



中华人民共和国国家标准

GB/T 4937.28—2026/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)敏感度测试 带电器件模型(CDM) 器件级

Semiconductor devices—Mechanical and climate test methods—
Part 28: Electrostatic discharge(ESD) sensitivity testing—
Charged device model(CDM)—device level

(IEC 60749-28:2022, IDT)

2026-02-27 发布

2026-09-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 所需设备	2
4.1 CDM ESD 测试设备	2
4.2 波形测量设备	3
4.3 验证模块(金属圆片)	4
4.4 电容计	4
4.5 欧姆表	4
5 测试设备定期校验、波形记录、波形验证要求	4
5.1 CDM 测试设备评价的通用要求	4
5.2 波形采集硬件	4
5.3 波形采集设置	4
5.4 波形采集程序	4
5.5 CDM 测试设备的校验/再校验程序	5
5.6 CDM 测试设备季度和常规波形验证程序	6
5.7 波形特性	6
5.8 存档	8
5.9 CDM 测试设备对器件完全充电的评价程序	8
6 CDM ESD 测试要求和程序	9
6.1 测试设备和器件准备	9
6.2 测试要求	9
6.3 应力测试程序	9
6.4 CDM 测试记录/报告指南	10
6.5 小封装器件的测试	10
7 CDM 分级标准	10
附录 A (规范性) 验证模块(金属圆片)规格及验证模块和测试设备清洁指南	11
A.1 测试设备验证模块和场板介质	11
A.2 验证模块的保养	11
附录 B (规范性) 测试设备场板介质上验证模块(金属圆片)的电容测量	12
附录 C (规范性) 小封装集成电路和半导体分立器件(ICDS)的测试	13

C.1	测试原理	13
C.2	确定 C_{Small} 的程序	13
C.3	ICDS 工艺要求	14
附录 D (资料性)	CDM 测试硬件和计量的改进	15
附录 E (资料性)	CDM 测试设备电气原理图	16
附录 F (资料性)	示波器设置和波形示例	17
F.1	概述	17
F.2	1 GHz 带宽示波器设置	17
F.3	高带宽示波器设置	17
F.4	配置	17
F.5	1 GHz 示波器波形示例	17
F.6	8 GHz 示波器波形示例	18
附录 G (资料性)	场感应 CDM 测试设备放电程序	20
G.1	概述	20
G.2	单次放电程序	20
G.3	双次放电程序	20
附录 H (资料性)	波形验证程序	22
H.1	因子/偏移(Factor/Offset)调整法	22
H.2	软件电压调整法	25
H.3	参数记录表示例	27
附录 I (资料性)	确定大模块或器件完全充电的合适充电延时	29
I.1	概述	29
I.2	充电延时的确定程序	29
附录 J (资料性)	静电放电(ESD)敏感度测试直接接触带电器件模型(DC-CDM)	30
J.1	概述	30
J.2	标准测试模块	30
J.3	测试设备(CDM 模拟器)	30
J.4	测试设备验证	31
J.5	测试程序	34
J.6	失效判据	34
J.7	分级标准	34
J.8	总结	35
参考文献		36

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。

本文件是 GB/T 4937《半导体器件 机械和气候试验方法》的第 28 部分。GB/T 4937 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：低气压；
- 第 3 部分：外部目检；
- 第 4 部分：强加速稳态湿热试验(HAST)；
- 第 8 部分：密封；
- 第 9 部分：标志耐久性；
- 第 10 部分：机械冲击 器件和组件；
- 第 11 部分：快速温度变化 双液槽法；
- 第 12 部分：扫频振动；
- 第 13 部分：盐雾；
- 第 14 部分：引出端强度(引线牢固性)；
- 第 15 部分：通孔安装器件的耐焊接热；
- 第 16 部分：粒子碰撞噪声检测(PIND)；
- 第 17 部分：中子辐照；
- 第 18 部分：电离辐射(总剂量)；
- 第 19 部分：芯片剪切强度；
- 第 20 部分：塑封表面安装器件耐潮湿和焊接热综合影响；
- 第 20-1 部分：对潮湿和焊接热综合影响敏感的表面安装器件的操作、包装、标志和运输；
- 第 21 部分：可焊性；
- 第 22 部分：键合强度；
- 第 23 部分：高温工作寿命；
- 第 24 部分：加速耐湿 无偏置强加速应力试验；
- 第 25 部分：温度循环；
- 第 26 部分：静电放电(ESD)敏感度测试 人体模型(HBM)；
- 第 27 部分：静电放电(ESD)敏感度测试 机器模型(MM)；
- 第 28 部分：静电放电(ESD)敏感度测试 带电器件模型(CDM) 器件级；
- 第 29 部分：门锁试验；
- 第 30 部分：非密封表面安装器件在可靠性试验前的预处理；
- 第 31 部分：塑封器件的易燃性(内部引起的)；
- 第 32 部分：塑封器件的易燃性(外部引起的)；
- 第 33 部分：加速耐湿 无偏置高压蒸煮；
- 第 34 部分：功率循环；
- 第 35 部分：塑封电子元器件的声学显微镜检查；
- 第 36 部分：稳态加速度；

