

一种提高晶圆电镀厚度均匀性的方法

5 技术领域

本发明属于半导体制造技术领域，特别涉及一种提高晶圆电镀厚度均匀性的方法。

背景技术

10 半导体集成电路的生产过程中，需要对晶圆表面进行电镀形成金属层。故晶圆电镀的过程是将晶圆放置于电镀液中，晶圆上联接负电压作为阴极，将正电压联接到可溶解或不可溶解的阳极上，通过电场作用使电镀液中的金属离子沉积到晶圆表面。随着半导体技术的发展，晶圆表面电镀均匀性的要求也越来越高，微小的电镀高度的差异也将影响晶圆质量和良率。

15

发明内容

为了实现高质量的晶圆电镀，提高电镀镀层厚度均匀性，本发明提出一种提高晶圆电镀厚度均匀性的方法。

本发明提供一种提高晶圆电镀厚度均匀性的方法，包括：

20

在设置有扩散板的电镀腔内对晶圆执行电镀工艺；

检测电镀工艺完成后晶圆表面的电镀高度；

将所述电镀高度输入晶圆模型，将所述晶圆模型沿径向方向划分为若干同心环区域，且在与所述扩散板对应的扩散板模型上设置与所述晶圆模型相对应的若干同心环区域，所述扩散板模型上均匀分布有孔径均一的通孔；

25

取所述晶圆模型任意环区域的电镀高度值为基准值，计算所述晶圆其它环区域电镀高度值与所述基准值的差值，确定所述晶圆每个环区域的电镀高度待调整率；

使所述扩散板模型上的每个环区域通孔总面积待调整率等于所述晶圆模型上每个环区域的电镀高度待调整率，并确定所述扩散板模型各环区域通孔的

总面积待调整值，以获得优化的扩散板模型。

根据本申请实施例的一种具体实现方式，所述基准值为所述晶圆模型各环区域中电镀高度的最大值或最小值或平均值。

5 根据本申请实施例的一种具体实现方式，所述晶圆模型上若干同心环区域彼此邻近且互不重叠，所述晶圆模型上若干同心环区域的共同圆心在所述晶圆模型的圆心处。

根据本申请实施例的一种具体实现方式，还包括：基于确定的所述扩散板模型各环区域通孔的总面积待调整值，调整某一环区域通孔的总面积时，固定该环区域的通孔的总数不变，定义该环区域内需要调节孔径的通孔为第二通孔，  
10 预设第二通孔的孔径，第二通孔的孔径大于或小于第一通孔的孔径；计算该环区域内第二通孔的个数，以使该环区域在所述晶圆模型上的对应环区域的经调整电镀高度达到基准值。

根据本申请实施例的一种具体实现方式，所述计算该环区域内需要调整的通孔的个数，包括：

15 采用下述式一计算需要调整孔径的第二通孔的个数 $n$ ：  
$$n = \frac{s_i * (h_i - h_0)}{h_0 * (\pi r_2^2 - \pi r_1^2)}$$
 式一

其中， $n$ 为需要调整孔径的第二通孔的个数；

$s_i$ 为该环区域通孔的初始总面积；

$h_i$ 为该环区域与晶圆模型对应环区域的电镀高度；

20  $h_0$ 为晶圆电镀高度基准值；

$r_2$ 为调整后的第二通孔的半径；

$r_1$ 为该环区域内第一通孔的半径。

根据本申请实施例的一种具体实现方式，所述需要调整的通孔的个数小于该环区域内通孔数。

25 根据本申请实施例的一种具体实现方式，还包括将需要调整孔径的通孔均匀分布于所在需要调整的环区域内。

根据本申请实施例的一种具体实现方式，还包括将需要调整孔径的通孔均匀分布于扩散板的至少两个象限内，且每个象限内的第二通孔关于所述扩散板中心对称设置。

根据本申请实施例的一种具体实现方式，还包括：基于确定的所述扩散板模型各环区域通孔的总面积待调整值，调整某一环区域通孔的总面积时，固定该环区域通孔的孔径不变，计算该环区域内需要通孔的个数，以使该环区域在所述晶圆模型上的对应环区域的经调整电镀高度达到所述基准值。

