

中华人民共和国电子行业标准

SJ/T XXXXX—20XX

半导体设备 集成电路制造用湿法设备
测试方法

Semiconductor equipment — Test method of wet process equipment for integrated
circuit (IC) manufacturing

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

目次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 测试条件	1
6 一般测试	1
6.1 外观	2
6.2 安全性	2
6.3 人机工程学	2
6.4 电压跌落	2
7 硬件测试	2
7.1 控温精度	2
7.2 排气压力	2
7.3 液体流量控制精度	2
7.4 液体配比精度	3
7.5 设备可靠性	3
8 工艺参数测试	3
8.1 通则	3
8.2 金属污染	3
8.3 颗粒污染	5
8.4 有机沾污	6
8.5 干燥能力	7
8.6 产出能力	7
8.7 刻蚀速率和刻蚀速率均匀性	8
8.8 刻蚀均匀性	9
8.9 工艺可靠性	11
9 测试报告	12

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国半导体设备和材料标准化技术委员会（SAC/TC 203）提出并归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、盛美半导体设备（上海）股份有限公司、中芯国际集成电路制造（北京）有限公司、北京北方华创微电子装备有限公司、江苏芯梦半导体设备有限公司、常熟市兆恒众力精密机械有限公司、华海清科股份有限公司、江阴市辉龙科技股份有限公司、华润微电子有限公司、北京珂阳科技有限公司、吉姆西半导体科技（无锡）股份有限公司、上海普达特半导体设备有限公司、创微电子（常州）有限公司、苏州冠礼科技股份有限公司、普达特半导体设备（徐州）有限公司、上海赛西科技发展有限责任公司、江苏赛西科技发展有限公司、中国电子科技集团公司第十三研究所。

本文件主要起草人：马子仪、南江、菅端端、庞昊、曹蓉、李泽然、孙鹏、赵宏宇、马宏帅、王晨、廖周芳、郭涛涛、罗中平、李鹏转、温烈阳、王同庆、刘福生、刘效岩、苗培仁、胡凯、马书娜、郑丽华、叶思龙、李树盛、李松松、刘枫、许峯嘉、江献茂、赵梅、张星星、马晓林、张嘉炜、晏寅志、赵英伟、秦龙、张文雅。

工业和信息化部标准报批稿公示

工业和信息化部标准报批稿公示

工业和信息化部标准报批稿公示

半导体设备 集成电路制造用湿法设备测试方法

1 范围

本文件描述了集成电路制造用湿法设备的测试方法。

本文件适用于集成电路制造中使用的8吋、12吋主流湿法设备的测试。其他尺寸的半导体产品制造用的湿法设备或其他阶段的测试亦可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 11446.1 电子级水

GB/T 24468 半导体设备可靠性、可用性和维修性（RAM）的定义和测量规范

GB/T 24577 热解吸气相色谱法测定硅片表面的有机污染物

GB/T 24578 半导体晶片表面金属沾污的测定 全反射X射线荧光光谱法

GB/T 39145 硅片表面金属元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法

GB/T 40577 集成电路制造设备术语

3 术语和定义

GB/T 40577界定的术语和定义适用于本文件。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CDS: 化学液供应系统（Chemical Delivery System）

