

中国电子元件行业协会

中电元协 2024 第 (017) 号

中国电子元件行业协会 公告

关于批准发布《汽车用石英晶体元件可靠性试验》等
二项中国电子元件行业协会团体标准的公告

中国电子元件行业协会团体标准 T/CECA 99-2024 《汽车用石英
晶体元件可靠性试验》、T/CECA 100-2024 《汽车用石英晶体振荡器
可靠性试验》业经审查通过，现予发布（见附件）。

中国电子元件行业协会

2024年7月23日



附件：

《汽车用石英晶体元件可靠性试验》等二项中国电子元件行业协会团体标准的编号、名称、主要内容一览表

序号	标准编号	标准名称	主要内容	代替标准号	实施日期
1	T/CECA 99-2024	汽车用石英晶体元件可靠性试验	<p>本文件确立了汽车用石英晶体元件的可靠性试验程序，并规定了可靠性试验方法。</p> <p>本文件适用于汽车用石英晶体元件的可靠性试验，包含表面贴装（Surface Mounted Devices, SMD）晶体元件和插件式晶体元件、线状引出端（Through Hole Device, THD）晶体元件。</p>		2024-8-1
2	T/CECA 100-2024	汽车用石英晶体振荡器可靠性试验	<p>本文件确立了汽车用石英晶体振荡器的可靠性试验程序，并规定了可靠性试验方法。</p> <p>本文件适用于汽车用石英晶体振荡器的可靠性试验，包含表面贴装（SMD）石英晶体振荡器插针、线状引出端（THD）石英晶体振荡器，这些晶体振荡器通过其引出端安装在混合电路基板上。</p>		2024-8-1

团 体 标 准

T/CECA 99—2024

汽车用石英晶体元件可靠性试验

Reliability test of quartz crystal units for automobiles

2024—07—23 发布

2024—08—01 实施

中国电子元件行业协会 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 概述	2
5 试验方法	4
6 工程变更可靠性鉴定	14
附录 A（规范性） 剪切试验、基板弯曲试验测试板	15
附录 B（规范性） 工程变更可靠性鉴定	16
参考文献	19

本标准版权为中国电子元件行业协会所有，除了用于国家法律或事先得到中国电子元件行业协会的许可外，不得以任何形式或任何手段复制、再版或使用本标准及其章节，包括电子版、影印件，或发布在互联网及内部网络等。

前 言

本文件按 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这些专利的责任。

本文件由中国电子元件行业协会压电晶体元器件及材料分会提出并归口。

本文件起草单位：广东惠伦晶体科技股份有限公司、浙江汇隆晶片技术有限公司、泰晶科技股份有限公司、安徽晶赛科技股份有限公司、珠海东精大电子科技有限公司、南京中电熊猫晶体科技有限公司、武汉海创电子股份有限公司、深圳市晶峰晶体科技有限公司、河北远东通信系统工程有限公司、金华市创捷电子有限公司、唐山国芯晶源电子有限公司、成都晶宝时频技术股份有限公司、日照旭日电子有限公司、三生电子（天津）有限公司、江苏浩都频率科技有限公司、东晶电子金华有限公司、台晶（宁波）电子有限公司、鸿星科技（集团）股份有限公司、宁波晶创科技有限公司、华为技术有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、烟台明德亨电子科技有限公司、成都世源晶电科技有限公司、绍兴奥美电子科技有限公司、北京晨晶电子有限公司。

本文件主要起草人：赵积清、邢越、黄虎、刘峰、叶国萍、许哲隆、孟田、孙晓明、詹超、陈维彦、胡孔亮、谢尚平、孙川、高志祥、李坡、毛晶、熊卉芳、高青、刘其胜、张建伟、王盼、陈康、胡勍波、徐建民、李永斌、刘青彦、黄建友、刘思军、张传哲、王秋贞、祝希坚、尚虎、耿健、王晓东、李凯、沈俊男、徐俊俊、余剑、吴中林、班建珍、张国庆、卢艳东、黄琳、陈光星、黄屹、欧阳林、田培洪、夏春城、陈涵瀚、邓国华、魏金鑫、张健。

引 言

本文件供各成员单位自愿采用。提请各使用单位注意，采用本文件时，根据各自产品特点，确认本文件的适用性。

汽车用石英晶体元件可靠性试验

1 范围

本文件确立了汽车用石英晶体元件的可靠性试验程序，并规定了可靠性试验方法。

本文件适用于汽车用石英晶体元件的可靠性试验，包含表面贴装(Surface Mounted Devices, SMD)晶体元件和插件式晶体元件、线状引出端(Through Hole Device, THD)晶体元件(以下均简称晶体元件)。

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 2421—2020 环境试验 概述和指南
- GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.5—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
- GB/T 2423.7—2018 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ec：粗率操作造成的冲击(主要用于设备型样品)
- GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动(正弦)
- GB/T 2423.15—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ga和导则：稳态加速度
- GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
- GB/T 2423.23—2013 环境试验 第2部分：试验方法 试验Q：密封
- GB/T 2423.28—2005 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验T：锡焊
- GB/T 2423.50—2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cy：恒定湿热 主要用于元件的加速试验
- GB/T 2423.60—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验U：引出端及整体安装件强度
- GB/T 4937.3—2012 半导体器件 机械和气候试验方法 第3部分：外部目检
- GB/T 4937.15—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第15部分：通孔安装器件的耐焊接热
- GB/T 4937.26—2023 半导体器件 机械和气候试验方法 第26部分：静电放电(ESD)敏感度测试 人体模型(HBM)
- GB/T 5169.5—2020 电工电子产品着火危险试验 第5部分：试验火焰 针焰试验方法 装置、确认试验方法和导则
- GB/T 12273.1—2017 有质量评定的石英晶体元件 第1部分：总规范
- SJ/T 11211—1999 石英晶体元件参数的测量 第5部分：采用自动网络分析技术和误差校正确定等效电参数的方法

IEC 60068-2-20:2021 环境试验-第 2-20 部分：试验-试验 Ta 和 Tb：有引线器件的可焊性和耐焊接热试验方法 (Environmental testing -Part 2-20: Tests - Test T Tests Ta and Tb: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads)

3 术语和定义

GB/T 12273.1—2017 界定的术语和定义适用于本文件。

4 概述

4.1 抽样

本文件涉及的所有试验项目的抽样方案均采用零缺陷判据。

4.2 样本数

用于鉴定试验和/或通用数据提交的样本数应与表 1 中规定的样本数一致。如果提供通用（系列）数据而不是特定元件数据，则表 1 中适用类型为 B 的所有试验批为 3。如果对特定晶体元件进行鉴定，则只需要 1 批的数据，但静电放电（Electrostatic Discharge, ESD）项目除外（表 1 中适用类型为 E）。

经受过非破坏性试验的元件（表 1 中适用类型为 N），通常可以用于其他试验项目。经受过破坏性试验的元件（表 1 中适用类型为 D），不应重复用于其他试验。

对于表 1 内测试必要性为“可选”的项目，其样本数按照表 1 进行。可靠性鉴定试验的总样本数量相应增加，应对增加的项目及数量进行记录。

4.3 通用数据

通用数据包括工艺过程数据、工程变更鉴定数据、定期可靠性监控数据。

A、B 两个产品若使用相同工艺或材料，则可初步定义为同一系列产品，A 进行全部试验后，其采用相同工艺或材料的试验项目所得到的测试结果为通用数据。B 产品进行剩余项目的试验后再加上通用数据可鉴定为通过。如果试验结果中有不合格数据，则该项目的数据不能用作通用数据。

4.4 可靠性初始鉴定试验

可靠性初始鉴定试验所涉及的试验项目，以及样本数、批次见表 1。

表 1 可靠性鉴初始定试验一览表

编号	试验项目	适用类型	样本数 (个/批)	批次数 (单一)	批次数 (系列)	接收 判据	试验 方法 章条号	测试 必要性
1	试验前和试验后的电性能测量	G	全部样品			0 失效	5.2.2	必测
2	高温贮存(非工作状态)	B, D, G, M	77	1	3	0 失效	5.3	必测
3	温度循环(非工作状态)	B, D, G, M	77	1	3	0 失效	5.4	必测
4	恒定湿热(工作状态)	B, D, G, M	77	1	3	0 失效	5.5	必测
5	寿命(工作状态)	B, D, G, M	77	1	3	0 失效	5.6	必测
6	外观检查	G, N	全部样品			0 失效	5.2.1	必测

表1 可靠性初始鉴定试验项目一览表（续）

编号	试验项目	适用类型	样本数 (个/批)	批次数 (单一)	批次数 (系列)	接收 判据 (个)	试验 方法 章条号	测试 必要性
7	外形尺寸	G, N	30	1	3	0失效	5.7	必测
8	引出端强度（适用于插件、线状引出端）	D, G, L	30	1	3	0失效	5.8.1	必测
9	引出端强度（仅适用表面贴装）	D, S	30	1	3	0失效	5.8.2	必测
10	机械冲击	B, D, G	30	1	3	0失效	5.9	必测
11	振动（正弦）	B, D, G	30	1	3	0失效	5.10	必测
12	耐焊接热	D, G	30	1	3	0失效	5.11	必测
13	静电放电（ESD）敏感度试验 人体模型（HBM）	D, E	每个电压 等级 15	1	3	0失效	5.12	可选
14	可焊性	D, G	30	1	3	0失效	5.13	必测
15	电性能	G, M, N	30	3	3	0失效	5.14	必测
16	耐燃性（仅适用于具有外露固化树脂或塑料材料的元件）	D	3	1	3	0失效	5.15	必测
17	基板弯曲（适用表面贴装）	D, S	30	1	3	0失效	5.16	必测
18	低温贮存（非工作状态）	B, D, G, M	30	1	3	0失效	5.17	可选
19	自由跌落	B, D, G	30	1	3	0失效	5.18	可选
20	稳态加速度	B, D, G	30	1	3	0失效	5.19	可选
21	密封	G, N	全部样品			0失效	5.20	可选
22	封盖扭矩	D, G	5	1	3	0失效	5.21	可选

注：

表中“适用类型”代码的含义：

B——如果提供通用数据而不是元件特定数据，则所有试验都需要3个批次。当测试3个批次时，允许的失效数量为0。如果对要验证的元件进行验证（例如，扩展现有产品范围），则仅需要1个批次该数据，并用特定标识进行区分。

D——破坏性试验，元件不得重复用于试验。

E——对于系列验证，如果供货商指定了ESD类别或值，则应测试该系列内的所有元件（具有此ESD值）。如果未指定ESD类别或值，则可以使用通用数据。

G——允许使用通用数据。

L——仅适用于插件、线状引出端（THD）晶体元件。

M——规定的温度为环境温度而不是元件温度。

N——非破坏性试验。元件可用于其他试验。

S——仅适用于表面贴装（SMD）元件。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 基准标准大气条件

基准标准大气条件符合 GB/T 2421—2020 中 4.1 的规定：

- a) 温度：20 ℃；
- b) 气压：101.3 kPa。

5.1.2 仲裁测量和试验用标准大气条件

仲裁测量和试验用标准大气条件符合 GB/T 2421—2020 中 4.2 的规定，并采用以下细则：

- a) 温度：25 ℃±1 ℃；
- b) 相对湿度：48 % ~ 52 %；
- c) 气压：86 kPa ~ 106 kPa。

5.1.3 测量和试验用标准大气条件

测量和试验用标准大气条件符合 GB/T 2421—2020 中 4.3 的规定，除另有规定，试验应在下列环境条件下进行：

- a) 环境温度：15 ℃ ~ 35 ℃；
- b) 空气相对湿度：25 % ~ 75 %；
- c) 气压：86 kPa ~ 106 kPa。

5.2 试验前和试验后的测量

5.2.1 外观检查

按 GB/T 4937.3—2012 第 4 条进行，用目检法检查产品的状态、表面质量。必要时，可使用显微镜放大 10 倍进行检查。

5.2.2 试验前和试验后的电性能测量

按 SJ/T 11211—1999 的第 6 条在试验前和试验后分别进行测量：

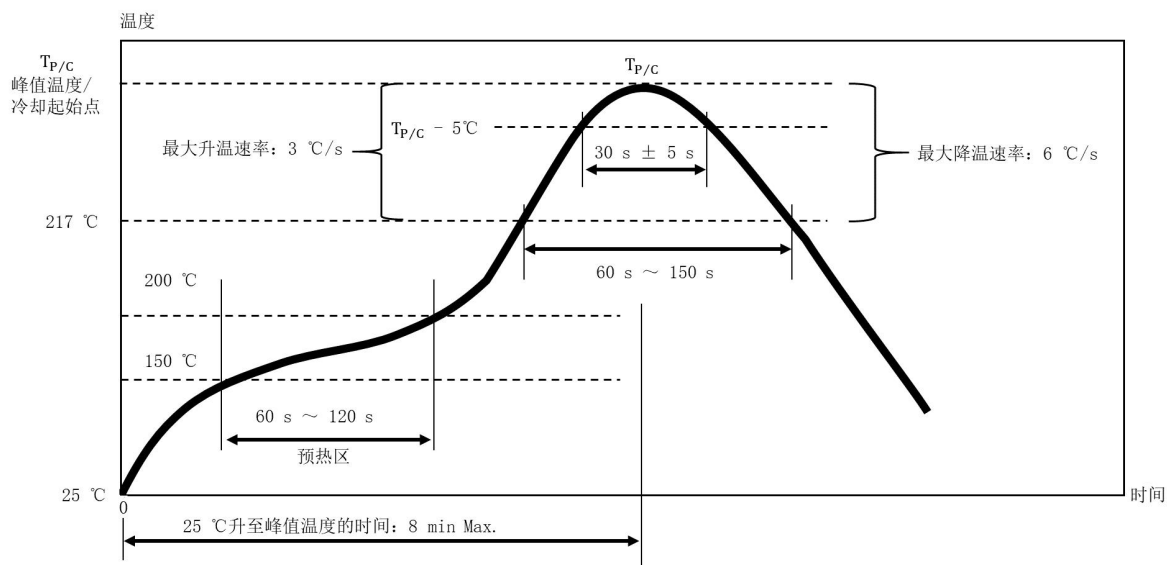
- a) 输出频率；
- b) 谐振电阻。

测量后对输出频率和谐振电阻的变化量进行记录，与规格书进行对比判定晶体元件是否合格。

5.2.3 试验前回流焊

为模拟晶体元件的应用状态，在相关的可靠性指定试验项目进行之前，应进行试验前回流焊（焊料为 Sn96.5Ag3.0Cu0.5，简称 SAC305）预处理。回流焊预处理的温度曲线，见图 1。

- a) 适用试验前回流焊预处理的指定试验项目：
 - 5.4 温度循环（非工作状态）；
 - 5.5 恒定湿热（工作状态）；
 - 5.6 寿命（工作状态）；
- b) 峰值温度：见表 2；
- c) 试验次数：见表 3。



注： $T_{P/C}$ 中的P指的是指 PCB 表面在焊接峰值区的温度。此区域用于使焊料达到融化点并形成正确的焊点；C指的是回流焊达到此峰值温度后开始冷却并达到固化点。

图 1 无铅回流焊曲线

表 2 无铅回流焊温度

产品厚度 mm	温度 °C
< 1.6	255 ~ 260
1.6 ~ 2.5	255 ~ 260
> 2.5	250 ± 5

表 3 无铅回流焊次数

体积 V cm ³	无铅回流焊次数
≤ 1	3
1 < V < 2.5	2
≥ 2.5	1

5.3 高温贮存(非工作状态)

按 GB/T 2423.2—2008 试验方法 Bb 进行，并采用以下细则：

- 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量；
- 试验温度：最高工作温度或规定的最高存储温度（取其中最大值）；
- 试验时间：1000 h；
- 恢复时间：1 h 之后，确保样品温度达到热平衡，在 24 h ± 4 h 内测试；
- 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观和电性能测量

5.4 温度循环(非工作状态)

按 GB/T 2423.22—2012 试验方法 Nb 进行, 并采用以下细则:

