

中华人民共和国国家军用标准

FL 6131

GJB 128B—2021

代替 GJB 128A—1997

半导体分立器件试验方法

Test methods for discrete semiconductor devices

2021-12-30 发布

2022-03-01 实施

中央军委装备发展部 颁布

目 次

前言	V
1 范围	1
2 引用文件	1
3 缩略语	1
4 一般要求	2
4.1 试验条件	2
4.2 取向	3
4.3 一般注意事项	3
4.4 老炼和寿命试验的接触良好验证和偏置中断处理	5
4.5 高温反偏和老炼要求	5
4.6 偏置要求	5
4.7 破坏性试验	6
4.8 非破坏性试验	6
4.9 实验室的资质	7
4.10 可循环利用、可回收和环保材料	7
5 详细要求	8
6 名词和符号解释	8
1000 系列 环境试验方法	13
方法 1001 低气压	13
方法 1011 浸渍	14
方法 1015 稳态一次光电流辐射程序(电子束)	15
方法 1016 绝缘电阻	16
方法 1017 中子辐射	17
方法 1018 内部气体成分分析	18
方法 1019 稳态总剂量辐照程序	22
方法 1020 静电放电敏感度分类	29
方法 1021 耐湿	33
方法 1027 稳态工作寿命	36
方法 1032 高温寿命(非工作)	37
方法 1033 反向漏电流稳定性	38
方法 1037 间歇工作寿命	39
方法 1038 老炼(二极管、整流管、电压调整和电压基准管)	40
方法 1039 老炼(晶体管)	43
方法 1040 老炼(闸流晶体管)	45
方法 1041 盐气(侵蚀)	47
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)]	48
方法 1046 盐雾(腐蚀)	52

方法 1049	阻断寿命	56
方法 1051	温度循环(空气—空气)	57
方法 1054	灌注环境应力试验	59
方法 1055	监测任务温度循环	60
方法 1056	热冲击(液体—液体)	62
方法 1057	玻璃抗裂性	64
方法 1061	管壳和螺栓温度测量	66
方法 1066	露点	67
方法 1071	密封	68
方法 1080	单粒子烧毁和单粒子栅穿测试	83
2000 系列	机械性能试验	91
方法 2005	轴向引线抗拉试验	91
方法 2006	恒定加速度	92
方法 2016	冲击	93
方法 2017	芯片粘附强度	94
方法 2026	可焊性	98
方法 2031	耐焊接热	111
方法 2036	引出端强度	115
方法 2037	键合强度(破坏性键合拉力试验)	118
方法 2038	金属电极无引线玻璃封装器件引出端强度和整体安装强度试验	123
方法 2046	振动疲劳	125
方法 2051	振动噪声	126
方法 2052	粒子碰撞噪声检测试验	127
方法 2056	扫频振动	131
方法 2057	扫频振动(监测)	132
方法 2066	物理尺寸	133
方法 2068	不透明玻璃封装的双插头非空腔轴向引线二极管外部目检	134
方法 2069	封帽前目检(功率金属氧化物半导体场效应晶体管)	135
方法 2070	封帽前目检(微波分立和多芯片晶体管)	145
方法 2071	外观及机械检验	160
方法 2072	封帽前目检(晶体管)	170
方法 2073	芯片目检(半导体二极管)	183
方法 2074	内部目检(半导体二极管)	192
方法 2075	开帽内部设计目检	219
方法 2076	X 射线照相	220
方法 2077	金属化扫描电子显微镜(SEM)检查	230
方法 2081	正向不稳定性冲击(FIST)	249
方法 2082	反向不稳定性振动(BIST)	250
方法 2101	二极管的破坏性物理分析(DPA)程序	251
3000 系列	晶体管的电特性测试	257
方法 3001	集电极—基极击穿电压	257
方法 3005	脉冲烧毁	258
方法 3011	集电极—发射极击穿电压	259

方法 3015	漂移	260
方法 3026	发射极-基极击穿电压	261
方法 3030	集电极-发射极电压	262
方法 3036	集电极-基极截止电流	263
方法 3041	集电极-发射极截止电流	264
方法 3051	安全工作区(直流)	265
方法 3052	安全工作区(脉冲)	266
方法 3053	安全工作区(开关)	267
方法 3061	发射极-基极截止电流	269
方法 3066	基极-发射极电压(饱和或非饱和)	270
方法 3071	饱和压降和电阻	271
方法 3076	正向电流传输比	272
方法 3086	静态输入电阻	273
方法 3092	静态跨导	274
3100 系列	热特性测试	275
方法 3100	半导体分立器件老炼和寿命试验中的结温测量	275
方法 3103	绝缘栅双极型晶体管热阻抗测试	285
方法 3104	砷化镓场效应晶体管的热阻抗测试(恒流正偏栅极电压法)	292
方法 3161	绝缘栅功率场效应晶体管热阻抗测试(变量源-漏电压法)	298
3200 系列	低频测试	304
方法 3201	小信号短路输入阻抗	304
方法 3206	小信号短路正向电流传输比	305
方法 3211	小信号开路反向电压传输比	306
方法 3216	小信号开路输出导纳	307
方法 3221	小信号短路输入导纳	308
方法 3231	小信号短路输出导纳	309
方法 3236	开路输出电容	310
方法 3240	输入电容(输出开路或短路)	311
方法 3241	引线间的静电容	312
方法 3251	脉冲响应	313
方法 3255	大信号功率增益	315
方法 3256	小信号功率增益	316
方法 3261	外推单位增益频率	318
方法 3266	小信号短路输入阻抗的实部	319
3300 系列	高频测试	320
方法 3301	小信号短路正向电流传输比截止频率	320
方法 3306	小信号短路正向电流传输比	321
方法 3311	最高振荡频率	322
方法 3320	射频输出功率、射频功率增益和集电极效率	323
3400 系列	MOS 场效应晶体管电特性测试	329
方法 3407	漏-源击穿电压	329
方法 3472	开关时间测试	330
方法 3478	功率晶体管电剂量率测试方法	332

3500 系列	砷化镓场效应晶体管电特性测试	337
方法 3505	砷化镓场效应晶体管 1dB 压缩输出功率 (P_{1dB})	337
方法 3510	砷化镓场效应晶体管的 1dB 压缩增益 (G_{1dB})	338
方法 3570	砷化镓场效应晶体管的正向增益 (S_{21} 幅值)	339
方法 3575	砷化镓场效应晶体管的正向跨导	340
4000 系列	二极管电特性测试	341
方法 4011	正向电压	341
方法 4016	反向漏电流	342
方法 4021	击穿电压 (二极管)	344
方法 4022	击穿电压 (电压调整二极管和电压基准二极管)	345
方法 4023	二极管特性曲线	346
方法 4031	反向恢复特性	353
方法 4041	整流效率	362
方法 4046	平均反向电流	363
方法 4051	小信号反向击穿阻抗	364
方法 4056	小信号正向阻抗	365
方法 4061	贮存电荷	366
方法 4064	肖特基二极管雪崩能量试验	368
方法 4066	浪涌电流	371
方法 4071	击穿电压温度系数	375
方法 4076	饱和电流	376
4200 系列	闸流晶体管电特性测试	377
方法 4216	脉冲响应	377
方法 4219	反向控制极电流	379
方法 4225	控制极控制的关断时间	380
4300 系列	隧道二极管电特性测试	382
方法 4301	结电容	382
方法 4306	隧道二极管的静态特性	383
方法 4316	串联电感	385
方法 4321	负阻	386
方法 4326	串联电阻	388
方法 4331	开关时间	389
5000 系列	高可靠空间应用试验	390
方法 5002	确定氧化层质量的电容-电压测量	390
方法 5010	洁净间和工作台中尘粒分级及测量	394

前 言

本标准代替 GJB 128A-1997《半导体分立器件试验方法》。

本标准与 GJB 128A-1997 相比主要变化如下：

- a) 1000 系列增加方法 1033 反向漏电流稳定性、方法 1057 玻璃抗裂性和方法 1080 单粒子烧毁和单粒子栅穿；删除方法 1022、方法 1026、方法 1031、方法 1036 和方法 1048；对方法 1001、方法 1011、方法 1018、方法 1019、方法 1020、方法 1021、方法 1022、方法 1046、方法 1051、方法 1056 和方法 1071 进行了修订；方法 1019，方法 1056 和方法的试验条件字母代码与 GJB 128A-1997 不同；
- b) 2000 系列增加方法 2038 金属电极无引线玻璃封装器件引出端强度和整体安装强度试验方法和方法 2101 二极管的破坏性物理分析(DPA)程序；对方法 2017、方法 2026、方法 2031、方法 2036、方法 2037、方法 2052、方法 2069、方法 2070、方法 2071、方法 2072、方法 2073、方法 2074、方法 2076 和方法 2077 进行了修订；试验方法 2037 试验条件字母代码与 GJB 128A-1997 不同；
- c) 3000 系列增加方法 3001、方法 3026 等 32 项晶体管电参数测试方法；
- d) 4000 系列增加了方法 4021、方法 4071 等 20 项二极管电参数测试方法，对方法 4023 和方法 4066 进行了修订；
- e) 5000 系列删除了方法 5001；
- f) 方法 1018 的名称由“内部水汽含量”调整为“内部气体成分分析”；
- g) 方法 1071 密封条件 H 将等效标准漏率分为 I 类和 II 类两类；
- h) 对方法 2037 键合强度试验的试验条件字母代码进行了调整。

本标准由中央军委装备发展部信息系统局提出。

本标准起草单位：工业和信息化部电子第四研究院、济南市半导体元件实验所、中国电子科技集团公司第十三研究所、中国电子科技集团公司第五十五研究所、国营第 873 厂、国营第 877 厂、国营第 970 厂。

本标准主要起草人：张 秋、卞 岩、吴维丽、崔 波、李丽霞、金毓铨、嵇妮娅、邹盛琳、黄世杰、王嘉蓉。

GJB 128 于 1985 年首次发布，1997 年第一次修订。

Q

d

8

8

半导体分立器件试验方法

1 范围

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,包括为确定器件耐受自然环境和军用工作环境的有害影响而进行的基本环境试验,力学(物理)试验和电学试验。

本标准适用于军用半导体分立器件,包括晶体管、二极管等产品和其他相关元器件,其他元器件也可参照使用。

2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本标准的条款。凡注日期或版次的引用文件,其后的任何修改单(不包含勘误的内容)或修订版本都不适用于本标准,但提倡使用本标准的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 3131-2001 铅锡钎料
GJB 360B-2009 电子及电气元件试验方法
GJB 762.1-1989 半导体器件辐射加固试验方法 中子辐照试验
GJB 762.3-1989 半导体器件辐射加固试验方法 γ 瞬时辐照试验
GJB 1209 微电路生产线认证用试验方法和程序
GJB 2712 测量设备的质量保证要求 计量确认体系
GJB 3007 防静电工作区技术要求
GJB/Z 105 电子产品防静电放电控制手册

3 缩略语

本标准所使用的缩略语如下:

ATE——自动试验设备;
BIST——反向不稳定性振动试验;
DPA——破坏性物理分析;
DUT——被试器件;
ESD——静电放电;
ESDS——静电放电敏感度;
FET——场效应晶体管;
FIST——正向不稳定性冲击试验;
FWHM——脉冲幅值一半所对应的宽度;
GaAs——砷化镓;
HTRB——高温反偏;
IF——中频;
IGBT——绝缘栅双极型晶体管;
LCC——无引线片式载体;
LINAC——线性加速器;
MOSFET——金属氧化物半导体场效应晶体管;
PIND——颗粒碰撞噪声检测;
RH——相对湿度;

SEM——扫描电子显微镜；
SOA——安全工作区；
SSOP——稳态工作功率；
STU——灵敏度检测单元；
SWR——驻波比；
TLD——热致发光剂量测定；
TSP——温度敏感参数；
UHF——超高频。

4 一般要求

4.1 试验条件

4.1.1 试验的大气条件

除另有规定外，所有测量和试验均应在 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 的自然环境大气压和相对湿度条件下进行。规定的试验温度（高于或低于环境温度时）允许误差为 $\pm 3\%$ 。为了保证试验结果的可重复性，应严格控制这些条件。仲裁试验的标准大气条件为：温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 45%~55%，气压 86kPa~106kPa。除另有规定外，2000 系列机械特性试验可以在 $25^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 范围内进行。

4.1.2 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：

- 工作区域内的温度变化：试验箱温度控制能力应能使工作区域内任一参考点的温度变化保持在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 4\%$ 以内，取大者；
- 工作区域内空间各点的温度差异：试验箱的结构应能使工作区域内任一点的温度在规定的时间内都不能偏离参考点 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 3\%$ ，取大者，紧靠发热样品处除外；
- 规定温度下限的试验箱（例如用于老炼和寿命等试验）：当试验要求包括规定的最低试验温度时，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最低温度的偏差不超过 8°C ，紧靠发热样品处除外。

4.1.3 电测试频率

除另有规定外，电测试频率应为 $1\,000\text{Hz} \pm 25\text{Hz}$ 。

4.1.4 准确度

4.1.4.1 通则

规定的极限是指规定的（标称的）试验条件下的绝对（真）值。在确定实际操作时测量值的极限时，应为测试误差（包括由于偏离标称的条件引起的）留出适当的余量，以保证器件参数的真值（当它们在标称试验条件下）在规定的极限以内。

除另有规定外，器件的所有测试（3000 系列、4000 系列规定的电测试），应保证下述测试准确度和预防措施。如果在适用的采购文件中规定的测试条件严于下述公差，应优先选用采购文件中规定的测试条件。条件如下：

- 偏置条件应在规定值的 $\pm 3\%$ 以内；
- 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 $\pm 10\%$ 的变化（或实际试验设备的变化小于 $\pm 10\%$ 时）不影响规定值的测量准确度或有效性；
- 击穿试验所加电压误差应保持在规定值的 1% 以内；
- 阻性负载的容差为 $\pm 5\%$ ；
- 容性负载的容差为 $\pm 10\%$ 或 $\pm 1\text{pF}$ ，取大者；
- 感性负载的容差为 $\pm 10\%$ 或 $\pm 5\mu\text{H}$ ，取大者；
- 测量静态参数的误差应在 $\pm 1\%$ 以内；
- 测量开关参数的误差应在 $\pm 5\%$ 或 1ns 以内，取大者。

4.1.4.2 试验方法和电路

除非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。这些方法不是唯一能使用的方法和电路,但是,承制方应向鉴定机构证明替代方法或电路是等效的,并且,所给出的结果在所要求的测量准确度之内(见 4.1.4.1)。

4.1.5 校准要求

应按 GJB 2712 对生产中用于测量或控制生产过程和检验器件所使用的标准和仪器规定校准及确认程序。对于那些不能追溯到国家标准的量值,应保存好校准样品,一旦需要提供证明时,可用来作为证明合格的依据。

4.2 取向

器件对加速度力方向的取向见图 1 和图 2。

X 是器件主轴垂直于加速度力、主截面平行于加速度力的器件取向。

Y 是器件主轴平行于加速度力,主基座面向(Y1)或背向(Y2)加速度力作用的器件取向。

Z 是器件主轴和主截面都垂直于加速度力的器件取向,Z 与 X 成 90° 角。

对于不同于图 1 和图 2 的封装外形,器件取向应在有关订购文件中规定。

4.3 一般注意事项

4.3.1 通则

在对器件进行试验时,应遵守下列注意事项。

4.3.2 瞬变

不得使器件承受由于瞬变引起超过额定值的条件。

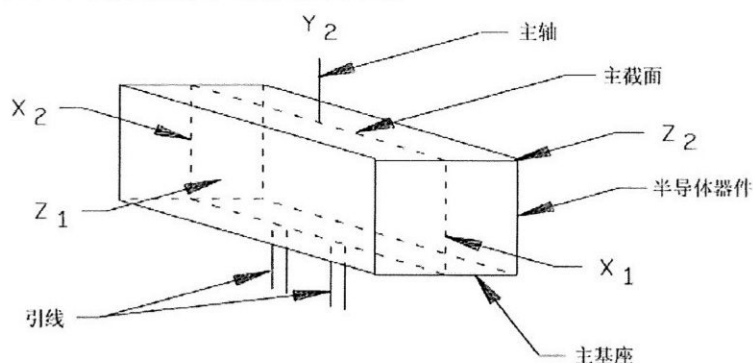


图 1 非圆柱形器件对加速度力方向的取向

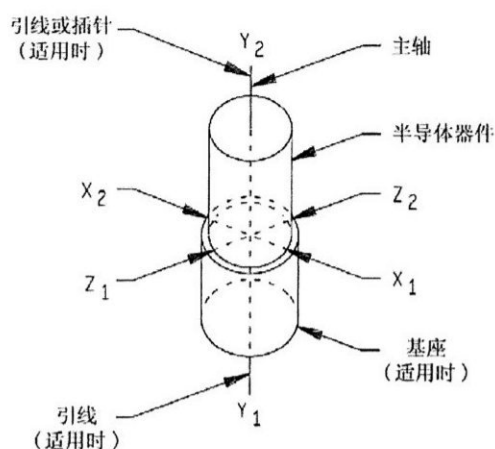


图 2 圆柱形器件对加速度力方向的取向

4.3.3 电测试的试验条件

4.3.3.1 通则

当测试温度敏感静态参数时,施加的电流和电压的功耗可使结温升高,因温度和瞬时的作用而使测试结果产生误差。为避免这种误差,测试应在指定的条件下进行。除另有规定外,器件不应承受超过器件最大额定值的应力。预防措施应包括限制最大瞬态电流和所加的电压。通常要求高阻值串联电阻(恒流源)及小电容量。测试截止电流或反向电流小(例如纳安量级)的器件时,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。

4.3.3.2 稳态直流测试(方法 4000)

除另有规定外,所有稳态直流参数应在稳态直流条件下测量。当在稳态直流条件下测试时,如果从施加功率到读数的时间减少一半时,误差在要求的测试精度范围内,则认为是已达到热平衡条件,因此特别长的脉冲或阶跃信号可认为是稳态直流。适当时,应规定安装条件(T_L 或 T_C)或热阻(参照点到环境的热阻 $R_{th(c-a)}$ 或参照点到引线的热阻 $R_{th(c-L)}$)。

4.3.3.3 脉冲测试(方法 4000)

当在脉冲条件下测试时,在选择脉冲开始后的测试点时应注意:对测试电缆的电容充电时间应足够长、避免瞬时电效应,尽可能短以避免热效应,若减半最小的选择时间或加倍最大选择时间时都不产生超过规定的测试精度的误差,则可保证满足这些要求。如果已建立了关联关系,脉冲测试可视为与稳态直流测试相对应。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,在订购文件中应规定下列内容:

- a) 在测试规定中注明“脉冲测试”。
- b) 除另有规定外,施加脉冲时间(t_p)不应大于 10 ms, 占空比不应大于 2%。在此范围内,脉冲宽度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。

4.3.4 测试电路

4.3.4.1 通则

本标准中列出的电路都是可以采用的测试电路的示例。这些电路不是唯一可采用的电路,只要承制方证明其他电路所给出的结果能达到要求的准确度,也可以使用其他电路。只以一种电路组态给出的 PNP 晶体管测试电路,可以很容易地被改成适用于 NPN 晶体管的另一种组态测试电路。

4.3.4.2 测试方法的改变

为检验电参数,允许改变规定的测试方法,但应能证明这种改变未放松本标准的要求。对所提出的测试方法的改变,应做出测试方法相对误差分析,以备检查。

4.3.5 焊接

当试验需要焊接时,应采用适当的保护措施,以免损坏器件。

4.3.6 引出端连接顺序

当把一个器件接到电源上时,应当首先连接公共端。

4.3.7 辐射防护

在有 X 射线、中子或其他高能粒子的场所贮存或试验器件时,应当采取适当的防护措施。

4.3.8 操作防护措施

4.3.8.1 超高频器件及微波器件

超高频器件及微波器件操作注意事项如下:

- a) 所有设备应接地;
- b) 当用手握住设备基座时,手应接触设备直到器件安装到位;
- c) 必要时,器件应当保存于金属屏蔽容器中,一直到器件安装到设备中或者需要取出进行测试时为止。

4.3.8.2 静电放电敏感器件

当试验静电放电敏感(ESDS)器件时,应当按照 GJB/Z 105 的规定采取操作防护措施。对静电放电敏感器件进行试验的区域应当符合 GJB 3007 中静电放电防护区域的要求。

4.4 老炼和寿命试验的接触良好验证和偏置中断处理

4.4.1 老炼和寿命试验的接触良好验证

试验开始和结束时,应在试验温度下检查试验设备,以确保所有器件按规定要求施加应力。检查程序的最低要求如下:

- a) 器件插座。应在开始和其后至少每六个月对每个试验板检查一次,验证连接器接触点接触良好,以保证能施加正确的偏置电压。除了这种最初和定期检查外,每个器件或器件插座不必再进行检查。但是,每块试验板使用之前,应采用随机抽样办法抽查,以确保被试器件电连接正确和电接触良好。
- b) 试验盘或试验板上的连接器。将装有器件的试验板插入系统,并使之达到规定的工作条件后,对每个要求的试验电压和信号条件,至少验证每块试验板上的一个区域,以保证试验所用的每个连接点或每对接触件电接触良好,且能正确施加规定的电应力。检查时系统断开时间不得超过 10min。
- c) 在试验周期结束时,撤除温度和偏置条件前,应按 4.4.1 b) 再次验证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,并验证每个试验插座,以保证每个器件施加了规定的偏置条件。在加载前在每个器件的引出端验证器件的功能特性响应可做到这一点,也可以在加载前对每个插座进行验证。可使用经批准的替代程序。

4.4.2 偏置中断的处理

在要求的偏置期间内,发生失效或接触开路而导致未能施加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达到规定的最短试验时间。在老炼的最后 8h 内,在试验箱处于正常温度下,失去偏置或偏置中断总时间超过 10min 时,应至少再进行不间断的 8h 试验,时间从最后一次偏置丧失或中断算起。

4.5 高温反偏和老炼要求

高温反偏和老炼试验要求如下:

- a) 规定为室温环境下的功率筛选时,器件所处的环境温度至少应为 20℃。
- b) 由于被试器件的功耗而引起的实际环境温度的升高,不应导致器件结温超过最高额定值。
- c) 不应在被试器件的对流气流(器件上方)或风冷气流(下风口)处进行环境温度的测量。
- d) 在器件密度较高的老炼架内,为使温度均匀,允许空气流速高于 $0.85\text{m}^3/\text{min}$ (自然对流)。
- e) 不应为提高器件额定值而采用高速气流或冷却气流。
- f) 当环境温度低于规定值时,可启动老炼架加热装置。当达到热平衡或工作 5h 后,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计入寿命试验的时间。
- g) 如 5h 或 5h 后环境温度未达到规定值,则不符合规定,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,且承制方准备提交受影响的批,受试器件应在规定温度下从零小时开始重新进行老炼或高温反偏,并根据该型号器件的记录验证终点失效率是否正常。
- i) 高温反偏和老炼的试验箱温度应控制在规定值的 $\pm 3\%$ 以内(除非 4.1.2 另有规定)。试验箱内的温度应保持在这一范围内。可采用循环风均衡试验箱的温度,但不得用作冷却来增加器件的功率容量。

4.6 偏置要求

偏置应符合下列要求:

- a) 在温度变化过程中, 电源负载变化引起的电源供电偏置误差, 不应超过规定值的 $\pm 5\%$ 。
- b) 在稳定条件下, 偏置电压的供电误差不应超过规定值的 $\pm 3\%$ 。
- c) 无论器件单独还是分组进行试验, 老炼设备应使每个器件上的功耗接近平均功耗。偏置和老炼电路的误差对单个器件引起的试验条件的差异不应大于规定值的 $\pm 5\%$ 。
- d) 各个器件特性的正常差异, 不必用老炼电路来补偿。
- e) 老炼设备的安排应使试验组内器件的失效或异常不会影响组中其他器件的试验。应定期检查以保证维持规定的条件。应至少在筛选开始和结束时进行检查。
- f) 引线、螺栓或管壳安装的器件, 应采用他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。

4.7 破坏性试验

除另有规定外, 表 1 中的试验作为破坏性试验。

表 1 破坏性试验列表

试验方法号	试验名称
1017	中子辐照
1018	内部气体成分分析
1019	稳态总剂量辐照程序
1020	静电放电敏感度分类
1021	耐湿
1037	间歇工作寿命
1041	盐气(侵蚀)
1042(条件 D)	老炼和寿命试验(MOS 功率场效应晶体管或绝缘栅双极晶体管(IGBT))
1046	盐雾(腐蚀)
1056	热冲击(液体-液体)
2017	芯片粘附强度
2031	耐焊接热
2036	引出端强度
2037	键合强度(破坏性键合拉力试验)
2075	开帽内部设计目检
2077	金属化扫描电子显微镜(SEM)检查

除 4.8 列出的试验以外, 所有其他的机械和环境试验, 开始时均应认为是破坏性的。但当以后积累了足够的证据表明其为非破坏性试验时, 则可认为该试验是非破坏性试验。器件的同一样本对规定试验重复进行五次, 如积累的数据表明, 该样本的所有器件均未见明显的累积退化迹象, 则可以认为该试验相对于该承制方生产的该器件来说是非破坏性的。作为 100%器件均要进行的筛选试验, 就其应力水平、持续时间或循环次数而言, 应认为是非破坏性的。

4.8 非破坏性试验

除另有规定外, 表 2 中的试验应作为非破坏性试验。

表 2 非破坏性试验列表

试验方法号	试验名称
1001	低气压
1022	耐溶剂性
1027	稳态工作寿命
1032	高温寿命(非工作)
1038、1039、1040	老炼
1042(条件 A、B、C)	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)]
1051(循环次数不大于 100 次)	温度循环(空气—空气)
1071	密封
2006	恒定加速度
2016	冲击
2026	可焊性(原有引线涂覆未变,且不超过允许的最多返工次数)
2052	粒子碰撞噪声检测(PIND)试验
2056	扫频振动
2066	物理尺寸
2069、2070、2072、2073、2074	内部目检(封帽前)
2071	外观及机械检验
2076	X 射线照相
2081	正向不稳定性冲击(FIST)
2082	反向不稳定性振动(BIST)
3103	绝缘栅双极晶体管热阻抗测试
3104	砷化镓场效应晶体管的热阻抗测试(恒流正偏栅极电压法)
3051、3052、3053 (在限制的电源电压下)	安全工作区(SOA) (方法 3053 的条件 A)
4066	浪涌电流

在任何工作或试验(包括电应力试验)中,结温超过器件最高额定结温,这些试验应认为是破坏性试验,但瞬态浪涌、非重复性的不当条件或批准的允许结温超过额定结温的加速筛选除外。应针对不同偏置和状态逐一确定可行性,应采用足够的样本进行试验以提供充分的可靠性保证。

4.9 实验室的资质

实验室在承接用于军用装备的分立器件的相关试验前,应首先获得军方权威机构颁发的授权进行各项试验的许可证。实验室在没有获得某项试验的授权许可证的情况下对器件进行的该项试验的结果是无效的。

4.10 可循环利用、可回收和环保材料

在材料符合或超过工作和维护要求,并对全寿命周期费用有利的前提下,应在最大可能范围内采用可循环利用、可回收或环保材料。

5 详细要求

对各项试验的详细要求见各试验方法。对各类器件试验中和试验后的具体要求在相关订购文件中规定。

试验方法的编号和分类如下：

- a) 1000 系列为环境试验；
- b) 2000 系列为机械性能试验；
- c) 3000 系列为晶体管的电特性测试；
- d) 3100 系列为热特性测试；
- e) 3200 系列为低频测试；
- f) 3300 系列为高频测试；
- g) 3400 系列为 MOS 场效应晶体管电特性测试；
- h) 3500 系列为砷化镓场效应晶体管电特性测试；
- i) 4000 系列为二极管电特性测试；
- j) 4200 系列为闸流晶体管电特性测试；
- k) 4300 系列为隧道二极管电特性测试；
- l) 5000 系列为高可靠空间应用试验。

6 名词和符号解释

6.1 方法 1019 稳态总剂量辐照程序

方法 1019 中用到的名词解释如下：

- a) 电离辐照效应：由于辐照诱生电荷引起的器件电参数变化，也称之为总剂量效应；
- b) 移位测试：将器件从辐照位置移开后对器件进行的电测试；
- c) 时变效应：辐照后，由于辐照诱生陷阱电荷和界面陷阱的生长和或退火引起的电参数的明显变化。辐照期间也会发生类似的效应；
- d) 加速退火试验：采用高温加速时变效应的程序。

6.2 方法 1051 温度循环(空气-空气)

方法 1051 中用到的名词解释如下：

- a) 静电放电：处于不同静电电位的两个物体之间静电电荷的转移。
- b) 负载：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。当负载结构降低空气的流动时，用单个负载来模拟实际负载是不合适的。最大负载必须满足规定的条件。
- c) 监测传感器：指安放于合适的位置并经校准过的温度传感器，从而能指示与最坏情况样品处相同的温度。最坏情况样品温度的位置由最坏情况负载温度的定期表征来确定。
- d) 最坏情况负载温度：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落的热电偶测量。应定期的确定最坏情况负载温度。
- e) 工作区：箱中负载温度被控制在方法 1051 中表 1 的范围内的区域。
- f) 样品：被试验的器件或其一部分。
- g) 转移时间：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。
- h) 最大负载：最坏情况负载温度满足时限要求的最大负载。
- i) 转换时间：允许的达到规定温度的时间，该时间指从负载进入试验箱到负载达到方法 1051 表 1 规定温度的时间间隔。

6.3 方法 1056 热冲击(液体-液体)

方法 1056 中用到的名词解释如下：

- a) 保持时间: 负载浸入容器中的总时间;
- b) 负载: 受试器件和固定这些器件的夹具;
- c) 最大负载: 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;
- d) 转移时间: 把负载从一容器中移出并浸入另一容器中所经过的时间;
- e) 最坏情况负载温度: 在负载中心具体器件的管体温度。

6.4 方法 1071 密封

方法 1071 中用到的名词解释如下:

- a) 标准漏率: 标准漏率定义为在 25℃ 时, 在高压一侧为 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 和低压一侧为低于 $1.33 \times 10^2 \text{ Pa}$ 的情况下, 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) 定义为在规定的条件下, 采用规定的试验媒质测得的给定封装的漏率。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)。为了与其他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: 对于给定封装的测量漏率 R_1 , 其等效的标准漏率 L 为在标准漏率条件下具有相同漏气几何结构的相同封装所呈现的漏率。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。

6.5 方法 1080 单粒子烧毁和单粒子栅穿测试方法

方法 1080 中用到的名词解释如下:

- a) 截面: 按单位注量的离子数计算;
- b) 注量: 在试验过程中, 离子注量率对整个试验时间的积分;
- c) 注量率: 单位时间内通过 1 cm^2 面积的离子数, 这个平面必须与粒子束相垂直;
- d) 线性能量传递 (LET): 离子穿过材料时, 传递给单位路径长度材料的能量值, 在本测试方法中表示为: $\text{MeV}/(\text{mg}/\text{cm}^2)$;
- e) 单粒子烧毁 (SEB): 单个离子引发局部出现大电流, 从而漏极电流增加超过承制方规定的漏极额定漏电流, 导致器件致命失效;
- f) 单粒子栅穿 (SEGR): 单个离子引发的栅绝缘层出现局部缺陷; 栅极电流增加超过承制方规定的栅极额定栅电流, 导致器件致命失效;
- g) SEB 防护: 在发生 SEB 时, 防止器件致命失效的技术;
- h) SEB 截面: 按单位注量下发生 SEB 的数量计算;
- i) SEGR 截面: 按引发 SEGR 事件所需离子注量的倒数计算;
- j) SEGR 后栅应力测试: 在经受重离子辐照后, 施加规定的 V_{GS} 最大值, 测量 I_{GS} , 验证栅的完整性;
- k) LET 阈值: 在规定偏置条件下, 发生单个离子引发失效的最小 LET 值。

6.6 方法 2026 可焊性

方法 2026 中用到的名词解释如下:

- a) 可焊性: 金属被焊料浸润的特性;
- b) 浸润: 在被检测表面形成均匀、平滑、无断裂焊料膜的过程;
- c) 多孔性: 集中有许多小针孔和凹坑的、呈海绵状不均匀表面的焊料覆盖状况;
- d) 非浸润: 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;
- e) 针孔和空洞: 作为缺陷存在的穿透整个焊料层的小孔;
- f) 脱浸润: 指当熔融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

焊料膜覆盖区域隔开, 但基底金属尚未暴露;

g) 外来物: 位于引线材料或涂层上其他材料构成的颗粒。

6.7 方法 2068 不透明玻璃封装的双插头非空腔轴向引线二极管外部目检

双插头结构是引出端插头具有相等标称直径的一种结构。插头与半导体芯片接触既可以通过与芯片金属化材料直接接触实现, 也可以通过钎焊或预制焊片实现。不允许使用点接触触须或其他导线。

6.8 方法 2072 封帽前目检(晶体管)

方法 2072 中用到的名词解释如下:

- a) 玻璃钝化层: 顶层透明绝缘材料, 它覆盖除键合区以外的有源区域金属化层;
- b) 钝化层: 在金属层上做钝化层前, 在芯片上直接生长或淀积的二氧化硅、氮化硅或其他绝缘材料;
- c) 受潮: 芯片表面上或内部的液体扩散或某种程度的吸收。

6.9 方法 2073 芯片目检(半导体二极管)

方法 2073 中用到的名词解释如下:

- a) 有效面积: 可做芯片上的 N 或 P 区域电接触的区域。
- b) 有源区域: 被钝化层覆盖的对保持电有效性和结的几何形状起作用的区域。
- c) 外来物(附着的): 不属于芯片结构内的任何导电或不导电物质。导电外来物定义为, 在常规目检中的照明及放大倍数条件下发现的不透明物质。发现的透明物则定义为不导电外来物。
- d) 结: P 型和 N 型半导体材料的界面。(对肖特基二极管, 除保护环外, 没有实际的结。肖特基二极管的金属-半导体接触面存在一势垒, 在本试验方法中把势垒视为一个结。)
- e) 钝化: 直接在 PN 结或肖特基保护环“PN 结”上生长或淀积的氧化硅、氮化硅或其他绝缘材料。

6.10 方法 3103 绝缘栅双极型晶体管热阻抗测试

方法 3103 用到的符号和名称如下:

- 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) VTC: $V_{GE(ON)}$ 相对 T_j 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_{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。
- i) 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。
- j) $V_{GE(ON)}$: 栅极-发射极开态电压, mV;
 $V_{GE(ON)i}$: 初始栅极-发射极开态电压, mV;
 $V_{GE(ON)f}$: 最后栅极-发射极开态电压, mV。
- k) $V_{GE(M)}$: 测量期间栅极-发射极电压;
 $V_{GE(H)}$: 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_{CE} 。
- n) t_{MD} : 测量延迟时间, 从加热功率 P_H 移去至开始测量 $V_{GE(ON)}$ 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 $V_{GE(ON)}$ 测量。
- p) $Z_{th(j-X)}$: 从结至基准点的瞬态热阻抗, K/W。

6.11 方法 3104 砷化镓场效应晶体管的热阻抗测试(恒流正偏栅极电压法)

方法 3104 用到的符号和名称如下:

- 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, °C;
 T_{ji} : 功率脉冲开始之前的结温, °C;
 T_{jf} : 功率脉冲结束时的结温, °C。
- h) 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。
- i) V_{GSf} : 正偏栅-源结二极管电压降, V;
 V_{GSfi} : 初始栅-源电压;
 V_{GSff} : 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) $R_{th(j-X)}$: 从结至基准点的热阻, K/W。
- l) 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。

6.12 方法 3161 绝缘栅功率场效应晶体管热阻抗测试(变量源-漏电压法)

方法 3161 用到的符号和名称如下:

- a) I_M : 在测量源-漏电压期间施加的源-漏二极管电流;
- b) I_H : 通过漏极的加热电流;
- c) V_H : 漏-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大小, I_M 和 V_H 的积, W;
- e) t_H : P_H 施加期间的加热时间;
- f) VTC: V_{SD} 相对 T_j 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;
- i) T_{ji} : 在开始功率脉冲之前的结温, °C;
- j) T_{jf} : 功率脉冲结束时的结温, °C;
- k) T_X : 基准温度, °C;
- l) T_{Xi} : 初始基准温度, °C;
- m) T_{Xf} : 最后基准温度, °C;
- n) V_{SD} : 源-漏二极管电压, mV;
- o) V_{SDi} : 初始源-漏二极管电压, mV;
- p) V_{SDf} : 最后源-漏二极管电压, mV;

- q) t_{MD} : 从加热功率 P_H 移去至 V_{SD} 测量开始时的延迟时间测量值;
- r) t_{SW} : 取样和保持窗口时间, 在该时间周期内进行最后 V_{SD} 测量;
- s) $V_{GS(M)}$: 在初始和最后测量周期内施加的栅-源电压;
- t) $Z_{th(j-X)}$: 从结到基准点的瞬态热阻抗, K/W。

6.13 方法 3478 功率晶体管电剂量率测试方法

方法 3478 功率晶体管电剂量率测试方法如下:

功率晶体管烧毁: 将烧毁定义为功率晶体管功能失效, 通常是由电流引起雪崩效应和二次击穿的结果。通过在辐射过程中观察漏极电流以及在进行完辐射以后验证器件性能的工作可以识别出功率晶体管是否已烧毁。

6.14 方法 4064 肖特基二极管雪崩能量试验

方法 4064 用到的符号和名称如下:

- a) E_{AS} : 最小不重复雪崩能量;
- b) I_{AS} : 最大不重复雪崩电流;
- c) L : 负载电感;
- d) P_D : 器件的功耗;
- e) R_S : 线路杂散电阻;
- f) I_{LPK} : 电感峰值电流;
- g) $V_{(BR)DUT}$: 被测器件击穿或雪崩电压;
- h) V_{DD} : 电源电压;
- i) t_{AV} : 雪崩时间。

6.15 方法 4066 浪涌电流

方法 4066 用到的符号和名称如下:

- a) I_0 : 正向平均交流电流(A);
- b) I_F : 正向直流电流(A);
- c) I_Z : 反向直流电流(电压调整二极管)(mA);
- d) I_{FSM} : 正向不重复浪涌电流的峰值(A);
- e) I_{ZSM} : 不重复浪涌电流的峰值(mA);
- f) I_{FRM} : 正向重复交流电流的峰值;
- g) V_{RSM} : 反向不重复峰值电压(V);
- h) V_{RWM} : 反向工作峰值电压(V);
- i) V_{FSM} : 正向峰值浪涌电压(V);
- j) V_{ZSM} : 峰值浪涌电压(V);
- k) n : 脉冲数;
- l) D : 占空因子 $= 100t_p/t_{rep}$;
- m) t_p : 脉冲的持续时间(ms);
- n) D : 占空因子, 施加的电流浪涌脉冲(百分比);
- o) $V_{Z(min)}$: 规定的最小电压。

1000 系列 环境试验方法

方法 1001 低气压

1 目的

本试验是为了检验器件在低气压条件下的性能，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环境。本项试验的目的是测定器件和材料在气压减小时，由于空气和其他绝缘材料的绝缘强度减弱抗电击穿失效的能力。在低气压条件下，即使介质不会被完全击穿，但会增强电晕放电、介质损耗和电离等有害影响。

2 设备

低气压试验所需仪器设备包括真空泵、合适的密封室（必要时，该密封室应具备能观察样品的装置）、可用于测量密封室模拟高度的压力表、用于检测从直流到 30MHz 范围电流的微安表或示波器和其他必要的测试仪器。

3 程序

样品应按规定安放在密封室内，除另有规定外，以不大于 10kPa/min 的降压速率将试验箱内气压降到有关标准规定试验条件（见表 1）所对应的值。把样品保持在规定的压力下，对它们进行规定的试验。在试验期间及试验前的 20min 内，试验温度应为 25℃±3℃。连接器件，对器件施加规定的电压，在从常压到规定的最低气压并恢复到常压的整个过程中，用微安表或示波器监视施加的最大电压（见第 5 章 b））的器件引出端，从直流到 30MHz 范围内看其是否出现电晕放电电流或进行其他规定的性能测试。试验条件见表 1。

表 1 试验条件

试验条件	最大气压 kPa	高度 m
A	30	9 144
B	12	15 240
C	4.4	21 336
D	1.1	30 480
E	0.15	45 720
F	58	4 572
G	0.32×10^{-6}	200 000

4 失效判据

如果器件出现飞弧、有害的电晕或有碍器件工作的任何其他缺陷或性能退化现象，则应将器件判为失效。

5 说明

有关文件应规定以下内容：

- a) 试验条件（见表 1），除另有规定外，应采用条件 B。
- b) 试验期间样品施加的电压。
- c) 适用时，试验后的测试（见第 3 章）。除另有规定外，应对器件规定的特性或参数进行全面的电测试。

方法 1011 浸渍

1 目的

本试验用以确定器件密封的有效性。

将受试器件浸渍在不同温度的液体中使其经受热应力和机械应力,从而可较容易地检测出器件是否存在引出端缺陷、密封失效或模压不良。这些缺陷是由器件的不良结构引起的,或是由物理或环境试验中产生的机械损伤导致的。一般在物理和环境试验后进行浸渍试验,因为浸渍试验能使接口、焊缝、外壳中的密封隐患进一步恶化,从而容易检查出接口、焊缝、外壳中的缺陷。本试验实质上是实验室的试验条件,只用于在试验后测量密封的有效性。采用淡水还是盐水作为试验液体,取决于试验样品的性质。当在浸渍循环完成后用电特性测试来验证器件是否出现密封失效时,用盐水比用淡水更容易检测出潮气的浸入。

本试验提供一个检测液体浸入的简单明了的方法。浸入的后果包括绝缘电阻的降低、内部腐蚀、出现盐的结晶体等。

2 程序

器件应按 GJB 360B-2009 中方法 104 规定的试验程序进行试验。

方法 1015 稳态一次光电流辐照程序(电子束)

1 目的

本试验程序规定了器件在暴露于电离辐照时产生的稳态一次光电流(I_{PH})的测量方法。在本试验方法中,受试器件将经受线性加速器(LINAC)的一次电子束辐照。

2 程序

器件应按 GJB 762.3—1989 规定的程序进行试验。

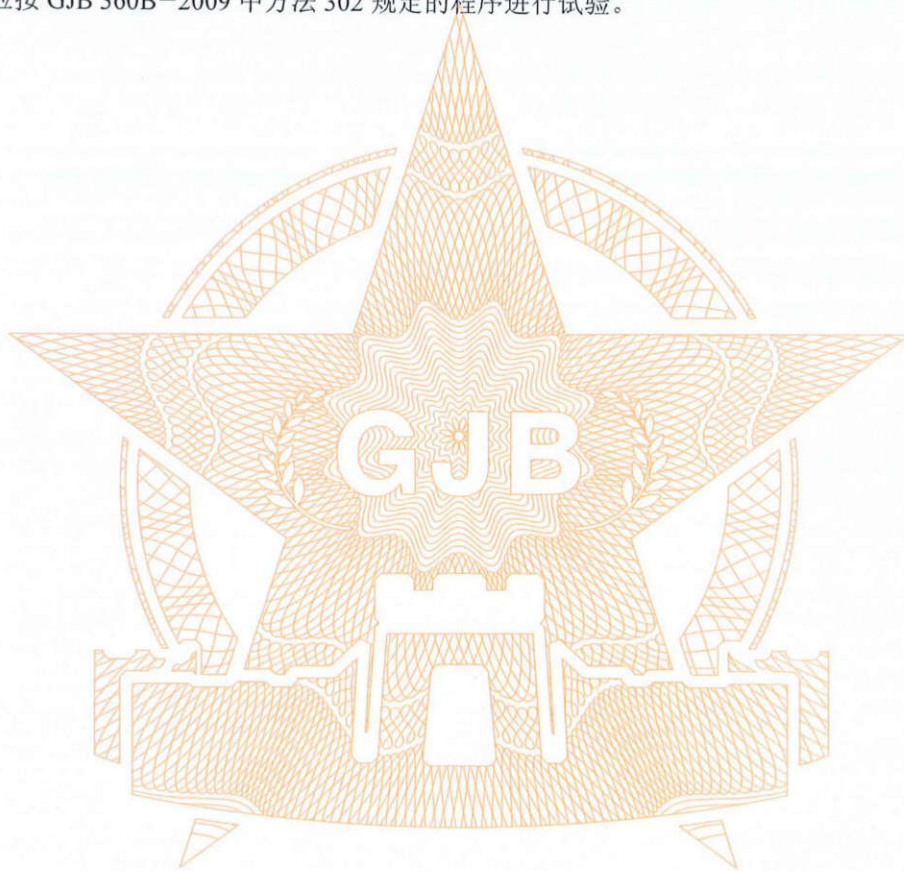
方法 1016 绝缘电阻

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 GJB 360B-2009 中方法 302 规定的程序进行试验。



方法 1017 中子辐照

1 目的

中子辐照试验是为了测定器件在经受中子辐照后性能退化的敏感性。本试验是破坏性试验。试验目的是：

- a) 检测和测量器件关键电参数的退化与中子注量之间的关系；
- b) 确定规定的器件电参数在接受规定等级的中子注量辐照后是否在规定的极限值之内。

2 程序

器件应按 GJB 762.1—1989 规定的程序进行试验。

方法 1018 内部气体成分分析

1 目的

本试验的目的是测量金属或陶瓷气密封装器件内部水汽的含量, 确定其是否满足规定判据的要求, 同时也测量器件内部其他所有气体的含量, 因为这些气体的含量与密封工艺的质量有关, 该测量可提供器件内部气体长期化学稳定性的信息。本试验是破坏性试验。

2 设备

测量器件内部水汽含量的设备如下:

a) 质谱仪, 满足以下要求:

- 1) 谱范围: 质谱仪可读出的最小谱范围为 1 个~100 个原子质量单位 (AMUs)。
- 2) 检测极限: 质谱仪能对给定体积的封装再现地检测出规定的水汽含量, 信噪比为 20:1 (即对于 0.01cm^3 、允许水汽含量为 0.5% (5 000 ppm) (体积百分率) 这一规定极限值, 质谱仪则应具有检测出 0.01cm^3 封装体积内水汽含量为 0.025% (250 ppm) 的最小检测极限)。最小体积被认为是最坏的情况。
- 3) 系统校准: 质谱仪应每季度校准一次, 在水汽含量为 0.45% (4 500ppm) ~ 0.55% (5 500ppm)、0.2% (2 000ppm) ~ 0.3% (3 000ppm)、0.7% (7 000ppm) ~ 0.8% (8 000ppm) 的量级范围内用同样的灵敏度系数进行校准。应对每一校准体积进行校准, 以得到线性响应和偏差。每一水汽含量等级应至少采集三个数据。应使用封装模拟器, 该封装模拟器应对已知水汽含量 (偏差为 $\pm 5\%$) 的体积连续排气, 且能重复地产生至少三种已知的气体体积 (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) 确定水汽含量。湿度露点分析仪应至少每年一次用可溯源到国家计量机构的设备或可溯源到国家计量机构的合适的商用校准实验室的设备进行重新校准。露点分析仪测量露点温度的精度应达到 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。与露点温度传感器一样, 系统中应使用压力传感器测量系统压力, 且其在使用压力范围内精度为 $\pm 340\text{Pa}$ ($\pm 2.54\text{mmHg}$)。此外, 实验室应建立根据露点温度和压力测量结果计算水汽含量的程序。用这种方法得到的气体分析结果仅在由至少两个 (体积或浓度) 校准点所确定的湿度范围或极限值内才成立 (即在 $0.01\text{cm}^3 \sim 0.1\text{cm}^3$ 之间为 0.5% (5 000ppm) 或在 $0.01\text{cm}^3 \sim 0.1\text{cm}^3$ 之间为 0.1% (1 000 ppm) ~ 0.5% (5 000ppm), 体积校准点之间的部分应采用最佳拟合曲线。不在此范围内的系统可以采用一种由鉴定机构认可的等效程序。校准点与平均值的偏差大于 10% 时, 应对灵敏度系数进行修正; 建议通过对流过加湿器的气体中水汽百分比与露点传感器读数相比较以确保传感器精度, 公式 (1) 可用来计算流过加湿器的气体中的水汽含量。

$$\text{H}_2\text{O}(\%) = 100P_v / (P_g + P_a) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

P_v ——基于摄氏度水温下加湿器中的水汽压强, Pa;

P_g ——压力表压强, Pa;

P_a ——大气压强, Pa。

- 4) 气体的年度校准: 对于所有按体积计算含量大于 0.01% 的气体每年都应进行校准, 至少应包括 3.1 b) 中列出的所有气体。除氟碳化物的浓度约为 0.02% (200ppm), NH_3 的浓度约为 0.02% (200ppm), 氢气的浓度约为 0.02% (200ppm), 氮气的浓度约为 80%, 氦气浓度约为 10%, 氧气的浓度约为 20% 以外, 适用的气体应按约 1% 的浓度进行校准。

- 5) 当日校准: 试验当日在进行试验之前应对系统进行校准。其中应包括对在规定体积下水汽含量在 0.45% (4 500 ppm) ~ 0.55% (5 500 ppm) 范围的样品进行测试, 并与露点仪的测试结果进行对比, 结果水汽含量的读数应在校准样品水汽含量的 $\pm 0.025\%$ (250 ppm) 以内; 应确定设备误差, 并从允许的最大偏差 0.025% (250 ppm) 中扣除, 校准应在与试验器件相同的条件下进行 (例如: 相同的背景压力、环境、样品进入系统的时间、封装模拟器的体积等)。这个校准检查可以替代试验当日在实施其他试验之前的校准。校准记录应按日保存。
- 6) 校准检查可以替代试验当日试验之前的校准。
- 7) 在对离子源进行重大的保养或维修之后应进行精度调整。
- 8) 应保存所有灵敏度系数的变化记录。
- b) 能放置器件的开口真空箱和使器件与第 2 章 a) 中的质谱仪相连接的真空传输通道。真空传输通道应能够有效地 (对水汽只有少量的吸收损失) 把器件中的气体传输到质谱仪离子源进行测量。
对于系统的初始验证或适用性的扩展, 在使用外部夹具的系统中, 器件的温度通过放在一个有着相同的质量、内腔体积、结构和尺寸的空封器件内腔中的热电偶来显示, 这可作为验证器件温度保持在 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 至少 10min 的一种方法。也适用于在外部烘箱进行预烘烤且用外部固定夹具进行测试的器件, 以调整在转移器件中出现的温度降低。这些记录应由测试实验室保存。
- c) 第 2 章 b) 中开口真空箱内或传输管道内的刺穿装置, 其功能是刺穿样品壳体 (不降低质谱仪箱的真空度和不破坏壳体的密封媒质), 以使样品内部气体逸出, 进入真空箱体和质谱仪。
从真空箱壁外经过可伸缩的软管驱动的尖头刺穿工具可用来刺穿金属和陶瓷封装。
陶瓷封装或厚的金属盖板封装可用砂磨法使之局部变薄以利于定位穿刺。
- d) 位于传输通道内的一个压力敏感器件, 可以测量试验过程中传输通道内压强的升高。这个压力传感器用来显示当器件被刺穿时压强的相对变化。比较一只器件与另一只器件的测试结果, 这个相对压强的变化可显示器件内部气体总量的相对值。传感器的读数大, 并不代表绝对值大。尽管报告中给出了压力表的读数, 但这个压力表只是为了指示用。

3 程序

3.1 通则

在试验前, 所有器件都要在 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下预烘烤 16h~24h。烘箱应能显示出在烘烤过程中是否出现过断电, 以及温度低于 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的时间长度。对于在进行预烘烤中出现温度低于 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的时间超过 1h 的器件, 应再进行一次至少 12h 的预烘烤。

从预烘烤到趁热插入到设备中的转换时间应不超过 5min。如果超过了 5min, 应将器件重新放回到预烘烤箱中烘烤, 直到器件达到 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

系统应保持在一个等于或超过器件温度的稳定温度。开口真空箱中的夹具应使样品置于第 2 章 c) 中刺穿装置要求的位置上, 并且使器件在刺穿前至少有 10min 保持在 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

器件插入后, 把器件和真空箱抽真空, 并在 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下烘烤, 直至所处的环境压力大小不妨碍达到规定的准确度和灵敏度为止。应获得所处环境真空谱, 并且随后从样品谱中减去。抽气之后, 应刺穿器件外壳或盖板, 并采用质谱仪测量释放气体的下述特性:

- a) 释放气体的水汽含量, 按占单位体积的百分数或总气体含量的 ppm 计算。
- b) 以下其他气体的比例 (按体积): N_2 、He、碳氟化合物 (分子量 69)、 O_2 、Ar、 H_2 、 CO_2 、 CH_4 、 NH_3 和其他溶剂 (若存在时)。对所有存在的气体都应计算和报告。应对数据作简化处理, 即在计算水汽含量时排除其他气体元素的影响。应对系统产生的影响 (例如在内部环境存在氢的情况) 进行数据校正。
- c) 刺穿器件封装释放气体时, 真空箱内压强将增加。若压强的变化小于该封装体积预期的压强变

化的±25%，则可能存在下列情况：

- 1) 器件没有被完全刺穿；
- 2) 器件的封装不是气密封装；
- 3) 封装内部没有正常的内压。
- d) 对于未知的气体或存在但浓度极低不足以被识别或被量化的气体，试验室应给出说明。
- e) 如果实验室有理由确定因器件被不正确刺穿，或设备功能不正常等原因导致试验结果无效，试验报告上可注明：“未试验”，并附情况说明。可换另外的器件再进行试验。

被测器件应按本标准方法 1071 进行密封试验，并且应去除所有影响水汽含量测试准确度的表面沾污，但不要求进行内部水汽含量的实验室按本标准方法 1071 进行密封试验。建议提交试验的样品应包含关于制造过程的信息，包括封装压力、封装气体、内部空腔体积、刺穿部位的盖板厚度、盖板材料和刺穿位置。

3.2 内部气氛含量超标的判据

以下为判定器件内部气氛含量是否超标的判据：

- a) 器件内各类气体的含量不应超过相关文件规定的极限值。
- b) 总气体含量异常低的器件，如 3.1 c) 规定的，应视作气密封失效，而不是内部气体分析失效。这样的器件可用同一母体的其他器件替代，如果替代的器件存在的总气体含量对于该型号而言属正常范围，那么替代的和原来的器件都不能因此而被视作失效。

4 执行规定

采用本方法的适用性应由鉴定机构对规定的极限值和体积进行认定。本方法的校准程序和适宜性研究被设计为：对规定的极限值，在确定一个样品是合格或失效时，保证不同实验室间的误差不超过±20%。测得的在适用范围以上或以下的水汽含量不得作为相关的数据。这个超出范围的数据仅表示相对的概念，并且仅仅是在与另一个实验室的结果进行比较时才采用。在以下校准因子允许范围内，5 000ppm 规范极限值适用于所有的封装体积(除另有规定外)，同时承制方以文件规定并证实适用。修正因子计算如下：

- a) 对于在加热炉中加热封装的内部空腔容积小于 0.01cm³ 的封装，见公式(2)：

$$C_T = \frac{T_r + 273}{T_s + 273} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

C_T ——修正因子，℃；

T_r ——室温，℃；

T_s ——封装温度，℃。

- b) 对于在真空下进行密封的任何体积的封装，见公式(3)：

$$C_p = \frac{P_s}{P_a} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C_p ——修正因子(压强)；

P_s ——封装压强，Pa；

P_a ——大气压强，Pa。

若使用修正因子，则修正后的水汽等于水汽测量值与相应修正因子的乘积。

当一些分析实验室证明能力有了提高，可由鉴定机构对该实验室扩大其适用的范围。

5 监控替代品

5.1 通则

只有内腔体积小于 0.01cm^3 的封装, 可用监控替代品来评估工艺基线。监控替代品应按本试验方法进行内部气体分析试验, 试验结果可用来确定整批器件的水汽含量。对绝大多数的封装类型, 封装材料密封前的预烘焙和储存条件会对水汽含量产生很大的影响。替代品必须由经过严格控制的生产线生产出来, 否则采用替代品监控的结果是不可信的。不能认为所建议的替代品测试方法就是小封装器件内部水汽含量的直接测量方法。但该方法可量化地表示封装工艺和过程控制是否稳定, 是对小封装外壳内部水汽含量测试不能精确和重复进行但又需要控制其内部水汽含量的现有状态的一个改进。

5.2 要求

监控替代品应是由同一承制方采用与试验器件相同的工艺、材料、电镀和制造技术生产的, 要求如下:

- a) 器件承制方对监控替代品应采用与产品同样的预处理过程, 如: 相同的真空烘烤时间和温度、存储条件、芯片粘接材料和工艺等。
- b) 监控替代品应与产品采用同样的工艺处理过程并在同一时间进行封装。
- c) 为了使预处理获得最优效果, 应控制从烘箱到封装炉的转移时间, 并使其最短。
- d) 典型的工艺处理过程应包括:
 - 1) 对管座和管帽分批进行高真空烘烤;
 - 2) 在干氮环境中储存已经烘烤好的材料;
 - 3) 在封装之前, 进行二次真空烘焙(最少 12h);
 - 4) 尽量缩短二次烘烤后暴露在空气中的时间。
- e) 监控替代品应在基线文件受控之下, 从采购到使用应全部可追溯。
- f) 应在封装开始时使用监控替代品, 并以 2h 为间隔。对每一个封装批, 至少要做 6 个监控替代品(如果在封装期间没有间断(规定的休息时间除外), 并且管座和管帽具有相同的可追溯性, 则一个封装批可以包括多个生产批)。
- g) 承制方应在 6 个月的时间内累积足够的批和数据建立基线, 以后的预处理过程的改变都要对该基线进行再评估。
- h) 器件承制方应从至少三个封装批中, 向鉴定机构提交结果, 以建立有效的过程基线, 还应保留附加的测试结果并在军方要求时提供。

6 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 允许的最大水汽含量, 如果不是 0.5% ($5\,000\text{ ppm}$);
- b) 必要时, 其他各类气体允许的最大含量。

方法 1019 稳态总剂量辐照程序

1 目的

本试验程序规定了对已封装的器件使用钴 $60(^{60}\text{Co})\gamma$ 射线源进行电离辐照(总剂量)效应的试验要求。此外,本程序给出了一种评价低剂量率电离辐照对器件影响的加速退火试验方法。这种退火试验对低剂量率或器件可能呈现显著时变效应的某些应用情况是很重要的。本程序仅包括稳态辐照,不适用于脉冲型辐照。本试验可能会使受辐照器件的电性能严重退化,因此本试验被认为是破坏性试验。

2 设备

2.1 通则

设备应包括辐照源、电测试仪器、试验电路板、电缆、连接板或开关系统、合适的剂量测量系统(若需要时)。应采取适当的预防措施使得电测量系统具有绝缘、屏蔽、接地以及电源噪声满足使用要求。

2.2 辐照源

试验所用的辐照源应是钴 $60(^{60}\text{Co})\gamma$ 射线源的均匀场。除另有规定外,在器件被辐照的范围内用剂量测量系统测量的辐照场均匀度应在 $\pm 10\%$ 以内。 ^{60}Co 源的 γ 射线场强度应是已知的,且不确定度小于 $\pm 5\%$ 。器件相对于辐照源的位置变化以及辐照吸收材料或散射材料的存在会影响场的均匀性和强度。对钴 $60(^{60}\text{Co})$ 源的 γ 射线场至少每三年校准一次,测量不确定度应小于 $\pm 5\%$ 。校准系统应追溯到国家计量机构,对钴 60 源衰减的修正应每个月进行一次。

2.3 剂量测量系统

应提供合适的剂量测量系统以完成 3.4 中要求的测量。

2.4 电测试仪器

为了准确测量电参数,用于电测试的所有仪器应具有所要求的稳定度、准确度和分辨率。在 0.01Sv/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。

2.5 试验电路板

在辐射或现场测试期间,受试器件应安装在或连接到为施加偏置所需的辅助电路板上。除另有规定外,在辐照期间,器件所有的输入端以及其他可能影响辐照响应的引出端都应电连接,即不得浮置。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、减小漏电流和避免电损伤,并得到准确测量值。只有抗辐照的、且不会产生明显漏电(相对于受试器件)的插座才能用来将器件和相关电路安装到试验板中。在辐照场反复使用的所有设备应定期检查其物理的或电气的退化情况。试验电路板上除受试器件以外的其他元器件应该对累积辐照不敏感或采取辐照屏蔽措施。测试夹具应该由不影响受试器件所处的辐照场强度均匀性的材料制成。应在辐照场外测量夹具的漏电流。当插座上不安装器件时,将试验电路板接入测试系统,使所有可能起作用的噪声和干扰源处于工作状态。当对受试器件施加最大规定偏置时,任意两个引出端之间的漏电流不应超过器件规范规定的辐照前电流下限的 10% 。在加速退火试验中给器件施加偏置的试验电路板必须能够承受加速退火试验所要求的温度,并且应在试验前和试验后检查其物理的和电气的退化情况。

2.6 电缆

辐照场内连接试验电路板和测试仪器的电缆应尽可能短。如果必须使用长的电缆,可能要使用线驱动器。电缆应具有小电容、对地和线间低泄漏的特性。

2.7 互连或开关系统

该系统应处于辐照环境之外,提供测试仪器和受试器件之间的接口。它是整个试验系统的一部分,应符合 2.5 中关于引出端之间漏电流的规定。

2.8 环境试验箱

用于时变效应试验的环境试验箱。

3 程序

3.1 通则

应按试验方案的规定对器件进行辐照试验和加速退火试验(如果要进行时变效应试验)。该试验方案应规定器件说明、辐照条件、器件偏置条件、剂量测量系统、工作条件、测量参数和测试条件以及加速退火试验条件(要求时),见图1。

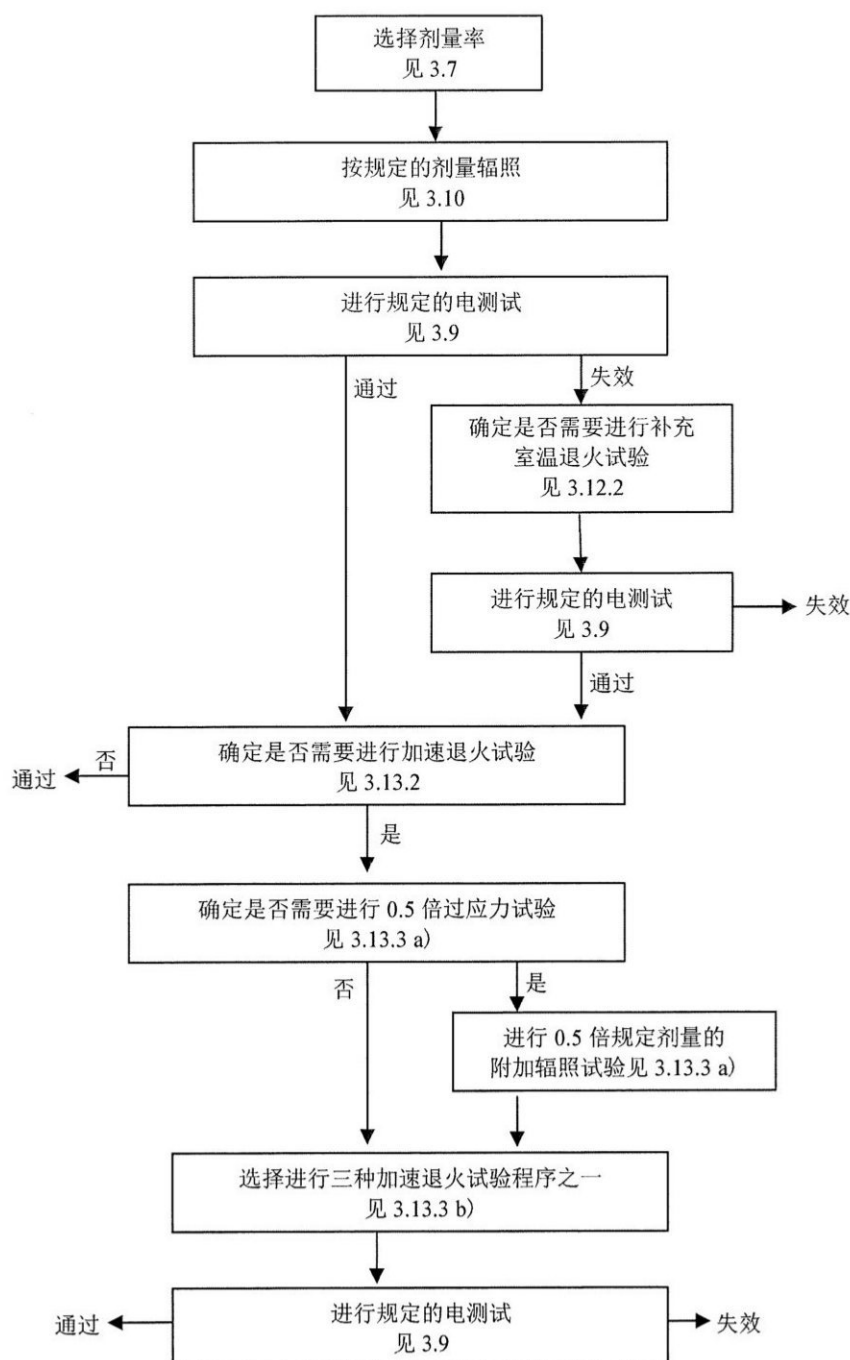


图1 电离辐照试验流程图

3.2 样品的选择和处理

只有通过了试验方案中规定的电参数测试的器件才能提交辐照试验。除另有规定外,应从同样封装的器件母体中随机地抽取试验样本,每个器件应单独编号,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,应采用合适的装卸方法以免损坏器件。

3.3 老炼

对于某些器件,老炼前和老炼后对总剂量辐照的响应是不同的。除非先前的验证或设计已经证实了老炼对器件总剂量辐照响应的影响可以忽略(参数保持在辐照规定的电参数极限值之内),否则应完成下列工作之一:

- a) 在进行总剂量辐照试验前,承制方应将辐照样品在规定的老炼条件下老炼;
- b) 承制方应考虑到受试器件因老炼后对总剂量辐照试验的影响而给出一个修正系数(这个修正系数应能够被试验各方接受),这个修正系数可用来确定在总剂量影响下器件是否可接收,而不用对试验样品进行老炼。

3.4 剂量测量

试验前应根据情况,采用剂量计或用源衰变进行修正计算,确定受试器件处的辐照场强度,以保证符合试验等级和均匀性要求。

受试器件的剂量应该用下述两种方法之一确定:

- a) 辐照期间使用适当的剂量计进行测量。
- b) 根据 ^{60}Co 源强度在间隔时间内的衰变,修正以前的剂量值。采取合适的修正方法,将测量的或计算得到的剂量测试材料中的剂量转换为受试器件中的剂量。

3.5 铅/铝(Pb/Al)容器

试验样品应放在 Pb/Al 容器内,以减小由低能散射辐照引起的剂量增强效应。该容器外层要求至少为 1.5mm 厚度的铅,内层屏蔽层至少 0.7mm 厚的铝。这种 Pb/Al 容器对 Si 和 TLD(如 CaF_2)产生近似的带电粒子的平衡。

在下列三种情况下,应测量 Pb/Al 容器内部的辐照场强度:

- a) 开始时。
- b) 源变换时。
- c) 源、容器或试验夹具的方向和结构发生变化时。测量时应将剂量计(例如一个 TLD)放在容器内接近试验器件的位置。如果能证明低能散射足够小、不会因剂量增强引起剂量误差,则可不使用 Pb/Al 容器。

3.6 辐照等级

试验器件应接受试验方案中规定的剂量等级的误差($\pm 10\%$)以内的辐照。如果需要对一组试验器件进行多次辐照,在每次辐照后应进行电参数测量。

3.7 辐照剂量率

3.7.1 条件 A

除另有规定外,钴 60 的剂量率范围应在 $0.5\text{Gy}(\text{Si})/\text{s} \sim 3\text{Gy}(\text{Si})/\text{s}$ 之间。在一个系列试验中每种辐照剂量等级的剂量可以不同,但是,在每次辐照期间,剂量率的变化不应超过 $\pm 10\%$ 。

3.7.2 条件 B

条件 B 仅适用于金属氧化物场效应晶体管(MOS 器件),当预期应用中最大剂量率小于 $0.5\text{Gy}(\text{Si})/\text{s}$ 时,那么试验机构可以以大于或等于预期使用的最大剂量率的剂量率进行测试。除非符合 3.13.2 b) 中的特例情况,否则应进行 3.13.3 规定的加速退火试验。

3.7.3 条件 C

作为替换条件,如果使用方同意,可以用预先规定的剂量率进行本试验。

3.8 温度要求

因为辐照效应与温度有关,受试器件应在环境温度为 $24^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$ 下进行辐照,温度测量点应在试验箱内靠近测试夹具处,电测试应在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下进行。如果器件需要转移进行移位电测试,受试器件的温度不能高出辐照环境温度 10°C 以上。如果需要其他温度范围,应进行规定。

3.9 电性能测试

试验方案中应规定需进行的电参数测试和功能测试。为了检查测试系统和辐照前后数据的有效性,应在器件详细规范规定的工作条件下至少测试一个样本。对于自动测试设备,如果器件结温的上升能减至最小,就可以不限制测试顺序。对于手工测试,参数测试顺序应该选取测试周期最短的。当进行一系列测试时,应该安排好测试顺序,使器件在最初测试时功耗最低,在随后的测试中功耗逐渐增加。应在同一测试系统上进行辐照前后的电测试,对受试器件的一系列的电测试应保持相同顺序。合适时应采用脉冲方式进行电参数测试,以使发热和随后的退火效应减至最小。提交进行加速退火试验(见 3.13)的器件可在辐照前进行老炼,以消除与老炼有关的失效。

3.10 试验条件

3.10.1 通则

试验方案中应规定采用辐照中测试还是非辐照中测试(这可能取决于要获得数据的预定用途)。采用辐照中测试可避免辐照后时变效应引起的变化。如果辐照时对器件采用静态偏置,但(辐照过程中的)电测试采用动态偏置,则会引入误差。非辐照中测试通常可进行更全面的电测试,但是,如果辐照后发生明显时变效应时,则会产生误判。

3.10.2 辐照中测试

在辐照之前,应检查每个器件的功能是否符合规范的规定。用于辐照中测试的整个系统安装就位后,应该检查连接、漏电(见 2.5)和噪声电平是否符合要求。对具有已知电参数值的检查用器件,按试验方案中所要求的全部工作条件进行测试,以确定测试装置工作的正确性和稳定性。这种检验性测试应在插入试验器件之前和/或辐照后将试验器件取出之后进行。

3.10.3 移位测试

除另有规定外,将器件从辐照源移至移位测试以及返回原位进行下一次辐照的时间内,应去掉偏置,将器件引线插入导电箔(或类似短路),这将使辐照后的时变效应减至最小。

3.10.4 偏置和负载条件

在辐照和加速退火期间,试验器件的偏置条件偏差应在试验方案规定的 $\pm 10\%$ 以内。(若已知试验器件所用的偏置条件应能产生在预定使用情况下最大辐照诱发损伤或最坏情况损伤)。应按照试验方案,对每个器件保持规定的偏置;应该在辐照前和辐照后立即检查偏置。选择负载时应注意,使结温的升高减至最小。

3.11 辐照后程序

除另有规定外,应遵循以下时间间隔:

- a) 从一次辐照结束到电测试开始的时间间隔最多为 1h;
 - b) 如适用,进行电测试的时间和返回进行后续辐照的时间,应在上次辐照结束后的 2h 内完成。
- 为减小时变效应,这些时间间隔应尽量短。在系列试验中,参数测试顺序应保持不变。

3.12 补充的室温退火试验

3.12.1 通则

对于在非常低的剂量率环境(如空间飞行的剂量率)中的某些器件,3.1~3.11 的试验条件过于保守,需增加补充的退火试验。补充的室温退火试验提供一种用较高剂量率试验(如 $0.5\text{ Gy}(\text{Si})/\text{s} \sim 3\text{ Gy}(\text{Si})/\text{s}$)评价器件在低剂量率环境中性能的方法。这个程序包括器件按 3.1~3.11 进行试验,在试验后对受试器件进行适当时间的室温退火(见 3.12.3 c)),以使漏电流相关参数可能超过了辐照前规范值的器件的漏电流相关参数恢复到规范值范围以内。在下列情况下,已知这个程序会导致较高的器件接收率:

- a) 当进行 3.1~3.11 的试验时, 器件失效是由于在较软的氧化层中俘获的正电荷累积造成的, 而且:
- b) 这些俘获的正电荷以较高速率退火消失。

3.12.2 进行补充的室温退火试验的需求

根据下列判据来决定是否需要补充的室温退火试验:

- a) 这个程序只适用于 MOS 器件。
- b) 这个程序适用于只发生电参数失效(相对于功能失效), 有关试验各方应采取适当的步骤来确定受试器件在总电离剂量范围内只发生电参数失效。
- c) 这个程序在受试器件的本身退火效应有助于修正超出规范值的参数时适用。而且, 已知这个程序在下面情况下会导致较高的器件接收率: 预期应用的辐照剂量率足够低以至于辐照诱发的俘获正电荷的室温退火能够导致器件性能的较大改善。当预期使用的剂量率低于试验中的剂量率, 且低于 0.001 Gy (Si) /s 时, 应考虑选择应用本程序。有关试验各方应采取适当的步骤来确定试验方法能够在总电离剂量范围内提供需要的退火效应。

3.12.3 补充的室温退火试验程序

如果器件在经过 3.1~3.11 规定的辐照和测量后失效, 补充的室温退火试验可按下列步骤进行:

- a) 在进行 3.1~3.11 的辐照和测试后, 使受试器件在最坏的稳态偏置条件下进行室温退火, 最坏偏置的信息见 3.10.4。
- b) 进行试验时受试器件的壳温应在 24℃±6℃ 范围内。
- c) 在可能的情况下, 室温退火试验应连续进行足够长的时间以使超过辐照前规范值的器件参数恢复到规范值之内或承制方给出的辐照后参数极限值之内。但是, 室温退火时间不应超过 $t_{\max}$, 计算按公式 (1):

$$t_{\max} = \frac{D_{\text{spec}}}{R_{\max}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

D_{spec} ——总电离剂量规范值;

$R_{\max}$ ——预期使用的最大剂量率。

- d) 按 3.8 和 3.9 的规定对受试器件进行电参数测试。如果器件在补充的室温退火之后通过了电参数测试, 尽管以前经过了 3.1~3.11 的辐照后测量失效, 仍应认为在此非常低的剂量率环境下器件是可以接收的。

3.13 MOS 器件加速退火试验

3.13.1 通则

加速退火试验提供了一个评价 MOS 器件在低剂量率环境最坏情况退化的方法。这个程序包括对辐照后的器件按规定的温度、时间和偏置条件进行加热。当时变效应(TDE)能够造成器件严重退化或失效时, 应进行加速退火试验(见 3.13.3)。只有当已知时变效应不会造成器件严重退化或失效(见 3.13.2)或符合 3.13.2 的规定不需考虑时, 才可以仅进行 3.1~3.11 的标准试验。

3.13.2 进行加速退火试验的要求

试验各方应采取合适的步骤确定是否需要加速退火试验。应采用下列判据:

- a) 对于任何 MOS 器件都应进行 3.13.3 规定的试验。
- b) 如果符合下列要求, 时变效应试验可以省略:
 - 1) 器件中不包括 MOS 单元;
 - 2) 如果已知使用情况下的电离剂量率低于 50Gy (Si) /s;
 - 3) 如果已知在预期的使用中, 器件从开始接受辐照时算起其寿命小于时变效应时间;

- 4) 试验中采用的是在预期使用情况下的剂量率;
- 5) 通过特性试验已经证实器件参数的时变效应变化不会大于试验误差(或大于另外规定的上限值), 并且已证实影响时变效应的变量在特定的承制方工艺过程是受控的。
- c) 本标准不提供非 MOS 器件是否需要进行加速退火试验的指南。

3.13.3 加速退火试验程序

如果器件按照试验方案或相关标准或设计文件中规定的总电离剂量等级通过了 3.1~3.11 或 3.12(如果使用了该程序)的试验, 而且规定可不进行 3.13.2 中时变效应试验时, 则应按下列程序进行加速退火试验:

- a) 过应力试验
按标准试验条件(3.1~3.11)使每个受试器件再接受 0.5 倍规定剂量的附加辐照, 注意这时不要要求进行电测试。
- b) 加速退火
选择下列条件之一, 在环境箱中对施加最坏情况静态偏置的每个器件加热:
 - 1) 在 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下加热 $168\text{h} \pm 12\text{h}$;
 - 2) 采用另一组已得到证明的温度和时间条件, 通过表征试验已证明, 该组条件对每个器件中关心的参数所引起的变化等于或大于 3.13.3 b) 1) 中条件的作用;
 - 3) 采用另一组已得到证明的温度和时间条件, 通过表征试验已确定, 该组条件引起的俘获空穴退火大于 60%, 界面态退火小于 10%。
- c) 电测试
在加速退火试验后, 应按 3.9 和 3.10 的规定进行电测试。

3.14 双极型晶体管辐照后增益($[h_{FE}]$)、 $(1/h_{FE})$ 变化量的计算

双极型晶体管需要进行规定的计算来报告辐照后的性能。需要进行下列两种计算之一:

- a) $(1/h_{FE})$ 变化量: 设 h_{FE1} 为辐照前在规定的测试点(V_{ce} 、 I_c)测量的 h_{FE} , h_{FE2} 为辐照后在同样的测试点测量的 h_{FE} 。则变化量 Δ 计算按公式(2):

$$\Delta(1/h_{FE}) = 1/h_{FE2} - 1/h_{FE1} \dots\dots\dots (2)$$

例如, 辐照前: $h_{FE1}=200$, 辐照后下降: $h_{FE2}=125$, 则:

$$\Delta(1/h_{FE}) = 1/125 - 1/200 = 0.00300$$

- b) $[h_{FE}]$ 的计算值不是 h_{FE} 的直接测试值。它准确地表示了双极型晶体管辐照后在系统中的性能。这个 $[h_{FE}]$ 用方括号表示以与 h_{FE} 的测试值相区别, 利用 3.14 a) 中的计算值并增加另外一项, 计算方法按公式(3):

设 $h_{FE}(\text{min})$ 为 h_{FE} 辐照前在与 3.14 a) 中相同的测试点的最小极限值, 则:

$$[h_{FE}] = \{\Delta(1/h_{FE}) + 1/h_{FE}(\text{min})\} \text{的倒数} \dots\dots\dots (3)$$

例如, $h_{FE}(\text{min})=100$, 按照 3.14 a), $\Delta(1/h_{FE})=0.00300$, 则:

$$[h_{FE}] = \{0.00300 + 1/100\} \text{的倒数} = \{0.003 + 0.01\} \text{的倒数} = 1/0.013 = 76.92$$

注: $[h_{FE}]$ 绝对不可能超过 $h_{FE}(\text{min})$ 。

- c) 当相关详细规范要求 $\Delta(1/h_{FE})$ 、 $[h_{FE}]$ 或二者都要求时, 只需按公式(2)和公式(3)对受试样品进行计算。3.15 试验报告的详细记录中应包括辐照前和辐照后的 h_{FE} 的测试数据及要求的计算结果。除另有规定外, 所有器件都应符合规范中规定的辐照前 h_{FE} 最大极限值的要求。

3.15 试验报告

试验报告至少应包括器件型号、序列号、承制方、封装类型、控制规范、日期代码以及承制方给出的任何其他识别号。应以图样或图表按适用的形式报告电路偏置、电参数测试电路、试验设备的布局(包括距离和使用的材料等细节)、辐照中测试采用电测量系统的电噪声和漏电流。每份数据单应包括试验日期、采用的辐照源、辐照期间的偏置条件、辐照和电测试期间器件周围的环境温度、每次辐照的持续

时间、辐照、辐照剂量率、电测试条件、剂量测量系统、程序和辐照试验等级。记录每个器件辐照前和辐照后的数据，与该批器件数据一起保存。试验期间的任何异常现象，均应形成记录并报告。如果采用了加速退火程序，应在报告中描述。任何其他的辐照试验程序或交付时要求的试验数据都应在器件相关标准、设计文件或订购文件中加以规定。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 器件型号、数量和控制规范(见 3.2)；
- b) 辐照剂量测量要求(见 3.4)；
- c) 辐照等级，包括剂量和剂量率(见 3.6 和 3.7)；
- d) 如果与 3.8 不同，应规定辐照、电测试和转移的温度；
- e) 需要测试的电参数和测试期间的器件工作条件(见 3.9)；
- f) 测试条件，即采用“辐照中测试”或“非辐照中测试”(见 3.9 和 3.10)；
- g) 辐照期间器件的偏置条件(见 3.10.4)；
- h) 辐照后测试的时间间隔(见 3.11)；
- i) 补充室温退火试验的要求，需要时(见 3.12)；
- j) MOS 器件加速退火试验的要求，需要时(见 3.13)；
- k) 需要与器件一起提交的文件要求(见 3.15)。

方法 1020 静电放电敏感度分级

1 目的

本方法建立了依据器件对静电放电(ESD)损伤或退化的敏感度对其进行分级的程序。

2 设备

2.1 试验设备

ESD 脉冲模拟器和受试器件插座,它们与图 1 的电路等效,并能够施加图 2 所示波形的脉冲。

2.2 测试设备

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

充电电压探针应有至少 1 000MΩ 输入电阻和最大 4%的分压比。

2.3 校准

2.3.1 通则

应定期校准,校准应包括但不限于下列各项。

2.3.2 充电电压

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

表 1 模拟器充电电压(V_s)档与峰值电流(I_p)的关系

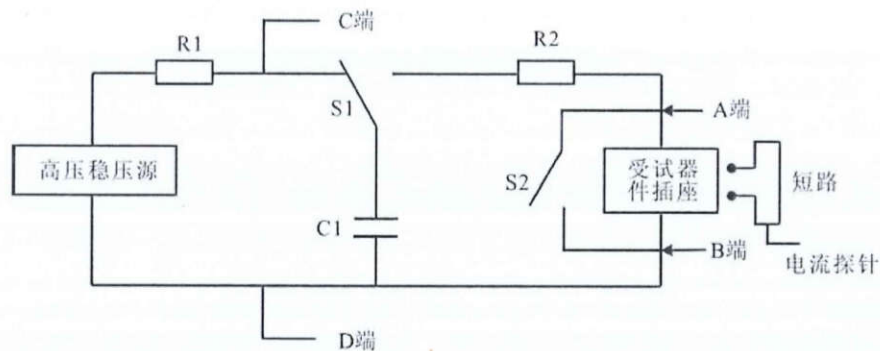
档	充电电压(V_s) V	峰值电流(I_p) A
1	500	0.33
2	1 000	0.67
3	2 000	1.33
4	4 000	2.67

2.3.3 有效电容

有效电容是在试验插座中不插器件、试验开关断开的情况下,向 C1 充电到规定电压(见表 1),然后使 C1 向静电计、库仑计或者图 1 中连接于 A、B 端之间的、经过校准的电容放电来确定的。在整个规定电压范围内,有效电容应是 100pF±10pF,且在 1 000V 下定期验证。为了缓慢放电,以便得到正确的测量值,可接一个串联电阻。

2.3.4 电流波形

对表 1 中的每一档的电压都应按 3.2 程序进行验证,每一档的电流波形应符合图 2 的要求。



$R1=10^6\Omega\sim10^7\Omega$;

$C1=100\times(1\pm10\%)pF$ (绝缘电阻至少为 $10^{12}\Omega$);

$R2=1500\times(1\pm1\%)\Omega$;

S1——高压继电器(无回跳、水银继电器或等效的继电器);

S2——常闭开关(脉冲放电和电容测试时断开)。

寄生效应对该模拟电路的性能影响很大,应减小继电器和电阻器端上的电容、以及导线和所有元件的串联电感。

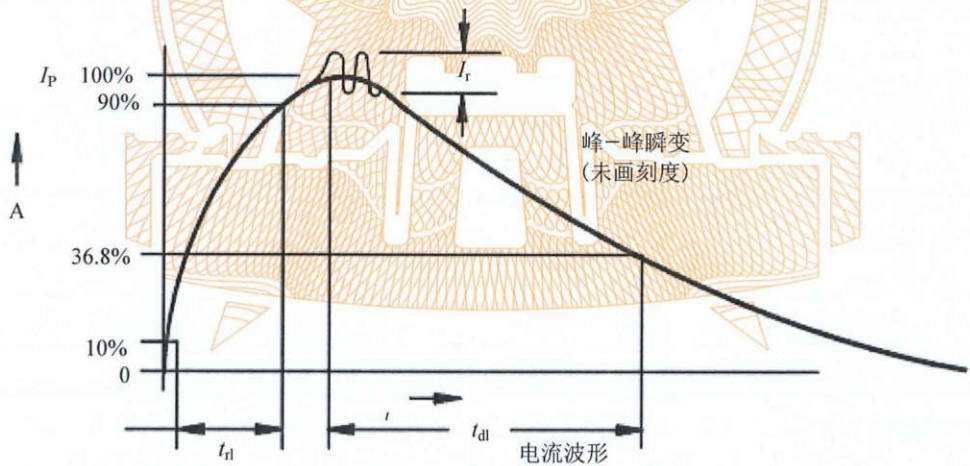
为防止 C1 再充电时的瞬变,将开关 S1 置于放电位置前,应使电源电压减小。

在验证或分级试验进行期间,受试器件插座不得多个级联转接。

不推荐使用通过 A 和 B 两端内部切换至模拟器,以获得相反极性的方法。

电流探针应采用双屏蔽电缆连接至示波器的 50Ω 端口,电缆长度不应超过 1m。

图 1 ESD 分级试验电路(人体模型)



采用满足第 2 章要求的设备,并按 3.2 规定的波形验证程序测量所示的电流波形。

电流脉冲应有下述特性:

- a) t_{ri} (上升时间): 小于 10 ns;
- b) t_{di} (延迟时间): $150\text{ ns}\pm20\text{ ns}$;
- c) I_p (峰值电流): 与表 1 所选电压档对应的 I_p 值的 $\pm10\%$ 之内;
- d) I_r (振荡电流): 下降应是平滑的,其抖动、折断点、双时间常数或不连续性应小于 I_p 最大值的 15%,但在脉冲开始后 100 ns 内不应观察到。

图 2 ESD 分级试验电路波形(人体模型)

2.3.5 设备的鉴定

2.3.5.1 通则

对新设备或在设备大修后均应进行设备验收试验。试验应包括但不限于下列各项。

2.3.5.2 电流波形验证

以最接近端点 B 的引线作为参考点, 对每个试验夹具的每根引线都要作电流波形的验证, 所有的波形都应满足图 2 的要求。应识别代表最坏情况(最接近极限值)波形的引线, 并进行 3.2 所要求的验证。

3 程序

3.1 通则

3.1.1 试验电路

应采用能产生图 2 的波形、与图 1 等效的试验电路进行分级试验。

3.1.2 试验温度

每个器件在试验前和试验期间都应稳定在室温下。

3.1.3 ESD 分级试验

器件的 ESD 分级试验是破坏性试验。

3.2 ESD 模拟器电流波形的验证

进行 ESD 试验时至少应在每班次开始时或在改变插座/试验板后试验前(取先发生的情况)进行电流波形验证程序, 以保证模拟器正常工作。在最初的设备验证和再验证时, 应把 3.2 c)~3.2 e) 要求的波形拍照并保存在档案文件中, 以供审核和比较(可以用数码法贮存波形代替照片)。

- 把受试器件的插座安装在模拟器上, 插座上不插入受试器件。在受试器件插座的两插针之间放一短路片(见图 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。
- 电流探针连接到短路点的 B 端附近(见图 1)。按表 1 中第 4 档, 把模拟器的充电电压源 V_s 设置到 4 000 V。
- 触发一个模拟器脉冲, 并观察电流波形的前沿, 电流波形的上升时间、峰值电流和振荡电流应满足图 2 的要求。
- 再触发一个模拟器脉冲, 并观察完整的电流波形, 脉冲的延迟时间和振荡电流应满足图 2 的要求。
- 采用相反的极性($V_s = -4\ 000\text{V}$), 重复以上的验证程序。
- 推荐: 检查模拟器输出, 以验证每次触发仅产生一个脉冲, 在电容器 C1 充电期间, 不出现脉冲。为了观察再充电瞬间过程, 把触发器设定到相反的极性, 增加垂直灵敏度大约 10 倍, 并触发一个脉冲。

3.3 分级试验

试验应按以下程序进行:

- 至少应对一个器件样本(见第 4 章 c))按表 1 所示的电压档表征器件 ESD 失效阈值。为得到精确的失效电压, 可自由确定采用更精细的电压档。试验可从任一电压档开始, 但对于已证实有恢复效应的器件, 其中包括有火花放电防护的器件, 应从最低电压档开始。采用已有的工艺技术对输入或输出 V/I 损伤特性作检测试验(即采用图示仪), 或其他简化的试验验证技术可用来确认失效阈值(例如, 在失效电压档下, 采用新的器件样本重新进行试验, 可消除累积损伤效应, 从而可能通过该电压档)。
- 选择新的器件样本并进行下一档较低电压试验。每个器件应按表 2 所示的每种插针组合, 采用三个正向和三个负向脉冲进行试验。脉冲之间至少有 1s 的延迟。
- 适用时, 器件样本应按详细规范中 A2 分组的要求进行电测试(室温直流参数)。
- 如有一个或多个器件失效, 应采用下一档较低电压重复 3.3 b) 和 3.3 c) 的试验。

- e) 如果无器件失效,记录由 3.3 a) 确定的失效阈值,记录通过的最高电压档,并根据表 3 对器件分级。

表 2 ESD 试验时各结的极性

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沟道或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(包括热载流和肖特基管)	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 3 器件 ESD 失效阈值分级

类别	电压
0类	未通过 250 V 或更低电压的静电放电试验
1A类	通过 250 V 的静电放电脉冲,但未通过 500 V 的静电放电脉冲
1B类	通过 500 V 的静电放电脉冲,但未通过 1 000 V 的静电放电脉冲
1C类	通过 1 000 V 的静电放电脉冲,但未通过 2 000 V 的静电放电脉冲
2类	通过 2 000 V 的静电放电脉冲,但未通过 4 000 V 的静电放电脉冲
3A类	通过 4 000 V 的静电放电脉冲,但未通过 8 000 V 的静电放电脉冲
3B类	通过 8 000 V 的静电放电脉冲,但未通过 16 000 V 的静电放电脉冲
非敏感类	通过 16 000 V 静电放电试验

3.4 试验引线组合

对于 ESD 试验,采用表 2 来选择引出端。

3.5 分级判据

试验判据如下:

- a) 试验后应在 25℃下按详细规范中 A2 分组进行电参数测试,失效的器件,应判为 1 级器件;
b) 经受本试验的所有器件应认为已遭破坏,不应发货作任何用途使用。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 试验后的电测量;
b) 特殊的附加条件或替换的引线组合(适用时);
c) 样本大小,如不是 3 只器件。

方法 1021 耐湿

1 目的

本试验的目的是采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)条件下退化效应的能力。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退化,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,本试验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交替过程,使腐蚀过程加速,使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,增强试验效果。试验包括一个低温子循环,因为凝结水汽引起的应力会使裂缝加宽,它能使在其他情况下不易发现的退化迹象加速显现。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检测出该退化现象。应规定在绝缘体上施加极性电压,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的,并已通过现场失效的调查得到证实。本试验能可靠地指出哪些元件不能在热带条件下使用。

2 设备

耐湿试验的设备包括能满足图 1 所示的循环和公差要求的温-湿度箱,以及能按 3.6 和第 4 章的规定进行测量的电测试仪器。

3 程序

3.1 通则

应按照 3.3~3.8 的规定及图 1 的要求对样品进行试验。样品的安装方式应使他们暴露在试验环境中。

3.2 预处理

除另有规定外,在安装样品进行耐湿试验之前,器件引线应承受弯曲应力,其条件应符合方法 2036.1 的试验条件 E 的规定。如果在另一个试验中样品已经进行了所要求的预处理,则不必重复引线弯曲。