ICP-MS: 电感耦合等离子体-质谱（Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry）

MTBFp: 平均故障间隔时间（Mean (productive) Time Between Failures）

MTTR: 平均修复时间（Mean Time To Repair）

TXRF: 全反射荧光X射线分析（Total Reflection X-ray Fluorescence）

WPH: 每小时晶圆数（Wafers Per Hour）

5 测试条件

除另有规定外，湿法设备测试所需的环境条件、电源条件、供排液条件、供排气条件应不低于湿法设备产品标准中对湿法设备工作所需条件的规定。

6 一般测试

6.1 外观

使用目视法，对湿法设备的表面和涂镀层、结构件和控制元件、螺钉等紧固件、电路和电路连接端的标记、安全标识、铭牌的内容等进行检查。

6.2 安全性

6.2.1 通用安全性

对湿法设备的警示标识、互锁、紧急停止、电气设计、防火、机械设计、环境、排风、化学品安全等安全相关的功能进行检验。

6.2.2 特殊安全性

对湿法设备是否获得防爆能力、阻燃能力的认证进行审查。

6.3 人机工程学

对湿法设备的手柄设计、可维护性、显示位置及角度等人机工程学相关的设计进行测试。

6.4 电压跌落

对湿法设备的电压跌落性能进行检验。

7 硬件测试

7.1 控温精度

湿法设备的控温精度按照以下方法进行测试：

- 在设备中注入符合 GB/T 11446.1 要求的I级电子级水，将温度设置为工艺温度典型值，执行清洗工艺；
- 待温度达到设定值并稳定后，观察并记录 5 h 内温度检测仪表检测到的温度最大值和最小值；
- 分别计算测得的最大值和最小值与设定值的差值，得到控温精度。

7.2 排气压力

湿法设备的排气压力按照以下方法进行测试：

- 查阅设备上所用压力显示仪表的生产企业提供的校准报告，确认压力显示仪表的测试精度满足湿法设备的工艺要求；
- 启动设备的排气系统；
- 从压力显示仪表读取厂务端的排气压力，判断厂务端的排气压力是否满足要求；
- 从压力显示仪表读取设备各个腔室的排气压力，判断设备各个腔室的排气压力是否满足要求。

7.3 液体流量控制精度

湿法设备的液体流量控制精度按照以下方法进行测试：

- 根据设备需求设置液体流量典型值，打开 CDS 并开始计时，使用经过校准的流量计监测喷头端流出液体的流量；
- 液体流量达到稳定值后，关闭 CDS，检查流量计记录结果与液体流量典型值是否相符；
- 在液体流量典型值到设备允许的最高流量范围内，依次选择多个工作流量点，按照步骤 a) 和 b) 对液体的流量进行测试。

7.4 液体配比精度

湿法设备的液体配比精度按照以下方法进行测试：

- 查阅设备上所用浓度计的生产企业提供的校准报告，确认浓度计的测试精度满足湿法设备的工艺要求，或在设备液体取样口连接通过校准的浓度计；
- 启动设备的 CDS，将液体配比设置为工艺典型值；
- 待液体配比达到设定值并稳定后，观察并记录 10 min 内浓度计检测到的浓度值并计算平均值；
- 计算浓度平均值与设定值的比值，得到液体配比精度。

7.5 设备可靠性

根据GB/T 24468的规定，对湿法设备进行机台运行时间（Uptime）、平均故障间隔时间（MTBFp）、平均修复时间（MTTR）测试。

8 工艺参数测试

8.1 通则

根据湿法设备的子类型和具体的测试需求，按照表1列出的项目对湿法设备的工艺参数进行测试。

表 1 不同类型湿法设备的测试项目

序号	项目名称		单片式湿法清洗设备	槽式湿法清洗设备	湿法刻蚀设备
1	金属污染	金属污染控制能力	8.2.1.1	8.2.1.2	---
		金属污染清洗能力	8.2.2.1	8.2.2.2	---
2	颗粒污染	颗粒污染控制能力	8.3.1.1	8.3.1.2	---
		颗粒污染清洗能力	8.3.2.1	8.3.2.2	---
3	有机沾污	有机沾污控制能力	8.4.1.1	8.4.1.2	---
		有机沾污清洗能力	8.4.2.1	8.4.2.2	---
4	干燥能力		8.5.1	8.5.2	---
5	产出能力		8.6.1	8.6.2	---
6	刻蚀速率和刻蚀速率均匀性		---	---	8.7
7	刻蚀均匀性		---	---	8.8
8	工艺可靠性	传片可靠性	8.9.1		
		平均破片率	8.9.2		

8.2 金属污染

8.2.1 金属污染控制能力

8.2.1.1 单片式湿法清洗设备

8.2.1.1.1 电感耦合等离子体-质谱法

使用电感耦合等离子体-质谱法测试单片式湿法清洗设备的金属污染控制能力的方法如下：

- 取 2 片表面有氧化层的晶圆，分别作为参考晶圆和测试晶圆；
- 将参考晶圆装载入工艺腔室，不运行清洗工艺，将参考晶圆取出；
- 将测试晶圆装载入工艺腔室，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试晶圆干燥后取出；