- a) 按 5.2.3 进行试验前回流焊 2 次;
- b) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量;
- c) 试验温度:
 - 低温: $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - 高温: 最高工作温度 (且不低于 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- d) 转换时间: 不超过 1 min;
- e) 保持时间: 不低于 15 min;
- f) 循环次数: 1000 次;
- g) 恢复时间: 1 h 之后, 确保样品温度达到热平衡。在 $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ 内测试;
- h) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观和电性能测量。

5.5 恒定湿热(工作状态)

按 GB/T 2423.50—2012 的试验方法 Cy 进行, 并采用以下细则:

- a) 按 5.2.3 进行试验前回流焊 2 次;
- b) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量;
- c) 试验温度与湿度: $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $(85 \pm 5)\% \text{ RH}$;
- d) 试验用电路:
 - 电源: 加载额定电压;
 - 反馈电阻;
 - 外部负载电容;
 - 试验持续时间: 1000 h;
- e) 恢复时间: 1 h 之后, 确保样品温度达到热平衡, 在 $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ 内测试;
- f) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观和电性能测量。

5.6 寿命(工作状态)

按 GB/T 2423.2—2008 的试验方法 Be 进行试验, 并采用以下细则:

- a) 按 5.2.3 进行试验前回流焊 2 次;
- b) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量;
- c) 试验温度: 最高工作温度;
- d) 试验时间: 1000 h;
- e) 试验用电路:
 - 电源: 加载额定电压;
 - 反馈电阻;
 - 外部负载电容;
- f) 恢复时间: 1 h 之后, 确保样品温度达到热平衡, $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ 内测试;
- g) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观和电性能测量。

5.7 外形尺寸

按产品规格书定义的各项尺寸进行检查。

检查中使用应包括千分尺、卡尺、量规、轮廓投影仪或其他能够确定产品尺寸的装置。

5.8 引出端强度

5.8.1 引出端强度（插件、线状引出端元件适用）

5.8.1.1 拉力试验（插件、线状引出端元件适用）

按 GB/T 2423.60—2008 的试验 Ua1（拉力）进行，并采用以下细则。

- 将样品本体固定，使其引出端处于正常位置，将拉力沿轴向施加到引出端上，并作用在离开试验样品主体的方向上，见图 2，维持 $10\text{ s} \pm 1\text{ s}$ 。
- 拉力施加数值按 GB/T 2423.60—2008 的表 2。
- 用目检法检查外观，必要时，可使用显微镜放大 10 倍进行检查，应无可见机械损伤。
- 按 5.20 进行密封试验。

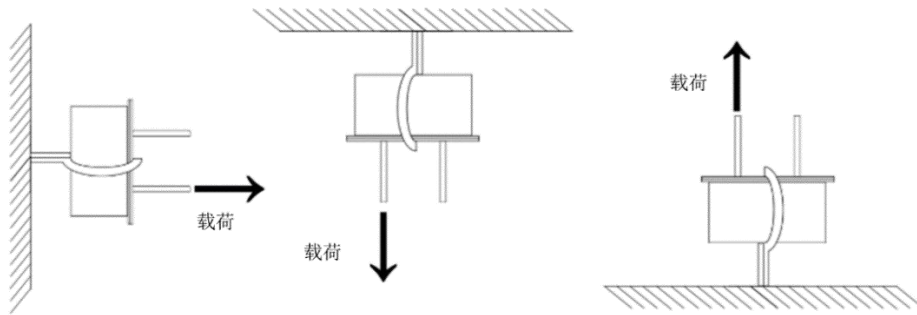


图 2 拉力试验

5.8.1.2 弯曲试验（插件、线状引出端元件适用）

按 GB/T 2423.60—2008 的试验 Ub 进行，并采用以下细则。

- 固定样品本体，使引出端处于试验样品正常使用位置，其引出端的轴向处于垂直方向，然后在试验品引出端的末端悬挂施加弯曲力的砝码。将试验样品主体在垂直平面内倾斜大约 90° ，然后使其恢复到初始位置，此操作即为一个弯曲，见图 3。
- 弯曲施加力数值按 GB/T 2423.60—2008 的表 4。
- 用目检法检查外观，必要时，可使用显微镜放大 10 倍进行检查，应无可见机械损伤。
- 完成外观检查后按 5.20 进行密封试验。

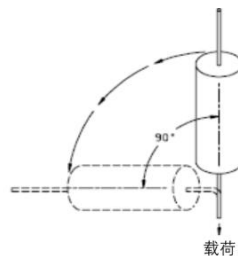


图 3 弯曲试验

5.8.2 剪切试验（适用于表面贴装）

按 GB/T 2423.60—2008 的试验 Ue3 进行，并采用以下细则：

- a) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量；
- b) 测试板焊盘：采用供货商建议的焊盘设计形式，将元件安装于测试板上中心的位置；印制电路板（Printed Circuit Board, PCB）的尺寸见附录 A 图 A.1；
- c) 焊料：SAC305；
- d) 推力工具（刀头）：半径 0.5 mm，宽度 20 mm；
- e) 作用力：17.7 N（1.8 kg）；
- f) 以恒定速度沿平行于基板和垂直于样品侧表面方向施加推力，并保持 $60\text{s} \pm 1\text{s}$ ，见图 4；此外，应逐渐施加力，以免对被测元件造成冲击；
- g) 用目检法检查外观，必要时，可使用显微镜放大 10 倍进行检查，应无可见机械损伤；
- h) 按 5.2.2 进行试验后电性能测量，并按 5.20 进行密封试验。

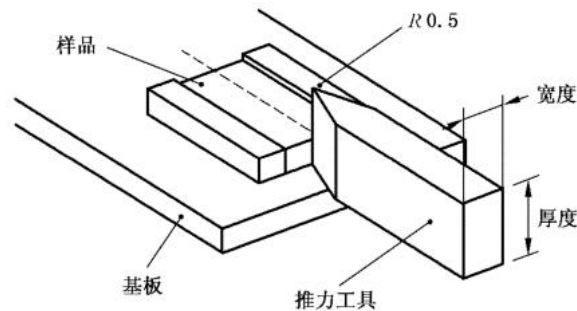


图 4 剪切试验

5.9 机械冲击

按 GB/T 2423.5—2019 试验 Ea 进行，并采用以下细则：

- a) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观检查和电性能测量；
- b) 加速度脉冲：半正弦波；
- c) 峰值加速度：100 g；
- d) 脉冲宽度：6 ms；
- e) 方向： $\pm X$, $\pm Y$, $\pm Z$ ，6 个方向各 3 次，共计 18 次；
- f) 产品的安装方式：制造厂与客户协商一致方式；
- g) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观检查和电性能测量，并按 5.20 进行密封试验。

5.10 振动（正弦）

按 GB/T 2423.10—2019 试验 Fc 进行，并采用以下细则：

- a) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观检查和电性能测量；
- b) 频率和扫描时间：对数扫频，10 Hz ~ 2000 Hz/20 min 为一个周期；
- c) 加速度：5 g；
- d) 持续时间：X、Y、Z 三个方向，每方向各 12 个周期，每个周期 20 min，共 720 min；
- e) 产品的安装方式：制造厂与客户协商一致方式；
- f) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观检查和电性能测量，并按 5.20 进行密封试验。

5.11 耐焊接热

5.11.1 耐焊接热(插件、线状引出端元件适用)

对于插件、线状引出端晶体元件，耐焊接热试验在 5.13.1.1 和 5.13.1.2 两项中择一进行。

5.11.1.1 焊槽法(插件、线状引出端元件适用)

按 GB/T 2423.28—2005 试验 Tb 方法 1A 进行试验，并采用以下细则：

- a) 按 5.2.1 进行试验前外观检查；
- b) 助焊剂：按质量计 25 %松香和 75 %的异丙醇或乙醇；
- c) 助焊剂浸渍温度和时间：室温环境下，5 s ~ 10 s；
- d) 焊槽温度：260 °C ± 5 °C；
- e) 浸渍时间：10 s ± 1 s；
- f) 焊液浸入和浸出速率：25 mm/s ± 6 mm/s；
- g) 浸入次数：1 次；
- h) 浸焊后，应让元件冷却并在室内环境条件下稳定。如果使用助焊剂，则应使用适当的清洁溶液清洁元件；
- i) 应在 10 倍放大倍率下对元件进行目视检查；
- j) 按 5.2.1 进行试验后外观检查。

5.11.1.2 波峰焊法(插件、线状引出端元件适用)

按 GB/T 4937.15—2018 条件 A 波峰焊规定进行，并采用以下细则：

- a) 按 5.2.1 进行试验前外观检查；
- b) 助焊剂：按质量计 25 %松香和 75 %的异丙醇或乙醇；
- c) 助焊剂浸渍温度和时间：室温环境下，5s ~ 10 s；
- d) 焊料温度：260 °C ± 5 °C；
- e) 浸渍时间：20 s ± 1 s；
- f) 浸入次数：1 次；
- g) 浸焊后，应让元件冷却并在室内环境条件下稳定。如果使用助焊剂，则应使用适当的清洁溶液清洁元件；
- h) 应在 10 倍放大倍率下对元件进行目视检查；
- i) 按 5.2.1 进行试验后外观检查。

5.11.2 回流焊法(表面贴装元件适用)

按 5.2.3 的方法进行试验，并采用以下细则：

- a) 按 5.2.1 进行试验前外观检查；
- b) $T_{p/c}$ 范围：表 2 选择；
- c) 时间：30 s ± 5 s；
- d) 回流焊次数：3 次；
- e) 应在 10 倍放大倍率下对部件进行目视检查；
- f) 按 5.2.1 进行试验后外观检查。

5.12 静电放电(ESD)敏感度试验-人体模型(HBM)

本试验适用于热敏晶体。其他类型晶体元件不做强制要求。

按 GB/T 4937.26—2023 试验方法进行，并采用以下细则：

- a) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量；
- b) 试验电路：150 pF/2000 Ω ；
- c) 等级和施加次数：500 V, 1000 V, 2000 V, 5 个脉冲，依电压顺序进行，每个电压等级 15 只；
- d) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观和电性能测量。

5.13 可焊性

5.13.1 可焊性(插件、线状引出端元件适用)

按 GB/T 2423.28—2005 试验 Ta 方法 1 进行，并采用以下细则：

- a) 预处理要求：烘烤 155 $^{\circ}\text{C}$ ，4 h \pm 15 min；
- b) 助焊剂与浸入时间：按质量计 25 %松香和 75 %的异丙醇或乙醇，5 s \sim 10 s；
- c) 焊料：SAC305；
- d) 焊料温度试验条件：245 $^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，3 s \pm 0.3 s；
- e) 浸入深度：使熔融和料表面距离元件本体或距离基座面 1.27 mm 以内；
- f) 浸入和提出焊槽速度：(25 \pm 6) mm/s；
- g) 浸入时间：5 $^{0}_{-0.5}$ s；
- h) 试验后：使用显微镜放大 10 倍进行检查，引出端的焊锡覆盖率不少于 95 %。

5.13.2 可焊性(表面贴装元件适用)

5.13.2.1 和 5.13.2.2 择一进行。

5.13.2.1 浸锡及外观检查

按 IEC 60068-2-20:2021 试验 Ta 方法 1 进行，并采用以下细则：

- a) 预处理要求：烘烤 155 $^{\circ}\text{C}$ 4 h \pm 15 min；
- b) 助焊剂与浸入时间：按质量计 25 %松香和 75 %的异丙醇或乙醇，5 s \sim 10 s；
- c) 焊料：SAC305；
- d) 焊料温度试验条件：245 $^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，3 s \pm 0.3 s；
- e) 浸入深度：至少为 0.1 mm；
- f) 浸入和提出焊槽速度：(25 \pm 6) mm/s；
- g) 浸入时间：5 $^{0}_{-0.5}$ s；
- h) 试验后：使用显微镜放大 10 倍进行检查，引出端的焊锡覆盖率不少于 95 %。

5.13.2.2 金属层耐溶蚀性

按 IEC 60068-2-20:2021 试验 Ta 方法 1 进行，并采用以下细则：

- a) 预处理要求：烘烤 155 $^{\circ}\text{C}$ 4 h \pm 15 min；
- b) 助焊剂与浸入时间：按质量计 25 %松香和 75 %的异丙醇或乙醇，5 s \sim 10 s；
- c) 焊料：SAC305；
- d) 焊槽温度：260 $^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
- e) 浸入深度：至少能完全浸没被试元件的待焊面；
- f) 浸入和提出焊槽速度：(25 \pm 6) mm/s；
- g) 浸入时间：30 $^{+5}_{0}$ s；
- h) 试验后：使用显微镜放大 10 倍进行检查，可焊金属层呈现裸露的底层、不浸润的金属基材或金属层或陶瓷基本部分不超过 5 %。

5.14 电性能

按 SJ/T 11211—1999 进行测量，并明确以下要求：

- 频率；
- 谐振电阻；
- 温度：25 °C ± 1 °C，最低和最高工作温度；
- 数据判定：最小值、最大值、平均值、标准偏差与 C_{PK} 。

5.15 耐燃性（仅具有外露固化树脂或塑胶材料的元件适用）

按 GB/T 5169.5—2020 进行，并采用以下细则：

如果暴露的树脂或塑胶材料为 V-1、V-0 或 5VA，则不需要进行测试。如果暴露的树脂或塑胶材料不是 V-1、V-0 或 5VA，则元件或元件的适用部分（例如套管或密封剂）、材料应根据 GB/T 5169.5—2020 进行针焰测试。

5.16 基板弯曲（表面贴装元件适用）

按 GB/T 2423.60—2008 的试验 Ue1 进行，并采用以下细则：

- 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量；
- 测试板材质：玻璃纤维环氧树脂覆铜板（FR4）；
- 测试板尺寸：按附录 A；
- 测试板焊盘：采用供货商建议的测试板焊盘（见附录 A）；
- 应力施加位置：距离元件中心左右各 45 mm ± 2 mm 的位置，见图 5；
- 应力施加方式：采用宽度为 20 mm、前端半径为 340 mm 的弯曲工具，于产品焊装的背面施加应力，经受一个以 (1 ± 0.5) mm/s 的速度渐渐弯曲至少 2 mm 的弯曲，见图 6，弯曲状态的持续时间： 60_0^{+5} s；
- 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观和电性能测量。

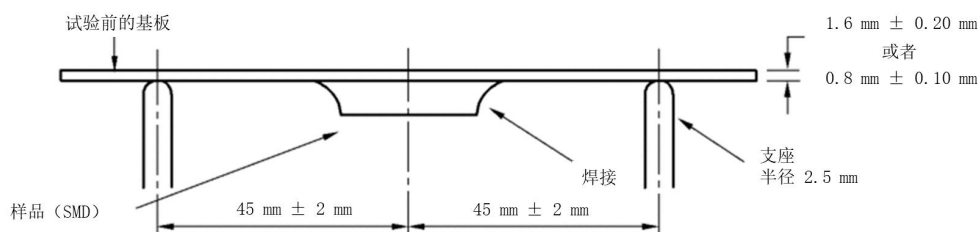
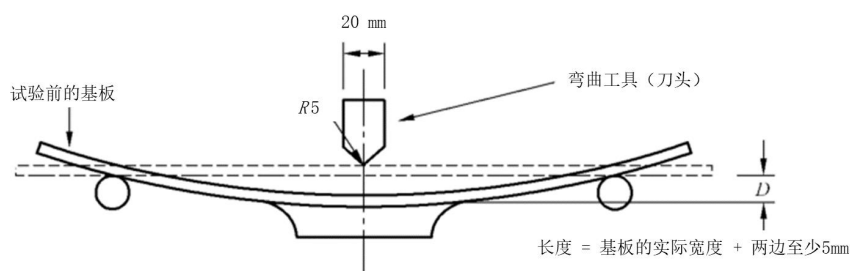


