ICS
CCS

团　　体　　标　　准

T/CAAMTB xx－20xx

汽车用磁随机存取存储器可靠性试验方法

Test methods of reliability for magnetic random access memory used in automotive environments

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

20xx-xx-xx 发布　　20xx-xx-xx 实施

中国汽车工业协会 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　缩略语 2
5　试验方法 2
5.1　工作环境温度等级 2
5.2　加速环境应力试验 3
5.3　加速寿命模拟试验 8
5.4　封装完整性试验 12
5.5　晶圆可靠性试验 17
5.6　电性能验证试验 19
参考文献 23

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xx提出。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

汽车用磁随机存取存储器可靠性试验方法

1 范围

本文件规定了汽车用磁随机存取存储器（简称：磁存储器）的可靠性试验方法，包括加速环境应力试验、加速寿命模拟试验、封装完整性试验、晶圆可靠性试验及电性能验证试验。

本文件适用于汽车用磁随机存取存储器。

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 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（HAST）

GB/T 4937.12—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第12部分：扫频振动

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 4937.26 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 4937.38 半导体器件 机械和气候试验方法 第38部分：带存储的半导体器件的软错误试验方法

GB/T 9178—1988 集成电路术语

GB/T 17574—1998 半导体器件 集成电路 第2部分：数字集成电路

GB/T 35003—2018 非易失性存储器耐久和数据保持试验方法

GB/T 36479—2018 集成电路 焊柱阵列试验方法

SJ/T 12264—2026 磁性随机存储芯片耐久性、数据保持及抗磁性试验方法

IEC 60749-3 半导体器件 机械和气候试验方法 第3部分：外观检查（Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 3: External visual examination）

IEC 60749-10 半导体器件 机械和气候试验方法 第10部分：机械冲击（Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 10: Mechanical shock - device and subassembly）

IEC 60749-38 半导体器件 机械和气候试验方法 第38部分：带存储的半导体器件的软错误试验方法（Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 38: Soft error test method for semiconductor devices with memory）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磁随机存取存储器 magnetic random access memory；MRAM

以磁性层的磁矩为信息存储载体，通过磁电阻效应进行信息读取，利用多层磁性薄膜磁矩取向的相对差异实现高低阻态表征，通过电流或电场驱动磁矩翻转，实现写入的非易失性随机存取存储器。

【来源：SJ/T 12264—2026，3.1，有修改】

3.2

耐久性 endurance

磁随机存取存储器经受连续多次数据重写的能力。

【来源：SJ/T 12264—2026，3.2，有修改】

3.3

数据保持 data retention

在规定的时间内，磁随机存取存储器的存储单元在非偏置状态下保持数据的能力。

【来源：SJ/T 12264—2026，3.3，有修改】

3.4

磁抗扰度 magnetic immunity

磁随机存取存储器能够承受的外部磁场强度，且不会影响其存储和读取操作的能力。

【来源：SJ/T 12264—2026，3.4，有修改】

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AP：反平行态（Anti-Parallel）

ATE：自动测试设备（Automatic Test Equipment）

BGA：焊球阵列（Ball Grid Array）

Cpk：过程能力k指数

DR：数据保持（Data Retention）

ESD：静电放电（Electro-Static Discharge）

MTJ：磁隧道结（Magnetic Tunnel Junction）

NC：空引脚（No Connect）

P：平行态（Parallel）

QFN：四方扁平无引线封装（Quad Flat No-lead）

RH：相对湿度（Relative Humidity）

TMR：隧道磁阻（Tunnel Magnetoresistance）

WLR：晶圆级可靠性（Wafer Level Reliability）

5 试验方法

5.1 工作环境温度等级

按照表1选择适用的工作环境温度等级范围进行试验，允许供需双方协商工作环境温度范围，但最低工作环境温度不应高于-40 ℃，最高工作环境温度不应低于85 ℃。对于适用于多个工作环境温度等级的磁存储器，应使用推荐的最严工作环境温度等级进行试验。

表 1　工作环境温度等级范围

单位为摄氏度

工作环境温度等级	最低工作环境温度	最高工作环境温度
0	-40	150
1	-40	125
2	-40	105
3	-40	85

5.2　加速环境应力试验

5.2.1　预处理(PC)

本试验适用于非密封表面贴装磁存储器。对于非密封表面贴装磁存储器，应在稳态温湿度偏置寿命试验/强加速稳态湿热试验、高压蒸煮试验/加速耐湿无偏置强加速应力试验/温湿度贮存试验、温度循环试验和功率温度循环试验测试之前进行预处理试验。

使用 3 个不连续批次（同时满足不连续的晶圆批次、不连续的封装批次，且各批次样品数量大致相等，无法满足时由供需双方协商确定）的样品，试验样品数量不应少于需要进行预处理试验项目样品数量的总和。按照下列步骤进行预处理试验：

a） 按照 5.6.1 的方法在室温（25 ℃±5 ℃）下进行功能/电气参数检查，替换不合格样品；

b） 在不低于 40 倍光学放大倍率下进行外部目视检查，替换不合格样品；

c） 每个批次选取 3 颗样品进行超声波扫描分层试验；

d） 按照 5.2.7 的方法以不高于-40 ℃的最低温度和不低于 60 ℃的最高温度进行 5 次温度循环（可选步骤）；

e） 在125^{+5}_{0} ℃条件下保持 24 h；

注：可根据磁存储器的特性，视情况调整试验时间和温度，以确保去除所有水分。

f） 在步骤 e）完成后 2 h 内，按照表 2 的湿度敏感性等级选取相应的条件进行试验；

g） 在步骤 f）完成后 15 min～4 h 的时间内，按照图 1 的示意图和表 3、表 4 的试验条件，完成 3 次再流焊试验，每次循环间隔时应将样品冷却至室温，间隔时间为 5 min～60 min；

h） 在不低于 40 倍光学放大倍率下进行外部目视检查；

i） 按照 5.6.1 的方法在室温下进行功能/电气参数检查；

j） 每个批次选取 3 颗样品进行超声波扫描分层试验。

表2　湿度敏感性等级

湿度敏感等级	车间暴露条件		试验条件	
	时间	实际条件	时间（h）	试验条件
1	不受限	≤30 ℃/85 %RH	168^{+5}_{0} h	85 ℃/85 %RH
2	1 年	≤30 ℃/60 %RH	168^{+5}_{0} h	85 ℃/60 %RH
2a	4 周	≤30 ℃/60 %RH	696^{+5}_{0} h	30 ℃/60 %RH
			$120^{+1[a]}_{0}$ h	60 ℃/60 %RH [a]
			$168^{+1[b]}_{0}$ h	60 ℃/60 %RH [b]
3	168 小时	≤30 ℃/≤60 %RH	192^{+5}_{0} h	30 ℃/60 %RH
			$40^{+1[a]}_{0}$ h	60 ℃/60 %RH [a]
			$52^{+1[b]}_{0}$ h	60 ℃/60 %RH [b]

4	72 小时	≤30 ℃/≤60 %RH	96^{+2}_{0} h	30 ℃/60 %RH
			$20^{+0.5}_{0}$ h [a]	60 ℃/60 %RH [a]
			$24^{+0.5}_{0}$ h [b]	60 ℃/60 %RH [b]
[a] 塑封材料水汽扩散活化能为0.40 eV～0.48 eV时也可使用该方法进行试验。 [b] 塑封材料水汽扩散活化能为0.30 eV～0.39 eV时也可使用该方法进行试验。				