- 5 根据本申请实施例的一种具体实现方式，所述计算该环区域内需要通孔的个数，包括：

采用下述式二计算该环区域内需要通孔的个数  $N$ ：

$$N = \frac{s_i * (h_i - h_0) + n_0 * h_0 * \pi r^2}{h_0 * \pi r^2} \quad \text{式二}$$

其中， $N$  为所调整环区域内需要通孔的个数；

- 10  $s_i$  为该环区域通孔的初始总面积；

$h_i$  为该环区域与晶圆模型对应环区域的电镀高度；

$h_0$  为晶圆电镀高度基准值；

$r$  为扩散板模型上通孔半径；

$n_0$  为所调整环区域通孔的初始数量。

- 15 本发明的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法，通过本发明中对于扩散板的优化，有助于电镀设备对晶圆执行电镀工艺的电镀效果，使晶圆的电镀厚度更为均匀。

- 同时，在对扩散板进行优化，调节扩散板的某些区域的通孔总面积时，并未选择对该区域的所有的通孔的孔径进行尺寸上的统一调整，而是在挑选该区域中一定数量的通孔进行尺寸的调整，以达到调整通孔总面积的目的，通过本  
20 发明的方法能够在将所需要调整的尺寸集中于预设数量的通孔上，具有便于加工的优势，且能够便于加工精度的控制，进而有效保障电镀厚度的均匀性。

- 此外，本申请利用将需要调整孔径尺寸的通孔均匀布置在扩散板的调整区域内，或将需要调整孔径尺寸的通孔分布于扩散板的至少两个象限内，且调节  
25 孔径尺寸的通孔关于扩散板中心对称设置的方式，对电镀设备内的扩散板进行优化，确保晶圆各区域在电镀工艺过程中，尽可能的接受更为合适流量的电镀液，从而保障电镀厚度的均匀性。

本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述，并且，部分地从说明书中变得显而易见，或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可

通过在说明书、权利要求书以及附图中所指出的结构来实现和获得。

附图概述

5 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 示出了根据本发明实施例的电镀设备结构示意图；

10 图 2 示出了根据本发明实施例的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法流程图；

图 3 示出了根据本发明实施例的晶圆区域划分结构示意图；

图 4 示出了根据本发明实施例的扩散板结构示意图；

图 5 示出了根据本发明实施例的扩散板优化前晶圆表面电镀高度检测结果；

图 6 示出了根据本发明实施例的一种第二通孔分布示意图；

15 图 7 示出了根据本发明实施例的另一种第二通孔分布示意图；以及

图 8 示出了根据本发明实施例的扩散板优化后晶圆表面电镀高度检测结果。

本发明的较佳实施方式

20 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地说明，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

25 请参照图 1，本发明所涉及的电镀设备包括电镀腔 100、晶圆保持装置 200 和扩散板 300。电镀腔 100 被配置为容纳电镀液。晶圆保持装置 200 被配置为保持晶圆 400，使晶圆 400 的待电镀表面在电镀期间位于电镀液内。扩散板 300 设置于电镀腔 100 内。电镀工艺过程中，电镀液通过扩散板 300 的整流作用，将电镀液均匀分布并喷向晶圆 400 的待电镀表面，使晶圆 400 表面的电镀厚度均匀一致。

