

无锡市物联网产业协会

锡物协〔2023〕37号

关于《基于物联网的中低压燃气管道阀门 控制系统技术规范》等两项团体标准 征求意见的通知

各有关单位及专家：

根据《团体标准管理规定》和《无锡市物联网产业协会团体标准管理办法》的有关规定，由无锡华润燃气有限公司等相关单位共同起草的《基于物联网的中低压燃气管道阀门控制系统技术规范》、由中国电子科技集团公司第五十八研究所等相关单位共同起草的《汽车用半导体分立器件破坏性物理分析方法》团体标准已完成征求意见稿，为保证团体标准的科学性、严谨性和适用性，现公开征求意见。

诚挚邀请各相关单位和个人对两项标准提出宝贵的意见和建议，并填写《团体标准意见反馈表》，于2023年12月21日前以邮件方式反馈至联系邮箱，逾期未回复意见的视同无异议。感谢支持！

联系人：周老师

联系电话：13961822633

联系邮箱：zhouyali@wxioti.com

地址：无锡市新吴区震泽路 18 号无锡软件园双子座 B 座 6 楼

附件：

1. 《基于物联网的中低压燃气管道阀门控制系统技术规范》
团体标准征求意见稿；
2. 《汽车用半导体分立器件破坏性物理分析方法》团体标准
征求意见稿；
3. 团体标准意见反馈表。

无锡市物联网产业协会

2023 年 11 月 21 日



ICS 35.110

CCS L 78

T/WXIOT

无锡市物联网产业协会团体标准

T/WXIOT XXX-XXXX

基于物联网的中低压燃气管道阀门控制系统 技术规范

Internet of things — Technical specification for control system of valves in medium and low pressure gas pipelines

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

无锡市物联网产业协会 发布

目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 系统结构和通用要求.....	2
4.1 系统结构.....	2
4.2 通用要求.....	2
5 IoT 燃气管道阀门要求.....	3
5.1 阀门执行标准.....	3
5.2 阀门基本要求.....	3
6 IoT 管理平台要求.....	4
6.1 功能要求.....	4
6.2 实时性.....	4
6.3 稳定性.....	4
6.4 可扩展性.....	4
6.5 开放性.....	5
6.6 容量.....	5
7 安全要求.....	5
7.1 一般要求.....	5
7.2 IoT 燃气管道阀门安全要求.....	5
7.3 IoT 管理平台安全.....	5
8 IoT 燃气管道阀门试验要求.....	5
8.1 IoT 管理平台试验.....	6
8.2 IoT 燃气管道阀门试验.....	6
8.3 安全测试.....	7
9 安装环境要求.....	7
10 维护要求.....	8
参 考 文 献.....	9

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。

本标准由无锡市物联网产业协会提出并归口。

本标准起草单位：无锡华润燃气有限公司、苏州市燃气设备阀门制造有限公司、江南大学物联网工程学院、苏州博睿测控设备有限公司、江苏西维斯信息技术有限公司、江苏省无线传感系统应用工程技术研究开发中心（无锡商业职业技术学院）、苏州正憬能源科技有限公司。

本标准主要起草人：王强、郭健、曹滨滨、王林冰、张红军、徐利民、孔新明、樊启高、栾小丽、毕恺韬、李伟华、罗黎明、费均、徐书斌、许轰烈、杨国华、王焱华。

本标准为首次发布。

1 范围

本文件给出了基于物联网的中低压燃气管道阀门控制系统的结构,规定了 IoT 燃气管道阀门、IoT 管理平台、安全、试验、安装环境及维护等要求。

本文件适用于指导在独立电源情况下基于物联网的中低压燃气管道阀门控制系统的设计、试验、安装、维护等要求。

注:本文件的阀门是指公称压力为 PN16 的闸阀和球阀。

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 755 旋转电机 定额和性能
 GB/T 1220 不锈钢棒
 GB/T 12237 石油、石化及相关工业用的钢制球阀
 GB/T 12222 多回转阀门驱动装置的连接
 GB/T 12223 部分回转阀门驱动装置的连接
 GB/T 12224 钢制阀门 一般要求
 GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
 GB/T 24922-2010 隔爆型阀门电动装置技术条件
 GB/T 24923-2010 普通型阀门电动装置技术条件
 GB/T 28270-2012 智能型阀门电动装置
 GB/T 36951-2018 信息安全技术 物联网感知终端应用安全技术要求
 GB/T 37025-2018 信息安全技术 物联网数据传输安全技术要求
 GB/T 37092-2018 信息安全技术 密码模块安全要求
 GB/T 37093-2018 信息安全技术 物联网感知层接入通信网的安全要求
 GB/T 41816-2022 物联网 面向智能燃气表应用的物联网系统技术规范
 CJ/T 514 燃气输送用金属阀门
 JB/T 8219-2016 工业过程控制系统用普通型及智能型电动执行机构
 GM/T 0054-2018 信息系统密码应用基本要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

IoT管理平台 IoT management platform

服务于中低压燃气管道阀门系统的管理平台;提供业务逻辑运算,数据收发与通信,数据保存与安全处理、系统运维管理等服务,提供联接管理、设备管理、通信用户识别卡(号)管理、信息安全管理等服务的软件服务管理平台。

3.2

中低压燃气管道 medium and low pressure pipeline
指燃气输送系统中最高工作压力不大于0.4Mpa的管道。

3.3

IoT燃气管道阀门 IoT gas pipeline valve
可通过物联网实现远程控制的燃气管道阀门。

3.4

DBB功能 double-block-and-bleed

具备两个密封副的阀门，在关闭位置时，两个密封副可同时密封来自端部的压力，两密封副之间的腔体内的截止可以放空或排尽。

4 系统结构和通用要求

4.1 系统结构

面向 IoT 燃气管道阀门远程控制应用的物联网系统由物联网节点的 IoT 燃气管道阀门、IoT 管理平台，以及相应的数据交换链路构成。结构见图 1。

IoT 燃气管道阀门对阀门状态等数据进行采集，所采集的数据传递至 IoT 联接管理平台，管理平台进行数据处理、分析，掌握阀门状态，必要时发出指令。

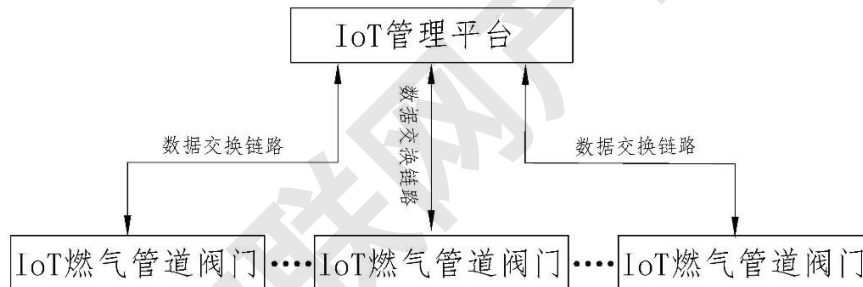


图 1 系统结构

系统结构说明

a) IoT 燃气管道阀门：通过所具备的执行机构进行数据记录与存储、状态提示和通信等功能；

b) 数据交换链路：是物联网的通信链路，它支持挂在物联网上的 IoT 燃气管道阀门、管理平台进行数据和指令传输；

c) IoT 管理平台：服务与中低压燃气管道阀门系统的管理平台，提供基础支撑及业务应用支撑、业务定制支撑等；通过 IoT 管理平台发出控制指令，记录，分析从 IoT 燃气管道阀门上的执行机构所采集的数据，掌握阀门状态，根据阀门状态，发出预警，提示管理者。

4.2 通用要求

4.2.1 数据交换链路

物联网提供的数据交换链路应能支持 IoT 燃气管道阀门和 IoT 管理平台之间的数据交换。

4.2.2 通信功能

IoT 燃气管道阀门和 IoT 管理平台应具备远程通信功能。

5 IoT 燃气管道阀门要求

5.1 阀门执行标准

闸阀应符合 CJ/T 514 标准的要求，球阀应符合 GB/T 12237 标准的要求。

5.2 阀门基本要求

5.2.1 阀门材料

阀体材料应为 GB/T12224 中规定的 WCB 材质或以上材质；阀杆材料应为 GB/T1220 中规定的 20Cr13 材质或以上材质；阀门内部材料应为不低于壳体材料的耐腐材料或经过防腐处理的材料。

5.2.2 阀门功能结构

阀门应具备防静电功能，防火设计，DBB功能，可实现在线检测功能；具备连接执行器的结构；与执行机构连接尺寸符合 GB/T 12222 或 GB/T 12223 的规定；闸阀还应采取阀杆非升降式（暗杆）结构。