表3　再流焊试验参数

试验参数	试验条件
预热最低温度（T_{smin}）	150 ℃
预热最高温度（T_{smax}）	200 ℃
预热时间（t_s）	60 s～120 s
升温斜率（T_L 到 T_P）	≤3 ℃/s
液相温度（T_L）	217 ℃
封装体峰值温度（T_P）	$T_P \geq T_C$（见表4）
T_L 以上的保持时间（t_p）	60 s～150 s
在指定分类温度（T_C）5 ℃以内的保持时间（t_p）	≥30 s
降温斜率（T_P 到 T_L）	≤6 ℃/s
25 ℃到峰值温度的时间	≤8 min

表4　封装温度分类

封装厚度	封装分类温度（T_C）		
	V＜350 mm³ ℃	350 mm³≤V≤2000 mm³ ℃	V＞2000 mm³ ℃
＜1.6 mm	260	260	260
1.6 mm～2.5 mm	260	250	245
＞2.5 mm	250	245	245
注：V代表体积，体积包括封装体的外部尺寸，不包括外部端子和/或非一体式散热片。			

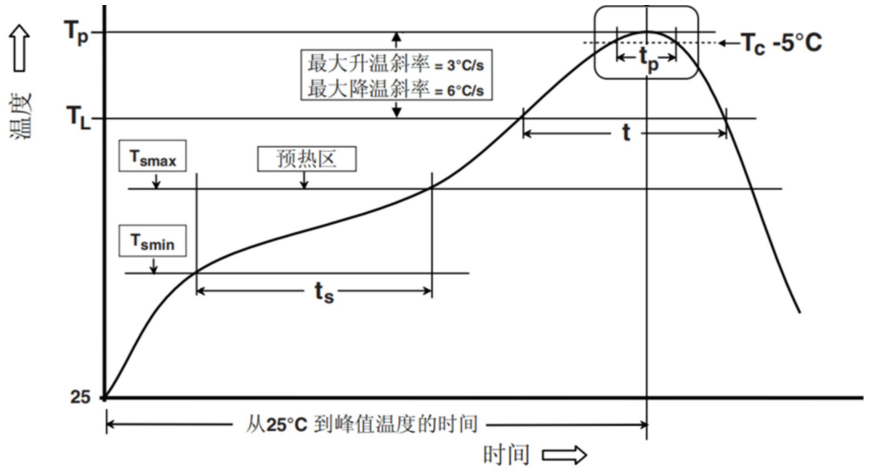


图1　再流焊试验示意图

5.2.2 稳态温湿度偏置寿命试验(THB)

对于表面贴装磁存储器，试验前应先按照 5.2.1 进行预处理试验。按照表 5 的条件进行试验，按照 GB/T 4937.4—2012 中 4.2 的偏压准则施加偏压。使用 3 个不连续批次的样品，每批次样品数量不应少于 77 颗。应在 3 h 内达到稳定温度和相对湿度。

表 5 稳态温湿度偏置寿命试验条件

温度 ℃	湿度 %RH	气压[a] kPa	时间 h
85±2	85±5	49.1	1000^{+168}_{-24}
[a] 气压为参考试验条件。			

试验前后进行外观检查，按照 5.6.1 的方法依次在室温和表 1 规定的最高工作环境温度下进行功能/电气参数检查。功能检查应在试验结束后 48 h 内完成。应力条件应连续施加，但中期测量期间可中断。允许试验过程中在室温下对样品进行功能/电气参数检查，中断时间不宜超过 96 h。可通过将样品放置在密封的防潮袋中（非真空包装、无氮气保护且不使用干燥剂）降低样品的潮气释放速率。当样品放置于密封袋中时，可在 144 h 内进行功能/电气参数检查，中断时间可以延长至 288 h。

5.2.3 强加速稳态湿热试验(HAST)

对于表面贴装磁存储器，试验前应先按照 5.2.1 进行预处理试验。按照 GB/T 4937.4 的方法进行试验。试验前后进行外观检查，按照 5.6.1 的方法依次在室温和表 1 规定的最高工作环境温度下进行功能/电气参数检查。功能检查应在样品恢复室温后 48 h 内完成。应力条件应连续施加，但中期测量期间可中断。允许试验过程中在室温下对样品进行功能/电气参数检查，中断时间不宜超过 96 h。可通过将样品放置在密封的防潮袋中（非真空包装、无氮气保护且不使用干燥剂）降低样品的潮气释放速率。当样品放置于密封袋中时，可在 144 h 内完成功能检查，中断时间可以延长至 288 h。

5.2.4 高压蒸煮试验(AC)

对于表面贴装磁存储器，试验前应先按照 5.2.1 进行预处理试验。从表 6 中选择合适的条件进行试验， 使用 3 个不连续批次的样品，每批次样品数量不应少于 77 颗。应在 3 h 内达到稳定温度和相对湿度。对于塑料封装的样品，试验温度不应高于有效玻璃化转变温度。

表 6 高压蒸煮试验条件

温度 ℃	相对湿度 %RH	蒸汽压力 kPa	时间 h
121±2	100	103.42	96^{+5}_{0}

试验前后进行外观检查，按照 5.6.1 的方法在室温下进行功能/电气参数检查。功能检查应在试验结束后 2 h 至 48 h 时间内完成。应力条件应连续施加，但中期测量期间可中断。允许在试验过程中对样品进行功能/电气参数检查，中断时间不宜超过 96 h。可通过将样品放置在密封的防潮袋中（非真空包装、无氮气保护且不使用干燥剂）降低样品的潮气释放速率。当样品放置于密封袋中时，可在 144 h 内进行功能/电气参数检查，中断时间可以延长至 288 h。

5.2.5 加速耐湿无偏置强加速应力试验(UHAST)

对于表面贴装磁存储器，试验前应先按照 5.2.1 进行预处理试验。从表 7 中选择合适的条件进行试验，使用 3 个不连续批次的样品，每批次样品数量不应少于 77 颗。应在 3 h 内达到稳定温度和相对湿度。对于塑料封装的样品，试验温度不应高于有效玻璃化转变温度。

表 7　加速耐湿无偏置强加速应力试验条件

试验条件	温度 ℃	相对湿度 %RH	蒸汽压力[a] kPa	时间 h
1	130±2	85±5	230	96^{+2}_{0}
2	110±2	85±5	122	264^{+2}_{0}
[a] 气压为参考试验条件。				

试验前后进行外观检查，按照 5.6.1 的方法在室温下进行功能/电气参数检查。功能检查应在试验结束后 48 h 内完成。应力条件应连续施加，但中期测量期间可中断。允许在试验过程中对样品进行功能/电气参数检查，中断时间不宜超过 96 h。可通过将样品放置在密封的防潮袋中（非真空包装、无氮气保护且不使用干燥剂）降低样品的潮气释放速率。当样品放置于密封袋中时，可在 144 h 内进行功能/电气参数检查，中断时间可以延长至 288 h。

5.2.6　温湿度贮存试验(TH)

对于表面贴装磁存储器，试验前应先按照 5.2.1 进行预处理试验。按照表 8 的条件进行试验，使用 3 个不连续批次的样品，每批次样品数量不应少于 77 颗。应在 3 h 内达到稳定温度和相对湿度。

表 8　温湿度贮存试验条件

温度 ℃	湿度 %RH	时间 h
85±2	85±5	1000^{+168}_{-24}

试验前后进行外观检查，按照 5.6.1 的方法在室温下进行功能/电气参数检查。功能检查应在试验结束后 48 h 内完成。应力条件应连续施加，但中期测量期间可中断。允许在试验过程中对样品进行功能/电气参数检查，中断时间不宜超过 96 h。可通过将样品放置在密封的防潮袋中（非真空包装、无氮气保护且不使用干燥剂）降低样品的潮气释放速率。当样品放置于密封袋中时，可在 144 h 内进行功能/电气参数检查，中断时间可以延长至 288 h。

