液膜中气泡的控制系统、晶圆清洗设备及晶圆清洗方法

技术领域

本申请涉及集成电路制造领域，特别是涉及液膜中气泡的控制系统、晶圆清洗设备及晶圆清洗方法。

背景技术

随着集成电路产业的飞速发展，对集成电路的运行速度和性能提出了更高的要求。目前集成电路芯片的特征尺寸设计的越来越小，深宽比越来越大，同时在诸多工艺上面临的挑战也越来越严峻。据统计，半导体制造中超过一半的良率损失是由于微污染造成的。因此，晶圆清洗是集成电路制造中的关键步骤。随着晶圆上的特征尺寸的不断缩小，不仅清洁步骤的数量在增加，而且对晶圆表面颗粒的可容忍尺寸和数量提出了更严格的要求。

为了解决此类问题，超声波或兆声波清洗技术应运而生。超声波或兆声波设备在晶圆清洗过程中产生气泡气穴振荡，能够有效地去除细小的杂质颗粒。目前，在晶圆清洗过程中使用兆声波能量去除颗粒和其他污染物已被广泛使用。兆声波在清洗晶圆过程中会产生气泡，气泡的伸缩振动在一定程度上有助于清除晶圆表面颗粒。但是，气泡的伸缩振动也可能会造成气泡的“空化效应”，从而导致工艺过程中的晶圆上的图形结构倒塌、损坏，且随着晶圆上的特征尺寸的减小，“空化效应”的影响将会越大。

发明内容

本申请实施例提供了一种液膜中气泡的控制系统、晶圆清洗设备及晶圆清洗方法，以至少解决现有技术中因气泡的伸缩振动造成气泡的“空化效应”，从而导致工艺过程中的晶圆上的图形结构倒塌、损坏的问题。

第一方面，本申请实施例提供了一种用于控制兆声波发生器对晶圆进行清洗时晶圆上的液膜中气泡的控制系统，包括：

兆声波发生器，用于向晶圆上的液膜传递声能以清洗所述晶圆；

取样器，用于获取所述兆声波发生器清洗晶圆期间晶圆上的液膜中的液体；

气泡检测模块，与所述取样器连接，用于对取样器中获取的所述液体进行气泡检测，确定所述液体中的气泡参数；

控制器，与所述气泡检测模块连接，用于根据所述气泡参数调节所述兆声波发生器的运行参数，以使得所述气泡参数在预设范围内。

在其中的一些实施例中，进一步包括安装组件，所述安装组件包括：安装板和至少一个固定件，所述安装板与所述兆声波发生器连接，所述固定件固定于所述安装板上，所述固定件用于固定所述取样器。