3.3 初始测量

在第一次循环的第一步之前,应在室温环境或规定的条件进行规定的初始测量,当有规定时,初始测量前器件应在干燥箱内进行预处理(见图 1),从干燥箱取出后的 8h 内完成初始测量。

3.4 循环次数

样品应进行 10 次连续循环,每次都按图 1 进行。在完成规定的循环次数之前(不包括最后一次循环),如发生不多于 1 次的意外中断试验(如停电或设备故障)的事件,可重复这次循环,试验继续进行。若在最后一次循环期间出现意外的试验中断,除要求重做该循环外,还要求再进行一次无中断的循环。任何中断超过 24h,都要求从头至尾重复试验。

3.5 第 7 步子循环

在 10 次循环中,至少有 5 次循环期间要进行低温子循环。在第七步开始后至少 1h,但不超过 4h,应将样品移出温-湿度箱,或降低试验箱温度,以便进行子循环。在子循环期间,样品应在 -10^{+2}_{-5} °C 和不控制湿度的条件下,按图 1 要求,至少保持 3h。若不使用另一个低温箱,应注意保证样品在整个周期内始终保持在 -10^{+2}_{-5} °C。在子循环之后,样品应恢复到 25°C,相对湿度(RH)至少为 80%,并一直保持到下一个循环的开始。

3.6 施加电压

在按图 1 规定进行耐湿试验期间,当有规定时(见第 4 章),样品应按规定施加偏置电压。为了增强试验效果,选用的偏置条件应利用尽可能多的引出端,使芯片的金属化线条之间或外引出端之间的电位

差达到最大,使功耗减小到最小。

3.7 条件(见图1)

虽然没有规定箱内的温度变化率,但是,在试验箱内温度变化过程中,样品不应受到箱内加热体的直接热辐照。除另有规定外,箱内空气每分钟循环量至少应等于箱体容积的5倍。紧靠样品的各点和箱内表面上的稳态温度容差为所规定温度的 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。对质量不大于11.4kg的样品,在试验箱之间的转移时间应少于2min。若使用一箱法,则应在15min内达到 -10°C 。

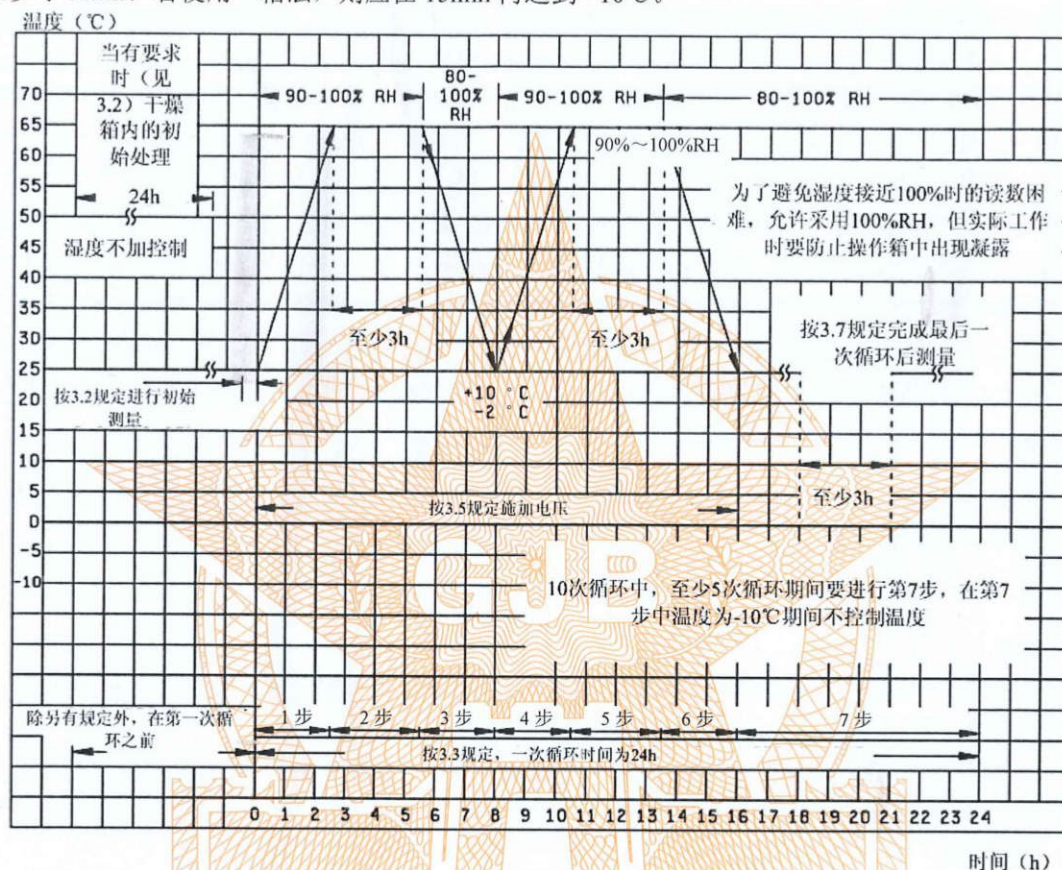


图1 耐湿试验图示

3.8 最终测量

在最后一次循环的第6步之后(如果在第10次循环期间完成3.3的子循环,则在第7步之后),器件应在室温环境条件下放置24h,然后按方法1016进行绝缘电阻测试,或在 25°C 下进行规定的终点电测试。电测量可以在24h放置期间内进行。但是,测试的失效结果应该计入失效数,禁止为得到可接受的结果而在24h之后对失效器件进行任何的重新测试。在24h放置期间不得进行其他试验(如密封性检查)。绝缘电阻测试或 25°C 下终点电测试应在器件移出试验箱后48h内完成。进行绝缘电阻测试时,测得的电阻值不得小于 $10\text{M}\Omega$,应记录测试结果,并作为终点数据的一部分提交。如果把封装外壳设计成与芯片衬底电连接,则不必进行绝缘电阻测试,而应在器件移出试验箱48h内完成规定的 25°C 终点电测试。此外,还应进行目检和任何其他规定的终点电参数测量(见第4章c))。

3.9 失效判据

器件出现下述情况应视为失效:

- 所规定的标志全部或部分脱落、褪色、脏污、模糊、改变或移位等达到不可辨认的程度。该检查应在正常室内照明和放大1倍~3倍下进行。
- 当放大10倍~20倍观察时,任何封装零件(如封盖、引线或盖帽)的涂敷或底金属被腐蚀的面

积超过 5%，或封装零件被腐蚀透；镀涂应包括封装和从弯月面到引线末端（不包括被剪掉的末端）的所有暴露部分，以及所有其他被暴露的金属表面。

- c) 引线脱落、折断或局部分离。
- d) 因腐蚀而导致引线之间或引线 with 金属外壳之间搭接在一起。
- e) 终点电测试或绝缘电阻测试不合格。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 如果不在室温环境下进行初始测量（见 3.3），应规定初始测量的条件。
- b) 适用时（见 3.6），应规定施加电压和偏置条件。偏置条件应按下列导则进行选取：
 - 1) 只要求一个电源电压端（V）（正负均可）和一个接地端（GND）或公共端，电源电压的最大值应不超过规定的绝对最大额定值，并使试验条件最佳化。
 - 2) 除另有规定外，其他电压端和接地端均应接地。
 - 3) 除另有规定外，全部数据输入端应与 V 连接。选择 V 的极性和数值，应使内部功耗和流向器件的电流最小。除另有规定外，所有扩展输入端应与接地端（GND）连接。
 - 4) 所有其他引线，如时钟端、置位端、复位端、输出端等应分别与 V 或 GND 连接，以使电流最小。
 - 5) 没有内部连接的引线应连接到 V 或 GND 上，并使其极性与相邻的引线极性相反。
- c) 最终测量（见 3.8）：最终测量应包括终点电参数测试规定的全部电特性和参数。
- d) 若不是 10 次循环（见 3.4），应规定循环次数。
- e) 必要时（见 3.2），初始测量前应在干燥箱中进行预处理。

方法 1027 稳态工作寿命

1 目的

本试验的目的是确定器件能够在规定的工作条件下能否承受规定时间的工作。

2 程序

除另有规定外, 器件应在规定的温度下承受稳态工作试验至少 340h, 器件应在规定条件下工作。

除另有规定外, 用引线安装的器件应该把引线安装在夹具上, 安装点离本体或引线根部(如果引线根部凸出本体)至少 10mm。除另有规定外, 表面安装器件仅在它们的引出端处安装和连接。除非规定自由空气寿命试验, 管壳安装类器件(如螺栓、法兰、圆盘)应采用它们的常规外壳表面安装, 连接点维持的温度不应低于规定的温度。

除另有规定外, 在试验结束后, 试验样品应从规定试验条件下移走, 并使其达到标准的试验条件。在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, 在完成试验后的测量前, 器件至少应追加 24h 相同条件的试验。

3 说明

有关的文件应规定以下内容:

- 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(V_R); 对电压调整和电压基准管为直流功率/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)(见第 2 章);
- b) 试验温度, 如果不是室温;
- c) 试验时间, 如不是 340h;
- d) 试验安装, 如不是规定的安装(见第 2 章);
- e) 终点测量(见第 2 章)。

方法 1032 高温寿命(非工作)

1 目的

本试验的目的是为了确定器件在承受规定的高温条件下能否承受规定时间的贮存。

2 程序

2.1 试验

除另有规定外,使器件在规定的条件下(通常是最高温度)贮存至少 340h。样品从规定的条件下移出,并使其处于标准的试验条件。把样品从规定的条件下移出后的 96h 内,应完成鉴定和质量一致性检验所规定的终点测量。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。测试时,承制方可自行取得附加的数据。

2.2 外观检查

试验后在无放大的条件下检查,标志应清晰,镀涂层应无影响器件机械和电气应用的剥落、凹坑和锈蚀。

3 说明

有关的文件应规定以下内容:

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

方法 1033 反向漏电流稳定性

1 目的

本试验的目的是用来评估器件在反向偏压条件下漏电流的短时间稳定性。它既不是替代,也不是对高温反偏试验的重复。当器件上去除偏压后,本试验得到的失效机理不复存在。例如某些半导体设计,在器件中由于氢的存在易受不稳定的反向漏电流影响。可采用本方法确定某工艺对这类问题的敏感性或判断应对对策的有效性。

2 程序

2.1 条件 A

室温 25℃,在被试器件上施加至少 80%规定的 V_{CB} 、 V_{DS} 、 V_R (按要求)电压值。施加电压后,测量和记录漏电流。在被试器件上保持连续的偏压至少 1h。至少 1h 后再测试并记录器件的反向漏电流。若漏电流测试前和测试后之间施加的电压中断,应视该试验无效。反向漏电流测试期间也不能中断偏压。

2.2 条件 B

对 BI_{CEO} 模式,连续变化电压直到器件击穿。观察击穿漏电流曲线至少 10s 以判断稳定性。任何器件出现下列一种或多种情况,都认为是稳定:

- a) 损坏;
- b) 漏电流增加。

在约 10s 后,如没有出现上述的 2.2 a) 和 2.2 b) 的不稳定模式,则认为器件合格。该器件应接着进行漏电流测试。

连续增加电压,直到出现详细规范中规定的最大漏电流,观察漏电流的数值。按照详细规范中对 I_{CBO} 、 I_{CEO} 、 I_{CEX} 的定义,定义漏电流。

至少 30s 后,漏电流的最大容许变化量应符合详细规范中“老炼”项目的规定。

按照详细规范完成规定数量样品的漏电流和击穿试验后,如发现有任何器件失效,则该批所有器件都要进行试验。

3 失效判据

对试验条件 A,本试验的通过/失效判据如下:

- a) 对测得的 $I_r < 100 \text{ nA}$, ΔI_r 最大值为 100nA;
- b) 对测得的 $100 \text{ nA} < I_r < 1\mu\text{A}$, ΔI_r 最大值为 200nA;
- c) 对测得的 $I_r > 1\mu\text{A}$, ΔI_r 低于初始测量值的 50%。

4 说明

有关文件应规定试验条件(见第 2 章)。

方法 1037 间歇工作寿命

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能承受规定的循环次数。本方法加速器件的所有键合以及芯片与安装面之间承受设备反复通与断所产生的应力。因此,该方法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。本方法是使器件结在被加热或冷却时壳温显著地升高和降低,因此,使用大散热器是不适当的。当规定器件用引线安装时,则引线安装处至少应离本体或引线根部(如引线根部凸出本体)10mm。

3 程序

除另有规定外,所有试验样本应承受规定的循环次数。最初的预热循环后达到稳定后,一次循环应具有一个“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^{+15}_{-5} ℃的 Δ 管壳温度(Δ 为安装表面的高温减去低温)(对闸流晶体管为 60^{+15}_{-5} ℃)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)。

试验时施加的功率或电流至少应为器件在自由空气条件下的额定值。对于盘形器件,要实现其功能,则安装时必须使用热沉,这种情况下试验电流至少应为连续的、壳基准额定值的25%。

引线和轴向引线器件的“接通”时间至少应为30s。除另有规定外,对B2-01C、C2-01C和更大的器件“接通”时间至少应为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所需的附加数据。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。

本试验中不使用散热器,但是,用其他方法控制试验样品的壳温困难时,例如小封装型(如A3-02B),可使用小型散热器。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

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

方法 1038 老炼(二极管、整流管、电压调整和电压基准管)

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,这些器件的失效与时间和应力有关。如未经老炼,这些有缺陷的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以揭示与时间和应力有关的电气失效模式。

可按照下面的规定选择试验条件:

- a) 对器件钝化层中(或钝化层外)可移动或温度可激活杂质到的高温反偏(HTRB)试验。高温反偏试验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、电压调整管、基准管和瞬态电压抑制管。
- b) 规定适当的加速条件,可模拟器件实际工作状态的稳态工作功率试验。稳态工作功率试验对二极管、整流管、电压调整和电压基准管有效。

2 安装

2.1 试验条件 A, 高温反偏

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

稳态工作功率试验时器件的安装应符合下列要求:

- a) 引线从本体凸出的器件(如轴向),在至少距引线根部或本体 10mm 处将引线安装。
- b) 除另有规定外,设计为管壳安装(如螺栓、法兰和圆盘)的器件,应根据管壳设计规范通过螺栓或管壳安装。必须小心,以避免管壳受应力和变形。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) 表面安装型器件应采用它们的电引出端安装。

3 程序

3.1 通则

器件应采用本方法或详细规范中规定的温度和时间进行老炼,应按规定进行老炼前测量。失效判据应按详细规范规定。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。

3.2 试验条件 A, 高温反偏

除另有规定外,HTRB 是在高温下对阴极加正向偏置至少 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%~80%(见图 1)。当规定时,对雪崩、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 2 500V 的除外(见图 1)。反向偏置直流电压的纹波应小于 20%,但允许采用整流(脉动)直流的情况除外。环境或管壳试验温度应该按规定(对硅器件通常为 150℃)(见图 1)。
- b) 按规定,在高温试验时间的终点,环境温度应该降低。降温期间,在器件上必须保持试验电压,直至管壳温度达到 $30^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。在电压除去后的 24h 之内应完成测试。在偏置电压除去后,进行高温反偏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 后的测量。单向瞬变电压抑制管进行高温反偏时,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的电压调整和电压基准管(规定时),每种极性方向应依次进行高温反偏和试验后测量。在使器件反向,并开始相反极性方向偏压的高温反偏之前,必须完成前一个极性方向的高温反偏后的测试。可以用电的也可以用机械的方法使器件反向,以进行第二个极性方向试验。

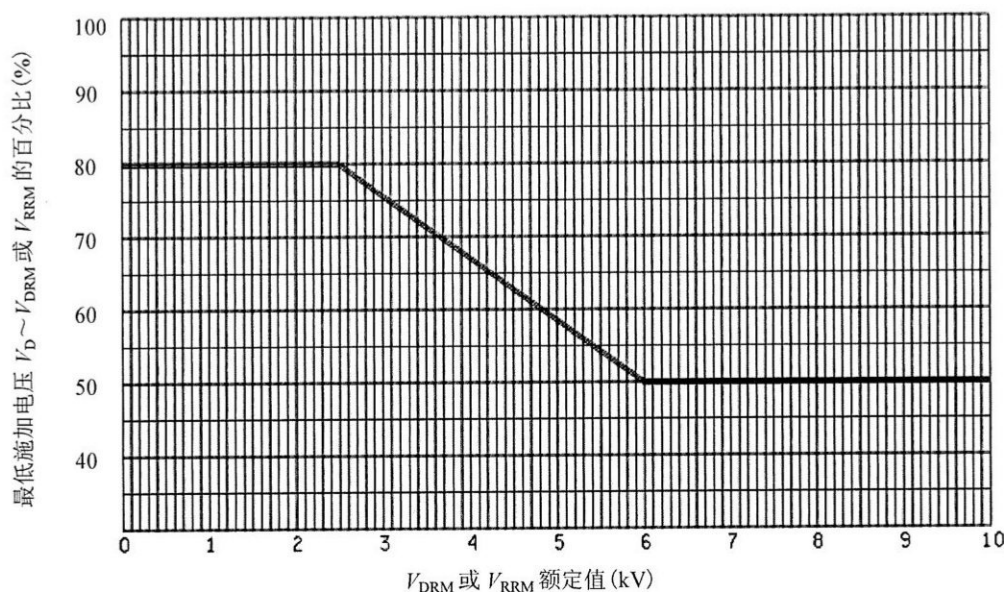


图1 电压要求

3.3 试验条件 B, 稳态工作功率

除另有规定外,器件应承受最大额定试验条件至少 96h。试验温度应按规定。除另有规定外,老炼后测试应在 96h 内完成。如果已规定环境温度,应符合本标准正文 4.5 的高温反偏或老炼的一般要求。下面给出三种功率老炼试验中每种试验应规定的试验条件:

- 整流试验: 除另有规定外,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(壳温、结温或环境温度)。
- 正向偏置试验: 除另有规定外,详细规范中应规定正向电流和温度(壳温或结温)。
- 电压调整和电压基准管试验: 除另有规定外,详细规范中应规定电压调整二极管电流和温度(壳温或结温)。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,应在偏置条件下使器件冷却到室温。当结温或壳温稳定到低于 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,不应把其他电压加到器件上。

4 说明

4.1 通则

有关文件应规定试验条件字母以及下列相关内容。

4.2 试验条件 A, 高温反偏

有关文件中应规定下列内容:

- 试验温度(见 3.2);
- 试验条件(见 2.1 和 3.2);
- 试验时间(见 3.2);
- 老炼前和老炼后测试(见第 3 章和 3.2);
- 老炼后测试的完成时间,如不是 24h(见 3.2);

f) 失效判据(见第3章)。

4.3 试验条件 B, 稳态工作功率

有关文件中应规定下列内容:

- a) 试验温度(见 3.3);
- b) 试验条件(见 2.2 和 3.3);
- c) 老炼时间, 如不是 96h;
- d) 老炼前和老炼后测试(见第3章和 3.3);
- e) 老炼后测试的完成时间, 如不是 96h(见 3.3);
- f) 失效判据(见第3章)。



方法 1039 老炼(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。这些器件的失效与时间和应力有关。如未经老炼,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 安装

引线从本体引出的器件应当至少在距基座平面 6.5mm 处安装它们的引线。除另有规定外,具有螺栓和外壳安装的器件应该用螺栓或外壳安装。

3 程序

3.1 通则

器件应按本试验方法中规定的温度和时间承受老炼。适用时,应进行老炼前测量,失效判据应符合规定。

3.2 试验条件 A, 稳态反向偏置

按规定,晶体管主阻断结应进行至少应 48h 的反向偏置,对 PNP 双极型晶体管应为 24h。环境温度应按规定(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。

本方法中,在高温试验的终点应降低环境温度,在器件上应维持试验电压直至 $T_c = 30^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。在达到室内环境温度后,应去掉偏置电压。偏压取消后,直到老炼后的反向电流测量前,不得再加其他电压。除另有规定外,老炼电压去除后,应在 24h 内完成老炼后测量。如果不能在规定的时间内完成测量,那么器件在进行老炼后的测量前,至少应追加 24h 相同条件的老炼试验。

3.3 试验条件 B, 稳态功率

所有器件(不包括微波器件)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 160h。

- a) 对双极型晶体管,应规定温度和功率。除另有规定外,温度和功率应按下述规定:
用于印制电路板安装的小信号、开关和中功率器件, T_A 为 4.5 中规定的室温;对底座或散热器安装的器件, $T_j = T_{j\max} +_{-25}^{+0}^\circ\text{C}$ 。对底座或散热器安装的器件,承制方可以选择将壳温控制在最大额定值下(一般 $T_c = 100^\circ\text{C}$)进行老炼。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,温度、电压和电流应按详细规范中的规定。
- b) 对单结和场效应晶体管(信号和小功率),温度、电压和电流应按规定。
- c) 老炼后测量应按规定。
- d) 除另有规定外,老炼后测量应在 96h 内完成。如果不能在规定的时间内完成测量,那么器件在进行试验后测量前,器件至少应追加 24h 相同条件的老炼试验。

4 说明

4.1 通则

有关的文件应规定试验条件字母及以下相关内容。

4.2 试验条件 A

有关的文件应规定以下内容:

- a) 反向偏置的结(见 3.2);
- b) 场效应晶体管的栅-源电压(见 3.2);
- c) 试验温度(见 3.2);
- d) 场效应晶体管的试验时间(见 3.2);
- e) 老炼后反向电流测量的电压(见 3.2);
- f) 老炼后测量的完成时间,如不是 24h(见 3.2);
- g) 失效判据(见第 3 章)。

4.3 试验条件 B

有关的文件应规定以下内容:

- a) 试验温度,如不同于 3.3 的规定;
- b) 试验条件(见 3.3);
- c) 双极型晶体管的功率(见第 3.3);
- d) 单结和场效应晶体管的电压和电流(见 3.3);
- e) 老炼前和老炼后测试(见 3.3);
- f) 老炼后测试的完成时间,如不同于 3.3 的规定;
- g) 失效判据(见第 3 章)。



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或缺陷的器件,器件在规定的筛选条件下老炼,以便暴露与时间和应力有关的电失效模式。如果不进行老炼,这些器件在正常使用条件下会出现早期失效。

2 程序

2.1 通则

如果引线焊管从本体引出,以引线安装的器件至少应距本体或引线焊管 10mm 处安装引线。除另有规定外,螺栓和外壳安装的器件应分别采用螺栓或外壳安装。然后,器件应在规定的温度下按规定的时间承受老炼筛选。应规定老炼前后的测量。

2.2 试验条件 A(交流阻断电压)

采用图 1 的电路,以 50Hz 半正弦波脉冲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,保持试验电压条件,降低环境温度,直到 $T_C=30^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。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再施加电压。偏压消除以后应在规定的时间内完成试验后的终点测量。由熔断器熔断表明已从关断状态转换到接通状态的器件应从该批中剔除。

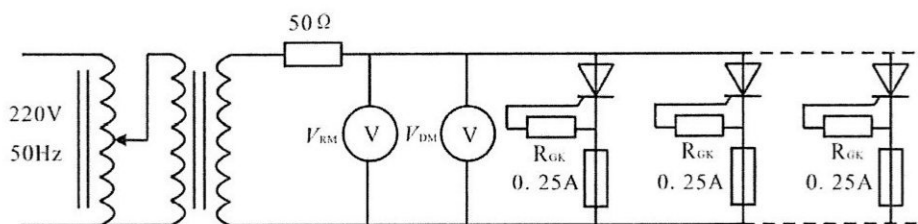


图 1 交流阻断电压电路

2.3 试验条件 B(直流正向阻断电压)

应按图 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,器件应在保持试验电压的条件下,降低环境温度,直至达到 $T_C=30^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 为止。偏压切除后到试验后测量前,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再施加任何电压。偏压消除以后应在规定的时间内完成试验后的终点测量。由熔断器熔断表明已从关断状态转换到接通状态的器件应从该批中剔除。

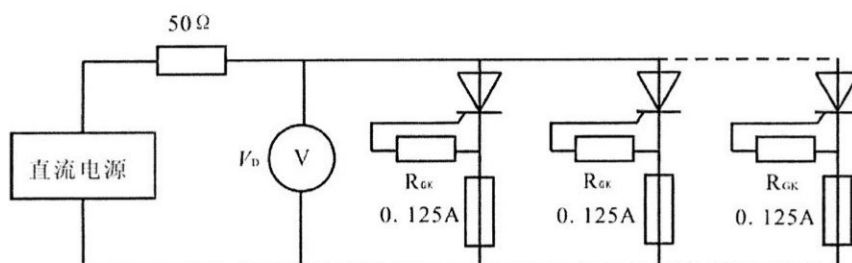


图 2 直流正向阻断电压电路

2.4 测试

老炼前应获取初始数据。96h 内应获取试验后数据。

3 说明

有关的文件应规定试验条件字母及以下内容:

a) 试验条件 A

- 1) 峰值正向和反向阻断电压(见 2.2);
- 2) 试验温度(见 2.2);
- 3) 老炼的持续时间(见 2.2);
- 4) R_{GK} (见图 1);
- 5) 老炼前和老炼后测量(见 2.4)。

b) 试验条件 B

有关的文件应规定以下内容:

- 1) 直流正向阻断电压(见 2.3);
- 2) 试验温度(见 2.3);
- 3) 老炼持续时间(见 2.3);
- 4) R_{GK} (见图 2);
- 5) 老炼前和老炼后测量(见 2.4)。



方法 1041 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) 给试验箱加热的设备和控制器；
- 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。除另有规定外，温度为 $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的盐雾流在 24h 内要流经试验箱。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

除另有规定外，在试验结束时，为了帮助检查，应按下述方式对器件进行处理，即在温度不高于 37°C 的流动水中平缓地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、镀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。镀层或引线涂覆褪色不应判为失效。标志清晰度要求不适用于高度小于 0.8mm 的字母。

5 说明

有关的文件应规定以下内容：

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

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。试验条件 D 是为了剔除有制造缺陷的勉强合格批。对于绝缘栅双极晶体管 (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

2.1 通则

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。

2.2 试验条件 A, 稳态反向偏置

2.2.1 正常试验程序

所有器件应在规定的试验条件和规定的试验温度下, 在漏-源电压的最大额定值的 80% 下工作至少 160h (电路图见图 1)。栅-源短路下的漏-源电压应该按规定。在高温试验时间终点, 应降低环境温度。降温时应保持老炼电压直至壳温降到 $30^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。进行寿命试验时, 把器件从试验箱移至冷却处, 不超过 1min 中断偏置不应认为是去除了偏置。

在去除老炼电压后, 在进行老炼后反向电流测量之前, 器件上不应施加其他电压。除另有规定外, 在老炼电压去除后, 老炼后的测量应在 96h 内完成。除另有规定外, 老炼温度应为 $T_A=150^{\circ}\text{C}$ 。老炼电压 V_{DS} 应符合表 1 规定。对 IGBT 器件, 老炼温度应为 $T_j=150_{-15}^{+10}^{\circ}\text{C}$, 试验时间至少应为 96h。

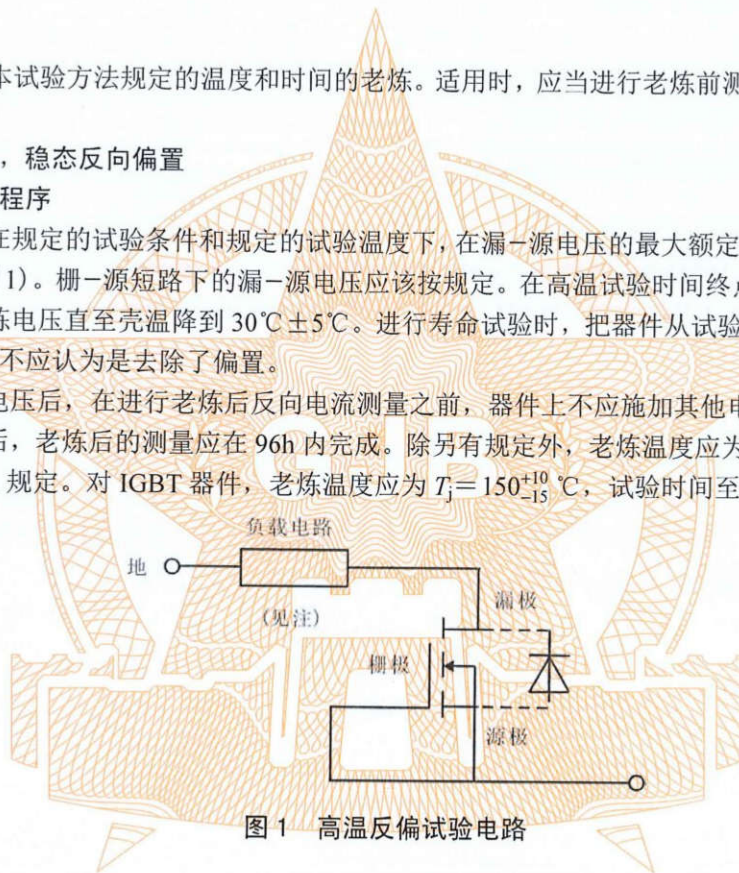


表 1 稳态反向偏置试验电压^a 单位为伏特

$V_{\text{BR/DSS}}$	V_{DS}	$V_{\text{BR/DSS}}$	V_{DS}	$V_{\text{BR/DSS}}$	V_{DS}
20	16	100	80	350	280
30	24	120	96	400	320
40	32	150	120	450	360
60	48	170	136	500	400
80	64	200	160	600	480
90	72	240	192	—	—

^a 当最大额定值 $V_{\text{BR/DSS}}$ 在上述两电压之间时, 老炼电压 V_{DS} 应取其对应的低值。

老炼电路应符合以下要求: 选择或设计负载电路以保证每个合格器件负载电路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) 把不合格器件与其他受试器件相隔离;
 - c) 保证在受试器件两端至少加规定试验电压的 98%。
- 如果电路在失效器件上不保持偏置电压, 那么必须提供识别此器件的方法。

2.2.2 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℃, 时间至少为 48h。建议将适量的样品暴露到高温下, 测量器件的电压和电流, 以保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 1 000h 稳态反偏, 以保证器件未受到有害的影响。加速试验的细节应在详细规范和/或通用规范中规定。

2.3 试验条件 B, 稳态栅偏置

所有器件应在规定温度和最大额定栅-源电压的 80%下, 至少工作 48h。试验电压应符合表 2 的规定。对功率 MOSFET, 温度和电压应按规定。除另有规定外, 温度 T_A 应为 150℃。

稳态栅偏置的电路图见图 2。

表 2 稳态栅偏置试验电压 单位为伏特

最大额定 V_{GS}	老炼电压 V_{GS}^a	最大额定 V_{GS}	老炼电压 V_{GS}
10	8	30	24
15	12	40	32
20	16	—	—

^a 当最大额定值 V_{GS} 在上述两电压之间时, 老炼电压 V_{GS} 取其对应的低值。

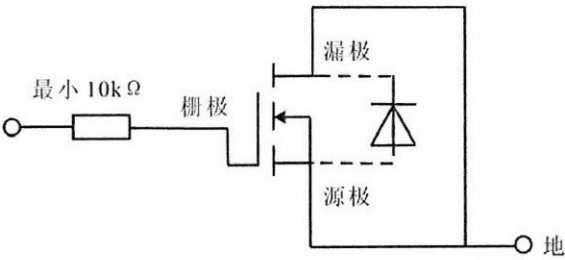


图 2 高温栅偏压电路

2.4 试验条件 C, 稳态功率

应保持环境温度 25^{+10}_{-5} ℃, 对器件施加功率, 使器件在 $T_j = T_{jmax}^{+0}_{-24}$ ℃下工作, 所加功率不应超过安全工作曲线所示的功率。应通过利用体内二极管压降的变化测量结温的方法验证结温, 或利用公式(1)或公式(2)计算结温:

$T_j = R_{th(j-a)} \times P_D + T_A \dots\dots\dots (1)$

$T_j = R_{th(j-c)} \times P_D + T_C \dots\dots\dots (2)$

式中:
 T_C ——壳温;
 T_A ——环境温度。
耗散功率 (P_D) 利用公式(3) 计算得出:

$P_D = V_{DS} \times I_D \dots\dots\dots (3)$

式中:
 V_{DS} ——漏-源电压;
 I_D ——漏-源电流。

2.5 试验条件 D, 间歇功率

所有器件应承受规定的循环数。一次循环应包括对器件加功率一段时间, 使结温至少上升到 100_{-10}^{+15} °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, 管壳温度不得低于结温 15°C。试验时, 应通过测量体内二极管电压降变化的方法验证结温温升是否达到要求, 或利用公式(4)计算结温温升是否达到要求:

$$\Delta T_j = P_D \times R_{th(j-a)} (1 - \exp(-t/T_p)) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

T_p ——器件管壳和所有热沉的热时间常数;

t ——加热时间;

$R_{th(j-a)}$ ——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。

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, 不适宜使用大散热器或大功率短脉冲。本试验条件是破坏性的。

3 说明

3.1 通则

有关的文件应规定试验条件字母及以下相关内容。

3.2 试验条件 A

有关的文件应规定以下内容:

- 功率 MOSFET 的漏-源电压 (V_{DS}) (见 2.2);
- 试验温度, 如不是 2.2 的规定;
- 试验时间, 如不是 2.2 的规定;
- 老炼试验后反向电流的测量电压 (见 2.2);
- 失效判据。

3.3 试验条件 B

有关的文件应规定以下内容:

- 试验温度, 如不是 2.3 的规定;
- 试验条件 (见 2.3);
- 功率 MOSFET 的电压 (见 2.3);
- 老炼前和老炼后的测量;
- 失效判据。

3.4 试验条件 C

有关的文件应规定以下内容:

- 环境温度和热阻 (见 2.4);
- 电压和电流, 如不是 2.4 的规定;
- 老炼前和老炼后测量;
- 总试验时间 (见 2.4);
- 失效判据。

3.5 试验条件 D

有关的文件应规定以下内容:

- 环境温度 (如希望有) 和热阻 (见 2.5);
- 电压和电流, 如不是 2.5 的规定;
- 试验前和试验后测量;

- d) 循环数(见 2.5);
- e) 失效判据;
- f) 最短加热时间。

方法 1046 盐雾(腐蚀)

1 目的

本试验是采用实验室条件进行加速腐蚀试验以模拟海边盐雾环境对器件的影响。本试验也用于通过检查腐蚀物来检测污染其他金属表面的自由铁离子的存在。

2 设备

2.1 通则

用作盐雾试验的设备有:

- a) 具有放样品支架的试验箱;
- b) 能监视适当溶液面的盐溶液槽;
- c) 使盐液雾化的手段, 包括合适的喷嘴和压缩空气;
- d) 试验箱的加热和控制装置;
- e) 在高于试验箱温度的某温度下, 使空气潮湿的手段。

2.2 试验箱

试验箱和附件均应采用不影响盐雾腐蚀性的材料(如玻璃、硬橡胶或塑料)制造, 不宜采用木头、胶合板之类的材料, 因为它们含有树脂。含有甲醛和苯酚的材料也不能使用。此外, 凡和试样接触的部分, 其材料都不能引起电解腐蚀。试验箱和附件应采取这样的结构和布局: 试样不会受到盐雾直接喷射或滴落冷凝物, 以使盐雾围绕所有样品以同样程序自由循环, 且使经过试样的液体不会回到盐液槽中。试验箱有合适的通风孔, 以防止产生“高压”, 并能保持盐雾的均匀分布。通风孔的出气端应有保护装置, 避免强风在箱内产生强烈气流。

2.3 喷雾器

设计的喷雾器应能产生分散良好、潮湿、细密的盐雾, 喷嘴应采用和盐溶液不起反应的材料制作。

2.4 压缩空气

进入喷雾器的压缩空气应无油和灰尘等杂质。压缩空气的湿度和温度应和试验条件相适合。压缩空气应能使喷雾器产生分散良好、细密的盐雾。从喷嘴出来的压缩空气, 其相对湿度应为 95%~98%, 以避免喷雾器被盐沉淀物堵塞。一个妥当的作法是使空气以细小气泡的形式通过热水塔。热水的温度应为 35℃或更高。随着空气体积的增加、试验箱隔热性能的下降和周围温度的下降而允许增加热水的温度。不允许温度过高使进入试验箱的水气过多(例如 8.3×10^4 Pa 空气气压下 43℃), 或无法满足工作温度的要求。

2.5 盐溶液

盐溶液的浓度应为 5%(重量百分比), 所用的盐应为氯化钠, 其碘化钠的质量百分比不超过 0.1%, 且总杂质的质量百分比不超过 0.5%。5%的溶液配置应按重量以 (5±1) 份盐溶于 95 份蒸馏水或其他水中。配溶液用的蒸馏水或其他水中含有的固体物质不应超过 200 ppm。应采用类似图 1 的设备过滤溶液中的固体物质。将准备好的溶液放入如图 2 的盐液槽内。按图 3 的曲线调整和维持适当的比重。应在 33.9℃~36.1℃间调节 pH 值为 6.5~7.2 之间。调节 pH 值只能采用化学纯盐酸或氢氧化钠的稀溶液。pH 值测量应采用具有饱和钾氯桥玻璃电极的电位计或采用如溴酚蓝的比色法(若能提供与电位计方法相同的结果)。

2.6 过滤器

采用耐腐蚀材料制作的过滤器类似于图 1 所示, 应按图 2 方式沉浸于盐液槽内。

2.7 样品的预处理

至少对试验样品的重要表面进行处理,在暴露前要做好准备。若无其他规定,无金属涂覆或金属涂覆的样品应彻底清除表面上的灰尘与油污等,直至表面不挂水珠。清除时不应使用腐蚀溶液,也不应使用在表面形成减少腐蚀性的或保护性的薄膜,也不应采用除了纯氧化镁胶之外研磨剂。有机涂层的样品不应使用溶剂清洗。除另有规定外,与样品架接触的部分及不需要涂覆的切面和表面,皆应涂上腊层或其他类似防潮物质加以保护。

3 程序

3.1 通则

应采用下面的规定:试验结束后,检验器件前,应将器件在 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下干燥 24h。器件标志模糊、镀涂层剥落、凹坑(无放大镜检查)或腐蚀等影响器件使用的现象均认为是失效。

3.2 样品放置

若无其他规定,扁平封装的试验样品(若可行时包括其他样品)的主要表面应与垂直方向成 15° ,平行于通过试验箱的盐雾水平流的主方向。其他样品的放置应保证均匀暴露。试样不能采用箱底和箱壁来支持。如试样吊在顶部,必须采用玻璃或塑料钩或上腊的弹簧。如采用塑料钩,制造材料应不和盐反应,如合成树脂。不允许采用金属钩。试验样品的放置应避免互相接触,也不得互相遮蔽盐雾的作用。试验样品上的腐蚀物和冷凝液不得滴落在其他试验样品上。

3.3 工作条件

3.3.1 温度

试验的暴露区域温度应保持在 $35^{+1.1}_{-1.7}^{\circ}\text{C}$ 。控制准确温度的方法是应将设备放在一适当控温的恒温室内,隔离设备,并在雾化前,将空气预热到要求的温度。给设备装护套并控制所用的水或空气的温度。不允许采用放入加热器的方法保持箱内的温度。

3.3.2 雾化

暴露区域的任何位置要保持达到下述试验条件,即放在工作空间内任一点上合适收集器上,水平收集面积为 80cm^2 (直径为 10cm)的区域,每小时收集到 $0.5\text{mL} \sim 3.0\text{mL}$ 的溶液(16h 以上的平均值)。在 $33.9^{\circ}\text{C} \sim 36.1^{\circ}\text{C}$ 进行测量,按图 3 求出所收集的 5% 溶液应含有氯化钠 $4\% \sim 6\%$ (比重)。至少要使用两个清洁的收集器,一个放在喷嘴的附近,另一个则尽量远离喷嘴。收集器应避免受到试验样品的遮蔽,也不会收集到从样品或其他来源的冷凝液滴。应检查每次盐雾试验后收集的溶液的数量和比重。在体积小于 0.340m^3 箱内合适的雾化条件如下:

- a) 喷嘴压强为 $82.68\text{kPa} \sim 89.57\text{kPa}$;
- b) 孔的直径为 $0.508\text{mm} \sim 0.762\text{mm}$;
- c) 每 24h 每 0.28m^3 箱体大约雾化盐液 2.838L 。

当采用体积超过 0.340m^3 的大箱体时,可以修改上述条件以满足工作条件的要求。

3.4 试验时间

试验时间在下列条件中选取:

- a) 试验条件 A: 96h;
- b) 试验条件 B: 48h。

除另有规定外,试验应按规定时间连续进行,不得中断(或直至观察到明确的失效为止),但对装置进行调整或对试验样品进行检查除外。

4 测量

在试验结束后,应按有关规定进行测量。为方便检查应按下述方式准备被测量的样品:除另有规定

外,可用自来水轻轻洗去试验样品表面沉积的盐;也可以用软毛刷或软塑料刷子轻轻刷洗。洗涤水温度不应超过 37.8℃。

5 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 试验样品的安装和要求,如适用(见 3.2);
- b) 试验条件字母(见 3.4);
- c) 试验后测量(见第 4 章)。

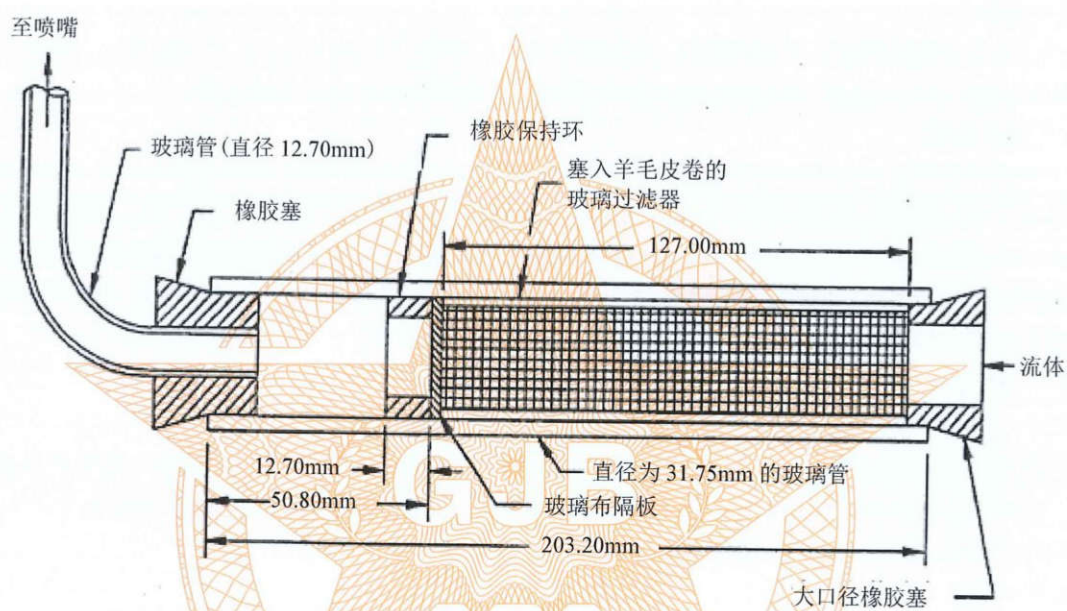


图 1 盐溶液过滤器

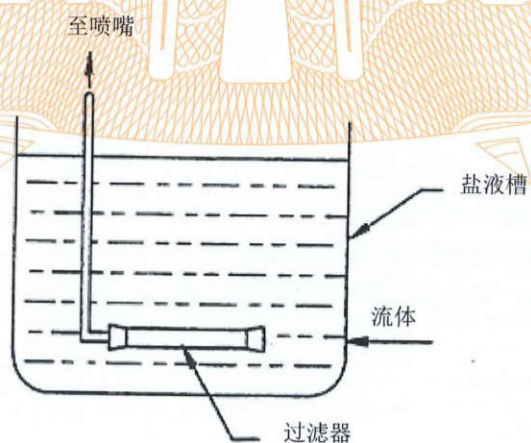


图 2 盐溶液过滤器的放置

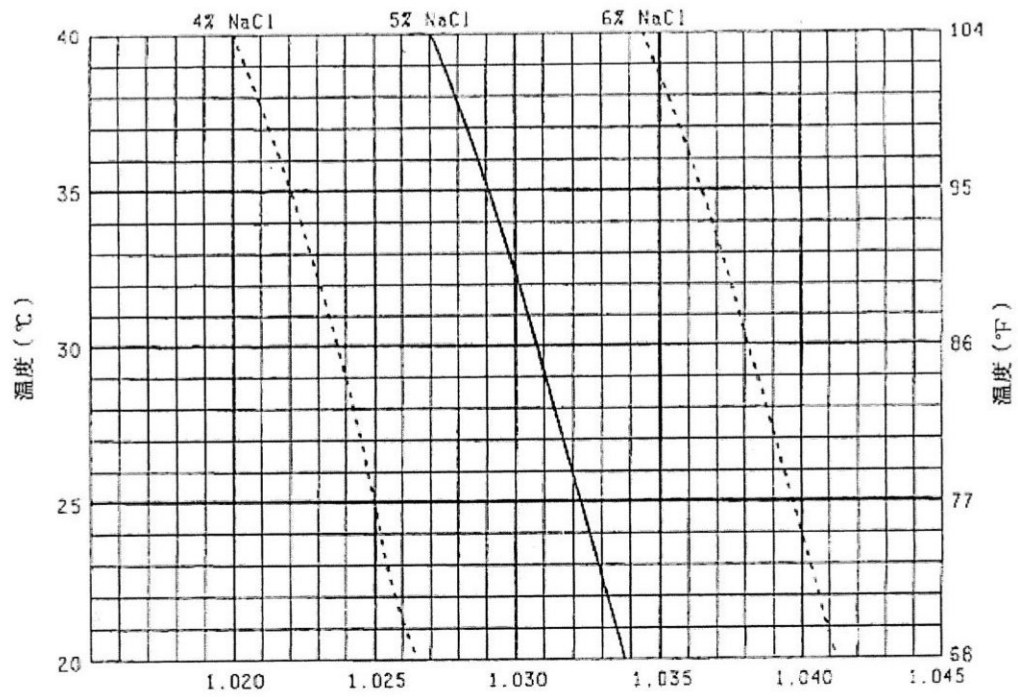


图3 盐(NaCl)溶液比重随温度的变化

方法 1049 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能承受规定的阻断时间。

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

除另有规定外,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°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 $30^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。在此环境温度建立后,应保持偏置电压直至完成测试。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,器件上不应施加其他电压。应按规定进行试验后测量。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

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

方法 1051 温度循环(空气—空气)

1 目的

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器件所受到的影响。

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 3.2)。在试验期间内,应采用指示器或记录器读出监测传感器的读数来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

3.1 通则

样品放置位置应基本不阻碍气流流过并且环绕样品四周。样品需要特殊安装时,应给予规定。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。一次循环包括步骤 1 和步骤 2(见表 1)或适用的试验条件。完成所规定的总循环次数的前提下,器件批放入试验箱或从箱中取出,或在电源或设备故障时,试验可以中断。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次数的 10%,则每中断一次,必须增加一次循环。

3.2 时限

器件在极限温度下的保持时间见表 2。从高温到低温或从低温到高温的总转移时间不应超过 1min。器件在极限温度下放置至少 1min 才能转移,试验箱从一个极限温度到另一个极限温度的转换时间不应超过 15min。根据尺寸的大小,受试器件试验的温度变化速率为 $15^{\circ}\text{C}/\text{min}\sim 50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

表 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 低温	≥ 10	55^{+0}_{-10}	55^{+0}_{-10}	55^{+0}_{-10}	65^{+0}_{-10}	65^{+0}_{-10}	65^{+0}_{-10}	55^{+0}_{-10}
2 高温	≥ 10	85^{+10}_{-0}	125^{+15}_{-0}	175^{+15}_{-0}	200^{+15}_{-0}	300^{+15}_{-0}	150^{+15}_{-0}	150^{+15}_{-0}
步骤 1 和步骤 2 可互换。在恢复时间内,器件温度可以超过“+”或“0”公差。但不得超过其他公差。								

表 2 极限温度下的保持时间

被试样品和试验中固定这些样品的夹具的总重量(m) kg	极限温度下最少试验时间 h
$m < 0.028$	0.25 (或按规定)
$0.028 \leq m < 0.136$	0.5
$0.136 \leq m < 1.36$	1
$1.36 \leq m < 13.6$	2
$13.6 \leq m < 136$	4

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 特殊的安装,如适用(见第3章);
- b) 试验条件字母,如不是试验条件C(见第3章);
- c) 试验循环次数,如不是20次循环(见第3章);
- d) 终点测量和检查,例如:终点电测量、密封试验(见方法1071)或其他接收判据。



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对间歇开路失效的敏感性,这种失效在热循环时,在类似于印刷电路板环境中发生。灌注增大了对器件的拉伸和压缩等破坏作用,便于早期检测器件设计的薄弱之处。

2 设备

本试验设备应符合下列要求:

- a) 容积至少为 50cm^3 , 刚性壁厚至少为 3.2mm 的容器;
- b) 一公共总线, 将受试器件的公共负极或公共正极组合焊到此总线排上(见图 1);
- c) 热循环箱;
- d) 热板: 能保持在 70°C ;
- e) 图示仪;
- f) 灌注介质。

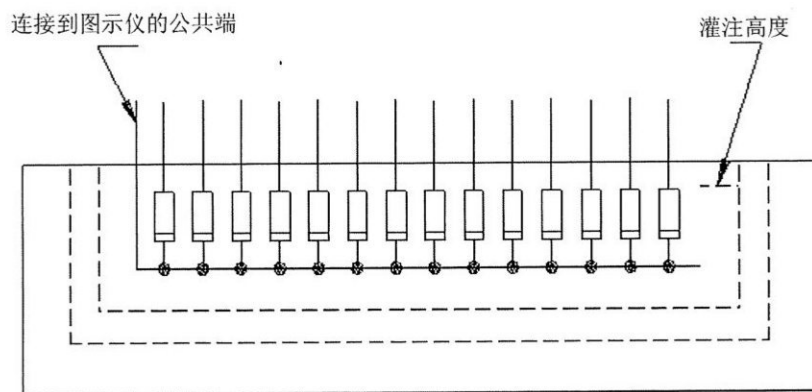


图 1 灌注的二极管

3 程序

应按下列程序进行试验:

- a) 把已公共连接组合的器件放入一容器内, 应保证器件离容器室壁的间隙至少为 3.2mm 。
- b) 把灌注材料注入容器内, 按承制方推荐的方法固化。
- c) 把固化的组件放在热板上, 并使组件达到 70°C 的热平衡。除另有规定外, 在 100mA 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。
- d) 使组件在室温下冷却, 再放入到热冲击箱中, 根据方法 1051 完成 20 次冲击。移出器件冷却到室温。
- e) 重复第 3 章 c) 并记录失效。

4 说明

有关的文件应规定失效判据(见第 3 章)。

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和内部结构单元尺寸快速变化影响的能力,这些应力是在温度快速变化的环境中,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文连接。
- 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 ms 的开路。

3 程序

3.1 通则

试验应按下列程序进行:

- 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℃ 下的保持时间不要求。试验条件 C 应是 175^{+5}_{-0} ℃,在极限温度下至少应稳定 10min。
- b) 应完成电测量,以保证继续进行本试验监测热循环部分时,所有器件保持在规范中的条件内。
- c) 除另有规定外,温度极限值应按规定。
- d) 温度和操作剖面应按图 1 的要求。温度变化速率的平均值不应小于 5K/min,但也不应大于 10K/min。
- e) 器件在试验箱内应单独或串联连接放置。器件应与恒流源相连接,在每次循环的高温阶段,恒流源对器件提供电流,使结温至少升到 125℃,最高升到 150℃。

3.2 电气监测

将监测电压表的引线与器件和串联电阻的引出端相连接(见图 2)。施加电流使每个结温升高 50K 左右。所选 R 值应使电路断开时监测电压 V_M 增加 $(10 \pm 3)\%$ 。打开开关 S1、确认 V_M 增加,以证实电路在工作。关断电源。

3.3 监测电压增加

按图 1,闭合开关 S1,完成六次循环,同时监测电压是否超过最高值(低温值)。

3.4 失效

如分析发现失效与试验电路有关,则在前两次循环中出现失效可考虑为故障事件,不算为器件失效。后四个循环应无失效。

除另有规定外,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。

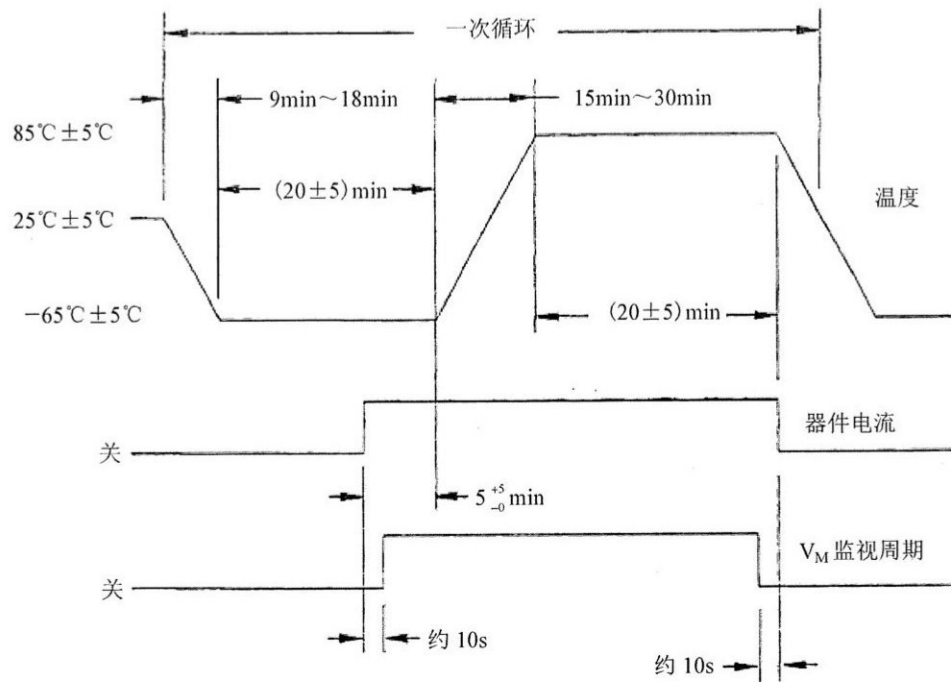


图 1 监测任务循环

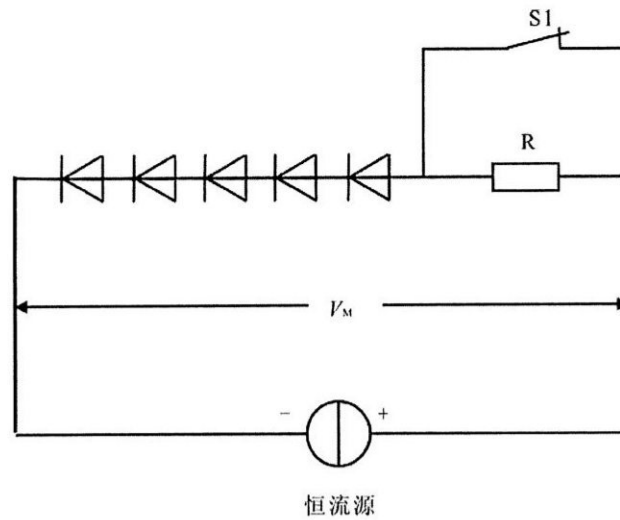


图 2 监测任务循环

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 需测量的电特性参数；
- b) 温度极限值；
- c) 失效判据(见第 3 章)。

方法 1056 热冲击(液体—液体)

1 目的

本试验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对器件的影响。

2 设备

所用容器在装有最大负载时,应能在工作区提供并控制规定的温度。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 3.2)。在试验期间,应采用指示器或记录器显示监测传感器的读数,来连续监视最坏情况负载温度。当需要确认容器性能时,应在最大负载和配置条件下验证最坏情况负载温度。条件 B 和 C 使用的全氟碳化合物应满足表 1 规定的物理性能要求。

表 1 全氟碳化合物液体的物理性能要求

步骤	试验条件		B	C
1	沸点 ℃		>125	>150
	25℃下密度	g/mL	>1.6	
	介电强度	V/μm	>12	
	残留物	μg/g	<50	
	外观		透明、无色液体	
2	25℃下密度	g/mL	>1.6	
	介电强度	V/μm	>12	
	残留物	μg/g	<50	
	外观		透明、无色液体	
采用的全氟碳化合物的粘度应小于或等于热冲击设备承制方推荐的最低温度下粘度。				

3 程序

3.1 通则

样品放在容器中的位置,应使液体在流过和围绕样品流动时不受到阻碍。负载应按照条件 B 或表 2 的其他规定(见第 4 章 b))承受 15 次循环。在完成规定试验总循环数的前提下,在器件批放入或取出,或由于电源或设备发生故障时,允许中断试验,然而,对于任何给定的试验,若中断的次数超过规定总循环数的 10%时,则试验必须重新开始。

3.2 时限

从高温到低温或从低温到高温的总转移时间不应超过 10s,当最坏情况负载温度达到表 2 规定的极限值内时,可转移负载。但负载应在 5min 内达到规定的温度,保持时间不应少于 2min。

表 2 热冲击温度偏差和推荐的液体

步骤	试验条件	A	B	C	D
1	温度及偏差 ℃	100^{+10}_{-2}	100^{+10}_{-2}	125^{+10}_{-0}	150^{+10}_{-0}
	推荐液体	水 ^a	全氟碳化合物 ^b	全氟碳化合物 ^b	全氟碳化合物 ^b
2	温度及偏差 ℃	0^{+2}_{-10}	0^{+2}_{-10}	55^{+0}_{-10}	65^{+0}_{-10}
	推荐液体	水 ^a	全氟碳化合物 ^b	全氟碳化合物 ^b	全氟碳化合物 ^b
乙二醇不应用作热冲击试验液体。					
^a 在此温度范围，水是可接受的液体。使用之前，应确定它的化学适用性。考虑到高度的因素，当采用水作为条件 A 的液体时，若达不到规定的温度偏差，可采用下列替代试验条件： 1) 温度 100^{-6} ℃， 0^{+6} ℃； 2) 循环次数增加到 20 次。 ^b 全氟碳化合物不得含有氯和氢。					

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 特殊的安装，如适用；
- b) 试验条件，如不是试验条件 B(见第 3 章)；
- c) 试验循环次数，如不是 15 次循环(见第 3 章)；
- d) 终点测量和检查，例如终点电测量、密封试验(方法 1071)或其他接收判据。

方法 1057 玻璃抗裂性

1 目的

本试验规定了玻璃封装的元器件在热应力条件下的抗裂性评判方法。采用先沉浸在热液体中再到水中的方法来模拟器件在制造过程 and 用户装配过程中的热应力。

2 设备

在装有最大负载时,液体浴槽的工作区应能提供并维持在规定的温度。液体浴槽温度应在最大负载条件下进行验证,如果需要,应验证其性能。液体的成分应符合规定。

3 程序

3.1 通则

首先去除样品表面的油漆或其他表面覆盖物。使用常规的清洗剂或去污剂去除,并用清水和丙酮冲洗。清洗后样品放入到符合表 1 中相应试验条件规定的浴槽中,所用沉浸工具不能对受试器件的本体有明显的散热。样品先在第一种浴槽中完全沉浸规定的时间,然后立即转移并完全沉浸在第二种浴槽中。除另有规定外,样品从第二种浴槽中移出,则该试验结束。

3.2 时间

样品浸入和移出第一种浴槽的速率为 $(25.4 \pm 12.7) \text{ mm/s}$ 。在浸入前达到热浴槽的最大预热停留时间应符合表 1 的规定,在热浴槽中浸入停留时间应符合表 1 的规定。样品完全从热浴槽中移出后,到浸入到冷浴槽中的停留时间应符合表 1 的规定。

表 1 条件和温度

步骤		试验条件和温度	
		条件 A	条件 B
0	浸入前条件和准备	室温下样品	助焊剂 ^a
1	推荐的热浴槽液体	水	熔化的焊料
	温度和偏差	$100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$	$235^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
	达到热浴槽的最大预热停留时间	7.0s	7.0s
2	在热浴槽中浸入停留时间	$6\text{s} \pm 1.0\text{s}$	$6\text{s} \pm 1.0\text{s}$
	推荐的冷浴槽液体	水	水
	温度和偏差	$0^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$	$25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
	在热浴槽和冷浴槽之间停留时间	最大 3.0s	10s~15s
	在冷浴槽中浸入停留时间	最小 5.0s	最小 5.0s
^a 使用的助焊剂可以任选,但应防止焊料的不均匀和溅污。			

3.3 检验

应按方法 2074 对试验后的器件进行目检。

4 失效判据

样品不满足方法 2074 中规定的玻璃裂纹标准,则予以拒收。

5 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 样本大小和接收数；
- b) 测试条件；
- c) 适用的特定夹具；
- d) 循环次数，若不是一个循环。

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 试验设备

2.1 热电偶类型

热电偶材料应是铜-康铜材料，温度范围为 $-190^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ ，线径不应大于 0.25mm 。热电偶的接点应当熔焊在一起，并形成一个小珠而不应采用钎焊或绞合。

2.2 准确度

热电偶的测量误差不应超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。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 其他安装方法

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 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 安装方法(见第3章)；
- b) 试验设备(如要求)。

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

在引出端上施加详细规范中规定的电压和电流,在从规定的高温降到 -65°C ,再回复到规定高温的温度变化全过程中对参数加以监测。露点温度为被测参数出现明显不连续点时的温度。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 说明

有关的文件应规定以下内容:

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

方法 1071 密封

1 目的

本试验的目的是测定设计有内腔的器件的气密性。

2 设备

适用于不同试验条件的密封试验所需的设备应按相应条款的规定。

3 试验条件和程序

3.1 粗检漏

试验条件 A、B、C、D、E、G₂、J、K、L₁、CH₁ 和 CH₂ 规定为粗检漏。在 $1 \times 10^2 \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 或更大的漏率能满足可靠性要求时,可规定试验条件 D。此条件不应用于内腔体积小于 1cm^3 的器件。

- a) 试验条件 A: 放射性同位素湿粗检漏试验(见第 4 章);
- b) 试验条件 B: 放射性同位素干粗检漏试验(见第 5 章);
- c) 试验条件 C: 液体氟碳化合物粗检漏试验(见第 6 章);
- d) 试验条件 D: 气泡试验(见 3b));
- e) 试验条件 E: 染料渗透粗检漏试验(见第 8 章);
- f) 试验条件 J: 加压粗检漏试验(见第 11 章);
- g) 试验条件 K: 氟碳汽粗检漏试验(见第 12 章);
- h) 试验条件 L₁: 光学粗检漏试验(见第 13 章);
- i) 试验条件 G₂: 放射性同位素粗/细检漏试验(见第 9.6);
- j) 试验条件 CH₁ 和 CH₂: 累积氦气粗/细检漏试验(见第 10 章)。

3.2 细检漏

试验条件 G₁、G₂、H₁ 或 H₂、CH₁ 和 CH₂ 或 L₂ 规定为细检漏试验:

- a) 试验条件 G₁: 放射性同位素细检漏试验,或试验条件 G₂: 放射性同位素粗/细检漏试验(见第 9 章);
- b) 试验条件 H₁ 或 H₂: 示踪气体氦检漏试验(见第 10 章);
- c) 试验条件 CH₁ 和 CH₂: 累积氦气粗/细检漏试验(见第 10 章);
- d) 试验条件 L₂: 光学粗/细检漏试验(见第 13 章)。

3.3 细检漏和粗检漏试验程序

除详细规范另有规定外,试验应按照表 1 进行。当有规定时(见第 15 章),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,应采用满足漏率、压力和时间关系的其他压力、暴露时间及保持时间条件,但在任何情况下作用于器件上的压力不应小于 207kPa,或对于试验条件 L₁,至少应施加 69kPa 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(例如:选择使用放射性同位素粗检漏、细检漏、或粗/细检漏试验条件 B、G₁ 和 G₂(分别的),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)。如粗检漏试验优先于细检漏试验时可采用放射性同位素干气粗检漏试验条件 B 或 G₂,光学粗检漏(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,除非按照第 14 章 a) 的试验顺序进行。当采用试验条件 H₁、H₂、CH 对一组器件进行试验时(在检漏仪上同时放置多于 1 个器件),发生拒

收应认为是整组器件不合格。为了接收，腔体体积大于 0.5cm^3 的每只器件可再单独试验一次，但应在从示踪气体加压槽内取出的 1h 内，对所有器件完成再试验；腔体体积小于 0.5cm^3 的器件应在 10min 内测量，否则应重新保压和重新读数。

为了接收，仅对条件 G_1 ，器件可以整组试验，如果发生拒收，应在从示踪气体加压罐内取出的 30min 内重新完成每只器件的单独试验。为了接收，仅对条件 G_2 ，器件可以整组试验，如果发生拒收，应在从示踪气体加压罐内取出的 10min 内重新完成每只器件的单独试验。仅对条件 K，器件整组试验发生拒收时可采用 12.2 的程序再单独试验一次，若器件在完成第一次试验后的 20s 内浸没在检测溶液中，并整批保存在槽中至再试验，可不要求再加压。仅对条件 CH，器件整组试验发生拒收时，如果器件存放在一个大气压下至少包含 50% 氮的袋子或罐中，器件可以单独重新试验，但应在从初始氮压力罐中取出后 1h 内单独取出和试验。

表 1 要求的试验顺序^a

体积 cm^3	细检漏条件	粗检漏条件
$V \leq 0.4$	G_1 、 G_2 、 H_1 、 H_2 、CH、 L_2	CH、A、B、C、E、 G_2 、 J^b 、K、 L_1
$V > 0.4$	G_1 、 G_2 、 H_1 、 H_2 、CH、 L_2	CH、A、B、C、 D^c 、E、K、 L_1
$V > 0.4$	CH、 J^d	CH、 J^d

^a 含有获得认可的吸收材料的小腔体器件可采用试验条件 B 和 G_2 。
^b 条件 J 不能用于内腔体积小于 0.001cm^3 的封装。
^c 条件 D 不能用于内腔体积小于 1cm^3 的封装。
^d 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 0.4cm^3 的器件作为单独的试验。

4 试验条件 A：放射性同位素湿粗检漏试验

4.1 设备

用于密封试验的设备如下：

- 放射性示踪气体压力控制箱。
- 计数设备：有闪烁晶体、光电倍增管、前置放大器、速率计和氮-85 基准标准组成。计数台应有足够的灵敏度，可测定器件中氮-85 示踪气体透过器件壁的辐照量。计数台探测器的灵敏度应至少能测出 $10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 的氮-85 漏率，且至少每个班校准一次，校准采用氮-85 基准标准，并应符合设备承制方的有关要求。
- 容器应有足够的体积用油覆盖器件，并用适当的溶剂对器件表面去油。
- 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。
- 示踪气体为氮-85 和空气的混合物。氮-85 在空气中的浓度应不低于 $36.63 \text{Bq}/\text{Pa} \cdot \text{cm}^3$ ，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 $1.33 \times 10^3 \text{Pa}$ 或更低的压力，保持 10min，然后加压至少为 $3.10 \times 10^5 \text{Pa}$ ，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，将器件放入放射性同位素增压箱中，抽真空至 67Pa。再用氮-85 和空气混合物加压到至少 $3 \times 10^5 \text{Pa}$ 至少保持 12min。然后将混合气体抽至贮存罐中直至箱中压力最大为 267 Pa。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 10min 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 1 000 计数/每分钟或更多的器件，应认为粗检漏失效。

5 试验条件 B: 放射性同位素干粗检漏试验

5.1 通则

本试验只能用来试验内部含有氦-85 吸收或吸附介质的器件, 例如: 电绝缘的、有机的或分子筛、或批准的吸收材料。如器件内不含有任何吸收介质, 但器件的内腔体积为 0.02cm^3 或更大, 或验证满足下列要求时, 才允许进行本试验。

- 在被测器件中的一只代表性器件上, 打一直径为 $130\mu\text{m}$ 的小孔。
- 该器件承受本试验条件后, 在空气进入加压箱后, 器件应立即从加压箱中取出并在计数台上测量。净读数显示为 1 000 计数每分钟或更大时则认为失效。器件从加压箱中取出后必须保持失效状态至少 10min。如果器件不失效, 此试验条件不应使用。

5.2 设备

本试验设备包括:

- 装有氦-85/空气混合气体的放射性示踪气体加压控制箱。
- 计数装置, 其最低灵敏度为 10 000 计数每分钟每微居里氦-85 示踪气体, 以及在环境背景之上检测计数速率, 最低为 500 计数每分钟。
- 示踪气体含有氦-85/空气混合物, 空气中氦-85 的浓度不应低于 $36.63\text{Bq}/\text{Pa} \cdot \text{cm}^3$ 。并按承接制方的程序至少每 30 d 检测一次。应按照本标准的校正要求作记录。

5.3 程序

应把器件放入放射性示踪气体加压箱中, 并将该箱抽真空至压力不超过 67Pa 。然后使器件承受至少 $3 \times 10^5 \text{Pa}$ 的氦-85/空气混合气体的压力 2min。再把混合示踪气体抽到贮存罐内, 直到加压箱内的压力降至 267Pa 以下。此减压过程最多在 3min 内完成。而后向加压箱内充空气。器件从加压箱取出后的 30min 内, 用闪烁晶体计数台完成检漏试验。任何器件在计数台的环境背景上指示 1 000 计数每分钟或更大时, 器件为粗检漏失效。

6 试验条件 C: 液体(氟碳化合物)粗检漏试验

6.1 设备

本试验所用设备应包括:

- 真空/压力箱: 它用于对器件抽真空和随后的加压, 能够在最长 24h 之内将压力增至 $6.2 \times 10^5 \text{Pa}$;
- 适用的观察容器: 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;
- 放大镜: 它能够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;
- 表 2 规定的 I 型指示液、II 型指示液和 III 型指示液;

表 2 对全氟碳液体要求的物理性质

性能	I 型	II 型	III 型
沸点 $^\circ\text{C}$	50~95	140~200	50~110
在 25°C 下表面张力 N/cm	—	$<2 \times 10^{-4}$	—
在 25°C 下密度 g/cm^3	>1.6	>1.6	>1.6
在 125°C 下密度 g/cm^3	>1.5	D~941	—

表 2 (续)

性能	I 型	II 型	III型
介质强度 V/μm	>12	>12	>12
残留物 μg/g	<50	<50	<50
外观	无色透明		
全氟碳化合物不含氯或氢。			

- e) 光源：在槽中最远器件与光源的距离内空气中产生至少为 161 000lx 的平行光束，光源不需要校准，但为了很好地观察气泡，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：指示规定的试验温度、压力和时间；
- g) 在指示液中固定器件的合适夹具。

6.2 程序

应将器件放在真空/压力箱中，压力降至 670 Pa 或更低，并保持至少 30min，但内腔体积大于或等于 $0.1cm^3$ 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。在进行抽真空过程时，应在保持真空 30min 后，在破坏真空放气前，将液体注入。然后根据表 3 对器件加压。加压时间结束后，将压力除去并将器件从压力箱中取出，但器件从检测液容器中取出离开检测液的时间不得大于 20s，放置检测液的容器可以是另一个罐或贮存器。当器件从容器中取出后，应在空气中干燥 $2min \pm 1min$ ，然后浸入 $125^\circ C \pm 5^\circ C$ 的 II 型指示液中。器件的最上部浸入指示液面以下至少为 50mm，每次放入一个或一组器件，但在后一种情况下，应能保证能清楚地观察到每个器件冒出的单个气泡及气泡产生处。在有光源照亮的条件下，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，至少应观察 30s，除非在这之前器件已被拒收。

表 3 条件 C 和 K 的加压条件

最小压力 kPa	最少压力时间 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	—

6.3 失效判据

明显的气泡串，或从同一点产生两个或多个气泡应判为拒收。

6.4 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 $1\mu m$ 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(包括表面涂覆和标志)应无杂质，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。
- e) 对内腔体积小于 0.01cm^3 的封装进行试验时,应认真观察。
- f) 承制方的试验程序中应包括试验样品的数量、结构和所有试验判据。

7 试验条件 D: 气泡试验

7.1 通则

试验采用表 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。
内腔体积小于 0.01cm^3 的封装进行试验时,应认真观察。

7.2 设备

本试验所用设备应包括:

- a) 内腔体积大于 1cm^3 的器件。
- b) 容器:它的容积足以使溶液浸没器件的深度至少达到 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 $125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。
- d) 光源:在等于槽中最远器件与光源距离的空气中产生至少为 161 000 lx 的平行光束。光源不要求校准。

7.3 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 50.80mm,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 7.2 d)),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。

7.4 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: 染料渗透粗检漏试验

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照(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 $7.2 \times 10^5\text{Pa}$ 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 倍~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 $7.2 \times 10^5\text{Pa}$,并至少保持 3h。对不能经受 $7.2 \times 10^5\text{Pa}$ 的器件封装,可使用至少 $4.1 \times 10^5\text{Pa}$ 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,应该在能将物体放大到其标称尺寸 1.5 倍(屈光度 4)的放大镜下使用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,在放大镜下使用合适频率的紫外光源进行内部检查。

8.3 失效判据

8.3.1 不透明器件

在器件开帽或分离后,若出现有染料渗透的任何迹象,将判为拒收。检测区域如图 1 和图 2 所示。

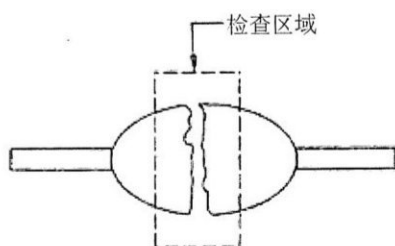


图1 不透明结构

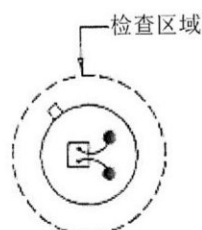


图2 金属封装结构

8.3.2 透明玻璃(带大空腔(即S形触须、C形触须或直通结构))

若在空腔中出现有染料渗透的任何迹象,将判为拒收。检测区域如图3所示。

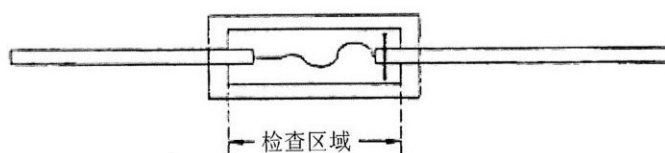


图3 透明玻璃或直通结构

8.3.3 透明玻璃(双插头结构)

若在芯片区域出现有染料渗透的任何迹象,则将之判为拒收。此外,若在接近芯片附近出现染料渗透到裂缝、破裂、空洞中迹象,且超过设计封装长度的50%时,则视为拒收。检测区域如图4所示。

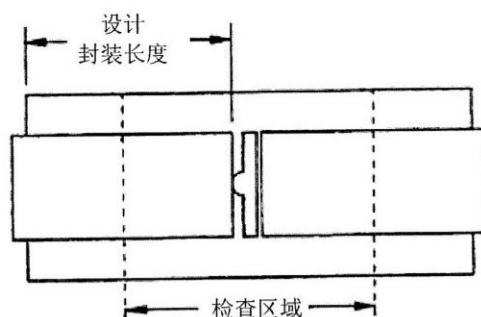


图4 透明玻璃双插头结构

9 试验条件 G₁: 放射性同位素细检漏试验

9.1 设备

本试验所用设备与试验条件 B 所用设备相同(见 5.2)。

9.2 测试参数

加压压强和时间应符合公式(1):

$$Q_s = \frac{R}{SKTP} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

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

R ——如果受试器件的漏率恰好等于 Q_s , R 就等于加压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 ——加压系统中氦-85 示踪气体的比活度, $\text{Bq}/\text{Pa} \cdot \text{cm}^3$;

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 在每秒钟内的计数为单位, 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 ——器件加压时间, s ;

P —— $P_e^2 - P_i^2$, 其中 P_e 是加压压强, P_i 是器件原始内部压力。加压压强 (P_e) 可以由规范规定, 或如果已经确定了合适的加压时间 (T), 那么可调节压力 (P_e) 以满足公式 (1); Pa 。

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 是海平面压强, Pa , ΔP 是试验地点和海平面之间的大气压强差。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:

- 对受试器件类型中典型器件的内腔中充入一定量微居里氦-85 气体。
- 典型器件装在与实际测试时位置相同的计数台中, 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 表面吸附的评定

在确定检漏试验参数之前, 应该评定所有器件封装材料对氦-85 的表面吸收, 包括玻璃、金属、基片、芯片镀层和陶瓷或组合物, 也包括外部涂层和外部密封剂或标签。对有疑问的表面材料的代表性样本, 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 在计数台上测量一次, 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加压箱中。加压箱可部分填充惰性材料 (铝填充块) 以减少抽真空时间和提高系统的效率。加压箱抽真空至 67Pa。器件应承受至少 $3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 氦-85/氮混合物最少 12min。应按照 9.2 测定实际的加压压强和时间。每分钟的 R 计数值在背景之上不应小于 500。应把氦-85/氮混合气体抽至贮存罐中, 直至加压箱中的压力降为 67Pa。此过程应在加压周期终结后 3min 内完成, 若加压试验采用更高的压力, 此过程应从加压箱压强达到 $4 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时算起的 3min 内完成。然后, 此加压箱立即用空气填充。从加压箱中取出器件, 在 1.5h 内用配有闪烁晶体的计数台进行检漏测量。若器件封装要考虑 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。器件从加压箱中取出至检漏的时间, 不要超过 1h, 在加压气体暴露后, 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 (从加压箱取出的器件数量应限制在 1h 内完成检漏)。

应按公式 (2) 计算器件的实际漏率:

$$Q = \frac{Q_R \times Q_s}{R} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Q ——实际漏率, $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$;

Q_R ——每分钟的净计数;

Q_s 和 R ——定义见 9.2。

9.6 失效判据

除另有规定外, 漏率等于或大于表 4 试验极限的器件应认为失效。

表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 $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$
$V < 0.05$	1×10^{-4}
$0.05 < V < 0.5$	1×10^{-3}
$0.5 < V < 10.0$	5×10^{-3}
$10.0 < V < 20.0$	5×10^{-3}

9.7 试验条件 G_1/G_2 : 放射性同位素组合粗/细检漏

9.7.1 设备

本试验所用设备与试验条件 B 所用设备相同(见 5.2)。

9.7.2 试验参数

加压压强和时间见 9.2。

9.7.3 计数效率(K)的测定

见 9.3。

9.7.4 表面吸附的评定

见 9.4。

9.7.5 G_1/G_2 : 粗/细组合检漏程序

器件应放入放射性气体压力箱中。压力箱应填充惰性材料(铝填充块)以减少循环时间和提高试验的效率。压力箱抽真空至 67Pa。器件应承受至少 $3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 氦-85/空气混合物最少 12min。对于 G_1 , 实际的加压压强和时间应符合 9.5 的规定, 每分钟的 R 计数值在背景之上不应小于 500 计数每分钟。在加压时间结束时, 应把氦-85/空气混合气体抽至贮存罐中, 直至压力箱中的压强降为 267Pa。此过程应在加压循环终结后 3min 内完成, 或压力箱压强达到 $4 \times 10^5 \text{ Pa}$ 后 3min 内完成(若加压试验采用更高的压力)。然后, 此压力箱用空气填充。器件立即从压力箱中取出, 从压力箱中取出后 10min 内在计数台进行测量。器件若执行 9.6.4 规定需要“等待”时间, 则不能进行粗/细组合检漏。对于这些器件, G_1 和 G_2 应分别进行。

10 试验条件 H_1 或 H_2 : 示踪气体(He)细检漏试验和 CH_1 或 CH_2 细/粗合并检漏

10.1 通则

器件的密封考核要求分为 I 类和 II 类两类。

试验条件 H_1 是符合表 5 或表 6 规定条件的“固定法”, 它能保证试验灵敏度满足要求的测量漏率(R_1)。试验条件 H_2 是“灵活法”, 允许按 10.3.4 的公式改变试验条件, 可以在预定的测量漏率(R_1)下检测规定的等效标准漏率(L)。试验条件 CH_1 或 CH_2 扩展了 H_1 或 H_2 的范围包括粗检漏范围, 但要求相同的试验条件, 使用专用设备。

表5 I类器件试验条件 H_1 的规定条件

封装体积 cm^3	加压条件			R_1 拒收极限 $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$
	压力 $\text{kPa} \pm 15$	最小加压时间 t_1 h_0^1	最大停留时间 h	
$V \leq 0.05$	517	2	1	5×10^{-3}
$0.05 < V \leq 0.5$	517	4	1	5×10^{-3}
$0.5 < V \leq 1.0$	310	2	1	1×10^{-2}
$1.0 < V \leq 10.0$	310	5	1	5×10^{-3}
$10.0 < V \leq 20.0$	310	10	1	5×10^{-3}

表 6 II 类器件试验条件 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	最小加压时间 t ₁ h ₀ ¹	最大停留时间 h	
V ≤ 0.002	517	20	0.5	3.2 × 10 ⁻⁵
0.002 < V ≤ 0.02	517	20	0.5	2.6 × 10 ⁻⁵
0.02 < V ≤ 0.03	517	20	0.5	2.1 × 10 ⁻⁴
0.03 < V ≤ 0.05	517	20	1	1.3 × 10 ⁻⁴
0.05 < V ≤ 0.075	517	20	1	8.7 × 10 ⁻⁵
0.075 < V ≤ 0.1	517	5	1	1.6 × 10 ⁻⁵
0.1 < V ≤ 0.5	517	5	1	3.3 × 10 ⁻⁶
0.5 < V ≤ 0.75	517	5	1	8.7 × 10 ⁻⁶
0.75 < V ≤ 1.0	517	5	1	6.6 × 10 ⁻⁶
1.0 < V ≤ 1.5	517	5	1	4.4 × 10 ⁻⁶
1.5 < V ≤ 5.0	517	5	1	1.3 × 10 ⁻⁶
5.0 < V ≤ 10.0	517	10	1	1.3 × 10 ⁻⁶
10.0 < V ≤ 20.0	517	10	1	6.6 × 10 ⁻⁷

10.2 设备

试验条件 H₁、H₂、CH₁ 和 CH₂ 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，I 类器件检验设备的氦漏率灵敏度应足以读出 1×10^{-4} Pa · cm³/s 和更高的测量氦漏率。II 类器件检验设备的氦漏率灵敏度应足以读出规定的测量漏率判据三分之一的漏率。测量漏率的箱体容积应尽可能小，因为此容积大对灵敏度极限有不利的影响。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。另外，CH₁ 和 CH₂ 的试验设备要利用专用的抽真空系统，该系统能测量氦气体体积，还能测量氦的变化率或斜率，通过斜率测量得到细检漏率，通过体积测量得到粗检漏率。

10.3 适用于“固定法”和“灵活法”的试验程序

10.3.1 通则

应该将完整的器件放入密封箱，用 100⁺¹⁰₋₅% 氦示踪气体按规定的的时间和压强给密封箱加压。然后，将压力释放（除 CH₁ 和 CH₂ 之外可任意采用空气、氮气冲洗），并将每一个样品转移到另一个试验箱或另外试验箱，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漏出来，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 60min 内完成（对试验条件 H₁ 或 CH₁）或在选择的停留时间内完成（对试验条件 H₂ 或 CH₂）。

10.3.2 表面吸附的评定

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附进行评定，这些封装由玻璃、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 5（I 类器件）或表 6（II 类器件）和 10.3.4 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，指示的漏率降到小于或等于 0.5R₁（对试验条件 H₁ 为表 5 或表 6 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 R_1 的降低而升高。另一种方案是使整个的(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 5 或表 6 的规定值，就不能使用“固定法”。应该指出的是：吸附随加压压强和时间变化，因此，在获得满意的加压值之前可要求进行某些尝试性试验。试验条件 CH_1 和 CH_2 要求在确定斜率之前，经过相同的停留时间，另外，必须确认腔体体积，消除错误粗检漏的可能。

10.3.3 试验条件 H_1 和 CH_1 ，固定法

按受试器件的内腔体积，按照表 5(I 类器件)或表 6(II 类器件)规定的适当条件，对器件进行试验。 t_1 为加压时间， t_2 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，不得采用固定法。

10.3.4 试验条件 H_2 和 CH_2 ，灵活法

加压的大小、加压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(R_1)大于质谱仪最小可检测漏率。器件承受的氦气压至少为 2×10^5 Pa。采用所选择的压强和加压时间，结合受试器件封装的内腔容积和 10.3.6 规定的最大等效标准漏率(L)计算测量漏率(R_1)的极限值，按公式(3)计算：

$$R_1 = \frac{2.69LP_e}{P_o} \left[1 - \exp\left(-\frac{2.69L}{P_o V} \cdot t_1\right) \right] \exp\left(-\frac{2.69L}{P_o V} \cdot t_2\right) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

R ——示踪气体(He)经过漏孔的测量漏率， $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ；

L ——等效标准漏率， $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ；

P_e ——加压压强，Pa；

P_o ——1 个标准大气压(1×10^5 Pa)；

t_1 ——加压时间，s；

t_2 ——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， cm^3 。

最小可检测漏率应按 10.3.2 加以测定，同时应认为是对应经过时间 $t_o < t_2$ 的指示值。经过时间 t_o 应考虑为最小可使用停留时间，测量漏率应在 t_o 和 t_2 之间完成。或者，对 $L < 1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ，可从公式(3)的细检漏近似解选择加压参数，见公式(4)。

$$L = \frac{P_o}{2.69} \left(\frac{R_1 V}{P_e t_1} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

图 5 给出图示法。若所选择的停留时间 t_2 大于 60min，则应该用公式(3)计算 R_1 值，该值应保证最大可检测的标准漏率大到覆盖所选择的粗检漏试验条件。或者，最大可检测漏率 L 与停留时间的关系可从公式(5)的近似解中获得：

$$L_{\max} = \frac{P_o V}{2.69 t_2} \ln \left(\frac{2.69 L P_e}{P_o R_1} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (5)$$

图 6 给出图解法。在每一种情况下(公式(4)和公式(5))， R_1 应取比最小可检测值大的值。

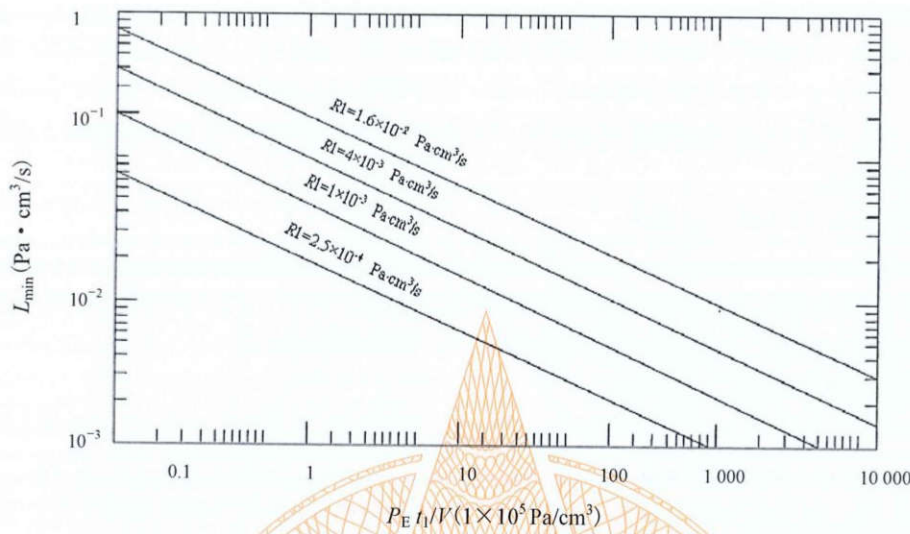
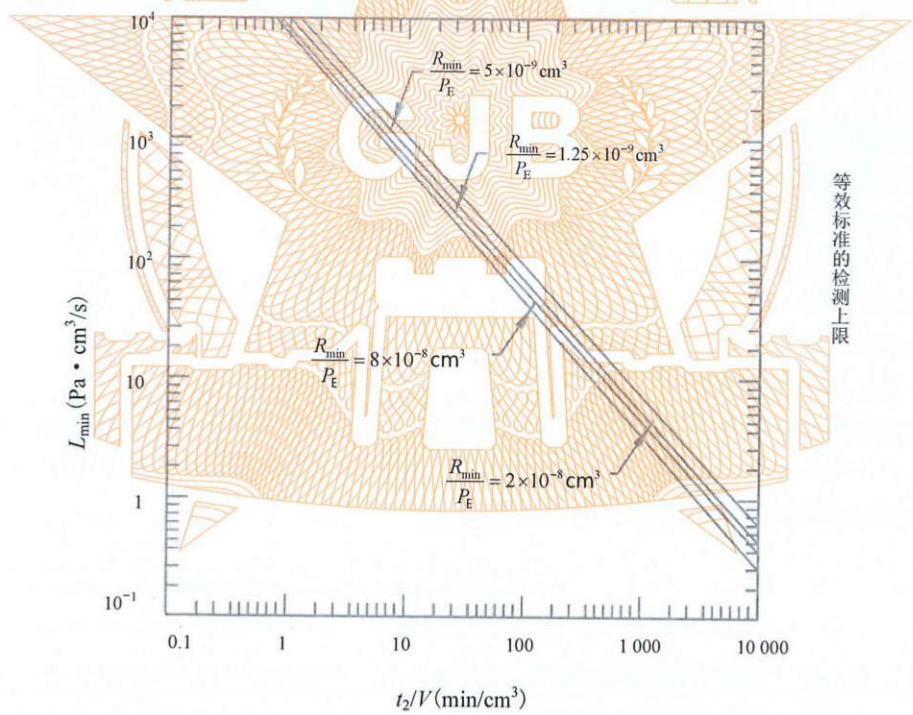


图 5 最小可检测漏率



由近似解法计算的等效标准漏率的试验上限值与停留时间、压强和指示漏率有关(如内部压强充足情况下漏率较大)。

图 6 最大可检测漏率

10.3.5 条件 CH₁ 和 CH₂: 封装体积和漏率极限值

对于试验方法 CH₁, 最小封装尺寸取决于器件从信号(背景)噪声比最小为 5:1 的示踪气体压力箱中移出后 1h 设备有效检测粗检漏的能力。如果设备拥有一个高的氦背景水平或器件表面吸附高时, 应使用较短的时间间隔。一个合理的较低极限值为 0.0005 cm^3 。最大尺寸的唯一限制为容纳受试器件试验箱

的尺寸。粗漏孔定义为封装上最小直径为 0.30mm 的孔洞。在粗检漏试验加压完成后为保证 1h 时间间隔内有足够的信号噪声比, 极小封装应贮存在至少含有 10% 氦的气氛中。注意, 对于试验方法 CH₂, 选择的停留时间应小于 60min 或器件在从压力箱中取出到器件放进试验设备的时间间隔内, 应贮存在含有 10% 氦的贮存箱中。本试验方法的最小检测漏率为 $1 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$; 但是, 设备的设计可能提高或降低本极限值。

10.3.6 失效判据

除另有规定外, 对 I 类器件, 如果器件的等效标准漏率 (L) 超过表 7 的规定, 则该器件就不能被接收; 对 II 类器件, 如果器件的等效标准漏率 (L) 超过表 8 的规定, 则该器件就不能被接收。

表 7 I 类器件的等效标准漏率

序号	体积分档 cm^3	等效空气漏率判据 $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$
1	$V \leq 0.01$	5×10^{-3}
2	$0.01 < V \leq 0.5$	1×10^{-2}
3	$0.5 < V$	1×10^{-1}

表 8 II 类器件的等效标准漏率

序号	体积分档 cm^3	等效空气漏率判据 $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$
1	$V \leq 0.002$	5×10^{-5}
2	$0.002 < V \leq 0.02$	1×10^{-4}
3	$0.02 < V \leq 0.5$	5×10^{-4}
4	$0.5 < V$	1×10^{-3}

11 试验条件 J: 加压粗检漏试验

11.1 设备

本试验所用设备如下:

- 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;
- 给器件称重用的分析天平, 可精确到 0.1mg;
- 表 2 规定的 III 型检测液体源;
- 能清除液体中大于 $1\mu\text{m}$ 颗粒的过滤系统;
- 适当校准过的仪器, 测量试验压强和时间;
- 合适的溶剂。

11.2 程序

应将器件放在装有 25℃ 合适溶剂的容器内进行清洗, 并允许其浸渍至少 2min。然后将器件取出, 在 125℃ 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, 并记录最初的重量, 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, 将压强降到 667Pa, 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 517 kPa,若器件免抽真空时,应加压至 618 kPa,压力至少保持 2h。如果器件经不住 517 kPa 试验压强,可把压强降至 310 kPa,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 $2\text{min} \pm 1\text{min}$ 。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计算器件重量变化,将经过分类的器件分成两组,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 或更多及内腔大于 0.01cm^3 、增重为 2.0mg 或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 $125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 下烘焙至少 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:

- 真空/压力箱,能对器件抽真空和加压到 620kPa,并能维持到 12h。
- 氟碳汽检测系统,检测能力等效于 0.28mg 的 I 型氟碳液。
- 表 2 中规定的 I 型检测液。
- 适用的已校准仪器:指示规定的试验、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 1mm^3 的 I 型检测液。所得读数应按承制方的说明调整。
- 试验条件 K 所用气体检测仪,采用 I 型液体校准源,每个工作班至少校准一次,并遵循承制方说明书。

12.2 程序

应把器件放入真空/压力箱中,把压强降至 670Pa 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 3 给器件加压并保持,加压时间完成后,将压力释放,并将器件从压力箱中取出,器件离开检测液的时间不能多于 20s,随后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°C ,最长吹干时间应降为 3min。然后,用氟碳汽检测系统对器件进行检测,该系统应按 12.1 校准过。清洗时间应符合表 9,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 $125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。若清洗和试验箱温度为 $150^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,试验时间至少为 2.5s。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 2 的 I 型),则器件拒收。

表 9 清洗时间

封装内腔体积 cm^3	在 $125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 下的清洗时间 s
$V \leq 0.01$	≤ 5
$0.01 < V \leq 0.10$	≤ 9
$V > 0.10$	≤ 13
清洗时间定义为进入试验模式之前器件加热的整个时间。最大清洗时间可以通过具有 $0.50\text{mm} \sim 1.27\text{mm}$ 孔的器件循环测定,它是通过测定不会造成器件漏检的可用最大清洗时间来确定的。	

13 试验条件 L₁ 或 L₂: 光学粗检漏

13.1 设备

本试验的设备应符合下列要求:

- a) 光学检测台, 能抽真空和加压, 同时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、规定的时间和压强。

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, 试验条件 L₁ 应符合公式(6), 试验条件 L₂ 应符合公式(7)。

$$R^4/ET^3 > 3.68 \times 10^{-7} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

R ——空腔内盖帽无支撑部分的最小宽度, mm;

E ——盖帽材料的弹性系数, 其中:

铝的弹性系数: 6895×10^7 Pa;

铁镍钴合金的弹性系数: 1379×10^8 Pa;

陶瓷的弹性系数: 4137×10^8 Pa。

T ——盖帽的厚度, mm。

$$R^4/ET^3 > 36.8 \times 10^{-7} \dots\dots\dots (7)$$

13.3 漏率灵敏度

光学检漏试验应在某一试验压强(P_o)和时间(t)下进行, 在此压力和时间应能提供所要求的漏率灵敏度。漏率灵敏度按公式(8)计算:

$$L = (-V_o/k_2t) \ln(1-dY_t/P_oL_o) \dots\dots\dots (8)$$

式中:

L ——试验的漏率灵敏度, 1×10^5 Pa · cm³/s;

V_o ——封装内腔体积, cm³;

k_2 ——漏率试验气体常数(空气为 1.0, 氦为 2.67);

t ——试验持续时间, s;

dY_t ——封装盖帽变形的测量值, mm;

P_o ——试验时的试验箱压强, Pa;

L_o ——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

13.4.1 通则

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, 同时用光学干涉仪观测盖帽是否变形。在视野内, 同时观测每只封装是否随压强变化其盖帽变形, 在减小的压强下保持时间 t_1 (或等效程序), 其盖帽有无继续变形。

13.4.2 失效判据

开始, 随着试验箱压强改变, 如果光学干涉仪未检测到盖帽变形; 或在试验箱压强保持恒定(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

13.5.1 通则

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, 然后对试验箱抽真空, 同时用光学干涉仪观测盖帽是否变形。在视野内, 同时观测每只封装是否随着压强变化其盖帽变形, 在减小的压强下保持时间 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

2×10^5 Pa。然后用光学干涉仪在时间 t_1 (或等效程序), 观测其盖帽是否变形。

13.5.2 失效判据

器件按下列三个判据中的任一判据拒收:

- 开始, 随着试验箱压强变化, 如果光学干涉仪未检测到盖帽变形;
- 在压强保持恒定的时间 t_1 内 (或等效程序), 由于封装漏气泄放其内部压强, 而使光学干涉仪检测到盖帽变形;
- 在压强保持恒定的时间 t_2 内 (或等效程序), 光学干涉仪检测到由于封装漏气而使氦气进入封装内发生的盖帽变形。

14 注意事项

本试验的注意事项如下:

- 如果粗检漏试验采用试验条件 A 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、K 或 L, 并且试验条件 C、J 和 K 所使用的氟碳化合物材料的气压 (可以进入器件内部) 大于 406 kPa, $T_A = 125^\circ\text{C}$, 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烘焙 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。
- 试验条件 A 至 E、K 和 L_1 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 L_1 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。
- 当按试验条件 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中的历程, 包括日期、充气过程、示踪气体浓度、压强及暴露时间。当按试验条件 G_1 或 G_2 对器件进行再试验时, 前面的试验历程不要求。仅在重新试验前对器件中的氦-85 残留预先读数。从重新试验后的读数中减去预先的氦-85 读数, 新得到的数即为漏率。
- 对于停留时间 t_2 不是重要因子的小漏率器件, 由近似解法计算的等效标准漏率的拒收值与加压条件和指示漏率有关。相对于最小能检测到的 R 值, 拒收水平 R_2 取较大值。

15 说明

有关的文件应规定以下内容:

- 当采用具体的试验时, 应注明试验条件字母 (见第 3 章);
- 对试验条件 H_1 、 H_2 和 CH_1 、 CH_2 , 应规定器件密封检验的类别 (I 类或 II 类, 见 10.1);
- 当不采用本方法规定的接收或拒收漏率时 (见 9.5、10.3.3 和 10.3.6), 应规定试验条件 G、 H_1 或 H_2 的接收或拒收漏率;
- 试验后的测量, 适用时 (见第 3 章);
- 试验条件 G 和 H 的再试验接收判据 (见第 9 章), 对于条件 K (见 3.3);
- 进行细检漏和粗检漏的顺序, 如果不是在细检漏之后进行粗检漏 (见第 3 章)。

方法 1080 单粒子烧毁和单粒子栅穿测试

1 目的

本方法规定了功率 MOSFET 经受重离子辐照的程序。对于发生了单粒子烧毁 (SEB) 或单粒子栅穿 (SEGR) 的功率 MOSFET, 本方法规定了其特性测试和鉴定过程 (接收或验证)。原则上本方法也适用于中子、质子或其他光子辐照试验。

2 设备

2.1 通则

SEB/SEGR 试验所需的设备包括重离子源、真空室系统、受试器件测试设备、测试电路板、电缆、切换系统 (需要时)、x-y-z 三坐标载物台 (需要时) 以及剂量测量仪器。在测量小于等于 10nA 的栅极电流 I_{GS} 时, 应采取必要的预防措施, 保证电测量系统的绝缘性能、屏蔽性能、接地性能良好。

2.2 重离子源

重离子源可以是回旋加速器、静电加速器或者其他合适的源。重离子源应能提供高达 $100\,000/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 的平均注量率。除另有规定外, 芯片面积内束流均匀性应保持在 $\pm 15\%$ 以内。离子束能量应能使离子有足够的射程, 以引发 SEGR 响应或试验各方共识的响应。

注意加速器的设计决定了最大离子束能量, 因此, 有些加速器不足以提供最坏情况的试验条件。还必须注意有些加速器是射频型设备 (如: 回旋加速器), 可能具有较高的瞬态注量率。

2.3 真空室系统

真空室中应配有测试电路板安装架和电缆导孔。真空室系统应能容纳下 x-y-z 三坐标载物台装置。抽气泵系统应能将真空室抽至 $1.3 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ 以下。应采用必要的预防措施以保证真空室中的任何元器件都不会影响到真空室系统。注意某些材料会释放气体, 这会影响真空度量。还必须注意某些电容 (如: 电解电容) 放在真空室中时会发生爆炸、失效或释放气体等情况。

2.4 测试仪器

2.4.1 通则

标准的电子测试仪器应能建立所需的测试条件, 以及进行必需的电参数测量的试验条件。注意许多功率 MOSFET 要求在超过 32V 工作电压下时, 必须采取预防措施以保证所有设备和人员的操作安全。

2.4.2 SEB 试验设备

对受试器件进行偏置和监控的测试设备, 可包括一台或多台下列类型的设备:

- a) 电源;
- b) 电流表;
- c) 电压表;
- d) 计数器;
- e) 示波器。

2.4.3 SEGR 试验设备

对受试器件进行偏置和监控的测试设备, 可包括一台或多台下列类型的设备:

- a) 电源;
- b) 电流表;
- c) 电压表。

2.5 测试电路板

测试电路板应包括测试插座、已开帽的受试器件、附加导线、辅助元器件。测试板为测试设备和受试器件之间提供了安装界面和接口, 且在施加 V_{GS} 和 V_{DS} 的同时, 监测 I_{GS} 和 I_{DS} 。图 1 为典型测试电路,

图 2 为 SEB 典型防护和监测电路。其他辅助元件,如电阻、电容、电流探头应包含在最终的测试电路中。任何其他合格的 SEB 防护和监测技术均可采用。测试板上可以有多个测试插座,缩短真空室抽气和放气时间。测试插座的固定方式应使受试器件表面与重离子束垂直(一般误差在 $\pm 5^\circ$ 以内),试验前先将器件开帽,以使整个芯片能够受到辐照。

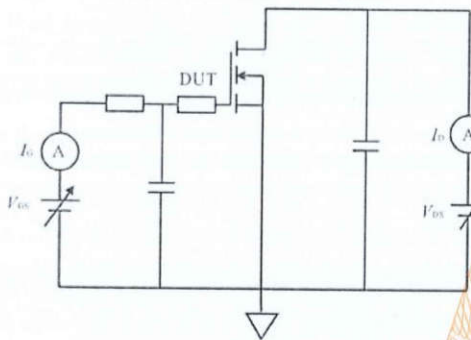


图 1 典型 SEB/SEGR 测试电路

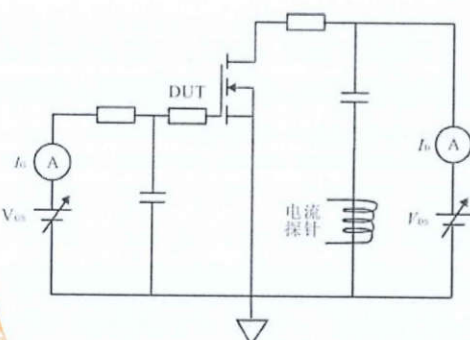


图 2 SEB 防护和监测电路

2.6 电缆

电缆通常用来连接安装在真空室中的测试电路板和放置在真空室外的测试仪器。电缆长度应尽量短,以减少对测量的影响。然而,实际电缆长度取决于真空室的大小、测试板相对于电缆导孔的空间位置以及电缆导孔与受试器件测试仪器的最短距离。应使用合适的终端屏蔽电缆来进行 SEB 脉冲观察,以减少反射和其他信号/噪声的干扰。

2.7 切换系统

当测试板上放置了多个器件时,就要使用切换系统。切换系统应能电隔离测试板上的不同被试器件的栅极和漏极,使用切换系统不能对电测量系统产生干扰。

2.8 X-Y-Z 三坐标载物台

当测试板上放置了多个器件时,应使用一个 x-y-z 三坐标载物台装置,以便将器件移入或移出重离子束辐照区域。

2.9 剂量测量系统

剂量测量系统是用来测定离子束能量、LET、平均离子束注量率、注量和平均的离子束均匀性。

3 SEB/SEGR 预测

3.1 通则

为了有助于准备试验计划和选择初始偏置条件,可以采用合适的 SEB/SEGR 预测方法来预计 SEB/SEGR 失效阈值。建议预测方法是使用已做过的类似类型器件的方法。测试人员应根据这些预测的 SEB/SEGR 失效阈值来帮助判定 SEGR 和 SEB 试验的有效性。若有显著差异(通常与预测响应之间的偏差大于 $\pm 30\%$),则测试人员需重新核实测试设备,包括离子类型、离子能量、偏置条件以及器件类型等。SEB/SEGR 预测有助于整个试验计划的开发。

3.2 SEB 预测

目前,不存在准确的 SEB 预测模式。在已有 SEB 数据的基础上的预测是非常有用的,但是,由于失效机理的特点,这些预测方法都不能精确预测 SEB。

3.3 SEGR 预测

3.3.1 通则

SEGR 预测可以通过已有的 SEGR 数据获得,也可以通过目前认可的模型计算获得。如果没有以前的试验结果,或器件的版图、设计或工艺发生变化,可使用经验的预计方法或分析的预计方法来预计 SEGR 失效阈值。

3.3.2 经验的 SEGR 预计方法

经验的预计方法采用经验推导的公式,来预测当 V_{DS} 为 0 时,氧化层电容器的 SEGR 失效阈值,如公式(1)所示。

$$V_{GS} = \frac{(E_{OX-BR})(T_{OX})}{\left(1 + \frac{LET}{53}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

E_{OX-BR} ——氧化层击穿电场强度, V/cm;

T_{OX} ——栅氧化膜介质厚度, cm;

LET ——给定离子类型的最大 LET 值, MeV · mg/cm²。

当 V_{DS} 偏置时,衬底响应的近似值可以通过使用公式(1)的扩展形式计算得到,见公式(2)。

$$V_{GS} = (0.84) \left(1 - e^{-\frac{LET}{17}}\right) (V_{DS}) - \frac{(E_{OX-BR})(T_{OX})}{\left(1 + \frac{LET}{53}\right)} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

E_{OX-BR} ——氧化膜击穿电场强度, V/cm;

T_{OX} ——栅氧化膜介质厚度, cm;

LET ——线性能量转换, MeV · mg/cm²;

LET ——给定离子类型的最大 LET 值, MeV/mg/cm²。

3.3.3 分析的 SEGR 预计方法

分析预测采用精确数值模拟的方法来预测 SEGR 失效阈值响应。

4 特性测试

4.1 通则

特性测试就是获得 SEB 截面曲线、SEGR 截面曲线或 SEGR 失效阈值曲线。曲线上的数据点描述了功率 MOSFET 的响应,这些响应与器件工作范围内和/或 LET 值的范围内的 V_{GS} 和/或 V_{DS} 有关。初次进行特性测试时,需定义器件最坏的工作条件或芯片敏感区域。当器件的工艺和/或设计发生改变时,可能需每次进行附加特性测试。特性测试有助于为后续的验证试验建立测试条件。除非生产变化引发初始技术失效,特性测试不能作为验证试验的一部分。不应用改变芯片与离子束射面之间的垂直夹角来获得有效 LET,有报告表明离子能量会影响测量到的 SEGR 失效阈值。因此,建议在规定最坏测试条件时应考虑离子能量。受试器件最大允许 V_{DS} 增量不应超过器件额定漏极电压的 10%。受试器件最大允许 V_{GS} 增量不应超过 5V。推荐使用较小的 V_{DS} 和 V_{GS} 增量。同时还应注意提高受试器件工作温度会使 SEB 的 LET 阈值增加,但对 SEGR 的 LET 阈值无影响,这表明较低的工作温度是最坏情况的试验条件。

4.2 SEB 特性测试

4.2.1 通则

SEB 特性测试需要采用 SEB 防护方法。SEB 特性测试会得到截面曲线,它是在固定 V_{DS} 和 V_{GS} 时 LET 的函数。SEB 对栅偏置 V_{GS} 的变化不敏感。考虑到总剂量效应会降低 V_{TH} 值,所以 V_{GS} 偏置应足够使受试器件处于“关”态(低于 V_{TH} 几伏)。不同 V_{DS} 工作条件可产生多个 SEB 截面曲线。P 沟道器件对 SEB 不敏感。

4.2.2 SEB 截面

如果规定要进行测试,如果发现有 SEB 现象,可以采用多种防护技术之一以防止 SEB 的致命失效,例如:在漏极增强电容和漏极之间加限流电阻。为了得到 SEB 计数,应在源极和地之间安装电流探头(敏

感电阻或其他合适的电流探头)。使用这种装置, SEB 效应将产生电流脉冲。可以使用电子示波器监视 SEB 效应的发生, 并记录下 SEB 脉冲的形状。根据需要, 还可用脉冲计数器记录下 SEB 效应的发生次数。用 SEB 效应的发生次数除以给定测试条件下离子注量就得到 SEB 横截面积曲线上一个点。不同 LET 下得到的点连接成 SEB 横截面积曲线。在对受试器件开帽以及真空室抽真空后, 施加规定的 V_{DS} 和 V_{GS} 偏置条件, 对受试器件进行辐照到规定注量(典型值范围在 $(10^5 \sim 10^7)/\text{cm}^2$ 之间)。如果 SEB 发生, 增加计数器计数, 记录下发生次数。应调整注量率以使 SEB 发生次数不超过 100/s。当达到预期注量时, 关闭束流, 记录下全部的 SEB 发生次数。选择不同的离子, 获得所需的 LET 值, 再继续上述过程。对规定的样品和条件重复进行上述过程。

4.3 SEGR 特性测试

4.3.1 通则

SEGR 评估试验会产生三种特有的曲线: SEGR 横截面曲线是恒定的 V_{DS} 和 V_{GS} 偏置条件与 LET 的函数; V_{GS} 的 SEGR 阈值曲线是固定 LET 值与 V_{DS} 的函数; V_{DS} 的 SEGR 阈值曲线是固定 V_{GS} 值下的 LET 函数。不同 SEGR 截面曲线反映了不同的 V_{DS} 和 V_{GS} 条件; 不同 SEGR 阈值曲线反映了不同的 V_{DS} 和 V_{GS} 或 LET 条件。SEGR 特性测试可与 SEGR 验证试验联合进行。

4.3.2 SEGR 横截面积

如果要求进行此试验, 且发生 SEGR, 可以得到 SEGR 横截面积曲线。然而, 不能对 SEGR 的发生进行防护。因此, 要获得 SEGR 截面曲线需要破坏多个器件。对于给定器件, 发生 SEGR 效应后就中止离子辐照。一次 SEGR 除以发生该 SEGR 时的离子注量就得到 SEGR 截面曲线上的一个点。对受试器件开帽以及真空室抽真空后, 施加规定的 V_{DS} 和 V_{GS} 偏置条件, 辐照被测器件到规定注量。如果 SEGR 发生, 立即停止辐照, 记录累计注量。注意可降低离子注量率, 以获得更加精确的离子注量。如果达到最大注量, 且器件通过了辐照后栅应力测试, 应该选择新的试验条件或新的受试器件。如果发生 SEGR, 应选择新的受试器件。使用新的测试条件(增加 V_{DS} 、 V_{GS} 值或改变离子类型), 重复上述过程直至获得需要的曲线。在重复上述过程直至获得所需曲线, 注意器件失效获得的特性仅代表器件的一个数据点。对于栅介质直流电场小于 1MV/cm 情况, 获得横截面积曲线的过程就应按以下规定进行修改:

- 在小于或等于 1/3 芯片面积处增加注量;
- 在进行完每次辐照后, 应进行辐照后栅应力测试以检测器件功能;
- 若没有发现 SEGR, 继续辐照, 直到 SEGR 发生或直到最大累积注量; 并且
- 选择新器件和偏置条件, 重复试验步骤直到获得需要的曲线。

4.3.3 SEGR 辐照后栅应力测试

若在辐照过程中栅偏置很小(典型值为: $V_{GS} < 10\text{V}$), 在施加足够的栅压前, SEGR 的发生可造成致命失效, 也可能未造成器件致命失效。如果施加足够栅压, SEGR 可能只产生潜在缺陷。因此, 在进行辐照后, 应对每个器件进行辐照后栅应力测试。辐照后栅应力测试施加的栅压应等于规定的最大栅工作电压(偏差 $\pm 10\%$)或按规定。

5 验证试验

5.1 通则

验证试验需要根据在规定的试验条件下(如: 栅偏置、漏偏置、离子类型、离子能量、离子 LET、离子范围、离子注量率以及离子注量)对受试器件进行辐照。在加固保证和鉴定试验中验证试验对验证分立功率 MOSFET 的规定试验条件适合性非常有用。试验判据为“通过/不通过”, 而且试验是破坏性的。应注意, 通过改变芯片与离子束射面之间的垂直夹角来获得有效 LET 的做法是无效的, 本试验不采用这种方法。有报告表明离子能量会影响测量到的 SEGR 失效阈值。因此, 建议在规定最坏测试条件时应该考虑离子能量。而且, 增加受试器件工作温度将会增加 SEB 的 LET 阈值, 但对 SEGR 的 LET 阈值无影响, 这表明较低的工作温度是一种最坏情况的试验条件。

5.2 SEB 验证试验

SEB 验证试验需要在漏极上连接一个足够大的电容器,以产生致命失效。注意本试验中不采用 SEB 防护技术。在对受试器件开帽以及真空室抽真空后,施加规定 V_{DS} 和 V_{GS} 偏置条件,用规定的剂量辐照受试器件。若发生失效,终止辐照,记录 SEB 结果。对规定的样品和条件重复上述过程。

5.3 SEGR 验证试验

SEGR 验证试验过程分两步进行。在受试器件开帽以及真空室抽真空后,施加规定的 V_{DS} 和 V_{GS} 偏置条件,辐照被测器件到规定注量。若失效发生,终止辐照。若辐照过程中的栅偏置小于最大工作栅偏压,第二步需进行辐照后栅应力测试,记录 SEGR 结果。对规定的样品和条件重复上述过程。

6 SEB/SEGR 试验程序

6.1 通则

试验方案应规定在重离子辐照之前、期间以及之后适当的操作步骤。试验应准备足够样品。样品涂层例如聚酰亚胺,应在试验前应使用化学方法将其去除。SEB 和 SEGR 均会产生致命失效,产生较大的漏电流损坏器件。在 SEB 试验中,可能需要采用一个足够容量的电容器,在发生 SEB 时,将偏置电压保持在 $\pm 10\%$ 以内以引发损伤。在 SEB 特性测试中,可采取 SEB 防护措施,记录下 SEB 发生次数,并用来产生截面曲线上的一个点。为了有助于选择合适的偏置,应进行 SEB/SEGR 预测。选择所需的离子类型,并使用剂量测量系统调整和验证离子束能量。连接好测试电路板、电缆以及仪器,并进行操作验证。辐照前,试验器件应被开帽,并插入测试板中。应在辐照之前、期间、之后以及在辐照后栅应力测试过程中监测漏电流 I_{DS} 和栅电流 I_{GS} 以验证受试器件条件。在试验完成后,应记录测试结果并形成文件。

6.2 试验方案

6.2.1 通则

每次试验都应有方案。试验方案应作为辐照期间实施程序和决策的指南。要完成一份试验方案,应包括以下条件。

6.2.2 离子类型和能量

试验方案应规定离子类型以及进行试验的合适能量。具体离子类型和能量的选择决定了 LET 值。为获得一定的 LET 范围,需要用到不同能量的不同离子类型。注意,通过改变角度来调整 LET 值是不可取的。测试人员选择不同的离子类型和能量,需验证离子的 LET 值和它的范围是否符合试验要求,针对特定器件的材料可以使用 TRIM 编码进行或其他适当的模拟编码来验证,还必须注意离子束能量会影响 SEGR 失效阈值。因此,要确定最坏情况试验条件,可能需要进行同一离子不同能量下的多次辐照。

6.2.3 器件信息

试验方案应规定被测器件信息以及每次试验所需的试验样品数。试验方案还要标明器件类型、接受批以及其他关键信息。应对器件进行标识以便开帽后能够追溯,标识应在器件边缘,而不能在封盖上。只有预先电测试合格的器件才能进行重离子试验。从母体中随机抽取试验样品,应规定满足试验要求的样品数。应从批次中选择代表性样品进行验证试验。

6.2.4 电参数

试验方案应规定辐照前和辐照后需要测试的电参数。

6.2.5 试验条件

试验方案应标明每个试验样品的偏置和辐照条件。若受试器件不是在室温下进行试验,试验方案还应规定受试器件的壳温。

6.2.6 试验程序

试验方案应按照图 3 规定的试验程序。对特性试验,试验方案应规定初始偏置条件和偏置增量值。 V_{DS} 偏置增量值不能超过器件额定漏极击穿电压的 10%。试验验证应按图 4 规定的流程进行,试验方案应标明规定偏置值、每个偏置值下最少被试样品数以及试验后器件处理方法。应规定附加的电测试和特殊处理要求。

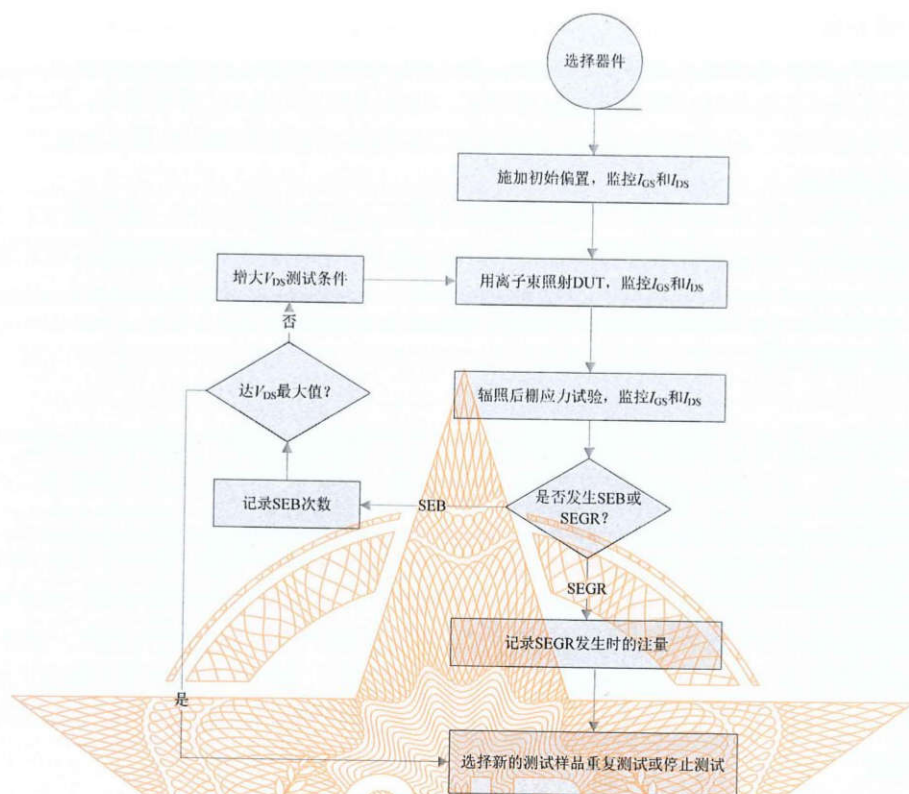


图3 试验方案流程—特性测试流程图示例

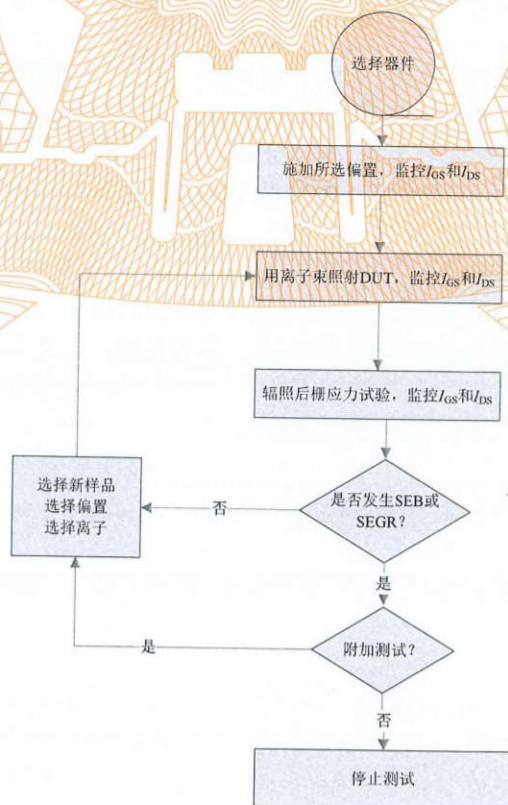


图4 试验方案流程—验证试验流程图示例

6.2.7 SEB/SEGR 检测

试验方案应规定在辐照之前、期间、之后监测漏极 I_{DS} 和栅极 I_{GS} 电流的程序, 此外, 辐照后栅应力测试中应监测栅极和漏极电流, 验证受试器件在辐照中未被损坏。

6.2.8 数据记录

试验方案应规定试验过程中需记录的数据。

6.2.9 报告要求

试验方案应按照第 7 章的要求规定试验文件。

6.3 辐照试验程序

试验方案是进行辐照试验的指导文件。典型的 SEB/SEGR 试验程序如下列所示:

- a) 试验人员应按照 SEB/SEGR 试验方案规定的注量率、注量、LET 范围以及离子束均匀性, 向操作人员明确所选择的离子类型和能量。应进行剂量测定以验证离子束参数符合规定要求。
- b) SEB/SEGR 测试板应固定在测试夹具固定架上。将所有必要电缆连接在测试板上和真空室中的导孔上。
- c) 测试仪器应尽可能靠近真空室。将所有必要电缆连接在测试硬件和真空室外的导孔上。
- d) 当测试系统安装好后, 应对系统的电连接和操作进行验证。注意可以通过施加 V_{GS} 和 V_{DS} 用电压表检测这些电压来进行快速验证。
- e) 完成测试系统验证后, 将所有需接地电极接地, 插入器件进行试验。按照正常 ESD 防护方法操作器件。器件安置在测试板之前应开帽。为了检查在开帽或将器件插入测试板过程中, 器件没有遭到损坏, 应对 I_{DS} 和 I_{GS} 进行简单电检测。
- f) 在完成器件验证后, 被测器件应对准离子束。关闭射束, 在将受试器件偏置设为 OV 后, 将受试器件对准离子束。注意某些加速器带有激光对准系统来进行这项工作。
- g) 完成位置对准后, 关闭真空室中的所有光照系统和激光系统。向受试器件施加所选的偏置条件, 开始监测漏极电流 (I_{DS}) 和栅极电流 (I_{GS})。注意光照和激光激发都会产生光电流, 可能会影响测量。
- h) 当一切都准备好后, 开启束流闸板, 用重离子束辐照受试器件。注意大多数加速器配备了离子束监测仪器, 监测并记录平均注量率、注量和离子束均匀性。当达到需要的注量值时, 关闭离子束, 终止辐照:
 - 1) 若进行 SEB 特性测试, 测试电路应包含有适当的防护技术和电流敏感回路。应记录每次辐照时的电流脉冲数 (见 4.1)。
 - 2) 若进行 SEGR 特性测试, 一旦探测到 SEGR, 即栅电流的任何显著变化, 就立刻关闭离子束流。记录失效时的离子注量。注意检测 SEGR 需要试验人员根据器件 SEGR 状态做出判断。
 - 3) 若进行 SEB/SEGR 验证试验, 应监测漏极电流 (I_{DS}) 和栅极电流 (I_{GS})。若记录到了电流变化 (典型说来, 设立标志, 例如: $I_{GS} > 1 \times 10^{-7} \text{A}$), 记录所有观测条件。
- i) 关闭离子束后, 进行辐照后栅应力测试。在辐照后栅应力测试过程中 (施加额定栅电压), 应监测栅极电流。若探测到电流变化 (典型说来, 可设立标志, 例如: $I_{GS} > 1 \times 10^{-7} \text{A}$), 记录所有观测条件;
- j) 在完成栅应力测试后, 记录所有有关试验数据。记录试验次数、离子类型、离子能量、范围、LET 值、平均注量率、注量以及试验条件 (V_{GS} 、 V_{DS})。在离子辐照之前、期间、之后记录栅极和漏极电流 (I_{DS} 和 I_{GS}) 变化; 在辐照后栅应力测试过程中记录漏极和栅极电流 (I_{DS} 和 I_{GS}) 的变化。确定试验运行状态。如试验为特性试验, 根据需提高试验条件或重新选择新器件。重复试验步骤。如试验为验证试验, 则选择下一组器件和试验条件, 重复试验步骤。

7 数据报告格式

试验数据/试验报告应包括以下信息：

- a) 器件类型、识别标志、产品批号以及日期代码；
- b) 试验日期以及试验人员姓名；
- c) 设施、加速器型号、离子源、能量、平均注量率、LET 值、在器件材料中的射程、注量；
- d) 测试电路或测试板框图；
- e) 每种离子束的剂量；
- f) 每次辐照的偏置条件；
- g) 记录观察到的 SEB/SEGR (电流变化)；
- h) 器件壳温 (仅当非室温情况下)。



2000 系列 机械性能试验

方法 2005 轴向引线抗拉试验

1 目的

本试验的目的是确定轴向引线玻璃壳二极管抗拉力的能力,即在经受拉力和控制温度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

本试验所需设备及要求如下:

- 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,则应采用约 5V 的电压箝位。
- b) 加载器,满量程刻度为 44N(或等效的),能测量 $35_{-3.5}^{+3.5}$ N。
- 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 $T_A=150^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ (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,将电监测设备与二极管引线相连,流过二极管的正向电流为 100 mA,同时记下正向电压。然后将二极管的环境温度增加到 150°C 。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。

在直流 100mA 下正向测试小信号开关二极管时,电流引起二极管发热,二极管的结温 T_j 比环境温度高约 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 的电压温度系数,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)。

4 失效判据

在施加 35 N 拉力期间,合格器件的正向电压增长不应大于 30mV。任何不稳定或开路均应认为二极管失效。

5 说明

有关的文件应规定以下内容:

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

应能满足详细规范的最低要求。

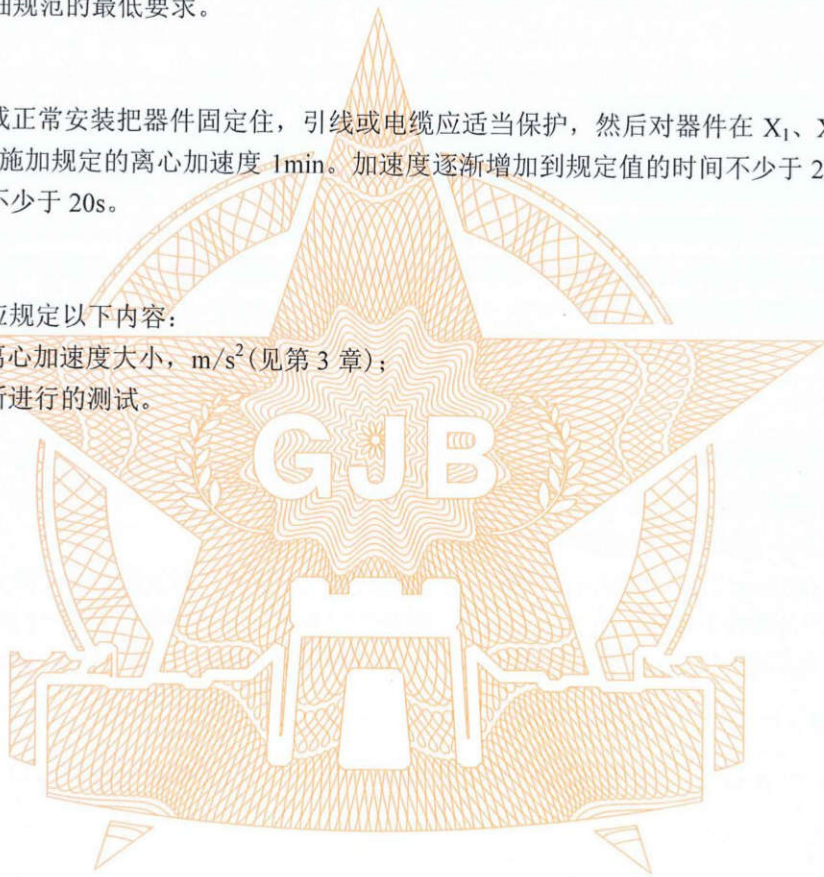
3 程序

应通过外壳或正常安装把器件固定住,引线或电缆应适当保护,然后对器件在 X_1 、 X_2 、 Y_1 、 Y_2 、 Z_1 和 Z_2 各方向上施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,加速度逐渐减到零的时间不少于 20s。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 所施加离心加速度大小, m/s^2 (见第 3 章);
- 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,例如由于粗野搬运、颠簸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 $\pm 20\%$,传感器的固有频率至少应为所测冲击脉冲频率的 5 倍。应在上升时峰值加速度的 10%和在衰减时峰值加速度的 10%两点之间测试脉冲持续时间。对于 2ms 以上(含 2ms)的规定持续时间,其绝对误差应不超过 $\pm 0.6\text{ms}$ 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,绝对误差应不超过 $\pm 0.1\text{ms}$ 或规定的持续时间的 $\pm 30\%$,取较大者。

3 程序

冲击试验设备应固定在稳固的试验室台面上或等效基面上,并在使用以前进行校平。通过外壳刚性地固定器件,对外引线作适当的保护。对器件在规定的方向上施加规定的冲击次数。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。应采取措施阻止托架再次冲击工作台面。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 说明

有关的文件应规定以下内容:

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

方法 2017 芯片粘附强度

1 目的

本试验的目的是确定半导体芯片与管座或其他衬底连接的牢固性。

2 设备

试验设备应包括一台加力仪，其准确度为满刻度的 $\pm 5\%$ 或 0.5N ，取其小者。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：

- 芯片接触工具，能缓慢将力均匀施加到芯片的一个边(见图 1)。
- 保证芯片接触工具正面与管座或衬底上的芯片安装面垂直。
- 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，对芯片加力的工具应从一端到另一端接触芯片的整个边(见图 2)。
- 双目显微镜，最小放大倍数为 10 倍以及有足够照明，试验时用来检查芯片和芯片接触工具界面。
- 对芯片面积小于 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)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 1、图 2 和图 3)，所用显微镜应至少能放大 10 倍。
- 试验条件 B 的工具：锤子、凿子或弹簧加载冲子是合适的。

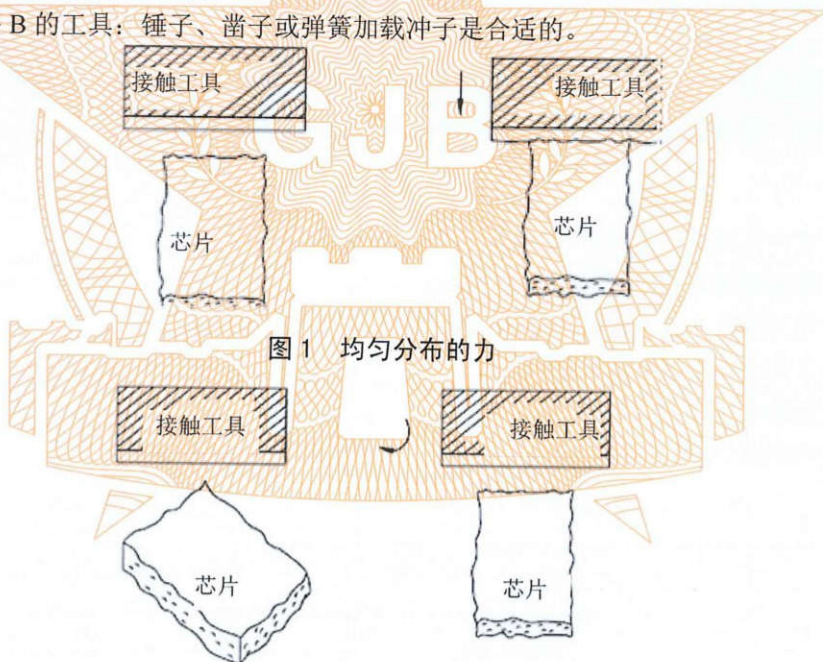


图 1 均匀分布的力

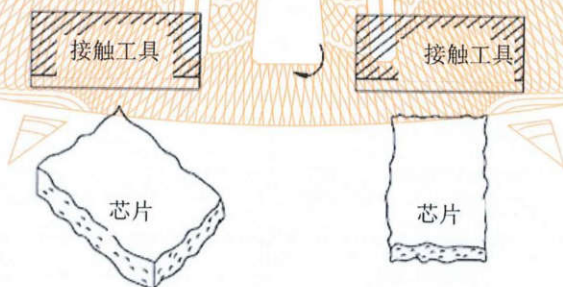


图 2 转动能力

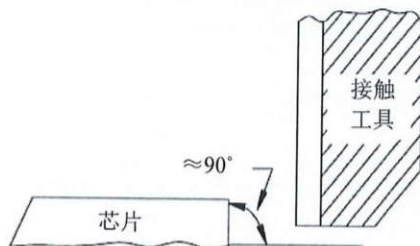


图 3 施加垂直力

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

3.1.1 通则

试验应按照本方法规定或按照与特殊器件结构相一致的适用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、接收及追加样品规定（该试验应认为是破坏性的）。

3.1.2 剪切强度

采用上述的设备（见第 2 章），对芯片施加足以使芯片从固定处切断的力，或对芯片施加规定的最低剪切强度（见图 4）2 倍的力，取最先出现的状态。

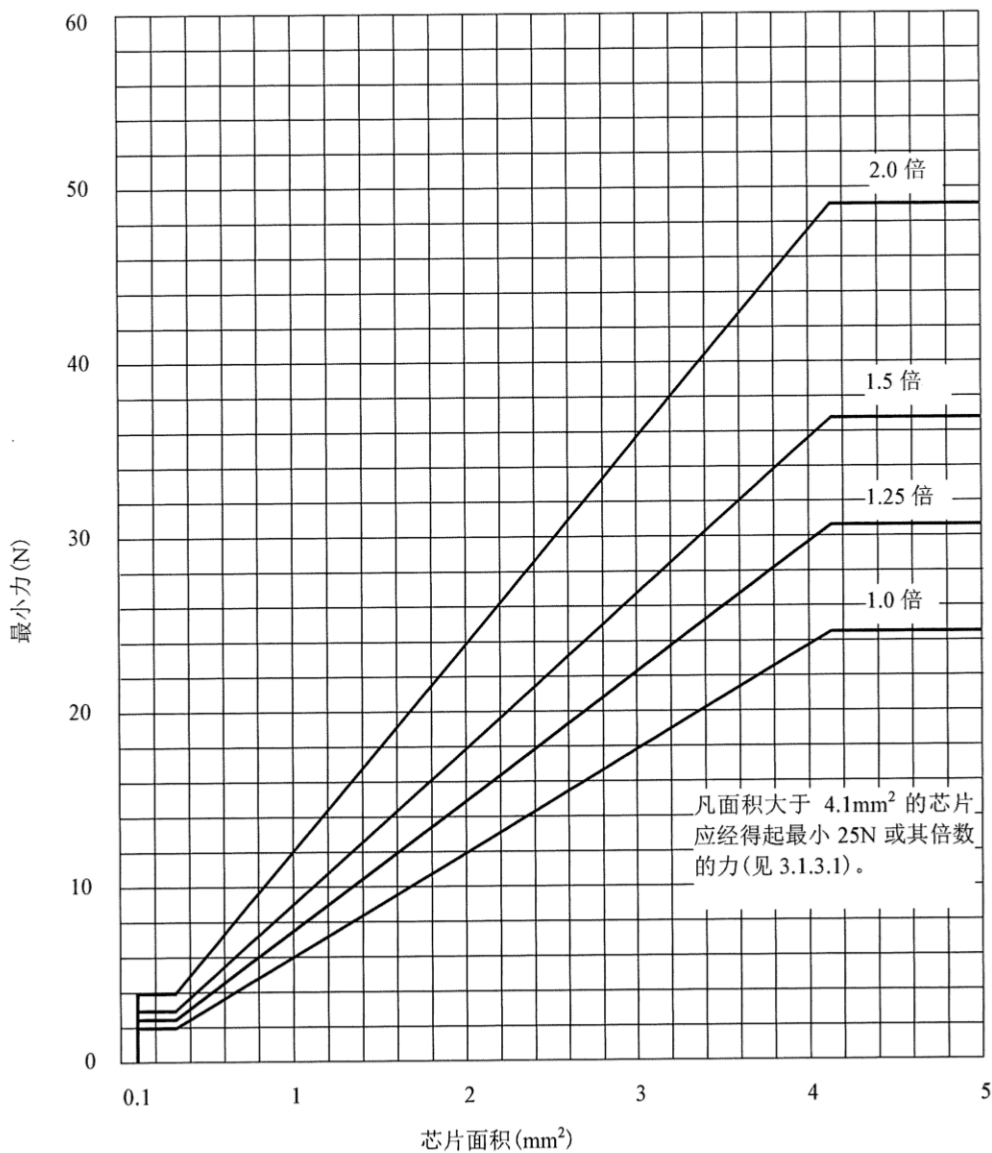


图 4 芯片剪切强度标准(最小力与芯片粘附面积的关系)

- 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，并垂直于被试芯片的一个边。
- b) 当使用带有杠杆臂的圆形测力计施加试验所要求的力时，它应能围绕杠杆臂轴旋转，而且运动应平行于管座或衬底表面并垂直于被试芯片的一个边，接触工具应接在水平杠杆臂适当的距离

上,以保证所加力的准确性。

- c) 芯片接触工具应对芯片的一个侧面缓慢地施加从零到规定值的力,该侧面应与芯片粘附的管座或衬底基面的夹角接近 90° (见图 3)。对于矩形芯片,将力垂直地加到芯片的长边上。当由于封装形状限制使上述选择均不可用时,芯片的任何可使用的边均可试验。
- 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)或芯片粘附材料产生接触。如果接触工具在芯片上方滑脱,可以用一个新芯片代替或芯片重新定位,但要符合第 5 章 b) 的要求。

3.1.3 器件接收判据

3.1.3.1 失效判据

如果芯片焊接区剪切后发生如下情况,则认为器件失效:

- a) 剪切力小于图 4 中 1.0 倍线规定的最低剪切强度要求;
- b) 剪切力小于图 4 中 1.0 倍线规定的最低剪切强度要求的 1.25 倍(即 1.25 倍线)且剪切后芯片粘附材料残留面积小于芯片粘附面积的 50%;
- c) 剪切力小于图 4 中 1.0 倍线规定的最低剪切强度要求的 1.5 倍(即 1.5 倍线)且剪切后芯片粘附材料残留面积小于芯片粘附面积的 25%;
- d) 剪切力小于图 4 中 1.0 倍线规定的最低剪切强度要求的 2.0 倍(即 2.0 倍线)且剪切后芯片粘附材料残留面积小于芯片粘附面积的 10%。

3.1.3.2 接收判据

如果芯片焊接符合下述情况,则认为器件合格:

- a) 用等于或大于图 4 中 1.0 倍线规定的最低剪切强度要求的 2.0 倍(即 2.0 倍线)的力没有切断;
- b) 残留的半导体材料的痕迹等于或大于芯片粘附面积的 50%而不管所加剪切力的大小(该判据只适用于芯片面积小于 1.65mm^2 的器件)。

粘附在芯片粘附区域内的不连续的残留半导体材料应认为是上述残留的半导体材料的痕迹。

3.1.3.3 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) 管座或衬底上有残余的半导体材料;
- b) 芯片与芯片粘附材料分离;
- c) 芯片和芯片粘附材料一起与管壳分离。

4 试验条件 B: 机械撞击

4.1 通则

试验条件 B 可用于下列器件:

- a) 仅在硅芯片的一个面上芯片与管壳或接触片之间有冶金焊接;
- b) 芯片两面与接触片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 40mm^2 的器件。

4.2 程序

将焊接好的芯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。将空洞的大小和密度与已建立的目检标准比较,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,或用凿子从侧面敲击,把芯片劈开。若用凿子劈开芯片,则应采用锤子敲击每一面,以暴露空洞。然后按上述方法进行目检。

4.3 注意事项

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碎片，必须戴防护镜，穿防护服；
- b) 硅材料破碎会产生锋利的棱边，操作中必须小心，以免造成伤害。

4.4 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%。

5 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 试验条件字母；
- b) 芯片最小粘附强度，如不同于图 4 所示(适用于条件 A)；
- c) 抽样大小和接收数(适用于条件 A)；
- d) 每批抽样数(适用于条件 B)。

方法 2026 可焊性

1 目的

本试验的目的是提供一种仲裁条件来评价那些用锡铅共晶焊料连接的器件引线(包括最大直径3.2mm的引线)的可焊性。这种可焊性的评价取决于这些引出端被锡铅共晶焊料涂覆时的浸润能力,以及形成适当的接触角的情况。这些程序将检验所用封装材料和工艺制造出的器件是否能够用锡铅共晶焊料成功地焊接到下一级组件。本试验包括预处理(水汽老化)程序,它可以模拟各种贮存条件下的自然老化过程,削弱那些处于临界涂覆的引线上提供的保护层。

2 设备

2.1 焊料槽

焊料槽尺寸应能容纳至少1kg的焊料,在浸焊料过程中,焊料应处于静止状态。该设备应能把焊料保持在规定的 $245^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度,并防止超过沾污程度。应使用至少750g焊料。

焊料槽中用于可焊性试验的焊料应每隔30d进行化学或光谱分析,沾污程度及锡含量必须在表1的范围内,否则应对其进行更换。若试验结果表明未接近沾污极限,分析间隔可以延长。

表1 焊料槽中杂质含量的最大极限

杂质	杂质允许最大含量 %
铜 ^a	0.300
金 ^a	0.200
镉 ^a	0.005
锌 ^a	0.005
铝 ^a	0.006
铈	0.500
铁	0.020
砷	0.030
铋	0.250
银	0.100
镍	0.010

^a 铜、金、镉、锌、铝含量之和不得超过0.4%。

2.2 浸焊料工具

应采用一种浸焊料工具,它能够按4.3的规定控制引出端出入焊料槽的速率,并控制在焊料槽内的停顿时间及浸入深度。样品的夹具不要与焊料槽接触,应通过正确设计,使沾附的焊剂减到最少,并保证试验结果的重复性。

2.3 光学设备

应采用放大倍数至少为10倍的双筒显微镜。

照明设备能对样品提供均匀的、无闪光的、全散射的照明。

2.4 水汽老化设备

应采用足以容纳样品的、耐腐蚀的容器。样品放置的位置必须能使样品的底部至少高出水面4cm~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4.2.2要求验证是否已达到规定的温度。

设备应至少每月(或在使用前)进行一次排空与清洗。根据水的电阻率、目检或洁净度,可能需要更频繁的清洗。清洗时必须使用无污染的溶剂。

3 材料

3.1 焊剂

焊剂应为符合标准 GB/T 9491—2002 规定的 R 或 RMA 型松香焊剂。

当焊剂不使用时,应加盖盖好,8 小时后应抛弃。或者,焊剂应维持在 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下,比重为 $0.842\text{g}/\text{cm}^3$ 至 $0.846\text{g}/\text{cm}^3$ 之间,使用一周后抛弃。

可焊性评价前用于清除引线及引出端焊剂的材料应能去除可见焊剂残留,清洁的表面应不存在机械损伤。

3.2 焊料

应采用 39 锡铅焊料(代号为 HLSnPb39,该焊料应符合标准 GB/T 3131—2001 的规定)。

3.3 异丙醇

应使用工业纯或纯度更高的、符合要求的异丙醇。

3.4 水

用于水汽老化的水必须是蒸馏水或去离子水。

3.5 计时工具

计时工具应自动计时(适用时),并满足试验方法的准确度要求。

3.6 铜标准缠绕线

4.3.3 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 $0.64\text{mm} \pm 0.13\text{mm}$ 。引线制备应按以下规定:

- a) 拉直并按合适的长度(至少 50mm)切断;
- b) 按要求去油并清洗,以保证引线表面无沾污;
- c) 浸入焊剂(GB/T 9491—2002 中规定的 RMA 型);
- d) 在 $245^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 浸入熔融焊料 5s;
- e) 在异丙醇中清洗,以去掉或溶解残留的 RMA 型焊剂;
- f) 如不立即使用,标准引线应贮存在清洁带盖的容器中。

4 程序

4.1 通则

应根据有关订购文件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,也可以从承制方的包装中取出后立即进行,或作为鉴定和质量一致性检验的一项试验。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、汗水等污染。试验步骤应包括以下操作:

- a) 必要时,对样品进行适当的预处理(见 4.2.1);
- b) 对全部样品进行老化(见 4.2.2);
- c) 加焊剂并把引出端浸入熔锡中(见 4.3);
- d) 完成浸焊料过程后,检查和鉴定被试验的引出端(见 4.3)。

4.2 样品准备及表面处理

4.2.1 引出端的预处理

试验前对引出端不得作擦拭、清洗、刮或摩擦性处理。应在详细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。

4.2.2 水汽老化

在加焊剂和随后的浸焊料之前,应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水蒸

汽中 $8\text{h} \pm 0.5\text{h}$ (符合 2.4 规定的容器)。试验处于不同海拔高度进行时,水汽温度应根据表 2 确定。老化过程中只允许间断一次,但时间不得超过 10min。器件在完成规定的试验时间后,应从试验设备中取出。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,但最长 72h。如果超过这一存贮要求,样品将不能用于试验。

当试验样品从设备中取出后,可以按照下述程序之一进行干燥处理:

- a) 在干燥环境中(推荐用干燥氮气),最高采用 100°C 烘焙且不超过 1h;
- b) 在室温环境下空气干燥至少 15min。

表 2 海拔高度与水汽温度的关系

海拔高度 m	水汽温度 $^{\circ}\text{C}$
0~305	93^{+3}_{-3}
305~610	92^{+3}_{-3}
610~914	91^{+3}_{-3}
914~1219	90^{+3}_{-3}
1219~1524	89^{+3}_{-3}
1524~1829	88^{+3}_{-3}

4.2.3 焊剂的使用

除另有规定外,被试验的引出端应按下列规定,在室温下浸入焊剂 5s~10s。然后在浸渍焊锡之前必须干燥 5s~20s。焊剂不用时必须盖住,每天至少更换一次。允许吸掉引出端上任何明显的焊剂滴。

不同类型封装,焊料和焊剂涂覆的最小深度分别规定如下:

- a) 双列封装指引线引出端展宽到最大肩宽的位置或到达外壳底面,取二者中离封口较远的位置;
- b) 径向引线封装(如扁平封装、顶部钎焊方形封装)指引线上离外壳不大于 1.3mm 的位置;
- c) 轴向引线封装(如金属圆形封装、针栅阵列封装和平板封装)指引线上到封装主体、或者到封装平面、或者到支座上距离不大于 1.3mm 的位置,取其离玻璃封口处最远的一个;
- d) 有引线片式载体(即 J 形引线封装、翼形引线封装)指引线上由基平面开始扩展的位置或引线上开始展宽的位置;
- e) 无引线片式载体指引出端能全部浸入的位置;
- f) 带有压扁扁平冲孔引出端的螺纹安装器件指平坦位置或比朝向器件本体的引出端的孔底低 1.3mm 的位置,取其小者。

4.2.4 镀金引出端的焊料浸渍

镀金引出端应采用两个焊料槽进行两次加焊剂和浸焊料处理。第一次浸入是为了净化引出端上的金。应配备两个焊料槽,为保证试验能按规定进行,应确保其中一个足够大,或者保证小焊料槽能严格监控所包含成分。

4.3 试验条件

4.3.1 试验条件 A: 焊料浸渍及观察试验(引线、绞线等)

4.3.1.1 通则

本试验是对直径大于 0.254mm 的元器件引线、实心线及绞线的焊料浸渍及观察试验。

4.3.1.2 设备

4.3.1.2.1 焊料槽

应使用满足 2.1 要求的焊料槽,焊料应满足 3.2 的要求。焊料槽温度应维持在 $245^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下,焊料

沾污控制应符合 2.1 的规定。

4.3.1.2.2 浸焊料装置

除另有规定外,应使用与图 1 类似的机械或机电式的浸焊料工具,浸入速度、停留时间及提出速度应在 4.3.1.3 规定的试验极限内。应保持馈通元器件引线对焊料表面垂直。有引线表面安装元器件应按与焊剂表面成 $20^{\circ}\sim 45^{\circ}$ (如果各方同意,也可按 90°) 角的方向浸入 (见图 2), 对任何给定的元器件种类,这一角度应保持一致。应将摇动、振动及其他无关运动减至最小。

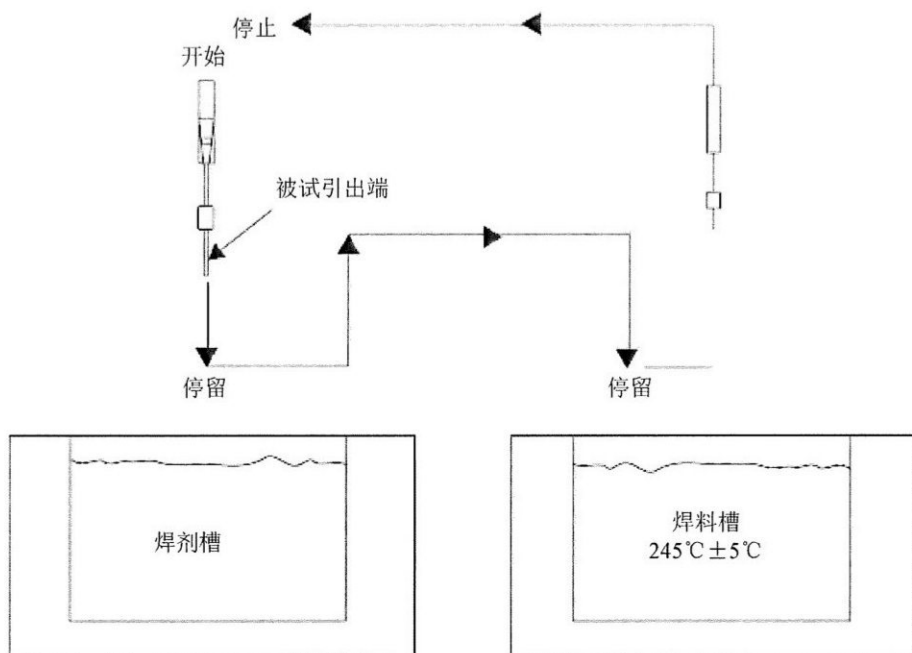


图 1 浸焊料示意图

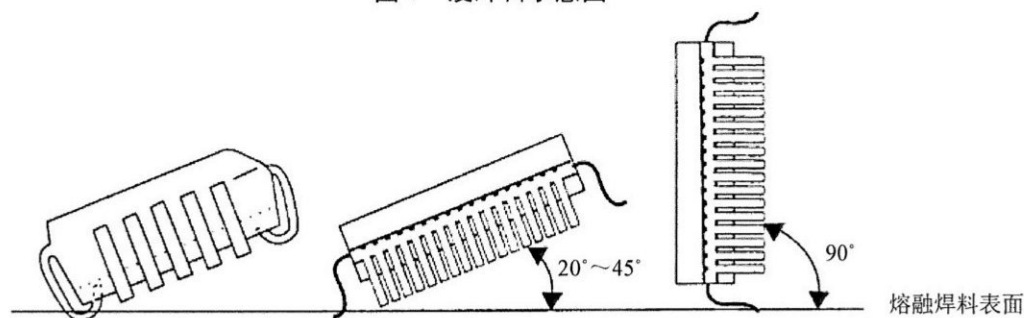


图 2 表面安装有引线元器件的浸焊料角度

4.3.1.3 准备

应按照 4.2 的规定准备样品。

4.3.1.4 程序

试验应按照以下程序进行:

- 浸焊料前,应从熔融焊料中撇去焊剂浮渣及焦渣;
- 涂焊剂样品浸入熔融焊料,焊料表面距通孔安装有引线元器件本体或底座小于 1.25mm (见图 3);
- 浸入提出速度为 $25\text{mm/s} \pm 6\text{mm/s}$, 停留 $5_{-0.5}^{+0}$ 秒;
- 提出后,在维持样品试验高度的同时,使焊料在空气中冷却固化;
- 检验前,应按 3.1 去除所有引线上的全部可见残余焊剂。

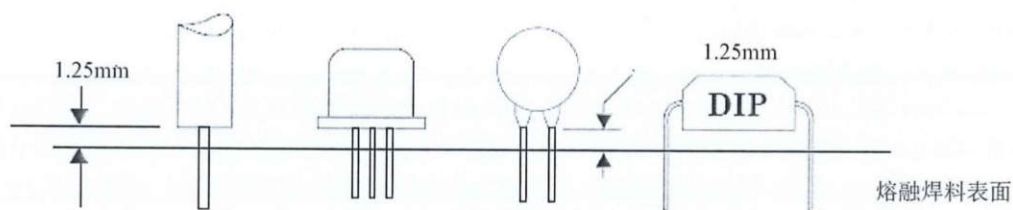


图3 馈通安装元器件的浸焊料深度

4.3.1.5 评价

4.3.1.5.1 放大倍数

元器件应在 2.3 规定的 10 倍放大设备下检查。对引线间距较小的器件(小于 0.5mm), 检验放大倍数应为 30 倍。

4.3.1.5.2 接收/拒收判据

对于任何一根引线, 至少 95%的面积覆盖有连续的无缺陷的焊料层。脱浸润、非浸润和针孔以外的异常不导致拒收(参见附录 A 和附录 B)。

4.3.2 试验条件 B: 焊料浸渍及观察试验(无引线元器件)

4.3.2.1 通则

本试验是无引线元器件的焊料浸渍及观察试验。

4.3.2.2 设备

4.3.2.2.1 焊料槽

应使用满足 2.1 要求的焊料槽, 焊料应满足 3.2 的要求。焊料槽温度应维持在 $245^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下, 焊料沾污控制应符合 2.1 的规定。

4.3.2.2.2 垂直浸焊料装置

除另有规定外, 应使用与图 1 类似的机械或机电式的浸焊料工具, 浸入速度、停留时间及提出速度应在 4.3.2.4 规定的试验极限内。无引线表面安装元器件应按与焊剂表面成 20° 至 45° 角的方向浸入。

4.3.2.3 准备

应按照 4.2 的规定准备样品。

4.3.2.4 程序

试验应按照下列程序进行:

- 浸焊料前, 应从熔融焊料中撇去焊剂浮渣及焦渣;
- 涂焊剂样品浸入熔融焊料最少 0.10mm (见图 4), 浸入提出速度为 $25\text{mm/s} \pm 6\text{mm/s}$, 停留 $5^{+0}_{-0.5}$ 秒, 大体积元器件可能需要在熔融焊料中停留更长时间;
- 提出后, 在维持样品试验海拔高度的同时, 焊料允许在空气中冷却固化;
- 检验前, 应按 3.1 去除所有引出端上的全部可见残余焊剂。

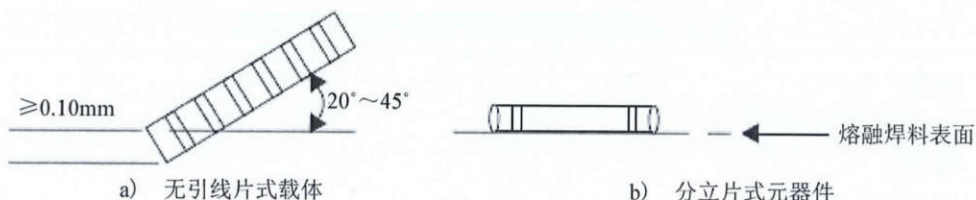


图4 无引线元器件浸入深度

4.3.2.5 评价

4.3.2.5.1 放大倍数

元器件应在 2.3 规定的 10 倍放大设备下检查。对引出端间距较小的元器件(小于 0.5mm), 检验放大倍数应为 30 倍。

4.3.2.5.2 接收/拒收判据

对于任一引出端，至少 95% 的面积覆盖有连续的无缺陷的焊料层。脱浸润、非浸润和针孔以外的异常不导致拒收(参见附录 A 和附录 B)。

4.3.3 试验条件 C: 缠绕线试验(接线片、接线耳、接线端、大绞合线)

4.3.3.1 通则

本试验是接线片、接线耳、接线端、截面积大于 0.82mm^2 的绞合线及直径大于 1.2mm 的实心线的缠绕线试验。

4.3.3.2 设备

4.3.3.2.1 焊料槽

应使用满足 2.1 要求的焊料槽，焊料应满足 3.2 的要求。焊料槽温度应维持在 $245^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 下，焊料沾污控制应符合 2.1 的规定。

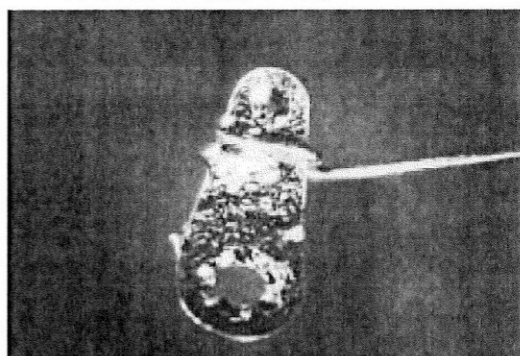
4.3.3.2.2 浸焊料装置

除另有规定外，应使用与图 1 类似的机械或机电式的浸焊料工具，浸入速度、停留时间及提出速度应在 4.3.3.4 规定的试验极限内。摇动、振动及其他无关运动应减至最小。

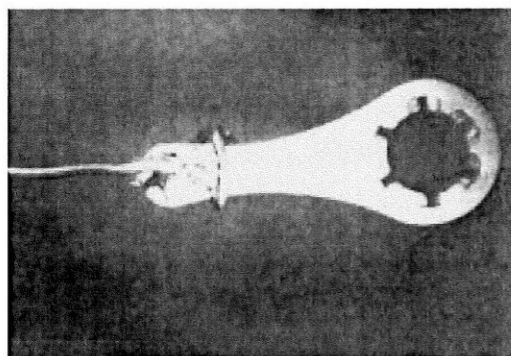
4.3.3.3 准备

应按照 4.2 的规定准备样品。

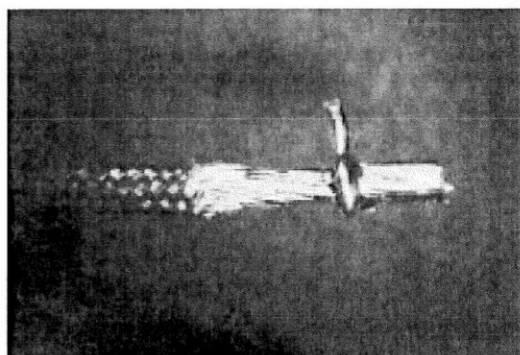
- 接线片、接线耳、接线端、截面积大于 0.82mm^2 的绞合线及直径大于 1.2mm 的实心线使用标准可焊线时，围绕样品被试部分，缠绕 1.5 圈。
- 3.6 规定的标准缠绕线缠绕后在浸焊料期间不应相对移动。图 5 是这种缠绕的示例。
- 若需要，在相关文件中应规定涉及样品缠绕部分的特殊说明。
- 对设计用于直径小于 0.6mm 引线的接线片、接线耳，3.6 规定的标准铜缠绕线应与接线片、接线耳设计容许的尺寸相同。



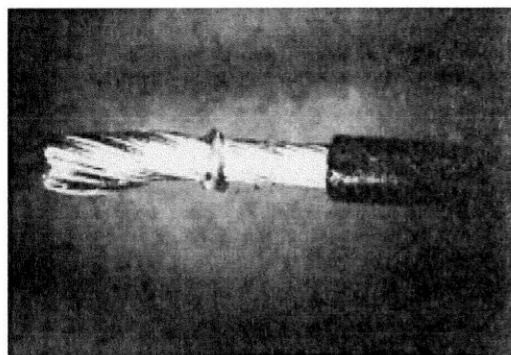
可接收的可焊接线端示例



不可焊接线端示例



可接收的可焊绞线示例



显示不完全轮廓线的局部可焊绞线示例

图 5 缠绕的示例图

4.3.3.4 程序

试验程序如下:

- a) 焊剂应处于室温;
- b) 引出端浸入焊剂中的最小深度应能覆盖被试表面;
- c) 被试表面应浸入焊料 5s~10s, 并允许晾 10s~60s;
- d) 引出端浸焊料前, 应从熔融焊剂中撇去焊剂浮渣及焦渣;
- e) 被试件系吊到浸焊料装置, 涂焊剂引出端浸入熔融焊料中一次, 深度与 4.3.3.4 b) 相同;
- f) 浸入提出速度为 $25\text{mm/s} \pm 6\text{mm/s}$, 停留 $7\text{s} \pm 0.50\text{s}$;
- g) 浸完后, 允许被试件在空气中冷却;
- h) 检验前, 应按 3.1 去除所有引出端上的全部可见残余焊剂。

4.3.3.5 评价

4.3.3.5.1 放大倍数

元器件应在 2.3 规定的 10 倍放大设备下检查。

4.3.3.5.2 接收/拒收判据

接线片、接线耳、接线端、截面积大于 0.82mm^2 的绞合线及直径大于 1.2mm 的实心线的可焊性接收判据为:

- a) 在标准缠绕线和引出端之间轮廓线总长度的 95% 与引出端表面相接触, 并且无针孔等异常;
- b) 粗糙的或不连续的接触线是一种缺陷。

存在缺陷的轮廓线长度百分比应通过实际测量确定。图 B.4 可以帮助评价 5% 的允许缺陷。

5 说明

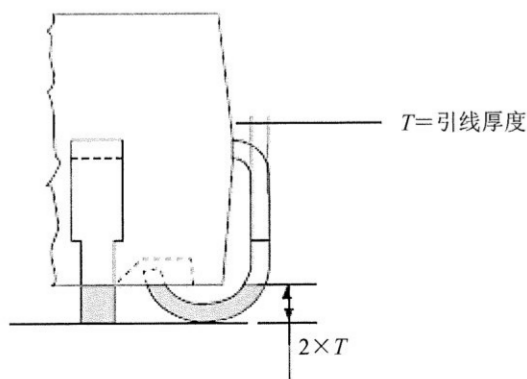
有关的文件应规定以下内容:

- a) 试验条件字母代码;
- b) 浸入深度, 若与本方法不同;
- c) 表面安装有引线器件的浸入角, 若不是 90° ;
- d) 试验后测试, 若适用。

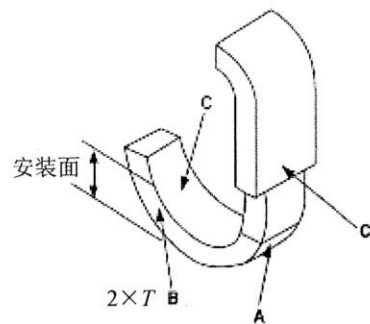
附录 A
(资料性附录)
元器件关键表面

A.1 “J”形引线元器件

“J”形引线元器件的关键表面见图 A.1。



a) 视图 1 “J”形引线元器件



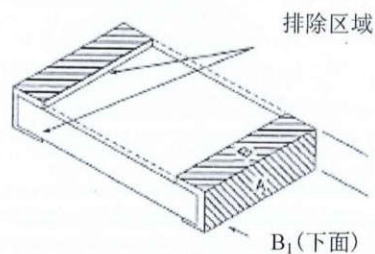
关键区域=“A”表面(等于 2 倍引线厚度)及 $2 \times T$ 区内的“B”边。

b) 视图 2

图 A.1 “J”形引线元器件

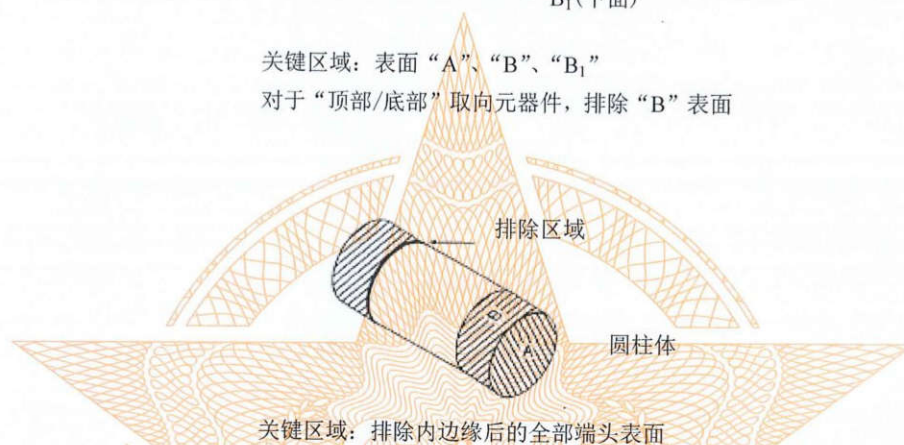
A.2 无源元器件

无源元器件的关键表面见图 A.2。



关键区域：表面“A”、“B”、“B₁”

对于“顶部/底部”取向元器件，排除“B”表面

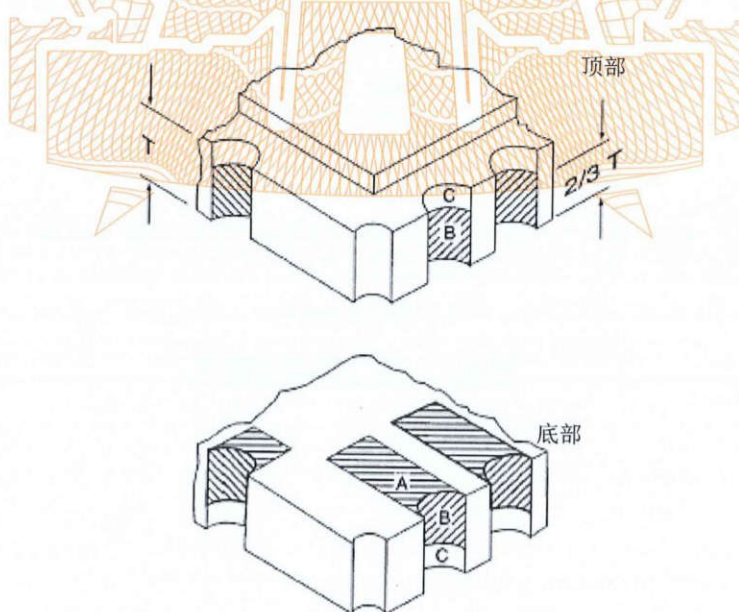


关键区域：排除内边缘后的全部端头表面

图 A.2 无源元器件

A.3 无引线片式载体

无引线片式载体的关键表面见图 A.3。

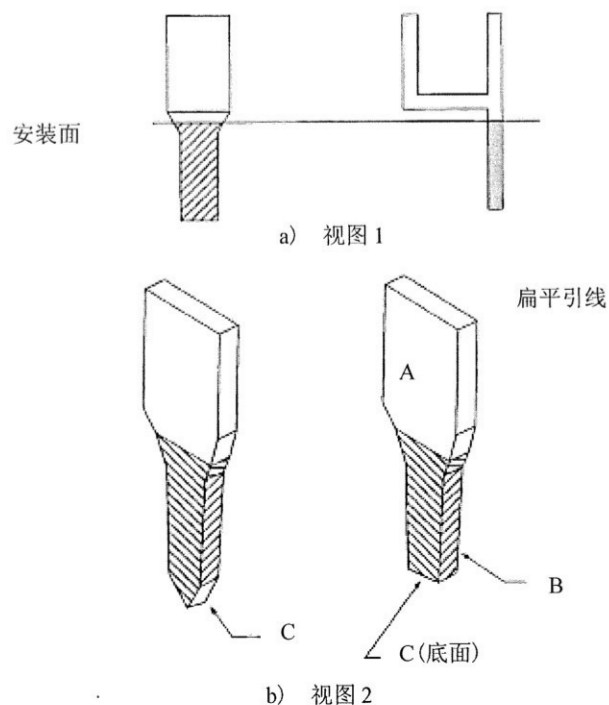


关键区域：全部接触区“A”（在底面）及金属化连接表面“B”和“C”的 2/3

图 A.3 无引线片式载体

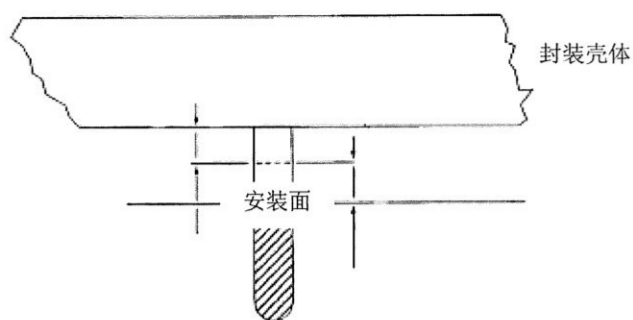
A.4 通孔元器件

通孔元器件的关键表面见图 A.4 和图 A.5。



关键区域：表面“B”、“C”或封装壳体底面下1.27mm(若无支座/安装面)

图 A.4 通孔元器件(非圆形引线)



关键区域：全部引线表面加安装面上0.75mm或封装壳体底面下1.27mm，取距离较小者

图 A.5 馈通孔元器件(圆形引线)

附录 B
(资料性附录)
条件 A 和条件 C 评价指南

B.1 试验条件 A 和 C 的评价指南

本附录为条件 A 和 C 提供评价指南。

B.2 圆形引线

圆形引线的缺陷测量或引线全部表面区域缺陷面积百分比估算比扁平矩形引线表面更困难。例如，观察圆形引线的圆柱形表面，一个圆形直径大小的缺陷变成平面时看起来是椭圆形，并且宽度比横向可见的引线表面更窄。

为帮助试验人员估算可焊性试验后缺陷占引线总面积的百分比，图 B.1、图 B.2 和图 B.3 给出了评价引线缺陷是否达到总面积的 5% 的指南。



图 B.1 判别针孔面积是否达到总面积的 5% 的指南

例如，当检验图 B.2 中直径 0.50mm、长 25.4f 的引线的表面时，10 个直径尺度的缺陷的面积等于引线全部表面积的 5%，40 个 1/2 直径尺度的缺陷的面积等于引线全部表面积的 5%，160 个 1/4 直径尺度的缺陷的面积等于引线全部表面积的 5%，也可计算不同尺度的缺陷的组合与引线全部表面积的百分比。图 B.3 以展开视图的形式给出了缺陷面积占引线总面积 1%、5% 和 8% 的图例。

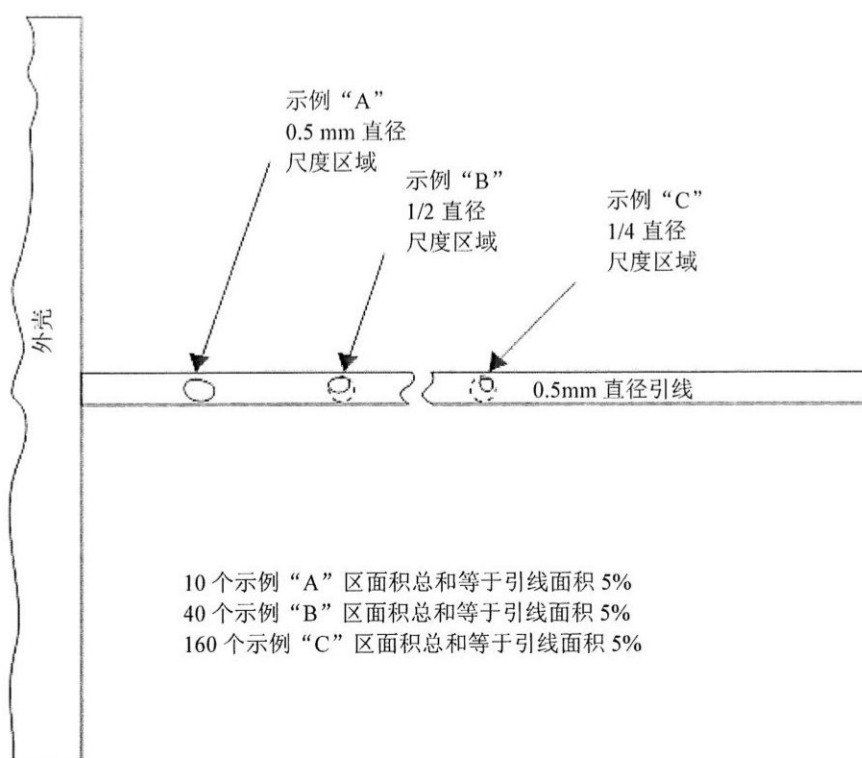


图 B.2 估算缺陷面积与总面积之比的指南

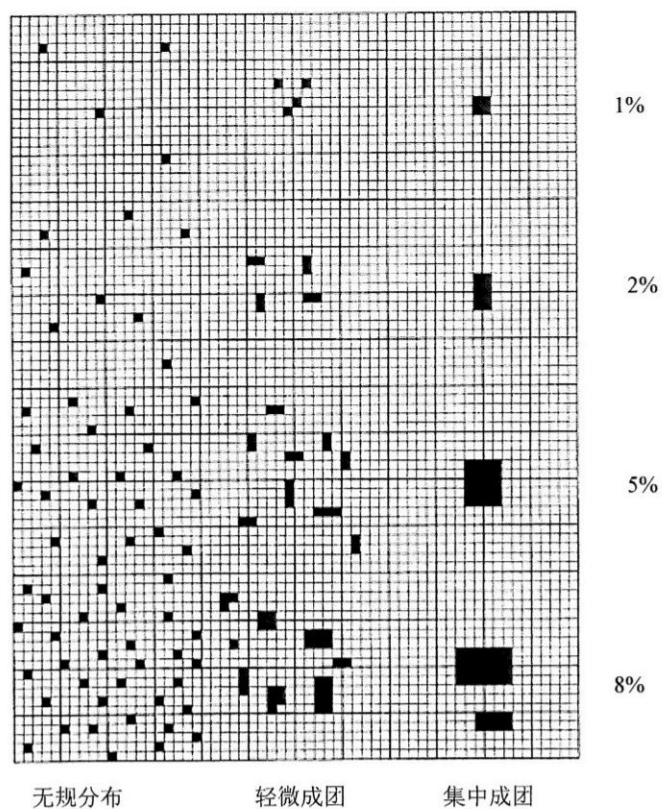


图 B.3 估算缺陷面积与总面积之比的指南(展开视图)

图 B.4 中给出了未被连续的新焊料覆盖的区域的缺陷的示例。

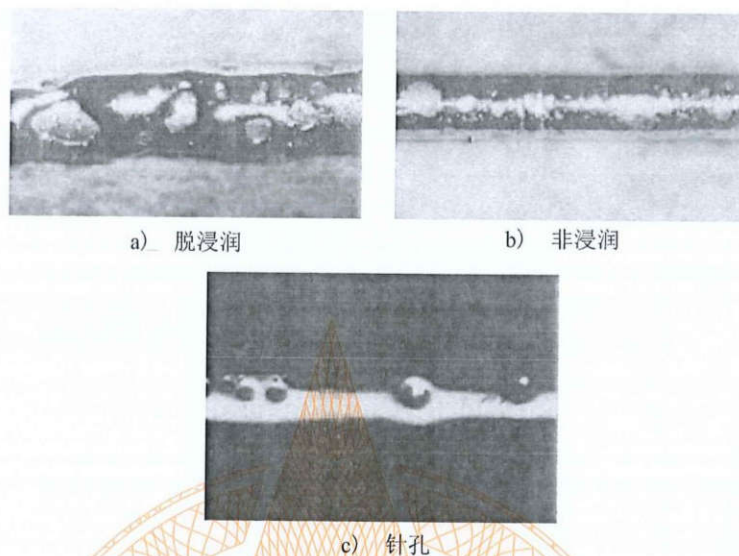


图 B.4 可焊性缺陷的类型

B.3 矩形引出端

矩形引出端缺陷占引出端总面积的百分比的示例见图 B.5。

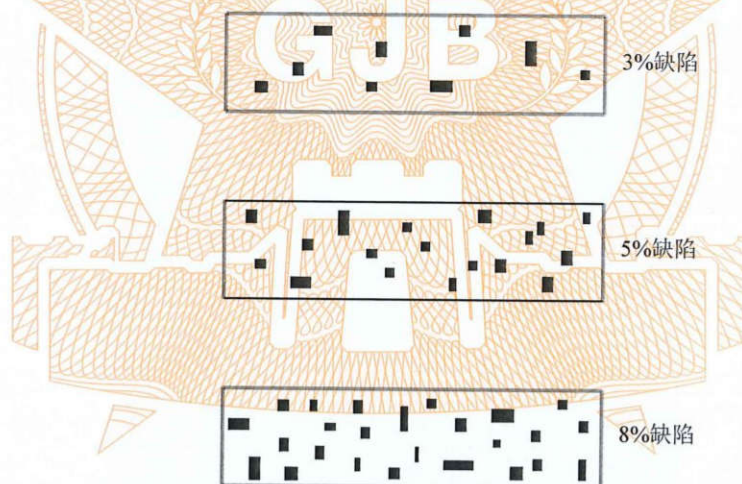


图 B.5 可焊性覆盖指南

B.4 堡形引出端

堡形引出端应符合与圆形引出端相同的判据。

方法 2031 耐焊接热

1 目的

本试验是为了确定引线及器件其他部分是否能承受焊接过程(烙铁焊、浸焊、波峰焊或回流焊)中遇到的高温。热量可能是通过引出端传导到器件的,也可能是器件本体太靠近焊料池时辐射到器件的,或两者都有。对于热辐射或传导,浸焊料法可以合理的模拟波峰焊时器件遇到的情况。本试验也用于评价回流焊对器件的影响。焊接热会引起焊料回流,影响器件的电性能,也会引起器件制造材料的机械损坏,如引出端或引线的松动、绝缘能力下降、焊封开口及机械焊缝强度降低。

本方法用来证实器件能够承受热焊料连接时的高温 and 热冲击,不用于评价敷形涂覆、印制线路设计、不良的热膨胀匹配以及因不适当预热或自动工具产生的错误加工。

器件应按照封装设计适用的焊料连接程序进行试验。例如,许多表面安装外壳安装时焊盘被遮掩,因此不适于进行烙铁试验。另外,烙铁决不能加热表面安装外壳的顶部以试图进行“热熔”焊接,这将导致永久损伤。

2 设备

2.1 焊料槽

应使用容积足够大的固定焊料槽,以容纳安装板(见 2.4)及浸焊料时浸没引出端至规定深度(不会触到焊料槽的底部)。设备应能将焊料维持在规定温度。焊料槽温度应在槽中心距焊料表面深度最少 12.7mm(但不深于 25.4mm)处测量。

2.2 热沉或防护

禁止使用热沉或防护,作为器件整体部分的热沉或防护除外。适用时,应在详细规范中规定热沉或防护,包括全部细节,如材料、尺寸、连接方法及必须保护的位置。

2.3 夹具

需要时,夹具应由不可焊材料构成,夹具设计应使其与器件接触最少(即最小散热),此外,当夹具固定器件时,不对器件施加过度的应力。

2.4 安装板

除另有规定外,应使用最小面积 58cm^2 (即 $7.6\text{cm} \times 7.6\text{cm}$ 、 $2.5\text{cm} \times 22.9\text{cm}$)、厚度 $1.57\text{mm} \pm 0.191\text{mm}$ 的玻璃纤维环氧树脂安装板。钻出的器件引线孔应使得引线孔与器件引线之间径向间隙不超过 0.38mm。不应使用金属孔。当详细规范中规定时,表面安装板应有足够大小与数量的焊盘以安装被试器件。

2.5 烙铁

应使用能将温度维持在 $350^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 的烙铁。

2.6 回流炉

回流炉或等效设备(气相回流炉、红外回流炉、空气循环炉)应具有足够容积以容纳安装板和被试器件。炉腔应能产生规定的加热速率、温度和环境。

2.7 温度测量

应使用不影响样品加热速率的重量较小的热电偶。推荐使用温度记录装置。在试验温度范围内,设备应能维持 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的测量精度。

3 材料

3.1 焊料

应采用 39 锡铅焊料(代号为 HLSnPb39,该焊料应符合 GB/T 3131—2001 的规定)。

3.2 焊剂

焊剂应为符合 GB/T 9491—2002 规定的 R 或 RMA 型松香焊剂。

3.3 气相回流炉液剂

应使用沸点为 215℃ 的全氟碳液。

4 程序

4.1 样品的特殊处理

试验前样品的任何特殊处理都应按照详细规范的规定进行。这可能包括对下面操作的具体说明：浸焊料前，引出端弯折或任何其他重新定位、清洗、使用焊剂、预镀锡、连接热沉或保护罩(见第 2 章)等。

4.2 焊料槽处理

应搅拌熔化的焊料以保证温度均匀，焊料表面应保持清洁、光亮。

4.3 焊剂使用

使用焊剂时，被试引出端应浸入焊剂(见 3.2)至规定浸焊料的深度，焊剂保持室温，浸入时间应为 5s~10s。

4.4 试验条件

4.4.1 抽样方案

除另有规定外，应对器件的全部焊接引出端进行试验。

4.4.2 试验条件 A：烙铁

试验应按下列程序进行：

- 当试验焊帽、接线片及接线柱或焊孔时，应该以适当的方式连接合适尺寸的引线(对焊接端进行适当处理)。当试验印制板安装器件时，器件应放置在安装板上(2.4)。
- 规定时，器件应加焊剂(见 4.3)。
- 除另有规定外，应使用符合 2.5 的烙铁。
- 烙铁应加热至 $350^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，并按表 1 规定加至引出端 4s~5s。烙铁应按其实际使用情况，尽量靠近器件本体，这是产品实际可能经受的情况。对表面安装器件，烙铁只能放置在焊盘上。
- 移去烙铁并让器件在室温条件下冷却稳定。若使用焊剂，应使用合适的清洗液清洗器件。
- 器件应在 10 倍放大倍数下进行目视检查。

表 1 试验条件

焊接技术模拟	试验条件	温度 ℃	时间 s	温度上升/浸入和取出速率	热循环 次数
烙铁	A	350 ± 10 (烙铁温度)	4~5	不适用	1
浸焊料	B	260 ± 5 (焊料温度)	10 ± 1	$25\text{mm/s} \pm 6\text{mm/s}$	1
波峰焊：顶部安装在 印制板上的产品	C	260 ± 5 (焊料温度)	20 ± 1	不适用	1
波峰焊：底部安装在 印制板上的产品	D	260 ± 5 (焊料温度)	10 ± 1	预热 $1^{\circ}\text{C/s} \sim 4^{\circ}\text{C/s}$ 至焊料温度 100°C 以内， $25\text{mm/s} \pm 6\text{mm/s}$	1
气相回流焊	H	215 ± 5 (蒸汽温度)	60 ± 5	不适用	1
红外/对流回流焊	I	215 ± 5 (器件温度)	30 ± 5	$1^{\circ}\text{C/s} \sim 4^{\circ}\text{C/s}$; 183℃ 以上时间：90s~120s	3
	J	235 ± 5 (器件温度)	30 ± 5	$1^{\circ}\text{C/s} \sim 4^{\circ}\text{C/s}$; 183℃ 以上时间：90s~120s	3
	K	250 ± 5 (器件温度)	30 ± 5	$1^{\circ}\text{C/s} \sim 4^{\circ}\text{C/s}$; 183℃ 以上时间：90s~120s	3

4.4.3 试验条件 B: 浸焊料

试验应按下列程序进行:

- a) 将器件放入合适的夹具(见 2.3)。
- b) 规定时, 引线应加焊剂(见 4.3)。
- c) 温度、浸入和取出速率、浸入时间、加热次数等特殊组合条件应按表 1 的规定。除另有规定外, 引出端应浸至距器件本体 1.3mm 以内。若器件几何外形允许, 引出端应同时浸入。
- d) 浸焊料后, 应让器件在室温条件下冷却稳定。若使用焊剂, 应使用合适的清洗液清洗器件。
- e) 器件应在 10 倍放大倍数下进行目视检查。