5.3 执行机构要求

5.3.1 基本要求

本文件的执行机构是采用多回转式或部分回转机构，其基本要求如下：

a) 基本功能应符合 JB/T 8219-2016 中 5 章节的规定；基本性能应符合 JB/T 8219-2016 中 6.1 章节规定的内容；其它性能须符合 JB/T 8219-2016 中 6.2 章节以及 GB/T 28270-2012 中 5 章节规定的内容；电动机应满足 GB/T 755 的规定，并满足电动执行机构的各项性能要求。

b) 应有限位保护、过力矩保护、正反向联锁保护，电机过载、过热保护，防冷凝的加热保护和控制回路过载及短路保护，电源故障保护，远程无线通信故障保护功能；具有每次通电后的自动巡检功能；电动执行机构润滑系统在使用期内应免维护。

c) 整体组装应该是密闭的，独立的且适合于户外操作，外壳防护等级为 IP68；整体防爆等级为 Exdb IIC T4 Gb。

d) 应内置无线通讯天线。

e) 箱体材料应使用耐腐蚀材料。

5.3.2 执行机构控制系统

a) 执行机构应具备如 Cat.1 等无线数字通讯接口之一。

b) 电动执行机构与 IoT 管理平台间的通信信息（主要包括输出位置信息、状态信息、控制信息）应准确、一致。

c) 通信数据应包含控制指令（开关及调节指令）、反馈指令、运行状态、故障状态、产品编号、型号、出厂日期等基本通信信息。

5.3.3 有效性测试

a) 电动执行机构基础功能按照 GB/T 24923-2010 中 5 章节的规定进行测试。

b) 电动执行机构防爆性能按照 GB/T 24922-2010 中 5 章节的规定进行测试。

c) 电动执行机构其它性能按照 JB/T 8219-2016 中 5 章节的规定进行测试。

d) 电动执行机构无线通讯功能按照对应无线通信协议标准要求进行测试。

5.3.4 阀门启闭以及电池要求

a) 阀门的启闭时间应不大于 200 秒。

b) 电动执行机构响应时间（时滞）应小于 2 秒。

c) 开关型电动执行机构应能达到 8000 次工作寿命。

d) 供电电压应不大于 36V。

5.3.5 其它要求

电动执行机构结构宜紧凑，体积小；外表面应平整、光滑、不得有裂纹、毛刺及磕碰等影响外观质量的缺陷，表面涂层应附着牢固、平整、光滑、色泽均匀，无油污、压痕和其他机械损伤；当电池电压降至其最低工作电压时，应提示主机电池电量不足。

6 IoT 管理平台要求

6.1 功能要求

6.1.1 数据接收

IoT 管理平台应接收并处理 IoT 燃气管道阀门上传的数据,支持对数据的错峰上报管理,并能为其他信息系统提供有关的应用接口调用与数据共享的服务; 应能提供基本信息管理、应用统计、设备管控、设备上下行通信和数据同步、设备状态管控等方面的功能。

6.1.2 数据处理

IoT 管理平台应在符合安全要求的前提下,进行数据的加密、解密、签名、验签运算,及业务逻辑处理、数据分发转发、数据汇聚、数据存储、数据分析挖掘等工作; 支持对 IoT 燃气管道阀门远程数据采集、控制。

6.1.3 下行指令

IoT 管理平台应能够通过自动或人工方式向 IoT 燃气管道阀门下发开关阀、配置参数、数据等下行指令。

6.1.4 状态管理

IoT 管理平台应支持 IoT 燃气管道阀门的维修、报废、密钥更新、运行状态显示、通信模组远程升级等功能。

6.1.5 信息查询

IoT 管理平台应提供对 IoT 燃气管道阀门基本信息（设备编码、类型、型号、制造商、出厂编号等）的查询统计功能。

6.1.6 阀门控制

IoT 管理平台宜具备主动预警关阀、无用气关阀功能,并可以根据需要或使用场景进行配置。

6.2 实时性

IoT 管理平台实时性应符合以下要求:

- a) 在网络运行正常、接口数据传输通畅情况下,门户页面打开时间低于 5s;
- b) 在查询一年以内历史数据的情况下, 门户页面打开时间低于 20 s。

6.3 稳定性

IoT 管理平台系统稳定性应符合以下要求:

- a) 平均适用间隔时间不小于 16 000 h;
- b) 7 d 连续运行核心业务无故障。

6.4 可扩展性

IoT 管理平台可扩展性宜符合以下要求:

- a) 软硬件采用便于升级、按需组合的模块化设计;
- b) 系统升级时不影响系统运行。

6.5 开放性

IoT 管理平台开放性要求如下：

- a) 允许不同厂家的终端接入；
- b) 允许与其他系统交换数据。

6.6 容量

IoT 管理平台能存储不小于 1 年的业务数据量。

7 安全要求

7.1 一般要求

面向 IoT 燃气管道阀门应用的物联网信息安全系统应符合 GB/T 22239-2019 中 8.1 安全通用要求和 8.4 物联网安全扩展要求。

7.2 IoT 燃气管道阀门安全要求

7.2.1 密钥要求

当 IoT 燃气管道阀门与 IoT 管理平台进行工厂内试验时，应授予试验用密码；当实际运行时，应至少采用 GB/T 37092-2018 中规定的一级及以上密码模块或通过国家密码管理部门核准的硬件密码产品实现密码运算和密钥管理。

7.2.2 通信安全

IoT 燃气管道阀门的通信安全中，传输完整性应符合 GB/T 37025-2018 中 7.1 章节规定的内容，传输保密性应满足 GB/T 37025-2018 中 7.8 章节规定的内容。

7.2.3 访问安全

IoT 燃气管道阀门对平台的访问控制应符合 GB/T 36951-2018 中 5.4.2 章节中 c) 和 d) 规定的内容。

7.2.4 其它安全

- a) 失效保护应符合 GB/T 36951-2018 中 6.4.4 章节规定的内容。
- b) 数据可用性应符合 GB/T 36951-2018 中 5.5.1 章节规定的内容。

7.3 IoT 管理平台安全

7.3.1 安全管理

- a) 密码算法应满足 GM/T 0054-2018 中 5.1 章节的要求；
- b) 密钥管理应满足 GM/T0054-2018 中 8.2 章节的要求；

7.3.2 鉴别

IoT 管理平台对 IoT 燃气管道阀门的鉴别应满足 GB/T 37093-2018 中 6.2.2 章节的要求。

7.3.3 访问控制

访问控制应满足 GB/T 37093-2018 中 6.2.3 章节的要求。

7.3.4 数据传输安全

- a) 数据传输性能满足 GB/T 37025-2018 中 7.4 章节的要求；
- b) 信息传输策略和程序满足 GB/T 37025-2018 中 7.5 章节的要求。

8 IoT 燃气管道阀门试验要求

8.1 IoT 管理平台试验

8.1.1 试验条件

a) 测试工具：测试工具上应安装有压力测试工具和网络测试工具等，测试工具应具有可追溯性，测试方自行开发的测试工具应有详细的说明文档，并通过适用性验证；测试电脑以无线方式连接至被测平台。

b) IoT 燃气管道阀门：用于接入 IoT 管理平台间进行交互测试。

8.1.2 试验内容

试验内容包括实时性试验、可靠性要求试验、可扩展性要求试验和容量试验等，试验宜采用 GB/T 41816-2022 中 10.2.2 和 10.3.2 章节规定的步骤。

8.2 IoT 燃气管道阀门试验

8.2.1 试验条件

- a) 温度：-20°C~60°C；
- b) 相对湿度：不大于95%；
- c) 大气压力：86Kpa~106Kpa。

8.2.2 试验步骤

8.2.2.1 IoT 燃气管道阀门压力试验

按图 1 连线，并启动 IoT 管理平台和 IoT 燃气管道阀门运转工作。IoT 管理平台授权后分别发出关阀指令、开阀指令，调节指令；每条指令下发成功后，核对阀门是否到位。IoT 燃气管道阀门应与执行机构一起组装好后进行压力试验，阀门的启闭由测试电脑或 IoT 管理平台发出指令，试验应符合相对应标准的要求，闸阀试验符合 CJ/T 514 的要求、球阀试验符合 GB/T 12237 的要求。阀门还应进行在最大工作压差下的启闭试验和启闭时间试验，启闭时间应符合 5.3.4 章节的要求。

