_2 > c_1$ 可知, 偏压电源的第二次开启期间内的刻蚀气体的流量、激励电源的功率和偏压电源的功率与偏压电源的第一次开启期间内的相应流量数值和功率数值有所增大, 并且, 由 $a_2 > a_4$ 、 $b_2 > b_4$ 和 $d_1 > d_2$ 可知, 偏压电源的第二次关闭期间内的沉积气体的流量、刻蚀气体的流量和激励电源的功率与偏压电源的第一次关闭期间内的相应流量数值和功率数值有所减小。以此类推, 随着工艺的进行在相邻两次偏压电源的开启期间, 后一次偏压功率开启期间内的刻蚀气体的流量、激励电源的功率和偏压电源的功率与前面一次偏压电源开启期间内的相应流量数值和功率数值有所增大, 且在相邻两次偏压电源的关闭期间, 后一次偏压电源关闭期间内的沉积气体的流量、刻蚀气体的流量和激励电源的功率与前面一次偏压电源关闭期间内的相应流量数值和功率数值有所减小。根据本发明此示例的其他步骤与图 1 所示实施例相同, 这里不再重复描述。

在本发明的进一步的具体示例中, 在整个基片刻蚀工艺过程中, 可以随着工艺的进行而逐渐改变偏压电源的开/关的变换频率 (即, 改变偏压电源的开启和关闭的时间间隔), 并对应地改变沉积气体的通/断的变换频率 (即, 改变沉积气体停止输送和输送的时间间隔)。此外, 还可以随着工艺的进行而逐渐改变激励电源的功率大小的变换频率和/或改变刻蚀气体的流量大小的变换频率。例如图 3 所示, 在整个基片刻蚀工艺过程中, 随着工艺的进行可以逐渐增加偏压电源开启和关闭的变换频率, 并且对应地增加沉积气体的通/断的变换频率、激励电源的功率大小的变换频率, 以及增大刻蚀气体的流量

大小的变换频率。根据本发明此示例的其他步骤与图 1 所示实施例相同，这里不再重复描述。

虽然图 3 中示出了在刻蚀过程中可以使多个工艺条件同时发生变化，但是可以理解的是，在实际应用中也可以使多个工艺条件中的一个或几个工艺条件发生变化。

在本发明的一个实施例中，在偏压电源开启时，激励电源和偏压电源之间的阻抗匹配可采用前述固定匹配或固定匹配加频率扫描的方式来快速实现。

如图 4 所示，为本发明实施例提供的基片处理设备的结构图。该基片处理设备包括反应腔室 100、刻蚀气体控制器 200、激励电源 300、偏压电源 400、沉积气体控制器 500 和中央控制器 600。其中，中央控制器 600 分别与刻蚀气体控制器 200、激励电源 300、偏压电源 400 和沉积气体控制器 500 相连。其中，刻蚀气体控制器 200 用于开启或者关闭将刻蚀气体输入至反应腔室内的刻蚀气体气路，以及调节刻蚀气体的流量。激励电源 300 用于向反应腔室 100 内的刻蚀气体施加射频功率以在反应腔室 100 内产生等离子体。偏压电源 400 用于向待处理基片施加偏压功率。沉积气体控制器 500 用于开启或者关闭将沉积气体输入至反应腔室的沉积气体气路，以及调节沉积气体的流量。中央控制器 600 用于至少执行下述操作：即，控制刻蚀气体控制器 200 开启或者关闭刻蚀气体气路，并调节刻蚀气体的流量；控制开启或者关闭激励电源 300，并调节激励电源 300 的射频功率；控制开启或者关闭偏压电源 400，并调节偏压电源 400 的偏压功率；以及控制沉积气体控制器 500 开启或者关闭所述沉积气体气路，并调节沉积气体的流量。