图 5 基板弯曲试验应力施加相对位置



注：应去除弯曲工具的锐利边缘。

图 6 基板弯曲试验应力施加方式

5.17 低温贮存（非工作状态）

按 GB/T 2423.1—2008 的试验方法 Ab 进行，并采用以下细则：

- a) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量；
- b) 试验温度： $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 试验时间：1000 h；
- d) 恢复时间：1 h 之后，确保样品温度达到热平衡；在 $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ 内测试；
- e) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观和电性能测量。

5.18 自由跌落

根据客户端需求确定是否进行本试验。按 GB/T 2423.7—2018 的 5.2 进行，并采用如下细则：

- a) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量；
- b) 自由跌落试验地面材质：混凝土。
- c) 在高度 1.2 m 处释放样品，6 个方向各 3 次；
- d) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观和电性能测量，并检测功能是否正常。

5.19 稳态加速度

根据客户端需求来确定是否进行本试验。按 GB/T 2423.15—2008 试验方法 Ga 条件 E 规定进行试验，并采用如下细则：

- a) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验前外观和电性能测量，并检测功能是否正常；
- b) 峰值加速度：30000 g；
- c) 持续时间：1 min；
- d) 方向：仅针对 Y1 面（垂直方向）；
- e) 按 5.2.1 和 5.2.2 进行试验后外观和电性能测量。

5.20 密封

所有的密封晶体元件都需要进行细检漏和粗检漏，且应先进行细检漏后进行粗检漏。

5.20.1 细检漏

按 GB/T 2423.23—2013 第 8 章试验 Qk 试验方法 1 进行。

5.20.2 粗检漏

按 GB/T 2423.23—2013 第 5 章的试验 Qc 试验方法 1 或试验方法 2 择一进行。

5.21 封盖扭矩

封盖扭矩适用于玻璃熔块密封封装的陶瓷腔体封装晶体元件，采用以下细则进行试验：

- a) 试验方法：固定晶体元件本体，并将扭矩施加到晶体元件盖子上，固定装置避免接触密封玻璃；
- b) 逐渐、平稳地施加扭矩，直至出现封装分离或达到 $12.8\text{ N}\cdot\text{m}$ 扭矩极限，应记录封装分离所需的扭矩或达到 $12.8\text{ N}\cdot\text{m}$ 扭矩极限；
- c) 施加扭矩应使旋转轴线垂直于密封平面，且旋转轴线应位于密封区域的几何中心，见图 7；
- d) 密封面积定义见图 8，施加的力见表 5。

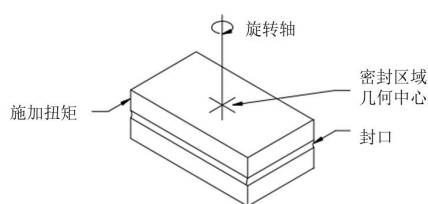
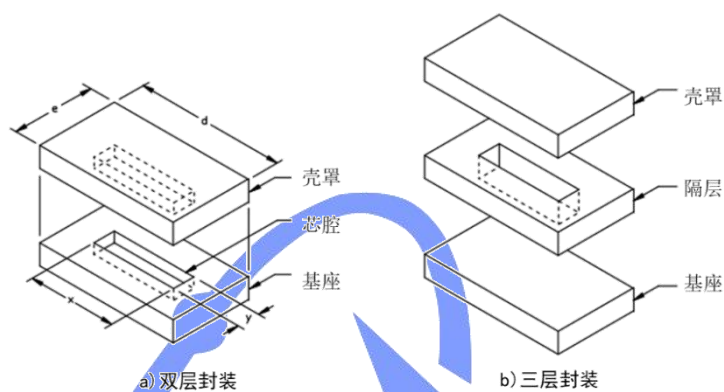


图7 扭矩施加方式



密封区域: $ed - xy$ 。
如果壳罩和基座的芯腔不相等, “xy”区域应根据壳罩和基座中较大的芯腔确定。

图8 密封设计面积

表4 最小扭矩限制与密封设计面积

密封设计面积 cm^2	最小扭矩限制	
	$\text{N} \cdot \text{m}$	$\text{gf} \cdot \text{m}$
< 0.22	0.5	50
0.221 ~ 0.32	0.7	70
0.321 ~ 0.47	1.0	100
0.471 ~ 0.65	1.7	170
0.651 ~ 0.85	2.5	250
0.851 ~ 1.08	3.4	350
1.081 ~ 1.41	4.4	450
1.411 ~ 1.73	5.9	600
1.731 ~ 2.05	7.4	750
2.051 ~ 2.50	8.8	900
2.501 ~ 3.00	10.8	1100
> 3.00	12.8	1300

6 工程变更可靠性鉴定

当供货商的材料、工艺、设计、产地等发生工程变更时，需要重新进行可靠性鉴定，按附录 B 进行。

附 录 A
(规范性)
剪切试验、基板弯曲试验测试板

A.1 通则

用于剪切试验、基板弯曲试验的测试板按 A.2。

A.2 测试板尺寸

测试板尺寸如下图 A.1:

- a) 尺寸: 100 mm×40 mm;
- b) 厚度: $1.6 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$;
- c) 焊盘: 依据供货商建议焊盘形式与尺寸, 设置于测试板中央。

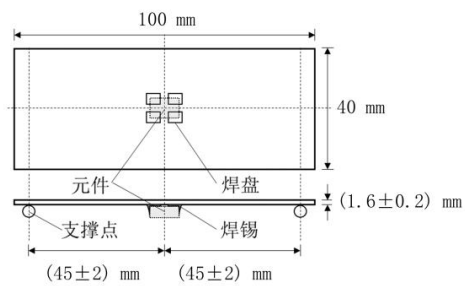


图 A.1 测试板尺寸

附 录 B
(规范性)
工程变更可靠性鉴定

各章条号对应的试验项目名称见表 B.1。当工程变更时，应按表 B.2 要求进行工程变更可靠性鉴定。

表 B.1 各章条号对应的试验项目汇总表

章条号	试验项目
5.2.1	外观检查
5.3	高温贮存(非工作状态)
5.4	温度循环(非工作状态)
5.5	恒定湿热(工作状态)
5.6	寿命(工作状态)
5.7	外形尺寸
5.8.1	引出端强度(插件、线状引出端元件适用)
5.8.2	引出端强度(表面贴装元件适用)
5.9	机械冲击
5.10	振动(正弦)
5.11	耐焊接热
5.12	静电放电(ESD)敏感度试验—人体模型(HBM)
5.13	可焊性
5.14	电性能
5.15	耐燃性(仅具有外露固化树脂或塑胶材料的元件适用)
5.16	基板弯曲试验(表面贴装元件适用)
5.17	低温贮存(非工作状态)
5.18	自由跌落
5.19	稳态加速度
5.20	密封
5.21	封盖扭矩

表 B.2 工程变更可靠性鉴定项目选择指南

章条号	5.3	5.4	5.5	5.6	5.2.1	5.7	5.8.1	5.8.2	5.9	5.10	5.11	5.12	5.13	5.14	5.15	5.16	5.17	5.18	5.19	5.20	5.21
表1中的项目编号	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
材料																					
石英白片	●	●		●						●	●				B		●				
基座		●	●		●	●		●	●	●	●							●	●	●	
引出端		●			●	●	●	●	●		●	●			B			●	●	●	
玻璃密封	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●			B		●	●	●	●	●
壳罩		●	●		●	●			●	●	●							●	●	●	
白片支架		●		●						●	●				B						
引出端二次成型	●	●			●	●		●	●	●	●	●					●	●	●	●	●
外壳密封	●	●	●		●				●	●	●	●			B	●	●	●	●	●	●
电极	●	●		●							●						●				
绝缘子	●	●			●	●			●		●	●			B	●	●	●	●	●	●
工艺																					
石英白片		●		●					●	●	●				B			●	●		
基座组装	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●		●			●	●	●	●	●
白片蚀刻/清洁															B						
电极形成		●		●							●				B						
微调									●	●	●				B			●	●		
退火	●	●		●					●	●	●				B		●	●	●		
上盖	●	●	●	●	●	●			●	●	●				B		●	●	●	●	●
引出端二次成型		●			●	●		●	●	●	●				B	●		●	●		
打标				●																	
老化									●	●	●				B			●	●		
设计																					
石英白片		●							●	●	●				B			●	●		
基座	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●						●	●	●		
引出端		●			●	●	●	●	●	●	●	●		●	B			●	●		
壳罩		●	●		●	●			●	●	●				B			●	●		●
晶片支架		●		●					●	●	●				B			●	●		
封装		●			●	●	●	●	●	●	●	●			B	●		●	●		
绝缘子					●	●															

表 B.2 工程变更可靠性鉴定项目选择指南（续）

章条号	5.3	5.4	5.5	5.6	5.2.1	5.7	5.8.1	5.8.2	5.9	5.10	5.11	5.12	5.13	5.14	5.15	5.16	5.17	5.18	5.19	5.20	5.21
表1中的项目编号	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
其他																					
生产地转移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	B	●	●	●	●	●	●
材料供货商		●		●	●	●	●	●	●	●	●			●	B	●		●	●		
制造过程 控制变更					●	●															
注：	“●”表示应考虑（不一定需要）该应力测试的性能以进行适当的流程变更； “B”表示需要比较数据（未变更与变更后）。																				

参 考 文 献

- [1] AEC-Q200, Rev.E, Stress Test Qualification For Passive Components,2023.
- [2] AEC-Q200-002, Rev B. Human Body Model Electrostatic Discharge Test.2010.
- [3] IPC/JEDEC J-STD-002E, [Solderability Tests for Component Leads, Terminations, Lugs, Terminals and Wires],2017.
- [4] IPC/JEDECJ-STD-020F [Standard Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Non-hermetic Surface Mount Devices (SMDs)],2022.
- [5] JESD22-A104F Solid State Drive (SSD) Endurance Test Method [S]. Arlington:JEDEC Solid State Technology Association,2020.
- [6] JESD22-B100, Rev.B, Physical Dimensions,2021.
- [7] MIL-STD-202, Rev.H, Method 210,“Electronic and Electrical Component Parts.” Department of Defense, United States of America.2015.
- [8] MIL-STD-883L. Department of Defense Test Method Standard for Microcircuits. United States Department of Defense,2019.
- [9] UL 94-Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances [S].America: Underwriters Laboratories,2023.
-

团 体 标 准

T/CECA 100—2024

汽车用石英晶体振荡器可靠性试验

Reliability test of quartz crystal oscillators for automobiles

2024—07—23 发布

2024—08—01 实施

中国电子元件行业协会 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 缩略语	2
5 通用要求	2
6 可靠性初始鉴定	3
7 试验方法	7
附录 A（规范性） 缩略语	29
附录 B（规范性） 工程变更可靠性鉴定	30
附录 C（规范性） 过程平均试验	33
附录 D（规范性） 基板弯曲试验测试板尺寸	34
参考文献	35

本标准版权为中国电子元件行业协会所有，除了用于国家法律或事先得到中国电子元件行业协会的许可外，不得以任何形式或任何手段复制、再版或使用本标准及其章节，包括电子版、影印件，或发布在互联网及内部网络等。

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这些专利的责任。

本文件由中国电子元件行业协会压电晶体元器件及材料分会提出并归口。

本文件起草单位：广东惠伦晶体科技股份有限公司，南京中电熊猫晶体科技有限公司、武汉海创电子股份有限公司、成都晶宝时频技术股份有限公司、唐山国芯晶源电子有限公司、浙江汇隆晶片技术有限公司、泰晶科技股份有限公司、深圳市晶峰晶体科技有限公司、河北远东通信系统工程有限责任公司、金华市创捷电子有限公司、合肥晶威特电子有限责任公司、深圳市星通时频电子有限公司、日照旭日电子有限公司、三生电子（天津）有限公司、东晶电子金华有限公司、台晶（宁波）电子有限公司、鸿星科技（集团）股份有限公司、宁波晶创科技有限公司、华为技术有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、烟台明德亨电子科技有限公司、成都世源晶电科技有限公司、绍兴奥美电子科技有限公司、北京晨晶电子有限公司。

本文件主要起草人：赵积清、邢越、黄虎、刘峰、李坡、许哲隆、孟田、高志祥、吴仲杰、张翔、刘青彦、杨清明、丁洁、杨铁生、叶国萍、孙晓明、钟院华、刘其胜、高青、赵富、张永光、胡勍波、陈康、查晓兵、汪鑫、陆建兵、胡华才、张传哲、牛治群、耿健、尚虎、李凯、王晓东、沈俊男、徐俊俊、阮学锋、吴中林、班建珍、卢艳东、张国庆、陈光星、黄琳、欧阳林、黄屹、夏春城、田培洪、邓国华、陈涵瀚、郭春霞、张健。

引 言

本文件供各成员单位自愿采用。请各使用单位注意，采用文件时，根据各自产品特点，确认本文件的适用性。

汽车用石英晶体振荡器可靠性试验

1 范围

本文件确立了汽车用石英晶体振荡器的可靠性试验程序，并规定了可靠性试验方法。

本文件适用于汽车用石英晶体振荡器的可靠性试验，包含表面贴装（SMD）石英晶体振荡器插针、线状引出端（THD）石英晶体振荡器（以下统称为晶体振荡器），这些晶体振荡器通过其引出端安装在混合电路基板上。

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 2421—2020 环境试验 概述和指南
- GB/T 2423.5—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击
- GB/T 2423.7—2018 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ec：粗率操作造成的冲击（主要用于设备型样品）
- GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.15—2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验 Ga 和导则 稳态加速度
- GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验 N：温度变化
- GB/T 2423.23—2013 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Q：密封
- GB/T 2423.40—2013 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Cx：未饱和高压蒸汽恒定湿热
- GB/T 2423.50—2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Cy：恒定湿热 主要用于元件的加速试验
- GB/T 2423.60—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 U：引出端及整体安装件强度
- GB/T 2423.64—2023 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fj：振动 长时间历程再现
- GB/T 4937.3—2012 半导体器件 机械和气候试验方法 第3部分：外部目检
- GB/T 4937.4—2012 半导体器件 机械和气候试验方法 第4部分：强加速稳态湿热试验
- GB/T 4937.14—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第14部分：引出端强度（引线牢固性）
- GB/T 4937.15—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第15部分：通孔安装器件的耐焊接热
- GB/T 4937.19—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第19部分：芯片剪切强度
- GB/T 4937.21—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第21部分：可焊性
- GB/T 4937.22—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第22部分：键合强度
- GB/T 4937.23—2023 半导体器件 机械和气候试验方法 第23部分：高温工作寿命
- GB/T 4937.26—2023 半导体器件 机械和气候试验方法 第26部分：静电放电（ESD）敏感度测试 人体模型（HBM）
- GB/T 12274.1—2012 有质量评定的石英晶体振荡器 第1部分：总规范
- GB/T 35003—2018 非易失性存储器耐久和数据保持试验方法

IEC 60749-7(2011) 半导体器件 机械和气候试验方法 第7部分：内部水分含量和其他残余气体的分析测量 (Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 7: Internal moisture content measurement and the analysis of other residual gases)

IEC 60749-28(2022) 半导体器件 机械和气候试验方法 第28部分：静电放电 (ESD) 敏感度试验 带电器件模型 (CDM) 器件级 (Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing - Charged device model (CDM) - device level)

3 术语和定义

GB/T 12274.1—2012 界定的术语和定义适用于本文件。

4 缩略语

附录 A 的缩略语适用于本文件。

5 通用要求

5.1 目的

本文件用于规定汽车用石英晶体振荡器可靠性的试验项目与方法。

5.2 工作温度等级

不同晶体振荡器工作的温度区间不一致，本文件涉及到温度的试验按其工作温度等级选择相应的试验条件，工作温度等级见表 1：

表 1 晶体振荡器工作温度等级

等级	工作环境温度范围
0	-40 °C ~ 150 °C
1	-40 °C ~ 125 °C
2	-40 °C ~ 105 °C
3	-40 °C ~ 85 °C