在其中的一些实施例中，所述安装板上设置有多个第一固定孔，所述固定件上设置有与所述第一固定孔相配合的凸起，所述凸起与所述第一固定孔相配合以固定所述固定件。

在其中的一些实施例中，所述固定件上设置有至少一个第二固定孔，所述取样器装设于所述第二固定孔内并用于获取在晶圆清洗期间液膜中的液体。

在其中的一些实施例中，进一步包括液泵，所述液泵设置于所述气泡检测模块与取样器之间，用于向所述取样器提供用于获取在晶圆清洗期间液膜中的液体的动力。

在其中的一些实施例中，所述气泡参数包括：气泡大小和/或气泡浓度。

在其中的一些实施例中，所述兆声波发生器的运行参数包括功率、通电占空比和脉冲周期。

第二方面，本申请实施例中还提供了一种晶圆清洗设备，包括如第一方面所述的控制系统。

第三方面，本申请实施例中还提供了一种晶圆清洗方法，包括：

向晶圆上施加清洗液并在晶圆上形成液膜；

使用兆声波发生器向所述晶圆上的液膜传递声能以清洗晶圆；

获取兆声波发生器清洗晶圆期间晶圆上的液膜中的液体；

对获取的所述液体进行气泡检测，确定所述液体中的气泡参数；

根据所述气泡参数调节兆声波发生器的运行参数，以使得所述气泡参数在预设范围内。

综上所述，本申请实施例提供的液膜中气泡的控制系统、晶圆清洗设备及晶圆

清洗方法，通过向晶圆上施加清洗液并在晶圆上形成液膜；使用兆声波发生器向晶圆上的液膜传递声能以清洗晶圆；获取兆声波发生器清洗晶圆期间晶圆上的液膜中的液体；对获取的液体进行气泡检测，确定液体中的气泡参数；根据气泡参数调节兆声波发生器的运行参数，以使得气泡参数在预设范围内的方式，实现了对气泡参数的控制与调节，解决了现有技术中因气泡的伸缩振动造成气泡的“空化效应”，从而导致工艺过程中的晶圆上的图形结构倒塌、损坏的问题，提高了晶圆生产良率。

本申请的一个或多个实施例的细节在以下附图和描述中提出，以使本申请的其他特征、目的和优点更加简明易懂。

附图概述

本申请的特征、性能由以下的实施例及其附图进一步描述。

此处所说明的附图用来提供对本申请的进一步理解，构成本申请的一部分，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。在附图中：

图 1 是根据本申请实施例的液膜中气泡的控制系统的结构示意图；

图 2 是根据本申请又一实施例的液膜中气泡的控制系统的结构示意图；

图 3 是根据本申请实施例的液膜中气泡的控制系统的局部结构示意图；

图 4 是根据本申请实施例的晶圆清洗设备的结构示意图；

图 5 是根据本申请实施例的晶圆清洗方法的流程图。

本申请的较佳实施方式

为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行描述和说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。基于本申请提供的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。此外，还可以理解的是，虽然这种开发过程中所作出的努力可能是复杂并且冗长的，然而对于与本申请公开的内容相关的本领域的普通技术人员而言，在本申请揭露的技术内容的基础上进行的一些设计，制造或者生产等变更只是常规的技术手段，不应当理解为本申请公开的内容不充分。

除非另作定义，本申请所涉及的技术术语或者科学术语应当为本申请所属技术领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本申请所涉及的“一”、“一个”、“一种”、“该”等类似词语并不表示数量限制，可表示单数或复数。本申请所涉及的术语“包括”、“包含”、“具有”以及它们任何变形，意图在于覆盖不排他的包含；例如包含了一系列步骤或模块（单元）的过程、方法、系统、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元，而是可以还包括没有列出的步骤或单元，或可以还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。本申请所涉及的“连接”、“相连”、“耦接”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接，而是可以包括电气的连接，不管是直接的还是间接的。本申请所涉及的“多个”是指大于或者等于两个。“和/或”描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，“A 和/或 B”可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。本申请所涉及的术语“第一”、“第二”、“第三”等仅仅是区别类似的对象，不代表针对对象的特定排序。

请参见图 1，本申请实施例提出了一种液膜中气泡的控制系统，可应用于晶圆清洗设备，其结构将在后文描述。图 4 示出了包括液膜中气泡的控制系统的晶圆清洗设备。如图 4 所示，晶圆清洗设备包括液膜中气泡的控制系统 4、机械臂 2、晶圆承载转动组件 1、喷头 7 和腔体 10。液膜中气泡的控制系统 4 包括兆声波发生器 43，兆声波发生器 43 设置于机械臂 2 上。液膜中气泡的控制系统 4 用于检测在兆声波发生器 43 清洗晶圆期间晶圆 6 表面上的液膜 5 中的气泡参数，并根据气泡参数来调节兆声波发生器 43 的运行参数，以使得液膜 5 中的气泡参数在预设范围内。晶圆承载转动组件 1 设置于腔体 10 内部，用于承载晶圆 6 和带动晶圆 6 旋转。

需要说明的是，液膜 5 是在晶圆 6 清洗期间通过喷头 7 向晶圆 6 喷洒清洗液所形成的。

使用本申请的晶圆清洗设备清洗晶圆 6 时，晶圆承载转动组件 1 保持晶圆 6 并以设定的转速带动晶圆 6 旋转，喷头 7 向晶圆 6 喷洒清洗液以在晶圆 6 上形成液膜 5，机械臂 2 在驱动装置（图未示）的驱动下，带动兆声波发生器 43 旋转至晶圆 6 上方并通过液膜 5 向晶圆 6 传递声能以清洗晶圆 6，液膜中气泡