- d) 按照GB/T 39145 规定的方法，使用 ICP-MS 对晶圆正面和背面 Na、Mg、Al、K、Ca、Zn、Mo、W、Pb 等工艺敏感类金属进行测试，记录每种金属的测试结果，单位为原子数/平方厘米 (atoms/cm²)；
- e) 计算测试晶圆与参考晶圆的金属测试结果的差值，即为测试结果；
- f) 对单片式湿法清洗设备中的所有腔室重复上述 a) ~g) 步骤。

8.2.1.1.2 全反射荧光 X 射线分析法

使用全反射荧光X射线分析法测试单片式湿法清洗设备的金属污染控制能力的方法如下：

- a) 取一片全新的晶圆作为测试晶圆；
- b) 按照 GB/T 24578 规定的方法，使用 TXRF，对晶圆正面和背面 Na、Mg、Al、K、Ca、Zn、Mo、W、Pb 等工艺敏感类金属进行测试，记录每种金属的测试结果作为前值，单位为原子数/平方厘米 (atoms/cm²)；
- c) 将测试晶圆装载入工艺腔室，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试晶圆干燥后取出；
- d) 按照 GB/T 24578 规定的方法，使用 TXRF，对晶圆正面和背面 Na、Mg、Al、K、Ca、Zn、Mo、W、Pb 等工艺敏感类金属进行测试，记录每种金属的测试结果作为后值，单位为原子数/平方厘米 (atoms/cm²)；
- e) 计算每种金属测试结果的后值与前值的差值，即为测试结果；
- f) 对单片式湿法清洗设备中的所有腔室重复上述 a) ~e) 步骤。

8.2.1.2 槽式湿法清洗设备

槽式湿法清洗设备的金属污染控制能力按照如下方法进行测试：

- a) 在槽体内注入清洗液，对清洗液进行取样，按照 GB/T 39145 或 GB/T 24578 规定的方法，使用 TXRF 或 ICP-MS 对清洗液的样品进行测试，得到金属污染含量的初始值；
- b) 取全新（不少于 5 片）的晶圆作为测试晶圆，均匀放在序号等间隔排列的槽尺内，将测试晶圆装载入槽体，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试晶圆干燥后取出；
- c) 再次对清洗液进行取样，使用 TXRF 或 ICP-MS 对清洗液的样品进行测试，计算每片测试片的金属污染含量与初始值的差值，即为单片测试晶圆的测试结果；
- d) 计算所有测试晶圆测试结果的平均值，即为槽式湿法清洗设备的金属污染控制能力的测试结果。

8.2.2 金属污染清洗能力

8.2.2.1 单片式湿法清洗设备

8.2.2.1.1 电感耦合等离子体-质谱法

将8.2.1.1.1的第a)步调整为：取2片运行完上一步工艺的晶圆，分别作为参考晶圆和测试晶圆。其他步骤不变，得到单片式湿法清洗设备的金属污染清洗能力测试结果。

8.2.2.1.2 全反射荧光 X 射线分析法

将8.2.1.1.2的第a)步调整为：取1片运行完上一步工艺的晶圆作为测试晶圆。其他步骤不变，得到单片式湿法清洗设备的金属污染清洗能力测试结果。

8.2.2.2 槽式湿法清洗设备

8.2.2.2.1 电感耦合等离子体-质谱法

使用电感耦合等离子体-质谱法测试槽式湿法清洗设备的金属污染清洗能力方法如下：

- a) 取 1 片运行完上一步工艺的晶圆作为参考晶圆；
- b) 将参考晶圆载入工艺腔室，不执行清洗工艺，将参考晶圆取出；
- c) 取运行完上一步工艺的晶圆（不少于 5 片）作为测试晶圆，均匀放在序号等间隔排列的槽尺内；
- d) 将测试晶圆装载入槽体，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试晶圆干燥后取出；
- e) 按照 GB/T 39145 规定的方法，使用 ICP-MS 对每片晶圆正面和背面 Na、Mg、Al、K、Ca、Zn、Mo、W、Pb 等工艺敏感类金属进行测试，分别计算每片测试晶圆与参考晶圆表面对应金属的差值后，计算平均值作为每种金属的测试结果，单位为原子数/平方厘米（atoms/cm²）。

