



团体标准

T/CEATEC XXX—2025

集成电路用 KrF 光刻胶技术规范

Technical specification for KrF photoresist for integrated circuits

(征求意见稿)

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类 2

5 技术要求 2

 5.1 外观 2

 5.2 物理性质 2

 5.3 化学组成 2

 5.4 功能性能 3

6 试验方法 3

 6.1 取样 3

 6.2 外观检查 3

 6.3 物理性质试验 4

 6.4 化学组成分析 4

 6.5 功能性能试验 5

7 检验规则 6

 7.1 检验分类 6

 7.2 出厂检验 6

 7.3 型式检验 6

8 标志、包装、运输和贮存 7

 8.1 标志 7

 8.2 包装 7

 8.3 运输 7

 8.4 贮存 7

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

集成电路用 KrF 光刻胶技术规范

1 范围

本文件规定了集成电路用KrF光刻胶（以下简称“光刻胶”）的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于波长248nm的KrF准分子激光光刻工艺，用于0.13 μm~0.25 μm节点集成电路制造的正性光刻胶产品。

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 包装储运图示标志

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 6680 液体化工产品采样通则

GB/T 21775 闪点的测定 闭杯平衡法

GB/T 22232 化学物质的热稳定性测定 差示扫描量热法

GB/T 43793.1 平板显示用彩色光刻胶测试方法 第1部分：理化性能

3 术语和定义

GB/T 43793.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

KrF 光刻胶 KrF photoresist

采用波长 248nm 的 KrF 准分子激光作为曝光光源，由树脂、感光剂、溶剂及添加剂组成，经曝光和显影后可在基材表面形成预定图形的感光材料。

3.2

正性光刻胶 positive photoresist

曝光区域发生光化学反应后溶解性增大，经显影液处理后曝光区域被去除，未曝光区域保留形成图形的光刻胶。

3.3

分辨率 resolution

光刻胶在特定工艺条件下能够清晰复制的最小图形尺寸，单位为纳米（nm）。

3.4

灵敏度 sensitivity

光刻胶达到预定显影效果所需的最小曝光剂量，单位为毫焦耳每平方厘米（mJ/cm²）。

3.5

对比度 contrast

光刻胶曝光后溶解速率随曝光剂量变化的陡峭程度，用 γ 值表示。

3.6

颗粒污染物 particulate pollutants

光刻胶中含有的大于规定粒径的不溶性固体杂质，单位为个每毫升（个/mL）。

4 分类

根据适用的集成电路节点，光刻胶分为以下两类：

- a) I 类型：适用于 0.18 μm ~0.25 μm 节点集成电路制造；
- b) II 类型：适用于 0.13 μm ~0.18 μm 节点集成电路制造。

5 技术要求

5.1 外观

光刻胶应为均匀透明的液体，无可见浑浊、分层、沉淀或悬浮物。

5.2 物理性质

光刻胶的物理性质应符合表 1 的规定。

表 1 物理性质要求

项目	单位	技术要求
黏度（23±0.5℃）	mPa·s	标称值 ± 5%
密度（23℃）	g/cm ³	0.98 ~ 1.05
折射率（248nm, 23℃）	—	1.70 ~ 1.78
固体含量	%(w/w)	标称值 ± 0.5
闪点	℃	≥ 60
水分含量	mg/kg	≤ 500

5.3 化学组成

光刻胶的化学组成，特别是金属杂质含量，应符合表 2 的规定。

表 2 化学组成要求

项目	单位	技术要求（最大值）
金属杂质总量	$\mu\text{g/kg}$ (ppb)	≤ 50
钠 (Na)	$\mu\text{g/kg}$ (ppb)	≤ 10

项目	单位	技术要求（最大值）
钾（K）	μ g/kg（ppb）	≤ 10
钙（Ca）	μ g/kg（ppb）	≤ 10
铁（Fe）	μ g/kg（ppb）	≤ 10
铜（Cu）	μ g/kg（ppb）	≤ 5
锌（Zn）	μ g/kg（ppb）	≤ 5
铝（Al）	μ g/kg（ppb）	≤ 5
颗粒污染物（≥0.2 μ m）	个/mL	≤ 50
溶解气体（如 O ₂ ）	mg/kg	≤ 10

5.4 功能性能

光刻胶在标准工艺条件下的功能性能应符合表 3 的规定。

表 3 功能性能要求

项目	单位	技术要求	
		I 类	II 类
灵敏度（E ₀ ）	mJ/cm ²	25 ~ 40	20 ~ 35
对比度（γ）	—	≥ 4.0	≥ 5.0
分辨率	μ m	≤ 0.20	≤ 0.14
关键尺寸均匀性（CDU, 3σ）	nm	≤ 15	≤ 10
线条宽度粗糙度（LWR, 3σ）	nm	≤ 12	≤ 8
曝光宽容度（EL）	%	≥ 10	≥ 8
焦深（DOF）	μ m	≥ 0.8	≥ 0.6
抗刻蚀选择性	—	≥ 1 : 1.2（相对于底层）	
热稳定性（玻璃化转变温度 T _g ）	℃	≥ 130	
驻波效应	—	侧壁平滑，无明显波纹	
缺陷密度（≥0.16 μ m）	个/cm ²	≤ 0.20	≤ 0.15