5.3 抽样

本文件涉及的所有试验项目的抽样方案均采用零缺陷判据。

5.4 样本数

用于鉴定试验和/或通用数据提交的样本数应与表 2 中规定的样本数一致。如果提供通用（系列）数据而不是特定晶体振荡器数据，则表 2 中适用类型为 B 的所有试验批为 3。如果对特定晶体振荡器进行鉴定，则只需要 1 批的数据，但静电放电 (Electrostatic Discharge, ESD) 项目除外（表 2 中适用类型为 E）。

经受过非破坏性试验的晶体振荡器（表 2 中适用类型为 N），通常可以用于其他试验项目。经受过破坏性试验的晶体振荡器（表 2 中适用类型为 D），不应再次用于其他试验。

对于表 2 内测试必要性为“可选”的项目，其样本数按照表 2 进行。可靠性鉴定试验的总样本数量相应增加，应对增加的项目及数量进行记录。

5.5 通用数据

通用数据包括工艺过程数据、工程变更鉴定数据、定期可靠性监控数据。

A、B 两个产品若使用相同工艺或材料，则可初步定义为同一系列产品，A 进行本文件全部试验后，其采用相同工艺或材料的试验项目所得到的测试结果为通用数据。B 产品进行剩余项目的试验后再加上通用数据可鉴定为通过。如果试验结果中有不合格数据，则该项目的数据不能用作通用数据。

5.6 工程变更的晶体振荡器鉴定

当供货商的材料、工艺、设计、产地等发生工程变更时，应重新进行可靠性鉴定，按附录 B 进行。

6 可靠性初始鉴定

6.1 概述

晶体振荡器初始鉴定的测试流程如图 1 所示，依照不同工艺阶段属性分为不同试验组 (A、B、C、E、F、G)，对于不同类型的晶体振荡器，并非所有的试验项目都适用，应依据产品的特性选择合适的项目进行。

试验项目分为以下试验组：

- a) A 组：环境应力；
- b) B 组：加速寿命；
- c) C 组：封装完整性；
- d) E 组：电性能；
- e) F 组：筛选；
- f) G 组：结构完整性。

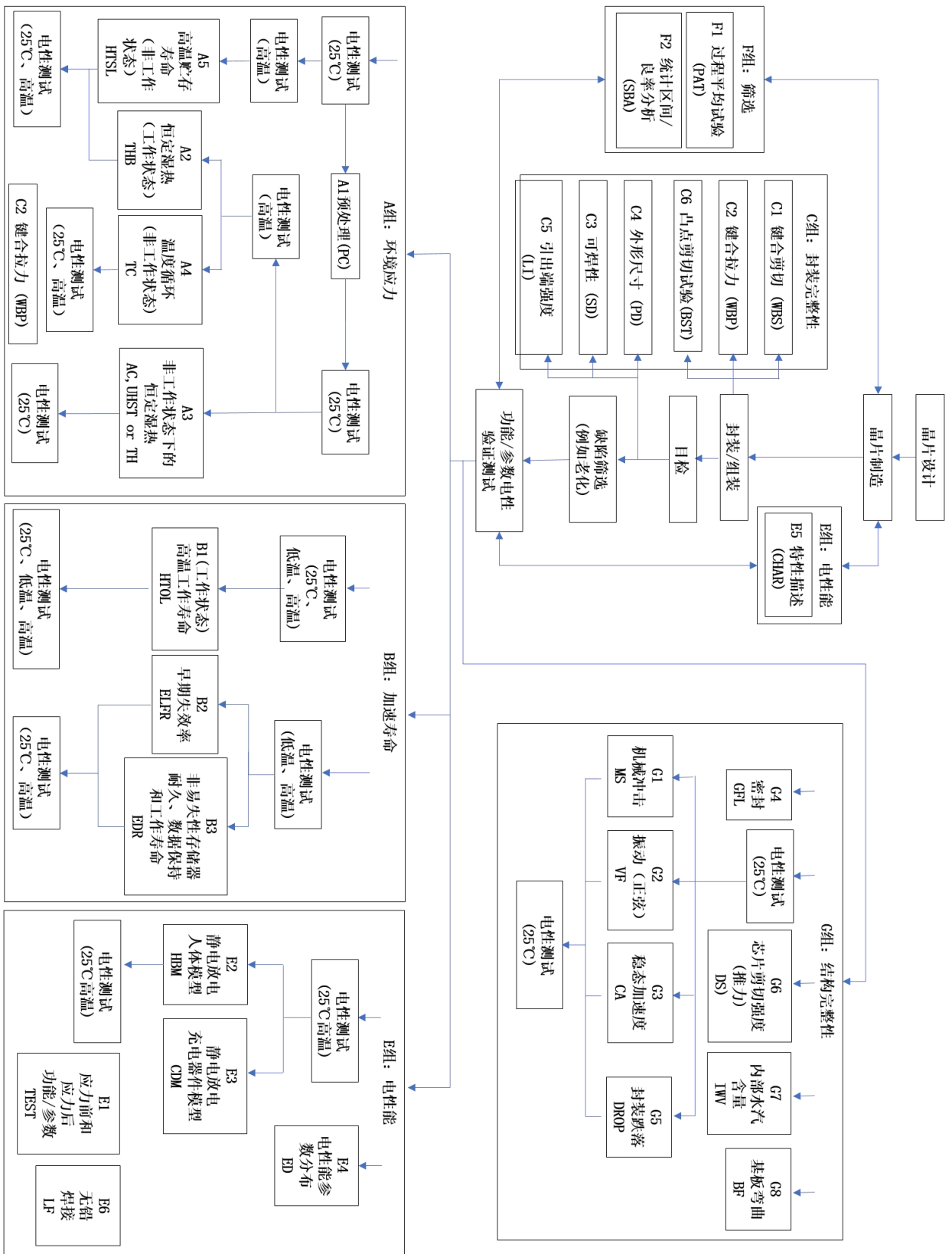


图 1 可靠性鉴定试验流程

6.2 可靠性初始鉴定试验项目

可靠性初始鉴定试验方法所涉及的试验项目、试验方法，以及对于样本数、批次数、接收判据等，见表 2：

表 2 汽车用石英晶体振荡器可靠性初始鉴定试验项目一览表

编号	试验项目	试验类别	样本数 (个/批)	批次数	接收判据	试验方法 章条号
A1	预处理 (PC)	P, S, G, F	77	3	0 失效	7.3.1
A2	恒定湿热(工作状态) (THB)	P, D, G, F	77	3	0 失效	7.3.2
A3-1 ^a	高压蒸汽恒定湿热 (非工作状态) (AC)	P, D, G, F	77	3	0 失效	7.3.3.1
A3-2 ^a	无偏置强加速稳态湿热试验 (非工作状态) (UHST)					7.3.3.2
A3-3 ^a	恒定湿热(非工作状态) (TH)					7.3.3.3
A4	温度循环(非工作状态) (TC)	H, P, D, G, F	77	3	0 失效	7.3.4
A5	高温贮存寿命(非工作状态) (HTSL)	H, P, D, G, K, F	45	1	0 失效	7.3.5
B1	高温工作寿命(工作状态) (HTOL)	H, P, D, G, K, F	77	3	0 失效	7.4.1
B2	早期失效率 (ELFR)	H, P, N, G, F	800	3	0 失效	7.4.2
B3	非易失性存储器耐久、 数据保持和工作寿命 (EDR)	H, P, D, G, K, F	77	3	0 失效	7.4.3
C1	键合剪切 (WBS)	H, P, D, G	至少 5 个晶体 振荡器的 30 个键合线	3	$C_{pk} > 1.67$	7.5.1
C2	键合拉力 (WBP)	H, P, D, G		3	$C_{pk} > 1.67$ TC(A4)后 0 失效	7.5.2
C3	可焊性 (SD)	H, P, D, G, F	15	1	>95%覆盖范 围	7.5.3
C4	外形尺寸 (PD)	H, P, G, F	10	3	$C_{pk} > 1.67$	7.5.4
C5	引出端强度(引线牢固性) (LI)	H, P, D, G	5 个晶体振荡 器中的 10 条 引线	1	引出端无断 裂或裂纹	7.5.5

表2 汽车用石英晶体振荡器可靠性鉴定试验项目表（续）

编号	试验项目	试验类别	样本数 (个/批)	批次数	接收判据	试验方法 章条号
C6	凸点剪切试验 (BST)	D, F	至少5个晶体振荡器中的 20个焊球		$C_{PK} > 1.67$	7.5.6
E1	应力前和应力后功能/参数 (TEST)	H, P, N, G, F	全	全	0失效	7.6.1
E2	静电放电人体模型 (HBM)	H, P, D, F	见试验方法	1	0失效 2KV HBM (2级或更高)	7.6.2
E3	静电放电充电器件模型 (CDM)	H, P, D, F	见试验方法	1	0失效 测试条件: 角部引出端: 750V 所有其他引脚: 500V (C2A级或更高级 别)	7.6.3
E4	电性能参数分布 (ED)	H, P, F	30	3	$C_{PK} > 1.67$	7.6.4
E5	特性描述 (CHAR)	-	-	-	依据规格书	7.6.5
E6-1	无铅焊接—可焊性 (Lead Free—SD)	D, G, F, Li	15	1	>95%覆盖范围	7.6.6.1
E6-2	无铅焊接—耐焊接热 (Lead Free—SHT)	L	见试验方法	见试验方法	见试验方法	7.6.6.2
E6-3	无铅焊接—湿度敏感等级 (Lead Free—MSL)	L	见试验方法	见试验方法	见试验方法	7.6.6.3
F1	过程平均试验 (PAT)	-	-	-	-	7.7.1
F2	统计区间/良率分析 (SBA)	-	-	-	-	7.7.2
G1	机械冲击 (MS)	H, D, G, W	15	1	0失效	7.8.1
G2	振动（正弦） (VF)	H, D, G, W	15	1	0失效	7.8.2
G3	稳态加速度 (CA)	H, D, G, W	15	1	0失效	7.8.3
G4-1	密封—细检漏 (FL)	H, D, G	15	1	0失效	7.8.4.1
G4-2	密封—粗检漏 (GL)	H, D, G	15	1	0失效	7.8.4.1
G5	封装跌落 (DROP)	H, D, G, W	5	1	0失效	7.8.5

表 2 汽车用石英晶体振荡器可靠性鉴定试验项目表（续）

编号	试验项目	试验类别	样本数 (个/批)	批次数	接收判据	试验方法 章条号
G6	芯片剪切强度(推力) (DS)	H, D, G, W	5	1	0 失效	7.8.6
G7	内部水汽含量 (IWV)	H, D, G	5	1	0 失效	7.8.7
G8	基板弯曲 (BF)	N	1	3	0 失效	7.8.9
<p>样品抽样要求：被测试的晶体振荡器批次为3批次式时，这个3批次中要求测试样品必须为非连续生产批次，并且组装在非连续组装批次中。</p> <p>注：</p> <p>表中“适用类型”代码的含义：</p> <p>D——破坏性试验，样品不应再次用于试验或生产。</p> <p>F——适用于倒装芯片基板封装晶体振荡器。</p> <p>G——允许使用通用数据。</p> <p>H——适用于气密封装晶体振荡器。</p> <p>K——对含有独立的非易失性存储器样品、或具有非易失性存储器模块样品按 7.3.1 进行预处理。</p> <p>L——适用于无铅晶体振荡器。</p> <p>N——非破坏性试验，样品可用于进行其他试验，也可用于生产。</p> <p>P——适用于塑料封装晶体振荡器。</p> <p>S——适用于表面贴装塑料封装晶体振荡器。</p> <p>W——适用于在导线键合处无模压导线的芯片。</p>						
*A3-1、A3-2、A3-3择一进行，建议优先A-2。						

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 基准标准大气条件

基准标准大气条件按 GB/T 2421—2020 中 4.1，并采用以下细则：

- a) 温度：20 ℃；
- b) 气压：101.3 kPa。

7.1.2 仲裁测量和试验用标准大气条件

仲裁测量和试验用标准大气条件符合 GB/T 2421—2020 中的 4.2 表 1 的规定，并采用以下细则：

- a) 温度：25 ℃ ± 1 ℃；
- b) 相对湿度：48 % ~ 52 %；
- c) 气压：86 kPa ~ 106 kPa。

7.1.3 测量和试验用标准大气条件

测量和试验用标准大气条件符合 GB/T 2421—2020 中的 4.3 表 2 的规定，除另有规定，试验应在下列环境条件下进行：

- a) 环境温度：15 °C ~ 35 °C；
- b) 空气相对湿度：25 % ~ 75 %；
- c) 气压：86 kPa ~ 106 kPa。

7.2 试验前和试验后的测量

7.2.1 外观检查

用目检法或显微镜检查产品的状态、表面质量。必要时，可使用显微镜放大 10 倍进行检查。应符合 GB/T 4937.3—2012 第 4 章的规定。

7.2.2 试验前和试验后的电性能测量

按 GB/T 12274.1—2012 第 5 条和以下细节进行测量：

- a) 环境温度：按相应试验项目的规定（如室温，最高工作温度和/或最低工作温度）；
- b) 测量输出频率；
- c) 测量输出波形。

7.3 A 组：环境应力

7.3.1 A1 预处理（PC）

部分加速寿命试验需要进行预处理，采用以下细则：

- a) 本程序适用于表面贴装晶体振荡器；
- b) 适用试验项目：
 - 恒定湿热 (A2, 按 7.3.2)；
 - 高压蒸汽恒定湿热试验 (非工作状态) (A3-1, 按 7.3.3.1)、无偏置强加速稳态湿热试验 (非工作状态) (A3-2, 按 7.3.3.2) 或恒定湿热 (非工作状态) (A3-3, 按 7.3.3.3)；
 - 温度循环 (非工作状态) (A4, 按 7.3.4)；
- c) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验前的电性能测量；
- d) 按照 7.6.6.3 表 12 进行预处理的级别，（最低可接受的级别为 3），并按要求依次进行烘烤、恒定湿热、回流焊（采用无铅焊料 Sn96.5Ag3.0Cu0.5，以下简称 SAC305）；
- e) 当适用时，在执行预处理和/或湿度敏感等级 (MSL) 时，必须说明预处理级别和/或回流焊温度；
- f) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验后的电性能测量。

7.3.2 A2 恒定湿热（工作状态）(THB)

按 GB/T 2423.50—2012 试验 Cy 进行，并采用以下细则：

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2，依序在室温和最高工作温度下，进行试验前的电性能测量；
- b) 按照 7.3.1 进行试验前预处理；
- c) 加载额定电压；
- d) 试验温度与湿度：85 °C ± 2 °C，(85±5) % RH；
- e) 试验时间：1000 h；
- f) 按照 7.2.1 和 7.2.2，依序在室温和最高工作温度下，进行试验后的电性能测量。

7.3.3 A3 非工作状态下的恒定湿热

7.3.3.1 A3-1 高压蒸汽恒定湿热(非工作状态)(AC)

按照 GB/T 2423.40—2013 进行, 并采用以下细则:

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2, 在室温下, 进行试验前的电性能测量;
- b) 按照 7.3.1 进行试验前预处理;
- c) 试验温度: $121\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- d) 试验绝对压力: 205 kPa;
- e) 试验时间: 96_0^{+2} h ;
- f) 按照 7.2.1 和 7.2.2, 在室温下, 进行试验后的电性能测量。

7.3.3.2 A3-2 无偏置强加速稳态湿热试验(非工作状态)(UHST)

按 GB/T 4937.4—2023 进行, 并采用以下细则:

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2, 在室温下, 进行试验前的电性能测量;
- b) 按照 7.3.1 进行试验前预处理;
- c) 试验温度、湿度和时间条件, 以下择一进行:
 - 1) 试验条件 1: 温度 $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 湿度 $(85 \pm 5)\% \text{ RH}$, 试验时间 96_0^{+2} h ;
 - 2) 试验条件 2: 温度 $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm \text{ }^{\circ}\text{C}$, 湿度 $(85 \pm 5)\% \text{ RH}$, 试验时间 264_0^{+2} h ;
- d) 按照 7.2.1 和 7.2.2, 在室温下, 进行试验后的电性能测量。