8.2.2.2 远程通信功能试验

远程通信工程试验应按下述步骤执行：

- a) 按图 1 连线，并启动 IoT 管理平台和 IoT 燃气管道阀门运转工作；
- b) IoT 管理平台对 IoT 燃气管道阀门设置定时连接时间，检查是否在约定的通信时间到达时，IoT 燃气管道阀门是否发起与 IoT 管理平台的联接请求。
- c) 在长连接通信状态下，检查 IoT 燃气管道阀门是否持续保持与 IoT 管理平台的连接。
- d) IoT 管理平台对 IoT 燃气管道阀门设置重连时间间隔、重连次数，再人为制造通信失败，检查通信失败后是否有重连机制，重连超时应断开通信信道；长连接时，连接主站失败后，检查是否能自动重连，手动连接失败后，不应进行自动重连。
- e) 通信状态下，IoT 管理平台对 IoT 燃气管道阀门下发断开命令，或人为制造接收命令超时，检查是否断开通信方式。
- f) IoT 燃气管道阀门处于正常连接状态时，从另一个信道发起通信请求，检查 IoT 燃气管道阀门在整个过程中的动作，在同一时刻应仅有一个通信方式处于正常连接状态，传输数据时优先选择已处于正常连接状态的通信方式。

8.2.2.3 链路通信试验

- a) 按图 1 连线，并启动 IoT 管理平台和 IoT 燃气管道阀门运转工作；
- b) 在 IoT 管理平台对 IoT 燃气管道阀门下发配置时，检查 IoT 燃气管道阀门是否能准确设置时间间隔、定时上报、采集频率、内容和对象等内容；人为制造 IoT 燃气管道阀门定时自动上传失败，检查 IoT 燃气管道阀门是否重传完整数据至 IoT 管理平台，应支持其它方式进行补采。

8.3 安全测试

8.3.1 基本安全测试检查确认面向 IoT 燃气管道阀门应用的物联网系统已通过网络安全等级保护一级测评，并取得相应备案证书，核对备案证书测评指标是否符合 6.1 章节的要求。

8.3.2 IoT 燃气管道阀门安全测试

8.3.2.1 安全单元试验

a) 审查 IoT 燃气管道阀门制造商提交的文件，确认已获得行业认可的安全芯片资质证书，或已取得国家密码管理部门颁发的硬件密码产品资质证书；核对审查结果是否符合 6.2.1 章节规定的内容；

b) 审查 IoT 燃气管道阀门制造商提交的文件，检查确认安全芯片的硬件信息与芯片固件绑定。

8.3.2.2 通信安全试验

a) 按图 1 连线，并启动 IoT 管理平台和 IoT 燃气管道阀门运转工作；

b) 检查 IoT 燃气管道阀门制造商提交的文件，确认传输鉴别信息、隐私数据和重要业务数据时采用密码技术保证数据传输完整性；

c) 使用通信工具，篡改传输数据，检查确认可恢复数据或重新获取数据，核对检查结果应符合 GB/T 37025-2018 中 7.1 章节规定的内容；

d) 使用抓包工具，抓取传输敏感信息时的数据，检查确认数据已被加密，核对检查结果应符合 GB/T 37025-2018 中 7.8 章节规定的内容。

8.3.2.3 访问控制试验

a) 按图 1 连线，并启动 IoT 管理平台和 IoT 燃气管道阀门运转工作；

b) 审查 IoT 燃气管道阀门表制造商提交的文件，验证确认 IoT 燃气管道阀门能够提供安全措施控制数据的访问；

c) 尝试非法访问 IoT 燃气管道阀门，确认访问失败；

d) 审查 IoT 燃气管道阀门制造商提交的文件，验证确认访问控制范围覆盖所有主体、客体及他们之间的操作，核对审查结果应符合 GB/T 36951-2018 中 5.4.2 章节中 c) 和 d) 的规定内容。

8.3.2.4 失效保护试验

a) 按图 1 连线，并启动 IoT 管理平台和 IoT 燃气管道阀门运转工作；

b) 审查 IoT 燃气管道阀门制造商提交的文件，确认 IoT 燃气管道阀门表能够自检出已定义的设备故障并进行告警；

c) 按照 IoT 燃气管道阀门制造商提供的声明材料，对故障进行模拟，检查确认 IoT 燃气管道阀门处理故障后的工作情况与声明一致；

d) 审查 IoT 燃气管道阀门制造商提交的文件，验证确认 IoT 燃气管道阀门的手动控制功能优先级高于自动控制功能；

e) 若 IoT 燃气管道阀门具备操作系统，对操作系统注入故障，检查确认在操作系统崩溃时 IoT 燃气管道阀门能够重启。

8.3.2.5 数据可用性试验

审查 IoT 燃气管道阀门制造商提交的文件，验证确认燃气管道阀门传输其采集到的数据时，标识了数据新鲜性。核对审查结果应符合 GB/T 36951-2018 中 5.5.1 章节规定的内容。

8.3.3 IoT 管理平台安全试验

试验内容包括安全管理、鉴别、访问控制、日志审计等，试验宜采用 GB/T41816-2022 中 10.5.3 和 10.5.4 章节规定的步骤。

9 安装环境要求

9.1 埋地使用的IoT燃气管道阀门应位于管道的水平，不应安装在常年积水或管道走向的低洼处。

9.2 IoT燃气管道阀门安装时，应根据制造商提供的尺寸，预备足够的空间安装和操作空间。

10 维护要求

10.1 埋地使用的 IoT 燃气管道阀门下端应有稳固支撑。

10.2 使用方应制定维护方案，维护周期每年至少一次。

10.3 现场维护人员应经过培训，了解阀门、执行机构的基本动作原理，需取得省市级燃气从业人员相关资格证书，持证上岗。

参 考 文 献

- [1] GB/T 12237-2021 石油、石化及相关工业用的钢制球阀
 - [2] GB/T 15558.1-2015 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统 第1部分：管材
 - [3] GB/T 15558.2-2005 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统 第2部分：管件
 - [4] GB/T 36951-2018 信息安全技术 物联网感知终端应用安全技术要求
 - [5] GB/T 37025-2018 信息安全技术 物联网数据传输安全技术要求
 - [6] GB/T 41816-2022 物联网 面向智能燃气表应用的物联网系统技术规范
-

无锡市物联网产业协会

ICS

CCS

T/WXIOT

无锡市物联网产业协会团体标准

T/WXIOT XXX-XXXX

汽车用半导体分立器件破坏性物理分析方法

Destructive physical analysis method for semiconductor discrete devices used in automobiles

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。
已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

无锡市物联网产业协会 发布

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。

本文件由无锡市物联网产业协会提出并归口。

本文件起草单位：中国电子科技集团公司第五十八研究所、中科芯集成电路有限公司、无锡中微腾芯电子有限公司、江南大学物联网工程学院、中国电子技术标准化研究院、重庆长安汽车股份有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、江苏省电子信息产品质量监督检验研究院、南京海关纺织工业产品检测中心、华润安盛科技有限公司。

本文件主要起草人：江徽、虞勇坚、万永康、宋国栋、陆坚、栾小丽、樊启高、冯佳、章慧彬、周亚丽、郭亚、梁峻阁、李锬、罗晓羽、宋继军、陈嘉声、田鹏、聂义、董军、陆振中、吴建忠、龚平。

本文件为首次发布。

汽车用半导体分立器件破坏性物理分析方法

1 范围

本文件规定了汽车用半导体分立器件破坏性物理分析（DPA）的通用要求。
本文件规定了汽车用典型半导体分立器件DPA分析程序、DPA试验方法与要求。
本文件适用于有破坏性物理分析（DPA）要求的汽车用半导体分立器件。

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，其最新版本适用于本文件。

- GB/T 4589.1 半导体器件 第10部分：分立器件和集成电路总规范
- GB/T 17573 半导体器件 分立器件和集成电路 第1部分：总则
- GB/T 12560 半导体器件 分立器件分规范
- GB/T 4937.3 半导体器件 机械和气候试验方法 第3部分：外部目检
- GB/T 4937.7 半导体器件 机械和气候试验方法 第7部分：内部水汽含量测试和其他残余气体分析
- GB/T 4937.8 半导体器件 机械和气候试验方法 第8部分：密封
- GB/T 4937.14 半导体器件 机械和气候试验方法 第14部分：引出端强度
- GB/T 4937.16 半导体器件 机械和气候试验方法 第16部分：粒子碰撞噪声检测
- GB/T 4937.19 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 4937.22 半导体器件 机械和气候试验方法 第22部分：键合强度
- GB/T 4937.35 半导体器件 机械和气候试验方法 第35部分：塑封电子元器件声学扫描显微镜检查

