

中华人民共和国国家军用标准

半导体分立器件试验方法

Test methods
For semiconductor discrete devices

GJB128A-97

代替

GJB 128-86

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了半导体分立器件（以下简称器件）的通用试验方法，包括军用条件下抗损害能力的基本环境试验、机械性能试验和电特性测试。

1.2 适用范围

本标准适用于军用半导体分立器件。

1.3 应用指南

1.3.1 规定试验室中的试验条件要适当，使试验结果等效于现场使用结果，试验结果要能再现。但这不能理解为试验条件完全等同某一地区真实的工作条件，这是因为只有在某一地区实际工作的试验才是那个地区真实的工作试验。

用一个标准描述各种通用半导体器件规范中性质相似的试验方法时，就可以使这些方法保持统一，从而可以充分利用设备、设施和节省工时。为了达到这一目标，要使每一种通用试验方法适用于多种器件。

1.3.2 在详细规范中引用本标准的试验方法时应注明本标准编号、试验方法编号及所引用试验方法中应规定的细节。

2 引用文件

- GB3131—88 锡铅焊料
- GB4023—86 半导体分立器件 第2部分：整流二极管
- GB4024—83 半导体器件反向阻断三极晶闸管的测试方法
- GB4586—94 半导体器件 分立器件 第8部分：场效应晶体管
- GB4587—94 半导体器件 分立器件和集成电路 第7部分：双极型晶体管
- GB6570—86 微波二极管测试方法
- GB6571—94 半导体器件 分立器件 第3部分：信号（包括开关）和调整二极管
- GB9491—88 锡焊用液态焊剂（松香基）
- GB11499—89 半导体分立器件文字符号
- GB12300-90 功率晶体管安全工作区测试方法
- GB33A—97 半导体分立器件总规范
- GIB360A—96 电子及电气元件试验方法
- GJB762.1—89 半导体器件辐射加固试验方法 中子辐照试验
- GJB762.3—89 半导体器件辐射加固试验方法 r 瞬时辐照试验
- GJB1209—91 微电路生产线认证用试验 方法和程序

3 定义

本标准采用引用文件中的术语和符号。

3.1 缩写词

- a. ATE: 自动试验设备
- b. BIST: 反向不稳定性冲击试验
- c. DPA: 破坏性物理分析
- d. DUT: 受试器件
- e. ESD: 静电放电
- f. ESDS: 静电放电敏感度
- g. FET: 场效应晶体管
- h. FIST: 正向不稳定性冲击试验
- i. FWHM: 脉冲幅值的一半所对应的宽度
- j. JTRB: 高温反偏
- k. IF: 中频
- l. IGBT: 绝缘栅双极型晶体管
- m. LCC: 无引线片式载体
- n. LINAC: 直线加速
- o. MOSFET: 金属氢化物半导体场效应晶体管
- p. PIND: 粒子碰撞噪声检测
- q. RH: 相对湿度
- r. SEM: 扫描电子显微镜
- s. SOA: 安全工作区
- t. SSOP: 稳态工作功率
- u. STU: 灵敏度检测单元
- v. SWR: 驻波比
- w. TLD: 热致发光剂量计
- x. TSP: 温度敏感参数

4 一般要求

4.1 试验条件

除非在本标准或详细规范中另有规定,所有测量和寿命试验均应在 $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ 环境温度、环境大气压及相对湿度下决平衡的情况下进行。试验的标准大气条件为:温度 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $20\%\sim 80\%$,气压 $86\sim 106\text{kPa}$ 。仲裁试验的标准大气条件为:温度 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $48\%\sim 52\%$,气压 $86\sim 106\text{kPa}$ 。

4.1.1 环境试验箱内允许的温度变化

当使用环境试验箱时,受试样品应置于符合下列条件的工作区域内:

- a. 工作区域内温度变化。试验箱温度控制能力应能使工作区域内参考点的温度变化保持在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 4\%$ 以内,以大者为准。
- b. 工作区域内空间各点的温度变化。试验箱的结构应能使工作区域内任一点的温度在给定的时间内都不能偏离参考点 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 3\%$,以大者为准,但紧靠发热样品处除外。

C.规定温度下限的试验（例如老炼和寿命试验等）。在试验要求规定有试验温度下限时，试验箱结构和控制应使得工作区域内任一点的温度与规定的温度下限的偏差不超过 8°C 、 -0°C ，或 $+8\%$ 、 -0% ，以大者为准，但紧靠发热样品处除外。

4.1.2 电测试频率

除非另有规定，电测试频率为 $1000\pm 25\text{Hz}$ 。

4.1.3 准确度

规定的极限是在规定的（标称的）试验条件下得到的绝对（真）值。在确定用作测量值的工作极限时，应为测试误差（包括由于偏离标称的测试条件引起的）给出适当的裕量，以使器件参数的真值（正如它们在标称测试条件下那样）处于规定的权限以内。

除非另有规定，器件的所有测试（3000 类、4000 类和其它规定的电参数），应保持下述测试公差和预防措施。虽然在有关文件中规定的测试条件严于下述公差，但在一般情况下，应遵循下述规定的条件和预防措施：

- a. 偏置条件应在规定的全 $\pm 3\%$ 以内。
- b. 输入脉冲特性、重复频率、频率等应保持在 $\pm 10\%$ 以内。标称值的选择应使得 $\pm 10\%$ 的变量（或实际试验设备的变量，当小于 $\pm 10\%$ 时）不影响规定值的测量准确度或有效性。
- c. 击穿试验所加电压应保持在规定值的 1% 以内。
- d. 阴性负载的误差应是 $\pm 5\%$ 。
- e. 容性负载的误差应是 $\pm 10\%$ 或 $\pm 1\text{pF}$ ，以大者为准。
- f. 感性负载的误差应是 $\pm 10\%$ 或 $\pm 5\mu\text{H}$ ，以大者为准。
- g. 测量静态参数的误差应在 $\pm 1\%$ 以内。
- h. 测量开关参数的误差应在全 $\pm 5\%$ 或 1ns 以内，以大者为准。

4.1.3.1 试验方法和电路

除非在具体试验方法中另有规定，所示的方法和电路为基本测试方法。它们不是唯一能使用的方法和电路，但是，承制方向向有关单位证明替代方法或电路是等效的，并且，所给出的结果在所希望的测量准确度之内（见 4.1.3）。

4.1.4 校准要求

应按 GJB2712 规定对承制方测量或控制生产过程和检验半导体器件所使用的标准和仪器提供校准及确认程序。对于那些不能追溯到标准和技术的国家计量机构的测量，应当保存好标准样品，一旦需要提供证明时，可用来作为证明合格的依据。另外，还应符合下列要求：

- a. 校准仪器的准确度至少比被校仪器的准确度高四倍，但被校准项目是现代化设备除外，它的准确度可接近或等于现代化校准设备的准确度。在这种情况下，四倍要求不适用，但是，仪器应当采用国家计量机构所建立的标准进行校准。
- b. 除非国家计量机构推荐较长时间和得到鉴定机构同意外，承制方电气标准的校准时间间隔不得超过一年，承制方机械标准的校准时间间隔不得超过两年。

4.2 取向

X 取向是器件主轴垂直于加速力方向、主截面平行于加速力方向的方向。

Y 取向是器件主轴平行于加速力，主基座面向（Y1）或背向（Y2）加速力作用方向的方向。

Z 取向是器件主轴和主截面都垂直于加速力方向的方向，Z 与 X 成 90° 。

注：对于不同于图 1 和图 2 的外壳形状，器件取向在详细规范中应予以规定。

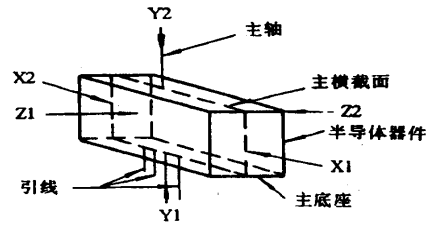


图 1 非圆柱型半导体器件对加速力方向的取向

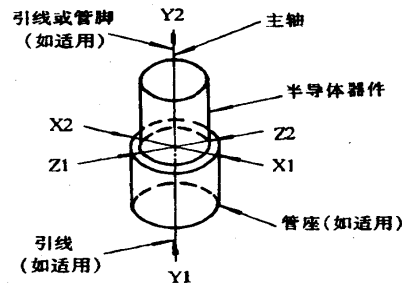


图 2 圆柱型半导体器件对加速力方向的取向

4.3 一般注意事项

在对半导体器件进行试验时，应当遵守下列注意事项。

4.3.1 瞬变

不得使器件承受超额定值的瞬变。

4.3.2 电测试条件

除非规定的测试方法中有要求，半导体器件不应承受会产生超过器件的最大额定值的工作条件。预防措施包括限制最大瞬时电流和所加的电压。通常要求大串联电阻值（恒流源）及小电容量。测试截止电流或反向电流小的器件（如 nA 量级）时，要注意保证电路的寄生电流或外部漏电流小于被测器件的截止电流或反向电流。

4.3.2.1 稳态直流测试

若无其它规定，所有稳态直流参数应符合稳态直流条件的规定。

4.3.2.2 脉冲测试

当在脉冲条件下测量静态及动态参数时，为了避免在测量时由于器件发热引起测量误差，在详细规范中应规定下列内容：

a. 在测试规定中注明“脉冲测试”。

b. 除非另有规定，脉冲时间（ t_p ）不大于 10ms，占空比最大为 2 %。在此范围内，脉冲必须长至足以适应试验设备的能力和所要求的准确度，短至足以避免发热。

4.3.3 测试电路

所示电路是可用测试电路的示例。它们未必是唯一的可用电路，只要承制方向有关单位证明其它电路所给出的结果不会超过要求的准确度，也可以使用其它电路。只以一种电路组态形式示出 PNP 晶体管电路，他们也很容易地改成适合于 NPN 晶体管用的或其它电路组态形式。

4.3.3.1 测试方法的改变

为检验电参数，允许改变规定的试验方法，但应能证明这种改变未放松本标准的要求，并应在测试之前得到认可。对所提出的测试方法的改变，应做出测试方法比较误差分析，以备检查。

4.3.4 焊接

当试验需要焊接时，必须采用适当的保护措施，以免损坏器件。

4.3.5 引线连接次序

当把一个半导体器件接到电源上时，要注意连接次序。应当首先连接公共端。

4.3.6 辐射预防措施

在有 X 射线、中子或其他高能粒子的场所贮存或试验半导体器件时，应当采用适当的预防措施。

1.3.7 操作预防措施

1.3.7.1 超高频及微波器件

超高频及微波器件操作注意事项如下：

a. 整个设备接地；

b. 当手拿基座安装器件时，另一只手应当接触设备并保持到器件就位。

c. 应当采取金属屏蔽形式保持器件，一直到器件安装在设备上或者需要时取出进行测试。

4.3.7.2 静电放电敏感器件

当试验静电放电敏感器件时，应当按照有关规定执行操作预防措施。进行静电放电敏感器件试验的区域应当符合 GJB 1649 中静电放电防护区域的要求。

4.4 老炼和寿命试验设备的连通性检查

在试验温度下，试验开始和终结时监测试验设备，以确保所有器件加到规定要求的应力。最低可接收监测程序如下：

a. 器件插座

应在初始和其后的每六个月对每个试验板或试验盘至少检查一次，验证连接器接触点是连通的，以保证加上正确的偏置电压。除了这种最初和其后的周期检查外，对每个器件或器件插座不再进行检查，但是，每块试验板使用之前，应采用随机抽样技术，确保试验器件的电连接是正确和连通的。

b. 试验盘或试验板上的连接器

在试验板上装上器件加负载插入系统，并达到规定的工作条件后，应验证每个要求的试验电压和信号条件，至少验证每块试验板或试验盘上的一个区域，以保证所用的每个连接点或每对接触件的电连通性和正确施加规定的电应力。若验证影响规定的工作条件，则验证时间不得超过 10min。

c. 在试验周期终结时，在规定的温度和偏置条件下，应重复验证 4.4b 试验板上的电压和信号条件。

d. 对 JY 级器件，试验前应验证每块试验板或试验盘，并验证每个试验插座，以保证每个器件施加规定的偏置条件。在加载前在每个器件的输出端验证器件的功能特性曲线可完成这一点，或在加载前对每个插座进行验证。可使用批准的替代程序。

4.4.1 偏置中断

在要求的偏置期间的任何时间内，发生失效或接触开路而导致去除所要求的偏置应力时，应延长偏置时间，以保证实际偏置的总时间为规定的最短试验时间。在老炼的最后 8h 内，烘箱处于正常温度下，偏置降低或中断超过 10min 时，应至少再进行不间断的 8h 试验，时间从最后一次偏置降低或中断算起。

4.5 高温反偏和老炼要求

a. 当规定为室内环境的功率筛选时，所有器件暴露的环境温度至少为 20℃。

b. 由于被试器件的功耗而使实际环境温度的升高不得使器件结温超过最高额定值。

c. 环境温度的测量不应在受试器件的上方或下方的对流处进行。

d. 在高器件密度老炼架内，为温度平衡，空气流速允许高于 0.85m³/min 自然流动）。

e. 不应采用高速或冷却空气来增加器件额定值。

f. 当环境温度低于规定值时，可启动老炼架加热装置。当达到热平衡或老炼架满功率加热 5h 时，环境温度应为规定值。达到规定的环境温度前所用时间不应算作寿命试验时间。

g. 如在 5h 或 5h 后环境温度未达到规定值，应采取纠正措施。

h. 未保持规定条件的时间不应计入试验时间。如果超过器件的最大额定值，且承制方打算提交受影响的批，受试产品必须在规定温度下从零小时开始重新进行老炼或高温反偏，并根据该产品型号建立的记录验证终点失效率是否是典型的。

i. 高温反偏和老炼的烘箱温度应控制在规定值的 $\pm 3\%$ 以内（除非 4.1.1 另有规定）。烘箱内应保持该温度。可采用循环风来均衡烘箱内的温度，但不得作为冷却法来增加器件的功率容量。

4.6 偏置要求

a. 在温度变化时，电源负载变化引起的电源电极处偏置误差，不应超过规定值的 $\pm 5\%$ 。

b. 在稳定条件下，在电源电极处偏置电压误差不应超过规定值的 $\pm 3\%$ 。

c. 无论器件以单个还是以一组试验时，老炼装置的布置应使得每个器件上的功耗大致平均。偏置和老炼电路的误差对单个器件引起的试验条件的变化不应大于规定值的 $\pm 5\%$ 。

d. 各个器件特性的正常差异，不必采用老炼电路来补偿。

e. 老炼设备的安排，应使得试验组内存在的失效或不正常器件仍不影响试验组其它器件进行试验。定期检查以保证维持规定的条件。应至少在筛选的开始和终点进行检验。

f. 引线、螺栓或管壳安装的器件，应采用它们正常的安装结构进行安装，机械连接点应保持在不低于规定的环境温度下。

5 详细要求

试验方法分类如下：

环境试验：方法 1000 系列。

机械性能试验：方法 2000 系列。

双极晶体管电特性测试：方法 3000 系列。

热特性测试：方法 3100 系列。

低频测试：方法 3200 系列。

高频测试：方法 3300 系列。

MOS 场效应晶体管电特性测试：方法 3400 系列。

砷化锌场效应晶体管的电特性测试：方法 3500 系列。

二极管电特性测试：方法 4000 系列。

高可靠宇航应用试验：方法 5000 系列。

1000 系列 环境试验
方法 1001
低气压

1 目的

本试验是为了在模拟低气压条件下检验器件的适应性。该条件是模拟飞行器在高空飞行时，其非密封部分所遇到的。

2 程序

器件应按照 GJB360A 中的方法 105 规定进行试验。另外，还应采用下列细则：

a. 在试验前 20min 和试验过程中，试验温度为 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

b. 应加规定的电压，并从正常大气压降到规定的最低气压和再回到正常大气压的定个范回内进行监测，检测出失效的器件。

3 失效判据

如果器件出现飞弧，有害的电晕或其它缺陷，或者有妨碍器件工作的劣化现象，则认为器件失效。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中必须规定下列细节：

a. 电压（见 2）；

b. 最低气压（见 2）。

方法 1011
浸渍

1 目的

本试验用来确定器件的密封性能。

2 程序

器件应按照 GJB360A 中的方法 104 规定进行试验。

方法 1015
稳态一次光电流辐照程序（电子束）

1 目的

本试验程序规定了半导体器件暴露于电离辐照时对由其产生的一次光电流（IPP）进行测量的方法。在本试验方法中，受试器件将经受直线加速器的一次电子束辐照。

2 程序

器件应按照 GJB762.3 规定进行试验。

方法 1016
绝缘电阻

1 目的

本试验是为了测试器件的绝缘部分对外加直流电压（此电压通过这些绝缘部分的表面产生漏电流）呈现的电阻。

2 程序

器件应按照 GJB360A 中的方法 302 规定进行测试。

方法 1017
中子辐照

1 目的

进行中子辐照试验是为了测定在中子环境中半导体分立器件电参数的退化。本试验是破坏性的。试验目的是：

- a. 检测半导体分立器件电特性退化与中子流量的关系；
- b. 在规定流量的中子辐照后，测试半导体分立器件特性是否在规定的极限内。

2 程序

应按照 GJB762.1 对器件进行试验。

方法1018
内部水汽含量

1 目的

本试验的目的是测定在金属或陶瓷气密封装器件内的气体中水汽的含量。它可以是破坏性的试验（程序 1 和 2），也可以是非破坏性的试验（程序 3）。

2 设备

根据所选择的不同程序，内部水汽含量试验所需设备如下。

2.1 程序 1

程序 1 用质谱仪测量器件内部气体的水汽含量，所需设备如下：

a. 一台质谱仪，它能对给定容积的封装再现地检测出规定的水汽含量，灵敏度应该有一个数量级的裕量（即对于 0.01cm^3 、5000Ppmv 这一规定的极限值，质谱仪检测封装容量为 0.01cm^3 中的水汽时，其绝对灵敏度应为 500Ppmv 或更好）。最小容积应视为是最坏情况。质谱仪

校准应在规定的水汽极限值（偏差为 $\pm 20\%$ ）下，利用一个封装模拟器来完成。该模拟器通过对已知水汽含量（偏差为 $\pm 10\%$ ）的样本容积连续排气的方法能在再现的基础上至少产生三种不同容量的气体（偏差为 $\pm 10\%$ ）。应采用标准产生方法（即两种压力法、分流法或低温法）来确定水汽含量。绝对湿度应至少每两年一次来用经国家计量机构校准的湿度露点分析仪进行测量。该国家计量机构校准的湿度露点分析仪应至少每年重新校准一次。保存的校准记录应随时供数据收集与分析系统工作人员使用。由这种方法得到的气体分析结果仅在由至少两个（容量或密度）校准点所确定的湿度范围或极限值（即在 $0.01\sim 0.1\text{cm}^3$ ，5000ppmv 或在 $0.01\sim 0.1\text{cm}^3$ ，1000~5000Ppmv 范围）下才有效。容积校准点之间应使用一条最佳的拟合曲线。要求对校准点之间偏离平均值 10% 以上的灵敏度系数进行修正；

b. 能放置器件的开口真空箱和使器件与 2.1a 中的质谱仪相连接的真空传输管道。传输管道应保持在 $125\pm 5^\circ\text{C}$ 下，开口真空箱中的夹具必须按 2.1c 中穿刺装置的要求夹持样品，并且在穿刺前使器件在 $100\pm 5^\circ\text{C}$ 下至少保持 10min；

c. 在开口箱内或传输管道内（见 2.1b）工作的刺穿装置，其功能是刺穿样品的壳体（不降低质谱工作室的真空，且不破坏封装的密封媒质），使样品内部的气体溢出进入真空箱和质谱仪。

注：采用从真空箱壁外通过控制可伸缩软管驱动的尖头刺穿工具来刺穿金属和陶瓷封装。

陶瓷封装的盖板或管帽应采用碎磨方法作局减薄，以利于定位刺穿。

2.2 程序 2

程序 2 采用累计在 50°C 下由干燥的运载气体收集到的水汽的方法来测定器件的内部水汽含量，所需设备如下：

a. 一台电子积分检测仪和湿度传感器，能再现地检测出被试封装内 $300 \pm 50\text{ppmv}$ 的水汽含量。将水汽绝对灵敏度（单位： μg ）除以由计算得到的被试器件内的气体重量，然后修

正到 PPPV 值，即可得到水汽含量值；

b. 一个连接积分检测仪（见 2.2a）的刺穿箱，用来装置器件样品，并使样品温度在测量过程中保持在 $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。应按刺穿装置要求把样品放在箱内适当位置上。穿刺装置打开封装后，应能使封袋内的气体被运载气体带出或用抽气的方法抽出。敏感器和连接穿刺箱的管道

应保持在 $50\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

2.3 程序 3

程序 3 通过测量已校准的湿度敏感器或集成电路芯片响应的方法来测定器件内的水汽含量。敏感器或集成电路芯片密封在器件外壳内，封装外壳外部有其电引出端，程序 3 所需设备可选用下述两种之一。

a. 能检测出水汽含量为 $300\pm 50\text{ppmv}$ 的一只湿度敏感器和读出装置。敏感器装在密封器件内；

b. 在受被试器件上由一组反偏二极管隔离的金属化层走线，当它们被连接成桥式网络的一部分时，可检测出腔内 2000ppmv 的水汽含量。采用能使芯片表面成为腔内最冷点的方法使芯片致冷。器件先被致冷到露点以下，然后再加热到室温，作为一个完整的测试循环。

注：合适的敏感元件包括氧化硅片上的并行或叉指形的金属条和具有金表面电极的多孔阳极化铝结构。

表面传导性敏感器不能用于封装外壁没有绝缘的金属封装。在采用这类传感器时，敏感器应是该封装腔内的最冷表面。需注意，有些表面传导性敏感器要求的离子含量比在超净的陶瓷双列直插式封装内存在的多。在任何情况下，应表明敏感器读数能确定胶体内水汽大于或小于规定的 100°C 水汽含量极限，建立与程序 1 中用质谱仪测量的对应关系。

3 程序

应按程序 1、2 和 3 的要求测量内部水汽含量，含有干燥剂或有机物的器件，在插入设备

加热之前，应在 $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ 下预烘培 12~24h。

3.1 程序 1

器件应是符合方法 1071 的气密封装，且不应有影响水汽含量测试准确度的任何表面杂质。器件插入真空箱后，使它们在 $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘培，并同时抽气，直至真空箱内压力达到不妨碍规定的测量准确度和灵敏度为止。抽气后，刺穿器件外壳或盖帽，用质谱仪测量腔内释放气体的下列特性：

a. 穿刺器件封装外壳释放出气体时，真空箱内压力的增加。如果压力的增加小于与该种封装容积和内部压力对应的正常压力的 50%，则表明：（1）没有完全刺穿；（2）器件的封装不是气密封装；（3）封装内的压力不是正常内部压力；

b. 释放气体的水汽含量，按总气体含量的比例计算（容积比）；

c. 依次测量以下气体的比例（容积比）：氮、氦、氟碳化合物、氧、氨、氢、二氧化碳、甲烷和其它溶剂存在的话。对于所有按容积计其含量大于 1% 的气体都应作计算和报告。数据处理应采用下述方法：在计算水汽含量时要排除其它气体成分产生的明显的干扰，对系统中任何影响内部水汽含量计算的有关效应（例如在腔内存在氢气）都应进行数据修正。

3.1.1 失效判据

a. 水汽含量大于规定最大值的器件判为失效。

b. 总气体含量异常低的器件（见 3.1a 规定），如未被替换，应判为失效。这样的器件可用同一组中的其它器件代换；如果替换器件的总气体含量属于该型号的正常范围。那么按本条判推而言，替换的和被替换的器件都不算作失效。

c. 对含有干燥剂或有机物的器件的数据分析，在动态测量系统中应对 95 % 的气体进行

分析之后才结束，对静态系统应在压力稳定两分钟之后采集数据；或者采用任何一种能测量 100℃ 下处于平衡的腔体内环境湿度真实值的方式。

3.2 程序 2

器件应是符合方法 1071 的气密封装，且不应存在可能影响准确测量水汽含量的任何表面杂质。

器件插入刺穿箱后，使气流通过该系统，直到探测器输出达到稳定基线值。在气体继续流动的情况下，穿刺器件封装，释放出腔内湿气，累积气流带出的湿气，直到探测器读数再次达到基线读数。另一种方法是把封装气体输送到含有一只湿度敏感器和一只压力指示仪的储备箱中。通过注入已知量的湿气或打开已知湿度含量的封装来校准该系统。

3.2.1 失效判据

a. 水汽含量（容积比）大于规定最大值的器件应判为失效。

b. 从刺穿箱中取出器件后应检查封装是否已完全打开。如果器件封装未被刺穿，而又未对同一组中的另一个器件进行试验，则该器件判为失效；如果证明重新试验的样品或替代器件的封装已被刺穿且符合规定的水汽含量标准，则样品就算通过了该项试验。

c. 漏气的封装在驱气的情况下是湿的，应判为失效。在抽真空的情况下，应按 3.1a 规定测量正常压力的升高。

3.3 程序 3

温度敏感器应在已知水汽含量的气体环境中校准，例如由合适的盐饱和溶液或稀释液的液流建立的气体环境。应证明在外壳密封后可以验证敏感器的校准，或者证明打开器件的盖帽对敏感器进行封后校准是一种可以接受的方法。

温度敏感器应密封在器件外壳内，或（当有规定时）密封在同一类型的模拟外壳中，湿敏感器应采用与被试器件组相同的工艺、相同的芯片粘附材料、同一种设备、并在同一个小时内进行密封。

应在等于或低于 100℃ 时，通过测量湿度敏感器的响应来测量水汽含量。在敏感器对程序 3 的适用性认可之前，必须建立它与程序 1 的对应关系。应证明封装环境和敏感器表面不存在有机溶剂之类的任何杂质，这类杂质材料可能会导致比正常的湿度低的读数。

3.3.1 失效判据

水汽含量大于规定最大值的器件被判为失效。

4 执行规定

采用方法 1018 的适用性应由鉴定机构按规定的极限值和封装容积认可。方法 1018 的核准程序和适用性的认可要求应设计成：在确定一个样品是否能通过规定的极限值时，能保证一个实验室与另一个实验室之间的偏差不大于 20%。若测得的水汽含量超出了适用性所对应的（水汽含量——容积）范围，则该测量值不得作为比较实验室之间相关性的数据。超出规范的数据仅仅是在比较一个实验室内的结果时才具有相对的意义。目前已针对 5000ppmv 规范极限值和 0.01cm³ 到 0.85cm³ 之间的容积建立了认可适用性的方法。当证明实验室的分析

能力有了提高以后，可由鉴定机构扩大该实验室的适用性范围。

5 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

a. 若采用一个具体的程序（见 3），应指明是采用程序 1、2 或 3；

b. 允许的最大水汽含量。

方法 1019
稳态总剂量辐照程序

1 目的

本试验程序规定了用来自钴 60 伽玛射线源的电离辐射对气密封装的半导体分立器件进行总剂量辐照效应的试验要求。本程序仅包括稳态辐照，并且，不能用脉冲型辐照，本试验可能会导致受辐照器件的电性能严重退化。

1.1 定义

本程序使用的术语定义如下：

a. 辐照中测试 in-flux tests

在辐照暴露期间对器件进行电测试。

b. 非辐照中测试 not in-flux tests

除辐照期间之外的任何时间内对器件进行电测试。

c. 移地测试 remote tests

从辐照处移走器件进行的电测量。

d. 电离辐照影响 ionizing radiation effects

器件的电参数变化是由辐照感应电荷引起，也叫做总剂量影响。

2 设备

设备应包括：辐射源、电测试仪器、测试电路板、电缆、接线板或开关系统和合适的剂量测试系统（如果采用）。

应当采取适当措施，使电测量系统具有充分的绝缘、足够的屏蔽、良好的接地和主电源的噪声尽量低。

2.1 辐射源

试验中所使用的辐射源应是具有均匀场的钴 60 伽玛源。除非另有规定，用于器件辐照的辐射场用剂量测量系统测量的均匀度应在 $\pm 10\%$ 以内。当从一个测试到另一个测试在几何结构上有变化时，需要重新测量场的均匀性。

2.1.1 钴 60 源

对钴 60 源的伽玛场至少每三年校准一次，使均匀性优于 $\pm 5\%$ 。测量采用适当的剂量测定系统，校准可追溯到国家计量机构。对钴 60 源衰减的修正应每月进行一次。

2.2 剂量测定系统

在辐照试验器件之前，应采用适当的剂量测定方法（可追溯到国家计量机构）以表征辐射源的伽玛射线场。

2.3 电测试仪器

为了准确测量电参数，用于电测量的所有仪器应具有规定的稳定性、准确度和分辨率。需要在 0.1Sv/h 以上辐照环境下工作的任何仪器均应适当屏蔽，或必须使辐照水平低于仪器承制方的最大推荐值。

2.4 测试电路板

在辐照现场或辐照中测试时，被辐照的器件应当与向器件施加偏置所需的有关电路一起安装或连接在测试电路板上。除非另有规定，在进行辐照时，所有器件的输入引线和会影响辐照特性的其它任何引线应进行电气连接，即不得浮置。整个电路板的几何形状和材料应能使受试器件得到均匀的辐照。应采用良好的设计和结构，以避免产生振荡、减少漏电和避免器件损坏，并得到准确测量。在辐射场重复使用的设备应周期检查是否有物理或电气上的退化。测试电路板上的元器件（被试器件除外）对累积的辐射应是不敏感的或采取辐射屏蔽措施，并且不应影响被试器件所在位置的辐射场强度的均匀性。

2.5 互连或开系统

本系统位于辐射环境区以外，并构成了测试仪器与受试器件之间的接口。本系统是整个测试系统的一个组成部分，其引线之间的漏电应受到 2.4 规定的限制。

3 程序

应当按照规定的试验方案对受试器件进行辐照，该方案中应当有详细的器件说明、拍照条件、器件偏置条件、剂量系统工作条件和测试条件。

3.1 抽样

除非另有规定，应从同一型号、同样封装的器件母体中随机地抽取试验样本。每个器件应分别标志，以便能进行辐照前和辐照后的对比。对于那些对静电放电敏感的器件应采用合适的装卸技术，以免损坏器件。只有通过了试验方案中规定的电气规范试验的器件才经受辐照试验。

3.2 剂量测量

当适用时，在试验之前，由剂量测试或源衰减修正计算来确定受试器件处的辐射场强度，以保证符合试验水平和均匀性要求，受试器件的剂量应由下述两个方法之一确定：

(1) 在辐照或间采用合适的剂量计进行测试；

(2) 根据间隔时间内的衰减，修正以前的钴 60 源强度剂量值。将剂量计材料剂量的测量或计算值转换成被试器件的剂量值时，应进行适当的修正。

3.3 铅铝 (Pb/Al) 容器

应将被测样品封闭在铅铝容器内，以及使低能量散射辐照引起的剂量增强效应减至最小。该容器四周至少有 1.5mm 的铅，内部周围至少有 0.7mm 的铝屏蔽。这种铅铝容器对 Si 和 TLD (如 CaF_2) 产生近似的带电粒子的平衡。辐照效应强度应在铅铝容器内测量，(1) 初始时；(2) 源改变时；(3) 源、容器或试验夹具的排列方向改变时，该测量由器件辐射容器内放置在被试器件周围处的剂量计完整。如果可以证明低能量散射辐照足够小，不会因剂量增加而引起剂量计误差，则可以不使用铅铝容器。

3.4 辐照水平

应当把受试器件暴露到试验计划中规定的辐照剂量，偏差在 10% 以内。如果要求对一组器件进行多次暴露，那么每一次暴露后应作暴露后电参数测量。

3.5 辐照剂量率

3.5.1 条件 A

剂量率范围应为钴 60 源的 $50 \sim 2000 \text{ rad (Si) / s}$ 之间 ($0.5 \sim 20 \text{ Gy (Si) / s}$)。在每次连续的辐照剂量水平中，剂量率可以不同；但是，在每次辐照中，剂量率变化不应大于 $\pm 10\%$ 。

3.5.2 条件 B

作为替换条件，如果用户同意，可以用预先规定的剂量率进行本测试。

3.6 温度要求

由于辐照效应随温度而变，所以，受试器件应在环境温度为 $24 \pm 6^\circ\text{C}$ 下进行辐照。温度测量点应在试验箱中贴近测试夹具处。电测量应在环境温度为 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 下进行。如果器件需送到远处进行移地电测试测试 (然后再送回辐照处)，受试器件的温度不应高出辐照环境温度 10°C 以上。如果需要其它的温度或温度范围，则应另作规定。

3.7 电参数测试

电参数测试和功能试验应符合试验方案的规定。测量系统、暴露前和暴露后数据的有效性检查，应使用器件详细规范中提出的工作条件至少测试一个样本。当使用自动测试设备时，如果器件结温升高可降至最低，则对测试顺序不加以限制。当使用手工测试时，参数测试顺序的选择应当使测试时间最短。当进行一系列测试时，应先使器件功耗最小的测试项目最先

进行测试。然后按功耗由小至大安排测度顺序。辐照前和辐照后的电测试应在同一测试系统中进行。对受试样品器件进行的每一系列电测试，测试顺序应保持相同。应采用电参数的脉冲测试，以使加热和以后的退火效应减至最小。

3.8 试验条件

采用辐照中或非辐照中测试应按试验方案中的规定（取决于预定要获得的数据的性质）。采用辐照中测试可以避免因辐照后由辐照时间依赖效应所引起的变化。无论如何，辐射中具有静态偏置的器件的辐照测试可以引起误差，因此，电测试条件要求使用总辐照周期的一部分进行动态偏置。非辐照中测试通常允许更多的电测试，但是，如果出现显著的辐照后时间依赖效应，则会产生误判。

3.8.1 辐照中测试

在辐照以前，应当检查每一只受试器件是否能在规范规定的范围内工作。用于辐照中进行测试的整个系统安放就位后，应当检查系统的互连、漏电（见 2.4）和噪声量是否适当。为保证测试装置准确的工作和稳定性，具有已知参数值的校准器件应在测试方案中列出的所有工作条件下测试。本测试可以在插入受试器件之前进行，也可以在完成辐照并移出受试器件之后进行，或在两种情况下都进行测试。

3.8.2 移地测试

除非另有规定，从辐照源转换到移地测试并再次返回进一步辐照的时间内，应去除偏置并将器件引线置于导电泡沫塑料中（或近似短路）。这使辐照后时间依赖效应减至最小。

3.8.3 偏置和负载条件

辐照期间，受试器件们置条件的偏差应在测试方案所规定的 $\pm 5\%$ 以内（应选择受试器件的偏置，以产生最大的辐照损伤）。每个器件应施加试验方案规定的偏置。在辐照前和辐照后应立即检查偏置。应仔细的选择负载，以便使结温升减至最小。

3.9 辐照后的程序

除非另有规定，应采用下列时间间隔：

a. 从辐照结束到电测量开始的时间最多为 1h；

b. 如适用，进行电测试的时间和返回到以后辐照的时间，应在先前辐照结束时的 2h 以内。

为了使时间依赖效应减至最小，这些时间间隔应尽量短。在一系列试验过程中，电参数的测试顺序应保持不变。

3.10 试验报告

报告应至少包括器件型号、承制方的代码、封装形式、控制要求规范、日期代码、由承制方

给出的其他识别号、辐照期间的偏置条件、辐照水平、时间、温度、辐照前和辐照后的记录值。

下述资料可以提供：（只是根据请求，而不是报告的要求）：

a. 每个数据工作卡应包括试验日期、使用的辐照循、辐照期间的偏置条件、辐照和电测试用间器件周围的环境温度、每次辐照的持续时间、辐照和开始电测试之间的时间、电测试的持续时间、当采用分步辐照时至下一次辐照的时间、辐照剂量率、电测试条件、剂量系统和程序、辐照试验量。对每个器件应记录辐照前和辐照后的数据，根据 GJB33A 的要求，应与母体的数据一起保存。试验期间的任何异常现象均应形成文件并报告。

b. 应以图样或图表（按适用的）形式报告偏置电路、参数测试电路、具有详细距离和使用材料的试验设备的布局、辐照中测试用的电测量系统的电噪声和负电流。

4 详细规范中应规定的细节

按要求，在详细规范中应规定以下细节：

- a. 器件类型号、数量和控制要求规范（见 3.1）；
- b. 辐射剂量测试要求（见 3.2）；
- c. 包括剂量和剂量率的辐照试验水平（见 3.4 和 3.5）；
- d. 辐照、电测试和运输温度，如果不同于 3.6 的规定；
- e. 测试的电参数和测试时器件的工作条件（见 3.7）；
- f. 试验条件，在辐照中测试或非辐照中测试（见 3.8）；
- g. 辐照时器件的偏置条件（见 3.8.3）；
- h. 辐照后测试的时间间隔（见 3.9）；
- i. 器件交货所要求的文件（见 3.10）。

方法 1020

静电放电敏感度分类

1 目的

本方法是建立半导体器件对流电放电（ESD）损伤或退化敏感度的分类程序。本分类是根据 GJB 33A 规定合适的包装和操作要求，并提供符合 GJB 1649 要求的分类数据。

1.1 定义

以下定义适用于本试验方法。

1.1.1 静电放电 electrostatic discharge (ESD)

在不同静电势的两个物体之间静电电荷的转移。

2 设备

2.1 试验设备

ESD 脉冲模拟器和受试器件（DUT）插座，它们等效于 1020-1 电路图，并能够施加图 1020—2 所示的脉冲。

2.2 测试设备

设备包括示波器和电流探针，以验证模拟器描出脉冲符合图 1020—2 的要求。

2.2.1 示波器和放大器

示波器和放大器的组合应有至少 350MHz 带宽和 4cm/ns 的视写速度。

2.2.2 电流探针

电流探针应有至少 350MHz 带宽。

2.2.3 充电电压探针

充电电压探针至少有 1000M Ω 输入电阻和最大 4%的分度比。

2.3 校准

应定期校准下列各项（但不限于这些）。

2.3.1 充电电压

指示模拟器充电电压的仪表应校准，以便在表 1120 — 1 规定的整个范围内，在图 1020—1 的 C 端和 D 端指示实际电压。

2.3.2 有效电容量

应采用下述方法确定有效电容量，试验插座上无器件，试验开关断开，向 C1 充电到规定电压（见表 1020—1），然后由 C1 向静电计、库仑计或者向图 1020 — 1 中连接于 A、B 点之间的校准电容器放电。在整个规定电压范围内，有效电容量应是 100pF $\pm$ 10 %，并应定期的在 1000V 下验证（注：可以串联一个电阻器，以放慢放电，并获得有效的测量）。

2.3.3 电流波形

对表 1020—1 中的每个电压步骤应完成 3.2 的程序。每一步的电流波形应满足图 1020—2 的要求。

2.4 鉴定

对新设备或在大修后应完成设备验收试验。试验应包括但不限于下列各项。

2.4.1 电流波形验证

应在每个试验夹具的每个管脚处验证电流波形，采用最接近引出端 B 的插针（见图 1020—1）作基准点。所有波形应满足图 1020—2 的要求。应鉴别出最差（最接近极限值）波形的插针对，并用于验证是否符合 3.2 的要求。

3 程序

3.1 一般要求

3.1.1 试验电路

应采用产生图 1020—2 波形的与图 1020—1 等效的试验电路完成分类试验。

3.1.2 试验温度

试验前和试验期间每个器件应稳定在室温下。

3.1.3 ESD 分类试验

器件的 ESD 分类试验应认为是破坏性的。

3.2 ESD 模拟器电流波形的验证

为保证模拟器正常工作，应进行电流波形验证程序，至少在 ESD 试验每个工作班开始时或插座/试验板每次变更后应进行验证，以较早出现者为准。如果模拟器不满足所有要求，那

么应重复最后一次成功验证后所做的所有分类试验。在最初的设备验证和再验证时，应把 3.2c 至 3.2e 要求的波形拍照并保存在档案文件中，以供审核和比较（不用照片，用贮存的波形数字表示法也是可以的）。

a. 把受试器件的插座插入模拟器中，插座上不插入受试器件，在受试器件插座的两插针之间短路（见图 1020—1），把一个插针与模拟器引出端 A 相连，另一插针与模拟器引出端 B 相连。

b. 接近引出端 B 处的短路点周围连接电流探针（见图 1020—1）。把模拟器的充电电压源 VS 设置到对应于表 1020—1 步骤 4 的 400。

c. 引发一模拟器脉冲，并观察电流波形的前沿。电流波形的上升时间、峰值电流和瞬扰应满足图 1020—2 的要求。

d. 再引发一模拟器脉冲，并观察完整的电流波形。脉冲的衰减时间和瞬扰应满足图 1020—2 的要求。

e. 采用相反的极性（ $V_s = -4000V$ ），重复以上的验证程序。

f. 推荐：检查模拟器输出，以验证每次引发仅产生一个脉冲，在电容器 C1 充电时没有脉冲。为观察再充电瞬变，把触发器设定到相反的极性，增加垂直灵敏度大约 10 倍，并引发一个脉冲。

表 1020—1 模拟器充电电压(V_s)档与峰值电流(I_p)的关系

档	V_s V	I_p V
1	500	0.33
2	1000	0.67
3	2000	1.33
4	4000	2.67

3.3 分类试验

a. 样本器件（见 4C）应表征器件 ESD 失效阈值，至少应采用表 1020—1 的电压档。也允许采用更精细的电压档以获得更准确的失效电压测量。试验可在任何电压档开始，但下列情况例外：业已证实有恢复效应的器件，其中包括有火花放电器防护的器件，这些器件应从最低电压档开始。分析同类已知工艺族输入或输出 V/I 损伤特性（即图示仪特性曲线）或其它简化试验验证技术可用于验证失效阈值（例如，在失效电压档采用新的样本器件进行重新试验可避免累积损伤效应，因此，可能通过该电压档。）

b. 选定新的样本器件并应做低一档的一个较低电压试验。每个试验器件应采用三个正向和三个负向脉冲，插针组合示于表 1020—2。至少有 1s 衰减把脉冲分开。

c. 样本器件应做 A2 分组（适用时）的电测试（室温直流参数）。

d. 如果一个或者更多的器件大效，那么试验 3.3b 和 3.3c 应在低一个电压档重复。

e. 如果无器件失效，记录 3.3a 决定的失效阈值。记录通过的最高电压档。根据表 1020—3，利用通过的最高电压档将器件分类。

表 1020—2 ESD 条件试验结极性

器件类型	结/极性
双极型晶体管(NPN)	E+至B-
双极型晶体管(PNP)	E-至B+
结型场效应晶体管(N沟道)	G+至S-
结型场效应晶体管(P沟道)	G-至S+
MOS型场效应晶体管(N或P沟道)	G至S(两种极性)
栅极保护场效应晶体管(P沟道)	G至S(两种极性)
整流器	A-至K+
闸流晶体管	G至K(两种极性)
单结晶体管	G至B1(两种极性)
达林顿晶体管	E至B(两种极性)
小信号二极管	A至K(两种极性)

表 1020—3 器件 ESD 失效阈值分类

1类	0V 到 1999V
2类	2000V 到 3999V
3类	4000V 及 4000V 以上

3.4 被试的插针组合

对于 ESD 试验，采用表 1020—2 来选择引出端。

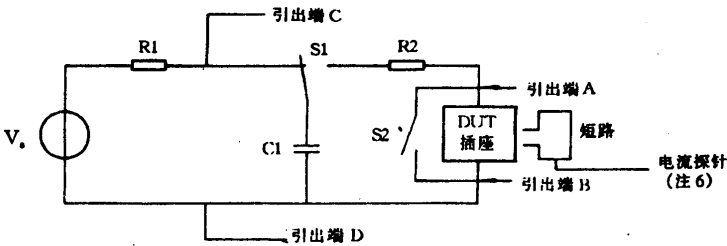
3.5 分类判据 J

试验后测试详细规范中 A2 分组电参拉（25℃下）失效的器件，应判为 1 类器件，经受本试验的所有器件应认为已遭破坏，且不应发货作任何用途使用。

4 详细规范中应规定的细节

若不同于本方法，则应在相应的详细规范中规定下列细节：

- 试验后电测量；
- 特殊的追加或替换插针的组合，如果适用；
- 样本大小，如不是 3 只器件。



R1 为 $10_6 \Omega - 10_7 \Omega$ 。

C1 为 $100\text{pF} \pm 10\%$ （绝缘电阻至少 $10_{12} \Omega$ ）。

R2 为 $1500 \Omega \pm 1\%$ 。

S1 为高压继电器（无回跳，汞阀式，或等效的）。

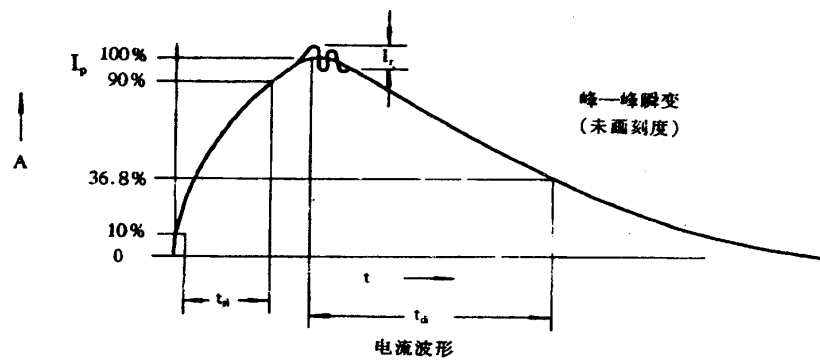
S2 为常闭开关（在放电脉冲和电容量测量时断开）。

注：（1）此模拟器电路的性能强烈地受寄生振荡效应的影响。继电器和电阻器引线间的电容量绕线和所有元件中的串联电感量应减至最小。

（2）在 C1 再充电时，对瞬变的预防措施是在开关 S1 返回到充电位置前，可降低电源电压 V_0 。

- (3) 在验证或分类试验时间内,受试器件插座不得多个级联转接的适配。
- (4) 将引出端 A 和 B 内部切换至模拟器,以获得相反极性的方法是不推荐的。
- (5) C1 表示有效电容量(见 2.3.2)。
- (6) 电流探讨应采用双屏蔽电缆连接至示波器的 50Ω 引出端。电缆长度不应超过 1m。

图 1020—1 ESD 分类试验电路



注：(1)应按 3.2 波形验证程序中规定测量所示的电流波形，采用满足第 2 条要求的设备。

(2)电流脉冲应有下述特性：

- t_{ri} (上升时间).....小于 10ns；
- t_{di} (衰减时间) $150 \pm 20ns$ ；
- I_p (峰值电流),. I_p 应在表 1020-2 所选电压档的 $\pm 10\%$ 以内；
- I_r (四找).....衰减应光滑，瞬扰，折断点，双时间常数或不连续性应小于 $I_{p_{max}}$ 的 15%，但在脉冲开始后 100ns 不应观察到。

图 1020—2 ESD 分类试验电路波形

方法 1021

耐 湿

1 目的

本试验的目的是用加速方式评定元器件及其所用材料在高湿和炎热（典型的热带环境条件下抗衰变作用的能力。大多数炎热条件下退化现象是直接或间接地由于有缺陷的绝缘材料吸附水蒸汽和炎热（典型的热带环境）条件下抗衰变作用的能力。大多数炎热条件下退化现象是直接或间接地由于有缺陷的绝缘材料吸附水蒸汽和水膜，以及由于金属和绝缘材料表面变湿而引起的。这种现象会产生多种类型的衰变，其中包括金属的腐蚀、材料成分的变化及电特性变坏。本试验与稳态潮湿试验不同，它采用温度循环来提高试验效果，其目的在于提供一个凝露和干燥的过程，使腐蚀过程加速，并使得进入密封外壳内的水汽产生“呼吸”作用。在高温下，潮气的影响将更加明显，也能增强试验效果。试验包括低温子循环，它的作用是加速显在其他情况下不易看清的衰迹象，因为凝结水汽引起的应力会使裂缝加宽。这样，通过测量电特性（包括击穿电压和绝缘电阻）或进行密封试验就可以揭示该衰变现象。规定在绝缘体上施加极性电压，从而研究电解的可能性，因为电解会助长可能发生的介质击穿。如果需要的话，为了确定载流元件特别是细导线和接点的抗电化学腐蚀的能力，本试验还可以对某些元件施加一定的电负荷。本试验获得的结果是可重复产生的，并已通过现场失效的调查得到证实。业已证明本试验能可靠地指出哪些元件不能在热带条件下使用。

2 程序

器件应按 GJB 548A 的方法 1004A 规定进行试验。

方法 1022

耐溶剂

1 目的

本试验的目的是验证当器件受到溶剂作用时，其标志是否会变模糊。溶剂不得引起材料或镀涂层发生有害的机械或电气很坏或变质。

2 程序

器件按 GJB 548A 方法 2015A 规定进行试验。

方法 1026
稳态工作寿命

1 目的

本试验的目的是确定器件在规定的条件下是否符合规定的失效率 (λ)。

2 程序

半导体器件应当按照 GJB 33A 和本标准规定的寿命试验要求在规定的温度下和规定的时间周期承受稳态工作寿命试验。器件应在规定的条件下工作。

除非另有规定，用引线安装的器件应该把引线安装在夹具上，安装点离引线根部至少 10mm。除非另有规定，表面安装器件仅在它们的引线处安装和连接。除非规定大气寿命试验，管壳安装类器件（螺栓、法兰、圆盘）应采用它们正常的外壳表面安装，连接点维持的温度不应低于规定的温度。

除非另有规定，在试验结束后（或者按照 GJB 33A 和详细规范的时间周期），试验样品应从规定试验条件下移走，并使其达到试验的标准大气条件。将样品从规定的试验条件取出后的 96h 内应完成鉴定和质量一致性检验所需的终点测量。承制方可以自行取得附加的数据。如果终点测量不能在规定的时间内完成，那么，在完成试验后测量前，器件至少应追加 24h 相同条件的试验。

3 详细规范中应规定的细节

在详细规范中应规定以下细节：

- a. 试验类型和细则：对整流和信号二极管为整流或正向直流电流和反向电压；对肖特基二极管为直流功率（或电流）；对双极型和场效应晶体管为功率和 V_{CE} 、 V_{DS} 的范围（见 2）；
- b. 试验温度：如果不是室温；
- c. 试验安装：如不是本方法规定的安装（见 2）；
- d. 终点测量（见 2）。

方法 1027
稳态工作寿命（抽样方案）

1 目的

本试验的目的是为了确定器件在承受规定的条件下是否符合规定的抽样方案。

2 程序

除非另有规定，半导体器件应在规定的温度下承受稳态工作试验 340h，器件应在规定条件下工作。

除非另有规定，用引线安装的器件应该把引线安装在夹具上，安装点离引线根部至少 10mm。除非另有规定，表面安装器件仅在它们的引线处安装和连接。除非规定自由空气寿命试验，管壳安装类器件（螺栓、法兰、圆盘等）应采用它们正常的外壳表面安装，连接点维持的温度不应低于规定的温度。

除非另有规定，在试验结束后（或者按照 GJB 33A 和详细规范的时间周期），试验样品应从规定试验条件下移走，并使其达到试验的标准大气条件。将样品从规定的试验条件取出后的 96h 内应完成鉴定和质量一致性检验所需的终点测量。承制方可以自行获取追加的数量。如果终点测量不能在规定的时间内完成，那么，在完成试验后的测量前，器件至少应追加 24h 相同条件的试验。

3 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

a. 试验类型和细则；对整流和信号二极管为整流或正向直流电流和反向电压；对肖特基二极管为直流功率（或电流）；对双极型和场效应晶体管为功率和 V_{CE} 、 V_{DS} 的范围（见 2）；

b. 试验温度，如果不是室温；

c. 试验时间，如不是 340h（见 2）；

d. 试验安装，如不是规定的安装（见 2）；

e. 终点测量（见 2）。

方法1031
高温寿命（非工作）

1 目的

本试验的目的是为了确定符件在承受规定的条件下是否符合规定的失效率 λ 。

2 程序

按照 GJB 33A 规定的寿命试验要求，使钻件在规定的条件下（通常是最高温度）贮存规定的时间。按 GJB 33A 规定的寿命试验时间把样品从规定的环境条件下移开，并使其达到试验的标准大气条件。把样品从规定的环境条件下移开后，96h 内完成鉴定及质量一致性检验所规定的投点测试。如果在规定的时间内不能完成测量，那么，在完成试验后的测量前，器件至少应追加 24h 相同条件的试验。承制方可自行决定获取附加数据。

2.1 外观检查

试组后在无放大的条件下检查，标志应清晰，使涂层应无明显的剥落、凹坑、锈蚀，这些影响器件的机械和电气应用。

3 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a 试验条件（见 2）；
- b. 终点测试（见 2）。

方法 1032
高温寿命（非工作）（抽样方案）

1 目的

本试验的目的是为了确定器件在承受规定的条件下是否符合规定的抽样方案。

2 程序

除非另有规定，使器件在规定的条件下（通常是最高温度）贮存 340h。试验结束后，把样品从规定的环境条件下移开，并使其达到试验的标准大气条件。把样品从规定的环境条件下移开后 96h 内完成鉴定和质量一致性检验所规定的终点测试。如果在规定的时间内不能完成测量，那么，在完成试验后的测量之前，器件至少应追加 24h 相同条件的试验。承制方可自行决定获取附加数据。

2.1 外观检查

试验后在无放大条件下检查，标志应清晰，镀涂层应无明显的剥落、凹坑、锈蚀。这些缺陷影响器件的机械和电的应用。

3 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 试验条件（见 2）；
- b. 试验时间，如不是 340h（见 2）；
- c. 终点测量（见 2）。

方法 1036
间歇工作寿命

1 目的

本试验的目的是为了确定对器件在承受规定的条件下是否符合规定的失效率 (λ)。

2 程序

按照 GJB 33A 寿命试验要求, 器件应当在规定的时间周期间歇地承受规定的工作和非工作条件的。施加或去除规定的工作条件应是突然地而不是缓慢地。用引线安装的器件应该把引线安装在夹具上, 安装点离引线根部至少 10mm。连接点的温度应保持在不低于规定的温度。按 GJB 33A 规定的寿命试验时间, 试验结束后, 把样品从规定的试验条件下移开, 使其达到试验的标准大气条件。将样品从规定的试验条件下移出后的 96h 内应完成鉴定和质量一致性检验中规定的终点测量。承制方可以自行获取附加的数据。如果终点测量不能在规定的时间内完成, 那么在完成试验后测量前, 器件至少应追加 200 次相同条件的试验循环。

3 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节:

- a. 试验条件 (见 2);
- b. 工作循环次数 (见 2);
- c. 试验温度 (管壳或者环境);
- d. 试验安装, 如不同于规定 (见 2);
- e. 终点测量 (见 2)。

方法 1037
间歇工作寿命（抽样方案）

1 目的

本试验的目的是为了确定器件在承受规定的条件下是否符合规定的循环次数。本方法是使器件重复承受设备的通与断，以加速器件芯片与安装表面之间所有键合和界面的应力，因此，最适用于管壳安装类（螺栓、法兰和圆盘）的器件。

2 安装

应采用夹子或夹具固定器件引线，并可靠地导通加热电流。本方法是用于器件结被加热或冷却时壳温显著地升高和降低，因此，用大散热器是不适当的。当规定用引线安装时，则引线安装处至少高管体 10mm，如果引线焊管从壳体伸出，则从引线焊管处计算。

3 程序

除非另有规定，所有试验样本应承受规定的循环次数。最初的加热循环后达到稳定时，一次循环应具有—“接通”时间，此时，电源是突然而不是逐渐加到器件上一段时间，即为达到 $85_{-5}^{+15}^{\circ}\text{C}$ 的 Δ 管壳温度（ Δ 为高安装表面温度减去低安装表面温度）（对闸流晶体管为 $60_{-5}^{+15}^{\circ}\text{C}$ ）所必需的时间，接着为“断开”时间，此时，电源是突然切除的，“断开”期间壳温降低到相同的 Δ 温度。仅在“断开”期间允许辅助（强迫）冷却。在“接通”期间要求使用直流电流，但对整流管和闸流晶体管允许采用等效半正弦波（对三端双向可控硅可采用全正弦波）。试验功率或电流至少应是自由空气额定值。对盘形管，功能安装要求热沉，试验电流至少应为直流、壳基准、额定值的 25%。引线和轴向引线器件“接通”时间至少应为 30s。若无其它规定，对 B2—02C 和更大的器件至少应为 1min。鉴定和质量一致性检验规定的终点测量，应在样品器件从规定试验条件下移出后的 96h 内完成。承制方可自行决定获取附加数据。如果在规定的时间内不能完成测量，器件在完成测量之前应追加 200 次相同条件的试验循环。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 试验条件（功率或电流，见 3）；
- b. 工作循环次数（见 3），如不是 2000 次；
- c. 试验安装，如不同于规定（见 2）；
- d. 终点测量（见 3）。

注：本试验中不使用散热器，但是用其它方法控制试验样品的壳温困难时，例如用小封装型（如 A3—02B），可使用小散热器。

老炼（二极管、整流管和稳压管）

1 目的

本试验是用来剔除有隐患的器件，或剔除那些有制造缺陷的器件，这些器件的失效与时间和应力有关，未经老炼，这些器件在正常使用条件下会早期失效。使器件在规定的条件下工作的本试验，还可揭示与时间和应力有关的电气失效模式。

a. 对器件钝化层中（或钝化层外）可移动或温度激活的杂质，可采用高温反偏（HTRB）筛选。HTRB 筛选对大多数类型的器件是同样有效的，其中包括二极管、整流管、稳压管和瞬态电压抑制管。

b. 适当规定加速条件的稳态工作功率（SSOP）试验可模拟器件实际工作，某些器件的 HTRB 与芯片使会牢固性筛选相组合。它对包括二极管、整流管和电压调整和电压基准管在内的某些器件是有效的，用于齐纳管的条件提供了与 SSOP 筛选合并的理想的 HTRB 筛选。

2 安装

除非在详细规范中另有规定，应根据下述规定安装。

2.1 试验条件 A：高温反偏（HTRB）

高温反偏的安装方法通常是任选的，因为器件中几乎不消耗功率（标称高反向漏电流器件可安装散热器，以防止热击穿）。

2.2 试验条件 B：稳态工作功率

a. 引线从管体凸出的器件（如轴向），在至少距引线焊管或管体 10mm 处将引线安装。

b. 设计为管壳安装的器件（螺栓、法兰和圆盘），应根据管壳设计的规范用螺栓或管壳（除非另有规定）。必须小心，以避免管壳的应力和变形。可有选择地使用导热剂，只要以后可清除，且在管壳上不留残余物。

c. 表面安装到器件应用它们的电引出端安装。

3 程序

半导体器件应采用本试验方法或详细规范中规定的温度和时间承受老炼，应按规定进行老炼前测量。在适用的详细规范中应对失效判据作规定。如果在规定的时间内不能完成测量，器件在完成试验测量前至少应追加 24h 相同条件的试验。

3.1 试验条件 A：高温反偏（HTRB）

除非另有规定，HTRB 是在人工升高温度下加反偏至少 48h，这些条件适用于整流管和雪崩、电压调整和电压基准管。

a. 整流管的结应加它们额定工作峰值反向电压的 50%~85%。当规定时，电压调整和电压基准管应加它们最小雪崩或齐纳电压的 80% 反向偏置，但电压超过 2500V 的除外（见图 1038—1）。反向偏置地直流电压的纹波应小于 20%，但允许采用整流的直流脉动情况除外。环境或管壳试验温度应该按规定（对硅器件通常为 150℃）（见图 1038—1）。

b. 按规定，在高温试验时间的终点，环境温度应该降低。在器件上保持试验电压，直至管壳温度达到 $30 \pm 5^\circ\text{C}$ 。在电压除去后的 24h 之内应完成测试。在偏置电压除去后，进行 HTRB 后的反向电流测试前，器件上不应施加任何电压。应按规定进行 HTRB 后测量。

单向瞬变电压抑制管进行 HTRB 时，应当作电压调整和电压基准管处理。

双向瞬变电压抑制管应看作两个分立电压调整和电压基准管（当规定时），每种极性应依次进行 HTRB 和 HTRB 后测量。

在反向器件并开始相反极性偏压的 HTRB 之前，必须完成 HTRB 后的一次测试。可以用电的也可以用机械的方法反向器件以得到第二次极性。

3.2 试验条件 B：稳态工作功率

除非另有规定，器件应承受最大额定试验条件至少 96h。试验温度应按规定。除非另有

规定，老炼后测试应在 96h 内完成。如果已规定环境温度，应遵守本标准 4.5 的 HTRB 或老炼的一般要求。下面给出三种功率老练试验中每种试验应规定的试验条件：

a. 整流试验

除非另有规定，在详细规范中应规定平均整流电流、峰值反向电压、频率和温度（壳、结或环境）。

b. 正向偏置试验

除非另有规定，在详细规范中应规定正向电流和温度（壳或结）。

c. 电压调整管试验

除非另有规定，应规定电压调整二极管电流和温度（壳或结）。在试验时间的终点，应把功率降到工作时的 5%。如果环境温度是人为升高的，应把它降到室温。在偏置条件下使器件冷却到室温。当结或壳温稳定到低于 50℃时，偏置可以移去，在移去反向偏置后的 96h 内测试器件。在完成电测量之前，不把其他电压加到器件上。

