

ICS 25.220.40

CCS A 29

T

团体标准

T/CEATEC XXX—2026

玻璃基板通孔(TGV)用电镀铜液技术规范

Technical specification of electroplating copper solution for glass through
via (TGV)

(征求意见稿)

2026-X-XX 发布

2026-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 分类与型号 2

 4.1 分类 2

 4.2 型号编制 2

5 技术要求 2

 5.1 外观 2

 5.2 成分要求 2

 5.3 物理化学性能 2

 5.4 电镀性能要求 3

 5.5 镀层质量要求 3

 5.6 有害物质限值 3

 5.7 稳定性要求 4

6 试验方法 4

 6.1 外观检验 4

 6.2 成分分析方法 4

 6.3 物理化学性能试验 4

 6.4 电镀性能试验 4

 6.5 镀层质量检验 5

 6.6 有害物质检测 6

 6.7 稳定性试验 6

7 检验规则 6

 7.1 检验分类 6

 7.2 出厂检验 7

 7.3 型式检验 7

 7.4 判定规则 7

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。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

玻璃基板通孔(TGV)用电镀铜液技术规范

1 范围

本文件规定了玻璃基板通孔用电镀铜液的分类与型号、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于采用酸性硫酸铜体系进行TGV通孔电镀填充的铜液产品，包括直流电镀和脉冲电镀工艺用铜液。

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 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 4472 化工产品密度、相对密度的测定
- GB/T 5270 金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学沉积层 附着强度试验方法评述
- GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 9723 化学试剂 火焰原子吸收光谱法通则
- GB/T 9724 化学试剂 pH值测定通则
- GB/T 22237 表面活性剂 表面张力的测定
- GB/T 23942 化学试剂 电感耦合等离子体原子发射光谱法通则
- HG/T 3921 化学试剂 采样及验收规则
- SJ/T 11860 电镀溶液试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

玻璃通孔 through-glass via; TGV

在玻璃基板上制造的贯穿玻璃厚度的微米级垂直通孔，用于实现玻璃基板不同层之间的电气互连。

3.2

电镀铜液 electroplating copper solution

以硫酸铜为主要铜盐、硫酸为导电介质，含有适量氯离子及有机添加剂（抑制剂、加速剂、整平剂等）的水溶液，用于电化学沉积金属铜。

3.3

深径比 aspect ratio

TGV 通孔深度（玻璃基板厚度）与通孔直径的比值。

3.4

填充率 filling rate

电镀后 TGV 通孔内铜填充体积占通孔总体积的百分比。

4 分类与型号

4.1 分类

按电镀方式，TGV 用电镀铜液分为以下两类：

- a) 直流电镀用铜液（型号代码：DC）：适用于直流电镀工艺；
- b) 脉冲电镀用铜液（型号代码：PC）：适用于脉冲电镀或周期性换向脉冲电镀（PPR）工艺。

4.2 型号编制

产品型号按以下规则编制：

TGV-Cu-（电镀方式代码）-（适用深径比范围）

示例：TGV-Cu-DC-10 表示适用于直流电镀、适用深径比不大于 10:1 的 TGV 用电镀铜液。

5 技术要求

5.1 外观

电镀铜液应为均匀、透明或半透明的蓝色溶液，无可见悬浮物、沉淀物及分层现象。

5.2 成分要求

TGV 用电镀铜液的主要成分应符合表 1 的规定。

表 1 电镀铜液主要成分要求

序号	成分名称		指标要求	单位
1	五水硫酸铜（CuSO ₄ •5H ₂ O）		60~250	g/L
2	硫酸（H ₂ SO ₄ ）		20~200	g/L
3	氯离子（Cl ⁻ ）		20~85	mg/L
4	有机添加剂	聚乙二醇（PEG，抑制剂）	3~10	g/L
		加速剂（如 SPS）	2~15	mg/L
		整平剂	10~90	mg/L
		润湿剂	20~500	mg/L
5	DI 纯水		余量	—
注 1：加速剂常用有机硫化物（如聚二硫二丙烷磺酸钠，SPS），整平剂常用 2-咪唑硫烷酮、噻唑啉基二硫代丙烷磺酸钠等，润湿剂常用脂肪醇聚氧乙烯基醚等非离子表面活性剂。				
注 2：配制电镀铜液所用的 DI 纯水应至少符合 GB/T 6682 中三级水的要求；用于痕量分析等特殊用途时，应根据需要选用相应等级的水。				