5.2.7　温度循环试验(TC)

对于表面贴装磁存储器，试验前应先按照 5.2.1 进行预处理试验。按照表 9 的要求进行试验，使用 3 个不连续批次的样品，每批次样品数量不应少于 77 颗。使用热电偶或其他温度测量装置监控样品的温度和保持时间。允许在试验过程中中断，但中断总次数不应超过总循环数的 10%。

注：如果使用热电偶测量温度，宜使用导热胶或铝箔胶带，确保温度测量的准确性。

试验前后进行外观检查，按照 5.6.1 的方法依次在室温和表 1 规定的最高工作温度下进行功能/电气参数检查。功能检查应在恢复室温后 96 h 内完成。应力条件应连续施加，但中期测量期间可中断。允许在试验过程中对样品进行功能/电气参数检查，中断时间不宜超过 96 h。试验后，每批样品随机抽取 3 颗对晶粒粘接和键合区域进行分层扫描；从一批样品中取出 5 颗样品进行开封，对每个样品的角键（每个角 2 个键）和每侧一个中间键按照 5.4.2 的方法进行键合点拉力试验。应根据要求向用户提供结果。对于密封产品，还应进行粗/细气漏试验。

表 9　温度循环试验条件

温度等级	最低温度 Ts(min) ℃	最高温度 Ts(max) ℃	最高/低温度下保持时间[b] min	循环数	每小时循环次数
0	-55	150	≥1 或≥5	1500	2
1[a]	-55	150	≥1 或≥5	1000	2
	-65	150	≥1 或≥5	500	2
2	-55	125	≥1 或≥5	1000	2～3
3	-55	125	≥1 或≥5	500	2～3
[a] 可任选一个条件进行试验。 [b] 驻留模式 1 的保持时间≥1 min（通常用于器件级测试，考察封装好的完整器件），驻留模式 2 的保持时间≥5 min（通常用于互连/焊点级测试，如 BGA 焊球、板级封装）。					

5.2.8　功率温度循环试验（PTC）

本试验适用于功耗 P 不小于 1 W 且功率上升时间小于 0.1 s 导致结温温升 ΔT_j 不小于 40 ℃的芯片。对于表面贴装磁存储器，试验前样品应按照 5.2.1 完成预处理试验。按照表 10 的要求进行试验，使用 1 个批次的样品，样品数量不应少于 45 颗。试验过程中应对电源设置上下电循环（如无其他规定，5 min 上电，5 min 下电交替循环，其中 5 min 上电时芯片以典型工作模式运行），试验中应实时监控样品的运行状态。

表 10　功率温度循环条件

温度等级	最低温度 ℃	最高温度 ℃	停留时间 min	温度转换时间 min	温度循环次数 次
0	-40	150	≥10	≤35	1000
1	-40	125	≥10	≤30	1000
2	-40	105	≥10	≤25	1000
3	-40	105	≥10	≤25	1000

试验前后进行外观检查，按照 5.6.1 的方法进依次在室温和表 1 规定的最高工作环境温度下进行功能/ 电气参数检查。功能检查应在恢复室温后 96 h 内完成。应力条件应连续施加，但中期测量期间可中断。允许在试验过程中（如试验的 500 循环时）对样品进行功能/电气参数检查，中断时间不宜超过 96 h。

5.2.9　高温贮存寿命试验（HTSL）

根据工作环境温度等级，选择表 11 中每个温度等级条件中的一种进行试验。使用 1 个批次的样品，样品数量不应少于 45 颗。使用热电偶或其他温度测量装置监控样品的温度。

表 11　高温贮存寿命试验条件

封装类型	温度等级	环境温度 ℃	试验持续时间 h
塑料封装	0	+175	1000
		+150	2000
	1	+175	500
		+150	1000

	2 和 3	+150	500
		+125	1000
陶瓷封装	0～3	+250	10
		+200	72

试验前后进行外观检查，按照 5.6.1 的方法进依次在室温和表 1 规定的最高工作环境温度下进行功能/ 电气参数检查，功能检查应在恢复室温后 48 h 内完成。应力条件应连续施加，但中期测量期间可中断。允许在试验过程中对样品进行功能/电气参数检查，中断时间不宜超过 168 h。超出的中断时间应在继续试验时增加相同的时间进行补偿。若样品的封装、工作环境温度等级要求相同，耐久性、数据保持和工作寿命试验可替代本试验。

5.3 加速寿命模拟试验

5.3.1 高温工作寿命试验（HTOL）

根据工作环境温度等级，选择表 12 的条件之一进行试验，使用 3 个不连续批次的样品，每批次样品数量不应少于 77 颗。使用热电偶或其他温度测量装置监控样品的温度。应力条件应连续施加，但允许在中期测量期间中断，中断总时间不应超过总试验时间的 10%。应在样品冷却至 55 ℃或更低时切断电压。宜在试验过程中（如试验的 168 h 和 500 h 时）对样品进行功能/电气参数检查。

表 12 高温工作寿命试验条件

温度等级	环境温度 [a] ℃	试验持续时间 [b] h	电压 [c]
0	150	1000	最大工作电压
1	125	1000	最大工作电压
2	105	1000	最大工作电压
3	85	1000	最大工作电压

[a] 可使用结温代替环温，结温不应低于芯片最大工作条件（试验电压、环境温度、时间）下的结温，但应低于绝对最高额定结温。

[b] 试验时功能检查时间不应算在试验持续时间内。到达试验条件时开始计算试验持续时间，腔体开始降温时停止计算试验持续时间。

[c] 可使用更高的电压，从电压和温度获得更高的寿命加速度，但该电压不应超过芯片的绝对最大额定电压。最大工作电压 VCC_{max} 是在保证交流和直流参数正常情况下的最大值，试验中不应发生热关断现象。

试验时，样品应处于运行状态，且试验中不应发生热关断现象。宜通过调整输入参数（例如：电源电压、时钟频率、输入信号等）来控制内部功耗。磁存储器应先按照 5.3.3 进行高温耐久性试验后，再进行本试验。

在试验过程中及试验前后对样品进行功能/电气参数检查时，应按照 5.6.1 的方法依次在室温、表 1 规定的最低工作环境温度和表 1 规定的最高环境工作温度条件下测试，或依次在室温、表 1 规定的最高工作环境温度和表 1 规定的最低工作环境温度条件下测试。如果适用，宜对试验后的关键性能和可靠性相关电气参数进行漂移分析。

高压器件（加电电压大于 10 V 的样品）功能检查的时间不宜超过 96 h，其他器件功能检查的时间不宜超过 168 h。超出的时间应按照表 13 的要求进行补偿。

表 13　功能检查的时间超过规定时长的补偿方式

超出的功能检查时间 t h	0＜t≤168	168＜t≤336	336＜t≤504	t＞504
恢复试验前所需的额外应力时长 h	24h 或t/2，取其中最短时间	48h 或t/2，取其中最短时间	72h 或t/2，取其中最短时间	每超出 168 h，增加 24 h 或 t/2（取最短时间）的额外应力时长

5.3.2　早期寿命失效率试验（ELFR）

根据工作环境温度等级，按表 14 的要求进行试验，使用 3 个不连续批次的样品,每批次样品数量不应少于 800 颗。使用热电偶或其他温度测量装置监控样品的温度。

表 14　早期寿命失效试验条件

温度等级	环境温度 [a] ℃	试验持续时间 [b] h	电压 [c]
0	150	48	最大工作电压
	175	24	
1	125	48	最大工作电压
	150	24	
2	105	48	最大工作电压
	125	24	
3	85	48	最大工作电压
	105	24	