7.3.3.3 A3-3 恒定湿热(非工作状态)(TH)

按 GB/T 2423.50—2023 试验 Cy 进行, 并采用以下细则:

- a) 试验条件适用晶体振荡器范围: 不适用 7.3.3.1 或 7.3.3.2 的试验条件, 可以采用本项试验条件来代替;
- b) 按照 7.2.1 和 7.2.2, 在室温下, 进行试验前的电性能测量;
- c) 按照 7.3.1 进行试验前预处理。
- d) 试验温度: $85\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- e) 试验湿度: $(85 \pm 5)\% \text{ RH}$;
- f) 试验时间: 1000 h;
- g) 按照 7.2.1 和 7.2.2, 在室温下, 进行试验后的电性能测量。

7.3.4 A4 温度循环(非工作状态)(TC)

按 GB/T 2423.22—2012 中试验 Nb 进行, 并采用以下细则:

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2, 在室温和最高工作温度下, 进行试验前的电性能测量;
- b) 试验条件依据 5.2 所定义的晶体振荡器工作温度等级, 参考表 3 中的晶体振荡器工作温度等级选定适用的条件执行试验;
- c) 按照 7.2.1 和 7.2.2, 在室温和最高工作温度下, 进行试验后的电性能测量;
- d) 补充测试: 测试完成后, 从某一批次中选取 5 个晶体振荡器进行开盖, 对角落的接点(每个角落 2 个接点)和中间的接点进行 WBP(键合拉力)试验;

表3 温度循环试验条件

晶体振荡器工作温度等级	温度循环试验温度 ℃	循环次数
0	(-55±2) ~ (150±2)	1500
1	(-55±2) ~ (150±2)	1000
2	(-55±2) ~ (125±2)	1000
3	(-55±2) ~ (125±2)	500

7.3.5 A5 高温贮存寿命(非工作状态) (HTSL)

本试验适用于陶瓷封装晶体振荡器,采用如下细则进行:

- a) 按 7.2.2,在室温和最高工作温度下,进行试验前的电性能测量;
- b) 试验温度和时间条件,以下择一进行:
 - 1) 试验条件 1: 温度 250 ℃, 试验时间 10 h;
 - 2) 试验条件 2: 温度 200 ℃, 试验时间 72 h;
- c) 按照 7.2.1 和 7.2.2,在室温和最高工作温度下,进行试验后的电性能测量。

7.4 B组: 加速寿命

7.4.1 B1 高温工作寿命(工作状态) (HTOL)

按 GB/T 4937.23—2023 中第 7 条进行,并采用以下细则:

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2,在室温、最低和最高工作温度下,进行试验前的电性能测量(或者是按照室温、最高工作温度和最低工作温度的顺序);
- b) 预处理: 如果器件含有非易失性存储器,按 7.3.1,采用高温编程/擦除耐久循环程序作为试验前的预处理试验;
- c) 试验条件依据 5.2 所定义的晶体振荡器工作温度等级,参考表 4 中的晶体振荡器工作温度等级选定适用的条件执行试验;
- d) 加载最大额定工作电压,试验过程中晶体振荡器不得发生停振;
- e) 按照 7.2.1 和 7.2.2,在室温、最低和最高工作温度下,进行试验后的电性能测量(或者是按照室温、最高工作温度和最低温度的顺序)。

表4 高温工作寿命试验条件

晶体振荡器工作温度等级	高温工作寿命试验温度 ℃	试验时间 h
0	150±2	1000
1	125±2	1000
2	105±2	1000
3	85±2	1000

7.4.2 B2 早期失效率(ELFR)

本试验可用于评估产品初期的质量,采用以下细则进行:

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2,在室温和最高工作温度下,进行试验前的电性能测量;

- b) 试验条件依据 5.2 所定义的晶体振荡器工作温度等级,参考表 5 中的晶体振荡器工作温度等级选定适用的条件,择一执行试验;
- c) 按照 7.2.1 和 7.2.2,在最高工作温度和室温下,进行试验后的电性能测量。

表 5 早期失效率试验条件

晶体振荡器工作温度等级	高温工作存储温度 ℃	试验时间 h
0	150±2	48
	175±2	24
1	125±2	48
	150±2	24
2	105±2	48
	125±2	24
3	85±2	48
	105±	24

7.4.3 B3 非易失性存储器耐久性、数据保持和工作寿命 (EDR)

若含有非易失性存储器 (NVM), 需要进行本试验。按 GB/T 35003—2018 进行, 并采用以下细则。

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2, 在室温和最高工作温度下, 进行试验前的电性能测量。
- b) 试验分为高温试验程序和低温试验程序, 高温试验程序包含预处理、高温数据保持和高温工作寿命。低温试验程序包含预处理和低温数据保持。
- c) 进行高温数据保持、高温工作寿命、低温数据保持前首先应该通过写入/擦除耐久循环进行预处理, 细则如下:
- 1) 写入/擦除方式循环程序 (任选下列方式一种):
 - 棋盘式循环: 棋盘式写入阵列; 读取棋盘格数据; 擦除所有数据, 读取所有数值为 1;
 - 所有 0 或所有 1 循环: 写入 0 到所有阵列, 读取所有数据为 0, 擦除所有数据, 读取所有数值为 1;
 - 棋盘式/反向棋盘式循环:
 - 奇数循环: 写入棋盘格; 读取棋盘格数据; 擦除所有数据; 读取值为 1;
 - 偶数循环: 写入反向棋盘格; 读取反向的棋盘格数据; 擦除所有数据; 读取值为 1;

当不存在过度写入/擦除问题但可能发生位之间的相互作用时, 宜采用棋盘式/反向棋盘式循环;
 - 2) 高温循环要求:
 - 试验温度: 最高工作温度;
 - 试验时间: 总时间不超过产品加速寿命的 15 %;
 - 3) 低温循环要求:
 - 试验温度: 以用户要求为准, 不超过 55 ℃;
 - 试验时间: 总时间不超过产品加速寿命的 15 %。
- d) 高温数据保持和高温工作寿命程序要求:
- 1) 高温数据保持
 - 数据保持时间和温度: 用户的规定;

- 如果对晶体振荡器进行了高温贮存(7.4.1)应力测试并符合要求,则不需要进行单独的高温数据保持;
- 2) 高温工作寿命
 温度和时间: 达到或超过工作温度等级的要求,按7.4.1的表4。
- e) 低温数据保持存储寿命:
 温度和时间: 在不超过55℃下存储至少1000h。
- f) 按照7.2.1和7.2.2,在室温和最高工作温度下,进行试验后的电性能测量。

7.5 C组: 封装完整性

7.5.1 C1 键合剪切 (WBS)

按GB/T 4937.22—2018方法D进行,并采用以下细则:

- a) 对剪切测试的键合线进行目视检查;
- b) 测量键球直径,以确定键合球失效判据,见图2;对于非对称球径,可以采用(球径最大值+球径最小值)/2来确定平均值,见图3;
- c) 键合剪切试验示意图,见图4;
 试验后确认键合球剪切值,根据图2失效判据进行判定,并检查剪切后的外观。

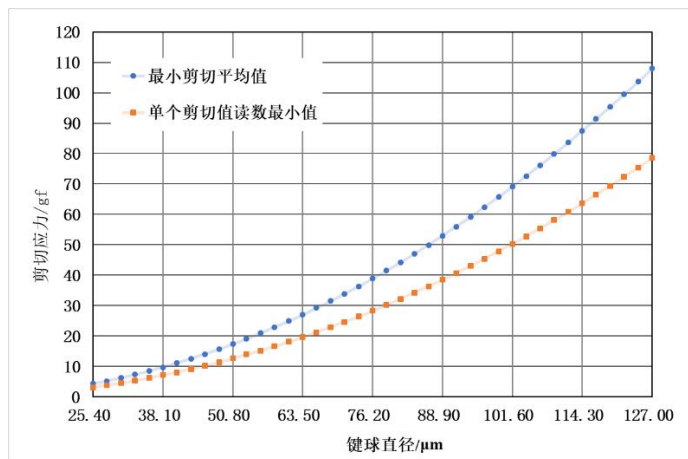


图2 最小可接受的单个和样品平均键球剪切值

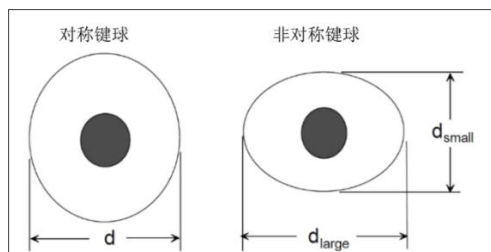


图3 键球直径测量示意图

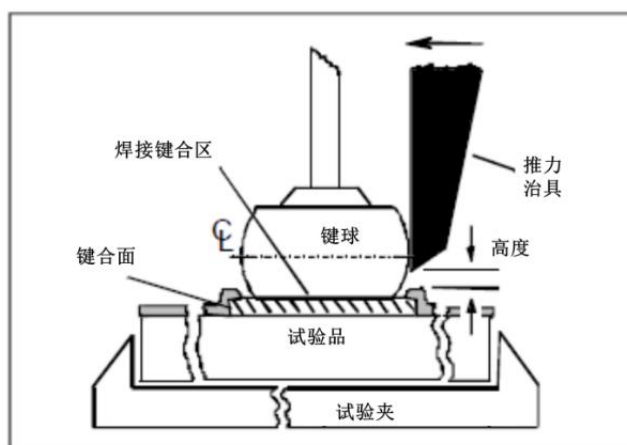


图4 键合剪切试验示意图

7.5.2 C2 键合拉力(WBP)

按 GB/T 4937.22—2018 方法 A: 引线拉力, 从选择方法 A 或方法 B 中择一进行, 并采用以下细则:

- a) 方法 A: 拉力 (单键合点);
方法 B: 拉力 (双键合点);
- b) 对于直径大于等于 $25.4 \mu\text{m}$ 的金线, TC 后的最小拉力强度为 3 克力 (gf);
- c) 对于直径小于 $25.4 \mu\text{m}$ 的金线, 按图 5 确认最小拉力强度;

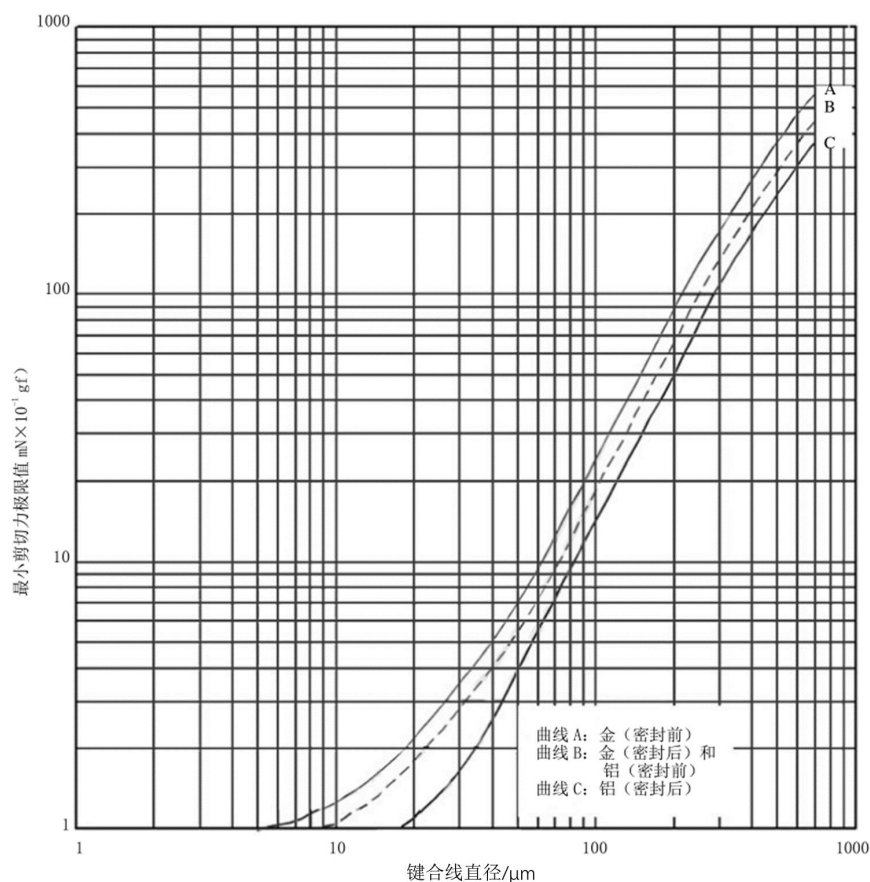


图5 最小键合拉力强度

7.5.3 C3 可焊性(SD)

按 GB/T 4937.21—2018 第 4 条进行, 并采用以下细则:

- a) 如果在发货前对晶体振荡器进行老化筛选, 应先将经受可焊性试验的样品进行老化或等效的高温烘烤;
- b) 测试前进行 8 h 水汽老化(镀金引线 1 h)或 $150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温贮存 $16\text{ h} \pm 30\text{ min}$;
- c) 用户可以要求说明使用烘烤代替蒸汽老化的理由;
- d) 按 7.6.6.1 进行可焊性试验。

7.5.4 C4 外形尺寸(PD)

按产品规格书定义的各项尺寸进行检查。

检查中使用的设备应包括千分尺、卡尺、量规、轮廓投影仪或其他能够确定产品尺寸的测量设备。

7.5.5 C5 引出端强度(引线牢固性)(LI)

表面贴装晶体振荡器不适用, 仅通孔晶体振荡器适用。

试验条件 A 和试验条件 D 必做, 依据晶体振荡器的引线类型在试验条件 B 和试验条件 C 中择一进行。

a) 试验条件 A 拉力:

按 GB/T 4937.14—2018 中第 4 章进行, 并采用以下细则:

- 1) 试验前, 按 7.8.4 进行密封试验(气密封装), 按 7.2.1 和 7.2.2 分别进行外观检查以及电性能测试;
- 2) 应在平行于引出端的轴向对每个引出端平稳施加 $2.2\text{ N} \pm 0.1\text{ N}$ ($220\text{ g} \pm 14\text{ g}$) 的拉力, 且拉力应保持至少 30 s, 拉力应尽可能靠近引出末端施加;
- 3) 试验后, 按 7.8.4 进行密封试验(气密封装), 按 7.2.1 和 7.2.2 分别进行试验后外观检查以及电性能测试。

b) 试验条件 B 弯曲应力(适用于线状引出端)

按 GB/T 4937.14—2018 中第 5 章进行, 并采用以下细则:

- 1) 试验前, 按 7.8.4 进行密封试验(气密封装), 按 7.2.1 和 7.2.2 分别进行外观检查以及电性能测试;
- 2) 程序: 对样品的每根引线施加弯曲力, 弯曲施加的力按照 GB/T 12274.1—2012 表 6;
- 3) 弯曲方向: 测试引线沿刚性最小的方向弯曲, 如果没有最小刚性方向, 则可沿任何方向弯曲;
- 4) 试验后, 按 7.8.4 进行密封试验(气密封装), 按 7.2.1 和 7.2.2 分别进行外观检查以及电性能测试。

c) 试验条件 C 引线疲劳(适用于圆形引线):

按 GB/T 4937.14—2018 中第 6 章进行, 并采用以下细则:

- 1) 试验前, 按 7.8.4 进行密封试验(气密封装), 按 7.2.1 和 7.2.2 分别进行外观检查以及电性能测试;
- 2) 根据引线截面模量, 使用以下力进行试验:
 - 大于 $(0.15\text{ mm} \times 0.51\text{ mm})$, 或横截面直径大于 0.051 mm 的圆形引线, 施加的力为 $2.2\text{ N} \pm 0.1\text{ N}$ ($220\text{ gf} \pm 14\text{ gf}$);
 - 大于 $(0.10\text{ mm} \times 0.25\text{ mm})$ 但小于等于 $(0.15\text{ mm} \times 0.51\text{ mm})$, 或圆形引线截面直径大于 0.025 mm 但小于等于 0.051 mm , 应施加 $0.85\text{ N} \pm 0.09\text{ N}$ ($85\text{ gf} \pm 9\text{ gf}$) 的力。
 - 小于等于 $(0.10\text{ mm} \times 0.25\text{ mm})$, 或截面小于等于 0.025 mm 的圆形引线应施加为 $0.42\text{ N} \pm 0.03\text{ N}$ ($42.5\text{ gf} \pm 3\text{ gf}$) 的力。除非另有规定, 应为三次弯曲;