5.3 物理化学性能

电镀铜液的物理化学性能应符合表 2 的规定。

表 2 电镀铜液物理化学性能要求

序号	项目	指标要求	单位
1	pH 值（25 ℃）	0.5~1.5	—

序号	项目	指标要求	单位
2	密度（25℃）	1.10~1.30	g/cm ³
3	电导率（25℃）	≥300	mS/cm
4	表面张力（25℃）	30~50	mN/m
5	浊度	≤5	NTU

5.4 电镀性能要求

在标准电镀条件下（电流密度 0.5 A/dm²~5.0 A/dm²、温度 20℃~30℃），电镀铜液的电镀性能应符合表 3 的要求。

表 3 电镀性能要求

序号	项目	指标要求
1	阴极电流效率	≥95%
2	沉积速率（直流，2 A/dm ² ）	0.5~2.0 μm/min
3	均镀能力（TP 值）	≥65%
4	深镀能力（深径比 10:1 通孔）	≥90%
5	填充率（深径比≤10:1）	≥95%
6	镀层内应力	≤20 MPa

注：TP 值（Throwing Power）为均镀能力指标，反映电镀液在阴极表面不同位置镀层厚度的均匀性。

5.5 镀层质量要求

采用本文件规定的电镀铜液在 TGV 通孔内电镀填充后，铜镀层质量应符合表 4 的要求。

表 4 镀层质量要求

序号	项目	指标要求
1	镀层纯度（Cu）	≥99.9%
2	镀层电阻率	≤2.0×10 ⁻⁶ Ω·cm
3	镀层与玻璃基板结合强度	≥10 MPa
4	镀层孔隙率	≤1 个/cm ²
5	镀层晶粒尺寸	≤200 nm
6	孔内无空洞率	≥99%
7	表面镀层厚度均匀性	≤±10%

5.6 有害物质限值

电镀铜液中有害物质含量应符合表 5 的规定。

表 5 有害物质限值

序号	项目	限值	单位
1	铅（Pb）	≤10	mg/L
2	镉（Cd）	≤5	mg/L
3	汞（Hg）	≤1	mg/L
4	六价铬（Cr ⁶⁺ ）	≤5	mg/L
5	总有机碳（TOC）	≤500	mg/L

5.7 稳定性要求

5.7.1 储存稳定性

在规定的贮存条件下（温度 5℃～35℃，避光密封），电镀铜液的保质期应不少于 6 个月。保质期内，电镀铜液的主要成分浓度变化应不超过初始值的±10%，电镀性能不应出现明显劣化。

5.7.2 热稳定性

电镀铜液在 40℃±2℃条件下恒温放置 72 h 后，应无沉淀、变色或分层现象，主要成分浓度变化不超过初始值的±5%。

5.7.3 操作稳定性

在连续电镀使用过程中（累计通电时间不少于 100 Ah/L），电镀铜液的主要成分浓度应保持在表 1 规定范围内，添加剂消耗后应及时补充。

6 试验方法

6.1 外观检验

在自然光或标准光源下，以目视法检查电镀铜液的外观。将样品置于无色透明玻璃容器中，观察其颜色、透明度和有无悬浮物、沉淀物。

6.2 成分分析方法

6.2.1 五水硫酸铜含量

按 SJ/T 11860 的规定，采用碘量法或 EDTA 络合滴定法测定铜离子含量，再换算为五水硫酸铜含量。

6.2.2 硫酸含量

按 SJ/T 11860 的规定，采用电位滴定法或酸碱滴定法测定硫酸含量。

6.2.3 氯离子含量

按 SJ/T 11860 的规定，采用硝酸银电位滴定法或离子色谱法测定氯离子含量。

6.2.4 有机添加剂含量

采用高效液相色谱法（HPLC）或循环伏安剥离法（CVS）测定有机添加剂（抑制剂、加速剂、整平剂、润湿剂）的含量，CVS 法是测定电镀液中有机添加剂浓度的常用方法。