[a] 在相应的环境温度下芯片的结温不应超过芯片的绝对最大额定结温。在进行本试验时，如果芯片在本试验条件下的结温不低于芯片最大工作条件下的结温，但低于绝对最高额定结温，可使用结温代替环温。

[b] 到达试验条件时开始计算试验持续时间，腔体开始降温时停止计算试验持续时间。

[c] 供需双方可协商确定使用更高的电压，从电压和温度获得更高的寿命加速度，但该电压不应超过芯片的绝对最大额定电压。

试验时，样品应处于运行状态，且试验中不应发生热关机现象。宜通过调整输入参数（例如：电源电压、时钟频率、输入信号等）来控制内部功耗。

在试验前和试验后 48 h 内，按照 5.6.1 的方法依次在室温和表 1 规定的最高工作环境温度下进行功能/电气参数检查。

通过本试验后合格的样品，可用于开展其他应力试验。

5.3.3　耐久性和数据保持试验（EDR）

5.3.3.1　试验条件

5.3.3.1.1　试验设备

5.3.3.1.1.1　可控温箱

能将温箱内的温度维持在规定温度或之上（例如125^{+5}_{0} ℃），且温箱内应配有插座或其他固定装置，以便在指定电路配置下与器件引脚实现可靠电接触；

5.3.3.1.1.2　磁场发生装置

磁场发生装置应满足下列要求：

a) 能产生均匀、可控的磁场；
b) 磁场强度应覆盖汽车应用中的实际干扰场景，确保模拟汽车电子系统中的典型磁场环境；支持多轴磁场方向调节，以模拟不同方向的磁场干扰；
c) 在被测样品所在区域的磁场强度变化应不超过±5%，确保测试结果的准确性和可重复性；
d) 应具备磁场屏蔽功能，防止外部环境磁场干扰测试结果，同时确保磁场发生装置与测试电路的电气隔离，避免电磁耦合影响数据读取；
e) 应配备高精度磁场测量仪，实时校准和监测磁场强度，确保测试条件符合预设要求。

5.3.3.1.1.3 测试板

测试板应满足下列要求：

a) 测试板应与磁场发生装置集成，确保在施加磁场的同时或之后，能够同步对存储单元进行写读操作，实时监测数据状态；
b) 测试板应避免瞬态电压尖峰或其他可能导致电、热或机械过应力的情况。

5.3.3.1.2 试验样品

试验项目分为高温组和低温组（含室温），试验分组见图 2。

高温组试验时，应使用 3 批次(不连续），每批次 77 颗，以及 1 批次 45 颗的样品进行高温数据耐久性试验。高温数据耐久性试验后，应使用其 3 批次(不连续），每批次 77 颗的样品进行高温工作寿命试验；选取其 1 批次 45 颗的样品进行高温数据保持试验。

低温组试验时，应使用 1 批次 77 颗的样品进行低温数据耐久性试验。低温数据耐久性试验后，应使用其全部样品进行低温数据保持试验。

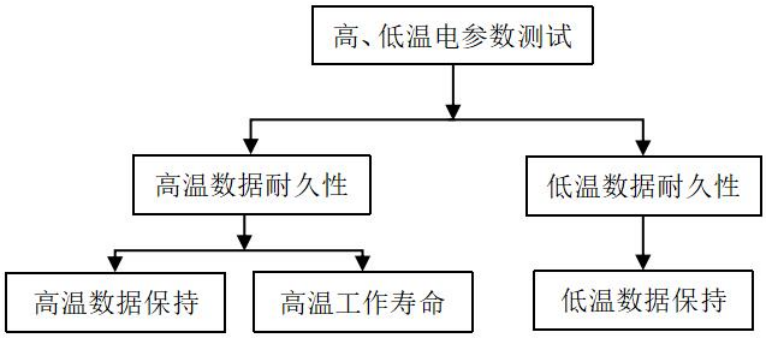


图 2 试验分组示意图

5.3.3.2 试验步骤

5.3.3.2.1 高温数据耐久性

按 5.3.3.1.2 选取磁存储器样品，在表 1 对应温度等级的最高工作环境温度下进行高温耐久性试验。选择写循环数据图形（如棋盘格、全 0 或全 1），对磁存储器进行循环写/读，写/读次数、每次写/读动作时间参考产品规格书的要求。在试验前和试验后 96 h 内，按照 5.6.1 的方法依次在室温、表 1 对应温度等级的最高工作环境温度下进行电气参数检查。

5.3.3.2.2 高温工作寿命

按 5.3.1 的规定执行。

5.3.3.2.3 高温数据保持

本试验适用于类闪存型磁存储器。按 5.3.3.1.2 选取磁存储样品，对磁存储器写入数据图形（如棋盘格、全 0 或全 1），在 5.29 对应的最高贮存温度下烘烤 1000 h，确认数据是否丢失。试验前和试验后 96 h 内，按照 5.6.1 的方法依次在室温、表 1 对应温度等级的最高工作环境温度下进行电气参数检查。

若烘烤温度超出磁存储器产品规格书允许的最高温度，可依据阿伦尼乌斯（Arrhenius）加速模型，在不超过产品规格允许的温度下延长烘烤时间进行等效加速测试，等效烘烤时长由供需双方协商确定。

5.3.3.2.4 低温数据耐久性

按 5.3.3.1.2 选取磁存储器样品，在表 1 对应温度等级的室温或最低工作环境温度下，选取写循环数据图形（如棋盘格、全 0 或全 1），对磁存储进行循环写/读。写/读次数、每次写/读动作时间参考产品规格书的要求。试验前和试验后 96 h 内，按照 5.6.1 的方法依次在室温、表 1 对应温度等级的最高工作环境温度下进行电气参数检查。

5.3.3.2.5 低温数据保持

按 5.3.3.1.2 选取磁存储器样品，在表 1 对应温度等级的室温或最低工作环境温度下，对磁存储器写入数据图形（如：棋盘格、全 0 或全 1）。在表 1 对应温度等级的最低工作环境温度或室温下贮存 1000 h，确认数据是否丢失。试验前和试验后 96 h 内，按照 5.6.1 的方法依次在室温、表 1 对应温度等级的最高工作环境温度下进行电气参数检查。

5.3.4 磁抗扰度试验（MI）

5.3.4.1 试验条件

5.3.4.1.1 试验设备

试验设备应满足5.3.3.1.1的要求。

5.3.4.1.2 试验样品

高温磁抗扰度试验应使用3个不连续批次的样品，每批次样品数量不应少于15颗。低温磁抗扰度试验应使用1个批次的样品，样品数量不应少于15颗。

5.3.4.1.3 磁场强度

根据磁存储器在汽车上的应用区域以及周围环境磁场干扰情况，按表15选择对应的试验磁场强度进行试验。

表 15 磁抗扰度试验磁场强度

试验条件	试验磁场强度	应用区域
1[a]	磁存储器产品规格书标称的最大耐受磁场强度	所有区域（验证规格合规性）
2[b]	由应用方定义或实测磁存储器所处环境最大磁场强度	特定区域（如电机、扬声器等含永磁体设备附近，验证系统适配性）
[a] 必测，用于验证磁存储器是否符合其标称的磁抗扰度规格。 [b] 选测，用于模拟磁存储器在特定应用场景（如紧邻永磁体设备）下可能面临的实际最强磁场干扰。		