的控制系统 4 实时检测在兆声波发生器 43 清洗晶圆 6 期间晶圆 6 表面上的液膜 5 中的气泡参数，并根据气泡参数来调节兆声波发生器 43 的运行参数，以使得液膜 5 中的气泡参数在预设范围内。

本申请通过设置液膜中气泡的控制系统 4 实时检测晶圆 6 在清洗期间晶圆 6 上液膜 5 中气泡参数，并根据气泡参数来调节兆声波发生器 43 的运行参数，以使得液膜 5 中气泡参数在预设范围内，实现了对液膜 5 中气泡参数的调节，防止气泡过大而造成“空化效应”，解决了现有技术中因气泡的伸缩振动造成气泡的“空化效应”，而导致晶圆上的图形结构倒塌、损坏的问题，提高了晶圆生产良率。

需要说明的是，气泡“空化效应”是指存在于液体中的微气核空化泡在声波的作用下振动，当声压达到一定值时发生的生长和崩溃的动力学过程。

本申请实施例中的气泡参数可以是气泡大小和/或气泡浓度。在本实施例中，在气泡大小不变时，气泡浓度越高，气泡发生空化效应的概率就越大；在气泡浓度不变时，气泡尺寸越大，气泡发生空化效应的概率也越大。因此，在本申请中，通过检测气泡大小和/或气泡浓度，并根据检测到的气泡大小和/或气泡浓度调节兆声波发生器 43 的运行参数，以使得气泡大小和/或气泡浓度均在预设范围内，避免气泡发生“空化效应”，以解决现有技术中因气泡的伸缩振动造成气泡的“空化效应”，从而导致晶圆上的图形结构损坏的问题，提高了晶圆生产良率。

需要说明的是，本申请实施例中针对气泡大小和气泡浓度均设置有对应的预设范围。

本申请实施例中的兆声波发生器 43 的运行参数可以包括但不限于兆声波发生器 43 的功率、通电（power on）占空比和脉冲周期。例如，在检测到气泡尺寸或气泡浓度超出预设范围时，则可通过降低兆声波发生器 43 的功率、提升占空比以及降低脉冲周期中的一种或者多种方式，使得气泡尺寸或气泡浓度在预设范围内。

在一些实施例中，兆声波发生器 43 可以通过安装架（图未示出）安装在机械臂 2 上，液膜中气泡的控制系统 4 的其他部件也可以安装在该安装架上，使得机械臂 2 能够同时控制液膜中气泡的控制系统 4 中的取样器 42 底部与兆声

波发生器 43 的底部在同一水平高度，便于取样器 42 获取液膜 5 中的液体。在这些实施例中，由于液膜中气泡的控制系统 4 的其他部件与兆声波发生器 43 都安装在机械臂 2 上，液膜中气泡的控制系统 4 的其他部件与兆声波发生器 43 可以不具有直接的连接关系，可以相互接触，也可以不接触。

需要说明的是，此实施例中的安装架不等同于安装组件 41，该安装架是用于将兆声波发生器 43 固定在机械臂 2 上的，安装组件 41 是用于安装液膜中气泡的控制系统 4 中的取样器 42 的，例如，可通过安装组件 41 将取样器 42 安装在安装架上。

继续参见图 1，本申请实施例提供了一种用于控制兆声波发生器对晶圆进行清洗时晶圆上的液膜中气泡的控制系统 4。该液膜中气泡的控制系统 4 包括兆声波发生器 43、取样器 42、气泡检测模块 44、控制器 45。取样器 42 用于获取在兆声波发生器 43 清洗晶圆 6 期间晶圆 6 上的液膜 5 中的液体。气泡检测模块 44 与取样器 42 连接，用于对取样器 42 中获取的液体进行气泡检测，确定液体中的气泡参数。控制器 45 与气泡检测模块 44 电连接，并且与兆声波发生器 43 通讯连接，用于根据气泡参数调节兆声波发生器 43 的运行参数，以使得气泡参数在预设范围内。