- 第 37 部分:采用加速度计的板级跌落试验方法;
- 第 38 部分:带存储的半导体器件的软错误试验方法;
- 第 39 部分:半导体器件用有机材料的潮气扩散率和水溶解度测量;
- 第 40 部分:采用应变仪的板级跌落试验方法;
- 第 41 部分:非易失性存储器可靠性试验方法;
- 第 42 部分:温湿度贮存;
- 第 44 部分:半导体器件的中子辐照单粒子效应(SEE)试验方法。

本文件等同采用 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)敏感度测试 带电器件模型(CDM) 器件级》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动:

- 将 IEC 60749-28:2022 中 5.5.1、5.6.1、5.6.2.1 的“波形采集程序见 5.5”更正为“波形采集程序见 5.4”;
- 在 4.1.1 中第二段尾插入“CDM 测试设备电气原理图见附录 E”;
- 第 7 章表 3 中的“分级测试条件”后面增加了电压符号“U”;
- 将图 H.2 与图 H.3 之间的段调整为图 H.1 中的注 3;
- 将 H.1 中的“校验/再校验和季度波形验证的流程见图 H.1”调整为“使用因子/偏移调整法进行波形校验/再校验和季度波形验证的流程见图 H.1”,将图 H.1 中的“季度波形校验流程”调整为“波形校验/再校验和季度波形验证的流程”,将图 H.1 标题调整为“使用因子/偏移调整法进行波形校验/再校验和季度波形验证的流程示例”;
- 将 H.2 中的“校验/再校验和季度波形验证的流程见图 H.4”调整为“使用软件电压调整法进行波形校验/再校验和季度波形验证的流程见图 H.4”,将图 H.4 中的“季度波形校验流程”调整为“波形校验/再校验和季度波形验证的流程”,将图 H.4 标题调整为“使用软件电压调整法进行波形校验/再校验和季度波形验证的流程示例”。

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国半导体器件标准化技术委员会(SAC/TC 78)归口。

本文件起草单位:河北北芯半导体科技有限公司、合肥科微芯测科技有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、中国电子科技集团公司第十三研究所、河北科技大学、中国科学院微电子研究所、西安电子科技大学、天津大学、中国人民解放军陆军工程大学石家庄校区、吉林华微电子股份有限公司、吉林麦吉柯半导体有限公司、北京芯可鉴科技有限公司、吉林江机特种工业有限公司、江苏长晶科技股份有限公司、重庆平伟实业股份有限公司、杭州远方电磁兼容技术有限公司、迅芯微电子(苏州)股份有限公司、湖南中南鸿思自动化科技有限公司、广东众志检测仪器有限公司、佛山市通科电子有限公司、合肥沛顿存储科技有限公司、日照鲁光电子科技有限公司、芯百特微电子(无锡)有限公司、广东科信电子有限公司、珠海诚锋电子科技有限公司、广州盛中电子有限公司、先之科半导体科技(东莞)有限公司、上海源悦汽车电子股份有限公司。

本文件主要起草人:张涛、赵宇洋、许中广、迟雷、吴小帅、王宇涛、桂明洋、王冲、郑雪峰、王超、孙宏军、杨洁、贾林、陈亚洲、胡小锋、陈龙坡、焦龙飞、安伟、周晓黎、张崇、彭浩、席善斌、胡松祥、曹耀龙、陈昱宇、张宇航、陈浩祥、邵伟恒、孙锴、李博、李仲茂、常江、杨寿国、单书珊、尹丽晶、李延林、孙哲、雷胡敏、杨国江、刘健、于胜东、张晋尘、李斌晖、李述洲、谷亚敏、张文华、刘芳、涂辛雅、姜明宝、武锦、唐佳、李兴哲、钟剑锋、黄初期、何洪文、朱礼贵、张海涛、柯佳键、张腾、徐兴华、骆宗友、张鹏程。