5.3.4.1.4 磁场方向

根据磁存储器的数据图形，按表16设置磁场方向。

表 16　磁场方向设置

外部磁场方向		静态电测试		动态电测试	
		↑	↓	↓	↑
初始态	自由层	↓	↑	↓	↑
	参考层	↑	↑	↑	↑

注 1：本表基于垂直磁隧道结结构，符号“↑”表示垂直向上磁矩，“↓”表示垂直向下磁矩。参考层磁矩方向固定（通常固定为↑），自由层：磁矩方向可变（↑或↓），代表存储的数据“0”或“1”。

注2：静态测试时，外部磁场方向与自由层初始磁矩方向相反，用于验证最坏情况下的抗翻转能力；动态测试时，外部磁场方向与目标写入数据方向相同，用于验证写入操作在磁场干扰下的可靠性。

5.3.4.2　试验步骤

5.3.4.2.1　高温磁抗扰度

按5.3.4.1.2选取磁存储器样品，在表1对应温度等级的最高工作环境温度下，对磁存储器依次进行静态和动态电测试。

静态电测试步骤如下：

a）　将磁存储器样品置于零场强条件下，可将一半数量的样品写入全“0”图形数据，一半数量的样品写入全“1”图形数据，并进行读验证；

b）　按表 15 施加磁场强度，按表 16 设置磁场方向；

c）　将样品置于磁场环境中，放置时间不小于 10 min，读取样品数据并统计失效字节数。

动态电测试步骤如下：

a）　将磁存储器样品置于零场强条件下，可将一半数量的样品写入全“0”图形数据，一半数量的样品写入全“1”图形数据，并进行读验证；

b）　按表 15 施加磁场强度，按表 16 设置磁场方向；

c）　置于磁场环境中，放置时间不小于 10 min，写入与步骤 a）初始图形数据相反的数据，读取数据并统计失效字节数。

5.3.4.2.2　低温磁抗扰度

按5.3.4.1.2选取磁存储器样品，在表1对应温度等级的室温和最低工作环境温度下，按5.3.4.2.1对磁存储器依次进行静态和动态电测试。

5.4　封装完整性试验

5.4.1　键合球剪切强度试验（WBS）

本试验适用于键合球高度不低于 31.75 μm 的样品，示意图见图 3。试验样品数量不应少于 5 颗，每颗样品选择不少于 6 个位置在适当的时间间隔内进行试验。

推刀抬高高度应在焊盘上方2.54 μm处至待测键合球高度的1/2处范围内选取，剪切速度应在280～500 μm/s 范围内选取，同时测量每个选定位置的剪切力。试验后使用不低于 30 倍光学放大倍率的显微镜进行分离模式的判定，分离模式见表 17。

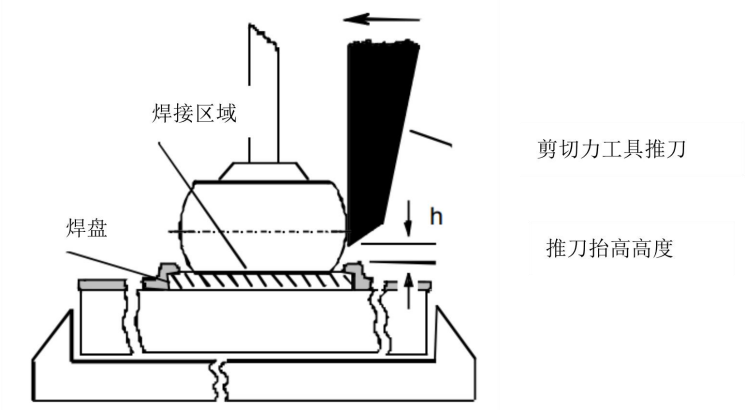
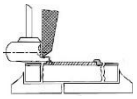
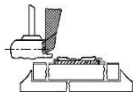
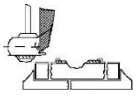
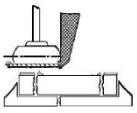
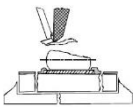
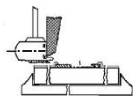


图 3　键合球剪切强度试验示意图

表 17　分离模式

分离模式	类别	图示
1	键合球与焊盘分离	
2	键合球分离	
3	焊盘与基材破裂分离	
4	焊盘分离（推刀抬高高度错误）	
5	键合球顶部分离（推刀太高高度错误、器件架设错误）	
6	焊盘与共金层分离	

5.4.2　破坏性键合拉力试验（WBP）

试验样品数量不应少于 5 颗，每颗样品选择不少于 6 个位置进行试验。从下列两个试验方法中任选一个进行试验。

单键合点键合线拉力试验：切断连接芯片或基板与框架上的引线，使两端键合点都能进行拉力试验。对引线施加垂直于芯片表面的拉力，使引线断裂并记录分离模式与拉力大小，分离模式见图 4。

双键合点键合线拉力试验：当键合线线径不小于25.4 μm时，在引线中跨和顶部之间插入钩针施加拉力，见图5；当键合线线径小于25.4 μm时，在键合球上方插入钩针施加拉力；当键合线线径大于127 μm且钩针不适用时，可使用适当的夹子代替钩针。对引线施加垂直于芯片表面的拉力，使引线断裂并记录分离模式与拉力大小。

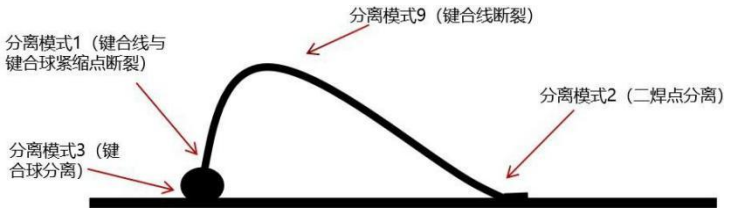
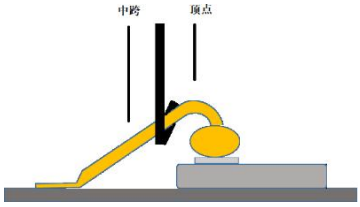
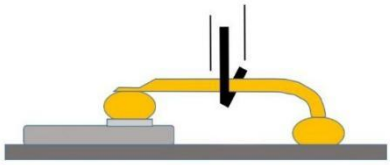


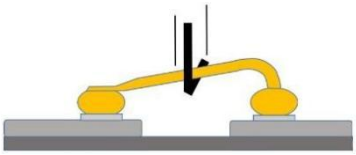
图4　键合点拉力试验分离模式图



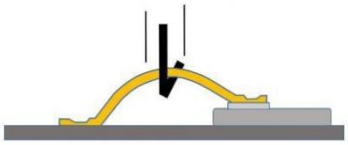
a）将钩针置于中跨与顶点之间



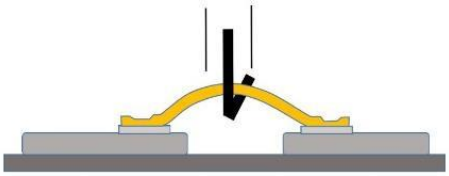
b）将钩针置于中跨附近



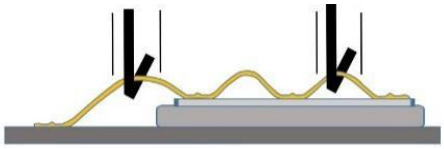
c）将钩针置于中跨附近



d）如果中跨与顶点所在位置大致相同，则将钩针放在中跨附件。如位置不同，则将钩针放在中跨与顶端之间的近似中点处。



e）将钩针置于中跨附近



f）将钩针置于所有中跨附近

图5　键合点拉力试验示意图

5.4.3　可焊性试验（SD）

本试验使用1个批次的样品，样品数量不应少于15颗进行试验。试验前应从表18中选择适当的条件进行预处理，预处理后应在2 h内进行试验或将器件存放于氮气箱中，并在72 h内进行试验。

