

ICS

CCS

团 体 标 准

T/CMES XXXX—202X

代替 T/CMES XXXX—201X

前道 Track 涂胶显影设备技术规范

General Specification for FEOL Clean Track

Coater&Developer

(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 设备组成.....	3
6 前道涂胶显影设备技术要求.....	5
7 检验方法.....	8
8 检验规则.....	10
9 标志、包装、运输与存放.....	11

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

前道 Track 涂胶显影设备技术规范

1 范围

本文件描述了前道 Track 涂胶显影设备的设备组成,规定了前道 Track 涂胶显影设备的技术要求、试验方法、检验规则、及标志、包装、运输和贮存要求。

本文件适用于 300mm 晶圆先进制程 (28nm 及以下) 的涂胶显影设备的设计、制造及验收。

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 4025	人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则
GB/T 4026	人机界面标志标识的基本和安全规则 设备端子、导体终端和导体的标识
GB/T 4205	人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则
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 23281	机械噪声声压级测量方法
GB/T 24468	半导体设备可靠性、可用性和维修性(RAM)测量方法
GB 18597	危险废物贮存污染控制标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

前道涂胶显影 clean track

与光刻机联动,光刻胶涂覆在晶圆后送入光刻机曝光,曝光后通过显影工艺将光刻图案显现在晶圆上的工艺技术。

3.2

晶圆 wafer

半导体电路所用的硅晶片。

3.3

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

半导体制造设备前端的自动化传输系统,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。

3.4

涂胶腔 coater chamber

作为核心模块，将光刻胶滴在晶圆上，通过高速旋转产生的离心力使光刻胶外流，形成均匀厚度的薄膜，厚度误差控制在工艺节点范围内，再通过溶液将晶圆边缘和背部多余的光刻胶溶解的工艺腔体。

3.5

显影腔 development chamber

作为核心模块，通过显影液对曝光后的光刻胶选择性溶解，从而形成所需的电路图案，并转移到晶圆表面的工艺腔体。

注：显影的精度直接决定半导体制程线宽关键尺寸、线边缘粗糙度、侧壁垂直度。

3.6

供液系统 center chemical dispense system, CDS

可实现化学液自动补液、排泡及供液的核心支持系统，供液系统对化学液温度、压力、流量的精准控制，为设备运转提供支持。

3.7

烘烤系统 oven system

多温区精准控温模块，对晶圆进行软烘（蒸发光刻胶内部溶剂）、后烘（曝光后减少驻波效应）和硬烘（增强光刻胶黏附性）等不同阶段的烘烤处理，高精度的温度控制使光刻胶中的溶剂均匀挥发。

注：驻波效应是光刻胶曝光过程中，入射光与硅衬底界面反射光发生干涉，导致光强沿光刻胶深度方向分布不均的物理现象。该现象在深紫外光刻中因氧化层、氮化硅等材料对短波长反射增强而更为显著，会破坏光刻胶图形侧壁垂直性并引起线宽测量不稳定。

3.8

机械手 robot

用于晶圆在各个腔室之间的传送，通过负压吸片技术实现无污染搬运，具有精准度高、传递效率高的特点。

3.9

均匀性 uniformity

在单次光刻胶涂覆过程中，晶圆表面涂胶厚度分布的一致性，通常以全片厚度范围或标准偏差与平均厚度的比值来表示。

3.10

颗粒控制 particle control

为防止和减少对晶圆的污染，设备在设计、制造和运行中需满足的颗粒度与颗粒数量要求。

3.11

线宽 critical dimension, CD

显影工艺过程中，显影液与曝光后的光刻胶发生化学反应，通过去离子水冲洗去除后所呈现出来的特征尺寸。

注：显影CD值达到工艺要求，则认为光刻工艺CD值符合工艺要求。

3.12

湿颗粒 wet particle

喷涂化学液工艺过程中晶圆新增颗粒缺陷。

3.13

干颗粒 dry particle

整个工艺过程环境中 Wafer 新增颗粒缺陷。

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)

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)

PM: 机台预防性维护 (Preventive Maintenance)