3 术语和定义

下列术语、定义和缩略语适用于本文件。

3.1

破坏性物理分析 destructive physical analysis (DPA)

为验证元器件的设计、结构、材料和制造质量是否满足预定用途或有关规范的要求，对元器件样品进行解剖，以及解剖前后进行一系列检验和分析的全过程。

3.2

半导体分立器件 discrete semiconductor device

半导体分立器件是指具有单一功能且功能不能拆分的基本元器件，包括二极管、三极管以及晶闸管等产品和其它相关的半导体元器件。

3.3

缺陷 defect

检验过程中发现的异常物理特征状况统称为缺陷，缺陷可以包含样品外观、尺寸、结构、材料、工艺方面的差异。

3.4

生产批 production lot

在同一生产线上采用相同的设计、结构、材料、工艺、控制，按相同的产品规范制造出来的一批产品。生产批以产品外壳上标注的生产日期代码或批号来识别。

4 缩略语

H³TRB——高温高湿反偏试验（High temperature and high humidity reverse bias）

HAST——高加速应力试验（Highly accelerated stress test）

TC——高低温循环试验（Temperature cycling）

5 通用要求

5.1 DPA 分析流程

除另外规定外，汽车用半导体分立器件DPA分析，可参照以下流程进行。

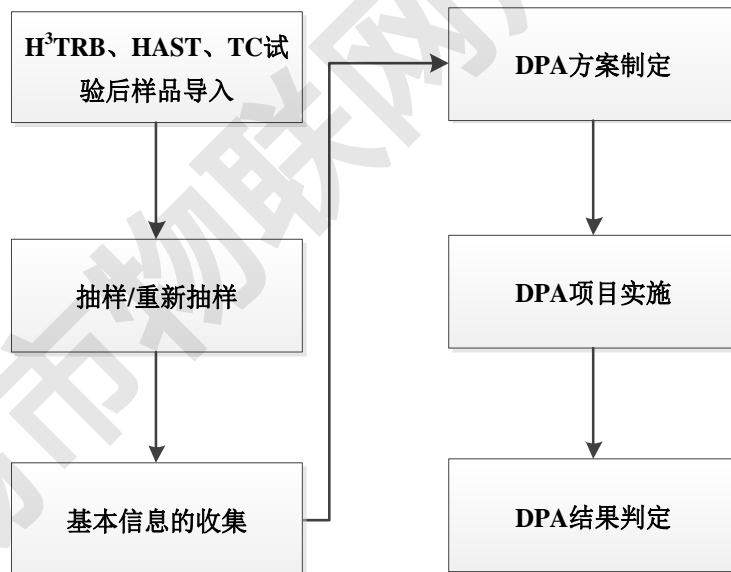


图1 汽车用半导体分立器件 DPA 分析流程图

5.2 抽样

5.2.1 概述

除另有规定外，用于DPA的样品应从经过H³TRB试验（或HAST试验）以及TC试验后的生产批样件中随机抽取。

特殊情况下（客户要求、可靠性验证等）从生产批中随机抽取样品进行DPA分析时，同样适用于本文件。

需要说明的是，同一生产批，但分批次交付的且经过H³TRB试验（或HAST试验）以及TC试验测试的，应按照不同批次进行单独抽样后送检。

5.2.2 样本大小

经过H³TRB试验（或HAST试验）后生产批样品，样本大小应不少于2只；

经过TC试验后的生产批样品，样本大小应不少于2只；

特殊要求情况的DPA分析，样本大小应以满足DPA检验项目的需求量为前提。

5.2.3 抽样方法

用于DPA的样品应从经过H³TRB试验（或HAST试验）以及TC试验后的生产批样品中随机抽取，进行可靠性评估或其他工序要求时，可抽取最能暴露缺陷的元器件作为样品。

5.2.4 重新抽样

若由于设备故障或操作人员失误等与被检元器件无关的因素导致未得出结论时，应在查明原因采取纠正措施后，再重新抽样进行试验。适用时，可根据具体情况对检验项目进行删减。

若未得出明确结论或结论为可疑时，应重新抽样，重新进行试验。必要时加大样本大小，适用时可根据具体情况对检验项目进行增加或删减。

5.3 基本信息收集

5.3.1 概述

基本信息的收集主要包括背景材料、基本结构信息等。

基本信息主要用于DPA方案制定的依据和试验过程中异常结果确认与判别的支撑。

5.3.2 背景材料

背景材料应包括产品的生产单位、生产批号、生产日期、产品质量保证等级和可靠性等级、结构类型、产品型号、封装形式，工艺结构特征、使用单位、抽样母体数量及样品测试情况（如已经测试，还应包括参数的测试结果）、以及该产品历史记载中的失效模式和缺陷情况等。

5.3.3 基本结构信息

基本结构信息应包括被检元器件的结构图、各组成部分的相对位置、关键尺寸及相应的材料和工艺。

基本结构信息应作为解剖分析过程中的判定依据的支撑材料。

基本结构信息可向依据初次接收的样品进行结构分析获取。

5.4 DPA 方案制定

5.4.1 概述

DPA方案应针对具体的半导体分立器件编制。

DPA方案的制定应以委托单位的特殊要求、产品规范、本文件、承制方提供的半导体分立器件结构资料和有关背景材料为依据。

DPA方案应至少包含样品的背景材料、基本结构信息、检验项目和方法、检验程序、缺陷判据、数据记录、环境要求和仪器设备。

5.4.2 DPA 项目和方法

DPA检验项目和方法应符合合同、相应产品规范和本文件的要求，根据适用情况选择相应项目和方法。

5.4.3 DPA 程序

DPA程序应以能获得更多有用DPA信息为原则进行。

程序应包括检验的项目、实施的顺序、允许并行或调换顺序的检测项目，以及依据某些项目的检验结果可能实施的待选项目。

5.5 DPA 项目实施

5.5.1 环境要求

DPA分析应在环境温度（25±5）℃；环境气压86kPa~106kPa；环境湿度40%~70%RH；具有防静电的洁净区域进行。

5.5.2 试验并行

在不影响分析结果准确性的前提下，允许试验程序有一定的灵活性，可在不同的样品上同时进行不同的试验项目，但需在上述规定的样本大小的基础上适当增加样品的数量。

5.5.3 DPA 数据记录

为便于识别和记录，被检元器件要予以编号，每批样品应有一个独立的编号，便于在数据库中进行检索。

应记录每个元器件的有关标志，按相应的程序记录检验数据，每个记录的数据都与样品和检验的项目相对应。

通常需要获取其宏观或显微全貌照片，对所观察到的缺陷或异常情况还需要补充其他照片，为从照片中能够获取足够的有用信息，应采用合适的放大倍率并进行标明。

5.6 DPA 结果判定

DPA的结果判定应在DPA方案中规定，缺陷判据应以合同、产品规范和本文件的相关要求为依据，对缺陷的评定应有相应的描述和照片。

6 试验方法与要求

6.1 概述

本章规定了汽车用半导体分立器件破坏性物理分析（DPA）的详细试验方法与要求。表1给出了汽车用半导体分立器件类型及相应要求章条号。

表 1 汽车用半导体分立器件类型

序号	器件类型	章条号
1	汽车用有键合丝塑封半导体分立器件	6.2
2	汽车用无键合丝玻璃外壳、玻璃钝化和塑料封装二极管	6.3
3	汽车用无键合丝螺栓安装和轴向引线金属外壳二极管	6.4
4	汽车用有键合丝表面安装和外引线同向引出晶体管、二极管	6.5

6.2 汽车用有键合丝塑封半导体分立器件 DPA 分析程序

6.2.1 汽车用有键合丝塑封半导体分立器件结构

汽车用有键合丝塑封半导体分立器件的示意图见图2。

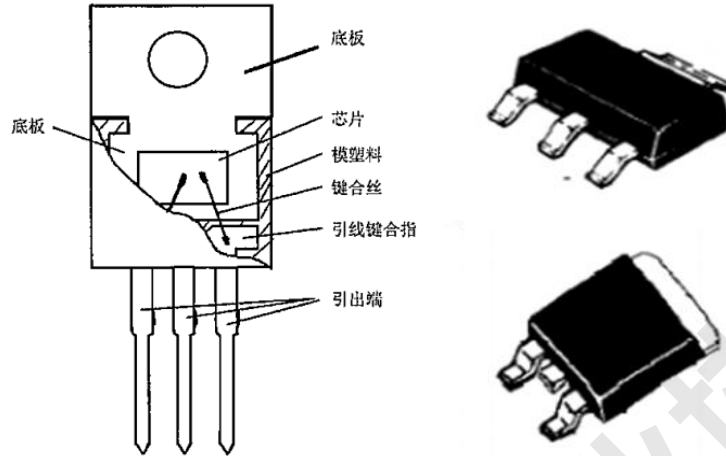


图 2 汽车用有键合丝塑封半导体分立器件示意图

6.2.2 概述

汽车用有键合丝塑封半导体分立器件的DPA程序和试验项目见表2，其中扫描电子显微镜（SEM）检查可能会被作为检验工具应用到内部目检、弹坑检查以及剖切检查等项目中，可根据相关需求进行调整顺序。