8.2.2.2.2 全反射荧光 X 射线分析法

使用全反射荧光 X 射线分析法测试槽式湿法清洗设备的金属污染清洗能力方法如下：

- a) 取运行完上一步工艺的晶圆（不少于 5 片）作为测试晶圆，按照 GB/T 24578 规定的方法，使用 TXRF 对每片晶圆正面和背面 Na、Mg、Al、K、Ca、Zn、Mo、W、Pb 等工艺敏感类金属进行测试，记为前值；
- b) 将测试晶圆（不少于 5 片）均匀放在序号等间隔排列的槽尺内，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试晶圆干燥后取出；
- c) 按照 GB/T 24578 规定的方法，使用 TXRF 对每片晶圆正面和背面 Na、Mg、Al、K、Ca、Zn、Mo、W、Pb 等工艺敏感类金属进行测试，记为后值；
- d) 分别计算每片晶圆对应后值与前值的差值后，计算平均值作为每种金属的测试结果，单位为原子数/平方厘米（atoms/cm²）。

8.3 颗粒污染

8.3.1 颗粒污染控制能力

8.3.1.1 单片式湿法清洗设备

单片式湿法清洗设备的颗粒污染控制能力按照以下方法进行测试：

- a) 取 1 片表面具有氧化层的晶圆作为测试晶圆；
- b) 使用颗粒测试仪对晶圆进入设备工艺腔室前的颗粒值进行测试，记录为前值，确认前值测试结果无异常；
- c) 将测试晶圆装载入工艺腔室，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试用晶圆干燥后取出；
- d) 使用颗粒测试仪对清洗后晶圆的颗粒值进行测试，记录为后值；
- e) 用后值减去前值，计算颗粒增量，单位为颗；
- f) 观察颗粒分布的均匀性；
- g) 按照相同的测试步骤和工艺参数，连续进行 3 次测试，记录每一次的测试结果；
- h) 计算 3 次测试结果平均值，即为单片式湿法清洗设备颗粒污染控制能力的测试结果；
- i) 对单片式湿法清洗设备中的所有腔室重复上述 a) ~h) 步骤。

8.3.1.2 槽式湿法清洗设备

将 8.3.1.1 的第 a) 步调整为：取全新的晶圆（不少于 5 片）作为测试用晶圆，分别放在序号等间隔排列的槽尺内。其他步骤不变，得到槽式湿法清洗设备的颗粒污染控制测试结果。

8.3.2 颗粒污染清洗能力

8.3.2.1 单片式湿法清洗设备

单片式湿法清洗设备的颗粒污染清洗能力按照以下方法进行测试：

- a) 取 1 片运行完上一步工艺的晶圆作为测试用晶圆；
- b) 将测试用晶圆装载入工艺腔室，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试用晶圆干燥后取出；
- c) 使用颗粒测试仪对清洗后晶圆的颗粒值进行测试，单位为颗；
- d) 观察颗粒分布的均匀性；
- e) 按照相同的测试步骤和工艺参数，连续进行 3 次测试，记录每一次的测试结果；
- f) 计算 3 次测试结果平均值，即为单片式湿法清洗设备颗粒污染清洗能力的测试结果；
- g) 对单片式湿法清洗设备中的所有腔室重复上述 a) ~f) 步骤。

8.3.2.2 槽式湿法清洗设备

将8.3.1.2的第a)步调整为：取运行完上一步工艺的晶圆（不少于5片）作为测试用晶圆，均匀放在序号等间隔排列的槽尺内。其他步骤不变，得到槽式湿法清洗设备的颗粒污染清洗能力测试结果。