6 试验方法

6.1 取样

按 GB/T 6680 的规定进行。取样工具和容器应使用高纯石英或 PFA 等惰性材料，防止样品污染。

6.2 外观检查

在自然光或 D65 标准光源下，取约 50 mL 样品于无色透明玻璃量筒中，采用目视法检查。样品应置于白色背景上，观察其颜色、透明度及有无悬浮物、沉淀物。

6.3 物理性质试验

6.3.1 黏度

按 GB/T 43793.1 的规定进行。

6.3.2 密度

使用精密密度计或振荡管式密度计，在 $(23 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ 恒温条件下测定，测定前应用超纯水校准仪器。平行测定三次，取算术平均值。

6.3.3 折射率

使用紫外波段椭偏仪或专用紫外折射率仪，在 248nm 波长、 $(23 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ 条件下测定。样品应经 $0.02\ \mu\text{m}$ 超滤膜过滤。

6.3.4 固体含量

取约 2g（精确至 0.0001g）样品（ m_1 ）于已恒重的铂金或石英坩埚（ m_0 ）中，在 150°C 的真空干燥箱中烘烤 30 分钟，取出后置于干燥器中冷却至室温，迅速称重（ m_2 ）。按公式(1)计算固体含量，平行测定两次，绝对差值不大于 0.2%，取算术平均值。

$$\text{固体含量} = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100\% \quad (1)$$

6.3.5 闪点

按 GB/T 21775 的规定进行。

6.3.6 水分含量

采用卡尔·费休库仑法水分测定仪测定。仪器应用纯水或标准水溶液进行校准。取适量样品，注入电解池中，直接读取测定结果。平行测定两次，取算术平均值。

6.4 化学组成分析

6.4.1 金属杂质含量

应按以下步骤进行：

a) 样品前处理：在 Class 100 洁净台中，取约 10g 样品于预先经高纯酸清洗过的 PFA 消解罐中，加入适量超纯硝酸和过氧化氢，置于微波消解仪中进行消解。消解完成后，将溶液转移至 PET 塑料容量瓶中，用超纯水定容至 50mL；

b) 试验：使用高分辨率电感耦合等离子体质谱仪（HR-ICP-MS）进行测定。采用内标法进行定量校正，仪器的检测限应满足被测元素要求的 1/10 以下。

6.4.2 颗粒污染物含量

使用光散射原理的液体颗粒计数器进行测定：

a) 仪器应用标准颗粒溶液校准；

b) 取样瓶应剧烈摇晃使其混合均匀，然后在密闭的流路系统中，使样品以稳定流速通过传感器，自动统计 $\geq 0.2\ \mu\text{m}$ 的颗粒数量，结果表示为“个/mL”。

6.4.3 溶解气体含量

使用非色散红外（NDIR）传感器或电化学传感器专用气体分析仪。将样品导入脱气装置，通过载气（如高纯 N_2 ）将溶解的气体吹扫出来，导入分析仪进行检测。

6.5 功能性能试验

功能性能试验应在受控的半导体洁净室（ISO Class 4 或更高）中进行，并使用标准化的工艺设备。

6.5.1 灵敏度

应按以下步骤进行：

- a) 采用曝光能量矩阵法，在同一个晶圆上，使用光刻机以阶梯状变化的不同曝光能量进行曝光；
- b) 显影后，使用膜厚测量仪测量每个能量区域光刻胶的残留膜厚；
- c) 绘制“曝光能量-残膜厚度”曲线（特征曲线）；
- d) 灵敏度为使光刻胶完全显影掉所需的能量，即残膜厚度为零时对应的能量。

6.5.2 对比度

使用上述灵敏度试验中得到的特征曲线，在特征曲线上，找到残膜厚度为初始厚度 0% 和 100% 的两个点，计算其切线斜率，即为对比度。

6.5.3 分辨率

应按以下步骤进行：

- a) 使用包含不同尺寸线条/间距（从 $0.25\ \mu\text{m}$ 至 $0.11\ \mu\text{m}$ ）的测试掩膜版；
- b) 在最佳曝光能量（ E_0 ）和最佳焦距下进行曝光；
- c) 经显影后，使用扫描电子显微镜（SEM）在加速电压 800V、放大倍数 100kX 下观察；
- d) 分辨率为能够被清晰、完整地复制且侧壁陡直的最小图形尺寸。