4.4.4 试验条件 C: 波峰焊—顶部安装在印制板上的产品

试验应按下列程序进行:

- a) 被试器件应安装在安装板上(见 2.4); 金属丝引线应穿过安装板上的孔, 并弯曲与安装板平面垂线至少成 30° 角。引线应从安装板底部伸出 1.3mm~2.5mm。除另有规定外, 轴向引线应在距本体、焊孔或焊缝 1.5mm~2.1mm 处弯曲成 90° 角;
若器件为刚性针柱形引线, 应保持整体引线长度不变。针柱形引线不应切割或折弯;
- b) 规定时, 引线应加焊剂(见 4.3);
- c) 温度、时间、加热次数等特殊组合条件应按表 1 的规定;
- d) 装在安装板上的器件应浸在焊料槽中, 使安装板底部漂浮在熔化的焊料上;
- e) 漂浮后, 应让器件在室温条件下冷却稳定。若使用焊剂, 应使用合适的清洗液清洗器件;
- f) 器件应在 10 倍放大倍数下进行目视检查。

4.4.5 试验条件 D: 波峰焊—底部安装在印制板上的产品

试验应按下列程序进行:

- a) 将器件放置在合适的夹具上(见 2.3)。
- b) 规定时, 引出端应加焊剂(见 4.3)。
- c) 温度、预热条件、浸入和取出速率、浸入时间、加热次数等特殊组合条件应按表 1 的规定。
- d) 应按 4.4.5 c) 的规定将器件预热并全部浸在焊料槽中。
- e) 浸完后, 应让器件在室温条件下冷却稳定。若使用焊剂, 应使用合适的清洗液清洗器件。
- f) 器件应在 10 倍放大倍数下进行目视检查。

4.4.6 试验条件 H: 气相回流焊

试验应按下列程序进行:

- a) 器件应装在安装板上(见 2.4), 通孔安装器件的引出端应插入引出端孔, 表面安装器件应放置在安装板顶部。
- b) 试验炉(见 2.6)应足够大以悬挂安装板而不会碰到炉壁或溶液。气相回流炉液剂应放在试验炉内并加热至沸腾。悬挂安装板前应让溶液沸腾 5min。
- c) 温度、暴露时间、加热次数等特殊组合条件应按表 1 的规定。
- d) 炉腔平衡后, 安装板应以水平方式悬挂在蒸汽中。安装板不得接触溶液。
- e) 加热后, 应让器件在室温条件下冷却稳定。若使用焊膏, 应使用合适的清洗液清洗器件。
- f) 器件应在 10 倍放大倍数下进行目视检查。

4.4.7 试验条件 I、J、K: 红外/对流回流焊

试验应按下列程序进行:

- a) 器件应装在安装板上(见 2.4), 通孔安装器件的引出端应插入引出端孔, 表面安装器件应放置在安装板顶部。
- b) 应使用 2.6 规定的试验炉。
- c) 应将热电偶紧密连接至器件远离边缘的合适位置。

- d) 温度、预热、时间及加热次数等特殊组合条件应按表 1 中试验条件 I、J 或 K 的规定。
- e) 安装板应放入试验炉内, 器件温度以 $1^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 至 $4^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 速率上升(用热电偶测量)。安装版组件在 183°C 以上温度保持 $90\text{s}\sim 120\text{s}$, 并保持在试验条件规定的最后温度及时间, 然后冷却至室温。这构成一次热循环。应进行 3 次热循环。
- f) 器件应在 10 倍放大倍数下进行目视检查。

5 检验和测量

适用时, 试验前后的检验和测量应按详细规范的规定。此后, 应按详细规范规定的时间, 让样品在室温条件下冷却稳定。

规定时, 试验后应对器件内部进行检验以确定是否存在焊料回流或热损伤。

6 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 禁止使用热沉或防护, 作为器件整体部分的热沉或防护除外(见 2.2);
- b) 安装板, 若与 2.4 规定不同;
- c) 焊料, 若与 3.1 规定不同;
- d) 焊剂, 若适用并与 3.2、4.1 和 4.3 规定不同;
- e) 不进行试验的焊接引出端, 适用时(见 4.4);
- f) 样品的特殊处理, 适用时(见 4.1);
- g) 熔化焊料中的浸入深度, 若与 4.4.3 规定不同;
- h) 试验条件字母(见 4.4);
- i) 最终检验及测量前的冷却时间(见 4.4 和第 5 章);
- j) 试验前后的检验及测量, 适用时(见第 5 章);
- k) 内部检验方法, 需要时(见第 5 章)。

方法 2036 引出端强度

1 试验条件 A—拉力

1.1 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。

1.2 设备

适当的夹具、老虎钳及手钳，用于固定器件及对器件引线施加规定重物而不限制引线活动。

1.3 程序

在每个引线或引出端上无冲击地加上规定的重物。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。用手钳或等效工具，在规定的时间内把规定的重物(包括夹具)无冲击地悬挂在引线末端上，并保持至少 $10s \pm 1s$ ，应尽可能靠近每个引线末端拴挂重物。施加到引线上的重量(换算成 N)应按照表 1 的规定。解除应力后用 10 倍放大镜检查，发现有断裂(密封弯月面处的除外)、松动或引线和器件管体之间出现相对移动均应算作器件失效。

表 1 引出端标称截面积与相应拉力的对应

标称截面积 mm ²	相应的圆截面引出端直径 mm	拉力(容差为±10%) N
≤0.05	$d \leq 0.25$	1
$0.05 < S \leq 0.1$	$0.25 < d \leq 0.35$	2.5
$0.1 < S \leq 0.2$	$0.35 < d \leq 0.5$	5
$0.2 < S \leq 0.5$	$0.5 < d \leq 0.8$	10
$0.5 < S \leq 1.2$	$0.8 < d \leq 1.25$	20
$S > 1.2$	$d > 1.25$	40

对于圆截面引出端，带状引出端或插头，其标称截面积等于详细规范规定的标称尺寸的计算值。对于绞合线引出端，其标称截面积为详细规范规定的单股引出截面积的总和。

1.4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 除另有规定外，加到引线上的重量(见 1.3)；
- b) 加重物的时间，若不是 $10s \pm 1s$ (见 1.3)；
- c) 试验后测试。

2 试验条件 D1—转矩(引线或引出端)

2.1 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。

2.2 设备

适当夹具、固定装置及力矩扳手或加规定转矩的其他适当工具(不限制引线活动)。

2.3 程序

用适当的夹具把器件管体牢固地夹紧，按规定的时间，对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施加规定的力矩，且施加在引线或引出端与壳体之间会引起引线或引出端松动

的方向。

除另有规定外,在规定的时间内沿二极管轴向在引出端间无冲击地施加 $0.17\text{N}\cdot\text{m}$ 的力矩,应在会引起引出端松动的方向上施加力矩。应允许承制方推荐夹紧的方法。

去掉应力后,使用 10 倍放大倍数检查,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出现相对移动,应算作器件失效。

2.4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 施加力矩大小(见 2.3);
- b) 施加力矩的时间(见 2.3);
- c) 试验后的测试。

3 试验条件 D2-转矩(螺栓)

3.1 目的

本试验是为了检验螺栓型器件在安装时耐拧紧应力的能力。

3.2 设备

适当夹具、固定装置以及力矩扳手或施加规定力矩的其他适当工具。

3.3 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六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。在规定的时间内,无冲击地把规定的力矩加到螺母上,然后从器件上拆下螺母和垫圈,并检验器件是否符合要求。

3.4 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 $1/2$ 螺距以上;
- c) 器件有明显的机械变形,例如螺纹剥落、管座变形及螺栓弯曲;
- d) 通不过规定的试验后和终点测试。

3.5 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 加力矩的大小(见 3.3);
- b) 加力矩的时间(见 3.3);
- c) 试验后的测试。

4 试验条件 E-引线疲劳

4.1 目的

本试验是为了检验器件引线抗金属疲劳的能力。

4.2 设备

规定的重物和适当的夹具或固定装置。

4.3 程序

适用时,在每个器件上试验两根引线。适用时,接循环规则选择引线,即第一个器件上编号为 1-2 的引线,第二个器件上的 2-3 引线。除另有规定外,把一个 $225\text{g}\pm 15\text{g}$ 的重物加到每根引线上,使管壳与引线成 $90^\circ\pm 5^\circ$ 弧 3 次。弯成弧的定义为:无扭力地移动管壳到垂直于拉力轴位置,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。在 $2\text{s}\sim 5\text{s}$ 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,应算作器件失效。

4.4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 加到引线上的重物, 若不是 $225\text{g} \pm 15\text{g}$ (见 4.3);
- b) 弯曲次数, 如不是三次 (见 4.3);
- c) 试验后的测试。

5 试验条件 F-弯曲应力

5.1 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。

5.2 设备

固定装置, 如适当夹具或用于螺栓安装器件的其他支架。

5.3 程序

5.3.1 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, 在尽量接近另一根引线或管脚的顶端处, 与器件基准轴成 90° 角无冲击地施加规定的力。

5.3.2 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, 使器件基准轴处于水平位置, 将器件牢固地固定住。用手钳或等效的工具把规定的重物挂在接线片的支点上, 其时间按规定。

5.3.3 失效判据

去除应力后, 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间出现相对移动, 应算作器件失效。

5.4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 预处理和条件, 需要时;
- b) 固定到引线上的重物 (见 5.3);
- c) 试验方法 (见 5.3.1 和 5.3.2);
- d) 加重物的时间;
- e) 试验后的测试。

方法 2037 键合强度(破坏性键合拉力试验)

1 目的

本试验的目的是测量键合强度、评价键合强度分布或确定键合强度是否符合相关文件所规定的要求。本试验适用于通过焊接、热压、超声或其他工艺键合的金属丝连接的微电子器件,其封装内部的键合种类分为:金属丝-芯片键合、金属丝-衬底键合或金属丝-封装引线的键合。本试验也适用于器件的外部键合(如器件引出端-衬底或线路板的键合)或非金属丝键合器件(如梁式引线或倒装芯片器件)的芯片与衬底之间的内部键合。

2 设备

按规定试验条件要求,对键合点、引线或引出端施加规定应力的合适设备。已校准的设备应能指示施加的外力(mN),提供的测量范围应达到规定的最小极限值的两倍,准确度为指示值的 $\pm 5\%$ 或 $\pm 2.5\text{mN}$ (取较大者)。

3 程序

3.1 通则

应采用与给定器件结构相符的、详细规范中规定的试验条件进行试验。应对所有的试验进行计数,适用时,遵守规定的抽样、接收及追加样品的规定。除另有规定外,对于表1中试验条件A、C和D,抽样方案中的抽样数是指键合丝的数量,而不是器件的数量,被测键合丝应从最少4个器件中随机抽取。按表1中试验条件D、F、G和H进行的键合拉力试验,虽然同时涉及到两个或多个键合点,但是对于键合强度及抽样数量来说,应视为一次拉伸。除另有规定外,对于试验条件F、G和H,规定的抽样数是被试芯片数(不是键合数)。对于多芯片器件(所有试验条件),应采用最少两个完整器件、最少4个芯片(若不够4个芯片,则采用全部芯片)。在芯片下面、上面或周围,若存在任何可明显增加键合强度的粘附剂、密封剂或其他材料,应在使用这些材料之前进行键合强度试验。

当倒装芯片或梁式引线芯片与衬底键合而不是在成品器件中键合时,应满足下列条件:

- 从成品器件使用的同一批芯片母体中随机抽取本试验的芯片样品;
- 在键合成品器件的同一时间内,用同样的键合设备键合本试验的芯片;
- 在加工成品器件衬底的同一时间内,用同样的方法对本试验的芯片衬底进行加工、金属化及其他处理。

3.2 试验条件

3.2.1 试验条件 A(键合拉脱)

本试验通常用于器件封装的外部键合。引线(或引出端)及器件封装应以适当方式夹紧或固定,以方便在引线(或引出端)和线路板(或衬底)之间以规定角度施加拉力。除另有规定外,应使用 90° 角。当发生失效时,应记录引起失效的力及失效种类。

表1 最低键合强度

试验条件	金属丝成分和直径 ^a μm	结构 ^b	最低键合强度 mN	
			密封前	密封后及其他任何加工、 筛选后(适用时)
A	—	—	适用文件中规定	适用文件中规定
C或D	Al 18 Au 18	金属丝	15 20	10 15

表 1 (续)

试验条件	金属丝成分和直径 ^a μm	结构 ^b	最低键合强度 mN	
			密封前	密封后及其他任何加工、 筛选后(适用时)
C 或 D	Al 25	金属丝	25	15
	Au 25		30	25
C 或 D	Al 32	金属丝	30	20
	Au 32		40	30
C 或 D	Al 33	金属丝	30	20
	Au 33		40	30
C 或 D	Al 38	金属丝	40	25
	Au 38		50	40
C 或 D	Al 76	金属丝	120	80
	Au 76		150	120
F	任何规格	倒装芯片	50mN 乘键合(凸点)数	
G 或 H	任何规格	梁式引线	按照未变形(键合前)梁的标称宽度, 键合强度为 300mN/mm ^c	

^a 对于表中未规定的金属丝直径, 用图 1 中的曲线确定键合拉力极限值。
^b 对于带状金属线, 使用与被试带状金属线的横截面积相同的等效圆金属丝的直径。
^c 对于条件 G 或 H, 应通过拉断力除以键合前梁的标称总宽度确定键合强度。

3.2.2 试验条件 C(金属丝拉力, 单键合点)

本试验通常用于微电子器件芯片(或衬底)和引线框架上的内部键合。应切断连接芯片或衬底的金属丝, 以便在两端都能进行拉力试验。在金属丝较短的情况下, 有必要靠近一端切断金属丝以便在另一端进行拉力试验。用合适的装置将金属丝夹紧, 以适当的方式对金属丝或夹紧装置(将金属丝夹紧)施加拉力, 施加的拉力大致垂直于芯片或衬底的表面。当发生失效时, 应记录引起失效的力及失效种类。

3.2.3 试验条件 D(金属丝拉力, 双键合点)

本试验程序与试验条件 C 的相同, 但应按下述方法施加拉力: 固定住器件, 在引线金属丝(附于芯片、衬底或管座或两者)下方插入一个钩子, 拉力大致施加到金属丝中间位置, 拉力方向大致与芯片或衬底的表面垂直, 或者大致与两键合点间的直线垂直。当发生失效时, 应记录引起失效的力及失效种类。表 1 给出最小键合强度, 图 1 用于确定表 1 未规定的金属丝直径的最小键合强度。对于直径(或等效截面)大于等于 0.13mm 的金属丝, 若金属丝下不适合使用钩子, 可使用合适的夹具代替钩子。

3.2.4 试验条件 F(键合剪切力, 倒装芯片)

本试验通常用于半导体芯片和衬底间以面键合结构连接的内部键合, 也可用于试验衬底和安装芯片的中间载体或二次衬底之间的键合。在主衬底正上方的某点, 使合适的工具或劈刀与芯片(或载体)接触, 施加的力垂直于芯片(或载体)的一个边并平行于主衬底, 逐渐增加施加的剪切力并最终使键合失效。当发生失效时, 应记录失效时的力及失效种类。

3.2.5 试验条件 G(推开试验, 梁式引线)

本试验通常用于工艺过程控制, 采用的样品是半导体芯片键合到专门制备的衬底上, 因此该条件不能用于生产或检验批的随机抽样试验。应采用带小孔的金属化衬底, 适当位于中心的小孔应足够大以便为推压工具提供间隙, 但不至于大到影响键合区。推压工具应足够大以便试验期间使器件断裂减到最小, 但不至于大到与固定键合区内的梁式引线相碰。按下述方式进行推开试验: 牢固固定衬底, 通过小孔插入推压工具, 推压工具与硅器件的接触应无明显冲击(小于 0.254mm/min), 以恒定速度对键合器件下侧加力。当发生失效时, 应记录失效时的力及失效种类。

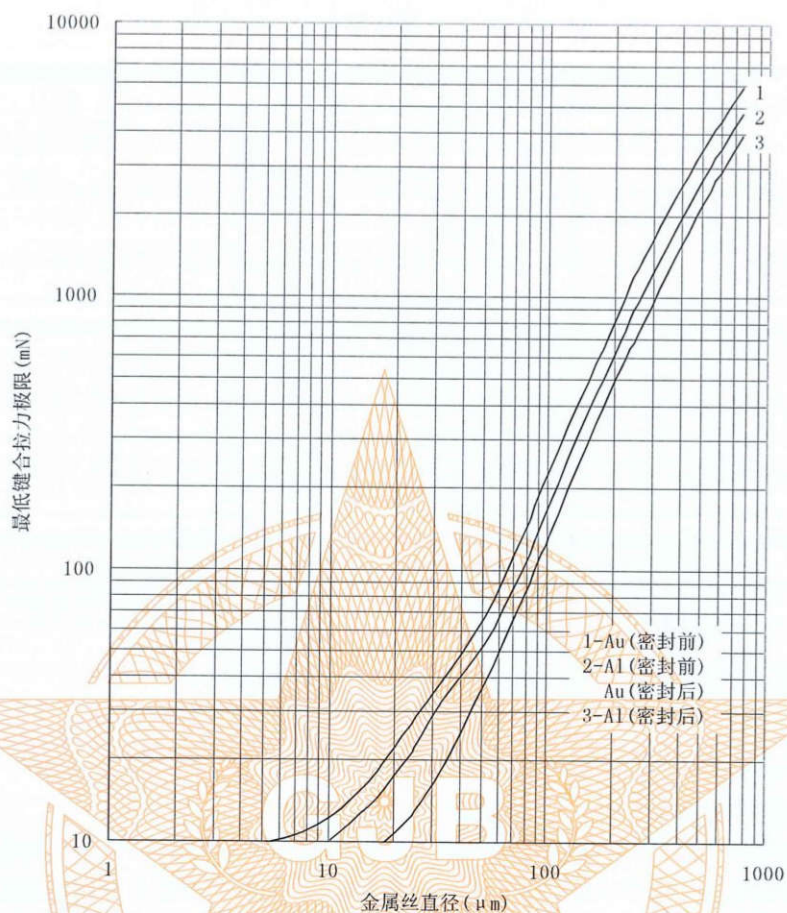


图1 最低键合拉力极限

3.2.6 试验条件 H (拉开试验, 梁式引线)

本试验通常用于对键合到陶瓷或其他合适衬底上的梁式引线器件进行抽样检验。应对拉开设备进行校准(见第2章)。设备包括拉开杆(即镍铬或可伐丝制作的环), 通过硬凝固粘合剂(即热敏聚醋酸乙烯酯树脂粘合剂)与梁式引线芯片背面(顶端)相连。把衬底牢固地装在拉开夹具中, 使拉开杆与粘合材料牢固地机械连接。在垂直方向的 5° 角内施加拉力, 拉力不小于算出的力(见3.2), 或直至把芯片拉到离开衬底以上2.54mm。当发生失效时, 应记录失效时的力、计算的拉力极限值及失效种类。

3.3 失效判据

3.3.1 通则

对于指定的试验条件、引线成分和结构, 所加的拉力小于表1规定的最低键合强度时导致断离, 则视为失效。

3.3.2 失效种类

规定时, 应记录达到断离所需的力和断离或失效种类, 失效分类如下:

a) 对内引线键合:

- 1) 金属丝在颈缩点处(由于键合而减小了截面)断开;
- 2) 金属丝在颈缩点外其他处断开;
- 3) 芯片上键合点(金属丝和金属化层之间界面)失效;
- 4) 衬底、外壳引线柱上或芯片外其他键合点(金属丝和金属化层之间界面)失效;

- 5) 金属化层从芯片上浮脱;
 - 6) 金属化层从衬底或外壳引线柱上浮脱;
 - 7) 芯片破裂;
 - 8) 衬底破裂。
- b) 对把器件连接到线路板或衬底的外部键合:
- 1) 引线或引出端在变形点处(受焊接影响的部位)断开;
 - 2) 引线或引出端在不受焊接工艺影响的部位断开;
 - 3) 键合界面(引线或引出端和线路板或衬底导体间的焊接界面处)失效;
 - 4) 导体从线路板或衬底上浮脱;
 - 5) 线路板或衬底破裂。
- c) 对倒装芯片结构:
- 1) 键合材料或衬底键合区失效(适用时);
 - 2) 芯片(或载体)或衬底(紧靠键合处下面的芯片或衬底失去一部分);
 - 3) 金属化层浮脱(金属化层或键合基底从芯片(或载体)或衬底上分离)。
- d) 对梁式引线器件:
- 1) 硅片破碎;
 - 2) 梁从硅片上浮脱;
 - 3) 梁在键合处断裂;
 - 4) 梁在硅片边缘处断裂;
 - 5) 梁在键合边和硅片边缘之间断裂;
 - 6) 键合点浮脱;
 - 7) 金属化层从芯片上浮脱(金属化层分离), 键合区分离;
 - 8) 金属化层浮脱。

射频/微波器件要求非常平的金属丝弧度, 这可能会造成错误的拉力数据, 可用公式(1)确定合适的引线拉力数值。

$$V_1 = V_2 \sin \theta \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中:

V_1 ——拉力试验的新值;

V_2 ——表 1 中与试引线直径对应的值;

θ ——计算的最大引线弯曲角(图 2)。

此外, 若射频/微波器件含有拉力钩不能插入的金属丝, 必须在生产过程中专门制备使拉力钩可以插入进行拉力试验的试验样品。应在生产中键合器件的同时, 使用同样的设备、程序及人员, 键合试验样品金属丝。对试验样品金属丝进行拉力试验, 以代替器件上的调谐金属丝或拉力钩不能插入的金属丝。试验样品失效应认为是产品的失效, 应按照适用的规范(见图 3)采取相应措施。

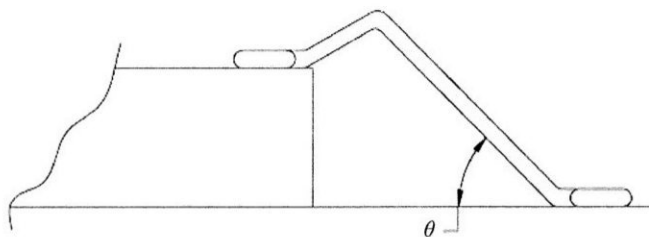


图 2 引线弯曲角度

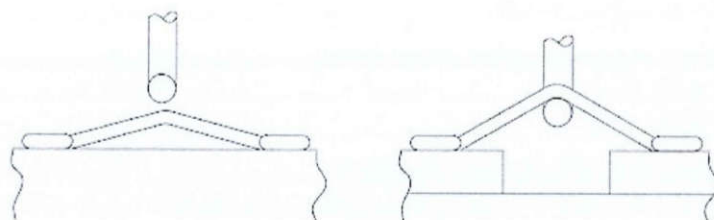


图3 平弧形金属丝拉力试验

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 试验条件字母(见第3章)；
- b) 最低键合强度，如不同于3.2规定；或要求的键合强度分布细节，适用时；
- c) 抽样数和可接收数；或每个器件试验的拉伸数和拉伸选择，及器件数(如不是4只器件)；
- d) 对试验条件A，拉力角度(如不是90°)，及键合强度极限值(见3.3)；
- e) 分离力及失效种类报告的要求，适用时(见3.3.2)。



方法 2038 金属电极无引线玻璃封装器件引出端强度和整体安装强度试验

1 目的

本标准规定了金属电极无引线玻璃封装器件引出端强度和整体安装强度试验方法。

本方法模拟金属电极无引线玻璃封装器件在安装、使用和返工时受到的应力情况,考核器件承受这些应力的能力。

2 试验前和试验后的检查

2.1 试验前的检查

试验前,应使用 10 倍放大倍数的放大镜对器件进行检查,器件不应有裂纹。

器件的常温电参数应符合相关详细规范的要求。

2.2 试验后的检查

试验后,应使用 10 倍放大倍数的放大镜对器件进行检查,器件不应有裂纹。

器件的常温电参数应符合相关详细规范的要求。

3 试验条件 A—温度循环

3.1 器件的安装

应将器件安装在 51mm×51mm×1.6mm 的 FR4 型印制电路板的中心位置,印制电路板的尺寸和类型也可由相关文件规定。推荐使用回流焊进行焊接。

3.2 程序

应按本标准方法 1051 对组件进行温度循环试验。试验条件可从本标准方法 1051 的表 1 中选取或按相关文件规定,默认条件为条件 B。温度循环的次数为 10 次或按相关文件规定。

3.3 说明

有关文件应规定以下内容:

- a) 印制电路板的尺寸和类型(如与 4.1 规定不同时);
- b) 器件的安装方式;
- c) 温度循环试验的条件(如不是条件 B);
- d) 温度循环试验的次数(如不是 10 次);
- e) 试验前后的检查(见 2)。

4 试验条件 B—拉力试验

4.1 程序

应将器件一端固定,在器件轴向方向无缓冲地对器件另一端施加规定大小的拉力并保持 1min。

对采用 DO-213AA 型封装的器件,拉力大小为 2.5kg;对采用 DO-213AB 型封装的器件,拉力大小为 5 kg。对采用其他封装的器件,拉力大小由相关详细规范规定。

4.2 说明

有关详细规范应规定以下内容:

- a) 器件的固定方式;
- b) 拉力的大小(如不同于 4.1);
- c) 试验前后的检查(见 2)。

5 试验条件 C-弯曲试验

5.1 器件的安装

应将器件安装在 $51\text{mm} \times 51\text{mm} \times 1.6\text{mm}$ 的 FR4 型印制电路板的中心位置, 印制电路板的尺寸和类型也可由相关详细规范规定。推荐使用回流焊进行焊接。

5.2 程序

将印制电路板的两边固定, 在安装器件的另一面施加一应力, 使印制电路板的中间轴线位置偏离轴向移动 1.6mm 并保持 1min , 见图 1。

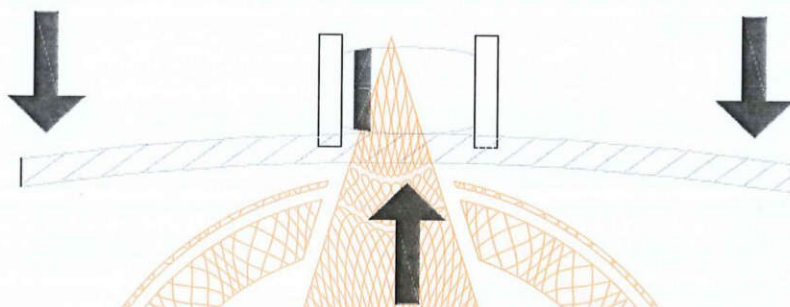


图 1 弯曲试验

5.3 说明

有关文件应规定以下内容:

- 印制电路板的尺寸和类型(如与 5.1 规定不同时);
- 器件的安装方式;
- 试验前后的检查(见 2)。

6 试验条件 D-扭曲试验

6.1 器件的安装

应将器件安装在 $51\text{mm} \times 51\text{mm} \times 1.6\text{mm}$ 的 FR4 型印制电路板的中心位置上, 印制电路板的尺寸和类型也可由相关详细规范规定。推荐使用回流焊进行焊接。

6.2 程序

将印制电路板的两边固定, 并沿相反的方向扭曲印制电路板, 使每个端点偏离印制电路板原平面的距离为 1.6mm , 并保持 1min , 见图 2。将印制电路板旋转 90° 后, 重复上述程序再次进行试验。

6.3 说明

有关文件应规定以下内容:

- 印制电路板的尺寸和类型(如与 6.1 规定不同时);
- 器件的安装方式;
- 试验前后的检查(见 2)。

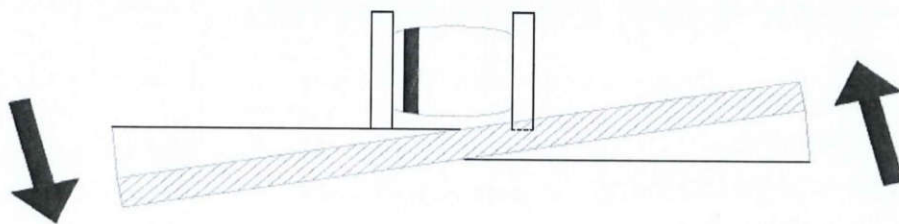


图 2 扭曲试验

方法 2046 振动疲劳

1 目的

本试验的目的是确定在规定频率范围内振动对器件的影响。

2 设备

本试验所用振动台应能满足第 3 章的要求。

3 程序

把器件刚性固定于振动台上，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 $50\text{Hz} \pm 20\text{Hz}$ 范围内使器件承受简谐振动。在 X、Y 及 Z 各方向至少振动 $32\text{h} \pm 8\text{h}$ ，总计最少 96h。

4 说明

相关文件中应规定试验后的测试。

方法 2051 振动噪声

1 目的

本试验的目的是测试器件在振动条件下产生的电噪声的大小。

2 设备

本试验所用振动台和电压表应能满足第3章的要求。

3 程序

器件及其引线应刚性固定在振动台上,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 $100\text{Hz}\sim 2\,000\text{Hz}$ 之间近似以对数变化。每个循环在整个频率范围的扫描时间不少于 4min 。在 X_1 、 Y_1 及 Z_1 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 $2\,000\text{Hz}$ 正弦波电压的均方根值,误差不大于 3% ,在频率 $20\text{Hz}\sim 20\,000\text{Hz}$ 范围内,该电压表的特性值误差为 $2\,000\text{Hz}$ 时的 $\pm 1\text{dB}$,当频率在 20Hz 以下和 $20\,000\text{Hz}$ 以上时,衰减率为每倍频程 $6\text{dB}\pm 2\text{dB}$ 。电路的最大本征噪声低于规定的噪声输出电压至少 10dB 。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 试验电压和电流(见第3章);
- b) 负载电阻(见第3章);
- 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

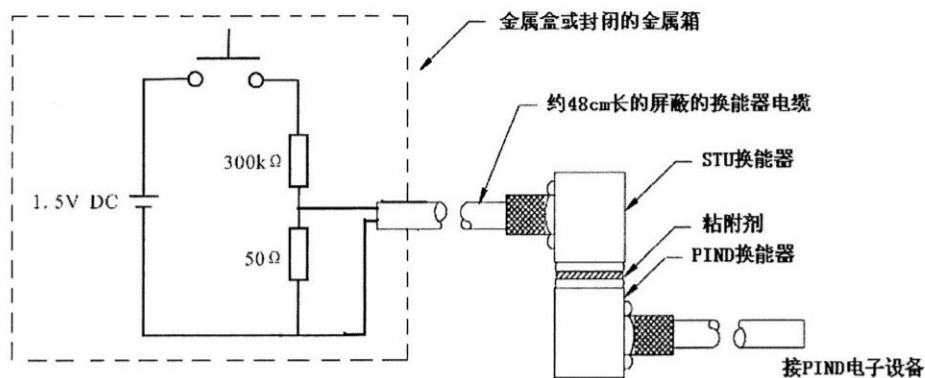
1 目的

本试验的目的是检测器件内腔中的自由粒子。本试验提供一种非破坏性探测方法，当器件内含质量足够大的粒子时，粒子与外壳碰撞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 (或等效设备) 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，阈值为相对系统地的 $20\text{mV} \pm 1\text{mV}$ 峰值绝对值。
- b) 振动及驱动装置，能对被试器件提供下面的基本正弦振动：
 - 1) 条件 A——在 $40\text{Hz} \sim 250\text{Hz}$ 下，峰值加速度为 $196\text{m/s}^2 (20\text{g})$ ；
 - 2) 条件 B——在至少 60Hz 下，峰值加速度为 $98\text{m/s}^2 (10\text{g})$ 。
- c) PIND 传感器，使在 $150\text{kHz} \sim 160\text{kHz}$ 频率内某一点峰值灵敏度校准到 10V/Pa 对应 $-77.5\text{dB} \cdot \text{V/Pa} \pm 30\text{dB} \cdot \text{V/Pa}$ ($-77.5\text{dB} \cdot \text{V}/\mu\text{bar} \pm 3\text{dB} \cdot \text{V}/\mu\text{bar}$)。
- d) 灵敏度测试装置 (STU) (见图 1)，用于定期检验 PIND 系统性能。STU 由一个具有和 PIND 传感器同样容差的传感器和能以 $250\mu\text{V} \pm 20\%$ 脉冲激励该传感器的电路组成。当用粘附剂把该传感器连接到 PIND 传感器上时，STU 在示波器上产生峰值大约为 20mV 的脉冲。
- e) 由放大器组成的 PIND 电子设备，该放大器在 PIND 传感器峰值灵敏度的中心频率下，增益为 $60\text{dB} \pm 2\text{dB}$ 。该放大器输出噪声的峰值不得超过 10mV 。
- f) 粘附剂，把被试器件连接到 PIND 传感器上的粘附剂应与 STU 试验采用的粘附剂相同。
- g) 冲击装置或工具，能把 $9800\text{m/s}^2 \pm 1960\text{m/s}^2$ 的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整体系统，从施加最后一次冲击脉冲时起，振动机的振动可能受到不超过 250ms 的中断或干扰。共同试验的持续时间可在 $50\% \pm 5\%$ 的点上测量。



按钮开关：无机械振动、动作快、金触点 (例如 T2 SM4 微动开关)。

电阻误差 5%，为无感电阻。

电压源可以用标准干电池。

试验期间相互耦合的传感器必须同轴。

输出到 STU 传感器的电压为 $250 \times (1 \pm 20\%) \mu\text{V}$ 。

图 1 典型的灵敏度测试装置 (STU)

3 程序

3.1 试验设备的调节

将振动机的驱动频率和振幅调到规定的条件,应调节冲击脉冲使对受试器件的冲击峰值为 $9\,800\text{m/s}^2 \pm 1\,960\text{m/s}^2$ 。

3.2 试验设备的校验

3.2.1 振动机驱动系统的校验

至少每班进行一次。当系统不满足校验要求时,应对最后一次成功的系统校验后试验的所有器件,重新进行试验。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,使频率在标称值的 $\pm 8\%$ 以内,使振幅在标称值的 $\pm 10\%$ 之内。如果传感器上附有视觉位移监视器,可在 $1.00\text{mm} \sim 3.00\text{mm}$ 幅度范围内使用该监视器。在整个振幅范围内均可使用加速度计,振幅低于 1.00mm 时则必须使用加速度计。

3.2.2 检测系统的校验

至少每班进行一次。当系统不满足校验要求时,应对最后一次成功的系统校验后试验的所有器件,重新进行试验。振动机不动作时,在安装任何夹具前,采用器件试验时的粘附剂将 STU 传感器与 PIND 传感器同轴面对面地安装。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。并非每次触发 STU 都产生要求的振幅,凡大于 20mV 的脉冲均激励探测器。

3.2.3 系统噪声验证

连续观察 $30\text{s} \sim 60\text{s}$,系统噪声应为恒定的带状,噪声的峰-峰值不应超过 20mV 。

3.3 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地)以防止静电损坏被试器件。禁止一次试验大量器件。

大部分类型的器件要经过粘附剂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。被试器件应直接粘在传感器探测面上。若是单探测面传感器,被试器件的几何中心应与传感器的中心对准,误差在 2mm 以内。若是多探测面传感器,应使用尽可能多的探测面安装被试器件的几何中心位置以获得最大灵敏度。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。小型轴向引线正圆柱型器件安装时,其轴水平、圆柱体的侧面对着传感器。特殊形状的器件可以加特殊夹具,这类夹具应有以下特性:

- a) 质量小;
- b) 声透性好(7075 铝合金性能较好);
- c) 与传感器表面完全接触,特别在中心位置;
- d) 与被试器件有最大实际接触表面;
- e) 无活动部件;
- f) 适宜用粘附剂安装。

3.4 试验顺序

下列操作顺序构成一个试验循环:

- a) 3 次试验前冲击;
- b) 振动 $3\text{s} \pm 1\text{s}$;
- c) 3 次共同试验冲击;
- d) 振动 $3\text{s} \pm 1\text{s}$;
- e) 3 次共同试验冲击;
- f) 振动 $3\text{s} \pm 1\text{s}$;
- g) 3 次共同试验冲击;
- h) 振动 $3\text{s} \pm 1\text{s}$;

i) 接收或拒收。

3.5 试验监视

应连续地监视每个试验循环(见 3.4), 共同试验冲击期间及其后最多 250 ms 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、爆音或喀拉音, 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, 出现亮灯或辅助示波器曲线偏转。

3.6 失效判据

在监测期间, 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(试验系统发生故障时所有器件重新试验除外)。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(设备的调节、校验、振动和共同试验冲击)。每个试验循环的拒收器件都要从该批中剔除, 并且不准在以后的批试验中重新试验。

3.7 筛选批接收

除另有规定外, 做批接收筛选的检验批(或子批)应 100%进行试验。按照条件 A 最多进行 5 次试验。不得进行 PIND 预筛选。如果在五次试验的任一次试验中, 不合格器件的百分比小于 1%且累积不合格器件数不超过 25%, 则可接收该批器件。每次试验后应剔除全部不合格器件, 不允许再次提交这些器件进行试验。

3.8 振动机驱动频率(f)与外壳内腔高度的关系(对条件 A)

条件 A(见 3.1)的振动机驱动频率(f)取决于器件外壳的内腔高度, 见公式(1):

$$f=[a/(D\times 0.0197)]^{1/2}\cdots\cdots\cdots(1)$$

式中:

- D ——外壳内部平均高度, mm;
- a ——试验条件中的正弦加速度, m/s^2 , 对条件 A, 为 $196m/s^2$;
- f ——振动机驱动频率, Hz。

公式(1)限于 40Hz~130Hz 频率范围内使用, 除非鉴定机构批准可使用, 超过此范围的频率不能用于超过此范围的外壳高度。

基于上述公式, 可计算得出外壳高度与试验频率之间的关系, 见表 1。

表 1 外壳高度与试验频率之间的关系(条件 A, 加速度 $196m/s^2$)

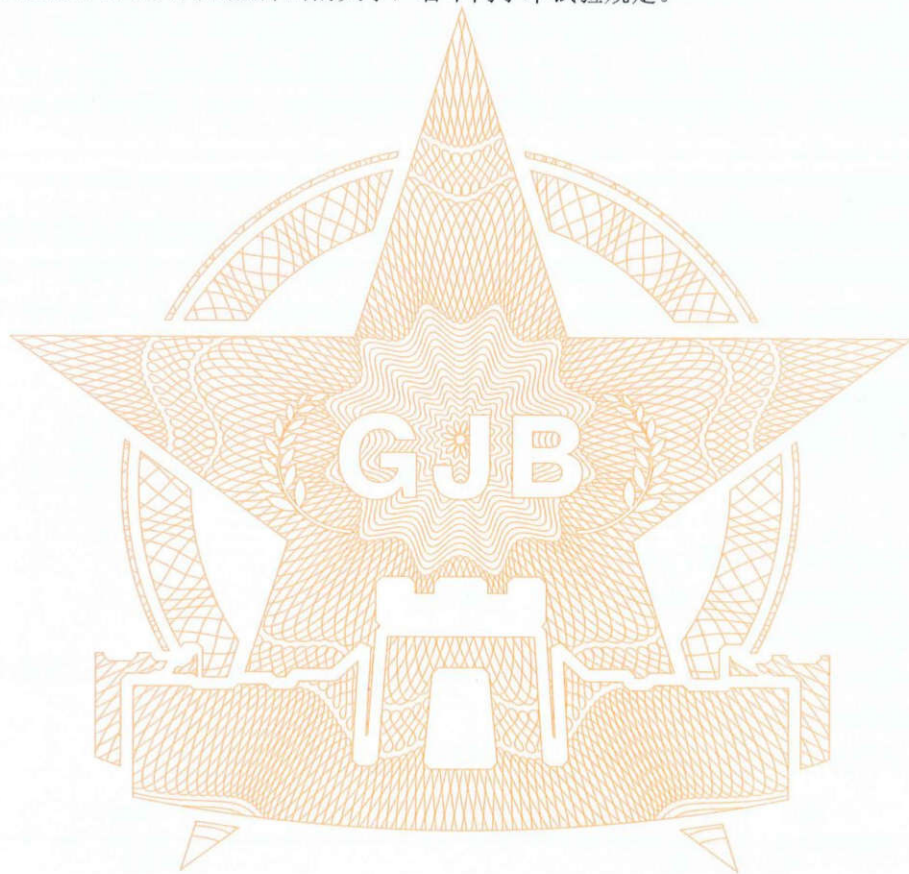
内腔平均高度 mm	试验频率 Hz
0.58	130
0.76	114
1.02	99
1.27	88
1.52	81
1.78	75
2.13	70
2.29	66
2.54	63
2.79	60
6.35	40

示例：假设内腔平均高度为 1.78mm，则 $f = [a / (D \times 0.0197)]^{1/2} = [196 / (1.78 \times 0.0197)]^{1/2} = (5589)^{1/2} = 75 \text{ (Hz)}$ 。外壳内腔近似平均高度应从外壳内腔底部或主衬底（对于混合或多芯片组件）顶部算起，应减去外壳内安装的芯片厚度。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 试验条件字母，A 或 B；
- b) 批接收或拒收判据（若不同于 3.6）；
- 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，若不同于本试验规定。



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对器件的影响。

2 设备

本试验所用振动台应能满足第 3 章的要求。

3 程序

3.1 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。

3.2 振幅

使器件承受最少 196m/s^2 的恒定峰值加速度。

3.3 频率范围

振动频率在 $100\text{Hz}\sim 2000\text{Hz}$ 之间, 近似以对数变化。

3.4 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 X、Y 及 Z 方向各进行 4 次(总计 12 次), 因此总计振动时间约为 48min 。

4 说明

有关的文件应规定试验后的测试。

方法 2057 扫频振动(监测)

1 目的

本试验是为了检测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 设备

本试验所用振动台应能满足第 3 章的要求。

3 程序

3.1 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,以防止振动时接触时断时续。在器件进行振动的场所要避免磁场。

3.2 振幅

器件以最小 196m/s^2 的恒定峰值加速度进行简谐振动。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。

3.3 频率范围

振动频率在 $100\text{Hz}\sim 2\,000\text{Hz}$ 之间,近似以对数变化。

3.4 扫频次数及持续时间

从 100Hz 到 $2\,000\text{Hz}$ 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 X、Y 及 Z 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。

4 测试

加上规定的直流电压和电流,在振动期间,连续地监测器件是否出现间断的开路及短路。监测设备应能检测出详细规范规定的电压或电流变化的持续时间和大小。另外,监测设备应有一个可靠的“通过/不通过”指示器或记录仪,不能采用示波器那样需要连续目视监视的设备。

5 说明

有关的文件应规定以下内容:

- 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

本试验目的是检验器件的物理尺寸。

2 设备

所用设备应能证实器件尺寸是否符合详细规范的要求。

3 程序

检验器件以证实物理尺寸是否符合详细规范的规定。

4 说明

有关的文件应规定器件的物理尺寸。

方法 2068 不透明玻璃封装的双插头非空腔轴向引线二极管外部目检

1 目的

本检验的目的是对不透明玻璃封装的双插头非空腔轴向引线二极管的裂纹进行目检,此裂纹可影响气密封装的牢固性。

2 设备

放大倍数 10 倍~20 倍的双目显微镜,有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 倍~20 倍放大倍数下检验玻璃管体是否有裂纹。

4 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。



方法 2069 封帽前目检(功率金属氧化物半导体场效应晶体管)

1 目的

本试验的目的是验证封帽前的组装工艺的工艺质量和结构,本方法中的各种检查和试验用来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,具有规定放大倍数;
- b) 适用的夹具,固定受检器件而不引起器件损伤;
- c) 带盖的容器,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) 目检判据(图、照片等),使检查人员对能否接收受检器件做出客观的判断。

3 程序

3.1 通则

应在规定的放大倍数范围内按合适的顺序检查器件,以确定器件是否符合本方法 3.2、3.3、3.4 以及适用详细规范的要求:

a) 检验顺序

本方法中检验判据的顺序并不是要求必须采用的检查顺序,承制方可以自行安排检查顺序。

b) 检验控制

在目检和密封前准备之间的时间间隔内,器件应贮存在受控环境中(受控环境是指空气中尘埃和相对湿度受控)。使用正压惰性气体环境,如干氮,应满足受控环境的贮存要求。除在密封前进行清洁处理,器件均应在 100 000 级环境中检验,允许的最大相对湿度不应超过 65%。当器件的转移经过非受控环境时,应将器件贮存在带盖的清洁容器内。

c) 放大倍数

检查可用单目、双目或立体显微镜,并在适当角度和适当照明条件下进行。对在低放大倍数下检查有疑问的器件,可用高放大倍数检查证实。

- 1) 高放大倍数检查应在 100 倍~200 倍放大倍数范围内进行;
- 2) 低放大倍数检查应在 30 倍~100 倍放大倍数范围内进行。

3.2 键合

3.2.1 通则

应采用低放大倍数按 3.2.2~3.2.6 的规定对键合情况进行检验。检查时应从上面观察,见图 1 和图 2。在确定键合物理尺寸时,键合引线的尾丝不作为键合的一部分。

3.2.2 金丝球焊键合

当金丝球焊键合出现下列现象时,不得接收:

- a) 金丝球焊键合的直径小于引线直径的 2.0 倍或大于引线直径的 5.0 倍;
- b) 金丝球焊键合的引出线不完全在球的周边内;
- c) 金丝球焊键合引出线不在键合区的边界内;
- d) 在金丝球焊键合的四周有可见的金属形成物。

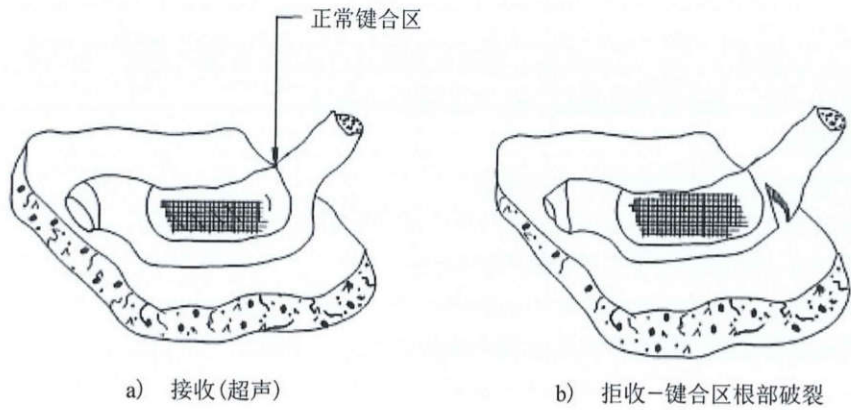
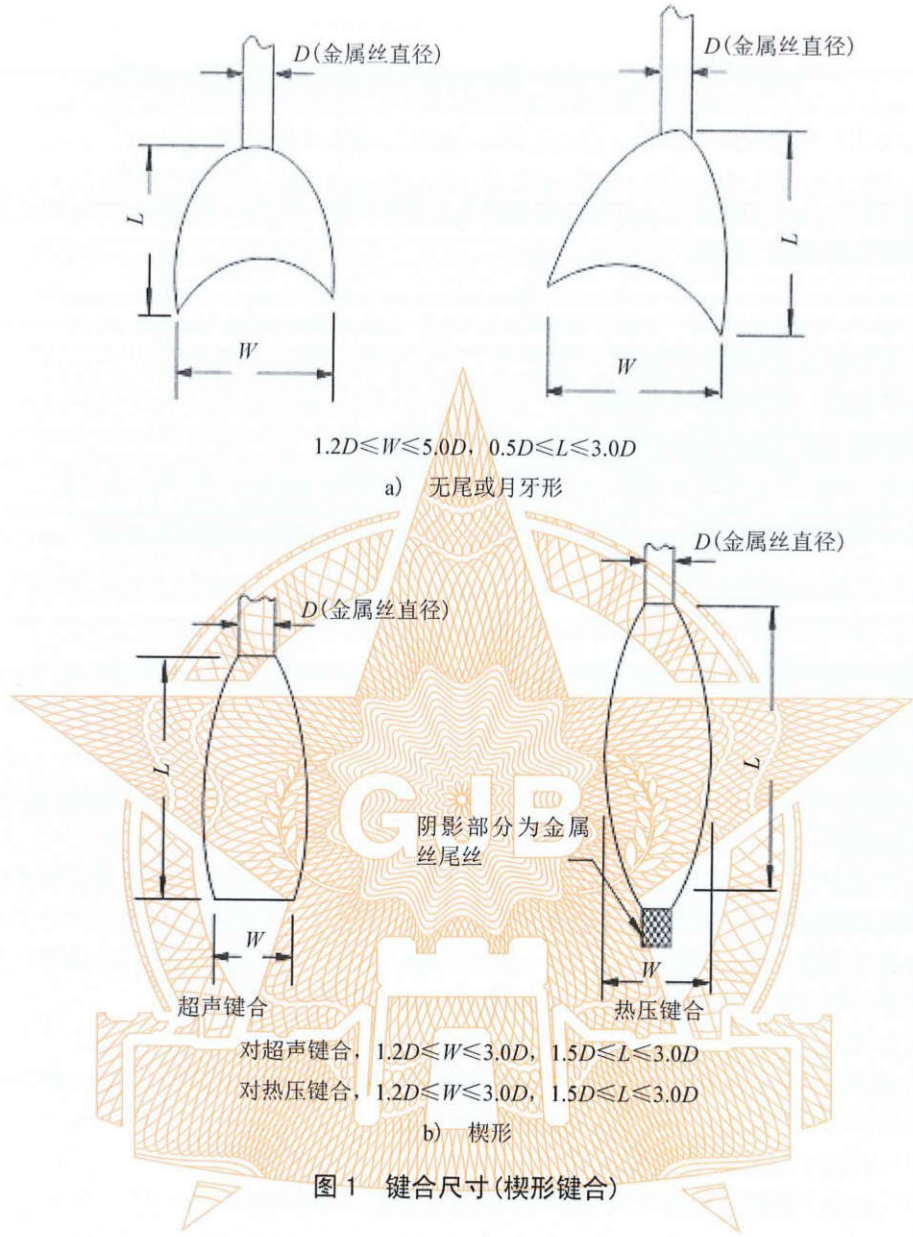


图2 翘起/破裂的键合

3.2.3 楔形键合

当楔形键键合出现下列现象时,不得接收:

- a) 超声楔形键合,其宽度小于引线直径的 1.2 倍或大于引线直径的 3.0 倍,或长度小于引线直径的 1.5 倍或大于引线直径的 3.0 倍(从上面观察,在截断前);
- b) 热压楔形键合,其宽度小于引线直径的 1.2 倍或大于引线直径的 3.0 倍,或长度小于内引线直径的 1.5 倍或大于内引线直径的 3.0 倍。

3.2.4 无尾键合(月牙形)

当无尾键合出现下列现象时,不得接收:

- a) 无尾键,其宽度小于引线直径的 1.2 倍或大于引线直径的 5.0 倍,或长度小于引线直径的 0.5 倍或大于引线直径的 3.0 倍;
- b) 无尾键,其键合压痕未覆盖整个引线宽度。

3.2.5 一般情况(金丝球焊、楔形键和无尾键)

不得接收呈现下列现象的器件:

- a) 芯片上的键,其 75%以下部分在未被玻璃钝化层覆盖的键合区内(若由于几何尺寸原因,键合区尺寸小于键,则判据改为 50%)。
- b) 引线的键合尾丝延伸并接触到未被玻璃钝化层覆盖、且与此引线相连的金属化层。
- c) 引线的键合尾丝,其长度在芯片键合区超过内引线直径的 2.0 倍,在管壳或引线柱上超过引线直径的 4.0 倍。
- d) 管壳引线柱上的键,其未完全键合在引线柱的顶部平面内。
- e) 键合在另一键合点上、键合在引线尾丝或引线残留段上的键。在已键合的键旁边的超声楔形键,使原先的键可观察宽度减少不到 $6\mu\text{m}$,认为是可接收的。
- f) 键合点与相邻未玻璃钝化的、且不应相连的芯片金属化层的距离小于 $25\mu\text{m}$ 。
- g) 重新键合。
- h) 金丝球焊,其键不到 50%的部分位于低温共熔区之外。

3.2.6 内引线

本条规定了对不同部位应进行的检查和判据。从上面观察,呈现下列缺陷的器件不得接收:

- a) 引线与未被玻璃钝化层覆盖的工作金属化层之间、与另一引线之间(公用引线除外)、与封装引线柱之间、与未被钝化层覆盖的极性相反的芯片之间以及与反极性封装管壳的任何部分(包括待封装的盖板封接平面)之间的距离小于引线直径(设计有要求除外,但在任何情况下,此距离不能小于 $6\mu\text{m}$)(距芯片表面键合区周界 $127\mu\text{m}$ 的球面内,此距离应大于 $25\mu\text{m}$);
- b) 引线上存在缺口、裂缝、弯曲、切伤、卷曲、划痕或颈缩,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) 在引线和键的接合处,键翘起或撕裂;
- e) 芯片键合区到封装引线柱之间的引线不呈弧形,或引线应力未释放;
- f) 引线与引线交叉(公共导线和设计要求的除外)的情况下,引线间距离应至少为 $25\mu\text{m}$;
- g) 未按键合图纸键合的引线(设计文件中规定调试用的引线除外);
- h) 引线内角弯曲小于 90° (非设计要求的突然弯曲)或引线扭曲到有明显的应力存在;
- i) 金丝球焊键合的引线与芯片表面的法线方向偏离大于 10° ,引线弯向封装引线柱或其他端点之前,偏离距离大于 $13\mu\text{m}$ 。

3.3 组装

3.3.1 通则

应采用低放大倍数按 3.3.2~3.3.7 的规定对器件组装情况进行检验。

3.3.2 芯片表面的多余物

可用规定气流(约 138kPa)将多余物或多余粒子吹掉,或用软驼毛刷刷掉。当出现下列现象时,不得接收:

- 松散地粘附在表面的导电粒子(导电粒子的粘附部分小于其最大尺寸的一半)大到足以桥连未被玻璃钝化层覆盖的有源金属化层之间最窄间距(硅渣或任何不透明材料应归为导电粒子);
- 芯片表面的液滴、化学污斑或光致抗蚀剂桥连了未被玻璃钝化层覆盖的任何金属化层或裸露了半导体材料,未使用部分除外;
- 芯片表面的油墨覆盖了键合区面积的 25%以上(或妨碍键合),或者桥连了未被玻璃钝化层覆盖的任何金属化层或裸露了半导体材料,未使用部分除外。

3.3.3 芯片安装

当芯片安装出现下列现象时,不得接收:

- 芯片至少三个边缘或芯片周边 75%以上区域观察不到芯片和管座之间的安装材料。若器件已通过了芯片粘附评价试验,则不要求检查浸润情况。
- 芯片安装材料呈球状,从上面观察时看不见焊接轮廓。
- 芯片安装材料的剥离。
- 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。

3.3.4 芯片方位

当芯片方位出现下列现象时,不得接收:

- 芯片的定向和定位不符合器件的装配图;
- 芯片明显倾斜,或芯片与芯片安装面之间的倾斜大于 10° 。

3.3.5 内部封装缺陷(适用于底座、基座、管帽和盖板)

作为 100%目检的替代方法,盖板和管帽可进行由鉴定机构批准的适当清洗处理和质量验证程序,并在封帽或密封准备前,一直保存在受控环境中。缺陷包括:

- 底座或引线柱镀层出现气泡、起皮、龟裂或上述情况的组合。
- 导电粒子的粘附部分小于该粒子最大尺寸的一半。
- 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。
- 底座引线柱严重弯曲。
- 尺寸大于 $25\mu\text{m}$ 的玻璃、芯片或其他材料碎片粘附在底座的凸缘或边缘处并有碍于密封。
- 污斑、油漆或底座变色,延伸到芯片焊接区或引线键合区。
- 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的 50%;
 - 衬底裂纹或缺损。

3.3.6 载体缺陷(如氧化铍、氧化铝等基板)

缺陷包括:

- 载体材料的开裂。
- 载体金属化层粘污或载体金属化设计图形明显不均匀,使工作焊片、金属化条、盖板封装金属化层、边缘等连接部位间的距离比设计值小 50%或 $12.7\mu\text{m}$,取小者。
- 氧化铍或工作金属化层裂纹,影响封装的气密性或芯片粘接的金属化层(工具压痕或冷模界面线不是开裂,不作为拒收理由)。
- 金属化层翘起、剥离或起泡(在载体表面)。
- 粘附的导电多余物,使金属化条、引线或有源电路元件桥连。
- 金属化层中的划伤或空洞沿长度方向暴露其底层的任何部位,使留下的宽度小于原先设计值的

75%以上；为了改进表面可键合性，有时在需要键合引线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 3.3.5 b) 的要求。

- g) 在加工过程中，由于不合理操作造成载体金属化过度刮伤。
- h) 用焊锡连接的主要部分、桥或引线焊片，其与封装粘接面的浸润面积小于 50%。
- i) 管座引线柱与管座法线方向偏离超过 10° 。
- j) 引线上粘附的共晶焊料或焊锡，延伸跨越金属化条设计间距的 50% 以上。

3.3.7 外来物

外来物应包括以下部分，但不仅限于这些：

- a) 任何大于 0.08mm 的松散或附着的外来粒子，或大到足以桥连器件上不相连的导电元件的较小粒子。
- b) 在半导体芯片上键合尾丝伸出其正常端头的长度超过引线直径的两倍，或在封装引线柱上键合尾丝伸出的长度超过引线直径的四倍（见图 3）。

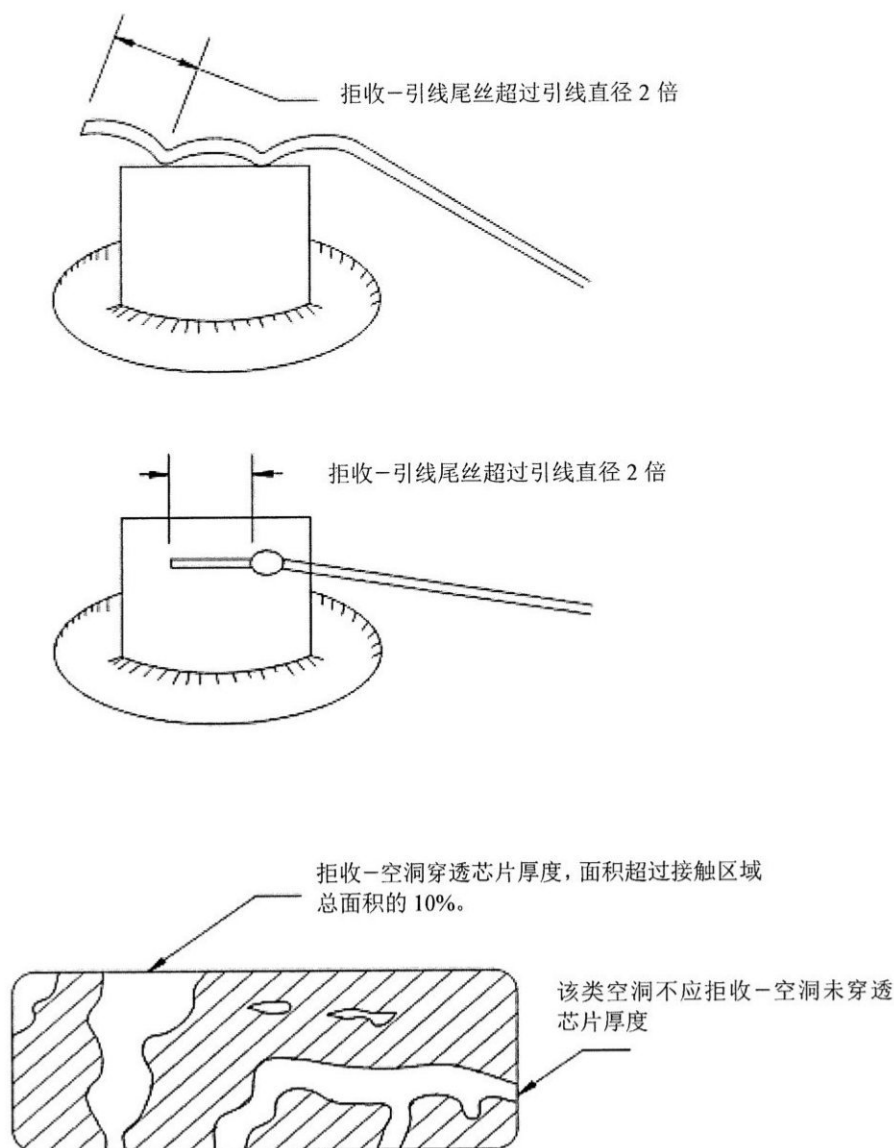


图 3 过长的尾丝及可接收/不可接收的空洞

- c) 在接线柱本体上尺寸大于 0.08mm 的毛刺, 或可能会脱落的同类杂物。
- d) 过多的半导体芯片焊接材料堆积。半导体芯片的安装和焊接不能使芯片与安装面倾斜大于 10° 。芯片焊接材料堆积在半导体芯片周围, 并接触到半导体芯片侧面, 堆积厚度不能大于半导体芯片的厚度 (见图 4 和图 5)。芯片焊接材料不能接触到半导体芯片, 堆积厚度不能大于两倍的半导体芯片厚度 (见图 4 和图 5)。不能有多余的半导体焊接材料接触到半导体表面的有源区或内引线或引线柱, 或不应与焊接材料区分开 (见图 6)。
- e) 底座、引线柱或管壳内任何部位的片状剥落物。
- f) 管壳内的多余球形键合物, 不包括重新键合时所允许的键合残留物。

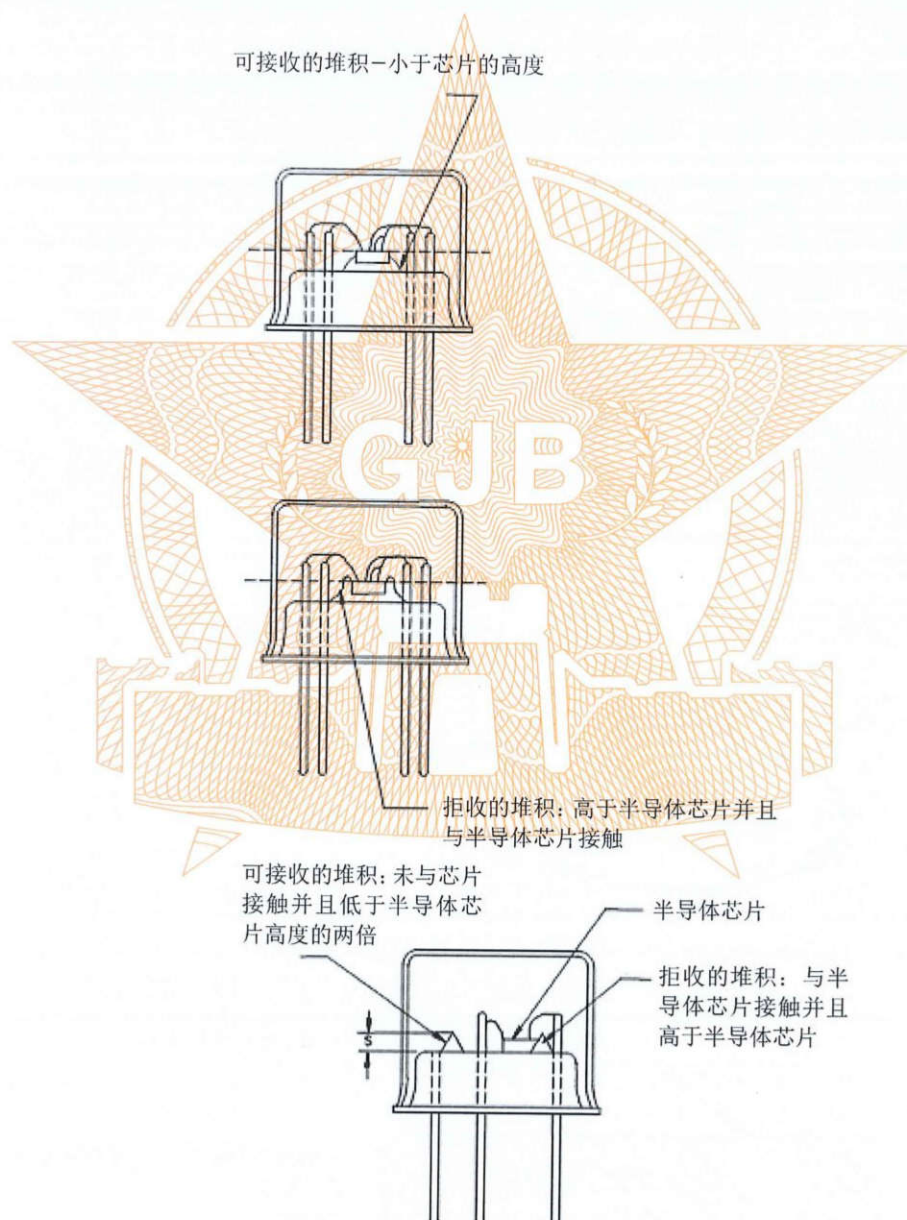
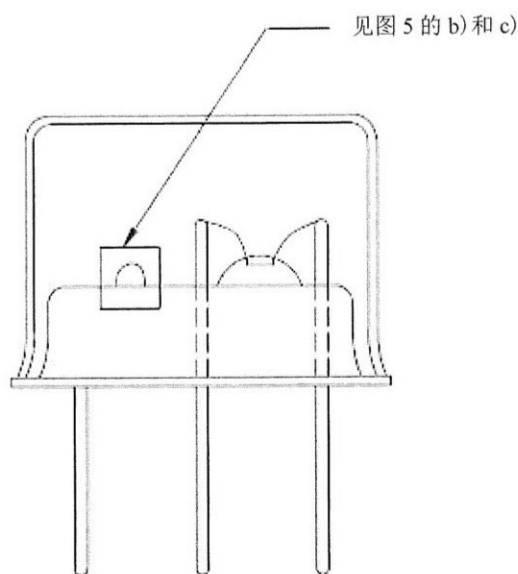
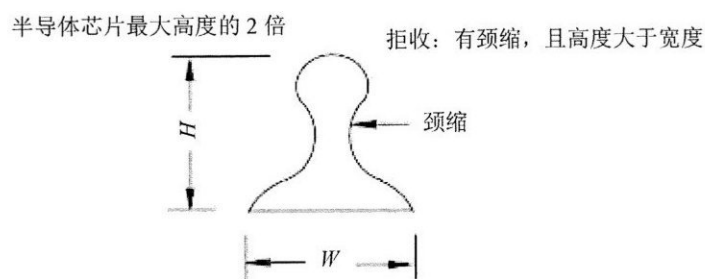


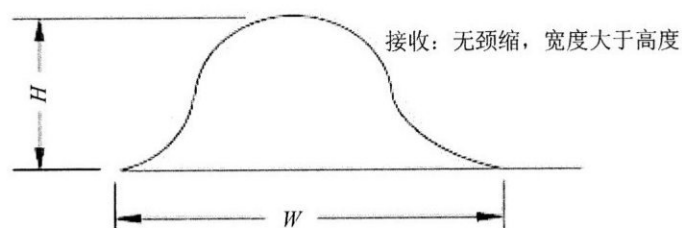
图 4 接收和拒收的焊接材料堆积



a) 外来材料堆积图示



b) 拒收情况示例



c) 接收情况示例

图 5 外来焊接材料的堆积

3.4 芯片

3.4.1 通则

应采用高放大倍数按 3.4.2~3.4.10 的规定对器件组装情况进行检验。

3.4.2 暴露下层材料的金属化层划伤和空洞

当出现下列现象时, 不得接收:

- 划伤或空洞切断了内层保护环;
- 芯片键合区金属化层单个空洞的面积大于键合区面积的 25%;
- 对非延伸接触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% 以上与键合区相

隔离；

- d) 对有延伸接触的所有器件：连接键合区和接触区的金属层划伤或空洞(不管是否暴露了基底)使留下来的未被破坏的金属宽度小于 50%；
- e) 对少于 10 个延伸接触区的器件，靠近键合区的那半个接触区内延伸的划伤或空洞超过 50%，这种接触区多于 10%；
- f) 对少于或等于 10 个延伸接触区的器件，接触区的划伤或空洞使其 10%以上金属化面积与键合区相隔离。

3.4.3 金属化层腐蚀

金属化层出现腐蚀。

3.4.4 金属化层粘附

金属化层出现翘起、剥离或起泡。

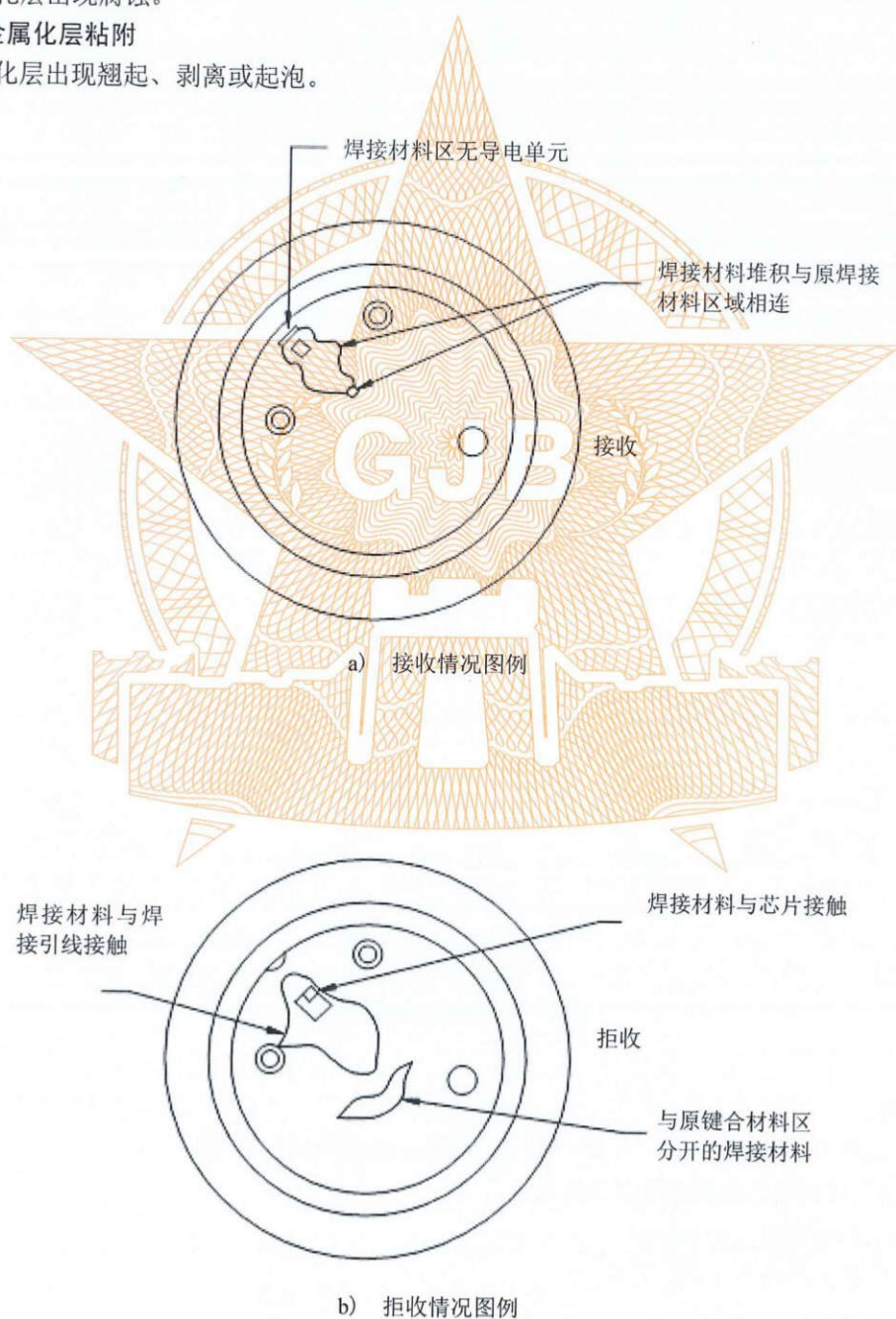


图 6 多余焊接材料的接收与拒收

3.4.5 金属化层探针损伤

3.4.3 的判据也适用于探针损伤的限制要求。

3.4.6 金属化层桥连

金属化层桥连使两条正常情况不相连的金属化条之间的间距减少,使得在规定的显微镜下看不清氧化物条(小于 $2.5\mu\text{m}$)。

3.4.7 金属化层对准

当出现下列现象时,不得接收:

- a) 被连续金属化层覆盖的接触窗口面积小于其面积的 50%, 设计规定除外;
- b) 不是用来覆盖接触窗口的金属化条与窗口间隔小于 $2.5\mu\text{m}$ 。

3.4.8 钝化层和扩散缺陷

当出现下列现象时,不得接收:

- a) 钝化层缺陷包括未被玻璃钝化层覆盖使半导体材料暴露的针孔,以及使两个扩散区、两个金属化条或上述情况的组合产生设计规定以外的桥连;
- b) 在金属化层的边缘并延续到金属化层下面能看到钝化层的缺损,这会引起金属化层和下层材料明显短路(在缺陷的边缘靠近的双线或三根线表明该缺陷深度可能已深入到半导体材料),设计规定除外;
- c) 有源结未被钝化层或玻璃钝化层覆盖,设计规定除外。

3.4.9 划伤和其他芯片缺陷

当出现下列现象时,不得接收:

- a) 有源金属化层之间或键合区四周以及芯片边缘可见小于 $2.5\mu\text{m}$ 的钝化层,设计规定除外;
- b) 有源区有缺损或裂缝;
- c) 一个芯片附着在另一芯片的部分有源区上,并超过其芯片面积的 10%,设计规定除外;
- d) 在划线栅格或划线条内的裂缝延伸长度超过 $50.8\mu\text{m}$,并指向有源金属化层或有源区以及延伸到氧化层区;
- e) 芯片缺损延伸到距结 $25.4\mu\text{m}$ 的范围内;
- f) 裂缝或缺损延伸到有源金属化层的下面;
- g) 缺损延伸完全穿透保护环。

3.4.10 玻璃钝化层缺陷

当出现下列现象时,不得接收:

- a) 本方法的目检判据不适用于玻璃裂纹目检判据;
- b) 玻璃钝化层起层(与设计的玻璃钝化层周边相距不大于 $25.4\mu\text{m}$ 的起翘或剥落可不用上述判据,条件是外露的金属只是邻近键合区或键合区引出的金属化条);
- c) 两条或两条以上相邻的有源金属化条未被玻璃钝化层覆盖,设计规定除外;
- d) 键合区的边缘未被玻璃钝化层覆盖的区域裸露了半导体材料;
- e) 设计的键合区有 25%以上面积被玻璃钝化层覆盖。

3.5 有机防护涂层的目检

若器件要用有机防护涂层防护,则应在涂覆前按照第 3 章规定的判据对器件进行目检。涂覆有机防护涂层和固化后,至少在 10 倍放大条件下对器件进行目检。应拒收有下列缺陷的器件:

- a) 未玻璃钝化区、未钝化区或未良好绝缘的绝缘衬底,设计规定除外;
- 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) 有机防护涂层剥落;
- e) 有机防护涂层发粘;

- f) 落在有机涂层中的导电粒子大到足以桥连最窄的未玻璃钝化的有源金属条(硅碲应认为是导电粒子);
- g) 有机防护涂料受潮使内引线与底座相连, 设计规定除外。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 与本检验方法的不同之处或补充要求;
- 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, 提供操作者用作比较标准的标尺、图样和照片;
- d) 适用时, 特殊的放大倍数要求。



方法 2070 封帽前目检(微波分立和多芯片晶体管)

1 目的

本试验的目的是验证晶圆、晶圆直流测试、芯片检验和封帽前的组装工艺的工艺质量和结构。本方法中的各种检查和试验应用来检测并剔除有缺陷的晶体管，这些缺陷在使用中会导致器件失效，本方法也可验证与适用的详细规范要求的一致性。

2 设备

本试验所需的设备应由以下部分组成：

- 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；
- b) 适用的夹具，固定受检器件而不引起器件损伤；
- c) 带盖的容器，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) 目检判据(图、照片等)，使检查人员对受检器件能否接收做出客观的判断。

3 程序

3.1 通则

应在规定的放大倍数范围内按合适的顺序检查器件，以确定器件是否符合本方法和适用详细规范的要求。一般要求如下：

a) 检验顺序

本方法中检验判据的顺序并不是要求必须采用的检查顺序，承制方可以自行安排检查顺序。

b) 检验控制

在目检和密封前准备之间的时间间隔内，器件应贮存在受控环境中(受控环境是指空气中尘埃和相对湿度受控)。使用正压惰性气体环境，如干氮，应满足受控环境的贮存要求。除在密封前进行清洁处理，器件均应在 100 000 级环境中检验，允许的最大相对湿度不应超过 65%。当器件的转移经过非受控环境时，应将器件贮存在带盖的清洁容器内。

c) 放大倍数

高放大倍数下的检查应在要求的正常入射光或暗场光下在垂直于芯片表面的方向上进行。低放大倍数下检查可用单目、双目或立体显微镜，检查应在适当角度和适当照明下完成。对在低放大倍数下检查有疑问的器件，可用高放大倍数检查证实。

- 1) 高放大倍数检查应在 60 倍~200 倍放大倍数范围内进行；
- 2) 低放大倍数检查应在 30 倍~60 倍放大倍数范围内进行；
- 3) 微波器件。应按本方法列出的所有适用判据检查 GaAs 器件。本方法还列出了 GaAs 微波器件的附加特定判据，不同特征尺寸的 GaAs 微波器件应从表 1 选取适用的高放大倍数。

表 1 GaAs 微波器件的高放大倍数要求

特征尺寸	放大倍数范围
$>5\mu\text{m}$	75 倍~150 倍
$(1\sim5)\mu\text{m}$	150 倍~400 倍
$<1\mu\text{m}$	400 倍~1000 倍

d) 一般拒收判据

除另有规定外，如缺陷出现在任一单胞的 25%或整个芯片的 10%，应判为拒收。图 1 至图 4

给出了芯片和键合的接收、拒收判据的图解。

e) 图 5 至图 7 给出了微波分立晶体管采用的不同结构。

3.2 晶圆检验(高放大倍数)

3.2.1 金属化层检查

除另有规定外,采用的拒收条件是单胞的 25%或芯片的 10%,不得接收出现下列任一缺陷的器件:

- a) 金属化层未对准,使欧姆接触窗口上金属化层面积小于 75%;
- b) 接触窗口四周被金属化层连续覆盖的部分小于 50%;在基极金属条末端下面基极接触末端的介质台阶处不需要金属化层覆盖;
- c) 增强区上方的接触区必须覆盖 50%的金属化层;
- d) 金属化层桥连使两条正常情况下不相连的金属化条之间的间距减到小于设计间距的 50%或 $2.5\mu\text{m}$,取小者;
- e) 金属化层腐蚀:金属化层出现腐蚀;
- f) 金属化层附着:金属化层出现翘起、剥落或起泡;
- g) 例外:周边金属化层未对准或有缺陷不能拒收(周边金属化层是用于多胞器件探针测试的非有源金属化层)。

3.2.2 玻璃钝化层和氮化硅的缺陷

除另有规定外,采用的拒收条件是单胞的 25%或芯片的 10%,不得接收出现下列任一缺陷的器件:

- a) 玻璃龟裂,妨碍其后对金属化层空洞或划伤的检查,或龟裂面积大于芯片面积的 25%;
- b) 玻璃钝化层起层;
- c) 两条或两条以上相邻的有源金属化条未被玻璃钝化层覆盖,设计规定除外;
- d) 键合区的边缘未被玻璃钝化层覆盖的区域暴露了半导体材料;
- e) 玻璃钝化层覆盖了设计的键合区面积的 25%以上;
- 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环。

3.3 芯片金属化层缺陷(高放大倍数)

除另有规定外,采用的拒收条件是单胞的 25%或芯片的 10%,不得接收具有下列暴露了下层材料的金属化层划伤和空洞(见图 1)的芯片:

- a) 划伤或空洞切断内层金属化保护环;
- b) 芯片键合区金属化层单个空洞的面积大于键合区面积的 25%(见图 1);
- c) 对有延伸接触的所有器件:连接键合区和接触区的金属层划伤或空洞(不管是否暴露了下层材料)使留下来的未被破坏的金属宽度小于 50%;
- d) 对多于 10 个延伸接触区的器件:靠近键合区的那半个接触区内延伸的划伤或空洞超过 50%,这种接触区多于 10%;
- e) 对少于或等于 10 个延伸接触区的器件:接触区的划伤或空洞使其 10%以上金属化面积与键合区相隔离;
- f) 金属化层探针损伤:3.3 b) 的判据也适用于探针损伤的限制要求。

3.4 划片和芯片缺陷(高放大倍数)

不得接收呈现下列缺陷的器件(见图 2):

- a) 有源金属化层之间或键合区四周以及芯片边缘可见的钝化层小于 $2.5\mu\text{m}$,设计规定除外;
- b) 有源区有缺损或裂纹;
- c) 划片条内长度超过 $50.8\mu\text{m}$ 的裂纹,其裂纹指向有源金属化层或有源区;
- d) 缺损延伸到离有源区 $25.4\mu\text{m}$ 的范围内或延伸到设计间距的 50%以内,取小者;
- e) 裂缝或缺损延伸到有源金属化层的下面;

- f) 耗尽环损失了 25%以上的芯片应拒收。一个阻挡环包围一个单胞。外围环包围整个芯片。正确的外围环与发射极颜色相同。

3.5 键合检验(低放大倍数)

3.5.1 通则

本方法规定了对不同键合类型和位置必须进行的目检要求。检查时应从上面观察(见图 3 和图 4)(在确定键合物理尺寸时,键合引线的尾丝不作为键合的一部分)。

3.5.2 金丝球焊键合

不得接收呈现下列缺陷的器件:

- a) 金丝球焊键合的直径小于引线直径的 2.0 倍或大于引线直径的 5.0 倍;
- b) 金丝球焊键合引线不完全在球的周边内;
- c) 金丝球焊键合引线不在键合区的边界内;
- d) 在金丝球焊键合的四周有可见的金属形成物。

3.5.3 楔形键

不得接收呈现下列缺陷的器件:

- a) 铝丝: 超声/热超声楔形键, 其宽度小于引线直径的 1.2 倍或大于引线直径的 3.0 倍, 或长度小于引线直径的 1.5 倍或大于引线直径的 3.0 倍;
- b) 金丝: 超声/热超声楔形键, 其宽度小于引线直径的 1.0 倍或大于引线直径的 3.0 倍, 或长度小于引线直径的 0.5 倍或大于引线直径的 3.0 倍;
- c) 热压楔形键, 其宽度小于引线直径的 1.2 倍或大于引线直径的 3.0 倍, 或长度小于引线直径的 0.5 倍或大于引线直径的 3.0 倍。

3.5.4 无尾键(月牙形)

不得接收呈现下列缺陷的器件:

- a) 无尾键, 其宽度小于引线直径的 1.2 倍或大于引线直径的 5.0 倍, 或长度小于引线直径的 0.5 倍或大于引线直径的 3.0 倍;
- b) 无尾键, 其键合压痕未覆盖整个引线宽度。

3.5.5 一般情况(金丝球焊、楔形键和无尾键)

从上面观察, 不得接收呈现下列缺陷的器件:

- a) 芯片上的键, 其 50%以下的部分在未被玻璃钝化层覆盖的键合区内。
- b) 引线的键合尾丝延伸并接触到未被玻璃钝化层覆盖、且不与此引线相连的金属化层。
- c) 引线的键合尾丝, 其长度在芯片键合区超过引线直径的 2.0 倍, 在管壳或引线柱上超过引线直径的 4.0 倍。
- d) 管壳引线柱上的键, 其未完全键合在引线柱顶部平面内。
- e) 键合在另一键合点上、键合在引线尾丝或引线残留段上的键。在已键合的键旁边的超声楔形键, 使原先的键可观察宽度减少不到 $6.4\mu\text{m}$, 认为是可接收的。
- f) 键合点与相邻未玻璃钝化的、且不应相连的芯片金属化层之间的距离小于 $25.4\mu\text{m}$ 。若玻璃钝化层没有开裂, 该距离可为 $2.5\mu\text{m}$ 。
- g) 对重新键合有下列限制:
 - 1) 划伤、开路或断裂的金属化条或导电图形, 不能用桥连或键合引线(或带)的方法进行修复。
 - 2) 重新键合应键合在至少 50%未损坏的金属化层上(不包括有探针压痕, 但未暴露氧化层的地方), 仅允许在设计的键合区内或引线柱上重新键合一次。重新键合不应位于因金属化层翘起而暴露了氧化层的地方。

- 3) 重新键合的总数不得超过器件总键合数的 10%。10%的极限应取最接近器件总键合数的 10%的整数。一根引线一端键合到芯片另一端键合到键合区,应计算为 2 次键合。在第一次不成功的键合尝试后,用于清除键的键剥离可不计为重新键合,只要能证实确实为采用物理方式从规定键合区将键剥离。初始的键合尝试不要留下明显的痕迹。引线一端的替换键合或引线一端的不成功的键合尝试均计为一次重新键合,引线两端的替换键合或另一端已键合完毕的引线的一次不成功的键合尝试均计为两次重新键合。
- h) 键合区不到 50%的部分位于共晶焊料之外的金丝球焊。发红区不认为是共晶焊料区(发红区是指颜色发生变化,但表面晶体结构未改变的区域)。

3.5.6 内引线

不得接收呈现下列缺陷的器件:

- 引线与未被玻璃钝化层覆盖的工作金属化层之间、与另一引线之间(公用引线除外)、与封装引线柱之间、与未被钝化层覆盖的极性相反的芯片之间以及与反极性封装管壳的任何部分(包括待封装的盖板封接平面)之间的距离小于引线直径(设计有要求除外,但在任何情况下,此距离不能小于 $6.4\mu\text{m}$) (距芯片表面键合区周界 $127\mu\text{m}$ 的球面内,此距离应大于 $25.4\mu\text{m}$);
- 引线上存在缺口、裂缝、弯曲、切伤、卷曲、划痕或颈缩,使引线直径减小 25%以上,键合变形区除外;
- 遗漏或多余的引线;
- 在引线和键的接合处,键翘起或撕裂;
- 芯片键合区到封装引线柱之间的引线不呈弧形,或引线应力未释放;
- 引线与引线交叉(公共导线和设计要求的除外)的情况下,引线间距离应至少为 $25.4\mu\text{m}$;
- 未按键合图纸键合的引线(设计文件中规定调试用的引线除外);
- 引线内角弯曲小于 90° (非设计要求的突然弯曲)或引线扭曲到有明显的应力存在;
- 金丝球焊键合的引线与芯片表面的法线方向偏离大于 10° ,引线弯向封装引线柱或其他端点之前,偏离距离大于 $12.7\mu\text{m}$ 。

3.6 组装情况(低放大倍数)

3.6.1 芯片表面的多余物

可用规定气流(大约 138kPa)将多余物或多余粒子吹掉,或用软驼毛刷刷掉。不得接收呈现下列缺陷的器件:

- 松散地粘附在表面的导电粒子(导电粒子的粘附部分小于其最大尺寸的一半)大到足以桥连未被玻璃钝化层覆盖的有源金属化层之间最窄间距(硅渣或任何不透明材料应归为导电粒子);
- 芯片表面的液滴、化学污斑或光致抗蚀剂桥连了未被玻璃钝化层覆盖的任何金属化层或裸露了半导体材料,未使用部分除外;
- 芯片表面的油墨覆盖了键合区面积的 25%以上(或妨碍键合),或者桥连了未被玻璃钝化层覆盖的任何金属化层或裸露了半导体材料,未使用部分除外;
- 任何延伸到金属化层的非透明材料。

3.6.2 芯片安装

不得接收呈现下列缺陷的器件:

- 芯片至少三个边缘或芯片周边 75%以上区域观察不到芯片和管座之间的安装材料。若器件已通过了芯片粘附评价试验,则不要求检查浸润情况。
- 芯片安装材料呈球状,从上面观察时看不见焊接轮廓。
- 芯片安装材料的剥离。
- 芯片安装材料延伸至芯片表面,漫过划片区,与有源区和金属化区的距离小于 $12.7\mu\text{m}$ 或垂直延伸至芯片顶部表面并妨碍键合。

3.6.3 芯片方位

不得接收呈现下列缺陷的器件：

- a) 芯片的定向和定位不符合器件的装配图；
- b) 芯片明显倾斜，或芯片与芯片安装面之间的倾斜大于 10° 。

3.6.4 内部封装缺陷(适用于底座、基座、管帽、盖板)

作为 100%目检的替代方法，盖板和管帽可进行由鉴定机构批准的适当清洗处理和质量验证程序，并在封帽或密封准备前，一直保存在受控环境中。缺陷包括：

- a) 底座或引线柱镀层出现气泡。
- b) 导电粒子的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间隙比设计值减少 50%以上，或减小 $5.1\mu\text{m}$ ，取小者；
 - 2) 衬底开裂。

3.6.5 载体缺陷(如氧化铍、氧化铝等基板)

不得接收呈现下列缺陷的器件：

- a) 载体材料的开裂。
- b) 载体金属化层粘污或载体金属化设计图形明显不均匀，使工作焊片、金属化条、盖板封装金属化层、边缘等连接部位间的距离比设计值小 50%或 $12.7\mu\text{m}$ ，取小者。
- c) 氧化铍或工作金属化层裂纹，影响封装的气密性或芯片粘接的金属化层(工具压痕或冷模界面线不是开裂，不作为拒收理由)。
- 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，使金属化条、引线或有源电路元件桥连。
- f) 金属化层中的划伤或空洞沿长度方向暴露其底层的任何部位，使留下的宽度小于原先设计值的 75%以上；为了改进表面可键合性，有时在需要键合引线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 3.6.5 f) 的要求。
- g) 在加工过程中，由于不合理操作造成载体金属化层过度刮伤。
- h) 用焊锡连接的主要部分、桥或引线焊片，其与封装粘接面的浸润面积小于 50%。
- i) 管座引线柱与管座法线方向偏离超过 10° 。
- j) 引线上粘附的共晶焊料或焊锡，延伸跨越金属化条设计间距的 50%以上。

3.7 电容器缺陷(高放大倍数)

不得接收呈现下列缺陷的器件：

- a) 穿过金属的划伤，延伸整个金属的长度并暴露了下层氧化层。
- b) 金属化层剥落(键合尾丝拉力引起的剥落除外)。
- c) 金属化层出现腐蚀。
- d) 指向金属和在距金属 $25.4\mu\text{m}$ 范围内的半导体裂缝(接地部分除外)。
- e) 距金属 $12.7\mu\text{m}$ 的范围内有缺损(接地部分除外)。
- f) 键合区金属化层上的凿痕或探针压痕超过其面积的 20%，且暴露了底层氧化层。
- g) 在电容器的三个以上周边或电容器周边的 75%以上部分看不到安装材料。若器件已通过了电容器粘附强度评价试验，则不要求检查电容器浸润情况。(该试验在低放大倍数下进行。)

调试时允许进行多次键合，然而在进行再次键合前，应把原先的键合丝完全除掉，且必须依据设计文件进行。

3.8 对准(拒收判据适用于单胞的 25%或芯片的 10%)(高放大倍数)

除接触区与相同类型的有源区相连外，扩散线与其他扩散线相连则拒收。发射极接触区可与发射极基极结相连，但不能交叉。基极接触与接触区粘接部分不得少于接触区的 50%。接触区不扩散。

3.9 电阻器(拒收判据适用于单胞的 25%或芯片的 10%)(高放大倍数)