根据本实施例，可以通过取样器 42 实时获取在晶圆 6 清洗期间晶圆 6 上的液膜 5 中的液体并将该液体输送到气泡检测模块 44 中，由气泡检测模块 44 对取样器 42 中获取的液体进行气泡参数检测并将气泡参数检测结果发送至控制器 45，最后再通过控制器 45 根据获得的气泡参数调节兆声波发生器 43 的运行参数，以使得气泡参数在预设范围内，从而实现对气泡参数的调节，避免液膜 5 中的气泡尺寸过大或气泡浓度过高，导致气泡伸缩振动时造成气泡的“空化效应”而对晶圆上的图形结构造成损坏，提高了晶圆生产良率。

本申请实施例中的气泡检测模块 44 可以但不限于选择 NTA 纳米颗粒追踪仪器，该类型仪器可用于监测气泡参数，可以实时分析样品中气泡参数。控制器 45 可以包括但不限于接收器和计算机，可以用于实时接收气泡检测模块 44 发送过来的气泡参数，同时进行实时分析，当监测到气泡参数达到发生“空化效应”的设定预警值时，自动调节兆声波发生器 43 的运行参数，从而调节气泡大小和/或气泡浓度到达预设范围内，避免发生气泡的“空化效应”。

需要说明的是，该预警值可以由当前工艺流程中液膜中的气泡发生空化效应时的气泡参数确定，其次，上述实施例中的预设范围可以根据不同的晶圆清洗工艺进行调整，此处不作具体限定。

参见图 2，在其中的一些实施例中，液膜中气泡的控制系统 4 还包括液泵 46，液泵 46 设置于气泡检测模块 44 与取样器 42 之间，用于向取样器 42 提供用于获取在晶圆 6 清洗期间液膜 5 中的液体的动力，该液泵 46 通过取样器 42 获取在晶圆 6 清洗期间液膜 5 中的液体，并将该液体输送到气泡检测模块 44 中。通过设置液泵 46 的方式，可以便于获取晶圆 6 上液膜 5 中的液体。

参见图 3，图 3 为取样器 42 与安装组件 41 的正视图。在其中的一些实施例中，液膜中气泡的控制系统 4 还包括安装组件 41，该安装组件 41 包括：安装板 411 和至少一个固定件 412。安装板 411 与兆声波发生器 43 连接，并固定于机械臂 2 上。固定件 412 固定于安装板 411 上，固定件 412 用于固定取样器 42。

在本实施例中，安装板 411 与兆声波发生器 43 可以为可拆卸连接，以便于更换安装板 411，避免安装板 411 使用时间过久损坏而更换复杂的问题。此外，在安装板 411 上可以设置多个固定件 412，以便实现对多个取样器 42 进行安装固定。安装多个取样器 42，可以实现对晶圆 6 上的液膜中不同位置的液体进行取样，以保证取样结果的准确度。在本实施例中，取样器 42 与兆声波发生器 43 均与安装板 411 连接，以便于控制取样器 42 底部与兆声波发生器 43 的底部在同一水平高度，便于兆声波发生器 43 在工作时，取样器 42 能够获取到液膜 5 中的液体。

继续参见图 3，在其中的一些实施例中，安装板 411 上设置有多个第一固定孔 413，固定件 412 上设置有与第一固定孔 413 相配合的凸起（图未示出），凸起与第一固定孔 413 相配合以固定固定件 412。例如，凸起可以是与第一固定孔 413 相适配的圆柱，参考图 3，凸起沿朝向纸面向内的方向插入第一固定孔 413 中。

需要说明的是，固定件在安装板上的固定方式还可以是其他能够实现固定的现有技术，例如焊接、粘合等等。

在其中的一些实施例中，固定件 412 上设置有至少一个第二固定孔（图未

示），第二固定孔穿设于固定件 412 的上表面和下表面，取样器 42 装设于第二固定孔内并穿过第二固定孔的下表面以获取在晶圆清洗期间液膜中的液体。如图 3 所示，第二固定孔可沿图 3 中所示的方向 D 贯穿固定件 412。液膜中气泡的控制系统 4 还可以包括位置固定件，当取样器 42 经高度调节之后使其下表面位于液膜 5 中时，利用位置固定件固定取样器 42 的高度。根据液膜 5 的厚度不同，可以调节取样器 42 的高度，使其适用于厚度不同的液膜 5。需要说明的是，取样器 42 伸入液膜 5 中的一端应不接触晶圆表面。

