

ICS

CCS

# 团 体 标 准

T/CMES XXXX—202X

代替 T/CMES XXXX—201X

12 寸 Auto Bench 槽式清洗设备通用要求

General requirements for 12 inch auto bench wet process

tool

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

## 目 次

目 次.....	II
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.....	3
5 12 寸 Auto Bench 槽式清洗设备主要模块、功能介绍.....	3
6 技术和检验要求.....	4
7 试验方法.....	6
8 检验规则.....	8
9 12 寸 Auto Bench 槽式清洗设备的标志、包装、运输和贮存.....	9
表 1 刻蚀不均匀性及刻蚀速率.....	5
表 2 颗粒控制.....	5

中国机械工程学会标准征求意见稿

## 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。

本文件由中国机械工程学会提出并归口。

本文件起草单位：XXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX、XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX。

本文件主要起草人：XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX、XXXXX。

本文件首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

# 12 寸 Auto Bench 槽式清洗设备通用要求

## 1 范围

本文件提供了 12 寸 Auto Bench 槽式清洗设备的主要功能模块介绍，规定了安全、工艺、检验及包装和运输相关技术要求。

本文件适用于 12 寸 Auto Bench 槽式清洗设备的设计、制造、零部件及生产辅料采购、检验及使用维护。

本文件适用于晶圆形状包括平面状、马鞍状、碗状、薯片状等，适用于晶圆最大变形尺寸可达 2400um。

## 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 191 包装储运图形符号标志

GB/T 3768 声学+声压法测定噪声源声功率级和声能量级

GB/T 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则

GB/T 4857 量化评估包装件的抗压、耐冲击及环境适应性

GB/T 4879 防锈包装

GB/T 5048 防潮包装

GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件

GB/T 5398 大型运输包装件试验方法

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB/T 24468 半导体设备可靠性、可用性和维修性(RAM)测量方法

GB/T 36911 运输包装指南

GB/T 39145 电感耦合等离子体质谱法测定硅片表面金属元素含量的方法

GB/T 44375 300mm 半导体制造设备装载端口设计要求

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**湿法清洗槽** wet process bath

槽式清洗设备的基本单元，设备的核心部分，用于完成晶圆的刻蚀、清洗工艺。

3.2

**药液槽** chemical bath

半导体制造过程中，在经过多重工艺之后，晶圆表面会残留光刻胶、颗粒、金属离子、自然氧化层等污染物，药液槽是用于执行湿法清洗工序的核心设备单元，实现选择性化学去除和物理颗粒移除的高纯耐腐蚀反应容器，其结构设计直接决定了晶圆表面的均匀性、洁净度以及产品的良率。

