

T/CWPDPA

团 体 标 准

T/CWPDPA XXXX—XXXX

低介电损耗玻璃通孔（TGV）材料性能要求

Requirements for the material properties of low dielectric loss glass vias (TGV)

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 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 技术要求 2

 4.1 外观要求 2

 4.2 尺寸与面形精度 3

 4.3 电学性能 3

 4.4 热学性能 3

 4.5 力学与抗激光性能 3

 4.6 化学稳定性 4

 4.7 颗粒与金属杂质控制 4

5 试验方法 4

 5.1 试验环境条件 4

 5.2 外观质量 4

 5.3 尺寸与面形精度 4

 5.4 电学性能 4

 5.5 热学性能测试 5

 5.6 力学与抗激光性能 5

 5.7 化学稳定性 5

 5.8 颗粒与金属杂质控制 5

6 检验规则 5

 6.1 检验分类 5

 6.2 判定规则 6

7 标志、包装、运输和贮存 6

 7.1 标志 6

 7.2 包装 7

 7.3 运输 7

 7.4 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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

低介电损耗玻璃通孔（TGV）材料性能要求

1 范围

本文件规定了低介电损耗玻璃通孔（TGV）材料的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存要求。
本文件适用于低介电损耗玻璃通孔材料。

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 1408.1 绝缘材料 电气强度试验方法 第1部分：工频下试验
GB/T 1410 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法
GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法
GB/T 6618 硅片厚度和总厚度变化测试方法
GB/T 19921 硅抛光片表面颗粒测试方法
GB/T 19922 硅片局部平整度非接触式标准测试方法
GB/T 29507 硅片平整度、厚度及总厚度变化测试 自动非接触扫描法
GB/T 34177 光刻用石英玻璃晶圆
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 39814 超薄玻璃抗冲击强度试验方法 落球冲击法
GB/T 43774 平板显示器基板玻璃应力测试 点扫描法
GB/T 45505.3 平板显示器基板玻璃测试方法 第3部分：热学性能
GB/T 45505.4 平板显示器基板玻璃测试方法 第4部分：力学性能
YS/T 28 硅片包装
ISO 1776: 1985 玻璃——在100℃时耐盐酸侵蚀性的测定——火焰发射或火焰原子吸收光谱法
(Glass — Resistance to attack by hydrochloric acid at 100 degrees C — Flame emission or flame atomic absorption spectrometric method)
ASTM D150-22 固体电气绝缘材料交流损耗特性和介电常数（电容率）的标准测试方法
[Standard Test Methods for AC Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulation]
DIN IEC 60093: 1993 电气绝缘材料试验方法 固体电气绝缘材料的体积电阻率和表面电阻率
(Methods of test for insulating materials for electrical purposes ; volume resistivity and surface resistivity of solid electrical insulating materials)

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（TGV）材料 through glass via base material

用于半导体先进封装，可通过激光、刻蚀等工艺制备垂直导通微孔的特种玻璃板材，是玻璃通孔基板的基础基材，简称TGV基材。

3.2

相对介电常数 (Dk) relative dielectric constant

材料在交变电场下的介电常数，本文件规定测试频率为1 GHz、10 GHz、40 GHz。

3.3

介质损耗角正切 (Df, 损耗因子) dissipation factor

表征材料高频信号损耗的核心参数，是低介电损耗材料的关键指标。

3.4

平均线热膨胀系数 (CTE) coefficient of thermal expansion

规定温度区间内玻璃单位长度随温度变化的平均值，单位为 ppm/°C。

3.5

残余应力 residual stress

玻璃经过切割、研磨、抛光后内部残留的机械应力，分为面应力与体应力，单位为GPa。

3.6

翘曲度 warpage

玻璃基板自由状态下整体弯曲变形量，单位 μm

3.7

局部平整度 site flatness; SFQR

指定区域内基板表面最小二乘平面的偏差范围，是光刻工艺适配核心指标。

3.8

激光改质适配性 laser modification compatibility

玻璃接受激光诱导改质的均匀性，直接决定TGV刻蚀良率。

3.9

体积电阻率 volume resistivity

表征材料绝缘能力的电学参数。

4 技术要求

4.1 外观要求

4.1.1 玻璃通孔材料外观应符合以下要求：

- 气泡、结石：有效封装区内不允许存在；边缘非功能区单个直径 $\leq 0.1\text{mm}$ ，每片总数 ≤ 3 个；
- 划伤：功能区无长度 $> 0.2\text{mm}$ 可见划伤；细微发丝划痕宽度 $< 5\mu\text{m}$ 、长度 $< 0.1\text{mm}$ 单块不超5条；
- 裂纹、崩边：整片基板不允许贯通裂纹；TGV孔口崩边径向尺寸 $\leq$ 孔径10%，且最大不超 $15\mu\text{m}$ ；
- 覆铜基板要求：铜层无针孔、起皮、氧化斑点、褶皱、溢铜。