表 2 汽车用有键合丝塑封半导体分立器件的 DPA 程序和试验项目

序号	DPA程序和试验项目	章条号
1	外部目检	6.2.3
2	X射线检查	6.2.4
3	声学扫描显微镜检查	6.2.5
4	内部目检	6.2.6
5	键合强度	6.2.7
6	弹坑检查	6.2.8
7	剖切检查	6.2.9
8	扫描电子显微镜（SEM）检查	6.2.10

6.2.3 外部目检

6.2.3.1 概述

外部目检包括外部结构符合性检查、标识检查以及外部缺陷检查。

外部目检可以利用金相显微镜和（或）光学立体显微镜，从样本正面、侧面、背面，不限定角度、放大倍率和光照方式，对封装外部所有部位进行检查。

为获取足够的有用信息，局部细节区域可放大倍率进行观察，并保留照片。同时针对样本的封装、引脚等结构参数应进行量测。

6.2.3.2 检查

器件应在1.5倍~10倍的放大镜下进行检查，在此范围内可以选取任意倍率。允许接收的样品必须能够在10倍的放大镜或显微镜下通过所有外部目检判据的检查。

当存在外来物，且其粘附度不确定时，可以通过洁净的气流进行吹除处理。

6.2.3.3 缺陷判据

外部目检缺陷判据内容包括一般判据和外来物、封装壳体或盖帽、封装壳体或盖帽的镀涂层、引线等具体判据。

6.2.3.4 一般判据

若呈现以下任一情况，则应视为缺陷：

- a) 包封不平整，翘曲或弓弯；
- b) 包封层内的外来物；
- c) 塑封层的空洞和裂纹；
- d) 标识不清晰、标志内容或位置不符合适用的规范；
- e) 不符合订购文件、设计文件等相关要求，或缺失某些必要特性与特征。

6.2.3.5 外来物缺陷判据

若呈现以下任一情况，则应视为缺陷：

- a) 焊料或其他外来物（即沾污物或侵蚀物）使引线间或焊区间的绝缘间距减小到小于引线间距（对钎焊引线为焊区间距）的50%，或未达到外形尺寸中的最低要求；
- b) 引线或引出端上有任何无关的外来物，如油漆、焊料。

6.2.3.6 封装壳体或盖帽缺陷判据

若呈现以下任一情况，则应视为缺陷：

- a) 封装壳体破裂或有裂纹，表面划痕不应视为失效；
- b) 表面上任何缺口在任何方向上的尺寸大于1.5mm，并且其深度超过受损封装部件（如盖板、底板或壁）厚度的25%；
- c) 与引线相连的外引线金属化条上存在大于自身宽度25%的空洞；
- d) 在封装壳体上有明显分层、分离或空洞。

6.2.3.7 封装壳体或盖帽镀涂层缺陷判据

若呈现以下任一情况，则应视为缺陷：

- a) 存在镀涂层缺陷如剥落、起皮、起泡、凹坑或腐蚀。没有这些缺陷的退色是允许的；
- b) 由于损伤或工艺造成的划伤、擦伤或凹陷，使基底金属暴露。仅是暴露底镀层，不构成缺陷。

6.2.3.8 引线缺陷判据

若呈现以下任一情况，则应视为缺陷：

- a) 断线；
- b) 引线或引出端受损伤，或没位于规定位置，或弯曲成有尖角状，或有不符合规定的弯曲，或扭曲使引线偏离正常引线平面20°以上；
- c) 引线上凹坑、凹陷的直径或最大宽度超过引线宽度（圆引线按直径计算）的25%，深度大于引线厚度的50%。
- d) 引线上的毛刺高度超过引线厚度的50%（圆引线按直径计算）；
- e) 引线未对准焊区，致使与焊区相接部分小于引线焊区面积的75%；
- f) 金属化（包括焊接引线镀层）使各引线之间或引线与其他封装金属化区间的绝缘间距减少到小于引线间距（对钎焊引线为焊区间距）的50%，或未达到外形尺寸中的最低要求；

g) 划痕使得引线暴露出的基底金属的面积大于引线表面积的5%，暴露引线末端截面的基底金属是可以接受的，不计算在5%之内。

6.2.4 X射线检查

6.2.4.1 概述

X射线检查用于被检样本内部结构的检查，包含检查样本在开封前内部有无可动多余或结构缺陷；引线框架形貌、芯片大小和位置、键合点布局、芯片粘接和键合引线材料的辨别，以及用于确定开封和剖面定位。

X射线检查应确定芯片的形状、位置和尺寸、键合丝的高度等相关信息，为后续内部目检中开封程序作参照。

6.2.4.2 检查

对每一只器件的两个方向（俯视和侧视）进行X射线检查。单个器件检查应包括但又不局限于以下检查项目：外来物、引线键合、框架结构、封装体、粘接区域等。

6.2.4.3 缺陷判据

X射线检查不得暴露出下列任何一项缺陷：

- a) 外来物、空洞和塑封包封中填充料的聚集；
- b) 芯片粘接材料中的空洞，粘接胶量不足80%；
- c) 非粘接区域存在多余粘接料；
- d) 引出端未对准；
- e) 引线框架毛刺（封装内部）；
- f) 键合丝几何特性差（键合丝偏离由键合点到引出端之间的直线或芯片键合点与引出端之间的键合丝为直线状，没有弧度）；
- g) 键合丝及引线框架间存在多余物；
- h) 键合丝偏移或断裂；
- i) 芯片放置位置不对；
- j) 内引线偏移或断裂；
- k) 接触区的空洞总面积超过接触面积的1/2；
- l) 空洞大于芯片厚度的两倍；
- m) 半导体芯片表面与边缘之间的角度小于45°；
- n) 单个空洞横贯半导体芯片的长度或宽度，超过整个预定接触面积的10%。

6.2.5 声学扫描显微镜检查

6.2.5.1 概述

声学扫描显微镜用于检查被检元器件内部分层、空洞，模塑料与引线框架、芯片或底板之间界面处的分层、模塑料的空洞和裂纹以及芯片粘接材料（如果存在）中的未粘附区域和空洞等缺陷。

从垂直于元器件平面方向，对所有样品进行声学扫描显微检查，对于引线框架类元器件，推荐选用C模式进行检查；对于基板类元器件，推荐采用T模式进行检查。

需要时，可参照GB/T 4937.35 半导体器件 机械和气候试验方法 第35部分：塑封电子元器件的声学扫描显微镜检查进行试验。

6.2.5.2 检查区域

对每一只样品的如下重点区域进行封装的空洞、裂纹和分层的检查：

- a) 芯片和模塑料的界面；

- b) 引线框架和模塑料的界面（顶视图）；
- c) 底板边缘和模塑料的界面（顶视图）；
- d) 芯片与底板的粘接界面，可以通过透射扫描方式来对此界面进行评估；
- e) 底板与模塑料的分界面（底视图）；
- f) 引线框架和模塑料的分界面（底视图）。

6.2.5.3 缺陷判据

器件检测中，呈现任何下列缺陷均是不被允许的：

- a) 与键合丝交叉的模塑料中的裂纹；
- b) 从任一个引线键合指延伸向任一其他内部部件（引线键合指、芯片、底板）的内部裂纹，其长度超过相应间距的1/2；
- c) 导致表面破裂的封装上的任何裂纹；
- d) 跨越键合丝的模塑料的任何空洞；
- e) 模塑料和芯片之间任何可测量的分层；
- f) 底视图中底板与模塑料间界面上，分层面积超过其接触面积的1/2；
- g) 顶视图或底视图中引线键合指与模塑料完全剥离；
- h) 键合区域的引线键合指或底板分层；
- i) 顶视图中连筋顶端分层超过其长度的1/2；
- j) 如果不能确认内部裂纹或分层的风险程度，需将样品剖切并抛光进行验证；
- k) 凸点与芯片或基板出现任何可见的分层；
- l) 下填料与芯片或基板出现任何可见的分层；
- m) 凸点没有被下填料完全包裹，另有规定除外；
- n) 下填料出现的空洞超过了芯片总面积5%以上。