8.4 有机沾污

8.4.1 有机沾污控制能力

8.4.1.1 单片式湿法清洗设备

单片式湿法清洗设备的有机沾污控制能力按照以下方法进行测试：

- a) 取 1 片表面洁净的硅抛光片作为参考晶圆；
- b) 将参考晶圆装载入工艺腔室，不运行清洗工艺，将参考晶圆取出；
- c) 将参考晶圆取出按照 GB/T 24577 规定的方法，测试其表面有机污染物含量，记录为前值；
- d) 另取 1 片表面洁净的硅抛光片作为测试晶圆；
- e) 将测试晶圆装载入工艺腔室，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试晶圆干燥后取出；
- f) 按照 GB/T 24577 规定的方法，测试测试晶圆表面的有机污染物含量，记录为后值；
- g) 计算后值减去前值的差值，即为 1 次测试结果；
- h) 按照相同的测试步骤和工艺参数，连续进行 3 次测试，记录每一次的测试结果；
- i) 计算 3 次测试结果平均值，即为单片式湿法清洗设备有机沾污控制能力的测试结果；
- j) 对单片式湿法清洗设备中的所有腔室重复上述 a) ~i) 步骤。

8.4.1.2 槽式湿法清洗设备

槽式湿法清洗设备的有机沾污控制能力按照以下方法进行测试：

- a) 取 1 片表面洁净的硅抛光片作为参考晶圆；
- b) 将参考晶圆装载入工艺腔室，不运行清洗工艺，将参考晶圆取出；
- c) 将参考晶圆取出按照 GB/T 24577 规定的方法，测试其表面有机污染物含量，记录为前值；
- d) 取全新的晶圆（不少于 5 片）作为测试晶圆，均匀放在序号等间隔排列的槽尺内；
- e) 将测试晶圆装载入工艺腔室，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试晶圆干燥后取出；
- f) 按照 GB/T 24577 规定的方法，测试并记录测试晶圆表面的有机污染物含量，计算平均值并记录为后值；
- g) 计算后值减去前值的差值，即为 1 次测试结果；
- h) 按照相同的测试步骤和工艺参数，连续进行 3 次测试，记录每一次的测试结果；
- i) 计算 3 次测试结果平均值，即为槽式湿法清洗设备有机沾污控制能力的测试结果；

j) 对槽式湿法清洗设备中的所有腔室重复上述 a)~i) 步骤。

8.4.2 有机沾污清洗能力

8.4.2.1 单片式湿法清洗设备

单片式湿法清洗设备的有机沾污清洗能力按照以下方法进行测试：

- a) 取 2 片运行完上一步工艺的晶圆，分别作为参考晶圆和测试晶圆；
- b) 将参考晶圆装载入工艺腔室，不运行清洗工艺，将参考晶圆取出；
- c) 将测试晶圆装载入工艺腔室，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试晶圆干燥后取出；
- d) 按照 GB/T 24577 中规定的方法，对参考晶圆和测试晶圆分别进行有机物含量测试，并计算对应的差值，作为有机沾污残留量的测试结果；
- e) 按照相同的测试步骤和工艺参数，连续进行 3 次测试，记录每一次的测试结果；
- f) 计算 3 次测试结果平均值，即为单片式湿法清洗设备有机沾污清洗能力的测试结果；
- g) 对单片式湿法清洗设备中的所有腔室重复上述 a)~f) 步骤。

8.4.2.2 槽式湿法清洗设备

槽式湿法清洗设备的有机沾污清洗能力按照以下方法进行测试：

- a) 取 1 片运行完上一步工艺的晶圆作为参考晶圆，不执行清洗工艺，取运行完上一步工艺的晶圆（不少于 5 片）作为测试晶圆，均匀放在序号等间隔排列的槽尺内；
- b) 将测试晶圆装载入槽体，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试晶圆干燥后取出；
- c) 按照 GB/T 24577 中规定的方法，对参考晶圆和测试晶圆进行有机物含量测试，并计算对应的差值，作为有机沾污残留量的测试结果；
- d) 按照相同的测试步骤和工艺参数，连续进行 3 次测试，记录每一次的测试结果；
- e) 计算 3 次测试结果平均值，即为槽式湿法清洗设备有机沾污清洗能力的测试结果。

8.5 干燥能力

8.5.1 单片式湿法清洗设备

单片式湿法清洗设备的干燥能力按照以下方法进行测试：

- a) 取 1 片全新的晶圆作为测试用晶圆；
- b) 将测试用晶圆装载入工艺腔室，按照典型的温度、流量、循环等参数执行清洗工艺，将测试用晶圆干燥后取出；
- c) 使用颗粒测试仪对干燥后的晶圆进行扫描，观察晶圆表面水迹分布情况，获得设备的干燥能力测试结果；
- d) 对单片式湿法清洗设备中的所有腔室重复上述 a)~c) 步骤。