6.5.4 关键尺寸均匀性和线条宽度粗糙度

应按以下步骤进行：

- a) 图形制备：在整片硅片上曝光密集线条图形；
- b) CD 测量：使用临界尺寸扫描电子显微镜（CD-SEM）进行测量，在硅片上选取 25 个测量点（5x5 矩阵分布）；
- c) 计算：
 - 关键尺寸均匀性（CDU）：计算 25 个测量点 CD 值的标准偏差（ σ ），再乘以 3，即 3σ 值；
 - 线条宽度粗糙度（LWR）：在一条连续的线条上，等间距测量至少 100 个点的线宽，计算这些测量值的标准偏差（ σ ），再乘以 3，即 3σ 值，至少测量 5 条不同的线条，取平均值。

6.5.5 曝光宽容度

在最佳焦距下，改变曝光能量（如 E_0 的 $\pm 5\%$ ， $\pm 10\%$ ， $\pm 15\%$ ），测量线条的关键尺寸。曝光宽容度定义为关键尺寸变化在目标值 $\pm 10\%$ 范围内的曝光能量变化范围，按公式 (3) 计算：

$$EL = \frac{E_{max} - E_{min}}{2 \times E_{best}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

- E_{best} ：达到目标 CD 的最佳能量；
- E_{max} ：CD 在目标值 $\pm 10\%$ 范围内的最大曝光能量；
- E_{min} ：CD 在目标值 $\pm 10\%$ 范围内的最小曝光能量。

6.5.6 焦深

在最佳曝光能量下，改变曝光焦距，测量线条的关键尺寸。焦深定义为关键尺寸变化在目标值 $\pm 10\%$ 范围内的焦距变化范围。

6.5.7 抗刻蚀选择性

制备有光刻胶图形的硅片，进行典型的氧化物或多晶硅刻蚀工艺（如 CF_4/CHF_3 等离子体刻蚀），使用膜厚测量仪测量刻蚀前后光刻胶的厚度。抗刻蚀选择性按公式(2)计算：

$$\text{选择性} = \frac{\text{底层材料刻蚀速率}}{\text{光刻胶刻蚀速率}} \quad (3)$$

6.5.8 热稳定性（玻璃化转变温度 T_g ）

按 GB/T 22232 的规定进行。

6.5.9 驻波效应

通过 6.5.2 中制备的图形，在 CD-SEM 下观察线条侧壁形貌，评估侧壁的平滑度，不应出现明显的、周期性的波浪状起伏。

6.5.10 缺陷密度

使用激光扫描表面缺陷检测仪对已显影的、涂有光刻胶的空白硅片（经曝光和显影，但无图形）进行全片扫描。仪器自动识别并统计尺寸 $\geq 0.16 \mu m$ 的缺陷数量，除以硅片面积，得到缺陷密度。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

每批产品应进行出厂检验，检验合格并附产品质量合格证明后方可出厂，出厂检验项目包括：外观、物理性能。

7.3 型式检验

7.3.1 检验项目

型式检验项目包括本文件第 5 章规定的全部要求。

7.3.2 检验时机

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型或老产品转产时；

- b) 原材料、生产工艺发生重大变化，可能影响产品性能时；
- c) 产品连续生产 12 个月时；
- d) 产品停产后恢复生产时。

7.3.3 抽样方案

应按 GB/T 2828.1 的规定进行。

7.3.4 判定规则

所有检验项目均符合本文件要求，判定型式检验合格；若有 1 项及以上指标不合格，应分析原因并采取整改措施，重新抽样检验，直至合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品包装容器上应标明：

- a) 产品名称、型号及规格；
- b) 生产批号及生产日期；
- c) 固含量、净含量；
- d) 生产企业名称、地址及联系方式；
- e) 符合 GB/T 191 的规定。

8.2 包装

光刻胶包装应满足下列要求：

- a) 应采用高纯度聚乙烯或玻璃瓶包装，包装容器应经清洗、烘干、洁净处理，确保无颗粒污染；
- b) 包装规格分为 1L/瓶、5L/瓶、20L/桶，灌装量应不低于标称容量的 98%；
- c) 包装容器口应密封严密，防止泄漏和污染，密封后进行气密性检验，无渗漏现象。

8.3 运输

运输过程中应避免阳光直射、雨淋及剧烈碰撞，温度保持在 5℃～30℃，不得倒置，不得与强氧化剂、强酸、强碱等腐蚀性物质混运。

8.4 贮存

产品应贮存在阴凉、干燥、通风的库房中，远离火源及热源，温度保持在 5℃～25℃，相对湿度≤60%，保质期为 6 个月（自生产日期起）。逾期产品应重新检验，合格后方可使用。