本申请实施例还提供了一种晶圆清洗方法，可应用于如图 4 所示的晶圆清洗设备中，如图 5 所示，该晶圆清洗方法包括如下步骤：

步骤 S501，向晶圆上施加清洗液并在晶圆上形成液膜；

步骤 S502，使用兆声波发生器向晶圆上的液膜传递声能以清洗晶圆；

步骤 S503，获取兆声波发生器清洗晶圆期间晶圆上的液膜中的液体；

步骤 S504，对获取的液体进行气泡检测，确定液体中的气泡参数；

步骤 S505，根据气泡参数调节兆声波发生器的运行参数，以使得气泡参数在预设范围内。

在本申请实施例中，通过对获取的液体进行气泡检测，确定液体中的气泡参数，并根据该气泡参数调节兆声波发生器的运行参数，以使得气泡参数在预设范围内的方式，实现了对气泡参数的调节，防止气泡尺寸过大或气泡浓度过高而造成气泡的“空化效应”，解决了现有技术中因气泡的伸缩振动造成气泡的“空化效应”，而导致晶圆上的图形结构倒塌、损坏的问题，提高了晶圆生产良率。

本领域的技术人员应该明白，以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权

利要求为准。

权 利 要 求 书

1. 一种用于控制兆声波发生器对晶圆进行清洗时晶圆上的液膜中气泡的控制系统，其特征在于，包括：

兆声波发生器，用于向晶圆上的液膜传递声能以清洗所述晶圆；

取样器，用于获取所述兆声波发生器清洗晶圆期间晶圆上的液膜中的液体；

气泡检测模块，与所述取样器连接，用于对取样器中获取的所述液体进行气泡检测，确定所述液体中的气泡参数；

控制器，与所述气泡检测模块连接，用于根据所述气泡参数调节所述兆声波发生器的运行参数，以使得所述气泡参数在预设范围内。

2. 根据权利要求 1 所述的控制系统，其特征在于，进一步包括安装组件，所述安装组件包括：安装板和至少一个固定件，所述安装板与所述兆声波发生器连接，所述固定件固定于所述安装板上，所述固定件用于固定所述取样器。

3. 根据权利要求 2 所述的控制系统，其特征在于，所述安装板上设置有多个第一固定孔，所述固定件上设置有与所述第一固定孔相配合的凸起，所述凸起与所述第一固定孔相配合以固定所述固定件。

4. 根据权利要求 3 所述的控制系统，其特征在于，所述固定件上设置有至少一个第二固定孔，所述取样器装设于所述第二固定孔内。

5. 根据权利要求 1 所述的控制系统，其特征在于，进一步包括液泵，所述液泵设置于所述气泡检测模块与取样器之间，用于向所述取样器提供用于获取在晶圆清洗期间液膜中的液体的动力。

6. 根据权利要求 1 所述的控制系统，其特征在于，所述气泡参数包括气泡大小和/或气泡浓度。

7. 根据权利要求 1 所述的控制系统，其特征在于，所述兆声波发生器的运行参数包括功率、通电占空比和脉冲周期。

8. 一种晶圆清洗设备，其特征在于，包括如权利要求 1 至 7 中任一项所述的控制系统。

9. 一种晶圆清洗方法，其特征在于，包括：

向晶圆上施加清洗液并在晶圆上形成液膜；

使用兆声波发生器向所述晶圆上的液膜传递声能以清洗晶圆；

获取兆声波发生器清洗晶圆期间晶圆上的液膜中的液体；

对获取的所述液体进行气泡检测，确定所述液体中的气泡参数；

根据所述气泡参数调节兆声波发生器的运行参数，以使得所述气泡参数在预设范围内。