WPH: 设备理论最大产能 (Wafer Per Hour)

5 设备组成

5.1 前道 Track 涂胶显影设备通常由以下主要部分组成，如图 1 所示：

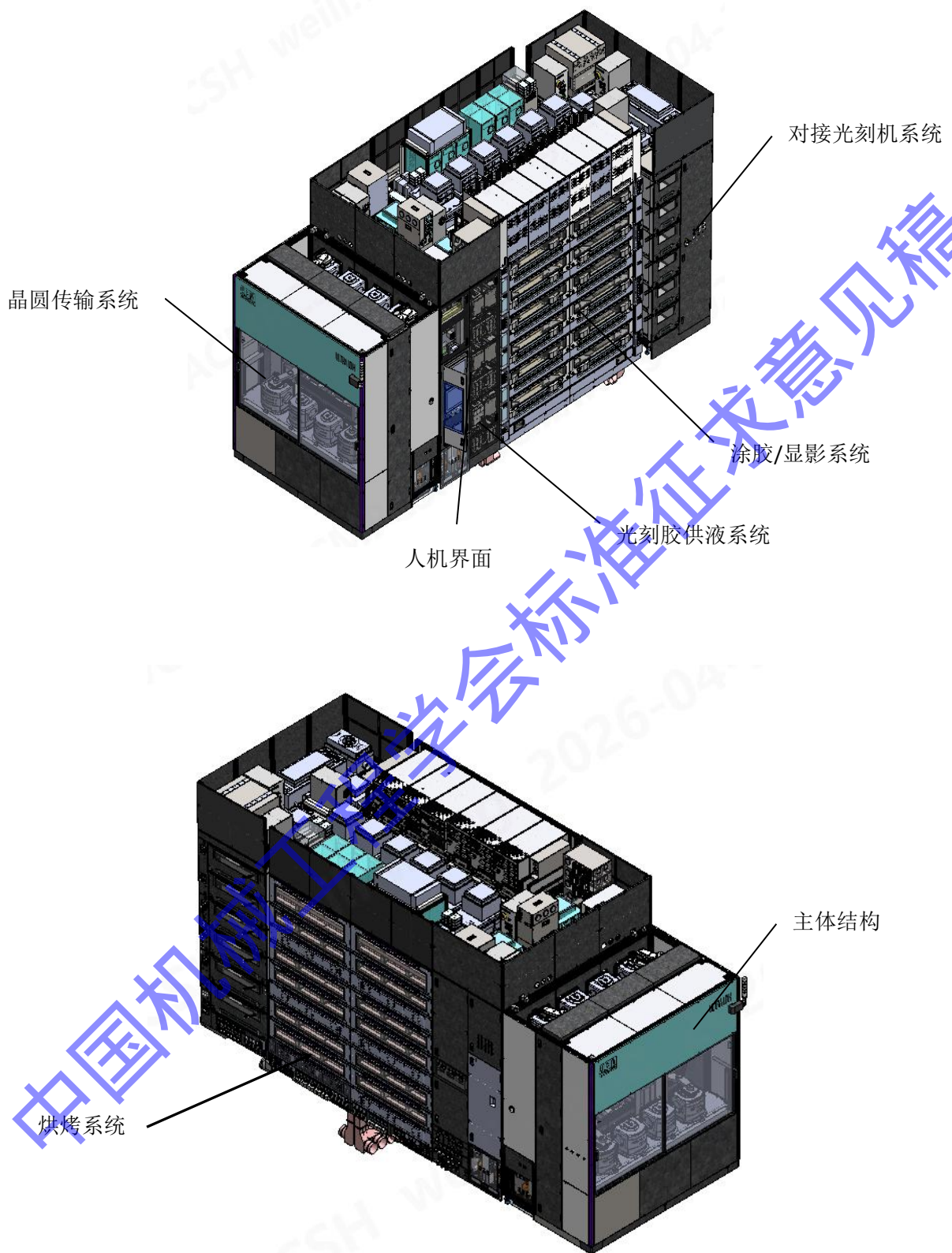


图 1 结构示意图

前道 Track 涂胶显影设备由以下各部分组成：

- 主体结构：包含机架、外壳等；
- 人机界面：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；
- 涂胶/显影系统：包含涂胶腔室、显影腔室、传送机械手等；
- 烘烤系统：包含热板、冷板；
- 光刻胶供液系统：包含药液存储、过滤、流量控制及补充单元，确保化学液稳定供应，满足工艺参数要求；
- 晶圆传输系统：包含机械手、载具等；
- 对接光刻机系统：包含背部清洗腔室、机械手等。