3.3

**清洗槽** rinse bath

半导体制造中，在化学清洗工艺之后，用于快速、高效地去除晶圆表面残留化学药液和微粒杂质的工艺槽，其快速的进水和排水能力，最大限度缩短晶圆暴露在空气中的时间。

3.4

**MCR 槽** MCR bath

半导体制造中，将多种化学药液清洗工艺融合到一个槽位，整合了化学药液清洗和超纯水漂洗这两个核心步骤的工艺槽。

3.5

**干燥槽** dryer bath

半导体制造中，在湿法工艺之后，用于去除晶圆表面液体、防止图形倒塌和缺陷产生的工艺槽。

3.6

**可编程逻辑控制器** programmable logic controller, PLC

用于设备逻辑控制、信号采集、数据处理，实现设备的安全自动化运行。

3.7

**人机界面** human machine interface, HMI

用于设备参数设置、运行状态监控、报警信息显示与故障排查，符合 GB/T 4025、GB/T 4026、GB/T 4205 要求。

3.8

**晶圆** wafer

用于制造半导体集成电路的硅基薄片（本文特指 12 寸规格）。

3.9

**刻蚀不均匀性** etching uniformity

在单次刻蚀过程中，单片、片间晶圆表面去除厚度分布的一致性，通常以全片厚度范围或标准偏差与平均厚度的比值（不均匀度）来表示。

3.10

**金属污染物** metallic contaminants

残留在晶圆表面的金属离子或金属颗粒，其可能影响产品性能。

## 3.11

**颗粒污染物 particulate contaminants**

附着在晶圆表面的微小固态颗粒，如尘埃、硅颗粒等。

## 3.12

**半导体制造设备前端的自动化传输系统 equipment front end module, EFEM**

用于在高洁净环境下实现晶圆在装载端口与工艺腔室间的传输、定位及预检测，确保晶圆在工艺、检测模块间高效、精准且安全的移动。

## 3.13

**夹取卡盘 chuck**

用于取放位于机械手上工艺前后的晶圆。

## 3.14

**机械手 robot**

槽式清洗设备机械手用于晶圆在各个清洗槽之间的传送，通过夹取卡盘实现无污染搬运，具有精准度高、传递效率高的特点。

## 3.15

**前开式晶圆传送盒 front opening unified pod, FOUP**

用来保护、运送、并储存晶圆的一种容器，其内部可以容纳25片的12寸晶圆，最重要的作用是确保晶圆在生产机台之间的传送环节中，避免被外部环境中的微尘污染，进而影响到良率。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

EDU: 设备有效运行时间 (Equipment Dependent Uptime)

MCR: 多合一清洗与冲洗 (Multi Clean and Rinse bath)

MTBA: 平均辅助间隔时间 (Mean Time Between Assists)

MTBF: 平均故障间隔时间 (Mean Time Between Failure)

MTTR: 平均故障修复时间 (Mean Time To Repair)

VPD-ICP-MS: 气相分解-电感耦合等离子体质谱法 (Vapor Phase Decomposition-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry)

## 5 12寸 Auto Bench 槽式清洗设备主要模块、功能介绍

## 5.1 半导体制造设备前端的自动化传输系统 EFEM

5.1.1 Load Port: 晶圆装载系统, 半导体制造设备与自动化物料搬运系统之间的关键接口, 主要用于晶圆盒的装载、定位以及晶圆信息的传递, 设计应符合 GB/T 44375 的规定。

5.1.2 Stocker: 半导体制造设备中用于自动化存储和管理 FOUP 的智能仓储单元, 通过内部机械臂自动存取 FOUP。

5.1.3 Transfer Robot: 半导体制造设备中用于实现与工艺模组之间晶圆的自动化传输、定位和检测的机械手系统。

## 5.2 湿法清洗槽

湿法清洗槽包括药液槽、清洗槽、MCR 槽和干燥槽。

## 5.3 化学药液系统

包括药液存储罐、定量添加系统、循环供液系统、循环过滤系统、温度控制系统、浓度在线监测系统。

## 5.4 控制系统

### 5.4.1 上位机

上位机是具有强大计算能力和数据处理能力的计算机系统。在设备自动化运行中负责监控、指令下发、数据采集与处理分析, 提供人机界面 (HMI) 展示系统状态和反馈信息, 并供用户操作。上位机工作流程如下:

- a) 数据采集: 通过串口、网口等方式, 持续从 PLC、传感器等设备读取温度、压力、流量等实时数据;
- b) 数据处理: 采集到的数据会在上位机中进行分析、计算, 例如判断温度、压力、流量是否符合需求;
- c) 指令控制: 操作员可以通过人机界面 (HMI) 直接控制设备, 或让上位机根据预设逻辑自动下发指令。