对于使用蒸汽老化预处理的样品，当试验样品从蒸汽老化设备中移出时，可以按照下述方法之一干燥样品：

在干燥环境中(推荐用干燥氮气)，最高100 ℃烘焙不超过1 h；

在室温环境下的空气中干燥至少15 min。

注：样品自老化设备中取出后的2 h内，若不进行可焊性试验，在试验前需将其存贮在一个干燥的广口瓶或干氮箱中，且最长不超过72 h。

表18　预处理条件

预处理条件	预处理	条件	试验时长	适用性
A	蒸汽老化	见表19	1 h±5 min	适用
B	蒸汽老化	见表19	4 h±10 min	适用
C	蒸汽老化	见表19	8 h±15 min	适用
D	蒸汽老化	见表19	16 h±30 min	适用
E	高温烘烤	155 ℃	4 h±1 5min	默认选用

表19　蒸汽温度

海拔高度 m	平均沸点 ℃	蒸汽温度范围 ℃
0～305	100	93±3
305～610	99	92±3
610～914	98	91±3
914～1219	97	90±3
1219～1524	96	89±3
1524～1829	95	88±3

试验时，应使用Sn96.5Ag3.0Cu0.5（SAC305）焊料，允许Ag含量在3.0 wt%～4.0 wt%之间、Cu0.5 wt%～1.0 wt%之间变化；助焊剂成分应符合表20的规定。对于不同类型的样品，使用下列不同的方法进行试验。

有引线元器件焊料槽浸焊观察试验：先将样品以20°～45°的角度浸入助焊剂中，待样品表面浸没在助焊剂中保持5 s～10 s后，将样品引线与焊料面呈90°方向，以（25±6）mm/s的速度浸入焊料槽，并在焊料面与样品本体在距离1.27mm以内停止，在（245±5）℃条件下保持50 s。将样品取出冷却5 s以上后，在不低于30倍光学放大倍率下进行观察焊料层细节。

无引线元器件焊料槽浸焊观察试验：：先将样品以20°～45°的角度浸入助焊剂中，待器件表面浸没在助焊剂中保持5 s～10 s后，将样品与焊料面呈20°～45°方向，以（25±6）mm/s的速度浸入焊料槽，在（245±5）℃条件下保持50 s。将样品取出冷却5 s以上后，在不低于30倍光学放大倍率下进行观察焊料层细节。

焊球、柱阵列封装器件表面贴装工艺模拟试验：使用开模丝网将锡膏印至试验基板，取下丝网后将样品置于印刷好的基板上，在确认样品位置无误后进行再流焊接，待冷却后将样品从基板上取下，在不低于30倍光学放大倍率下进行观察焊料层细节。

表20 助焊剂成分

成分	质量分数（2号助焊剂）
松香	25±0.5
二乙胺盐酸盐（CAS 660-68-4）	0.39±0.01
氯当量	0.5
异丙醇（IPA）(CAS67-63-0)	余量

5.4.4　物理尺寸量测试验（PD）

本试验包括物理尺寸量测和共面性测量两个部分。使用 3 个不连续批次的样品，每批次样品数量不应少于 10 颗。使用千分尺、卡尺、量规、轮廓投影仪或其他能够确定实际设备尺寸的测量设备对样品进行尺寸量测。对于焊柱阵列(CGA)封装产品按照 GB/T 36479—2018 中 5.1 的方法对样品进行共面度测量。对于焊球阵列（BGA）封装产品采用基准平面法测量，具体步骤如下：

应小心处置样品，确保不会损伤焊球。

样品水平放置，焊球朝上，如图 6 所示。

测量时，不允许对器件施加外力。

测量每一个焊球顶点。

测定三个具有到植球面最大的垂直距离的焊球顶点，这三个点形成基准平面，如图 6 所示。

由焊球形成的三角形基准平面应包括器件重心。如果构建的基准平面不包括器件重心，则使用下一个和植球面具有最大的垂直距离的焊球来构建有效的基准平面。如果基准平面三角形包括了器件重心，则认为此基准平面是有效的。但也可能存在多个基准平面。如果存在多个基准平面，应使用能产生最坏测量结果的基准平面来进行共面度测量。

测量每个焊球顶点和基准平面之间的距离，其最大测量差值就是共面度，如图 7 所示。

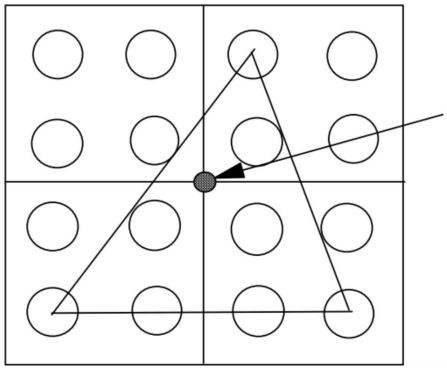


图 6　基准平面

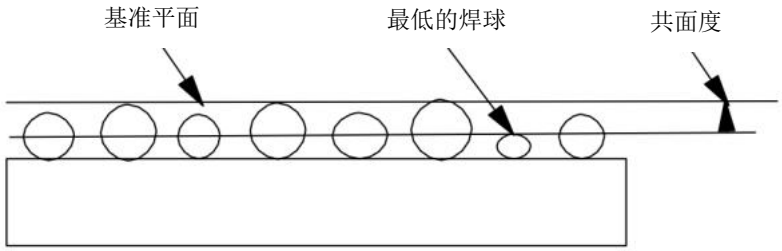


图 7　BGA 共面度

5.4.5　焊球剪切试验（SBS）

使用 3 个不连续批次的样品，每批次样品数量不应少于 10 颗，每颗样品选择不少于 5 个位置进行试验。试验前应先按照 5.2.1 步骤 g）的方法进行两次封装体峰值温度（TP）为 220 ℃的再流焊试验，待样品冷却恢复常温后进行试验。

本试验的示意图见图 8。推刀抬高高度为待测焊球的 1/3 处，剪切速度在 280 μm/s～500 μm/s 范围内选取，试验后在不低于 40 倍光学放大倍率下进行分离模式的判定，分离模式见表 21。

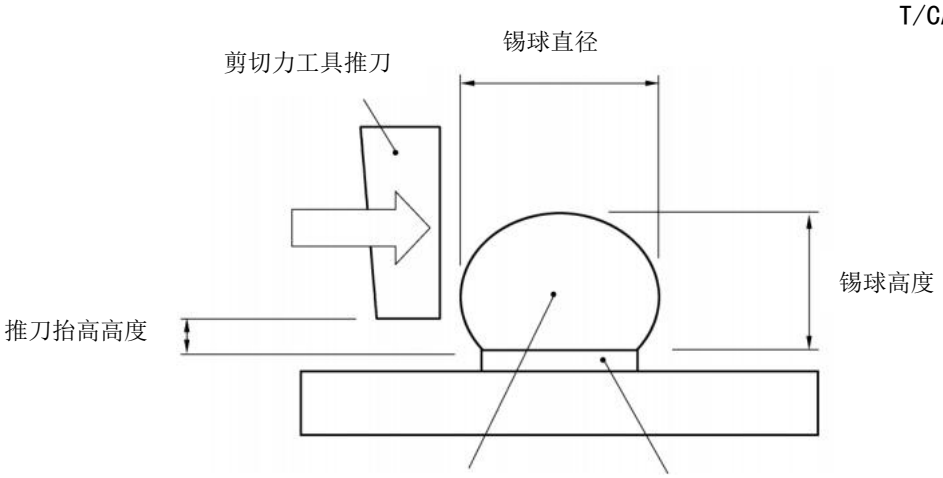
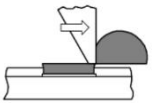
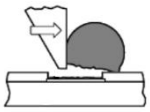
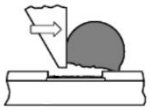
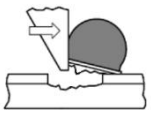
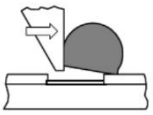


