基片刻蚀方法

技术领域

本发明涉及微电子技术领域，特别涉及一种基片刻蚀方法。

背景技术

随着 MEMS（Micro-Electro-Mechanical Systems，微机电系统）器件和 MEMS 系统被越来越广泛地应用于汽车和消费电子领域，以及 TSV（Through-Silicon Via，硅通孔）刻蚀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 SF6，而且，在进行刻蚀作业的过程中，为了能够产生更多的活性自由基，以提高该工艺气体刻蚀硅基底的刻蚀速率，通常需要在进行刻蚀作业的过程中始终保持较高的腔室压力，然而，这会产生这样的问题，即：在较高的腔室压力下，刻蚀后产生的反应生成物不易从硅槽中排出，导致积压在硅槽中的反应生成物损伤硅槽的侧壁，从而使硅槽的侧壁形貌粗糙，进而使该刻蚀工艺的结果不

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，提出了一种基片刻蚀方法，其能够避免产生侧壁伤害的问题，从而可以使侧壁形貌光滑。

为实现本发明的目的而提供一种基片刻蚀方法，其包括：用以在硅槽侧壁上沉积聚合物的沉积作业和用以对所述硅槽侧壁进行刻蚀的刻蚀作业，并且循环执行所述沉积作业和刻蚀作业至少两次；且在完成所述刻蚀作业的全部循环次数的过程中，反应腔室的腔室压力按预设规则由预设的最高压力值降低至最低压力值。

其中，所述预设规则包括：在自第一次所述刻蚀作业开始时起的预定时间之内，所述腔室压力在进行刻蚀作业时维持在所述的最高压力值；在自第一次所述刻蚀作业开始时起经过所述预定时间之后，所述腔室压力在后续的刻蚀作业的过程中按函数关系自所述最高压力值降低至所述最低压力值。

其中，在自第一次所述刻蚀作业开始时起经过所述预定时间之后，在每一次刻蚀作业过程中，腔室压力保持不变；且每次刻蚀作业所对应的腔室压力比前一次刻蚀作业所对应的腔室压力有所降低。

其中，在自第一次所述刻蚀作业开始时起经过所述预定时间之后，在每一次刻蚀作业过程中，腔室压力按函数关系逐渐降低；且每次刻蚀作业所对应的腔室压力低于前一次刻蚀作业所对应的腔室压力降低。

其中，所述预定时间的时长取值范围为 0.5~20s。例如，所述预定时间的时长取值范围可以为 1~10s。

其中，所述预设规则包括：在完成刻蚀作业的全部循环次数的过程中，所述腔室压力按预设的函数关系逐渐降低。

其中，所述函数关系包括线性函数关系、分段函数关系、指数函数关系或多项式函数关系。

其中，所述最高压力值的取值范围为 20mT~ 200mT，所述压力最低值的取值范围为 1 ~40mT，激励功率的取值范围为 50~3000W，偏压功率的取值范围为 0~100W，刻蚀气体的流量的取值范围为 50~1000sccm。

其中，完成刻蚀作业的全部循环次数的时间为 0.1~100s。

本发明具有以下有益效果：

本发明提供的基片刻蚀方法，其通过在完成刻蚀作业的全部循环次数的过程中，使反应腔室的腔室压力按预设规则由预设的最高压力值降低至最低压力值，可以使刻蚀后产生的反应生成物因腔室压力的降低而从硅槽中排出，从而可以避免出现硅槽侧壁出现损伤的问题，进而可以提高硅槽侧壁形貌的光滑性，提高工艺质量。

附图说明

图 1 为本发明实施例提供的基片刻蚀方法的流程图；

图 2a 为本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第一种预设规则的时序图；

图 2b 为本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第二种预设规则的时序图；

图 2c 为本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第三种预设规则的时序图；

图 2d 为本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第四种预设规则的时序图；

图 2e 为本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第五种预设规则的时序图；

图 2f 为本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第六种预设规则的时序图；

图 3a 为采用现有的基片刻蚀方法获得的硅槽侧壁形貌的扫描电镜图；

图 3b 为图 3a 中的区域 I 的放大图；

图 3c 为采用本发明实施例提供的基片刻蚀方法获得的硅槽侧壁形貌的扫描电镜图；以及

图 3d 为图 3c 中的区域 M 的放大图。

具体实施方式

为使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案，下面结合附图来对本发明提供的基片刻蚀方法进行详细描述。