6.2.5 DI 纯水

按 GB/T 6682 的规定进行。

6.3 物理化学性能试验

6.3.1 pH 值测定

按 GB/T 9724 的规定，使用 pH 计在 25℃±1℃条件下测定。

6.3.2 密度测定

按 GB/T 4472 的规定，使用密度计或比重瓶法在 25℃±0.5℃条件下测定。

6.3.3 电导率测定

使用电导率仪，在 25℃±0.5℃条件下测定电镀铜液的电导率。测试前应以标准电导率溶液校准仪器。

6.3.4 表面张力测定

按 GB/T 22237 的规定，使用表面张力仪（铂金板法或最大气泡压力法），在 25℃±1℃条件下测定。

6.3.5 浊度测定

使用浊度计，以散射光法测定电镀铜液的浊度，以 NTU（散射浊度单位）表示。

6.4 电镀性能试验

6.4.1 阴极电流效率测定

采用铜库仑计法。在已知电流密度（2 A/dm²）下电镀一定时间，根据阴极增重按式（1）计算阴极电流效率：

$$\eta = \frac{m_{\text{实际}}}{m_{\text{理论}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η ——阴极电流效率，%；

$m_{\text{实际}}$ ——阴极实际增重，g；

$m_{\text{理论}}$ ——按法拉第定律计算的理论沉积铜量，g。

6.4.2 沉积速率测定

在标准电镀条件（电流密度 2 A/dm²、温度 25 ℃ ± 2 ℃）下，在平面阴极上电镀 30 min，测量镀层厚度，按式（2）计算沉积速率：

$$v = \frac{h}{t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

v ——沉积速率，μm/min；

h ——镀层厚度，μm；

t ——电镀时间，min。

6.4.3 均镀能力测定

采用 Haring-Blum 槽法。将阴极片置于远近阴极位置，在 1 A 电流下电镀 60 min，按式（3）计算 TP 值：

$$TP = \frac{M_{\text{远}}}{M_{\text{近}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

TP ——均镀能力，%；

$M_{\text{远}}$ ——远阴极上镀层质量，g；

$M_{\text{近}}$ ——近阴极上镀层质量，g。

6.4.4 深镀能力测定

采用带 TGV 通孔的玻璃基板（深径比 10:1）进行电镀试验。电镀完成后，将基板沿通孔轴向剖开，用金相显微镜观察通孔内壁镀层覆盖情况。深镀能力按式（4）计算：

$$D_p = \frac{L_{\text{内}}}{L_{\text{总}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

D_p ——深镀能力，%；

$L_{\text{内}}$ ——通孔内壁被镀层覆盖的长度，μm；

$L_{\text{总}}$ ——通孔总深度，μm。

6.4.5 填充率测定

采用带 TGV 通孔的玻璃基板进行电镀填充试验。电镀完成后，将基板沿通孔轴向剖开，研磨抛光后用金相显微镜或扫描电子显微镜（SEM）观察通孔截面。填充率按式（5）计算：

$$F = \frac{A_{\text{Cu}}}{A_{\text{Via}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

F ——填充率，%；

A_{Cu} ——通孔截面内铜填充面积，μm²；

A_{Via} ——通孔总截面积，μm²。

6.4.6 镀层内应力测定

采用螺旋收缩仪法或 X 射线衍射法测定镀层内应力。

6.5 镀层质量检验

6.5.1 镀层纯度测定

采用能量色散 X 射线光谱（EDX）或辉光放电质谱（GD-MS）法测定电镀铜层的纯度。

6.5.2 镀层电阻率测定

采用四探针法或微电阻测试仪测定电镀铜层的电阻率。

6.5.3 结合强度试验

按 GB/T 5270 的规定进行。采用划格法或拉伸法测定铜镀层与玻璃基板的结合强度。

6.5.4 镀层孔隙率测定

采用贴滤纸法，将浸有铁氰化钾和氯化钠指示剂的滤纸紧贴于镀层表面，数分钟后观察滤纸上蓝色斑点数，计算单位面积上的孔隙数。

6.5.5 镀层晶粒尺寸测定

采用 X 射线衍射（XRD）法，根据 Scherrer 公式计算镀层的平均晶粒尺寸。或采用透射电子显微镜（TEM）直接观测。

6.5.6 孔内无空洞率测定

将电镀填充后的 TGV 基板沿通孔轴向剖开，研磨抛光后用 SEM 观察通孔截面。统计无空洞的通孔数量占总通孔数量的百分比。

6.5.7 表面镀层厚度均匀性测定

采用 X 射线荧光（XRF）测厚仪或涡流测厚仪，在基板表面均匀选取不少于 9 个测量点，测量镀层厚度，按式（6）计算厚度均匀性：

$$U = \frac{h_{max} - h_{min}}{2 \times h_{avg}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：
U——厚度均匀性，%；
h_{max}——最大厚度值， μ m；
h_{min}——最小厚度值， μ m；
h_{avg}——平均厚度值， μ m。