引 言

半导体器件是电子行业产业链中的通用基础产品,为电子系统中的最基本单元,GB/T 4937《半导体器件 机械和气候试验方法》是半导体器件进行试验的基础性和通用性标准,对于评价和考核半导体器件的质量和可靠性起着重要作用,拟由 44 个部分构成。

- 第 1 部分:总则。目的在于规定半导体器件机械和气候试验方法的通用准则。
- 第 2 部分:低气压。目的在于检测元器件和材料避免电击穿失效的能力。
- 第 3 部分:外部目检。目的在于检测半导体器件的材料、设计、结构、标志和工艺质量是否符合采购文件的要求。
- 第 4 部分:强加速稳态湿热试验(HAST)。目的在于规定强加速稳态湿热试验(HAST),以检测非气密封装半导体器件在潮湿环境下的可靠性。
- 第 5 部分:稳态温湿度偏置寿命试验。目的在于规定稳态温湿度偏置寿命试验,以检测非气密封装半导体器件在潮湿环境下的可靠性。
- 第 6 部分:高温贮存。目的在于在不施加电力条件下,检测高温贮存对半导体器件的影响。
- 第 7 部分:内部水汽测量和其他残余气体分析。目的在于检测封装过程的质量,并提供有关气体在管壳内的长期化学稳定性的信息。
- 第 8 部分:密封。目的在于检测半导体器件的漏率。
- 第 9 部分:标志耐久性。目的在于检测半导体器件上的标志耐久性。
- 第 10 部分:机械冲击 器件和组件。目的在于检测半导体器件和印制板组件承受中等严酷程度冲击的适应能力。
- 第 11 部分:快速温度变化 双液槽法。目的在于规定半导体器件的快速温度变化(双液槽法)的试验程序、失效判据等内容。
- 第 12 部分:扫频振动。目的在于检测在规定频率范围内,振动对半导体器件的影响。
- 第 13 部分:盐雾。目的在于检测半导体器件耐腐蚀的能力。
- 第 14 部分:引出端强度(引线牢固性)。目的在于检测半导体器件引线/封装界面和引线的牢固性。
- 第 15 部分:通孔安装器件的耐焊接热。目的在于检测通孔安装的固态封装半导体器件承受波峰焊或烙铁焊接引线产生的热应力的能力。
- 第 16 部分:粒子碰撞噪声检测(PIND)。目的在于规定空腔器件内存在自由粒子的检测方法。
- 第 17 部分:中子辐照。目的在于检测半导体器件在中子环境中性能退化的敏感性。
- 第 18 部分:电离辐射(总剂量)。目的在于规定评估低剂量率电离辐射对半导体器件作用的加速退火试验方法。
- 第 19 部分:芯片剪切强度。目的在于检测半导体芯片安装在管座或基板上所使用的材料和工艺步骤的完整性。
- 第 20 部分:塑封表面安装器件耐潮湿和焊接热综合影响。目的在于通过模拟贮存在仓库或干燥包装环境中塑封表面安装半导体器件吸收的潮气,进而对其进行耐焊接热性能的评价。
- 第 20-1 部分:对潮湿和焊接热综合影响敏感的表面安装器件的操作、包装、标志和运输。目的在于规定对潮湿和焊接热综合影响敏感的塑封表面安装半导体器件操作、包装、运输和使用的方法。
- 第 21 部分:可焊性。目的在于规定采用铅锡焊料或无铅焊料进行焊接的元器件封装引出端的可焊性试验程序。