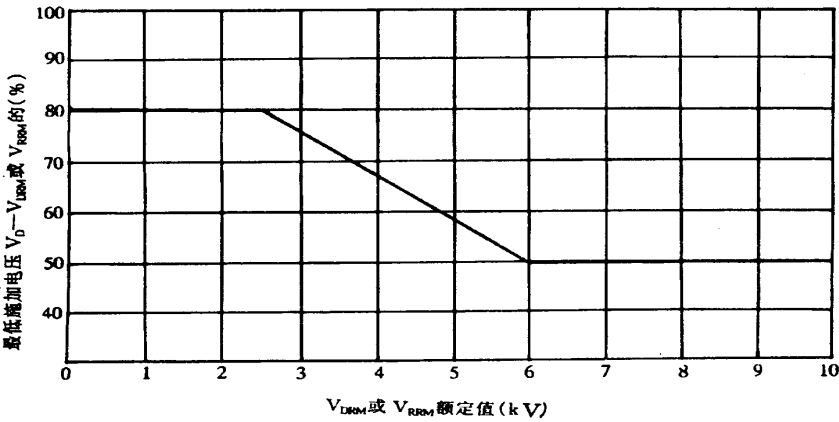


图 1038-1 电压要求

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下条件（A 或 B）和细节：

4.1 试验条件 A, 高温反偏（HTRB）；

- a. 试验温度（见 3.1）；
- b. 试验条件（见 2.1 和 3.1）；
- c. 试验时间（见 3.1）。
- d. 老炼前和老炼后测试（见 3 和 3.1）；
- e. 老炼后测试的完成时间，如不是 24h（见 3.1）；
- f. 失效判据（见 3）

4.2 试验条件 B, 稳态工作功率

- a. 试验温度（见 3.2）；
- b. 试验条件（见 2.2 和 3.2）；
- c. 老炼时间，如不是 96h；
- d. 老炼前和老炼后测试（见 3 和 3.2）
- e. 老炼后测试的完成时间，如不是 96h；
- f. 失效判据（见 3）

方法 1039
老炼（晶体管）

1 目的

本试验是用来剔除有隐患的器件，或剔除那些有制造缺陷的器件。这些器件的失效与时间和应力有关，未经老炼，这些器件在正常使用条件下会早期失效。本试验使半导体器件在规定的条件下工作，以揭示与时间和应力有关的电气失效模式。

2 程序

半导体器件应按本试验方法中规定的温度和时间承受老练。适用时，应进行老练前测量，失效判据应当符合规定。

2.1 安装

引线从管体凸出的器件应当至少在距基座平面 6.5mm 处安装它们的引线。除非另有规定，具有螺栓和外壳安装的器件应该用螺栓或外壳安装。

2.1.1 试验条件 A，稳态反向偏置

按规定，晶体管主阻断结反向偏置至少应 48h，对 PNP 双极型晶体管应为 24h，环境温度按规定（通常为 150℃），集电极—基极电压为它的最大额定值的 80%。对双极型晶体管， V_{CB} 偏置不应超过最大的集电极—发射极电压的额定值。对场效应晶体管（信号或小功率），漏—源短路下的栅—源电压应按规定。本试验方法规定，在高温试验时间的终点应降低环境温度，在器件上应维持试验电压直至 $T = 30 \pm 5^\circ\text{C}$ 。在达到室内环境温度后，应去掉偏置电压。偏压取消后，直到老练后反向电流测量前，不得加其它电压。除非另有规定，老练电压去除后，应在 24h 内完成老练后测量。如果不能在规定的时间内完成测量，那么，器件在完成老练后的测量前，至少应追加 24h 相同条件的老练试验。

2.1.2 试验条件 B，稳态功率

所有器件应在与试验温度有关的最大额定功率和规定的试验条件下至少工作 168h（不包括微波器件）。

a. 对双极性型晶体管，温度和功率应符合规定。除非另有规定，温度和功率应按下述规定：用于印制电路版安装的小信号、开关和中功率器件， T_A 为本标准 4.5 中规定的室温；对底座或散热器安装的器件， $T_J = T_{J_{\max}}^{+0}_{-25}^\circ\text{C}$ 。根据承制方的选择，底座或散热器安装的器件可换为以最大额定值的壳温（一般 $T_C = 100^\circ\text{C}$ ）老练。如果本试验方法规定的电压条件使其超过安全工作区的额定值，那么，应降低电压直至满足安全工作区的额定值，同时应保持满额定功率条件。对微波双极型晶体管，应在详细规范中规定温度、电压和电流。

b. 对单结和场效应（信号和小功率）晶体管，温度、电压和电流应按规定。

c. 老练后测量应按规定。

d. 除非另有规定，老练后测量应在 96h 内完成。如果不能在规定的时间内完成测量，那么，器件在完成试验后测量前，器件至少应追加 24h 相同条件的老练试验。

3 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下条件和细节：

3.1 试验条件 A

- a. 反向偏置的结（见 2.1.1）；
- b. 场效应晶体管的栅—源电压（见 2.1.1）；
- c. 试验温度（见 2.1.1）；
- d. 场效应晶体管的试验时间（见 2.1.1）；
- e. 老练后反向电流测量的电压（见 2.1.1）；
- f. 老练后测量的完成时间，如不是 24h（见 2.1.1）；
- g. 失效判据（见 2）。

3.2 试验条件 B

- a. 试验温度，如不同于 2.1.2 的规定；
- b. 试验条件（见 2.1.2）；
- c. 双极型晶体管的功率（见 2.1.2）；
- d. 单结和场效应晶体管的电压和电流（见 2.1.2）；
- e. 老炼前和老炼后测试（见 2.1.2）；
- f. 老炼后测试的完成时间，如不是 2.1.2 的规定；
- g. 失效判据（见 2）。

方法 1040
老炼（闸流晶体管）

1 目的

本试验的目的是用来剔除有隐患的器件，或剔除那些有制造缺陷的器件，使它们在规定的筛选条件下工作，以便暴露与时间和应力有关的电失效模式。如果不进行老练，这些操作在正常使用条件下会出现早期失效。

2 程序

如果引线焊管从管体伸出来，以引线安装的器件至少应距管体或引线焊管 10mm 处安装引线。除非另有规定，螺栓和外壳安装的器件应分别采用螺栓或外壳安装。然后，器件在规定的温度下按规定的时间承受老练筛选。老练前后测量应符合规定。

2.1 试验条件 A（交流阻断电压）

采用图 1040—1 的电路，各自以 50Hz 半正弦波脉冲的形式交替地施加额定峰值反向和额定峰值正向阻断电压。试验温度应当符合规定。在规定的高温试验时间结束时，应将环境温度降低，器件应保持试验电压直到 $T_c = 30 \pm 5^\circ\text{C}$ 。偏压切除后到试验后测量以前，器件应保

持在室温下，并在施加试验后测量所规定的电压前不得对器件施加电压。偏压消除以后应在规定的时间内完成试验后的终点测量。凡从关断状态转换到接通状态将熔断器熔断的器件应从该批中剔除。

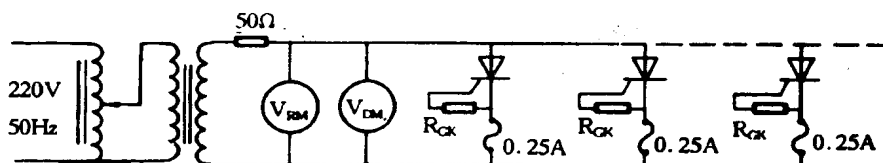


图 1040—1 交流阻断电压电路

2.2 试验条件 B（直流正向阻断电压）

应按图 1040—2 电路所示施加额定直流正向阻断电压。试验温度应当符合规定。在规定的高温试验结束时，应将环境温度降低，器件应保持试验电压直至达到 $T_c = 30 \pm 5^\circ\text{C}$ 为止。偏压切除后和到试验后测量前，器件应保持在室温下，并在为试验后测量所施加规定电压前不得对器件施加任何电压。偏压切除后，应在规定的时间内完成试验后的终点测量。凡从关断状态转换到接通状态将熔断器熔断的器件应从该批中剔除。

3 测试

老练前应获取初始数据。96h 内应获取试验后数据。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列试验条件和细节：

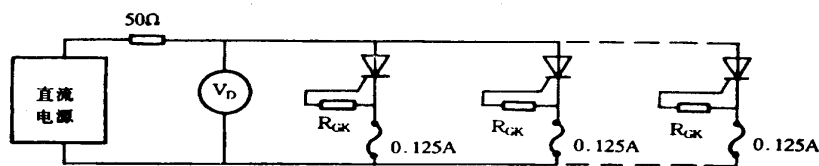


图 1040—2 直流正向阻断电压电路

4.1 试验条件 A

- a. 峰值正向和反向阻断电压 (见 2.1);
- b. 试验温度 (见 2.1);
- c. 老炼的持续时间 (见 2.1);
- d. R_{GK} (见图 1040—1);
- e. 老炼前和老炼后测量 (见 3);

4.2 试验条件 B

- a. 直流正向阻断电压 (见 2.2);
- b. 试验温度 (见 2.2);
- c. 老炼持续时间 (见 2.2);
- d. R_{GK} (见图 1040—2);
- e. 老炼前和老炼后测量 (见 3)。

盐气（侵蚀）

1 目的

本试验是为了模拟海滨大气对器件影响的一个加速的试验室腐蚀试验。

2 设备

盐气试验中使用的设备应包括下列设备：

- a. 带有器件支架的暴露箱；
- b. 盐溶液槽；
- c. 使盐溶液雾化的装置，包括合适的喷嘴和压缩空气源；
- d. 箱加热设备和控制器；
- e. 以高于箱内温度加湿空气的装置。

3 程序

器件应放置在试验箱里。除非另有规定，温度 $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的盐雾流经试验箱的时间为 24

h。应对盐雾的浓度和速度加以调整，以使试验区中盐沉淀的速率为 $10 \sim 50\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{d}$

4 检查

除非另有规定，在试验结束时，为了帮助检查，应以下列方式预处理器件：在水温不高于 37°C 的流动水中平缓的清洗或浸洗并用软毛刷或塑料刷轻轻刷掉沉淀的盐。器件标志模糊、引线脱落、断裂、局部分离、镇涂层有成片剥落或凹坑（检查时用 10 倍放大）或侵蚀超过封装面积的 5% 或引线面积的 5%，均应判为失效。镀层或引线涂覆退色不应判为失效。标志清晰度要求不适用于高度小于 0.76mm 的字母。

5 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 暴露时间，如不同于规定（见 3）；
- b. 试验后的测量和检查（见 4）。

方法 1042

老炼和寿命试验

(功率场效应晶体管或绝缘栅双极晶体管 (IGBT))

1 目的

进行本试验条件 A、B 和 C 是为了剔除有隐患的器件或者剔除有制造缺陷的器件，这些器

件在正常使用条件下随时间和应力呈现失效。进行试验条件 D 是为了剔除有制造缺陷的勉强合格批。对于 IGBT，用集电极和发射极替换 MOSFET 标志的漏极和源极，即 D 为 C，S 为 E。

2 程序

半导体器件应承受本试验方法规定的温度和时间的老炼。适用时，应当进行老炼前测量。失效判据应符合规定。

2.1 安装

引线从管体伸出的器件在距基座平面至少 3.2mm 处安装它们的引线。除非另有规定，螺栓或外壳安装的器件应采用螺栓或外壳安装。

2.1.1 试验条件 A：稳态反向偏置

所有器件应在规定的试验条件和规定的试验温度下，以漏-源电压的最大额定值的规 80 %工作至少 160h。栅-源短路下的漏-源电压应该按规定。本试验方法规定，在高温试验时间终结时，应降低环境温度。老炼电压应保持在器件上直至 $T_c = 30 \pm 5^\circ\text{C}$ 。进行寿命试验时，把器件从试验箱移至冷却处，中断偏置不超过 I_{min} 不应认为是切除了偏置。在切除老炼电压后，在进行老炼后反向电流测量之前，器件上不应施加其它电压。除非另有规定，在老练电压切除后，老炼后测量应在 96h 内完成。除非另有规定（见图 1042— 1），老炼温度应为 $T_A = 150_{-15}^0\text{C}$ 。老炼电压 V_{DS} 应符合如下规定。对 IGBT 器件，老炼温度应为 $I = 150_{-15}^0\text{C}$ ，试验时间至少为 96h。

V	
$V_{(BR)DSS}$	V_{DS}
20	16
30	24
40	32
60	48
80	64
90	72
100	80
120	96
150	120
170	136

续表

V	
$V_{(BR)DSS}$	V_{DS}
200	160
240	192
350	280
400	320
450	360
500	400
600	480

最大额定值 $V_{(RR)DSS}$ 在上表两电压之间时, 老炼电压 V_{DS} 取其对应的低值。

2.1.1.1 温度加速试验

在加速试验中, 器件在超过最大额定结温的温度下承受偏置条件。MOSFET 的最大环境温度为 175°C , 时间至少为 48h。建议将足量的器件样品暴露到高温下, 测量器件的电压和电流, 以证实施加的应力不产生损坏过应力。已完成加速试验的适量样品也应在试验的标准大气条件下承受 1000h 稳态反偏, 以证实器件未受到有害的影响。加速试验的细节应在详细规范和/或总规范中规定。

2.1.1.2 试验条件 B, 稳态栅偏置

所有器件应在规定温度下和最大额定栅—源电压的 80 % 下, 至少工作 48h (见图 1042—2)。对功率 MOSFET, 温度和电压应按规定。除非另有规定, 温度 T_A 应为 150°C 。 V_{GS} 老练电压如下:

V	
最大额定值 V_{GS}	老练电压 V_{GS}
10	8
15	12
20	16
30	24
40	32

最大额定值 V_{GS} 在上表两电压之间时, 老练电压 V_{GS} 取其对应的低值。

2.1.1.3 试验条件 C, 稳态功率

应保持环境温度 $25^{+10}_{-5}^{\circ}\text{C}$, 对器件施加功率, 使器件在 $T_j = T^{+0}_{j\max-24}^{\circ}\text{C}$ 下工作。应借助于下列测量结温的方法核查结温: 利用体内二极管压降的变化测量结温, 或利用下述方程式计算:

$$\begin{aligned} T_j &= R_{th}(j-a) \times P_D + T_A && \text{不采用散热器} \\ T_j &= R_{th}(j-c) \times P_D + T_C && \text{采用散热器} \end{aligned}$$

T_C 为壳温,
 T_A 为环境空气温度,
 $P_D = V_{DS} \times I_D$, V_{DS} 为漏—源电压, I_D 为漏—源电流。

注: 所加功率不应超过安全工作曲线所示的功率。

2.1.1.4 试验条件 D, 间歇功率

所有器件应承受规定的循环数。一次循环如下: 对器件加功率一段时间, 使结温至少上升 $100^{+15}_{-10}^{\circ}\text{C}$, 然后不加功率一段时间, 使结温冷却。仅在不加功率时间内允许强迫风冷。

如果需要, 应选择加功率大小、加功率时间和使用的热沉, 以保证在加热循环的终点, 管壳温度不得低于给温 15°C 。在试验期间, 结温的提高应借助利用体内二极管电压降的变化而测量给温的方法验证, 或借助使用下列方程来计算:

$$\Delta T_j = P_T \cdot R_{th(j-a)}(1 - \text{EXP} - t/T_p)$$

式中:

$$\begin{aligned} P_T &= V_{DS} \cdot I_D \\ T_p &= \text{器件管壳和所有热沉的时间常数} \\ T &= \text{加热时间} \\ R_{th}(j-a) &= \text{在规定的加热周期内, 器件和所用散热器具有的结—环境的热阻。} \end{aligned}$$

本试验是随着结被加热和冷却使壳温明显地升高和下降。因此，使用大散热器或大功率短脉冲是不适宜的。本试验条件是破坏性的。

3 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定试验条件和以下细节：

3.1 试验条件 A

- a. 功率 MOSFET 的漏—源电压 (V_{DS}) (见 2.1.1)；
- b. 试验温度，如不是 2.1.1 的规定；
- c. 试验时间，如不是 2.1.1 的规定；
- d. 老炼试验后反向电流的测量电压 (见 2.1, 1)；
- e. 失效判据。

3.2 试验条件 B

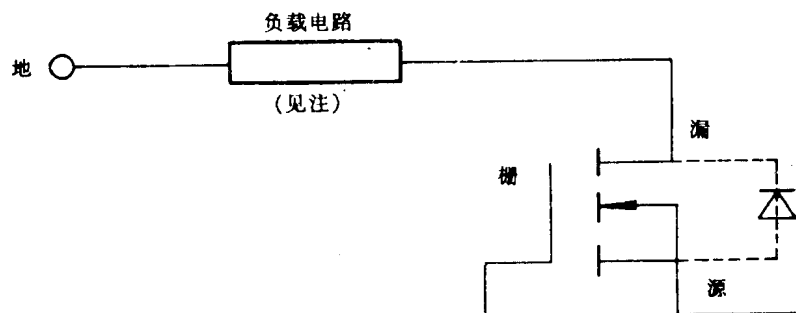
- a. 试验温度，如不是 2.1.2 的规定；
- b. 试验条件 (见 2.1.2)；
- c. 功率 MOSFET 的电压 (见 2.1.2)；
- d. 老炼前和老炼后的测量；
- e. 失效判据。

3.3 试验条件 C

- a. 环境温度和热阻 (见 2.1.3)；
- b. 电压和电流，如不是 2.1.3 的规定；
- c. 老炼前和老炼后测量；
- d. 总试验时间 (见 2.1.3)；
- e. 失效判据。

3.4 试验条件 D

- a. 环境温度 (如希望有) 和热阻 (见 2.1.4)；
- b. 电压和电流，如不是 2.1.4 的规定；
- c. 试验前和试验后测量；
- d. 循环数 (见 2.1.4)；
- e. 失效判推；
- f. 最短加热时间。



注:①选择或设计负载电路，应保证每个合格器件负载电两端的电压不超过规定的试验电压的 10%。负载电路可以是电阻器、熔断器或能提供下述功能的电路：

- a. 给电源加保护；
- b. 把不合格器件与其它受试器件相隔离；
- c. 保证在受试器件两端至少加规定试验电压的 98 % ；

②如果电路在失效器件上不保持偏置电压，那么必须报供识别此器件的方法

方法 1046
盐雾（腐蚀）

1 目的

本试验是为了确定器件抗盐雾腐蚀的能力。主要用于评定保护镀涂层的质量。

2 程序

应当按照 GJB 360A 中的方法 101 对器件进行试验并采用下列规定：

- a. 试验结束时并在检查以前，器件应在 $40\pm 5^{\circ}\text{C}$ 下干燥 24h。器件标志模糊、镀涂层剥落、凹坑或腐蚀等影响器件使用的现象均认为是失效；
- b. 除非另有规定，盐溶液浓度应为 20%。

方法 1048
阻断寿命

1 目的

本试验的目的是为了确定器件在规定的条件下是否符合规定的 λ 。

2 安装

对阻断寿命试验通常可任选安装方法，因为器件几乎不消耗功率（标称高反向负电流的器件可安装散热器，以防止出现热失控状态）。

3 程序

根据 GJB 33A 和本方法的寿命试验要求，在人工升高的温度和时间周期内，在阻断结（或绝缘）反向偏置下完成阻断寿命试验。该试验是在规定的温度下（通常为 150°C ）和在相应器件额定电压（ V_R 、 V_{Zmin} 、 V_{CB} 、 V_{AG} 、 V_{DG} 和 V_{CS} ）的 80%~85% 下进行的。

按规定，在高温试验时间的终点，环境温度应降低。在器件上应保持试验电压直至壳温达到 $30\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。在此环境温度建立后，应保持偏置电压直至测试完成。测试应在切除功率后的 24h 内完成。在切除偏置电压后，在进行试验后的漏电流测量之前，器件上不应施加其它电压。应按规定进行试验后测量。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 试验温度（见 3）；
- b. 试验条件，偏置电压和其引出端（见 2 和 3）；
- c. 试验时间（见 3）；
- d. 试验前和试验后的测量（见 3）；
- e. 完成试验后测量的时间，如不是 24h；
- f. 失效判据。

方法 1049
阻断寿命（抽样方案）

1 目的

本试验的目的是为了确定器件在规定的条件下是否符合规定的抽样方案。

2 安装

对阻断寿命试验，通常可任选安装方法，因为在器件上几乎不消耗功率（标称高反向漏电流的器件可安装散热器，以防止出现热失控）。

3 程序

除非另有规定，在人工升高的温度和主阻断结（或绝缘）反向偏置下完成 340h 阻断寿命试验。该试验是在规定的温度下（通常为 150℃）和在相应器件额定电压（ V_R 、 V_{Zmin} 、 V_{CB} 、 V_{AG} 、 V_{DG} 和 V_{CS} ）的 80%~85% 下进行的。

按规定，在高温试验时间的终点，环境温度应降低。在器件上应保持试验电压直至壳温达到 30±5℃。在此环境温度建立后，应保持偏置电压直至测试完成。测试应在切除功率后的 24h 内完成。在切除偏置电压后，在进行试验后的漏电流测量之前，器件上不应施加其它电压。应按规定进行试验后测量。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 试验温度（见 3）；
- b. 试验条件，偏置电压和引出端（见 2 和 3）；
- c. 试验时间（见 3）；
- d. 试验前和试验后的测量（见 3）；
- e. 试验后完成测量的时间，如不是 24h；
- f. 失效判据（见 3）。

方法 1051
温度循环（空气—空气）

1 目的

进行本试验是为了确定器件耐极限高温和低温的能力及交替暴露到这种极限温度下的影响。

1.1 术语和定义

1.1.1 负载 load

试验期间，受试样品及固定这些样品的夹具。加载具体样品，测量最坏情况负载温度来决定最大负载量。因负载结构降低空气流动时，用作模拟加载的整块负载可以不使用，最大加载量必须满足规定的条件。

1.1.2 监测传感器 monitoring Sensor

温度传感器的放置点和校准，应使得它指示的温度与最坏情况温度指示器样品所处的温度相同。在定期表征最坏情况负载温度时鉴别最坏情况温度指示器样品位置。

1.1.3 最坏情况负载温度 worst case load temperature

最坏情况负载温度是箱中特定区域的温度，由位于负载中心和负载各角处的热电偶测量。应定期的确定最坏情况负载温度。

1.1.4 工作区 working zone

箱中负载温度被控制在表 1051—1 的范围内的区域。

1.1.5 转移时间 transfer time

样品从一个温度极限区移至另一个温度极限区所经过的时间。

1.1.6 最大负载 maximum load

最坏情况负载温度满足时限要求的最大负载（见 3.1）。

1.1.7 保持时间 Dwell time

从负载放入试验箱开始到从箱中取出为止的时间。

2 设备

在试验箱放入最大负载时，所用箱体应能在工作区提供并控制规定的温度。热容量和空气循环必须使工作区和负载满足规定的条件和时限（见 3.1）。在试验期间内，应用能读出监测传感器的指示器或记录器连续地监测最坏情况负载温度。对样品的直接热传导应减至最小。

3 程序

样品放置位置应基本不阻碍气流越过和在样品四周流动。样品需要安装时，应规定安装。然后，样品要连续地承受规定条件和规定次数的循环。本试验采用试验条件 C 至少要进行 20 次循环。由步骤 1 和 2 或适用的试验条件组成的一次循环必须不间断地完成，才计作一次循环。在器件批的试验箱加载或去载，或在电源或设备故障时，完成所规定的总循环次数可以中断。然而，不管是什么原因，如果未完成的循环次数超过规定的总循环数的 10%，则每中断一次，必须增加一次循环。

3.1 时限

从热到冷或从冷到热的总转移时间不应超过 1min。当最坏情况负载温度在表 1051 — 1 规定的极限值内时，可转移负载。但是，保持时间不应少于 10min，负载应在 15min 内达到规定温度。

表 1051-1 温度循环试验条件

步骤	时间 min	试验温度(℃)						
		A	B	C	D	E	F	G
1 冷	≥10	-55 ⁺⁰ ₋₁₀	-55 ⁺¹⁰ ₋₁₀	-55 ⁺⁰ ₋₁₀	-65 ⁺⁰ ₋₁₀	-65 ⁺⁰ ₋₁₀	-65 ⁺⁰ ₋₁₀	-55 ⁺⁰ ₋₁₀
2 热	≥10	85 ⁺¹⁰ ₋₀	125 ⁺¹⁵ ₋₀	175 ⁺¹⁵ ₋₀	200 ⁺¹⁵ ₋₀	300 ⁺¹⁵ ₋₀	150 ⁺¹⁵ ₋₀	150 ⁺¹⁵ ₋₀

注:步骤 1 和 2 可互换。在恢复时间内,负载温度可以超过“+”或“-”公差。但不得超过其它公差。

- 4 详细规范中应规定的细节
- 详细规范中应规定以下细节:
- a. 特殊的安装, 如适用 (见 3);
 - b. 试验条件字母, 如不是试验条件 C (见 3);
 - c. 试验循环次数, 如不是 20 次循环 (见 3);
 - d. 终点测量和检查, 例如: 终点电测量、密封试验 (方法 1071) 或其它合格判据。

方法 1054
灌注环境应力试验

1 目的

本试验的目的是确定器件结构时间歇开路失效的敏感度。这种失效在热循环时，在类似于印刷电路板环境中发生。早期检测薄弱结构，在灌注条件中增大了拉伸和压缩的破坏作用。

2 设备

2.1 铝制容器，容积至少 50cm^3 ，刚性容器壁厚至少 3.2mm 。

2.2 一公共母线，受试器件以公共负板或公共正极组合焊到此汇流排上（见图 1054—1）。

2.3 热循环箱。

2.4 热板，能保持 70°C 。

2.5 图示仪。

2.6 灌注介质。

3 程序

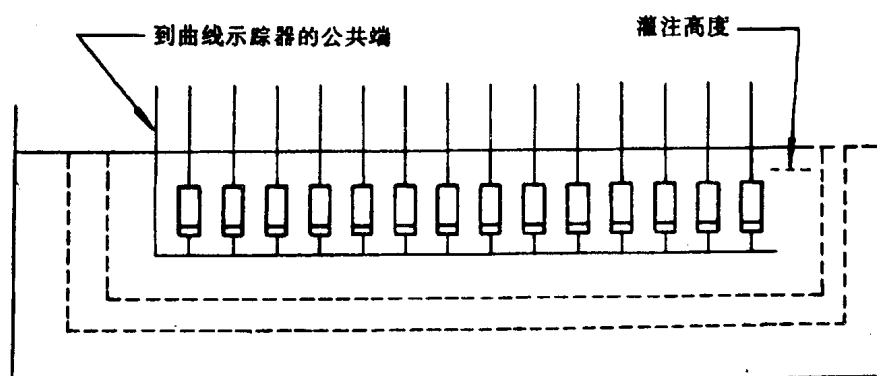
3.1 把以公共连接组合的器件放入一容器内，该容器能保证器件离容器壁的间隙至少为 3.2mm 。

3.2 把灌封材料注入容器内，其后按制造厂推荐的方法固化。

3.3 把固化的组件放在热板上，并使组件达到 70°C 的热平衡。除非另有规定，在 100Am 下观察每个器件的正向电压曲线。正向电压曲线不应有不稳定性或开路的迹象。记下失效器件的顺序号。

3.4 使组件在室温下冷却，再放入到热冲击箱中，根据本标准的方法 1051 完成 20 次冲击。移出器件，冷却到室温。

3.5 重复 3.3 并记录失效。



方法 1055
监测任务温度循环

1 目的

本试验是为了确定器件承受热应力快速变化的能力，这是在快速变化的温度环境中，如在任务剖面系统试验中，由施加功率引起的。

2 设备

要求的设备如下，应具有规定的能力。

a. 试验箱，具有足够温度范围和变化速率的能力，有从绝缘套管中伸出的电缆与外部偏置和监测电子仪器相连。所有监测设备的电缆应提供开尔芬连接。

b. 电源，能使偏置维持在规定的偏差内。

c. 电子电压监测装置，能指示持续时间等于或大于 $20\mu s$ 的开路。

3 程序

a. 所有电气和机械参数符合要求的器件，首先应承受方法 1032 的高温稳定性烘焙。然后，这些器件应承受方法 1051 的温度循环，但在 25°C 下的保持时间不要求。试验条件 C 应是 175_{-0}^{+5}C 。在极限温度下至少应稳定 10min。

b. 应完成电测量，以保证进而进行本试验监测的热循环部分，所有器件应保持在规范中的条件内。

c. 除非另有规定，温度极限值应按规定。

d. 温度和操作剖面应按图 1055 — 1 的要求。温度变化速率的平均值不应小于 5K 每分钟，但也不应大于 10K 每分钟。

e. 器件在试验箱内单独或串联连接放置。器件应与恒流源相连接，每次循环的高温部分，恒流源对器件提供电流，使结温至少升到 125°C ，最高升到 150°C 。

3.1 电气监测

将监测电压表的引线 with 器件和串联电阻的引出端相联结（见图 1055~2）。施加电流使每个结温升高约 50K。如果出现断开，应选择 R 值使监测电压 V_M 增加 $10\pm 3\%$ 。为证实电路工

作，断开开关 S1，确认 V_M 增加。移走电源。

作，断开开关 S1，确认 V_M 增加。移走电源。

3.2 监测电压增加

闭合开关 S1，完成图 1055—1 的六次循环，同时监测电压是否超过最高值（低温值）。

3.3 失效

在头两次循环中出现失效，如分析发现失效与试验电路有关，可考虑为非正常失效。

注：除非另有规定，在最后四次的任一循环中出现瞬时或连续的开路（由监测电压的增加所指示），应认为失效。

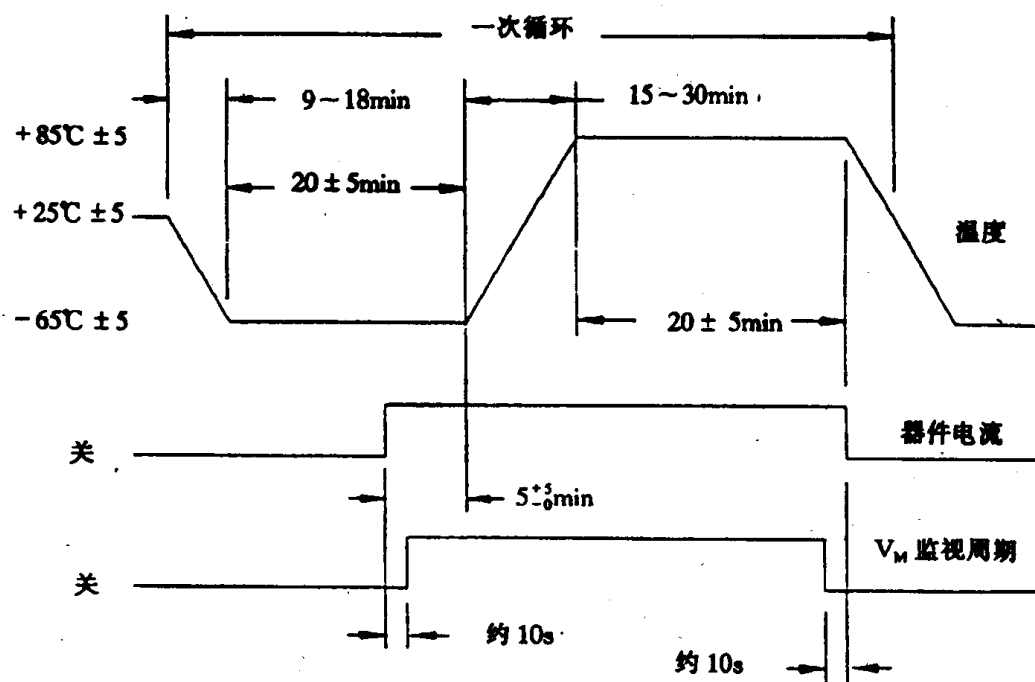


图 1055-1 监测任务循环

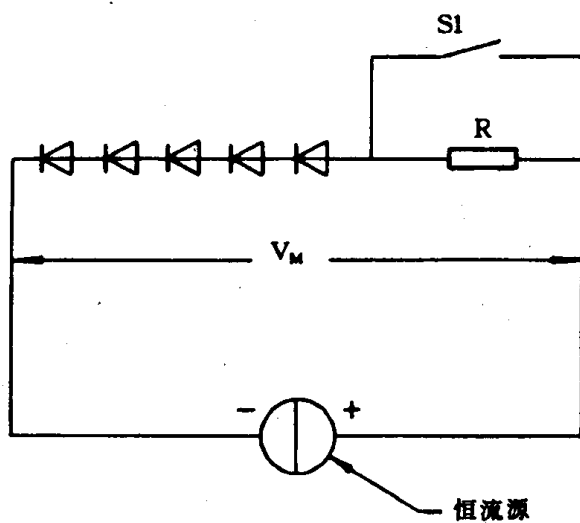


图 1055-2 监测任务循环

方法 1056
热冲击（液体—液体）

1 目的

本试验的目的是为了确定器件耐受突然暴露到极端变化的温度中的能力及交替暴露到这种极端温度下的影响。

1.1 术语和定义

1.1.1 循环 cycle

一次循环的组成，开始于室温，进行步骤 1，然后进行步骤 2，或者相反，先进行步骤 2，再进行步骤 1，然后不间断的回到室温。

1.1.2 保持时间 dwell time

负载浸入容器中的总时间。

1.1.3 负载 load

受试器件和固定这些器件的夹具。

1.1.4 最大负载 maximum load

能放在容器中又能保持规定温度和时间的器件和夹具的最大质量。

1.1.5 转移时间 transfer time

把负载从一容器中移出并浸入另一容器中所经过的时间。

1.1.6 最坏情况负载温度 worst case load temperature

在负载中心具体器件的管体温度。

2 设备

所用容器在装有最大负载时，应能在工作区提供和控制规定的温度。热容量和液体循环必须使工作区和负载满足规定的条件和时限（见 3.1）。在试验期间，应采用指示器或记录器读出监测敏感器的读数，应连续地监测最坏情况负载温度。当需要确认容器性能时，应在最大负载和配置条件下证实最坏情况负载温度。满足表 1056—2 物理性能要求的全氟碳化合物应使用于条件 B 和 C。

3 程序

样品放在容器中的位置应使得液体无阻碍地越过和围绕样品流动。负载应按照试验条件 A 或表 1056—1 的其他规定（见 4b）承受 15 次循环。在器件样品批增加或减少，或在电源或设备故障时，规定完成的总循环次数的试验可以中断，但如果中断次数超过规定的总循环数的 10%，则试验必须重新开始。

3.1 时限

从热到冷或从冷到热的总转移时间不应超过 10s，当最坏情况负载温度在表 1056—1 规定的极限值内时，可转移负载。但是，保持时间不应少于 2min，负载应在 5min 内达到规定的温度。

表 1056-1 全氟碳化合物液体的物理性质要求 1)

试验条件		B	C
步骤 1	沸点℃	>125	>150
	25℃下密度 g/cm ³	>1.6	
	介质强度 V/μm	>12	
	残留物 μg/g	<50	
	外观	透明、无色液体	
步骤 2	25℃下密度 g/cm ³	>1.6	
	介质强度 V/μm	>12	
	残留物 μg/g	<50	
	外观	透明、无色液体	

注:1) 全氟碳化合物的粘度在最低温度下应小于或等于热冲击设备承制方推荐的粘度。

表 1056-2 热冲击温度偏差值和建议的液体 1)

试验条件		A	B	C
		温度	温度	温度
步骤 1	温度 偏差℃	100^{+10}_{-2}	125^{+10}_{-0}	150^{+10}_{-0}
	推荐的 溶液	水 ₂₎ 或 全氟碳化合物 ₃₎	全氟碳化合物 3)	全氟碳化合物 3)
步骤 1	温度 偏差℃	0^{+2}_{-10}	-55^{+0}_{-10}	-65^{+0}_{-10}
	推荐的 溶液	水 ₂₎ 或 全氟碳化合物 ₃₎	全氟碳化合物 ₃₎	全氟碳化合物 ₃₎

注:1) 乙二醇还应用作热冲击试验液体。

2) 对此温度范围, 水是可接受的液体, 使用之前, 应确定它的化学性质。对试验条件 A, 水用作液体时, 由于海拔因素, 规定的温度偏差达不到, 可采用下列替代试验条件:

- 温度: $100-6^{\circ}\text{C}$, $0+6^{\circ}\text{C}$
- 循环次增加到 20 次。
- 全氟碳化合物不含有氯和氢。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节:

- 特殊的安装, 如适用;
- 试验条件, 如不是试验条件 A (见 3);
- 试验循环次数, 如不是 15 次循环 (见 3);
- 终点测量和检查, 例如终点电测量、密封试验 (1071 方法) 或其它合格判据。

方法 1061
管壳和螺栓温度测量

1 目的

本试验的目的是测量六角底座器件管壳的温度。

2 试验设施

2.1 热电偶类型

热电偶材料应是“电工技术标准手册”推荐的铜—康铜，温度范围为-190—350℃，线径不大于0.25mm。热电偶的接点应当熔焊在一起，并形成一个小珠而不采用针焊或绞合。

2.2 准确度

热电偶应有 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的准确度。在负荷的条件下，管壳上不同点的温度有轻微变化，在对流冷却时这一准确度可降低到 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ，而在强迫风冷时，可降至 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 。

3 程序

3.1 安装方法

在管壳的六角平面上，在承制方选定的点上钻入约0.8mm深的小孔，其大小刚好足以插入热电偶。然后在孔边用小型同心冲头冲一下，使热电偶焊珠与孔洞边有牢固的机械接触。如果采用强迫风冷，安装热电偶处应远离气流，并且在靠近接点处，对热电偶引线应加以保护。

3.2 其它安装方法

热电偶安装方法（热电偶同管壳直接熔焊者除外）会导致温度读数低于实际温度。这些偏差起因于：

- a. 采用粘接，热电偶与管壳接触不良；
- b. 采用压力接触的热电偶与外部散热器接触。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应当规定下列细节：

- a. 安装方法（见3）；
- b. 试验设备（如果需要）。

方法 1066 露 点

1 目的

本试验的目的是为了在规定条件下监测器件参数的不连续性。

2 设备

本试验采用的设备应当能够在测量参数的同时，从规定的高温变化到 -65°C ，再回复到规定的高温。

3 程序

把详细规范中规定的电压和电流加到引出端上，从规定的高温到 -65°C ，再回复到规定的高温，对参数加以监测。露点温度是被测参数出现明显不连续点的温度。如果没有观察到不连续点，则可以认为露点低于 -65°C ，被测器件是合格的。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 试验温度（高温）（见 2）；
- b. 测试电压和电流（见 3）；
- c. 测试参数（见 3）。

方法 1071 密 封

1 目的

本试验的目的是测定有设计内腔的半导体驻件的气密性。

2 定义

a. 标准漏率 标准漏率定义为在 25°C 和压差（高压为 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 、低压为不大于 $1.33 \times 10^2 \text{Pa}$ ），每秒钟通过一条或多条泄漏通道的干燥空气量，标准漏率应表示为 $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ （空气）。

b. 测量漏率 测量漏率（ R_1 ）定义为在规定条件下，采用规定的试验媒质测得的给定封装的装漏率。测量漏率应表示为 $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ （试验所用的气体媒质）。为了与其它试验方法测定的漏率相比较，测量漏率必须转换成等效的标准漏率（转换成空气等效值）。

c. 等效标准漏率 若给定封装的测量漏率为 R_1 ，则其等效的标准漏率 L 定义为具有相同漏气几何尺寸的同一种封装在标准漏率条件下呈现的漏率。等效标准漏率以 $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ （空气）表示。

注：漏率的测量没有必要按照标准漏率所强调的用一个大气压差来完成。等效转换仅指气体媒质。

3 试验条件

a. 粗检漏 试验条件 A、B、C、D、E、J、K 或 L_1 、规定为粗检漏。

试验条件 A：放射性同位素湿粗检漏试验（见 4）。

试验条件 B：放射性同位素干粗检漏试验（见 5）。

试验条件 C：氟碳液粗检漏试验（见 6）。

试验条件 D：气泡试验（见 3b）。

试验条件 E：染料渗透粗检漏试验（见 8）。

试验条件 J：加压粗检漏试验（见 11）。

试验条件 K：氟碳汽粗检漏试验（见 12）。

试验条件 L_1 ：光学粗检漏试验（见 13）。

b. 粗检漏 在 $1 \times 10^2 \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 或更大的漏率就满足可靠性要求时，可规定试验条件 D。此条件不应用于内腔空余体积小于 1cm^3 的器件。

c. 细检漏 试验条件 G、H 或 L_2 、规定为细检漏试验。

试验条件 G：放射性同位素细检漏试验（见 9）。

试验条件 H1 或 H2：示踪气体细检漏试验（氦）（见 10）。

试验条件 L2：光学细检漏试验（见 13）。

d. 细检漏和粗检漏试验程序除非在相应的详细规范中另有规定，试验应按照表 1071 — 1 进行。当有规定时（见 14），在检漏试验后应进行试验后测量。当规定作用在器件上的压力超过器件封装的承受能力时，可以采用不同的压力、暴露时间及保持时间条件，但应满足所采用的漏率、压力和时间关系，并且，压力不得小于 207kPa，对于试验条件 L1，至少应加 6.9Pa 的试验压力差。

应根据规定试验条件的要求和程序进行细检漏和粗检漏，试验顺序只能是先进行所有的干气体试验，然后进行液体浸没粗检漏试验。选择使用放射性同位素粗漏和细检漏试验条件（B 和 G1）可以是同时，也可以是依次进行，只要符合最低的试验要求即可。光粗检漏（L1）是一种全干气试验，可以在任何细检漏试验之前进行。如果采用其他的粗检漏试验（条件 A、C、D、E、J 或 K），试验顺序必须满足先进行干气体细检漏试验，然后进行粗检漏试验，除非按照 15a 的试验顺序进行。若按试验条件 G、H1 和 H2 进行分批试验时（在检漏检测器中同时放置多于 1 个器件），发生拒收条件应认为是批失效。为了接收每个器件可再单独试验一次，但应使从示踪气体加压槽内取出的 1h 内批内所有器件完成了再试验。为了接收，只有对条件

G，器件可以分批地再试验，但应使从示踪气体加压槽内取出的 1h 内，批内所有器件完成了再试验。只有对条件 K，分批试验发生拒收条件的器件可采用本方法 12.2 的程序再单独的试验一次，但下列要求除外：若器件在完成第一次试验后的 20s 内浸没在检测器溶液中，并以整批保存至再试验，可不要求再加压。

表 1071 — 1 要求的试验顺序

体积 cm ³	细检漏条件	其后的粗检漏条件
≤ 0.4	G、H1、H2、L2	A、C、D、E、J ¹⁾ 、K ²⁾ 、L1
> 0.4	G、H1、H2、L2	A、B、C、D、E、K、L1
> 0.4	J ³⁾	J ³⁾

注：1) 条件 J 不能用于内腔体积小于 0.001cm³ 的封装。

2) 条件 D 不能用于内腔体积小于 1cm³ 的封装。

3) 倘若 $1 \times 10^{-1} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 的漏率能满足规定的要求，则试验条件 J 可用于内腔体积大于 0.4cm³ 的器件作单独试验。

4 试验条件 A 放射性同位素湿税检漏试验

4.1 设备

用于密封试验的设备如下：

a. 放射性示踪气体激活控制箱。

b. 计数设备，由闪烁晶体、光电信增管、前它放大器、速率计和氦-85 基准标准组成。计数台应有足够的灵敏度，可测定器件中氦-85 示踪气体透过器件壁的辐射量。计数台的灵敏度至少与 $10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 的氦-85 漏率相对应，至少每个班校准一次。校准采用氦-85 基准标准，并应符合设备承制方的有关要求。

c. 有足够体积的容器，能用油覆盖器件，并用适当的溶剂对器件表面去油。

d. 溶液：

碳氢化合物真空泵油，该溶液应保持清洁无污染；

能对器件去油的溶剂。

e. 示踪气体为氦-85 和干氮的混合物。氦-85 在干氮中的浓度应不低于 $36.63\text{Bq}/\text{Pa} \cdot \text{cm}^3$ ，并按承制方的程序至少每 30d 检测一次。应按照本标准的校正要求作记录。

4.2 程序

器件浸没在油中，抽真空至 $1.3 \times 10^3\text{Pa}$ 或更低的压力，保持 10min，然后至少加压至少为 $3 \times 10^5\text{Pa}$ ，保持 1h。从油中取出器件，用溶剂清洗，除去表面所有的油。然后，器件应放入放射性同位素增压箱中，抽真空至 67Pa (0.5mmHg)，再用氦-85/干氮气体混合物加压到至少 $3 \times 10^5\text{Pa}$ 的压力差保持 2~5min。然后，将混合气体抽至贮存罐中，直至箱中压力最大为 267-333Pa (2~2.5mmHg)。此减压过程最多在 2min 内完成。向箱中充入空气，并立即将器件从箱中取出。在充气后的 15min 内进行检漏试验，检漏用配有闪烁晶体的计数台进行。指示超过计数台环境背景 1000 计数/min 或更多的器件，应认为粗检漏失效。

4.2.1 人身注意事项

氦-85 检漏试验设备的使用和操作人员应有许可证。根据许可证要求应对操作人员进行适当的教育和管理。

5 试验条件 B-放射性同位素干粗检漏试验

本试验只能用来试验内部含有氦-85 吸收介质的器件，例如，电绝缘的、有机的或分子筛材料。只有满足下列要求时，才容许进行本试验。

a. 在被测器件中的一只代表性器件上打一直径 $130 \sim 250\mu\text{m}$ 的小孔。

b. 该器件承受本试验条件后，计数速率在环境背景之上应在 200~250 计数/分。从激活箱中取出器件后的 2h 内测量计数速率。如果器件失效，可使用此试验条件，但仅限于此种器件。如果器件不失效，此试验条件不应使用。

5.1 设备

本试验设备包括：

a. 装有氦-85/干氮混合气体的放射性示踪气体激活控制箱。

b. 计数装置，其最低灵敏度为 12000 计数每分钟每微居里氦-85 示踪气体，在环境背景之上检测计数速率，最低为 100 计数/分。

c. 氦-85/干氮混合示踪气体，放射性比活度容许的最低值为 $36.63\text{Bq}/\text{Pa} \cdot \text{cm}^3$ ($100\mu\text{Ci}/\text{atm} \cdot \text{cm}^3$)。氦-85/干氮混合气体的放射性比活度至少每月测定一次。

5.2 程序

应把器件放入放射性示踪气体激活箱中，将该箱抽真空到 67Pa (0.5mmHg) 以下的压力，然后，使器件承受至少 $17 \times 10^4\text{Pa}$ 氦-85/干氮混合气体的压力 2~5min。再把混合示踪气体抽到贮存罐内，直到激活箱内的压力降至 670Pa (5mmHg) 以下。此减压过程最多在 3min 内完成。而后向激活箱内充净化空气。器件从激活箱取出后的 30min 内，用闪烁晶体计数台完成检漏试验。指示超过计数台环境背景 200 计数/分时，器件为粗检漏失效。

5.2.1 人身注意事项（见 4.2.1）

6 试验条件 C-氟碳液粗检漏试验

6.1 设备

本试验所用设备应包括：

a. 真空/压力箱，它用于对器件抽真空和随后的加压；压力在 24h 之内应增至 $62 \times 10^4\text{Pa}$ 。

b. 适用的可观察容器，它包括装有指示液体并保持温度在 125°C 的装置（或 100°C ，对于最高温度额定值为 100°C 的锗晶体管）和能从流体中消除尺寸大于 $1\mu\text{m}$ 颗粒的过滤系统。

c. 放大镜，它可将物体放大到其标称尺寸的 1.5~30 倍（屈光度为 4~120），用于观察当器件浸在指示液里时冒出的气泡。

d. 如表 1071—2 规定的 I 到指示液和 II 到指示液。

- e. 光源，它能发出平行光，在空气中，器件槽中离光源最远处的照度至少为 161000lx，光源不需要校准，但为了很好的观察气泡，光源放置位置应对观察者无强烈的入射和反射光。
- f. 适用的校准仪器，它可以指示试验的温度、压力和时间是否符合规定。
- G. 在指承液中固定器件的合适夹具。

表 1071-2 对全氟碳液要求的物理性质 1)

性能	I 型	II 型	III 型
沸点(℃)	50~95	140~200	50~110
在 25℃ 下表面张力(N/cm)		$<2 \times 10^{-4}$	
在 25℃ 下密度(g/cm ³)	>1.6	>1.6	>1.6
在 125℃ 下密度(g/cm ³)		>1.5	
介质强度(V/μm)	>12	>12	>12
残留物(μg/g)	<50	<50	<50
外观	透明无色		

注：1) 全氟碳化合物不含氯或氢

表 1071-3 条件 C 和 K 的加压条件

最小压力 kPa	最少加压时间(h)	
	条件 C	条件 K
206	23.5	12
310	8	4
414	4	2
517	2	1
618	1	0.5
724	0.5	—

6.2 程序

应将器件放在真空/压力箱中，压力降至 670Pa (5.0mmHg) 或更低，并保持至少 30min，但内腔体积大于或等于 0.1cm³ 的器件可以不做这项真空试验。试验箱内要有足够的 I 型检测液，以便覆盖受试器件。在真空循环时，应在至少 30min 后，但在真空排气前，将液体注入。然后根据表 1071-3 对器件加压。加压时间完成后，将压力除去并将器件连同容器从压力箱中取出，整个过程要多于 20s，放置容器可以是另一个或贮存器。当器件从容器中取出后，应在空气中干燥 2 ± 1 min，然后浸入 $125 \pm 5^\circ\text{C}$ 的 II 型指示液中。器件的最上部浸入指示液面以下至少 50mm，每次放入一个器件。成组放入时的位置，要能清楚的观察到每个器件冒出的单个气泡及产生气泡处。从器件浸入指示液起，就应对着暗色不反光的黑色背景用放大镜进行观察，至少要观察 30s，除非提早拒收。

6.2.1 失效判推

明显的气泡串，从同一点产生的两个或多个气泡应判为拒收。

6.2.2 注意事项

进行氟碳液粗检漏试验时，应遵循以下注意事项：

- a. 全氟碳化合物液体在使用前应该过滤，所使用的过滤系统应能消除大于 1μm 的颗粒。

允许大量过滤和贮存。在使用过程，液体累积到可观量的颗粒后应更换或过滤后再使用。应注意防止溶液污染。

b. 对观察用的容器加注液体时，要保证器件的浸没深度至少为 50mm。

c. 受试器件的表面应无杂质，其中包括表面涂覆和标志，这些会导致错误的试验结果。

d. 在试验大封装时，要防止因封装破裂或膨胀的液体急剧溢出使操作者受伤。

7 试验条件 D—气泡试验

接表 1071—2 规定的 II 型指示液，这些指示液替代乙二醇作粗检漏气泡试验媒质。

7.1 设备

本试验所用设备应包括：

a. 内腔空间容积大于 1cm^3 的器件。

b. 容器，它的容积足以使溶液浸没器件的深度达到 50mm。容器壁应该是平的，以使反射和失真达到最小（例如，蓄电池瓶是合格的容器）。

c. 液体，应有足够的量，使试验期间的液体至少能维持在 $125\pm 5^\circ\text{C}$ 。

d. 光源，它能发出平行光，在空气中，器件槽中离光源最远处的照度至少 1610001x 。光源不要求校准。

7.2 程序

应将器件放在液体温度为 125°C 的容器内，浸入深度至少为 50mm，浸入时间至少为 1min，在整个浸入时间内观察气泡或气泡冒出。应使用侧向光（见 7.1d），以有助于观察气泡，并应对着黑色无反射背景对器件进行观察。

7.2.1 失效判据

当器件显示一个或多个附着增大的气泡、一个连续的气泡串或从同一点相继冒出 2 个或更多的气泡，该器件就被认为失效。

8 试验条件 E—染料渗透税检漏试验

8.1 设备

本试验所用设备包括：

a. 紫外线光源，在接近引起染料最大反射的频率下具有峰值辐射（荧光为 $0.365\mu\text{m}$ ，荧光素（黄）为 $0.4935\mu\text{m}$ ，若丹明 B 为 $0.556\mu\text{m}$ ）。

b. 能维持 $72 \times 10^4\text{Pa}$ 的压力箱。“

c. 按照承制方规范混合的荧光染料溶液（如：若丹明 B、荧光素、着色检查、荧光 FL~50 或等效物）。

d. 能将物体放大到其标称尺寸的 1.5~30 倍（屈光度 4~120）的放大镜。

8.2 程序

本试验只允许用于有透明玻璃外壳的器件或用于不透明器件的破坏性检验。压力箱应装有染料溶液，其深度要足以完全淹没所有器件。应将器件放在溶液里，试验箱至少加压到 $72 \times 10^4\text{Pa}$ ，并至少保持 3h。对不能经受 $72 \times 10^4\text{Pa}$ 的器件封装，可使用至少 $41 \times 10^4\text{Pa}$ 至少保持 10h。然后将器件取出，并用适合于所用染料的溶剂细心地清洗器件，再用空气吹干。对透明的器件，应该使用可以将物体放大到其标称尺寸 1.5 倍（屈光度 4）的放大镜及适当频率的紫外光源检查染料渗透的迹象。对不透明器件的破坏性检查，应该去掉器件的帽盖，用放大镜和合适频率的紫外光源进行内部检查。

8.2.1 失效判据

在器件腔体内出现任何染料的迹象都应判为失效。

9 试验条件 G—放射性同位素细检漏试验

9.1 设备

本试验所用设备同 5.1。

9.2 激活参数

应以下式计算激活压力和时间：

$$Q_s = \frac{R}{SKTPt} \quad (1)$$

公式 (1) 中的参数定义如下：

Q_s ：受试器件所允许的最大漏率，用 $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ (Kr) 表示。

R ：如果受试器件的漏率恰好等于 Q_s ， R 就等于激活后超过环境背景的每分钟计数。如果

器件已通过以前的放射性检漏试验，这个计数是超过计数设备和器件背景的拒收计数。

S ：激活系统中氦-85 示踪气体的比活度，单位用 $\text{Bq}/\text{Pa} \cdot \text{cm}^3$ 表示。

K ：闪烁晶体的总计数效率，以被评定器件内腔中每一微居里的氦-85 在每分钟内的计数为单位。该因子与器件结构及闪烁晶体尺寸有关，计数效率按照 9.3 测定。

T ：器件被激活的吸收时间，单位为 h 。

$P = \sqrt{P_e^2 - P_i^2}$ ，式中 P_e 是激活压力，单位为 Pa ；式中 P_i 是器件原始内部压力，单位为 Pa 。激活压力可以由规范规定，如果已经确定了合适的吸收时间 (T)，那么，可调节激活压力 (P_e) 以满足公式 (1)。

t ：从小时转换到秒 ($3600\text{s}/h$)。

注：公式 (1) 的完整形式，在分子中含有因子 $(P_0^2 - \Delta p^2)$ ，此因子是对海拔高度的修正因子。

P_0 是海平面大气压，单位为 Pa ， Δp 是试验处所和海平面之间的大气压力差。对该试验，此因子可忽略。

9.3 计数效率 (K) 的测定

公式 (1) 的计数效率 (K) 按如下方法测定：

a. 将受试器件中有代表性的五只器件装上管子，并通过管子用已知体积和已知比活度的氦-85 示踪气体充入器件的内腔，再将管子密封。

b. 器件装在计数台中，直接从计数台的带屏蔽的闪烁晶体中读出每分钟计数。由此读数可计算计数效率，单位为计数每分钟每微居里。

9.4 表面吸收的评定

在确定检漏试验参数之前，应该评定所有器件封装材料（包括玻璃、金属、陶瓷、组合物、涂层及外部密封剂）对氦-85 的表面吸收。材料有疑问的代表性样本应按 9.2 的规定承受对器件规定的压力和时间条件，然后，样品每 10min 计数一次，记录计数速率，直到计数速率随时间基本不变（在此时间点，表面吸收不再成问题）。应记下此时间间隔，并应决定 9.5 中规定的“等待”时间。

9.5 程序

器件应放入放射性示踪气体激活箱中。激活箱可部分填充惰性材料以减少抽真空时间。激活箱抽其空至 67Pa 。器件应承受至少 $2 \times 10^5\text{Pa}$ 氦-85/干氮混合物 12min 的加压试验。应按照 9.2 测定实际的压力和吸收时间。每分钟的 R 计数值在背景之上不应小于 600。应把氦-85/干氮混合气体抽至贮存罐中，直至激活箱中的压力降为 $67 \sim 133\text{Pa}$ 。此过程应在激活终结后 3min 内完成，若加压试验采用更高的压力，此过程应从激活箱压力达到 $4 \times 10^5\text{Pa}$ 时再起的 3min 内完成。然后，此激活箱立即用空气填充。从激活箱中取出器件，在 1h 内用配有闪烁晶体的计数台进行检漏测量。若器件封装箱考虑 9.4 的要求，则器件在空气中暴露时间不应少于 9.4 测定的“等待”时间。器件从激活箱中取出至检漏的时间，不要超过 1h，在激活气体暴露后，在用计数台测量漏率前应进行空气暴露。若器件封装不用考虑 9.4 的要求，则进行检漏不需要“等待”时间（从增压定取出的器件数量应限制在 1h 内完成检漏）。

应采用下列方程计算器件的实际漏率：

$$Q = \frac{\text{实际读数 (净计数每分)} \times Q_s}{R}$$

式中：Q 为实际漏率，单位为 $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ； Q_s 和 R 按 9.2 的定义。

注：注意，氦-85 向大气中的排放，不得超过政府和地方法规规定的极限。

9.5.1 失效判据

除非另有规定，漏率等于或大于表 1071—4 试验极限的器件应认为失效。

注：注意，在复杂几何尺寸的器件中呈现的漏率虽不足以造成密封试验失效，但可含有足量浓缩的放射性示踪气体而造成适量的误差。

表 1071—4 放射性同位素细检漏方法的试验极限

封装体积 cm^3	Q_s $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$
≤ 0.01	1×10^{-3}
$\geq 0.01 \leq 0.4$	5×10^{-3}
≥ 0.4	5×10^{-2}

9.5.2 人身注意事项（见 4.2.1）

10 试验条件 H1 或 H2-示踪气体（He）细检漏试验

试验条件 H1 是规定条件符合表 1071—5 的“规定法”，它能保证试验灵敏度满足要求的测量漏率（R1）。试验条件 H2 是“灵活法”，允许按 10.2.1.2 的公式改变试验条件，以便在预定的测量漏率（R1）下检测规定的等效标准漏率（L）。

10.1 设备

试验条件 H1 和 H2 所需设备应包括可适当加压和抽真空的箱体，及准确校准的氦质谱检漏仪，其氦漏率灵敏度足以读出不小于 $1 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 的测量氦漏率。测量漏率的箱体容积应尽可能小，因为此容积对灵敏度极限有不利的形响。采用校准过的扩散式漏率标准校准漏率检测指示器，至少每班一次。

10.2 适用于“规定法”和“灵活法”的试验程序

应该将完整的器件放火密封箱，用 $100.5^{00}\%$ 氦示踪气体按规定的时间和压力给密封箱加压。然后，将压力释放（可任意采用空气、氮气冲洗），并应将每一个作品转移到另一个试验箱（或另外几个试验箱，这些试验箱与抽真空系统和质谱检漏仪相连接）。当试验箱抽真空后，原先加压进入样品的示踪气体就会泄露出来，并在检漏仪上显示为测量漏率（R1）（应对从压力下取出进行检漏试验的器件数目加以限制，以便最后一个器件的试验能在试验条件 H1 的

6min 内或在试验条件 H2 选择的停留时间内完成）。

10.2.1 表面吸收的评定

在确定检漏试验参数之前，应对所有器件封装材料的氦表面吸收进行评定，这些封住由玻璃、金属及陶瓷或其组合构成，其中包括涂层和外部密封料。应将有疑问的代表性样品打开，将每个器件的所有零件作为一个整体，按照表 1071—5 和 10.2.1.2 的规定，承受器件结构确定的加压和时间条件。应监测每个器件的测量漏率，指示的漏率降到 $\leq 0.5R1$ （对试验条件 H1 为表 1071—5 中的规定值；对试验条件 H2 为预定值）的时间确定为经过时间。用释放压力后经过时间的平均值决定最小可用的停顿时间。应该注意：测量灵敏度随着此背景显示的漏率相对拒收水平 R1 的降低而升高。或者，使整个的（未打开的）有疑问的代表性

样品承受同样的程序，然后，用这样获得的缩短的经过时间值确定最小的停留时间。如果所得出的停留时间超过表 1071—5 的规定值，就不能使用“规定法”。应该指出的是：吸收随暴露的压力和时间变化，因此，在获得满意的暴露值之前可要求进行某些尝试性试验。