6.6 有害物质检测

6.6.1 铅、镉、汞含量的测定

按 GB/T 23942、GB/T 9723 的规定，采用电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）或原子吸收光谱法（AAS）测定。

6.6.2 六价铬含量的测定

采用二苯碳酰二肼分光光度法测定。

6.6.3 总有机碳（TOC）的测定

采用总有机碳分析仪测定，按燃烧氧化-非分散红外吸收法进行。

6.7 稳定性试验

6.7.1 储存稳定性试验

取三批次电镀铜液样品，在 5℃～35℃、避光、密封条件下贮存。每 30 天取样一次，按 6.2 和 6.4 的方法测定主要成分浓度和电镀性能，持续 6 个月。

6.7.2 热稳定性试验

取电镀铜液样品置于 40℃±2℃ 恒温箱中，放置 72 h 后取出，冷却至室温，按 6.1 和 6.2 的方法检查外观并测定主要成分浓度。

6.7.3 操作稳定性试验

在模拟生产条件下进行连续电镀试验。以 1 L 电镀铜液为对象，在电流密度 2 A/dm² 条件下累计通电 100 Ah（相当于 100 Ah/L 的通电量），每 10Ah 取样一次，按 6.2 的方法测定主要成分浓度。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验两类。

7.2 出厂检验

7.2.1 每批次产品应经质量检验部门检验合格并附合格证明后方可出厂，出厂检验项目包括：外观、五水硫酸铜含量、硫酸含量、氯离子含量、pH 值、密度。

7.2.3 出厂检验的取样按 HG/T 3921 的规定进行。每批次随机抽取不少于 3 个独立包装单元。

7.3 型式检验

7.3.1 检验时机

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
- b) 正式生产后，如原料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，每 12 个月应进行一次；
- d) 产品停产 6 个月以上恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

7.3.2 检验项目

型式检验项目为本文件第 5 章规定的全部技术要求。

7.3.3 抽样方案

型式检验的样品应从出厂检验合格的产品中按 GB/T 2828.1 随机抽取，抽样数量应满足全部检验项目的需要。

7.4 判定规则

7.4.1 出厂检验项目中，若有不合格项，应加倍取样对不合格项进行复检。若复检结果仍不合格，则判定该批次产品为不合格。

7.4.2 型式检验中，若有任一项不符合本文件要求，则判定型式检验不合格。

7.4.3 数值修约按 GB/T 8170 的规定执行。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品包装上应有清晰、牢固的标志，内容包括：产品名称及型号、生产厂名、厂址、生产日期或批号、净含量、执行标准编号、保质期以及“腐蚀性”“避免日晒”“禁止倒置”等警示标志（按 GB/T 191 的规定）。

8.2 包装

8.2.1 电镀铜液应采用耐腐蚀的密封容器包装，推荐使用高密度聚乙烯（HDPE）桶或内衬防腐涂层的钢桶。

8.2.2 包装容器应清洁、干燥、密封良好，无渗漏。

8.2.3 包装容器应留有适当空间（不少于容器容积的 5%），以防温度变化引起容器破裂。

8.3 运输

8.3.1 运输过程中应避免剧烈碰撞、倒置和日晒雨淋。

8.3.2 运输温度宜控制在 0℃～40℃之间。

8.3.3 电镀铜液应按腐蚀性化学品管理要求运输，不得与氧化剂、碱性物质等同车混运。

8.4 贮存

8.4.1 电镀铜液应贮存在阴凉、干燥、通风的库房内，贮存温度宜为 5℃～35℃。

8.4.2 避免阳光直射，远离热源和火源。

8.4.3 包装容器应密封完好，防止水分蒸发和杂质污染。

8.4.4 不同批次的产品应分开存放，标识清楚，做到先进先出。