3.9.1 通则

电阻器的拒收判据见表 2, 适用于单胞的 25%或芯片的 10%(高放大倍数)。

表 2 电阻器拒收判据

工艺	缺陷	拒收判据
镍铬电阻器	变窄	电阻器宽度小于设计宽度的 90%
	钻蚀	电阻器宽度小于设计宽度的 75%
	桥连或多余的镍铬	不连续的电阻器图形间桥连
扩散电阻器	氧化层缺陷、轮廓不清	没有可见的开口
	未对准	接触宽度小于设计宽度的 90%
	钻蚀	电阻器宽度小于设计宽度的 75%
	过刻蚀	电阻器宽度大于设计宽度的 125%
多晶硅电阻器	变窄	电阻器宽度小于设计宽度的 90%
	钻蚀	电阻器宽度小于设计宽度的 75%
	桥连或多余的多晶硅	不连续的电阻器图形间桥连
	未对准	接触宽度小于设计宽度的 75%
若单胞的 25%或芯片的 10%中呈现烧毁或电阻器缺损, 则拒收。		

3.9.2 镍铬电阻器

经淀积而后成形的薄膜, 通常该电阻器连接发射极条与发射极馈电金属, 以控制电流。在射频集成电路中, 它也能用作无源元件。

3.9.3 多晶硅电阻器(斜角形)

经淀积、掺杂然后成形的多晶硅薄膜, 通常该电阻器连接发射极条与发射极馈电金属, 以控制电流。在射频集成电路中, 它能用作无源元件。

3.9.4 扩散电阻器(接触形)

通常该扩散区连接发射极条与发射极馈电金属, 以控制电流。

3.9.5 接触区和扩散缺陷(接触区不扩散)

如果芯片的 10%出现接触面少于设计值的 50%, 则拒收该芯片。芯片上不连续的注入或扩散线超过芯片的 10%, 则拒收该芯片。不连续线是指曲折且不闭合的线。注入或扩散缺陷引起扩散区之间、金属条之间、及扩散区与金属条之间存在设计外的桥连, 且影响了芯片的 10%以上的面积, 拒收则该芯片。注入或扩散区小于设计面积的 50%, 则拒收该芯片。

3.9.6 钝化层或氧化层缺陷

采用的拒收条件是单胞的 25%或芯片的 10%。有源结未被钝化层或玻璃钝化层覆盖, 则拒收; 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(设计有要求除外), 则拒收; 钝化层或氧化层缺陷使任意两个金属化条桥连, 则拒收。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- 与本检验方法的不同之处或补充要求;
- 适用时, 与已批准的电路设计布局或结构的不同处;
- 适用时, 提供操作者用作比较标准的标尺、图样和照片;
- 适用时, 特殊的放大倍数要求。

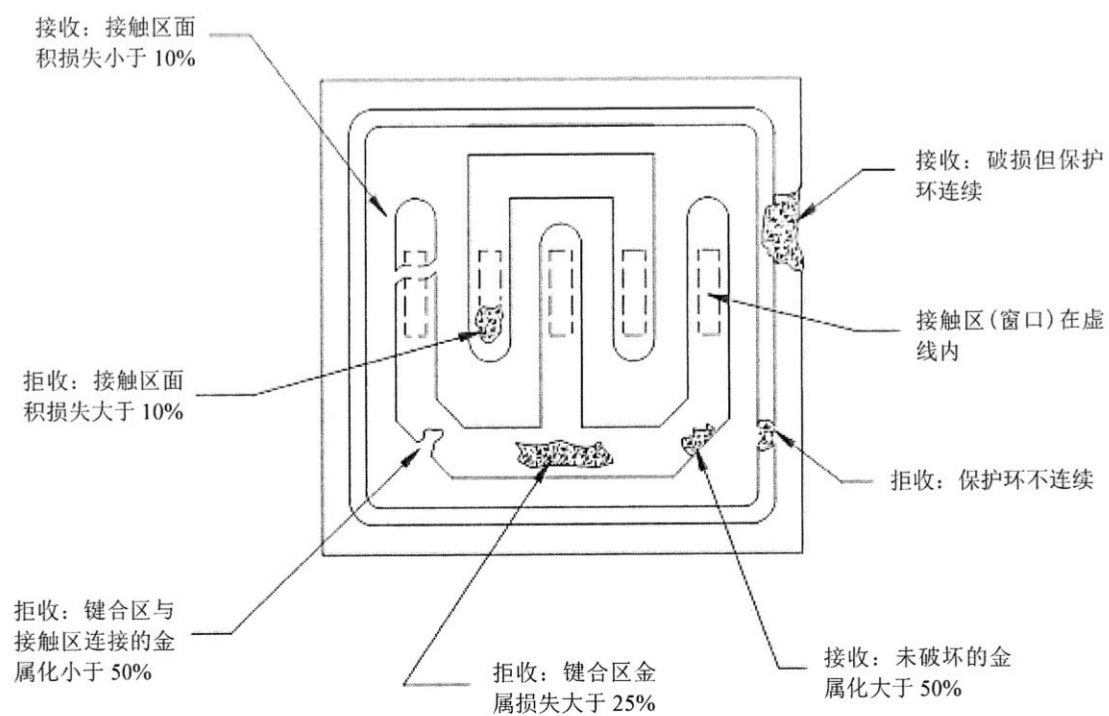


图 1 金属化划伤和空洞(延伸接触)

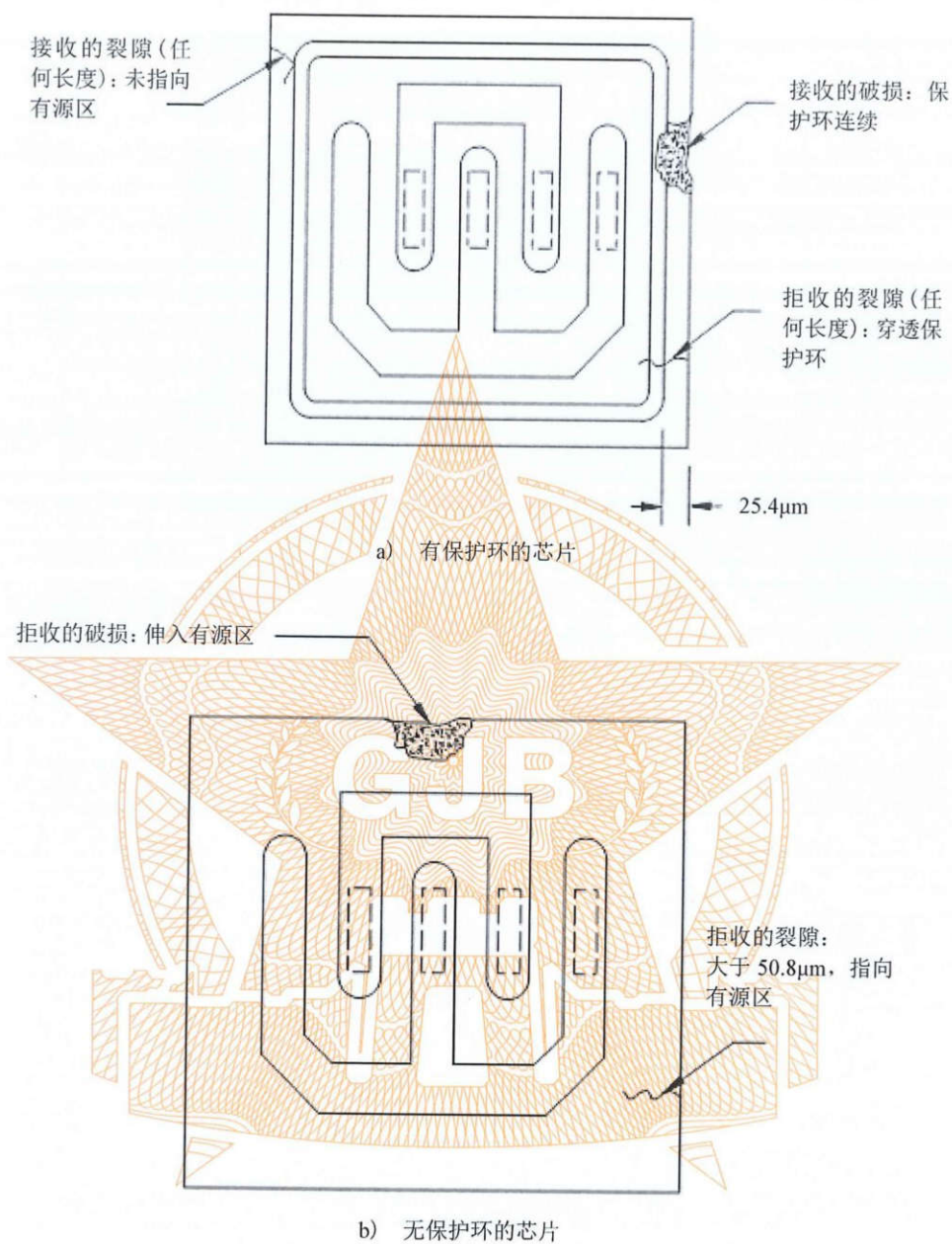
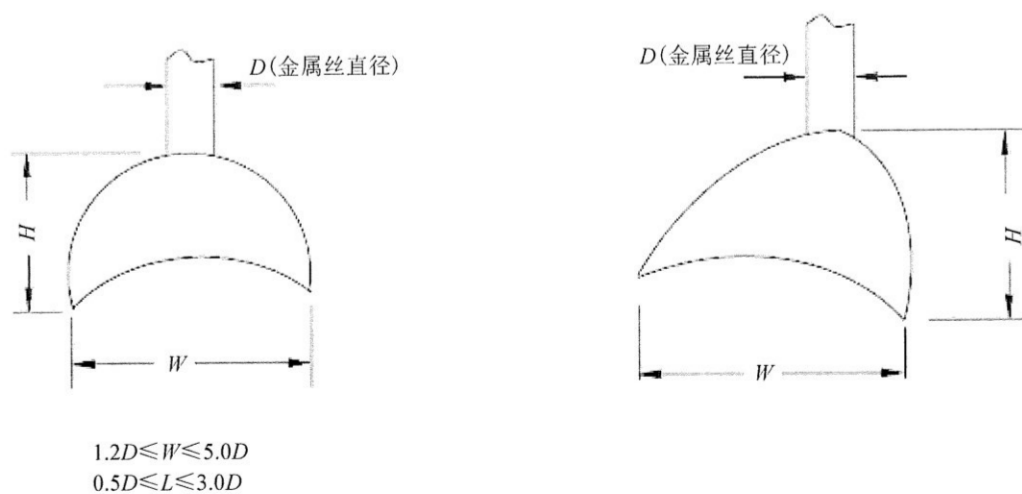
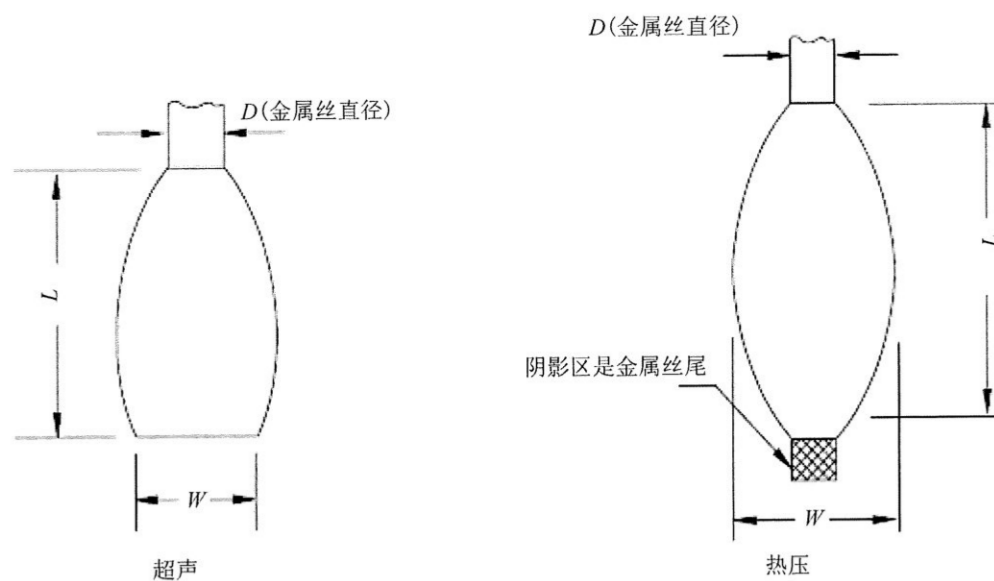


图 2 裂纹和破损



a) 无尾或月牙形

对超声键合的铝丝, $1.2D \leq W \leq 3.0D$; $1.5D \leq L \leq 3.0D$ 对超声键合的金丝, $1.0D \leq W \leq 3.0D$; $0.5D \leq L \leq 3.0D$ 对热压键合, $0.5D \leq L \leq 3.0D$, $1.2D \leq W \leq 3.0D$

b) 楔形

图3 键合尺寸

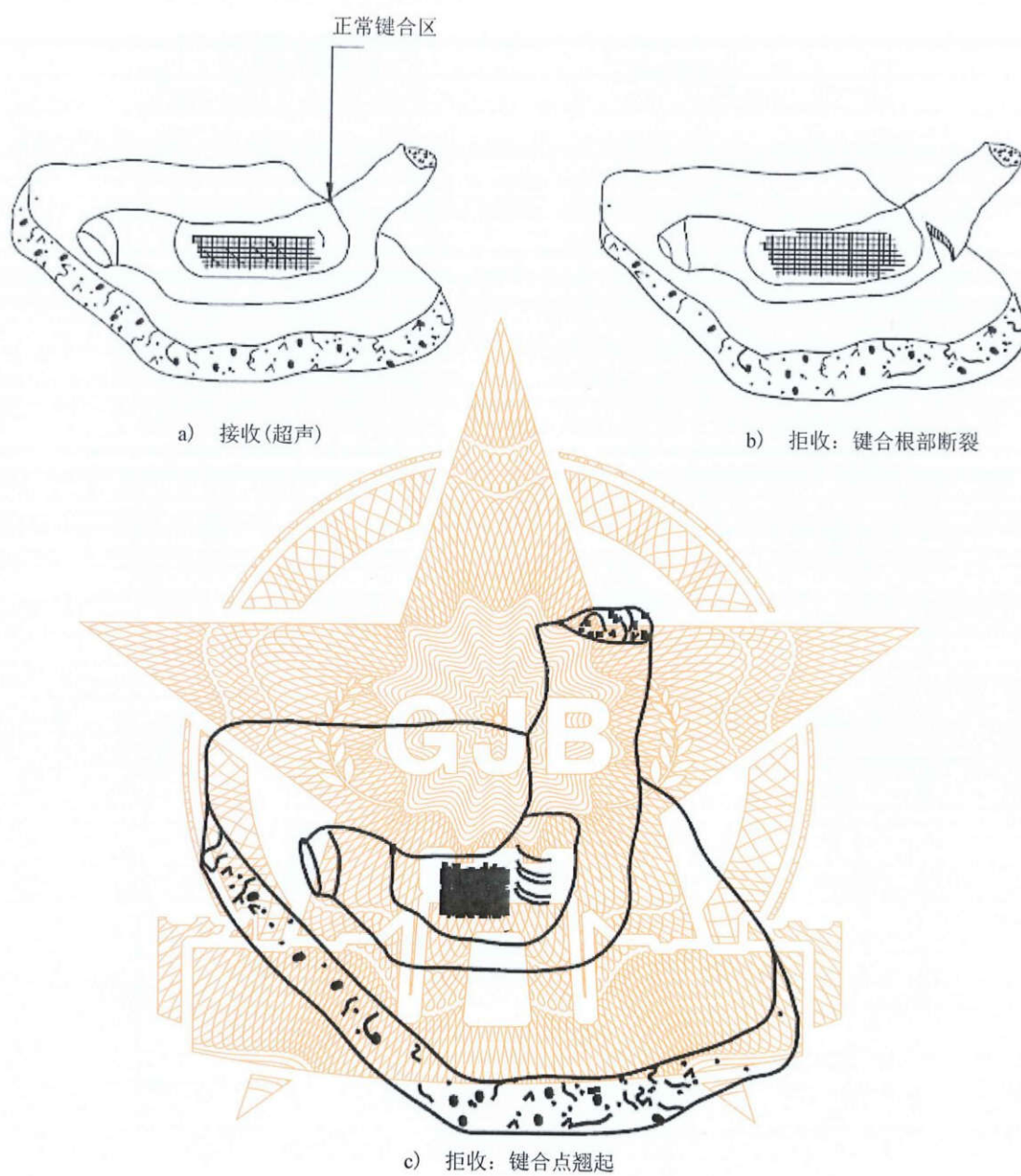


图4 翘起/破裂的键合

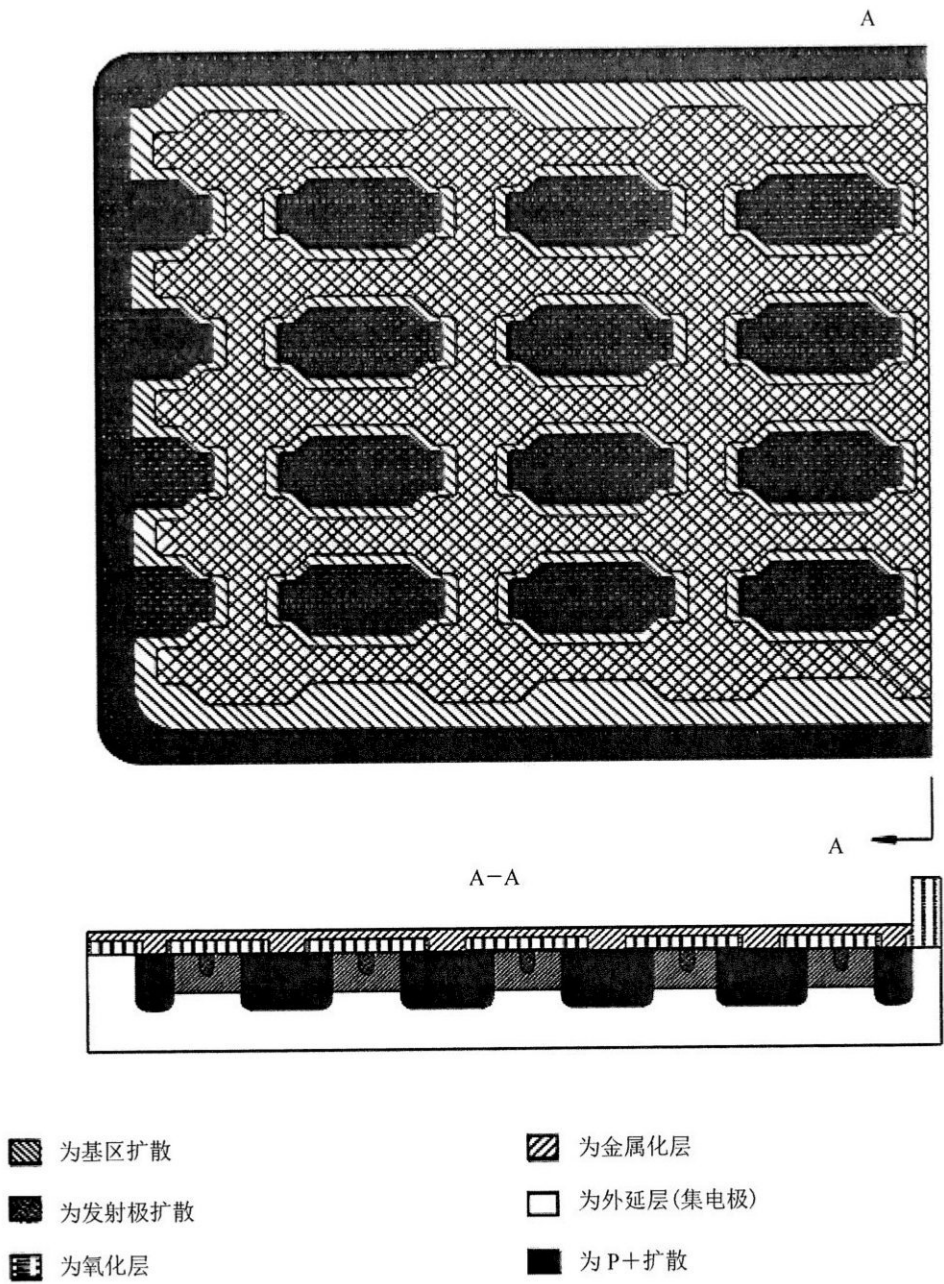


图 5 台式结构

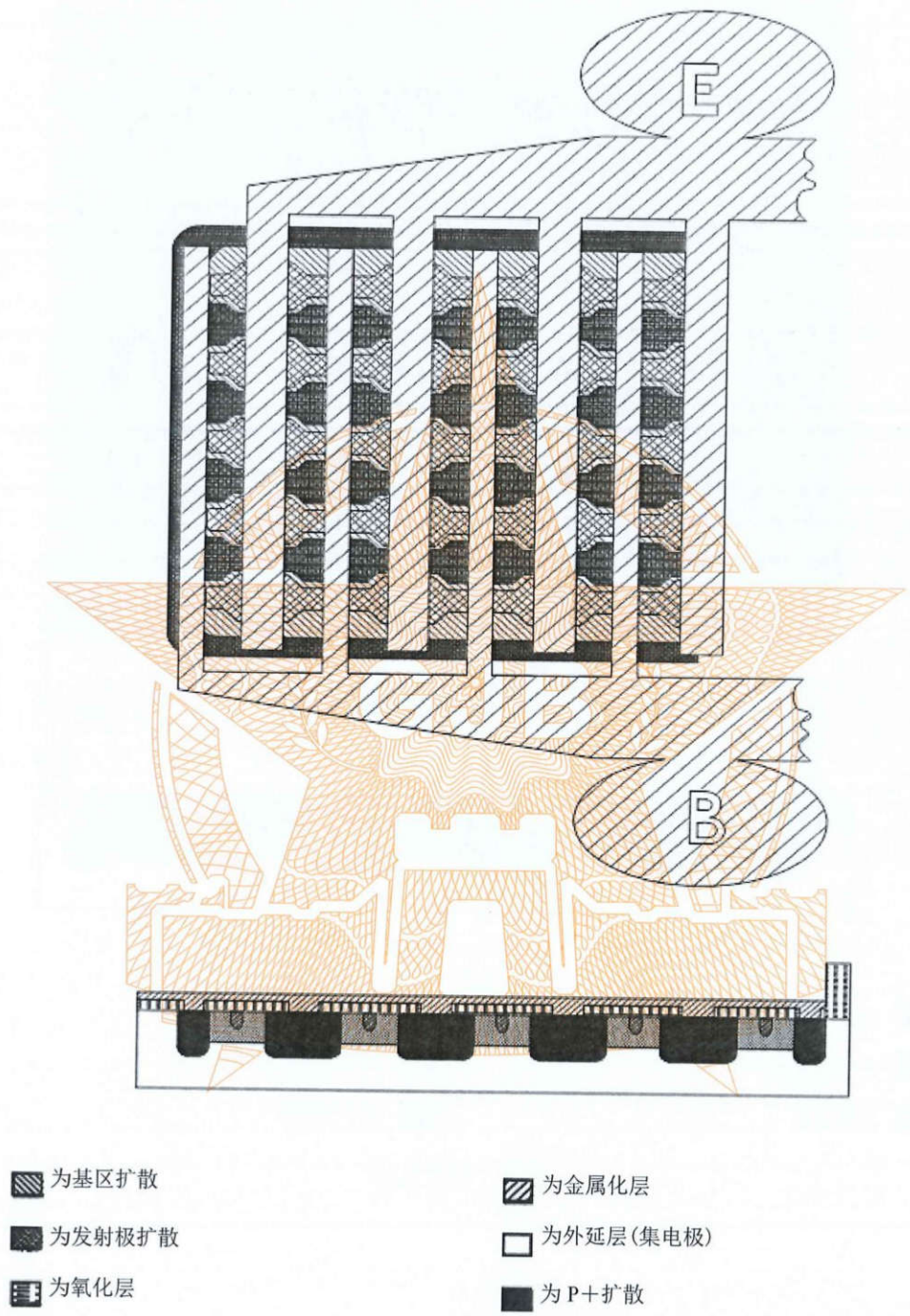
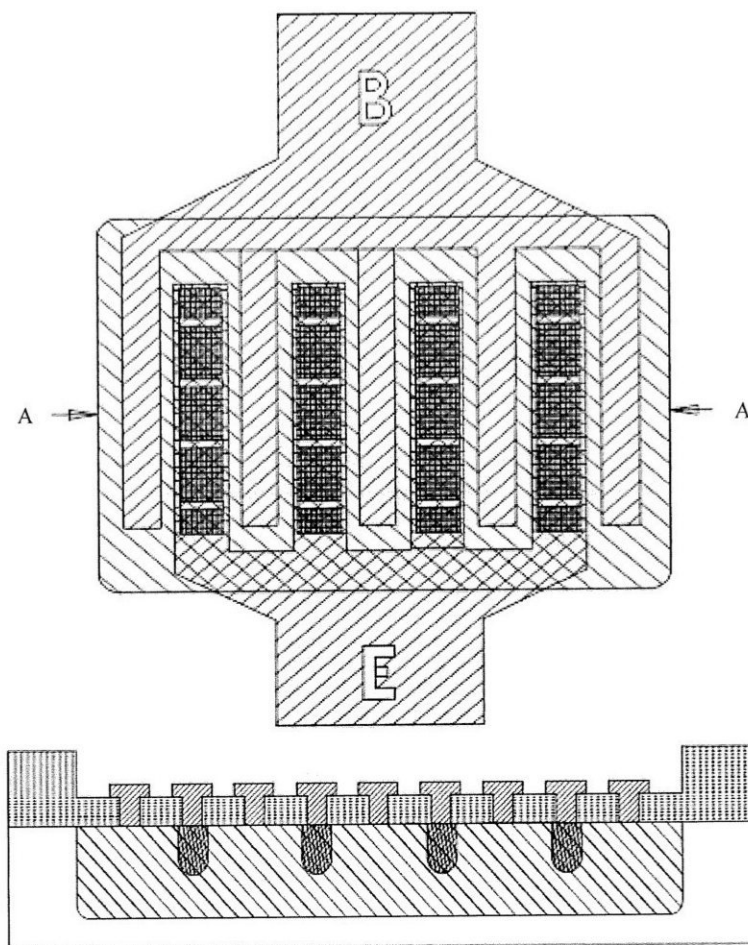


图 5(续)



- | | |
|----------|-------------|
| ■ 为基区扩散 | ■ 为金属化层 |
| ■ 为发射极扩散 | □ 为外延层(集电极) |
| ■ 为氧化层 | |

图 6 叉指式结构

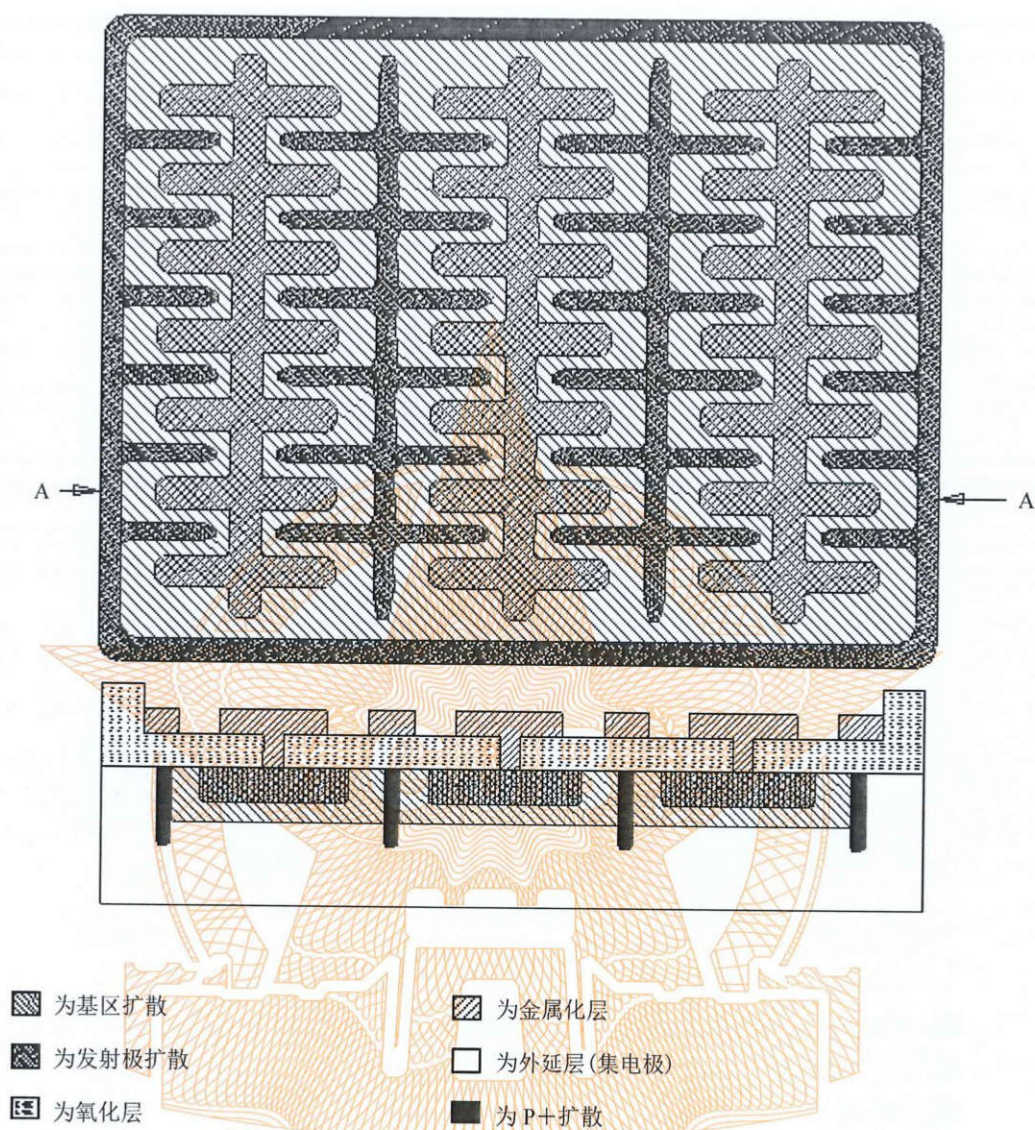
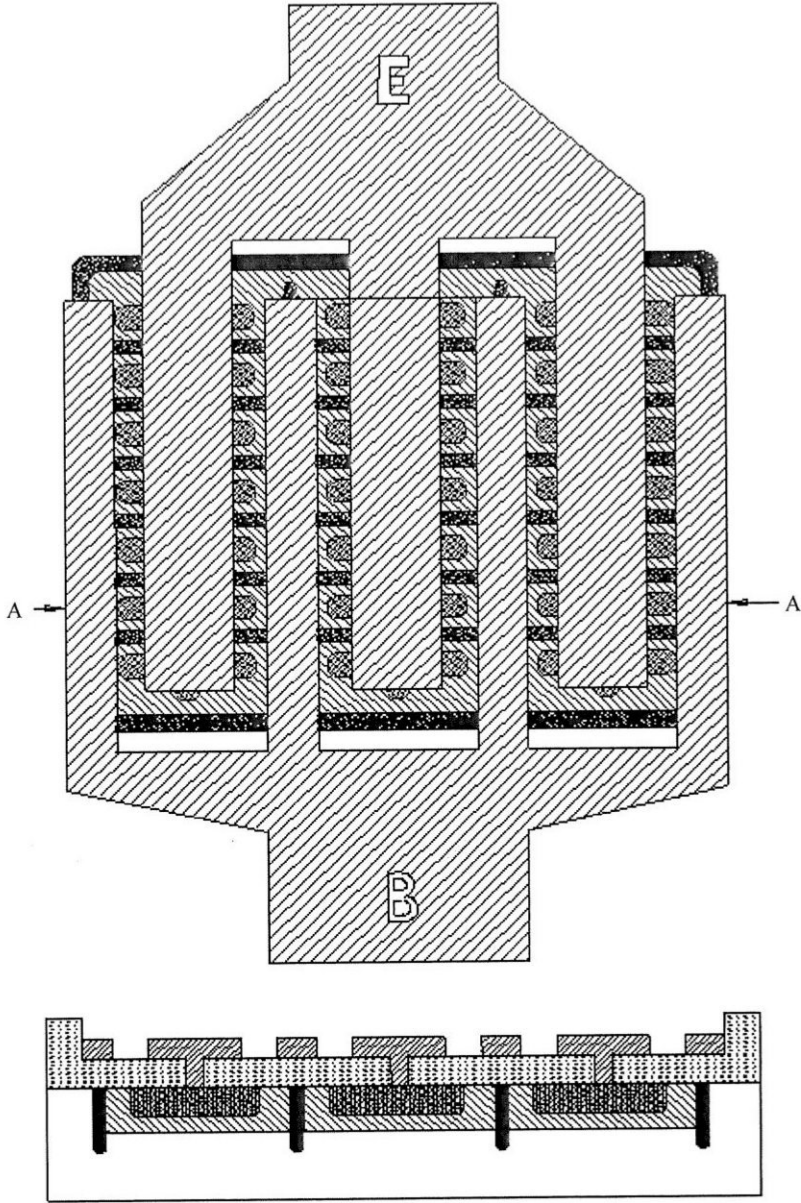


图7 脊背式结构



- | | |
|--|---|
|  为基区扩散 |  为金属化层 |
|  为发射极扩散 |  为外延层(集电极) |
|  为氧化层 |  为 P+ 扩散 |

图 7(续)

方法 2071 外观及机械检验

1 目的

本试验是为了验证已封装器件的加工质量。本试验也可以用来检验已封装器件由于操作、组装和试验引起的器件损坏。本试验通常用作器件承制方内部的出厂检验或作为外组装器件的进厂检验。

2 设备

本试验所用的设备应能证明器件是否符合详细规范的要求。设备包括能放大 3 倍~10 倍、有较大视场的光学设备,如带照明的圆形放大镜。

3 程序

除另有规定外,器件应在至少放大 3 倍的条件下进行检验。镜头的视场应足以容纳整个器件,并能按 4.1 的判据进行检验。如果在低放大倍数检验显示异常,则要在高放大倍数(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。

4 失效判据

4.1 通则

器件呈现下列缺陷之一,则认为器件失效:

- a) 外壳零件的偏差超出外壳外形图要求。
- b) 目检有锈蚀或沾污的迹象。退色不应拒收。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、剥落或气泡暴露了底镀或底层金属。
- e) 引线或引出端上的毛刺引起外壳尺寸超差。
- f) 外来物(包括焊料或其他金属化)桥连了引线,或者妨碍了器件的正常应用。如果有粘附的外来物,可使器件经受清洁、过滤的气流(吸气或排气)处理或用异丙醇清洗,然后重检。
- g) 超过封装表面的突出物,妨碍了器件的密封。
- h) 错误的焊接或卷曲。
- i) 凸缘偏离其正常结构引起的损坏。
- 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或产生镀层缺陷(见 4.1 d))。
- l) 不作为正常设计结构部分的间隙、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。

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)和加工质量不符合有关规范应拒收。

4.2 具体的失效判据

4.2.1 金属圆形外壳引线/引出端密封区的失效判据

金属圆形外壳引线/引出端密封区的失效判据的失效判据如下:

- a) 径向裂纹(不包括月牙形裂纹)延伸大于引出端到外壳边缘距离的一半(见图 1)。从外壳边缘开始的径向裂纹。
- b) 圆弧状裂纹(不包括月牙形裂纹)围绕密封中心延伸大于 90°(见图 2)。
- c) 表面开口泡串或簇的尺寸大于引出端到外壳距离的 2/3。

- d) 表面下气泡超过如下规定：
 - 1) 超过玻璃封装面积 1/3 的大气泡或空洞(见图 3)；
 - 2) 单气泡或空洞大于引出端到外壳距离的 2/3，并且超过玻璃封装深度的 1/3(见图 4)；
 - 3) 在一条直线上的两个气泡大于引出端到外壳之间距离的 2/3(见图 5)；
 - 4) 互连的气泡大于引出端到外壳之间距离的 2/3(见图 6)。
- e) 除按设计外，存在浸润不一致或反弯月形的封装凹陷。
- 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出端到外壳之间距离的一半之内(见图 7)。玻璃月牙形是指引线或引出端上的隆起玻璃区域。
- h) 穿过封装玻璃深度大于玻璃月牙形平面的任何陶瓷或封装玻璃的劈开。由于月牙形劈而导致暴露底层金属，如果暴露面积的深度不大于 0.25mm 或引线直径的 50%(取其大者)，认为器件可接收(见图 8)。

4.2.2 陶瓷封装的失效判据

4.2.2.1 结构缺陷

如果呈现以下任何一种情况，器件应视为失效。

- a) 在封装底部安装表面上的突起物超出安装平面；
- b) 有引线封装的任一表面存在高度超过引线厚度的突起物(不包括玻璃溢出物)；
- c) 无引线封装盖板或帽上的突起物、或焊区平面的延展物高度超过引出端宽度的 25%；
- d) 无引线封装的焊区之间、导热结构之间、密封环之间、导热结构和密封环之间、帽盖与金属化城堡状区之间存在非设计要求的金属化区，使得它们之间的绝缘间距小于焊区间距的 50%。

4.2.2.2 引线

如果呈现以下任何一种情况，器件应视为失效。

- a) 断线。
- b) 引线或引出端受损伤，或没位于规定位置，或弯曲成有尖角状，或有不符合规定的弯曲，或扭曲使引线偏离正常引线平面 20° 以上。
- c) 引线上凹坑、凹陷的直径或最大宽度超过引线宽度(圆引线按直径计算)的 25%，深度大于引线厚度的 50%。
- d) 引线上的毛刺高度超过引线厚度的 50%(圆引线按直径计算)。
- e) 引线未对准焊区，致使与焊区相接部分小于引线焊区面积的 75%。
- f) 金属化(包括焊接引线镀层)使各引线之间或引线与其他封装金属化区间的绝缘间距减少到小于引线间距(对钎焊引线为焊区间距)的 50%，或未达到外形尺寸中的最低要求。
- g) 焊料使得安装平面与陶瓷壳体之间的引线尺寸大于引线最大设计厚度的 1.5 倍，或使安装平面下的引线尺寸超过最大设计值。
- h) 划痕使得引线暴露出的基底金属的面积大于引线表面积的 5%。暴露引线末端截面的基底金属是可以接收的，不计算在 5%之内。

4.2.2.3 有引线器件的封装壳体或盖帽

如果呈现以下任何一种情况，器件应视为失效。

- a) 封装壳体破裂或有裂纹。表面划痕不应视为失效，除非与本方法中所列的其他标志、涂层等判据相违背。
- b) 表面上任何缺口在任何方向上的尺寸大于 1.5mm，并且其深度超过受损封装部件(如盖板、底板或壁)厚度的 25%。
- c) 与钎焊引线相连的外引线金属化条上存在大于自身宽度 25%的空洞。
- d) 在任何多层陶瓷封装上有明显的裂纹、分层、分离或空洞。

4.2.2.4 无引线器件的封装壳体或盖帽

如果呈现以下任何一种情况, 器件应视为失效。

- a) 在受损表面(边缘或棱角)的任一方向上存在几何尺寸超过引出端间距 50%以上的陶瓷裂缝, 且其深度超过受损封装部件(例如盖帽、底板或壁)厚度的 25%。
- b) 在任一封装部件上存在裂纹、分层、分离或空洞。
- c) 城堡状区与焊区未对准。除环形区外, 在城堡状区内的金属均应在焊盘的可见延伸区域内(见图 9)。
- d) 城堡状区图形不符合下述任一规定(见图 10)。城堡状区应呈凹形, 此凹形在封装边缘由贯穿所有城堡状区的陶瓷层的三维空间所限定。城堡状区表面可能是不规则的。此三维空间的尺寸分别为:
 - 1) 最小宽度大于封装引出端焊盘宽度的 $1/3$;
 - 2) 最小深度大于城堡状区的最小宽度的 $1/2$;
 - 3) 长度等于设计值(见图 10);
 - 4) 最大宽度小于等于封装引出端的焊盘宽度;
 - 5) 最大深度小于等于城堡状区最大宽度的 $1/2$ 。

这些尺寸用以保证在极端的情况下, 城堡状区在封装边缘上不会呈现为平面, 同时也不会成为闭合的通孔。

4.2.3 非透明玻璃体器件的失效判据

非透明玻璃体器件的失效判据见本标准方法 2068。

4.2.4 透明玻璃二极管、双插头结构

透明玻璃二极管、双插头结构的失效判据如下:

- a) 靠近芯片、超过设计封装长度 50%的裂纹、破损或缺口, 应拒收。检查的区域见图 11。
- b) 器件轴向上的裂纹应拒收。
- c) 月牙形裂纹可不拒收。
- d) 暴露了底层金属的任何缺口应拒收。

4.2.5 大空腔的透明玻璃二极管(如: S-触须、C-触须或直接对准结构)

大空腔的透明玻璃二极管的失效判据如下:

- a) 器件腔体内的玻璃体存在任何裂纹应拒收;
- b) 暴露了底层金属的任何缺口应拒收(这不适于器件外引线两端的玻璃体的缺口);
- c) 器件轴向上的裂纹应拒收;
- d) 月牙形裂纹可不拒收。

4.2.6 带陶瓷绝缘子的气密封外壳失效判据

带陶瓷绝缘子的密封外壳失效判据如下:

- a) 陶瓷环内圈或外圈铜钎焊金属化的分离或分层(见图 12)。
- b) 陶瓷环内圈与引线之间或外圈与外壳之间钎焊处的分离或裂纹(见图 13)。在最大放大 30 倍下检查, 在陶瓷环内圈与引线之间或外圈与外壳之间钎焊处看不到空洞、凹陷或针孔的底部。
- c) 陶瓷环内圈与引线之间或外圈与外壳之间钎焊处的不连续, 暴露了未镀覆的金属化或陶瓷(见图 14)。
- d) 附着在陶瓷环的导电材料使绝缘宽度减少到设计的 $1/3$, 除可证明低于 $2/3$ 陶瓷环宽度时, 可以满足的器件电压绝缘要求(见图 15 和图 16)。
- e) 金属化延伸超过了陶瓷高度并未附着在陶瓷上。
- f) 不允许有裂纹。不允许有大于 0.127mm 的缺口。

5 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 标志和引线(或引出端)识别的要求;
- b) 材料、设计、结构和加工质量的详细要求;
- c) 放大倍数要求,如不同于规定。

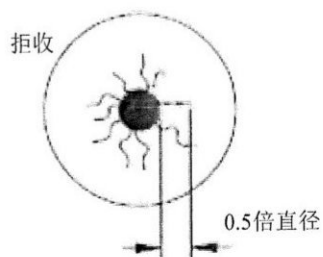


图1 超过引出端至外壳距离一半的径向裂纹

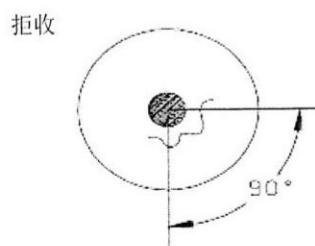


图2 圆弧状裂纹



图3 超过玻璃封装面积 1/3 的气泡

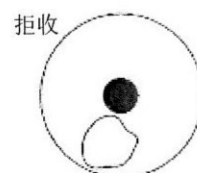


图4 单个气泡或空洞

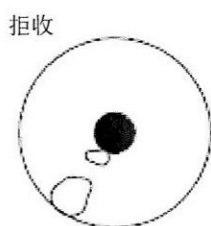


图5 同一条直线上的两个气泡

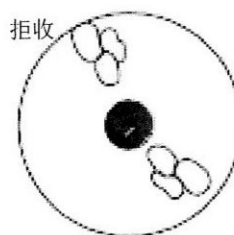


图6 互连气泡

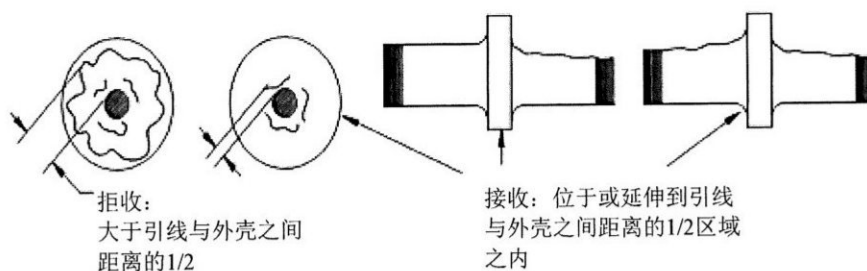


图7 弯月形裂纹

拒收: 暴露底层(未镀覆)金属深度达0.25mm或引线直径的50%(取其大者)。

接收: 暴露底层(未镀覆)金属深度在0.25mm之内。

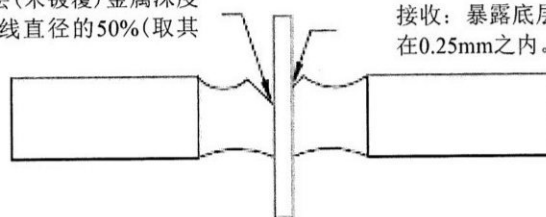


图8 劈形

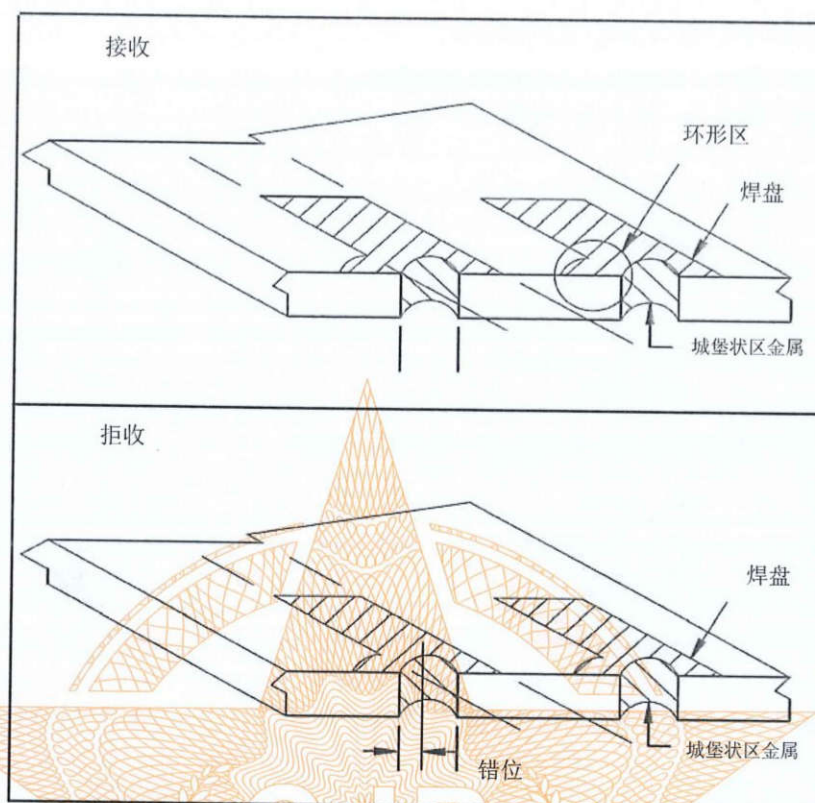
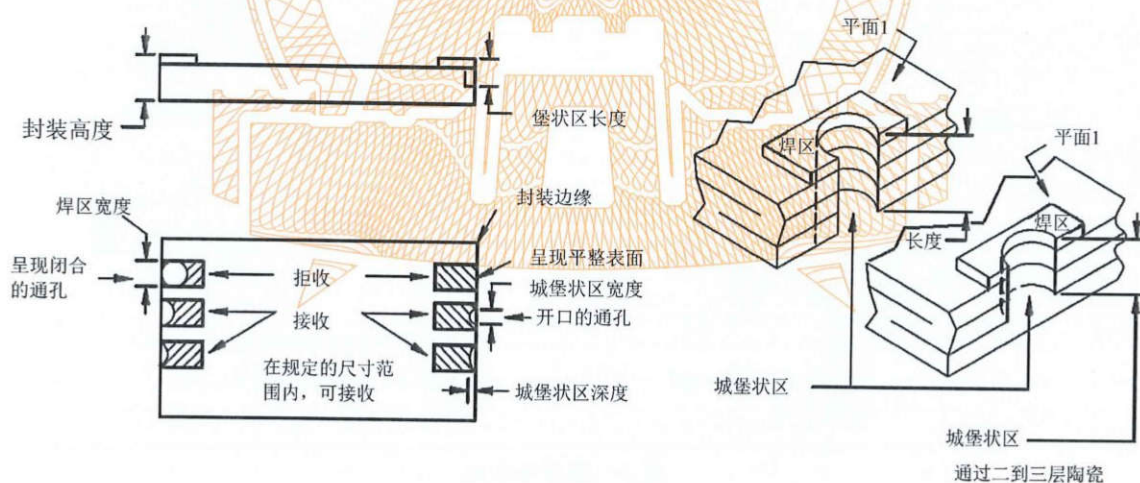


图9 城堡状区与焊接区的对准



由于陶瓷层位移、冲压后边界粗糙, 涂覆装配不光滑等各种封装过程中的问题, 使得对城堡状区的测量很困难。因此, 在确定城堡状区是否符合接受条件时若出现意见分歧, 应根据外形尺寸标准规定的极限进行直接测量。

图10 城堡状区的要求

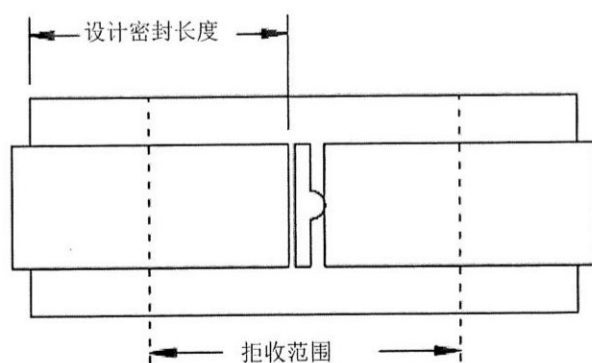
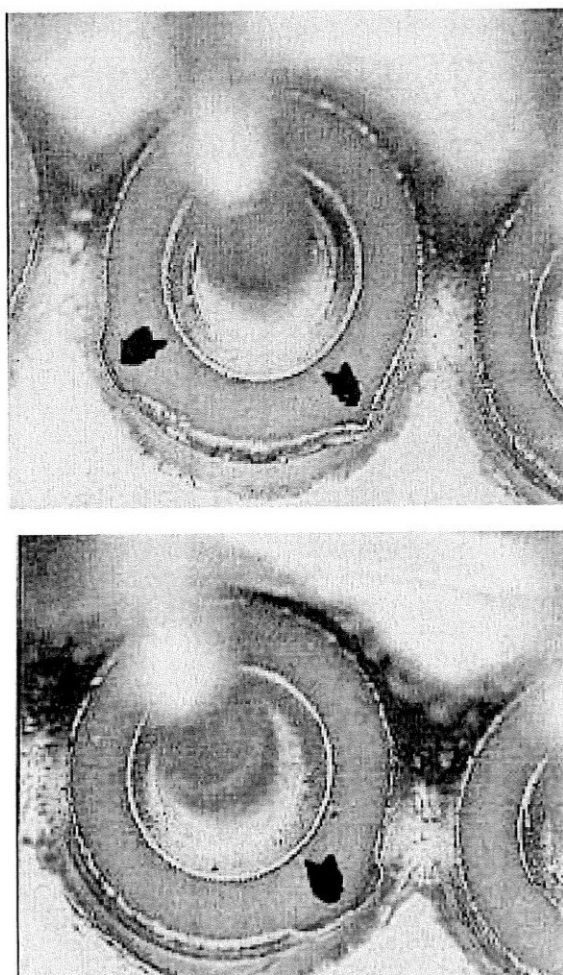
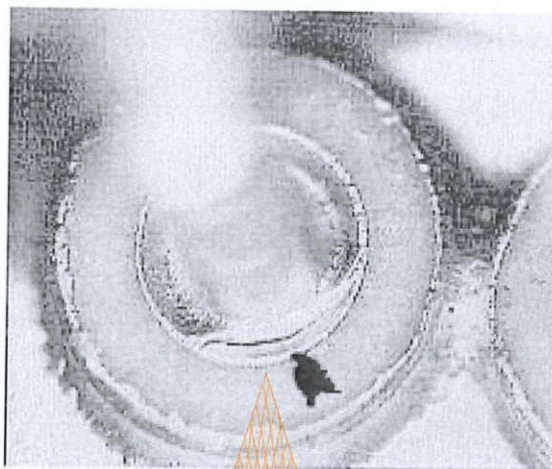


图 11 透明二极管(双插头结构)



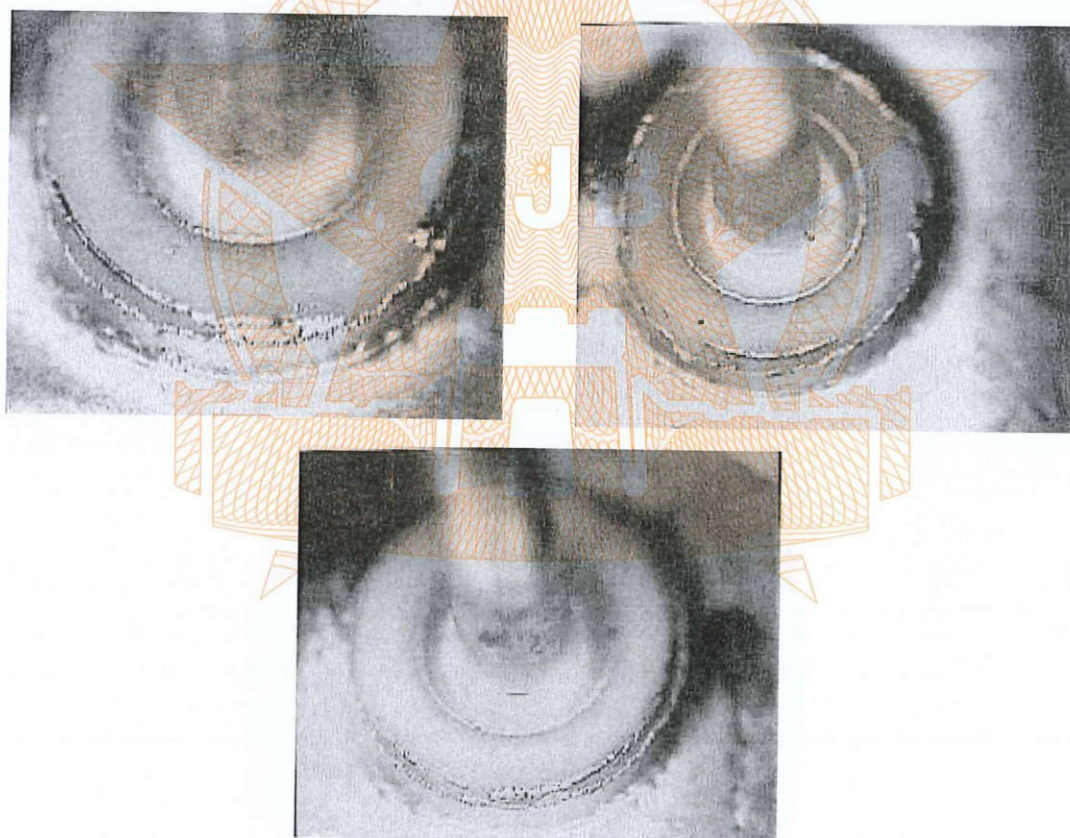
两图片中箭头所指为拒收的铜焊接分离/分层情况

图 12 铜焊接分离/分层



拒收：箭头所指为陶瓷环内圈钎焊金属化裂纹

图 13 裂纹(钎焊金属化)



拒收：陶瓷环外圈钎焊金属化不连续

图 14 不连续的钎焊金属化

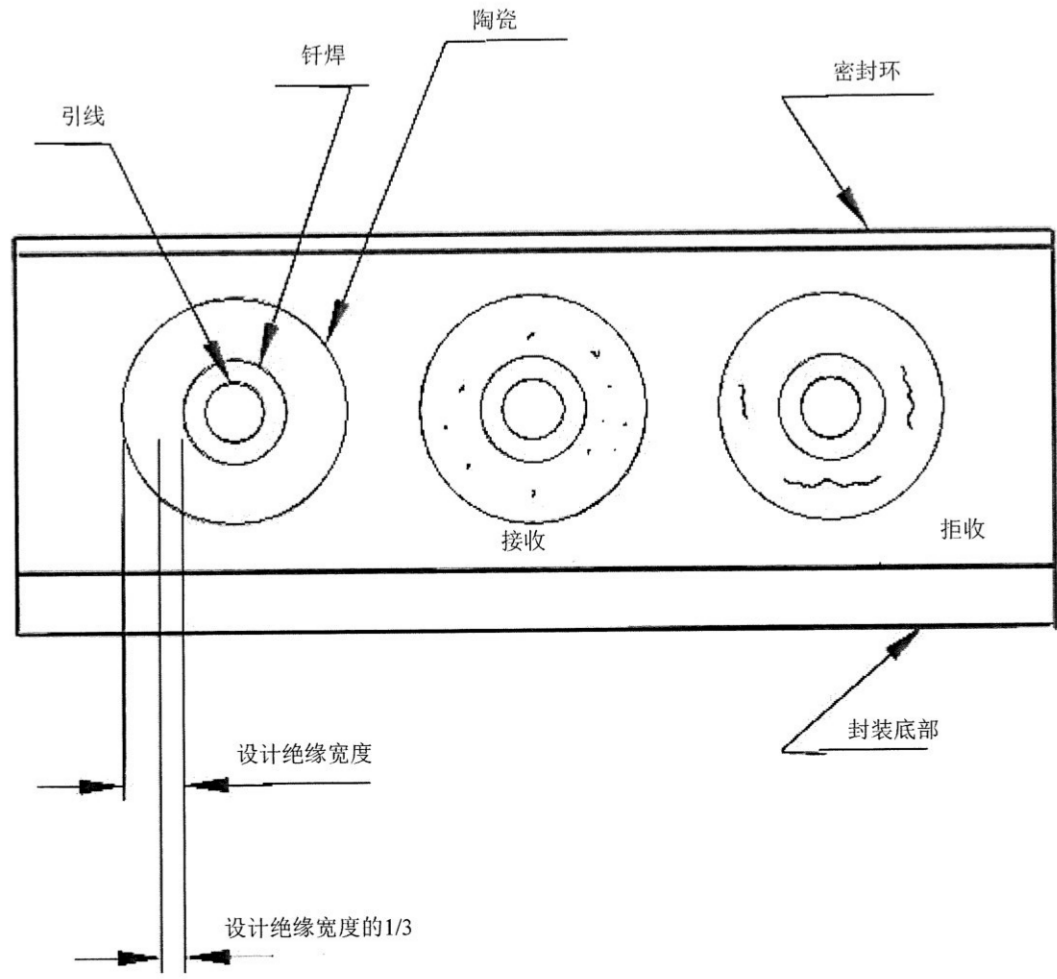
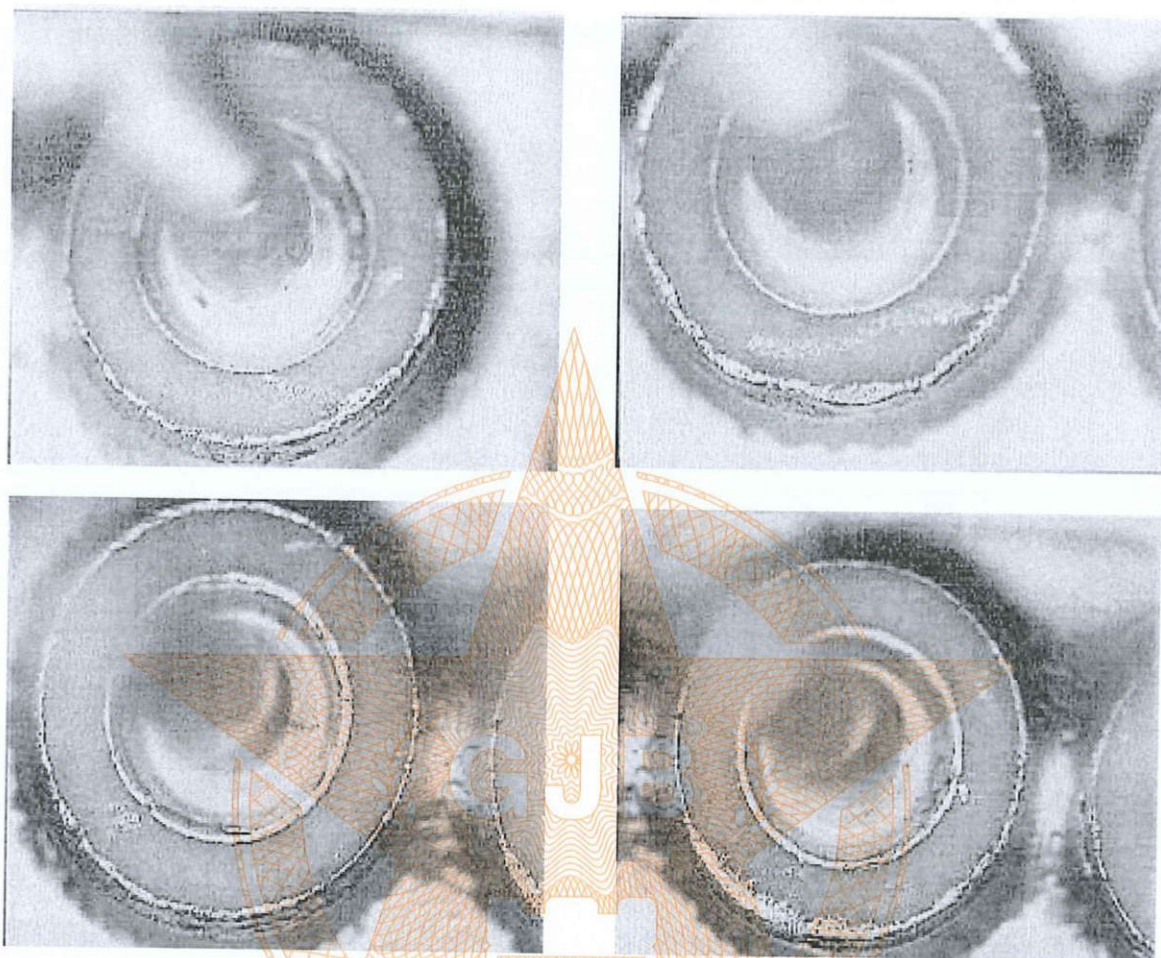
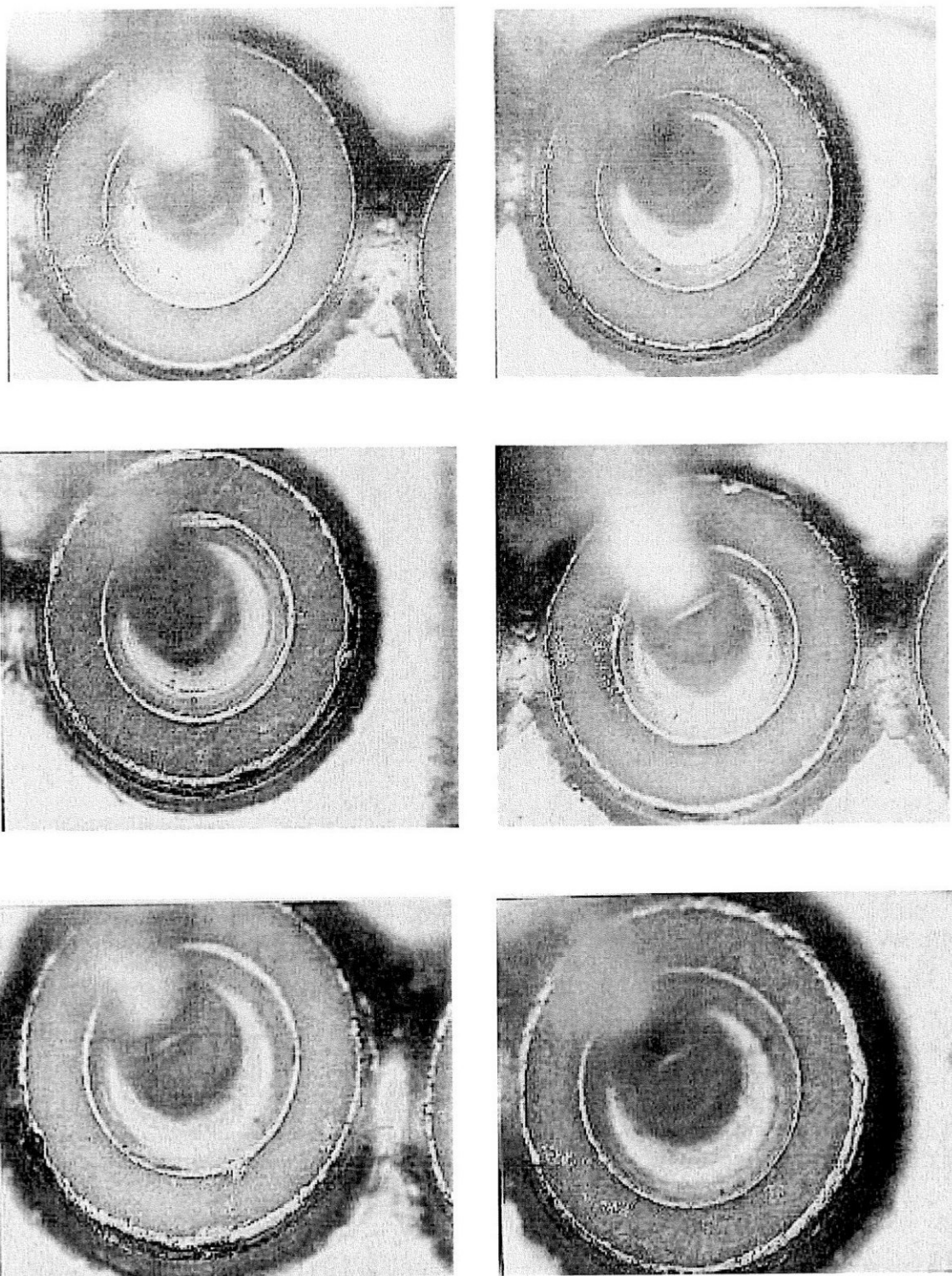


图 15 陶瓷穿通的目检判据



拒收：所有图片所示为拒收的外来物质情况

图 16 拒收的外来物质情况



拒收：所有图片所示为拒收的外来物质情况

图 16(续)

方法 2072 封帽前目检(晶体管)

1 目的

本试验的目的是验证双极型晶体管、场效应晶体管、单芯片、多芯片和多结器件的结构和工艺质量,本试验不适用于微波器件和某些射频器件。为了检查出可能导致器件在正常使用时失效的内部缺陷,以及验证器件与适用的详细规范的要求是否一致,通常应在封帽前对器件进行内部目检。

2 设备

本试验所用设备如下:

- a) 光学设备,具有规定放大倍数;
- b) 足够强度的光源,能给受检器件提供适当的照明;
- c) 适用的夹具,固定受检器件而不引起器件损伤;
- d) 带盖的容器,它适用于器件的贮存和搬运,使器件免遭机械损伤和污染;
- e) 目检判据(图、照片等),使检查人员对受检器件能否接收做出客观的判断。

3 程序

3.1 通则

应在规定的放大倍数范围内按合适的顺序检查器件,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,则在详细规范中可给出替换的检验判据,并优先采用详细规范中替换的检验判据。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,未使用的单元不采用内部目检判据。

检验应按以下原则进行:

a) 检验顺序

本方法中检验判据的顺序并不是要求必须采用的检查顺序,承制方可以自行安排检查顺序。在芯片粘结前,可按 3.2、3.3、3.4、3.8 规定的目检判据进行检查,在芯片粘接后再用低倍或高倍放大镜进行重复检查。3.7.3 和 3.7.4 规定的目检判据可在引线键合前检查,而在键合后不必进行重新检查。

b) 检验控制

在目检和密封前准备之间的时间间隔内,器件应贮存在受控环境中(受控环境是指空气中尘埃和相对湿度受控)。使用正压惰性气体环境,如干氮,应满足受控环境的贮存要求。除在密封前进行清洁处理,器件均应在 100 000 级环境中检验,允许的最大相对湿度不应超过 65%。若器件在经高温烘焙(>100℃)后立即进行密封,则湿度不必控制。器件从一个受控环境移至另一个受控环境时应放置在加盖的容器中,除在密封前进行清洁处理。

c) 放大倍数

不同尺寸的芯片适用的放大倍数见表 1。高放大倍数下的检查应在正常入射照明条件下在垂直于芯片表面的方向上进行。低放大倍数下检查可用单目、双目或立体显微镜,检查应在适当角度和适当照明下完成。根据承制方选择,3.5 和 3.7.2 中规定的检验判据可在高放大倍数下进行。对在低放大倍数下检查有疑问的器件,可用高放大倍数检查证实。

表 1 芯片放大倍数要求

芯片尺寸 ^a 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×
^a 最短尺寸的长度。		

- d) 再检验
当承制方完成内部目检后进行产品接收检验或质量验证试验时,若详细规范未规定特定的放大倍数,则附加检验可按本规范规定的放大倍数进行。

- e) 例外
如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。

3.2 芯片金属化层缺陷(高放大倍数)

3.2.1 通则

有下列缺陷的器件应拒收。

3.2.2 金属化层, 暴露底层金属的划伤和空洞

对暴露底层金属的划伤和空洞, 具体规定如下, 详见图 1。

- a) 切断最内层金属化保护环的划伤或空洞;
- b) 芯片键合区金属化层单个空洞的面积大于键合区面积的 25%;
- c) 对非延伸接触器件和所有功率器件: 划伤或空洞使有源区金属化层总面积的 25%与键合区相隔离;
- d) 对有延伸接触的所有器件: 连接键合区和接触区的金属层划伤或空洞(不管是否暴露了下层材料)使留下来的未被破坏的金属宽度小于 50%;
- e) 对多于 10 个延伸接触区的器件: 靠近键合区的那半个接触区内延伸的划伤或空洞超过 50%, 这种接触区多于 10%;
- f) 对少于或等于 10 个延伸接触区的器件: 接触区的划伤或空洞使其 10%以上金属化面积与键合区相隔离。

3.2.3 金属化层腐蚀

金属化层出现腐蚀。

3.2.4 金属化层粘附

金属化层出现翘起、剥离或起泡。

3.2.5 金属化层探针损伤

3.2.2 的判据也适用于探针损伤的限制要求。

3.2.6 金属化层桥连

金属化层桥连使两条正常情况不相连的金属化条之间的间距减少,使得在规定的显微镜下看不到氧化物,无缝隙(小于 2.5μm)。

3.2.7 金属化层对准

金属化层对准缺陷, 具体规定如下:

- a) 被连续金属化层覆盖的接触窗口面积小于其面积的 50%, 除另有规定外;
- b) 不是用来覆盖接触窗口的金属化条与窗口间隔小于 2.5μm;
- c) 未对准导致看不到连续的钝化层颜色, 即金属化层跨越钝化层, 除另有规定外。

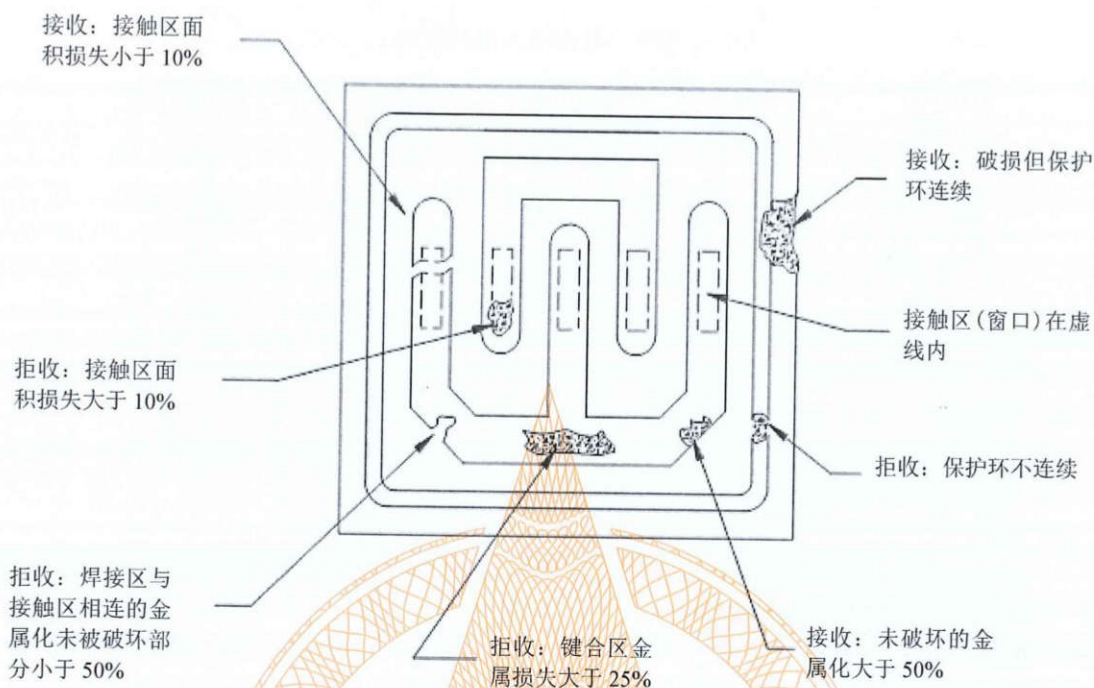


图1 金属化层划痕和空洞(延伸接触)

3.3 钝化层和扩散缺陷(高放大倍数)

有下列缺陷的器件应拒收(见图2):

- 扩散缺陷使两个扩散区、两个金属化条或其组合产生非设计规定的桥连;
- 钝化层缺陷包括未被玻璃钝化层覆盖使半导体材料暴露的针孔, 以及使两个扩散区、两个金属化条或其组合产生非设计规定的桥连;
- 非连续的扩散区, 除另有规定外;
- 在金属化层的边缘并延续到金属化层下面能看到钝化层的缺损, 这会引起金属化层和下层材料明显短路(在缺陷的边缘靠近的双线或三根线表明该缺陷深度可能已深入到半导体材料), 除另有规定外;
- 有源结未被钝化层或玻璃钝化层覆盖, 除另有规定外;
- 在扩散区中的接触窗口延伸到与结相交, 除另有规定外。

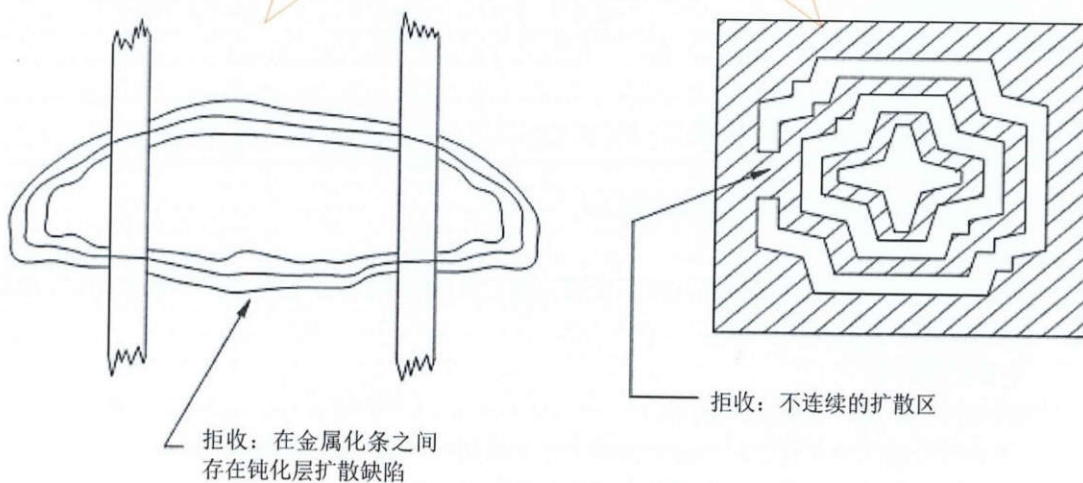


图2 钝化和扩散缺陷

3.4 划片和芯片缺陷(高放大倍数)

有下列缺陷的器件应拒收(见图3):

- a) 有源金属化层之间或键合区四周以及芯片边缘可见的钝化层小于 $2.5\mu\text{m}$, 除另有规定外;
- b) 有源区有缺损或裂缝;
- c) 一个芯片附着在另一芯片的部分有源区上, 并超过其芯片面积的 10%, 除另有规定外;
- d) 在划线栅格或划线条内的裂缝延伸长度超过 $50.8\mu\text{m}$, 并指向有源金属化层或有源区以及延伸到氧化层区;
- e) 芯片缺损延伸到距结 $25.4\mu\text{m}$ 的范围内;
- f) 裂缝或缺损延伸到有源金属化层的下面;
- g) 缺损延伸完全穿透保护环。

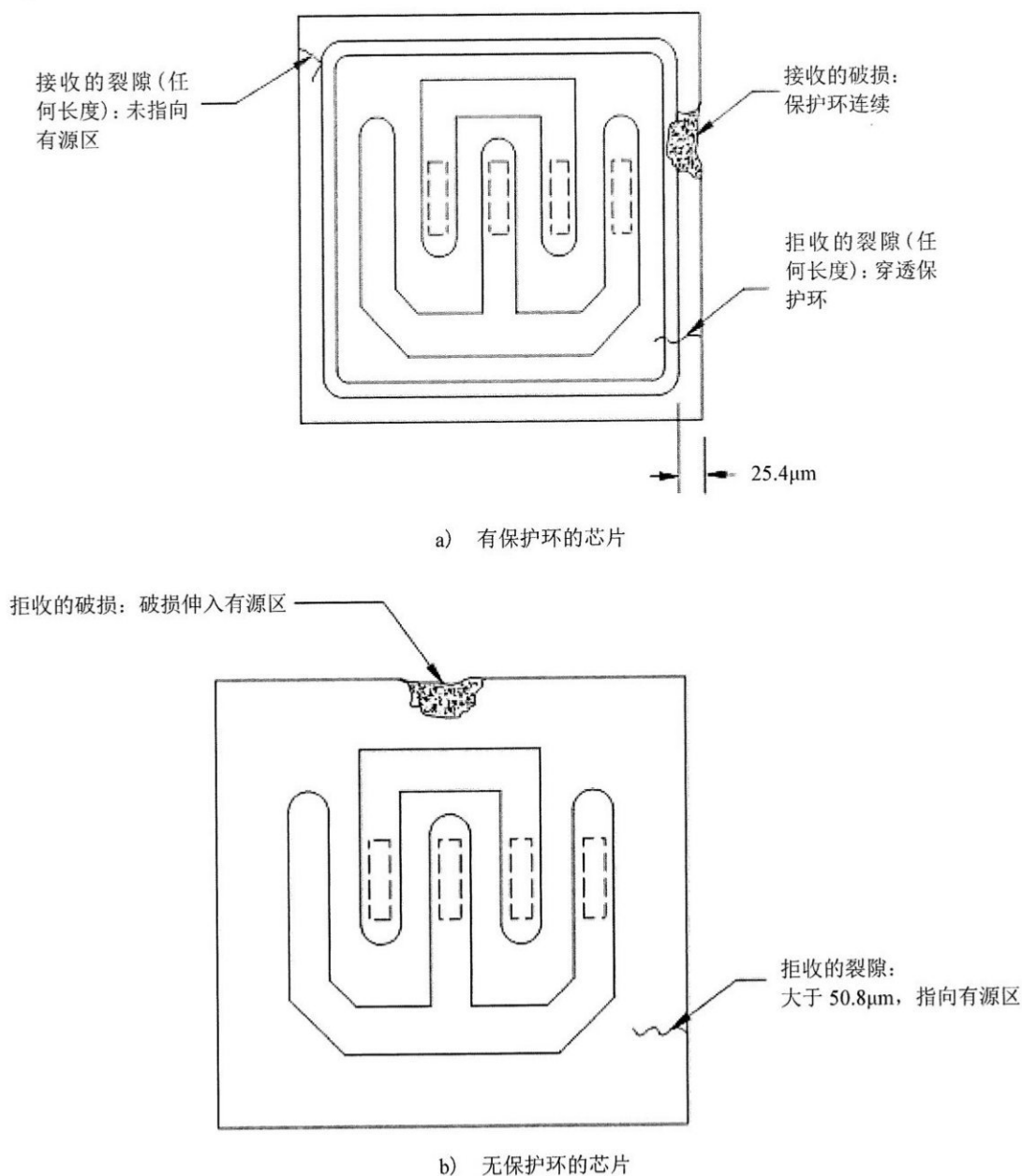


图3 裂纹和破损

3.5 键合检验(低放大倍数)

3.5.1 通则

本检验和判据规定了对不同键合类型和键合位置必须进行目检。检验时必须从上面观察(见图4和图5)。在确定键合的物理尺寸时,键合引线的尾丝不是键合的一部分。

有下列缺陷的器件应拒收。

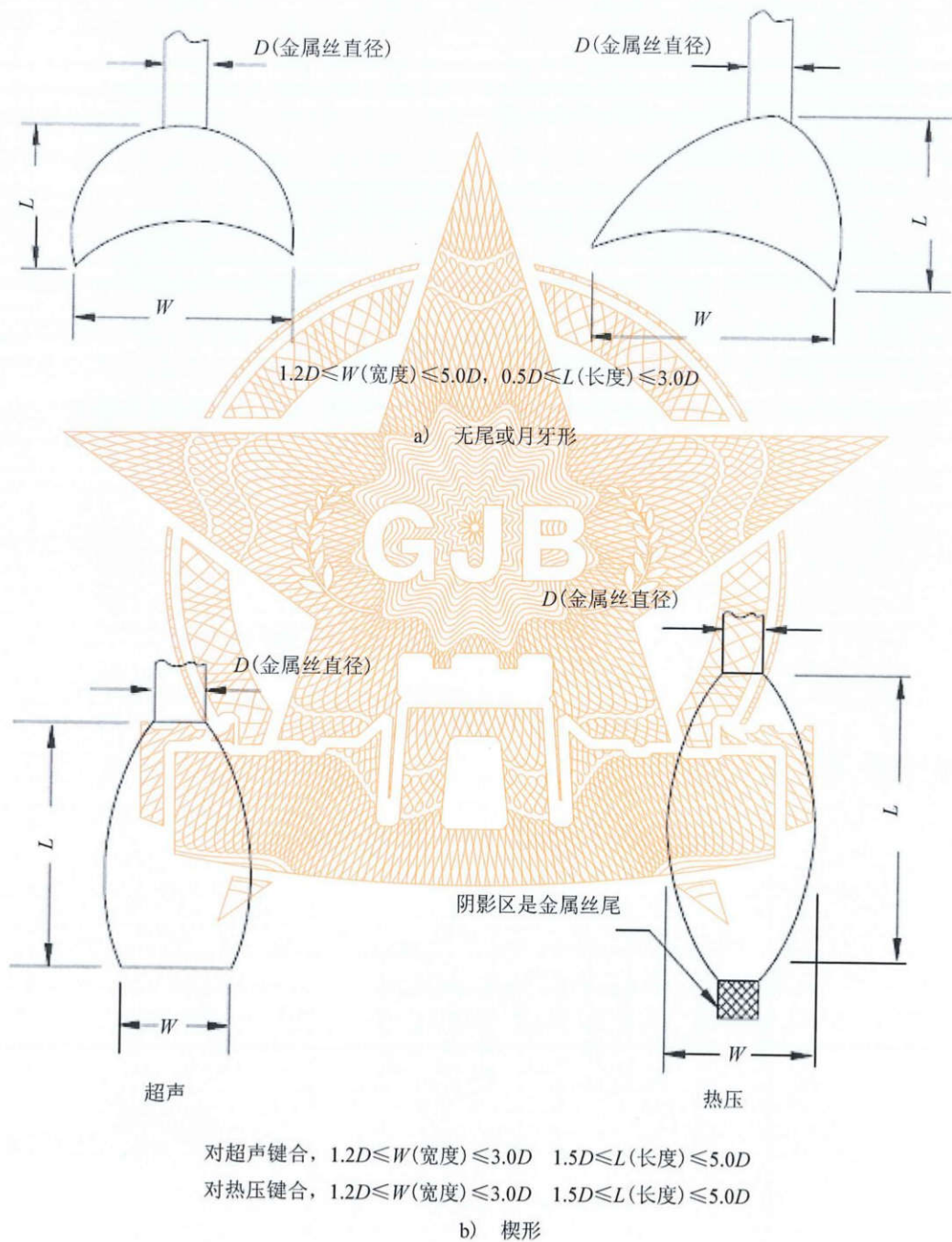


图4 键合尺寸

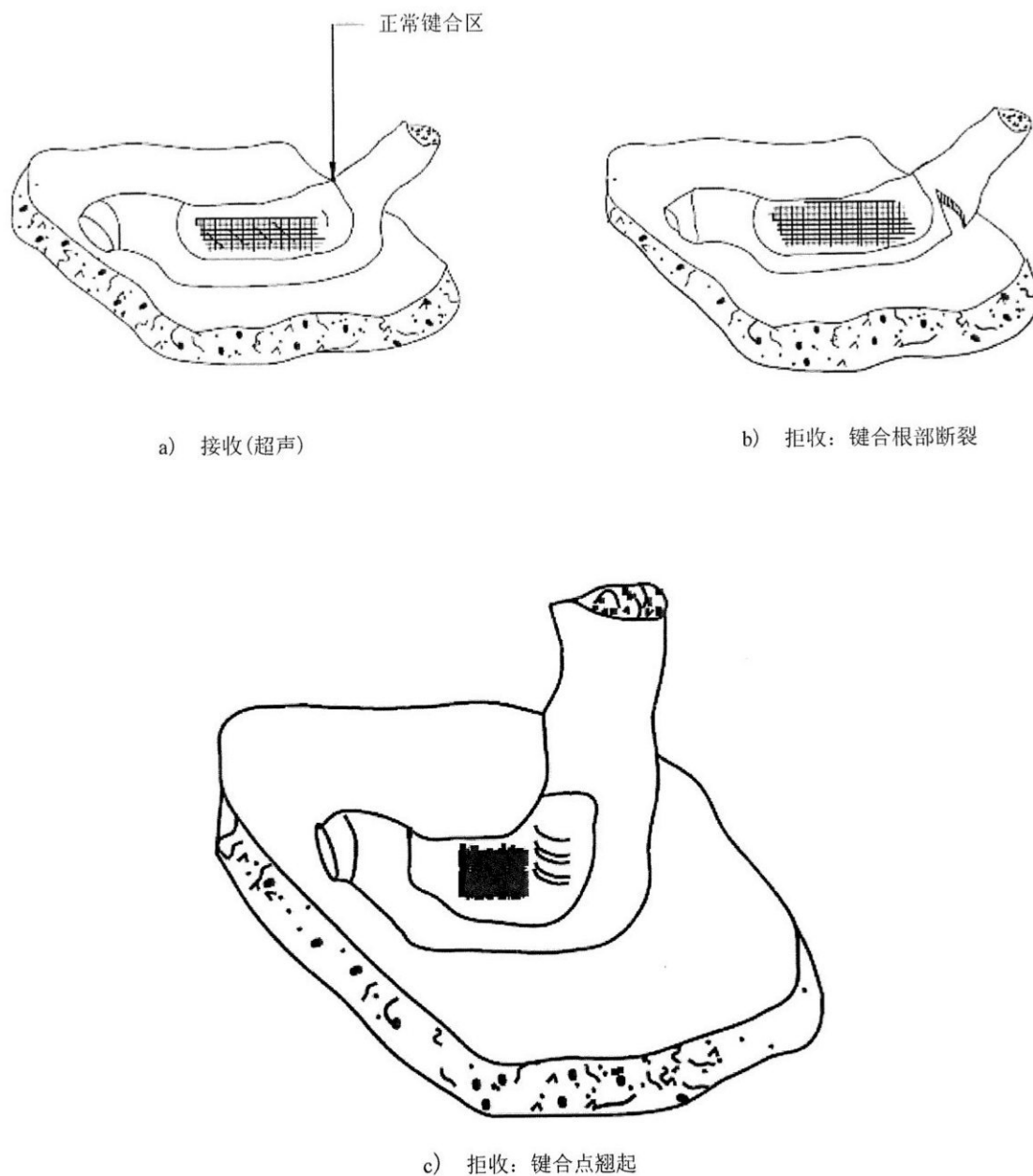


图5 翘起/破裂键合

3.5.2 金丝球焊键合

缺陷定义如下:

- 在芯片或封装引线柱上进行的金丝球焊, 金丝焊球键合的直径小于引线直径的 2.0 倍或大于键合丝直径的 5.0 倍;
- 金丝球焊键合引出线不完全在球的周边内;
- 金丝球焊键合引线不在键合区边界内;
- 在金丝球焊键合的四周有可见的金属形成物。

3.5.3 楔形键合

缺陷定义如下:

- 在芯片上或封装引线柱上的超声楔形键合, 其宽度小于引线直径的 1.2 倍或大于引线直径的 3.0

倍,或长度小于引线直径的 1.5 倍或大于引线直径的 5 倍;

- b) 在芯片或封装引线柱上的热压楔形键合,其宽度小于键合丝直径的 1.2 倍或大于 3 倍,其长度小于键合丝直径的 1.5 倍或大于 5 倍。

3.5.4 无尾键合(月牙形)

缺陷定义如下:

- a) 在芯片上或封装引线柱上的无尾键合,其宽度小于引线直径的 1.2 倍或大于引线直径的 5.0 倍,或长度小于引线直径的 0.5 倍或大于引线直径的 3.0 倍;
- b) 无尾键合,其键合压痕未覆盖整个引线宽度。

3.5.5 一般情况(金丝球焊、楔形键合和无尾键合)

从上面观察有下列缺陷的器件应拒收:

- a) 芯片上的键,其不到 75%的部分在未被玻璃钝化层覆盖的键合区内(若由于几何尺寸原因,键合区尺寸小于键,则判据改为 50%);
- b) 引线的键合尾丝延伸并接触到未被玻璃钝化层覆盖、且不与此引线相连的金属化区;
- c) 引线的键合尾丝,其长度在芯片键合区超过内引线直径的 2.0 倍,在引线柱上超过引线直径的 4.0 倍;
- d) 管壳引线柱上的键,其未完全键合在引线柱的顶部平面内;
- e) 在另一键合点顶部的键;
- f) 与相邻未钝化的芯片金属化层的距离小于 $30\mu\text{m}$ 的键;
- g) 键合点与相邻钝化芯片金属化层的距离小于 $6\mu\text{m}$ 的键;
- h) 键与键之间相隔距离小于 $6\mu\text{m}$ 的,此判据不适用于多根键合丝代替一根键合丝的设计;
- i) 键合在已形成的芯片安装材料区域的键;
- j) 用桥连或附加键合丝或带的方法返工互连导线;
- k) 对直径超过 $50.8\mu\text{m}$ 的铝丝,键的宽度不应小于铝丝直径的 1 倍。

3.6 内引线(低放大倍数)

本条规定了对不同部位应进行的检查和判据。从上面观察,呈现下列缺陷的器件不得接收:

- a) 引线与未玻璃钝化的工作金属化层之间、与另一引线之间(公用引线和尾丝除外)、与封装引线柱之间、与未钝化的芯片之间、与管壳的任何部分(包括待封装的盖板封接平面)之间的距离小于两倍的引线直径或 $127\mu\text{m}$,取小者(距芯片表面上键合区周边距离为 $127\mu\text{m}$ 的球面半径内,此间距可以是 $25.4\mu\text{m}$);
- b) 引线上存在缺口、裂缝、弯曲、切伤、卷曲、划痕或颈缩,使引线直径减小 25%以上;
- c) 遗漏或多余的引线;
- d) 在引线和键的接合处,键翘起或撕裂(见图 5);
- e) 芯片键合区到封装引线柱之间的引线不是呈弧形,或引线应力未释放;
- f) 引线与引线交叉,共用连接除外;
- g) 未按键合图纸键合的引线;
- h) 引线内角弯曲小于 90° (非设计要求的突然弯曲)或引线扭曲到有明显的应力存在;
- i) 金丝球焊键合的引线与芯片表面的法线方向偏离大于 10° ,引线弯向封装引线柱或其他端点之前,偏离距离大于 $12.7\mu\text{m}$;
- j) 在引线柱焊接处,引线过度烧灼;
- k) 尾丝长度超过引线柱直径的 50%;
- l) 在引线柱上的双键之间,引线弯曲或引线线环大于引线直径的 4 倍;
- m) 引线上有过量的线环、弯曲或下垂导致可能与其他的引线、键、引线柱或芯片短路,或触及封装的其他部分;