10.2.1.1 试验条件 H1，规定法

按受试群件的内腔体积，采用表 1071—5 规定的适当条件，对器件进行试验。T1 为加压时，t2 为释放压力后和测量漏率前之间所允许的最大时间。如果详细规范中所规定的最大标准漏率极限值小于本标准灵活法规定的极限值时，不得采用规定法。

表 1071—5 试验条件 H1 的规定条件

封装体积 cm ³	加压条件			R ₁ 拒收极限 Pa·cm ³ /s
	压力 kPa ± 15	暴露时间 t ₁ h ± 10%	最大停留时间 t ₂ h	
<0.05	517	2	1	5 × 10 ⁻³
>0.05 < 0.5	517	4	1	5 × 10 ⁻³
>0.5 < 1.0	310	2	1	1 × 10 ⁻²
>1.0 < 10.0	310	5	1	5 × 10 ⁻¹
>10.0 < 20.0	310	10	1	5 × 10 ⁻¹

10.2.1.2 试验条件 H2，灵活法

加压的大小、暴露时间及停留时间的选择，要使对受试器件（如果是不合格品）进行测量所获得的示踪气体的实际漏率（R1）大于质谱仪最小可检测漏率。器件承受的氮气压至少为 203kPa。采用所选择的压力值和加压时间，结合受试器件封装的内腔容积和 10.2.2 规定的最大等效标准漏率（L）计算测量漏率（R1）的极限值。计算公式如下：

$$R_1 = \frac{2.69LP_e}{P_0} \left[1 - \exp - \left(\frac{2.69L}{P_0V} \cdot t_1 \right) \right] \exp - \left(\frac{2.69L}{P_0V} \cdot t_2 \right)$$

式中：R1：示踪气体（He）经过漏孔的测量漏率，

L：等效标准漏率，Pa·cm³/s。

Pe：暴露压力，绝对大气压。

P0：1 个标准大气压（1× 10⁵Pa）。

T1：暴露于 Pe 的时间，s。

T2：释放压力与检漏之间的停留时间，S。

v：器件封装的内腔容积，cm³。

最小可检测漏率应按 10.2.1 加以测定，同时应考虑指定漏率与经过时间 t₀ < t₂ 相对应。经过时间 t₀ 应考虑为最小可使用停留时间，测量漏率应在 t₀ 和 t₂ 之间完成。或者，对 L < 1Pa·cm³/s，可从公式（3）的细检漏近似解的选择加压参数。

$$L = \frac{P_0}{2.69} \left(\frac{R_1 V}{P_{et_1}} \right)^{1/2} \quad (4)$$

图 1071-1 给出图示法。如果所选择的停留时间 t₂ 大于 60min，则应该用公式（3）计算

R₁ 值，该值应保证最大检测的标准漏率在到由所选择的粗检漏试验条件相覆盖。或者，最大可

检测漏率 L 与停留时间的关系可从如下公式近似解中获得。

$$L = \frac{PoV}{2.69t_2} \ln\left(\frac{2.69LPe}{PoR_i}\right)$$

图 1071—2 给出图解法。在每一种情况下（公式 4 和 5）， R_1 应取比最小可检测值大的值。

10.2.2 失效判据

除非另有规定，如果内腔容积等于或小于 0.01cm^3 ，器件的等效标准漏率（ L ）超过 $5 \times 10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ，该器件就不能被接收；如果内腔容积大于 0.01cm^3 并等于或小于 0.5cm^3 ，器件的等效标准漏率（ L ）超过 $1 \times 10^{-2}\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ，该器件就不能被接收。如果内腔容积大于 0.5cm^3 ，器件等效标准漏率（ L ）超过 $1 \times 10^{-1}\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ，该器件就不能被接收。

11 试验条件 J-增重粗检漏试验

11.1 设备

本试验所用设备如下：

- a. 真空/压力箱，能对器件抽真空和加压到 618kPa ，并能维持加压到 10h 。
- b. 给器件称重用的分析天平，可精确到 0.1mg 。
- c. 如表 1071—2 规定的 III 检测液体源。
- d. 能清除液体中大于 $1\mu\text{m}$ 颗粒的过滤系统。
- e. 用于测量试验压力和时间的经过适当校准的仪器。
- f. 合适的溶剂。

11.2 程序

应将器件放在装有 25°C 清洁的合适的溶剂的容器内进行清洗，并允许其至少浸渍 2min 。还将器件取出，在 125°C 烘箱内至少放置 1h ，在此之后，将其冷却到室温。每个器件都应称

重量，并将最初的重量记录下来，或可以将器件按下列原则分为若干小组：体积小于或等于 0.01cm^3 的器件按 0.5mg 的重量差分组，体积大于 0.01cm^3 的器件按 1.0mg 的重量差分组。将器件放入真空/压力箱中，将压力降到 667Pa (5mmHg)，并保持 1h ，但内腔容积大于或等于 0.1cm^3 的器件除外，这些器件可免去这项真空循环。应向压力箱注入 III 型检测氟碳液，其注入量要足以覆盖器件。抽空 1h 后，在放气前注入氟碳液。然后，将器件加压到 517kPa ，若器件免抽真空时，应加压至 618kPa 。压力至少保持 2h 。如果器件经不住 517kPa 试验压力。可把压力降至 310kPa ，但真空循环和加压时间至少保持 10h 。当加压周期结束时，应释放压力，将器件从压力箱中取出，放在氟碳液体槽内。将器件从液体中取出后，称重量之前，应将器件用空气吹干 $1\sim 3\text{min}$ 。应将器件单个地放在天平上，并确定每个器件的重量或重量组别，从液体中取出后的 4min 之内应把所有的器件称重完毕。应当根据器件的最初重量和试验后的重量记录并计算器件重量变化。应将经过分类的器件分成两大组。重量变化为一个重量差或更少的为一组，重量变化大于一个重量差的为另一组。

11.3 失效判据

内腔容积小于或等于 0.01cm^3 、增重为 1.0mg 或增重更多及内腔大于 0.01cm^3 、增重为 2.0mg 或增重更多的器件应当拒收。如果器件已被分组，增重多于一个重量差的器件应当拒收。器件如果失重或增重引起拒收的，可在 $125 \pm 5^\circ\text{C}$ 下烘烤 8h 后再进行试验。

12 试验条件 K-氟碳汽粗检漏试验

12.1 设备

本试验所用设备如下：

- a. 真空/压力箱，能对器件抽真空和加压到 620kPa ，并能维持到 12h 。

- b. 氟碳汽检测系统，检测汽质量的能力等效于 0.28mg 的 I 型氟碳液。
- c. 表 1071—2 中规定的 I 型检测液。
- d. 按规定适用的已校准仪器，它指示试验、清洗时间和温度。检测系统至少每个工作班校准一次，校准时，向试验箱内注入 1mm³ 的 I 型检测液。所得读数应按承制方的说明调节。
- e. 试验条件 K 所用汽体检测器，至少每个工作班校准一次，采用 I 型液校准源。并遵循承制方说明书推荐的方法。

12.2 程序

应把器件放入真空/压力箱中，把压力降至 667Pa 或更低，至少维持 30min。向压力箱中注入 I 型检测液使其浸没器件。应在抽真空 30min 后，放气之前，向压力箱中注入检测液。按照表 1071—3 给器件加压，加压时间完成后，将压力释放，并将器件连同容器从压力箱中取出，整个过程要多于 20s，器件要保持在氟碳液容器中。当器件从容器中取出后，在试验循环前，应在空气中干燥至少 20s，最多 5min。如果 I 型检测液的沸点低于 80℃，最大干燥时间应降为 3min。然后，用氟碳汽检测系统对器件进行检测，该系统已按 12.1 校准过。清洗时间应符合表 1071-6。试验时间至少 3.5S，除非器件提早拒收。系统清洗和试验箱温度应为 125 ± 5℃。若清洗和试验箱温度为 150 ± 5℃，试验时间至少为 2.5s。

注：应在与受试器件相接触的箱表面处测量温度。

12.3 失效判据

若检测仪指示多于 0.28mg 的等效值（检测液符合表 1071—2 的 I 型），则器件拒收。

表 1071—6 清洗时间

具有内空腔的封装 cm ³	在 125 ± 5℃ 下的清洗时间 s
≤0.01	≤5
≥0.01 0.10	≤9
≥0.10	≤13

注：清洗时间定义为进入试验模式前器件加热的整个时间。最大清洗时间可以用循环具有 0.5~1.27mm 孔的器件测定。可以在器件未经泄漏检测的情况下测量最大清洗时间。

13 试验条件 L1 或 L2 — 光学粗漏或粗漏/细漏检测

13.1 设备

- a. 光学检测台，能抽真空和（或）加压，接着能检测封装盖罩是否变形。
- b. 合适校准的仪器，能指示试验结果、规定的时间和压力。

13.2 盖罩硬度

试验条件 L1 和 L2 只适用于薄型盖帽的封装（一般，金属盖帽的厚度小于 0.6mm）。试验灵敏度与盖帽变形的程度有关，变形程度取决于具体所采用的压力变化和试验时间。对于具体的盖帽材料和尺寸，应符合下列公式：

试验条件 L1:

试验条件 L2:

式中:

R: 单个盖帽的最小宽度（内腔尺寸，mm）。

E: 盖帽材料的弹性系数。

E = 6895 × 10⁷pa

铝

E = 1379 × 10⁸Pa

铁镍钴合金

$E=4137 \times 10^8 \text{Pa}$ 陶瓷

T: 盖帽的厚度 (mm)。

13.3 漏率灵敏度

光学检漏试验应在某一试验压力 (P_0) 和时间 (t) 下进行, 应能提供所要求的漏率灵敏度。漏率灵敏度按下式计算:

$$L = (-1 \times 10^5 \text{Pa} \times V_0 / K_2 t) \ln(1 - d_{vt} / P_0 L_0)$$

式中:

L: 试验的漏率灵敏度 ($1 \times 10^5 \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$)

V_0 : 封袋内腔体积 (cm^3)

k_2 : 记率试验气体常数 (空气为 1.0), 氦为 2.67)

t: 试验时间 (s)

d_{vt} 封装盖帽变形的测量值 (mm)

P_0 : 试验时的试验箱压力 (Pa)

L_0 : 盖帽硬度常数, 根据封装尺寸计算 (mm/Pa)

13.4 试验条件 L1 — 光学粗检漏

将完整的器件放入密封试验箱。将光学干涉仪调整到观测封装的盖帽。然后将试验箱抽真空, 同时用光学干涉计观测盖帽是否变形。在视野内, 同时观测每一只封装是否压力变化其盖帽变形, 在减小的压力下保持时间 t_1 , (或等效程序), 其盖帽有无继续变形。

13.4.1 失效判据

开始, 随着试验箱压力改变, 如果光学干涉仪未检测到盖帽变形; 或在试验箱压力保持恒定 (或等效程序) 的情况下, 光学干涉仪检测到盖帽变形; 则器件均应拒收。

13.5 试验条件 L2 — 光学粗/细检漏

将完整的器件放入密封试验箱。将光学干涉计调整到观测封装的盖帽, 然后持试验箱抽真空, 同时用光学干涉计观测盖帽是否变形。在视野内, 同时观测每只封装是否随着压力变化其盖帽变形, 在减小的压力保持时间 t_1 (或等效程序), 其盖帽有无继续变形。然后将密封试验箱用氦气加压至不大于 $2 \times 10^5 \text{Pa}$ 。然后, 用光学干涉仪在时间 t_2 (或等效程序), 观测其盖帽是否变形。

13.5.1 失效判据

器件按下列三个判据中的任一判据拒收。开始, 随着试验箱压力变化, 如果光学干涉计未检测到盖帽变形; 或在压力保持恒定的时间 t_1 内 (或等效程序), 由于封袋漏泄其截留的内部压力, 而使光学干涉计检测到盖帽变形; 或在压力保持恒定的时间 t_2 内 (或等效程序), 由于封装在加压的氦气体中漏泄而使光学干涉计检测到盖帽变形。

14 摘要

适用的详细规范中, 应规定下列条件:

a. 试验条件字母, 当采用具体的试验时 (见 3)

b. 试验条件 G, H1 或 H2 的接收或拒收漏率, 当不采用本方法规定的接收或拒收漏率时 (见 10.2.1.1、10.2.2 和 9.5.1);

c. 试验后的测量 (见 3), 适用时;

d. 试验条件 G 和 H 的再试验接收判据。对于 k, 见 3e;

e. 进行细检漏和粗检漏的顺序, 如果不是在粗检漏之后进行细检漏 (见 3)。

15 说明

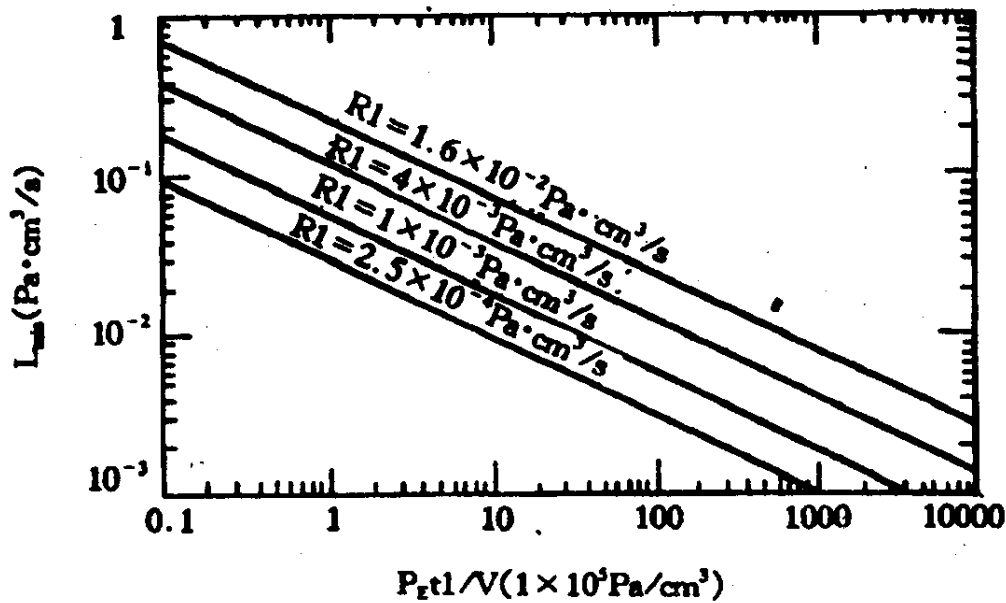
a. 如果粗检漏试验采用试验条件 A、B 或 E, 则应首先进行细检漏试验。如果粗检漏试验采用试验条件 C、D、J 或 L, 并且试验条件 C、J 和 K 所使用的碳氟化合物材料的气压 (可以进入器件内部) 大于 406kPa , $T_A = 125^\circ\text{C}$, 则粗检漏可在细检漏之前进行。在进行细检

漏

试验之前，器件应在此温度下至少焙烘 1h。此顺序与漏率试验是否是筛选顺序的一部分，或是否列入了 B 组或 C 组检验均无关系。

b. 试验条件 A 至 E、E 和 L1 均不规定允许的最大漏率，因为这些试验是“通过” / “不通过”类试验项目，不提供实际漏率。虽然试验条件 A、B、K 和 L1 具有明确需要符合的定量测量，但仍认为是“通过” / “不通过”试验项目。

C. 当按试验条件 G 和 H 对器件进行再试验时，为了保证得到可靠的结果，应已知器件暴露到氦或氪 85 中的历程，包括日期、充气过程、示踪气体浓度、压力及时间。

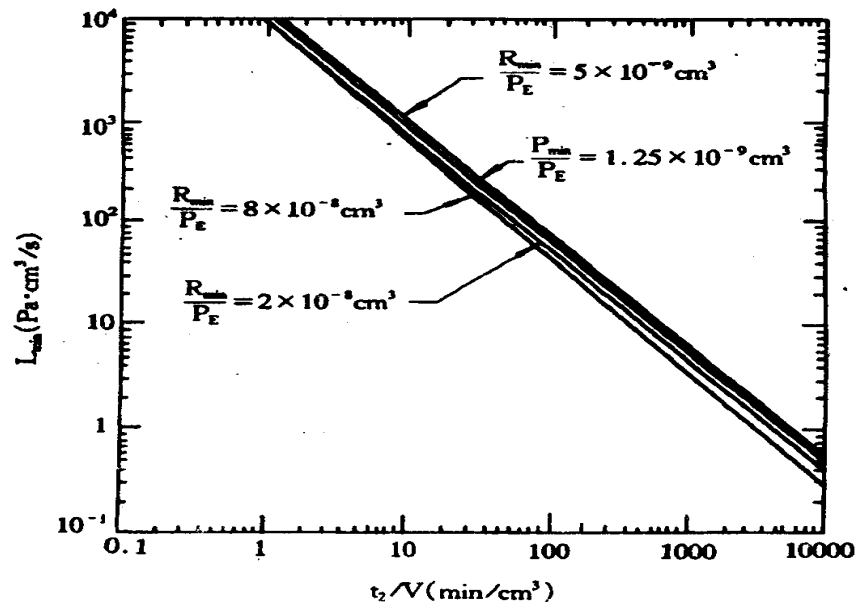


对于停留时间 t_2 不是有效因子的小漏率，由近似解法计算的等效标准漏率的拒收值是加压条

件和指示漏率的函数。最小能检测的 R 值应小于拒收水平 R_2 。

困 1071-1 最小可检漏率

图 1071-1 最小可检漏率



由近似解法计算的等效标准漏率的试验上限值是停留时间、压力和指示漏率的函数（如内部压力充足情况下的较大漏率）。

图 1071-2 最大可检测漏率

2000 系列 机械性能试验

方法2005

轴向引线抗拉试验

1 目的

本试验是为了确定轴向引线玻璃壳二极管抗拉力的能力，即在经受拉力和温度控制条件下进行正向测试时，有无间断或开路现象。本试验可能是破坏性的。

2 设备

a. 数字电压表和能把 100mA 直流电流施加于被测器件的恒流源。优先采用电池供电，如果要采用恒流源，则可采用约 5V 的电压箱位。

b. 加载器，满量程刻度为 44N（或等效的），能测量 $35\text{N} \pm 10\%$ 。

c. 拉力试验夹具，当施加 35N 轴向拉力时能夹住二极管两端。一个夹子对支架必须电绝缘，使得能监测二极管正向电压。

d. 热空气源，能够将二极管环境加热到 $T_A = 150 \pm 5^\circ\text{C}$ （ T_j 约为 175°C ）。

3 程序

将被试二极管安装在拉力试验夹具中，将电监视设备与二极管引线相连，流过二极管的正向电流为 100mA，同时记下正向电压。然后将二极管的环境温度增加到 150°C 。在直流 100mA 下正向测试小信号开关二极管时，因二极管热阻使二极管的结温（ T_j ）约比环境温度高 25°C （ T_j 约为 175°C ），在 100 mA 下，硅开关二极管（计算机类型）有约 -1.2mV/K 的温度系数。因此，在环境温度从 25°C 升到 150°C 期间，预计电压会下降 150mV（至少 100mV），当稳定在这个温度之后，应对轴向引线施加 35N 的拉力，同时观察正向电压的变化。

4 失效判据

在施加 35N 拉力期间，合格器件不应出现正向电压的增长大于 30mV，任何不稳定或开路均应认为二极管失效。

5 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

a. 环境温度，若不是 $150 \pm 5^\circ\text{C}$ ；

b. 测量电流，若不是 100mA 直流；

c. 轴向拉伸应力，若不是 35N；

d. 正向电压允许的变化，若不是 30mV。

方法 2006

恒定加速度

1 目的

本试验是为了确定离心力对器件的影响。恒定加速度试验是一种加速试验，以检验在冲击和振动试验中不一定能检查出来的结构和机械上的缺陷。

2 设备

应自满足详细规范的最低要求。

3 程序

应通过外壳或正把安装把器固定住，引线或电缆应适当保护，然后对器件在 X1、X2、Y1、Y2、Z1 和 Z2 各方向上加规定的离心加速度 1min。加速度逐渐增加到规定值的时间不少于 20s，加速度逐渐减到零时间不少于 20s。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 所加离心加速度大小，以 (m/s^2) 为单位 (见 3)；
- b 试验后所进行的测试。

方法 2016

冲击

1 目的

本试验是为了确定器件耐中等冲击的能力。例如由于操作不细心、运输或野外工作中产生的冲击，这类冲击，尤其是重复冲击脉冲可能影响器件工作特性或引起类似于过度振动所导致的器件损伤。

2 设备

应能对器件提供规定峰值加速度和持续时间的冲击脉冲。来自传感器输出端的加速度脉冲应是半正弦波。此正弦波容许的失真不得大于规定峰值加速度的 $\pm 20\%$ 。传感器的固有频率应为所测冲击脉冲频率的 5 倍以上 (含 5 倍)。应在上升时峰值加速度的 10%和在衰减时峰值加速度 10%两点之间测试脉冲持续时间。对于 2ms 以上的规定持续时间，其绝对误差应是 $\pm 0.6ms$ 或规定持续时间的 $\pm 15\%$ 取较大者；对于小于 2ms 的规定持续时间，绝对误差应是 $\pm 0.1ms$ 或规定的持续时间的 $\pm 30\%$ 的较大者。

3 程序

冲击试验设备应牢地固定在试验台基成等效基面上，并在使用以前进行校平，造过外壳刚性地固定器件，对外引线作适当的保护。线器件在规定的方向上施加规定的冲击数。每次冲击，把托架升高到规定的加速度所需要的高度上，然后降落。应提供阻止托架再次冲击工作台面的方法。进行冲击试验时，如适用，电负载条件和测试应符合规定，终点测试应按规定。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 加速度和脉冲持续时间 (见 2)；
- b. 冲击方向及次数 (见 3) 3
- c. 电负载条件，如适用 (见 3)；
- d. 冲击时测试，如适用 (见 3)；
- e. 终点测试 (见 3)。

方法 2017
芯片粘附强度

1 目的

本试验的目的是为了确定半导体芯片与管座或与其它衬底连接的牢固性。

2 设备

加力仪，其准确度为满该度的 $\pm 5\%$ 或 0.5SN，取其大者。可以使用带杠杆臂的圆形测力计或线性运动加力仪施加试验所要求的力，试验设备应具有以下能力：

a. 芯片接触工具能将力均匀分布到芯片一个边（见图 2017—1）；

b. 设备保证芯片接触工具正面与管座或衬底安装面垂直；

c. 转动能力：相对管座/衬底的固定夹具和芯片接触工具，设备应具有转动能力，以便于接触工具与芯片边缘是平行的线接触，加力到芯片的工具与芯片接触应是从一端到另一端全部接触（见图 2017—2）；

d. 试验时，用有足够照明及 10 倍以上的双目显微镜检验芯片与芯片接触工具交界处的情况；

e. 对芯片面积小于双 1.65mm^2 的器件不用已校设备，而用任选设备。可用任何手持设备。上述 a、b 和 d 条的一般要求均适用。该工具能把均匀的力垂直加到芯片边（见图 2017-1、2017—2 和 2017—3），所用显微镜至少能放大 10 倍；

f. 试验条件 C 的工具：锤子、凿子或弹簧加载冲子是适用的。

3 试验条件 A，芯片剪切

试验条件 A 适用于芯片直接键合到管座或衬底上的器件。

3.1 程序

试验应按照本方法规定或按照包括有特殊部分结构的详细规范规定的试验条件进行。应对所有的芯片强度试验予以计数，并遵守具体的抽样、验收及追加的备份样品规定（该试验应认为是破坏性的）。

3.1.1 剪切强度

采用上述的设备（见 2）对芯片施加足以使芯片从管座上切断的力或对芯片施加规定的最低剪切强度（见图 2017—4）2 倍的力，取最先出现的状态。

A. 当使用线性运动加力仪时，加力的方向应平行于管座或衬底平面，并垂直被试芯片的一个侧面。

b. 当使用带有杠杆臂的圆形测力计用于施加试验所要求的力时，应围绕杠杆臂轴旋转，而且运动应平行于管座或衬底表面，并垂直被试芯片的侧面，接触工具应接在水平杯臂适当的距离上，以保证所加力的准确性。

C. 芯片接触工具应把力缓慢地从零增到规定值并加到芯片的一个侧面。该侧面与管座或衬底的夹角接近 90° （见图 2017—3）。对于矩形芯片，将力垂直地加到芯片的长边上，当由于封装形状使上述选择均不适用的话，芯片的任何可适用的边均可试验。

d. 在接触工具与芯片侧面接触后的整个加力时间内，接触工具的相对位置不应垂直移动，以免与管座（衬底）、芯片焊接材料产生接触。如果工具在芯片上方滑脱，可以用一个新芯片代管或芯片重新定位，但要符合 3.1.3 的要求。

3.1.2 器件接收判据

3.1.2.1 失效判据

如果芯片焊接剪切发生如下情况，则认为器件失效：

a. 剪切力小于图 2017—4 中 A 线规定的最低剪切强度要求；

b. 剪切力小于图 2017—4 中 A 线规定的最低剪切强度要求的 1.25 倍（即 B 线）且芯片

与焊接材料的粘润面积小于芯片连接面积的 50%时;

C. 剪切力小于图 2017—4 中 A 线规定的最低剪切强度要求的 1.5 倍 (即 C 线) 且芯片与焊接材料的粘润面积小于芯片连接面积的 25 %时;

d. 剪切力小于图 2017—4 中 A 线规定的最低剪切强度要求的 2.0 倍 (即 D 线) 且芯片与焊接材料的粘润面积小于芯片连接面积的 10%时。

3.1.2.2 接收判据

如果芯片焊接符合如下情况, 则认为器件合格:

a. 用等于或大于图 2017—4 中 A 线规定的最低剪切强度要求的 2.0 倍 (即 D 线) 的力没有切断;

b. 残留的半导体材料的粘润痕迹等于或大于芯片焊接面积的 50%而不管所加剪切力的大小 (这条标准只适用于芯片面积小于 1.65mm^2 的器件)。

注: 芯片焊接材料的不连续面内粘润的半导体材料应认为是上述粘润痕迹。

3.1.2.3 分离类别

当规定时, 达到分离要求的力及分离类别规定如下:

- a. 有残余的半导体材料;
- b. 从芯片与芯片焊接材料处分离;
- c. 芯片与芯片焊接材料从管壳上分离;

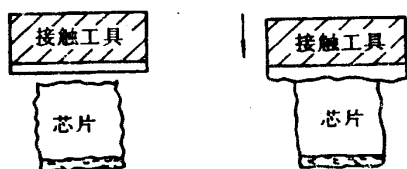


图 2017—1 均匀分布的力

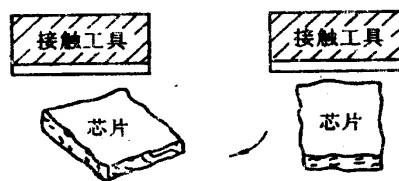


图 2017—2 转动能力

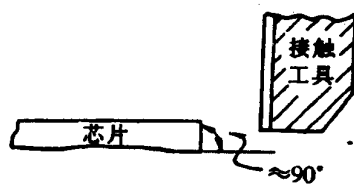


图 2017-3 使用垂直力

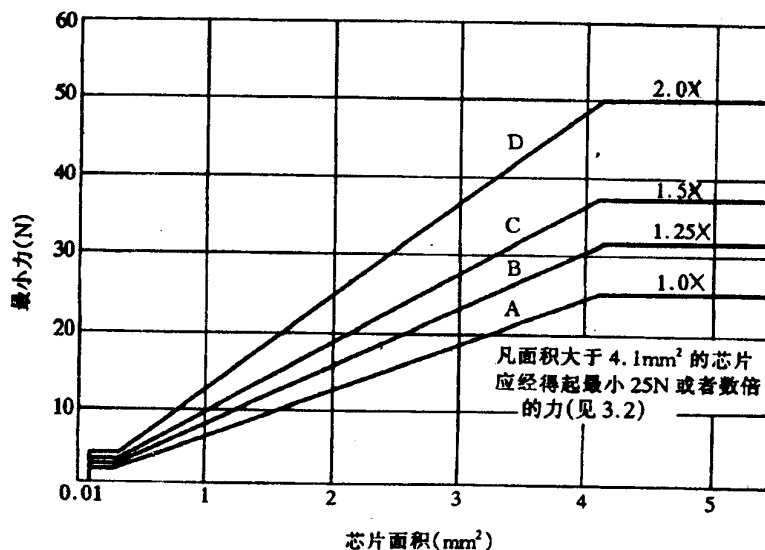


图 2017-4 芯片剪切强度标准（最小力与芯共粘附面积的关系）

3.1.3 摘要

详细规范应规定下列内容：

- 芯片是小焊接强度，如不同于图 2017-4 所示；
- 试验条件字母；
- 抽样大小和接收数。

4 试验条件 B，机械撞击

试验条件 B 可用于下列器件：（1）仅在硅材料芯片的一个面上与管壳或接触面之间有冶金焊接；（2）芯片两面与接触面有焊接或芯片一面与接触片有焊接而另一面与管座有焊接。

本方法不适用于芯片面积小于 $1.6 \times 10^{-4} \text{m}^2$ 的器件。

5 程序

将芯片连同管座（和/或接触片）放在适当的砧座上。对仅仅一面与接触片或管座焊接的

芯片，用圆头锤把硅材料击碎。在有焊料、钎料或合金空洞处不粘附硅材料，因此，可看到空洞。可目检接触片或管座，以确定空洞的大小和密度。与已建立的目检标准比较空洞的大小和密度，以确定芯片粘附性是否合格。对两面有粘附的芯片（两面有接触片或一面为管壳而另一面为接触片），可用锤子敲击一面接触片，或用凿子从侧面锤击，把芯片劈开。若用凿子劈开芯片，则应采用锤子敲击每一面，以敲掉所有废的硅材料。然后，按上述方法进行目检。

5.1 注系事项

在试验期间，应遵循以下注意事项：

- a. 使用凿子或锤子会带来飞溅的小片，必须戴防护镜，穿防护服；
- b. 破碎硅材料会产生锋锐的棱边，操作中必须小心，以免造成伤害。

5.2 失效判据

出现以下情况，则器件为不合格：

- a. 单个空洞面积大于芯片总面积的 3%；
- b. 所有空洞面积的总和大于总面积的 6%。

6 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 试验条件字母；
- b. 每批抽样数。

方法2026

可焊性

1 目的

本试验的目的是测定那些在连接时要用低熔点焊接的器件引线的可焊性。这种可焊性的确定取决于这些沉点被焊料涂覆时的浸润能力，或者当没焊锡时形成适当的接触角的情况。这些步骤将检验为了有利于低温焊而在生产过程中采取的处理方法是否符合要求，并且证明它是设计要求进行低温焊连接的器件都已进行了这种有利于低温焊的处理。本试验包括有加速老化试验，它模拟了在具有不同有害作用的各种贮存条件组合下的自然老化。

1.1 定义

1.1.1 可焊性 solderability

金属被焊料浸润的特性。

1.1.2 浸润 Wetting

在被检测表面形成均匀、平滑、无断裂低温焊料薄膜的过程。

1.1.3 多孔性 porosity

焊接处包含有许多小针孔和凹坑的海绵状不均匀表面的焊料覆盖状况（见图 2026—3）。

1.1.4 非浸润。nonwetting

表面虽然已与熔融焊料相接触，但焊料未能很好地附着在整个表面上，以致暴露出一部分被试验的表面（见图 2026—4）。

1.1.5 针孔和空洞 pinholes and voids

作为缺陷存在的穿透整个焊料层的小孔（见图 2026—1 图 2026—2 和图 2026—5）。

1.1.6 脱浸润 dewetting

指当熔用焊料覆盖了被试验的表面后由于收缩引起无规则形状的焊料堆积，它们与焊料薄膜覆盖区域隔开，但基底金属见图 2026—6）。

1.1.7 外来物质 foreign material

位于引线材料或涂层上其他材料构成的粒子（见图 2026—7）。

1.1.8 焊料与焊剂涂覆的最小位置 Solder and flux. minimum application depth

1.1.8.1 双列封装

指引线端都展宽为最大肩宽的位置或到达管壳的底面，取二者中高封口较远的位置。

1.1.8.2 径向引线封装（如扁平封装、顶部针焊方形封装）

指引线上离管壳不大于 1.27mm 的位置。

1.1.8.3 轴向引线封装（如金属管壳封装，针栅阵列封装）

指引线上到封装主体或者到封装平面或者到支座上（取其高玻璃封口处最远的一个）距离不大于 1.27mm 的位置。

1.1.8.4 有引线片式载体（即 J 形弯曲，翼形）

指引线上等于由基平面的扩展或引线上开始拓宽的位置。

1.1.8.5 无线片式载体

指城堡体顶部与引出端区之间距离的 50% 的位置。

1.1.8.6 带有压扁（扁平）冲孔引出端的螺纹安装器件

平坦位置或比朝向器件本体的引出端的孔底低 1.27mm 的位置，取其小者。

2 设备

2.1 焊料槽

焊料槽尺寸应能容纳至少 1kg 的焊料。该设备应能把焊料保持在 4.3.2 规定的温度。在浸焊料过程中，焊料应处于静止状态。

2.2 浸焊料工具

应采用一种浸焊料工具，它能够按 4.3.2 的规定控制引出端点出入焊料槽的速率，并控制在焊料槽内的停顿时间（在所要求深度的总时间）。样品的夹具不要与焊料槽接触。

2.3 光学设备

应采用放大倍数为 10—20 倍的双筒光学显微镜。

2.4 水汽老化设备

应采用大小能足以容纳样品的耐腐蚀的容器。样品放置的位置必须是使样品的底部至少高出沸水（见 3.3）表面 4-5cm 的距离。支撑样品的支架必须采用无杂质污染的材料。这种设备应能按 4.2 要求，验证是否已达到规定的温度。

2.4.1 系统的清洁

设备应至少每月进行一次排空与清洗，或在使用前进行。可能需要更频繁的清洗。清洗时必须使用无污染的溶剂。

2.5 焊料铬铁

传导温度受控的焊料铬铁，其适当的热容量应使在整个焊接操作中进行可靠的焊料连接，保持适当的焊料温度。

3 材料

3.1 焊剂。

焊剂应为符合标准 GB9491 规定的“R”或“RMA”型松香焊剂。

3.2 焊料

应采用 39 锡铅焊料（代号为 HLSnPb39），该焊料应符合标准 GB3131 的规定。

3.3 水

用于水汽老化的水必须是蒸馏水或去离子水。

注意：这些材料中可能包括有以下物质：易燃的；对眼睛皮肤或呼吸系统有害的；或者具有巨大烧毁能量的。对眼睛和皮肤应该予以保护。当处置热的物体时应带防热手套。

3.4 铜标准缠绕线

4.4.3 规定的标准缠绕线应按规定采用软的或拉制的和退火未涂覆的引线来制造，引线直径应为 $0.635 \pm 0.127\text{mm}$ 。引线制备应按以下规定：

- 拉直并按合适的长度（至少 50.8mm）切断；
- 按要求去油并清洗，以保证引线表面无污渍；
- 浸入焊剂（GB9491，RMA 型）；
- 在 $245 \pm 5^\circ\text{C}$ 浸入熔融焊料 5s；
- 在异丙醇中清洗，以去掉或溶解残留的 RMA 型焊剂；
- 如不立即使用，标准引线应贮存在清洁带盖的容器中。

注：（1）所有化学制品应符合有关规定，纯净的溶剂通常要去掉杂质来使用。

（2）上述步骤中可能包括有以下物质：易燃的；对眼睛、皮肤或呼吸系统有害的；或者具有巨大烧毁能量的。对眼睛和皮肤应予以保护。当处置热的物作时应带防热手套。

4 程序

应根据有关规范中规定的引出端数目进行试验。本试验可以在存贮或发货包装之前进行，也可以从承制方的保护性包装中取出器件后立即进行，或作为鉴定和质量一致性检验的

项试验。试验用样品应随机抽取。操作时应注意不要把试样表面弄粗糙或被油、汗水或异常的气氛等污染。试验步骤应包括以下操作：

- 必要时，对样品进行适当的预处理（见 4.1）；
- 对全部样品进行老化（见 4.2）；
- 加焊剂并把引出端浸入熔锡中（见 4.3 和 4.4）；

d.完成浸焊料过程后，检查和鉴定被试验的引出端（见 4.5）。

4.1 引出端的预处理

4.1.1 样品的预处理

试验前对引出端不得作擦、清洗、刮或摩擦性处理。应在规范中规定对引出端的任何特殊预处理，如试验前的弯曲或重新定向。

4.2 水汽老化

在加焊剂和浸焊料之前，对本试验选定的全部样品进行老化，即将被检测表面暴露于 2.4 规定的容器的水蒸汽中 $8\pm 0.5\text{h}$ ，引线处于不同高度的水汽温度根据表 2026 一旦确定，老化过程中只允许间断一次，但不得超过 10min，器件在完成规定的试验时间后应从试验设备中取出。

表 2026-1 高度与水汽温度的关系

海拔高度 m	水汽温度 3_{-3}°C
0~600	91
601~1200	89
1201~1800	87
高于 1800	85

4.2.1 干燥和存贮程序

从设备中移出试验样品，器件可以使用下述程序之一进行干燥：

- 在无沾污表面上的空气干燥；
- 允许在干燥环境中（推荐用于氮）最高采用 100°C 烘培且不超过 1h；
- 在环境温度下用空气干燥。

注：样品从老化设备中取出后的 2h 内若不做可焊性试验，必须在试验前将其存贮在一个干燥的大口瓶或干氮箱内最多 72h，如果超过这一存贮要求，样品将不能继续做试验。

4.3 引出端浸焊料

4.3.1 加焊剂

若详细规范无其他规定，被试验的引出端应按 1.1.8 的规定在室温下浸入焊剂 5~10s，然后在浸渍焊锡之前必须干燥 5~20s。不用时焊剂应被覆盖，在 8h 之后丢弃，或在 25°C 保持规定的比重在 0.838 和 0.858 之间，使用一星期之后丢弃。

4.3.2 浸焊料程序

试验前应从熔融焊料表面撤去渣和过烧的焊剂（对摇动或漂动的焊料槽可不作撤渣处理）。熔锡应保持在 $245\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的恒温下，将器件固定在浸焊料工具上（见 2.2），并把覆盖了焊剂的引出端侵入熔锡中一次（对无引线封装拐角引出端有可能浸入两次），其侵入深度按 1.1.8 的规定。在浸焊料之前，样品吊放在焊料槽上方的时间不得超过 7s，浸入和提起速率应为 $25.4\pm 6.35\text{mm/s}$ ，在熔锡中的停顿时间应为 $5\pm 0.5\text{s}$ ，对直径大于等于 1.02mm 的引出端为 $7\pm 0.5\text{s}$ 。浸焊料过程之后，使器件在空气中冷却。然后浸入异丙醇或等效溶液来清洗掉引出端上残存的焊剂。必要时，可用浸清了异丙醇或等效的溶液的潮湿软布、棉花签擦掉所有残存的焊剂。

4.3.2.1 镀金引出端的焊料浸渍

镀金引出端应用一个或两个焊料槽进行两次加焊剂和浸焊料处理。第一次浸入是为了清除引出端上的金。使用静止槽时焊料应在第一次和第二次浸焊料之间进行搅拌。对于镀金器件建议使用单独的焊料槽。

4.3.2.2 二极管浸焊料

在浸焊期间，应注意避免沿器件轴向的极限热梯度，夹具应不能散失二极管本体的热，也不能使非浸入的引线靠近管体是 1.3cm 之内。

4.4 缠绕线引出端

非设计的用于浸焊料应用的引出端（即焊片、引线柱和其他通常具有规定引线附着区的引出端结构，诸如孔、槽或隙缝）。

4.4.1 标准缠绕线的使用

在浸焊剂和焊料之前，引出端的引线附着区应使用 3.4 规定的标准缠绕线缠绕 1~1.5 匝，使其在浸焊料期间不会移动。

4.4.2 加焊剂

应使用合适的方法（诸如刷子）对引线包裹和引出端的附着区加焊剂。在浸焊料之前，多余的焊剂可从引出端去掉。

4.4.3 焊料铬铁程序

应使用 3.2 规定的焊料和 2.5 规定的焊料铬铁对引出端和缠绕线加焊料。对连接处加热直到焊料熔化 5~10s。加焊料之后，器件允许在空气中冷却。应通过将器件浸入异丙醇而得多余的焊剂从引出端去掉。必要时，可用浸没了异丙醇的潮湿软布、棉花签擦掉任何残存的焊剂。引线缠绕引出端可以利用 4.3.2 或 4.4.3 的加焊料方法。

4.5 引出端检查

引出端上的浸焊料部分应根据 2.3 采用 10~20 倍的双目放大镜进行检查。

4.5.1 引出端浸焊料评价

接收判据如下：

a. 引出端浸渍部分表面至少 95% 的面积覆盖有连续的新的焊料层；

b. 针孔、空洞、孔隙、未浸润或脱浸润不超过总面积的 5%，并且单一缺陷的区域不超过总试验区的 3%；

c. 元器件的用户/使用方可以确定浸焊料区域内的某一部分是关键部位。对这些关键部位以外区域中的可焊性缺陷，只要用户/使用方同意，可予以接收；

d. 任何两个在设计中并未要求相连的引出端或金属化区域之间不应存在焊料桥接。在由焊料浸渍引起桥接的情况下，若局部加热（如气体、烙铁或再浸润）导致了在显微镜下观察到这些端部之间的绝缘区上焊料收缩和不浸润，那么该试验不认为是一种失效。受试的表面区域面积应按 1.1.8 的规定；

e. 仅对于有引线器件，暴露出引线端面的引线切口处不应用于进行引出端焊料覆盖的检查和评价；

f. 接收与否的判据见图 2026—1 到 2026—7。

g. 样品存在腐蚀和标志模糊，不应认为可焊性失效。应使用方法 1041 和方法 1022 以确定腐蚀和标志的失效模式。

注：应检查 4.5 规定的被试验表面的区域。如果从被试表面的所有视角表明覆盖小于 95% 应认为器件失败。在有争议的情况下，针孔、空隙覆盖的百分比将由对它实际测得的百分比将由对它实际测得的面积与总面积相比较来确定。

4.5.2 引线缠绕引出端的评价

可焊性接收判据如下：

a. 在标准缠绕线和引出端之间，轮廓线总长度的 95 % 与被测引出端的表面成正切。并且无针孔、空洞、孔隙、非浸润或脱浸润。

b. 与引出端表面结合的焊料轮廓线因为焊料应用方法而可能出现的非均匀流线，并且是按上述 a 规定施加浸润是可以接收的。

4.6 器件评价

可焊性试验之后，器件应按方法 2071 进行检验，并应满足关系到器件标志、字迹、腐蚀沾污物，涂覆和外来物质的判据。此要求仅适用于未按产品单元购买订货单发货的器件，而不做为可焊性终点试验的一个判据。

5 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- 每个器件要检测的引出端数目（见 4）；
- 适用时对引出端进行的特殊预处理（见 4.1）；
- 若与 1.1.8 规定不同时，应规定要求的浸入深度；
- 若与 2.3 规定不同，应规定要求的放大倍数；
- 如与本方法规定不同，应给出焊料成份、焊剂和温度；

f. 如不是一次循环，则应规定循环次数。如果规定进行多次循环来试验器件的抗热能力时（如在多次锡焊时所遇到的那样），应在第一次循环结束时和在规定的总循环次数结束时

进行必要的检查和测量。在一次循环后或全部循环结束后的任何一次测量和检查中，若器件失效，就应视作达不到本项要求。

图 2026-1 可焊性评价准则

引线 直径	mm							
	0.025	0.076	0.013	0.25	0.38	0.51	0.76	1.02
0.25	1000	111	40	10	4.4	2.5	1.10	0.62
0.38	1500	167	60	15	6.6	3.75	1.60	0.937
0.51	2000	222	80	20	8.8	5	2.22	1.25
0.76	3000	333	120	30	13.0	7.5	3.3	1.87
1.02	4000	444	160	40	17.7	10	4.44	2.50
1.27	5000	555	200	50	22.0	12.5	5.55	3.12
1.52	6000	666	240	60	26.6	15	6.66	3.75

注：本表使用说明：

（1）本表适用于长度为 12.7mm 的引线。

（2）观察整个引线的价况。

（3）表的左侧一列数据指引线直径。

（4）表的最上面一行数据指空洞直径。

（5）表中值为空洞数。

例：引线长度小于 12.7mm 的情况

A 引线长度为 8.9mm

B $8.9 / 12.7 = 0.7$

C 将表中给出的空洞数乘以 0.7，得到可接收的空洞数

D 对直径为 0.25mm 的引线，直径 0.03mm 的空洞，为 700 个空洞

E 对长度大于 25.4mm 的引线，见 4.5

长度为 12.7mm，直径为 0.635mm 导线的可焊性覆盖，放大 10 倍。

展开图

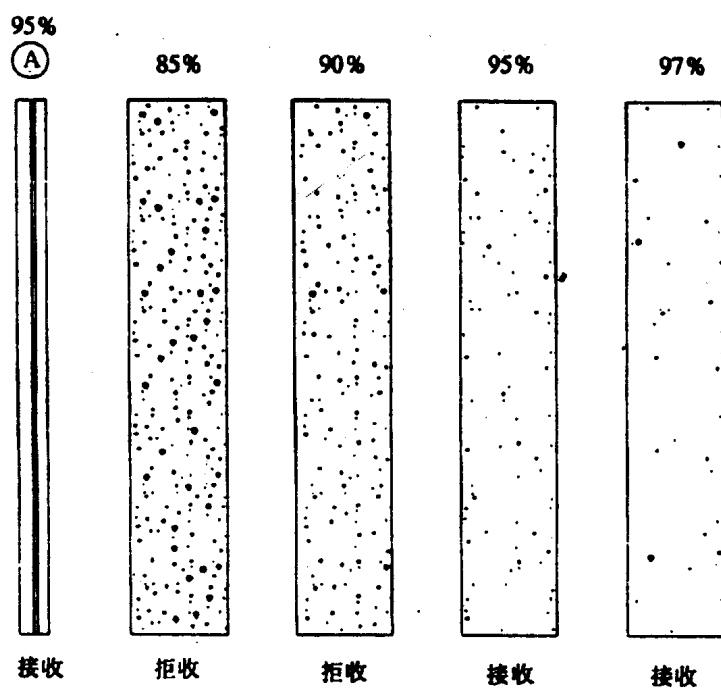


图 2026-2 可焊性覆盖

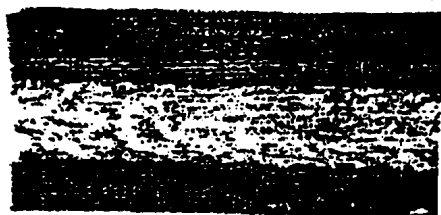


图 2026-3 多孔性



图 2026-4 非浸润



图 2026-5 针孔

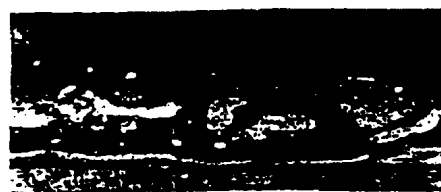


图 2026-6 弱浸润



图 2026-7 外来物质

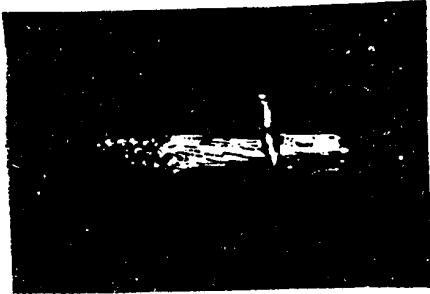


图 2026-8 接收引出示例

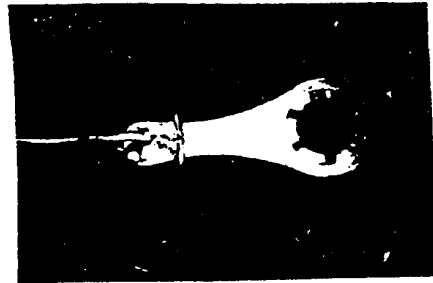


图 2026-9 非可焊引出端的示例

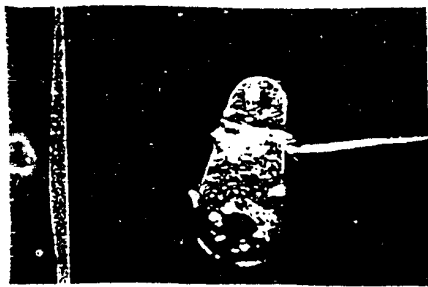


图 2026-10 接收可焊性绞线的示例



图 2026-11 显示不完全轮廓线的部分可焊性绞线的示例

1 目的

本试验是为了确定器件焊接时耐高温的能力。

2 设备

设备包括能控制温度的焊料槽。

3 程序

将器引线浸至离器件本体、焊管或短柱 $1.6 \pm 0.8\text{mm}$ 处，浸入温度为 $260 \pm 5^\circ\text{C}$ 熔融的焊料中 10.0^{+2}_{-0}s ，不加焊剂。每根器件引线浸入一次，为一次循环，循环次数应符合规定。根据承制方意见，全部引线可同时浸入，允许器件在循环之间恢复到环境温度。在浸入时间内，要防止沿器件轴向热梯度过大；固定夹具不应对壳体构成散热器，固定未浸引线离管体的距离不应大于 12.7mm 。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 循环次数（见 3）；
- b. 试验后测量。

方法 2036
引出端强度
试验条件A 拉力

1 目的

本试验是为了检验器件引线、焊接及密封处抗直线拉伸的能力。

2 设备

用于固定器件的适当夹具、老虎钳及施加拉力的规定重物（不限制引线活动）。

3 程序

在每个引线或引出端上无冲击地加上规定的力。器件管壳应保持在固定的位置。当试验轴向引线器件时，引线都处于铅垂位置，通过固定一根引线到夹具或老虎钳上而使器件固定住。用手动虎钳或等效工具在规定的时间内把规定的力（包括不夹具）悬挂在引线末端上。尽可能靠近每个引线末端拴挂重物，解除应力后用 10 倍放大镜检验。发现有断裂（密封弯月面处的除外）、松动或引线和器件管体之间有相对移动均认为器件失效。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 加到引线上的力（见 3）；
- b. 加重物的时间（见 3）；
- c. 试验后测试。

试验条件 D1 转矩（引线或引出端）

1 目的

本试验是为了检验器件引线及密封的抗扭转运动的能力。

2 设备

转矩试验需要适当夹具、固定装置及力矩扳手或加规定转矩的其它适当工具。

3 程序

用适当的夹具把器件管体牢固地夹紧。在规定的时间内，对引线最接近密封处的引出端部分施加规定的力矩。应无冲击绕器件轴向且在引线引出端之间会引起引出端松动的方向施加规定的转矩。

3.1 超高频及微波二极管

除非另有规定，在规定的时间内绕二极管轴向在引出端间无冲击地加上 $0.17\text{N} \cdot \text{m}$ 力矩，应在促使引线松动的方向上加力矩。应允许承制方推荐夹紧方法。

3.2 当去掉应力，使用 10 倍放大倍数放大镜检查时，发现有断裂（弯月面除外）、松动或引出端引线和器件管体之间有相对移动，认为是器件不合格。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 施加力矩大小（见 3.1）
- b. 施加力矩的时间（见 3.1）；
- c. 试验后的测试。

试验条件 D2 转矩（螺栓）

1 目的

本试验是为了检验螺栓型器件在装配时耐拧紧应力的能力。

2 设备

转矩试验要求适当夹具及固定装置，以及力矩扳手或施加规定力矩的其他适当工具。

3 程序

通过器件本体或凸缘将器件夹好，按次序把一个厚度等于被测螺栓 6 个螺距的扁平钢垫

圈和一个二级配合的钢螺母装在螺栓上。所有的零件都要清洁和干燥。无冲击地把规定的力矩加到螺母上，加力矩的时间按规定。然后从器件上拆下螺母和垫圈，并检验器件是否符合要求。

3.1 失效判据

如出现以下情况，则器件为不合格：

- a. 螺栓开裂；
- b. 螺栓拉长 $1/2$ 螺矩以上；
- c. 器件有明显的机械变形，例如，螺纹剥落；管座变形；螺栓弯曲；
- d. 通不过规定的试验后和终点测试。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 加力矩的大小（见 3）；
- b. 加力矩的时间（见 3）；
- c. 试验后的测试。

试验条件E 引线疲劳

1 目的

本试验是为了检验器件引线抗金属疲劳的能力。

2 设备

规定的重物 and 适当的夹具。

3 程序

适用时，在每个器件上试验两根引线。按循环规则选择引线，即第一个器件上的编号为 1-2 引线，第二个器件上的 2-3 引线。除非另有规定，把一个 $225 \pm 15\text{g}$ 的重物加到每根引线上。使管壳引线成如 $90 \pm 5^\circ$ 弧 3 次。在 2~5S 内完成一次弯曲。有任何玻璃破裂（密封弯月面处的除外）或引线断裂，应认为器件不合格。弯成弧的定义为：无扭力地移动管壳到垂直重力轴位置，然后回到正常位置。在同一根引线上的所有弯曲弧应在同一方向、同一平面内而不限制引线活动。

4 详细规范中应注定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 加到引线上的重物，若不是 $225 \pm 15\text{g}$ （见 3）；
- b. 弯曲次数，如不是 3 次（见 3）；
- c. 试验后测试。

试验条件F 弯曲应力

1 目的

本试验是为了检验器件引线、引线焊接及玻璃—金属密封的质量。

2 设备

固定器件的适当夹具或用于螺栓安装器件的其它支架。

3 程序

3.1 方法 A（适用于圆柱形器件）

用适当的夹具把器件的一根引线固定住。按实际可能，在尽量接近另一根引线或管脚的末端处并在器件基准轴的合适角度上，无冲击地加一个规定的力。

3.2 方法 B（适用于螺栓安装的器件）

把螺栓旋紧在适当的支架上，将器件牢固地固定住。并使其基准轴处于水平位置。用手动虎钳或等效的工具把规定的重物挂在引线焊片的小孔中，其时间按规定。

3.3 失效判据

去除应力后用 10 倍放大镜检查。发现有断裂（密封弯月面处的除外）、松动或引线 and 器件间有相对移动，认为不合格。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 预处理和条件，如需要；
- b. 固定到引线上的重物（见 3）；
- c. 试验方法（见 3.1 和 3.2）；
- d. 加重物的时间；
- e. 试验后的测试。

方法 2037
键合强度

1 目的

本试验是为了测试键合强度以确定是否符合相应的详细规范所规定的要求。本试验适用于通过焊接、热压、超声或有关方法键合的分立器件。键合种类分为：金属丝—芯片或内引线焊片—芯片键合、金属丝—封装引线键合或金属丝—衬底键合。

2 设备

本试验设备应包括：用来施加引起键合失效所需力的测力计。测力计应能在失效时测出所加的应力（以 mN 为单位），其测试准确度分三档：100mN（含 100mN）以下为 $\pm 2.5\text{mN}$ ，100~500mN 为 $\pm 5\text{mN}$ 超过 500mN 时为指示值的 5%。

3 程序

采用规定的试验条件进行试验。所有键合拉力应计数并遵守相应规定的抽样、验收及追加样品的要求。除非另有规定，键合强度试验所规定的 LTPD 应规定的最小样品数，是指要做最小拉伸数，而不是抽取的器件数（例如，试验条件 A 是金属丝数，试验条件 B 是键合点数，试验条件 C 是内引线焊接片数）。若在键合点上有明显增加键合强度的粘附剂、密封胶或其它材料，应在涂覆这些材料之前进行键合强度试验。如在涂覆上述材料之后进行，应除去以上材料。除非规定非破坏性极限，所有键合强度试验均为破坏性的。

3.1 试验条件

3.1.1 试验条件 A（金属丝拉力，双键合点）

本试验通常用于分立器件芯片（或衬底）和引线技的内部键合。在这种条件下，固定住器件，在引线金属丝的下面插入一个钩子，在金属丝的中间位置上加上拉力对双键合点同时进行试验。力应加在使键合点从芯片上分离的向上方向上，该力垂直于芯片或衬底的平面或两键合点之间的直线，偏差不超过 5°，当发生失效时，记录失效时的拉力及失效种类。

3.1.2 试验条件 B（金属丝拉力单键合点）（不推荐用于直径小于 $127\mu\text{m}$ 的金属丝）当要求分别地试验芯片（或衬底）及引线柱上的金属丝键合点时，或由于器件结构对试验条件 A 不适用时，可使用本试验条件。本试验所试验的键合点数应与试验条件 A 的规定相同。当分别地试验芯片和引线柱键合点时，应切断金属丝，为芯片和引线柱键合点的拉力试验提供两个适用的端点，在金属丝较短的情况下，为了让拉力加到一个端上，必须接近于另一端处切断金属丝。用适当的装置把金属丝的自由端夹紧，并对它加单纯的拉伸力。当金属丝由芯片键合（球焊）点的顶上引出时，应在与芯片或衬底的垂直线不超过 5° 的方向上加拉力。当金属丝在键合点（芯片或引线柱）的旁边引出时，应在与芯片表面间大于或等于 45° 的方向上加拉力。当发生失效时，应记录引起失效的拉力及失效种类。

3.1.3 试验条件 C（内引线焊片拉力）

本试验适用于分立器件引线柱和芯片（或衬底）处的内引线片。把器件固定住，在引线焊片下面尽量接近芯片连接处，插入一个钩子加拉力，拉力垂直于芯片或衬底，其偏差不超过 5°。当发生失效时，应记录引起失效的拉力及失效种类。

3.2 失效判据

所加的拉力小于表 2037—I 所给的应力条件下导致键合点分离时为不合格。表 2037—1 给出了指定试验条件、引线成份及结构所要求的最低键合强度。

3.2.1 失效种类

3.2.1.1 金属丝键合失效种类

金属丝键合失效种类如下：

- a. 金属丝在细颈处的断开（由于键合减少了横截面积）；
- b. 不是细颈处的金属丝断开；

- c. 键合点失效（金属丝和芯片金属化层之间的界面）；
- d. 引线柱、衬底上或不在芯片的键合失效（在金属丝和镀层或金属化层之间的界面）；
- e. 金属化层从芯片上翘起；
- f. 使金属化层或镀层离开衬底或管壳引线柱；
- g. 芯片破裂；
- h. 衬底破裂。

3.2.1.2 内引线焊片失效种类

内引线焊片失效种类如下：

- a. 芯片处的键合失效（内引线焊片和金属化层之间的界面）；
- b. 金属化层与芯片脱离；
- c. 内引线焊片与管壳引线柱分离；
- d. 芯片破裂；

应记录失效时的拉力和失效种类。

3.3 生产抽样失效后的程序（未封装的器件）

如果样品经试验后的失效数多于容许的数量时，应停止引起失效的设备生产该产品，直到样品通过试验为止。在引起失效的设备上生产的全部器件（从检验合格的下一个批次算起）为不合格，或者按表 2037—1 或图 2037—1 规定的最小键合极限拉力的 1/2，对器件进行 100 % 非破坏性筛选。假使 $\sigma \leq 0.2X$ ，非破坏性筛选的拉力可用 $(X - 3\sigma)/2$ 代替表 2037-1 的值。X， σ 是从上一批合格产品实际拉力数据中获得的统计数据。X 是平均拉力， σ 是标准偏差。如果使用退火的 99.999% 的纯铝金属丝，应将方程式中的分母改写成 3。然后将上述句子写成“规定的最小极限拉力的 1/3”。如果因芯片破碎引起失效，则不必采用此筛选程序，而要全批报废。因为芯片破碎引起失效表明了该管芯也许含有非破坏试验不能筛选的缺陷。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 试验条件字母（见 3）；
- b. 最低键合强度，如不同于 3.2 内规定或要求的键合强度分布细节时，如适用；
- c. LTPD（如不是 10）或被试验的键合拉力数和选取方法以及适用时的器件数；
- d. 失效拉力及失效种类报告的要求，适用时（见 3.2.1）。