实际工艺过程中发现晶圆 400 表面的电镀高度并非均匀一致，对此本申请提出一种提高晶圆电镀厚度均匀性的方法，通过对扩散板的优化来提高晶圆电镀厚度均匀性。

具体请参照图 2，方法包括如下步骤：

- 5
- 步骤 S100：在设置有扩散板的电镀腔内对晶圆执行电镀工艺。
- 步骤 S200：检测电镀工艺完成后晶圆表面的电镀高度。
- 步骤 S300：将电镀高度输入晶圆模型，将晶圆模型沿晶圆径向方向划分为若干同心环区域，且在与扩散板对应的扩散板模型上设置与晶圆模型相对应的若干同心环区域，扩散板模型上均匀分布有孔径均一的通孔。
- 10
- 晶圆模型 400'和扩散板模型 300'均为数字模型，晶圆模型 400'和扩散板模型 300'均是通过数字孪生技术或 3D 建模技术，将物理系统中的晶圆 400 和扩散板 300 转化为数字形式的晶圆模型 400'和扩散板模型 300'，其本质是数字模型，基于生成的数字模型可以对其进行模拟、分析和预测。
- 在对晶圆模型 400'进行区域划分时，将晶圆模型 400'沿径向方向划分为若干同心环区域，若干同心环区域彼此邻近且互不重叠，多个同心环区域的共同圆心在晶圆模型 400'的中心处。具体请参照图 3，划分区域后的晶圆模型 400'包括环区域 401、环区域 402、环区域 403、环区域 404、环区域 405、环区域 406、环区域 407、环区域 408。相对应的，请参照图 4，扩散板模型 300'包括环区域 301、环区域 302、环区域 303、环区域 304、环区域 305、环区域 306、
- 15
- 环区域 307、环区域 308。
- 步骤 S400：取晶圆模型任意环区域的电镀高度值为基准值，计算晶圆其它环区域电镀高度值与基准值的差值，确定晶圆每个环区域的电镀高度待调整率。
- 具体的是，获取晶圆模型 400'中各环区域的电镀高度值，选择任一环区域电阻高度值为基准值。在此，每个环区域可以只检测一个电镀高度值。作为示例，基准值为各环区域电镀高度中的最大值或最小值或平均值。选择时，为了
- 25
- 便于扩散板的统一调整，优先选择电镀高度为最大值作为基准值。示例性的，以电镀高度最大值作为基准值，确定基准值所在晶圆模型 400'上的区域。本实施例中基准值在环区域 401，则分别计算环区域 402、环区域 403、环区域 404、环区域 405、环区域 406、环区域 407、环区域 408 的电镀高度与基准值之间的

差值，确定晶圆模型 400' 各环区域的电镀高度待调整率。

其中，电镀高度待调整率  $k_i = \frac{h_i - h_0}{h_0}$ 。

$k_i$  为选中环区域电镀高度待调整率； $h_0$  为电镀高度基准值； $h_i$  为选中环区域的电镀高度值。

- 5        步骤 S500: 使扩散板模型上的每个环区域通孔总面积待调整率等于晶圆模型上每个环区域的电镀高度待调整率，并确定扩散板模型各环区域通孔的总面积待调整值，以获得优化的扩散板模型。

利用优化的扩散板模型，对物理系统中的扩散板 300 进行调整，使电镀设备内的扩散板符合优化的扩散板模型所涉及的方案，进而使晶圆每个环区域的  
10        电镀高度均达到基准值。

- 具体而言，根据晶圆模型 400' 每个环区域的电镀高度待调整率  $k_i$  与扩散板模型 300' 上的每个环区域通孔总面积待调整率  $k_m$  相等 ( $k_i = k_m$ ) 的原理，对扩散板模型 300' 各环区域的通孔总面积进行调整。其中，在对每个环区域中通孔的总面积待调整值进行计算时，所选中的环区域内通孔总面积待调整率  $k_m = \frac{\Delta s}{s_i}$ ；  
15         $\Delta s$  为该环区域通孔的总面积待调整值； $s_i$  为该环区域通孔的初始总面积。据此，所选中的环区域通孔的总面积待调整值  $\Delta s = k_m * s_i = k_i * s_i$ 。