根据本发明的实施例，沉积作业用于在硅槽侧壁上沉积聚合物；刻蚀作业用于对所述硅槽侧壁进行刻蚀；而且，在整个刻蚀工艺过程中，沉积作业和刻蚀作业交替循环至少两次，即，执行沉积作业和刻蚀作业一次，则视为一个完整的沉积-刻蚀作业过程，并且在整个刻蚀工艺过程中，沉积-刻蚀作业过程重复执行至少两次。实际应用时，在一个完整的沉积-刻蚀作业过程中，可以先进行沉积作业，后进行刻蚀作业；也可以先进行刻蚀作业，后进行沉积作业，二者的先后顺序可以根据具体情况设定。

下面结合图 1 对本发明实施例提供的基片刻蚀方法进行详细的描述。

请参阅图 1，其中示出了本发明实施例提供的基片刻蚀方法的流程图。具体地，该方法包括以下步骤：

步骤 S1，将待处理的硅晶片等基片放入反应腔室。

步骤 S2，进行沉积作业。该沉积作业的具体流程至少包括以下步骤：向反应腔室内输入沉积气体；开启激励电源（例如射频电源），以在反应腔室内产生等离子体；开启偏压电源，以向待处理基片施加偏压功率。该沉积气体可以为 C4F8 或 C2F4。

步骤 S3，进行刻蚀作业。该刻蚀作业的具体流程至少包括以下步骤：停止向反应腔室内输入沉积气体，同时向反应腔室内输入刻蚀气体；开启激励电源（例如射频电源），以在反应腔室内产生等离子体；开启偏压电源以

向待处理基片施加偏压功率。该刻蚀气体可以为 SF6。

步骤 S4，重复上述步骤 S2-S3，直至完成基片的刻蚀。

需要说明的是，在完成步骤 S3 所示刻蚀作业的全部循环次数的过程中，刻蚀作业所对应的反应腔室的压力（以下简称为腔室压力）按预设规则由预设的最高压力值逐渐降低至最低压力值。在此，所谓“完成步骤 S3 所示刻蚀作业的全部循环次数的过程”指的是在整个刻蚀工艺过程中的全部刻蚀作业过程，并且所谓“全部刻蚀作业过程”可以这样理解，即，在整个刻蚀工艺过程中将全部刻蚀作业提取出来，并按照时间顺序将各次刻蚀作业排列即形成了全部刻蚀作业过程。

下面结合图 2a 至图 2f 所示时序图对用于降低腔室压力的六种预设规则进行详细描述。其中，各图中的纵坐标均表示腔室压力，以 P 标示；横坐标均表示出了两个参量，其一为每次刻蚀作业的循环次序，即，上述步骤 S3 所示的当前刻蚀作业为第几次重复，以 N 标示；其二为累计刻蚀时间，以 t 标示。所谓累计刻蚀时间为完成刻蚀作业的全部循环次数的时间。

请参阅图 2a，其中示出本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第一种预设规则的时序图。

如图 2a 所示，在自第一次刻蚀作业开始时起的预定时间 T 之内，各次刻蚀作业所对应的腔室压力始终维持在预设的最高压力值 Pmax。并且，在预定时间 T 之后的后续全部刻蚀作业过程中，腔室压力按线性函数的关系自最高压力值 Pmax 降低至最低压力值 Pmin，即，腔室压力 P 与累计刻蚀时间 t 及每次刻蚀作业的循环次序 N 为线性函数的关系，且随着累计刻蚀时间 t 和每次刻蚀作业的循环次序 N 的增加，腔室压力自 Pmax 逐渐降低至 Pmin。

具体地，在预定时间 T 之后的后续全部刻蚀作业过程中，对于每次刻蚀作业而言，腔室压力与累计刻蚀时间（或者本次刻蚀作业中的刻蚀时间）呈线性函数关系变化；并且，对于预定时间 T 之后的后续全部刻蚀作业过程而言，每一次刻蚀作业所对应的腔室压力与前一次刻蚀作业所对应的腔室压