4.1.2 洁净度：表面无有机残留、无机颗粒、金属污染物，适配半导体百级及以上洁净车间使用。

4.1.3 工艺适配性：材料可稳定实现激光改质+湿法刻蚀、等离子刻蚀制备通孔，改质区域均匀，无局部应力集中，先进封装激光改质单脉冲能量波动系数（CV值） $< 1.5\%$ ，湿法刻蚀后TGV孔壁粗糙度对于通孔直径小于 $20\mu\text{m}$ 的基板，Ra应 $\leq 0.1\mu\text{m}$ ，对于通孔直径在 $20\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 之间的基板，Ra应 $\leq 0.3\mu\text{m}$ ，对于通孔直径大于 $200\mu\text{m}$ 的基板，Ra应 $\leq 0.3\mu\text{m}$ ，Rz应控制在 $1.0\text{--}2.0\mu\text{m}$ 范围内，同批次

成品通孔直径偏差 $\leq \pm 3\%$ ，刻蚀速率波动 $\leq \pm 5\%$ 。
4.1.4 批次一致性：同批次产品各项性能波动范围不得超过指标限值的 $\pm 5\%$ 。
4.1.5 玻璃基板外观符合 GB/T 34177 的规定。

4.2 尺寸与面形精度

尺寸与面形精度应符合表1的要求。

表 1 尺寸与面形精度

项目		允许偏差
玻璃基板公称厚度	0.525mm	$\pm 0.020\text{mm}$
	0.550mm	$\pm 0.020\text{mm}$
	0.625mm	$\pm 0.020\text{mm}$
	0.675mm	$\pm 0.020\text{mm}$
	1.000mm	$\pm 0.020\text{mm}$
	1.100mm	$\pm 0.020\text{mm}$
总厚度变化TTV， μm （300*300）		≤ 1.0
弯曲度Bow， μm （整片）		≤ 5.0
翘曲度Warp， μm		≤ 20
局部平整度SFQR（26mm×8mm），nm		≤ 30
表面粗糙度Ra（全域），nm		≤ 1.0

4.3 电学性能

玻璃通孔材料的电学性能测试环境：温度（ 23 ± 2 ）℃，相对湿度（ 50 ± 5 ）%且应符合表2的规定。

表 2 电学性能

测试参数	测试频率	技术要求
相对介电常数 Dk	1 GHz	≤ 4.4
	10 GHz	≤ 4.4
	40 GHz	≤ 4.5
介质损耗角正切 Df	1 GHz	≤ 0.0020
	10 GHz	≤ 0.0025
	40 GHz	≤ 0.0030
体积电阻率（直流）， $\Omega \cdot \text{cm}$	—	$\geq 10^{14}$
工频介电击穿强度，kV/mm	—	≥ 25

4.4 热学性能

玻璃通孔材料的热学性能应符合表3的规定。

表 3 热学性能

项目	技术要求
平均线热膨胀系数CTE，ppm/℃	3.3~4.0
应变点，℃	≥ 480
退火点，℃	≥ 530
热循环稳定性（-55℃~125℃，1000次）	无开裂、分层，翘曲增量 $\leq 10 \mu\text{m}$

4.5 力学与抗激光性能

力学及激光相关指标要求应符合表4的规定。

表 4 力学及激光性能

项目	技术要求
----	------

维氏硬度/HV	≥550
四点弯曲强度/MPa	≥140
弹性模量/GPa	70~90
落球抗冲击（钢球质量32.0±0.5g，直径19.844mm）	无破裂、无隐性裂纹
残余面应力/MPa	≤±10

4.6 化学稳定性

试验条件参照ISO 1776，试验后试样质量变化、外观需满足要求：

- a) 耐酸性（5%HCl 水溶液，80℃，24h）：质量损失≤0.01 mg/cm²，无腐蚀、发雾；
- b) 耐碱性（5%NaOH 水溶液，80℃，24h）：质量损失≤0.02 mg/cm²，无腐蚀、发雾；
- c) 耐湿法刻蚀液兼容性：常规 TGV 刻蚀体系下，刻蚀速率均匀，无表面粗糙化、局部腐蚀。