- 3) 弯曲方向：测试引线沿刚性最小的方向弯曲，如果没有最小刚性方向，则可沿任何方向弯曲。引线弯曲不得干扰其他引线。如果干扰不可避免地，测试引线应向相反的方向弯曲到规定的角度，并返回到其正常位置；
- 4) 试验后，按 7.8.4 进行密封试验（气密封装），按 7.2.1 和 7.2.2 分别进行外观检查以及电性能测试。
- d) 试验条件 D 引线扭矩
按 GB/T 4937.14—2018 中第 7 章进行，并采用以下细则：
- 1) 依照适用的引线类型进行试验：
 - 具有圆形横截面端子或引线的装置：按 GB/T 4937.14—2018 中 7.3.1 进行。
 - 矩形截面引线装置：按 GB/T 4937.14—2018 中 7.3.2 进行。
 - 2) 试验前后，分别按 7.8.4 进行密封试验（气密封装），按 7.2.1 和 7.2.2 分别进行外观检查以及电性能测试。

7.5.6 C6 凸点剪切试验(BST)

该试验适用于倒装芯片球栅阵列（BGA）封装晶体振荡器；采用以下细则。

- a) 选用坚硬的刚性材料切割芯片凸点，剪切工具应和芯片表面呈 $(90 \pm 5)^\circ$ 。将剪切工具和凸点对齐，并且使其可以接触到凸点的一侧。剪切高度不低于凸点高度的 10%，剪切示意图见图 6。

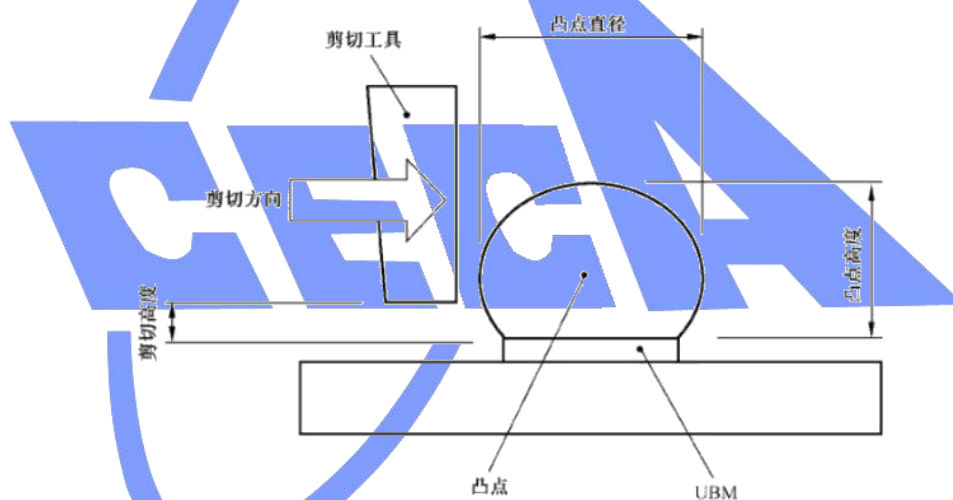


图 6 凸点剪切相对位置示意图

- b) 芯片凸点剪切过程中应保持恒定速率，直到剪切力下降到最大值的 25% 以下，或直到剪切工具的移动距离超过凸点直径。剪切试验的速度一般为 $0.1\text{mm/s} \sim 0.8\text{mm/s}$ 。
- c) 试验数据应包括芯片凸点剪切力的最大值、最小值、平均值以及标准偏差的失效判据。凸点剪切力数值应满足应用条件所要求的最小值。
- d) 芯片凸点剪切共有 4 种失效模式，见表 6，其中模式 1 和模式 2 为合格失效模式，模式 3 和模式 4 为不合格失效模式。一般情况下，使用独立的光学系统来评估失效模式，如果出现比较低的凸点剪切力值或多种失效模式。应该对断裂面进行详细的检查，一般使用显微镜在 500 倍及更高倍数下进行观察。
- e) 根据公式（1）计算最小凸点剪切力值，同时记录试验的芯片数量及凸点数量，

$$F = A\tau \dots \dots \dots (1)$$

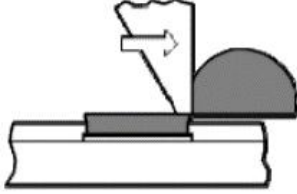
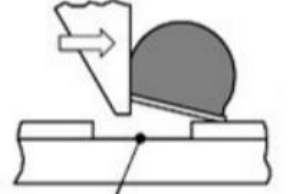
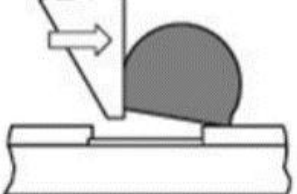
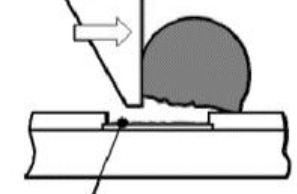
式中：

F ——最小凸点剪切力值，单位为牛（N）；

A ——焊盘面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；

τ ——凸点焊料抗剪切强度，单位为牛每平方毫米（ N/mm^2 ）。

表 6 凸点剪切的四种失效模式

模式	现象	描述	示意图
1	延性失效	在焊料内部的凸点断裂	
2	凸点下金属层（UBM）抬起	UBM 和凸点一起抬起，抬起的 UBM 有可能包括碎裂的基材。	
3	凸点抬起	凸点从 UBM 上表面抬起，UBM 表面没有焊料/金属间化合物所彻底覆盖，UBM 的顶面暴露。	
4	界面破裂	破裂发生在焊料/金属间化合物界面或金属化合物/基板界面件的破裂可能沿整个 UBM 延伸，或在失效模式中占主导	

7.6 E 组：电性能

7.6.1 E1 应力前和应力后功能/参数（TEST）

按照晶体振荡器规格书进行试验，按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温和极限（最低和最高）工作温度下，进行试验前、后的电性能测量。

7.6.2 E2 静电放电人体模型（HBM）

按 GB/T 4937.26—2023 中第 6 章进行，并采用以下细则：

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温和最高工作温度下，进行试验前的外观检查和电性能测量；

- b) 试验条件：电压等级分类如表 7 所示，按 500 V、1000 V、2000 V 依序进行，不允许跳过电压等级；
- c) 样品数量：每个电压等级各 3 只样品；
- d) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温和最高工作温度下，进行试验后的外观检查和电性能测量。

表 7 静电放电人体模型等级

等级分类	相应测试电压 V
0A	$U < 125$
0B	$125 \leq U < 250$
1A	$250 \leq U < 500$
1B	$500 \leq U < 1000$
1C	$1000 \leq U < 2000$
2	$2000 \leq U < 4000$
3A	$4000 \leq U < 8000$
3B	$U \geq 8000$

7.6.3 E3 静电放电充电器件模型 (CDM)

按 IEC 60749—28: 2022 中 6.3 进行，并采用以下细则：

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温和最高工作温度下，进行试验前的外观检查和电性能测量；
- b) 试验条件：依照晶体振荡器封装引出端的类型进行相应的试验；
——角部引出端：750 V；
——其他引出端：500 V；
- c) 试验数量：各电压等级 3 个，静电放电充电器件模型等级分类见表 8；
- d) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温和最高工作温度下，进行试验后的外观检查和电性能测量。

表 8 静电放电充电器件模型等级

等级分类	相应测试电压 V
C0a	$U < 125$
C0b	$125 \leq U < 250$
C1	$250 \leq U < 500$
C2a	$500 \leq U < 750$
C2b	$750 \leq U < 1000$
C3	$U \geq 1000$

7.6.4 E4 电性能参数分布 (ED)

电性能参数分布是在给定的温度、频率和电压下，从正常批量产品中的随机提取的样品进行电性能参数的统计分布，以确定晶体振荡器满足用户规范或制造商规格书中参数要求的能力。

按照产品规格书，在室温、最高和最低工作温度下，进行电性能的试验，给出统计分布与 Cpk 结果。

7.6.5 E5 特性描述 (CHAR)

当出现技术变更或新系列晶体振荡器进行可靠性鉴定时，进行特性描述试验，测试结果通常应该包含：

- a) 方差分析：组与组之间的方差；
- b) 标准差：确定离散程度；
- c) 特征描述：基于对实验数据建模的统计分析来确定晶体振荡器的基本电气和物理特性的过程；
- d) Cpk：过程能力指数；
- e) 电性能参数；
- f) 规格书确定的上下限。

7.6.6 E6 无铅焊接 (LF)

7.6.6.1 E6-1 可焊性 (LF-SD)

两种类型晶体振荡器适用的项目如下：

- a) 通孔晶体振荡器使用浸渍和观察试验；
- b) 表面贴装试验项目：
 - 疏间距（引出端间距大于 0.5 mm），适用表面浸渍和观察试验或贴装工艺模拟试验；
 - 密间距（引出端间距小于等于 0.5 mm），建议优先使用模拟板级安装 SMDs 再流可焊性试验。

7.6.6.1.1 预处理：

按 GB/T 4937.21—2018 中 4.2 进行，所有样品按表 9 进行预处理。条件 E 为替代水汽老化预处理。

表 9 可焊性试验预处理要求

条件	预处理类型	暴露时间	引出端材质
A	水汽老化预处理	1 h ± 5 min	非锡和非锡合金
C		8 h ± 15 min	锡和锡合金
D		16 h ± 30 min	/
E	150 °C 高温贮存	16 h ± 30 min	/

7.6.6.1.2 浸入和观察试验

按 GB/T 4937.21—2018 中 4.3 进行，试验条件见表 10。

表 10 浸渍和外观试验的可焊性试验条件

试验类型项目	无铅可焊性试验
焊接工艺类型	所有焊接工艺
助焊剂	ROL1
助焊剂浸渍时间	(5 ~ 10) s
焊料	SAC305
焊接温度	(245 ± 5) °C
焊料浸渍时间	(5 ± 0.5) s
焊料浸入速率	(25.4 ± 6.4) mm/s

7.6.6.1.3 模拟板级安装 SMDs 再流可焊性试验

按 GB/T 4937.21—2018 中 4.4 进行，试验条件如表 11。

表 11 表面贴装工艺模拟试验

试验类型项目	无铅可焊性试验
封装类型	表面贴装
助焊剂	ROL1
焊料	SAC305
回流焊工艺(建议采用)	对流/红外烤箱
预热温度	(160 ~ 180) °C
预热时间	(50 ~ 70) s
回流焊温度	(235 ~ 245) °C
回流焊时间	(50 ~ 70) s
回流焊工艺(替代)	气相(通常不使用)
回流焊温度	(235 ~ 245) °C
回流焊时间	(30 ~ 60) s

7.6.6.2 E6-2 耐焊接热 (LF-RSH)

7.6.6.2.1 插针式晶体振荡器

插针式晶体振荡器按 GB/T 4937.15—2018 第 5 条进行，并采用如下细则：

- 按照 7.2.1、7.2.2 和 7.8.4 进行试验前的晶体振荡器密封性、外观和电性能测量；
- 插针式晶体振荡器的耐焊接热测试应使用无铅焊锡浴（焊槽法）测试条件进行：
无铅焊料成分：SAC305（允许 Ag 含量在（3.0 ~ 4.0）wt % 和 Cu 含量在（0.5 ~ 1.0）wt % 之间变化）；
- 无铅焊锡浴（焊料槽）温度和浸渍时间：270 °C ± 5°C 和 7^{+2}_0 s；
- 焊液浸入和浸出速率：25 mm/s ± 5 mm/s；
- 焊锡喷泉返工的无铅焊锡浸渍时间： 15^{+2}_0 s（如果晶体振荡器必须经过焊锡喷泉返工，采用此条件）；
- 按照 7.2.1、7.2.2 和 7.8.4 进行试验后的晶体振荡器外观检查和电性能测量及密封试验。

7.6.6.2.2 小型表面贴装晶体振荡器

表面贴装晶体振荡器用回流焊法进行试验，采用以下细则：

- 按 7.2.1 进行试验前外观检查；
- $T_{p/c}$ 范围：按表 14 选择；
- 时间：30 s ± 5 s；
- 回流焊次数：3 次；
- 应在 10 倍放大倍率下对部件进行目视检查；
- 按 7.2.1 进行试验后外观检查。

7.6.6.3 E6-3 MSL 湿度敏感等级(LF-MSL)

湿度敏感等级由表 12 确定，并按照如下细则进行：

- 样品数量：至少 11 只，至少包括两个非连续的组装批次；
- 按照 7.2.1 和 7.2.2 进行试验前外观(光学显微镜 40 倍)和电性能测量；
- 烘烤：在 (125 ± 5) °C 下，烘烤样品至少 24 h，确认晶体振荡器处于干燥状态；
- 湿气浸渍：依据表 12 湿度敏感度等级要求的温、湿度与时间条件进行浸渍；
- 回流焊：湿气浸渍后，不少于 15 min，不超过 4 h，根据表 13 (回流焊温度、速度、时间)与图 7(回流焊曲线)定义，对晶体振荡器选定适当的条件，进行回流焊，3 个循环，(两次回流焊之间的间隔最少 5 min，最多 60 min)；
- 按照 7.2.1 和 7.2.2 进行试验后的外观(光学显微镜 40 倍)和电性能测量。

表 12 湿度敏感等级

等级	离开干燥环境的暴露时间*		浸渍要求				
			标准		等效加速		
					(0.40~0.48) eV	(0.30~0.39) eV	条件
时间	条件	时间 h	条件	时间 h	时间 h	条件	
1	无限制	$\leq 30^{\circ}\text{C}/85\%$ 相对湿度	168^{+5}_0	$85^{\circ}\text{C}/85\%$ 相对湿度	无	无	无
2	1 年	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	168^{+5}_0	$85^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	无	无	无
2a	4 周	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	696^{+5}_0	$30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	120^{+1}_0	168^{+1}_0	$60^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度
3	168h	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	192^{+5}_0	$30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	40^{+1}_0	52^{+1}_0	$60^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度
4	72h	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	96^{+2}_0	$30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	$20^{+0.5}_0$	$24^{+0.5}_0$	$60^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度
5	48h	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	72^{+2}_0	$30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	$15^{+0.5}_0$	$20^{+0.5}_0$	$60^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度
5a	24h	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	48^{+2}_0	$30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	$10^{+0.5}_0$	$13^{+0.5}_0$	$60^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度
6	标签时间	$\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	标签时间	$30^{\circ}\text{C}/60\%$ 相对湿度	无	无	无