- 第 22 部分:键合强度。目的在于检测半导体器件键合强度。
- 第 23 部分:高温工作寿命。目的在于规定随时间的推移,偏置条件和温度对固态器件影响的试验方法。
- 第 24 部分:加速耐湿 无偏置强加速应力试验。目的在于检测非气密封装固态器件在潮湿环境下的可靠性。
- 第 25 部分:温度循环。目的在于检测半导体器件、元件及电路板组件承受由极限高温和极限低温交变作用引发机械应力的能力。
- 第 26 部分:静电放电(ESD)敏感度测试 人体模型(HBM)。目的在于规定可靠、可重复的 HBM ESD 测试方法。
- 第 27 部分:静电放电(ESD)敏感度测试 机器模型(MM)。目的在于规定可靠、可重复的 MM ESD 测试方法。
- 第 28 部分:静电放电(ESD)敏感度测试 带电器件模型(CDM) 器件级。目的在于规定可靠、可重复的 CDM ESD 测试方法。
- 第 29 部分:闩锁试验。目的在于规定检测集成电路闩锁特性的方法和闩锁的失效判据。
- 第 30 部分:非密封表面安装器件在可靠性试验前的预处理。目的在于规定非密封表面安装器件在可靠性试验前预处理的标准程序。
- 第 31 部分:塑封器件的易燃性(内部引起的)。目的在于检测塑封器件是否由于过负荷引起内部发热而燃烧。
- 第 32 部分:塑封器件的易燃性(外部引起的)。目的在于检测塑封器件是否由于外部发热造成燃烧。
- 第 33 部分:加速耐湿 无偏置高压蒸煮。目的在于确认半导体器件封装内部失效机理。
- 第 34 部分:功率循环。目的在于通过对半导体器件内部芯片和连接器施加循环功率损耗来检测半导体器件耐热和机械应力能力。
- 第 35 部分:塑封电子元器件的声学显微镜检查。目的在于规定声学显微镜对塑封电子元器件进行缺陷(分层、裂纹、空洞等)检测的方法。
- 第 36 部分:稳态加速度。目的在于规定空腔半导体器件稳态加速度的试验方法,以检测其结构和机械类型的缺陷。
- 第 37 部分:采用加速度计的板级跌落试验方法。目的在于规定采用加速度计的板级跌落试验方法,对表面安装器件跌落试验可重复检测,同时复现产品级试验期间常见的失效模式。
- 第 38 部分:带存储的半导体器件的软错误试验方法。目的在于规定带存储的半导体器件工作在高能粒子环境下(如阿尔法辐射)的软错误敏感性的试验方法。
- 第 39 部分:半导体器件用有机材料的潮气扩散率和水溶解度测量。目的在于规定应用于半导体器件封装用有机材料的潮气扩散率和水溶解度的测量方法。
- 第 40 部分:采用应变仪的板级跌落试验方法。目的在于规定采用应变仪的板级跌落试验方法,对表面安装器件跌落试验可重复检测,同时复现产品级试验期间常见的失效模式。
- 第 41 部分:非易失性存储器可靠性试验方法。目的在于规定非易失性存储器有效耐久性、数据保持和温度循环试验的要求。
- 第 42 部分:温湿度贮存。目的在于规定检测半导体器件耐高温高湿环境能力的试验方法。
- 第 44 部分:半导体器件的中子辐照单粒子效应(SEE)试验方法。目的在于规定检测高密度集成电路单粒子效应(SEE)的试验方法。

GB/T 4937(所有部分)均为一一对应采用 IEC 60749(所有部分),以保证半导体器件试验方法与国际标准一致,实现半导体器件检验方法、可靠性评价、质量水平与国际接轨。通过制定该标准,确定统一的试验方法及应力,同时完善半导体器件标准体系。

半导体器件 机械和气候试验方法

第 28 部分:静电放电(ESD)敏感度测试

带电器件模型(CDM) 器件级

1 范围

本文件依据元器件和微电路对规定的带电器件模型(CDM)静电放电(ESD)所造成损伤或退化的敏感度,建立了元器件和微电路的 ESD 测试、评价、分级的程序。本文件适用于评价所有半导体封装器件、薄膜电路、声表面波(SAW)器件、光电器件、混合集成电路(HICs)及包括任意这些器件的多芯片组件(MCMs)。为进行测试,元器件需装配在与终端应用相似的封装中。本文件涉及的 CDM 模型不适用于插座式放电模型测试设备。本文件描述了场感应(FI)方法,另一种能作为替代的直接接触(DC)法见附录 J。

本文件的目的是建立一种能够复现 CDM 失效并为不同测试设备间提供可靠、可重复的 CDM ESD 测试结果且不区分器件类型的测试方法。重复性数据保证了 CDM ESD 敏感度等级的准确划分及对比。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

带电器件模型静电放电 **charged device model electrostatic discharge; CDM ESD**

使用带电器件模型(CDM)来模拟现实中带电器件通过单引脚或端子向另一个低电位物体快速放电的静电放电(ESD)事件。

3.2

带电器件模型静电放电测试设备 **charged device model electrostatic discharge tester; CDM ESD tester**

用非插座式测试方法模拟器件级 CDM ESD 事件的设备。

注:“设备”在本文件中指“测试设备”。

3.3

电容限定值 **Capacitance Limit**

C_{Small}

集成电路或半导体分立器件对 CDM 场板电容临界值。若满足规定条件,当电容小于或等于该值时,则判定无需进行 CDM 测试。

3.4

介质层 **dielectric layer**

置于场板上方,用于隔离器件和场板的薄绝缘体。