4.7 颗粒与金属杂质控制

表面颗粒及金属杂质控制符合表5的规定。

表 5 表面颗粒及金属杂质

序号	项目	技术要求
1	表面颗粒	≥0.2 μm 颗粒数量 ≤5个/片
2	表面金属沾污	单种金属（Na、K、Fe、Cu、Al、Cr、Ni）≤5×10 ⁸ atoms/cm ²
3	其他金属元素	≤1×10 ⁹ atoms/cm ²

5 试验方法

5.1 试验环境条件

温度（23±2）℃，相对湿度（50±5）%，试验前试样在环境中恒温放置不少于2 h。试样为成品玻璃原片，无额外涂层。

5.2 外观质量

按GB/T 34177中规定外观质量的方法进行检验。

5.2.1 表面及边缘缺陷检测检测设备

表面及边缘缺陷检测用 TGV-AOI 自动光学检测仪（搭载相干光成像、远心镜头、AI 缺陷分类算法，分辨率≥0.3 μm）、10 倍光学放大镜进行检测。

5.2.2 测试步骤

将成品基板置于AOI设备大理石载台，启动全自动检测程序，设备自动扫描全表面、边缘，识别裂纹、气泡、划痕、崩边、异物等缺陷；可疑部位辅以放大镜复核。

5.3 尺寸与面形精度

5.3.1 检测设备

激光干涉测厚仪、全自动激光平面度测试仪、原子力显微镜（AFM）。

5.3.2 检测方法

厚度、TTV按照GB/T 6618、GB/T 29507规定进行测试，翘曲度、局部平整度按照GB/T 29507、GB/T 19922的规定测试。

5.4 电学性能

5.4.1 电学性能按照 DIN IEC 60093:1993 规定的试验方法进行试验。

5.4.2 介电常数按照 ASTM D150-22 规定的方法进行试验，不同频率试验方法按照以下规定进行：

- a) 平行板电容法：适用于工频至 1 MHz 低频区间；

- b) 传输线法：适用于 1 MHz～1 GHz 中高频区间；
- c) 谐振腔法：1 GHz～40 GHz 射频/毫米波基准测试方法，杂散干扰小、测试精度最高，为先进封装射频玻璃基板的仲裁检测方法。

5.4.3 损耗角正切按照 ASTM D150-22 规定的方法进行试验，不同频率试验方法按照以下规定进行：

- a) 平行板电容法：适用于工频至 1 MHz 低频区间；
- b) 传输线法：适用于 1 MHz～1 GHz 中高频区间；
- c) 谐振腔法：1 GHz～40 GHz 射频/毫米波基准测试方法，杂散干扰小、测试精度最高，为先进封装射频玻璃基板的仲裁检测方法。

5.4.4 体积电阻率按照按 GB/T 1410 执行，采用高阻计测试直流体积电阻率。

5.4.5 介电击穿强度按 GB/T 1408.1 执行，工频耐压试验。

5.5 热学性能测试

5.5.1 平均线热膨胀系数（CTE）、应变点、退火点

按GB/T 45505.3执行，设备采用热机械分析仪（TMA），温度区间25℃～300℃。

5.5.2 热循环稳定性

将试样放入高低温循环试验箱，设置循环区间-55℃～125℃，单次循环60 min，总计100次。试验完成后目视+显微镜检查外观，复测翘曲度，判定是否合格。

5.6 力学与抗激光性能

5.6.1 维氏硬度

按GB/T 4340.1执行，显微维氏硬度计，加载力1.961N。

5.6.2 四点弯曲强度、弹性模量

按GB/T 45505.4的规定进行，电子万能材料试验机。

5.6.3 落球抗冲击

按GB/T 39814执行，钢球质量 32.0 ± 0.5 g，直径19.844mm，单点冲击，检查隐性裂纹。

5.6.4 残余应力

按GB/T 43774执行，采用光弹应力测试仪，非接触式检测面残余应力。

5.7 化学稳定性

按ISO 1776执行：将试样分组浸入对应酸碱溶液，恒温80℃保持24 h，取出清洗、烘干、称重，计算单位面积质量损失；目视检查表面腐蚀、发雾现象。

5.8 颗粒与金属杂质控制

5.8.1 表面颗粒

按照GB/T 19921中激光散射法进行测定。

5.8.2 金属杂质

按照GB/T 39145规定的测试方法进行测试。

6 检验规则

6.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。出厂检验：每批产品出厂前应进行的检验项目，用于判定该批产品是否合格。型式检验出现以下情形需进行型式检验：

- a) 产品进行定型鉴定时；

- b) 正式生产时，如结构、设计、工艺、材料有改变，影响其性能时；
- c) 正常生产每一年一次；
- d) 停产半年以上，恢复生产时；
- e) 质量部门提出型式试验的要求时；
- f) 大批量产品的买方要求在验收中进行型式检验。