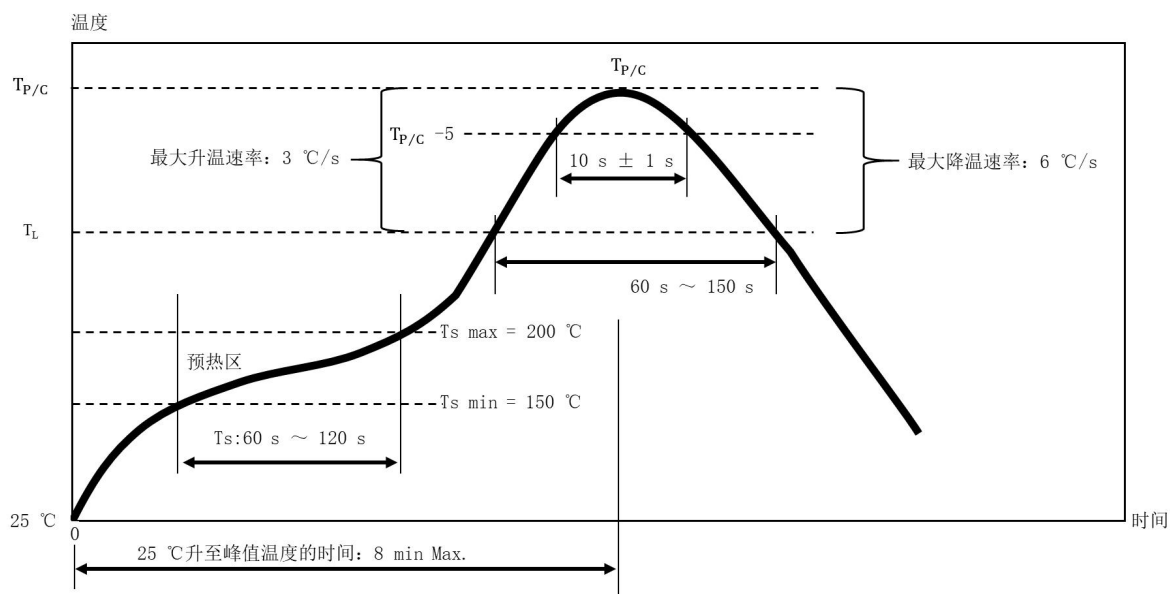
* 指从防潮袋中取出、离开干燥储存或干燥烘烤后，在进入回流焊设备并开始焊接工艺之前的允许时间。

表 13 湿度敏感试验条件(无铅回流焊温度、速度、时间)

无铅焊料成分	SAC305
• 预热区最低温度($T_{s_{min}}$)	150 °C
• 预热区最高温度($T_{s_{max}}$)	200 °C
• 预热区升温时间(t_s)	(60 ~ 120) s
升温速率 (T_L 至 $T_{P/C}$)	最大 3 °C/s
25 °C至峰值温度时间	晶体振荡器制造商应不超过 8 min
液相温度(T_L)	217°C
维持在液相温度以上的时间(t_l)	(60 ~ 150) s
封装本体峰值温度(T_p)	晶体振荡器制造商 $T_{P/C}$ 应等于或大于表 14 中的 T_c 。
在指定温度以内的时间 (见图 7)	30 s ± 5s
降温速率 ($T_{P/C}$ 至 T_L)	最大 6 °C/s

表 14 无铅 (SAC305) 回流焊工艺—分类温度 (T_c)

产品厚度 mm	温度 °C
< 1.6	255 ~ 260
1.6 ~ 2.5	255 ~ 260
> 2.5	250 ± 5



注1: $T_{P/C}$ 中的P指的是指 PCB 表面在焊接峰值区的温度。此区域用于使焊料达到融化点并形成正确的焊点;
 $T_{P/C}$ 中的C指的是回流焊达到此峰值温度后开始冷却并达到固化点。

注2: 温度轴坐标不成比例, 以标注数值为准。

图 7 回流焊曲线

7.7 F 组：筛选

7.7.1 F1 过程平均试验 (PAT)

本试验提供了一种基于统计剔除具有异常值产品的方法。

7.7.1.1 稳健平均值与稳健标准差

此方法计算的统计数据不包括异常的数值。这类异常数据一般是指偏离主要分布均值 6 个标准差以上的数据。

稳健平均值 (Robust Mean) 主要用于估算主要的结果位置, 用公式 (2) 计算:

$$\mu_R = Q_2 \dots \dots \dots (2)$$

式中:

σ_R ——稳健平均值;

Q_2 ——统计数据中排列 1/2 的数据点。

若统计数据数量为奇数, Q_2 为统计样本的中位数; 若统计数据数量为偶数, 则 Q_2 为两个数据点的平均值。

稳健标准差 (Robust Sigma) 用于估算离散点的分布, 用公式 (3) 计算:

$$\sigma_R = (Q_3 - Q_1) / 1.35 \dots \dots \dots (3)$$

式中:

σ_R ——稳健平均值;

Q_1 ——统计数据中排列 1/4 的数据点;

Q_3 ——统计数据中排列 3/4 的数据点;

当样本量小于 20 时, 采用 1.35 计算是不准确的。

7.7.1.1 最低规格限值与最高规格限值

晶体振荡器的规格书中参数的允许的最小值称为最低规格限值 (LSL), 参数允许的最大值称为最高规格限值 (USL)。

7.7.1.2 PAT 限值

PAT 限值可以用静态或动态方式设定。静态限值是根据可用的测试数据量建立的, 并在一段时间内不变。动态试验限值是建立在静态试验极限的基础上的, 但是针对每个批次建立的, 并随着每个批次的试验而不断修改。

当晶片发生设计变更时, 必须建立新的 PAT 限值 (静态和动态)。

PAT 限值与 LSL、USL 之间的关系按附录 C.1。PAT 限值不应超过晶体振荡器的规格限值 (LSL 和 USL)。

7.7.1.3 静态 PAT 限值

收集至少六个批次的测试数据, 这些批次已经通过了晶体振荡器规格书中规定的试验限值。通过从每个批次中至少 30 个晶体振荡器中随机选择测试数据来确定每次试验的稳健平均值和稳健标准差。

定义静态 PAT 限值用公式 (4) 计算:

$$P_S = \mu_R \pm 6 \sigma_R \dots \dots \dots (4)$$

式中:

P_S ——静态 PAT 限值;

μ_R ——稳健平均值;

σ_R ——稳健标准差。

静态 PAT 限值应每 6 个月或 8 个晶片批次更新一次，两个条件中以先到者为准。6 个月后，对静态 PAT 限值进行一次评审，并根据需要进行更新。

7.7.1.4 动态 PAT 限值

动态 PAT 限值优先于静态 PAT 限值，动态 PAT 可以提供更严格的限制，而且不会导致合格品被判定为不良品。动态 PAT 限值的计算方法用公式（5）来计算：

$$P_D = \mu_R \pm 6 \sigma_R \dots\dots\dots (5)$$

式中：

P_D ——动态 PAT 限值；

μ_R ——稳健平均值；

σ_R ——稳健标准差。

动态 PAT 限值是使用已通过试验的当前批次的数据来确定平均值和标准偏差(或适当的非高斯限值)，确定程序按附录 C. 2。

在这种情况下，在批次试验完成之后，将重新分析合格结论，以确定是否使用更密集的批次或晶片参数分布以确定是否超出了动态 PAT 限值。如果出现“异常值”，则尽管通过了最初的 USL, LSL 试验，但仍被判定为不合格。

要使用这种方法，在对晶体振荡器的批量进行静态极限试验后，应持续更新动态 PAT 限值。这些限值是通过试验数据的进一步统计分析来定义的，这将为特定批次建立新的更严格的试验限值，以便更精准地剔除异常。

7.7.2 F2 统计区间/良率分析（SBA）

统计区间/良率分析的作用是对批次产品的质量风险进行管控。该项试验采用如下细则。

- a) 从至少 6 个批次产品收集数据，按照制造商和用户之间达成一致的方式对产品失效原因划分区间（Bin），对每个批次的良率和所有关键失效 Bin（导致失效次数最多的 Bin）的统计分布性质进行描述。
- b) 如果良品率和失效 Bin 分布显示能较好地拟合正态分布，则确定每个批次合格的晶体振荡器百分比的平均值和标准差，以及每个批次每个失效 Bin 的晶体振荡器百分比的平均值和标准差。
- c) 若早期无法收集到 6 个批次以上的相关数据，可使用与现有产品和设计仿真类似的特性分析的数据来设定初始限值，后续获得足够的数量之后应立即更新初始限值。（在生产前六个月应定期进行数据审查和更新，可根据产品产能提升率进行相关审查和更新）
- d) 统计良率限值（SYL）与统计区间限值（SBL）的相关计算

计算 SYL、SBL 所选取的数据应是当前所使用的数据，包括上次更新以来或至少最近 8 批的可用数据，不可使用过于陈旧的数据。限值应每年更新两次，如制造商与用户已协商一致，根据约定确定更新次数。

相关计算公式见式（6）~公式（9）：

$$Y_1 = \mu_R - 3 \sigma_R \dots\dots\dots (6)$$

$$B_1 = \mu_R + 3 \sigma_R \dots\dots\dots (7)$$

$$Y_2 = \mu_R - 4 \sigma_R \dots\dots\dots (8)$$

$$B_2 = \mu_R + 4 \sigma_R \dots\dots\dots (9)$$

式中：

Y_1 ——统计良率下限值 SYL1，比稳健平均值低 3 个标准差的百分比数值；

B_1 ——统计区间上限值 SBL1，比稳健平均值高 3 个标准差的百分比数值；

Y_2 ——统计良率下限值 SYL2，比稳健平均值低 4 个标准差的百分比数值；

B_2 ——统计区间上限值 SBL2，比稳健平均值高 4 个标准差的百分比数值；

μ_R ——稳健平均值；

σ_R ——稳健标准差。

- e) 如果晶体振荡器良品/不良品的统计分布不符合正态分布，可使用其他替代方法，包括通过数学处理转换数据，使其适用于正态分布，或将数据拟合到其他合适的分布（Weibull、Gamma、Poisson 等），并建立 SYL/SBL 限值，以实现与正态分布在 3σ （99.7 %）或 4σ （99.994 %）相同的风险概率。
- f) 任何良率低于 SYL1 或超于 SBL1 的产品/批次将被标记为工程审查对象，而良率低于 SYL2 或超于 SBL2 的产品/批次将会被隔离。应对隔离产品的处置进行风险评估。有重大偏差时应追溯到导致失效的根本原因，并采取纠正措施和预防措施。

7.8 G 组：结构完整性

7.8.1 G1 机械冲击 (MS)

机械冲击试验同时通过机械冲击试验 1 和机械冲击试验 2 即为鉴定通过。

7.8.1.1 机械冲击试验 1

按 GB/T 2423.5—2019 试验 Ea 进行，并采用以下细则：

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验前的外观检查和电性能测量；
- b) 加速度脉冲：半正弦波；
- c) 峰值加速度：1500 g；
- d) 脉冲宽度：0.5 ms
- e) 脉冲次数：5 次；
- f) 方向：仅针对 Y1 面（垂直方向）；
- g) 产品的安装方式：制造商与用户协商一致方式；
- h) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验后的外观检查和电性能测量，并按 7.8.4 进行密封试验。

7.8.1.2 机械冲击试验 2

使用已经通过机械冲击试验 1 的晶体振荡器进行试验，并采用以下细则：

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验前的外观检查和电性能测量；
- b) 加速度脉冲：半正弦波；
- c) 峰值加速度：100 g；
- d) 脉冲宽度：6 ms；
- e) 方向：±X，±Y，±Z，各个方向 3 次，共计 18 次；
- f) 产品的安装方式：制造商与用户协商一致方式；
- g) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验后的外观检查和电性能测量，并按 7.8.4 进行密封试验。

7.8.2 G2 振动（正弦）（VF）

振动（正弦）试验同时通过振动（正弦）试验 1 和振动（正弦）试验 2，即为鉴定通过：

7.8.2.1 振动（正弦）试验 1

按 GB/T 2423.10—2019 试验 Fc 进行，并采用以下细则：

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2，进行试验前外观和电性能测量；
- b) 频率和扫描时间：对数扫频，20 Hz ~ 2000 ~ 20Hz 大于 4 min 为一个周期；
- c) 峰值加速度：50 g；
- d) 方向和扫描周期：X、Y、Z 三个方向，每方向各 4 个周期；
- e) 产品的安装方式：制造商与用户协商一致方式；
- f) 按照 7.2.1 和 7.2.2，进行试验后外观和电性能测量，并按 7.8.4 进行密封试验。

7.8.2.2 振动（正弦）试验 2

按 GB/T 2423.64—2023 试验 Fj 使用已经通过振动试验 1 的晶体振荡器进行，并采用以下细则：

- a) 按 7.2.1 和 7.2.2 进行试验前外观和电性能测量；
- b) 频率：对数扫频，10 Hz ~ 2000 Hz/ 20 min 为一个周期；
- c) 峰值加速度：5 g；
- d) 持续时间：X、Y、Z 三个方向，每方向各 12 个周期，每个周期 20 min，共 720 min；
- e) 产品的安装方式：制造商与用户协商一致方式；
- f) 按照 7.2.1 和 7.2.2 进行试验后外观和电性能测量，并按 7.8.4 进行密封试验。

7.8.3 G3 稳态加速度（CA）

按 GB/T 2423.15 中第 6 章进行，并采用以下细则：

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验前的电性能测量；
- b) 峰值加速度：30000 g；
- c) 持续时间：1 min；
- d) 方向：仅针对 Y1 面（垂直方向）；
- e) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验后的电性能测量。

7.8.4 G4 密封（G/FL）

所有的密封晶体振荡器都需要进行细检漏和粗检漏，且必须先进行细检漏后进行粗检漏。

7.8.4.1 细检漏（FL）

按 GB/T 2423.23—2013 第 8 条的试验 Qk 试验方法 1 进行。

7.8.4.2 粗检漏（GL）

按 GB/T 2423.23—2013 第 5 条的试验 Qc 试验方法 1 或试验方法 2 择一进行，依据样品特性选取合适的试验条件进行试验。

7.8.5 G5 封装跌落（DROP）

本试验适用于 MEMS 腔体晶体振荡器，按 GB/T 2423.7—2018 中 5.2 方法 1 进行，并采用如下细则：

- a) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验前的外观检查和电性能测量；
- b) 跌落面：混凝土材质；
- c) 跌落高度：1.2 m；
- d) 方向：晶体振荡器的 6 个轴方向，每个方向 3 次；
- e) 按照 7.2.1 和 7.2.2，在室温下进行试验后的外观检查和电性能测量。

7.8.6 G6 芯片剪切强度(推力) (DS)

本项目适用所有腔体晶体振荡器于密封前进行，不适用于面积大于 10 mm² 的芯片。按照 GB/T 4937.19—2018 中第 3 章进行，并采用以下细则：

- a) 试验方法：使用适当的线性运动施力仪器，施加力的方向应平行于推力治具头部或基板的平面并垂直于被测芯片。
- b) 芯片接触工具应向芯片边缘逐渐施加从零到指定值的力，该边缘与其所粘合的管座或基板的底部最接近 90°（见图 8）。
- c) 试验判定参考（见图 9）
- d) 如果试验中出现下列任一判据，则芯片剪切强度被判为不合格：
 - 1) 使芯片脱离的力不大于以下规定：
 - 芯片面积大于等于 4.1 mm² 且小于等于 10 mm²：25 N；
 - 芯片面积小于 4.1 mm²：6.1 N/mm² (芯片面积)；
 - 芯片面积大于 10 mm² 不适用。
 - 2) 对芯片施加的力小于 1) 中规定值的 1.25 倍，芯片脱离且在基座上的附着材料少于 50 % (依据 7.2.1 目检)；
 - 3) 对芯片施加的力小于 1) 中规定值的 2 倍时，芯片脱离且粘在基座上的附着材料少于 10 %（依据 7.2.1 目检）。