应当理解的是，对各个环区域的通孔总面积进行调整的方式可以为调整环区域内通孔的孔径尺寸，也可以为调整环区域内通孔的数量。

- 示例性的，在一个实施例中调整扩散板模型 300' 某一环区域通孔的总面积  
20        时，固定该环区域的通孔的总数不变，定义该环区域内需要调节孔径的通孔为第二通孔，预设第二通孔的孔径，第二通孔的孔径大于或小于第一通孔的孔径；然后计算该环区域内第二通孔的个数，以使该环区域在晶圆模型 400' 上的对应环区域的经调整电镀高度达到基准值。采用下述式一计算需要调整孔径的第二通孔的个数  $n$ ：

$$25 \quad n = \frac{s_i * (h_i - h_0)}{h_0 * (\pi r_2^2 - \pi r_1^2)} \quad \text{式一}$$

其中， $n$  为需要调整孔径的第二通孔的个数；

$s_i$  为该环区域通孔的初始总面积；

$h_i$  为该环区域与晶圆模型对应环区域的电镀高度；

$h_0$  为晶圆电镀高度基准值；

$r_2$ 为调整后的第二通孔的半径；

$r_1$ 为该环区域内第一通孔的半径。

应当理解的，当晶圆模型 400' 上某个环区域的电镀高度待调整率  $k_i$  为 0 时，该环区域则无需调整电镀高度。相对应的，扩散板模型 300' 对应环区域的通孔总面积待调整率  $k_m$  亦为 0，则该环区域需要调整的通孔的个数  $n$  为 0，表明该环区域的通孔总面积无需调整。请参照图 5，在本发明实施例中，扩散板模型 300' 的环区域 301 为晶圆模型 400' 基准值所在环区域对应的环区域，环区域 301 无需调整通孔总面积，晶圆 400 的环区域 402、环区域 403、环区域 404、环区域 405、环区域 406、环区域 407 的电镀高度与环区域 401 的电镀高度相等，即环区域 402、环区域 403、环区域 404、环区域 405、环区域 406、环区域 407 的电镀高度待调整率  $k_i = 0$ ，这些环区域内的电镀高度无需调整，因此，扩散板模型 300' 的环区域 302、环区域 303、环区域 304、环区域 305、环区域 306、环区域 307 内的通孔总面积也不用进行调整。而晶圆模型 400' 的环区域 408 内电镀高度值与基准值不同，需要将电镀高度调节至基准值，因此对扩散板模型 300' 的环区域 308 的通孔总面积进行调节，具体调节方式依据上述步骤 S400 和步骤 S500，在此不做赘述。计算出需要调节的第二通孔数量之后，在扩散板模型 300' 的环区域 308 内进行调整，调整时，将需要调整孔径的通孔均匀分布于所调整环区域的环区域内，以保证根据优化的扩散板模型所制备的扩散板在电镀过程中，能够向晶圆 400 的电镀表面提供对应流量的电镀液，使晶圆 400 电镀表面的电镀高度更加均匀。示例性的，当确定环区域 308 内的需要调整孔径的第二通孔数量  $n = 8$  之后，将规定数量的第二通孔 3081 均匀分布于环区域 308 内，具体请参照图 6。应当理解的是，当得到优化的扩散板模型后，可以在物理系统中按照优化的扩散板模型对扩散板 300 上进行实际的加工，也可以选择重新制备新的符合优化方案的扩散板 300。

在另一个实施例中，为了便于加工制造，同时进一步保障电镀的均匀性，将需要调整孔径的第二通孔 3081 均匀分布于扩散板 300 需要调整通孔总面积的环区域（本实施例中为环区域 308）的至少两个象限内，且调整通孔总面积环区域内的第二通孔 3081 关于扩散板 300 中心对称设置，因此，在利用扩散板模型 300' 进行模拟分析时，有限将需要调整孔径的第二通孔 3081 均匀分布