可以理解的是，中央控制器 600 可以以硬件或软件的方式实现，这对于本领域的技术人员都是已知的，这里不再详细描述。

在本发明的一个实施例中，中央控制器 600 在整个基片刻蚀的过程中执行下述操作：即，控制激励电源 300 始终处于开启状态；控制刻蚀气体控制

器 200 保持所述刻蚀气体管路始终处于开启状态；控制开启偏压电源 400 且同时关闭所述沉积气体管路，以及控制关闭偏压电源 400 且同时开启所述沉积气体管路。

在本发明的一个实施例中，在整个基片刻蚀工艺过程中，随着工艺的进

5 行（即，随着刻蚀深度的增加）中央控制器 600 可以这样控制诸如激励电源 300 的功率、刻蚀气体的流量、偏压电源 400 的功率和沉积气体的流量等工艺参数。例如，中央控制器 600 控制刻蚀气体控制器 200 调节刻蚀气体的流量，和/或中央控制器 600 对激励电源 300 的功率和/或偏压电源的功率进行控制，以使在每一次偏压电源 400 开启期间，刻蚀气体的流量、激励电源 300 的功率和/或偏压电源 400 的功率保持不变或者逐渐增大；和/或，中央控制器 600 控制刻蚀气体控制器 200 调节刻蚀气体的流量、中央控制器 600 控制沉积气体控制器 500 调节沉积气体的流量，和/或中央控制器 600 对激励电源 300 的功率进行控制，以使在每一次偏压电源 400 关闭期间内，刻蚀气体的流量、沉积气体的流量和/或激励电源 300 的功率保持不变或者逐渐减小。

15 再如，随着工艺的进行中央控制器 600 控制刻蚀气体控制器 200 调节刻

蚀气体的流量，和/或中央控制器 600 对激励电源 300 的功率和/或偏压电源 400 的功率进行控制，以使在相邻两次偏压电源 400 开启期间，后一次偏压电源 400 开启期间内的刻蚀气体的流量、激励电源 300 的功率和/或偏压电源 400 的功率与前一次偏压电源 400 开启期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所增大；和/或中央控制器 600 控制刻蚀气体控制器 200 调节刻蚀

20 气体的流量、中央控制器 600 控制沉积气体控制器 500 调节沉积气体的流量，和/或中央控制器 600 对激励电源 300 的功率进行控制，以使在相邻两次偏压电源 400 关闭期间，后一次偏压电源 400 关闭期间内的刻蚀气体的流量、沉积气体的流量和/或激励电源 300 的功率与前一次偏压电源 300 关闭期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所减小。又如，中央控制器 600 还可

以结合上述两种控制方式进行控制。

在本发明的一个实施例中,在整个基片刻蚀工艺过程中,中央控制器 600 对偏压电源 400 开启和关闭的变换频率进行控制,以使其随着工艺的进行而逐渐增加,并且中央控制器 600 对沉积气体控制器 500 进行控制,以使沉积气体气路开启和关闭的变换频率随着偏压电源 400 开启和关闭的变换频率的增加而增加。

根据本发明的实施例,保持在整个刻蚀工艺过程中始终进行刻蚀作业,并在整个刻蚀工艺过程中穿插着进行沉积作业,从而形成了单一的刻蚀作业模式、以及刻蚀作业和沉积作业共存的复合作业模式的交替循环。当进行复合作业模式时,在进行沉积作业的同时,反应腔室内的等离子体也可以对基片进行刻蚀,以至少将刻蚀剖面侧壁上的由沉积作业所形成的沉积聚合物中的一部分刻蚀掉,从而使基片的刻蚀剖面的侧壁平滑,进而提高基片的工艺质量。

并且,相对于现有的 Bosch 工艺中刻蚀作业和沉积作业的交替循环,通过在整个工艺过程中始终向反应腔室内通入刻蚀气体,且保持激励电源始终处于开启状态,根据本发明的实施例,不仅使得工艺过程中的工艺参数(如激励电源功率,气体种类、刻蚀气体,气压等)的调整非常方便,而且还可以使工艺很快能够达到稳定状态,从而提高工艺性能。