8.5.2 槽式湿法清洗设备

将 8.5.1 的第 a) 步调整为：取全新的晶圆（不少于 5 片）作为测试用晶圆，均匀放在序号等间隔排列的槽尺内。其他步骤不变，得到槽式湿法清洗设备的干燥能力测试结果。

8.6 产出能力

8.6.1 单片式湿法清洗设备

单片式湿法清洗设备的产出能力按照以下方法进行测试：

- a) 按照典型的清洗工艺连续不断地对晶圆进行清洗，工艺需包含清洗、干燥等步骤；
- b) 在执行清洗工艺 1 h 后，开始统计 1 h 内可清洗的晶圆的数量，得到单片式湿法设备的产出能力 Q ，单位为每小时晶圆数（WPH）；
- c) 对单片式湿法清洗设备中的所有腔室重复上述 a) ~b) 步骤。

8.6.2 槽式湿法清洗设备

槽式湿法清洗设备的产出能力测试条件分为两种，一种是不考虑批次间进货间隔用时；第二种是考虑批次间进货间隔用时。具体测试方法如下。

- a) 在不考虑批次间进货间隔用时的情况下，槽式湿法清洗设备的产出能力按照以下方法进行测试：
 - 1) 将整批晶圆送入设备，根据实际情况规定总共清洗耗时 t_A ；
 - 2) 按照典型的清洗工艺对晶圆进行清洗，工艺需包括化学品槽中浸泡、水槽中清洗、干燥等步骤，需要经过所有的槽体；
 - 3) 连续不断地进行多个批次的晶圆清洗，设备连续清洗时长应不短于 3 h；
 - 4) 记录规定时间 t_A 范围内，完成清洗工艺的总晶圆片数 K ，槽式湿法设备的产出能力 Q 的计算方法如公式（1）所示。

$$Q = \frac{K}{t_A} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

Q ——产出能力，单位为每小时晶圆数（WPH）；

K ——完成清洗工艺的总晶圆片数，单位为片；

t_A ——总共清洗耗时，单位为小时（h）。

- b) 在考虑批次间进货间隔用时的情况下，槽式湿法清洗设备的产出能力按照以下方法进行测试：
 - 1) 将整批晶圆送入设备，根据设备的实际情况，一批送入 1 盒或 2 盒晶圆；
 - 2) 按照典型的清洗工艺对晶圆进行清洗，工艺需包括化学品槽中浸泡、水槽中清洗、干燥等步骤，需要经过所有的槽体；
 - 3) 连续不断地进行多个批次的晶圆清洗，设备连续清洗时长应不短于 3 h；
 - 4) 记录单批次清洗用时 t_1 、批次间进货间隔用时 t_2 、总共清洗批次次数 M ，槽式湿法设备的产出能力 Q 的计算方法如公式（2）所示。

$$Q = \frac{M \times N}{(t_1 + t_2) \times M - t_2} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

Q ——产出能力，单位为每小时晶圆数（WPH）；

M ——总共清洗批次次数，单位为批；

N ——每批次清洗晶圆数量，单位为片；

t_1 ——单次清洗用时，单位为小时（h）；

t_2 ——批次间隔用时，单位为小时（h）。

8.7 刻蚀速率和刻蚀速率均匀性

湿法刻蚀设备的刻蚀速率和刻蚀速率均匀性按照如下方法进行测试：

- a) 选择表面具有目标刻蚀材料薄膜的控片作为测试晶圆；
- b) 依据 8.8.2.1 的取点方法，使用膜厚测量仪测量晶圆上薄膜的初始厚度，计算所有测试点初始厚度平均值为 Th_1 ，单位为埃（Å）；
- c) 按照典型工艺进行晶圆刻蚀，刻蚀时间为 t ，单位为分钟（min）；