表 2037-1 最低键合强度

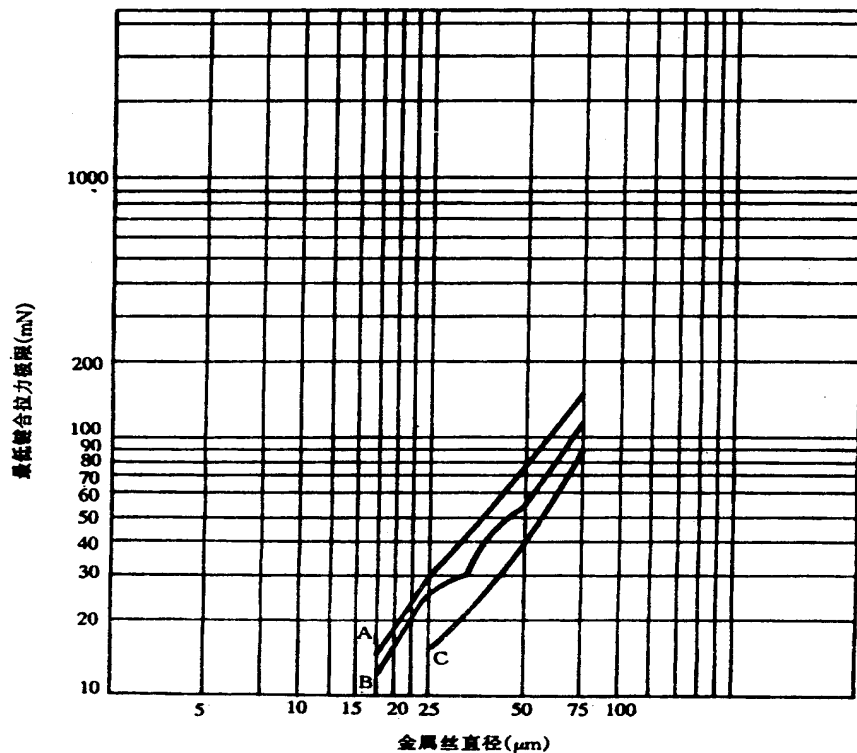
试验条件	金属成份和直径 ²⁾			最低键合强度 mN ¹⁾	
	$\mu\text{m}^3)$			密封前	密封后 ⁴⁾
A	Au	18	金属丝	15	12
A	Al	25	金属丝	25	15
	Au	25	金属丝	30	25
A	Al	33	金属丝	30	20
	Au	33	金属丝	40	30
A	Al	38	金属丝	40	25
	Au	38	金属丝	50	40
A	Al	51	金属丝	55	38
	Au	51	金属丝	80	55
A	Al	76	金属丝	120	80
	Au	76	金属丝	150	120
A	Al	127	金属丝	300	210
A	Al	254	金属丝	1200	800
A	Al	381	金属丝	2200	1600
A	Al	508	金属丝	3000	2400
C			内引线焊片	3000	3000

注：1) 对于试验条件 B，键合强度极限为试验条件 A 所要求的 75%。

2) 对于上表没有列出的金属丝直径，使用图 2037-1 及 2037-2 曲线来确定拉力极限。

3) 对于带状引线，使用与被测带状金属丝等到效截面积的圆金属丝直径来确定键合强度。

4) 适当时，所完成的密封后试验是指密封的工艺和筛选后的试验。

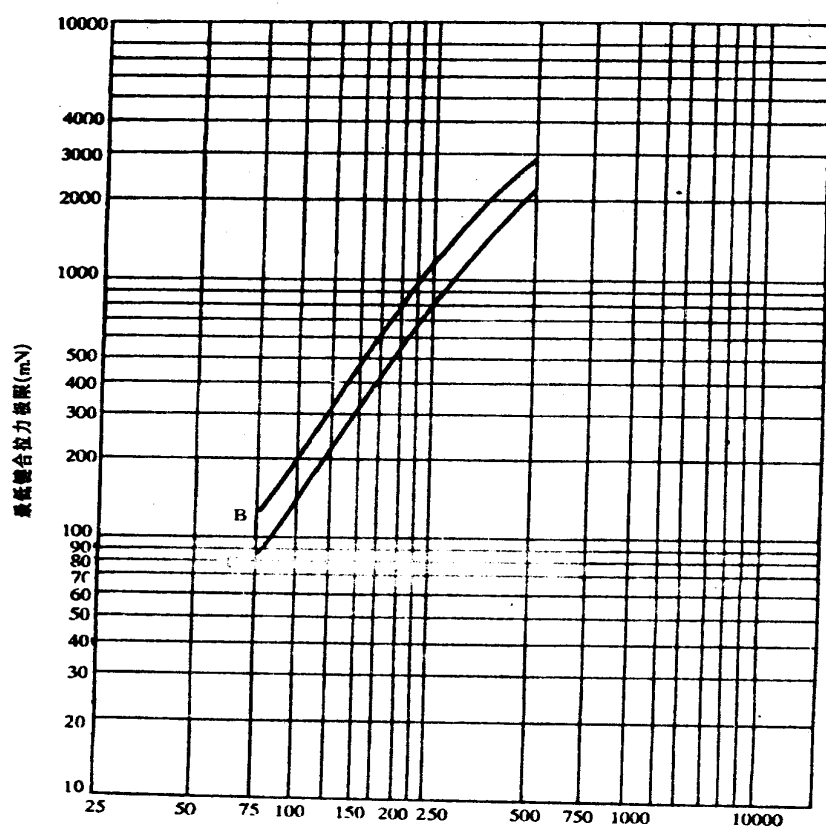


A 曲线—金（密封前）

B 曲线—金（密封后）及铝（密封前）

C 曲线—铝（密封后）

图 2037-1 键合拉力极限



B 曲线-铝（密封前）

C 曲线-铝（密封后）

图 2307-2 键合拉力极限

方法 2046
振动疲劳

1 目的

本试验是为了确定在规定范围内振动对器件的影响。

2 程序

把器件刚性地固定在振动台上，引线或电缆要适当固定。然后，按最少 196m/s^2 恒定峰值加速度并在 $50\pm 5\text{Hz}$ 范围内使器承受简谐振动。在 X1、Y1 及 Z1 各方向至少振动 $32\pm 8\text{h}$ ，总计最少 96h。

3 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

a. 试验后测试。

方法 2051
振动噪声

1 目的

本试验的目的是为了测试器件在振动条件下产生的电噪声的大小。

2 程序

器件和引线应刚性地固定在振动台上，引线或电缆要适当固定。器件至少按 196m/s^2 恒定峰值加速度作简谐运动。振动频率在 $100\sim 2000\text{Hz}$ 之间近似对数变化。每个循环在整个频率范围的扫描时间不少于 4min。在 X1、Y1 及 Z1 方向各进行一次循环（总计三次）。因此，总计振动时间不少于 12min。在试验电路中加上规定的电压和电流。用校准了的平均响应均方根（rms）高阻抗电压表来测试振动时在规定的负载电阻两端的最大噪声输出电压。该电压表能测试 2000Hz 正弦波电压的均方根值而误差不大于 3%。在频率 $20\sim 20000\text{Hz}$ 范围内该电压表的特性值误差为 2000Hz 时的 $\pm 1\text{dB}$ ，当频率在 20Hz 以下和 20000Hz 以上时，衰减率为每倍频程 $6\pm 2\text{dB}$ 。电路的最大本征噪声低于规定的噪声输出电压至少 10dB 。

3 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

a. 试验电压和电流（见 2）；

b. 负载电阻（见 2）；

c. 试验后的测试；

d. 噪声输出电压极限值。

方法 2052
粒子碰撞噪声检测试验

1 目的

本试验是为了检测器件内腔自由的粒子。本试验是为含足够质量粒子的那些器件提供一种非破坏性探测方法。其原理是粒子与外壳碰撞时激励传感器而被探测出来。

2 设备

粒子碰撞噪声检测 (PIND) 试验需要的设备 (或等效的) 组成如下:

a. 阈值检测器, 检测超过预置阈值的粒子噪声电压。设定的检测器阈值峰值为 $20 \pm 1 \text{ mV}$ (相对系统地的绝对值)。

b. 振动机及驱动器, 能对受试器件提供大体是正弦的振动:

条件 A — 在 $4 \sim 250 \text{ Hz}$ 下, 峰值加速度为 196 m/s^2 ($20g$)。

条件 B — 在至少 60 Hz 下, 峰值加速度为 98 m/s^2 ($10g$)。

c. PIND 传感器, 使在 $150 \sim 160 \text{ kHz}$ 频率内某一点峰值灵敏度校准到每 10 V/Pa 对应 $-77.5 \pm 3 \text{ dB} \cdot \text{V/Pa}$ ($-77.5 \pm 3 \text{ dB} \cdot \text{V}/\mu\text{bar}$)。

d. 灵敏度测试装置 (STU) (见图 2052-1), 以定期检验 PIND 系统特征。STU 由一个具有和 PIND 传感器同样容差的换能器和能以 $250 \mu\text{V} \pm 20\%$ 脉冲激励该换能器的电路组成。当用连接介质把该换能器连接到 PIND 传感器上时, STU 在示波器上产生峰值大约为 20 mV 的脉冲。

e. 由放大器组成的 PIND 电子设备, 该放大器在 PIND 换能器峰值灵敏度的中心频率下增益为 $60 \pm 2 \text{ dB}$ 。该放大器输出噪声的峰值不超过 10 mV 。

f. 粘附剂, 把被测器件接到 PIND 传感器上的粘附剂应与 STU 试验相同。

g. 冲击装置或工具, 它能把 $9800 \pm 1960 \text{ m/s}^2$ 峰值冲击脉冲加于受试器件。主冲击的持续时间不超过 $100 \mu\text{s}$ 。若采用可同时进行冲击试验的系统, 振动机的振动在最后一次冲击脉冲后可能受到不超过 250 ms 的中断或受到干扰。共同试验的持续时间可在 $50\% \pm 5\%$ 的点上测量。

3 程序

3.1 试验设备的安装

将振动机的驱动频率和幅度调到规定的条件, 应调节冲击脉冲, 使对受试器件的冲击峰值为 $9800 \pm 1960 \text{ m/s}^2$ 。

3.2 试验设备的校验

试验设备的校验至少每班进行一次, 不满足校验要求的失效系统应在最后一次成功的系统校验后, 再对试验的所有器件进行试验。

3.2.1 振动机驱动系统的校验

驱动系统应使振动机达到规定的频率和振幅。应校准驱动系统, 使频率调整在标称值的 $\pm 8\%$ 以内, 使振幅调整在标称值的 $\pm 10\%$ 之内。将直观位移监视器固定到传感器上, 就可用于 $1.02 \sim 3.05 \text{ mm}$ 幅度的监视。在所有振幅范围内, 均可使用加速度表, 振幅低于 1.02 mm 时, 则必须使用加速度表。

3.2.2 检测系统的校验

除去振动机的激励, 采用用于试验器件的粘附剂, 将 STU 的换能器与 PIND 传感器同轴地面对面安装。触发 STU 几次, 要在示波器上看到低电平信号脉冲和阈值检测。不是每次触发 STU 都产生要求的幅度。凡大于 20 mV 的脉冲均激励探测器。

3.2.3 系统噪声验证

系统噪声为相当恒定的带, 连续观开 $30 \sim 60 \text{ s}$, 噪声的峰—峰值不应超过 20 mV 。

3.3 试验顺序

下述试验，a 到 i 构成一个试验循环：

- a. 3 次试验前冲击；
- b. 振动 $31\pm s$ ；
- c. 3 次共同试验冲击；
- d. 振动 $3\pm 1s$ ；
- e. 3 次共同试验冲击；
- f. 振动 $3\pm 1s$ ；
- g. 3 次共同试验冲击；
- h. 振动 $3\pm 1s$ ；
- i. 接收或拒收。

3.3.1 安装要求

必要时，采取特殊的预防措施（例如在安装时，被试器件引线接地或试验操作人员接触），以防止静电损坏被试器件。

大多数器件类型要经过粘接介质直接安装在传感器上。为使灵敏度最大，用器件的最大平面对着传感器的中心（或轴）安装器件。如果器件有一个以上的大平面时，则选取其中截面最薄或厚度最均匀的平面对着传感器安装。例如，扁平封装，顶部朝下对着传感器安装。小轴向引线圆柱型器件，用其轴水平安装，圆柱体的侧面对着传感器。形状不是普通的器件，可以加特殊夹具。螺栓封装应利用一个圆柱体夹具，此夹具应有一个无穿通洞以便夹具的底部坚固。这种内洞直径应最小，且夹具直径应大于六倍扁平尺寸。这种夹具具有以下特性：

- a. 质量小；
- b. 声透射好；
- c. 与换能器表面完全接触，特别在中心位置；
- d. 与试验器件有最大实际接触表面；
- e. 器件不能松动；
- f. 适宜用粘接介质安装。

3.3.2 试验监视

应连续地监视每个试验循环（见 3.3），共同试验冲击及其后最多 250ms 内除外。在三个检测系统中，有一个或几个同时出现下述现象，都能指示粒子存在。

- a. 视觉指示，超过正常恒定背景“白噪声”电平的高频尖峰信号；
- b. 音频指示，出现卡搭音、暴音或喀达音，它不同于传感器上没有被试器件时的恒定本底噪声；
- c. 阈值检测指示，出现亮灯或双线示波器曲线偏转。

3.4 失效判据

在仪器正常条件下监测时，由三个检测系统中的任一个指示出除背景噪声之外的任何噪声爆发（由冲击本身引起的除外），都应导致器件拒收。拒收的器件不得重新试验，而试验系

统发生故障时，所有器件可进行再试验除外。如规定对某批产品要做附加的试验，对每个试验循环都应重复全部的试验程序（设备的安装、调试和共同试验冲击）。每个试验循环的拒收

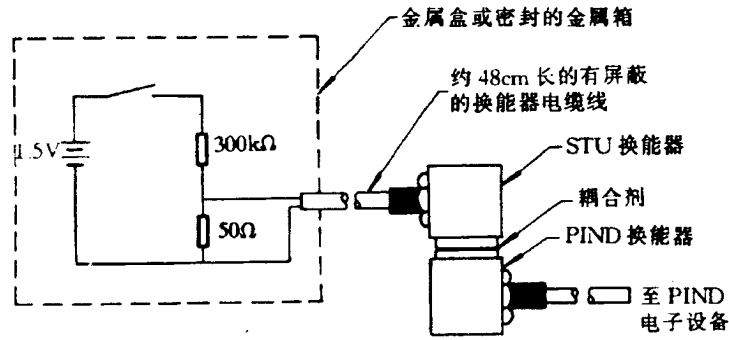
器件都要从该批中剔除，并且，不准在以后的试验批中重新试验。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 试验条件字母 A 或 B；
- b. 批接收或拒收判据（若适用）；

- c. 试验循环数，如不是 1 次；
- d. 试验前冲击和共同试验冲击的大小，若不同于规定。



- 注：(1) 按钮式开关应为无机机械振动、结构牢固、金触点的微动开关；
- (2) 电阻公差为 5%，且为无感电阻；
- (3) 电压源可用标准干电池；
- (4) 试验期间，相互耦合的换能器之间必须同轴；
- (5) 输出到 STU 换能器上的电压为 $250 \mu V \pm 20\%$ 。

图 2052-1 典型的灵敏度测试装置

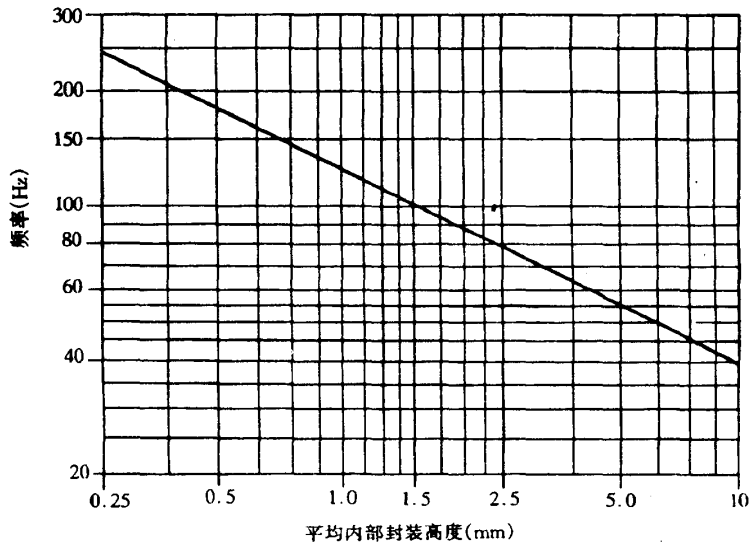


图 2052-2 $196m/s^2$ 加速度时，封装高度与实验频率的关系

方法 2056

扫频振动

1 目的

本试验是为了确定在规定频率范围内振动时器件的影响。

2 程序

2.1 安装

器件应刚性地固定在振动台上，引线和电缆要适当固定。

2.2 振幅

使器件承受最少 196m/s^2 的恒定峰值加速度。

2.2.1 频率范围

振动频率在 100Hz 到 2000Hz 之间，近似对数变化。

2.2.2 扫频次数及持续时间

从 100Hz 到 2000Hz 并回到 100Hz 整个频率范围的扫频时间不少于 4min，这个循环在 X1、Y1 及 Z1 方向各进行 4 次（总计 12 次）。因此，总计振动时间不少于 48min。

3 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

a. 试验后的测试。

方法 2057
扫频振动(监测)

1 目的

本试验是为了检验半导体器件在规定的频率范围内以规定的加速度振动时出现的故障。

2 程序

2.1 安装

器件应刚性地固定在振动台上,要特别注意保证器件引线上的电连接是可靠的,以防止振动时接触断断续续.在器件进行振动的场所要避免磁场。

2.2 振幅

器件以最小 196m/s^2 的恒定峰值加速度进行振动.监测某点的加速度,该点的加速度相当于支撑器件处的加速度。

2.3 频率范围

振动频率在 100Hz 到 2000Hz 之间近似对数变化。

2.4 扫频次数及持续时间

从 100Hz 到 2000Hz 并回到 100Hz 的整个频率范围的扫描时间不少于 8min.这个频率范围

在及方向各进行一次(总计三次).因此,总计振动时间不少于 24min.容许分段进行试验,但扫频速率和试验持续时间应符合要求.在进行下一个频段的试验之前,允许在一独立的频段内完成振动试验。

3 测试

加上规定的直流电压和电流,连续地监测半导体器件在振动时是否出现间断的开路及短路.该监测设备能检测出在详细规范内规定的电压或电流变化的持续时间和大小.另外,该设备应有一个可靠的“通过/不通过”指示器或记录仪,不能采用像示波器那样需要连续目视监视的设备。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节:

- a. 电试验条件;
- b. 电压或电流变化的大小和持续时间;
- c. 试验后的测试。

方法 2066
物理尺寸

1 目的

本试验是为了检验器件的物理尺寸。

2 设备

所用设备能检验器件尺寸是否符合详细规范的要求。

3 程序

检验半导体器件是否符合详细规范所规定的物理尺寸。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节:

- a. 器件的物理尺寸。

非透明玻璃封装、双插头、非空腔轴向引线二极管外观目检

1 目的

本检验的目的是对非透明玻璃封装、双插头、非空腔轴引线二极管的裂纹进行目检，此裂纹可影响气密封的完整性。

2 设备

放大倍数 10—20 倍的双目显微镜，足够照明用以目检玻璃管体。

3 程序

检验应在管体涂覆前完成，应在 10~20 倍放大倍数下检验玻璃管体是否有裂纹。

3.1 失效判据

在管体玻璃中呈现裂纹的任何器件应拒收。在管体两端密封弯月面内的裂纹或缺损不应拒收。

1 目的

进行封帽前目检的目的是验证封帽前检测点的组装工艺质量和结构。本标准中的各种检验和试验是验证与适用的详细规范要求的一致性。

2 设备

本试验所需设备应包括以下部分：

- a. 光学设备，具有规定的放大倍数；
- b. 适用的夹具，它固定受试器件但不引起器件损伤；
- c. 加盖的容器，适用于器件的贮存和搬运，它使器件免遭机械损伤和环境污染；
- d. 目检标准（图、照片等），使检验员对受试器件是否能接收做出客观的判断。

3 程序

3.1 总则

应在规定的放大倍数范围内按适当的观察顺序检验器件，以确定器件是否与本标准和适用的详细规范的要求相一致。

a. 检验顺序

本标准给出的判据顺序不是要求的检验顺序，承制方可自行改变。

b. 检验控制

在目检和密封前准备之间的时间间隔内，器件应贮存在受控的环境中（受控环境是指空气中尘埃和相对湿度受控）。采用正压惰性气体环境，如干氮，应满足贮存在受控环境中的要求。除在密封前进行清洁处理外，根据本标准，器件应在 100000 级环境中受检，允许的最高相对湿度不应超过 65 %。当器件搬运通过非受控环境时，应贮存在加盖的清洁容器内。

c. 放大倍数

低放大倍数检验可用单目、双目或立体显微镜，检验可用适当角度和适当照明完成。可用高放大倍数检验证实低放大倍数发现怀疑的器件。

高放大倍数检验是在 100~400 倍的范围内进行。

低放大倍数检验是在 30~100 倍的范围内进行。

3.2 键合检验（低放大倍数）

本检查和判据规定了对不同键合类型和位置必须进行的目检要求。检查时必须从顶部观察（见图 2069—1 和 2069—2）（在确定键合的物理尺寸时，键合引线的尾部不是键合的一部分），呈现下列现象的器件不得接收。

3.2.1 金丝球焊

- a. 球焊直径小于引线直径的两倍或大于引线直径的五倍；
- b. 金丝球焊线的引线部分不完全在球的周界范围内；
- c. 金丝球焊的引线不在焊接区的边界范围内；
- d. 在金丝球焊的四周形成可见的金属间化合物。

3.2.2 楔形键

a. 超声/热超声楔形键，其宽度小于内引线直径的 1.2 倍或大于内引线直径的 3 倍，其长度小于内引线直径的 1.5 倍或大于内引线直径的 3 倍（从上面观察，在截断前）；

b. 热压楔形键，其宽度小于内引线直径的 1.2 倍或大于内引线直径的 3 倍，其长度小于内引线直径的 1.5 倍或大于内引线直径的 3 倍。

3.2.3 无尾键（月牙形）

- a. 无尾键，其宽度小于内引线直径的 1.2 倍或大于内引线直径的 5 倍，其长度小于内引

线直径的 0.5 倍或大于内引线直径的 3 倍；

b. 无尾键，其键合压痕未覆盖整个内引线宽度。

3.2.4 一般情况（金丝球焊、楔形键和无尾键）

从上方观察，呈现下列现象的器件不得接收：

a. 在芯片上，键在未被玻璃钝化层覆盖的键合区之内的部分不到整个键的 75%（若由于几何尺寸原因，键合区尺寸小于键，则判据可改为 50%）；

b. 内引线的键合尾部延伸和接触到未被玻璃钝化层覆盖且与此内引线相连的金属化层；
c. 内引线的键合尾部，其长度在芯片键合区超过内引线直径的 2 倍，在管壳或引线柱上超过内引线直径的 4 倍；

d. 在管壳引线柱上的键合，键合不完全在引线柱顶部平面内；

e. 在另一键合上部键合，键合的内引线尾或引线的残留段上的键合，并靠原先的键合区再进行超声楔形键合，原先键合区可观察宽度的减少不足 6.35 μ m，即认为是可接收的；

f. 键合与相邻的未钝化不相连的芯片金属化层的距离小于 25.4 μ m；

g. 二次键合；

h. 金丝球焊，不足 50%的键合区位于无低共熔金属区内。

3.2.5 金属丝

本条规定了不同的位置必须进行的目检要求，检查时必须从上方观察。呈现下列现象的器件不得接收：

a. 引线与未被玻璃钝化层覆盖的工作金属化区之间、与另一引线之间（公用引线除外）、与封装接线柱之间、与未被钝化的相反极性的芯片区之间、与封装相反极性的任何部分（包括用于封装的凸线部分）之间的距离小于一根引线直径（不包括设计，但在任何情况下，此距离不能小于 6.35 μ m）（距芯片表面键合区周界 127 μ m 的球面内，此间距应大于 25.4 μ m）；

b. 引线上有裂缝、缺口、卷曲、划痕或变细，使引线直径减小 25%以上，键合压焊区除外；

c. 遗漏或多余的引出线；

d. 在键合点和引线交界处，键合上翘或裂口；

e. 从芯片键合区到封装引线柱之间的引线不是呈弓形，即应力不能释放；

f. 引线与其他引线交叉，公共连接及设计除外。在设计的情况下，距离最少为 25 μ m；

g. 引线未根据键合图纸键合（除设计文件中允许用于调谐的除外）；

h. 引线呈内角小于 90°的死弯（非故意的突然弯曲）或引线扭曲到应力呈非常明显的程度；

i. 金丝球焊的引线向封装引线柱或其它端子点弯曲之前，对于距离大于 12.7mm，引线与芯片表面法线方向偏离大于 10°。

3.3 封装条件（低放大倍数）

呈现下列情况的器件不得接收。

3.3.1 在芯片表面的多余物

可用规定气流（大约 1.35×10^5 Pa）将多余物或多余粒子吹掉，或用软驼毛照相机刷掉，然后检验器件，呈现下列现象的器件不得接收：

a. 松散粘附的导电粒子（粘附部分小于其最大尺寸的一半）的尺寸大到足以桥连未玻璃钝化有源金属化层的最窄间隙（硅渣或任何不透明材料应归为导电粒子）；

b. 芯片表面上的液滴、化学污斑或光致抗蚀剂桥连了未被玻璃钝化层覆盖的金属化层或裸硅区，未使用部分除外；

c. 芯片表面的油墨覆盖了键合区面积的 25%以上，或者，桥连了未被玻璃钝化层覆盖的金属化层或裸硅区，或它们的组合，未使用部分除外。

3.3.2 芯片安装

- a. 在芯片的三个周边以上或芯片周边的 75% 以上，观察不到在芯片和管座之间有安装材料。若器件通过了芯片粘附试验，则不要求检查浸润情况；
- b. 芯片安装材料成球状，从上方观察时看不见焊接轮廓；
- c. 芯片安装材料剥离；
- d. 芯片安装材料延伸至芯片顶部表面或垂直高度超过芯片顶部平面且妨碍键合。

3.3.3 芯片取向

- a. 芯片取向或位置与器件的组装图不符；
- b. 芯片与芯片安装面明显倾斜（大于 10°）。

3.3.4 内部封装缺陷（低放大倍数检查）（适用于底座、基座、盖和帽）

作为对盖和帽（根据 3.3.1a 判据）100% 目检的替代，盖和帽可做适当清洗处理以及进行质量验证程序并经鉴定机构批准，所提供的盖或帽在封帽或密封准备前一直保持在受控环境中。

- a. 管座或引线柱镀层出现气泡、起皮或龟裂；
- b. 导电粒子粘附部分小于该粒子最大尺寸的一半；
- c. 在玻璃绝缘子中，气泡或互连的气泡串大于引线和管体或引线和引线之间距离的一半；
- d. 管座引线柱严重弯曲；
- e. 尺寸大于 25.4μm 的玻璃、芯片或其它材料碎片粘附在管座的凸缘或边缘处，并有碍于密封；
- f. 沾污、油漆或管座变色延伸到芯片焊接区或引线键合区；
- g. 绝缘螺栓封装
 - （1）缺陷或异常使全属岛之间绝缘间隙比设计值减少 50 % 以上；
 - （2）衬底裂纹或劈开。

3.3.5 载体缺陷（氧化铍、氧化铝等衬底）

- a. 载体材料劈开；
- b. 载体金属化弄污或载体金属化设计图形不均匀，使工作的焊区、金属化条、盖安装金属化、边缘之间的距离比设计值小 50% 或 12.7μm，以小的为准；
- c. 影响气密性密封或芯片安装全金属化的氧化铍或工作金属化裂纹（工具痕或冷模界面线不是开裂，因此不是拒收的理由）；
- d. 金属化层翘起，剥离或气泡（在载体表面）；
- e. 粘附的导电多余物，它桥接金属化条、引线或有源电路元件的任何组合；
- f. 金属化层中的划伤或空洞沿长度在任何地方暴露其衬底，使留下的未涉及的原始全局宽度少于 75%；

注：为改进表面可焊性，有时在需要引线焊接的金属化区有意的刮擦一下，这种情况不引起拒收，刮擦面积必须满足 3.3.4b 的判据；

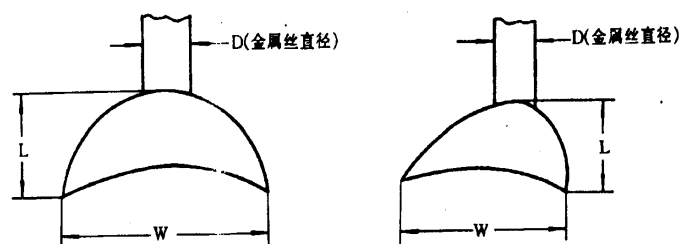
- g. 在操作和工艺过程中，由于不合理操作，在载体金属化中过度刮伤；
- h. 用焊料将载体与封装相粘连的浸润横面小于 50%；
- i. 管座引线柱与管座法线方向偏离超过 10°；
- j. 金属化焊区间设计的间隙有 50% 以上被引线粘附的熔点焊锡所占据。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

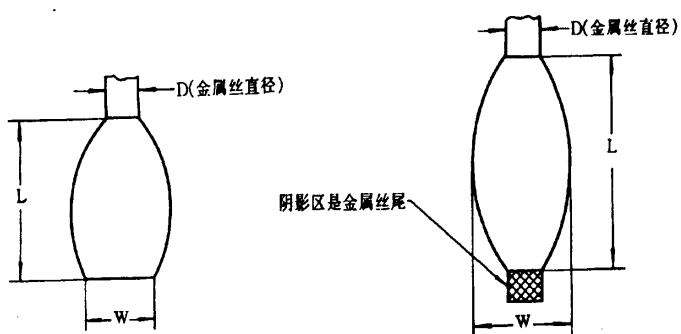
- a. 检验方法的例外和补充；
- b. 适用时，与已批准的电路设计布局或结构的不同处；

- c.适用时，给操作者用作比较的标准样品、图纸和照片；
d.适用时，特定的放大倍数。



A. 无尾或月牙形

注: 1) $1.2D \leq W \leq 5.0D$ (宽度)
2) $0.5D \leq L \leq 3.0D$ (长度)



B. 楔形

超声

热压

$1.0D \leq W \leq 3.0D$ (宽度)
 $1.5D \leq L \leq 5.0D$ (长度)

注: ① $1.2D \leq W \leq 3.0D$ (宽度)
② $1.5D \leq L \leq 5.0D$ (长度)

图 2069-1 键合尺寸

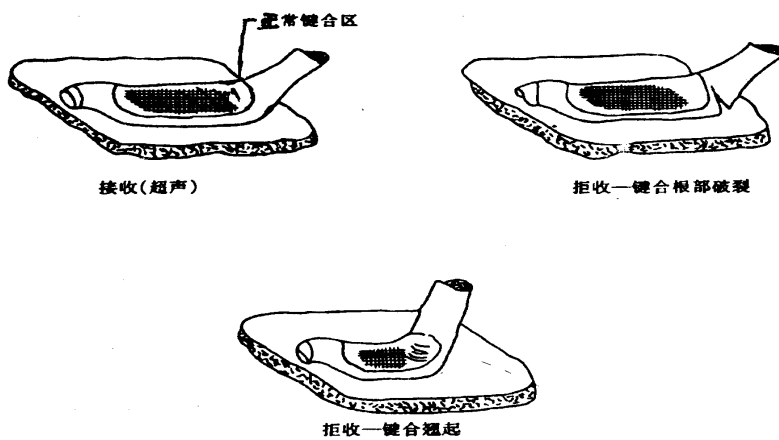


图 2069-2 翘起/破裂的键合

方法 2070
封帽前目检
微波分立和多芯片晶体管

1 目的

进行封帽前目检的目的是验证晶片、晶片直流测试、芯片检验和组装工艺的工艺质量和结构。本方法的备种检验和试验应用来检测并剔除有缺陷的晶体管，这些缺陷在使用中导致器件失效，本方法也可验证与适用的详细规范的要求是否相一致。

2 设备

本试验所需的设备应由以下组成：

- a. 光学设备，具有规定放大倍数，并备有正常入射光和暗场光；
- k. 适用的夹具，固定受检器件而不引起器件损伤；
- C. 加盖的容器，它适用于器件的贮存和搬运，使器件免遭机械损伤和环境污染；
- d. 目检标准（图、照片等），使检验员对受检器件是否接收能做出客观的判断。

3 程序

3.1 概述

应在规定的放大倍数范围内按适当的观察顺序检验器件，以确定器件是否与本标准和适用的详细规范的要求相一致。

a. 检验顺序

本标准的顺序不是要求的检验顺序，承制方可自行改变。

b. 检验控制

在目检和密封前准备之间的时间间隔内，器件应贮存在受控的环境中（受控环境是指空气中尘埃和相对湿度受控）。采用正压惰性气体环境，如干氮，应满足在受控环境中的贮存要求。根据本标准，器件应在 100000 级环境中受检。除非在密封前进行清洁处理。允许的最高相对湿度不应超过 65%，当器件搬运通过非受控环境时，应贮存在加盖的清洁容器内。

C. 放大倍数

高放大倍数检验应按需要采用垂直于芯片表面的正常入射光或暗场光，低放大倍数检验可用单目、双目在立体显微镜。检验可用适当角度和适当照明完成。低放大倍数发现怀疑的器件，可用高放大倍数检验证实。

（1）高放大倍数检查应在 60~200 倍的范围内进行。

（2）低放大倍数检查应在 30~60 倍的范围内进行。

（3）晶片检验应在 100~1200 倍的范围内进行。然而，所用的最低放大倍数必须满足检验要求。

d. 一般拒收判据：除非另有规定，如果出现的缺陷是在任一单元的 25%或整个芯片的 10%，应判为拒收。

e. 图 2070—5 至 2070-9 给出微波分立晶体管所用的不同版图。

3.2 圆片检验（可在金属化之后的任何时间进行）

对一批中的每个晶片应检查晶片四个象限的图形，并在晶片中心处进行。应根据表 2070-1 决定抽样数。

注：（1）若在探针测试之前进行检查，则批大小由大圆片上的芯片数决定。若检查在探针测试后进行，则批大小由电参数合格的芯片数决定。

（2）对拒收圆片中电参数合格的芯片，承制方可选择用相同或更大的放大倍数对引起大圆片拒收的缺陷进行 100%检验。

3.2.1 金属化检验

除非另有规定，适用于拒收条件是单元的 25%，芯片的 10%。有下列缺陷者不得接收：

- a. 金属化未对准，使欧姆接触窗口上金属化层面积小于 75%；
- b. 接触窗口的四周连续地被金属化覆盖小于 50%；
注：在底金属指端下终端接触介质台阶的远端，不需要金属化覆盖。
- c. 增强接触区必须覆盖 50%金属化；
- d. 非连接的金属化有缺陷间距，由于金属化连桥减少 50%以上或 $2.54\mu\text{m}$ ，以小的为
- e. 金属化侵蚀，金属化出现侵蚀现象；
- f. 金属化粘附，金属化出现翘起，剥落或起泡；
- g. 例外：周边金属化有缺陷、未对准不能拒收（周边金属化是用于多单元器件探针测试的，是无源金属化）。

3.2.2 玻璃钝化和氮化硅的缺陷

除非另有规定，拒收条件是单元的 25%，芯片的 10%。有下列缺陷者不得接收：

- a. 波同角过，妨碍其后对全用化空洞或创伤的检查，或龟裂面积大于芯片的 25 %；
- b. 玻璃钝化层脱层；
- c. 两条或多条相邻的有源金属化条未被玻璃钝化层覆盖，有意设计的除外；
- d. 裸露硅的键合区边缘未被玻璃钝化覆盖；有意设计的除外；
- e. 设计为键合区的面积被玻璃钝化层覆盖超过 25%；
- f. 玻璃龟裂超过芯片面积的 25%；
- g. 玻璃龟裂，在相邻的金属化条上形成闭合环。

3.3 芯片金属化缺陷（高放大倍数）

呈现下列缺陷的芯片不得接收：

3.3.1 暴露了下层金属化的划伤和空洞（见图 2070-1）

除非另有规定，拒收条件是单元的 25%和芯片的 10%。

- a. 划伤或空洞切断内层的金属化保护环；
- b. 芯片键合区的金属化中含有空洞，面积大于键合面积的 25%（见图 2070—1）；
- c. 适用于有延伸接触的所有器件。划伤（无论是否暴露在下层材料）或空洞使联结键合点和接触区的金属化未损伤的宽度小于 50%；
- d. 适用于多于 10 个的延伸接触区。离键合区近的半个接触区内，划伤或空洞占 50%，这种接触区多于 10%；
- e. 少于 10 个接触区的延伸接触区。在接触区中有划伤或空洞使隔离的接触区面积大于 10%；
- f. 金属化探测损伤。作为对探测损伤的限制，可应用 3.3.1b 的判据。

3.4 划片和芯片缺陷（高放大倍数）

呈现下列缺陷的器件不得接收（见图 2070—2）：

- a. 除非设计规定外在有源金属化层或键合点四周和芯片边缘之间可见的钝化层小于 $2.54\mu\text{m}$ ；
- b. 有源区中有残缺或裂缝；
- c. 划片线内长度超过 $50.8\mu\text{m}$ 的裂缝，其裂纹指向有源金属化或有源区；
- d. 残缺伸入到离有源区的 $25.4\mu\text{m}$ 范围内，或伸入到设计空边的 50%以内，以小的为准；
- e. 裂缝或残缺伸展到有源金属化层下面；
- f. 耗尽环损失了 25%以上的管芯则拒收，一个耗尽环包围一个分立单元。图形环包围整个管芯，真正的圆环与发射极有相同颜色。

3.5 键合检验（低放大倍数）

本标准规定了对不同键合类型和位置必须进行的目检要求。检查时应从上部观察（见图

2070—3 和 2070—4) (在确定键合物理尺寸时, 键合引线的尾部不认为是键合的一部分)。

有下列缺陷的器件不得接收:

3.5.1 金丝球焊

- a. 金丝球焊的直径小于引线直径的 2 倍或大于引线直径的 5 倍;
- b. 金丝球焊的引出线不完全在球的周界范围内;
- c. 金丝球焊的引出线不在焊接区的边界范围内;
- d. 在金丝球焊的四周形成可见的金属间化合物。

3.5.2 楔形键

- a. 铝丝: 超声/热超声楔形键, 其宽度小于内引线直径的 1.2 倍或大于内引线直径的 3 倍, 其长度小于内引线直径的 1.5 倍或大于内引线直径的 3 倍;
- b. 金丝: 超声/热超声楔形键, 其宽度小于内引线直径的 1 倍或大于内引线直径的 3 倍, 其长度小于内引线直径的 0.5 倍或大于内引线直径的 3 倍;
- c. 热压楔形键, 其宽度小于内引线直径的 1.2 倍或大于内引线直径的 3 倍, 其长度小于内引线直径的 0.5 倍或大于内引线直径的 3 倍;

3.5.3 无尾键 (月牙形)

- a. 无尾键, 其宽度小于内引线直径的 1.2 倍或大于内引线直径的 5 倍, 其长度小于内引线直径的 0.5 倍或大于内引线直径的 3 倍;
- b. 无尾键, 其键合压痕未覆盖整个内引线宽度。

3.5.4 一般情况 (金丝球焊、楔形键和无尾键)

从上方观察, 呈现下列现象的器件不得接收:

- a. 在芯片上, 键合在未被玻璃钝化层覆盖的键合区之内的部分小于键的 50%;
- b. 内引线的键合尾部, 延伸和接触到未被玻璃钝化层覆盖、且不应与此内引线相连的金属化层;
- c. 内引线的键合尾部, 其长度在芯片键合区超过内引线直径的 2 倍, 在管壳或引线柱上超过内引线直径的 4 倍;
- d. 在管壳引线柱上的键合, 未被完全键合在引线柱顶部平面内;
- e. 在另一键合顶部的键合、键合的引线尾部或引线的残留段上的键合。并靠原先的键合区再进行超声楔形键合, 原先键合区可观察宽度的减少不足 $6.35\mu\text{m}$, 即认为是可接收的;
- f. 键合与相邻未钝化不相连的芯片金属化的距离小于 $25.4\mu\text{m}$ 。若玻璃不出现开裂, 此距离可为 $2.54\mu\text{m}$;
- g. 键合应有以下限制:

(1) 划伤、开路或不连续的金属条或导电图形, 不能用桥连或增添键合引线 (或带) 的办法进行修理。

(2) 社会应安排在至少 50% 未损坏的金属上 (不包括有探针痕迹还未暴露氧化层的地方), 仅允许在设计的键合区内键合一次, 再键合不允许接触因翘起金属而暴露氧化层的地方。

(3) 再键合的总数限制为器件总键合数的 10%, 对再键合 10% 的限制应解释为器件键合最接近的整数, 键合应限制为引线到接线柱或引线到键合区, 对于需要清洗键合机所引起的首次键合失败后的键合脱落不认为是再键合, 只要把键合从正常键合区移走且不发现任何键合痕迹。初次键合未必可见。替换两端已键合的金属丝或金属丝一端键合失败计作一次再

键合。替换两端已键合的金属丝或金属丝另一端已键合、一端键合失败计作两次再键合。h. 金丝球焊, 不足 50 % 的键合区位于无低共熔金属区内。发红区不认为是低共熔区 (发红区定义为颜色发生变化但表面晶体结构未改变的区域)。

3.5.5 内引线

本试验和判据适用于从上方观察，器件呈现下列缺陷的不得接收：

- a. 引线与未被玻璃钝化层覆盖的工作金属化区之间、与另一引线之间（公用线除外）、与封装接线柱之间、与未被钝化的相反极性的芯片区之间、与封装相反极性的任何部分（包括用于封住的凸线部分）之间的距离小于一根引线直径的距离（不包括设计，但在任何情况下，此距离不能小于 $6.35\mu\text{m}$ ）（距芯片表面键合区周界 $127\mu\text{m}$ 的球面内，此距离应大于 $25.4\mu\text{m}$ ）；
- b. 引线上存有裂缝、缺口、弯曲、划痕或缩颈，使引线直径减小 25%以上，键合变形区除外；
- c. 遗漏或多余的引线；
- d. 在键合点和引线结合处，键合上翘或裂口；
- e. 从芯片键合区到封装键合区之间的引线不是呈弓形，即应力未释放；
- f. 引线与其它引线交叉，公共联结除外，设计的除外。在设计的情况下，距离最少为 $25.4\mu\text{m}$ ；
- g. 引线未根据键合图纸键合（除设计文件中用于调谐的以外）；
- h. 引线呈内角小于 90° 的死弯（非设计要求的突然弯曲）或引线扭曲到应力是非常明显的程度；
- i. 金丝球焊的引线与芯片表面法线方向偏离大于 10° ，引线弯向引线柱或其它端点之前偏离距离大于 $12.7\mu\text{m}$ 。

3.6 组装状况（低放大倍数）

呈现下列缺陷的器件不得接收：

3.6.1 在芯片表面的多余物

可用规定气流（大约 $1.35 \times 10^5\text{Pa}$ ）将多余物或多余粒子吹掉，或用软驼毛相机刷刷掉。然后按下列判据检验器件：

- a. 松散粘附的导电粒子（粘附部分小于其最大尺寸的一半）的尺寸大到足以桥连未被玻璃钝化有源金属层的最窄间隙（硅渣或任何不透明材料应归为导电粒子）；
- b. 芯片表面的液滴、化学污斑或光致抗蚀刻桥连了未被玻璃钝化层覆盖的金属化层或裸硅区，未使用部分除外；
- c. 芯片表面的油墨覆盖了键合区面积的 25%以上（即妨碍了键合），或者桥过了未被玻璃钝化层覆盖的金属化层或裸硅区，未使用部分除外。
- d. 任何延伸到金属化层的可捕获的非透明材料。

3.6.2 芯片安装

- a. 在芯片的三个周边以上或芯片周边的 75%以上观察不到在芯片和管座之间有安装材料。若器件通过了芯片粘附试验，则不要求检查浸润情况；
- b. 芯片安装材料成球状，从上方观察时看不见焊接轮廓；
- c. 芯片安装材料剥离；
- d. 芯片安装材料延伸至芯片顶部表面，漫过划片区，与有源区和金属化区的距离小于 $12.7\mu\text{m}$ 或垂直高度超过芯片顶部平面而且妨碍键合。

3.6.3 芯片取向

- a. 芯片取向和位置与器件的组装图不符；
- b. 芯片与芯片安装面明显倾斜（大于 10° ）。

3.6.4 内部封装缺陷（适用于底座、基座、盖帽）

作为替代 100%目检，盖和帽可做适当清洗处理，并做由鉴定机构批准的质量验证程序。并在封帽或密封准备前，一直保存在受控环境中。

- a. 底座或引线柱镀层出现气泡;
- b. 导电粒子粘附部分小于该粒子最大尺寸的一半;
- c. 适用于隔离的热沉封装;

(1) 缺陷和异常使金属岛之间的隔离区间隙比设计值减少 50%以上, 或减小 $5.08\mu\text{m}$, 以小的为准;

(2) 衬底开裂。

3.6.5 载体缺陷 (氧化铍、氧化铝等衬底)

- a. 载体材料的劈开;
- b. 载体金属化设计图形不均匀, 使工作的焊区、金属化条、盖安装金属化、边缘等之间的距离比设计值小 50%或 $12.7\mu\text{m}$, 以小的为准;
- c. 影响气密密封或管芯安装金属化的氧化铍或工作金属化开裂 (工具痕或冷模界面线不是开裂, 因此不是拒收的理由);
- d. 金属化层翘起、剥离或起泡 (在载体表面);
- e. 粘附的导电多余物, 它桥接金属化条、引线或有源电路元件的任何组合;
- f. 金属化层中的划伤或空洞沿长度暴露其衬底的任何地方, 使留下的宽度小于原先设计的 75%以上;

注: 为了改进表面可焊性, 有时在需要引线焊的金属化区有意地刮擦一下, 这种情况不引起拒收. 刮擦面积必须满足 3.6.4b 的判据.

- g. 在操作和工艺过程中, 由于不合理操作, 在载体金属化中过度刮伤;
- h. 用焊锡连接的主要部分、桥或接线柱, 其与封装连接浸润的横截面积小于 50%;
- i. 管座引线柱与管座法线方向偏高超过 10° ;
- j. 金属化焊区间设计的间隙有 50%以上被引线粘附的低熔点焊锡所占据。

3.7 电容器缺陷 (高放大倍数)

- a. 穿过金属的划伤, 它延伸整个金属长度并暴露了下层的氧化层;
- b. 金属化剥落 (键合尾拉力除外);
- c. 金属化出现侵蚀现象;
- d. 硅中裂缝指向金属化和在距金属化 $25.4\mu\text{m}$ 范围内有残缺 (金属化地部分除外);
- e. 距金属化层 $12.7\mu\text{m}$ 范围内有残缺 (金属化地部分除外);
- f. 经探针测试暴露了底层金属的面积超过了键合区面积的 20%;
- g. 在电容的三个周边以上或电容周边的 75%以上观察不到安装材料。若电容通过了已批准的电容粘附评价试验 (该试验在低放大倍数下完成), 则不要求检查浸润情况。

注: 为了进行调谐, 允许行多次键合. 然而在进行再键合前, 应把最初的键合丝完全除掉. 进行再键合必须根据设计文件.

3.8 对准 (适用于单元的 25%或管芯的 10%)

扩散线与其它扩散线相连为拒收, 接触区可与相同类型的有源区相连除外。发射极接触区能与发射极基极结相连, 但不能交叉。基极接触必须粘接接触区的 50%或更多。

注: 接触不扩散。

3.9 电阻器 (拒收判据是单元的 25%或管芯的 10%呈现下列缺陷)

表 2070-2 电阻器拒收判据

工 艺	缺 陷	拒 收
镍铬电阻器	变窄 钻蚀 桥连或多余的镍铬	桥连器宽度小于原设计的 90 % 电阻器宽度小于原设计的 75 % 分离电阻器图形间桥连
扩散电阻器	氧化层缺陷 轮廓不清 未对准 钻蚀 过腐蚀	没有可见的开口 接触宽度小于原设计的 90 % 电阻器宽度小于原设计的 75 % 电阻器宽度大于原设计的 125 %
多晶硅电阻器	变窄 钻蚀 桥连或多余多晶硅 未对准	电阻器宽度小于原设计的 90 % 电阻器宽度小于原设计的 75 % 分离电阻器图形之间桥连 接触间隔小于原设计的 75 %

若单元的 25 %或管芯的 10 %呈现烧毁或有缺陷的电阻器则拒收。

3.9.1 镍铬电阻器

薄膜淀积，然后成形，通常该电阻器把发射极条与发射极馈电金属相连，以控制电流。在射频集成电路中，它也能用作无源元件。

3.9.2 多晶硅电阻器（斜角形）

多晶硅薄膜淀积、掺杂，然后成形，通常该电阻器把发射极条与发射极馈电金属相连，以控制电流。在射频集成电路中，它能用作无源元件。

3.9.3 扩散电阻器

一扩散区，通常该扩散区把发射极条与发射极馈电金属相连，以控制电流。

3.9.4 接触和扩散缺陷

在芯片面积的 10%以上，接触面少于设计的 50%则拒收。若芯片面积的 10%以上有不连续的注入或扩散线，则该芯片拒收。不连线是曲折且不闭合的线。注入或扩散缺陷引起扩散区之间、金属之间及扩散区与金属条之间非设计的桥连，且大于芯片面积的 10 %，则该芯片拒收。注入或扩散区小于设计面积的 50%，则拒收。

3.9.5 钝化或氧化层缺陷

失效判据是单胞的 25 %或芯片的 10 %有下列缺陷：有源结未被钝化层或玻璃钝化层覆盖，则拒收；在边缘没有钝化层或氧化层并延伸到金属化层下面，引起该金属化层与下层材料短路（设计的除外），则拒收；钝化或氧化层缺陷使两金属化条桥连的则拒收。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 检验方法的例外和补充;
- b. 若适用, 与已批准的电路设计图或结构的矛盾处;
- c. 若适用, 给操作者用作标准的样品图或照片;
- d. 若适用, 特殊的放大倍数。

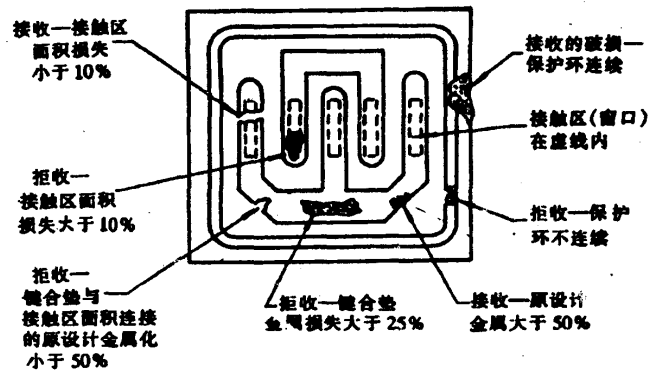


图 2070-1 金属化划伤和空洞(扩大接触)

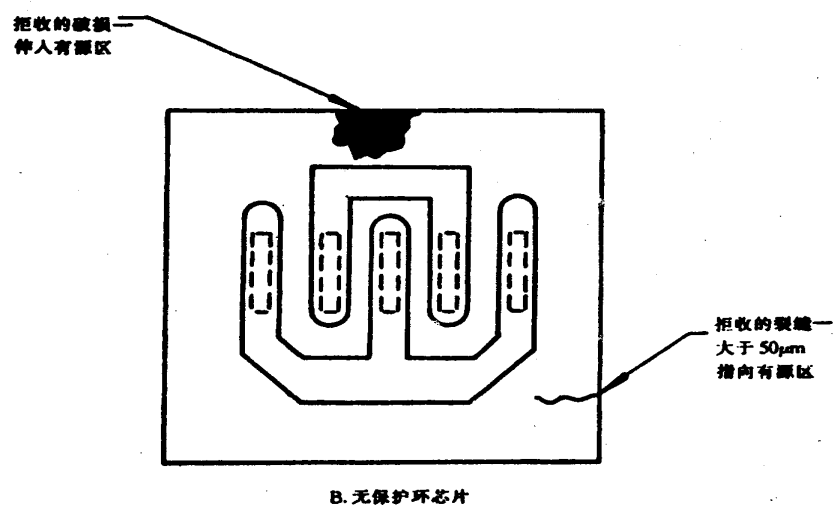
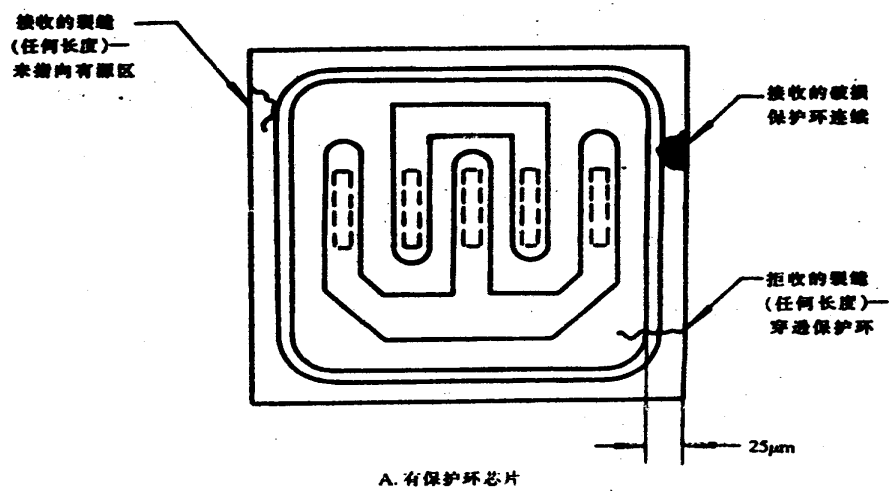
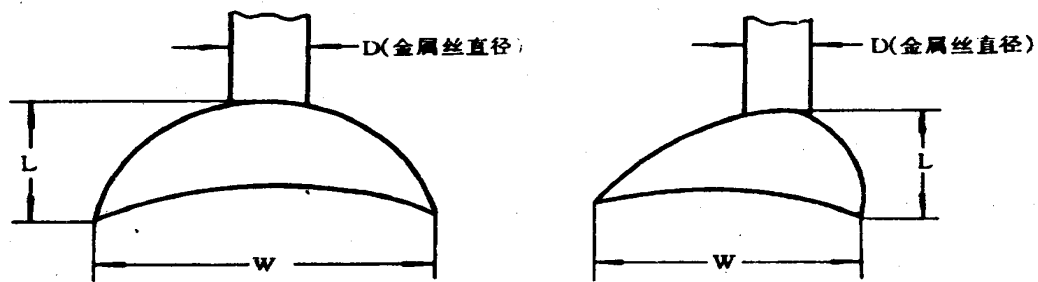
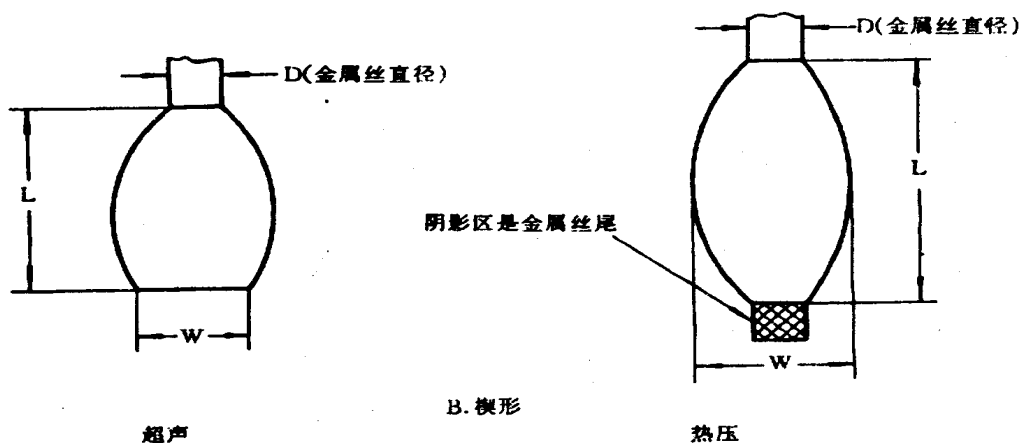


图 2070-2 裂缝和破损



注: 1) $1.2D \leq W \leq 5.0D$ (宽度)
2) $0.5D \leq W \leq 3.0D$ (长度)

A. 无尾或月牙形



超声

B. 楔形

热压

注: 1) $1.0D \leq W \leq 3.0D$ (宽度)
2) $1.5D \leq L \leq 5.0D$ (长度)

注: 1) $1.2D \leq W \leq 3.0D$ (宽度)
2) $1.5D \leq L \leq 5.0D$ (长度)

图 2070-3 键合尺寸

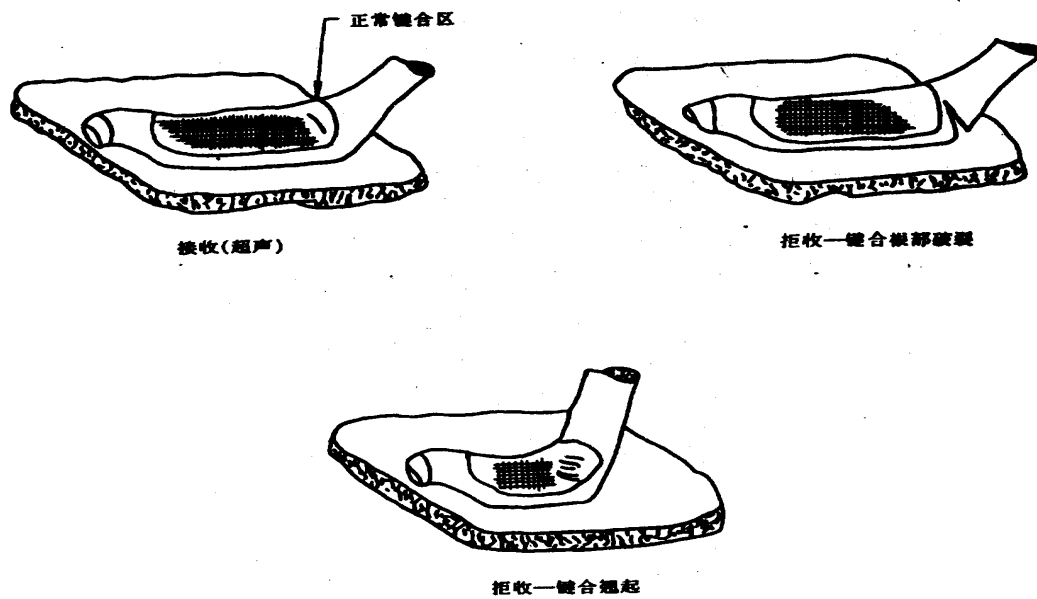


图 2070-4 翘起/破裂的键合

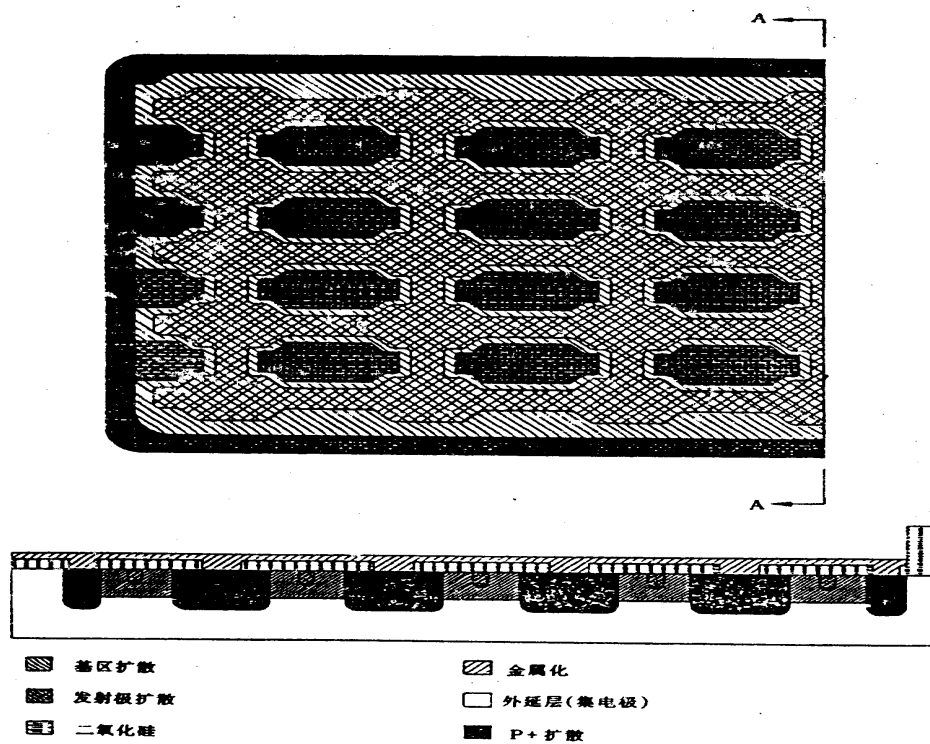


图 2070-5 台式结构

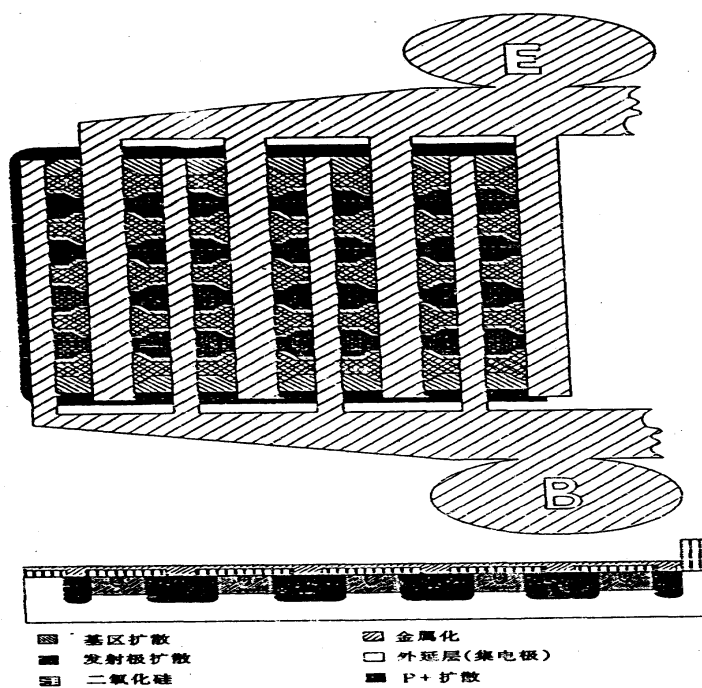


图 2070-5 台式结构—续图

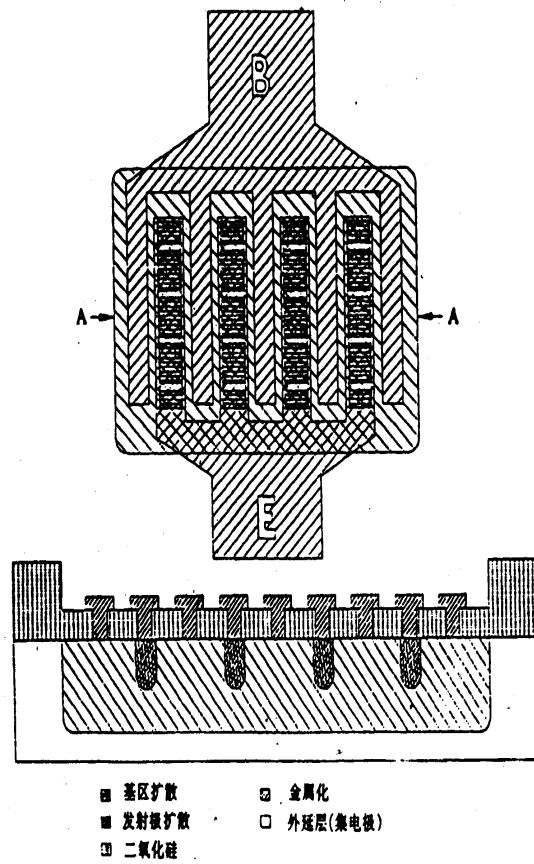


图 2070-6 叉指式结构

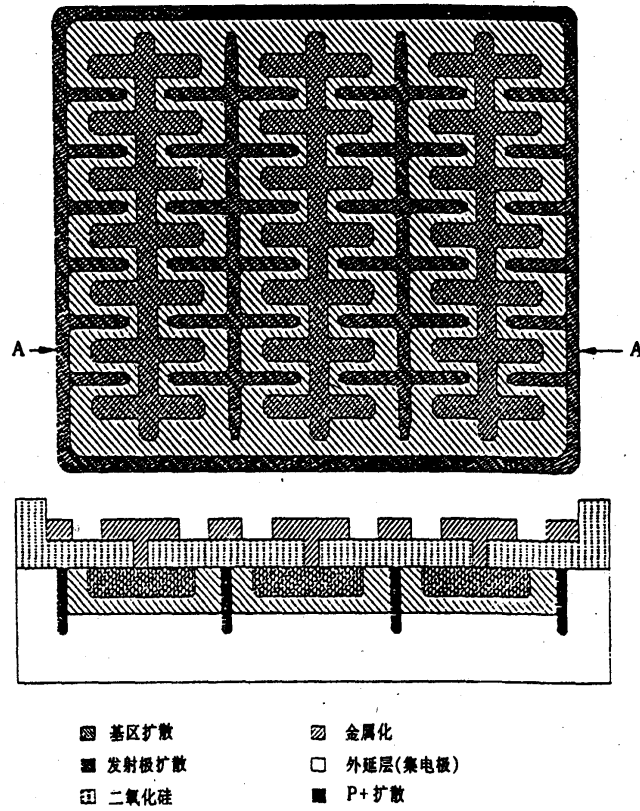


图 2070-7 脊背式结构

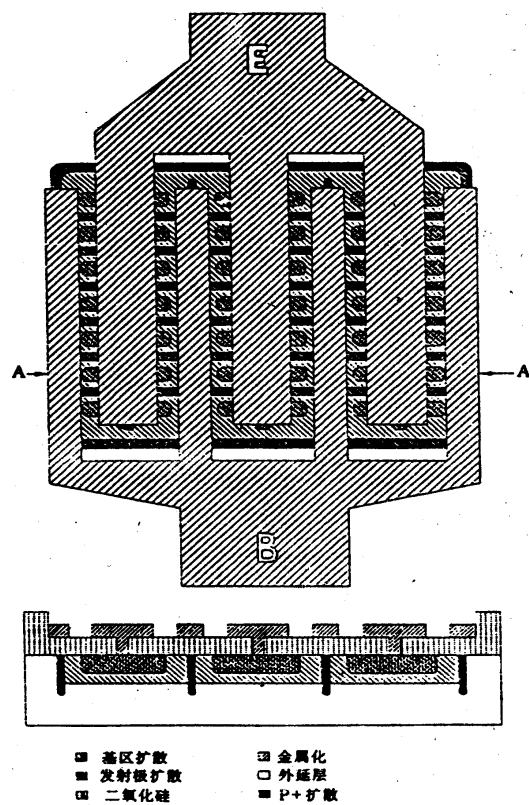


图 2070-7 脊背式结构—续图

方法 2071
外观及机械检验

1 目的

本检验是为了证明气密性器件的加工质量。本方法也适用于检查已封装器件由于操作、组装和试验引起的器件损坏。本检查通常用在器件承制方内部的出厂检验或作为器件的来料检验。