6.2.6 内部目检

6.2.6.1 概述

应保证在开封解剖前能够获取到足够的信息后再进行开封解剖，运用机械开封或化学开封等技术打开器件。

在任何情况下样品的开封解剖和制备期间，应尽可能的避免引入额外污染和产生异常损伤的情况。

开封后采用光学或金相显微镜在30倍~60倍下观察器件，分析出那些不是在打开器件时引入的颗粒，在对颗粒的分析完成后，用一般大小的气流（约137kPa）清理掉器件封装表面及内部由于开盖产生的附着物。

附着物完全清理后或已进行详细记录后，进一步对器件进行内部检查。

6.2.6.2 开封

样品开封时，应采取必要的防护措施避免引入额外污染和产生异常损伤。

引线框架类半导体分立器件的开封，推荐采用激光预开封结合混合酸湿法腐蚀的方式，降低对铜、银键合引线的腐蚀，最大可能保留键合引线的原始状态。开封期间和开封后元器件的所有部分应能追溯到样品母体。

已开封的样品必须经过充分的清洗，在后续样品分析和制备（如剖面切开）前应储存在清洁干燥的环境中，可采用真空干燥箱和充氮干燥箱。

开封后的样品应进行目检，以确定开封质量是否能满足进一步分析的要求，同时检查已开封器件的可见缺陷，并对其进行分析，以识别该缺陷的出现是否由于开封导致的。

开封的质量对后续的检查结果有很大的影响，应按一下判据确定开封质量：

- a) 至少25%或3根（取其大者）键合丝应达到清洁、无损坏；
- b) 至少75%的芯片区域清洁并无去包封层造成的损坏。

6.2.6.3 检查

在放大30倍~60倍和75倍~150倍不同倍率下对器件内部进行显微检查，以确定是否存在5.3.6.4中指出的可见缺陷。

随机选取2根以上的键合点，采用适当的技术方法，将键合丝颈部与焊盘进行剥离，检查IMC与焊盘形貌，以确定是否存在6.2.6.4中指出的可见缺陷。

6.2.6.4 缺陷判据

不同的放大倍率下定义不同的缺陷判据要求，具体包括一般判据、30倍~60倍下缺陷判据以及75倍~150倍下缺陷判据。

6.2.6.4.1 一般判据

呈现以下任一缺陷将不被允许：

- a) 暴露的塑料材料有外来物侵入；
- b) 金属化层有裂缝、划伤、气孔、剥离、空洞、腐蚀、起皮或凸起；
- c) 玻璃钝化层有裂纹，缺失，针孔腐蚀、牛顿环、起皮或裂纹（特别是填充粒子引起的损伤）；
- d) 芯片表面有污染、擦伤、划痕与裂纹；
- e) 缩颈现象导致键合丝直径不允许缩小25%以上；
- f) IMC覆盖面积铜线应 $\geq 80\%$ ，金线应 $\geq 60\%$ ；
- g) 铜线非IMC不得呈现隧道状、环状；
- h) 铜线非IMC区域空洞单一面积不得大于15%；
- i) 与产品设计规范、工艺规范以及产品说明书等相关要求有明显不符的；
- j) 腐蚀、污染、分层或者金属化层明显缺陷异常（划痕、玻璃化等）；
- k) 键合丝、Die或者引线连接末端存在明显缺陷；
- l) 存在枝晶生长或电迁移。

6.2.6.4.2 30倍~60倍下缺陷判据

呈现以下任一缺陷将不被允许：

- a) 不正确的键合内引线材料或尺寸；
- b) 金属沾污或外来物；
- c) 浮起或断开的内引线；
- d) 浮起、裂开或破碎的芯片/基板；
- e) 不正确的芯片装配；
- f) 引线呈多余的环形或下垂；
- g) 不正确的键合技术和尺寸；
- h) 不正确的芯片装配位置和方向；
- i) 不是由于开封期间引入的颗粒。

6.2.6.4.3 30倍~60倍下缺陷判据

呈现以下任一缺陷将不被允许：

- a) 金属化层空洞、浸蚀、脱皮、浮起、砂眼或划痕；
- b) 键合金属间化合物在某一方向的径向延伸超过键合点周界 $2.5\mu\text{m}$ 以上；
- c) 不正确的芯片或基板金属化设计图形和识别标记；

d) 芯片裂纹。

6.2.7 键合强度

6.2.7.1 概述

除特殊要求或规定外，每只样品至少25%或3根（取其大者）键合丝清洁、无损坏且裸露长度超过原长2/3的样品都应经受破坏性键合强度检查。

本试验项目可依据实际情况（如产品在可靠性考核阶段进行过该项试验）进行删减。

6.2.7.2 试验

键合丝应按GB/T 4937.22 半导体器件 机械和气候试验方法 第22部分：键合强度中方法C的规定进行破坏性拉力试验。

6.2.7.3 缺陷判据

按GB/T 4937.22 半导体器件 机械和气候试验方法 第22部分：键合强度中方法C对应失效判据进行判别。

6.2.7.4 结果判定

键合强度试验结果仅用作工程观察，并且仅作为记录信息，不作为是否合格的判断依据。

6.2.8 弹坑检查

6.2.8.1 概述

弹坑是由于键合、探针测试时，接触力、键合力和键合功率设置匹配不当导致的焊区的硅层受到损伤，出现裂纹或凹坑。

弹坑检查是利用化学试剂（盐酸、硝酸、氢氧化钾等）腐蚀掉键合丝与焊球，裸露出焊点下方各层结构进行检查。

6.2.8.2 检查

通过光学显微镜或扫描电子显微镜，对裸露出各层结构进行检查。

6.2.8.3 缺陷判据

针对所有的键合形式，均不允许出现裂纹、凹陷、孔洞等任何形式的弹坑缺陷。

6.2.9 剖切检查

6.2.9.1 概述

采用类似于金相或矿物样品光学检查的剖切制备方法制备剖面，针对完好样件的进行剖切，其目的是检查器件内部横截面、键合界面、粘结界面等结构形貌以及粘接质量。

对于声学扫描显微镜检查显示芯片粘接、模塑料与芯片界面或其他重要的界面存在偏离/分层的样件需进一步剖切，剖切至异常区域进行检查，以提供有关缺陷的附加检验信息和佐证。

对于过量/不适当的金属间化合物键合形式通过剖切加以识别和验证。

6.2.9.2 剖面制备

将被检元器件用合适的室温固化的低收缩率环氧树脂或其他灌封料灌封，灌封前环氧树脂要去除气泡，固化后进行切割、研磨和抛光，有时需要进行化学腐蚀。制成所需的剖面，使其显示出要分析部分的细节。

在固化、切割、研磨和抛光样品过程中，材料内部可能产生应力，这种应力可能导致元器件的结构异常和损伤，特别是机械强度较低的脆性材料（如陶瓷，玻璃等材料），这种损伤可能被误判为样品的原始缺陷，剖面制备过程中应尽量避免或减少应力的产生。

6.2.9.3 检查

采用光学显微镜或扫描电子显微镜对制备过的剖面进行检查。检查的倍率应能够足够确认出缺陷形貌，检查区域包含但不局限于芯片与芯片粘结区的粘结界面、键合界面、芯片切面等。

6.2.9.4 缺陷判据

呈现以下任一缺陷将不被允许：

- a) 粘接料上爬高度大于90%；
- b) 芯片倾斜大于25.4 μm ；
- c) 键合界面有裂纹、空洞或分层；
- d) 暴露的塑封材料有外来物侵入；
- e) 金属化层的空洞、腐蚀、起皮或凸起；
- f) 玻璃钝化层的针眼、起皮或裂纹；
- g) 引线框架和模塑料之间的分层；
- h) 内键合点接触界面完整性异常；
- i) 引线键合与接触点界面上的金属间化合物异常生长；
- j) 模塑料、引线框架和粘接基板、涂覆层的结构、材料和厚度异常。

6.2.10 扫描电子显微镜（SEM）检查

6.2.10.1 概述

扫描电子显微镜检查主要是针对开封样品的一般金属化层、钝化层、键合界面以及剖切后的横截剖面进行进一步的检查。

扫描电子显微镜检查时，样品应采用适当的方式进行固定，使用导电胶、粘合剂等材料固定样品时应小心，不能影响待检查样品的特征。

样品检查时如果能得到所需的分辨率，可以不进行蒸金处理以简化SEM检查；否则应通过气相沉积或溅射的方式进行蒸金处理，获取合适的导电材料涂层，应注意涂层厚度与质量，避免引入外来物。