于扩散板模型 300' 需要调整通孔总面积的环区域 (本实施例中为环区域 308) 的至少两个象限内, 且调整通孔总面积环区域内的第二通孔 3081 关于扩散板模型 300' 中心对称设置, 具体请参照图 7。

更进一步地, 为了便于加工制造, 要求每个环区域内需调整尺寸的通孔个数小于该环区域内通孔总数。

请参照图 8, 经过上述对扩散板模型 300' 的环区域 408 的通孔总面积调整, 且以图 7 的模式将需要调整孔径的第二通孔进行均匀分布后, 将按照该优化的扩散板模型 300' 制备得到的扩散板 300 置入电镀设备内重新对晶圆进行电镀工艺之后, 检测晶圆 400 表面的电镀高度, 晶圆 400 表面电镀高度的检测结果为图 8 所示, 可得经过优化后的电镀设备对晶圆 400 电镀表面的电镀高度较为均一, 电镀厚度均匀性得到有效提升, 电镀质量进一步的提高。

本实施例中, 在对扩散板模型进行优化, 调节扩散板模型中的某些环区域的通孔总面积时, 并未选择对该环区域所有通孔的孔径进行尺寸上的统一调整, 而是挑选该环区域中一定数量的通孔进行尺寸的调整, 以达到调整通孔总面积的目的。通过本发明的方法能够在将所需要调整的尺寸集中于预设数量的通孔上, 在物理系统中对扩散板进行实际加工处理时具有便于加工的优势, 且能够便于加工精度的控制, 进而有效保障电镀厚度的均匀性。

此外, 本申请选择将需要调整孔径尺寸的通孔均匀布置在扩散板模型的调整环区域内, 或将需要调整孔径尺寸的通孔分布于扩散板模型的至少两个象限内, 且调节孔径尺寸的通孔关于扩散板模型中心对称设置的方式, 能够确保按照优化的扩散板模型制备出来的扩散板, 在对晶圆进行电镀工艺过程中, 使晶圆尽可能接受更为合适流量的电镀液, 进一步保障了电镀厚度的均匀性。

在另一个实施例中调整某一环区域通孔的总面积时, 固定该环区域的通孔的孔径不变, 计算该环区域内需要调整通孔的个数, 以使该环区域在晶圆模型 400' 上的对应环区域的经调整电镀高度达到基准值。采用下述式二计算该环区域内需要调整通孔的个数  $N$ :

$$N = \frac{s_i * (h_i - h_0) + n_0 * h_0 * \pi r^2}{h_0 * \pi r^2} \quad \text{式二}$$

其中,  $N$  为所调整环区域内需要通孔的个数;

$s_i$  为该环区域通孔的初始总面积;

$h_i$ 为该环区域与晶圆模型对应环区域的电镀高度；

$h_0$ 为晶圆电镀高度基准值；

$r$ 为扩散板模型上通孔半径；

$n_0$ 为所调整环区域通孔的初始数量。

- 5        计算出所调整环区域内需要通孔的个数 $N$ 之后，基于所调整环区域通孔的初始数量 $n_0$ 进行调整。示例性的，当求得所调整环区域内需要调整通孔的个数 $N=105$ ；所调整环区域通孔的初始数量 $n_0 = 100$ ，则所调整环区域调整通孔面积时，需要将所调整环区域内通孔数量由 100 个调整为 105 个。

- 10       通过本发明中对于扩散板模型的优化，即针对物理系统中的扩散板的结构的优化，有助于电镀设备对晶圆执行电镀工艺的电镀效果，使晶圆的电镀厚度更为均匀。

- 15       尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案  
15       本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