出厂检验和型式检验项目应符合表 6 的规定

表 6 出厂检验和型式检验

检验项目	出厂检验	型式检验	说明
外观质量	√	√	逐片全检或抽检
尺寸与面形精度	√	√	逐片全检或抽检
电学性能	√	√	逐批抽样
热学性能	√	√	通常逐片全检
力学与抗激光性能	√	√	逐片全检或抽检
背面宏观缺陷	√	√	逐片全检或抽检
化学稳定性	—	√	定期检验或抽检
颗粒与金属杂质控制	√	√	定期检验或抽检
包装	√	√	逐批全检

6.2 判定规则

出厂检验中，所有试验样品进行的检验项目全部满足要求，判定为出厂检验合格；任一试验样品的任一检验项目不满足要求，判定为出厂检验不合格，允许加倍抽取样品，对不合格项目进行复检。如复检仍有不合格项目，则判该批次检验不合格。

型式检验当所有试验项目均满足规定时，则判为型式试验合格。如果任何一个项目中一只样品或一只以上样品不符合规定的要求时，应停止试验，生产方对不合格项目进行分析，找出不合格原因并采取纠正措施后，可重新进行型式试验，若重新试验合格，则仍判定试验合格；若重新试验仍有某个项目中一只样品或一只以上样品不符合规定的要求，则判定型式试验不合格。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

7.1.1 产品标志

产品标志通常包括：

- a) 产品型号/规格代码；
- b) 批次号；
- c) 片号；
- d) 生产厂家标识；
- e) 出厂日期或生产周期。

7.1.2 包装标志

每个最小包装单元（如片盒）外表面应粘贴标签，标签内容包括但不限于：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号/规格；
- c) 批次号：可追溯的唯一批次标识；
- d) 数量；
- e) 生产日期；
- f) 生产厂家名称及地址；
- g) 贮存条件；
- h) 防护标识；
- i) 执行标准编号。

7.1.3 外包装标志

外包装箱（或运输包装）上应有清晰的标志，包括但不限于：

- a) 发运方名称、地址、联系方式；
- b) 接收方名称、地址、联系方式；
- c) 产品名称及数量；
- d) “易碎物品”“防潮”“防静电”等警示标志；
- e) 堆码层数极限标志；
- f) 生产日期或发货日期。

包装标志应符合 YS/T 28 及 GB/T 191 的规定。

7.2 包装

7.2.1 包装

包装应满足以下基本要求：

- a) 包装材料应洁净、无污染、不发尘，不对产品表面质量造成二次污染或损伤；
- b) 包装应具备防静电性能；
- c) 包装应具备足够的机械强度，能够抵抗运输过程中的正常振动、冲击、堆码压力；
- d) 包装应具备防潮性能，对于高湿度敏感的产品应采取真空封装或充入惰性气体保护；

7.2.2 包装材料要求

包装材料应符合下列要求：

- a) 片盒：材料应符合防静电要求；
- b) 防静电袋：应具备静电屏蔽性能和低发尘特性；
- c) 干燥剂：应无尘、无污染，符合半导体行业使用要求；
- d) 缓冲材料：应使用防静电、低发尘材料，不产生离子污染。

7.3 运输

运输过程中应满足以下要求：

- a) 运输工具应保持清洁、干燥、无污染，运输车厢应具备防尘、防雨、防震功能；
- b) 运输过程中应避免剧烈振动、冲击、挤压及雨淋、日晒等恶劣环境影响；
- c) 运输过程中不应与腐蚀性、挥发性、放射性等有害物质混运；
- d) 装卸过程中应轻拿轻放，严禁抛掷、翻滚或倒置包装箱。

7.4 贮存

7.4.1 贮存环境

贮存环境应满足以下要求：

- a) 温度：20℃～25℃，或由供需双方协商确定；
- b) 相对湿度：<60% RH，避免高湿导致氧化或污染；
- c) 光照：避免阳光直射和强紫外线照射；

7.4.2 贮存方式

贮存环境应满足以下要求：

- a) 应竖直放置于片盒中，避免水平叠放导致翘曲或碎片；
- b) 片盒应置于专用贮存柜或贮存架上，保持平稳，避免倾斜或倒置；
- c) 片盒外应有明确标签，包含产品信息、入库日期、贮存期限等；

7.4.3 贮存期限

在满足本标准规定的贮存条件下，贮存期限由供需双方协商确定。通常建议未开封原包装产品：自生产之日起 12 个月（由供需双方协商）；已开封但未使用的产品：应尽快使用，如无法及时使用，应重新密封并降低贮存期限。

T/CWDPA XXXX—XXXX