## 5.5 安全防护系统

包括急停装置、互锁装置、灭火装置、漏电保护、泄漏检测等。

## 6 技术和检验要求

### 6.1 一般要求

6.1.1 设备表面应整洁, 无脏污与异物, 不应有明显的磕碰和划伤现象。

6.1.2 外壳表面应平整, 不应有凸起、凹陷和翘曲等现象, 棱边挺直, 边缘处无毛刺等现象, 折弯处圆弧光滑。

6.1.3 整体布局应整齐美观, 管线不应出现扭曲、摩擦、明显晃动现象。

6.1.4 各种标牌应固定在明显位置, 应平整牢固, 清晰且耐久, 不应有边角翘起、溢胶与歪斜等现象。

6.1.5 所有与化学药液接触的部件应采用高耐腐蚀材料 (如 PVC、PP、PEEK、PVDF、PTFE 等)。

6.1.6 设备应具备良好的密封性, 防止化学药液泄漏、酸气外溢和交叉污染。

### 6.2 装配要求

- 6.2.1 所有标准件和外协件应符合有关规定和技术要求，并有供货的检验合格证明及通过入库质量检验方可装配；
- 6.2.2 各零部件装配完成后各装配尺寸符合图纸要求；
- 6.2.3 产品铭牌与警示标识齐全，字迹清晰，所处位置恰当；
- 6.2.4 各紧固件连接可靠，不应有松动现象，石英接头在首次高温工艺后应依据使用要求进行二次拧紧；
- 6.2.5 机台运行时应保持平稳，无异常振动，管路无异常晃动；
- 6.2.6 供液系统管道应畅通、密封良好、易更换且无漏液现象；
- 6.2.7 电气元器件无破损、连接紧固、固定防护良好，线缆气管标记清晰，接线正确，线号明确。

### 6.3 性能要求

- 6.3.1 刻蚀不均匀性：不同工艺药液作用下，在 12 寸晶圆上，刻蚀不均匀性如下示例：
- 6.3.2 液作用下，在 12 寸晶圆上，刻蚀不均匀性如下示例：

表 1 刻蚀不均匀性及刻蚀速率

适用范围 <sup>a</sup>	工艺药液		
	稀氢氟工艺 200: 1 氧化物刻蚀	磷酸工艺 160℃ 氮化物刻蚀	其它刻蚀工艺
片内均匀性	≤3%	≤5%	≤3%
片间均匀性	≤3%	≤3%	≤3%
刻蚀速率	10.2±0.2A/min	54.5±2A/min	/

<sup>a</sup> 表 1 数据供参考，实际刻蚀不均匀性要求应参照工艺协议。

- 6.3.3 颗粒控制：不同工艺药液作用下，在 12 寸晶圆上，颗粒控制参数如下示例：

表 2 颗粒控制

适用范围 <sup>b</sup>	工艺药液			
	SC1 工艺	磷酸工艺	干燥工艺	其它清洗工艺
颗粒尺寸 ≥ 0.08um	/	≤ 70ea	/	/
0.06um ≤ 颗粒尺寸 ≤ 0.08um	≤ 30ea	/	≤ 30ea	/
0.04um ≤ 颗粒尺寸 ≤ 0.06um	≤ 35ea	≤ 125ea	≤ 40ea	/

<sup>b</sup> 表 2 数据供参考，实际工艺颗粒要求应参照工艺协议。

### 6.3.4 金属污染物

金属污染物浓度 Na, Al, K, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Ti, Mo, W, Pb, Cd, Pt, Hf, Ta1 < 1E10atoms/cm<sup>2</sup>。

### 6.3.5 生产能力

设备应标明其理论最大产能（如：晶圆/小时，WPH）。

## 6.4 安全要求

- 6.4.1 电气安全应符合 GB 5226.1 的规定。
- 6.4.2 应具有在线、实时安全报警系统和安全互锁，应具备紧急停机功能，紧急停机按钮应设置在设备操作面及维护面显眼位置，数量不少于 6 个，按下后设备应立即切断动力电源（控制系统除外）。
- 6.4.3 正常运行状态时声压等级不应大于 80 dB，测试方法按照 GB/T 3768 的要求。
- 6.4.4 相关区域（化学品、运动部件、高温、带电）应有醒目的安全警示标识，应符合 GB/T 4025 要求。
- 6.4.5 应自带声光报警功能
- 6.4.6 旋转部件、高压电气单元、化学药液腔室等可能造成人体伤害的部位，应安装安全门或安全保护罩，安全门应配备互锁装置，打开时设备立即停机。
- 6.4.7 应设置完善的漏液检测措施、漏液互锁和承漏结构，以应对漏液突发情况，及时发现处理。
- 6.4.8 导线颜色应符合 GB/T 6995.2 的规定，或按照客户要求设置；
- 6.4.9 应根据负荷的大小装有熔断器或断路器，电机控制应有过载、断相保护装置；
- 6.4.10 系统绝缘电阻不小于 100 M $\Omega$ ；
- 6.4.11 最大耐电压不低于 2121 V(DC)；
- 6.4.12 有可靠的接地装置和明显的接地标志，接地电阻阻值小于等于 0.1  $\Omega$ 。