力相比也是以线性函数的关系逐渐降低。本实施例中，累计刻蚀时间包含所谓预定时间 T。

请参阅图 2b，其中示出本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第二种预设规则的时序图。

如图 2b 所示，在自第一次刻蚀作业开始时起的预定时间 T 之内，各次刻蚀作业所对应的腔室压力始终维持在预设的最高压力值 Pmax。并且，在预定时间 T 之后的后续全部刻蚀作业过程中，腔室压力按分段函数的关系自最高压力值 Pmax 降低至最低压力值 Pmin，即，腔室压力 P 与累计刻蚀时间 t 及每次刻蚀作业的循环次序 N 为分段函数的关系，且随着累计刻蚀时间 t 和每次刻蚀作业的循环次序 N 的增加，腔室压力自 Pmax 逐渐降低至 Pmin。该分段函数的分界点为每次刻蚀作业的循环次序 N 的变更点，亦即每次刻蚀作业的终止点。

具体地，在预定时间 T 之后的后续全部刻蚀作业过程中，对于每次刻蚀作业而言，腔室压力与累计刻蚀时间（或者本次刻蚀作业中的刻蚀时间）呈线性函数关系变化; 并且，对于预定时间 T 之后的后续全部刻蚀作业过程而言，每一次刻蚀作业所对应的腔室压力低于前一次刻蚀作业所对应的腔室压力，且每一次刻蚀作业起始点所对应的腔室压力低于前一次刻蚀作业终止点所对应的腔室压力。每次刻蚀作业对应于分段函数中的某一段函数定义域，且图 2b 所示时序图所代表的分段函数各个分界点左右两侧的表达式不同，即，每一次刻蚀作业所对应的线性函数关系不同，但在实际应用中不必局限于此。本实施例中，累计刻蚀时间包含所谓预定时间 T。

请参阅图 2c，其中示出本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第三种预设规则的时序图。第三种预设规则类似于第二种预设规则，即，在预定时间 T 之后的后续全部刻蚀作业过程中，腔室压力按分段函数的关系自最高压力值 Pmax 降低至最低压力值 Pmin; 二者的差别仅在于: 在预定时间 T 之后的各刻蚀作业所对应的各段函数均表现为常数函数的

形式，即，在每次刻蚀作业中，腔室压力不随刻蚀时间的增加而变化。本实施例中，累计刻蚀时间包含所谓预定时间 T。

请一并参阅图 2d 至图 2f，其中分别示出本发明实施例提供的基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的第四种至第六种预设规则的时序图。图 2d 至图 2f 所示时序图分别类似于图 2a 至图 2c，前后二者的差别仅在于，后者不存在预定时间 T，换言之，后者是自第一次刻蚀作业开始时起即按照相应的线性函数或者分段函数的关系使腔室压力自最高压力值 Pmax 降低至最低压力值 Pmin。

需要说明的是，尽管上述实施例中的分段函数在不同的刻蚀作业过程中表现为线性函数或者常数函数，但是在实际应用中也可以不局限于此，例如可以使其表现为指数或多项式等其他任意函数关系，只要能够保证对于整个刻蚀作业过程，腔室压力随刻蚀时间的增加而降低即可。

下面详细说明本发明实施例提供的基片刻蚀方法中的各工艺参数的取值情况。

在实际应用中，最高压力值的取值范围可以为 20mT~ 200mT，最低压力值的取值范围可以为 1~40 mT，激励功率的取值范围可以为 50~3000W，偏压功率的取值范围可以为 0~100W，刻蚀气体的流量范围可以为 50~1000sccm，完成刻蚀作业的全部循环次数的时间（即累计刻蚀时间 t）可以为 0.1~100s；并且，如果基片刻蚀方法所采用的降低腔室压力的预设规则为第一至第三规则，则将预定时间 T 的范围设置在 0.5~20s，这种情况下，完成刻蚀作业的全部循环次数的时间必然要大于预定时间 T，例如可以取值为 0.5~99.5s。

优选地，最高压力值的取值范围可以为 40mT~ 120mT，最低压力值的取值范围可以为 1~40 mT，激励功率的取值范围可以为 500~2000W，偏压功率的取值范围可以为 10~40W，刻蚀气体的流量范围可以为 200~700sccm，完成刻蚀作业的全部循环次数的时间可以为 0.1~100s。并且，当基片刻蚀方

法所采用的降低腔室压力的预设规则为第一至三规则时，预定时间 T 的取值范围可以为 1~10s，完成刻蚀作业的全部循环次数的时间必然要大于预定时间 T，例如可以取值为 1~99s。