2 设备

本试检所用的设备应证明器件是否符合详细规范的要求。设备包括能放大 3~10 倍有较大视野的光学设备，如带照明的圆形放大镜。

3 程序

除非另有规定，检验器件应至少放大 3 倍。镜头的视野应足以容纳整个器件，并能按 3.1 的判据进行检验。如果在低放大倍数检验显示异常，那么要在高放大倍数（至少放大 10 倍）下进行检查以确定是否接收。

当怀疑任何尺寸时，可对该尺寸进行测量。

3.1 失效判据

器件呈现下列缺陷之一，则认为器件失效。

3.1.1 拒收

器件结构（封装外形）、引线（引出端）、识别、标志（项目、位置和清晰度）不符合有关规范应拒收，其中包括：

- a. 管壳零件的偏差越过管壳外形图要求；
- b. 目检有锈蚀或沾污的迹象，变色不足以引起拒收。以白 / 黄结晶形式出现的引线碳酸盐生成物应认为是有污染迹象；
- c. 引线或引出端的折断或弯曲妨碍了预定的用途；
- d. 镀层缺陷：附着不良、起皮、剥落和气泡暴露了下层板或底层金属；
- e. 引线或引出端毛刺，它引起管壳尺寸超差；
- f. 外来物（包括焊料或其它金属）桥连了引线，或者，妨碍了器件的正常应用。如果外来物的粘附是关心的，器件可以放入清洁，过滤的气流（吸气或排气）中，然后重检；
- g. 超过密封面的突出物，它妨碍了器件的密封；
- h. 错误的焊接或卷曲；
- i. 引起凸缘超出其真正图形偏差的损坏；
- j. 螺栓损伤（螺纹损坏或弯曲），妨碍正常安装；
- k. 金属帽凹进，妨碍其预定用途的使用；
- l. 不作为正常设计图形一部分的间隙、分离或其他断开。
- m. 焊管熔焊：焊管熔焊中的任何裂纹或断裂；
- n. 熔焊对准，基座熔焊结合面不平行或影响使用。

3.1.1.1 金属管壳器件引线/引出端密封区的失效判据

- a. 径向裂纹（不包括月牙形裂纹）扩展大于引出端到外边缘距离的一半（见图 2071—1）。从外部边缘起始的径向裂纹。
- b. 圆周裂纹（不包括月牙形裂纹）扩展绕密封中心大于 90°（见图 2071—2）。
- c. 成行或成串的表面开口泡超过引线和封装壁之间距离的 2/3。
- d. 超过如下要求的明显的表面下气泡：
 - （1）超过 1/3 玻璃密封区的大气泡或空洞（见图 2071—3）；
 - （2）单气泡成空洞大于引线到密封壁距离的 2/3，并且超过 1/3 的玻璃密封深度（见图 2071—4）；

(3) 在一线上的总计两个气泡大于引出端和外壳之间距离的 $2/3$ (见图 2071—5);

(4) 互连气泡大于引出端到外壳之间距离的 $2/3$ (见图 2071—6)。

e. 除按设计外, 存在非均匀凹形成反凹形封装。

f. 从引出端中心到玻璃孔边缘的径向长度偏差等于或大于 25%。

g. 玻璃月牙形裂纹不在引线到外壳之间距离的一半之内 (见图 2071—7)。玻璃月牙形被定义为引线或引出端上的隆起玻璃区。

h. 任何陶瓷或密封玻璃的劈开穿过密封玻璃深于玻璃月牙形平面。月牙形劈导致暴露底金属, 如果被暴露区不深于 0.25mm 或引线直径的 50% (取其大者), 认为器件可接收 (见图 2071—8)。

3.1.1.2 陶瓷封装的失效判据

陶瓷封装的失效判据见 GJB 548A 方法 2009A。

3.1.1.3 非传导玻璃体器件的失效判据

非传导玻璃体器件的失效判据见本标准方法 2068。

3.1.1.4 月牙形裂纹

在轴向引线玻璃封装内的月牙形裂纹不应引起拒收。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节:

a. 标志和引线 (或引出端) 识别的要求;

b. 材料、设计、结构和工艺质量的详细要求;

c. 放大倍数要求, 如不同于本标准规定。

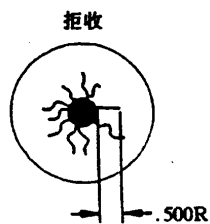


图 2071-1 超过引出端至外壳距
离一半的径向裂缝

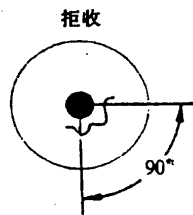


图 2071-2 圆弧状裂纹



图 2071-3 超过玻璃密封区 1/3 的气泡



图 2071-4 单一气泡或空洞



图 2071-5 在同一线上的二个气泡



图 2071-6 互连气泡

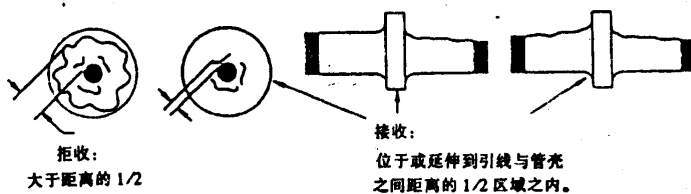


图 2071-7 弯月形裂纹

拒收: 暴露管座(非金属盘)
金属深度达 0.25mm 或引线
直径的 50%, 取较大者。

接收: 暴露管座(非金属盘)
金属深度在 0.25mm 之内。

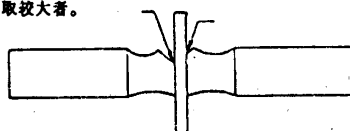


图 2071-8 劈形

方法 2072
晶体管内部目检（封帽前）

1 目的

本检验的目的是验证双极型晶体管、场效应晶体管、分立单片、多芯片和多结器件的结构和工艺，本检验不包括微波和某些选择的射频器件。本检验在封帽或包装前完成是为了检测器件内部将导致器件在正常使用下失效的缺陷，以及验证器件与适用的详细规范的要求是否一致。

2 设备

本检验所用设备如下。

2.1 具有规定放大倍数的光学设备。

2.2 足够强度的光源，足以给被试器件提供适当的照明。

2.3 不给被试器件带来损伤的合适夹具。

2.4 用于贮存和运输器件的带盖的合适容器，以防器件机械损伤和环境沾污。

2.5 使操作人员对器件合格与否做出客观判断所必须的目检标准（图样和照片等）。

3 定义

3.1 玻璃钝化层 glassivation

顶层透明绝缘材料，它覆盖有源区域金属化层，但不包括键合点。

3.2 钝化层 passivation

在任何金属层淀积前，直接在芯片上生长或淀积的二氧化硅、氮化硅或其它绝缘材料。

4 程序

4.1 概述

在本标准中所规定的放大倍数下，按检验顺序检验器件，以确定器件是否符合适用详细规范的要求及规定试验条件的判据。若规定的目检要求与器件设计的电路图或结构相矛盾，那么，在详细规范中可给出替换的检验判据。优先采用详细规范中的替换的检验判据；本试验方法给出了预定用于特定器件工艺或技术的判据。适用时，未使用单元不采用内部目检判据。

a. 检验顺序，本标准列出的判据的顺序不是要求的检验顺序，制造厂可自行决定检验顺序。在芯片粘接前，可按 4.1.1、4.1.2、4.1.3 和各 4.1.7 的目检判据，芯片粘接后再用低倍或高倍放大镜进行重复检验。在键合引线前，可按 4.1.6.2 和习 4.1.6.3 规定的目检判据进行检验，键合后不必再检验。

b. 检验控制，在目检和密封准备的时间间隔内，器件应贮存在受控环境中（即控制尘埃粒子数和相对湿度）。使用像干氮一类惰性气体环境应满足受控环境的贮存要求。按照本方法试验的器件，均应在 100000 级环境下检验和贮存，相对湿度不超过 65%。

若器件在经高温烘焙（ $> 100^{\circ}\text{C}$ ）后立即进行密封，则湿度不必控制。器件从受控环境移至另一个受控环境，器件应放置在加盖的容器中。除非在密封前进行清洁处理。

c. 放大倍数，进行高倍放大检验时，采用垂直于芯片表面的正常入射照明。进行低倍放大检验时，采用单目、双目和立体显微镜，器件检验可用适当角度和适当照明。根据制造厂选择，

4.1.4 至 4.1.6.1 检验判据可在高放大倍数下进行，在低倍数下有疑点时，可用高放大倍数检验证实。

表 2072-1 芯片放大倍数要求

芯片大小 1) μm	高放大倍数	低放大倍数
≤ 760	100~200	30~50
760~1500	75~150	30~50
1500~3800	35~120	10~30
> 3800	25~75	10~30

注：1) 最短尺寸的长度

d. 再检验，除非详细规范要求特殊的放大倍数，当生产厂已圆满地进行了内部目检后，还要在生产接收或质量验证试验中进行，则附加检验可按本规范规定的放大倍数进行。若采用抽样而不是 100% 进行复验，则应根据 GJB33 中的批质量再检验进行。

e. 例外，在内部目检允许有条件的例外时，应在装配检查图中用文字专门说明允许例外的位置、例外的条件等。

4.1.1 芯片金属化缺陷（高放大倍数）

有下列缺陷的芯片应拒收：

4.1.1.1 金属化层，暴露底层金属的划伤和空洞（见图 2072-1）。

a. 切断最内层金属化保护环的划伤或空洞；

b. 金属化焊接区空洞面积超过焊接区面积的 25%；

c. 对非延伸电极器件和所有功率器件，划伤或空洞使有源区金属化总面积的 25 % 与键合区隔离；

d. 对所有延伸电极的器件，划伤或空洞使键合和接触区的金属条未受损伤金属宽度小于 50%，而不管是否暴露底层金属；

e. 对多于 10 个接触区的延伸接触，划伤或空洞在多于 10% 的接触区中，横跨任一接触区的前一半（靠近键合区的部分）面积超过 50%。

f. 对少于 10 个接触区的延伸接触，接触区的划伤或空洞使 10% 以上金属化区与键合焊区相隔离。

4.1.1.2 金属化区腐蚀，金属化区出现腐蚀。

4.1.1.3 金属化区粘附，金属化区出现翘起、剥离或气泡。

4.1.1.4 金属化区探针损伤，4.1.1.1 的判据可用于探针损伤的判据。

4.1.1.5 金属化桥连，两根在正常时不相连的金属化条之间出现减少其间距的金属化桥连，例如，在规定的高倍放大显微镜下观察不到二氧化硅条（不大于 $2.5\mu\text{m}$ ）。

4.1.1.6 金属化对准

a. 接触窗口小于它被连续金属化覆盖面积的 50%，设计如此除外；

b. 不是用来覆盖接触窗口的金属化条与窗口间隔小于 $2.54\mu\text{m}$ ；

c. 不对准达到这种程度，连续钝化色不可见（即金属化区与钝化区相交），若设计如此除外。

4.1.2 钝化和扩散缺陷（高放大倍数）

有下列缺陷的器件应拒收（见图 2072-2）：

a. 扩散缺陷使两个扩散区、两个金属条或其组合产生非设计规定的桥连；

b. 钝化缺陷，包括未被玻璃钝化覆盖的针孔在内，使半导体材料暴露，并使两个扩散区、两个金属化条或其组合产生非设计规定的桥连；

e. 非连续的扩散区，除非有意设计；

d. 在金属化区边缘并一直延伸到金属化区下面缺少可见钝化层，这使得金属化层和底层

金属明显短路（在缺陷的边缘很靠近的双线或三根线表明该缺陷深度可能已渗透到硅片）若设计如此除外；

e. 有源结未被钝化层或玻璃钝化层覆盖（设计如此除外）

f. 在扩散区中的接触窗口延伸到与结相交（设计如此除外）。

4.1.3 划片和芯片缺陷（高放大倍数）

有下列缺陷的器件应拒收（见日 2072）：

a. 有源金属化区或键合区四周与芯片边缘之间的可见钝化层小于 $2.54\mu\text{m}$ ，设计如此除外；

b. 有源区芯片剥落或裂缝；

c. 芯片与另一芯片的部分有源区相粘连，并超过第二个管芯面积的 10%，设计如此除外；

d. 在划伤栅格内裂缝长度超过 $50.8\mu\text{m}$ ，或裂缝指向有源金属化层或有源区并延伸到二氧化硅区；

e. 缺陷延伸到距结 $25.4\mu\text{m}$ 的范围内；

f. 裂缝或缺损延伸到有源金属化区的下面；

g. 缺损延伸完全穿透保护环。

4.1.4 键合检验（低放大倍数）

本检验和判据是能从上方观察进行检验的键合类型和位置的必检项目（见图 2072-4 和 2072-5）。在决定键合的物理尺寸时，不计入键合丝尾。

有下列缺陷的器件应拒收：

4.1.4.1 金丝球焊

a. 在芯片或封装引线柱上进行的金丝球焊。金丝焊球直径小于金属丝直径的两倍或大于金属丝直径的 5 倍；

b. 金丝不完全在球的四周之内引出的金丝球焊；

c. 引出的金丝不在键合区边界内的金丝球焊；

d. 在金丝球焊的四周形成可见金属形成物。

4.1.4.2 楔形键合

a. 在芯片上或封装柱上超声楔形键合的宽度小于键合丝直径的 1.2 倍或大于其直径的 3 倍，其长度小于键合丝直径的 1.5 倍或大于其直径的 5 倍；

b. 在芯片或封装柱上，热压楔形键合的宽度小于键合直径的 1.2 倍或大于其直径的 3 倍，其长度小于键合丝直径的 1.5 倍或大于其直径的 5 倍。

4.1.4.3 无尾键合（月牙形键合）

a. 在芯片上或封装柱上无尾键合的宽度小于键合丝直径的 1.2 倍或大于其直径的 5 倍，其长度小于键合丝直径的 0.5 倍或大于其直径的 3 倍；

b. 无尾键合的压痕未覆盖整个金属丝的宽度。

4.1.4.4 一般情况（金丝球焊、楔形焊和无尾焊）

从上方观察，有下列缺陷的器件应拒收：

a. 在芯片上键合，不到 75% 键合面积在非钝化的键合焊区内（若由于几何尺寸原因，键合区面积小于键合面积，则判据改为 50%）；

b. 键合丝尾部延伸到玻璃钝化层未覆盖、且不与键合丝相连接的金属化区，而且与金属化区相连接；

c. 键合丝尾部，在键合焊区长度超过金属丝直径的 2 倍，在封装引线柱上长度超过金属丝直径的 4 倍；

d. 封装柱上的键合点，不是全部在封装柱的顶部平面内键合；

e. 在另一键合点顶部的键合；
f. 与相邻未钝化管芯金属化区的距离小于 $25.4\mu\text{m}$ 的键合；
g. 键合点与相邻钝化管芯金属化区的距离小于 $6.35\mu\text{m}$ 的键合；
h. 相邻未钝化之间的距离小于 $6.35\mu\text{m}$ 的键合。此判据不适用于多根键合丝代替一根键合丝的设计；

- i. 所有键合点均在含有预制芯片安装材料区域的键合；
- j. 用桥连或附加键合丝或带的办法修理导电体；
- k. 对直径超过 $50.8\mu\text{m}$ 直径的铝丝，键合宽度不应小于铝丝直径的一倍。

4.1.5 内部引线（低放大倍数）

本检验和判据适用于从上方观察。器件呈现下列缺陷的不得接收：

a. 引线与未钝化的工作金属化区之间、与另一引线（公用引线和尾丝除外）封装接线柱之间、与未钝化的管芯区之间、与包括粘接管盖平面在内的封装的任何部分之间的距离小于两根引线直径或 $127\mu\text{m}$ ，以较小者为准（在芯片表面上键合周边距离为 $127\mu\text{m}$ 的球面半径之内，间距可以是 $25.4\mu\text{m}$ ）。

b. 引线上有裂缝、缺口、卷曲、划痕或使键合丝直径减小 25% 以上的变细；

c. 遗漏或多余引出线；

d. 在键合点和引线交界处键合上翘或裂口（见图 2072—5）；

e. 从芯片键合区到封装引线柱之间的引线不是呈弓形或无应力释放；

f. 引线与其它引线交叉，公共联结除外；

g. 引线未根据键合图纸键合；

h. 引线是内角小于 90° 的死弯（设计要求的突然弯曲除外）或引线扭曲到呈非常明显受应力的程度；

i. 金丝球焊的引线弯向封装引线柱或其它端子点之前 $12.7\mu\text{m}$ 以外的距离内，引线与芯片表面法线方向偏离大于 10° ；

j. 在引线柱键合处，引线过度烧灼；

k. 尾丝长度超过引线直径的 50%；

l. 在引线柱双键合之间，引线环或下垂大于 4 倍的引线直径；

m. 在键合丝上有过量的线环或下垂，可能与其它键合丝、焊结点、引线柱、芯片或管壳短路，或触及封装的其它部分；

n. 当采用支架时，在支架一芯片和引线柱一支架的周边上至少 50% 有焊角。在支架上应无变形负电镀缺陷。

4.1.6 封装条件（按指定的放大倍数）

有下列缺陷的器件应拒收：

4.1.6.1 在芯片表面上导电杂物

可用标称气流（约 138kPa ）或涂料用软驼毛刷去除所有杂物。然后，器件接下列判据检验（低放大倍数）：

a. 松散粘附的杂物粒子（导电粒子粘附部分小于其最大尺寸的一半）存在于芯片的表面，其大小足以桥接最小的未玻璃钝化有源金属的间距，（硅碴应认为是导电粒子）；

b. 镶嵌在芯片上的杂物，它桥连了两个或多个金属化条或半导体结及其组合；

c. 在芯片表面的液滴、化学沾污或光致抗蚀剂，它桥连了未钝化的金属或裸露的硅区域或其组合；

d. 在芯片表面上的墨迹，它超过键合焊区面积的 25%，或它桥连了未玻璃钝化的金属层或裸露的硅区域及其组合，未使用的单元除外。

4.1.6.2 芯片安装（低放大倍数）

- a. 芯片安装材料的堆积延伸至芯片顶部表面，或垂直延伸到芯片顶部平面，且妨碍键合；
- b. 至少在芯片周边的三边或周边长的 75 % 范围内看不到芯片到管座的安装材料。若器件通过了已批准的芯片粘附评价试验，则不要求检查浸润；
- c. 芯片安装材料剥离；
- d. 芯片安装材料呈球状，从上边观察时看不见焊接轮廓。

4.1.6.3 芯片取向

- a. 芯片位置或取向与器件的组装图不符；
- b. 芯片相对于芯片的附着表面明显倾斜（大于 10°）。

4.1.6.4 内部封装缺陷（低放大倍数）（适用于底座、基座、盖帽）

作为 4.1.6.1a 规定判据的帽和盖 100% 目检的替代方法，帽和盖可以进行由鉴定批准的适当清洗工艺及验证程序，但在封帽或密封准备前要一直保存在受控环境中。

- a. 管座或引线柱镀层出现气泡、起皮、龟裂或其组合；
- b. 导电颗粒粘附部分小于该粒子最大尺寸的一半；
- c. 环境引线的玻璃绝缘子中气泡或互连的气泡串大于引线与管体之间或引线之间距离的一半；
- d. 管座引线柱严重弯曲；
- e. 主尺寸大于 25.4 μm 的玻璃、芯片或其它材料碎片粘附在管座的凸缘或边缘处，并碍于密封；
- f. 沾污、油漆或管柱变色延伸到芯片焊接区或引线键合区；
- g. 对于绝缘螺栓封装：

缺陷或异常使金属岛之间的绝缘间隙减少到小于设计值 50%；

衬底开裂或缺损。

4.1.7 玻璃钝化和氮化硅缺陷（高放大倍数）

有下列缺陷的器件不得接收：

- a. 玻璃裂纹，不符合按本标准进行目检的判据；
- b. 玻璃钝化层起层（与玻璃钝化设计周边相距不大于 25.4 μm 的起翘或剥离可不用上述判据，如果外露的金属仅为与键合区相邻或与键合区相连的金属化区）；
- c. 两条或两条以上的相邻的有源金属化条未被玻璃钝化层覆盖，设计如此除外；
- d. 在键合焊区的边缘未玻璃钝化，裸露了硅材料；
- e. 设计的键合焊区有 25% 以上面积被玻璃钝化层覆盖。

4.2 有机防护涂层后的目检

若器件要用有机防护涂层防护，则应在涂覆前按照 4.1 规定的判据对器件进行目检。涂覆有机防护涂层和固化后，器件至少在 10 倍放大条件下进行目检。

有下列缺陷的器件应拒收：

- a. 未玻璃钝化区、未钝化区或绝缘衬底未完全覆盖有机防护涂层，设计如此除外；
- b. 在有机防护涂层中有开口气泡、裂缝或空洞；
- c. 覆盖了两个相邻金属化表面的气泡或气泡串；
- d. 有机防护涂层剥离；
- e. 有机防护涂层发粘；
- f. 镶嵌在有机涂层中的导电粒子大到足以桥连最小的未玻璃钝化有源金属条的间距（硅碴应认为是导电粒子）；
- g. 有机防护涂料润湿而把内引线丝与管座相连。

5 详细规范中应规定的细节

在详细规范中应规定以下细节：

- a. 试验条件，对本方法的例外或补充；
- b. 适用时，与批准的电路设计图或结构不一致的地方；
- e. 适用时，给操作者用作比较的标准量规、图纸和照片；
- d. 适用时，特殊的放大倍数。

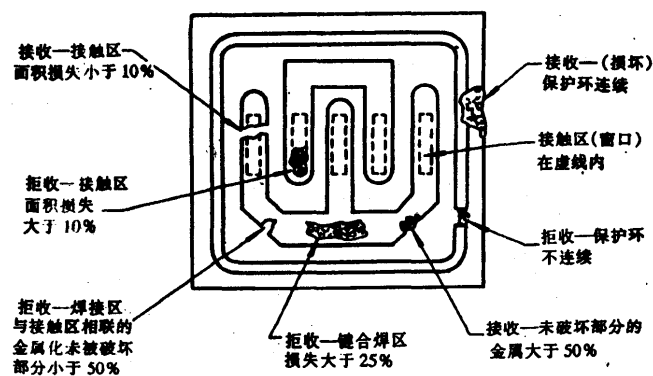


图 2072-1 金属化区划痕和空洞(延伸接触)

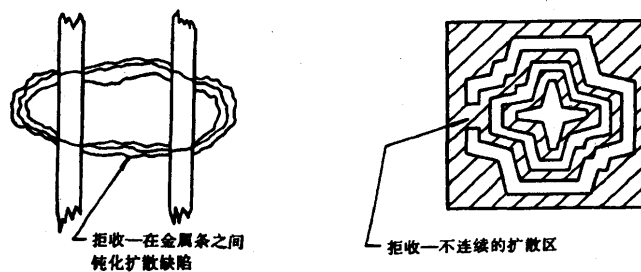


图 2072-2 钝化和扩散缺陷

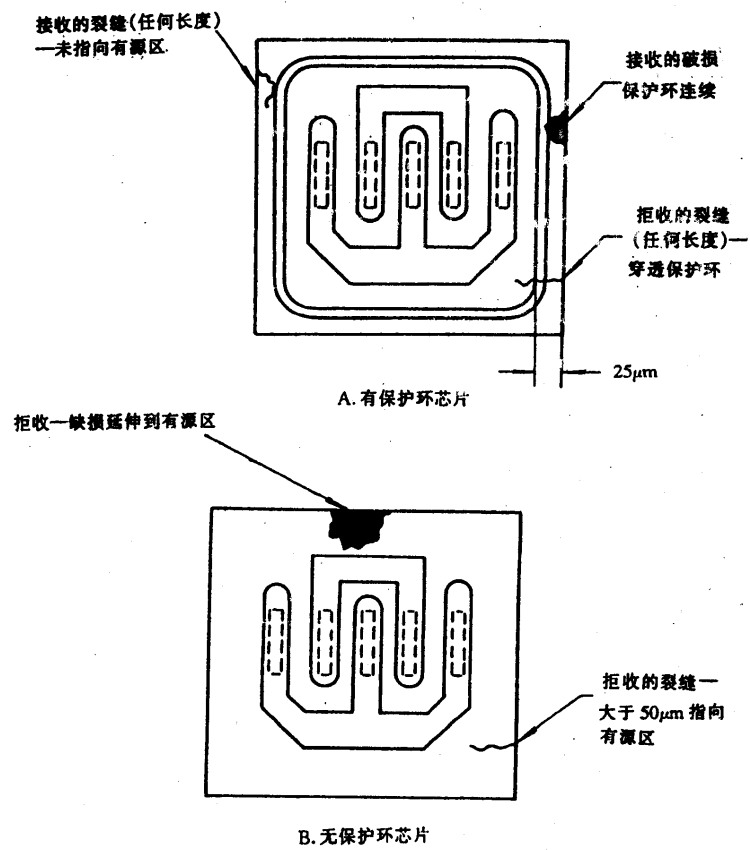
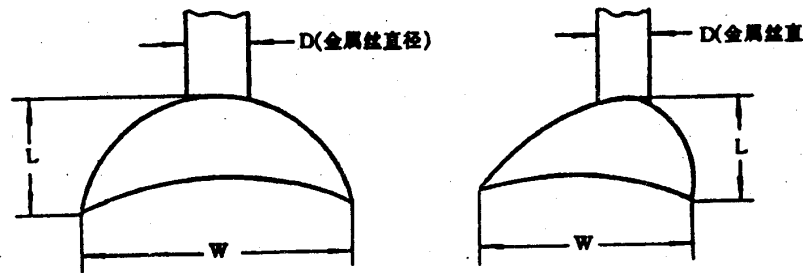
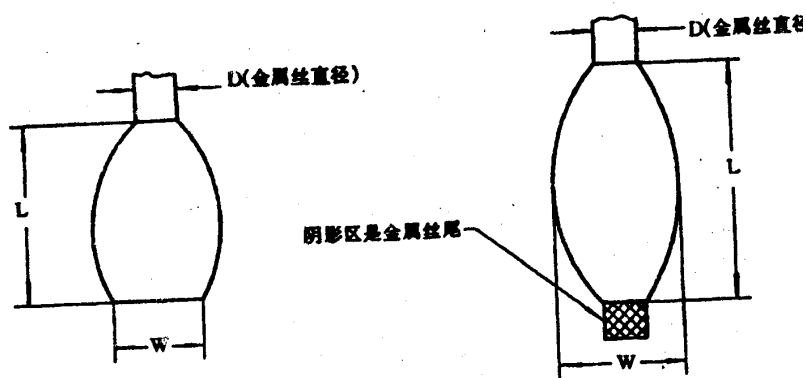


图 2072-3 裂缝和缺损



A. 无尾或月牙形

注: 1) $1.2D \leq W \leq 5.0D$ (宽度)
2) $0.5D \leq L \leq 3.0D$ (长度)



B. 楔形

超声

热压

注: 1) $1.2D \leq W \leq 3.0D$ (宽度)
2) $1.5D \leq L \leq 5.0D$ (长度)

注: 1) $1.2D \leq W \leq 3.0D$ (宽度)
2) $1.5D \leq L \leq 5.0D$ (长度)

图 2072-4 键合尺寸

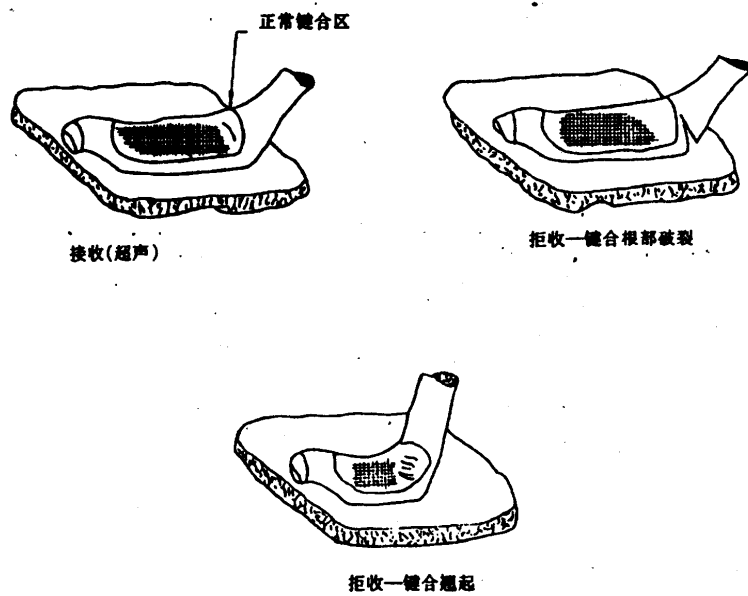


图 2072-5 翘起/撕裂的键合

方法 2073
芯片目检（半导体二极管）

1 目的

本试验目的是检验半导体芯片质量及加工质量是否符合详细规范的要求。进行全部检验以发现和剔除有缺陷的芯片（缺陷可能导致半导体二极管失效）。这种检验通常是在封装前作 100% 检验。也可在封装前进行抽样检验以确定生产厂操作工艺及质量控制能力。

2 定义

应用下列定义：

a. 有源区 active area:

可对芯片的“N”或“P”区作电接触的区域。

b. 多余物（附着的） foreign material:

用标称气流（大约为 138×10^3 ）吹不掉的导电或不导电物质。导电多余物定义为在常规的目检中所用的照明及放大镜的条件下发现的不透明物质。

c. 结 junction:

“P”型和“N”型半导体材料的界面。

d. 钝化 passivation

直接在芯片表面（含 P-N 结）上生长或淀积的氧化硅、氮化硅或其它绝缘材料。

3 设备

a. 使操作人员能对被检芯片是否合格做出客观判断所必须的光学设备和目检标准（例如：量规、图样、照片等），还应提供在检查期间处理芯片用而不损坏芯片的安装夹具；

b. 除非另有规定，应采用放大倍数 20~30 倍的单目、双目或立体显微镜进行检验。检验应在适当的照明下进行。

4 程序

按操作顺序及在规定的放大条件下检验芯片以确定是否符合详细规范规定的检验要求及规定试验条件的判据。生产厂可自行决定改变检验顺序。

4.1 芯片检验

这些检验适于合金扩散台面、外延台面、平面及外投平面结构工艺，除非另有规定，随机选择各受检芯片的至少一个面来进行检验。如果一批失效，应整批进行 100% 检验。

4.1.1 芯片缺损、裂纹及划伤缺陷

4.1.1.1 台面型芯片（见图 2073-1）

峰值反向电压小于 300V 的器件，缺损、裂纹及划伤线缺陷距离结至少应为 $25 \mu\text{m}$ ，峰值反向电压大于或等于 300V 的器件，距离结至少应为 $50 \mu\text{m}$ 。

4.1.1.2 钝化平面结构芯片（见图 2073-2）

缺损、裂纹或划伤线不应触及或穿过保护环的内缘。

4.1.2 钝化缺陷（见图 2073-1 至 2073-4）

4.1.2.1 台面结构

在距结区 $25 \mu\text{m}$ 范围内应没有坑和针孔。裂纹不应延伸到结区 $25 \mu\text{m}$ 的范围内。

4.1.2.2 有扩散保护环的平面结构

芯片有下述情况的器件为不合格：钝化材料的裂纹触及或穿过保护环内缘；或在保护环内缘所限定的区域内有 5 个或 5 个以上直径大于 $25 \mu\text{m}$ 的气泡、坑或针孔；或芯片全部没有钝化。

4.1.2.3 没有扩散保护环的平面结构

有下述情况的器件为不合格：整个面没有钝化层、芯片缺损、裂纹或划伤裂纹延伸到金属化区或与之接触，或距离结 $25 \mu\text{m}$ 范围内钝化层有坑或针孔。

4.1.3. 金属化表面缺陷（见图 2073—1 和 2073-2）

4.1.3.1 有扩散保护环的平面结构

如果设计接触面积的 25%以上没有金属化，或任何金属化延伸出保护环，则器件为不合格。

4.1.3.2 台面芯片

如果任何金属化层跨越结区或 25%以上的接触面没有金属化，则器件不合格。

4.1.4 芯片尺寸缺陷

任何芯片只有原来面积的 75%以下；带有 25%以上邻近芯片；虽带有 25%以下邻近芯片，但在邻近芯片上可看见保护环或电极金属化层时，均为不合格。

4.1.5 镀层缺陷

无论是芯片的正面还是反面，25%以上镀层剥落或没有镀层，均为不合格。

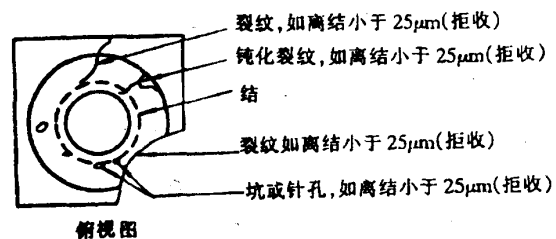
4.1.6 多余物

在芯片表面上附着的多余物的尺寸只要任一尺寸大于 $25\mu\text{m}$ ，均为不合格。

5 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定以下细节：

- a. 芯片检查抽样方案（见 4.1）；
- b. 规定的检验放大倍数（见 3）；
- c. 供操作人员作为标准比较用的量规、图样及照片（见 3）。



注: 对于大于、等于 300V 的峰值反向电压, 拒收的判断应为 $50\mu\text{m}$.

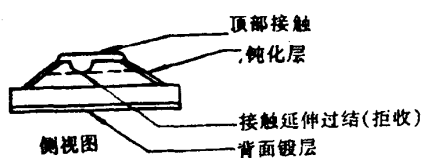


图 2073-1 钝化台面

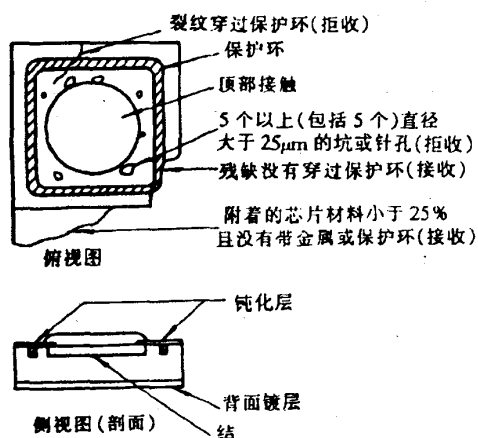
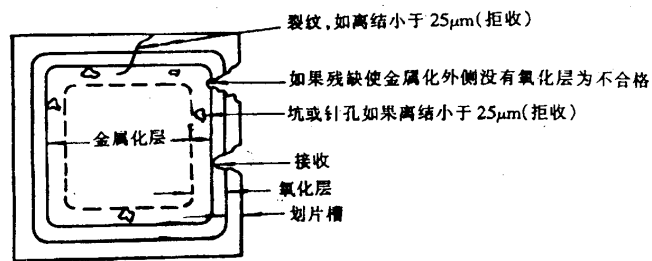
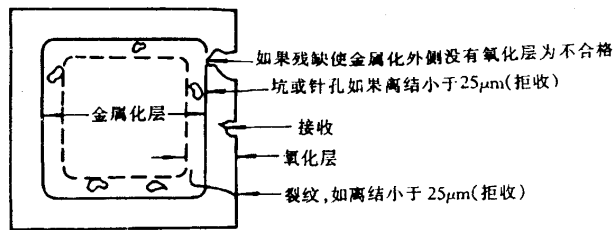


图 2073-2 有扩散保护环的钝化平面



注：对于大于、等于 300V 的峰值反向电压不合格标准应为 50μm。

图 2073-3 有划片槽的氧化层钝化器件



注：对于大于、等于 300V 的峰值反向电压不合格判据应为 50μm。

图 2073-4 没有划片槽的氧化层钝化器件

方法 2074
内部目检（半导体二极管）

1 目的

本试验是检验半导体二极管及本标准中所描述的其它两端引出半导体器件的材料、设计、结构及加工质量是否符合要求。进行全部试验以发现和剔除有缺陷的二极管（此类缺陷可能导致二极管失效）。对不透明型结构应在封装之前进行检验。封装后检验见 GJB128 方法 2068，金属壳器件应在封帽之前进行检验。封帽或密封后检验见 GJB128 方法 2071。透明玻璃型结构，应封装后进行检验。

2 设备

a. 试验设备包括光学设备和目检标准（量规、图样和照片等），是进行有效检验并使操作人员对被检器件的可接收性作出客观判断所必需的。为了提高工作效率且不损坏器件，检验期间应提供操作器件的必要夹具。

b 除非另有规定，用放大 20~30 倍的单目、双目或立体显微镜，在适当的照明下进行检验。

3 程序

应按规定的放大条件检验器件，根据器件结构确定其是否符合本试验方法中的相应要求。对于透明壳体的器件，应在壳体涂覆或涂漆之前进行检验。对于轴向引线型器件，当被旋转 360° 时，在与其主轴大致成直角的方向进行目检。如果在自检和封装密封之间有间隔时间，则被检器件的存放、传运和处理应避免受污染并保持其完好性。

3.1 小信号、稳压、开关、小功率整流及微波二极管

3.1.1 轴向引线、透明壳体、压力接触

在密封后（C 和 S 形弯曲触须）进行下列检验

3.1.1.1 玻璃破裂及缺损（见图 2074-1）

在壳体上不允许有破裂。起始于封装任一端的裂纹，或是裂纹指向内腔渗入玻璃壳体，渗入度大于玻璃—玻璃或玻璃—金属密封长度的 25% 时为不合格。玻璃缺损的深度足以露出管脚（或引线表面）并向空腔纵向渗入玻璃—金属密封并指向空腔，使有效密封长度减少到小于一根外引线直径时为不合格。

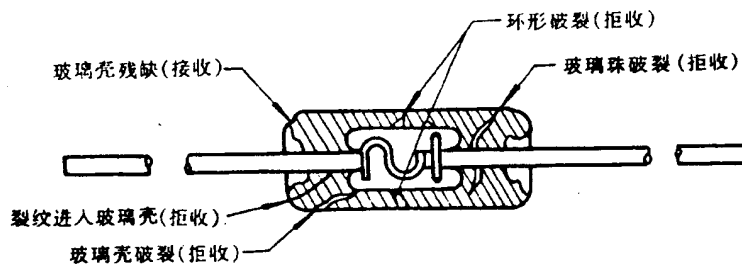


图 2074-1 玻璃裂纹及缺损

3.1.1.2 不完整的密封

全部二极管都要做玻璃—金属和玻璃—玻璃密封检验。在整个密封部位（密封界面）两种密封的密封长度至少为一根外引线的直径。

3.1.1.3 密封的气泡检验

全部二极管都要做玻璃—金属和玻璃—玻璃密封的气泡检验。气泡串使有效密封长度减少到小于一根外引线的直径时为不合格。玻璃中不影响玻璃—玻璃或玻璃—金属密封的气泡不认定不合格。

3.1.1.4 玻璃封装畸形（见图 2074-2）

玻璃封装畸形等于或大于外引线直径 3/4 时为不合格。

3.1.1.5 多余物

如果有非附着的焊料球、半导体材料、碎片、镀层剥离或不透明材料大于暴露的有源区之间最短距离，则二极管为不合格。

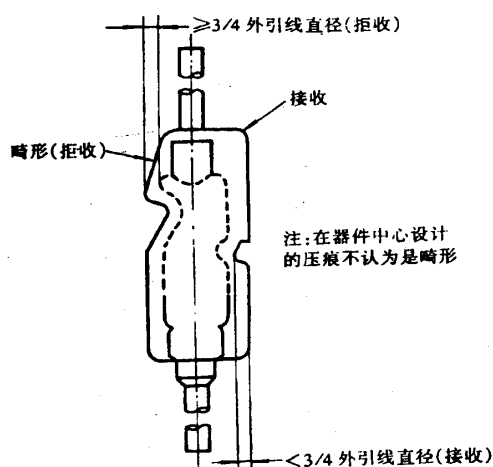


图 2074-2 封装畸形

3.1.1.6 焊料凸出 (见图 2074-3)

全部二极管都要做焊料凸出检验，焊料凸出长度大于凸出部分最小宽度两倍的为不合格。

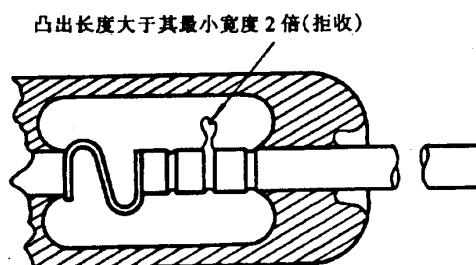


图 2074-3 焊料凸出

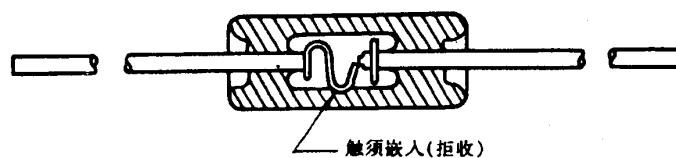


图 2074-4 触须嵌入

3.1.1.7 压力接触缺陷

以下未对准或畸形为不合格：

- 触须嵌入玻璃管壳体壁内 (见图 2074-4)；
- 加压不足引起的 S 或 C 形触须基面和芯片上表面之间的尖端接触 (见图 2074-5)；
- 与芯片表面的边缘接触 (见图 2074-6)；

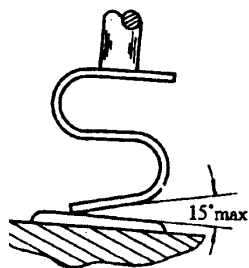


图 2074-5 尖端接触

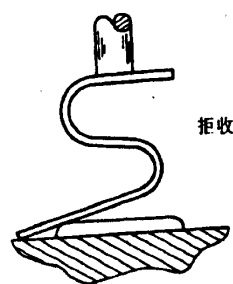


图 2074-6 芯片边缘接触

d. 在 S 或 C 形触须基面和芯片表面之间的钩形接触（见图 2074-7）；

e. S 或 C 形触须基面和芯片表面之间的点接触，除了特别设计之外（触须扭曲变形）（见图 2074-8）；

f. 设计压缩高度（见图 2074-9 和 2074-10），S 形或 C 形触须压缩一半，任何尺寸减少到小于其设计值的 50% 应为不合格。



图 2074-7 触须钩形接触



图 2074-8 点接触

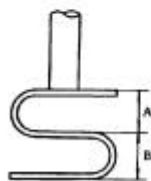


图 2074-9 S 形触须压缩高度



图 2074-10 C 形触须弯曲压缩高度

3.1.1.8 触须与引线柱的焊接

在触须引线柱之间有焊料飞溅（成球），当飞溅部分超过引线标称直径的 25 % 时，器件为不合格。当采用“背面光照射”方法检验时，触须到引线柱焊接剖面光不得穿透大于引线直径 50 % 的光线。

3.1.1.9 芯片引线柱接触面

焊料表面不应粗糙。焊料至少熔到有效焊接面积的一半。焊料溢流而触及到芯片或小方块的反面为不合格。

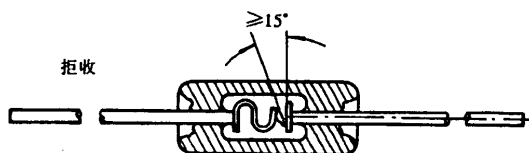


图 2074-11 芯片准位

3.1.1.10 芯片准位（见图 2074-11）

如果芯片表面不是在垂直于引线柱中心线方向的 15° 以内，则为不合格。

3.1.1.11 引线准位（适用于各引线在玻璃封装内的部分）

器件引线未对准或弯曲，使其与器件主轴夹角为 10° 以上为不合格。

3.1.1.12 多芯片粘接缺陷

多芯片叠层与二极管主轴倾斜 10° 以上为不合格。

3.1.2 轴向引线、金属壳体、焊接接触设计

3.1.2.1 封帽前检验

a. 焊料缺陷（见图 2074—12 及 13）焊料凸出的长度大于凸出部分最小宽度 2 倍为不合格。从一个芯片到另一个芯片焊料应平滑；相邻芯片间的周边至少 50 % 有熔化的焊料；



b. 对准位（见图 2074—14）

芯片的几何中心离开芯片或芯片叠层中心线大于其宽度的 33% 为不合格；

c. 倾斜（见图 2074-15）任何芯片偏离安装面倾斜 10° 以上为不合格；



图 2074—14 芯片对准

图 2074—15 芯片倾斜

d. 芯片缺损（见图 2074—16）芯片缺损长度大于 1/4 芯片宽度或缺损距离还不到 50 μm 时为不合格；

e. 芯片裂纹（见图 2074—17）芯片出现的裂纹使芯片总面积（或裂纹伸进或穿过给区）减少到小于芯片原来面积的 75% 时为不合格。



图 2074—16 芯片残缺

图 2074—17 芯片裂纹

3.1.3 轴向引线直穿与芯片接触的透明管壳（见图 2074—24）

对于玻璃裂纹、密封、气泡及畸形全部检验应符合 3.1.1.1—3.1.1.5 规定。对于直穿结构在密封后管壳涂覆或喷漆前应补充下列检验判据：

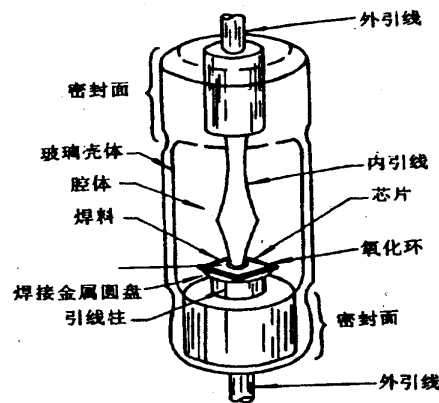
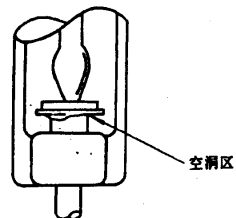


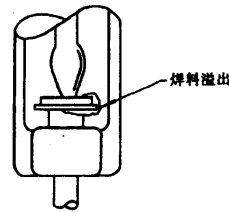
图 2074-18 内部结构

3.1.3.1 芯片与引线柱的焊接

a. 焊料空洞（见图 2074-19）如果焊料流动区小于引线柱最小有效周长的 50% 时为不合格；



如果焊料流动区小于
引线柱周长的 50% 为不合格
图 2074-19 焊料空洞



如果焊料溢出触及
到芯片的表面为不合格
图 2074-20 焊料桥接

b. 焊料溢出（见图 2074-20）焊料溢出触及到芯片的反面时为不合格。

3.1.3.2 内引线与芯片焊接（见图 2074-21）

如果引线上无焊料区域大于引线有效接触面周长的 50 % 时为不合格。

a. 焊料溢出（见图 2074-22）如果焊料流超过金属与氧化层外缘之间距离的 50% 时为不合格；

b. 焊料碎渣及尖峰物（见图 2074-23）如果焊料碎渣及尖峰物没有牢固地附在管体上时为不合格，牢固附着的碎渣或尖峰物是指附着处的横截面大于凸出焊料其它处的横截面，且没有缩颈面；

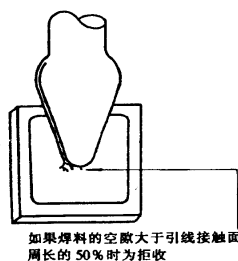


图 2074-21 内引线与芯片焊接

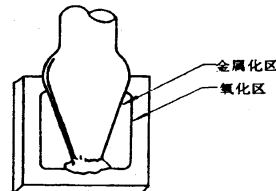


图 2074-22 焊料溢出

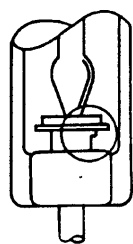


图 2074-23 焊料碎料及尖峰物

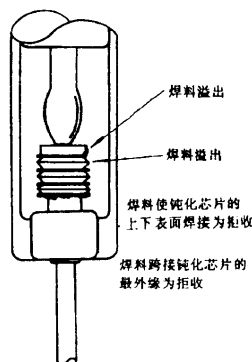


图 2074-24 芯片-芯片焊接

C. 焊料球如果有附着不牢固的焊料球，则二极管为不合格，附着不牢固的焊料球是指：其最大横截面大于贴附处横截面的 2 倍。

3.1.3.3 芯片与芯片焊接（见图 2074—24）

如果焊料空洞大于芯片有效接触面周长的 50 %为不合格。

3.1.4 轴向引线或金属电极表面键合（当适用时），双管脚透明管壳

3.1.4.1 玻璃裂纹（见图 2074—25）

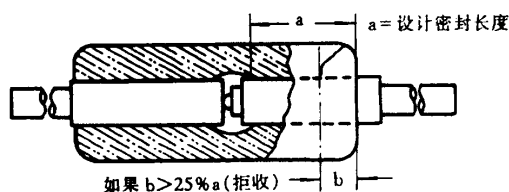


图 2074-25 玻璃裂纹

在胶体即芯片附近的玻璃上决不允许有裂纹。始于封装或玻璃端的螺旋或月牙形的裂纹延伸进玻璃体内指向芯片，其长度大于设计密封长度的 25%为不合格，任何缺损深度足以露出管脚表面并且纵向延伸至玻璃内、指向芯片长度大于设计密封长度的 25%为不合格。

3.1.4.2 高级密封（见图 2074—26）

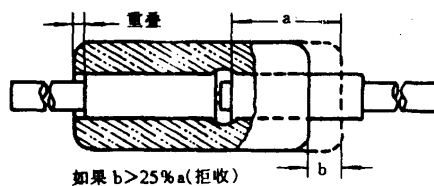


图 2074-26 高级密封

玻璃管壳偏离中心位置使任何一个管脚的密封区的减少超过其设计长度的 25%，则为不合格。

3.1.4.3 低级密封（见图 2074—27）

任何异常缺陷例如气泡、管脚处起泡分离、溶解或欠密封影响任何一个管脚的组密封长度，使任何封装类型的密封区小于“设计”密封装长度的 50 %时为不合格。

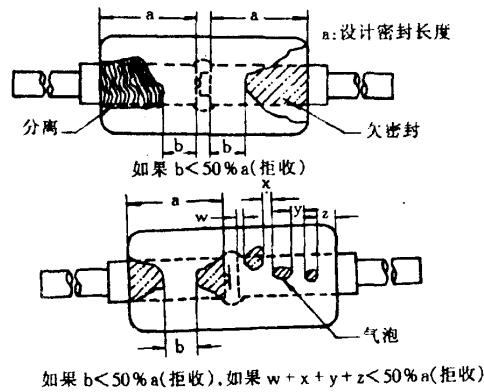


图 2074-27 低级密封

3.1.4.4 管脚准位 (见图 2074-28 及 29)

应检验全部二极管管脚是否已轴向准位。管脚偏离轴的距离大于管脚直径的 $1/4$ 时为不合格。管脚不应倾斜到触及芯片或偏离另一管脚轴线 5° 以上。

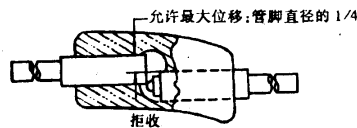


图 2074-28 管脚准位

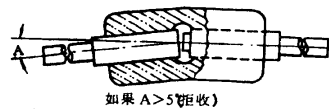


图 2074-29 管脚未准位

3.1.4.5 多余物

如果有非附着的焊料、半导体材料、碎渣、剥落镀层或比外露的有源区间最短距离还大的不透明材料，则为不合格。

3.1.4.6 引线焊接 (见图 2074-30)

检验引线与管脚焊接的完整性，焊接面积小于总焊接面的 75% 为不合格。

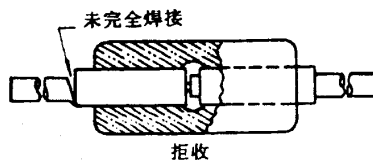


图 2074-30 不完整的焊接

3.1.5 轴向引线、点接触、透明管壳

玻璃裂纹、密封、气泡及畸形等全部检验应符合 3.1.1.1~3.1.1.5 规定。对于点接触结构，在密封后，管壳涂覆或喷漆之前应补充下列试验。

3.1.5.1 压力接触缺陷

下列未对准或畸形应为不合格：

a. 触须碰到玻璃管壁 (见图 2074—31)

轴向引线点接触、透明管壳

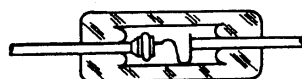


图 2074—31 触须碰到管壁(不合格)



图 2074—32 触须圆环相碰(不合格)

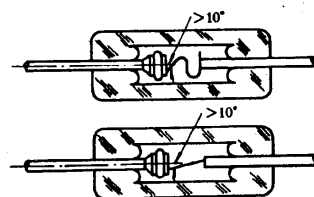


图 2074—33 触须偏离垂直方向 10°以上(不合格)

b. 触须圆环相碰 (见图 2074—32)

c. 触须偏离垂直方向 10 以上 (见图 2074—33)

3.1.5.2 触须与引线柱焊接

触须和引线柱之间有焊料飞溅 (成球)。当它们超过引线标称直径的 25% 时, 二极管应为不合格, 当采用“背面光照射”方法检验时, 触须—引线柱焊接剖面不得透过大于引线直径 50 % 的光线。

3.1.5.3 焊料空洞

如果无焊料处大于芯片最小有效接触面周长的 50%, 则为不合格。

3.1.5.4 芯片—引线柱接触面

芯片与引线柱接触面之间的焊料应呈平滑状, 有效焊接面积的一半以上应有熔化的焊料, 焊料溢流触及芯片正面为不合格。

3.1.5.5 芯片准位

如果芯片表面偏离安装柱中心线垂直方向 15 以上时为不合格。

3.1.5.6 引线未准位 (适用于引线进入玻璃密封内的部分)

器件引线没有对准或弯曲, 使引线偏离二极管主轴 10 以上时为不合格。

3.1.5.7 芯片触及管体 (见图 2074—34)

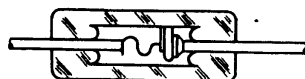


图 2074—34 芯片碰到玻璃管壳(不合格)

如果碰到玻璃管壳, 则为不合格。

3.2 功率整流管与调整管

3.2.1 轴向引线双管脚不透明管壳

3.2.1.1 芯片安装与准位

芯片焊到散热器、管脚或引线上之后, 应检验下列缺陷:

a. 芯片几何形状如果芯片残缺只剩下原来面积的 75% 以下时, 则为不合格;

b. 芯片与管脚的轴向准位芯片几何中心偏离管脚中心轴不得超过管脚直径的 $1/8$;

c. 芯片倾斜如果芯片倾斜使芯片表面偏离安装引线柱轴线垂直方向 5° 以上, 则为不合格。

3.2.1.2 芯片裂纹

芯片的裂纹(或裂纹延伸到或横跨过结区)使其总面积减少到小于原来面积的 75% 时, 则为不合格。

3.2.1.3 焊接缺陷

散热器或引线的焊接金属化表面小于 90% 时为不合格;

3.2.1.4 脱落或松散的材料

从管脚中不应外露非附着的焊料或其它焊接材料, 任何管脚表面起泡或剥落为不合格;

3.2.1.5 多余物

如果管脚或其表面有多余的粒状物质, 则为不合格。管脚表面不允许有外来的沾污;

3.2.2 轴向引线、双管脚、透明管壳

如果所有检验判据明显可见并可检测, 则密封后的器件可进行 3.2.2.1~3.2.2.4 的全部检验。在芯片焊到散热器、管脚或引线后, 检验下列缺陷:

3.2.2.1 芯片与管脚轴向准位

各管脚应准位, 偏离不得超过其直径的 $1/8$ 。

3.2.2.2 芯片倾斜

如果芯片倾斜使芯片平面与安装表面不平行度超过 5° 为不合格。

3.2.2.3 焊接缺陷

和散热器或引线之间的焊接金属化表面小于 90% 为不合格。

3.2.2.4 剥落或松散的材料

不应有附着的焊料或其它焊料材料从管脚中延伸出来。管脚表面(空腔型器件)有气泡或剥落, 均应为不合格。管脚表面(非空腔器件)的气泡或脱落使有效密封长度减少到小于总密封长度的 75% 时为不合格。