- d) 依据 8.8.2.1 的取点方法, 使用膜厚测量仪测量刻蚀后薄膜的厚度, 计算所有测试点厚度的平均值为 Th_2 , 单位为埃 (Å);
- e) 用公式 (3) 计算刻蚀速率 V_E , 单位为埃/分钟 (Å/min);

$$V_E = \frac{(Th_2 - Th_1)}{t} \dots \dots \dots (3)$$

- f) 依据 8.8 的计算方法计算刻蚀速率均匀性。

8.8 刻蚀均匀性

8.8.1 一般要求

当需要对刻蚀速率等刻蚀性能参数的均匀性进行计算时, 可根据测试需求, 从极差法或均方差法中选择一种进行计算。

8.8.2 极差法

8.8.2.1 取点方法

使用极差法时, 取点位置如图1所示, 去边3 mm或者根据实际情况进行去边后, 从中心点向外的三圈分别8、16、24等分, 共取49个点或根据实际情况进行取点。

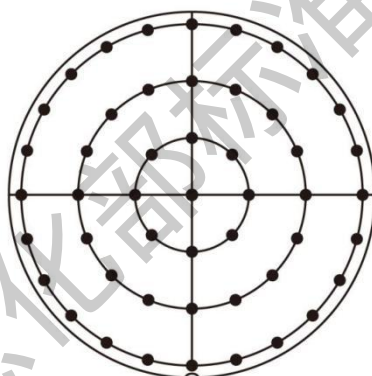


图 1 49 点取点位置

8.8.2.2 片内均匀性

湿法刻蚀设备的片内刻蚀均匀性按照如下方法进行测试:

- 对一片晶圆上的所有测试点进行测试;
- 记录所有测试点测试结果的最大值、最小值, 并计算出所有测试点测试结果的平均值;
- 使用公式 (4) 计算片内均匀性。

$$S_1 = \frac{V_{max,1} - V_{min,1}}{V_{avg,1} \times 2} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

式中:

- S_1 ——片内均匀性;
- $V_{max,1}$ ——该片晶圆上所有测试点测试结果的最大值;
- $V_{min,1}$ ——该片晶圆上所有测试点测试结果的最小值;
- $V_{avg,1}$ ——该片晶圆上所有测试点测试结果的平均值。

8.8.2.3 片间均匀性

湿法刻蚀设备的片间均匀性按照如下方法进行测试：

- a) 对按照相同工艺刻蚀的一批晶圆（不少于 6 片），按照上述片内均匀性的测试方法，测试其刻蚀性能，并计算每片晶圆测试结果的平均值；
- b) 记录该批晶圆测试结果平均值的最大值、最小值，并计算出该批晶圆测试结果的平均值；
- c) 使用公式（5）计算片间均匀性。

$$S_2 = \frac{V_{max,2} - V_{min,2}}{V_{avg,2} \times 2} \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

式中：

- S_2 ——片间均匀性；
- $V_{max,2}$ ——该批晶圆测试结果平均值的最大值；
- $V_{min,2}$ ——该批晶圆测试结果平均值的最小值；
- $V_{avg,2}$ ——该批晶圆测试结果的平均值。

8.8.2.4 批间均匀性

湿法刻蚀设备的批间均匀性按照如下方法进行测试：

- a) 对按照相同工艺刻蚀后的 3 批以上晶圆（每批不少于 6 片），按照上述片内均匀性的测试方法，测试其刻蚀性能，并计算每批次晶圆测试结果的平均值；
- b) 记录所有批次晶圆测试结果平均值的最大值、最小值，并计算出所有批次晶圆测试结果的平均值；
- c) 使用公式（6）计算批间均匀性 S_3 。

$$S_3 = \frac{V_{max,3} - V_{min,3}}{V_{avg,3} \times 2} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

式中：

- S_3 ——批间均匀性；
- $V_{max,3}$ ——所有批次晶圆测试结果平均值的最大值；
- $V_{min,3}$ ——所有批次晶圆测试结果平均值的最小值；
- $V_{avg,3}$ ——所有批次晶圆测试结果的平均值。