本发明实施例提供的基片刻蚀方法，其通过在完成刻蚀作业的全部循环次数的过程中，使腔室压力按预设规则由预设的最高压力值降低至最低压力值，而不是像背景技术中那样在刻蚀作业的过程中始终保持较高的腔室压力，因此，本发明实施例提供的基片刻蚀方法，可以使刻蚀后产生的反应生成物因腔室压力的降低而从硅槽中排出，从而可以避免出现硅槽侧壁出现损伤的问题，进而可以提高硅槽侧壁形貌的光滑性，提高工艺质量。

为了验证本发明实施例提供的基片刻蚀方法是否能够改善硅槽的侧壁形貌的光滑性，下面分别采用本发明实施例提供的基片刻蚀方法和现有技术中的基片刻蚀方法对基片进行刻蚀实验，并且在该对比实验中，两种方法所采用工艺条件除腔室压力之外，其他均大致相同。

请一并参阅图 3a 至图 3d，其中，图 3a 和图 3b 示出了采用现有的基片刻蚀方法获得的硅槽侧壁形貌的扫描电镜图，图 3c 和图 3d 示出了采用本发明实施例提供的基片刻蚀方法获得的硅槽侧壁形貌的扫描电镜图。将图 3a、3b 同图 3c、3d 进行比较可以看出，在现有技术中，由于在进行刻蚀作业的过程中始终保持较高的腔室压力，因而刻蚀后产生的反应生成物不易从硅槽中排出，导致积压在硅槽中的反应生成物损伤硅槽的侧壁，从而使硅槽的侧壁形貌粗糙，进而使刻蚀方法的工艺结果不理想。与之相比，在本发明实施例提供的基片刻蚀方法，其通过在完成刻蚀作业的全部循环次数的过程中，使腔室压力按预设规则由预设的最高压力值降低至最低压力值，这样，可以使刻蚀后产生的反应生成物因腔室压力的降低而从硅槽中排出，从而可以避免出现硅槽侧壁出现损伤的问题，进而可以提高硅槽侧壁形貌的光滑性，提高工艺质量。

可以理解的是，以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示

例性实施方式，然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言，在不脱离本发明的精神和实质的情况下，可以做出各种变型和改进，这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

5

权 利 要 求 书

1. 一种基片刻蚀方法，包括：用以在硅槽侧壁上沉积聚合物的沉积作业和用以对所述硅槽侧壁进行刻蚀的刻蚀作业，并且循环执行所述沉积作业和刻蚀作业至少两次；其特征在于：

在完成所述刻蚀作业的全部循环次数的过程中，反应腔室的腔室压力按预设规则由预设的最高压力值降低至最低压力值。

2. 如权利要求 1 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述预设规则包括：

在自第一次所述刻蚀作业开始时起的预定时间之内，所述腔室压力在进行刻蚀作业时维持在所述的最高压力值；

在自第一次所述刻蚀作业开始时起经过所述预定时间之后，所述腔室压力在后续的刻蚀作业的过程中按函数关系自所述最高压力值降低至所述最低压力值。

3. 如权利要求 2 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，在自第一次所述刻蚀作业开始时起经过所述预定时间之后，在每一次刻蚀作业过程中，腔室压力保持不变；且每次刻蚀作业所对应的腔室压力比前一次刻蚀作业所对应的腔室压力有所降低。

4. 如权利要求 2 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，在自第一次所述刻蚀作业开始时起经过所述预定时间之后，在每一次刻蚀作业过程中，腔室压力按函数关系逐渐降低；且每次刻蚀作业所对应的腔室压力低于前一次刻蚀作业所对应的腔室压力降低。

5. 如权利要求 2 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述预定时间的

时长取值范围为 0.5~20s。

6. 如权利要求 5 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述预定时间的时长取值范围为 1~10s。

7. 如权利要求 1 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述预设规则包括：在完成刻蚀作业的全部循环次数的过程中，所述腔室压力按预设的函数关系逐渐降低。

8. 如权利要求 2-7 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述函数关系包括线性函数关系、分段函数关系、指数函数关系或多项式函数关系。

9. 如权利要求 8 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，所述最高压力值的取值范围为 20mT~ 200mT，所述压力最低值的取值范围为 1 ~40mT，激励功率的取值范围为 50~3000W，偏压功率的取值范围为 0~100W，刻蚀气体的流量的取值范围为 50~1000sccm。

10. 如权利要求 1 所述的基片刻蚀方法，其特征在于，完成刻蚀作业的全部循环次数的时间为 0.1~100s。