## 6.5 环保要求

- 6.5.1 设备运行过程中产生的废气、废水排放应符合 GB 16297 及地方环保法规的要求。
- 6.5.2 设备设计应有利于废液的分类收集与回收，废液暂存设计应参考 GB 18597。

## 6.6 可靠性要求

- 6.6.1 EDU $\geq$ 95%；
- 6.6.2 MTBF $\geq$ 200hrs；
- 6.6.3 MTTR $\leq$ 4hrs；
- 6.6.4 MTBA $\geq$ 48hrs；
- 6.6.5 晶圆碎片率 $\leq$ 1/100000pcs；
- 6.6.6 故障报警率 $\leq$ 2ea/month。

## 7 试验方法

### 7.1 外观检验

采用目视法检验外观，采用目测法检验，检验距离 $\leq$ 50 cm，光线亮度 $\geq$ 500lux，符合 6.1.1、6.1.2、6.1.3、6.1.4 的要求。

### 7.2 均匀性测试

#### 7.2.1 取点和均匀性

##### 7.2.1.1 取 49 点测试法

将晶圆去边3mm后将半径3等分，以中心点为基点作为第一个测量点，再依次由内往外第一圈取均匀分布的8个点，第二圈取16个点，第三圈取24个点，共取49点。

##### 7.2.1.2 均匀性( $\sigma$ %)的核心计算公式为：

$$Uniformity(\sigma\%) = \frac{\text{样本标准差}(s)}{\text{平均值}(\bar{x})} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

### 7.2.1.3 片内均匀性

槽式清洗设备的片内均匀性按照以下方法进行测试：

- 对 1 批晶圆（不少于 6 片）执行工艺；
- 任取 1 片晶圆，对该片晶圆上的 49 个点进行测试；
- 用公式2计算片内均匀性：

$$\sigma_1\% = \frac{\sqrt{\frac{1}{n_a-1} \sum_{i=1}^{n_a} (x_i - \bar{x}_a)^2}}{\bar{x}_a} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

式中：

- $\sigma_1$ ：片内均匀性；
- $n_a$ ：测量点的总数；
- $x_i$ ：第  $i$  个测量点的具体数值（刻蚀深度）；

$\bar{x}_a$ ：49 个点  $x_i$  的算术平均值  $\bar{x}_a = \frac{1}{n_a} \sum_{i=1}^{n_a} x_i$ 。

### 7.2.1.4 片间均匀性

槽式清洗设备的片间均匀性按照以下方法进行测试：

- 对一批晶圆（不少于 6 片）执行工艺；
- 对该批晶圆中每片晶圆上的 49 个点进行测试；
- 用公式3计算片间均匀性：

$$\sigma_2\% = \frac{\sqrt{\frac{1}{n_b-1} \sum_{j=1}^{n_b} (x_j - \bar{x}_b)^2}}{\bar{x}_b} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

式中：

- $\sigma_2$ ：片间均匀性；
- $n_b$ ：测式片的总数；
- $x_j$ ：第  $j$  个测量点的具体数值（刻蚀深度）；

$\bar{x}_b$ ：49 个点  $x_j$  的算术平均值  $\bar{x}_b = \frac{1}{n_b} \sum_{j=1}^{n_b} x_j$ 。