3.2.2.5 玻璃裂纹

玻壳胶体周围不允许有裂纹。从封装玻璃端开始的裂纹伸进玻璃体内, 其长度大于设计密封长度的 25% 为不合格。如果有任何深度足以裸露管脚或引线表面的玻璃缺口, 且轴向向内腔方向扩展进入玻璃与金属密封面, 使有效密封长度减小至小于外引线直径, 则为不合格。

3.2.2.6 多余物

如果具有未焊住的焊料球、半导体材料、碎片、剥落镀层或不透明材料且长度大于外露有源区之间的最短距离, 则该器件判为不合格。

3.2.2.7 玻璃气泡

应检查所有器件的玻璃与金属或玻璃与玻璃封结面的气泡。如果有一串气泡使有效封结长度减小至小于外引线直径, 则该器件不合格。

3.2.2.8 密封剂位置

如果密封剂覆盖面积小于设计管脚表面的 80%, 则该器件不合格。

3.2.3 金属壳体器件

封帽之前进行下列检验。

3.2.3.1 芯片和引线组件(见图 2074—35 及 36)

芯片和引线组件应位于基座上与设计的接触区完全接触。引线不应有能使其直径减少 5% 以上的颈缩或划伤。芯片和引线组件对管基倾斜不应大于 5° 。

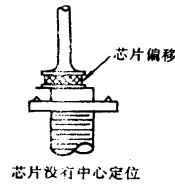


图 2074-35 芯片位移



图 2074-36 芯片倾斜

3.2.3.2 多余物

a. 焊料碎粒和尖端

如果焊料碎粒和尖端未牢固地焊接在基体上，则该器件不合格。牢固焊接的碎粒和尖端是指其焊住部位的横截面大于焊料伸出部位的横截面，且无颈缩区。

b. 杂质

如果未焊住的焊料球、半导体材料、碎片、剥落的镀层或不透明材料，其长度长于裸露有源区间的最短距离，则该器件不合格。

c. 多芯片焊接

如果邻近芯片的焊接部位超过芯片面积的 25 %，则该器件不合格。

3.2.3.3 组件缺陷

a. 零件倾斜 如果组件中任一零件，偏离正常安装面 10° 以上时为不合格；

b. 零件未对准 如果组件中任一零件没有对准或偏离芯片或芯片叠层中心线超过其宽度的 1/3 或使两个有源区桥接，或超出氧化层隔离区，为不合格。

3.2.3.4 属壳体菱形基座稳压管（见图 2074—37）

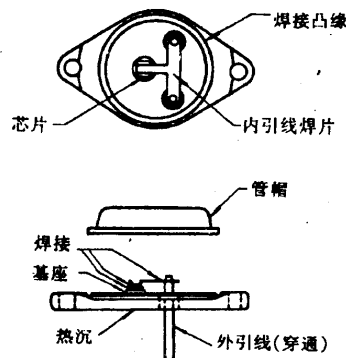


图 2074-37 菱形基座结构

3.2.3.4.1 芯片与焊接基座及芯片与内引线焊片的焊接

a. 焊料空洞 如果无焊料处大于芯片最小有效接触面周长的 50% 时为不合格；

b. 焊料溢流 焊料溢流使芯片上下表面桥接或使两个有源区标称距离减少 50% 或 50 % 以上时为不合格。

3.2.3.4.2 内引线焊片与引线技术和引线与散热器的焊接

a. 焊料空洞 焊料对各焊接部分的润湿作用是不连续的为不合格；

b. 焊料溢流 焊料溢流到散热器的焊接凸缘的任何部分为不合格。

方法 2075
开帽内部设计目检

1 目的

本检验是为了验证设计和结构是否符合已获鉴定批准的设计签定报告中有关文件的规定。本检验是破坏性的，通常用抽样方法在规定类型器件鉴定或质量一致性检验时使用。

2 设备

设备包括有足够放大倍数的光学设备以验证器件的全部结构特性。

3 程序

随机从检验批中抽取器件并放大足够倍数检验，以证明器件设计及结构是否符合适用的设计文件的要求或其它规定的要求（见 4）。不含内腔的器件（例如，密封或灌封器件）或由于开帽会破坏内部结构的器件，可以从承制方获得密封前的样品。带内空腔结构的器件应从已完成所有制造过程的器件中抽取，应该小心地打开管帽，使应检部位的损伤减至最小。若适用的详细规范有规定时，可从承制方获得密封前带空腔结构的样品。

3.1 芯片外形及内部图形的照片

规定时，制出彩色照片或底片表示在芯片或衬底上的单元布局的文件及金属化图形。该照片至少放大 80 倍，若放大 80 倍后照片大于 $8.9\text{cm} \times 11.4\text{cm}$ ，应降低放大倍数使照片不大于 $8.9\text{cm} \times 11.4\text{cm}$ 。

3.2 失效判据

不满足设计和结构详细要求的器件为不合格

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 设计和结构的适用要求；
- b. 是否允许在封装前对内空腔器件进行检验（见 3）；
- c. 照片的要求和照片的处理；
- d. 样品数量。

方法 2076
X 射线照相检验

1 目的

本检验的目的是用非破坏性的方法检测密封管壳内的缺陷，特别是管盖到管壳密封工艺的缺陷和内部缺陷，如多余物、错误的内引线连接、芯片粘结材料中或采用玻璃密封时玻璃中的空洞等缺陷。本方法为半导体器件的 X 射线照相检验确定了采用的方法、判据和标准。

注：对于类型的封装，器件结构材料（管壳或内部材料）的电子屏蔽效应会明显妨碍从某些或所有可能的观察角度用 X 射线识别某些类型的缺陷。当规定要采用本试验方法时，在设计器件时应考虑到此因素。当规定要采用本试验方法时，在设计器件时应考虑到此因素。

2 设备

本试验所用的设备和材料包括：

a. X 射线设备，其电压范围应足以使 X 射线穿透器件。应有适当的焦距，使得外形尺寸为 0.025mm 的物体有清晰的图象。

b. X 射线照片；

c. X 射线照片观察器，任何外形尺寸下分辨率为 0.025mm；

d. 固定夹具，能够把器件以要求的位置固定，且不影响图象判读的精度和简便性。

e. X 射线照相质量标准，能够验证 X 射线对特殊管壳所有规定缺陷的探测能力。

f. 所用工作台表面至少覆盖 1.6mm 厚铅材料，以防背景辐射。

3 程序

为了在要求的灵敏度范围内获得满意的曝光并得到 X 射线照相试验器件或缺陷特征图象的最详细细节，必须调整或选择 X 射线曝光系数、电压、电流和时间。在满足上述要求的前提下，X 射线电压应取最低值，除非另有规定，不应超过 150kV。

3.1 安装和观察

器件应安装在夹具中，使其不受损坏或粘污，并放在规定的适当平面上。器件夹具类型不限，多个样品时可采用铅或钡土隔板，但是，必须使得 X 射线到胶片或 X 射线到器件的任一部分的通道不受阻挡。

3.1.1 观察

a. 若无其它规定，扁平封装和单端圆柱形器件应观察一次，应使 X 射线在本标准“一般要求”中的图 1 和图 2 规定的 Y 方向穿透。当要求观察一次以上时，第二次、第三次观察，X 射线应在 X 轴方向和 Z 方向上进行。

b. 若无其它规定，对于螺栓安装和圆柱轴向引线器件应观察一次，应使 X 射线在本标准“一般要求”中的图 1 和图 2 规定的 X 方向穿透。当要求观察一次以上时，第二次、第三次观察，X 射线应在 Z 方向和 X 与 Z 方向之间成 45 度角方向穿透。

c. 所有“JY”级器件应观察两次，观察时，X 射线应分别在 X 和 Y 方向穿透，而螺栓安装和轴向引线器件的观察，X 射线应在 X 方向和 Z 方向穿透。

3.2 X 射线照相质量标准

X 射线照相质量标准应由一合适的标准穿透计构成，每次 X 射线照相时，在胶片的两个对角上应分别放置两个通过曝光形成的（适当做标记）图象质量标准。所选穿透计的 X 射线照相密度应接近被检器件的密度。

3.3 胶片和标志

X 射线照相胶片应放在背面用至少 1.6mm 的铅包起来的胶片盒内，或将合子放在表面 包铅的桌子上（见 2.1 条）。底片应采用下列方法加以识别，即在 X 射线照片上用摄影方法印上下列内容：

a. 器件承制方名称或代码识别号；

- b. 器件型号或零件号;
- C. 生产批号、日期代码或检验批号;
- d. X 射线照相胶卷观察号和日期;
- e. 器件顺序号或前后参照号, 适用时 (见 3.3.2);
- f. X 射线实验室标志, 如果不是器件承制方;
- g. X 射线观察轴向 (X、Y 或 Z)。

3.3.1 无底片技术 (当规定时)

在下列条件下, 允许采用无底片技术:

- a. 不需要永久性记录;
- b. 该设备所得结果的质量与底片技术一样;
- C. 除了那些为实际底片上有关要求外, 本方法的所有要求均与有底片技术一致。

3.3.2 顺序编号的器件

当要求器件顺序编号时, 用顺序号来识别每只器件。应递增顺序依次对器件进行 X 射线照相, 当缺少一只器件时, 在空白处应有该顺序号或其它 X 射线不透光体, 以便使 X 射线数据容易识别并相互关联。当缺少多个连续编号的器件时, 如果承制方愿意, 可用空白前的最后一只器件顺序号和空白后的第一只器件的顺序号代替多个不透光体。

3.3.3 特殊的器件标志

当有规定时 (见 4.C), 经 X 射线照相并且是可接收的器件, 应在其外壳上用兰点加以识别。兰点直径应约为 1.6mm。点的位置应在易于看见到但又不混淆其它器件标志的地方。

3.4 试验

应选择 X 射线曝光系数, 使之达到尺寸分辨率为 0.025mm, 失真度小于 10%, “H” 和 “D” 底片密度在器件图象的重要区域内为 1~2.5 之间。应对所要求的各个观察方向进行 X 射线照相 (见 4)。

3.5 加工处理

应采用 X 射线照相底片承制方推荐的程序使曝光的底片显影。处理底片时, 应使其没有诸如指纹印、划痕、底片感光过度、化学药品的班点、污点等处理缺陷。

3.6 操作人员

进行 X 射线照相检验的人员应经过 X 射线操作技术训练, 使其能正确判断此方法暴露出来的缺陷, 并能正确地与引用的标准作比较。底片检查人员和被授权进行 X 射线照相试验人员的最低视力要求如下:

- a. 双眼的远距离视力至少为 20/30 (矫正或未矫正的视力);
- b. 近视视力要使操作人员能在相距 406mm 处读出国际标准近视力表 2 的符号 (矫正或未矫正的视力);
- C. 应有眼科医生、配镜技师或由专家认可的人员进行视力检验, 而且每年验光一次。

3.7 X 射线照片的判断

采用本标准规定的设备检查 X 射线照片, 以确定被检备器件是否符合本标准的要求, 或是否有缺陷和是否拒收。对 X 射线照片的判断应在低光强度下并且在 X 射线照片的观察表面上无强光的条件下进行。应在光强可变的合适光源下或在投影型观察设备上适用于 x 射线检验的观察器上检查 X 射线照片。X 射线照片应放大 6—20 倍进行观察。必要时, 可采用观察掩模。不能清楚地表明 X 射线质量标准中的特征的 X 射线照片不得接收, 应重新拍照器件的 X 射线照片。

3.8 报告和记录

3.8.1 检验报告

对于宇航级器件, 或其它级器件有规定时, 承制方应在每次器件发货时提供检验报告,

检验报告应阐明 X 射线照相检验结果、列出订单或等效的识别号、零件号、日期代码、检验数拒收效和试验日期。对于每个拒收器件，应列出零件号、顺序号和拒收原因。

3.8.2 X 射线照片的提交

当有规定时，应随每批器件发货提供一套有关的 X 射线照片。

3.8.3 X 射线照片和报告的保存

当有规定时，承制方应保存一套 X 射线照片和一份检验报告的副本，它们应保存规定的一段时间。

3.9 检查和接收判据

3.9.1 器件结构

可接收的器件应是按照 X 射线照相检验所揭示的特征判断符合规定设计和结构，明显违背规定结构的器件应拒收。

3.9.2 单个器件缺陷

单个器件检查应包括但又限于以下检验项目：多余物、由焊接材料组成的钎焊或熔焊溅沫、引线或触须线的正确形状和位置、引线或触须与半导体器件的键合。由 X 射线照片暴露出下列缺陷的器件不得接收。

3.9.2.1 存在多余物

多余物应包括但不限于：

a. 尺寸大于 0.08mm 的任何疏松或附着的多余物，或尺寸虽较小，但足以跨接器件中不该连接的导电元件的多余物；

b. 内引线尾部延伸在半导体芯片键合区上超过导线直径两倍，或在封装外引线键合区内超过内引线直径四倍（见图 2076—1）；

c. 柱（管座引线）上，其主要尺寸大于 0.08mm 或从其形状看可能会断开来的任何毛刺；

d. 多余的半导体芯片焊接材料的累积

半导体芯片应这样安装和键合，使之相对于安装表面的倾斜不超过 10°。在半导体芯片周围累积的并接触半导体芯片边沿的焊接材料，其累积厚度不得超过半导体芯片的厚度（见图 2076—2 和 2076—3）。在焊剂是累积的但不接触半导体芯片时，则累积厚度不得大于半导体芯片厚度的两倍。不应有剩余的半导体芯片焊接材料与半导体芯片的有源表面或任何引线以及引线柱相接触，或不应有与主焊接材料区分离的剩余半导体芯片焊接材料（见图 2076—4）；

e. 管座上、引线柱和管壳内的任何地方上的成片剥落；

f. 在管壳内任一处的额外球形键合物，但当允许重新键合时，附着的键合残余物例外。

3.9.2.2 不接收的结构

在检查器件时，以下几方面应视作不接收的结构，而存在下列缺陷的器件应拒收：

a. 总的接触区空洞超过整个接触面积的 1/2；

b. 单个空洞，它横贯半导体芯片的长度和宽度，并超过整个预定接触面积的 10%。空洞，当给器件进行 X 射线照相时，某些类型的安装不能正确反映空洞。当检验这样的器件时，应在检验报告中注明安装类型（见图 2076—1）。

除了半导体芯片至外部引线的规定连接区域之外存在的导线。

半导体芯片表面与边缘之间的角度小于 45°。

有缺陷的密封—其完整的管帽密封不连续或比其设计的密封宽度小 75% 以上。

注：只要能够确认，由最终密封操作引起的喷溅是连续的、均匀的并附着于母体材料，且不存在球形、斑点或水滴形态，则这喷溅不视作额外材料。

不足够的间隙—接收器件应具有足够的内部间隙，以保证各元件之间不互相接触，或保证各元件不与管壳接触。不允许连接到不同电气元件连接的导线之间跨接。根据不同管壳类

型，器件在下列条件下应拒收：

1) 扁平封装和双列直插式（见图 2076—5）

接触或跨接另一根引线或键合（仅 Y 平面）的任何导线。

从键合到外引线的键合丝偏离直线，距离另一个键合在 0.05mm 以内（仅 Y 平面）。

从键合至外引线的键合丝虽未偏离直线，但接触到另一根导线或键合（仅 Y 平面）。

接触不与其相连的管壳或外引线。或者距管壳或外引线的距离小于 0.05mm（X 和 Y 平面）的任何导线。

距另一键合（仅 Y 平面）小于 0.025mm 的任何键合（不包括被公共导线连接的键合）。

芯片键合区至封装引线柱的直接为一条直线而没有任何弧度的任何引线。

2) 圆形或盒式晶体管（见图 2076—6）

接触不与其相连的管壳或外引线或者距它们不到 0.05mm 的任何引线（X 和 Y 平面）。

引线下垂部分低于芯片键合顶部的假设平面（仅 X 平面）。

引线接触到或跨越另一根导线或键合点（如果键合到不同电气元件键合）（仅 Y 平面）。

偏离从键合至外引线的直线，并似乎接触到另一根导线或键合（仅 Y 平面）或离它们不到 0.05mm 的任何导线。

键合点之间距离（仅 Y 平面）不到 0.025mm（不包括被公共导体连接的键合点）。

从芯片键合区到封装引线柱的连接为一直线而没有任何弧度的任何连接导线，除非特别明确用此方法设计（例如，线夹、刚性连接引线或大功率引线）。

引线柱相对于垂直方向（或预定设计面积）的弯曲度大于 10°，或在长度方向和结构方面不均匀，或距另一根引线柱不到一根引线柱直径。

采用低帽的管壳内，引线柱离管壳顶部不到管底与管壳顶部之间总的内部尺寸的 20%，其内部的半导体元件与管座垂直的器件中，芯片离管座或高管壳的任何部位的距离不到 0.05mm 的任何器件。

3) 轴向引线型器件（见图 2076—7）

灌封在玻璃管体壁内的触须。

在任何方向上与器件引线轴倾斜 5°以上或变形延伸以致与自身接触的触须。

S 到或 C 型触须的一半被压缩，致使其任何尺寸均降到其设计值的 50 % 以下。在带有与引线柱和芯片冶金键合的触须二极管上，对于金属结构，如果保持留 2076—7a 中规定的最小触须间隙范围，则触须可以变形延伸以致与自身接触。

无触须结构器件，其管脚相对于器件中心轴的位移大于管脚直径的 1/4。

半导体元件装配时，相对于器件主轴的垂线倾斜在 15°以上。

悬挂在管座或基座边缘的芯片面积大于设计的芯片接触面积的 20% 以上。

不到 75% 的半导体元件基座面积键合到安装表面。

熔接中的空洞使引线到引线柱的连接减少总熔接面积的 25% 以上。

封装变形的器件，例如，管体玻璃裂缝、密封不完全（空洞和玻璃位置等）、芯片缺损、S 形和 C 形触须与芯片或引线柱的连接严重不准位，所有这些不准位均超过有关目检要求极限。

3.9.3 分立器件的非空腔组件的封装

应检验单个器件的外部封装材料，对下列缺陷应拒收：

3.9.3.1 多余物

尺寸超过 0.5mm 的任何形状的多余物，以及总尺寸超过 0.76mm 的上述物质的两个相邻颗粒。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范应规定下列细节：

- a. 观察次数，如果不是 3.1.1 条中所规定的；
- b. X 射线照片的提交（适用时）（见 3.8.2）；
- c. 3.3 条标志规定以外的标志，和表明已经 X 射线照相的样品标志（当有要求时，见 3.3.3 条）；
- d. 样品缺陷和接收或拒收判推，如果与 3.9 条规定不同的话；
- e. X 射线照片和报告的保存（适用时，见 3.8.3 条）；
- f. 试验报告（当有要求时）。

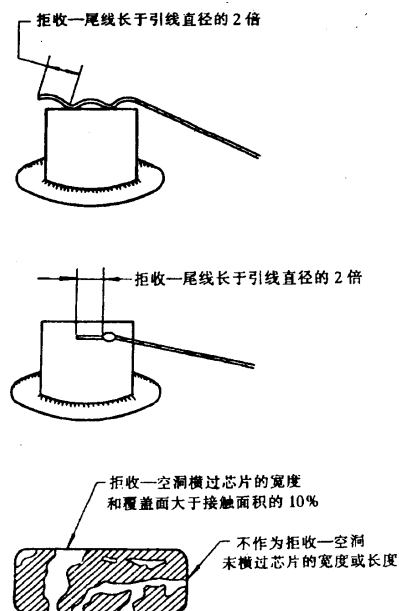


图 2076-1 接收和拒收的空洞以及过剩的尾部引线

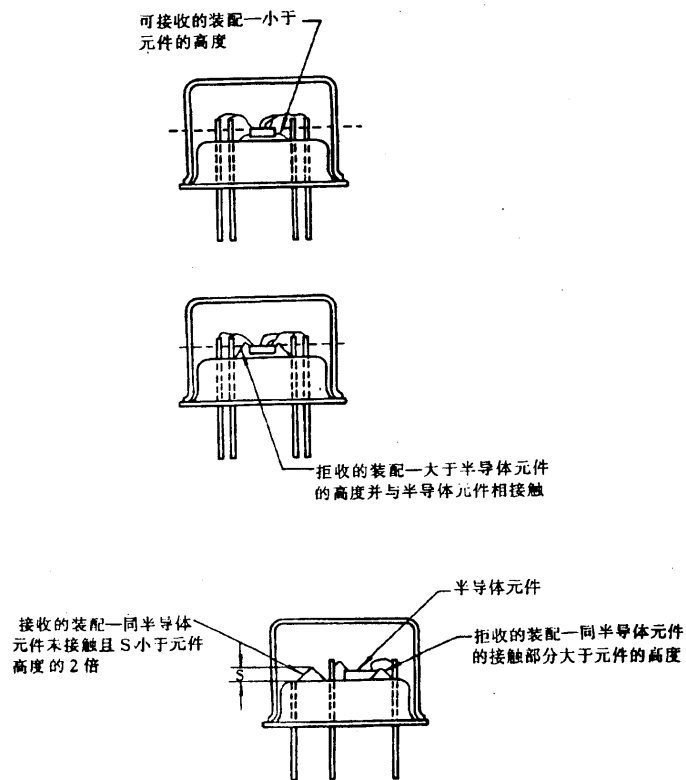
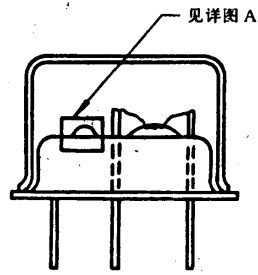
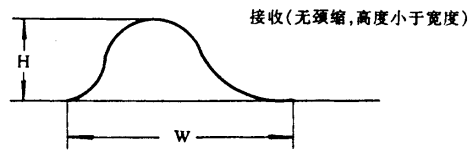
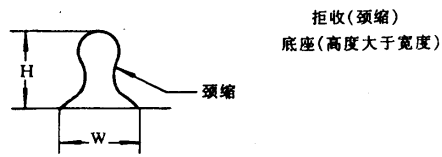


图 2076-2 接收和拒收的焊接材料堆积



半导体元件最大高度的 2 倍



详图 A

注：芯片和引线不一定可见
图 2076-3 外来焊接材料堆积

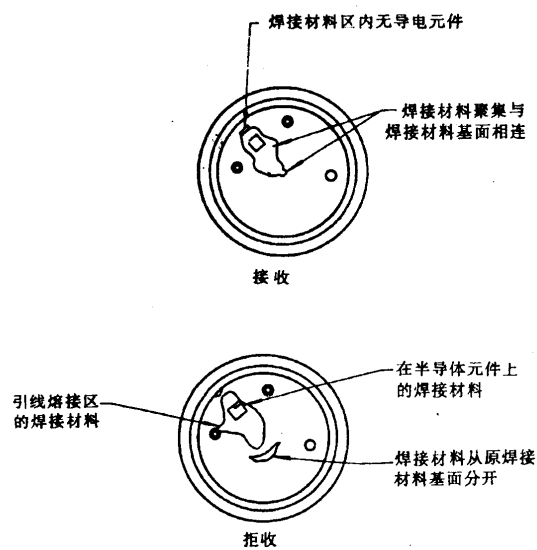


图 2076-4 接收和拒收的过剩材料

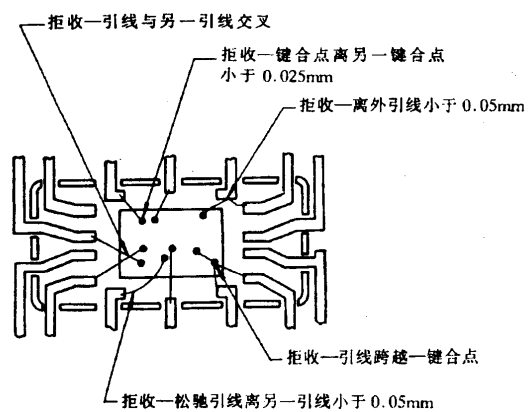


图 2076-5 双列直插或扁平封装器件的间隙

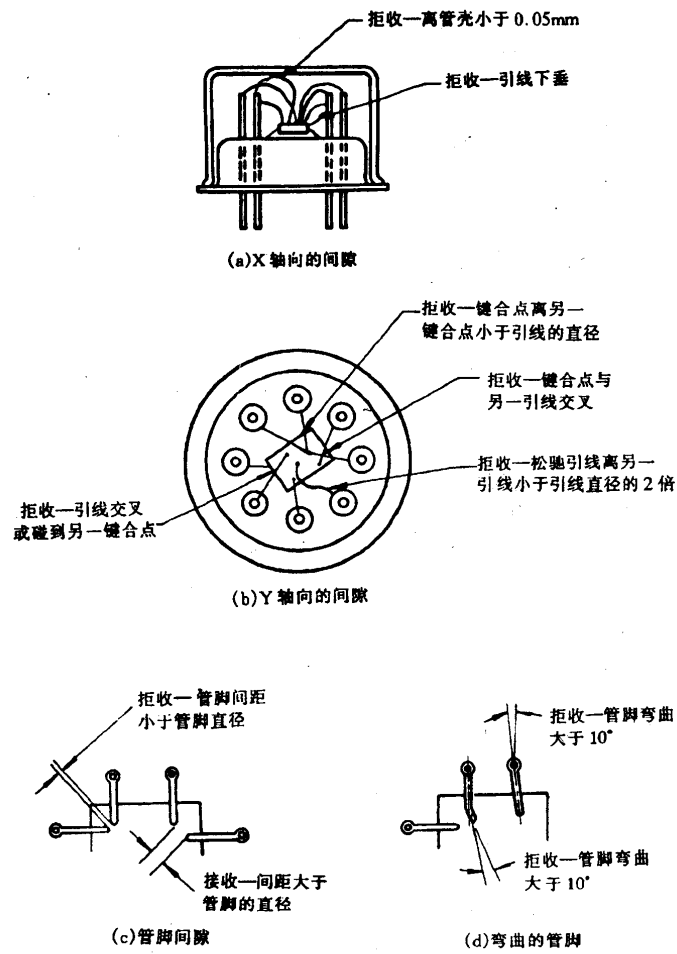


图 2076-6 圆形或盒式晶体管中的间隙

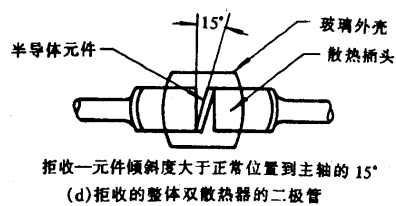
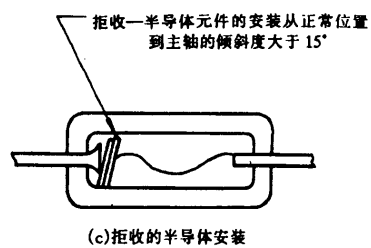
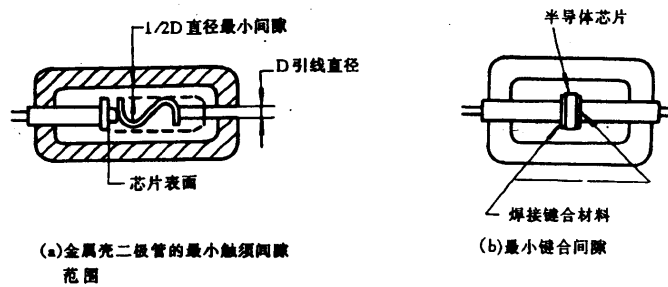


图 2076-7 圆柱轴向引线器件中的间隙

金属化扫描电子显微镜 (SEM) 检验

1 目的

本方法提供了评价半导体芯片上金属化的质量和是否合格的一种手段。并指出特别适用于本方法辨别的, 在工艺批次中形成的特殊金属化缺陷。本方法不应用于评价加工质量及采用 2072 目检法能检验的其它各种缺陷。本方法中“管芯”一词包括具有延伸金属化电极或金属化互连的二极管和晶体管。

2 设备

本试验方法所用的扫描电镜 (SEM) 的极限分辨率至少为 $0.01\mu\text{m}$, 可变的放大倍数至少到 20,000 倍, SEM 应能使样品翻转, 使视角为 60° 以上, 并能旋转 360° , 合格的 SEM 工作人员和符合本方法要求的可接收的技术及设备均应由鉴定机构认可。

3 程序

3.1 抽样选择

适当的抽样是本试验方法的一部分, 采用随机抽样的统计方法是不实际的。因为这要求大量的样品, 本试验方法是检验金属化淀积室中片子固定座上规定位置的片子, 并检验该片上规定位置的管芯, 这样, 试验抽样数量最少, 且能保证整个试验的置信度。被检验的管芯位于金属化图形典型处或最差的地方, 选作 SEM 检验的管芯不应很靠近片子的边缘, 并且管芯应没有粘污的墨迹, 因为这会掩盖受检的工艺缺陷。无论按单片合格或按工艺批合格, 金属化合格与否应取决于对抽样管芯进行检验的结果。所谓一个工艺批的片子是指: 决定氧化层台阶的斜坡和厚度的工艺是相同的, 金属化是作为同一组进行的。

3.1.1 抽样条件 A: 非玻璃钝化器件

本抽样条件适用于金属化上没有玻璃钝化的器件。此抽样条件有步骤 1 及步骤 2。当采用批合格为基准时, 步骤 1 和 2 均采用。当按单片合格时, 仅采用步骤 2。

3.1.1.1 步骤三: 片子选择

按批合格基准时, 从金属化淀积室内片子固定座的指定位置上挑选片子, 按照 3.1 中“批”的定义, 如果金属化淀积室内的片子不是同一个工艺批, 那么应将每个工艺批的片子大致地分在片子固定座的不同扇形内, 按批接受基准, 对每个被检验的工艺批选各自的片子, 表 2077-1 和图 2077-2 规定了所选片子的数目和位置, 应按步骤 2 (见 3.1.1.2) 的单片抽样方案从选定的片子上挑选管芯。

3.1.1.2 步骤 2 管芯选择

当检验一个片子时 (按单片合格基准时, 或按批合格基准片子数为 1 或更多时), 生产厂可随意挑选以下的一种抽样条件。

3.1.1.2.1 抽样条件 AI: 象限法

在管芯分离工艺 (例如, 划片和掰片、锯片、腐蚀分片等) 后尚能认出管芯在圆片上的相对位置时, 应立即选择四个管芯。这些管芯应靠近圆片边缘, 彼此大约高 90° (见图 2077-2)。

3.1.1.2.2 抽样条件 AZ: 弓形法

在完成所有工艺后还未切割管芯前, 应从每个被检验的圆片相对的两边切下两个弓形, 弓形应沿着距圆片边缘约为圆片半径 $1/3$ 的弦位置切下。然后在每个弓形的两端, 各取一个管芯 (即四个管芯) 做 SEM 检验。

3.1.2 抽样条件 B: 玻璃钝化器件

此抽样条件适用于金属化层上有玻璃钝化的器件, 按批合格时, 采用步骤 1 及步骤 2, 按单片合格时, 仅采用步骤 2。

表 2077-1 对各种金属化淀积室结构的片子抽样程序

金属化淀积室结构	在金属化淀积室内 * 工艺批次数	每工艺批需要的抽样数		每工艺批抽样方案
		蒸发	溅射	
片子固定座的投影面是个圆, 片子固定座是静止的, 或者是以一定频率摆动的。	1	5	2	从靠近片子固定座周边周边相隔 90 度附近抽四片, 从片子固定座中心取一片, 见图 2077-2 的 2a
	2	3、4 或 5	2	见图 2077-2 的 2b 或 2c
	3	3 或 4	2	见图 2077-2 的 2d
	4	3	2	见图 2077-2 的 2e
片子固定座是对称的(即圆形、正方形等)。淀积源是在片子固定座之上或之下。淀积时片子固定座围绕着它的中心旋转。	1、2、3 或 4	2	2	每一个工艺批, 从片子固定座周边抽取一片。从紧靠旋转中心取一片。见图 2077-2 的 2f
行星式系统。一个或更多的对称片子固定座(行星)围绕着它们自己的轴旋转, 同时围绕着淀积室中心旋转, 淀积源在片子固定座之上或之下。	每行星 1、2、3 或 4	2	2	每个工艺批, 从行星周边附近取一片, 从同一行星的中心附近取 1 片 * * 见图 2077-2 的 2f

* 如果在一个金属化淀积室内工艺批次多于一批, 则应把每个工艺批大致地分在片子固定座内的不同扇形区内。扇形是圆形的片子固定座一部分, 它是由两条半径和对应弧所限定; 图 2077-2 为象限法和半圆抽样法示例。

** 如果装在淀积室内的所有工艺批次的片子都放入一个行星内, 则只需从此行星内选择抽样片。如果各工艺批次的片子不是放在同一行星内, 则应再从另外的行星中抽片子。

注: 若片子固定座仅有一圈, 或者在多圈片子固定座上仅用一圈, 则规定的所有抽样片都应从这一圈中抽取。

3.1.2.1 步骤 1 片子的选择

按批合格基准挑选片子时, 应从金属化淀积室中片子固定座的指定位置上挑选片子。根据 3.1 对“批”的定义, 金属化不是同一工艺批次时, 每个工艺批的片子应分别放在片子固定座的不同扇形区内, 按批合格基准, 应从每个受验的工艺批中挑选各自的片子。表 2077-1 和图 2077-2 规定了应选片子的数目和位直, 应按步骤 2 (见 3.1.2.2) 中单片抽样方案从选定的片子上选择管芯。

3.1.2.2 步骤 2 管芯选择

当检验片子时 (用于按单片合格基准, 或用于按批合格基准时, 片子可以为 1 片或更多), 制造厂可任意选择下面一种抽样条件。

3.1.2.2.1 抽样条件 B1: 象限法

此抽样条件适用于玻璃钝化的器件。在切割管芯工艺 (例如, 划片和掰片、锯片、腐蚀分片等) 之后, 尚能认出管芯在大圆片上的相对位置时, 应立即选择四个管芯, 这些管芯的位置应靠近圆片的边缘, 彼此大约离 90°。然后, 采用适当的腐蚀方法, 把玻璃钝化层从管芯除去。建议所用的腐蚀剂对玻璃钝化层的腐蚀速度比对金属化层快 200 倍左右。在腐蚀玻璃钝化层时, 采用亮场金相显微镜定时的检验管芯, 以确定何时把玻璃钝化层全部去掉, 从而把腐蚀金属化层的可能性减至最小。

3.1.2.2.2 抽样条件 B2: 弓形法玻璃钝化前

此抽样条件仅适用于玻璃钝化温度低于 400℃的器件。在玻璃钝化前 (即金属化、腐蚀

和微合金工序后)应从每个受检圆片相对的两边切取下两块弓形部分,此弓形应沿着距圆片边缘为片子半径 $1/3$ 的弦位置切下。应从每个弓形部分的两端附近各取一个管芯(即总共 4 个管芯)做 SEM 检验。

3.1.2.2.3 抽样条件 B3: 弓形法玻璃钝化后

在微合金和玻璃钝化后应从每个圆片上相对两边取下两块弓形部分,此弓形应沿着距圆片边缘约为片子半径 $1/3$ 的弦位置切下。然后,用适当的腐蚀剂(腐蚀速率见 3.1.2.2.1)除去弓形部分的玻璃钝化层,应采用亮场金相显微镜定时的检验弓形,以确定何时把玻璃钝化层全部去掉,从而把腐蚀金属化层的可能性减至最小。从每个弓形部分的两端附近各取一个管芯(即总共 4 个管芯)做 SEM 检验。

3.2 SEM 检验时的批量控制

在 SEM 检验管芯抽样后,制造厂可有两种选择方案。

3.2.1 方案 1

制造厂可以继续正常的工艺流程,但有下列风险,如果 SEM 检验完成后发现金属化有缺陷,产品会报废和拒收。如果采用这种选择,承制方应有充分的可追溯文件来证实对加工品实施的控制是有效的,并能识别。

3.2.2 方案 2

在做下一步工艺前,制造厂可把管芯或片子贮存在适当的环境中,直到 SEM 检验完成并允许做下一步工艺为止。

3.3 样品制备

样品安装应适合检验,使用导电胶、粘合剂等安装样品时应当小心,对主要特性的检验不能有任何影响。如果样品不加任何附加的涂覆就可获得检验所需要的分辨率,就不必涂覆,从而简化了 SEM 检验工序。若要增加分辨率,那么可用适当的导电材料的汽相淀积或溅射对样品涂一层膜,样品涂覆时,涂覆层厚度及质量应避免人为地引入异物。

3.4 样品检验的一般要求

每个管芯的每种接触窗口台阶和每种其它氧化层台阶四个边的方向上(见表 2077-2)的金属化都应检验。氧化层是指在半导体管芯上使用的绝缘材料(如 SiO_x 、 SiN_x 等),如果金属化覆盖了整个窗口(或其它的氧化层台阶),一直延伸到每条边并覆盖到每条边并达到氧化层的顶部,那么,就可以只检验一个窗口(或其它的氧化层台阶)。还应检验该管芯上的其它种类窗口(或其它种类的氧化层台阶),以满足在每个管芯的每种窗口(或其它种类的氧化层台阶)的四边都应检验的要求。诸如剥离、空洞等一般的金属化缺陷也应检验。

3.4.1 视角

应以能精确评定金属化质量的合适角度观察样品。通常以 $45^\circ \sim 60^\circ$ 的角度观察接触窗口,以 60° 或更大的角度观察金属化厚度、粘附和腐蚀缺陷(见图 2077-1)。

3.4.2 观察方向

应以能精确评定金属化质量的合适方向观察样品。本检验应包括接触窗口或其它种类氧化层台阶(见 3.4)的边缘处的金属化,其观察方向应能保证清楚地观察每条边并很好地显示氧化层台阶处的缺陷。观察方向可以与边垂直、平行或呈某一倾斜角度。

3.4.3 放大倍数

检验氧化层台阶放大倍数为 $4000 \sim 20000$ 。检验诸如剥离和空洞(见表 2077-2)之类的一般金属化缺陷,放大倍数为 $1000 \sim 6000$ 。复查管芯时所用放大倍数也应在该规定之内。

3.5 样品检验的详细要求

3.5.1 延伸电极双极型和场效应分立器件

检验应按下述规定和表 2077-2 摘要。

3.5.1.1 氧化层台阶

在全部氧化层台阶处（见表 2077—2）检验金属化并按 3.8 的要求给出检验报告。

3.5.1.2 一般金属化

检验每个管芯上全部的一般金属化缺陷，如剥离和空洞。检验报告应符合 3.8 的规定。

3.5.2 功率场效应晶体管

检验应按下述规定，其摘要在表 2077—2 中。“

3.5.2.1 氧化层台阶

在全部氧化层台阶处（见表 2077—2）检验金属化并按 3.8 的要求给出检验报告。对叉指式或台式结构的射频或功率晶体管，应至少检验每个图形中每对源极—栅极条。应特别注意在源极和栅极氧化层台阶处的横向腐蚀缺陷和钻蚀。资料应符合 3.8 的规定。

3.5.2.2 一般金属化

检验每个管芯上全部的一般金属化缺陷，加剥离和空洞。检验报告应符合 3.8 的规定。

3.5.3 多层金属化互连系统

多层金属化定义为用于互连的两层或多层金属。应检验每层金属。主要的载流应采用 SEM 检验，其它层（如阻挡层或粘附层）则可由制造厂决定采用 SEM 还是采用光学显微镜检验。多层金属化系统的合格判据在 3.7.3 中给出。为了对每一层进行检验，应采用由适当化学试剂组成的各种腐蚀剂对玻璃钝化层（如果有的话）和随后的每一层金属层逐层的剥离。如果在单个管芯不能逐层除去金属层，应同时对最靠近该管芯的一个或几个管芯进行腐蚀，使得各层分别暴露出来进行检验。样品检验应按 3.5.1。

表 2077—2 芯片的检验程序

表 2077—2 芯片的检验程序

器件类型	检验部位	检验数	最小—最大放大倍数	文件中 ³⁾ 的照片
3.5.1 延伸电极双极型和场效应分立器件	氧化层台阶 ¹⁾ （接触窗口和其它类型的氧化层台阶）	全部芯片	4000X~20000X	两张最差的氧化层台阶照片
	一般的金属化 ²⁾	全部芯片	1000X~6000X	一张最差的一般金属化的照片

1) 扫描检验应包括氧化层台阶的所有四个观察边（报告仅需要给出最坏的情况）。氧化层台阶包括接触窗口（发射极、基极、集电极、漏、源、扩散电阻）和其它种类的氧化层台阶（发射极、衬极、集电极、扩散窗口、场效应氧化层台阶的扩散切片等）。见 3.7.1 合格验收判据。

2) 合格/合格判据见 3.7.2。

3) 见 3.8（可能要附加的照片）。

注：检验多层金属化系统，见 3.5.3 和 3.7.3，窗口复盖也要检验。

3.6 合格要求

3.6.1 单片合格

只有从单片上抽样的所有管芯都合格时，单片上的金属化才应判定为合格。

3.6.2 批合格

只有从所有抽样片上抽得的全部管芯都合格时，才应判定整批合格。如果某批按批合格基准为不合格时，制造厂可选择分别检验该批中的每一片，然后应按 3.6.1 判定是否合格。

3.7 合格判据

管芯不合格应基于与批加工工艺有关的缺陷，而不应基于操作质量和其它缺陷，如划痕、有污点的金属化等。当由于存在这些缺陷而将要检查的细节特性掩盖起来时，应在被检查芯片附近选择另外的芯片，继续检查。典型缺陷在图 2077-4~图 2077—32 中给出。

3.7.1 氧化层台阶

应检验每一种氧化层台阶（接触窗口或其它种类的氧化层台阶）四个观察边上所有的金属化（参看 3.4.2），如果金属化变薄和有如下的一个或几个缺陷，则为不合格：空洞、剥离、缺口、破裂、凹陷或隧道，使得在观察边上金属化横截面积小于观察边两侧的 50%，对验收的金属化来说，四个观察边应覆盖金属化（见 3.4.2），除了 3.7.1.1 和 3.7.1.2 描述的情况外均应接收。

3.7.1.1 无金属化的氧化层台阶

若不能找到具体类型氧化层台阶处观察边上的金属化剖面分布（见 3.4.2）因而不能评价其金属化剖面分布的质量时，如果有以下情况，则不应认为不合格。

a. 扫描该管芯其余部分的所有这种氧化层台阶，或者查看制造厂提供的显示金属互连图形的照相，能确定在载流方向上，此边剖面金属化是完好的。

b. 检验备份抽样片，此备份片在片子固定座中是邻近原来的抽样片，并且在金属化时与原来的抽样片相差约 180°。

如果满足 a、b 两个条件，可采用批合格基准。如果仅满足条件 a，则必须采用单片合格基准。

3.7.1.2 氧化层台阶处金属化少于 50 %

如果观察边剖面金属化剖面分布少于规定的百分数（见图 2077—3），而且有缺陷的边剖面不处于主载流方向，如果有以下情况，则不应认为园片批不合格。

a. 扫描该管芯其余部分的所有这种氧化层台阶或者查看制造厂提供的显示金属互连图形的照相图，能确定在载流方向上，此边剖面金属化是完好的。

b. 仅按单片合格基准。

c. 当出现金属至少 50% 和可表明剩余金属化对电流密度的增加不超过 10^5 Acm^2 时，则不应认为不合格。

3.7.2 一般金属化

本试验方法定义的一般金属化是指除氧化层台阶以外的所有其他地方的金属化，还应包括实际接触窗口区的金属化（金属化条）。金属化出现任何张开或翘起（未粘附上）的情况为不合格。任何缺陷（如空洞）使金属化条的横截面积少于 50%，为不合格。

3.7.3 多层金属化互连系统

与单层金属化系统相比较，多层系统也许更易被根切，因而除其它种类缺陷外，应该更仔细地检查这种缺陷，参看 3.5.3 中关于多层金属化系统的样品检验要求定义。

3.7.3.1 氧化层台阶

3.7.1 的条款应适用于主导电金属和阻挡层。如果由于设计的缘故，阻挡层没有伸延复盖氧化层台阶，则 3.7.1 不适用于阻挡层。

3.7.3.1.1 作为非导电体的阻挡或粘附层

若势垒或粘附层设计的导电能力不到总导电能力的 10%，则必须把此层仅仅考虑为势垒或粘附层，因此，在电流密度的计算时不应考虑此势垒或粘附层，台阶覆盖的要求也不必满足。势垒或粘附层只要求覆盖它设计需要完成势垒或粘附功能的区域，其方式是由制造厂提供合适的证据，证明具备此功能。在估计金属化台阶覆盖的百分比时，不应把势垒或粘附层厚度加到主导电层厚度中。因此，主导电层本身应满足金属化台阶覆盖的百分比。

3.7.3.2 一般金属化

3.7.2 的判据在本条款仅适用于主导电金属层。其它的金属化层（非主要导电层，如阻挡层、粘附层）由制造厂决定，可用 SEM，也可用光学显微镜检验。下面考虑一般金属化的两种特殊情况。在检验特殊情况互连条的其他金属化层时（即除接触窗口区外），如果缺陷长度不大于金属化条的宽度，即使缺陷使金属条的横截面积 100% 受损还应认为合格（见图 2077—22）。对接触窗口区金属化的特殊情况是，至少接触窗口 70% 面积由主要导电层及

基底金属层覆盖；对接触窗口区中主要导电层上面的金属层而言，如果缺陷长度不大于金属条宽度，缺陷使金属化条的横截面积 100 % 受损，还应认为合格。在检验多层金属化系统接触窗口区金属化时的特殊情况，对每种接触窗口，至少应检验其中的一个。

3.8 样品文件要求

在检验每片的管芯后，至少照三张照片并保存之。二张应该是关于最差的氧化层台阶的，一张应该是关于最差的一般金属化的。如果任一张照片的视野中出现另一种明显的缺陷，那么应再拍一张照片用来证实这种明显缺陷的程度（见表 2077—2）。

3.8.1 要求的项目

每张照片应给出下述项目：

- a. 承制方的批识别号；
- b. SEM 操作者/检验者识别标记；
- c. SEM 照片日期；
- d. 承制方；
- e. 器件/电路识别标记（类型或元件号码）；
- f. 照片面积；
- g. 放大倍数；
- h. 电子束加速电压；
- i. 视角。

3.9 样品的控制

SEM 样品不能作为正品以任何方式交货。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范应规定下列细节：

- a. 当用户要求时，单片合格基准；
- b. 对照片的要求（数目和种类），若不同于 3.8 的规定。

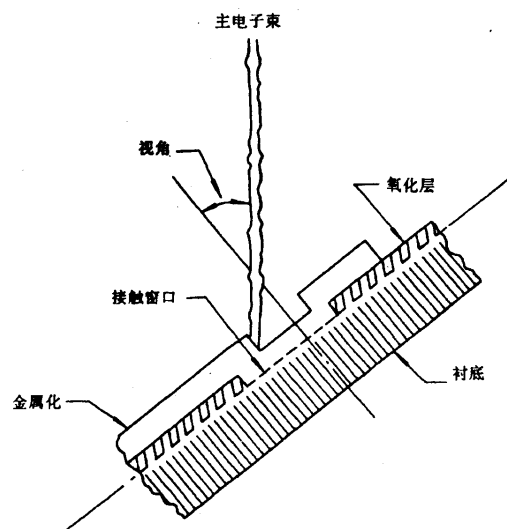


图 2077—1 视角

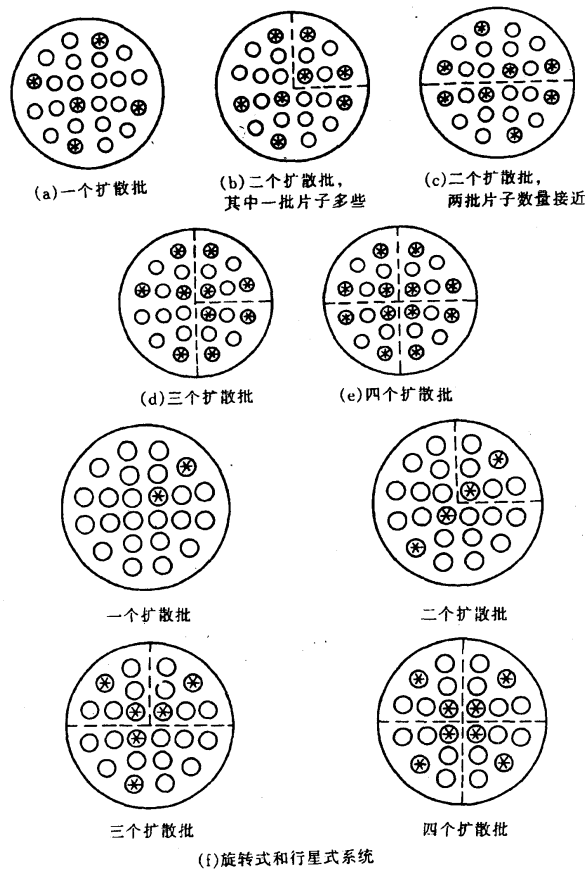


图 2077-2 抽样程序(见表 2077-1)

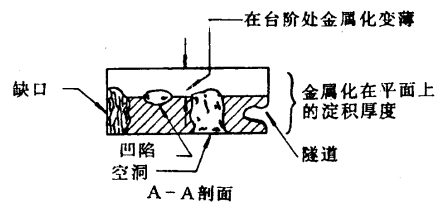
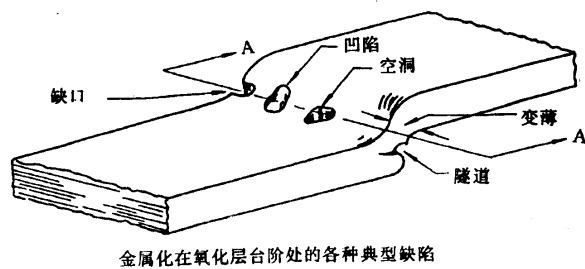


图 2077-3 作为合格——不合格判据的金属化横截面变小的情况
(在台阶处，缺陷和变薄的综合作用使金属化横截面积小于平面处淀积的金属化横截面积的 50% 为不合格)



图 2077-4(6000X)接近氧化层台阶处的空洞(合格)



图 2077-5(3300X)氧化层台阶处的空洞(不合格)

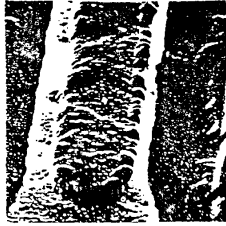


图 2077-6 (8000X)接触处空洞(不合格)



注，隧道缺陷减少横截面积大于 50 %
图 2077-7 (10000X)在氧化层台阶处的隧道孔洞缺陷(合格)



图 2077-8 (14000X)在氧化层台阶处的隧道(不合格)

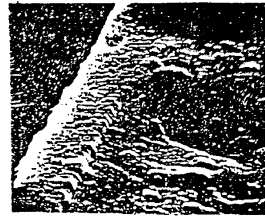


图 2077-9(10000X)在氧化层台阶处金属化的剥离(基区接触)(合格)



图 2077-10 (7000X)在接触台阶处金属化的剥离(不合格)



图 2077-11 (20000X)在氧化层台阶处类破裂缺陷(合格)



图 2077-12 (7000X)在氧化层台阶处类破裂缺陷(不合格)



图 2077-13 (7200X)在氧化层台阶处金属化变薄使横截面积的减少不大于原来的 50%(多层金属化)(合格)



图 2077-14 (7200X)在氧化层台阶处金属化变薄使横截面积的减少大于原来的 50%(不合格)



图 2077-15 (6000X)在陡的氧化层台阶(MOS)(合格)



图 2077-16 (9500X)陡的氧化层台阶(MOS)(不合格)



图 2077-17 (1000X)接触金属化的剥离或翘起(不合格)



图 2077-18 (5000X)接触窗口区一般金属化的剥离或翘起(不合格)



图 2077-19 (10000X)一般金属化空洞(合格)



图 2077-20 (5000X)一般金属化空洞(不合格)



图 2077-21 (5000X)在氧化层台阶处粘蚀型缺口内腐蚀根切(多层金属化)(合格)

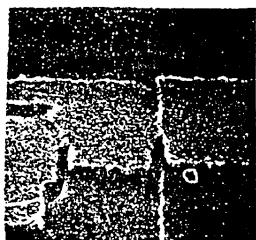


图 2077-22 (5000X)在氧化层台阶处阻挡层或粘附阶层内腐蚀/根切蚀触型缺口(合格)



图 2077-23 (11000X)相邻金属化区之间的短路或(多层金属化)桥连(不合格)



图 2077-24 (1000X)金属化覆盖和准位良好(微波器件)(合格)

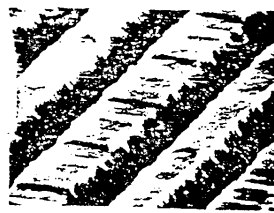


图 2077-25 (6000X)金属化(微波器件)(合格)



图 2077-26 (5000X)金属化(400MHz 器件)(合格)



图 2077-27 (2000X)在基极接触介质台阶处铝的不连续—不合格的基极和发射极接触区(微波器件)



图 2077-28 (10000X)空心
发射极金属条(微波器件)
(不合格)



图 2077-29 (20000X)基板金属
条变窄(微波器件)(不合格)



图 2077-30 (5000X)金属条
变窄(4000MHz 器件)(不合格)



图 2077-31 (10000X)在基板
接触处金属的根切(微波器件)
(不合格)



图 2077-32 (5000X)金
属化桥连及基板接触覆盖不良
(微波器件)(不合格)

方法 2081
正向不稳定性冲击 (FIST)

1 目的

本检验目的是在冲击时监测器件正向直流电压特性任何间断的”跳动”或漂移。

2 设备

设备应由提供规定峰值加速度和脉冲持续时间的冲击脉冲。由传感器的非滤波输出所决定的加速度脉冲是半正弦波形，允许的畸变不大于规定加速度的 $\pm 20\%$ ，传感器的固有频率大于或等于所要建立的冲击脉冲的 5 倍。从加速度上升时峰值加速度的 10% 的时间开始至加速度衰减时峰值加过度的 10% 的时间为止的时间为测量的脉冲持续时间。规定的持续时间为 2ms 或 2ms 以上时，脉冲持续时间的绝对误差最大为 $\pm 0.6\text{ms}$ 或规定持续时间的 $\pm 15\%$ 。规定的持续时间为 2ms 以下时，绝对误差为 $\pm 0.1\text{ms}$ 或规定持续时间的 $\pm 30\%$ ，取大者。监视设备为示波器或适当灵敏度的“锁定和保持”间断探测器。

3 程序

冲击试验设备应安装在试验室坚固的工作台上或等效的基座上，并且在使用前校平。器件应刚性地安装，即固定管身，对引线相应地加以保护，要求特别注意确保器件引线可靠的电连接，以防止冲击时断续接触。使器件在两个垂直面上各承受加速度最少 9800m/s^2 、持续时间 1ms 的脉冲冲击 5 次。每次冲击，将托架升到获得规定加速度所需要的高度而后下落，应提供装置防止托架产生二次冲击。当加上规定的直流电压及电流时，在以 50Hz 扫描的示波器上显示出正向直流特性，并在冲击试验期间连续地监视。

4 失效判据

在冲击试验时，示波器图形中任何间断、颤动、漂移和位移或任何动态的不稳定均认为被试半导体器件不合格。

5 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 加速度及脉冲持续时间，如不同于规定（见 3）；
- b. 冲击方向及次数，如不同于规定（见 3）；
- c. 加电条件（见 3）。

方法2082
反向不稳定性振动 (BIST)

1 目的

本试验是监测器件在振动时反向直流电压特性的不连续跳动或漂移。

2 设备

设备应能提供规定加速度和所要求频率的振动。监视设备应为示波器或适当灵敏度的“锁定和保持”间断探测器。

3 程序

器件应刚性地紧固在振动台上，要求特别注意确保器件引线电连接的可靠性，防止振动时断续接触。也应注意在被试器件范围内无磁场。器件作 $50 \pm 3\text{Hz}$ ，双振幅 0.25cm （最小）的简谐振动，在 X_1 和 X_2 平面上，振动最少 3min （见注），加速度监视点的加速度值应与器件支柱点的加速度相同。加上规定的直流电压及电流（只对齐纳器件）和加上规定反向直流电压（只对二极管及整流器），在示波器上以 50Hz 频率扫描显示反向直流特性，应在振动试验期间连续地监视。

4 失效判据

在振动试验时，示波器图形中有任何间断、颤动、漂移、位移或任何动态的不稳定，均认为被试半导体器件不合格。

5 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 频率范围及时间，如不同于规定；
- b. 加速度，如不同于规定；
- c. 振动方向平面，如不同于规定；
- d. 电压及引线条件

注：加速度计算：

$$g = 0.002f^2DA$$

f：频率，Hz

DA：双振幅值，mm。

3000 系列 晶体管的电特性测试
方法 3011
集电极---射极击穿电压

1 目的

本测试的目的是在规定的条件下确定器件的击穿电压是否大于规定的最小极限值。

2 测试电路

见图 3011-1。

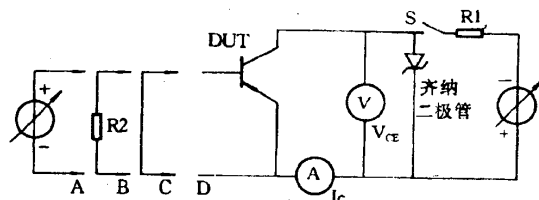


图 3011 — 1 集电极—发射极击穿电压测试电路

1) 所示为 PNP 型器件，对 NPN 型器件，应颠倒电压源、偏压源和齐纳二极管的极性。

2) 必要时，可用电子开关 S 来相供小占空因数的脉冲，以使结的温升减至最小。

3) 检流或电流表在被测电流的两端之间应基本上呈现短路，否则应对电压读数作相应的修正。

4) 在器件呈现负阻击穿特性中，防止或衰减可能引起损伤的振荡是十分重要的。可用电的形式进行保护以防止产生

负阻区，例如，当集电极电压增加时规定合适的基极电流。但是，当测量电压时，必须施加规定的偏置条件和测试电流。

可用齐纳二极管或瞬变电压保护电路提供保护，以便将集电极电压限制在规定的最小极限内，或稍微超过最小极限。

5) 对不管使用什么保护，都应特别注意，以确保集电极电流和结温保持在适用的器件规范中给出的安全值内。

3 程序

电阻器 R1 为限流电阻，其阻值应足够大，以避免过大的电流流过器件和电流表。在施加规定的偏置条件（条件 A、B、C 或 D）下逐渐然后增加电压直至达到规定的测试电流。如果在规定的测试电流下所加的电压大于 $V_{(BR)CEX}$ 的最小极限值，则该器件为合格。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 测试电流（见 3 条）；
- b. 占空因数和脉冲宽度（当要求时）（见注 2）；
- c. 偏置条件：
 - A 发射极—基极反向偏置（规定偏压）；
 - B 发射极—基极电阻回路（规定 R2 阻值）；
 - C 发射极—基极短路；
 - D 发射极—基极开路。

方法3103

绝缘栅双极晶体管热阻抗测试

1 目的

本方法的目的是测量绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 在施加的规定电压、电流和脉冲持续时间条件下的热阻抗。在施加集电极-发射极电压和小发射极电流的条件下, 使用栅极-发射极开态电压的温度敏感性作为结温指示计。本方法特别适用于具有相对长的热响应时间的增强型功率 IGBT 器件, 本测试方法用于测量结温对加热脉冲的热响应。特别是本方法用来测量直流热阻, 并保证芯片正确地安装到管壳。这要通过适当的选择脉冲持续时间和加热功率大小来完成。适当的测试条件和极限在第 6 章详述。

2 定义

本测试方法所用的符号和术语如下:

- a. I_M : 在测量栅极-发射极开态电压期间施加的发射极电流。
- b. I_H : 通过集电极或发射极引线的加热电流。
- c. V_H : 集电极和发射极之间的加热电压。
- d. P_H : 施加到被测器件的加热功率脉冲的大小, I_H 和 V_H 乘积, W。
- e. t_H : 施加 P_H 的加热时间。
- f. V_{TC} : $V_{CE(ON)}$; 相对 TJ 的电压温度系数, mV / K。
- g. K: 热校准系数, 等于 VTC 的倒数, K / mV。
- h. T_J : 结温, °C。
 T_{J1} : 在开始功率脉冲之前的结温, °C。
 T_{XF} : 功率脉冲结束时的结温, °C。
- i. T_x : 基准温度, °C。
 T_{X1} : 初始基准温度, °C。
 T_{XF} : 最后基准温度, °C。
- J: $V_{CE(ON)}$: 栅极-发射极开态电压, mV。
 $V_{CE(ON)}$: 初始栅极-发射极开态电压, mV。
 $V_{CE(ON)f}$: 最后栅极-发射极开态电压, mV。
- K: $V_{CE(M)}$: 测量期间栅极-发射极电压。
 $V_{CE(H)}$: 加热期间栅极-发射极电压。
- L: $V_{CE(M)}$: 测量期间集电极-发射极电压。
 $V_{CE(H)}$: 加热期间集电极-发射极电压。
- M: V_{CG} : 调整的集电极-栅极电压, 以提供适当的 V_{TC} 。
- n. t_{MD} : 测量延迟时间, 从加热功率 P_H 移去至开始测量 $V_{CE(ON)}$ 时间。
- O: t_{SW} 取样和保持窗口时间, 在该时间周期内进行最后 $V_{CE(ON)}$ 测量。
- p. Z_{thjx} : 从结至基准点的瞬态热阻抗, K/W。规定功率脉冲期间的 Z_{thj} 是:

$$Z_{thj} = \frac{T_J - T_x - \Delta T_x}{P_H}$$

式中: ΔT_x 为加热脉冲期间基准点温度的变化 (对短加热脉冲见 5.2 和 5.4, 即芯片的附着评价, 此项常可忽略)。

3 设备

本试验要求适用于规定的试验程序的下述设备:

- 3.1 测量壳温的热电偶处于规定的基准点上。建议将基准点按排在加热源下的管壳上。热

电偶材料应是铜—康铜（T 型）或等效的，热偶直径应不大于 0.30mm。热电偶的连接点应熔焊成球形，而不得使用锡钎焊或缠绕。热电偶及其所在测量系统的准确度应为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。正确的安装热电偶来确保紧密连接到基准点，是保证系统准确度的关键问题。

3.2 温度可控的环境，此环境应能保证器件壳温在测量 K 系数的推荐温度（23~100 $^{\circ}\text{C}$ ）范围内，偏差为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

3.3 图 3103—1 所示 K 系数校准装置，此装置既可控又能测量环境温度，并能测量规定的 V_{CE} 和 I_{M} 值下的 $V_{\text{CE(ON)}}$ 。推荐使用温度可控循环流体槽。电流源必须能够提供准确度为 $\pm 2\%$ 的 I_{M} 。调整电压源 V_{CG} 以提供准确度为 $\pm 2\%$ 的 V_{GE} 。

$V_{\text{GE(ON)}}$ 的电压测量使用 1mV 分辨力的伏特计。器件至电流源的引线尺寸应足以传送测量电流（线径为 0.71mm 的多股线被典型地用于达 100mA）。

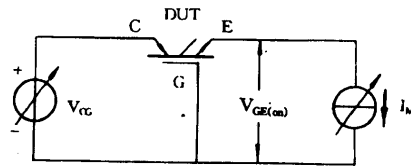


图 3103—1 K 系数校准装置

3.4 实际的热测试有两种方法，即共栅极或共发射极法。虽然共发射极法可能更可靠，对被测器件损坏的可能性小，但两个方法的效果同样好。下面的图和说明叙述了 N 沟道增强型器件的热测量。相反极性的器件可以用适当地反接各种电源来测试。耗尽型器件可以用适用方式施加栅极—发射极电压（ V_{GE} ）来测试。

3.4.1 共栅极热测试电路

共栅极组态测试电路被用于控制器件和测量温度，它利用作为图 3203—2 所示温度敏感参数的栅极—发射极开态电压测量温度。所示极性是 N 沟道器件，而电路可通过反接电压和电流源极性用于 P 沟道器件。

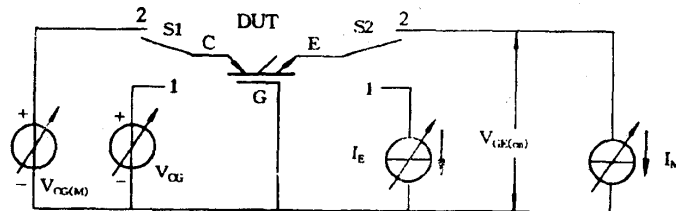


图 3103—2 共栅极热阻抗测试电路
(栅极—发射极开态电压法)

电路由被测器件、两个电压源、两个电流源和两个电子开关组成。在加热期间，开关 S1 和开关 S2 在位置 1。调整 V_{CG} 和 I_{E} 值，以达到 P_{H} “加热”条件的 I_{C} 和 V_{CE} 的期望值。

为了测量被测器件的初始和最后加热脉冲结温，将开关 S1 和 S2 各自置于位置 2。此时将栅极置于测量电压电平 $V_{\text{CG(M)}}$ ，连接电流源 I_{M} ，以便对发射极提供测试电流。如果要求实际结温上升数据，则 $V_{\text{CG(M)}}$ 和 I_{M} 值必须与 K 系数校准中所用的值相同。图 3103—4 和图 3103—5 给出了用三个测试阶段相相关的波形。

3.4.2 共发射极热测试电路

共发射极组态测试电路被用于控制器件和测量温度，它利用图 3103—3 所示的温度敏感参数的栅极—发射极开态电压测量温度，所示极性是 N 沟道器件，而电路可通过反接电压和电流源极性用于 P 沟道器件。

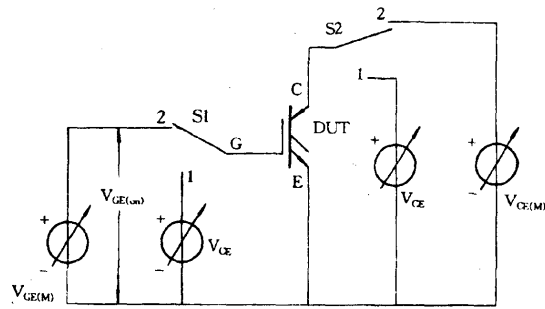
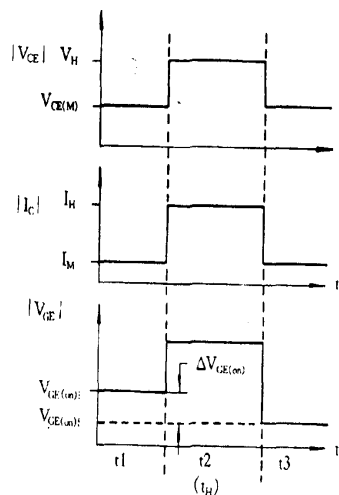


图 3103-3 共发射极热阻抗测试电路
(栅极-发射极开态电压法)

电路由被测器件、四个电压源和两个电子开关组成。在加热期间，开关 S1 和 S2 在位置 1。调整 V_{CE} 和 V_{GE} 值，以达到 PH “加热” 条件的 I_C 和 V_{CE} 的要求值。

为了测量被测器件的初始和最后加热脉冲结温，将开关 S1 和 S2 各自置于位置 2。此时将集电极置于测量电压电平 $V_{CE(M)}$ ，将栅极置于 $V_{CE(M)}$ ，必须调整 $V_{CE(M)}$ 以获得 I_M 。如果要求实际结温上升数据，则 $V_{CE(M)}$ 和 I_M 值必须与 K 系数校准中所用的值相同。图 3103-4 和图 3103-5 给出了用三个测试阶段相关的波形。



103-4 热瞬态测试的三个段期间的器件波形

t_{MD} 值与测量准确度紧密相关，为保证测量重复性而必须正确地规定 t_{MD} 。某些测试仪器承制方在他们的 t_{MD} 规范中包括了采样和保持窗口时间 t_{SW} 。

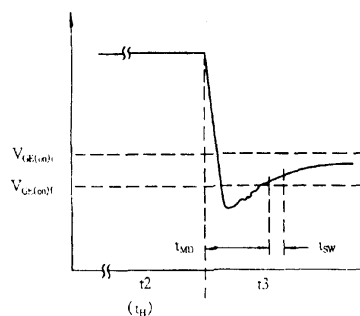


图 3103-5 第二 V_{GE} 测量波形

注：如果 $V_{GE(ON)}$ 值至少是 10 倍的 $V_{GE(ON)}$ 值，可以修改两种共栅和共发射极热测量电路，这样在两种测量和加热期间均施加 V_{GE} 。进一步可以修改共栅电路，这样连续施加 I_M 与能调整加热电流到要求值的时间的 I_E 电流时间一样长。

3.5 合适的取样保持伏特计或示波器，以测量规定时间处的栅极—发射极开态电压。测量 $V_{GE(ON)}$ 的准确度应在 5mV 之内或 $(V_{GE(ON)I} - V_{GE(ON)F})$ 的 5% 之内，取较小者。

4 温度敏感参数的测量

对于用外部加热来改变散热器温度和该被测器件温度的 V_{CE} 和 I_M 的要求值的情况， $V_{GE(ON)}$ 与关系所需的校准由监测 $V_{GE(ON)}$ 来完成。应适当选择 V_{CE} 和 I_M 的幅值，以便在功率脉冲期间，在要求的 T_J 范围内， $V_{GE(ON)}$ 呈线性下降的函数。对于此条件， V_{CE} 必须至少是三倍的 $V_{GE(ON)}$ 。 I_M 必须足够大，以保证器件导通，但不能大到引起任何明显的自热。此值一般应是 1mA（对小功率器件）和小于等于 100mA（对大功率器件）。图 3103—6 为校准曲线示例。

4.1 K 系数可以按下式确定（K 系数是 VTC 的倒数，或是图 3103—4 中曲线的斜率）：

$$K = \frac{1}{VTC} = \left| \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{GE(ON)1} - V_{GE(ON)2}} \right| \quad k/mV$$

已从实践中发现，在给定的器件类型中，所有器件的 K 系数变化是小的。通常的程序是在器件批的 10—12 片样品上完成 K 系数校定，并确定平均值 K 和标准偏差（ σ ）。如果 σ 小于或等于 K 平均值的 3%，则 K 平均值可用于批中的所有器件。如果 σ 大于 K 平均值的 3%，则应对批中的所有器件分别校定，并应在热阻抗计算或在校正比较用的 $\Delta V_{GE(ON)}$ 值中使用各自的 K 值。

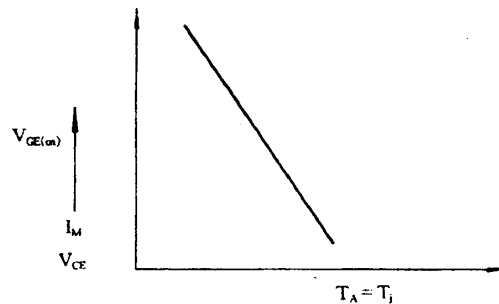


图 3103—6 $V_{GE(ON)}$ 与 T_J 关系的实例曲线

为保证在给定的批中正确的芯片粘附的筛选时，则不要求这个校准步骤，例如一个制造厂具有相同的元件标识和管壳型式的器件。那么，在这种情况下，对短加热脉冲，热响应的测值可能是 $\Delta V_{GE(ON)}$ ，并且，不再需要计算 ΔT_J 或 Z_{THJX} （为此，对 A3—01B 尺寸的封装， t_H 应是 10ms，对 B2—01B 封装， t_H 应是 100ms）。

5 校定

K 系数必须按第 4 章中所述的程序确定，但 4.1 的往除外。

5.1 基准点温度

通常选基准点直接半导体芯片下面的晶体管管壳的底部（对 B2—01C 金属封装），或选在接近芯片处（对其它封装类型）。必须规定基准温度点的位置，并在初步测试期间，使用 3.1 中叙述的热电偶监测基准温度点的温度。如果已断定在功率脉冲期间， T_x 的增量大于测量结温温升的 5%，则必须减少加热功率脉冲量值和将被测器件安装在温度可控的散热器上，或者必须考虑基准点对冷却介质或散能胜的热阻抗校正热阻抗的计算值。

如果 t_H 值足够低, 以保证被测器件中产生的热量没有时间传至封装, 则不要求测是温度来监视、控制及校正基准点温度变化。这种情况的 t_H 的典型值在 10ms~500ms 范围内, 取决于器件的封装类型和材料。

5.2 热测量

应按下列顺序进行测试。

5.2.1 在功率脉冲以前:

- 确立基准点的温度 T_{X1} ;
- 施加测量电压 V_{CE} ;
- 施加测量电流 I_M ;
- 测量栅极—发射极开态电压 $V_{GE(ON)1}$; (初始结温测量)。

5.2.2 加热脉冲参数:

- 施加集电极—发射极加热电压 V_H ;
- 按调整栅极—发射极电压, 施加所需的集电极加热电流 I_{XH} ;
- 使加热条件保持所需的加热脉冲周期 t_{XH} ;
- 在加热脉冲持续时间的终点, 测量基准点温度 T_{XF} 。

注: 如果 T_H 符合 5.2 节中叙述的要求, 则不再要求 T_X 测量。

5.2.3 在功率脉冲之后测量:

- 施加测量电流 I_M ;
- 施加测量电压 V_{CE} ;
- 测量栅极—发射极开态电压 $V_{GE(ON)F}$; (最后的结温测量);
- 从功率脉冲的终点到利用图 3103—4 的波形按 t_{MD} 和 t_{SW} 定义的 $V_{GE(ON)}$, 测量完成时的时间延迟。

5.3 按下式计算热阻抗值 Z_{THJX} :

$$Z_{thX} = \Delta T_j / P_H = \left| \frac{K(V_{GE(on)f} - V_{GE(on)i})}{(I_H)(V_H)} \right| \quad K/W$$

如果 T_{XF} 比 T_{X1} 大 5°C , 则应该校正该热阻抗值。校准是减去从基准点 (典型的器件的管壳) 到冷却介质或散热器的热阻抗分器, 如果 t_H 值满足 5.2 中叙述的要求, 则不再要求 T_X 测量。

该热阻抗的分量按下式计算的值:

$$Z_{thX} - H_s = \Delta T_x / P_H = (T_{XF} - T_{X1}) / ((I_H)(V_H))$$

式中: H_s 为冷却介质或散热器(如果使用)

则: $Z_{thX} | = Z_{thX} | - Z_{thX} - H_s$

校正 计算

注: 对芯片粘附的评价(见 4.1), 不需要这最后的步骤。

6 规定并记录测试条件和测量

6.1 K 系数校定

6.1.1 规定下列测试条件:

- I_M 电流值 (电流值见详细规范), mA;
- V_{CE} 电压值 (电压值见详细规范), V;
- 初始结温 (正常值 $25 \pm 5^\circ\text{C}$), $^\circ\text{C}$;
- 最后结温 (正常值 $100 \pm 10^\circ\text{C}$), $^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 记录下列数值:

- 初始 $V_{GE(ON)}$ 电压, V;

b. 最后 $V_{GE(ON)}$ 电压, V。

6. 1. 3 按3 按下式计算 K 系数:

$$K = \left| \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{GE(on)1} - V_{GE(on)2}} \right| \quad K/mV$$

6.1.4 对芯片粘附的评价, 可以不要这一步骤 (见 4.1)。

6.2 热阻抗测量

6.2.1 规定下列测试条件:

a. I_M : 测量电流 (必须与 K 系数校定所用的相同), mA;

b. V_{CE} : 测量电压 (必须与 K 系数校定所用的相同), V;

c. I_H : 加热电流, A;

d. V_H : 集电极-发射极加热电压, V;

e. t_H : 加热时间, s;

f. t_{MD} : 测量时间延迟, μs ;

g. t_{SW} : 取样和保持窗口时间, μs 。

注: 通常选择 I_H 和 V_H 的方式使 P_H 近似等于器件额定功率耗散的 2/3。

6.2.2 记录下列数据:

a. T_{Xi} : 初始基准温度, $^{\circ}C$;

b. T_{Xf} : 最后基准温度, $^{\circ}C$ 。

6.2.2.1 $\Delta V_{GE(ON)}$ 数据

a. $\Delta V_{GE(ON)}$, mV。

6.2.2.2 $V_{GE(ON)}$ 数据

a. $V_{GE(ON)1}$: 初始栅极-发射极电压, V;

b. $V_{GE(ON)}$ 最后栅极-发射极电压, V。

如果 t_H 值满足 5.2 中叙述的要求, 则 T_X 测量不再要求。

6.2.3 用 5.4 中示出的程序和公式计算热阻抗。

6.3 筛选时 $\Delta V_{GE(ON)}$ 测量

对于满足 4.1 的目的和 5.2 中要求的 t_H 值, 应进行这些测量。

6.3.1 规定下列测试条件:

a. I_M : 测量电流, mA;

b. V_{GE} : 测量电压, V;

c. I_H : 加热电流, A;

d. V_H : 集电极-发射极加热电压, V;

e. t_H : 加热时间, s;

f. t_{MD} 测量时间延迟, μs ;

g. t_{SM} : 取样和保持窗口时间, μs 。

通常选择 I_H 和 V_H 值等于或大于热阻抗测量所用的值。

6.3.2 规定的极限

将下列数据与规定的极限相比较。

6.3.2.1 $\Delta V_{GE(ON)}$ 数据:

a. $\Delta V_{GE(ON)}$, mV

6.3.2.2 $V_{GE(ON)}$ 数据:

a. $V_{GE(ON)1}$: 初始栅极-发射极电压, V;

b. $V_{GE(ON)F}$: 最后栅极—发射极电压, V;

计算 $\Delta V_{GE(ON)}$, mV。

6.3.2.3 如果 K 系数产生的标准偏差大于 K 平均值的 3%, 则应选择计算 ΔY_j 。

$$\Delta T_j = K(\Delta V_{GE(on)}) \quad K$$

砷化镓场效应晶体管的热阻抗测试 (恒流正偏栅极电压法)

1 目的

本方法的目的是测量砷化镓场效应晶体管 (GaAs MESFET) 在施加的规定电压、电流和脉冲宽度条件下的热阻。使用栅-源二极管正向电压降的温度敏感性作为结温指示计。本方法特别适用于完整封装的器件。

2 定义

本测试方法所用的符号和术语如下：

- a. I_M : 栅-源二极管的测量电流；
- b. I_H : 流过漏极的加热电流；
- c. V_H : 漏和源之间的加热电压；
- d. P_H : 施加到被测器件的加热功率脉冲的幅值, I_H 和 V_H 乘积, W ；
- e. t_H : 施加 P_H 的加热时间；
- f. K : 热校准系数 (K/mV)；
- g. T_J : 结温, $^{\circ}C$ ；
- T_{Ji} : 功率脉冲开始之前的结温, $^{\circ}C$ ；
- T_{Jf} : 功率脉冲结束时的结温, $^{\circ}C$ ；
- h. T_x : 基准温度, $^{\circ}C$ ；
- T_{xi} : 初始基准温度, $^{\circ}C$ ；
- T_{xf} : 最后基准温度, $^{\circ}C$ ；
- i. V_{GSF} : 正偏栅-源结二极管电压降,；
- $V_{GSF(i)}$: 初始栅-源电压；
- $V_{GSF(f)}$: 最后栅-源电压；
- j. t_{MD} : 从加热功率 (P_H) 移去开始至 V_{GSF} 测量完成的时间间隔；
- k: R_{THJX} 从结至基准点的热阻, K/W 。规定加热功率条件下的 R_{THJX} 是:

$$R_{thjx} = (T_{jf} - T_{ji}) / P_H$$

1. CU: 用于与规范中的极限值相对照来筛选器件的一种比较单位。用正偏栅-源电压的变化除以加热电流的商来定义, mV/A 。

3 设备

本测试要求适用于规定的试验程序的下述设备：

3.1 管壳基准点温度测量装置

管壳基准点温度应使用热电偶测量。建议将基准点直接安排在发热区之下管壳的外侧。热电偶材料应是铜-康铜 (T 型) 或等效的。热偶直径应不大于 0.30mm。热电偶结点应熔焊成球形, 而不得用锡焊或缠绕。热电偶及其测量系统的准确度应为 $\pm 0.5^{\circ}C$ 。

3.2 提供可控环境温度的装置

此环境应能保证器件壳温在测定 k 因子的推荐温度 ($23-10^{\circ}C$) 范围内, 偏差在 $\pm 1^{\circ}C$ 之内。

3.3 K 系数测定装置

K 系数测定装置如图 3104-1 所示, 此装置可控制又能测量环境温度, 并能在规定 I_M 值下测量 V_{GSF} 。电流源必须能提供精度为 $\pm 1\%$ 的 I_M , 并具有 1~2V 的电压范围。 V_{GSF} 的电压测量应达到 1mV 的分辨能力。

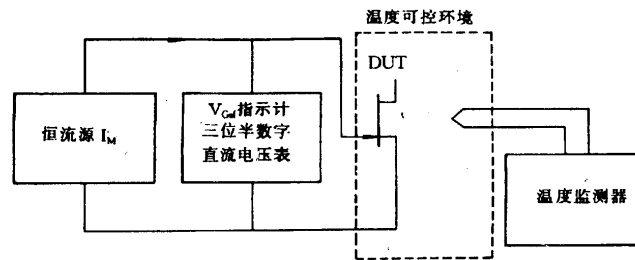


图 3104-1 K 系数测定装置

3.4 温度可控的散热器

温度可控的散热器应能够保证规定基准点温度的准确度在预定值（测量的）的 $\pm 5\%$ 之内。

3.5 测试电路

电路如图 3104-2 所示，他可以控制器件并用栅-源二极管的正向电压作为温度敏感参数来测量温度。电路由被测器件、一个电压源、一个电流源和一个电子开关组成。在加热期间，开关 S1 在位置 2。调整 V_0 值以获得与加热功率 P_{XHE} 对应的 I_D 和 V_{DS} 值。

为了测量被测器件在加热脉冲前后的结温，将开关 S1 置于位置 1。这个位置在测量期间内能断开 V_0 电源，并能在加热时间之前和之后分别测量 $V_{GSF(1)}$ 和 $V_{GSF(F)}$ 。

图 3104-3 给出了三个测试段组成的波形。

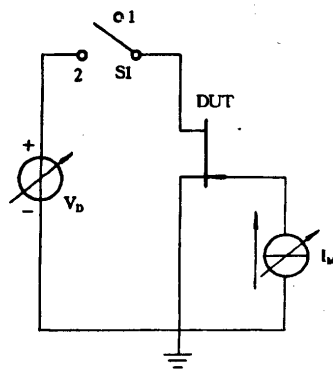


图 3104-2 热阻测试电路
(恒流正偏栅极电压法)

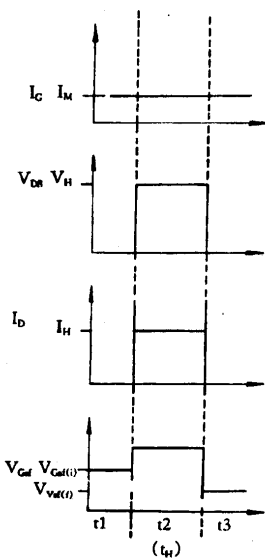


图 3104-3 热阻测试的三个时间段的器件波形

读取第二个 V_{GSF} 的时间是测量精度的关键，必须准确地加以规定，以保证测量的重复性。
测量延迟时间 (t_{MD}) 的定义由图 3104-4 的波形描述。

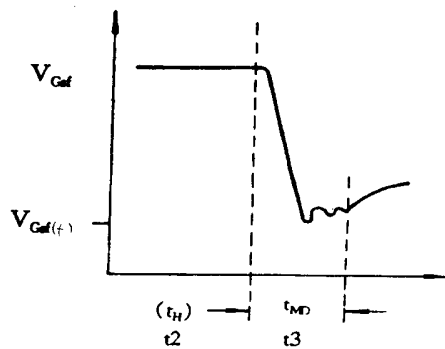


图 3104-4 第二个 V_{GSF} 的测量波形

3.6 电压、电流测量装置

应使用具有适当的取样和保持功能的电压表或示波器，以便在规定时间测量 V_{DS} 、 I_D 、 $V_{GSF(I)}$ 和 $V_{GSF(F)}$ 。测量 V_{GSF} 应有 1mV 的分辨能力。

4 温度敏感参数 V_{GSF} 的测量

由外部加热来改变散热器温度（即改变被测器件温度），漏极开路，并以要求的 I_M 值，测量 V_{GSF} 来确定 V_{GSF} 与 T_j 的关系。应适当选择 I_M 值，以便在功率脉冲期间，在要求的 T_j 范围内， V_{GSF} 呈线性下降函数。 I_M 必须足够大，以保证栅-源结导通，但不能大到引起明显的自热或导致器件损坏。图 3104—5 示出曲线实例。

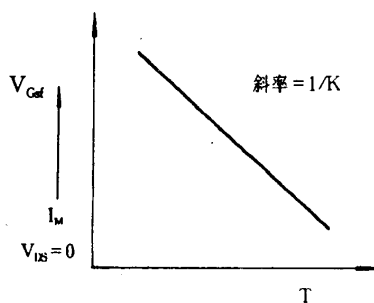


图 3104—5 V_{GSF} 与 T_j 关系的曲线实例

K 因子可以按下式确定（K 是图 3104—5 中曲线斜率的倒数）：

$$K = \left| \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{GSF1} - V_{GSF2}} \right| \quad K/mV$$

实践中发现，给定器件类型中的所有器件的 K 因子变化应小于百分之几。通常的程序是在器件批的 10—12 片样品上完成 K 系数校定，并确定 K 平均值和标准偏差（ σ ）。如果 σ 小于或等于 K 平均值的 3%，则 K 平均值可用于批中的所有器件。如果 σ 大于 K 平均值的 3%，则应对批中的所有器件分别校定 K 并应在热组计算中使用各自的 K 值。

5 测试程序

K 系数校定

5.1 K 系数校定

K 系数应按 4 中规定的程序确定。

5.2 基准点温度

基准点通常被选在半导体芯片下面的管壳的底部。必须规定基准点的位置，并在初步测试期间，使用 3.1 中叙述的热电偶监测基准点的温度。如果已确定，在功率脉冲期间， T_{xi} 增长大于 5℃，则必须减少加热功率脉冲量值，将被测器件安装在温度可控的散热器上，或者，考虑与基准点温度上升相关联的热阻，校正热阻的计算值。

5.3 热测量

应按下列顺序进行测试。

5.3.1 在功率脉冲以前：

- 确立基准点温度 T_{xi} ；
- 施加测量电流 I_M ；
- 测量栅-源电压降 $V_{GSF(I)}$ ；（初始结温测量）。

5.3.2 加热脉冲：

- a. 维持测量电流 I_M ;
- b. 施加漏—源加热电压 V_H ;
- c. 测量漏极加热电流 I_H ;
- d. 使加热条件保持要求的加热脉冲宽度 t_H ;
- e. 在加热脉冲宽度的终点, 测量基准点温度 T_{XF} 。

5.3.3 在功率脉冲之后:

- a. 维持测量电流 I_M ;
- b. 测量栅—源电压降 $V_{GSF(F)}$; (最后结温测量);
- c. 确定从功率脉冲的终点到图 3104—4 波形定义的 $V_{GSF(F)}$ 测量完成时的时间延迟。

5.4 热阻计算

按下式计算热阻值 R_{THJX} :

$$R_{THJX} = \frac{\Delta T_j}{P_H} = \frac{K | V_{GSF(F)} - V_{GSF(I)} |}{(I_H)(V_H)}$$

如果 T_{XF} 大于 T_{XI} , 则应校正该热阻值。减去从基准点 (典型情况为器件的管壳) 到散热器和环境的热通路的热阻分量。该热阻的分量按下式计算:

$$R_{THX} - H_S = \Delta T_X / P_H = (T_{XF} - T_{XI}) / (I_H)(V_H)$$

$$\text{则: } R_{THJX} | = R_{THJX} | - R_{THX} - H_S$$

校正值 计算值

因为典型的 MESFET 发热区的快速冷却, 可能要求附加的校正。这就需要对两个不同的 t_{MD} 值进行热阻测量。必须注意保证 t_{MD} 值不致短到处于非热的 (即电的) 开关瞬态区内。同样, t_{MD} 值太大, 会由于器件冷却, 导致测量的 R_{THJX} 值太小。下面给出了计算的热阻在两次测试中测试条件 I_M 、 V_H 和 t_H 保持相同时的校正公式。

$$R_{THJX} | = R_{THJX1} + \frac{R_{THJX2} - R_{THJX1}}{\text{校正值 } t_{MD1}^{1/2} - t_{MD2}^{1/2}} \cdot t_{MD1}^{1/2}$$

计算值

注: $t_{MD1} > t_{MD2}$, 但一般不应超过 $100 \mu s$ 。

6 应规定并记录的试验条件和测量结果

6.1 K 系数校定

6.1.1 规定下列测试条件:

- a. I_M 电流量值 (电流值见详细规范), A;
- k. 初始结温 (正常值 $25 \pm 5^\circ\text{C}$), $^\circ\text{C}$;
- c. 五后给温 (正常值 $100 \pm 5^\circ\text{C}$), $^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 记录下列数据:

- a. 初始 $V_{GEF(I)}$ 电压, mV;
- b. 最后 $V_{GEF(F)}$ 电压, mV。

6.1.3 按下式计算 K 系数:

$$K = | \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{GS1} - V_{GS2}} | \quad K/\text{mV}$$

6.2 热组抗测量

6.2.1 规定下列测试条件:

- a. I_M : 测量电流 (必须与 K 系数校定所用的相同), mA;
- b. V_H : 漏一源加热电压, V;
- c. t_H : 加热时间, S;
- d. t_{MD} : 测量延迟时间, μ S;
- e. t_{SW} : 取样和保持窗口时间, μ S。

注: 通常选择 V_H , 以便产生使 PH 近似等于器件额定功率耗散 2/3 的 I_H 值。

6.2.2 记录下列数据:

- a.: T_{XI} : 初始基准温度, $^{\circ}$ C;
- b.: T_{XF} : 最后基准温度, $^{\circ}$ C
- c. I_H : 加热期间的电流, A

6.2.2.1 VGSF 数据:

- a. $V_{GSF(I)}$: 初始栅一源电压, V;
- b. $V_{GSF(F)}$: 最后栅一源电压, V。
- c. I_H 加热期间的电流, A。

6.2.2.2 RTHJX 数据:

RTHJX, K/W

如果满足 5.2 中叙述的要求, 则 $T_{XF}-T_{XI} \leq 5K$, 则测量不再要求。

6.2.3 热阻抗计算

用 6.2.2 中搜集的数据和 5.4 中示出的程序和公式计算热阻抗。

6.3 用于筛选的 ΔV_{GSF} 测量

6.3.1 规定下列测试条件:

- a. I_M : 测量电流, mA;
- b. V_H : 漏一源加热电压, V;
- c. t_H : 加热时间, S;
- d. t_H : 测量延迟时间, μ S;
- e. t_{MD} : 取样和保持窗口时间, μ S。

注: 通常选择 V_H , 以便产生的 I_H 使 PH 等于或大于热阻抗测量使用的值。

6.3.2 规范的极限

将下列数据的一个或几个与规定的极限相比较。

6.3.2.1 ΔV_{GSF} 数据:

- a. ΔV_{GSF} , mV

6.3.2.2 V_{GSF} 数据:

- a. $V_{GSF(I)}$: 初始栅一源电压, V;
 - b. $V_{GSF(F)}$: 最后栅一源电压, V。
- 计算 ΔV_{GSF} , mV。

6.3.2.3 ΔT_J 数据

如果 K 系数 (见 4 和 6.1) 的标准偏差大于 K 平均值的 3%, 以及各器件之间 I_H 变化量相对较小, 则应选择计算 ΔT_J 。

$$\Delta T_J = K(\Delta V_{GSF})$$

注: 测试设备可能直接提供 ΔT_J 的计算值。

6.3.2.4 CU 数据

如果 K 系数（见 4 和 6.1）的标准偏差小于 K 平均值的 3%，以及各器件之间 I 的变化相对较大，则应选择计算 CU。

CU 为比较单位， $CU = \Delta V_{GSF} / I_H$ mV/A

注：测试设备可能直接提供 CU 的计算值。

绝缘栅功率场效应晶体管热阻抗测试 (变量源—漏电压法)

1 目的

本方法的目的是测量绝缘栅功率场效应晶体管(MOSFET)在施加规定的电压、电流和脉冲持续时间条件下的热阻抗。使用源—漏二极管正向电压的温度敏感性作为结温指示计。本方法特别适用于具有相对长的热响应时间的增强型功率 MOSFET。为保证芯片正确安装到它的管壳,通过适当的选择脉冲持续时间和加热脉冲大小,本方法可用来测量结加热脉冲的热响应或直流热阻。适当的测试条件和极限在第5章详细叙述。

1.1 定义

本测试方法所用的符号如下:

I_M : 在测量源—漏电压期间施加的源—漏二极管电流。

I_H : 通过漏极的加热电流。

V_H : 漏—源之间的加热电压。

P_H : 施加到被测器件的加热功率脉冲的大小, I_M 和 V_H 的积, W。

t_H : P_H 施加期间的加热时间。

V_{TC} : V_{SD} 相对电压温度系数, mV / K。

K : 热校准系数, 等于 V_{TC} 的倒数, mV。

T_J : 结温, °C。

T_{JI} : 在开始功率脉冲之前的结温, °C。

T_{JF} : 功率脉冲结束时的结温, °C。

T_x : 基准温度, °C。

T_{XI} : 初始基准温度, °C。

T_{XF} : 最后基准温度, °C。

V_{SD} : 源—漏二极管电压, mV。

V_{SDI} : 初始源—漏二极管电压, mV。

V_{SDF} : 最后源—漏二极管电压, mV。

t_{MD} : 从加热功率 P 移去至 V 测量开始时的延迟时间测量值。

t_{SW} : 取样和保持窗口时间, 在该时间周期内进行最后 V 测量。

$V_{GS(M)}$: 在初始和最后测量周期内施加的栅—源电压。

Z_{THJX} : 从结到基准点的瞬态热阻抗, K / W, 规定功率脉冲持续时间的:

$$Z_{THJX} = (T_{JF} - T_{JI} - \Delta T_x) / P_H$$

式中: ΔT_x 为加热脉冲期间(见4.2和4.4)基准点温度的变化, 对短加热脉冲, 即芯片附着评价, 本项常可忽略。

2 设备

本测试要求适用于规定的试验程序的下述设备。

a. 在规定的基准点上用热电偶测量壳温。建议的基准点应安排在加热源之下的管壳上。热电偶材料应是铜—康铜(T型)或等效的。热电偶直径不应大于0.30mm。热电偶的结应是熔焊, 以构成球形, 而不得使用锡焊或缠绕。热电偶和热电偶组合测量系统的准确度为 ± 0.5 °C。适当的安装热电偶来确保紧靠连接到基准点, 是保证系统准确度的关键。

b. 温度可控环境, 此环境应能够保证壳温在测量 K 系数的推荐温度 $23 \sim 100$ °C 的范围内准确度为 ± 1 °C。

c. 图3161—I所示, 用 K 系数校定装置, 此装置既可控又能测量环境温度, 并测量规定的 I_M 下的 V_{SD} , 可使用温度可控的循环液体槽。电流源必须能够提供准确度为 $\pm 1\%$ 的 I_M 。电

压源必须能够提供-1—-5V 范围内稳定的 $V_{GS(M)}$ ；（对 P 沟道器件，应为相反的极性）。施加这个电压的方式使得导通和关断被测器件相同（即对 N 沟道器件，栅极相对于源极为负）。 V_{SD} 的电压测量使用开尔芬接触和具有 1mV 分辨力的伏特计进行。器件至电流源的引线尺寸应足以传送测量电流（线径为 0.71mm 多股线被典型地用于直至 100mA）。

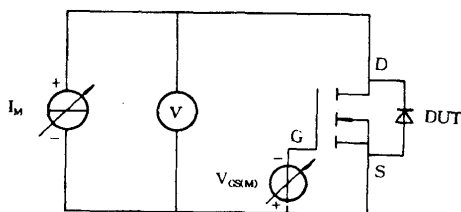
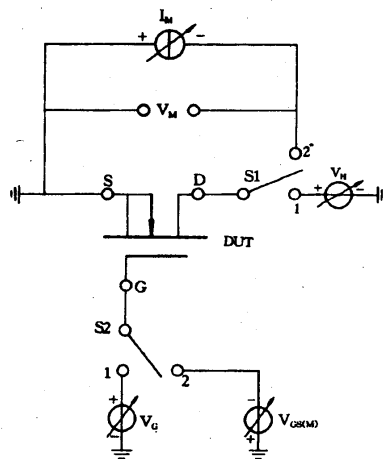


图 3161-1 K 系数校准装置

d. 控制器件和测量温度所用的电路，温度测量是使用源-漏二极管正向电压作为温度敏感参数，如图 3161-2 所示。所示极性是 N 沟道器件，而电路可通过反接电压和电流源极性用于 P 沟道器件。



注：1) 电路由被测器件、三个电压源、一个电流源和两个电子开关组成。在加热期间，开关 S1 和 S2 在位置 1。测量 V_G 和 V_D 值，以达到 P_H “加热”条件的 I_D 和 V_{DS} 的要求值。
2) 为了测量被测器件的初始和最后加热脉冲结温，将开关 S1 和 S2 分别置于位置 2。这样将栅极放在测量电压电平 $V_{GS(M)}$ 上，并连接电流源 I_M ，以便对源-漏二极管施加正向测量电流。至于电流源的极性，应使加到 MOSFET 源-漏的电压与 MOSFET 正常工作期间所使用的电压极性相反。图 3161-3 和图 3161-4 给出了用三个测试段相组合的波形。

图 3161-2 热阻抗测试电路

e. 适合的取样和保持伏特计或示波器，以测量规定时间的源-漏正向电压。测量 V 的精度应在 5mV 之内或 $(V_{SD1} - V_{SDF})$ 的 5% 之内，取较小者。

3 温度敏感参见的测量对于由外部加热来改变散热器温度（和该被测器件温度）的 I_M 的要求值，要求的 V_{SD} 与 T_J 关系的核准由监测 V_{SD} 完成。选择 I_M 的幅值，以便在功率脉冲期间，在要求的 T_J 范围内， V_{SD} 呈线性下降的函数。 I_M 必须足够大，以保证源-漏结导通，但不能大到足以引起任何明显的自热。此值正常的应是 10mA（对小功率器件）和达 10mA 对大功率器件）。 $V_{SG(M)}$ 值必须足够大，以消除来自控制被测器件的栅极的影响。其典型值在 1~5V 范围内。校准曲线的示例在图 3161-5 中给出。

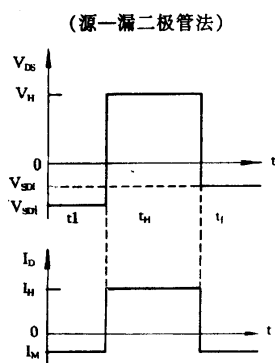


图 3161-3 热瞬态测试的三个段期间的器件波形

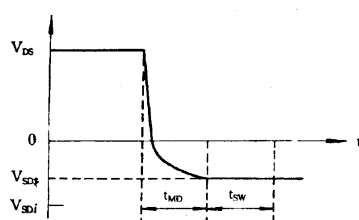


图 3161-4 第二 V_{SD} 测量波形

注: t_{MD} 值对测量准确度是关键, 并保证测量重复性而必须正确规定它。注意, 某些测试仪器承制方在他们的 t_{MD} 规范值中包括采样和保持窗口时间 t_{SW} 。

3.1 芯片粘附完整性的测量

为保证在同一制造厂的给定批或一组相同型号器件正确地芯片良好粘附进行筛选时, 则不要求本校准步骤。在该种情况下, 对短加热脉冲, 热响应的测量可以是 V_{SD} , 且不需要计算变量 T_j 或 Z_{THJX} (为此, 对 A3-01B 尺寸的封装, t_H 应是 10ms, 而对 B2-01B 封装, t_H 应是 100ms)。

3.2 校准系数 K

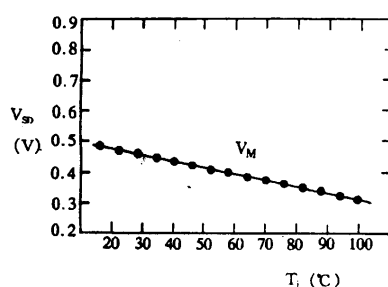


图 3161-5 V_{SD} 与 T_j 关系曲线示例

K 系数可以按下式确定 (K 系数是 VTC 的倒数, 或是图 3 161-4 中曲线的斜率)。

$$K = \frac{1}{VTC} = \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{SD1} - V_{SD2}} \quad K/mV$$

已从实践中发现, 在规定的器件类型中所有器件的 K 系数变化是小的。通常的程序是在器件批的 10~12 片样品上完成 K 系数校定, 并确定 K 平均值和标准偏差 (σ)。如果 σ 小于或等于 K 平均值的 3%, 则 K 平均值可用于批中的所有器件。如果 σ 大于 K 平均值的 3%, 则应对批中的所有器件分别校定 K, 并应在热阻抗计算或在为校正比较用的 ΔV_{SD} 值中使用

各自的 K 值。

4 测试程序

4.1 核定

K 系数必须按第 3 章所述的程序确定，但 3.1 的注除外。

4.2 基准点温度

基准点通常被选在直接在半导体芯片下面的晶体管管壳的底部（对 B2—01C 金属帽封装）或是在极接近芯片处（对其它封装类型）。必须规定基准温度点的位置，并在初步测试期间，使用 2.a 条中叙述的热电偶监测基准温度点的温度。如果已确定，功率脉冲期间 T_x 增加大于测量结温温升的 5°C ，则必须减少加热脉冲量值，将被测器件安装在温度可控散热器上，或者，必须考虑到基准点对冷却介质或散热器的热阻抗来校正热阻抗的计算值。

如果 t_H 值足够低，以保证被测器件中产生的热量没有时间传到封装，则不再要求测量温度来监视及控制温度测量和对基准点温度变化的校正。这种情况的 t_H 的典型值在 $10\text{ms}\sim 500\text{ms}$ 范围内，取决于器件的封装类型和材料。

4.3 热测量

应按下列顺序进行测试：

a. 在功率脉冲之前：

- （至）确立基准点温度 T_{X1} ；
- （2）施加测量电流 I_M ；
- （3）施加栅—源测量电压 $V_{GS(M)}$ ；
- （4）测量源—漏电压降 V_{SD1} （初始结温测量）。

b. 加热脉冲参数：

- （1）施加漏—源加热电压
- （2）按调正栅—源电压的要求，施加漏极加热电流 I_H ；
- （3）使加热条件保持要求的加热脉冲持续时间 t_H ；
- （4）在加热脉冲持续时间的终点，测量基准点温度 T_{XF} 。

注：如果 t_H 值满足 4.2 中叙述的要求，则不再要求 T_X 测量。

c. 在功率脉冲之后测量：

- （1）施加测量电流 I_M ；
- （2）施加栅—源测量电压 $V_{GS(M)}$ ；
- （3）测量源—漏电压降 V_{SDF} （最后结温测量）。

（4）按图 3161—4（ t_{MD} 和 t_{SW} 术语）的波形，在功率脉冲的终点与完成 V_{SDF} 测量之间的时间延迟。

4.4 热阻抗

按下式计算热阻抗值 Z_{THX} ：

$$Z_{thX} = \Delta T_j / P_H = \left| \frac{K(V_{SDF} - V_{SDX})}{I_H V_H} \right| \quad \text{K/W}$$

如果 T_{XF} 比 T_{X1} 大，应校正该热阻抗值，校正是减去从基准点（典型器件的管壳）到冷却介质或散热器的热阻抗。如果 t_H 值满足 4.2 的要求，则不再要求测量 T_{X0} 。

该热阻抗的分量按下式计算的值：

$$Z_{thX} - H_s = \Delta T_X / P_H = (T_{XF} - T_{X1}) / [(I_H)(V_H)]$$

式中： H_s 为冷却介质或热沉（如果使用）则：

$$Z_{thX} \Big|_{\text{校正}} = Z_{thX} \Big|_{\text{计算}} - Z_{thX} - H_s$$

注：对芯片粘附的评价（见 3.1），不需要这最后的步骤。

5 要规定并记录的测试条件和测量值

5.1 K 系数校定

5.1.1 条件数据

规定下列测试条件：

- a. 测量电流 I_M （见详细规范）；
- b. 栅—源电压 $V_{GS(M)}$ （在 0—6V 的范围内）；
- c. 初始结温 T_{J1} ：25±5℃；
- d. 最后结温 T_{JF} ：100±10℃。

5.1.2 记录数据

记录下列数据：

- a. 初始 V_{SD} 电压；
- b. 最后 V_{SD} 电压

5.1.3 计算数据

按下式计算 K 系数：

$$K = \left| \frac{T_{J1} - T_{J2}}{V_{SD1} - V_{SD2}} \right| \quad K / mV$$

5.1.4 芯片粘附程序

对芯片粘附的评价（见 3.1），可以不要求 K 系数的校定（见 5.1）。

5.2 热阻抗测量

5.2.1 条件数据

在详细规范中应规定下列测试条件：

- a. 测量电流 I_M （必须与 K 系数校定所用的相同）；
 - b. 泥板加热电流 I_H ；
 - c. 加热时间 t_H ；
 - d. 漏—源加热电压 V_H ；
 - e. 测量延迟时间 t_{MD} ；
 - f. 取样和保持窗口时间；
 - g. 栅—源电压 $V_{GS(M)}$ ；
- 注：通常选择 I_H 和 V_H ，以便使 P_H 近似等于器件额定功率耗散的 2/3。

5.2.2 记录数据

记录下列数据：

- a. 初始基准温度 T_{XJ} ；
- b. 最后基准温度 T_{XF} ；
- c. 如果 T_H 值满足 4.2 的要求，则不要求测量 T_X ；
- d. 使用 4.4 中示出的程序和公式计算热阻抗。

5.2.2.1 ΔV_{SD} 数据

该参数可以通过适合的测试仪器直接读出，也可以通过 V_{SD} 初始值与 V_{SD} 最后值之差（即 $\Delta V_{SD} = V_{SD(I)} - V_{SD(F)}$ ）进行计算。

5.2.3 热阻测量

5.2.3.1 这是一项在下述条件下的热阻抗测量，其测试条件是采用的加热时间（ t_H ）应足够长，以保证从器件的缩至符合 2.a 规定的管壳基准点的温度降落达到平衡， t_H 值再增加时它不再增加。实测中，当结温变化率与管壳温度变化率相匹配时，可以假定是这种条件。

5.3 筛选用的热响应 ΔV_{SD} 测量

为了满足 3.1 的目的和 4.2 中要求的 t_H 值, 应进行这些测量.

5.3.1 条件数据

在详细规范中应规定下列测试条件:

- a. 测量电流 I_M ;
- b. 漏极加热电流 I_H ;
- c. 加热时间 t_H ;
- d. 漏一源加热电压 V_H ;
- e. 测量延迟时间 t_{MD} ;
- f. 取样和保持窗口时间 t_{SW} ;
- g. 栅一源电压 $V_{GS(M)}$; (必须与 K 系数校定所用的相同)。

注: 通常选择 I_H 和 V_H 值等于过大于为热阻抗测量所使用的值。

5.3.2 规定的极限

将下列数据与规定的极限相比较。

5.3.2.1 ΔV_{SD} 数据

- a. 与 5.2.2.1 相同;
- b. 如果 K 系数产生的 σ 大于 K 平均值的 3% (见 3 和 5.1) 为了比较或筛选, 可作选地计算 ΔT_J

$$\Delta T_J = K(\Delta V_{SD})K$$

6 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节:

6.1 热阻抗:

- a. 测量电流 I_M ;
- b. 漏极加热电流 I_H ;
- c. 加热时间 t_H ;
- d. 漏一源加热电压 V_H ;
- e. 测量延迟时间 t_{MD} ;
- f. 取样和保持窗口时间 t_{SW} ;

6.2 热响应 ΔV_{SD} 测量:

- a. 测量电流 I_M ;
- b. 漏极加热电流 I_H ;
- c. 加热时间 t_H ;
- d. 漏一源加热电压 V_H ;
- e. 测量延迟时间 t_{MD} ;
- f. 取样和保持窗口时间 t_{SW} ;

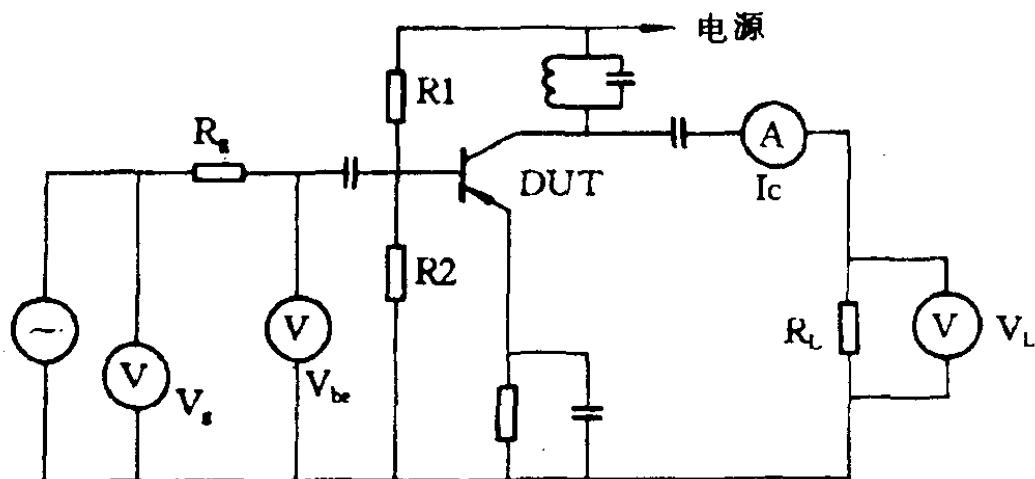
方法 3256
小信号功率增益

1 目的

本测试的目的是在规定的信号条件下，测量交流输出功率与交流输入功率之比（通常规定以 dB 为单位）。

2 测试电路

见图 3256— 1。



注：对于其它电自组态，拟更改电路，其更改方式应能证明器件是否符合详细规范的要求。

图 3256 — 1 小信号功率增益测试电路

3 程序

应将规定电压和（或）电流施加到器件各引线上，并在规定电路的输入引线加上交流小信号。电阻 R1 和 R2 的值应大于器件的 h_{ie} 值。如果规定的测试频率小于器件外推的单位增益频率（ f_t ），则输入电流 V_{be} 之间的相位角 θ 应认为是零。

此时对于共发射极：

$$P_{se} = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

式中 $P_{in} = (V_{be})(i_b) \cos \theta$

$$i_b = \frac{V_s - V_{be}}{R_s}$$

$$P_{out} = (i_c)^2 (R_L) \text{ 或 } \frac{(V_L^2)}{R_L}$$

因此：

$$P_{se} = 10 \log \frac{(i_c)^2 (R_L)}{(v_{be}) \frac{V_s - V_{be}}{R_s}} \text{ 或 } 10 \log \frac{\frac{V_L^2}{R_L}}{V_{be} \left(\frac{V_s - V_{be}}{R_s} \right)}$$

对于其它电路组态，应对测试程序进行更改，其更改方式应能够证明器件是否符合详细

规范的要求。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 测试电路；
- b. 测试电压和（或）电流；
- c. 测试频率（如果不是 100Hz）。

方法 3320
射频输出功率、射频功率增益和集电极效率

1 目的

本测试的目的是在规定的射频放大器测试电路中，测量晶体管在实际工作条件下的射频输出功率、射频功率增益和集电极效率。测试条件 A 适用于（在 10MHz—2GHz 的频率范围内进行测试时）在大于 10dBm 的射频功率电平下工作的器件，而测试条件 B 则适用于（在 100MHz 至 10GHz 的频率范围内进行测试时）在大于 0dBm 的射频功率电平下工作的器件。

2 测试条件 A

2.1 装置

图示的所有设备均可以由适用于测试频率的等效装置代替。设备装置如图 3320—1 和 3320—2 所示。

2.2 程序

断开测试夹具，用数目最少的连接器将 1 号和 2 号定向耦合器直接连接起来。射频开关置于格出位置“C”，并通过监视频率计数器和射频功率计的方式，将频率和射频功率源分别调到规定条件。然后将射频开关置于位置“A’”，并调节可变衰减器以获得与位置“C”时的输出功率相同的读数。重新连接测试夹具并插入被测器件（DUT），将直流电源调到规定的电压。调节电路输出调谐使功率增益最大，并调节电路输入调谐使反射功率最小。（调谐时，射频开关应在输入功率、反射功率和输出功率位置之间交替转换，并按需要多次重复此程序，以获得最小反射功率和最大输出功率。）在进行最终测量之前，应检查输入功率电平。如果需要校准输入反射功率，则应将 1 号定向耦合器反接并将开关从位置“A’”转换到开关位置“B”，然后重复上述程序。

注：最小反射功率定义为开关置于位置 B 并保持输入功率时获得的是小读数。

2.2.1 测量

2.2.1.1 输出功率

输出功率（ P_{out} ）的测量方法如下：调节射频功率源以获得规定的正向输入功率，并读出输出功率（W）。

2.2.1.2 输入功率

输入功率（ P_{in} ）的测试方法如下：调节射频功率源以获得规定的正向输出功率，并读出输入功率（W）。

2.2.1.3 功率增益

功率增益（ G_p ）的测量方法如下：调节射频功率源到能够产生规定 P_{out} 的 P_{in} 值。观测 P_{in} 和 P_{out} ，并按下式确定增益（dB）：

$$G_p = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

2.2.1.4 集电极效率

集电极效率（ ζ ）的测量方法如下：调节射频源以获得规定的 P_{in} （或 P_{out} ），并读出 P_{out} 集电极效率计算如下：

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}(W)}{P_{in}(W)} \times 100 = \frac{P_{out}(W)}{I_c \times V_{cc}} \times 100$$

式中: I_c 为集电极电流, V_{cc} 为集电极电源电压。

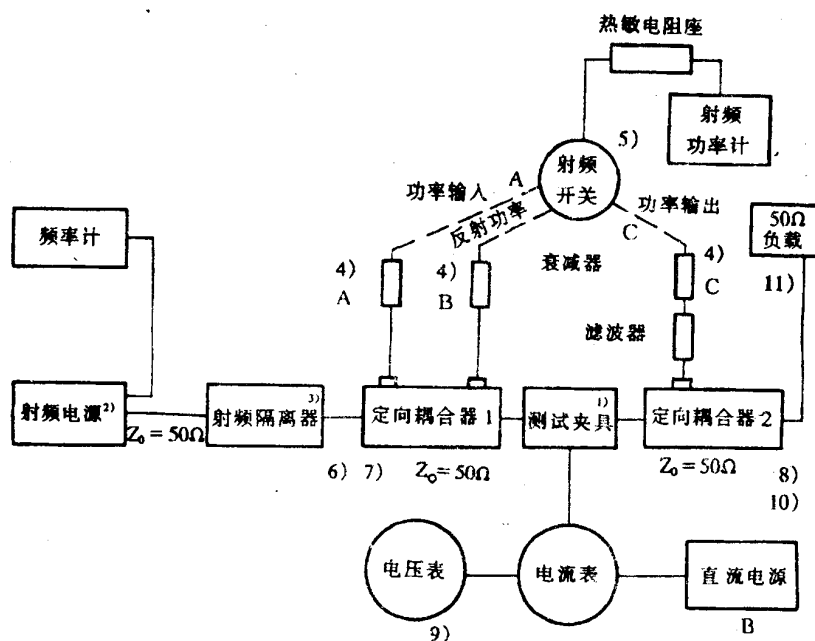


图 3320-1 测试设备配置

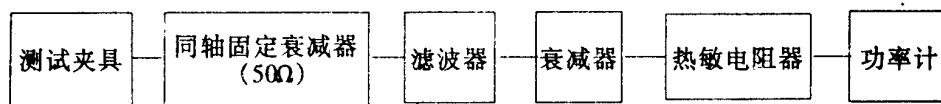


图 3320-2 替代的测试设备配置

注:

- 1) 测试夹具为适应详细规范描述的电路(其电路布局和元件质量极为重要)。
- 2) 射频功率源应能在要求的频率下产生需要的功率电平,其谐波和寄生分量应比 100MHz~1GHz 的工作频率电平低 20dB 以上。
- 3) 射频隔离器应能在射频功率源和测试夹具之间建立大于 20dB 隔离度的器件(衰减器、环行器等),(频带外的隔离应采用于电阻性衰减器)。
- 4) 可变衰减器(或固定衰减器,如果经校准的话),调节衰减器,使测试夹具的实际输入功率和输出功率为已知,2号定

2.3 详细规范中应规定的细节:

- a. 测试电压 (和电流, 适用时);
- b. 测试频率;
- c. 功率输入 (或输出);
- d. 测试电路和关键性部件及布线;
- e. 被测参数。

3 测试条件 B

3.1 装置

所有引用的设备均可由具有相等能力或更高能力的设备替代。典型的设备装置如下所示（见图 3320—3）。所有元件应适用于测量频率范围。

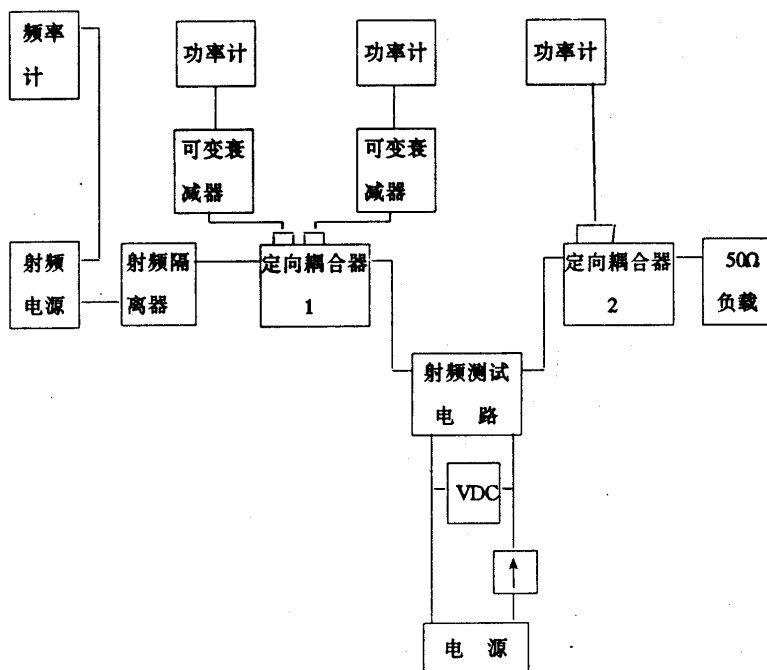


图 3320—3 射频测试装置

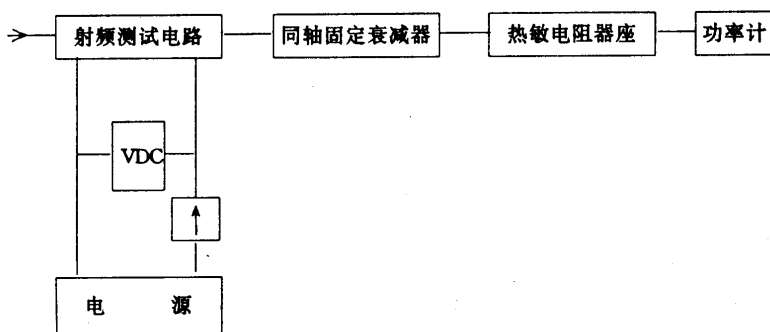


图 3320—4 替代的输出装置

3.2 测试程序

3.2.1 射频装置校准步骤

a. 采用如图 3320—3 所示的射频测试装置，和可拆卸的测试夹具，将 1 号耦合器的输出连接到 2 号耦合器的输入上，2 号定向耦合器的衰减对照已知的工作标准进行校准，其方法可用校正图或适当进行调节（如果是可变的）。

b. 当采用波长计时，通过频率计读数指示或功率电平下降指示来调节功率源的频率。

c. 调节功率源上的可变衰减器，减少衰减器直至在输出功率计上观测到所需的功率电平（如果需要修正 2 号耦合器或输出衰减器的误差，则运用修正因子）。

d. 观测输入功率计并调节与此功率计相关的衰减器，直至其读数与 3.2.1c 条中所述的

输出功率计的输出功率相同为止。(如果采用图 3320—5 中的替代输入装置,则在正向位置上用同轴开关进行校准。)

e.从电路中断开输出耦合器和功率计,使 1 号耦合器的输出开路。调节与反射功率计相关的衰减器,直至其读数与正向功率计读数相同。在耦合器的输入上进行经校准的短路,观察在开路条件和短路之间的反射功率差。调节反射功率可变衰减器,使开路和短路读数均等。(如果采用图 3320—5 中的替换输入装置,若耦合器的两个端口相对称,则正向功率校准时,反射功率接口也自动核准)。

f.增加输入衰减量直至输出功率为零(到此,校准已完成)

g.如果要求多个频率的测试,则应对每个频率重复 3.2.1a~f 的步骤,记录各个规定频率的可变衰减量和功率源的调节值。在各个规定的频率点上进行测试期间,所有设备必须退回到记录的调节值。

3.2.2 射频测试

a.确保断开直流电源。

b.采用图 3320—3 中的射频测试电路或图 3320—4 和 3320—5 中的替换电路,将测试夹具就位并夹上器件。

c.接通直流电源,应检查预防措施,以防止电压超过规定的测试电平。

d.调节功率源的衰减器,直至有适当的输入功率读数。

e.观察输出功率、反射功率和集电极电流(如果需要记录)。

f.增加功率源的衰减量,直到或入功率读数为零。

g.如果要求测试其它频率,则根据需要,用前面记录的功率源和衰减器调节值,重复 3.2.2a~f。

h.断开直流电源。

i.从测试夹具中拆下被测器件。

3.3 测量数据

a.输出功率 (P_{out}) 的测量:调节 3.2.2 所述射频功率源,以获得规定的正向输入功率,并读出输出功率 (W)。

b.测量功率输入 (P_{in}):调节 RF 功率源,以获得规定的正向输出功率,并读出输入功率 (W)。

c.根据测得的 RF 数据计算功率增益 (G_p):观测 P_{in} 和 P_{out} , 功率增益 (dB) 确定如下:。

$$G_p = 10 \log \frac{P_{out} (W)}{P_{in}}$$

d. 根据测得的射频和直流数据计算集电极效率 (η)。集电极效率计算如下:

$$\eta \% = \frac{P_{out} (W)}{P_{in} (W)} \times 100 = \frac{P_{out}}{I_c \times V_{cc}} \times 100$$