需要时，应对弹坑试验后的键合点进行扫描电子显微镜检查，观察形貌和分析表面材料成分。

必要时，可对异常键合点进行低应力冷镶嵌树脂包封，剖切后在进行扫描电子显微镜检查分析。

6.2.10.2 检查

检查氧化层台阶应放大4000倍~20000倍进行观察；检查诸如剥皮和空洞之类的一般金属化缺陷，应放大1000倍~6000倍进行观察；检查其他不符合规定的缺陷应放大足够大的倍率进行观察。

6.2.10.3 缺陷判据

呈现以下任一缺陷将不被允许：

- a) 塑料封装内键合引线交叉的裂缝；
- b) 从任一引线至任一内部特征物的内部裂纹，其长度超过相应间距的1/2；
- c) 任何延伸至封装表面的裂纹；
- d) 跨越键合丝的模塑料的任何空洞；
- e) 芯片区域内有任何模塑料内部的空洞，其区域大于0.25mm；
- f) 芯片与模塑料间的分层；
- g) 键合界面有裂纹、空洞或分层。

6.3 汽车用无键合丝玻璃外壳、玻璃钝化和塑料封装二极管 DPA 分析程序

6.3.1 概述

汽车用无键合丝玻璃外壳、玻璃钝化和塑料封装二极管DPA分析程序和项目见表3。

表 3 汽车用无键合丝玻璃外壳、玻璃钝化和塑料封装二极管 DPA 分析程序和项目

序号	DPA程序和试验项目	章条号
1	外部目检	6.3.2
2	X射线检查	6.3.3
3	密封	6.3.4
4	引出端强度	6.3.5
5	内部目检	6.3.6

6.3.2 外部目检

6.3.2.1 概述

应在至少放大3倍的条件下进行分析，若在低放大倍数分析显示异常，则需高放大倍数（至少放大10倍）下进行检查。

6.3.2.2 缺陷判据

失效判据应依据器件的结构特征，参照GB/T 4937.3 半导体器件 机械和气候试验方法第3部分：外部目检中规定的相应判据执行。

6.3.3 X射线检查

6.3.3.1 概述

对每一只器件的两个方向（俯视和侧视）进行X射线检查。单个器件检查应包括但又不局限于以下检查项目：外来物、引线键合、框架结构、封装体、粘接区域等。

X射线检查应确定芯片的形状、位置和尺寸、键合丝的高度等相关信息，为后续内部目检中开封程序作参照。

6.3.3.2 缺陷判据

X射线检查不得暴露出下列任何一项缺陷：

- a) 接触区的空洞总面积超过接触面积的1/2；
- b) 空洞大于芯片厚度的两倍；
- c) 半导体芯片表面与边缘之间的角度小于45°；
- d) 有密封缺陷：整个封盖密封不连续或密封宽度比其设计小25%以上；
- e) 单个空洞横贯半导体芯片的长度或宽度，超过整个预定接触面积的10%；
- f) 元件之间或元件与管壳之间存在互相接触。

6.3.4 密封

6.3.4.1 检查

适用时，玻璃外壳和玻璃钝化封装二极管应按GB/T 4937.8 半导体器件 机械和气候试验方法 第8部分：密封方法染料渗透粗检漏试验或产品规范要求要求进行密封试验。

器件在作密封试验前应先去油漆，不透明器件的密封结果破坏性检查可在内部目检开封后进行。

6.3.4.2 缺陷判据

呈现以下任一缺陷将不被允许:

a) 针对不透明器件, 在器件开封或分离后, 若出现有染料渗透的任何情况, 则判定为缺陷;

b) 针对含透明玻璃器件(带大空腔结构), 若在空腔中出现染料渗透的任何迹象, 则判定为缺陷;

c) 针对含透明玻璃器件(双插头结构), 若在芯片区域出现有染料渗透的任何迹象, 则判定为缺陷; 此外, 若在接近芯片附近出现染料渗透到裂缝、破裂、空洞中迹象, 且超过设计封装长度的50%时, 则判定为缺陷。

6.3.5 引出端强度

6.3.5.1 轴向引线器件

轴向引线器件引出端强度试验应按GB/T 4937.14 半导体器件 机械和气候试验方法 第14部分: 引出端强度试验条件A和条件C进行检查。

6.3.5.2 无引线器件

无引线器件, 可依据产品规范或客户要求对引出端强度检验或剪裁。

6.3.5.3 缺陷判据

应力解除后, 用10倍放大镜观察检查, 发现有玻璃破裂(密封弯月面区域除外)或引线断裂、松动或引线和器件管体之间出现相对移动情况, 均判定为缺陷。

6.3.6 内部目检

6.3.6.1 概述

对玻璃结构二极管的内部目检应在去除油漆后, 作其他任何破坏性试验前开始。对不透明二极管应首先进行样品制备, 然后进行内部目检。

需要注意的是, 在制备样品时不得损坏任何内部状态。

6.3.6.2 开封

玻璃外壳和玻璃钝化封装器件采用轴向剖切的开封方式, 将器件包封在固化剂中, 通过研磨和抛光设备或切割设备剖切样品。

6.3.6.3 检查

对开封后的器件, 除另有规定外, 用放大20倍~30倍的显微镜, 在适当的照明下进行检验。

6.3.6.4 缺陷判据

除特殊规定外, 呈现以下任一缺陷将不被允许:

a) 芯片缺损: 芯片缺损延伸超过沟槽区的50% (台面器件), 或延伸到距结 $50\mu\text{m}$ 之内 (平面器件);

b) 裂纹: 裂纹延伸到距结 $50\mu\text{m}$ 之内, 或指向结的方向;

c) 玻璃裂纹及缺损, 空腔四周存有裂纹或裂纹延伸入玻璃壳体指向空腔, 超过玻璃-玻璃或玻璃-金属密封长度的25%;

d) 玻璃封装畸形等于或大于外引线直径的75%;

e) 密封区存在气泡, 且气泡串使有效封接长度减少到小于外引线的直径;

f) 存在非附着多余物 (如焊料球、剥离的镀层、碎片等)。

6.4 汽车用无键合丝螺栓安装和轴向引线金属外壳二极管 DPA 分析程序

6.4.1 概述

汽车用无键合丝螺栓安装和轴向引线金属外壳二极管DPA程序和试验项目见表4。

表4 汽车用无键合丝螺栓安装和轴向引线金属外壳二极管 DPA 程序和试验项目

序号	DPA程序和试验项目	章条号
1	外部目检	6.4.2
2	X射线检查	6.4.3
3	密封	6.4.4
4	内部气体成份分析	6.4.5
5	引出端强度	6.4.6
6	内部目检	6.4.7
7	剪切强度	6.4.8

6.4.2 外部目检

6.4.2.1 检查

应在至少放大3倍的条件下进行分析，若在低放大倍数分析显示异常，则需高放大倍数（至少放大10倍）下进行检查。

6.4.2.2 缺陷判据

失效判据应依据器件的结构特征，参照GB/T 4937.3 半导体器件 机械和气候试验方法第3部分：外部目检中规定的相应判据执行。

6.4.3 X射线检查

6.4.3.1 概述

值得注意的是，需要检查腔体内的固定芯片、各种构件、内部间隙以及松动的粒子等情况，以作为在确定开封和剖面位置和研究可疑缺陷的一种非破坏性辅助手段。

对于功率大于1W的器件，粘接空洞面积不应超过整个设计粘接面积的25%；

当X射线检查不能有效获得芯片粘接质量信息时，如功率器件芯片粘接空洞，应在开封后进行超声检测检查。

6.4.3.2 检查

对每一只器件的两个方向（俯视和侧视）进行X射线检查。单个器件检查应包括但又不局限于以下检查项目：外来物、引线键合、框架结构、封装体、粘接区域等。

6.4.3.3 缺陷判据

X射线检查不得暴露出下列任何一项缺陷：

- a) 接触区的空洞总面积超过接触面积的1/2；
- b) 空洞大于芯片厚度的两倍；
- c) 半导体芯片表面与边缘之间的角度小于45°；
- d) 有密封缺陷：整个封盖密封不连续或密封宽度比其设计小25%以上；
- e) 单个空洞横贯半导体芯片的长度或宽度，超过整个预定接触面积的10%；
- f) 元件之间或元件与管壳之间存在互相接触。