8.8.3 均方差法

8.8.3.1 取点方法

使用均方差法计算一倍标准差均匀性时，按照 8.8.2.1 的方法进行取点。

8.8.3.2 片内均匀性

湿法刻蚀设备的片内刻蚀性能均匀性按照如下方法进行测试：

- a) 对一片晶圆上的所有测试点进行测试；
- b) 用公式（7）计算片内均匀性。

$$S_1 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n_a - 1} \sum_{i=1}^{n_a} (T_i - \bar{T}_a)^2}}{\bar{T}_a} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

式中：

- S_1 ——片内均匀性；
- T_i ——第 i 个点的测试结果；
- \bar{T}_a ——所有测试点的 T_i 的平均值， $\bar{T}_a = \frac{1}{n_a} \sum_{i=1}^{n_a} T_i$ ；
- n_a ——测量点数。

8.8.3.3 片间均匀性

湿法刻蚀设备的片间均匀性按照如下方法进行测试：

- 对按照相同工艺刻蚀后的一批晶圆（不少于 6 片）的同一位置进行测试；
- 用公式（8）计算片间均匀性。

$$S_2 = \sqrt{\frac{\frac{1}{n_b-1} \sum_{j=1}^{n_b} (T_j - \bar{T}_b)^2}{\bar{T}_b}} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

式中：

S_2 ——片间均匀性；

T_j ——第 j 片晶圆内所有测试点的测试结果的平均值；

\bar{T}_b ——该批晶圆的 T_j 的平均值， $\bar{T}_b = \frac{1}{n_b} \sum_{j=1}^{n_b} T_j$ ；

n_b ——测量片数。

8.8.3.4 批间均匀性

湿法刻蚀设备的批间均匀性按照如下方法进行测试：

- 对按照相同工艺刻蚀后的 3 批以上晶圆（每批不少于 6 片）的同一位置进行测试；
- 用公式（9）计算批间均匀性。

$$S_3 = \sqrt{\frac{\frac{1}{n_c-1} \sum_{k=1}^{n_c} (T_k - \bar{T}_c)^2}{\bar{T}_c}} \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

式中：

S_3 ——批间均匀性；

T_k ——所有批次晶圆中，第 k 批晶圆测试结果的平均值；

\bar{T}_c ——所有批次晶圆的 T_k 的平均值， $\bar{T}_c = \frac{1}{n_c} \sum_{k=1}^{n_c} T_k$ ；

n_c ——测量片数。

8.9 工艺可靠性

8.9.1 传片可靠性

8.9.1.1 单片式湿法清洗设备

单片式湿法清洗设备的传片可靠性按照以下方法进行测试：

- 在设备正常待机的状态下，将晶圆从载片室传送至工艺腔室；
- 不运行清洗工艺，将晶圆从工艺腔室传送回载片室，传送过程中需完成所有机械传送动作；
- 连续传送 1000 片晶圆，观察是否出现晶圆破碎、晶圆被划伤、设备报警等传送异常情况。

8.9.1.2 槽式湿法清洗设备

槽式湿法清洗设备的传片可靠性按照以下方法进行测试：

- 在设备正常待机的状态下，将晶圆传送进入设备，并让设备保持满载状态；
- 不运行清洗工艺，将晶圆传送出设备，传送过程中经过所有槽体，并完成除化学品浸泡外的所有机械传送动作；
- 连续传送 100 次，观察是否出现晶圆破碎、晶圆被划伤、设备报警等传送异常情况。

8.9.2 平均破片率

湿法设备的平均破片率按照以下方法进行测试：

- a) 指定测试的时间段，通常以月度或者季度为时间段；
- b) 统计在测试时间段内的破片晶圆数量和总载入晶圆数量，两者的比值为该时间段内的破片率。

9 测试报告

测试报告应包括下述内容：

- a) 被测设备的制造商、设备型号、生产日期、设备序列号或出厂编号；
 - b) 测试环境条件，包括温度、湿度等；
 - c) 测试仪器型号、精度和计量有效期；
 - d) 测试方法及依据的标准；
 - e) 被测试设备执行的基准工艺条件；
 - f) 测试项目、各项目的测试结果和合格判据；
 - g) 测试单位；
 - h) 测试地点；
 - i) 测试人员；
 - j) 测试日期；
 - k) 测试报告编号。
-