6 前道涂胶显影设备技术要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 设备外观应整洁，无锐边毛刺，表面防腐处理良好，外表面无磕碰划伤；
- 6.1.2 整体布局应整齐美观，电路及管路不应出现扭曲、摩擦、明显振动现象；
- 6.1.3 标牌应固定在明显位置，平整牢固，清晰且耐久，不应有边角翘起、溢胶与歪斜等现象；
- 6.1.4 所有与化学药液接触的部件应采用高耐腐蚀材料（如 PFA、PTFE 等）；
- 6.1.5 设备应具备良好的密封性和排风能力，防止化学药液泄漏、气味外溢和交叉污染。

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；
- 6.2.5 机台运行时应保持平稳，无异常振动，管路无异常振动；
- 6.2.6 供液系统管道应畅通、密封良好、常用备件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，线缆气管标记清楚，接线正确，线号明确。

6.3 工艺参数要求

- 6.3.1 涂胶厚度：28 nm~200 nm；
- 6.3.2 显影缺陷：0ea ($\geq 0.115 \mu\text{m} \sim < 5\mu\text{m}$)；
- 6.3.3 显影液温度：22 °C~24 °C，精准调节 0.1 °C。

6.4 功能要求

前道 Track 涂胶显影设备的功能要求应包括，但不限于以下要求：

- a) 自动控制功能：能够实现晶圆的快速装卸、转移；
- b) 工艺参数设定：晶圆夹盘转速 $\leq 4000 \text{ rpm/s}$ ；

- c) 数据记录：能够对数据进行记录并追溯。

6.5 性能要求

6.5.1 均匀性

前道 Track 涂胶显影设备的均匀性包含薄膜厚度和显影 CD 值，应满足如下要求：

- a) 薄膜厚度 28nm-200nm:
- 片内厚度不均匀性 ≤ 1 nm (3sigma);
 - 片间厚度不均匀性 ≤ 0.7 nm (3sigma);
 - 批间厚度不均匀性 ≤ 0.7 nm (3sigma);
- b) 显影 CD 值:
- 片内 CD 值不均匀性 < 2 nm(3sigma);
 - 片间 CD 值不均匀性 < 0.7 nm(3sigma);
 - 批间 CD 值不均匀性 < 0.7 nm(3sigma);

注：3sigma 是一种质量管理方法，也称为三倍标准差原则，它是基于统计学中的“正态分布”的理论，即在正态分布曲线上约有 99.73%数据点位于三个标准差内。

6.5.2 颗粒控制

设备运行过程中，化学液对晶圆进行关键工艺过程控制在直径不大于 25 nm 的 Wet Particle 增量不大于 10 颗；一次完整工艺过程中直径不大于 25 nm 的 Dry Particle 增量不大于 10 颗。

6.5.3 烘烤温度

前道 Track 涂胶显影设备烘烤温度控制分为热板温度和冷板温度，各温度控制如下：

- a) 热板温度：
- 软烘：
- 温度范围：50 °C~180 °C
 - 温度均匀性范围： ≤ 0.3 °C (50 °C~120 °C)
 ≤ 0.4 °C (120 °C~150 °C)
 ≤ 0.6 °C (150 °C~170 °C)
 $\leq \pm 0.5$ °C (170 °C以上)
 - 温度设置性能： ≤ 150 s (100 °C升至 150 °C)
- 后烘：
- 温度范围：50 °C~250 °C
 - 温度均匀性范围： ≤ 0.2 °C (90 °C~120 °C)
 ≤ 0.3 °C (120 °C~150 °C)
 ≤ 0.4 °C (150 °C~170 °C)