图 8　焊球剪切试验示意图

表 21　分离模式

分离模式	类别	图示
1	焊球分离	
2	锡镍或锡金分离	
3	铜镍分离	
4	焊盘分离	
5	焊球抬起分离	

5.4.6　引脚完整性试验（LI）

本试验使用 1 个批次的样品，样品数量不应少于 5 颗，每颗样品应不少于 10 个引脚进行试验。按照 GB/T 4937.14—2018 中第 5 章的方法进行试验。

5.4.7　凸块剪切试验（BS）

本试验使用 1 个批次的样品，样品数量不应少于 5 颗，每颗样品选择不少于 4 个凸块进行试验，按照 5.4.5 焊球剪切试验的方法进行试验，测试有效载荷由供需双方协商确定，试验前后测量样品 Cpk 参数。

5.5　晶圆可靠性试验

5.5.1　电迁移（EM）试验

依据晶圆厂相关要求，参考 GB/T 45722 的方法进行试验。

5.5.2 电介质击穿（TDDB）试验

依据晶圆厂相关要求，参考 GB/T 45718、GB/T 45720 的方法进行试验，结果由供需双方协商确定。

5.5.3 热载流子注入效应（HCI）试验

依据晶圆厂相关要求，参考 GB/T 45719 的方法进行试验，结果由供需双方协商确定。

5.5.4 负偏压温度不稳定性（BTI）试验

依据晶圆厂相关要求，参考 GB/T 45716.1 的方法进行试验，结果由供需双方协商确定。

5.5.5 应力迁移（SM）试验

依据晶圆厂相关要求，参考 GB/T 45721.1 的方法进行试验，结果由供需双方协商确定。

5.5.6 磁隧道结隧穿氧化层击穿试验（MTJ TDDB）

5.5.6.1 试验条件

试验条件应满足下列要求，且应在产品规格书中明确：

a) 应力温度：应力温度设定应高于表 1 中的最高工作环境温度，宜采用 3 个温度梯度以提取温度激活能，且最高温度不得引发 MTJ 非本征失效。试验期间温度允差为±2 ℃。
b) 应力模式：应采用恒定电压应力；
c) 应力极性与初始状态：应至少在最恶劣条件下进行测试，通常要求将 MTJ 配置为 AP，并在维持自由层处于 AP 的偏置极性下施加应力；
d) 应力电压：施加的直流应力电压应高于正常工作电压，但不应超过导致 MTJ 内部金属连线发生明显焦耳热失效或电迁移的阈值；
e) 监测参量：试验过程中应实时或周期性监测流经 MTJ 的漏电流。

5.5.6.2 试验样品与测试结构

试验应在晶圆级（WLR）进行。试验样品应采用专用的 MTJ 测试键，测试结构宜为单结（1 MTJ）构或小规模 MTJ 阵列，不应使用传统 CMOS 栅氧电容结构替代。

每个应力条件下的有效样品数量不应少于 15 颗。

5.5.6.3 试验步骤

按下列步骤进行试验：

a) 在室温下对测试结构的 MTJ 进行电阻-电压（R-V）或电阻-磁场（R-H）特性扫描，确认其初始态（AP 态或 P 态）、隧道磁阻（TMR）值和初始漏电流处于正常规格范围内，剔除初始缺陷样品；
b) 将探针台加热至表 1 对应温度等级的最高工作环境温度，待温度稳定后，将 MTJ 写入至规定的初始态（如 AP 态）；
c) 按照产品规格书规定的极性和电压值，对 MTJ 施加恒定电压应力；
d) 在恒定电压应力施加期间，持续监测流经 MTJ 的漏电流；当流经 MTJ 的电流发生跃阶突变，或电流绝对值超过供需双方约定的失效阈值时，判定该单元发生隧穿氧化层硬击穿；
e) 记录从施加恒定电压瞬间到发生硬击穿的时间间隔（该单元的击穿时间 t_{bd}）；
f) 将所有样本的 t_{bd} 按威布尔分布进行拟合，提取形状参数（β）和特征寿命（η，即 63.2%失效对应的时间）；

g) 结合温度应力与电压应力，使用物理模型（如 E 模型或 1/E 模型）外推 MTJ 在实际工作条件下的预期寿命失效率（如 10 年或 15 年寿命，以 FIT 值表示）。

5.5.7 磁存储单元读扰动试验（Read Disturb）

5.5.7.1 试验条件

试验条件应满足下列要求，且应在产品规格书中明确：

a) 应力温度：应在表 1 规定的的最高工作环境温度条件下进行试验，温度允差±2 ℃；
b) 应力波形：应采用与磁随机存取存储器实际读取时序一致的连续或高频脉冲串；
c) 应力幅值：施加的读取电压或电流应等于或略高于产品规格书规定的最大标称读取值；
d) 初始态与扰动方向：应将 MTJ 初始配置为最易受扰动的状态（通常为 AP 态）进行试验；
e) 脉冲参数：读取脉冲的宽度和占空比应明确设定。

5.5.7.2 试验样品与测试结构

试验应在晶圆级（WLR）进行，测试对象应为专用的 MTJ 测试键，宜采用单结（1 MTJ）测试结构或具备独立读写控制能力的小规模 MTJ 阵列。测试设备应具备产生纳秒级精确脉冲和微小电流感知的能力。

每个应力条件下的有效样品数量不应少于 30 颗。

5.5.7.3 试验步骤

按下列步骤进行试验：

a) 初始测量：在室温下对测试结构进行电阻-电压（R-V）或电阻-磁场（R-H）扫描，筛选并剔除缺陷样品；将探针台加热至表 1 规定的最高工作环境温度，复测并确认高温下的初始 AP 电阻、P 态电阻和 TMR 值；
b) 环境稳定与写入：待探针台在最高工作环境温度下稳定后，施加写脉冲将 MTJ 写入最易受扰动的初始状态（如 AP 态）；
c) 施加读取应力：按供应方的要求设置脉冲宽度和幅值，对 MTJ 施加连续的读取脉冲应力；
d) 周期性检测：在施加一定数量的读取脉冲（如 10^6、10^7、10^8 次等，构成一个检测周期）后，暂停读取应力；
e) 安全读出判定：施加一次专门的“测量脉冲”（该测量脉冲的幅值或时间应经过特殊设计，确保其本身不会引发读扰动翻转），测量 MTJ 的当前电阻状态；
f) 状态确认与循环：若测得电阻仍为初始状态（R_{AP}），则继续施加下一周期的读取应力；若测得电阻发生翻转（变为 RP），则判定该单元发生读扰动失效，记录已累计完成的读取次数（$N_{disturb}$）；
g) 统计各测试单元发生读扰动翻转时的累计读取次数（$N_{disturb}$），绘制失效率与累计读取次数的关系曲线（或威布尔分布图）；
h) 提取在规定读取次数下的读扰动翻转概率。

5.6 电性能验证试验

5.6.1 功能/电气参数试验（TEST）

宜使用自动化测试设备（ATE）对样品的功能/电气参数进行检查。自动化测试设备的测试程序应参考供应商数据手册或者用户规格说明书编制，并且测试覆盖率应满足下列故障等级要求：