此外,在本发明实施例的工艺过程中,不同的工艺参数的调节可以同步实现,例如,沉积气体的供给和偏压电源的关闭可以是同步的;又如,沉积气体停止供给和偏压电源的开启可以是同步的。这与现有的 Bosch 工艺中只能依次对不同的工艺参数进行调节相比,可以节省工艺参数的调节时间,从而提高工艺效率。

在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。

而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

尽管已经示出和描述了本发明的实施例，对于本领域的普通技术人员而言，可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本发明的范围由所附权利要求及其等同限定。

5

权 利 要 求 书

1. 一种基片刻蚀方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1：将待处理的基片放入反应腔室；

5 S2：向所述反应腔室输入刻蚀气体；

S3：开启激励电源以在所述反应腔室内产生等离子体；

S4：开启偏压电源以向所述基片施加偏压功率；

S5：关闭所述偏压电源且同时开始向所述反应腔室内输入沉积气体；

S6：停止向所述反应腔室内输入沉积气体且同时开启所述偏压电源；和

10 S7：重复步骤 S5-S6 直至完成刻蚀工艺。

2. 如权利要求 1 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，随着工艺的进行，在每一次偏压电源开启期间内，所述偏压电源的功率、所述刻蚀气体的流量和/或所述激励电源的功率保持不变或者逐渐增大；和/或

15 在每一次偏压电源关闭期间内，所述沉积气体的流量、所述刻蚀气体的流量和/或所述激励电源的功率保持不变或者逐渐减小。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，随着工艺的进行，对于相邻的两次偏压电源开启期间，后一次偏压电源开启期间内的所述偏压电源的功率、刻蚀气体的流量和/或激励电源的功率与前一次偏压电源开启期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所增大；和/或

对于相邻的两次偏压电源关闭期间，后一次偏压电源关闭期间内的所述沉积气体的流量、刻蚀气体的流量和/或激励电源的功率与前一次偏压电源关闭期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所减小。

25

4. 如权利要求 1 或 2 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，随着工艺的进

行逐渐增加所述偏压电源开启和关闭的变换频率，并对应地增加所述沉积气体的通/断的变换频率。

5. 如权利要求 4 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，随着工艺的进行逐渐增加所述激励电源的功率大小的变换频率；和/或逐渐增加所述刻蚀气体的流量大小的变换频率。

6. 如权利要求 1 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，在开启偏压电源时，采用固定匹配或固定匹配结合频率扫描的方式使所述激励电源和所述偏压电源各自实现匹配。

7. 如权利要求 1 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述激励电源为射频电源。

8. 如权利要求 1 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述刻蚀气体为氟基刻蚀气体、氯基刻蚀气体和溴基刻蚀气体中的至少一种。

9. 如权利要求 8 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述氟基刻蚀气体包括 CF_4 和 SF_6 ，所述氯基刻蚀气体包括 Cl_2 、 BCl_3 、 SiCl_4 、 SiCl_2H_2 ，且所述溴基刻蚀气体包括 Br_2 和 HBr 。

10. 如权利要求 1 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述沉积气体为 C_4F_8 ， C_2F_4 ， $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2$ 和 CCl_4 中的至少一种。