- n) 当使用焊片时,焊片与芯片和引线柱与焊片接合处的周边至少 50%以上有焊接轮廓,焊片应无变形或电镀缺陷。

3.7 组装情况(按规定的放大倍数)

3.7.1 通则

有下列缺陷的器件应拒收。

3.7.2 芯片表面的导电多余物

可用规定气流(20psi, 138kPa)将多余物或多余粒子吹掉,或用软驼毛刷刷掉。然后按下列判据检验器件(低放大倍数):

- 松散地粘附在芯片表面的外来粒子(导电粒子的粘附部分小于其最大尺寸的一半),大到足以桥连未被玻璃钝化覆盖的有源金属化层之间的最窄距离(硅碲应认为是导电粒子);
- 落在芯片上的外来粒子桥连了两个或多个金属化条、或半导体结、或他们的任何组合;
- 芯片表面的液滴、化学污斑或光致抗蚀剂桥连了未被玻璃钝化层覆盖的任何金属化层或裸露了半导体材料本体区域;
- 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任何金属化层或裸露了半导体材料本体区域,未使用部分除外。

3.7.3 芯片安装(低放大倍数)

缺陷定义如下:

- 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;
- 芯片至少三个边缘或芯片周边 75%以上区域观察不到芯片和管座之间的安装材料,若器件通过了芯片粘附评价试验,则不要求检查浸润情况;
- 芯片安装材料的剥离;
- 芯片安装材料呈球状,从上面观察时看不见焊接轮廓。

3.7.4 芯片方位(低放大倍数)

缺陷定义如下:

- 芯片的取向和定位不符合器件的装配图;
- 芯片明显倾斜,或芯片与芯片安装面之间的倾斜大于 10°。

3.7.5 内部封装缺陷(低放大倍数)(适用于底座、基座、管帽和盖板)

作为符合 3.7.2 a) 规定判据的管帽和盖板 100%目检的替代方法,盖板和管帽可进行由鉴定机构批准的适当清洗处理和质量验证程序,并在封帽或密封准备前,一直保存在受控环境中。内部封装缺陷包括:

- 底座或引线柱镀层出现气泡、起皮、龟裂或其组合。
- 导电粒子的粘附部分小于该粒子最大尺寸的一半。
- 玻璃绝缘子中气泡或互连的气泡串大于引线与管体之间、或引线与引线之间距离的一半。
- 底座引线柱严重弯曲。
- 尺寸大于 25.4 μm 的玻璃、芯片或其他材料碎片粘附在底座的凸缘或边缘处并有碍于密封。
- 污斑、油漆或底座变色,延伸到芯片焊接区或引线键合区。
- 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的 50%;
 - 衬底裂纹或缺损。

3.7.6 外来物(低放大倍数)

外来物应包括以下部分,但不仅限于这些:

- 任何大于 0.08mm 的松散或附着的外来粒子,或大到足以桥连器件上不相连的导电元件的较小粒子。

- b) 在半导体芯片上键合尾丝伸出其正常端头的长度超过引线直径的两倍,或在封装引线柱上键合尾丝伸出的长度超过引线直径的四倍(见图 6)。
- c) 在接线柱本体上大于 0.08mm 的毛刺,或可能会脱落的同类结构。
- d) 过多的半导体芯片焊接材料堆积。半导体芯片的安装和焊接不能使芯片与安装面倾斜大于 10° 。芯片焊接材料堆积在半导体芯片周围,并接触到半导体芯片侧面,堆积厚度不能大于半导体芯片的厚度(见图 7 和图 8)。芯片焊接材料不能接触到半导体芯片,堆积厚度不能大于两倍的半导体芯片厚度。不能有多余的半导体焊接材料接触到半导体表面的有源区或内引线或引线柱,或不应与焊接材料区分开(见图 9)。
- e) 底座、引线柱或管壳内任何部位的片状剥落物。
- f) 管壳内的多余球形键合物,不包括重新键合时所允许的键合残留物。

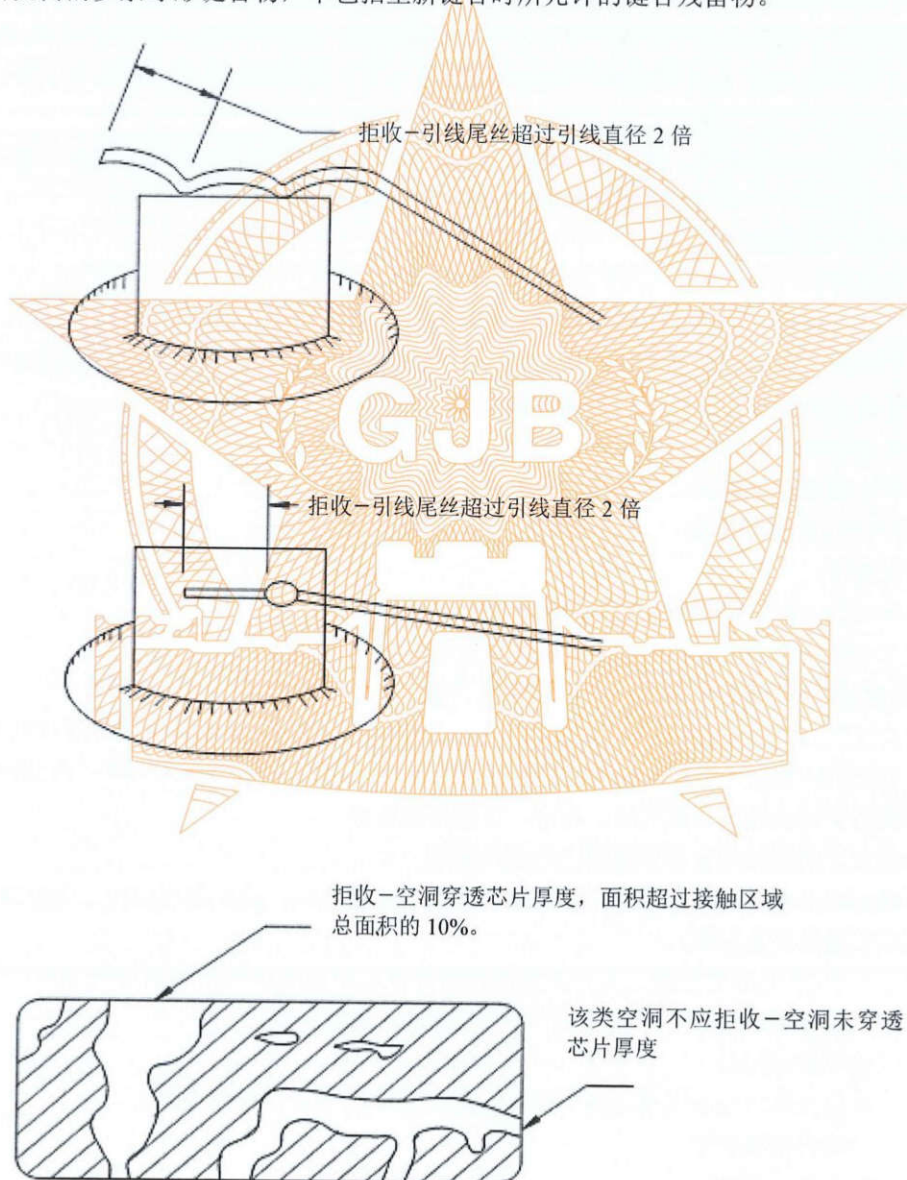
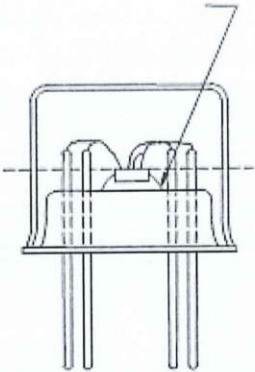
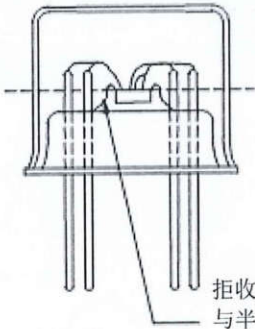


图 6 合格与不合格空洞及过长的尾丝

可接收的堆积—小于芯片的高度

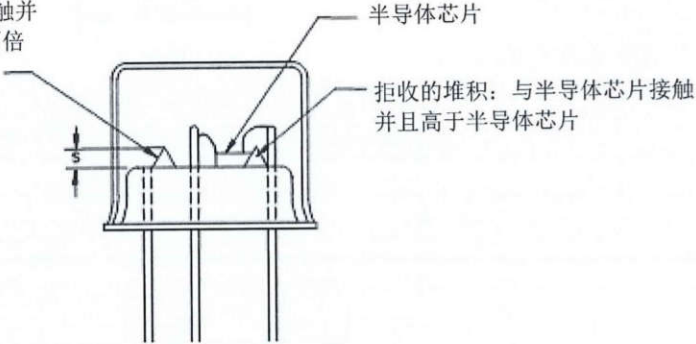


a) 可接收的堆积



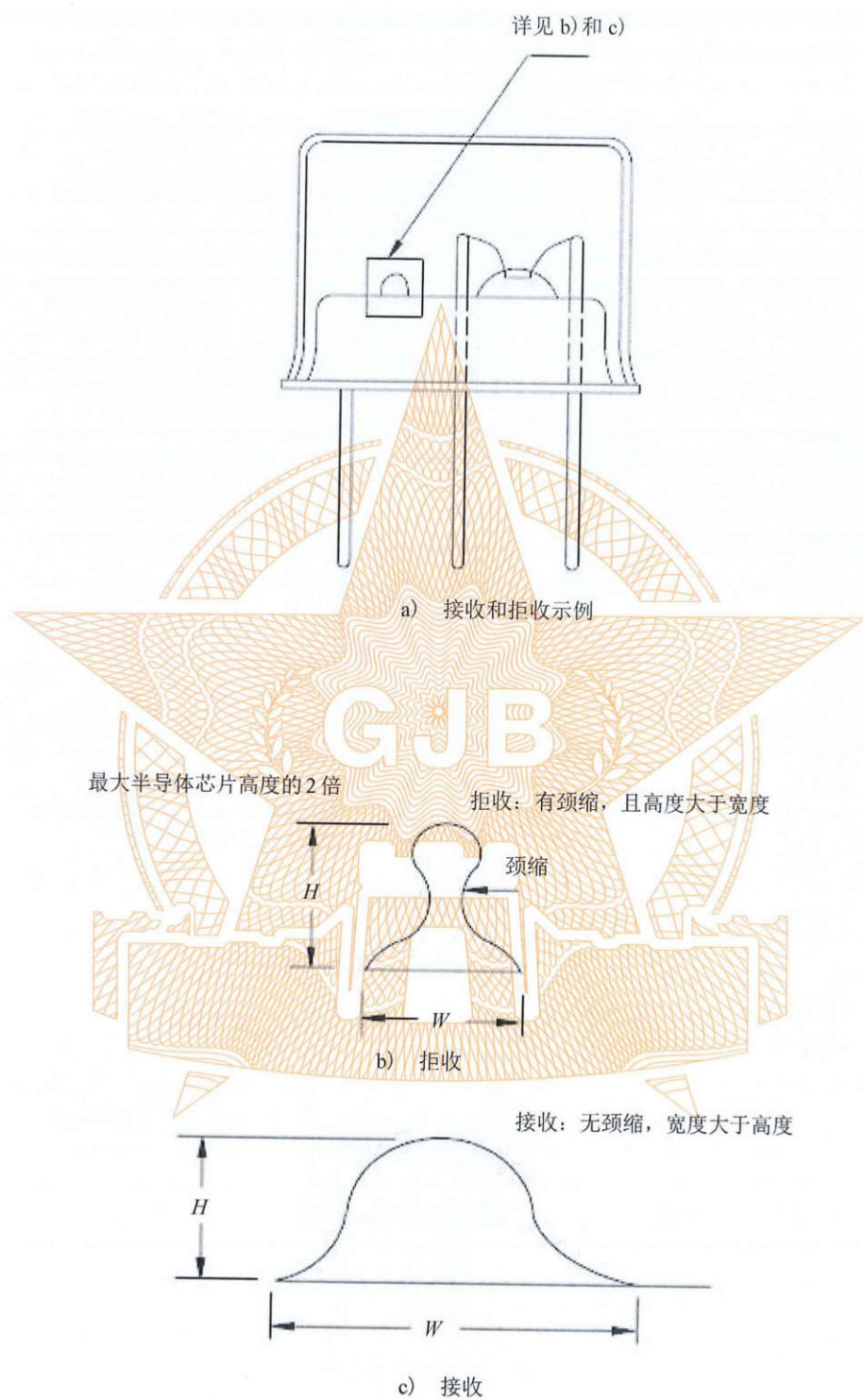
b) 拒收的堆积

可接收的堆积: 未与芯片接触并且低于半导体芯片高度的两倍



c) 可接收和拒收示例

图 7 接收和拒收的焊接材料堆积



芯片和引线不一定是可见的。

图8 粘接材料的累积

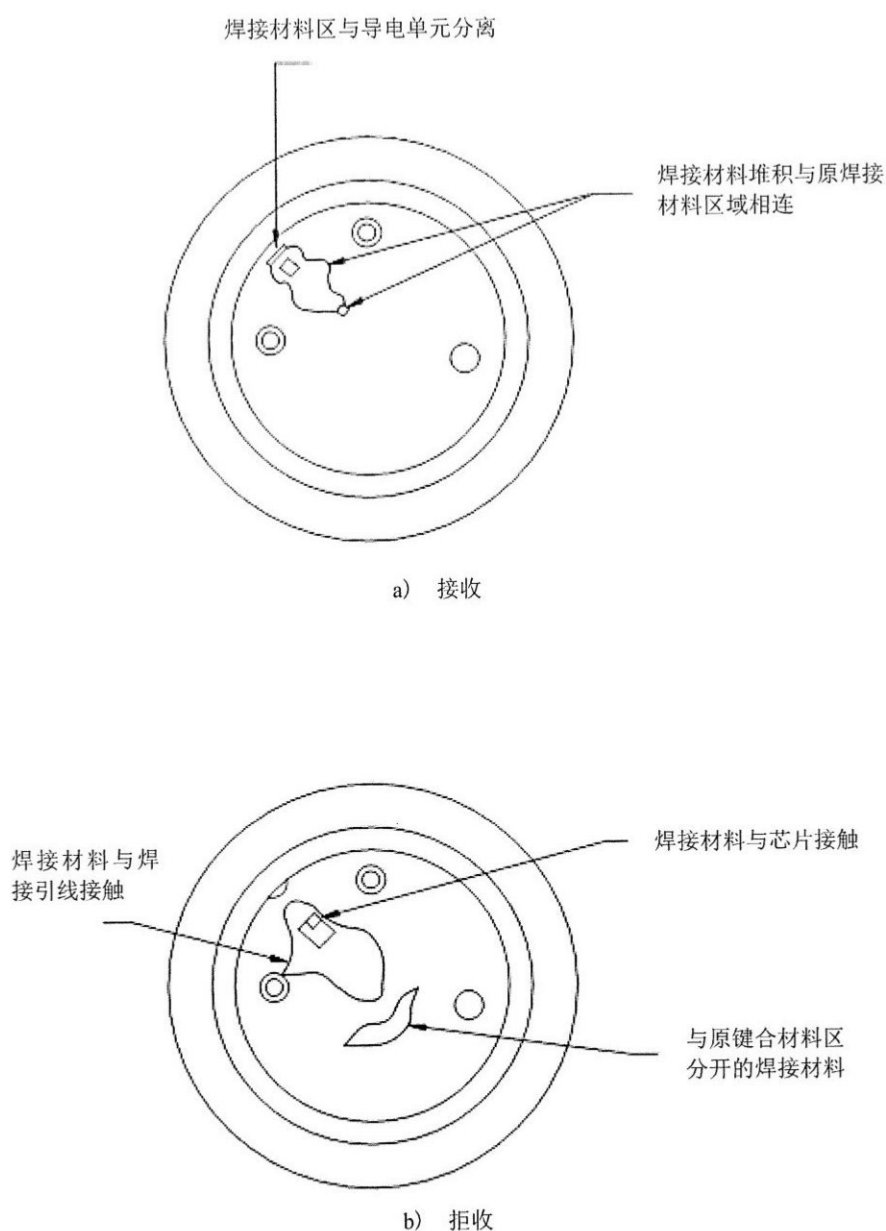


图9 多余焊接材料的接收与拒收

3.8 玻璃钝化层和氮化硅的缺陷(高放大倍数)

有下列缺陷的器件不得接收:

- 超出本标准目检判据适用范围的严重裂纹;
- 玻璃钝化层起层(与设计的玻璃钝化层周边相距不大于 $25.4\mu\text{m}$ 的起翘或剥落可不用上述判据,条件是外露的金属只是邻近键合区或键合区引出的金属化条);
- 两条或两条以上相邻的有源金属化条未被玻璃钝化层覆盖,除另有规定外;
- 在键合区的边缘未玻璃钝化的区域裸露了半导体材料;
- 设计的键合区有 25% 以上面积被玻璃钝化层覆盖。

3.9 有机防护涂层的目检

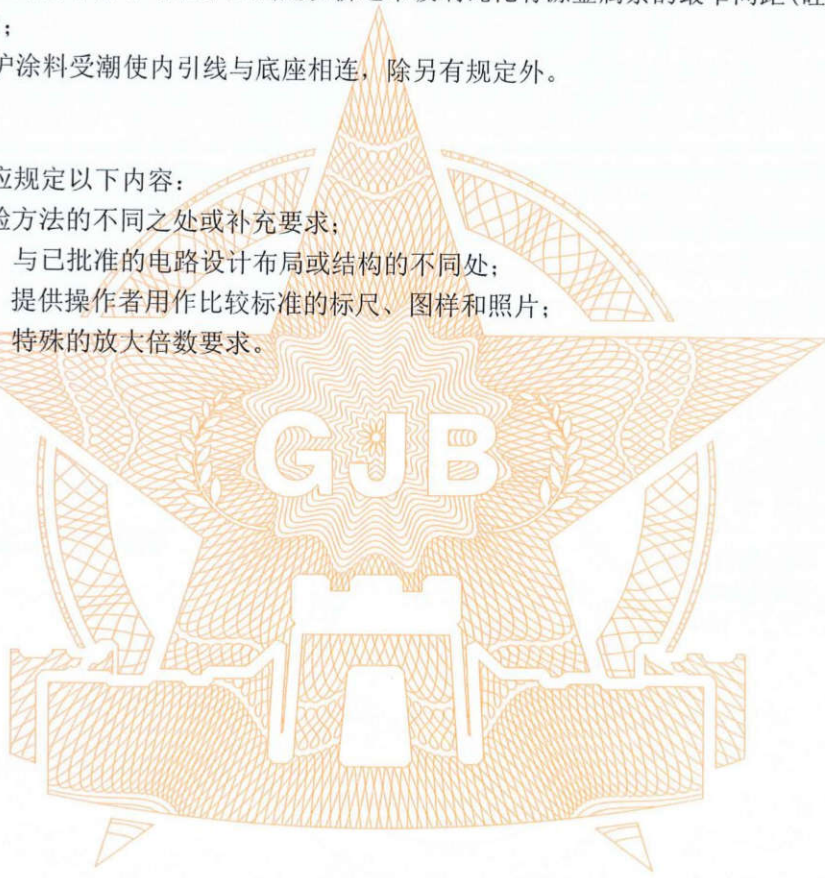
若器件要用有机防护涂层防护,则应在涂覆前按照第4章规定的判据对器件进行目检。涂覆有机防护涂层并固化后,器件至少在10倍放大条件下进行目检。有下列缺陷的器件应拒收:

- 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,除另有规定外;
- 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) 有机防护涂层剥落;
- e) 有机防护涂层发粘;
- f) 落在有机涂层中的导电粒子大到足以桥连未玻璃钝化有源金属条的最窄间距(硅碴应认为是导电粒子);
- g) 有机防护涂料受潮使内引线与底座相连,除另有规定外。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 与本检验方法的不同之处或补充要求;
- 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,提供操作者用作比较标准的标尺、图样和照片;
- d) 适用时,特殊的放大倍数要求。



方法 2073 芯片目检(半导体二极管)

1 目的

本方法的目的是检验半导体芯片质量及加工是否符合详细规范的要求。应进行全部检验以发现和剔除有可能导致器件失效的缺陷的芯片。这种检验通常是在组装前作 100% 检验。也可在封装前进行抽样检验以确定承制方质量控制的有效性和操作工艺。

2 设备

本试验所用设备包括能对被检芯片进行有效检查, 以及使操作人员判断是否合格所必须的光学设备和目检标准(例如: 量规、图样、照片), 还应提供在检查期间操作芯片而不沾污、损坏芯片的夹具;

除详细规范或订单另有规定, 应采用至少放大 20 倍~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。双目或立体显微镜的每个目镜应能单独调焦。

3 程序

3.1 通则

按合理的操作顺序和规定的放大倍数检验芯片, 以确定是否符合详细规范规定的要求及本方法规定的判据。承制方可改变检验顺序。

3.2 芯片检验

3.2.1 通则

这些检验适于合金、扩散台面、外延台面、平面及外延平面结构工艺。除另有规定外, 随机选择各被检芯片的至少一个面来进行检验, 如有失效, 应对整批器件进行 100% 检验。

3.2.2 被检芯片的类型

参见图 1 至图 8 确定被检芯片的类型。芯片类型不一定能和这些图完全一致, 可选用最能代表被检芯片的图。如果不能找到适用的图, 可采用几个图的不同部分。也可联系芯片承制方协助选择适用的图。六角形芯片按与方形芯片相同的判据进行检验。

- a) 凸台接触二极管, 见图 1;
- b) 高压平面二极管 I, 见图 2;
- c) 高压平面二极管 II, 见图 3;
- d) 内沟槽台面二极管, 见图 4;
- e) 低压接触覆盖二极管, 见图 5;
- f) 低压平面二极管, 见图 6;
- g) 外沟槽台面二极管, 见图 7;
- h) 肖特基势垒二极管, 见图 8。

3.3 检查方案

根据适用的图、说明和相关判据检查芯片, 方案如下:

- a) 方案 A: 按详细规范或订购文件规定的样本数进行正面的目检。如果未规定样本数, 则 100% 检查。
- b) 方案 B: 除正面检查外还需进行背面检查。按详细规范或订购文件规定的样品量进行背面的目检。如果未规定样本方案, 对 JHC 级芯片按 22(0), 对 JKC 级芯片按 45(0)。

如果详细规范和订购文件未规定, 则采用方案 A。

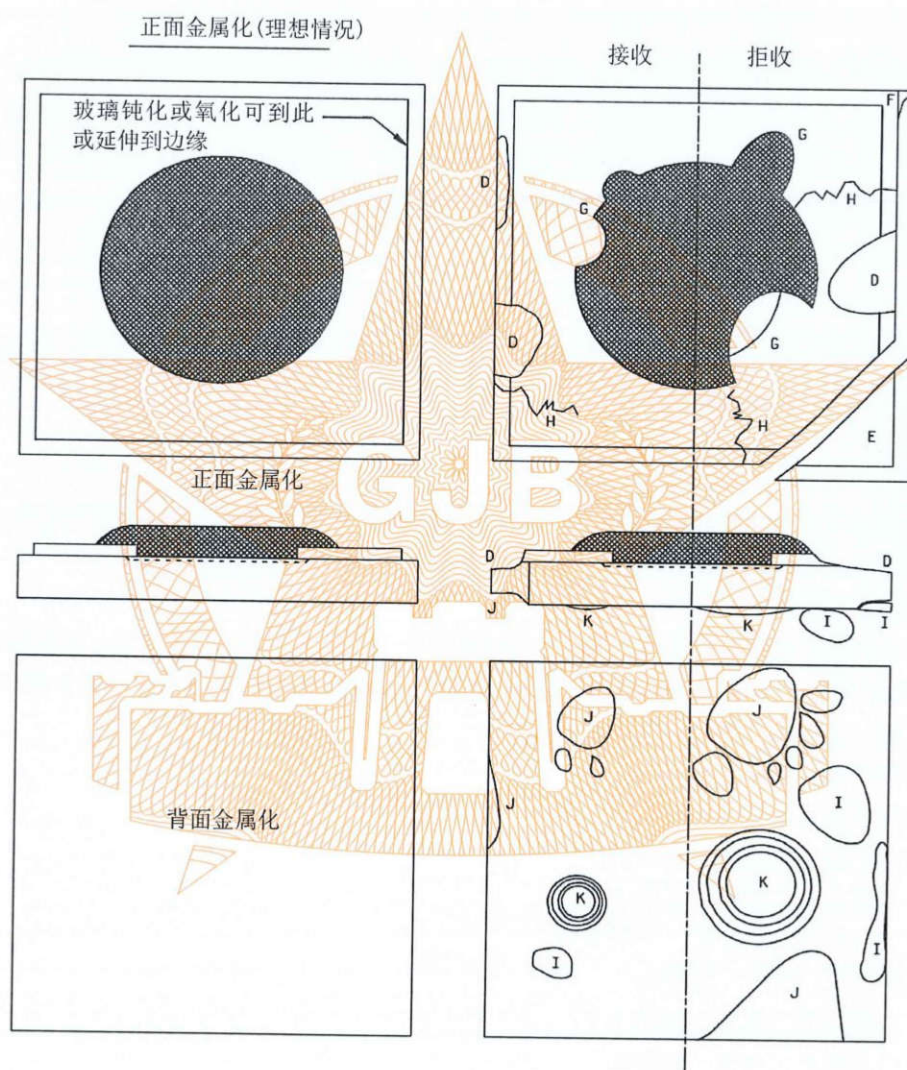
3.4 外来物

应检查芯片附着的导电外来物。由于这些外来物的随机性,故不能提供详细的说明,需检查者自行判断。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 与本检验方法的不同之处或补充要求;
- b) 适用时,特殊的放大倍数要求。

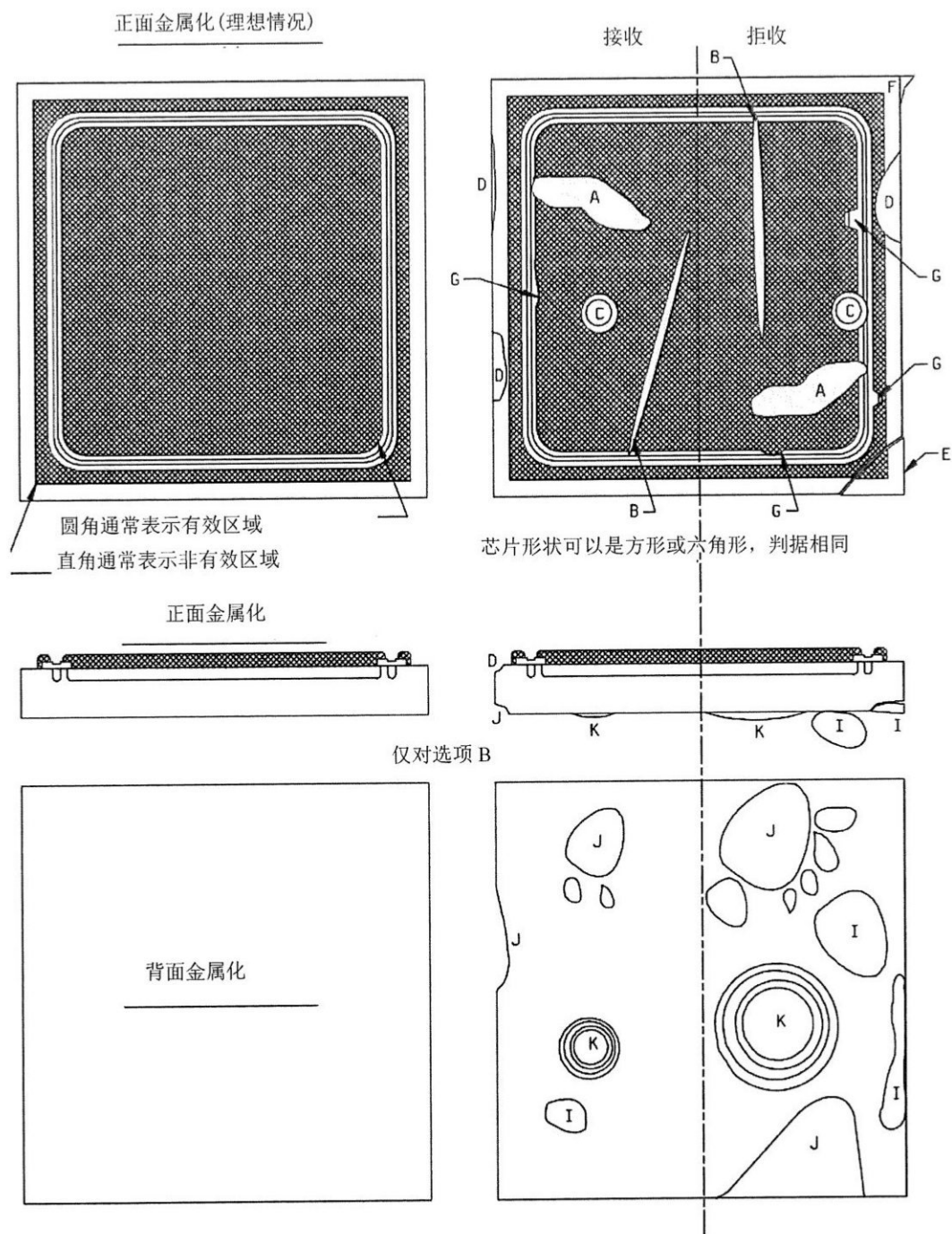


拒收判据

正面: 边缘破损(D)不能延伸到金属化距离的 50%。缺损(E)延伸到结边缘的 50%, 或因切割或划片不完全附帶了其他芯片(F)都是不允许的。正面多出的金属化延伸到相邻的区域边界的 50%以上(G), 或回缩的部分暴露了接触区域或未钝化的有效区域。裂纹(H)不得延伸到距金属化凸台的 50%。裂纹不能指向金属化凸台, 以避免进一步延伸会贯穿凸台。

背面: 背面污染和不论紧密或疏松附着的外来物(I), 超过了总面积的 10%。背面金属化的缺失(J)超过了总面积的 20%。金属化气泡(K)超过了总面积的 10%。

图 1 凸台接触二极管(金属凸台覆盖结和有效面积)

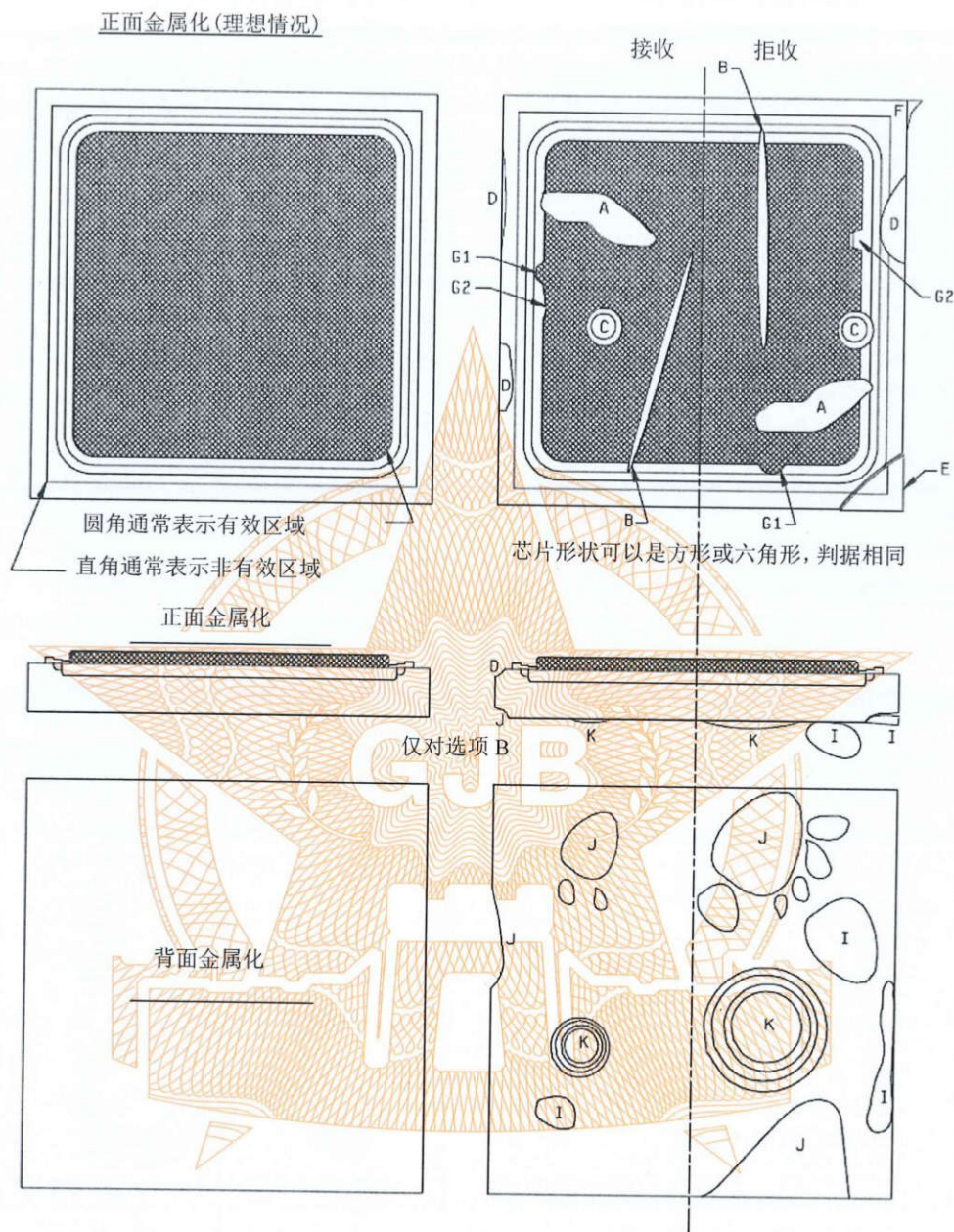


拒收判据

正面: 污染(A)、划痕(B)、或探针压痕(C)不能使金属延伸到超过邻近区域边界(覆盖保护环)。边缘破损或裂痕(D)不能延伸入外面的金属化环(如果没有金属化环则不能延伸到芯片边缘到最近的有效环之间的 50%)。缺损(E)进入外保护环, 或因切割、划片不完全附带了其他芯片(F), 都是不允许的。正面多出的金属化延伸到最近的保护环边缘(G), 或金属化回缩暴露了接触区或未钝化区域。裂纹(无图示)不得延伸到金属化下面, 也不得出现在有效区域。

背面: 背面污染和不论紧密或疏松附着的外来物(I), 超过了总面积的 10%。背面金属化的缺陷(J)超过了总面积的 20%。金属化气泡(K)超过了总面积的 10%。

图2 高压平面二极管 I(保护环和外部金属氧化物边缘覆盖或场板结构)

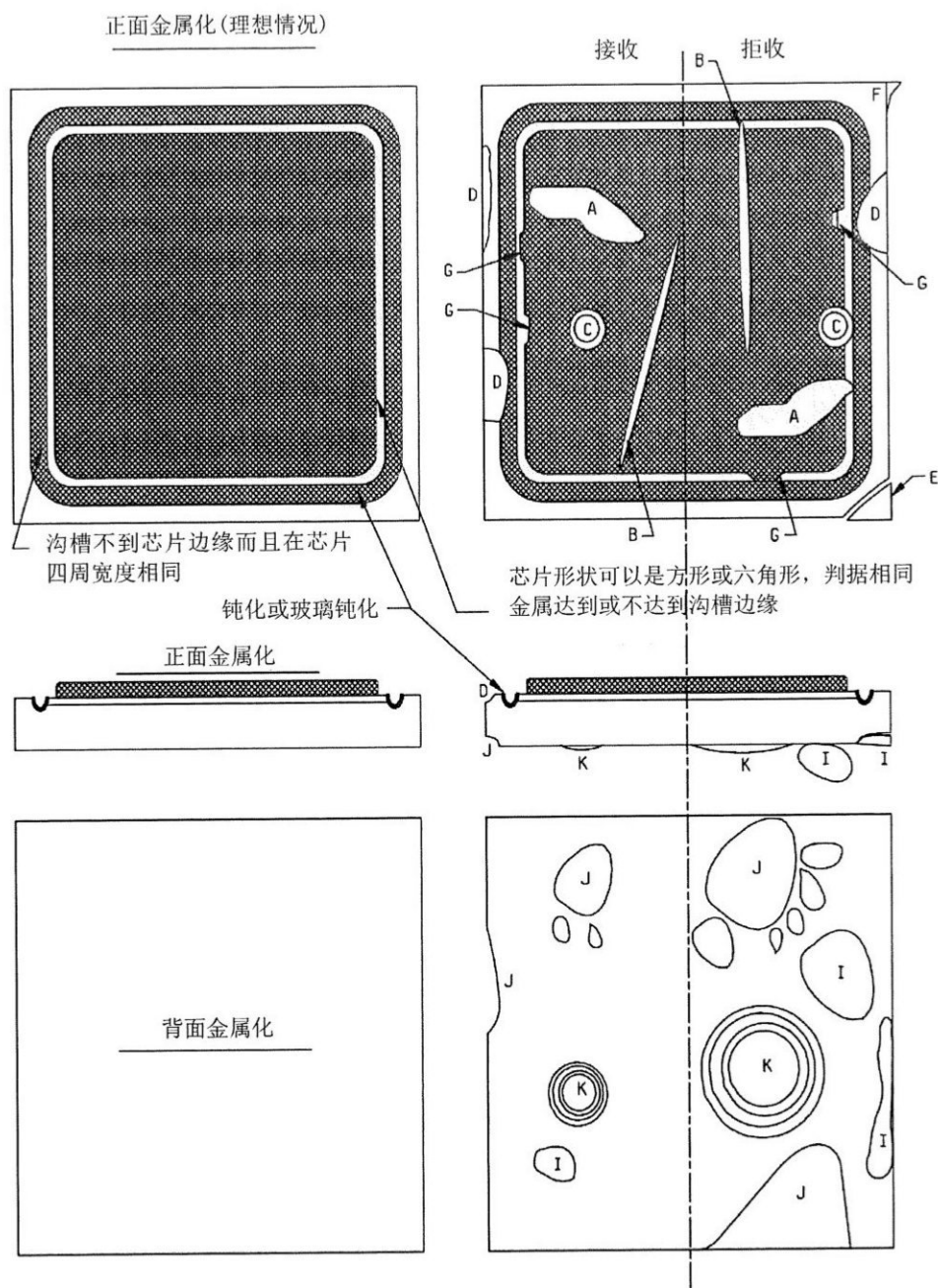


拒收判据

正面: 沾污(A)、划痕(B)或探针压痕(C)不能使金属延伸到邻近区域的边缘(覆盖 P 保护环)。边缘破损或裂纹(D)不能延伸到外面的金属化环(如果没有金属化环则不能延伸到芯片边缘到有效环边缘之间距离的 50%)。缺损(E)超过芯片边缘到最近保护环距离的一半, 或因切割、划片不完全附带了其他芯片(F), 都是不允许的。正面金属化多出的部分跨越扩散线(G1), 或金属化回缩暴露了接触区域或未钝化区域(G2)。(注意: G2 不适用于芯片设计不要求金属-钝化覆盖的芯片, 在这一例外中设计要求大部分或全部氧化窗口是暴露的)。裂纹(无图示)不得延伸到金属化下面, 也不得出现在有效区域。

背面: 背面沾污和不论紧密或疏松附着的外来物(I), 超过了总面积的 10%。背面金属化的缺陷(J)超过了总面积的 20%。金属化气泡(K)超过了总面积的 10%。

图 3 高压平面二极管 II

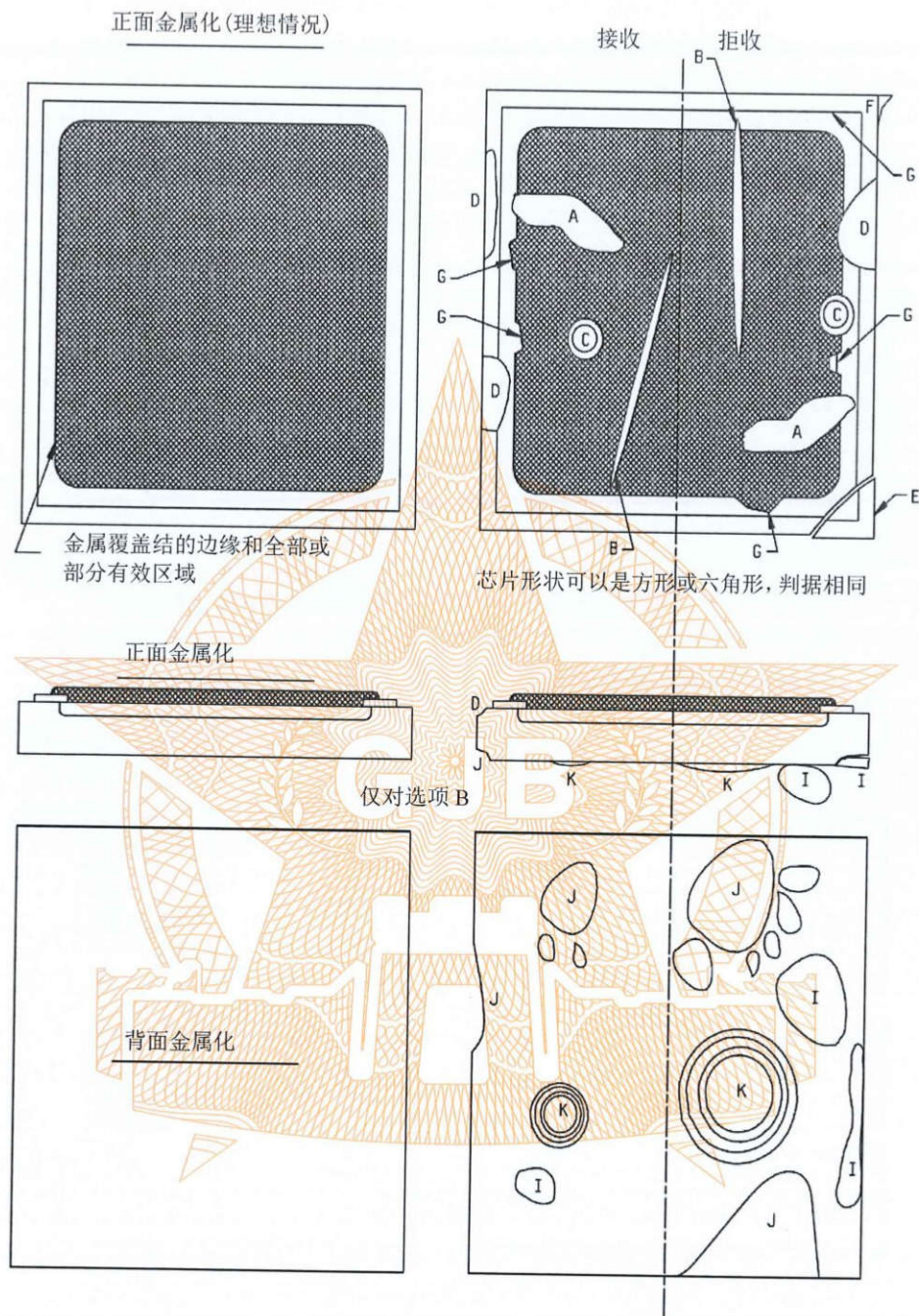


拒收判据

正面: 沾污(A)、划痕(B)或探针压痕(C)不能使金属延伸出金属化区覆盖沟槽边缘。边缘碎片或裂纹(D)不能延伸进入沟槽区域。缺损(E)延伸到芯片边缘到沟槽之间距离的 50%, 或因切割、划片不完全附带了其他芯片(F), 都是不允许的。正面多出的金属化延伸进入沟槽(G), 或金属化回缩暴露了接触区或未钝化区。裂纹(无图示)不得延伸到金属化下面, 也不得从外面进入沟槽的 50%。

背面: 背面沾污和不论紧密或疏松附着的外来物(I), 超过了总面积的 10%。背面金属化的缺陷(J)超过了总面积的 20%。金属化气泡(K)超过了总面积的 10%。

图 4 内沟槽台面二极管(钝化的沟槽不达到芯片边缘)

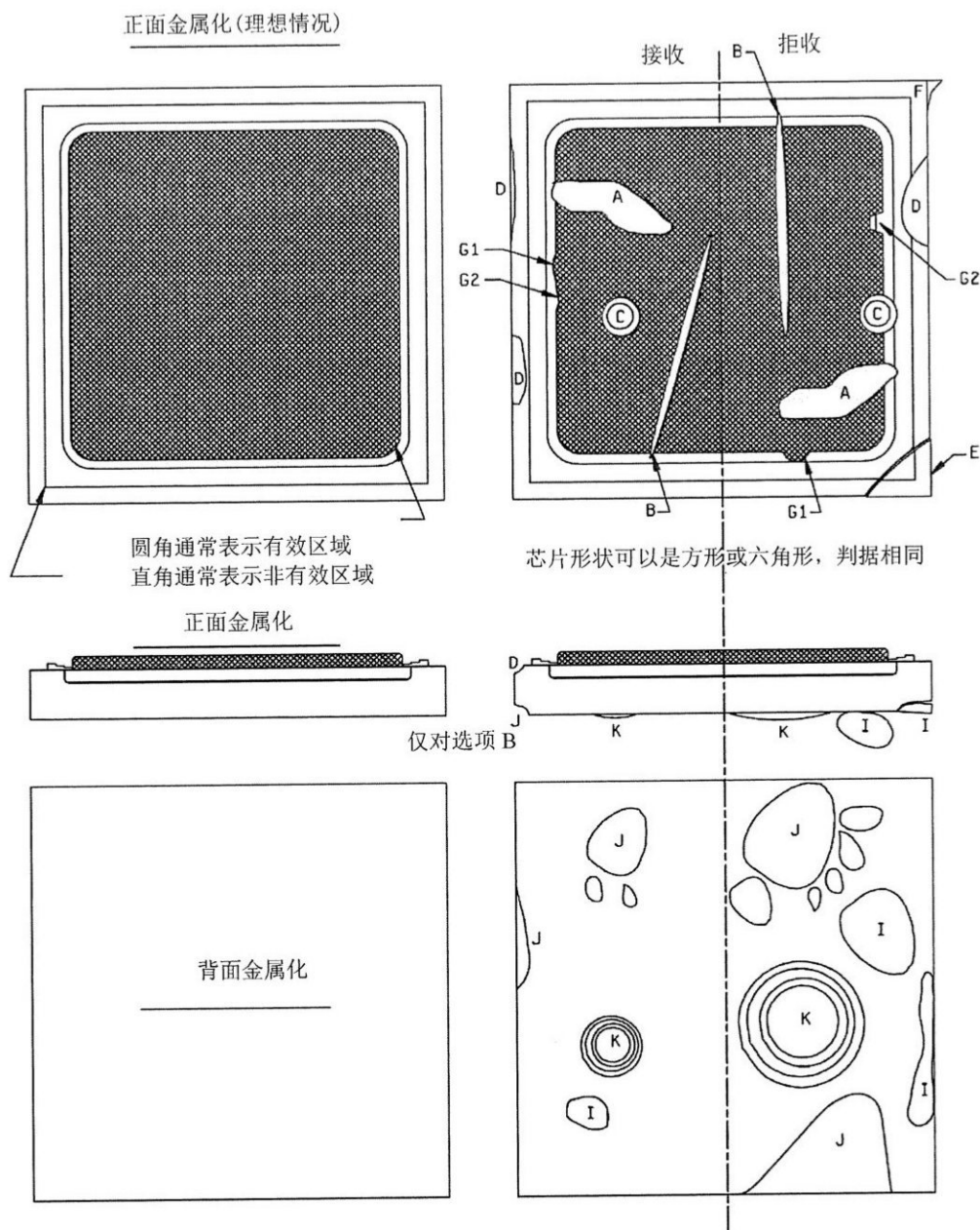


拒收判据

正面：沾污(A)、划痕(B)或探针压痕(C)不得使金属延伸出金属化区域超过邻近边界距离的 50%。边缘碎片不得延伸进入金属化。缺损(E)延伸过金属边缘距离的 50%，或因切割、划片不完全附带了其他芯片(F)，都是不允许的。正面多出的金属化延伸到或超过到相邻区域边界距离的 50%(G)，或金属化回缩暴露了接触区或未钝化的有效区域。裂纹(无图示)不得延伸到金属化区域下面，也不得出现在有效区域。

背面：背面沾污和不论紧密或疏松附着的外来物(I)，超过了总面积的 10%。背面金属化的缺陷(J)超过了总面积的 20%。金属化气泡(K)超过了总面积的 10%。

图 5 低压接触覆盖二极管(金属覆盖结和有效面积)

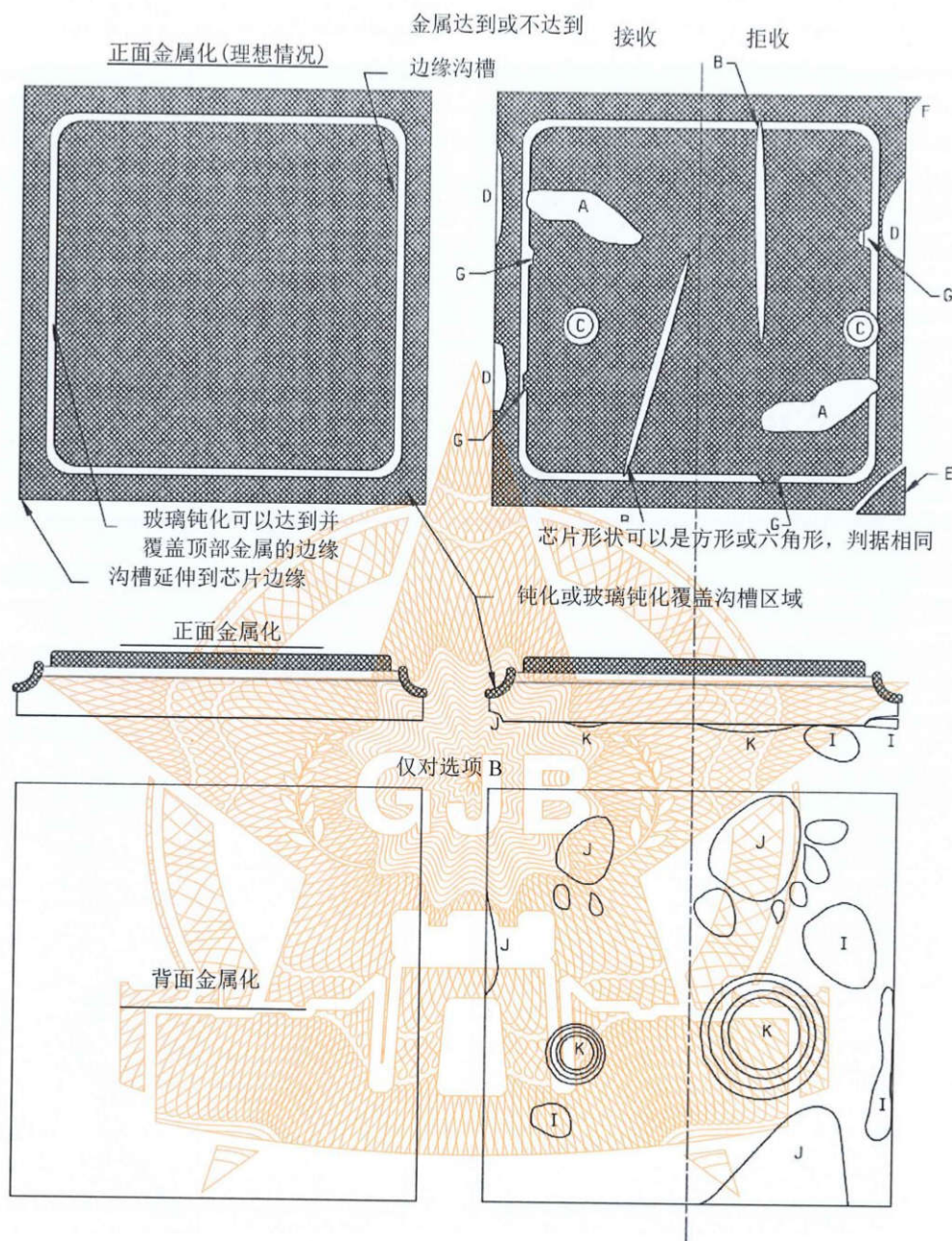


拒收判据

正面: 沾污(A)、划痕(B)或探针压痕(C)不得使金属延伸出金属化区域超过到下一个边界距离的 50%。边缘碎片或裂纹(D)不能延伸进入金属化。缺损(E)延伸过金属边缘距离的 50%, 或因切割、划片不完全附带了其他芯片(F), 都是不允许的。正面金属化多出的部分跨越扩散线(G1), 或金属化回缩暴露了接触区域或未钝化区域(G2)。(注意: G2 不适用于芯片设计不要求金属钝化覆盖的芯片, 在这一例外中设计要求大部分或全部氧化窗口是暴露的)。裂纹(无图示)不得延伸到金属化区域的下面, 也不得出现在有效区域。直角通常表示非有效区域。

背面: 背面沾污和不论紧密或疏松附着的外来物(I), 超过了总面积的 10%。背面金属化的缺陷(J)超过了总面积的 20%。金属化气泡(K)超过了总面积的 10%。

图 6 低压平面二极管

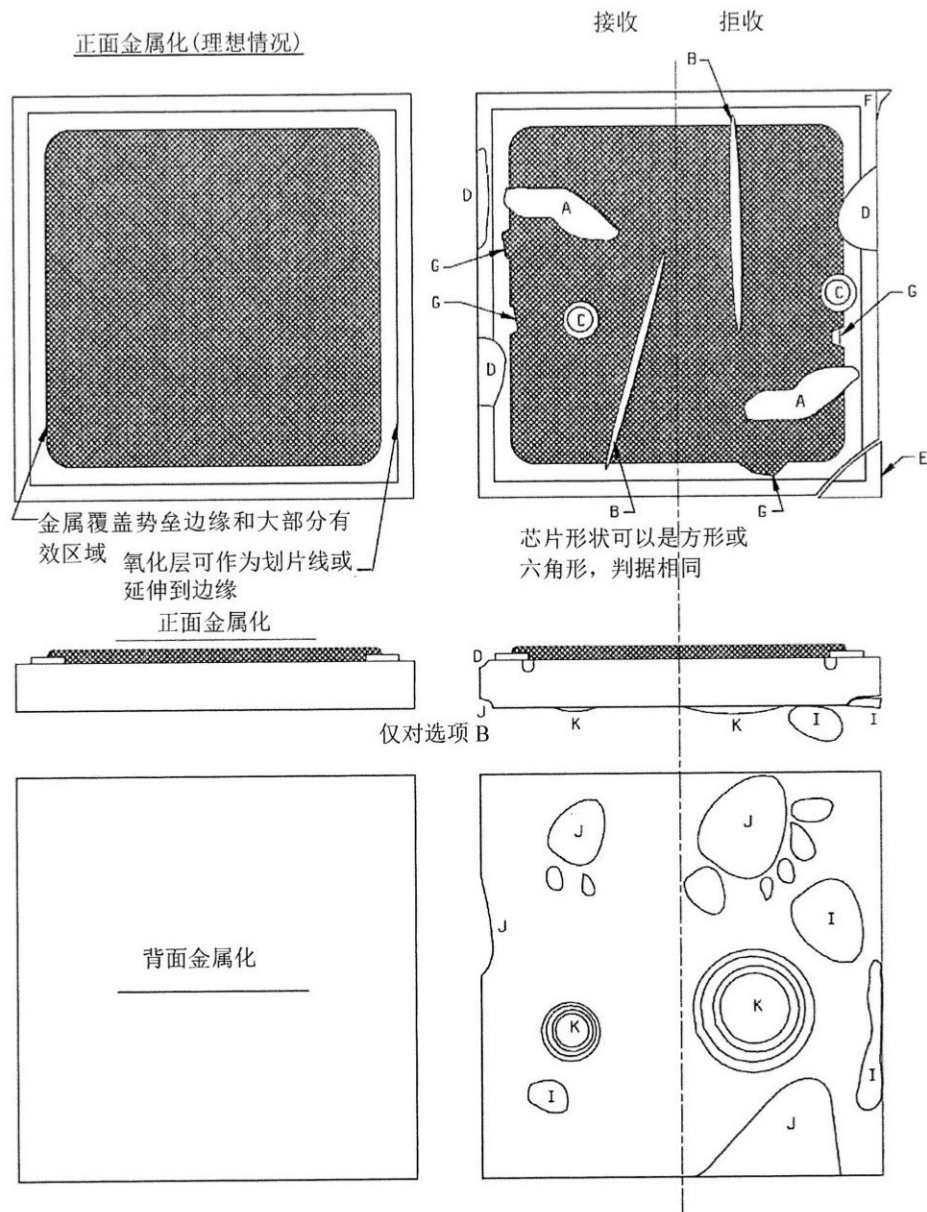


拒收判据

正面: 沾污(A)、划痕(B)或探针压痕(C)不得使金属延伸出金属化区超过沟槽边缘。边缘碎片(D)不得延伸进入沟槽区域超过 50%。缺损(E)延伸越过沟槽的 50%, 或因切割、划片不完全附带了其他芯片(F), 都是不允许的。正面多出的金属化延伸进入沟槽(G), 或金属化回缩暴露了接触区或未钝化的有效区域。裂纹(无图示)不得延伸到金属化下面, 也不得从外面越过沟槽的 50%。

背面: 背面沾污和不论紧密或疏松附着的外来物(I), 超过了总面积的 10%。背面金属化的缺陷(J)超过了总面积的 20%。金属化气泡(K)超过了总面积的 10%。

图 7 外沟槽台面二极管(沟槽从台面延伸到芯片边缘)



拒收判据

正面：沾污(A)、划痕(B)或探针压痕(C)不得使金属延伸出金属化区域超过到下一边界的 50%。边缘碎片(D)不得延伸进入金属化。缺损(E)延伸超过从芯片边缘到金属化之间距离的 50%，或附着的其他芯片碎片(F)使芯片尺寸超过规定都是不允许的。正面多出的金属化延伸到或超过到下一边界的 50%(G)，或金属化回缩暴露了接触区或未钝化的势垒区域。裂纹(无图示)不得延伸到金属化区域下面，也不得出现在有效区域。

背面：背面沾污和不论紧密或疏松附着的外来物(I)，超过了总面积的 10%。背面金属化的缺陷(J)超过了总面积的 20%。金属化气泡(K)超过了总面积的 10%。

图 8 肖特基势垒二极管(金属覆盖势垒边缘和有效面积)

方法 2074 内部目检(半导体二极管)

1 目的

本试验方法的目的是检验分立半导体二极管及本标准中所描述的其他两引出端器件的材料、设计、结构及加工质量是否符合要求。进行全部检验以发现和剔除存在可能导致器件失效的缺陷的二极管。对不透明玻璃结构,应在封装之前进行检验(封装后检验见本标准方法 2068)。对金属壳器件,应在封帽之前进行检验(封帽或封装后检验见本标准方法 2071)。对透明玻璃结构,应封装后进行检验。

2 设备

本试验所需设备应包括以下部分:

- a) 试验设备包括光学设备和进行有效检验并使操作人员对被检器件的可接收性做出客观判断所必需的目检标准(例如量规、图样和照片等)。为了提高工作效率且不损坏器件,应提供检验期间操作器件的必要夹具。
- b) 除另有规定外,用放大 20 倍~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

3.1 通则

应在规定的放大条件下检验器件,根据器件结构确定其是否符合本试验方法中适用部分的相应要求。对于壳体透明的器件,应在壳体涂覆或涂漆之前的任意时间进行检验。对于轴向结构器件,在与其主轴大致成直角的方向旋转 360° 进行目检。如果在目检和封装密封之间有间隔时间,则被检器件的存放、流转和处理应按规定避免沾污并保持其完好。

3.2 芯片判据(适用于所有壳体形式)

芯片判据如下:

- a) 芯片缺损。芯片缺损延伸超过沟槽区的 50%(台面器件),或延伸到距结 50 μ m 之内(平面器件)应拒收。结的实际位置与具体的器件特性有关(见图 1)。

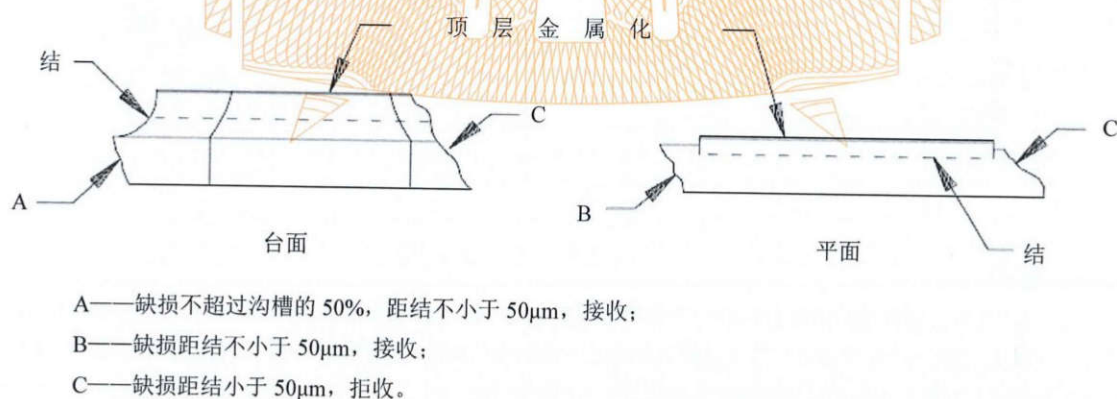
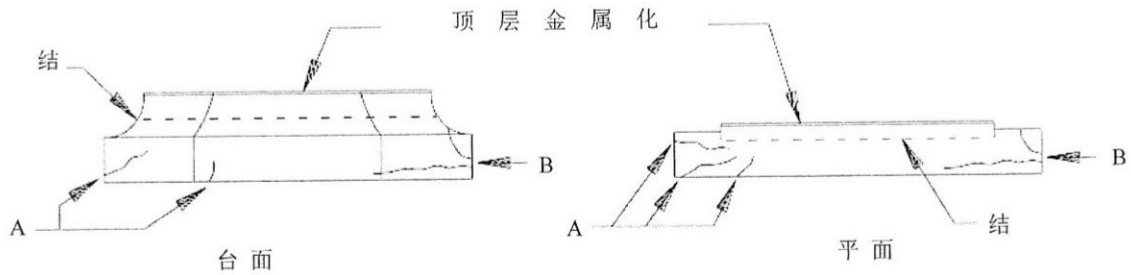


图 1 芯片缺损

- b) 裂纹。裂纹延伸到距结 50 μ m 之内,或指向结的方向应拒收。结的位置可能因具体的器件特性而与图示不同(见图 2)。



A——裂纹距结不大于 $50\mu\text{m}$ 或指向结，拒收；

B——裂纹距结大于 $50\mu\text{m}$ 且不指向结，接收。

图2 裂纹

3.3 适用的壳体形式

适用的整体形式如下：

- a) 附录 A：轴向引线、透明壳体、压接设计；
- b) 附录 B：轴向引线、透明壳体、引线直接穿入与芯片接触；
- c) 附录 C：轴向引线和表面安装、双引线柱、透明壳体(杜美丝引线柱，圆形端帽、软玻璃)；
- d) 附录 D：轴向引线和表面安装、双引线柱、透明壳体(钨或钼引线柱、方形端帽、硬玻璃)；
- e) 附录 E：轴向引线、透明壳体、点接触；
- f) 附录 F：轴向引线、双引线柱、不透明壳体、功率整流管和调整管；
- g) 附录 G：金属壳体、轴向引线、焊接接触设计；
- h) 附录 H：金属壳体、螺栓安装、焊接接触设计；
- i) 附录 I：金属壳体、菱形基座调整管、焊接接触设计。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 对材料、设计、结构和加工质量的具体要求；
- b) 除另有规定外，放大倍数。

附录 A

(规范性附录)

轴向引线、透明壳体、压接设计

A.1 玻璃裂纹及缺损

空腔四周不允许有裂纹。起始于封装任一端的裂纹,或是裂纹延伸入玻璃壳体指向空腔,超过玻璃-玻璃或玻璃-金属密封长度的 25%时,器件应拒收。玻璃缺损的深度足以露出引线柱或引线表面,纵向延伸到玻璃-金属封接面并指向空腔,使有效密封长度减少到小于外引线直径时,器件应拒收,见图 A.1。

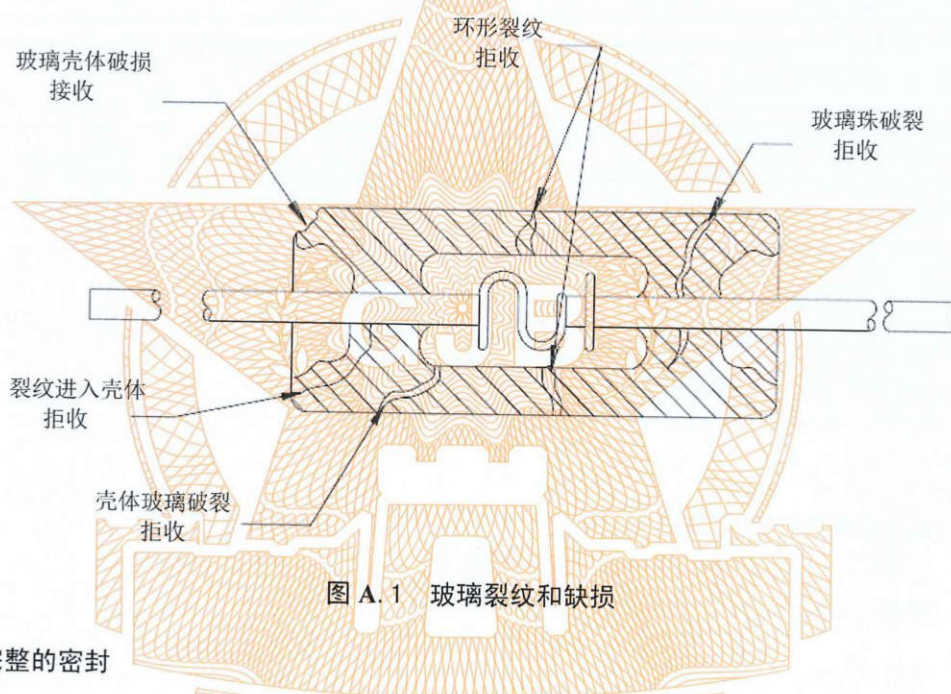


图 A.1 玻璃裂纹和缺损

A.2 不完整的密封

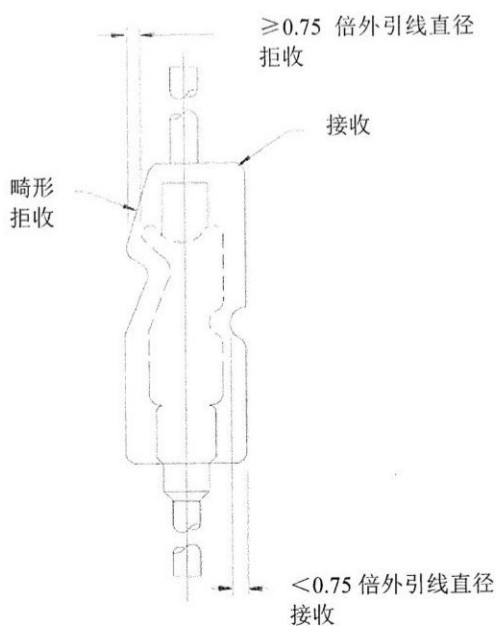
所有器件都要进行玻璃-金属和玻璃-玻璃的密封检查。在整个密封部位(密封界面)两种密封的封接长度至少为外引线的直径。

A.3 密封处的气泡

所有器件都要进行玻璃-金属和玻璃-玻璃密封处气泡的检查。气泡串使有效封接长度减少到小于外引线的直径时,器件应拒收。玻璃中不影响玻璃-玻璃或玻璃-金属封接面积的气泡,不导致拒收。

A.4 玻璃封装畸形

玻璃封装畸形等于或大于外引线直径 75%时,器件应拒收,见图 A.2。



器件中心设计的凹形不认为是畸形。

图 A.2 封装畸形

A.5 多余物

如果有非附着的焊料球、半导体材料、碎片、剥离的镀层，或大于暴露的有效面积之间最短距离的不透明材料，器件应拒收。

A.6 焊料突出

所有二极管都要进行焊料突出检查。如果焊料突出长度大于突出部分最小宽度的两倍，器件应拒收，见图 A.3。

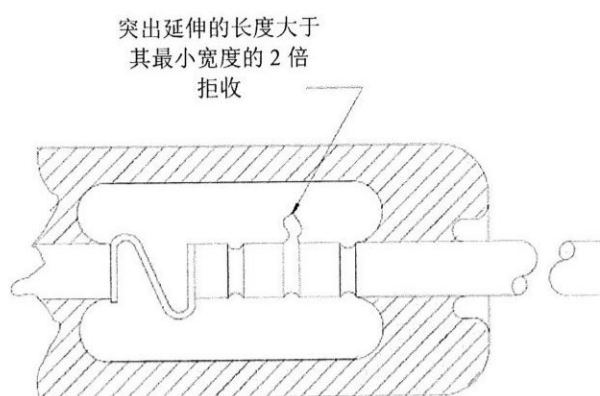


图 A.3 焊料突出

A.7 压力接触缺陷

下述未对准或畸形，将导致器件拒收：

- a) 触须嵌入玻璃壳体内 (见图 A.4)；

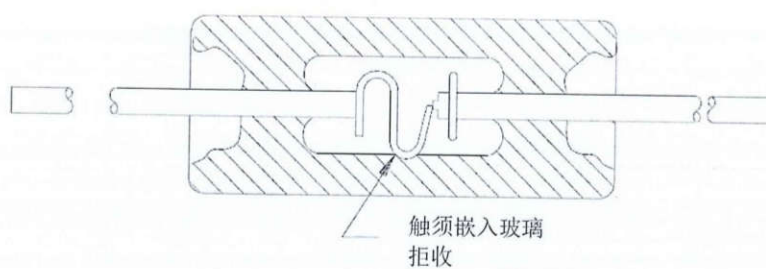


图 A.4 触须嵌入

- b) 加压不足使 S 或 C 形触须基面和芯片顶面之间形成尖端接触，允许最大 15° (见图 A.5)；



图 A.5 尖端接触

- c) 与芯片顶面的边缘接触 (见图 A.6)；



图 A.6 芯片顶面边缘接触

- d) S 或 C 形触须弯曲部分的跟部和芯片顶面接触 (见图 A.7)；

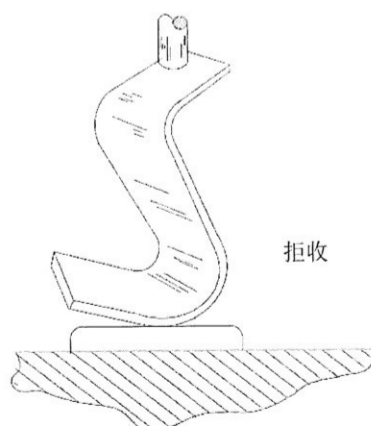


图 A.7 跟部接触

- e) 除特殊设计之外(不成型或扭曲触须), S 或 C 形触须基面和芯片顶面之间呈点接触(见图 A.8);

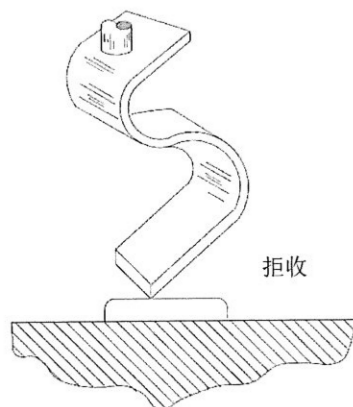
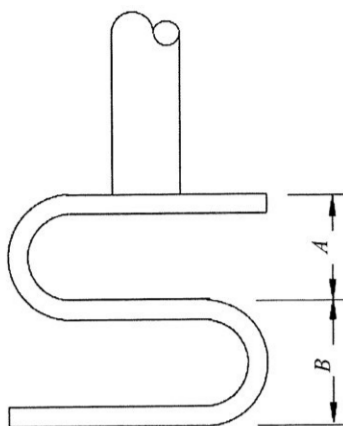


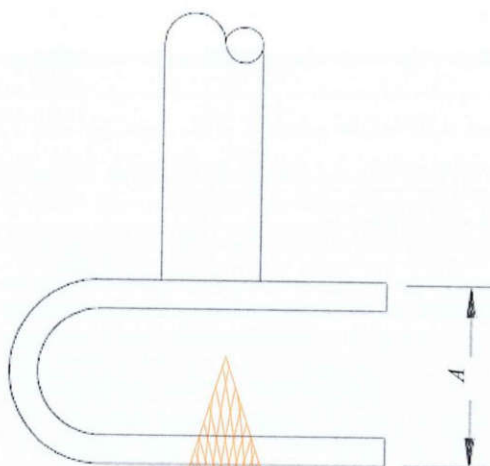
图 A.8 点接触

- f) 设计压缩高度(见图 A.9 和图 A.10), S 形弯曲中任何一个或 C 形弯曲压缩到小于其设计值的 50%时, 器件应拒收。



如果“*A*”或“*B*”小于设计压缩高度的 50%, 则拒收。

图 A.9 “S”形触须的压缩高度



如果“ A ”小于设计压缩高度的 50%，则拒收。

图 A.10 “C”形触须的压缩高度

A.8 触须与引线柱的焊接

触须和引线柱之间的焊料飞溅(泪珠状或成球)超过引线标称直径的 25%时，器件应拒收。采用背光照射技术检查，触须-引线柱焊接截面不得有大于引线直径 50%的部分透光。

A.9 芯片与引线柱或芯片与芯片的接触面

焊料表面不应粗糙。焊料至少熔到可用焊接周长的一半。焊料溢流达到芯片的另外一面时，器件应拒收。

A.10 芯片对准

如果芯片表面的法线不在引线柱中心线方向的 15° 以内，则器件应拒收，见图 A.11。

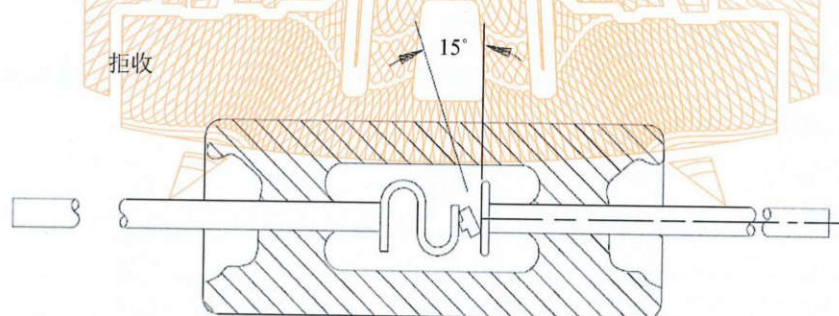


图 A.11 芯片对准

A.11 引线对准缺陷(适用于引线在玻璃包封内部的部分)

器件引线未对准或弯曲，使其与器件主轴夹角大于 10° 的器件应拒收。

A.12 多芯片安装缺陷

多芯片堆倾斜与器件主轴夹角大于 10° 时，器件应拒收。

附录 B

(规范性附录)

轴向引线、透明壳体、引线直接穿通与芯片接触

B.1 玻璃裂纹和缺损

空腔四周(见图 B.1)不允许有裂纹。起始于封装任一端的裂纹,或是裂纹延伸入玻璃壳体指向内腔,超过玻璃-玻璃或玻璃-金属密封长度的 25%时,器件应拒收。玻璃缺损的深度足以露出引线柱或引线表面,纵向延伸到玻璃-金属封接面并指向空腔,使有效密封长度减少到小于外引线直径时,器件应拒收,见附录 A 中图 A.1。

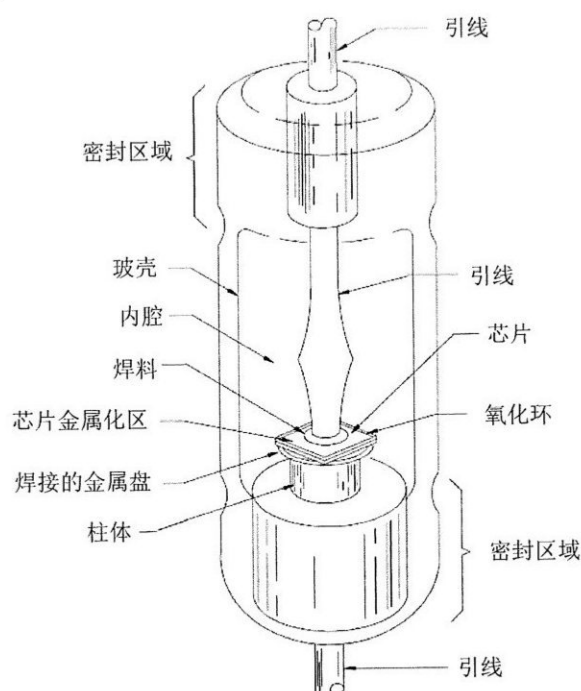


图 B.1 内部结构

B.2 不完整的密封

所有二极管都要做玻璃-金属和玻璃-玻璃密封检验。在整个密封部位(密封界面)两种密封的封接长度至少等于外引线的直径。

B.3 密封处的气泡

所有器件都要进行玻璃-金属和玻璃-玻璃密封处气泡的检查。气泡串使有效封接长度减少到小于外引线的直径时,器件应拒收。玻璃中不影响玻璃-玻璃或玻璃-金属封接面积的气泡,不应拒收。

B.4 玻璃封装畸形

玻璃封装畸形等于或大于外引线直径的 75%时,器件应拒收,见附录 A 中图 A.2。

B.5 外来物

如果有非附着的焊料球、半导体材料、碎片、剥落的镀层或其他不透明材料,其尺寸大于裸露的有效面积间的最短距离,则器件应拒收。

B.6 芯片与引线柱的焊接

要求如下:

- a) 焊料空洞(见图 B.2)。如果焊料流散少于引线柱最小有效接触面积周长的 50%时, 器件应拒收。



图 B.2 焊料空洞

- b) 焊料溢出(见图 B.3)。焊料溢出达到芯片的另外一面时, 器件应拒收。



图 B.3 焊料跨接

B.7 引线与芯片的焊接

要求如下:

- a) 焊料空洞大于引线可用接触区域周长的 50%时, 器件应拒收, 见图 B.4。

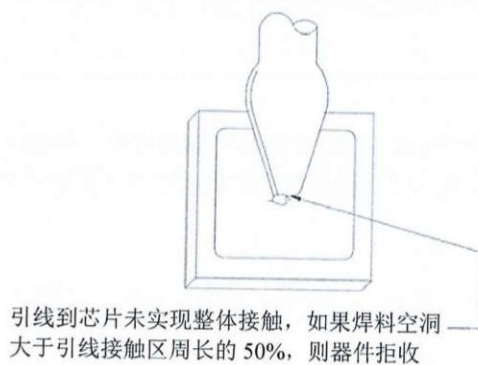


图 B.4 焊料空洞

b) 焊料溢出(见图 B.5)。如果焊料流散超过金属与氧化层外缘之间距离的 50%时, 器件应拒收。

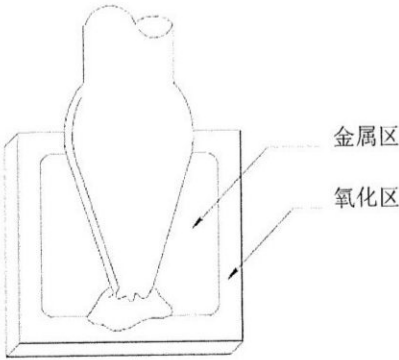


图 B.5 焊料溢出

c) 焊料突出、焊缝和焊料堆(见图 B.6)。如果焊缝和焊料堆没有牢固地附着在本体上, 器件应拒收。牢固附着的焊缝和焊料堆是指: 附着处的横截面积大于焊料突出上的其他部位的横截面积, 没有缩颈区。如果焊料突出物、焊缝和焊料堆的长度超过附着处最小宽度的 2 倍, 也应拒收。

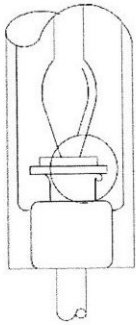


图 B.6 焊料突出物

d) 焊料球。如果有附着不牢固的焊料球, 则器件应拒收。附着不牢固的焊料球是指: 其最大截面大于附着处的横截面积的 2 倍。

B.8 芯片与芯片焊接

如果焊料空洞大于芯片可用接触面周长的 50%, 器件应拒收, 见图 B.7。

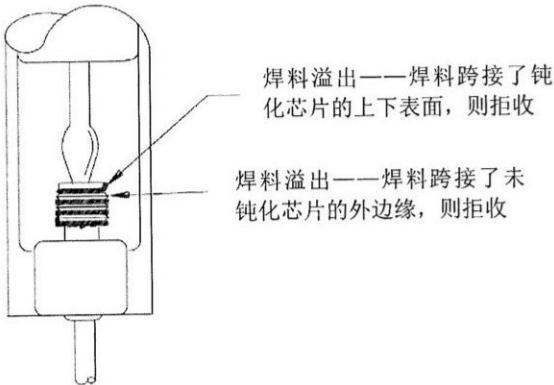


图 B.7 芯片之间的焊料连接

附录 C

(规范性附录)

轴向引线 and 表面安装、双引线柱、透明壳体
(杜美丝引线柱, 圆形端帽、软玻璃)

C.1 玻璃裂纹

裂纹见图 C.1。起始于任意端, 任意长度, 延伸指向芯片方向的螺旋形或纵向裂纹应拒收。不仅在玻璃表面, 或距密封长度远端的 25% 范围内的裂纹应拒收。限于设计密封长度的远端 25%, 延伸指向远离芯片区域的裂纹可接收。轻微表面撞击痕迹, “C” 形裂纹和微小裂纹, 如果只在玻璃表面, 而且没有向外放射的裂纹, 则可接收。

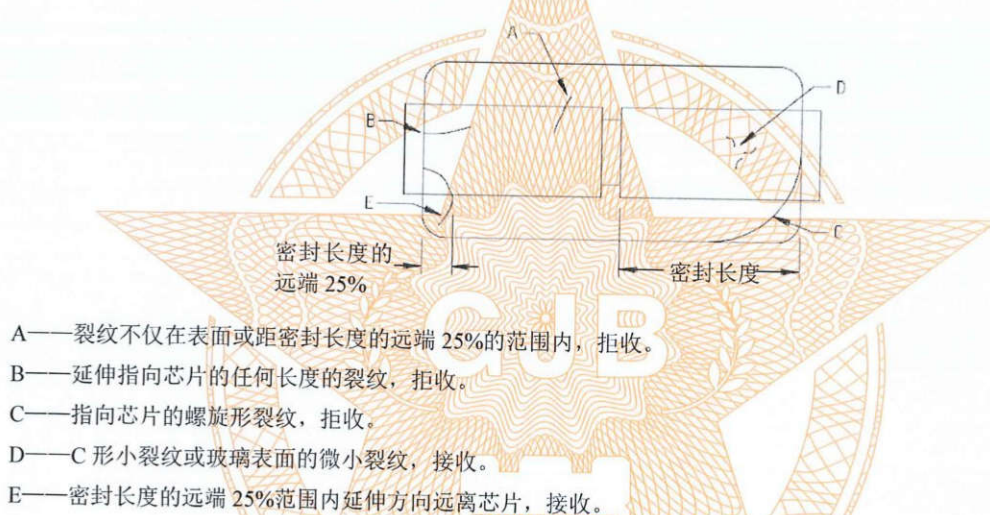
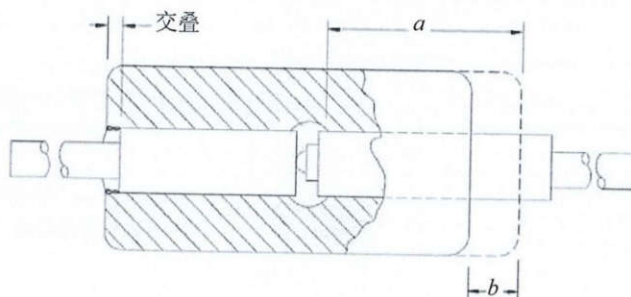


图 C.1 玻璃裂纹

C.2 密封区上移

玻璃偏离中心位置, 使任何一个引线柱的密封区减少超过其设计长度的 25%, 则器件应拒收, 见图 C.2。



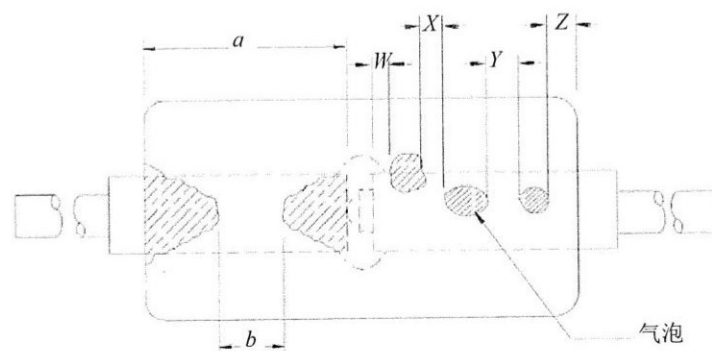
a 为设计密封长度

如果 $b > 25\%$, 拒收。

图 C.2 密封区上移

C.3 不完善的密封

对任何封装形式，任何异常，例如气泡、引线柱处的气泡、分离、浸析物或其他不完善的密封，密封区小于设计密封长度的 50%，影响了两个引线柱中任一引线柱的密封长度，则器件应拒收，见图 C.3。



a ——设计密封长度；

如果 $b < 50\%a$ ，拒收；如果 $W+X+Y+Z < 50\%a$ ，拒收。

图 C.3 不完善的密封

C.4 引线柱错位和倾斜

应检验全部器件的引线柱对准。引线柱位移距离大于引线柱直径的 25% 时，器件应拒收，见图 C.4。引线柱不应倾斜到触及芯片或偏离另一引线柱轴线 5° 以上，见图 C.5。

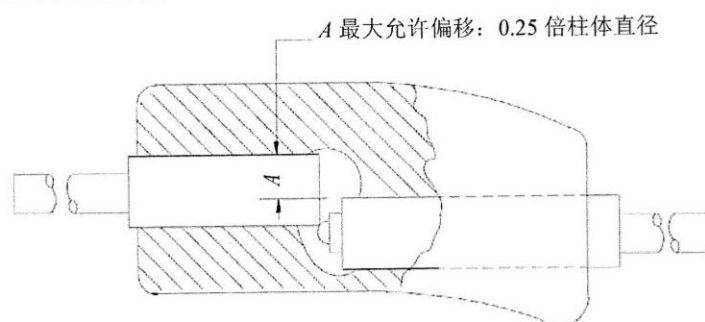
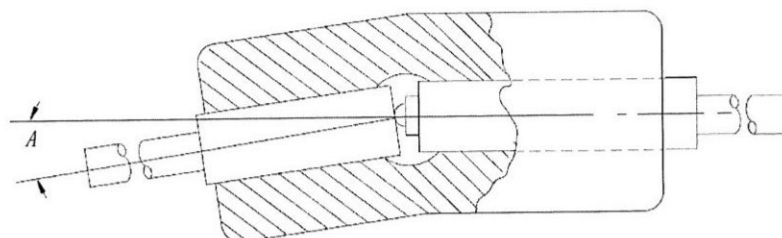


图 C.4 引线柱错位



如果 $A > 5^\circ$ ，拒收。

图 C.5 引线柱倾斜

C.5 外来物

如果有非附着的焊料球、半导体材料、碎片、剥落的镀层或其他不透明材料，其尺寸大于裸露的有效面积间的最短距离，则器件应拒收。

C.6 引线连接

应检验引线与引线柱焊接的完整性。焊接面积小于总焊接面的 75% 时，器件应拒收，见图 C.6。

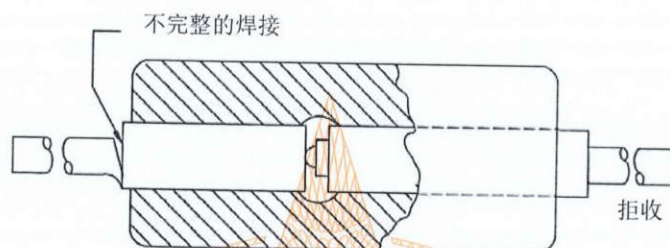


图 C.6 不完整的焊接

C.7 芯片缺陷(拒收)

C.7.1 芯片倾斜大于 5° ，或使引线柱触及有凸台一面的芯片表面。

C.7.2 芯片缺损超过芯片宽度的 25%，或延伸到距结 $50\mu\text{m}$ 之内，应拒收。

C.8 圆形端帽表面安装器件的判据

C.8.1 暴露的引线柱，不能超过引线柱长度的 30%。

C.8.2 在距芯片 0.25mm 内，不得有裂纹。

C.8.3 在玻璃内不得有指向芯片的裂纹。

C.8.4 在芯片空腔内不得有导电污染物。

C.8.5 引线柱的对准，包括端帽，见 C.4。

C.8.6 端帽的连接，见 C.6。

附录 D

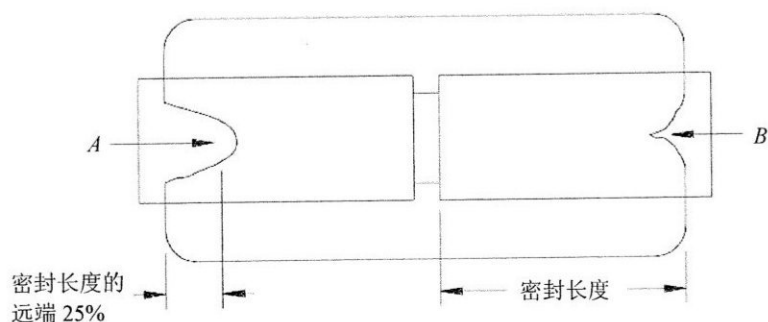
(规范性附录)

轴向引线 and 表面安装、双引线柱、透明壳体
(钨或钼引线柱、方形端帽、硬玻璃)

D.1 玻璃

玻璃判据:

- a) 不允许有裂纹。
- b) 缺损(见图 D.1)。暴露了引线柱且不限于距设计密封长度远端的 25%范围内的边缘缺损应拒收。暴露了引线柱且呈尖角或“V”型并指向芯片区的边缘缺损(不论尺寸)应拒收。



A —— 缺损不限于距密封长度远端的 25%之内, 拒收;

B —— 任何尺寸的尖锐缺损, 拒收。

图 D.1 缺损

- c) 空洞。芯片或引线柱区域的空洞深度大于玻璃厚度的 50%，应予拒收，但在距设计密封长度远端 25%范围内任何的空洞是可接收的。
- d) 畸形(见图 D.2)。玻璃表面的畸形使玻璃管表面位移达到或超过玻璃管设计直径的 10%，或使器件不能满足尺寸要求，应拒收。