权 利 要 求

1. 一种提高晶圆电镀厚度均匀性的方法，其特征在于，包括：
- 5 在设置有扩散板的电镀腔内对晶圆执行电镀工艺；
- 检测电镀工艺完成后晶圆表面的电镀高度；
- 将所述电镀高度输入晶圆模型，将所述晶圆模型沿径向方向划分为若干同心环区域，且在与所述扩散板对应的扩散板模型上设置与所述晶圆模型相对应的若干同心环区域，所述扩散板模型上均匀分布有孔径均一的通孔；
- 10 取所述晶圆模型任意环区域的电镀高度值为基准值，计算所述晶圆其它环区域电镀高度值与所述基准值的差值，确定所述晶圆每个环区域的电镀高度待调整率；
- 使所述扩散板模型上的每个环区域通孔总面积待调整率等于所述晶圆模型上每个环区域的电镀高度待调整率，并确定所述扩散板模型各环区域通孔的
- 15 总面积待调整值，以获得优化的扩散板模型。
2. 根据权利要求1所述的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法，其特征在于，所述基准值为所述晶圆模型各环区域中电镀高度的最大值或最小值或平均值。
3. 根据权利要求1所述的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法，其特征在于，所述晶圆模型上若干同心环区域彼此邻近且互不重叠，所述晶圆模型上若干同心环区域的共同圆心在所述晶圆模型的圆心处。
- 20 4. 根据权利要求1所述的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法，其特征在于，还包括：基于确定的所述扩散板模型各环区域通孔的总面积待调整值，调整某一环区域通孔的总面积时，固定该环区域的通孔的总数不变，定义该环区域内需要调节孔径的通孔为第二通孔，预设第二通孔的孔径，第二通孔的孔径大于
- 25 或小于第一通孔的孔径；计算该环区域内第二通孔的个数，以使该环区域在所述晶圆模型上的对应环区域的经调整电镀高度达到基准值。
5. 根据权利要求4所述的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法，其特征在于，所述计算该环区域内需要调整的通孔的个数，包括：
- 采用下述式一计算需要调整孔径的第二通孔的个数 $n$ ：

$$n = \frac{s_i * (h_i - h_0)}{h_0 * (\pi r_2^2 - \pi r_1^2)} \quad \text{式一}$$

其中,  $n$  为需要调整孔径的第二通孔的个数;

$s_i$  为该环区域通孔的初始总面积;

$h_i$  为该环区域与晶圆模型对应环区域的电镀高度;

5  $h_0$  为晶圆电镀高度基准值;

$r_2$  为调整后的第二通孔的半径;

$r_1$  为该环区域内第一通孔的半径。

6. 根据权利要求 5 所述的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法, 其特征在于, 所述需要调整的通孔的个数小于该环区域内通孔数。

10 7. 根据权利要求 6 所述的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法, 其特征在于, 还包括将需要调整孔径的通孔均匀分布于所在需要调整的环区域内。

8. 根据权利要求 6 所述的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法, 其特征在于, 还包括将需要调整孔径的通孔均匀分布于扩散板的至少两个象限内, 且每个象限内的第二通孔关于所述扩散板中心对称设置。

15 9. 根据权利要求 1 所述的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法, 其特征在于, 还包括: 基于确定的所述扩散板模型各环区域通孔的总面积待调整值, 调整某一环区域通孔的总面积时, 固定该环区域通孔的孔径不变, 计算该环区域内需要通孔的个数, 以使该环区域在所述晶圆模型上的对应环区域的经调整电镀高度达到所述基准值。

20 10. 根据权利要求 9 所述的提高晶圆电镀厚度均匀性的方法, 其特征在于, 所述计算该环区域内需要通孔的个数, 包括:

采用下述式二计算该环区域内需要通孔的个数  $N$ :

$$N = \frac{s_i * (h_i - h_0) + n_0 * h_0 * \pi r^2}{h_0 * \pi r^2} \quad \text{式二}$$

其中,  $N$  为所调整环区域内需要通孔的个数;

25  $s_i$  为该环区域通孔的初始总面积;

$h_i$  为该环区域与晶圆模型对应环区域的电镀高度;

$h_0$  为晶圆电镀高度基准值;

$r$  为扩散板模型上通孔半径;

$n_0$  为所调整环区域通孔的初始数量。