- 温度设置性能：≤150 s（100 °C升至 150 °C）
- 硬烘：

- 温度范围：50°C~250°C
- 温度均匀性范围：≤0.2 °C（90 °C~120 °C）
≤0.3 °C（120 °C~150 °C）
≤0.4°C（150 °C~170 °C）

- 温度设置性能：≤150 s（100 °C升至 150 °C）

b) 冷板温度：

- 温度范围：18 °C~25 °C
- 温度均匀性范围：23 °C±0.1 °C
- 温度设置性能：≤25 s（250 °C降至 23 °C）
≤20 s（150 °C降至 23 °C）

6.5.4 生产能力

前道 Track 涂胶显影设的生产能力：WPH≥300 pcs。

6.5.5 可靠性要求

6.5.6 运行可靠性

前道 Track 涂胶显影设备的运行可靠性应满足以下要求：

- MTBF≥700 hrs；
- 晶圆碎片率≤1/10000 pcs；
- EDU≥99%。

6.5.7 维护可靠性

前道 Track 涂胶显影设备的可靠性应满足以下要求：

- MTTR≤3 hrs；
- PM 周期≤10 hrs/month。

6.6 安全要求

前道 Track 涂胶显影设备的安全要求应满足以下要求：

- 应符合 GB/T 5226.1 的规定要求；
- 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 2 个，按下后设备应立即切断动力电源（控制系统除外）；
- 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；
- 应自带声光报警功能；

- e) 正常运行时声压等级不应大于 80dB，应符合 GB/T 23281 的要求；
- f) 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；
- g) 有可靠的接地装置和明显的接地标志，共用电阻阻值和接地电阻阻值小于 0.1 Ω，防静电接地电阻小于 10 Ω。

6.7 环保要求

6.7.1 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。

7 检验方法

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 ≤ 50 cm，光线亮度 ≥ 500 lux，符合 6.1.1 的要求。

7.2 均匀性测试

7.2.1 取点和均匀性

7.2.2 49 点取点

将晶圆去边 3mm 后将半径 3 等分，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。

7.2.3 片内均匀性

前道涂胶显影设备的片内均匀性按照以下方法进行测试：

- a) 对 1 批晶圆（不少于 6 片）执行工艺；
- b) 任取 1 片晶圆，对该片晶圆上的 49 个点进行测试；
- c) 用公式 4 计算片内均匀性；

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

式中：

S_1 ——片内均匀性；

T_i ——第 i 个点的测试结果；

\bar{T}_a ——49 个点的 T_i 的平均值， $\bar{T}_a = \frac{1}{n_a} \sum_{i=1}^{n_a} T_i$ ；

n_a ——测试点数。

7.2.4 片间均匀性

前道涂胶显影设备的片间均匀性按照以下方法进行测试：

- a) 对 1 批晶圆（不少于 6 片）执行工艺；
- b) 对该批晶圆中每片晶圆上的 49 个点进行测试；

- c) 用公式 5 计算片间均匀性 S_2
- $$S_2 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n_b} \sum_{j=1}^{n_b} (T_j - \bar{T}_b)^2}}{\bar{T}_b} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

式中:

S_2 ——片内均匀性;

T_j ——第 j 个点的测试结果;

\bar{T}_b ——49 个点的 T_j 的平均值, $\bar{T}_b = \frac{1}{n_b} \sum_{j=1}^{n_b} T_j$;

n_b ——测试片数。

7.2.5 批间均匀性

前道涂胶显影设备的批间均匀性按照以下方法进行测试:

- 在 3 个以上的涂胶腔内, 按照相同的工艺参数, 各对 1 批晶圆 (不少于 6 片) 执行工艺;
- 对每批晶圆中每片晶圆上的 49 个点进行测试;
- 用公式 6 计算批次间均匀性 S_3 。

$$S_3 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n_c} \sum_{k=1}^{n_c} (T_k - \bar{T}_c)^2}}{\bar{T}_c} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