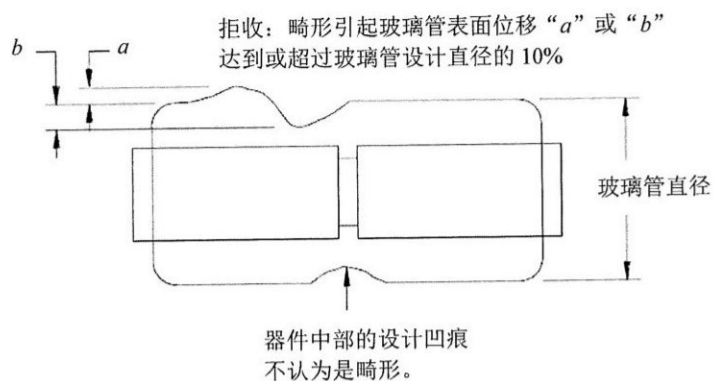


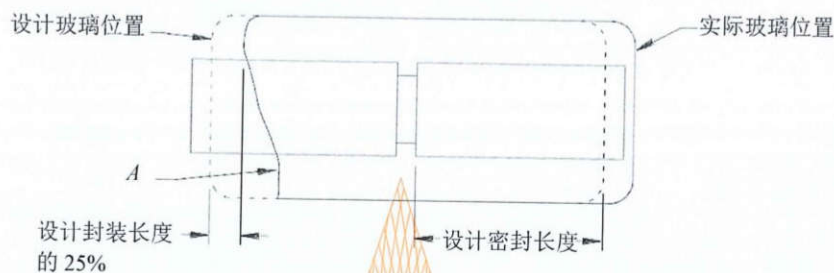
图 D.2 畸形

- e) 表面损伤和变色。器件表面的磨损、碎片、划痕、粗糙，或芯片区域玻璃变色(发黑)使得芯片无法清楚可见，都应拒收。如经液体浸泡，芯片可见。则可以接受。

D.2 密封

密封判据:

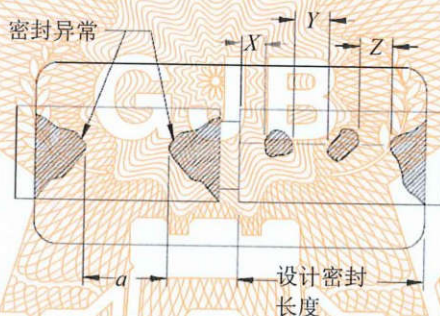
- a) 玻璃位置和缺失(见图 D.3)。玻璃偏离中心和玻璃缺失使任一引线柱的密封长度比设计密封长度减少超过 25%，应拒收。



A ——玻璃偏离中心和/或缺损使密封长度减少达到或超过 25%，拒收。

图 D.3 位置

- b) 密封不充分(见图 D.4)。密封面异常，例如：底部空洞、分离、引线柱处气泡、划痕或裂纹、气泡、硅渣、纤维或涂覆缺损等总计减少的密封长度，使沿任一直线密封长度短于设计密封长度的 50%，则应拒收。成串小气泡的整串长度都视为密封异常。



拒收：密封长度“a”减小到设计密封长度的 50%或更小；

总密封长度“X”+“Y”+“Z”沿任一直线 $\leq 50\%$ 设计密封长度。

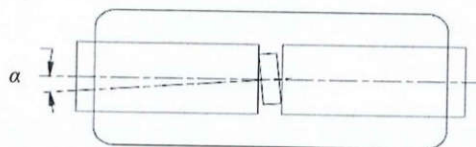
图 D.4 密封不充分

- c) 可动或松散附着物。芯片腔内(对有空腔的器件)有尺寸大于 $25\mu\text{m}$ 的非附着或松散附着的焊料、钎焊料、硅渣、脱落的镀层、纤维物或其他不透明的外来物，则应拒收。不应有焊料、钎焊料或其他焊接键合材料从一个引线柱延伸向引线柱间区域。

D.3 对准

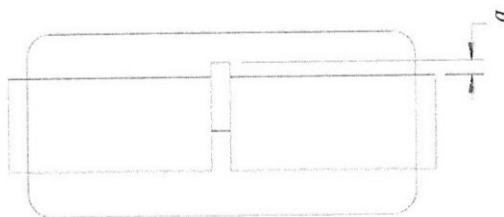
对准判据:

- a) 芯片对准。芯片偏离任一引线柱表面超过 5° ，或倾斜使芯片与引线柱出现非预期的接触应拒收(见图 D.5)。芯片轴向偏离使其超出引线柱，超过其宽度或长度的 20%，应拒收(见图 D.6)。



芯片倾斜“a” $\geq 5^\circ$ ，拒收。

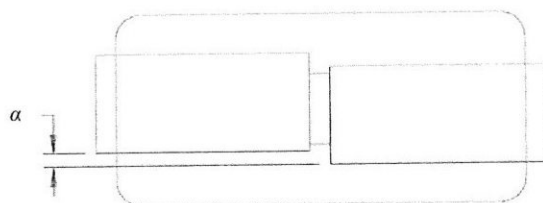
图 D.5 倾斜



芯片非接触的长度“ a ”达到或超过芯片长度的 20%，拒收。

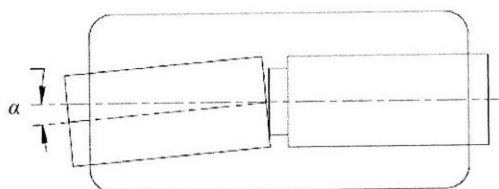
图 D.6 芯片未完全接触

- b) 引线柱对准。在芯片区域两引线柱同轴对准偏差超过引线柱直径的 12.5%，则拒收(见图 D.7)。引线柱相对另一引线柱倾斜大于 5° 角，或倾斜使得引线柱与芯片出现非预期接触应拒收(见图 D.8)。



偏离“ a ”达到或超过引线柱直径的 1/8 (12.5%)，拒收。

图 D.7 引线柱偏移



倾斜角度“ a ” $\geq 5^\circ$ 。

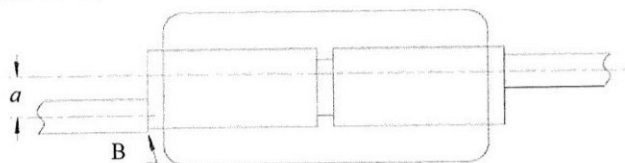
图 D.8 引线柱倾斜

通过热阻抗测试可精确地评价因芯片或引线柱未对准而引起的芯片到引线柱的不完全接触。在难以判断器件是否符合对准要求的情况下，可用热阻抗测试的方法来判定器件的可接收性。

D.4 引线、端帽焊接

引线、端帽焊接判据：

- a) 引线对准(有引线器件)：引线未轴向对准在一个引线直径范围内，或引线未包含在引线柱直径范围内都应拒收(见图 D.9)。

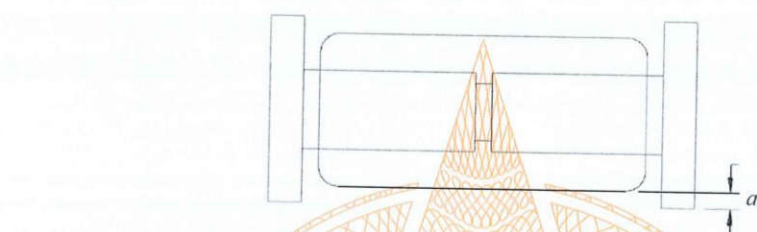


拒收：引线偏离“ a ”超过引线直径；

引线未与柱体完全接触—“ B ”。

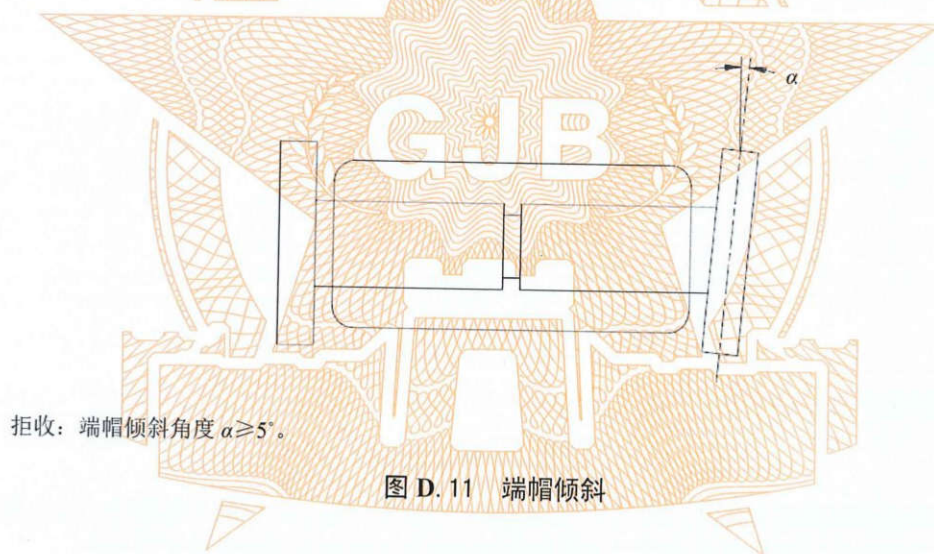
图 D.9 引线偏移

- b) 钎焊接(有引线器件)。引线与引线柱的焊接未达到引线周长的 90%，应拒收。焊接裂纹和焊沟应拒收。钳焊中的针孔可接收。
- c) 端帽(表面安装器件)。从玻璃壳体到端帽四边安装表面的间隙小于 $75\mu\text{m}$ 应拒收(见图 D.10)。端帽与引线柱垂直偏差大于 5° 角，应拒收(见图 D.11)。端帽弯曲使二极管或端帽超过规定尺寸应拒收(见图 D.12)。端帽旋转使两端帽的安装面不共面在 5° 范围内应拒收(见图 D.13)。凹坑、空洞、或其他损伤超过任一安装表面的 25% 应拒收(见图 D.14)。端帽呈现出剥离、起泡、起皮，应拒收。



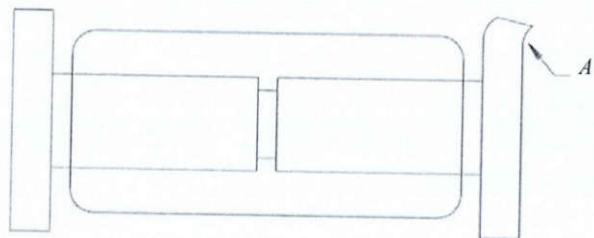
拒收：玻璃壳体与端帽间的间隙 $a \leq 75\mu\text{m}$ 。

图 D.10 端帽间隙



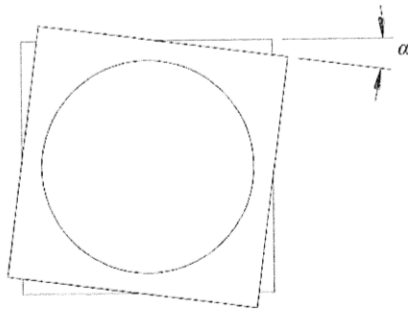
拒收：端帽倾斜角度 $\alpha \geq 5^\circ$ 。

图 D.11 端帽倾斜



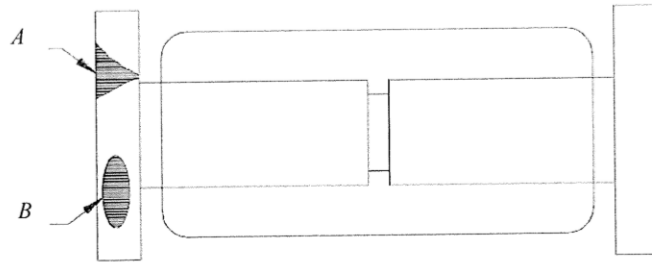
A—端帽变形使器件超过了规定的尺寸，拒收。

图 D.12 端帽变形



拒收：端帽旋转角度 $\alpha \geq 5^\circ$ 。

图 D.13 端帽旋转



拒收：由于划痕（“A”）、凹坑（“B”）等使安装表面减少到设计面积的 75%或更小。

图 D.14 划痕

附录 E

(规范性附录)

轴向引线、透明壳体、点接触

E.1 玻璃破裂及缺损

空腔周围不允许有裂纹。起始于封装任一端的裂纹,或是裂纹延伸入玻璃指向空腔,超过玻璃-玻璃或玻璃-金属密封长度的 25%时,器件应拒收。玻璃缺损的深度足以露出引线柱或引线,并纵向延伸入玻璃-金属密封处且指向空腔,使有效密封长度减少到小于外引线直径时,器件应拒收,见附录 A 中图 A.1。

E.2 不完整的密封

所有器件都要检查玻璃-金属和玻璃-玻璃密封。在整个密封部位(密封界面)两个密封区的密封长度至少为外引线的直径。

E.3 密封处的气泡

所有器件都要检查玻璃-金属和玻璃-玻璃密封处的气泡。气泡串使有效密封长度减少到小于外引线直径时,器件应拒收。玻璃中的气泡不影响玻璃-玻璃或玻璃-金属密封时,器件不应拒收。

E.4 玻璃封装畸形

玻璃封装畸形等于或大于外引线直径的 75%时,器件应拒收,见附录 A 中图 A.2。

E.5 多余物

如果有大于暴露的有效面积之间最短距离的非附着的焊料球、半导体材料、碎片、脱落的镀层等不透明材料,器件应拒收。

E.6 压力接触缺陷

有下列未对准或畸形时,应拒收:

- a) 触须触及玻壳壁(见图 E.1);

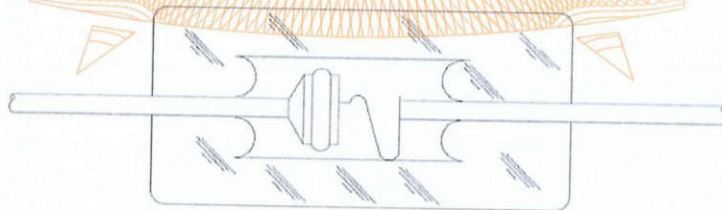


图 E.1 触须接触玻壳壁(拒收)

- b) 触须呈环形且互相接触(见图 E.2);

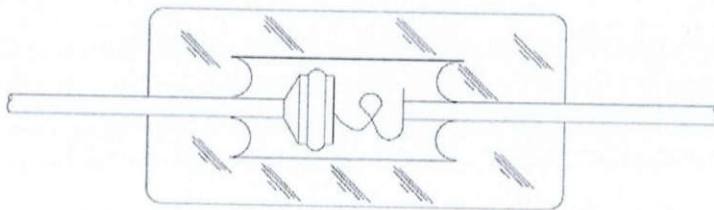


图 E.2 触须呈环形且互相接触(拒收)

c) 触须偏离垂直超过 10° (见图 E.3)。

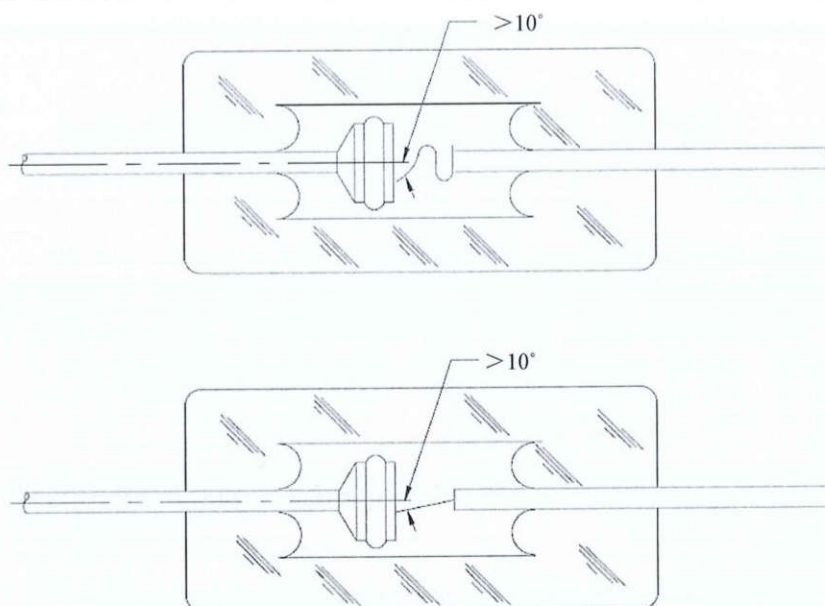


图 E.3 触须偏离垂直超过 10° (拒收)

E.7 触须与引线柱焊接

触须和引线柱之间有焊料飞溅(泪珠状或成球), 当它们超过引线标称直径的 25% 时, 器件应拒收。当采用背光照射方法检查时, 触须-引线柱焊接截面不得有大于引线直径 50% 的部分透光。

E.8 焊料空洞

如果焊料流散少于芯片的最小可用接触面周长的 50%, 器件应拒收。

E.9 芯片与引线柱接触区

芯片与引线柱接触面之间的焊料应呈平滑状, 并且可焊接面至少有一半是熔合的。焊料溢流达到芯片表面时, 器件应拒收。

E.10 芯片对准

如果芯片表面偏离安装柱中心线垂直方向 15° 以上时, 器件应拒收。

E.11 引线对准缺陷(适用于每根引线玻璃包封内的部分)

器件引线没有对准或弯曲, 使引线偏离器件主轴 10° 以上时, 器件应拒收。

E.12 芯片触及玻璃管体

如果芯片碰到玻璃壳体, 器件应拒收, 见图 E.4。

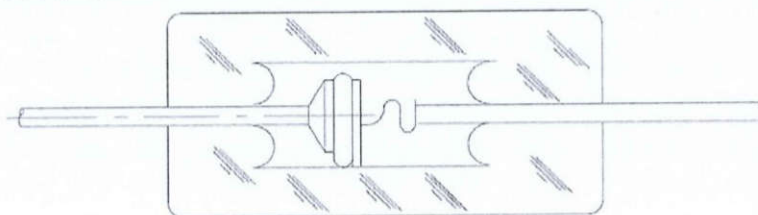


图 E.4 芯片接触玻壳

附录 F

(规范性附录)

轴向引线、双引线柱、不透明壳体、功率整流管和调整管

F.1 芯片安装和对准

芯片焊到热沉、引线柱或引线上之后，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%或更少时，器件应拒收。
- b) 芯片与引线柱的同轴对准。引线柱相互同轴对准应在任一引线柱直径的 12.5%以内。
- 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，器件应拒收。

F.2 芯片裂纹

芯片裂纹使其总面积减少到小于原来面积的 75%(或裂纹延伸进入或横跨结区)时，器件应拒收。

F.3 钎焊接缺陷

若热沉或引线焊接的可见金属焊料总长度小于周长对 90%，器件应拒收。

F.4 脱落或松散的材料

非附着的焊料、钎焊材料，或其他焊接材料不得延伸出引线柱。引线柱表面起泡或剥落，应拒收。

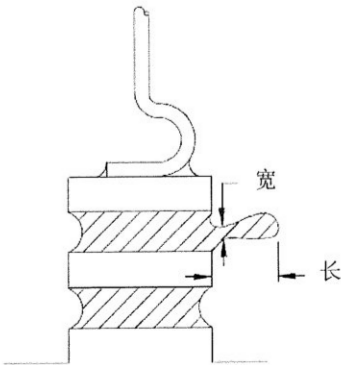
F.5 外来物

如果引线柱之间或表面有多余的颗粒状物质，器件应拒收。引线柱表面不允许有外来沾污。

附录 G
(规范性附录)
金属壳体、轴向引线、焊接接触设计

G.1 焊接缺陷

焊料突出的长度大于突出部分最小宽度 2 倍时，器件应拒收，见图 G.1。从一个部件到另一个部件焊料应平滑，相邻部件间至少有 50% 周长有熔化的焊料，见图 G.2。



拒收：突出物的长度延伸超过最小宽度的两倍。

图 G.1 焊料突出

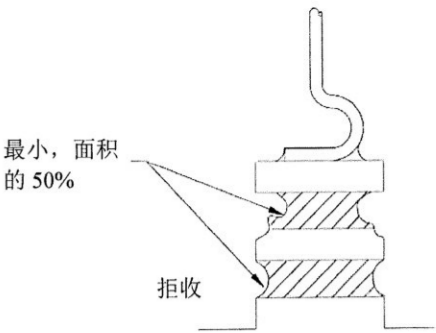


图 G.2 焊料流散

G.2 对准

芯片部件的几何中心偏离芯片或芯片堆中心线大于其宽度的 33% 时，器件应拒收，见图 G.3。

G.3 倾斜

芯片部件倾斜偏离安装面 10° 以上时，器件应拒收，见图 G.4。

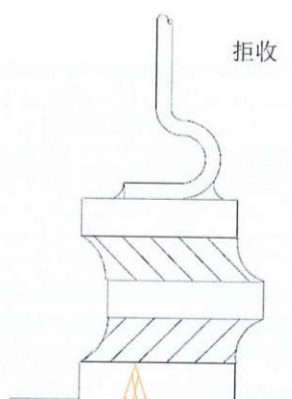


图 G.3 芯片对准



图 G.4 芯片倾斜

G.4 芯片缺损

芯片缺损长度大于芯片宽度的 25%或缺损距离结不到 $50\mu\text{m}$ 时, 器件应拒收, 见图 G.5。

G.5 芯片裂纹

芯片出现裂纹使芯片总面积减少到小于芯片原有面积的 75%(或裂纹延伸进入或穿过结区)时, 器件应拒收, 见图 G.6。

G.6 外来物

如果有大于暴露的有效面积之间最短距离的非附着的焊料球、半导体材料、碎片、脱落的镀层或不透明材料, 器件应拒收。

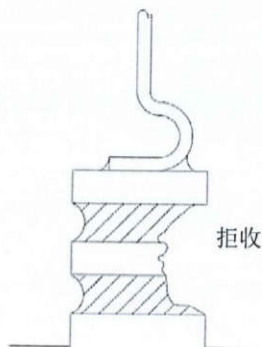


图 G.5 芯片缺损

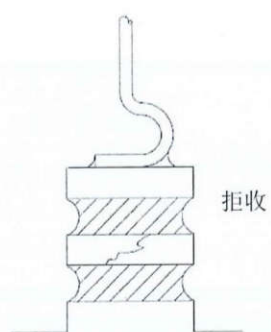


图 G.6 芯片裂纹

附录 H

(规范性附录)

金属壳体、螺栓安装、焊接接触设计

H.1 芯片和引线组件

芯片和引线组件定位于基座上的方式应使其与设计的接触区完全接触。引线不应有能使其直径减少 5% 以上的缩颈或划伤，见图 H.1。芯片和引线组件对管座倾斜不应大于 5° ，见图 H.2。



图 H.2 芯片倾斜

H.2 外来物

外来物判据:

- a) 焊缝和焊料堆。如果焊缝和焊料堆未牢固地附着在被焊接的基体上,则该器件拒收。牢固附着的焊缝和焊料堆是附着处的横截面积大于焊料突出上的其他部位的横截面积,且没有缩颈区。
- b) 外来物。如果有其长度长于裸露有效面积的最短间距的非附着的焊料球、半导体材料、碎片、脱落的镀层或不透明材料,则该器件拒收。
- c) 多余芯片附着。如果附着了邻近芯片,超过芯片面积的 25%,则器件应拒收。

H.3 部件缺陷

部件判据:

- a) 部件倾斜。如果组件中任一部件偏离正常安装平面超过 10° 时,器件应拒收。
- b) 部件未对准。如果组件中任一部件没有对准或偏离芯片或芯片堆中心线超过其宽度的 33%,或使两个有源区域桥接,或超出氧化层隔离区,器件应拒收。

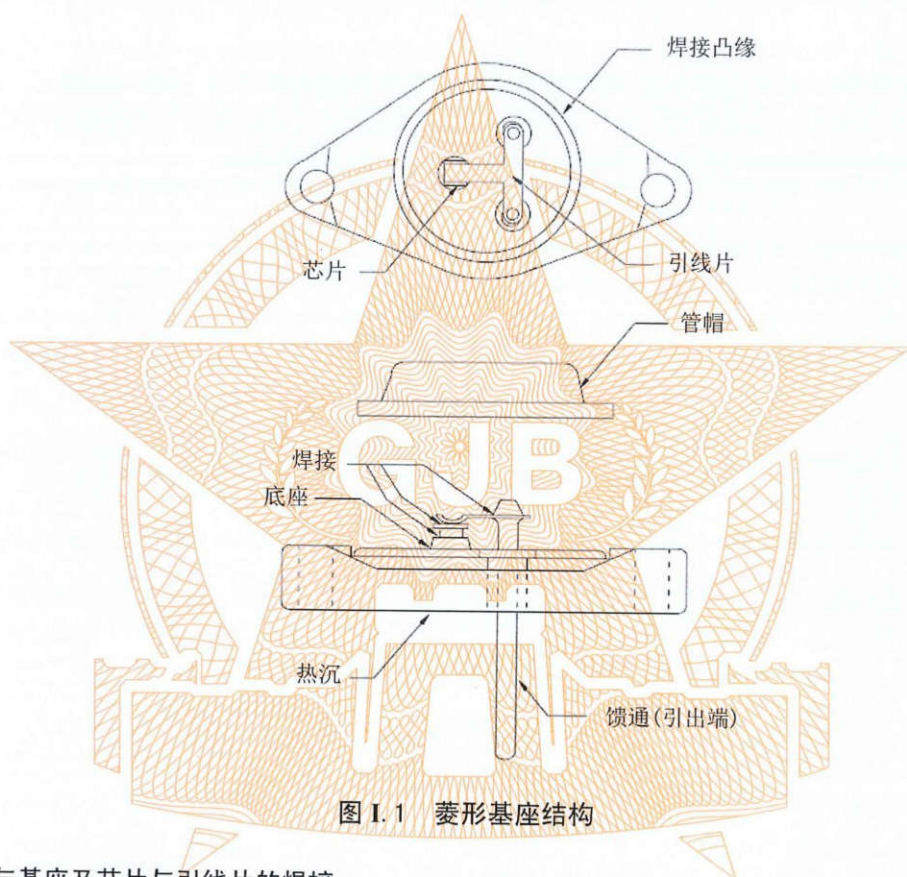
附录 I

(规范性附录)

金属壳体、菱形基座调整管、焊接接触设计

I.1 菱形基座结构

菱形基座结构如图 I.1。



I.2 芯片与基座及芯片与引线片的焊接

芯片与基座及芯片与引线片的焊接判据:

- 焊料空洞。如果焊料流散少于芯片最小有效接触面周长的 50%，器件应拒收。
- 焊料溢出。焊料溢流使芯片上下表面桥接或使两个有效区域标称距离减少 50%或更多时，器件应拒收。

I.3 芯片与引线柱及引出端与热沉的焊接

芯片与引线柱及引出端与热沉的焊接判据:

- 焊料空洞。若焊料对各焊接部分的润湿不连续，器件应拒收。
- 焊料溢出。焊料溢流到热沉的焊接凸缘的任何部分，器件应拒收。

方法 2075 开帽内部设计目检

1 目的

本试验是为了验证设计和结构是否符合已获鉴定批准的设计鉴定报告中有关文件的规定。本试验是破坏性的，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

本试验所用设备应符合适用文件的要求。设备应包括有足够放大倍数的光学设备以验证器件的整体结构特性。

3 程序

3.1 通则

从检验批中随机抽取器件并在足够放大倍数下检验，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他规定的要求（见第4章）。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内腔结构的样品。

3.2 芯片布局及内部图形的照片

规定时，制出彩色照片或幻灯片显示芯片或衬底上的单元布局及金属化图形。该照片至少放大80倍，若放大80倍后照片大于88.90mm×114.3mm，应降低放大倍数使照片不大于88.90mm×114.3mm。另外，所有鉴定报告中和设计更改时应附有彩色照片。

3.3 失效判据

不满足设计和结构要求的器件为不合格。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 设计和结构的适用要求；
- b) 是否允许采用封装前的内腔器件（见第3章）；
- c) 照片的要求和照片的处理（见3.2）；
- d) 样品数量。

方法 2076 X 射线照相

1 目的

本试验的目的是用非破坏性的方法检测密封管壳内的缺陷,特别是管帽与壳体密封工艺引起的缺陷和内部缺陷,如外来物、错误的内引线连接、芯片附着材料中的空洞等缺陷。本方法为器件的 X 射线照相检验确定了采用的方法、判据和标准。

对于某些类型的封装器件,由于结构材料(管壳或内部材料)的电子屏蔽效应,可能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。

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。焦距应适当,使得主要尺寸为 0.025mm 的物体有一个非常清晰的图像;
- b) X 射线照相胶片或媒介:选择的胶片应能提供观看所有内部组成部分(包括键合丝)所要求的分辨率;
- c) X 射线照片观察器:主要尺寸分辨率为 0.025mm;
- d) 固定夹具:能够把器件固定在要求的位置,且不影响图像判读的准确性和简便性;
- e) X 射线照相质量标准:具备能够验证 X 射线检测各种特殊管壳所有规定缺陷的能力;
- f) 所用工作台表面至少覆盖 1.6mm 厚的铅材料,以防止辐射的背散射。

3 程序

3.1 通则

为了在要求的灵敏度范围内获得满意的曝光,并得到用于 X 射线照相试验的器件或缺陷特征图像的最详细细节,必须根据需要进行选择或调整 X 射线曝光系数、电压、电流和时间。除另有规定外,在满足上述要求的前提下,X 射线电压应取最低值,且应不超过 150kV。尽管穿透某些管壳可能需要更高的电压值,但这些电压可能会对一些器件工艺有损害,只有得到器件承制方的许可,才可以使用更高的电压。

3.2 安装和观察

3.2.1 安装

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。器件夹具可是多种类型的带有铅隔膜或钽土挡板,用来隔开多个样品,但是必须使得从 X 射线到胶片或从 X 射线到器件的任何部位的通道不会受到夹具或挡板材料的阻挡。承制方应提供能够反映器件正确结构和内部组成部分位置的图或者照片。

3.2.2 观察

观察说明如下:

- a) 若无其他规定,对于扁平封装和单端圆柱形器件,在本标准正文第 4 章中图 1 和图 2 规定的 Y 方向用 X 射线穿透观察一次。当要求观察一次以上时,应分别在 X 轴方向和 Z 轴方向上用 X 射线进行第二次、第三次穿透观察。
- b) 若无其他规定,对于螺栓安装和圆柱形轴向引线器件,在本标准正文第 4 章中图 1 和图 2 规定的 X 方向用 X 射线穿透观察一次。当要求观察一次以上时,应分别在 Z 方向和 X 方向与 Z 方

向成 45° 角的方向上用 X 射线进行第二次、第三次穿透观察。

- c) 所有 JY 和 JY1 级器件应观察至少两次, 承制方应进行能够看到所有内部组成部分的观察, 包括键合丝。当需要时, 沿所有键合丝长度方向(X1、X2 和 Z 方向)和 Y 方向观察所有键合丝。螺栓安装和轴向引线器件应在 X 方向和 Z 方向用 X 射线进行穿透观察。

3.3 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透度计构成, 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(适当地做标记)图像质量标准, 透度计的 X 射线照相密度应接近被检器件的密度。

3.4 胶片和标志

3.4.1 通则

X 射线照片胶片应放在背面用至少 1.6mm 的铅包起来的胶片盒内, 或将盒子放在表面包铅的桌子上(见第 2 章 f)), 可以通过在 X 射线照片上用照相方法印上下列内容来识别胶片:

- a) 器件承制方名称或识别代码号;
- b) 器件型号或零件号或识别号(PIN);
- c) 生产批号、日期代码或检验批号;
- d) X 射线照片胶片观察号和日期;
- e) 器件连续号或前后参照号, 适用时(见 3.4.4);
- 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)。

3.4.2 无底片技术(有规定时)

在下列条件下, 允许采用无底片技术:

- a) 要求永久性记录。没有存储在 X 射线照相胶片上的记录应用一个可复制的电子媒介进行存档。媒介为比 X 射线照片等同或更好的便携式文档(PDF)。使用鉴定机构认可的其他的媒介, 如 CD-ROM 和 DVD 存储 X 射线照片时, 这些媒介要能提供合适的清晰度、分辨率和放大倍数。
- b) 该设备所得结果的质量要与胶片技术一样, 在其监视器显示屏显示的数字图像所提供的放大倍数要不低于胶片显示所提供的放大倍数。
- c) 除了与实际胶片有关的要求外, 本方法的所有要求均与有胶片技术一致。

3.4.3 实时 X 射线照相

3.4.3.1 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。焦距应足以使得主要尺寸为 0.025mm 的物体有一个非常清晰的图像;
- b) X 射线照片观察器: 任何主要尺寸分辨率为 0.025mm;
- c) 固定夹具: 能够把器件固定在要求的位置, 且不影响图像判读的准确性和简便性;
- d) X 射线照相质量标准: 具备能够验证 X 射线检测各种特殊管壳所有规定缺陷的能力。

3.4.3.2 程序

为了在要求的灵敏度范围内获得满意的曝光, 并得到用于 X 射线照相试验的器件或缺陷特征图像的最详细细节, 必须根据需要进行选择或调整 X 射线曝光系数、电压、电流和时间。除另有规定外, 在满足上述要求的前提下, X 射线电压应取最低值, 且应不超过 150kV。尽管穿透某些管壳可能需要更高的电压值, 但这些电压可能会对一些器件工艺有损害。只有得到器件承制方的许可, 才可以使用更高的电压。实时 X 射线成像系统应用剂量率表征, 该剂量率应予识别, 并确定一个安全时限, 以确保器件不会受到过多的辐射。

3.4.3.3 安装和观察

3.4.3.3.1 通则

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。器件夹具可是多种类型的带有铅隔膜或钨土挡板,用来隔开多个样品,但是必须使得从 X 射线到胶片或从 X 射线到器件的任何部位的通道不会受到夹具或挡板材料的阻挡。承制方应提供能够反映器件正确结构和内部件位置及方向的图或者照片。

3.4.3.3.2 观察

观察说明如下:

- a) 若无其他规定,对于扁平封装和单端圆柱形器件,在本标准正文第 4 章中图 1 和图 2 规定的 Y 方向用 X 射线穿透观察三次。当要求观察一次以上时,应分别在 X 轴方向和 Z 轴方向上用 X 射线进行第二次、第三次穿透观察。实时成像观察不应受限制,每个器件都要进行 X、Y、Z 方向的观察,包括承制方建议的方向上的观察。
- b) 若无其他规定,对于螺栓安装和圆柱形轴向引线器件,在本标准正文第 4 章中图 1 和图 2 规定的 X 方向用 X 射线穿透观察一次。当要求观察一次以上时,应分别在 Z 方向和 X 方向与 Z 方向成 45° 角的方向上用 X 射线进行第二次、第三次穿透观察;
- c) 所有 JY 和 JY1 级器件应观察至少两次,承制方应进行能够看到所有内部件的观察,包括键合丝。当需要时,沿所有键合丝长度方向(X1、X2 和 Z 方向)和 Y 方向观察所有键合丝。螺栓安装和轴向引线器件应在 X 方向和 Z 方向用 X 射线进行穿透观察。

3.4.4 连续编号的器件

当要求器件连续编号时,用连续号来识别每只器件。应按递增顺序依次对器件进行 X 射线照相。当缺少某只器件时,在空白处应有该器件序号或其他 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的序号和空白后的第一只器件的序号代替多个不透光体的位置。

3.4.5 特殊的器件标志

当有规定时(见 3.11 c)),经过 X 射线照相并且是可接收的器件,应在其外壳上用蓝点加以识别,蓝点直径应约为 1.6mm,蓝点的位置应在易于看到,但又不覆盖器件其他标志的地方(其他颜色,如绿色,也可以使用)。胶片用蓝点标识 X 射线照相检查和用绿点标识实时 X 射线照相检查。

3.5 试验

应选择 X 射线曝光系数,以达到主要尺寸分辨率为 0.025mm,失真小于 10%,在器件图像的重要区域内“H”和“D”胶片密度为 1~2.5 之间。应对所要求的各个观察方向进行 X 射线照相(见第 4 章)。本要求对实时 X 射线成像不适用。

3.6 操作

应采用 X 射线胶片厂推荐的程序将曝光的底片显影,应对底片进行处理,使其没有诸如指纹、划痕、模糊、底片感光过度、化学斑点、污点等工艺缺陷。本要求对实时 X 射线成像不适用。

3.7 操作人员

进行 X 射线照相检验的人员应经过 X 射线操作程序和技术方面的培训,能对由本方法暴露出来的缺陷给予正确地解释,并能与相应的标准作比较。操作人员应经过 X 射线实时成像系统操作方面的培训和资格认定。胶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) 近距离视力是操作人员能在相距 406.4mm 时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、验光技师或由专家认可的人员进行视力检查,而且每年验光一次。

3.8 X 射线照片的分析

3.8.1 通则

采用本方法规定的设备检查 X 射线照片,以确定被检器件是否符合本标准的要求,有缺陷的器件是否应拒收。应在 X 射线照片表面上没有眩光的、低光强的条件下对 X 射线照片进行分析。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 射线检查的观察器上检查 X 射线照片。X 射线照片应放大 6 倍~20 倍进行观察。必要时可采用观察掩模。任何不能清楚地表明 X 射线质量标准中的特征的 X 射线照片不得接收,应重新拍摄器件的 X 射线照片。当无法清晰地看到器件的某些部分,无法按 3.10 进行判断时,检验人员应在 X 射线照相检验报告上作出标记,表明未对结果进行评价和确认。

3.8.2 实时成像 X 射线检验的判断

采用本标准规定的设备检查实时 X 射线图像,以确定被检器件是否符合本标准的要求,有缺陷的器件培训是否拒收。X 射线图像应放大 6 倍~20 倍进行观察。必要时可采用观察掩模。任何不能清楚地表明 X 射线质量标准中的特征的 X 射线图像不得接收,应重新进行实时成像。当无法清晰地看到器件的某些部分,无法按 3.9 进行判断时,试验人员应在 X 射线照相检验报告上作出标记,表明未对结果进行评价和确认。

3.9 报告和记录

3.9.1 检查报告

对于 JY 和 JY1 级器件或有规定时的其他等级器件,承制方应在每批器件交货时提供检查报告。报告应阐明 X 射线照相检查的结果,列出订单号或等效的识别号、PIN 号、日期代码、检查数量、拒收数量和试验日期。对每个拒收器件应列出 PIN 号、连续号(适用时)和拒收原因。由于胶片分辨率原因不能进行评价的情况应记录在检查报告中。

3.9.2 X 射线照片的提交

当有规定时,每批器件交货的同时应提供一套相关 X 射线照片。将实时 X 射线成像结果存储在适合的媒介上提交。

3.9.3 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 射线照片或一套实时 X 射线照相图像和一份检查报告的副本,它们应保存到规定的时间。

3.10 检查和接收判据

3.10.1 器件结构

合格器件应是经 X 射线照相特征识别检查,符合规定的设计和结构。明显不符合规定结构的器件应拒收。

3.10.2 单个器件的缺陷

3.10.2.1 总则

单个器件检查应包括但又限于以下检查项目:外来物、由焊接材料构成的低温焊或熔焊的“溅沫”、引线或触须的合适形状和位置、引线或触须与器件的键合。由 X 射线照片检查暴露出下列任何一个缺陷的器件不得接收。

3.10.2.2 外来物的存在

外来物应包括:

- a) 尺寸大于 0.08mm 的任何附着外来物,或尺寸虽较小但足以跨接器件中不相连的导电部分的任何外来物。
- b) 内引线尾丝的延伸,在半导体芯片键合区上超过引线直径的两倍,或在封装引线柱键合区上超过引线直径的四倍(见图 1)。

- c) 引线柱上主要尺寸大于 0.08mm 的任何毛刺。
- d) 底座或内引线柱上的任何金属起皮。
- e) 多余的焊接材料累积。
 - 1) 焊接材料累积超过半导体芯片厚度的两倍。
 - 2) 不允许存在超过 0.025mm 的可见松散外来物。多余的但不松散、且符合 3.10.2.2 中 e) 1) 要求的焊接材料是可以接收的, 除其累积高度大于其底部宽度, 或者从累积顶端到底部任一点有材料颈缩时除外。

3.10.2.3 不可接收的结构

3.10.2.3.1 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出空洞。当检查这样的器件时, 应在检查报告中注明安装类型。要求如下:

- a) 从机械强度方面考虑, 接触区的空洞总面积超过接触面积的 1/2。出于散热的考虑, 除另有规定外, 对所有功率和管壳额定的器件接触区空洞总面积超过整个接触面积的 15%, 其他器件的接触区空洞总面积超过整个接触面积的 30%。空洞大于芯片厚度的两倍应拒收。如果一个或多个器件不满足这个标准要求, 整个批次应重新进行检验以满足适用的热阻抗要求。此外, 如果芯片附着图像显示出任何异常或在有源区下方有空洞或有多个相邻的大空洞, 整个批次应重新进行检验以满足适用的热阻抗要求。
- b) 单个空洞横贯半导体芯片的长度或宽度, 且超过整个预定接触面积的 10%。
 - 1) 空洞: 器件进行 X 射线检查时, 某些安装类型不能发现实际存在的空洞, 这种安装方式应记录在报告中(见图 1);
 - 2) 在半导体芯片与外部引线的规定连接区域之外存在的导线;
 - 3) 半导体芯片表面与边缘之间的角度小于 45°;
 - 4) 有缺陷的密封: 不管哪种器件, 只要其整个封盖密封是不连续, 或密封宽度比其设计小 25% 以上。

只要能够确认由最终密封操作引起的喷溅连续、均匀、并附着于母体材料上、不成球形、斑点或水滴形状, 则这种喷溅不视作外来物。

3.10.2.3.2 不合适的间隙: 可接收的器件应具有足够的内部间隙, 以保证各元件之间或元件与管壳之间不互相接触。不允许连接到不同电气元件的导线之间跨接。根据不同管壳类型, 有下列现象的器件应拒收:

- a) 扁平封装和双列直插封装(见图 2)
 - 1) 接触或跨接其他引线或键合点的任何引线(仅适用于 Y 平面);
 - 2) 偏离从键合点到外引线间的直线, 并与另一个键合点的距离小于 0.05mm 的任何引线(仅适用于 Y 平面);
 - 3) 引线虽未偏离从键合点到外引线间的直线, 但接触到另一根导线或键合点(仅适用于 Y 平面);
 - 4) 引线与不应接触的管壳或外引线相碰, 或它们之间的距离小于 0.05mm(适用于 X 和 Y 平面);
 - 5) 距另一键合点小于 0.025mm 的任何键合点, 不包括由公共导体连接的键合点(仅适用于 Y 平面);
 - 6) 连接芯片键合区和封装引线柱的引线为直线状(没有弧度);
 - 7) 引线上的裂纹、刻痕、颈缩或切口使引线直径减少 25% 以上。
- b) 圆形或“盒式”晶体管(见图 3)
 - 1) 引线与不应接触的外壳或外引线相碰, 或它们之间的距离小于 0.05mm(适用于 X 和 Y 平面)。

- 2) 引线下垂部分低于键合点顶部所在的假想平面(仅适用于 X 平面)。
 - 3) 不同电气元件的键合引线接触或跨接另一根引线或键合点(仅适用于 Y 平面)。
 - 4) 引线偏离从键合点到外引线之间的直线,与其他引线或键合点接触,或其间距离小于 0.05mm(仅适用于 Y 平面)。
 - 5) 与另一个键合点之间的距离不到 0.025mm 的任何键合点,不包括通过公共导体连接的键合点(仅适用于 Y 平面)。
 - 6) 连接芯片键合区和封装引线柱的引线为直线状(没有弧度),除非特别明确设计为此方式(例如:线夹、刚性连接引线或大功率引线)。
 - 7) 内引线柱相对于垂直方向(或预定设计位置)的倾斜大于 10° ,或在长度和结构上不均匀,或距另一根引线柱的距离小于一个引线柱的直径。
 - 8) 采用较低的管壳(如 TO-46)时,引线柱离管壳顶部的距离小于管壳内部底座与管壳顶部之间总内部尺寸的 20%。在内部的半导体芯片与底座相垂直的器件中,芯片离底座或管壳任何部位的距离小于 0.05mm。
 - 9) 引线上的裂纹、刻痕、颈缩或切口使引线直径减少 25%以上。
- c) 轴向引线型器件(见图 4)
- 1) 灌封在玻璃管体壁内的触须。
 - 2) 在任何方向上与器件引线轴方向倾斜 5° 以上的触须,或变形延伸以致与自身接触的触须。
 - 3) S 形弯曲触须的一半或 C 形弯曲触须被压缩致使其任何尺寸减少到小于其设计值的 50%。对具有与引线柱和芯片间触须冶金键合的二极管,如果保持图 4 a)中规定的金属封装器件最小触须间隙,允许触须变形延伸以致与自身接触。
 - 4) 无触须结构的器件其引线柱相对于器件中心轴的位移大于引线柱直径的 1/4。
 - 5) 半导体芯片的安装相对于器件主轴的垂线倾斜在 15° 以上。
 - 6) 悬在底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。
 - 7) 不到 75%的半导体芯片底面与安装表面焊接。
 - 8) 焊接中的空洞使引线到引线柱的连接减少了总焊接面积的 25%以上。
 - 9) 器件封装中存在的缺陷,例如玻璃体裂缝、不完全密封(例如:空隙、玻璃位置不合适等)、芯片破裂、与芯片或引线柱连接的 S 形和 C 形触须严重对不准,所有这些缺陷超过了有关目检要求的极限。

3.10.2.4 非空腔封装的分立器件

应检查单个器件的外部封装材料,有下列缺陷者应拒收:尺寸超过 0.5mm 的任何形状的外来物,以及总尺寸超过 0.76mm 的两个相邻的颗粒。

3.11 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 观察次数,如果不同于 3.2.2 和 3.4.3.3.2 的规定;
- b) X 射线照片的提交,适用时(见 3.9.2);
- c) 3.4 规定以外的标志和表明已经经过 X 射线照相的样品标志,有要求时(见 3.4.5);
- d) 样品缺陷和接收或拒收判据,如果不同于 3.10 的规定;
- e) X 射线照片和报告的保存,适用时(见 3.9.3);
- f) 试验报告,有要求时。

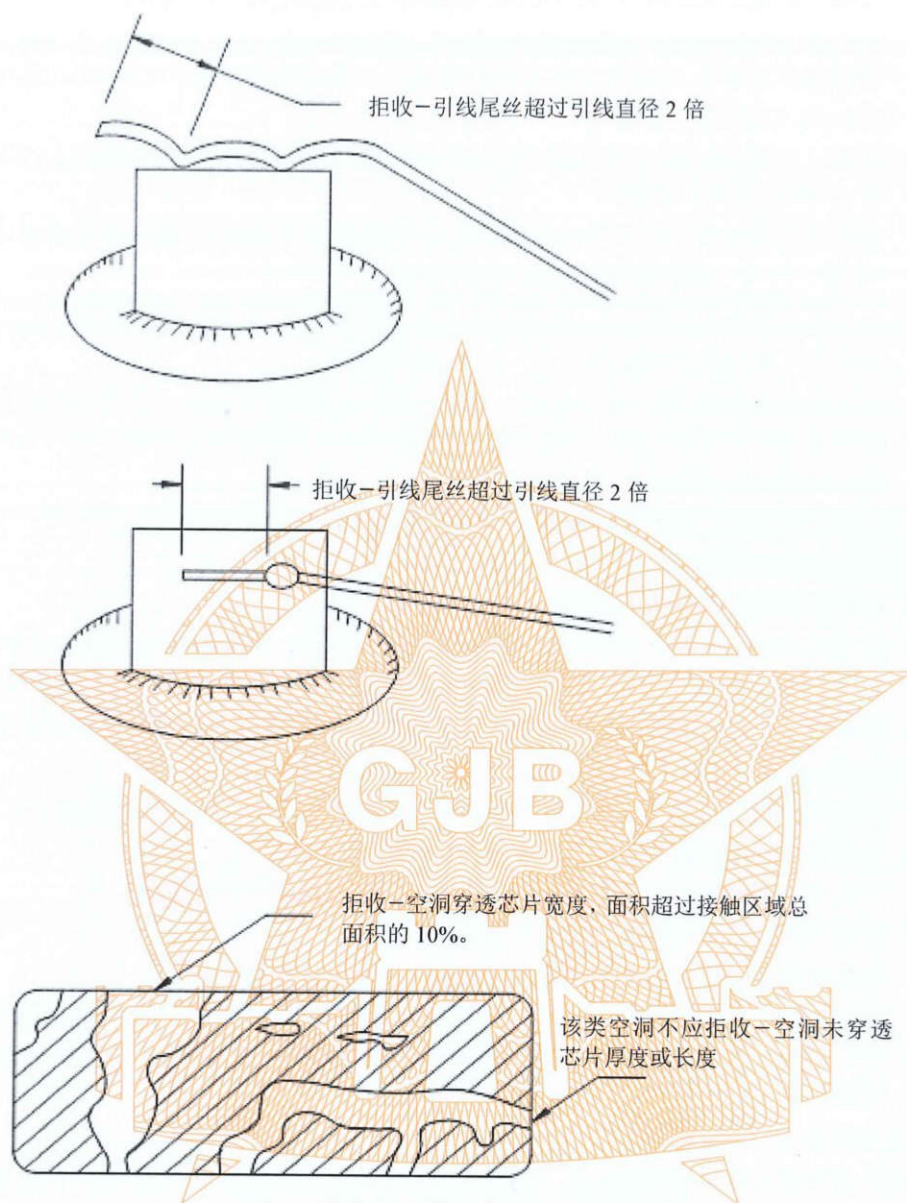


图 1 接收和拒收的空洞和过长的尾丝

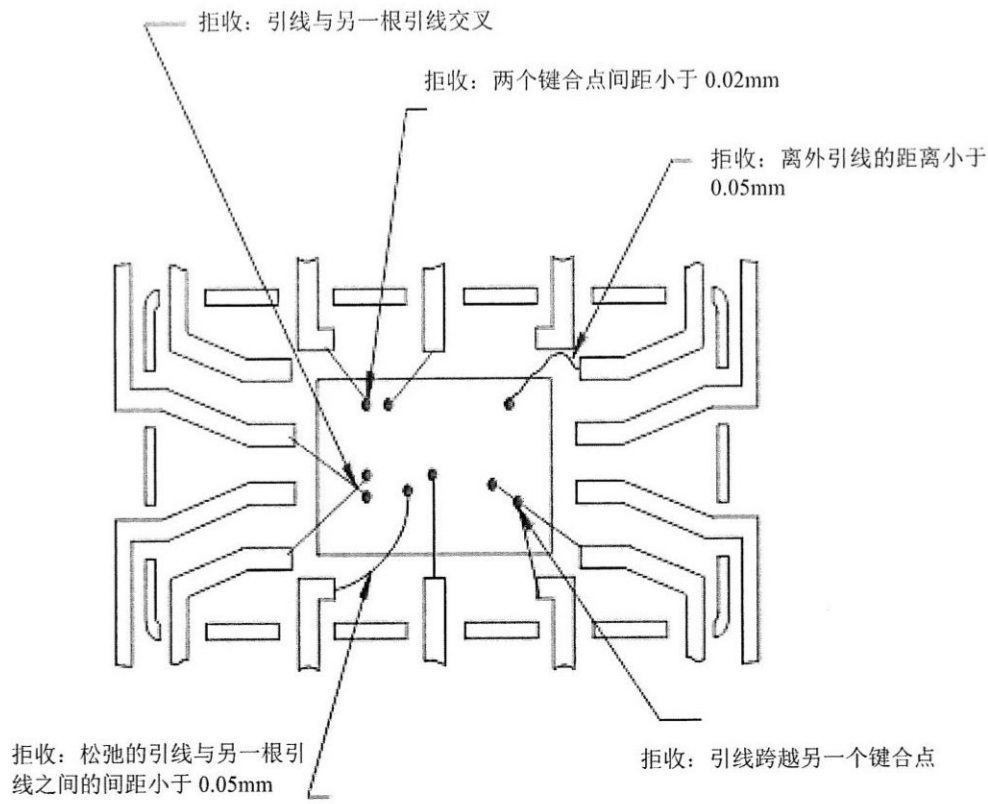


图 2 双列直插或扁平封装器件中的间隙

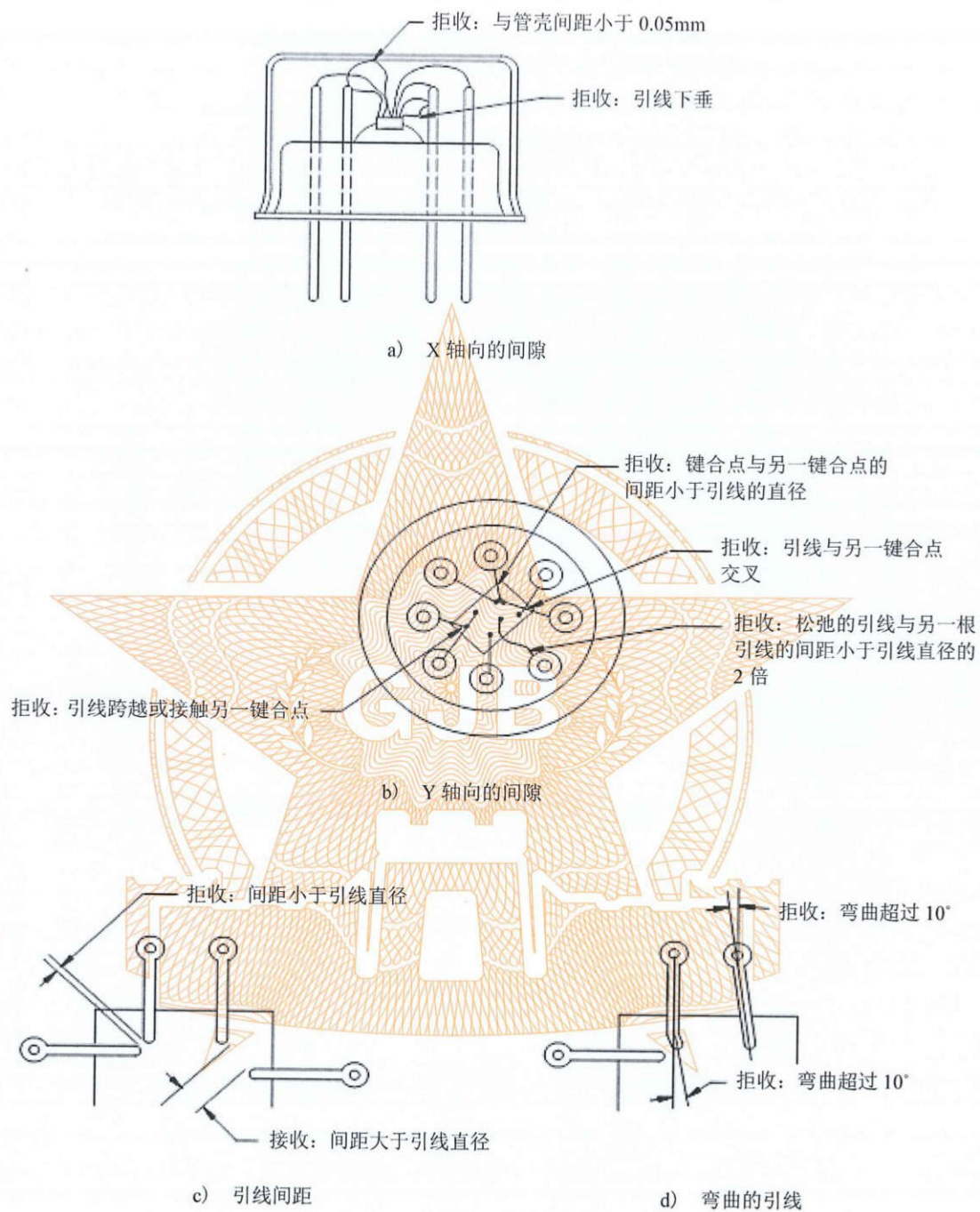


图 3 圆形或“盒式”晶体管中的间隙

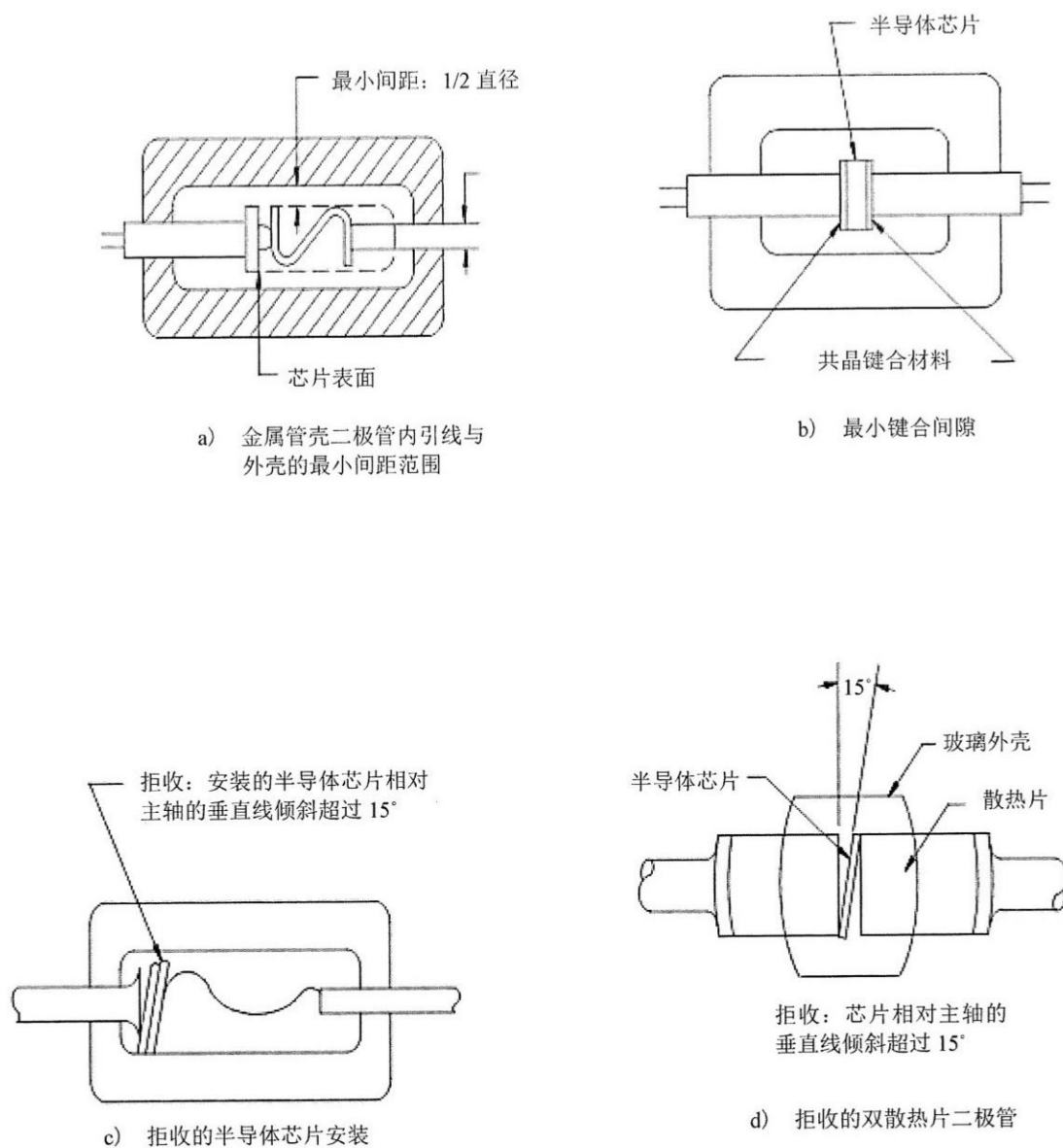


图 4 同轴引线器件中的间隙

方法 2077 金属化扫描电子显微镜 (SEM) 检查

1 目的

本方法提供了一种判断半导体芯片上金属化的质量和可接收性的手段,并列出了本方法特别适合识别的那些在批量生产中形成的特定类型缺陷。因此,本方法不应用于那些能用方法 2072 很好识别的由操作引起的以及其他形式的缺陷。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

本方法所用的扫描电子显微镜 (SEM) 的最高分辨率至少应为 $0.01\mu\text{m}$,最大放大倍数可达 20 000 倍。设备应能使样品倾斜,使观察角(见图 1)不小于 60° ,并能旋转 360° 。合格 SEM 操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或适用时由鉴定机构指定的代表认可。

3 程序

3.1 样品选取

3.1.1 通则

选用适当的抽样方案是本试验内容的一部分。采用随机抽样的统计方法在这里是不实际的,因为这要求大量的样品。本试验规定对金属化淀积室中晶圆夹架上规定位置的晶圆进行检验,并检验该片上规定位置的管芯,这样可在保证整个试验置信度的同时使试验样品数最少。被检验的管芯位于金属化图形典型情况或最坏情况位置。选作 SEM 检验的管芯不应很靠近晶圆的边缘,管芯应没有受到污染,因为这会掩盖受检的工艺缺陷。金属化的接收应基于对抽样管芯的检查来确定单个晶圆的接收与否或一个晶圆批的接收与否。晶圆批是指同时经历了那些决定晶圆上氧化层台阶坡度和厚度的工艺以及金属化工艺的一组晶圆。

3.1.2 抽样条件 A: 非玻璃钝化器件

3.1.2.1 通则

本抽样条件适用于金属化层上没有玻璃钝化的器件。当检查是确定一个晶圆批的接收与否时,应采用步骤 1 和步骤 2(见 3.1.2.2 和 3.1.2.3)。当检查是确定单个晶圆的接收与否时,仅采用步骤 2。

3.1.2.2 步骤 1: 选择晶圆

对要确定晶圆批是否接收的每一批,从金属化淀积室内晶圆夹架的指定位置上挑选晶圆,按照 3.1.1 中“批”的定义,如果金属化淀积室内有多个晶圆批,那么应将每个晶圆批大致地分在晶圆夹架上独立的象限内,从确定晶圆批的接收与否的每批晶圆中分别选出一组晶圆。表 1 和图 2 规定了所选晶圆的数目和位置,应按步骤 2(见 3.1.2.3)规定的对单个晶圆的抽样方案从选定的晶圆上挑选管芯。

3.1.2.3 步骤 2: 选择管芯

3.1.2.3.1 通则

当评定晶圆(对确定单个晶圆接收与否的单个晶圆或为确定晶圆批接收与否而选定的一个或多个晶圆)时,承制方可选用以下抽样条件中的任何一个。

3.1.2.3.2 抽样条件 A₁: 象限抽样

在将晶圆划成管芯(例如,划片和裂片、锯片、腐蚀等)后且在晶圆上各个管芯的相对位置还可辨认时,应立即选取四个管芯。这些管芯应靠近晶圆的周边,彼此近似相距 90° (见图 2)。

3.1.2.3.3 抽样条件 A₂: 弓形抽样

在完成所有工艺后,将晶圆划成管芯之前,应从待检查的每个晶圆上相对的两边切下两个弓形,这些弓形的弦应位于沿着半径方向距晶圆边缘近似 $1/3$ 半径的位置。然后在每个弓形弦的两端,各取一个

管芯(共四个管芯)作 SEM 检查。

3.1.3 抽样条件 B: 玻璃钝化器件

3.1.3.1 通则

当检查是确定一个晶圆批的接收与否时,应按步骤 1 和步骤 2。当检查是确定单个晶圆的接收与否时,仅采用步骤 2。

表 1 晶圆抽样程序

金属化层淀积室结构	淀积室中 晶圆批数 ^a	每个晶圆批需要 的样品数		每个晶圆批的抽样方案
		蒸发	溅射	
晶圆夹架的平面投影是个圆,夹架是静止的或“摆动”的。	1	5	2	从接近晶圆夹架边缘并相距 90°位置取出四个,从夹架的中心抽取一个,见图 2 a)。
	2	3、4 或 5	2	见图 2 b)或图 2 c)。
	3	3 或 4	2	见图 2 d)。
	4	3	2	见图 2 e)。
晶圆夹架是对称的(即圆形、方形等)。淀积源在晶圆夹架之上或之下,淀积期间晶圆夹架绕其中心旋转。	1、2、3 或 4	2	2	对每批晶圆,从晶圆夹架的边缘取出一个,从接近旋转中心处取出一个,见图 2 f)。
行星式系统。在共同绕淀积室中心旋转的同时,一个或几个对称的晶圆夹架(行星)也围绕各自的轴旋转,淀积源在晶圆夹架之上或之下。	每个行星有 1、2、3 或 4	2	2	对每批晶圆,从接近行星边缘处取出一个,从同一行星接近中心处再取出一个 ^b ,见图 2 f)。
^a 如果在金属化淀积室内有多个晶圆批,则每个晶圆批在夹架内应可近似形成一个独立扇形区域。该区域是圆形晶圆夹架中由两条半径和与它们相对的弧组成的那一部分。图 2 表示了 1/4 圆和半圆两个例子。如果晶圆夹架只有一个圈,或者对多圈的晶圆夹架中只用一圈,应从该圈中选取规定的取样晶圆总数。 ^b 如果淀积室中所有晶圆批都位于同一个行星中,只需从该行星中选择样品晶圆。否则,还应从其他行星的晶圆批中选择样品晶圆。				

3.1.3.2 步骤 1: 选择晶圆

对确定晶圆批接收与否的每一批,从金属化淀积室内晶圆夹架的指定位置上挑选晶圆,按照 3.1.1 中“批”的定义,如果金属化淀积室内有多个晶圆批,那么应将每个晶圆批大致地分在晶圆夹架上独立的象限内,从确定晶圆批的接收与否的每批晶圆中分别选出一组晶圆。表 1 和图 2 规定了所选晶圆的数目和位置,应按步骤 2(见 3.1.3.3)规定的对单个晶圆的抽样方案从选定的晶圆上挑选管芯。

3.1.3.3 步骤 2: 选择管芯

3.1.3.3.1 通则

当评定晶圆(对确定单个晶圆接收与否的单个晶圆或为确定晶圆批接收与否而选定的一个或多个晶圆)时,承制方可选用以下抽样条件中的任何一个。

3.1.3.3.2 抽样条件 B₁: 象限抽样

此抽样条件适用于玻璃钝化的器件。在将晶圆划成管芯(例如,划片和裂片、锯片、腐蚀等)后且在晶圆上各个管芯的相对位置还可辨认时,应立即选取四个管芯。这些管芯应靠近晶圆的周边,彼此近似相距 90°。然后,采用适当的腐蚀方法,把玻璃钝化层从管芯上除去。建议所用的腐蚀液对玻璃钝化层的腐蚀速率比对金属化层快 200 倍左右。在腐蚀玻璃钝化层时,采用亮场金相显微镜定时地检查管芯,以确定何时把玻璃钝化层全部去掉,并且减小金属化层被腐蚀的可能性。

3.1.3.3.3 抽样条件 B₂: 玻璃钝化前的弓形抽样

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,玻璃钝化前)应从待检查的每个晶圆上相对的两边切下两块弓形,这些弓形的弦应位于沿着半径方向距晶圆边缘近似 $1/3$ 半径的位置。然后在每个弓形弦的两端,各取一个管芯(共四个管芯)作 SEM 检查。

3.1.3.3.4 抽样条件 B₃: 玻璃钝化后的弓形抽样

在微合金和玻璃钝化后应从待检查的每个晶圆上相对的两边切下两块弓形,这些弓形的弦应位于沿着半径方向距晶圆边缘近似 $1/3$ 半径的位置。然后,用适当的腐蚀液(腐蚀速率见 3.1.3.3.2 的规定)除去弓形部分的玻璃钝化层,应采用亮场金相显微镜定时检验弓形,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。从每个弓形弦的两端,各取一个管芯(共四个管芯)作 SEM 检查。

3.2 SEM 检查期间的批量控制

3.2.1 总则

在选择作了 SEM 检查的管芯后,承制方有两种方案可供选择:方案 1(见 3.2.2)和方案 2(见 3.2.3)。

3.2.2 方案 1

承制方对生产批可以继续正常的工艺流程,但这将要承担风险,即如果 SEM 检查发现金属化层中有缺陷,则器件会被剔除和拒收。如果采用这种选择,承制方应有充分的可追溯文件来证明它已对被加工材料实施了有效控制和剔除。

3.2.3 方案 2

在继续其工艺流程之前,承制方可把管芯或晶圆贮存在适当的环境中,直到 SEM 检查完成并得到了可继续其工艺流程的批准。

3.3 样品制备

检查时样品应采用适当的方式进行固定,使用导电胶、粘合剂等材料固定样品时应小心,不能影响待检查样品的特征。如果能得到所需的分辨率,样品检查时可以不加任何涂层以简化 SEM 检查,或者采用汽相淀积或溅射方式形成合适的导电材料薄层。样品涂覆时应注意涂层厚度及质量,避免引入外来物。

3.4 样品检验的一般要求

3.4.1 通则

每个管芯的每种类型接触窗口台阶和每种其他类型氧化层台阶四个方向边的金属化层都应检查(见表 2)。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)。如果金属化层覆盖了整个窗口(或其他氧化层台阶),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,就可以只检查一个窗口(或其他类型的氧化层台阶)。还应检查该管芯上的其他类型窗口(或其他类型的氧化层台阶),以满足每个管芯的每种类型窗口(或其他类型的氧化层台阶)的四个方向边都应检查的要求。SEM 对诸如剥离、空洞等一般的金属化缺陷提供了最好的检查方法。

表 2 样品检查步骤

器件类型	检查区域	检查数	放大倍数范围 倍	拍照内容 ^a
延伸电极双极型和功率场效应晶体管 (见 3.5.1 和 3.5.2)	氧化层台阶(接触窗口和其他类型的氧化层台阶) ^b	全部	4000~20000	氧化层台阶中的两个最坏情况
	一般金属化层 ^c	全部	1000~6000	一般金属化层中的最坏情况
对多层金属化互连系统,见 3.5.3 和 3.7.4。窗口覆盖情况也应检查。				
^a 见 3.8(可能需要补充一张照片)。				
^b 扫描检查应包括所有氧化层台阶的四个方向边(文件只需要给出最坏情况)。氧化层台阶包括接触窗口(发射极、基极、集电极、漏极、源极、扩散电阻)和其他类型的氧化层台阶(发射极、基极和集电极扩散窗口,场氧化台阶)。接收/拒收判据见 3.7.2。				
^c 接收/拒收判据见 3.7。				

3.4.2 观察角度

应在能精确评价金属化层质量的某个合适角度观察样品。通常在 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 或更大的角度上 (见图 1) 观察接触窗口。

3.4.3 观察方向

应在能精确评价金属化层质量的合适方向上观察样品。本检查应包括接触窗口和其他类型氧化层台阶 (见 3.4) 边缘处的金属化层, 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, 观察方向可以与某一边垂直、平行或成一斜角。

3.4.4 放大倍数

检查氧化层台阶所用的放大倍数应为 4 000 倍 $\sim$ 20 000 倍。检查诸如剥皮和空洞 (见表 2) 之类的一般金属化缺陷, 放大倍数应为 1 000 倍 $\sim$ 6 000 倍。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 延伸电极双极型器件

3.5.1.1 通则

检查应按下述规定和表 2 中的说明。

3.5.1.2 氧化层台阶

在全部氧化层台阶处 (见表 2) 检查金属化层并按 3.8 的要求形成文件。

3.5.1.3 一般金属化

检验每个管芯上全部的一般金属化缺陷, 如剥皮和空洞。按 3.8 的要求形成文件。

3.5.2 功率场效应晶体管

3.5.2.1 通则

检验应按下述规定和表 2 中的说明。

3.5.2.2 氧化层台阶

在全部氧化层台阶处 (见表 2) 检查金属化层并按 3.8 的要求形成文件。

对叉指或网眼结构的射频或功率晶体管, 应至少检查每个图形中每对源极一栅极条。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。按 3.8 的要求形成文件。

3.5.2.3 一般金属化

检查每个管芯上一一般金属化层缺陷, 如剥皮和空洞。按 3.8 的要求形成文件。

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或任何其他用作内互连的材料。应检验每层金属。对载流层应作 SEM 检查, 其他层 (如阻挡层或附着层) 则可由承制方决定采用 SEM 还是采用光学显微镜检查。多层金属化系统的合格判据按 3.7.4 的规定。为了对每一层进行检查, 应选择适用的腐蚀液将玻璃钝化层 (如果有的话) 和每一金属层逐层剥除。如果只剥除一个管芯上的金属是不可能的, 应同时对最靠近该管芯的一个或几个管芯进行腐蚀, 使得每一层暴露出来进行检查。样品检查应按 3.5 的规定。

3.6 接收要求

3.6.1 确定单个晶圆批接收与否

只有当一个晶圆上抽取的所有管芯都是可接收时, 才能判定该晶圆上的金属化层是可以接收的。

3.6.2 确定晶圆批接收与否

只有当所有抽样晶圆上抽取的全部管芯都是可接收时, 才能判定该晶圆批是可以接收的。如果按本条要求检查结果为批拒收, 承制方可对该批晶圆再逐片检查, 然后应按 3.6.1 判定单个晶圆的接收与否。

3.7 接收/拒收判据

3.7.1 通则

拒收管芯应基于与批生产工艺有关的缺陷, 而不应基于操作质量和其他缺陷, 如刻伤、金属层涂污、工具压痕等。当由于存在这些缺陷而将要检查的细节特征掩盖起来时, 应在被检查管芯的附近选择另外

的管芯继续检查。典型缺陷在图 4~图 20 中给出。

3.7.2 氧化层台阶

3.7.2.1 通则

应检查每一类型的氧化层台阶(接触窗口或其他类型的氧化层台阶)四个方向边上所有的金属化层(见 3.4.3),如果金属化层变薄和有如下的一个或几个缺陷:空洞、剥离、凹槽、裂纹、凹陷或隧道,使得在方向边上金属条横截面的面积小于 50%,应为不接收。对可接收的金属化层来说,虽小于 50%,但四个方向边覆盖了金属化层(见 3.4.3),则应接收(3.7.2.2 和 3.7.2.3 描述的情况除外)。

3.7.2.2 无金属化层的氧化层台阶

若不能找到某一特定类型氧化层台阶处方向边上的金属化层剖面分布(见 3.4.3),因而不能评价其金属化层剖面分布的质量时,如果出现以下情况,则不应拒收。

- a) 已确定缺少金属化层的方向边剖面并不在载流方向上,这可通过扫描该管芯其余部分所有这种类型的氧化层台阶,或者查看承制方提供的表示金属化互连关系的拓扑图来确认;
- b) 检查备份样片,这些备份片在晶圆夹架中是邻近原来的样片,并且在金属化时与原来的样片相差约 180°。

如果同时满足 a)、b) 两个条件,则可用于决定晶圆批的接收与否。如果仅满足条件 a),则只能用于决定单个晶圆的接收与否。

3.7.2.3 金属化面积少于 50%的氧化层台阶

若方向边剖面金属化面积少于规定的百分比(见图 3),如果出现以下情况,则不应拒收。

- a) 已确定缺少金属化层的方向边剖面并不在载流方向上,这可通过扫描该管芯其余部分所有这种类型的氧化层台阶,或者查看承制方提供的表示金属化互连关系的拓扑图来确认;
- b) 只是确定单个晶圆的接收与否;
- c) 对功率场效应晶体管,当出现金属化面积不少于 20%,并且计算的最大电流密度不超过表 3 中相应导电材料的规定值。

表 3 导电材料

导电材料	允许的最大连续电流密度(脉冲应用时为均方根值) A/cm ²
铝(纯度 99.99%或掺杂的),无玻璃钝化	2×10^5
铝(纯度 99.99%或掺杂的),有玻璃钝化	5×10^5
金	6×10^5
所有其他金属(除另有规定外)	2×10^5

3.7.3 一般金属化

本方法中一般金属化是指除氧化层台阶以外的所有区域上的金属层,还应包括实际接触窗口区上的金属层(条)。金属化层出现任何张开或翘起(未附着)的情况为不可接收。任何缺陷(如空洞)使金属化条的横截面积小于 50%,为不可接收。

3.7.4 多层金属化互连系统

3.7.4.1 通则

与单层金属化系统相比较,多层系统也许更易存在底部缺损,因而除其他类型缺陷外,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查要求和定义。

3.7.4.2 氧化层台阶

3.7.4.2.1 通则

3.7.2 的判据应适用于主导电金属层和阻挡层。如果由于设计的缘故,阻挡层没有伸延覆盖氧化层台阶,则 3.7.2 不适用于阻挡层。

3.7.4.2.2 作为非导体的阻挡层或附着层

若设计中由阻挡层或附着层的传导的电流不到总电流的 10%，则此层只是作为阻挡层或附着层。因此，这种阻挡层或附着层不参与电流密度的计算，也不必满足台阶覆盖的要求。只要求阻挡层或附着层能覆盖住按设计需要起阻挡或附着作用的区域，承制方应提供实现这些作用的证据。在估算金属化台阶覆盖百分率时，不应把阻挡层或附着层的厚度计入主导电层的厚度中。因此，主导电层本身应满足金属化台阶覆盖的百分比。

3.7.4.3 一般金属化

3.7.3 的判据仅适用于主导电金属层。对其他金属化层（非主要导电层，如阻挡层、附着层）的检查由承制方决定，可用 SEM 检查或用光学显微镜检查。下面考虑一般金属化的两种特殊情况。在检查其他金属层互连金属条（即除接触窗口区外）的特定情况时，只要缺陷长度不大于金属条的宽度，即使缺陷使金属条的横截面积 100% 受损还应视为可接收（见图 20）。对于接触窗口区金属化层的特定情况，接触窗口面积的 70% 以上应被主要金属层及下面的金属层覆盖；对接触窗口区中主要导电层上面的金属层而言，只要缺陷长度不大于金属条宽度，即使缺陷使金属化条的横截面积 100% 受损还应视为可接收。在检查多层金属化系统接触窗口区金属化层时的特定情况时，对每种接触窗口，至少应检查其中的一个。

3.8 样品文件要求

3.8.1 通则

在检查每个晶圆的管芯后，每批应至少拍摄三张照片并保存，其中两张照片应是反映氧化层台阶的最坏情况，第三张照片应是关于反映一般金属化层中的最坏情况。如果任一张照片上在所观察的范围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 2）。

3.8.2 要求的资料

每张照片应给出下述信息：

- a) 承制方的批识别号；
- b) SEM 操作者或检查者识别号；
- c) SEM 照片日期；
- d) 承制方；
- e) 器件/电路识别（型号或器件号）；
- f) 照片范围；
- g) 放大倍数；
- h) 电子束加速电压；
- i) 观察角。

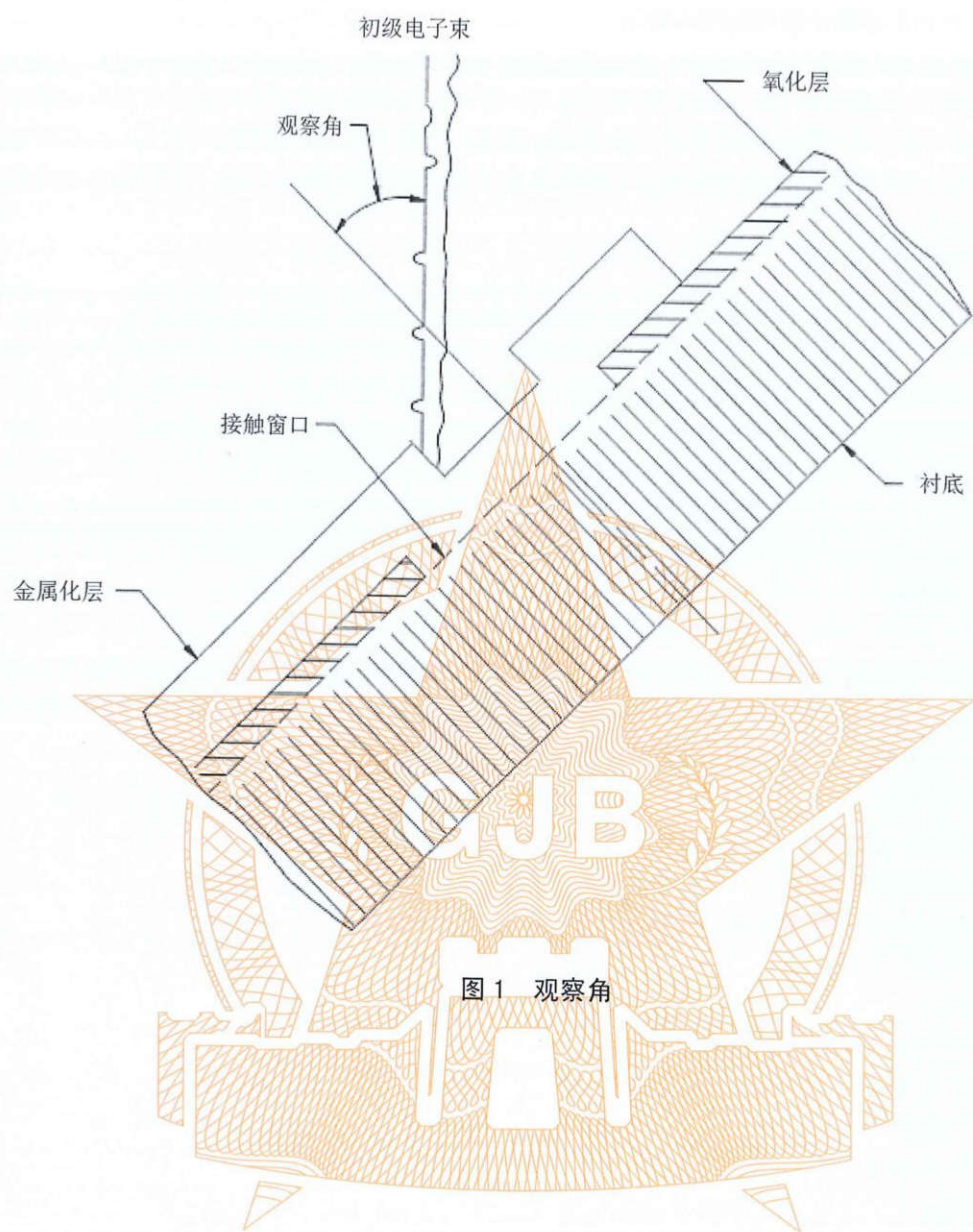
3.9 样品的控制

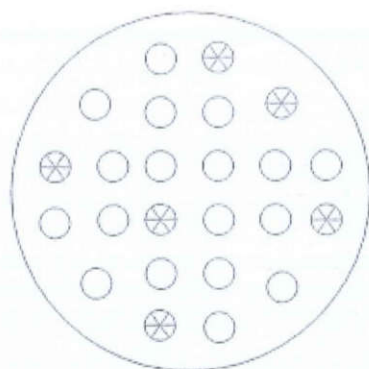
SEM 样品不能作为功能器件以任何方式交收。

4 说明

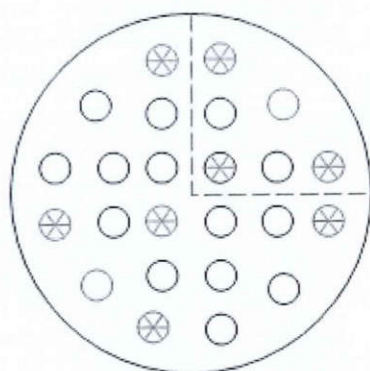
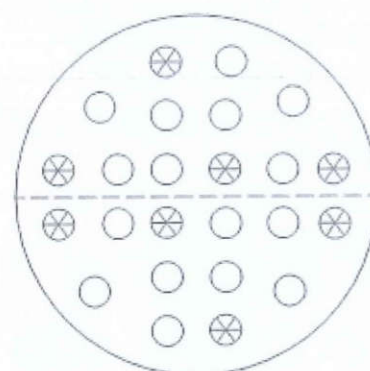
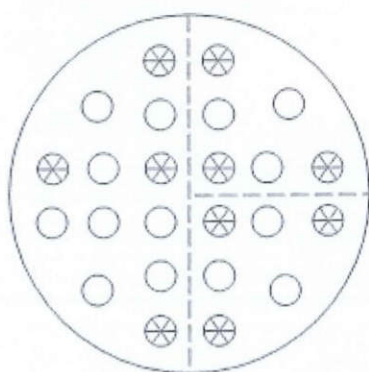
有关的文件应规定以下内容：

- a) 当采购单位有要求时，单个晶圆接收与否的方法；
- b) 对照片的要求（数量和种类），若不同于 3.8 的规定。

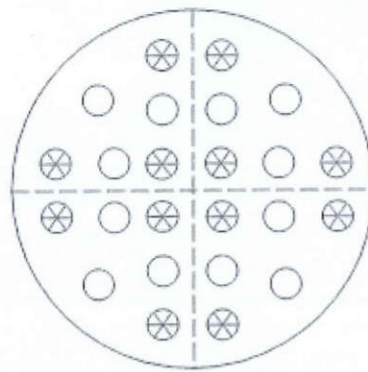




a) 一个扩散批

b) 两个扩散批
其中一批数量较多c) 两个扩散批
两批数量相近

d) 三个扩散批



e) 四个扩散批

图2 晶圆抽样程序

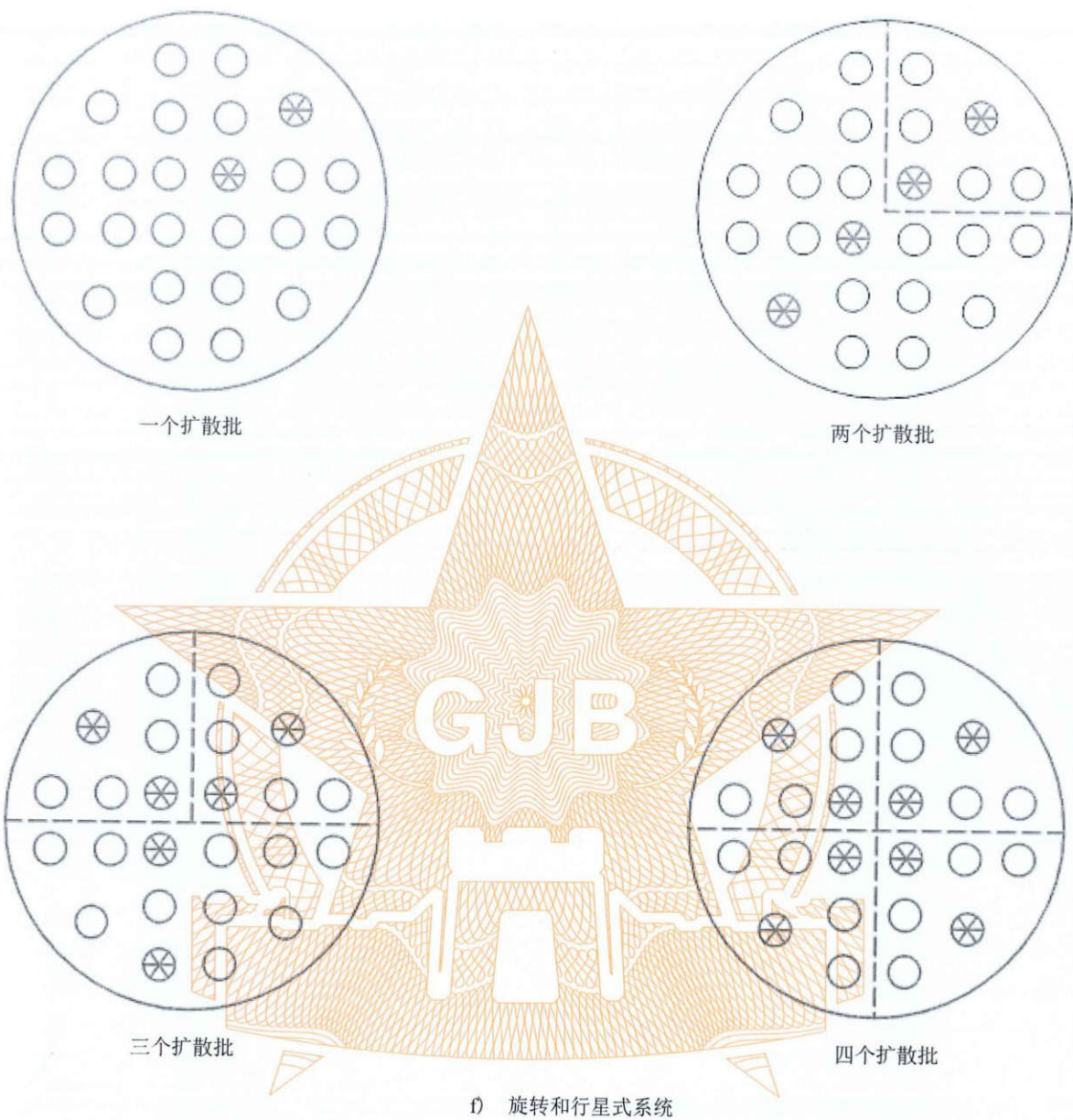
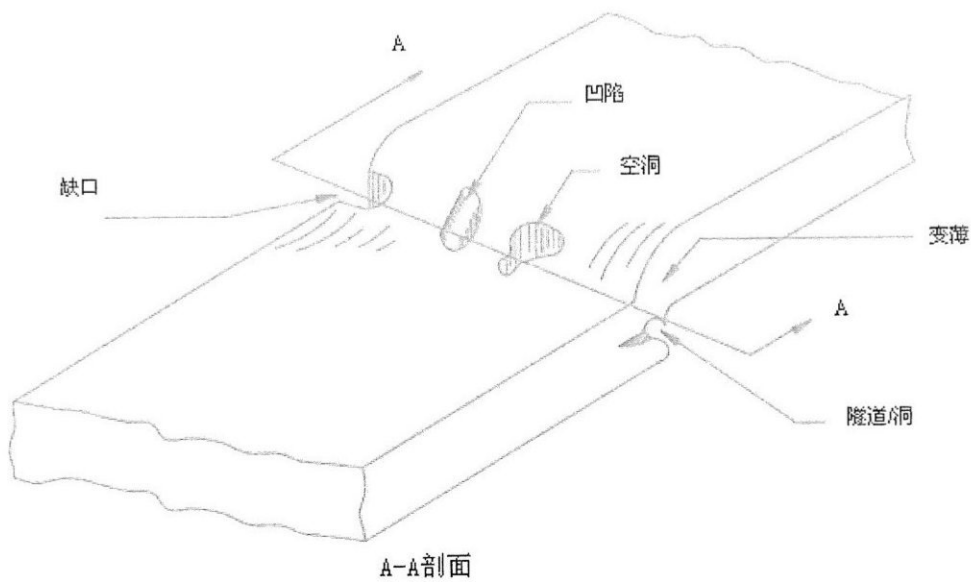
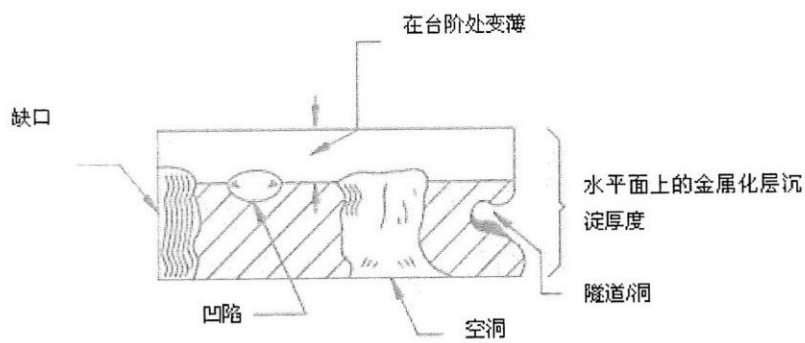


图 2 (续)



a) 氧化层台阶处金属化层的截面(放大)



b) 氧化层台阶处金属化层变薄(剖面)

在台阶处，缺陷和变薄的综合作用使金属化层横截面积小于水平表面上淀积的金属化层横截面积的 50%，应拒收。

图 3 作为接收/拒收判据的金属化层横截面积变小的情况

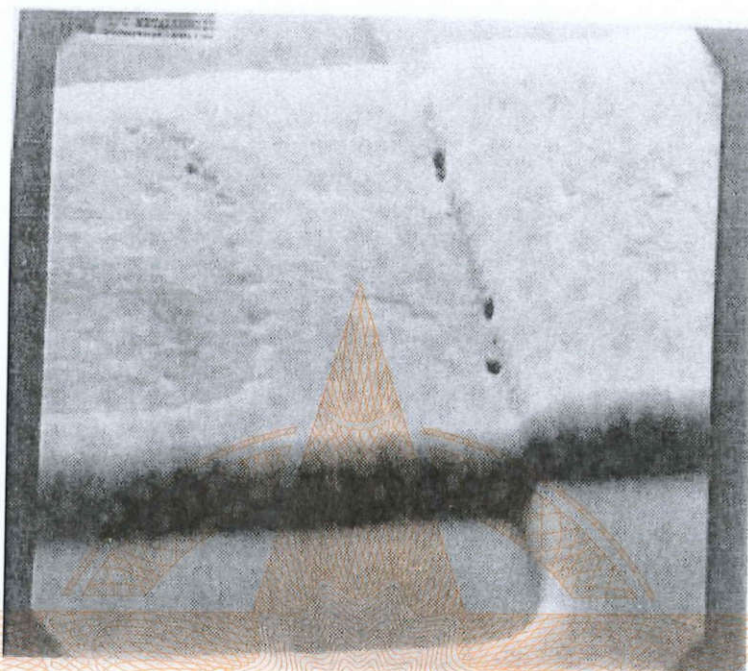


图 4 (3400X) 接近氧化层台阶处的空洞(接收)