模拟电路或混合模式电路的模拟电路块测试覆盖率：100%；

数字电路或混合模式电路的数字电路块逻辑翻转故障模型测试覆盖率：不低于 98%；

利用扫描设计的数字电路或数字电路块的转换延迟故障测试覆盖率：不低于 80%；

不满足以上测试覆盖率的技术要求时，由供需双方协商确定测试覆盖率要求并说明。

5.6.2 人体模型静电放电试验（HBM）

每个电压点至少使用3颗样品进行试验。不同组合同一电压可使用同一颗样品进行试验。按照GB/T 4937.26的方法进行试验。试验前后进行外观检查，按照5.5.1的方法进依次在室温和表1规定的最高工作温度下进行功能/电气参数检查，功能检查应在试验结束后96 h内进行。

5.6.3 带电器件模型静电放电试验（CDM）

应对所有引脚进行试验，试验电压依次为±250 V、±500 V、±750 V，也可由供需双方协商确定试验电压。每个引脚至少进行3次正电压和3次负电压的试验，施加电压的时间间隔不应少于0.3 s。每个电压点至少使用3颗样品进行试验，不同电压可使用同一颗样品进行试验。器件ESD失效阈值等级见表22。试验前后进行外观检查，按照5.5.1的方法进依次在室温和表1规定的最高工作环境温度下进行功能/电气参数检查，功能检查应在试验结束后96 h内进行。

表22 带电器件模型静电放电试验条件

级别	电压范围 U V
C0a	U＜125
C0b	125≤U＜250
C1	250≤U＜500
C2	500≤U＜750
C2a	角引脚 750≤U＜1000 其他引脚 500≤U＜750
C2b	750≤U＜1000
C3	U≥1000

5.6.4 闩锁效应试验（LU）

使用1个批次的3颗样品进行试验。本试验包括电流试验和电压试验两个部分，其中所有电源引脚应进行电压试验，非电源、地引脚可进行电流试验或电压试验。

在表1规定的最高工作温度下进行试验，对样品施加产品规定的最大工作电压，测量样品电源引脚的电流初始值（I_{nor}），随后按照表23的条件施加10 ms电压或电流，测量施加电压或电流后电源引脚的电流值。对于传感器，还应在传感器芯片输入的最大、最小值（或最恶劣的输入情况）的条件下进行闩锁效应试验。试验前后进行外观检查，按照5.5.1的方法进依次在室温和表1规定的最高工作温度下进行功能/电气参数检查。

表23 闩锁试验条件

试验类型	试验极性	输入引脚供电电压	电源引脚供电压	试验条件
电流试验	正电流	最大工作电压	产品规定的最大工作电压 V_{max}	≥100 mA[a]
		最小工作电压	产品规定的最大工作电压 V_{max}	≥100 mA[a]
	负电流	最大工作电压	产品规定的最大工作电压 V_{max}	≤-100 mA[a]
		最小工作电压	产品规定的最大工作电压 V_{max}	≤-100 mA[a]
电压试验	视电源极性而定	最大工作电压	产品规定的最大工作电压 V_{max}	1.5×V_{max}和最大应力电压的较小值[b]

		最小工作电压	产品规定的最大工作电压 V_{max}	$1.5\times V_{max}$ 和最大应力电压的较小值 [b]
[a] 可对所有非电源、地引脚施加该电流（除 NC 引脚）。 [b] 对所有电源施加该电压，可对所有非电源、地引脚施加该电压（除 NC 引脚）。				

5.6.5 电性参数分布（ED）

使用 3 个批次的 30 颗样品进行试验。测量的电参数和通过准则由供需双方协商确定。关键参数可根据技术、工艺、设计和实际应用等信息确定。在不同温度（室温、表 1 规定的最高环境工作温度和最低环境工作温度）、频率和/或电压的组合下的进行测量，测量数据宜包括参数、单位、平均值、标准差、最小值和最大值、最小和最大规格限值、Cpk（如果适用，则相应的增加试验样本量）。

5.6.6 电特性表征（CHAR）

适用于新产品、新芯片布置或对现有产品变更、新单元结构、新工艺方法或材料、新工作偏压条件等情况。

特性表征流程包括：对特性表征检查清单评审，确定特性表征法，建立参数和条件，形成特性表征计划；执行特性表征计划，形成特性表征报告（主要包括特性表征方法、参数和条件、数据分析和结论、仿真结果、器件薄弱点和可靠性分析）。

5.6.7 软错误率试验（SER）

对于存储容量密度大于 1 Mb 的磁存储器，宜按 GB/T 4937.38 进行试验。

根据器件类别规格，可选择无加速或有加速测试方法进行试验。最终的试验报告应包括详细的试验场地位置和海拔高度数据。

5.6.8 锡须试验（TW）

本试验适用于引脚产品，不适用于底部端子全部焊接的产品（例如 BGA、QFN）。对于多引脚的产品，每个条件选取 3 个不连续批次的样品，每个批次选取 2 颗样品；对于四根引脚及以下的产品，每个条件选取 3 个不连续批次的样品，每个批次选取 3 颗样品。

使用未进行过试验的样品，进行引脚切片确认引线框材料以及电镀厚度。试验前根据表 24 的要求选取相应的方法进行预处理试验，随后分别进行温度循环试验、常温温湿度贮存试验和高温温湿度贮存试验。

表 24 锡须试验预处理条件

条件	预处理温度暴露方式	试验条件	适用条件
A	无	室温条件	适用于测量在室温环境温度/湿度储存下锡须的生长
B	加工完成后，室温储存至少 4 周	15 ℃～30 ℃ 30 %RH～80 %RH	适用于暴露在高温高湿储存、温度循环条件的预处理之前,没有电镀或烘培后缓解的样品
C	锡铅温度处理	参照无铅回流曲线（采用 PCB 为载具）	适用于测量有铅工艺表贴组装温度（有铅相容性）后的锡须生长
D	无铅温度处理	参照无铅回流曲线（采用 PCB 为载具）	适用于测量无铅工艺表贴组装温度（无铅相容性）后的锡须生长

按照 5.2.7 的方法进行温度循环试验，其中最低温度为-40 ℃或-55 ℃，最高温度为 85 ℃，在最高/最低温度的浸泡时间应不低于 10 min，共进行 1500 个循环，试验中每 500 循环检查锡须生长长度和锡须密度。按照 5.2.6 的方法进行常温温湿度贮存试验，其中试验温度为 30 ℃，相对湿度为 60 %RH，

共进行 4000 h 试验，试验中每 1000 h 检查锡须生长长度和锡须密度。按照 5.2.6 的方法进行高温温湿度贮存试验，其中试验温度为 55 ℃，相对湿度为 85 %RH，共进行 4000 h 试验，试验中每 1000 h 检查锡须生长长度和锡须密度。

对于多引脚 6 个产品，每颗样品检查 3 个引脚；对于四根引脚及以下的产品，每颗样品检查 2 个引脚。应检查每个引出端镀层的顶部、两侧和弯曲面。应在 24 h 内完成锡须测量。

参 考 文 献

[1] GB/T 45716.1 半导体器件 金属氧化物半导体场效应晶体管（MOSFETs）的偏置温度不稳定性试验 第1部分：MOSFETs的快速偏置温度不稳定性试验
[2] GB/T 45718 半导体器件 内部金属层间的时间相关介电击穿(TDDB)试验
[3] GB/T 45719 半导体器件 金属氧化物半导体(MOS)晶体管的热载流子试验
[4] GB/T 45720 半导体器件 栅介质层的时间相关介电击穿(TDDB)试验
[5] GB/T 45721.1 半导体器件 应力迁移试验 第1部分：铜应力迁移试验
[6] GB/T 45722 半导体器件 恒流电迁移试验