式中:

S_3 ——批间均匀性;

T_k ——第 k 批晶圆内所有测量点的测试结果的平均值;

\bar{T}_c ——各批晶圆 T_k 的平均值, $\bar{T}_c = \frac{1}{n_c} \sum_{k=1}^{n_c} T_k$;

n_c ——测试批数。

7.2.6 膜厚及均匀性

前道涂胶显影设备的膜厚按照以下方法进行测试:

- 将干净的晶圆装载入涂胶腔, 运行光刻胶涂覆工艺, 涂覆指定厚度的膜层;
- 使用膜厚仪对涂覆厚度测试, 与指定厚度对比;
- 按照 7.2.1 规定的位置取 49 个点, 分别按照规定的方法测试并计算膜厚的片内均匀性、片间均匀性和批间均匀性, 结果应符合 6.5.1 a) 的要求。

7.2.7 显影 CD 值

前道涂胶显影设备的显影 CD 值按照以下方法进行测试:

- 将已曝光完成的晶圆装载入显影腔, 运行显影工艺, 呈现出电路图案;
- 使用测量设备对线宽 CD 值测试, 与指定 CD 值对比;
- 按照 7.2.1 规定的位置取 49 个点, 分别按照规定的方法测试并计算显影工艺的 CD 数值一致性, 结果应符合 6.5.1 b) 的要求。

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 6.5.2 的要求。

7.4 烘烤温度测试

前道涂胶显影设备的烘烤温度及均匀性按照以下方法进行测试：

- a) 将干净的晶圆装载入烘烤单元内，运行烘烤工艺；
- b) 使用温度测试仪对加热的晶圆温度测试；
- c) 按照 7.2.1 规定的位置取 49 个点，分别按照规定的方法测试并计算温控差值，结果应符合 6.5.3 的要求。

7.5 生产能力测试

在标准工艺配方下，设备连续运行不低于 1h，记录处理晶圆的总数量，计算其平均产能，结果按照 6.5.4 要求进行。

7.6 可靠性测试

7.6.1 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。

7.6.2 机台维护（PM）周期

机台维护（PM）周期是每个月设备必须保养需要的时间，PM 周期=PM 时间/月。

7.6.3 平均碎片率

前道涂胶显影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。

7.7 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 6.6 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 标志、包装、运输与存放

9.1 标志

产品标志应包括但不限于以下内容：

- a) 制造厂商标及厂家名称；
- b) 规格、型号；
- c) 生产日期及序列号；
- d) 产地；
- e) 执行标准编号（T/XXX）；
- f) 安全警示标志（如“防静电”“小心轻放”“禁止碰撞”），符合 GB/T 4025 要求。

9.2 包装

9.2.1 机台运输包装

机台运输包装由外向内应包括以下内容：

- a) 帆布（可选）；
- b) 木箱；
- c) 铝膜；
- d) 防静电膜；
- e) 防尘膜；
- f) 拉伸缠绕膜。

注1：铝膜若有鼓包现象，应停止拆箱，联系设备制造商。

注2：应在洁净室内移除铝膜、防静电膜及缠绕膜。

9.2.2 包装材料

机台运输包装材料包装应包括以下内容：

- a) 制造厂商标及厂家名称；
- b) 符合 GB/T 191 规定的包装储运图示标志；
- c) 规格、型号；
- d) 数量；
- e) 包装日期；
- f) 其他相应文件；
- g) 防倾斜指示器。

注：运输途中应避免设备颠簸以及过度倾斜，如防倾斜指示器被激活，不应打开木箱包装，应立即联络设备制造商。

9.3 运输

宜通过任何运输工具运输，但应避免剧烈振动和冲击，应小心轻放，避免碰撞和敲击，严禁与酸、碱等腐蚀性物品或易燃易爆品放在一起，运输过程中应防止雨雪侵袭。

9.4 贮存

包装好的产品应存放在通风、干燥，周围空气中无酸、碱性及其他腐蚀性气体和易燃易爆品的库房。

中国机械工程学会标准征求意见稿