注：残留在芯片附着区域的不连续碎芯片看作附着材料

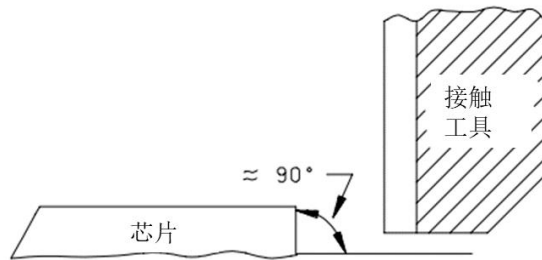


图 8 接触工具应在芯片边缘加载，该边缘与头部/基板形成近似 90° 的角度

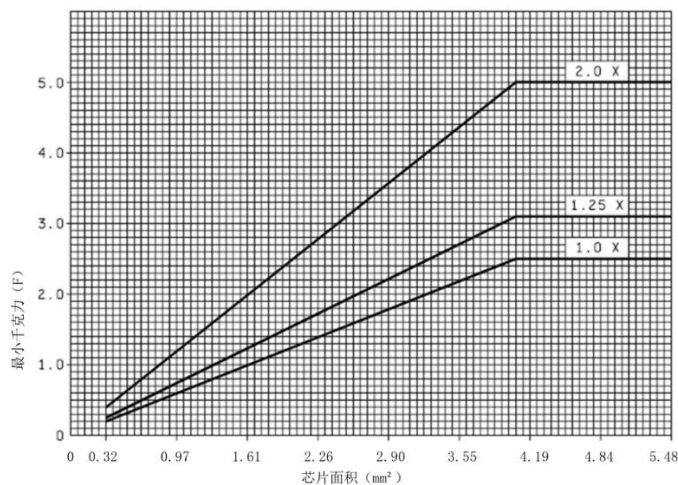


图 9 芯片剪切强度标准（最小力与芯片连接面积）

7.8.7 G7 内部水汽含量 (IWW)

对于所有密封的非真空封装晶体振荡器，应进行内部水汽含量测试。按 IEC 60749-7:2011 第 5 章进行，并采用以下细则：

- 试验条件：通过质谱法，在 100 °C 下，测量晶体振荡器腔体中的水蒸气含量；
- 接收判定：水汽含量小于 5000×10^{-6} 。

7.8.8 G8 基板弯曲 (BF)

按 GB/T 2423.60—2008 试验 Ue1 进行，并采用以下细则：

- 按 7.2.1 和 7.2.2 进行试验前外观和电性能测量；
- 测试板材质：玻璃纤维环氧树脂覆铜板 (FR4)；
- 测试板尺寸：按附录 D；
- 测试板焊盘：采用供货商建议的测试板焊盘 (见附录 D)；
- 应力施加位置：距离晶体振荡器中心左右各 $45 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ 的位置，参考图 10；
- 应力施加方式：采用一宽度为 20 mm、前端半径为 340 mm 的推头，于产品焊装的背面施加应力，经受一个以 $(1 \pm 0.5) \text{ mm/s}$ 的速度渐渐弯曲至少 2 mm 的弯曲，见图 11，弯曲状态的维持时间： 60^{+5}_0 s ；
- 按 7.2.1 和 7.2.2 进行试验后外观和电性能测量。

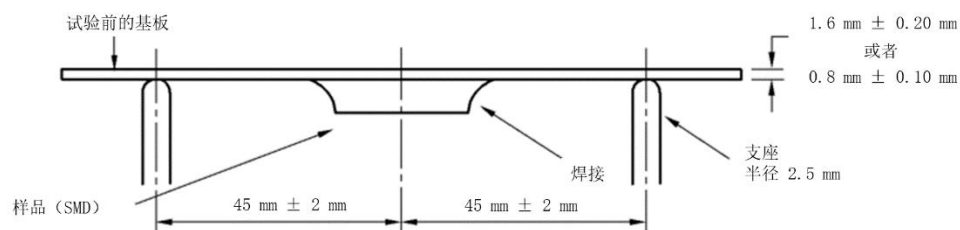
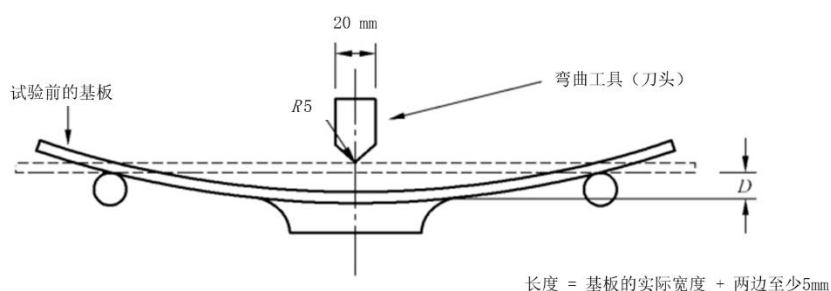


图 10 基板弯曲应力施加相对位置



注：应去除弯曲工具的锐利边缘。

图 11 基板弯曲应力施加方式

附录 A
(规范性)
缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- AC: 高压蒸汽恒定湿热 (Damp heat, steady state)
- BF: 基板弯曲 (Board Flex)
- BGA: 球栅阵列封装 (Ball Grid Array)
- BST: 凸点剪切试验 (Bump Shear Test)
- CA: 稳态加速度 (Constant Acceleration)
- CDM: 静电放电充电器件模型 (Electrostatic Discharge Charged Device Model)
- CHAR: 特性描述 (Characterization)
- DROP: 封装跌落 (Package Drop)
- DS: 芯片剪切 (Die Shear)
- ED: 电性能参数分布 (Electrical Distributions)
- EDR: 非易失存储器耐久、数据保持和工作寿命 (NVM Endurance, Data Retention, and Operational Life)
- ELFR: 早期失效率 (Early Life Failure Rate)
- FL: 细检漏 (Fine Leak)
- GL: 粗检漏 (Gross Leak)
- HBM: 静电放电人体模型 (Electrostatic Discharge Human Body Model)
- HTOL: 高温工作寿命 (High Temperature Operating Life)
- HTSL: 高温贮存寿命 (High Temperature Storage Life)
- IWV: 内部水汽含量 (Internal Water Vapor)
- LF: 无铅(焊接) (Lead (Pb) Free)
- LI: 引出端强度 (引线牢固性) (Lead Integrity)
- LSL: 最低规格书限制值 (Lower Specification Limit)
- MS: 机械冲击 (Mechanical Shock)
- MSL: 湿度敏感等级 (Moisture Sensitivity Level)
- PAT: 过程平均试验 (Process Average Testing)
- PC: 预处理 (Preconditioning)
- PD: 外形尺寸 (Physical Dimensions)
- SBA: 统计区间/良率分析 (Statistical Bin/Yield Analysis)
- SBL: 统计区间限值 (Statistical Bin Limits)
- SD: 可焊性 (Solderability)
- SMD: 表面贴装器件 (Surface Mounted Devices)
- SYL: SYL 统计产量限值 (Statistical Yield Limits)
- TC: 温度循环 (Temperature Cycling)
- TEST: 应力前和应力后功能/参数 (Pre- and Post-Stress Function/Parameter)
- TH: 恒定湿热 (非工作状态) (Temperature Humidity (without Bias))
- THB: 恒定湿热 (工作状态) (Temperature-Humidity Bias)

UBM: 凸点下金属层 (Under Bump Metal)

UHST: 高加速应力试验 (非工作状态) (Unbiased High Accelerated Stress Test)

USL: 最高规格书限制值 (Upper Specification Limit)

VF: 振动 (正弦) (Vibration Fatigue)

WBP: 键合拉力 (Wire Bond Pull)

WBS: 键合剪切 (Wire Bond Shear)



附录 B
(规范性)
工程变更可靠性鉴定

各章条号对应的试验项目名称如表 B.1 所示。当工程变更时，应当按照表 B.2 要求进行工程变更可靠性鉴定。

表 B.1 各章条号对应的试验项目汇总表

章条号	试验分组代码#	试验项目
7.3.2	(A2)	恒定湿热（工作状态）
7.3.3	(A3)	非工作状态下的恒定湿热
7.3.4	(A4)	温度循环
7.3.5	(A5)	高温贮存寿命
7.4.1	(B1)	高温工作寿命
7.4.2	(B2)	早期失效率
7.4.3	(B3)	非易失性存储器耐久、数据保持和工作寿命
7.5.1	(C1)	键合剪切
7.5.2	(C2)	键合拉力
7.5.3	(C3)	可焊性
7.5.4	(C4)	外形尺寸
7.5.5	(C5)	引出端强度（引线牢固性）
7.5.6	(C6)	凸点剪切试验
7.6.2	(E2)	静电放电人体模型
7.6.3	(E3)	静电放电充电器件模型
7.6.4	(E4)	电性能参数分布
7.6.5	(E5)	特性描述
7.6.6	(E6)	无铅焊接
7.8.1	(G1)	机械冲击
7.8.2	(G2)	振动（正弦）
7.8.3	(G3)	稳态加速度
7.8.4	(G4)	密封
7.8.5	(G5)	封装跌落
7.8.6	(G6)	芯片剪切强度（推力）
7.8.7	(G7)	内部水汽含量
7.8.8	(G8)	基板弯曲

附录 C
(规范性)
过程平均试验

C.1 PAT限值和规格书上下限的图形

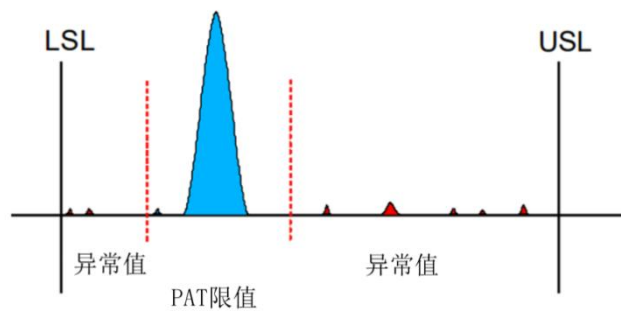


图 C.1 PAT 限值和规格上下限值的图形

C.2 动态PAT的确定流程

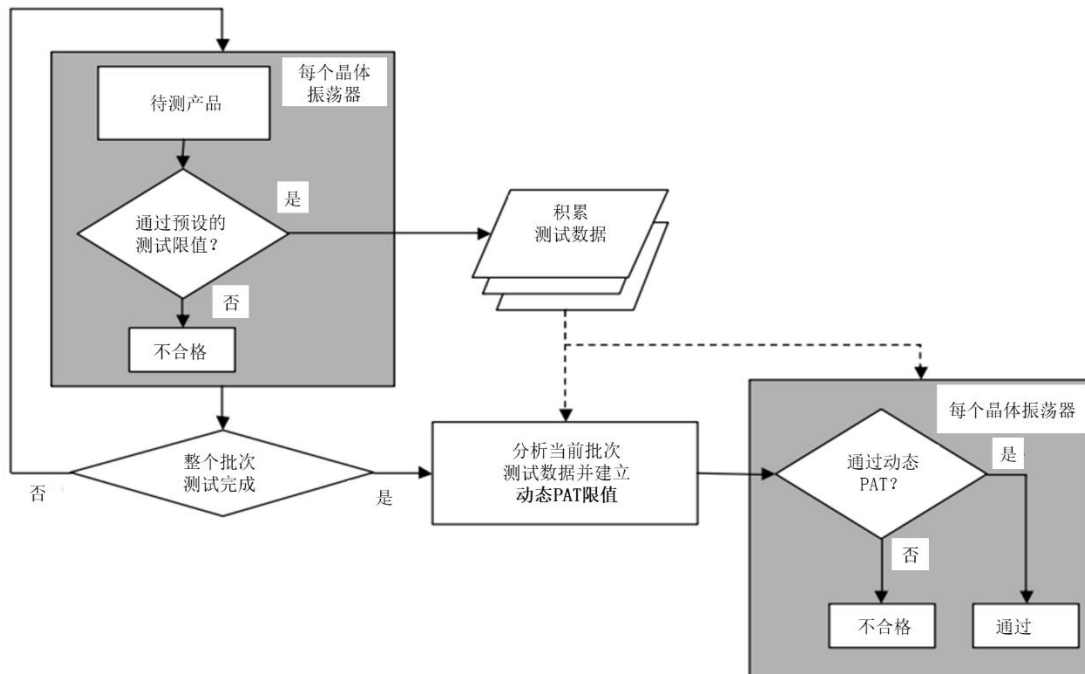


图 C.2 动态 PAT 的确定流程
A.

附录 D
(规范性)
基板弯曲试验测试板尺寸

D.1 通则

用于基板弯曲试验的测试板按 D.2。

D.2 测试板尺寸

测试板尺寸如下图 D.1:

- a) 尺寸: 100 mm × 40 mm;
- b) 厚度: $1.6 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$;
- c) 焊盘: 依据供货商建议焊盘形式与尺寸, 设置于测试板中央。

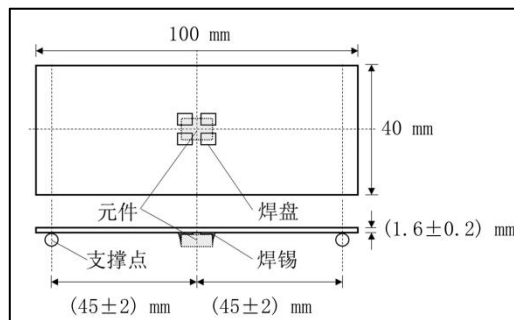


图 D.1 测试板尺寸

参 考 文 献

- [1] AEC-Q100-Rev-J [Failure Mechanism Based Stress Test Qualification for Integrated Circuits], 2023.
- [2] AEC-Q200-Eev-E [Stress Test Qualification For Passive Components], 2023.
- [3] AEC-Q001-Rev-D [Guidelines for Part Average Testing], 2011.
- [4] AEC-Q002-Rev-B1 [Guidelines for statistical yield analysis], 2012.
- [5] AEC-Q003-Rev-A [Guideline for Characterization of Integrated Circuits], 2013.
- [6] AEC-Q005-REV-A [Pb-Free Test Requirements] , 2010.
- [7] AEC100-Q009-REV-B [Electrical Distribution Assessment], 2007.
- [8] AEC-Q100-011-REV-D [Charged Device Model (CDM) Electrostatic Discharge (ESD) Test], 2019.
- [9] AEC-Q100-001-REV-C [Wire Bond Shear Test], 1998.
- [10] AEC-Q100-002-REV-E [Human Body Model Electrostatic Discharge Test], 2013.
- [11] AEC-Q100-005-REV-D1 [Non-Volatile Memory Program/Erase Endurance, Data Retention, and Operating Life Test], 2012.
- [12] AEC-Q100-010-REV-A [Solder Ball Shear Test], 2003.
- [13] AEC-Q100-008-REV-A [Early Life Failure Rate (ELFR)], 2003.
- [14] IPC/JEDEC J-STD-020F [J-STD-020F JOINT IPC/JEDEC Standard Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Non-hermetic Surface Mount Devices (SMDs)], 2022.
- [15] IPC J-STD-006C [Requirements for Electronic Grade Solder Alloys and Fluxed and Non-Fluxed Solid Solders for Electronic Soldering Applications], 2012.
- [16] JESD22-A101D.01 [Steady State Temperature Humidity Bias Life Test], 2021.
- [17] JESD22-A102E [Accelerated Moisture Resistance - Unbiased Autoclave], 2021.
- [18] JESD22-A103E [High Temperature Storage Life], 2021.
- [19] JESD22-A104F [Temperature Cycling], 2020.
- [20] JESD22-A108F [Temperature, Bias, and Operating Life], 2017.
- [21] JESD22-A110E [Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test (HAST)], 2021.
- [22] JESD22-A111B [Evaluation Procedure for Determining Capability to Bottom Side Board Attach by Full Body Solder Immersion of Small Surface Mount Solid State Devices], 2018.
- [23] JESD22-A113I [Preconditioning of Nonhermetic Surface Mount Devices Prior to Reliability Testing], 2020.
- [24] JESD22-A118B.01 [Accelerated Moisture Resistance - Unbiased HAST], 2021.
- [25] JESD22-B100B [Physical Dimensions], 2003.
- [26] JESD22-B102E [Solderability], 2007.
- [27] JESD22-B103B [Vibration, Variable Frequency], 2016.
- [28] JESD22-B104C [Mechanical Shock], 2004.
- [29] JESD22-B105E [Lead Integrity], 2017.
- [30] JESD22-B106D [Resistance to Solder Shock for Through-Hole Mounted Devices], 2016.
- [31] JESD22-B108B [Coplanarity Test for Surface-Mount Semiconductor Device], 2010
- [32] JESD22-B117B [Solder Ball Shear], 2014.

[33] JEDEC J-STD-002E [Solderability Tests for Component Leads, Terminations, Lugs, Terminals and Wires], 2014.

[34] MIL-STD-883L Method 1018 [Internal water-vapor content], 2019.

[35] MIL-STD-883L Method 2001 [Constant Acceleration], 2019.

[36] MIL-STD 883L Method 2011 [Bonding Strength (Destructive Bond Pull Test)], 2019.

[37] MIL-STD-883L Method 2019 [Die Shear Strength], 2019.