式中: I_c 为集电极电流, A;

V_{cc} 为集电极电源电压, V。

E.如果 RF 测试袋里接 3.2.1e 的规定进行校准,则可直接从功率计中观测反射功率。尽管反射功率可能不是射频规范值的一部分,但在此仍包括它,这是因为反射功率表明实际上有多少输入功率到达器件上。良好试验惯例要求:在可能时,应使从最小反射功率调节外部电路。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下对细节:

a.测试电压 (和电流,适用时);

b.测试频率;

- c. 输入或输出功率;
- d. 测试电路、规定的关键部件和布线;
- e. 要测量的参数;
- f. 要计算的参数;
- g. RF 测试夹具。

方法3407
漏-源击穿电压

1 目的

本测试的目的是确定场效应晶体管或绝缘栅双极晶体管（IGBT）在规定条件下的击穿电压是否大于规定的最低极限值。对于 IGBT 器件，用 IGBT 件的集电极和发射极替换 MOSFET 器件的漏极和源极，即 D 改为 C，S 改为 E。

2 测试电路

见图 3407—1。

3 程序

电阻 R_1 为限流电阻器，其阻值应足够大，以免过大的电流流过器件和电流表。施加规定的偏置条件（条件 A、B、C 或 D），电压应从零逐渐增加，直至达到 $V_{(BR)DSX1}$ 的最低极限值或规定测试电流为止。如果在测试电流达到规定值之前达到 $V_{(BR)DSX}$ 的最低极限值，则器件合格；如果首先达到规定的测试电流，则认为器件失效。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

a. 测试电流（见第 3 条）；

b. 偏置条件：

A 为栅-源加反向偏量（规定偏置电压）；

B 为栅-源加电阻回路（规定 R_2 的电阻值）；

C 为栅-源短路；

D 为栅-源开路。

注： $V_{(BR)DSX1}$ 在栅-源之间施加规定的偏置条件下，漏-源的击穿电压。

方法3472

开关时间测试

1 目的

本试验方法的目的是在规定条件下测量绝缘栅功率场效应晶体管（MOSFET）或绝缘栅双极晶体管（IGBT）的脉冲响应（ $t_{d(on)}$ 、 t_r 、 $t_{d(off)}$ 、 t_f ）。对于 IGBT 器件，用 IGBT 器件的集电极和发射极替换 MOSFET 器件的漏极和源极，即 D 改为 C，S 改为 E。

2 测试程序

使用下列说明和注意事项监测 VGS 和 VDS 与时间的关系。为便于解释，可参照图 3472—1 和 3472—2。

2.1 说明和注意事项

a. 本方法假定在测试电路的实际结构中使用了良好的工程惯例，即：短的引线、良好的接地平面、最小的栅—漏互感、合适的高速发生器和仪器。

b. R_{GS} 值包括仪器的电阻负载。 R_{GEN} 和 R_{GS} 值应足够低，能明显反映栅极传导效应。

c. 应明 L_{DST} 、 C_{GST} 和 C_{DST} 包括测试夹具、电路元件和仪器的电感和电容，以及除被测器件以外的任何其他电感和电容。 L_{DST} 不应超过 100nH， C_{DST} 或 C_{GST} 也不应超过 100pF。具有小芯片的器件可以要求较小的 L_{DST} 、 C_{GST} 和 C_{DST} 值。

d. 不要求规定栅极电路电感。当拆下被测器件时，栅—源电压波形应无显著影响测量的异常失真。要准确测量良好设计的测试夹具的，电感是困难的。应将栅极驱动公共端开尔芬地连接到器件的源极引线。

e. 本方法中涉及的无源电路元件是均用集中多数的表现，这些数值是使用 RLC 电桥在 1MHz 频率下测得。

f. 电压和电流源应解释为是有源元件的有效理想化单元。

g. “不影响测量”一词意思是加倍该值也不会对测量结果产生超过测量精度的影响。

h. 不允许关态漏极电压过冲超过器件的额定漏—源击穿电压。当感性时间常数是容性时间常数的 25 % 时，漏极电流跳动开始。当高速度测试低电压大电流器件时，跳动特别严重。当比值 $L_{DST}/R^2L(C_{DST}+C_{OSS})$ 超过 10 时，为保证不达到器件的击穿电压，可能必须调整测试条件。

i. 用于开关参数测试的仪器是一台具有输入放大器和探针的示波器。上升和下降时间的影响按下述关系式估算：

$$\begin{aligned} (\text{上升时间测量值})^2 = & (\text{实际上升时间})^2 \\ & + (\text{放大器上升时间})^2 \\ & + (\text{探针上升时间})^2 \end{aligned}$$

j. 当测量时涉及两个通路和两个探针时（开启和关闭延迟），相关的通路探针延迟不应显著地影响测量。使用两个通路 / 探针同时观察相同的波形，是估算误差的有效方法。

k. 除非另有规定，测量开关参数时必须采用一半的额定漏极电压和额定漏极电流。

l. 测量上升时间时， $V_{GS(on)}$ 应接输入波形的规定。测量下降时间时， $V_{GS(off)}$ 应按输入波形的规定。输入转换和漏极电压响应探测器的上升和下降响应时间，应保证加倍此响应时间时，也不会对试验结果产生超过测量精度的影响。电流应足够小，以便加倍该电流也不对试验结果产生超过测量精度的影响。

3 测试电路和波形

见图 3472 — 1 和 3472 — 2

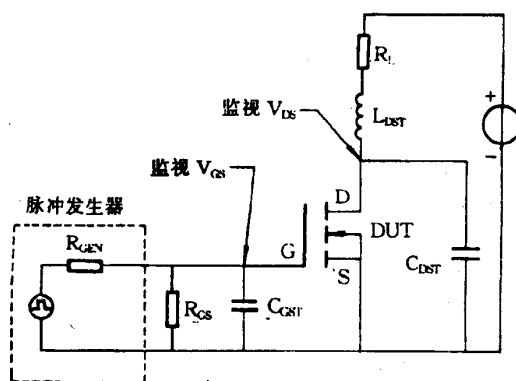


图 3472-1 开关时间测试电路

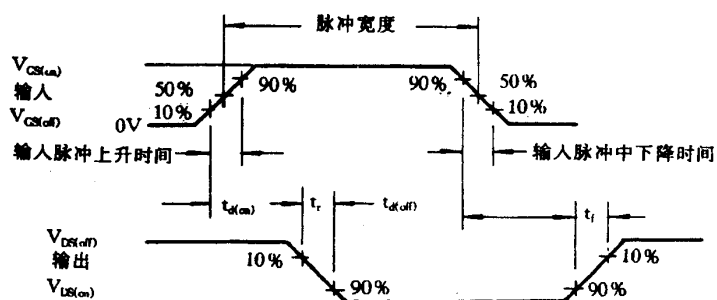


图 3472-2 开关时间波形

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. T_C : 壳温为 25°C ，除非另有规定；
- b. I_D : 开态漏极电流；
- c. V_{DD} : 关态漏极电压；
- d. R_L 标称值等于 V_{DD} / I_D ；
- e. V_{GS} : 开态栅极电压；
- f. R_{GS} : 栅—源电阻；
- g. R_{GEN} : 回视发生器的电阻。

方法 3505

砷化镓场效应晶体管 1dB 压缩输出功率 (P_{1dB})

1 目的

本测试方法建立了砷化镓场效应晶体管 1dB 压缩输出功率的基本测试电路和程序。

2 程序

测试装置如图 3505-1 所示。首先施加栅极电压 (V_{GS})，然后施加规定的漏极电压 (V_{DS})。调整栅极电压，以使场效应晶体管偏置在详细规范中规定的工作点上，例如 $I_D = 50\% I_{DSS}$ 。将输入信号调整到规定的频率。增加输入功率并调节输入和输出调配器，以使晶体管呈现最大输出功率，和接近最大增益，即不得低于晶体管规定的最小增益 2dB。然后，输入功率至少减少 10dB。在此减少的输入信号电平下，测得小信号增益 G_0 。

随后输入功率按 1dB 增量增加，记录场效应晶体管的增益 (输出功率/输入功率, dB)。当测得的场效应晶体管的增益小于或等于 ($G_0 - 1$) 时，记录输出功率，这个值表示 1dB 压缩输出功率 (P_{1dB})，并用此值对照详细规范规定值确定被测器件是否合格。

3 测试电路

见图 3505-1

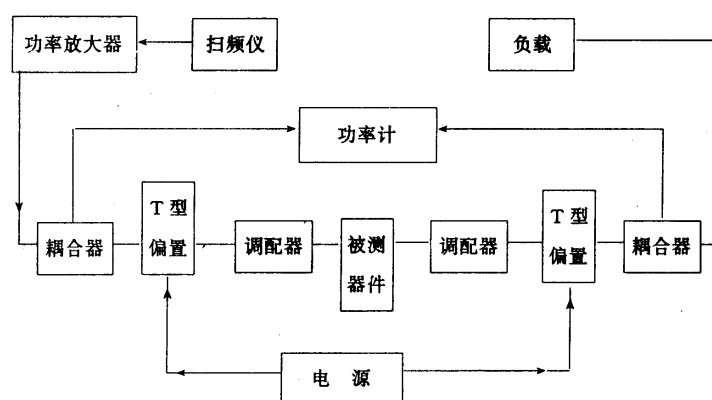


图 3505-1 P_{1dB} 测试系统

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- 管壳温度，除非 $T_c = 25^\circ\text{C}$ ；
- 漏源电压 (V_{DS})；
- 漏极电流 (I_D) 除非 $I_D = 1/2 I_{DSS}$ ；
- 测试频率。

砷化镓场效应体管的1 dB 压缩增益 (G_{1dB})

本测试方法建立了砷化镓场效应晶体管 1dB 压缩增益的基本测试电路和程序。

测试装置如图 3510—1 所示。首先施加栅极电压 (V_{GS})；然后施加规定的漏极电压 (V_{DS})。调整栅极电压，以使场效应晶体管偏置在详细规范中规定的工作点上，例如 $I_D = 50 \% I_{DSS}$ 。将输入信号调整到规定的频率。增加输入功率并调整输入和输出调配器，以使晶体管呈现最大输出功率，和接近最大增益，即不得低于晶体管规定的最小增益 2dB。然后，将输入功率至少减少 10dB。在此减少的或入信号电平下，测得小信号增益 G_0 。

$$G_{\text{IdB}} = G_0 - 1.0\text{dB}$$

3 测试电路

```

graph LR
    PowerSource[电源] --> T1[T型偏置]
    PowerSource --> T2[T型偏置]
    T1 --> Coupler1[耦合器]
    T2 --> Coupler2[耦合器]
    Coupler1 --> PowerAmp[功率放大器]
    Coupler1 --> PowerMeter[功率计]
    Coupler2 --> Load[负载]
    Coupler2 --> PowerMeter
    PowerAmp --> PowerMeter
    PowerMeter --> T1
    PowerMeter --> T2
    FrequencyMeter[扫频仪] --> PowerAmp
  
```

图 3510-1 G_{1dB} 测试系统

详细规范中应规定下列细节:

- a. 管壳温度, 除非 $T_c = 25^{\circ}\text{C}$;
b. 漏源电压 (V_{DS});
c. 漏极电流 (V_{DS}) 除非 $I_D = 1/2 I_{DSS}$.
D. 测试频率。

方法3570

划化镓场效应晶体管的正向增益（吴；任心）

1 目的

本测试方法建立了砷化镓场效应晶体管正向增益（吴；根植）的基本测试方法、测试装置和程序。

2 程序

电路组态和测试装置按图 3570—1 所示。首先施加栅极电压 (V_G)，再施加规定的漏极电压 (V_D)，调整栅极电压以使被测器件们正在规定的工作点上，例如 $I_D = 50\% I_{DSS}$ 。使用如图 3570—1 所示的网络分析仪记录被测器件 S_{21} 幅值 (dB)。

3 试验电路

见图 3570 — 1。

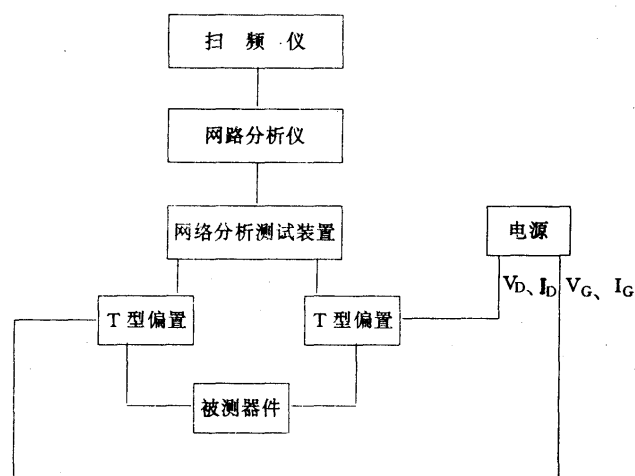


图 3570—1 S 参数测试系统

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- 管壳温度，除非 $T_0 = 25^\circ\text{C}$ ；
- 漏源电压 (V_G)；
- 漏极电流 (I_D)；
- 测试频率；
- 输入信号电平。

方法 3575

砷化镓场效应晶体管的正向跨导

1 目的

本试验方法建立了砷化镓场效应晶体管正向跨导 g_m 的基本测试电路和程序。

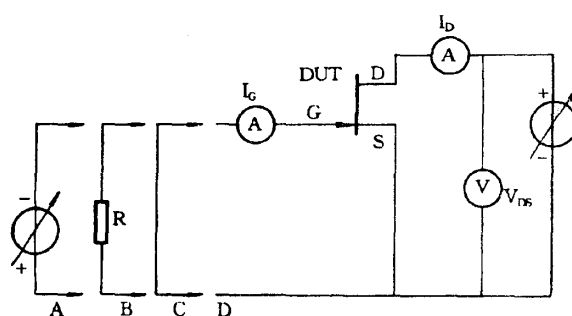
2 程序

首先施加栅极电压，然后施加规定的漏极电压。调整栅极电压，以达到规定的漏极电流 (I_{D1})。将栅极电压控 0.05V 增量减少或增加，并测量漏极电流 (I_{D2})。使用下式计算跨导 (g_m)

$$\text{计算: } g_m = \left| \frac{I_{D1} - I_{D2}}{0.05} \right|$$

3 测试电路

见图 3575-1



注：电流表在测量电流的两端之间实质上应呈现短路，否则电压表读数应对电流表两端压降作修正。

图 3575-1 正向跨导测试电路

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- 管壳温度，除非 $T_c = 25^\circ\text{C}$ ；
- 漏源电压 (V_{DS})；
- 漏极电流 (I_{D1})；
- 栅源电压增量，除非 $\Delta V_{GS} = 0.05\text{V}$ 。

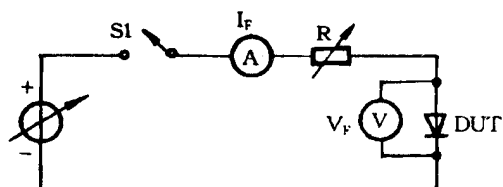
4000 系列 二极管的电特性测试
方法 4011
正向电压

1 目的

本测试的目的是测量当规定电流以正方向流过器件时器件两端的电压。

2 测试电路

见图 4011-1



注：当规定时，开关 S1 应为能提供小占空因数脉冲的电子开关或脉冲发生器，以使器件发热减至最小。当采用脉冲方法时，应采用适当的峰值读数方法来测量脉冲幅度、频率、占空因数和脉冲宽度参数。当采用直流方法时，在进行测量之前，器件应达到热平衡。

图 4011-1 正向电压测试电路

3 程序

3.1 直流法

通过改变可变电压源或电阻器 R 来调节规定的测试电流 (I_F)，用电流表测量 I_F 值，并用直流电压表测量正向电压 (V_F)。应把电压表连接在器件的规定点上，而且总是在电流通路以内。

3.2 脉冲法

用示波器测量脉冲特性。调节脉冲发生器或电子开关，使脉冲幅度、频率和脉冲宽度达到规定值。测量已知阻值的电阻器 (R) 两端的电压降就可确定被测器件电流 I_F ，

$$I_F = \frac{V_P \times \text{占空因数}}{R}$$

将脉冲电压调到 I_F 等于要求的值，测量正向电压 V_F 。

3.3 曲线记录仪法

采用曲线记录仪或等效的仪器，将正电压施加到器件正极上，并将电流限制在详细规范规定的 I_F 额定值内，在规定的 I_F 下观测曲线记录仪上的波形即可确定正向电压。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 测试电流 (I_F)；
- b. 正向电压 (V_F)；
- c. 占空因数和脉冲宽度 (当采用脉冲法时)。

方法 4016
反向漏电流

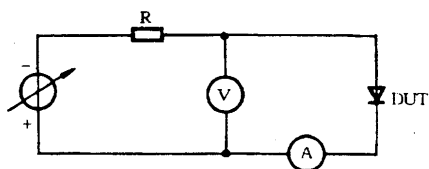
1 目的

本测试的目的是测量在规定的反向电压下流过二极管的反向漏电流。

2 直流法

2.1 测试电路

见图 4016 — 1。



2.2 程序

2.2.1 反向电流

通过电压表 (V) 将直流电压调节到规定值, 并通过电流表 (A) 测量反向电流 (I_R)。

3 交流法

3.1 测试电路

见图 4016—2。

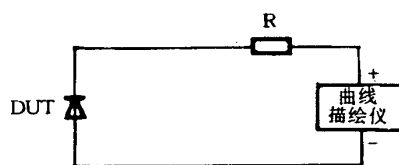


图 4016-2 反向漏电流测试电路(交流法)

3.2 程序

3.2.1 反向电流

应使用曲线记录仪或等效的仪器。调节曲线记录仪的电源, 使二极管两端的电压为规定的反向峰值电压。在曲线记录仪上测量电流和电压。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节:

- 直流法或交流法;
- 测试电压 (直流法) 或反向峰值电压 (交流法);
- 安装二极管的最小散热器的热阻, K/W (适用时)。

方法4023 二极管特性曲线

1 目的

本测试的目的是确定在记录曲线上观察整流、开关和齐纳二极管动态反向特性的检验判据。当不准备将器件驱动到雪崩击穿或详细规范中不规定本检验时，本检验判据不适用于特定设计的整流二极管。

2 范围

2.1 要求稳定击穿特性的或急骤及稳定双击穿特性的所有器件。

注：由于低电压齐纳管不具备急骤击穿，以及一些其他器件可能没有“急骤”击穿，因此，本方法还规定了特殊的例外要求。

2.2 条件 A 仅对稳定型，应采用图 4023—3~4023—11。

2.3 条件 B 急骤和稳定型，应采用图 4023—2~4023—11。理想的急骤和稳定型曲线是一条折线，在击穿点之前为一根线，然后过渡到成 90° 角的一根垂线（见图 4023—1）。如果规范值与理想值的偏离，本方法或细则中未予特别允许，则被测器件应拒收。图 4023—2~4023—11 描述了一般的观测缺陷。适用时，应给出可接收器件的允许误差。

3 程序

3.1 绘制曲线图，绘制时校准水平轴每刻度代表 1V。校准垂直轴，每刻度代表 1A 或更小。应将曲线图的垂直轴和水平轴分成 8 或 10 刻度，每刻度代表电流或电压的预校准增量。

3.2 应使用串联负载电阻器，以限制器件反向电流和防止器件损坏。当曲线记录仪允许时，这个典型电阻值是击穿时器件电阻值的 1/4 或更多。例如：在电压最小 400V 时规定 I_{BR} 为 10 μ A 时观测器件，应按下式确定所选串联电阻：

$$R \geq 0.25 (400 / 0.0001), \text{ 因此}$$

$$R \geq 1M\Omega$$

曲线记录仪峰值电压也可能需要限制，特别是不能达到所述的串联负载电阻时。为保证安全反向电监测的典型负载线关系，见图 4023—1 和 3.5 条。

3.3 曲线应出现在显示器的第一和第四象限，并慢慢地从零调整达到具有确定曲线特性的最大分辨力的规定电流。在击穿条件下应至少保持 1s，以保证避免击穿偏差的断续不稳定。

注：本方法的所有图形均出切在第一象限。

3.4 应调整曲线记录仪上垂直和水平灵敏度，以提供规定电流的完整曲线的再现。应将水平和垂直灵敏度调整到曲线占有的区域不少于可利用屏幕的 50%。

3.5 不应简单地将曲线记录仪电压调在预先确定值和立即切断，只有在已知被试产品具有足够窄的击穿电压 (V_{BR}) 范围，并具有预定的串联（负载线）电阻器设定值（见 3.2）和下述的情况，才能这样做，以保证器件不会过载。对用 V_Z （或 V_{BR} ）进行预筛选齐纳二极管是这种典型情况。考虑到图 4023—I 中的串联负载电阻“R”，那么，可以调整曲线记录仪的峰值开路电源电压 (V_{CT})，以使 V_{CT} 设定值可以提供不大于雪崩击穿所需的电流 (I_{BR} 或 I_Z)。除非另有规定，其关系可用下式计算：

$$I_{BR} = \frac{V_{CT} - V_{BR}}{R}$$

$$V_{CT} = I_{BR} \cdot R + V_{BR}$$

由下式确定电阻 R：

$$R = \frac{V_{CT} - V_{BR}}{I_{BR}}$$

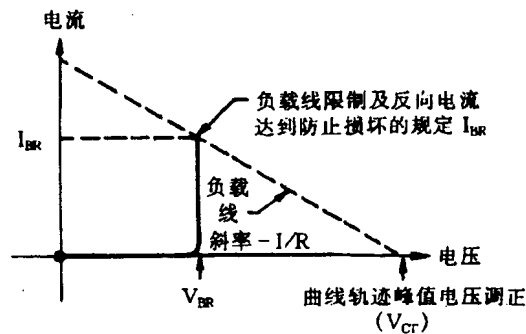
本公式中使用的 V_{BR} （或 V_Z ）应是使选择的 R 值为最大的最小期望值。

3.6 与本方法和详细规范所述期望特性的允许偏差必须由鉴定机构认可。如果希望在制造

厂的正常工序中拒收某一特定曲线，则必须在质量一致性或鉴定检验中标识和说明。在建立可靠性的质量一致性或鉴定批中，必须是呈现特殊曲线特性的器件。

4 摘要

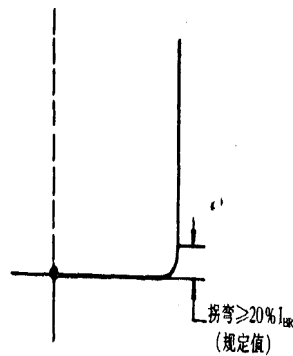
详细规范中应给出下列特性：使用的测试条件。



曲线记录仪峰值电压调节值(V_{CT})

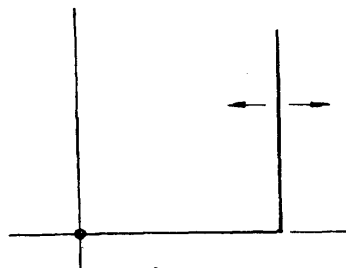
本理想曲线没有在下面各图所述的特性中出现，同样，图示的是调整的基本的曲线，表明了具有串联负载电阻 R 的最大安全工作电流与峰值开路电压 V_{CT} 和器件击穿电压 V_{BR} 之间的关系。

图 4023 — 1 理想的反向特性



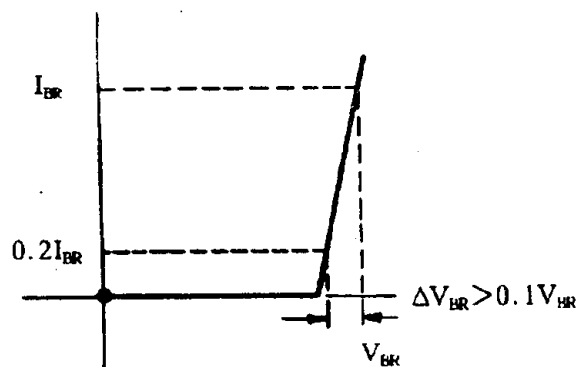
拐弯范围是曲线从水平到垂直渡越的范围。除非另有规定，该范围不应大于所视总水平电压分量的 10%，或不应大于规定 I_{BR} 的 20 %。该要求不适用于快速、超高速和肖特基整流管，也不适用于小平 10V 的低电压齐纳管。

图 4023-2 软拐弯



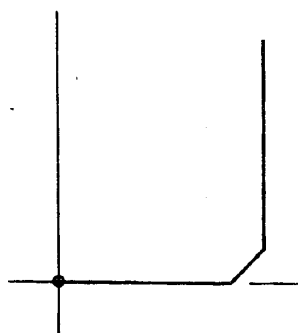
曲线的垂直分量应稳定地保持在水平轴线上。不希望的偏离是指在实际击穿电压不大于 1500V 时，增长超过 10%或降低超过 2%的偏离，实际击穿电压大于 1500V 时，其允许们移应另外规定。

图 4023-3 偏移



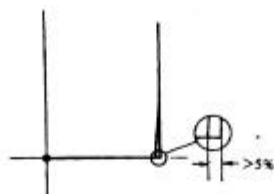
在规定 I_{BR} 或 I_Z 的 20% 至 100% 之间观察时，倾斜应小于 V_{BR} 的 10%。本要求不适用于低于 5.5V 的低压齐纳管；总有一些类型的器件可按此规定。

图 4023-4 倾斜



双拐点是指曲线从水平到垂直过渡的区域。除非另有规定，该范围不应大于所视总水平电压分量的 10%，或不应大于规定 I_{BR} 或 I_{ZT} 的 20%。本要求不适用于超高速和肖特基整流管，也不适用小于或等于 10V 的低电压齐纳管。

图 4023-5 双拐点（急骤拐弯器件的拒收判断）



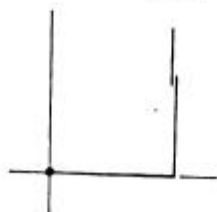
整流或齐纳区在拐弯处可能出现第二条曲线，该曲线不应大于被试器件总电压的 5% (见详细规范)。

图 4023-6 双曲线



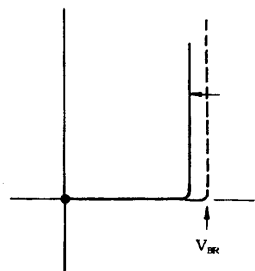
不允许出现不是由电源电压波动引起的任何方向的曲线不稳定性移动。

图 4023-7 不稳定性



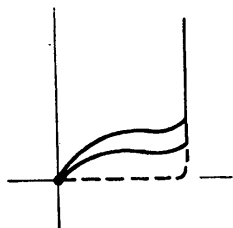
垂直分量不能是多条垂线，图 4023-5 和图 4023-6 所允许的除外。

图 4023-8 不连续



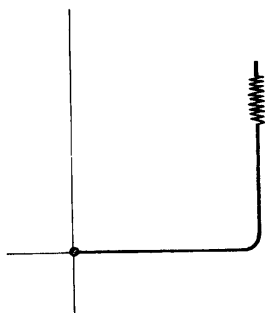
垂直分量不允许突然减少 V_{BR} 值的 2% 或更多。

图 4023-9 突然返回-崩溃 V_{BR}



漏泄电流(垂直分量)不得高于初始值。

图 4023-10 浮动



在垂直曲线上规定的 I_{BR} 或其区附近不应出现不稳定性(飞弧), 例如, 可能是与器件芯片区域内的可见火花放电相一致的飞弧。在拐弯处或其附近的干扰是允许的, 例如, 典型在雪崩齐纳器件上观测的干扰。

图 4023-11 飞弧

方法 4066

浪涌电流

1 目的

本测试的目的是使被测器件 (DUT) 经受高正向电流应力条件, 以确定器件芯片和接触耐电流浪涌的能力。

2 适用性

本测试方法叙述了施加大电流/高电压应力条件的两个不同的方法。第一个方法使用半正弦正向电流浪涌以低占空因数施加于基本直流或交流条件上, 预定用于批抽样保证测试。第二个方法使用矩形电流脉冲, 预定用于 100% 的筛选 (适用时)。

除非另有规定, 在器件的规范中, 选择的条件应适用于具体的器件和测试目的, 大电流器件可以使用条件 C。

3 定义

下列符号和定义适用于本测试方法:

- a. I_0 : 平均交流正向电流 (A);
- b. I_F : 直流正向电流 (A);
- c. i_f (浪涌): 浪涌电流的峰值 (A);
- d. I_F (浪涌): 直流浪涌电流 (A);
- e. V_{RSM} : 不重复最大反向电压 (V)
- f. V_{RM} (工作): 工作的最大反向电压 (V);
- g. V_F (浪涌): 直流浪涌电压 (V);
- h. n : 脉冲数;
- i. t_p : 电流浪涌脉冲的持续时间 (ms);
- j. df : 施加电流浪涌脉冲的占空因数 (%)。

4 条件 A 正弦电流浪涌

4.1 设备 (按需要)

4.2 程序

应规定连续施加的电气条件, 并在规定条件下施加到器件上。除非另有规定, 对整流管应按照图 4066—1 (条件 A1), 或对信号和开关二极管、齐纳、桥, 按适用, 应按图 4066—2 (条件 A2), 将规定数目的电流脉冲 (n) 以规定的占空系数叠加到连续施加的电气条件上。浪涌脉冲应为半正弦波并具有规定的持续时间 (t_p)。占空因数 (df) 应进行选择, 使结温不发生明显的变化。

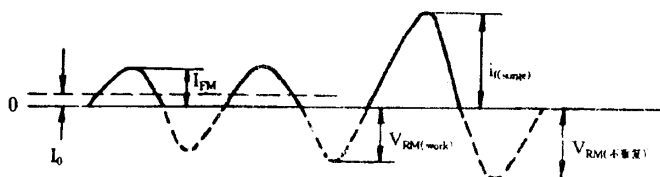


图 4066-1 加到连续半波条件上的浪涌脉冲(条件 A1)

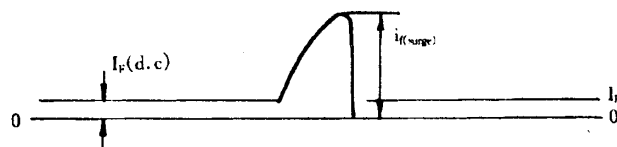


图 4066-2 加到连续直流条件上的浪涌电流(条件 A2)

4.3 规定并记录测试条件

下列条件应在详细规范中规定:

- 平均正向电流 I_0 , 或正向直流电流 I_F , 按适用;
- 电流脉冲数 (n);
- 脉冲持续时间 t_p , 通常为 8.3ms;
- 脉冲占空因数 (d_f), 通常小于 1%, 或周期 (标称的在 6 至 60s 之间);
- 电流脉冲峰值 i_f (浪涌), 通常为全额定值;
- 不重复最大反向电压 V_{RSM} , 适用时;
- 试验后测量;
- 管壳、引线或环境温度 (T_c 、 T_1 、或 T_A), 按适用。

5 条件 B, 矩形电流脉冲

5.1 设备

图 4066-3 所示的电流源 (I) 和开关 (S) 组合, 应能按晶体管从关断到开启和从开启到关断的时间周期少于脉冲持续时间 (t_p) 的 10% 所需求的脉冲持续时间 (t_p) 施加电流脉冲峰值 I_F (浪涌), 并能按详细规范的要求提供任何脉冲数 (n) 和占空因数 (d_f)。

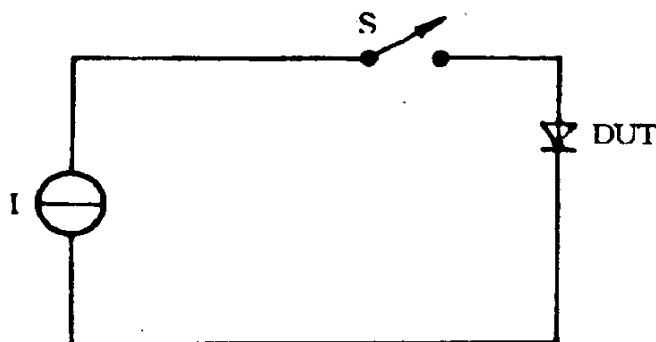


图 4066-3 矩形电流脉冲测试装置

5.2 程序

在测试的开始时间 (t_0) 以前, 被测器件不加电流, 如图 4066—3 所示。在 t_0 , S 产生时间周期 t_p 的 I_F (浪涌) 加于被测器件, 在 t_p 之后, S 又使电流不流过被测器件。要求多个脉冲时, 在断开满足占空因数 (d_f) 要求所需的时间之后, S 再次使电流流过被测器件, 按要求重复这个程序 n 次。应选择占空因数 (d_f) 和脉冲宽度 (t_p), 以保证被测器件的结温无显著变化。

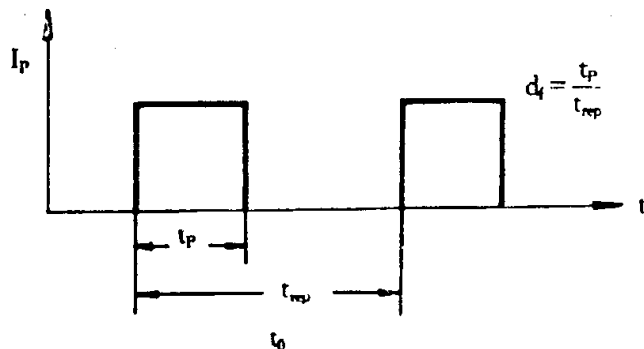


图 4066—4 矩形电流脉冲波形

5.3 规定并记录测试条件

下列条件应在详细规范中规定:

- 电流脉冲的直流值 I_F (浪涌), 通常与额定半正弦条件相同的电流有效值 (RMS);
- 电流脉冲数 (n), 建议在 2 至 6 之间;
- 脉冲持续时间 (t_p), 建议为 8.3ms (达到与 5.3a 提供的相同的结果);
- 脉冲占空因数 (d_f), 通常小于 1%;
- 试验后的测量。

5.4 测试后测量的替代方法

对测试方法作一个小修改, 其优点是能立即确定被测器件是否经受住测试。该方法在 t_p 期间监测正向电压 V_F (浪涌), 以确定器件是否发生性能降低、开路或短路。将 V_F (浪涌) 的记录值与详细规范中的最小值和最大值相比较, 以确定器件是否经得住测试。

6 条件 C (外部加热)

浪涌电流是恶劣测试条件是器件结温为额定最大允许给温。测试条件 A 将正向电流施到被测器件上耗散功率, 它接近该条件。该功率耗散和器件热阻抗的乘积引起结温高于进行浪涌试验时的壳温产生温升。这代表了使用中的器件实际发生的情况。然而, 对那些具有最恶劣情况最大正向压降并具有最恶劣情况最大热阻抗的单个器件, 浪涌电流测试期间的实际结温仅处在额定允许最大额定值。实际上只有很小的器件会处于最恶劣情况。绝大多数器件应在低于额定最大值的结温下测试。

测试条件 C 避免了结温的这个不足, 并通过外部加热被测器件, 使被测器件达到额定最大工作结温来真实地表示最恶劣的工作情况。先加浪涌电流再施加正向加热电流, 或与浪涌电流同时施加正向加热电流。一旦将被测器件稳定在规定的最大工作结温的热平衡, 以规定的占空数施加要求浪涌电流脉冲, 电流浪涌之间的时间必须足够长, 以便允许器件结温返回到它的原始热平衡。

6.1 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节:

- 测试条件字母;
- 管壳温度, T_C ;

- c. 平均正向电流 I_0 或直流正向电流 I_F ，按适用（对测试条件 B 和 C， $I_0 = 0$ ）；
- d. 电流脉冲数（见 3）；
- e. 脉冲持续时间（见 3）；
- f. 脉冲占空因数；
- g. 电流脉冲的峰值 i_f （浪涌）或 I_{TSM} ；
- h. 最大反向电压（不重复） V_{RSM} （对条件 A2、B 和 C， $V_{RSM} = 0$ ）；
- i. 测试后的测量。

5000t 系列
高可靠空间应用试验
方法 5001
圆片批接收试验

1 目的

本方法的目的是为宇航级分立器件用圆片批及圆片规定了批接收试验的要求。

2 设备

所用设备应符合表 1 条件栏中引用试验方法所规定的设备要求。当经鉴定机构批准时，可使用替代的设备。

3 程序

圆片批接收试验应按表 1 规定的条件进行。当经鉴定机构批准后，可采用替代的试验程序。如果某批按抽样方案 I 进行试验不合格，则承制方可回到抽样方案 II 进行试验（如果表 1 允许）。应把所有试验合格的圆片作为继续进行其余试验的批。所有 II 级试验失效的圆片应从批中剔除，应记录所有试验得到的数据。试验时，不必遵守表 1 中的试验顺序，但各项试验必须按表 1 条件栏中要求的工艺点（如果有规定）进行。当各极限值是根据“认可的设计标称值的允差”规定时，该标称值应在设计和结构图表中给出，并经鉴定机构批准。

4 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 不同于表 1 中规定的要求和极限值；
- b. 不同于表 1 中规定的试验方法、程序或设备。

表 5001—1 圆片批接收试验

检验	条件	极限值	抽样方案	
			I	II
1. 晶片厚度	GJB1209, 方法 1580, 测量应在圆片背面最后研磨或抛光后进行, 应记录所有读数	最大偏差等于或小于认可的设计标称值的 20 %	每批两个圆片, 如果测量超过极限值, 该批应拒收或回到方案 II	测量每个圆片, 超过极限值的圆片应拒收

续表 5001-1 圆片批接收试验

检验	条件	极限值	抽样方案	
			I	II
2. 金属化厚度	GJB1209, 方法 5500, 应记录所有读数	A. 对设计标称厚度小于或等于 $3.5\mu\text{m}$ 的器件, 最大偏差应为认可的设计标称值的 $\pm 3\%$, 对正常金属化厚度大于 $3.5\mu\text{m}$ 的器件, 最大偏差应为 $\pm 25\%$	每批一个圆片(或监测片)。如果测量结果超过极限值, 则该批应拒收或回到方案 II	测量每个圆片, 超过极限值的圆片应拒收
		B. 所有其他类型, 导体厚度至少为 $0.8\mu\text{m}^1$, 最大偏差等于认可的设计标称值的 10% 或 $\pm 0.2\mu\text{m}$, 取较大者	每批一个圆片(监测片)。如果测量结果超过极限值, 则该批应拒收或回到方案 II	测量每个圆片, 超过极限值的圆片应拒收
3. SEM	GJB128, 方法 2077	GJB128, 方法 2077	GJB128, 方法 2077, 批接收	GJB128, 方法 2077, 单片接收
4. 玻璃钝化层厚度	GJB1209, 方法 5500, 应记录所有读数	相对认可的设计标称值的最大偏差为 $\pm 30\%$, SiO_2 的最小厚度为 $0.6\mu\text{m}$ 或 Si_3N_4 的最小厚度为 $0.2\mu\text{m}$ (适用时)。	每批两个圆片(或监测片), 如果测量结果超过极限值, 则该批应拒收或回到方案 II	测量每个圆片, 超过极限值的圆片应拒收
5. 背面金厚度 (适用时)	GJB1209, 方法 5500, 应记录所有读数	相对认可的设计标称值的最大偏差为 $\pm 30\%$	每批一个圆片(或监测片), 如果测量结果超过极限值, 则该批应拒收或回到方案 II	测量每个圆片, 超过极限值的圆片应拒收

注 1) 对于金属化的设计标称厚度小于 $0.8\mu\text{m}$ 的晶体管, 允许的最小厚度应在有关文件中加以规定。

方法5002
确定氧化物时的电容—电压测量

1 目的

本测试的目的是通过测量金属—氧化物半导体“电容器”的电容—电压关系来确定氧化层的质量。初始 C—V 曲线的外形和位置表明了氧化物—半导体界面上的电荷密度，在一定程度上也反映了电荷的类型。将样品加热到适当温度（例如 200℃）并加上适当的偏置，即可确定样品氧化层的可动离子污染水平。

2 设备/材料

带有加热/冷却部件和探针的 C—V 测绘仪。C—V 测绘仪可以由下列部件构成（设备调试时可参见图 5002—1）。

2.1 手工测试

- a. L—C 测试仪；
- b. X—Y 记录仪；
- c. 直流电压表；
- d. 直流电源，0~100V；
- e. 加热/冷却部件；
- f. 微动手动探针。

2.2 C/V 自动测绘仪

3 推荐程序

3.1 样品制备

3.1.1 样品一般是硅园片，在它上面已经生长了待测的氧化层，或是将暴露在某温度下的炉子中，以测量炉子清洁度的已清洁的氧化层园片。氧化层表面上金属圆点的排列提供金属—氧化物—半导体“电容器”的顶部电极。金属圆点可以通过多孔掩模淀积形成，也可以均匀地淀积在氧化层表面，然后利用光刻技术刻蚀形成。金属淀积的清洁度是至关重要的。在金属淀积过程中引入的沾污具有与氧化层生长过程中的沾污对氧化物质量具有同样的危害性。金属应该是已经退火的，除非使用本方法是为了研究退火的有效性。

注：当使用的已知无沾污的氧化层样品无沾污时，该方法也可用来确定金属淀积系统的清洁度。

3.1.2 圆点最小尺寸应使 MOS “电容器”的电容量大于 20PF。

3.1.3 氧化层厚度一般是 110nm，氧化层厚度大于 200nm 会使灵敏度降低。

3.1.4 应除去样品背面的氧化物以露出硅。背面可以有金属，例如在其上淀积铝或金。

3.2 C—V 曲线绘制（在室温下）

3.2.1 将圆片放在加热/冷却部件上。用真空牢固地将圆片固定在需要的地方。

3.2.2 将电容测试仪调零，在 X—Y 测绘仪上装纸，并将电压源调整到需要的范围。

3.2.3 选择被测电容圆点，并小心地降低探针与圆点接触。

3.2.4 降低 X—Y 测绘仪上笔的高度，并在需要的电压范围内扫描，于是获得类似图 5002—2 所示的 N 型衬底或 P 型衬底的 C/V 曲线。

注：如果获得异常曲线，则可能是由于“电容器”漏电或短路，在这种情况下应选择另外的圆点。

3.3 可动离子漂移

3.3.1 使用 3.2.4 条中测试过程的一个“电容器”圆点。

3.3.2 使探针达到良好接触，对“电容器”圆点施加 10^{10}V/cm 的偏置电压（对于 100nm 厚度的氧化层，偏压为 10V）。可以采用不同的电压，只要制造厂能说明它的有效性。

3.3.3 在加偏压的条件下将样品加热到 $300 \pm 5^\circ\text{C}$ ，在该温度下保持 3min（可以采用不同的时间，只要制造厂能说明它的有效性）。

3.3.4 在仍然加偏压的条件下，将样品冷却到室温（如果采用热冲击测试系统，可按程序自

动地加热和冷却)。

注：在加热 / 冷却期间，应该确保探针与“电容器”不脱离接触，如果脱离接触，则试验无效并应重新进行试验。

3.3.5 降低 X—Y 测绘仪上笔的高度，扫描需要的全电压范围，以获得一个类似于 3.2.4 条获得的 C—V 曲线。该曲线可能在电压刻度上与原曲线产生位移，但应该平行于原曲线。标明该曲线为（+）曲线。

3.3.6 对“电容器”圆点施加 3.3.2 条中选择的相同幅度的负偏压，然后重复 3.3.3 和 3.3.4 的试验步骤。

3.3.7 降低 X—Y 测绘仪上笔的高度，再次扫描全电压范围。该曲线可能偏离前两条曲线，标明波曲线为（-）曲线。

3.3.8 能完成等效功能的自动测试系统可以取代 3.3.2—3.3.7 测试方法。

3.4 说明

3.4.1 确定 ΔV_{FB} （原曲线与偏压曲线之间的电压差，在 90% 电容量时获得，见图 5002—2）。

3.4.2 按下式确定可动离子沾污浓度 N_o ：

$$N_o = \frac{\epsilon_o K_{ox} \Delta V_{FB}}{q t_{ox}}$$

式中： ϵ_o 为自由空间的介电常数 ($8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$)；

K_{ox} 为氧化物的介电常数 (二氧化硅为 3.8)；

q 为电子电荷 ($1.6 \times 10^{-19} \text{C}$)；

t_{ox} 为氧化层厚度 (m)。

例如： ΔV_{FB} (每个类似于图 5002—2 的 C—V 曲线上测得) = 1.4V

t_{ox} (在金属淀积之前的圆片上测得) = 95nm

$$\begin{aligned} N_o &= \frac{(8.85 \times 10^{-12}) \times 3.8 \times 1.4}{(1.6 \times 10^{-19})(95 \times 10^{-9})} \\ &= 3.1 \times 10^{15} / \text{m}^2 \\ &= 3.1 \times 10_{11} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

本例中，可动离子沾污量为 3.1×10^{11} 个可动离子每平方厘米。

3.4.3 分析 C—V 曲线，可以获得很多有关氧化层和半导体衬底的信息。

4 摘要

4.1 校准

每次使用时，应按数字电压表的读数检验 XY 记录仪的电压刻度。其它仪器应定期进行校准。

4.2 精度

可达到 $\pm 0.1 \text{V}$ 的电压精度和 $\pm 0.2 \text{V}$ 的 ΔV_{FB} 精度。实际上可检测出的可动离子沾污水平的下限值在 $2 \times 10^{11} / \text{cm}^2$ 。

4.3 文件

在有关控制文件中记录结果。

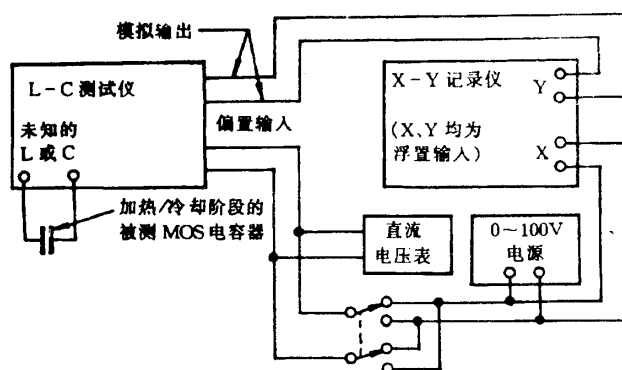


图 5002-1 测量金属-绝缘物-半导体结构
特性曲线的设备连接图

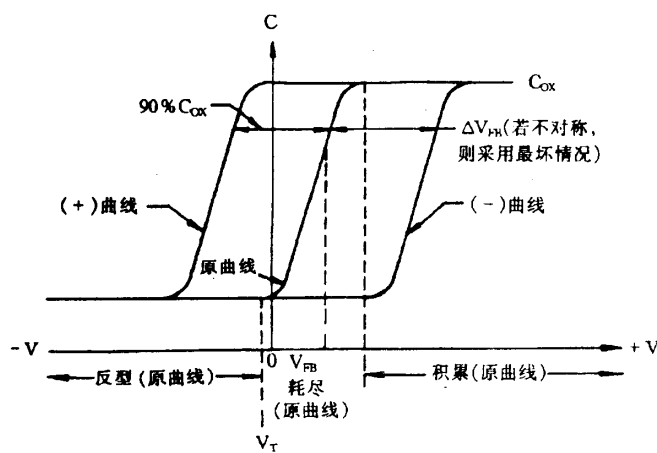


图 5002-2 C-V 曲线

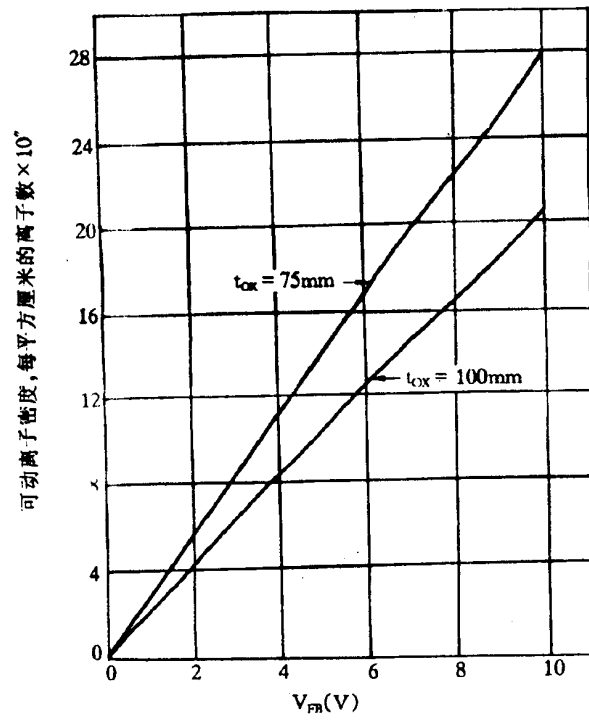


图 5002-3 可动离子密度与电压偏离(V_{FB})的关系

洁净间和工作台空中尘粒分级及测量

1 目的

本试验方法提供了空气洁净度的分级体系及测量方法。本方法与 GJB33A 规定的环境控制一起使用。

2 空气洁净度等级

本试验方法规定的空气洁净度分为四级。分级是根据每单位体积所允许的最大尘粒数，尘粒尺寸又分为 $0.5\mu\text{m}$ 及 $0.5\mu\text{m}$ 以上或 $5\mu\text{m}$ 及 $5\mu\text{m}$ 以上。测量尘粒数应在正常工作时间内并应在产生空中尘粒处（此尘粒可达到工作区）进行。

2.1 100 (3.5) 级

每立方英尺中 $0.5\mu\text{m}$ 及 $0.5\mu\text{m}$ 以上的尘粒总数不应超过 100 个（每升不超过 3.5 个）。

2.2 1000 (35) 级

每立方英尺中 $0.5\mu\text{m}$ 及 $0.5\mu\text{m}$ 以上的尘粒总数不应超过 1000 个（每升不超过 35 个），或者每立方英尺中 $5\mu\text{m}$ 及 $5\mu\text{m}$ 以上的尘粒总数不应超过 7 个（每立升不超过 0.25 个）。

2.3 10000 (350) 级

每立方英尺中 $0.5\mu\text{m}$ 及 $0.5\mu\text{m}$ 以上的尘粒总数不应超过 10000 个（每升不超过 350 个），或者每立方英尺中 $5\mu\text{m}$ 及 $5\mu\text{m}$ 以上的尘粒总数不应超过 65 个（每升不超过 2.3 个）。

2.4 100000 (3500) 级

每立方英尺中 $0.5\mu\text{m}$ 及 $0.5\mu\text{m}$ 以上的尘粒总数不应超过 100000 个（每升不超过 3500 个），或者每立方英尺中 $5\mu\text{m}$ 及 $5\mu\text{m}$ 以上的尘粒总数不应超过 700 个（每升不超过 25 个）。

3 尘粒计数方法

为了验证洁净间或洁净工作台是否满足洁净等级的要求，应在使用场所采用下述的一种或几种尘粒计数方法。

3.1 尘粒尺寸为 $0.5\mu\text{m}$ 及 $0.5\mu\text{m}$ 以上的

按照 GJB1209 方法 5510 的规定，所用设备必须采用光散射测量原理。

3.2 尘粒尺寸为 $5.0\mu\text{m}$ 及 $5.0\mu\text{m}$ 以上的

可采用显微镜替代光散射测量原理，对尘粒进行计数，被测取样空气流过一个滤膜，然后在该膜上用显微镜对尘粒进行计数。

4 监测技术

为测量正常使用条件下的空气洁净度等级，应选择适当的设备，并应建立适当的监测程序。

5 详细规范中应规定的细节

详细规范中应规定下列细节：

- a. 洁净工作台或洁净间的等级；
- b. 测试频度，除非另有规定，每月每工作班至少一次；
- c. 在洁净环境中被监测的场所。

附录A
低频功率晶体管快速综合筛选试验方法
(补充件)

A1 范围

A1.1 主题内容

本附录规定了军用低频功率晶体管快速综合筛选的试验方法。“快速综合筛选”是指利用综合应力效应,在相对短的时间内,采用功率应力与参数组合测试的方法,按规定的判据,剔除有潜在缺陷的器件的一种筛选。

A1.2 适用范围

本试验方法适用于低频功率晶体管(以下简称器件)的快速综合筛选。

A1.3 应用指南

A1.3.1 本试验方法可用来代替长时间(160h)功率老炼,快速剔除有潜在缺陷的器件。本试验方法还可用来揭示与应力和时间有关的失效模式。

A1.3.2 本试验方法中的“按规定”和“除非另有规定”,是指按详细规定或订货文件中的规定。

A2 一般要求

A2.1 参数测试方法

除非另有规定,参数测试方法应符合 GB4587 和 GB12300 的规定。

A2.2 测试与试验环境条件

- a. 测试环境温度为 $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$;
- b. 试验环境温度为 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$;
- c. 仲裁条件: 温度为 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 $48\%\sim 52\%$, 大气压为 $86\sim 106\text{kPa}$ 。
- d. 应无影响测试结果准确性的电磁干扰。

A2.3 试验设备

- a. 试验设备应经过校准,以保证满足第 A3 章规定的要求;
- b. 应使用稳压电源。

A2.4 试验顺序和方法

试验方法应按 A3.3 的规定,如实践证明有更好的试验顺序,则可进行调整。

A3 详细要求

A3.1 试验设备功能

试验的设备及其组成的系统应具有以下功能。

A3.1.1 瞬态热阻抗和稳态热阻测试。

A3.1.2 能按要求对被试器件施加规定电压或电流的功率,进行大电流扫描。

A3.1.3 在施加功率前后均能测试被试器件的 I_{CEO} 、 I_{CBO} 、 V_{BE} 、大电流和小电流下的 h_{FE} 。

A3.1.4 可由微机控制,直接显示所需热敏参数及失效器件,并能自动打印测试结果,能统计相关数据并给出“最大值”“最小值”,“均值”“标准偏差”。

A3.1.5 当被试器件穿通,将发生二次击穿或热击穿的瞬间,应具有自动保护能力。

A3.1.6 能满足二次击穿测试要求。

A3.1.7 能按规定的应力进行至少 1h 的功率老炼。

A3.2 试验设备的技术性能。

A3.2.1 检测 V_{BE} 的范围:300~999mV 误差 3% + 0.5% R_0 。

A3.2.2 检测 V_{BE} 的恒流源 I_B :0~50mA 误差 3% + 0.5% R_0 。

A3.2.3 检测 h_{FE} 的范围:5 倍~250 倍 误差 3.5% + 0.1% R_0 。

A3.2.4 检测小电流 h_{FE} 的恒流源 I_C :0~100mA 误差 3.5% + 0.3% R_0 。

A3.2.5 检测热状态 h_{FE} 的加温功率稳压源 V_{CE} :5 ~ 50V 误差 3.5% + 0.3% R_0 。

A3.2.6 检测热状态 h_{FE} 的加温功率恒流源 I_C :0.1~5A 误差 3.5% + 0.1% R_0 。

A3.2.7 除非另有规定,检测 I_{CEO} 、 I_{CBO} 的范围:0~1000 μ A, 1~100mA, 误差 3.5% + 0.2% R_0 。

A3.2.8 检测 I_{CEO} 、 I_{CBO} 的稳压源:50~1000V 误差 2% + 0.1% R_0 。

A3.3 试验方法

A3.3.1 总则

A3.3.1.1 功率脉冲的前沿、后沿过渡时间不得超过规范的规定值。

A3.3.1.2 从功率脉冲结束瞬间至热敏参数(见 A3.1.3)第二次采样结束瞬间之间的时间间隔不得超过规定值。

A3.3.1.3 功率脉冲的电压值不得超过被试器件规定的正偏直流安全工作区所确定的减功率点的电压值。功率脉冲的电流值不得超过被试器件集电极最大电流值。施加功率脉冲后最高峰值结温不得超过被试器件的最高结温额定值,以免引入新的失效机理。

A3.3.1.4 除非另有规定,试验初始时刻($t=t_0$)被试器件的结温等于环境温度。

A3.3.1.5 集电极恒流源的内阻应大于 $\frac{V_{CE(sat)}}{I_C}$ 。

A3.3.2 方法与步骤

首先应分别确定试验和测试条件以及失效判据〔由详细规范规定 h_{FEmin} (小电流)、 $Z_{(th)tmax}$ 、 $R_{(th)j-cmax}$ (或 $R_{(th)j-smax}$)、 ΔI_{CEO} (或 ΔI_{CBO})、 ΔV_{BE} 、 Δh_{FE} 、 $V_{S/B}$ 的值及输出特性异常),然后按下列 A3.3.2.1~A3.3.2.6 条相应的方法和步骤进行试验。

A3.3.2.1 大电流扫描

- 施加规定的功率电压 V_{CE} 、电流 I_C 及规定的持续时间 t_H 。
- 观察输出特性曲线。
- 标识输出特性异常的功率器件。

A3.3.2.2 瞬态热阻抗 $Z_{(th)t}$ 及稳态热阻 $R_{(th)j-c}$ (或 $R_{(th)j-a}$)测试

- 施加规定的功率脉冲电压 V_{CE} 、电流 I_C 、脉冲持续时间 t_H 并控制管壳温度 T_C 。
- 进行数据处理和打印。
- 标识 $Z_{(th)t} > Z_{(th)tmax}$ 和 $R_{(th)j-c} > R_{(th)j-cmax}$ 或 $R_{(th)j-a} > R_{(th)j-smax}$ 的功率器件。

A3.3.2.3 热敏参数测试

a. 先分别施加规定的测试电压 V_{CE} (或 V_{CB})、电流 I_C 及 I_B , 按顺序测试热敏参数 I_{CEO} (或 I_{CBO})、 h_{FE1} 和 V_{BE1} 。再施加规定的功率脉冲电压 V_{CE} 、电流 I_C 及脉冲持续时间 t_H 后同时测试热敏参数 (测试电压及电流同上) I_{CEO2} (或 I_{CBO2})、 V_{BE2} 和 h_{FE2} 。计算施加功率脉冲前后的绝对变化值 ΔI_{CEO} (或 ΔI_{CBO})、 ΔV_{BE} 和 h_{FE} 的相对变化率 Δh_{FE} 的值。

其中:

$$\Delta I_{CEO} = I_{CEO2} - I_{CEO1} \text{ (或 } \Delta I_{CBO} = I_{CBO2} - I_{CBO1} \text{)}$$

$$\Delta V_{BE} = V_{BE2} - V_{BE1}$$

$$\Delta h_{FE} = \frac{h_{FE1} - h_{FE2}}{h_{FE1}} \times 100\%$$

b. 进行数据处理和打印

c. 标识 ΔI_{CEO} (或 ΔI_{CBO})、 ΔV_{BE} 或 Δh_{FE} 超过失效判据的功率器件。

A3.3.2.4 功率老炼

a. 对引出线从管体引出的器件, 在距管座底平面或距引出线根部至少 6mm 处将引线安装好, 并对其螺栓或管壳加以固定。

b. 除非另有规定, 功率老炼电压规定如下:

当 $V_{(BR)CEO} \leq 300V$ 时, $V_{CE} = 25V$

当 $V_{(BR)CEO} > 300V$ 时, $V_{CE} = 50V$

c. 采用共发射极电路, 根据所测热阻, 施加保证结温所需的加热功率并保持时间至少 1h。老炼结束瞬间立即按顺序进行测试 I_{CEO2} (或 I_{CBO2})、 V_{BE2} 和 h_{FE2} 。其测试工作电压 V_{CE} (或 V_{CB})、电流 I_C 和 I_B 同 5.3.2.3 条。

d. 进行数据处理和打印。

e. 标识严重损坏 (如开路、短路等) 或高温参数 ΔI_{CEO2} (或 ΔI_{CBO2})、 ΔV_{BE2} 和 Δh_{FE2} 超过失效判据的功率器件。

A3.3.2.5 小电流 h_{FE} 测试

a. 必须使器件的结温与常温处于平衡状态。

b. 施加规定的测试电压 V_{CE} 及 (除非另有规定) I_C 为 10mA。

c. 进行数据处理和打印。

d. 标识不合格的器件 ($h_{FE} < h_{FEmin}$)。

A3.3.2.6 二次击穿耐量检测

a. 施加规定的电压 V_{CE} 、电流 I_C 及时间一般为 1s。

b. 进行数据处理和打印

c. 标识不合格的器件 ($V_{S/B} < V_{CE}$)。

附加说明

本标准由中华人民共和国电子工业部提出

本标准由中国电子技术标准化研究所归口

本标准由中国电子技术标准化研究所负责起草

本标准主要起草人：王长福，顾振球，史信源，吴逵，蔡仁明，王静，金毓铨，贾新章

计划项目代号：3DZ19,4DZ04