11. 一种基片处理设备，其特征在于，包括：
反应腔室；

刻蚀气体控制器，所述刻蚀气体控制器用于开启或者关闭将刻蚀气体输入至所述反应腔室内的刻蚀气体气路，以及调节刻蚀气体的流量；

激励电源，所述激励电源用于向所述反应腔室内的刻蚀气体施加射频功率以在所述反应腔室内产生等离子体；

5 偏压电源，所述偏压电源用于向基片施加偏压功率；

沉积气体控制器，所述沉积气体控制器用于开启或者关闭将沉积气体输入至所述反应腔室内的沉积气体气路，以及调节沉积气体的流量；和

中央控制器，所述中央控制器分别与所述刻蚀气体控制器、所述激励电源、所述偏压电源和所述沉积气体控制器相连，所述中央控制器用于至少执

10 行下述操作：

控制所述刻蚀气体控制器开启或者关闭所述刻蚀气体气路，以及调节刻蚀气体的流量；

控制开启或者关闭所述激励电源，以及调节激励电源的射频功率；

控制开启或关闭所述偏压电源，以及调节偏压电源的偏压功率；和

15 控制所述沉积气体控制器开启或者关闭所述沉积气体气路，以及调节沉积气体的流量；并且

所述中央控制器在整个基片刻蚀工艺过程中控制所述激励电源始终处于开启状态、控制所述刻蚀气体控制器保持所述刻蚀气体气路始终处于开启状态、控制在开启偏压电源的同时关闭所述沉积气体气路，以及控制在关闭
20 所述偏压电源的同时开启所述沉积气体气路。

12. 如权利要求 11 所述的基片处理设备，其特征在于，随着工艺的进行所述中央控制器控制所述刻蚀气体控制器调节所述刻蚀气体的流量，和/或所述中央控制器对激励电源的功率和/或偏压电源的功率进行控制，以使在每一次偏压电源开启期间内，所述刻蚀气体的流量、激励电源的功率和/或偏压电源的功率保持不变或者逐渐增大；和/或

25

所述中央控制器控制所述刻蚀气体控制器调节所述刻蚀气体的流量、所述中央控制器控制所述沉积气体控制器调节所述沉积气体的流量,和/或所述中央控制器对激励电源的功率进行控制,以使在每一次偏压电源关闭期间内,所述刻蚀气体的流量、沉积气体的流量和/或所述激励电源的功率保持不变或者逐渐减小。

13. 如权利要求 12 所述的基片处理设备,其特征在于,随着工艺的进行,所述中央控制器控制所述刻蚀气体控制器调节所述刻蚀气体的流量,和/或所述中央控制器对激励电源的功率和/或偏压电源的功率进行控制,以使相邻两次偏压电源开启期间,后一次偏压电源开启期间内的刻蚀气体的流量、激励电源的功率和/或偏压电源的功率与前一次偏压电源开启期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所增大;和/或

所述中央控制器控制所述刻蚀气体控制器调节所述刻蚀气体的流量、所述中央控制器控制所述沉积气体控制器调节所述沉积气体的流量,和/或所述中央控制器对激励电源的功率进行控制,以使相邻两次偏压电源关闭期间,后一次偏压电源关闭期间内的刻蚀气体的流量、沉积气体的流量和/或激励电源的功率与前一次偏压电源关闭期间内的相应流量数值和/或功率数值相等或者有所减小。

14. 如权利要求 12 所述的基片处理设备,其特征在于,所述中央控制器对所述偏压电源开启和关闭的变换频率进行控制,以使其随着工艺的进行而逐渐增加,并且所述中央控制器对所述沉积气体控制器进行控制,以使所述沉积气体气路开启和关闭的变换频率随着所述偏压电源开启和关闭的变换频率的增加而增加。

15. 如权利要求 14 所述的基片处理设备,其特征在于,所述中央控制器

对所述激励电源开启和关闭的变换频率进行控制，以使其随着工艺的进行而逐渐增加；和/或所述中央控制器对所述刻蚀气体控制器进行控制，以使所述刻蚀气体气路开启和关闭的变换频率随着工艺的进行而逐渐增加。

5 16. 如权利要求 11 所述的基片处理设备，其特征在于，在开启偏压电源时，所述中央控制器分别对所述激励电源和所述偏压电源各自的阻抗匹配状况进行控制，并且实现匹配的方式采用固定匹配方式或固定匹配结合频率扫描的方式。

10 17. 如权利要求 11 所述的基片处理设备，其特征在于，所述激励电源为射频电源。