## 7.3 颗粒测试

在设备稳定运行后，使用经认证的洁净晶圆（初始颗粒数已知）通过整个工艺流程，完成后使用表面颗粒检测仪测量晶圆表面新增颗粒数，结果应符合6.3.2的要求。

## 7.4 金属污染物测试

在设备稳定运行后，使用经认证的洁净晶圆（初始颗粒数已知）通过整个工艺流程，完成后使用气相分解-电感耦合等离子体质谱法（VPD-ICP-MS）分析晶圆表面金属离子含量，该检测法使用VPD技术先对晶圆做检测前的预处理，而后利用ICP-MS法检测晶圆表面金属离子含量，结果应符合6.3.3的要求。

- 利用 VPD 原理进行晶圆前处理：

- 将晶圆置于封闭的腔室中，并暴露于氢氟酸（HF）蒸汽中，氢氟酸蒸汽会与晶圆上的氧化物发生反应。
- 通过微酸性扫描液收集晶圆表面分解的氧化层。
- 当所有冷凝物汇聚至酸滴中后，将其转移至小瓶中，随后使用电感耦合等离子体质谱（ICP-MS）进行分析。

b) ICP-MS 检测技术的实施规范,应符合 GB/T 39145 的规定。

## 7.5 生产能力测试

在标准工艺菜单下,设备连续运行不低于4h,记录处理晶圆的总数量,计算其平均产能,结果应符合6.3.4的要求。

## 7.6 安全功能测试

手动触发急停按钮、打开安全门,检查设备是否按设计要求立即停止运行,测试结果应符合6.4的要求。

## 7.7 可靠性测试

### 7.7.1 开机率

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

### 7.7.2 平均辅助间隔时间(MTBA)

平均辅助间隔时间(MTBA)是两次辅助间的平均正常运行时间,即设备平均出两次异常的间隔时间。 $MTBA = \text{有效时间} / \text{有效时间中的辅助次数}$ 。

### 7.7.3 平均碎片率

槽式清洗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破片的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。

### 7.7.4 故障报警率

7.7.5 槽式清洗设备的故障报警率按照以下方法进行测试:

- a) 指定测试的时间段,通常以月度为时间段;
- b) 统计在测试时间内机台发生故障报警的次数,测试结果应符合 6.6.6 的要求。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

设备检验分为出厂检验和型式检验。

- a) 出厂检验:每台设备出厂前应进行出厂检验,检验项目包括:外观、基本功能、安全互锁、空载运行测试。
- b) 型式检验:型式检验项目应包括本文件的全部要求。检验项目包括:外观、基本功能、安全互锁、空载运行测试、颗粒测试、生产能测试、均匀性测试。

有下列情况之一时,应进行型式检验:

- 新产品试制或老产品转厂生产时;
- 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- 正常生产时,定期或积累一定产量后,周期性进行一次检验;
- 产品长期停产后,恢复生产时;

—— 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

## 9 12 寸 Auto Bench 槽式清洗设备的标志、包装、运输和贮存

### 9.1 标志

产品标志应包括但不限于以下内容：

- a) 制造厂商标、厂家名称、规格、型号、设备序列号及生产日期、设备生产地等；
- b) 包装箱上应按照 GB/T 191、GB/T 6388 的规定标明运输包装收发货标志，包括易碎物品、向上、怕雨等标志。

### 9.2 包装

9.2.1 设备的运输包装应符合 GB/T 4879、GB/T 5048、GB/T 13384 的规定，采用防潮、防锈、防震等包装措施，确保设备在运输和贮存过程中不受损坏。

9.2.2 对于包装件的抗压、耐冲击及环境适应性检测，应符合 GB/T 4857、GB/T 5398 的规定。

9.2.3 包装箱内应附有产品合格证、使用说明书、装箱清单等文件。

9.2.4 运输的包装总体原则、方案的确定和实施、包装件的装载和固定等，应符合 GB/T 36911 的规定。

### 9.3 运输

设备在运输过程中应避免剧烈震动、碰撞和雨淋，运输工具应清洁、干燥，不得与有毒、有害物质混装运输。

### 9.4 贮存

9.4.1 设备应贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体的室内。

9.4.2 设备在贮存期间应定期进行检查和维护，如发现设备有损坏或锈蚀等情况，应及时进行处理。