6.4.4 密封

按GB/T 4937.8 半导体器件 机械和气候试验方法 第8部分：密封或相应的详细规范进行检查，对封装外部有涂料的，必要时，应将涂料去除，再进行密封性检查。

用聚合物组装的含气密封装二极管，应去掉聚合物后对气密封装的二极管进行密封性检查。

失效判据应依据器件的结构特征，参照GB/T 4937.8 半导体器件 机械和气候试验方法 第8部分：密封中规定的相应判据执行。

6.4.5 内部气体成份分析

适用时，应按GB/T 4937.7 半导体器件 机械和气候试验方法 第7部分：内部水汽含量测试和其他残余气体分析进行。

相应详细规范不要求进行细检漏的，则不要求进行内部气体成份分析。

6.4.6 引出端强度

适用时，引出端强度试验应按GB/T 4937.14 半导体器件 机械和气候试验方法 第14部分：引出端强度试验条件A和条件C进行检查。

试验条件A的拉力大小要求按表5进行确定：

表 5 试验拉力与引出端的对应关系

标称截面积S (mm ²)	相应圆截面引出端直径d (mm)	拉力 (N)，容差±10%
S≤0.05	d≤0.25	1.0
0.05<S≤0.1	0.25<d≤0.35	2.5
0.1<S≤0.2	0.35<d≤0.5	5.0
0.2<S≤0.5	0.5<d≤0.8	10
0.5<S≤1.2	0.8<d≤1.25	20
S>1.2	d>1.25	40

6.4.7 内部目检

6.4.7.1 概述

内部目检应首先进行样品制备，然后进行检查。样品制备可参照以下方法进行。

- 按有关结构图或X射线检查确定内部结构；
- 将样品灌封以制取剖面，对于颈缩结构，垂直于纵轴线，进行研磨或切割；
- 暴露出完整的芯片结构，对其安装位置以及粘结情况进行检查。

6.4.7.2 检查

除另有规定外，用放大20倍~30倍的显微镜，在适当的照明下进行检验。

6.4.7.3 缺陷判据

不符合产品本身材料、设计和结构详细要求的异常均视为缺陷。

6.4.8 剪切强度

适用时，应按GB/T 4937.19 半导体器件 机械和气候试验方法 第19部分：芯片剪切强度进行检查，失效判据应依据器件的结构特征，参照GB/T 4937.19中规定的相应判据执行。

6.5 汽车用有键合丝表面安装和外引线同向引出晶体管、二极管 DPA 分析程序

6.5.1 概述

汽车用有键合丝表面安装和外引线同向引出晶体管、二极管DPA程序和试验项目见表6。

表 6 汽车用有键合丝表面安装和外引线同向引出晶体管、二极管 DPA 程序和试验项目

序号	DPA程序和试验项目	章条号
1	外部目检	6.5.2
2	X射线检查	6.5.3
3	粒子碰撞噪声检测 (PIND)	6.5.4
4	密封	6.5.5
5	内部气体成份分析	6.5.6
6	内部目检	6.5.7
7	键合强度	6.5.8
8	扫描电子显微镜 (SEM) 检查	6.5.9
9	剪切强度	6.5.10

6.5.2 外部目检

6.5.2.1 检查

应在至少放大3倍的条件下进行分析，若在低放大倍数分析显示异常，则需高放大倍数（至少放大10倍）下进行检查。

6.5.2.2 缺陷判据

失效判据应依据器件的结构特征，参照GB/T 4937.3 半导体器件 机械和气候试验方法 第3部分：外部目检中规定的相应判据执行。

6.5.3 X射线检查

6.5.3.1 概述

值得注意的是，需要检查腔体内的固定芯片、各种构件、内部间隙以及松动的粒子等情况，以作为在确定开封和剖面位置和研究可疑缺陷的一种非破坏性辅助手段。

对于功率大于1W的器件，粘接空洞面积不应超过整个设计粘接面积的25%；

当X射线检查不能有效获得芯片粘接质量信息时，如功率器件芯片粘接空洞，应在开封后进行超声检测检查。

6.5.3.2 检查

对每一只器件的两个方向（俯视和侧视）进行X射线检查。单个器件检查应包括但又不局限于以下检查项目：外来物、引线键合、框架结构、封装体、粘接区域等。

6.5.3.3 缺陷判据

X射线检查不得暴露出下列任何一项缺陷：

- a) 接触区的空洞总面积超过接触面积的1/2；
- b) 空洞大于芯片厚度的两倍；
- c) 半导体芯片表面与边缘之间的角度小于45°；
- d) 有密封缺陷：整个封盖密封不连续或密封宽度比其设计小25%以上；
- e) 单个空洞横贯半导体芯片的长度或宽度，超过整个预定接触面积的10%；
- f) 元件之间或元件与管壳之间存在互相接触。

6.5.4 粒子碰撞噪声检测 (PIND)

6.5.4.1 概述

除非另有规定外，应按GB/T 4937.16 半导体器件 机械和气候试验方法 第16部分：粒子碰撞噪声检测试验进行，必要时，应通过开封或其它方法寻找多余物，并测量多余物尺寸和成份分析。

6.5.4.2 缺陷判据

在监测期间，三个检测系统中任一个指示出除背景噪声之外的任何噪声爆发（由本身引起的除外），都应判定为缺陷。

有缺陷的器件不得重新试验（试验系统发生故障时，所有器件需重新试验除外）。

6.5.5 密封

按GJB 128B方法1071 密封按GB/T 4937.8 半导体器件 机械和气候试验方法 第8部分：密封或相应的详细规范进行检查。

失效判据应依据器件的结构特征，参照方法GB/T 4937.8规定的相应判据执行。

6.5.6 内部气体成份分析

适用时，应按GB/T 4937.7 半导体器件 机械和气候试验方法 第7部分：内部水汽含量测试和其他残余气体分析进行。

相应详细规范不要求进行细检漏的，则不要求进行内部气体成份分析。

6.5.7 内部目检

6.5.7.1 开封

采用专用开封设备（或其他等效工具）进行开封，切割线离底座应足够高，以避免损坏内部结构。

开封之后，对管内的键合丝进行检查。对观察到的任何内部损坏和异常，应先确定有无可能是应采用的开封方法引入的。

6.5.7.2 去除内涂料

以内涂料作为表面保护的器件，采用化学或物理的方式去除内涂料，去除过程中不得损坏除涂层外的其他所有材料。

6.5.7.3 检查

除另有规定外，用放大20倍~30倍的显微镜，在适当的照明下进行检验。

6.5.7.4 缺陷判据

不符合产品本身材料、设计和结构详细要求的异常均视为缺陷。

6.5.8 键合强度

键合丝应按GB/T 4937.22 半导体器件 机械和气候试验方法 第22部分：键合强度中方法C的规定进行破坏性拉力试验。

必要时，应对键合强度不合格的键合脱落点进行扫描电子显微镜检查，观察其形貌并分析表面材料成份。

6.5.9 扫描电子显微镜（SEM）检查

6.5.9.1 概述

扫描电子显微镜检查主要是针对开封样品的一般金属化层、钝化层、键合界面以及剖切后的横截剖面进行进一步的检查。

扫描电子显微镜检查时，样品应采用适当的方式进行固定，使用导电胶、粘合剂等材料固定样品时应小心，不能影响待检查样品的特征。

样品检查时如果能得到所需的分辨率，可以不进行蒸金处理以简化SEM检查；否则应通过气相沉积或溅射的方式进行蒸金处理，获取合适的导电材料涂层，应注意涂层厚度与质量，避免引入外来物。

需要时，应对弹坑试验后的键合点进行扫描电子显微镜检查，观察形貌和分析表面材料成分。

必要时，可对异常键合点进行低应力冷镶嵌树脂包封，剖切后在进行扫描电子显微镜检查分析。

6.5.9.2 缺陷判据

芯片表面、横截面、一般金属化层、玻璃钝化层、多层金属化层、多层布线金属化层、钝化层等区域，出现任一不符合产品本身设计和结构详细要求的异常均视为缺陷。

6.5.10 剪切强度

适用时，应按GB/T 4937.19 半导体器件 机械和气候试验方法 第19部分：芯片剪切强度进行检查，失效判据应依据器件的结构特征，参照GB/T 4937.19中规定的相应判据执行。

参 考 文 献

- [1] GJB 4027B 军用电子元器件破坏性物理分析方法
 - [2] GJB 33B 半导体分立器件总规范
 - [3] GJB 128B 半导体分立器件试验方法
 - [4] GJB 548C 微电子器件试验方法和程序
 - [5] AEC-Q101-004 Miscellaneous test methods
-

无锡市物联网产业协会

附件 3

无锡物联网产业协会团体标准征求意见表

标准名称				
专家姓名		所在单位		
通信地址			邮 编	
联系电话		电子邮箱		审查日期
标准章条 编号	意见和建议			备注

注：如本表空间不够，可另附页。