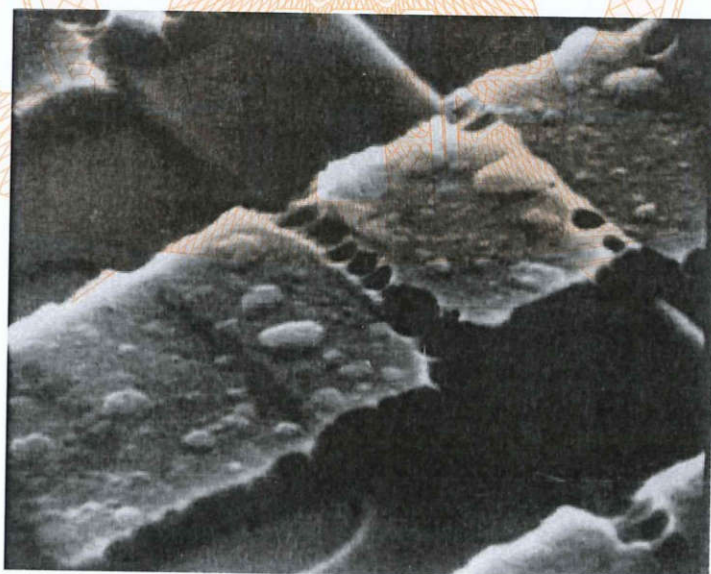
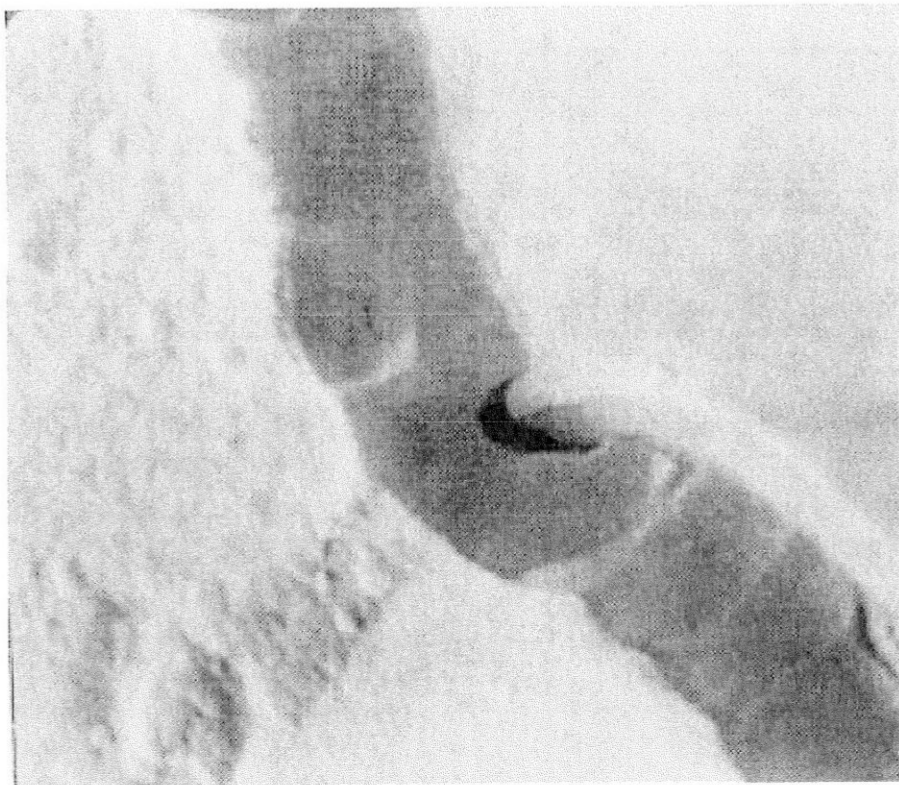


图 5 (3300X) 氧化层台阶处的空洞(拒收)



隧道未使横截面积减少 50%以上。

图 6 (10000X) 氧化层台阶处的隧道/洞(接收)

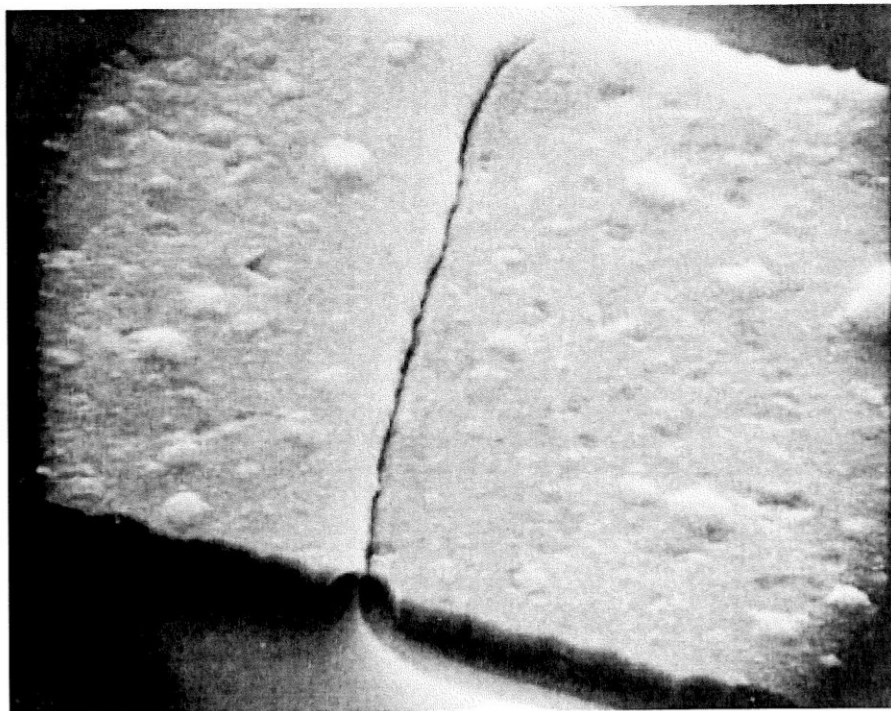


图 7 (5000X) 氧化层台阶处的隧道/洞(拒收)

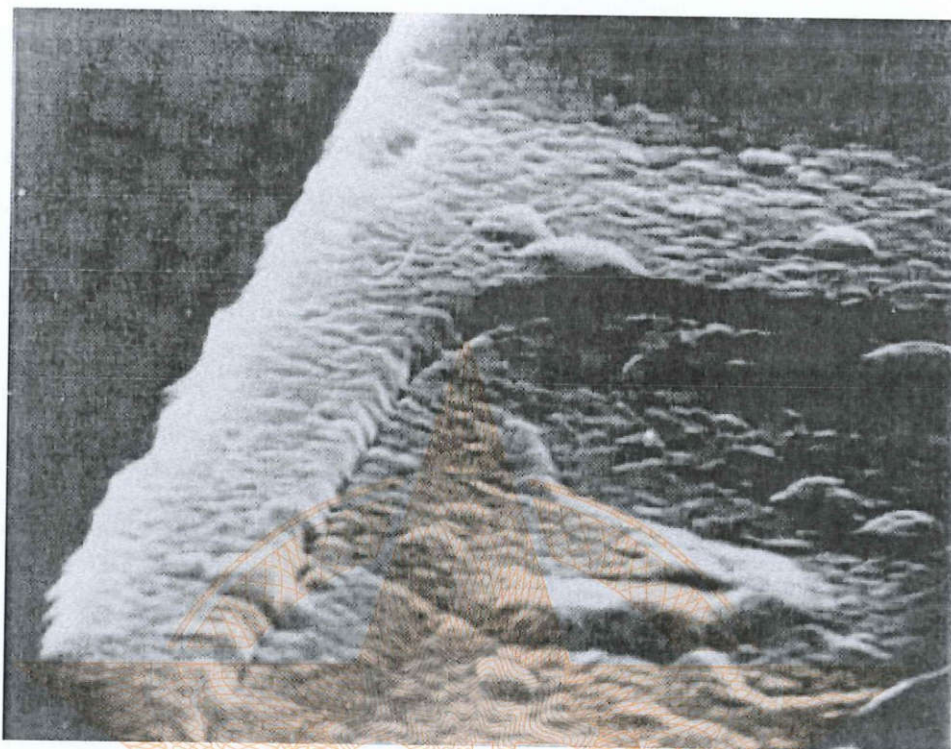


图 8 (10000X) 氧化层台阶处金属化层的分离(基极接触)(接收)



图 9 (7000X) 在接触台阶处金属化层的分离(拒收)

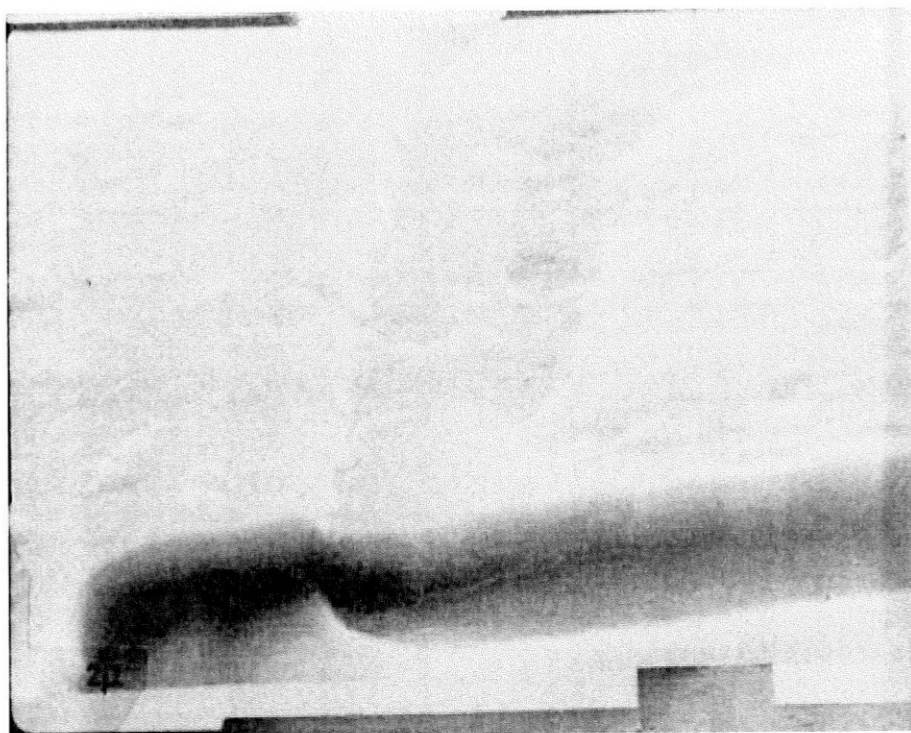


图 10 (20000X) 氧化层台阶处类似裂纹的缺陷 (接收)

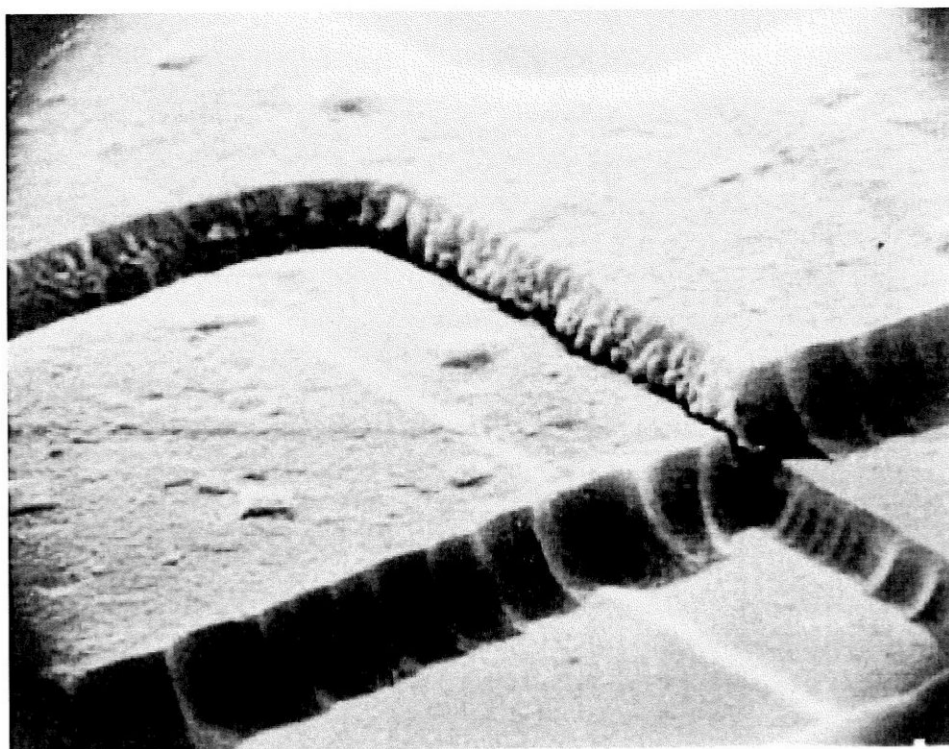


图 11 (7000X) 氧化层台阶处类似裂纹的缺陷 (拒收)

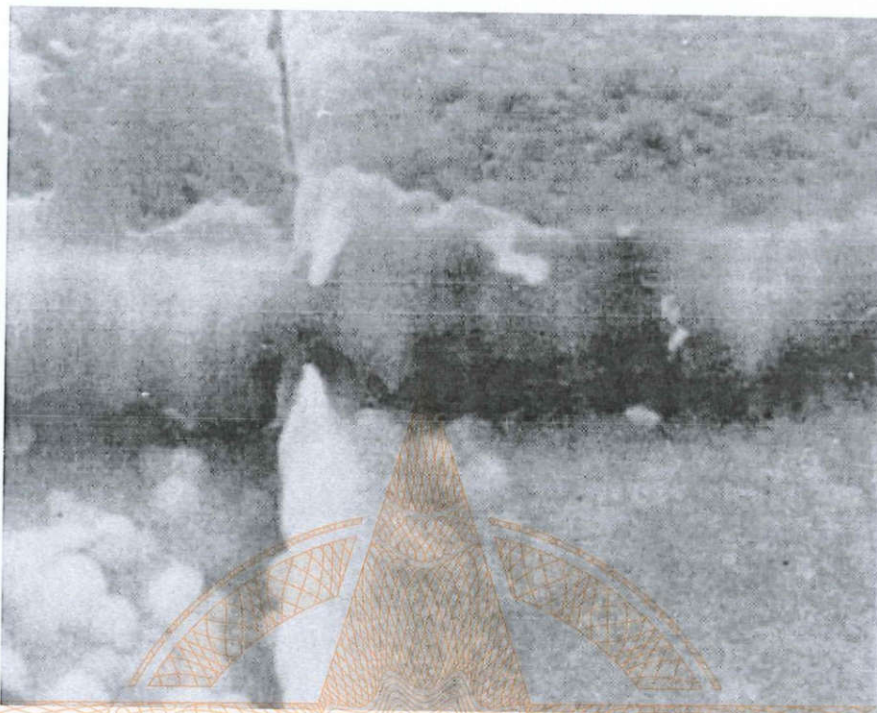


图 12 (7200X)氧化层台阶处金属化层变薄, 但台阶处金属化层横截面积仍大于 50%(多层金属) (接收)



图 13 (7200X)氧化层台阶处金属化层变薄使台阶处金属化层横截面积小于 50%(多层金属) (拒收)

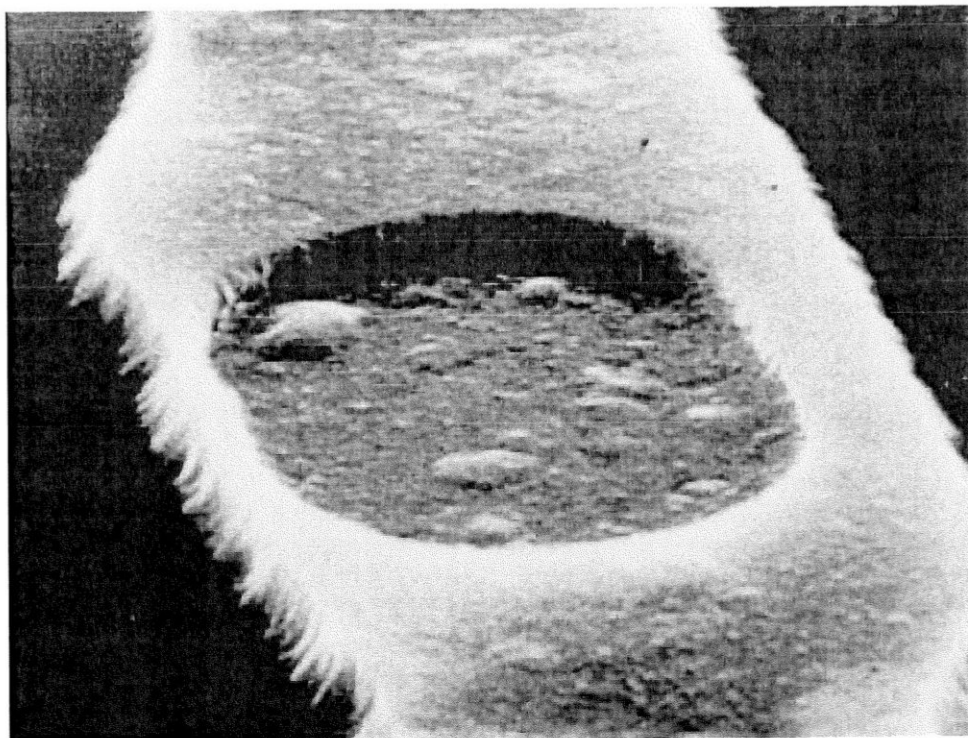


图 14 (6000X) 陡峭的氧化层台阶 (MOS) (接收)

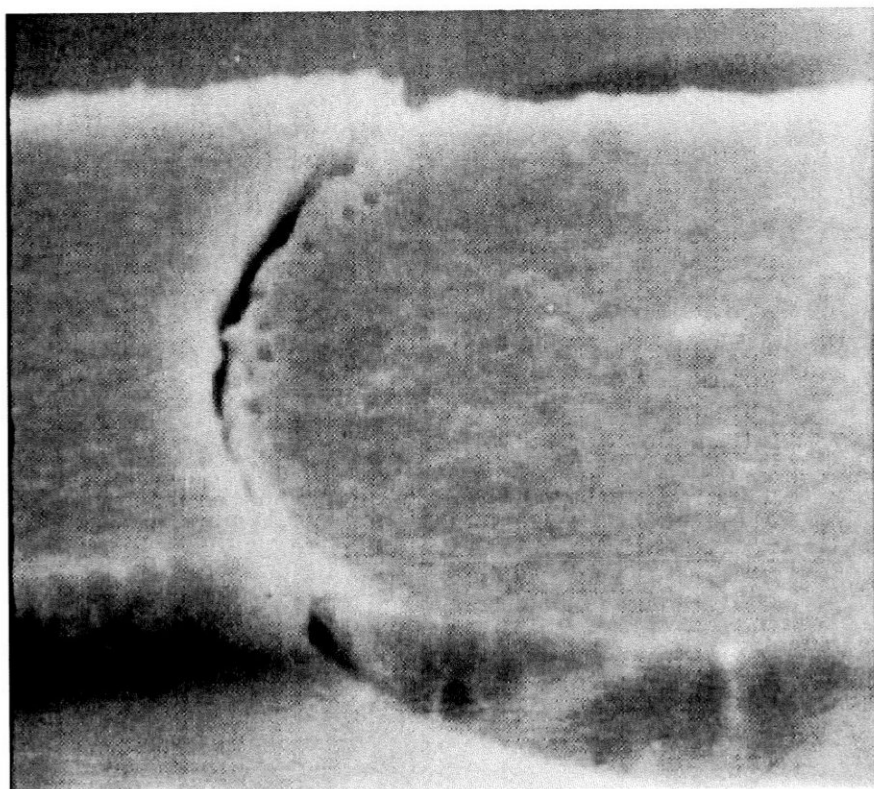


图 15 (9500X) 陡峭的氧化层台阶 (MOS) (拒收)



图 16 (5000X) 在接触窗口区一般金属化层的剥离或翘起(拒收)

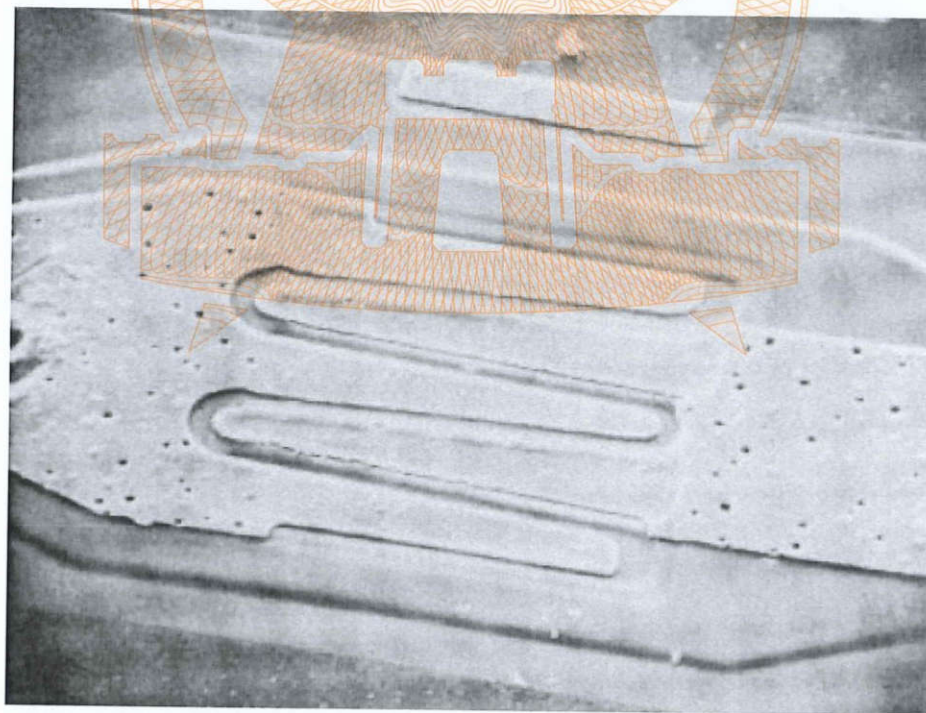


图 17 (10000X) 一般金属化层空洞(接收)

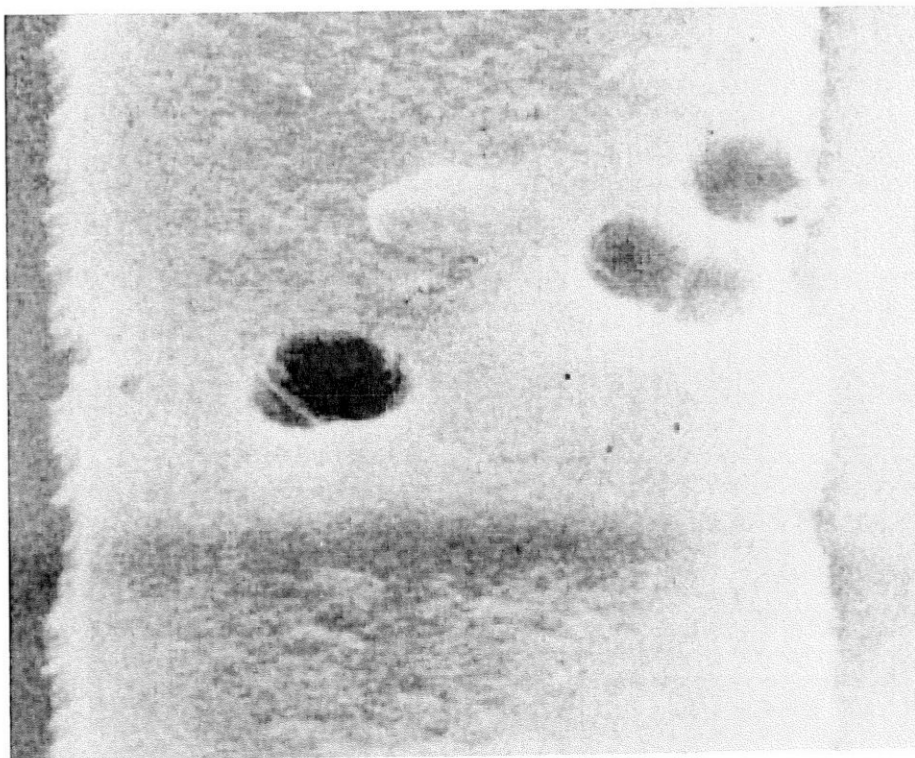


图 18 (5000X) 一般金属化层空洞(拒收)

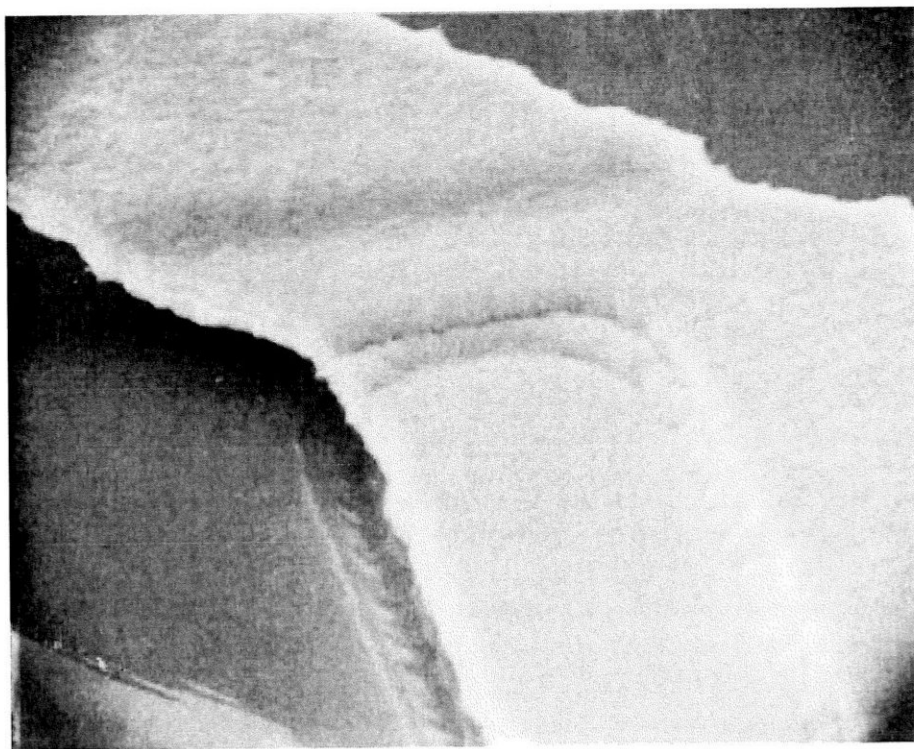


图 19 (5000X) 氧化层台阶处的过腐蚀/底部缺损型的凹槽
(多层金属化系统)(接收)

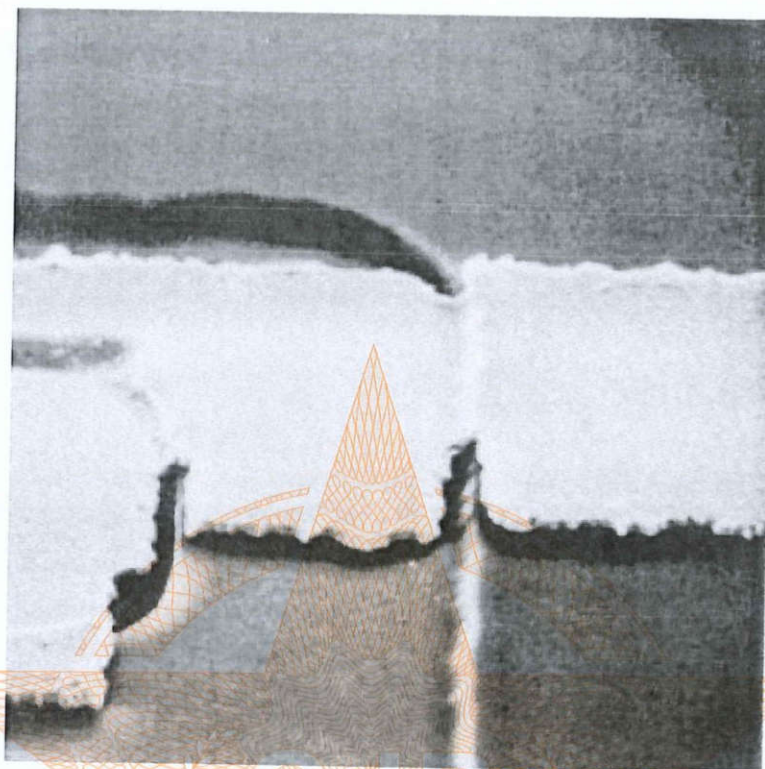


图 20 (5000X)氧化层台阶处阻挡层或附着层的过腐蚀/底部缺损型的凹槽(多层金属化系统)(接收)



方法 2081 正向不稳定性冲击 (FIST)

1 目的

本方法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

设备应能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速度的 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。器件在两个垂直面上各承受加速度最少 $9\,800\text{m/s}^2$ 、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、位移或任何动态的不稳定均认为被试器件不合格。

5 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 加速度及脉冲持续时间, 如不同于第 3 章的规定;
- b) 冲击方向及次数, 如不同于第 3 章的规定;
- c) 加电条件(见第 3 章)。

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 $50\text{Hz} \pm 3\text{Hz}$, 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撑点的加速度相同。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。

当不要求加速度与支撑点的加速度相同时, 应按公式 (1) 计算加速度:

$$g = 0.002 f^2 DA \dots\dots\dots (1)$$

式中,

f —— 频率, Hz ;

DA —— 双振幅值, mm 。

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, 均认为被试器件不合格。

5 说明

有关的文件中应规定以下内容:

- a) 频率范围及时间, 如不同于第 3 章的规定;
- b) 加速度, 如不同于第 3 章的规定;
- c) 振动方向平面, 如不同于第 3 章的规定;
- d) 电压及引线条件。

方法 2101 二极管的破坏性物理分析(DPA)程序

1 目的

本方法描述一般二极管的破坏性物理分析(DPA)详细程序和评估指南。本方法可确定二极管是否符合规定的结构要求,以及评估二极管的工艺、加工和材料是否符合要求。

2 范围

本方法适用于冶金键合二极管和灌封二极管组件的破坏性物理分析。

3 抽样

应在详细规范或采购合同中规定抽样方案。如在采购规范中无其他规定,破坏性分析应完全符合详细规范中的电性能要求和机械要求。

4 程序

4.1 通则

应按合同所规定的所有程序(适用于器件结构)对样品进行 DPA。如有一个器件不满足本方法规定的要求,或发现存在直接影响可靠性的批次性缺陷,则应按合同的规定对该批进行处理。对于某一质量保证等级,器件在附加的或比详细规范规定的更为严酷的试验或检验中发现的偶然缺陷,应在相应报告中列出,但不能认为该批不符合规定。程序要求见表 1。

表 1 程序

试验项目	本方法的条款
电测试(按详细规范 A2 分组进行)	4.4
电测试(按详细规范 A3、A4 分组及设计额定值进行)	4.5
外部目检	4.6
X 射线检查	4.7
密封	4.8
密封(对于聚合物密封器件,如包含气密封装二极管的桥堆,密封试验应在去除密封剂后进行)	4.9 和 5.4
PIND	4.10
内部气体分析	4.11
内部目检(透明二极管)	4.12
轴向引线抗拉试验	4.13
耐溶剂	4.14
可焊性	4.15
引出端强度	4.16
开帽分析	5
根据最终使用要求和器件结构,可进行裁减,本表中要求的试验应在合同中规定。	

4.2 一般要求

DPA 情况应全部记录在报告中, 包含下述内容:

- a) 器件识别码(PIN)和质量保证等级;
- b) 器件承制厂;
- c) 批日期代码;
- d) 订货单(如适用并可获得);
- e) 每项试验的样品数;
- f) 各项试验结果;
- g) 每项试验分析人的签署或盖章;
- h) DPA 所代表的发货数量;
- i) X 射线照片, 每个需要的图像一张照片;
- j) PIND 样品数和结果;
- k) 照片, 包括没有外引线的一个完整器件的一张照片;
- l) 一份电测试数据;
- m) 一份所有外形尺寸数据;
- n) 本标准方法号(适用时);
- o) 作了破坏性试验样品应随批保留。

4.3 试验

本方法规定的试验应由承制单位、用户或合格实验室来承担。

4.4 电学测试和力学试验

电学测试和力学试验要求如下:

- a) 在 DPA 前应进行 A2 分组的室温直流电测试以确定样品电性能是否合格。应记录和保存变量数据作为批记录的一部分。
- b) 当有要求时, 应测量并记录外形图中规定的封装尺寸。如符合 4.3 的要求并且已取得用户同意, 来料或原材料检验的变量数据可用来满足本方法的某些要求。

4.5 可选择的电测试

可选择进行如 A3 分组高、低温电参数测试及 A4 分组的动态特性测试。可进行详细规范中规定的另外的设计能力试验, 如浪涌电流、瞬态热阻和温度系数等。这些内容都应该在订货合同中规定。

4.6 外部目检

外部目检应按方法 2071 进行。对器件的所有检查都应该记录。如发现 BeO 标识, 应和生产方联系确定替代的开帽方法。

4.7 X 射线检查

X 射线检查应按方法 2076 进行。

4.8 密封检查

应按方法 1071 规定进行粗检漏和细检漏。对双插头结构二极管可不要求进行细检漏, 适用时, 对双插头结构采用粗检漏条件 E, 对双插头不透明玻璃结构应采用方法 2068。玻璃器件在作密封试验前应先去油漆。

4.9 聚合物包封器件的密封检查

对聚合物包封器件, 如包含气密性二极管的桥式结构器件, 应在除去包封材料后, 对二极管进行密封检查(见 5.5)。

4.10 PIND 试验

PIND 试验应对有空腔的器件进行, 按方法 2052 条件 A。

4.11 内部水汽分析

如果在开帽后(见 5.4)发现了在腔体内存在腐蚀物或可能引起腐蚀的元素如氯盐、钾盐等,应对未开帽的器件进行内部水汽分析,试验应选择允许的三个程序之一进行。

4.12 内部目检

对透明玻璃结构二极管,应在任何破坏性试验前按方法 2074 进行内部目检。不透明的玻璃结构或金属结构应在开帽后进行内部目检(见第 5 章)。

4.13 轴向引线抗拉试验

应按方法 2005 进行轴向引线抗拉试验。

4.14 耐溶剂

应按方法 1022 进行耐溶剂试验。

4.15 可焊性

在收到器件 30 天内对器件按方法 2026 进行可焊性试验。试验前及试验期间,应小心避免污染引线表面。

4.16 引出端强度

应按方法 2036 进行引出端强度试验。

5 开帽分析

5.1 通则

应开帽检查芯片和芯片粘结(需要完整二极管的检验应在此时进行)。

5.2 轴向引线结构或表面安装结构

轴向引线结构或表面安装结构说明:

- a) 应将二极管纵向包封在固定剂料中,固定剂料应适合作为载体对样品做进一步处理。应选择胀缩性能尽可能与器件密封材料接近的固定剂料,以避免在样品制备工作中因应力而使二极管本体产生裂缝。
- b) 对透明玻璃结构,应使芯片的一边平行于切割设备(见图 1),以保证剖面抛光后能显示出所要求的区域,从而获得近似尺寸。
- c) 采用实验室适用的研磨和抛光设备剖切样品,剖切加工时应采取预防措施,以避免因选用粗粒度砂纸研磨过度而损伤样品。对具有空腔的样品,当打开空腔后应立即停止研磨,填入透明的化合物材料并固化,以保证封装内部结构包封并避免在继续研磨时损伤芯片。
- d) 可对某个平面或几个平面采用抛光和染色等方法,以便更清晰地观察器件的内部结构。当确信已到达芯片的中心位置(见图 1),则可采用显微照相记录,应照两张照片,一张应标明尺寸或注明放大倍数。
- e) 由于一些材料的易碎性,剖切时可能引入损伤。冶金键合的玻璃二极管做截面剖切时,由于封装内的应力释放,可能导致芯片或玻璃出现裂纹,因此这种方法不能用来观察冶金键合的空洞。

5.3 玻封轴向引线和表面安装器件的划开、裂开及挖削方法

5.3.1 通则

玻封轴向引线和表面安装器件的划开、裂开及挖削方法如下:

- a) 本方法提供适当的步骤剖切器件,使能观察芯片粘结区。
- b) 通常用金刚刀沿器件圆柱表面在芯片平面位置对二极管壳体作圆形切割(见方法 2101 图 2),将器件裂开成两片(应注意防止玻璃碎片损伤眼睛)。也可用化学方法溶解玻璃使芯片暴露(前提是芯片及芯片金属化层不会被化学品腐蚀)。检查两个接头表面的硅和芯片金属化残余。
- c) 在每一个接头上留下的硅可用化学方法去除以观察粘结界面材料,也可进一步挖削键合界面,但是这步工作不是强制性的。二个分开的粘结表面均应照相,照片中应提供手段测量图像的尺寸。

5.3.2 芯片粘结质量评估

5.3.2.1 要求

对冶金键合结构器件,应按评估承制方给出的器件结构是否符合 5.3.2.2 的规定。两个已分开的原接触界面的结合面积用光学方法按表 2(芯片粘结判据)评估。

如果器件不符合粘结标准,则应按方法 3101 进行瞬态热阻测试,以确定样品可用性。

表 2 芯片粘结判据

结构	典型设计键合接触面积百分比
I 类: 热匹配共晶	80
II 类: 焊料 钎焊银球 ^a	50 25
III 类: 银球面 背面 ^b	未规定 10
适用时, 齐纳管、肖特基及整流器件 ^c	0
^a 设计的银球接触面积为银球和接头或钎焊预制片界面紧密接触的全部顶视面积。如芯片两边键合良好, 则银球和硅的界面(已经形成银的面积, 但不包括任何保护氧化层上扩展的面积)会成为采用划开或裂开技术打开玻璃封装的分离区。银球和硅的界面将成为被测的设计接触面积。通过拉下并残留在银球背面的硅决定键合面积的百分比; ^b 杜美银球结构: 只是对硅片一面或背面接触要求面积百分比。银球和接头的界面应在接触点或在其界面形成的切面处键合; ^c 5.3.2 的要求不适用于热匹配非空腔 III 类结构。	

5.3.2.2 冶金键合

冶金键合分为以下四种结构:

- I 类冶金键合。半导体材料(例如硅或锗)和封装外壳之间的键合由键合工艺过程中熔化的相构成, 在固化熔体中此相既包含半导体材料部分, 也包含外壳安装表面的金属化层部分, 这样形成的键合为 I 类冶金键合。相邻的半导体材料(如堆叠)之间的 I 类键合在固化熔体中应包括两种半导体材料。除详细规范另有规定外, I 类冶金键合是所有大于等于 1W 或 1A 的轴向引线二极管的标准要求。
- II 类冶金键合。II 类冶金键合是使用焊料形成的, 在键合工艺过程中焊料熔化并粘接到每个待连接表面上的金属化层。不需要半导体材料或任何浸润表面层的溶解。
- III 类冶金键合。待键合表面在温度及压力作用下聚集到一起, 这样在待连接的材料最外层金属化层之间形成扩散结合, 这样形成的键合为 III 类冶金键合。这种键合的特征是使原始连接界面两边的物质通过连接界面扩散而没有任何熔化的相存在。
- 冶金键合热匹配非空腔双端头结构。符合本定义的二极管应具有双端头结构、使用钨或钼引线, 芯片的两面应通过 I 类冶金键合连接至相应的引线。封装应是热匹配的、非空腔结构。不允许镀银球接触设计。

5.4 螺栓型封装或轴向引线金属外壳封装

螺栓型封装或轴向引线金属外壳封装要求:

- 按有关结构图或从 X 射线检查中确定内部结构。
- 对颈缩结构, 应将一个样品包封在易于研磨和抛光的固定剂料中。垂直于纵轴线, 在颈缩部分切割至颈缩点(颈缩部分位置可由结构图或用 X 射线确定), 然后判断机械连接工艺的质量(见图 3)。
- 上述样品可用来观察内部零件的结构和尺寸。沿着纵轴线作截面, 当外壳磨透后, 应立即将环氧树脂填入内空腔, 以避免随后的研磨操作产生损伤。剖切器件至芯片大概中央位置, 在剖切

过程中应注意观察器件各平面并减轻砂粒磨损,以减少剖切过程中的损伤。抛光并染色样品以增强显示芯片结构,然后对内部进行照相。

- d) 为了观察内部所有的表面,应将另一个未包封的样品去掉管帽,先切割机械连接处下面的颈缩端,然后用开帽器在底座法兰上方作圆周切割并摘去管帽(见图3)。操作时应小心,以防去帽时损伤芯片顶部的柱状连接。
- e) 应评估芯片连接位置、芯片与预制片及管座的界面、芯片图形、柱形和“C”形弯曲连接。对内部结构应照相。
- f) 对金属夹或金属线结构采用方法 2037 进行键合强度试验是任选的。
- g) 适用时,应按方法 2017 对金属管壳器件进行芯片剪切或撞击试验。

5.5 塑封组件

塑封组件要求:

- a) 复杂器件(如内部含有几个分立器件的桥式器件)应按上述对分立器件的规定,对其中所有主要特点(适用时)进行外部检查。
- b) 检查内部结构时,应采用适当的化学试剂去除器件封装材料。当不了解化学药品对内部元件的破坏性时,应先在电性能不合格的器件上作试验或与承制单位联系以求得帮助。
- c) 应评估各二极管的布局位置和组装端的粘结方法。应重点检查内部导体直径和电气绝缘点间的最小间距。
- d) 从封装中取出各个二极管时不应有机械冲击或过高的温度应力。应针对其结构特点采用本标准规定的合适的方法进行检查。

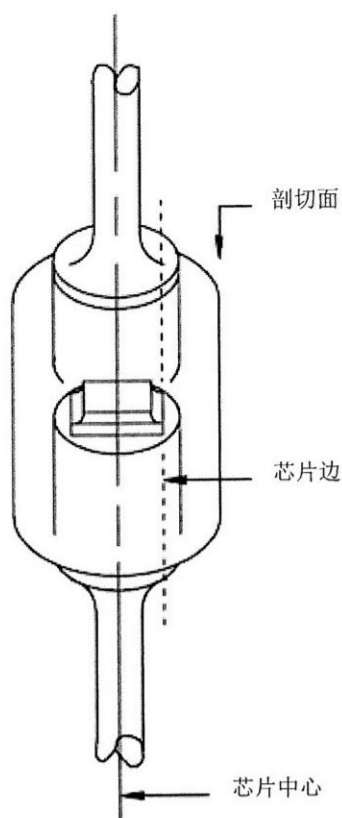


图1 轴向引线或表面安装结构

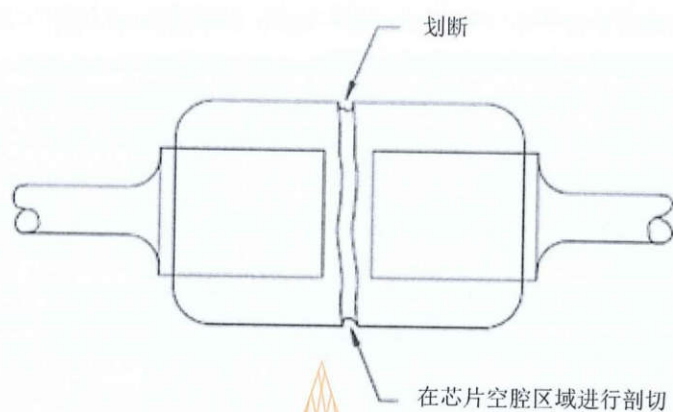


图2 轴向引线或表面安装结构

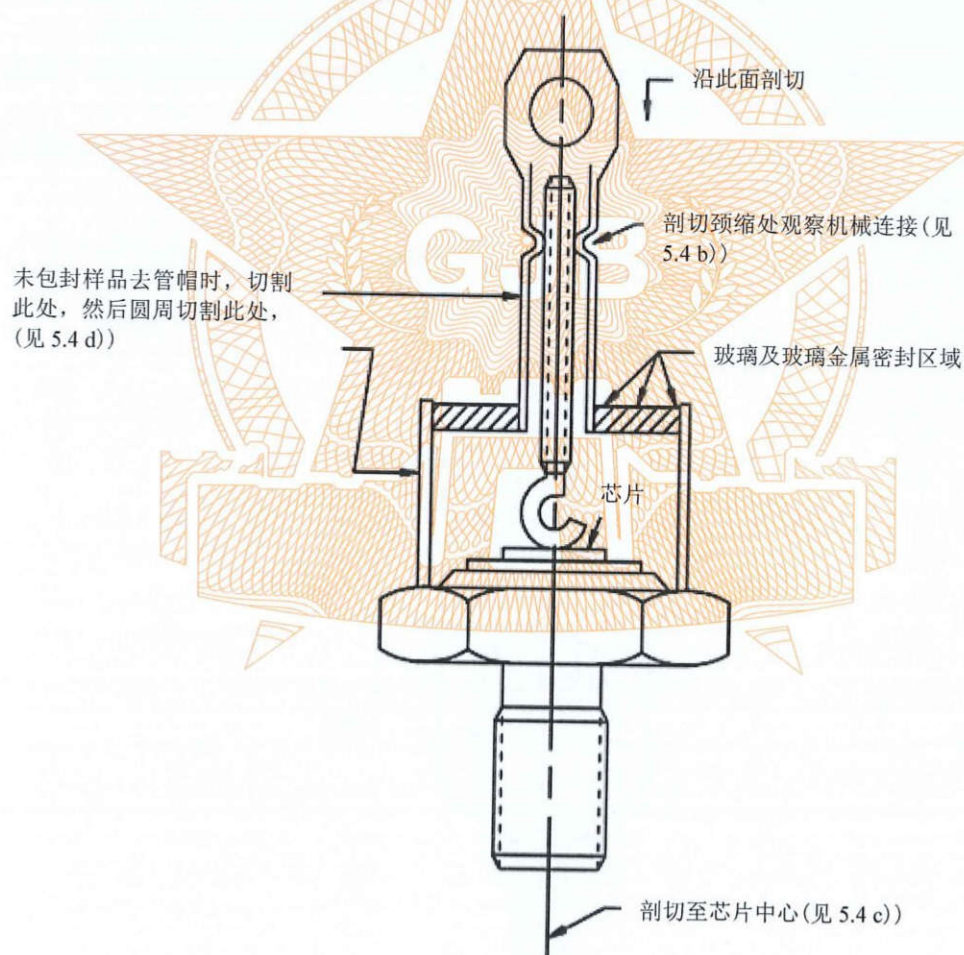


图3 轴向引线或表面安装结构

3000 系列 晶体管的电特性测试

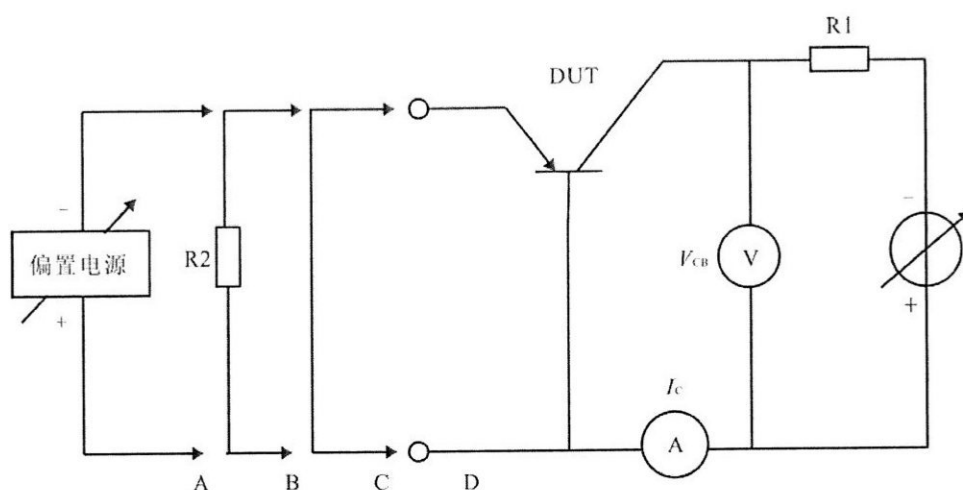
方法 3001 集电极-基极击穿电压

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 测试原理

测试电路见图 1。



电流表在被测电流两端之间应基本上呈现短路，否则应根据电流表压降对电压表读数进行修正。

图 1 集电极-基极击穿电压测试电路

3 程序

电阻 R1 为限流电阻，其阻值应足够高，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)下将电压从零逐渐增加到 $V_{(BR)CBX}$ 的最低极限值或达到规定的测试电流为止。如果在测试电流达到规定值之前， $V_{(BR)CBX}$ 达到其最低极限值，则该器件为合格。如果首先达到规定的测试电流，则该器件为不合格。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电流(见第 3 章)。
- b) 偏置条件：
 - 1) A: 发射极-基极：反向偏置(规定偏置电压)；
 - 2) B: 发射极-基极：反向回路(规定 R2 阻值)；
 - 3) C: 发射极-基极：短路；
 - 4) D: 发射极-基极：开路。

方法 3005 脉冲烧毁

1 目的

本测试的目的是确定器件抵抗脉冲的能力。

2 程序

在规定的前脉冲条件下,器件承受一个或多个脉冲,规定该脉冲的持续时间、电压、电流以及重复率。

3 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 前脉冲条件;
- b) 脉冲宽度;
- c) 脉冲电压和电流;
- d) 重复率;
- e) 试验后测量;
- f) 试验时间或循环次数。



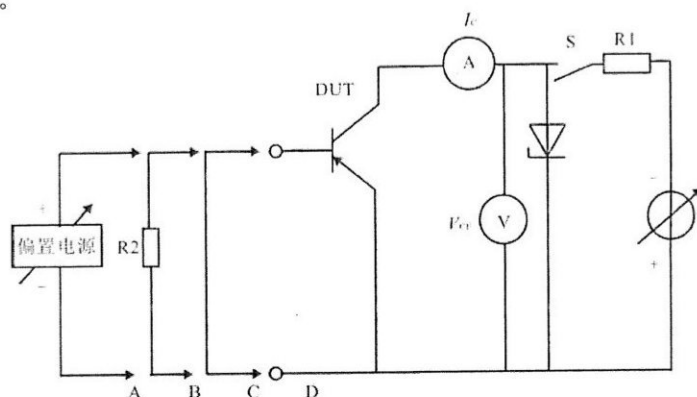
方法 3011 集电极-发射极击穿电压

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

测试电路见图 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。

必要时，可用电子开关 S 来提供小占空比的脉冲，以使结的温升减至最小。

检流计或电流表在被测电流的两端之间应基本上呈现短路，否则应对电压表读数作相应的修正。

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。可用电路的形式进行保护以防止出现负阻区，例如当集电极电压增加时规定提供合适的基极电流。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。

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。

图 1 集电极-发射极击穿电压测试电路

3 程序

电阻器 R1 为限流电阻，其阻值应足够高，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 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电流(见第 3 章)。
- b) 占空比和脉冲宽度(当要求时)(见图 1)。
- c) 偏置条件：
 - 1) A: 发射极-基极：反向偏置(规定偏置电压)；
 - 2) B: 发射极-基极：电阻回路(规定 R2 阻值)；
 - 3) C: 发射极-基极：短路；
 - 4) D: 发射极-基极：开路。

方法 3015 漂移

1 目的

本测试的目的是确定在器件详细规范中规定的参数漂移。

2 设备

进行漂移测试的设备应与测试相应参数所用设备相同。

3 程序

对器件施加详细规范中规定的电压和电流,在 10s~1min 的时间内,测得的漂移值不应超过详细规范中规定的数值。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电流和电压;
- b) 测试参数;
- c) 测试设备或测试电路。



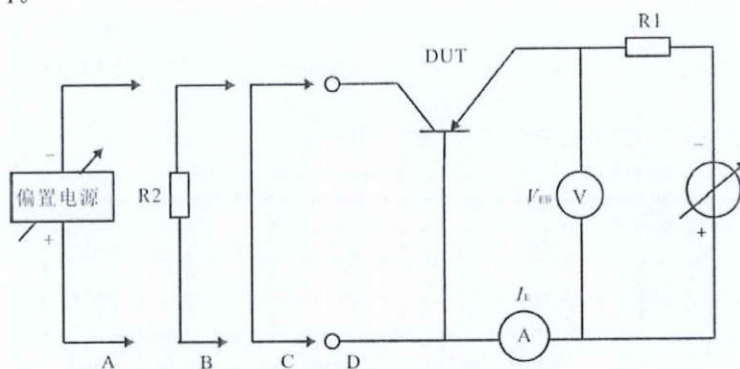
方法 3026 发射极-基极击穿电压

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

测试电路见图 1。



电流表在被测电流两端之间应基本上呈现短路, 否则应根据电流表压降对电压表读数进行修正。

图 1 发射极-基极击穿电压的测试电路

3 程序

电阻 R1 为限流电阻, 其阻值应足够大, 以避免过大的电流通过器件和电流表。在施加规定的条件 (A、B、C 或 D) 下将电压从零逐渐增加到 $V_{(BR)EBX}$ 的最小极限值或达到规定的测试电流。如果在测试电流达到规定值之前达到 $V_{(BR)EBX}$ 的最小极限值, 则器件为合格。如果先达到规定的测试电流, 则该器件不合格。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

a) 测试电流 (见第 3 章)。

b) 偏置条件:

- 1) A: 集电极-基极: 反向偏置 (规定偏置电压);
- 2) B: 集电极-基极: 电阻回路 (规定 R2 的阻值);
- 3) C: 集电极-基极: 短路;
- 4) D: 集电极-基极: 开路。

方法 3030 集电极-发射极电压

1 目的

本测试的目的是在规定的条件下测量器件集电极与发射极之间的电压。

2 测试电路

测试电路见图 1。

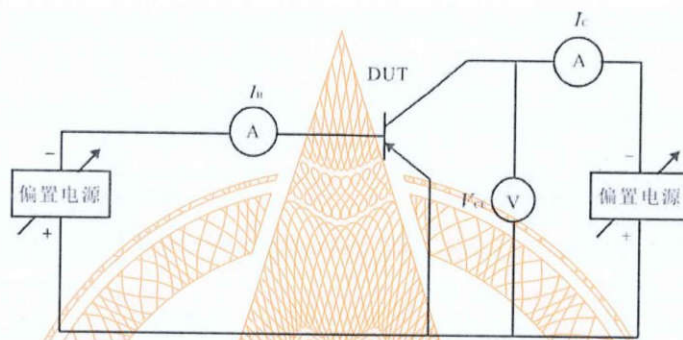


图 1 集电极-发射极电压测试电路

3 程序

调节偏置电源直至达到规定的电压和规定电流为止，然后测量集电极与发射极之间的电压。如果在该测量中要使用大电流，则可采用合适的脉冲技术以提供占空比小的脉冲，使结的温升减至最小。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电压和电流；
- b) 占空比和脉宽(适用时)。

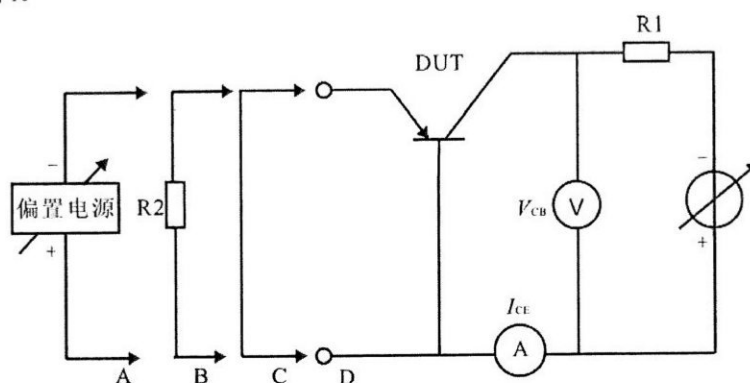
方法 3036 集电极-基极截止电流

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的截止电流。

2 测试电路

测试电路见图 1。



电流表在测量电流两端之间基本上应呈现短路，否则应根据电流表压降对电压表读数进行修正。

图 1 集电极-基极截止电流测试电路

3 程序

在发射极上施加规定的偏置条件(条件 A、B、C 或 D)，然后在集电极和基极之间施加规定的电压。在规定的环境温度或管壳温度下测量电流。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电压；
- b) 测试温度(环境温度或壳温，如果不是 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$)；
- c) 偏置条件：
 - 1) A：发射极-基极：反向偏置(规定偏置电压)；
 - 2) B：发射极-基极：电阻回路(规定 R2 的阻值)；
 - 3) C：发射极-基极：短路；
 - 4) D：发射极-基极：开路。

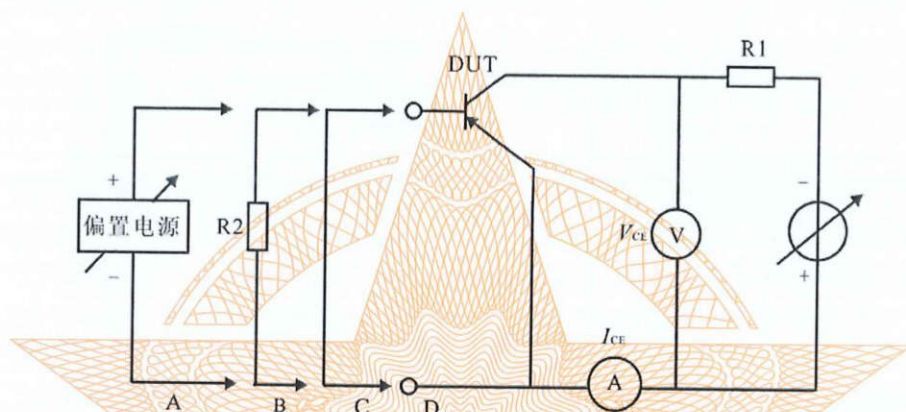
方法 3041 集电极-发射极截止电流

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的截止电流。

2 测试电路

测试电路见图 1。



电流表在测量电流两端之间基本上应呈现短路，否则应根据电流表压降对电压表读数进行修正。

图 1 集电极-发射极截止电流测试电路

3 程序

在基极上施加规定的偏置条件(条件 A、B、C 或 D)，然后在集电极和发射极之间施加规定的电压。在规定的环境温度或管壳温度下测量电流。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电压。
- b) 测试温度(环境温度或壳温，如果不是 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$)。
- c) 偏置条件：
 - 1) A：发射极-基极：反向偏置(规定偏置电压)；
 - 2) B：发射极-基极：电阻回路(规定 R2 的阻值)；
 - 3) C：发射极-基极：短路；
 - 4) D：发射极-基极：开路。

方法 3051 安全工作区(直流)

1 目的

本测试的目的是验证晶体管在温度稳定的电路中, 由规定的电压、电流、电功率和温度的互相关系所确定的安全工作区(SOA)界限。

2 测试电路

测试电路见图 1。

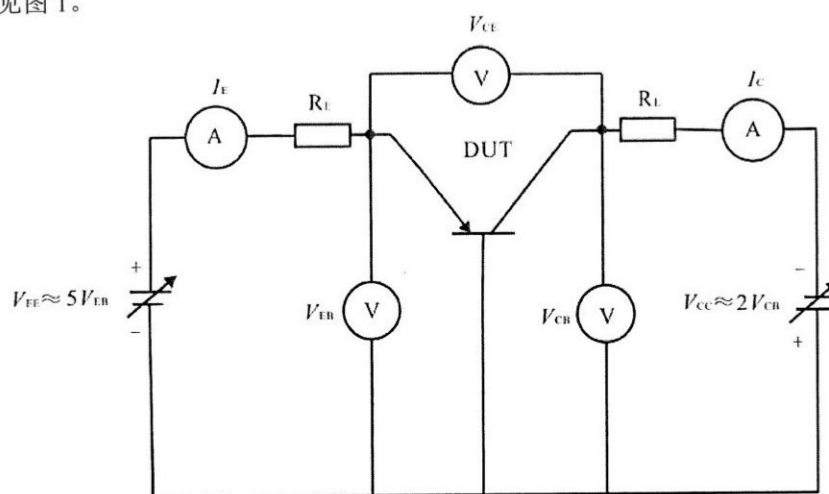


图 1 安全工作区测试电路(直流)

3 程序

程序如下:

- 首先将 V_{CC} 和 V_{EE} 调至低值, 然后增加 V_{CC} 使接近规定的 V_{CE} 。增加 V_{EE} , 使 I_C 接近规定值。增加 V_{CC} , 其后调节 V_{EE} 以获得规定的 V_{CE} 和 I_C 。让晶体管在规定的温度下工作规定的时间。
- 减小 V_{CC} 使 V_{CE} 接近零。断开 V_{EE} 和 V_{CC} 。
- 如果在工作期间 I_C 相对变化超过 $\pm 10\%$ 或超过终点, 则认为晶体管是失效的。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- 最大安全工作区曲线图: I_C 对 V_{CE} 的关系曲线;
- 温度: 壳温或环境温度;
- V_{CE} 和 I_C 值;
- 工作时间;
- 试验后的测量。

方法 3052 安全工作区(脉冲)

1 目的

本测试的目的是在规定的脉冲电压、电流和时间所确定的安全工作区(SOA),验证晶体管抗脉冲的能力。

2 测试电路

测试电路见图 1。

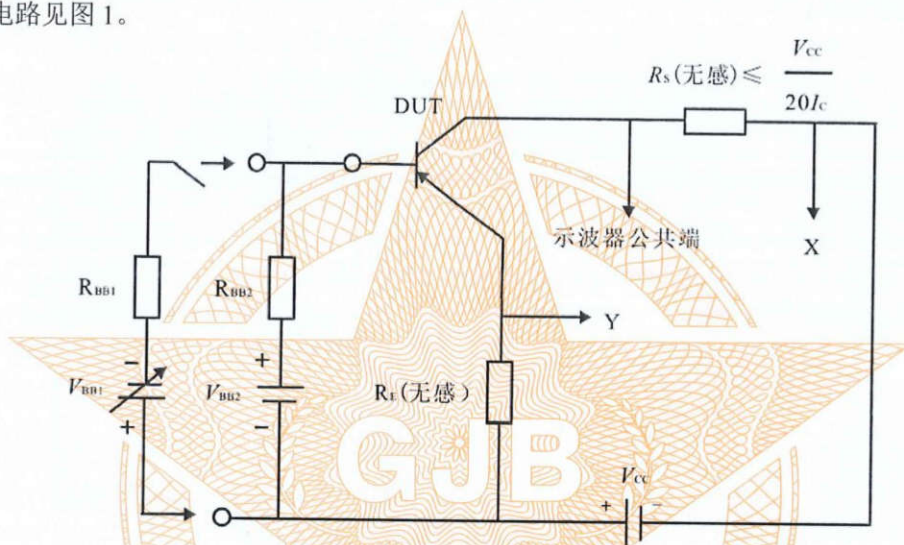


图 1 安全工作区试验电路(脉冲)

3 程序

首先将 V_{BB2} 和 V_{CC} 调至低值,然后增加至规定值。将占空比和脉冲宽度预置到规定的条件,增加 V_{BB1} 电压,使达到规定的 I_C 值。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 最大安全工作区曲线图: I_C 对 V_{CE} 关系曲线。
- b) 温度: 壳温或环境温度。
- c) 输入脉冲和偏置条件:
 - 1) 脉冲占空比;
 - 2) 脉冲宽度;
 - 3) t_r 和 t_f ;
 - 4) R_{BB2} 、 R_{BB1} 和 V_{BB2} 的值(见图 1);
 - 5) 脉冲数或试验持续时间。
- d) R_E 、 V_{CC} 和 I_C 值。
- e) 试验后的测量。

方法 3053 安全工作区(开关)

1 目的

本方法的目的是在各种规定的负载下所确定的安全工作区(SOA),验证晶体管耐受在饱和与截止之间进行瞬态(开关)转换的能力。

2 测试电路

测试电路见图 1。

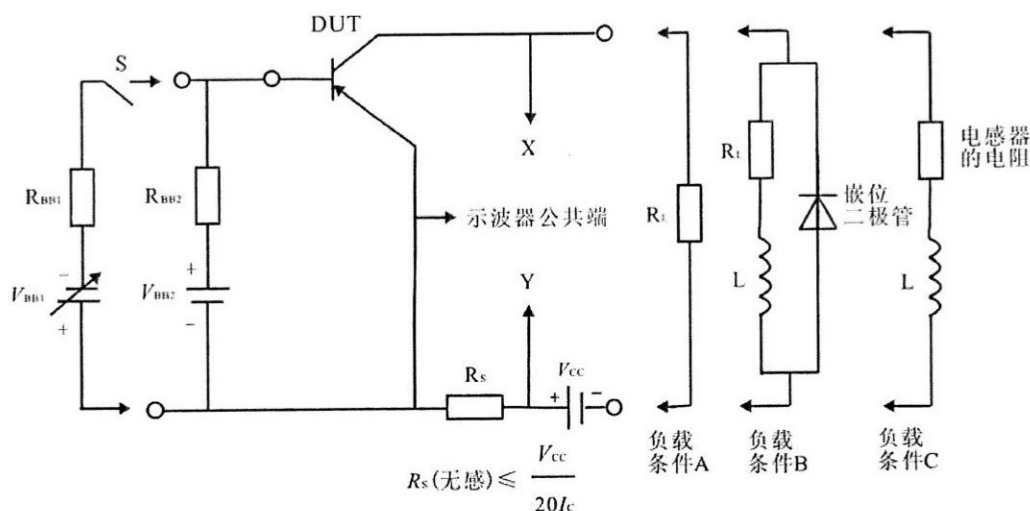


图 1 安全工作区测试电路(开关)

3 程序

应规定输出负载电路结构(条件 A、B 或 C)。首先将 V_{BB2} 和 V_{CC} 调至低值,然后增加至规定值。将占空比和脉冲宽度预置到规定的条件,增加 V_{BB1} 电压,使达到规定的 I_C 值。在示波器上观察输出波形(I_C 对 V_{CE} 曲线),当晶体管被关断(开关)时,观察饱和与截止之间的轨迹应为光滑的曲线,任何振荡或不一致的轨迹应被拒收。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

a) 最大安全工作区曲线,采用如下参数坐标:

- 1) 对于负载条件 A: I_C 对 V_{CE} ;
- 2) 对于负载条件 B: I_C 对 V_{CE} ;
- 3) 对于负载条件 C: I_C 对 L 作为 R_{BB2} 和 V_{BB2} 的函数。

b) 负载条件:

- 1) 条件 A: 电阻负载;
- 2) 条件 B: 钳位电感负载;
- 3) 条件 C: 非钳位电感负载。

c) 温度: 壳温或环境温度。

d) 输入脉冲和偏置条件:

- 1) 脉冲数或试验持续时间;
 - 2) 脉冲宽度;
 - 3) 脉冲占空比;
 - 4) t_r 和 t_f ;
 - 5) R_{BB1} 和 V_{BB1} ;
 - 6) R_{BB2} 和 V_{BB2} 。
- e) 规定的负载和输出偏置条件:
- 1) 条件 A: R_L 、 I_C 和 V_{CC} 的值;
 - 2) 条件 B: R_L 、 I_C 、 V_{CC} 的值、二极管型号或特性, L 的电感值和直流电阻值;
 - 3) 条件 C: I_C 、 V_{CC} 的值, L 的特性: 包括其电感、“Q” 值、直流电阻和响应频率。
- f) 试验后的测量。



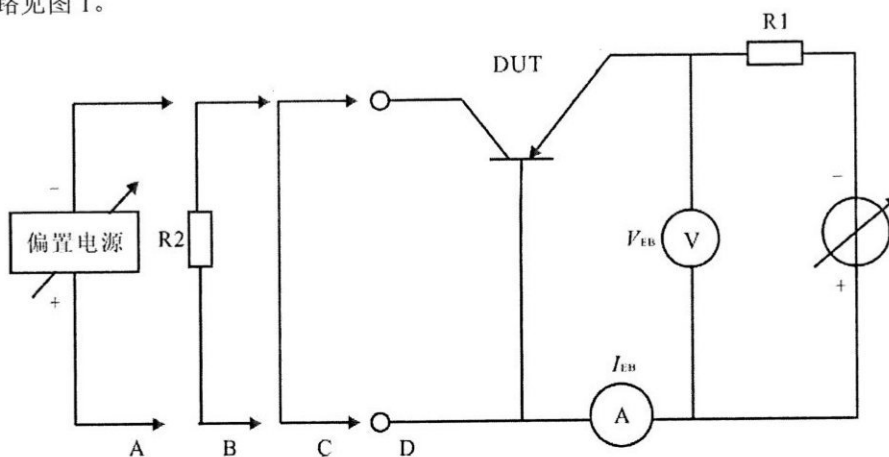
方法 3061 发射极-基极截止电流

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的截止电流。

2 测试电路

测试电路见图 1。



电流表在测量电流两端之间基本上应呈现短路，否则应根据电流表压降对电压表读数进行修正。

图 1 发射极-基极截止电流测试电路

3 程序

在发射极上施加规定的偏置条件(条件 A、B、C 或 D)，然后在集电极和基极之间施加规定的直流电压。在规定的环境温度或管壳温度下测量电流。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电压。
- b) 测试温度(壳温或环境温度，如果不是 $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$)。
- c) 偏置条件：
 - 1) A：集电极-基极：反向偏置(规定偏置电压)；
 - 2) B：集电极-基极：电阻回路(规定 R2 的阻值)；
 - 3) C：集电极-基极：短路；
 - 4) D：集电极-基极：开路。

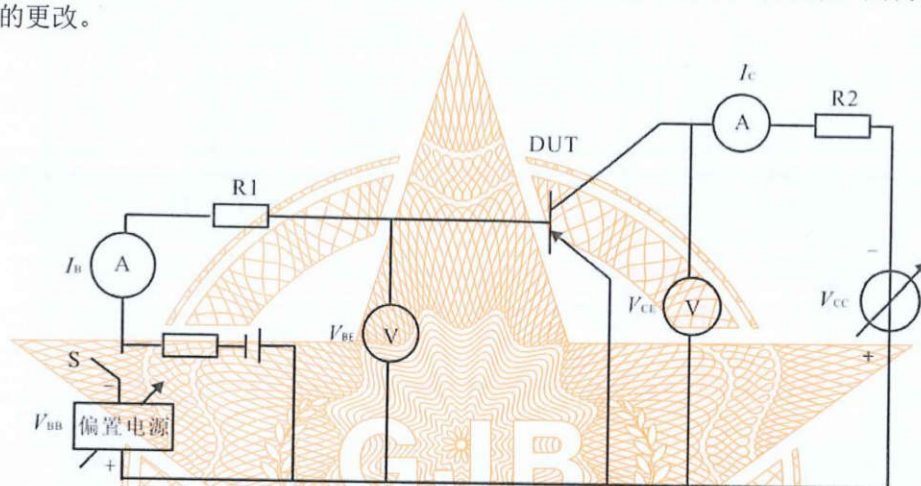
方法 3066 基极-发射极电压 (饱和或非饱和)

1 目的

本测试的目的是在饱和或非饱和条件下测量器件的基极-发射极电压。

2 测试电路

测试电路见图 1。电路和程序是针对测量基极-发射极电压的, 对于其他参数, 其测试电路和程序应作相应的更改。



需要时, 可采用开关 S 以提供小占空比的脉冲, 使结的温升减至最小。当采用脉冲技术时, 应规定脉冲的占空比和宽度, 用示波器的方法测量 V_{BE} 和其他必要的参数。

图 1 基极-发射极电压测试电路 (饱和或非饱和)

3 程序

3.1 测试条件 A (饱和)

电阻 $R1$ 应不至于对测试造成影响。如果使用脉冲方法, 应结合 V_{CC} 来选择电阻 $R2$, 以便在 V_{CC} 足够低时达到规定的集电极电流, 保证在脉冲之间器件不工作在击穿状态下。如果不采用脉冲方法, 则电阻 $R2$ 可为任一值, 调节电流 I_B 和 V_{CC} , 使 I_B 和 I_C 达到规定值, 则 $V_{BE} = V_{BE(sat)}$ 。

3.2 测试条件 B (非饱和)

对于本测试, $R2$ 应为零, 对器件施加规定的 I_B 和 V_{CE} , 然后测量 V_{BE} 。另一方法, 施加规定的 V_{CE} , 调节 I_B , 达到规定的 I_C 。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- 占空比和脉冲宽度 (要求时);
- 测试条件 (见第 3 章);
- 测试电压或电流 (见第 3 章);
- 被测参数。

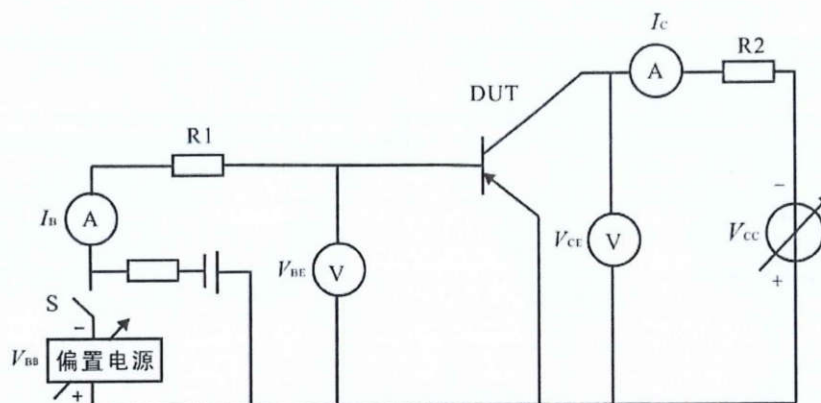
方法 3071 饱和电压和电阻

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的饱和电压及电阻。

2 测试电路

测试电路见图 1，所示电路和程序是用于测量集电极-发射极饱和电压及电阻，对于其他参数，其测试电路和程序应作相应改变。



需要时，采用开关 S 提供小占空比的脉冲，使结的温升减至最小。当采用脉冲技术时，应规定脉冲的占空比和宽度，用示波器测量 V_{BE} 和其他必要的参数。

图 1 饱和电压和电阻测试电路

3 程序

电阻 $R1$ 为大电阻，如果采用脉冲方法，应结合 V_{CC} 来选择电阻 $R2$ ，以便在足够低的 V_{CC} 值时达到规定的集电极电流，保证在脉冲之间器件不工作在击穿状态下。如果不采用脉冲方法，则电阻 $R2$ 可为任一值。调节 I_B 和 V_{CC} ，使 I_B 及 I_C 达到规定值。那么 $V_{CE(sat)}$ 等于规定条件下由 V_{CE} 电压表测得的电压。饱和电阻可根据同一电路条件按公式(1)计算：

$$r_{CE(sat)} = \frac{V_{CE(sat)}}{I_C} \dots\dots\dots (1)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 占空比和脉冲宽度(要求时)(见第 3 章)；
- b) 测试电压或电流(见第 3 章)；
- c) 被测参数。

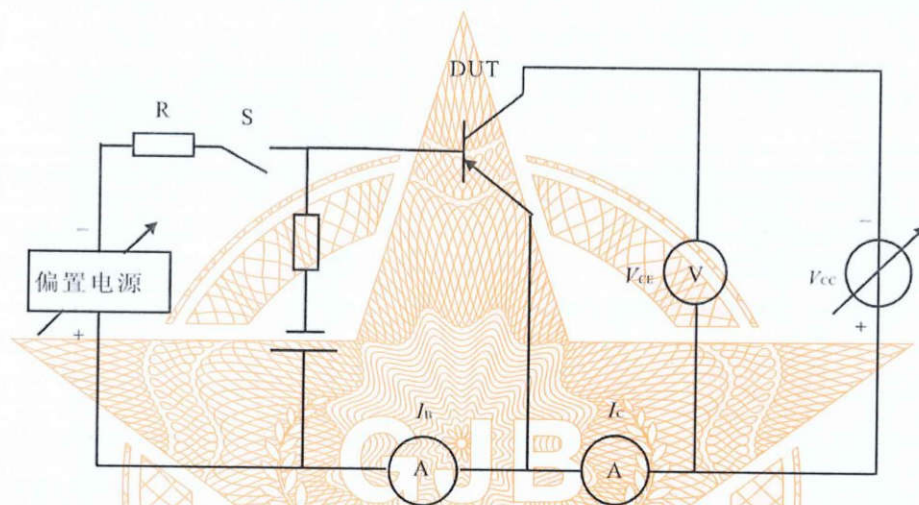
方法 3076 正向电流传输比

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的正向电流传输比。

2 测试电路

测试电路见图 1, 所示电路和程序是对共发射极而言。对于其他情况, 其电路和程序应作相应的改变。



电流表在测量电流的两端之间基本上应呈现短路, 否则应根据电流表上压降对电压表读数进行修正。

图 1 正向电流传输比测试电路

3 程序

将电压 V_{CE} 调至规定值, 调节电流 I_B 使 I_C 达到规定电流值。

则按公式(1)计算正向电流传输比:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \dots\dots\dots (1)$$

如果在测试时采用大电流, 则应采用开关 S 提供小占空比的脉冲, 以使结的温升减至最小。当采用脉冲技术时, 可用示波器测量 I_B 和 I_C 。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电压和电流(见第 3 章);
- b) 占空比和脉冲宽度(当要求时)(见第 3 章);
- c) 被测参数。

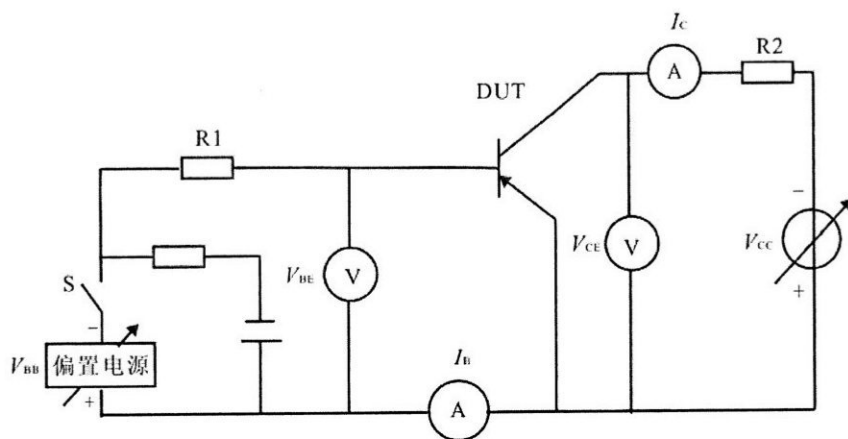
方法 3086 静态输入电阻

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的输入电阻。

2 测试电路

测试电路见图 1, 所示电路和程序是对共发射极而言, 对于其他情况, 应对电路和程序作相应的改变。



需要时, 采用开关 S 提供小占空比的脉冲, 以使结的温升减至最小。当使用脉冲方法时, 应规定脉冲的占空比与宽度, 可用示波器来测量 V_{BE} 和其他必要的参数。

图 1 静态输入电阻测试电路

3 程序

电阻 R1 为大电阻值。如果采用脉冲法, 则应结合 V_{CC} 来选择电阻 R2, 以便在一个足够低的 V_{CC} 电压下达到规定的集电极电流值。如果不采用脉冲法, 则电阻 R2 可为任一值。调节 I_B 和 V_{CC} , 直到 I_B 和 I_C 达到其规定值为止。则输入电阻用公式(1)计算:

$$r_{IE} = \frac{V_{BE}}{I_B} \dots\dots\dots (1)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 脉冲占空比和脉宽(当要求时)(见第 3 章);
- b) 测试电压或电流(见第 3 章)。

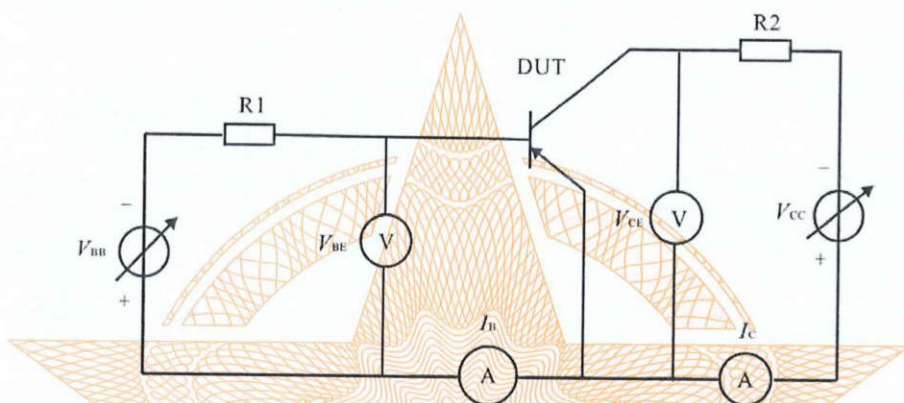
方法 3092 静态跨导

1 目的

本测试的目的是在规定的条件下测量器件的静态跨导。

2 测试电路

测试电路见图 1。



对于其他电路组态，可以修改电路，使之能证明器件符合分规范的最低要求。

图 1 静态跨导测试电路

3 程序

电阻 $R1$ 为大电阻值，或用恒流源代替电压源 V_{BB} 。结合 V_{CC} 选择 $R2$ ，以便在低于 $V_{BR(CEO)}$ 的 V_{CC} 值下达到规定的集电极电流值。调节电流 I_B 使 V_{CE} 和 I_C 达到其规定值。然后测量电流 I_C 或 I_E 和电压 V_{BE} 、 V_{BC} 或 V_{EB} 。

采用公式(1)计算共发射极时的静态跨导：

$$g_{ME} = \frac{I_C}{V_{BE}} \quad \text{..... (1)}$$

采用公式(2)计算共集电极时的静态跨导：

$$g_{MC} = \frac{I_E}{V_{BC}} \quad \text{..... (2)}$$

采用公式(3)计算共基极时的静态跨导：

$$g_{MB} = \frac{I_C}{V_{EB}} \quad \text{..... (3)}$$

如果测量采用大电流时，则采用合适的脉冲技术来提供小占空比的脉冲，以使结的温升减至最小。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电压或电流；
- b) 脉冲占空比和脉宽(适用时)。

3100 系列 热特性测试

方法 3100 半导体分立器件老炼和寿命试验中的结温测量

1 目的

本试验的目的是核实在老炼和寿命试验环境下结温(T_j)是否达到了规定的数值,并对一个有代表性的器件样本进行测量和验证。有两种方法可以采用,这两种方法均需用到器件的温度敏感参数(温度敏感参数)。该温度敏感参数的初始值在所要求的结温(T_j)和所选定的测试电流下测得。

在第一种测试方法(方法 A)中,采用一选定的不会产生有效热量的小测试电流(与热阻测试方法类似)。在第二种测试方法(方法 B)中,采用一连串连续的电流脉冲来测量在所要求的结温(T_j)下和在对老炼和寿命试验环境的要求相同的工作电流范围内的敏感参数(温度敏感参数),在以后的老炼和寿命试验中,重复比较这些温度敏感参数(温度敏感参数)的值以验证老炼和寿命试验达到了相同的结温(T_j)。在老炼和寿命试验环境下直接对结温进行取样可以降低或消除由环境条件、K 系数和在高温下器件热阻的非线性可能产生的误差。

2 范围

本方法适用于在功率老炼及寿命试验中需要核实结温是否达到规定要求的半导体分立器件。器件功率老炼时由于施加功率产生自热而使结温远远高于环境温度或壳温。为了提高环境温度或壳温,可以使用温箱或加热板。施加功率的试验可包括:整流管的交流工作寿命(ACOL)条件、齐纳二极管工作击穿(雪崩)区的直流功率、信号二极管的正向直流功率条件及其他;晶体管也包括施加的直流功率条件。除施加足够的功率以产生有效自热外,该方法通常不适用于高温反偏(HTRB)。等效的加热功率选择方案也在方法 A 中规定,以提供适用于热阻测量方法的现有温度敏感参数测量设备。

3 原理

随着对半导体器件性能、可靠性和质量要求的不断提高,需要了解并更准确测量器件在老炼和寿命试验时器件的结温。如果在老炼和寿命试验时进行加速寿命试验,准确的测量器件的结温才能准确的计算出器件的长期可靠性。

受诸多可变因素的影响,准确测量结温是很困难的。电参数(功率、电压-电流、波形等)、环境因素(器件的安装排列、器件周围的散热情况、安装方法等)及与温度敏感参数的选择均会影响测量的结果。注意,在不同温度和功耗下,半导体器件的热阻特性可能不是恒量,因此,测量热阻特性的环境应与老炼或寿命试验的环境一致。

4 符号和定义

两种方法中,老炼和寿命试验环境应简单地称为试验环境。

- a) TSP: 测试电流下的温度敏感参数;
- b) T_j : 结温;
- c) T_A : 试验环境中的环境温度;
- d) $R_{th(j-a)}$: 结至环境的热阻;
- e) $R_{th(j-l)}$: 结至引线的热阻;
- f) $R_{th(j-c)}$: 结至外壳的热阻;

- g) $R_{th(j-ec)}$: 结至端帽的热阻;
- h) I_M : TSP (V_F 或 V_{BE}) 的测试电流;
- i) I_H : 加热电流;
- j) t_H : 加热时间;
- k) t_{MD} : 测试延迟时间;
- l) P_H : 加热功率;
- m) V_F : 正向电压;
- n) V_{BE} : 基极-发射极电压;
- o) V_{CE} : 集电极-发射极电压;
- p) I_C : 集电极电流;
- q) I_B : 基极电流;
- r) $V_{(BR)}$: 击穿电压;
- s) V_Z : 齐纳电压;
- t) I_F : 正向电流;
- u) I_O : 50Hz 或 60Hz 正弦波、 180° 导通角的平均 I_F ;
- v) I_R : 反向漏电流;
- w) DUT: 被试器件。

5 设备

5.1 通则

除另有说明外, 本章所规定的设备适用于方法 A 和方法 B。

5.2 温度敏感参数的测量

要求测试设备能在受控的温箱、温槽内或热板上, 在所要求的 T_j 下测量被试器件样本的温度敏感参数。

5.3 功率源及阵列装置

所使用的设备也应包括老炼或寿命试验的功率源及对被试器件的样本进行 T_j 测量时用作电连接或散热器的面板/插座阵列装置。所有其他尚须进行老炼筛选或寿命试验的器件, 其试验环境应与此相同。

5.4 温箱

如果要求提高环境温度, 则应采用一个能放置带有全部器件的插座阵列装置的温箱、温槽或热板。

5.5 测量温度敏感参数 (TSP)

温度敏感参数是在从施加的加热功率源切换到小测量电流 (I_M) 后一个很短的测量延迟时间 (t_{MD}) 内进行取样的。温度敏感参数取样的占空比应不大于加热时间 (t_H) 的 1%。应尽量采用与试验环境条件下所使用功率的模式相同的功率或加热电流 (I_H)。此方法也允许使用等效的有效值功率代替在热阻测试方法中通常使用的直流正向加热电流 (I_H) 功率源。

5.6 取样和自保持测试仪

对于方法 B, 需要一台取样和自保持测试仪, 该测试仪在与测试环境工作电流相同的范围内的工作电流下能记录一连串的温度敏感参数测试。若结的附加发热量很小, 则应保持窄的测试脉冲和宽的测试间隔。

5.7 电压和电流测量

为准确测量预计的测试电压和电流, 应采用一只电压表和一只电流表。

5.8 热电偶

对于交流工作寿命 (ACOL) 评定, 需要一条 AWG36 号的细裸铜线热电偶。

6 方法 A

6.1 概述

该方法将器件放置在温度与老炼和寿命试验结温相同的温箱中,使用一个小的测量电流测量器件的温度敏感参数(TSP)。然后将器件安装在实际老炼或寿命试验环境中,对器件施加电流和功率,并测量器件的温度敏感参数。当施加的电流和功率使测量到的温度敏感参数与高温箱中测量到的热敏参数数值相同时,将该条件下的环境温度和施加的电流、功率的平均值作为每只器件老炼或寿命试验的条件。用来测量温度敏感参数的测量电流不应使器件产生有效的自热。被试器件的样本由带有序列号的器件组成,这些器件的温度敏感参数已在规定的温度下进行了测量和记录。被试器件的结构应与进行老炼和寿命试验的器件的结构相同。为了保证被试器件的测量结果具备代表性,被试器件的数量应足够多,除另有规定外,至少应为5只器件。

6.2 测量温度敏感参数

6.2.1 概述

首先确定老炼或寿命试验所要求的结温。对于军用器件的老炼筛选,最低结温应按相应的详细规范规定。除另有规定外,最高结温应为被试器件的额定最高结温。

6.2.2 预期的结温

为记录温度敏感参数,首先应在独立的温度受控的温箱、温槽中或热板上将结温控制到规定值,允差为 $\pm 2\text{K}$ (或按要求)。增加 T_j 允差的考虑在6.4.4中说明。

6.2.3 记录温度敏感参数

在被试器件放入并达到热平衡后,对于方法A,应采用小的稳定测量电流(I_M)记录一系列的温度敏感参数。这些温度敏感参数应是二极管的正向电压(V_F)或晶体管的基极-发射极电压(V_{BE})。 I_M 的大小应大至足以保证 V_F 或 V_{BE} 的测量,但不得大至足以产生有效的自热。对晶体管,最佳状态是消除集电极上的任何偏压,以免会产生电流增益而影响 I_M 。但是某些热阻测试设备需要用集电极电压测量 V_{BE} 。如果是这样,在测量6.4.2和6.5.1 e)中规定的老炼中的温度敏感参数时,应采用其相同的测试条件。

6.3 器件的安装

被试器件的样本应用插座安装在试验环境中,插座应分别处于试验环境最冷与最热的关键区域以核实 T_j 。样本中也应包括为重现相同的累积热效应而安装于功率试验环境中的所有其他器件。被试器件所使用的插座,其结构还应与试验环境中使用的所有其他插座的结构相同。被试器件应与温度敏感参数测量设备进行电气连接,该测量设备需要一组开尔文检测线用以监测结电压。这些检测线的连接应使散热效应减至最小。可参见6.6中对交流工作寿命(ACOL)的更详细的规定。

6.4 试验环境测量

6.4.1 环境温度

环境温度(T_A)应是热平衡条件下的规定温度,包括适用时温箱中的任何热对流或空气循环效应。当采用热板时,还应规定其表面温度和一致性,以使所要求的壳温(T_C)控制符合6.2.2和6.5.2 c)的规定。

6.4.2 施加电流和功率

按5.4中对设备的规定,采用一小占空比的 I_M 对每一只被试器件进行温度敏感参数取样时,在对所有器件增加热增量中应施加相同的加热电流或等效的有效值功率。稍微增大加热电流,采用 I_M 对每一只被试器件同时监测一次结电压TSP。随着 T_j 的增大,TSP测试值(V_F 或 V_{BE})会减小。

6.4.3 所要求 T_j 的温度敏感参数

6.4.3.1 概述

重复6.4.1和6.4.2,直至对试验环境中的所有器件施加相同等效的电流或有效值功率后,测出的温度敏感参数与6.2.3中温度敏感参数的测试值相同。应记录每只被试器件达到此所要求的 T_j 值所施加的功率,并且计算所有被试器件的平均功率,并作为6.4.4的老炼或寿命试验中对每只器件所施加的功率数值。如果结至环境的热阻($R_{th(j-a)}$)需用作10.2中的规定值,则也应记录此时的 T_A 。

T_j 应根据试验环境的总误差进行选择。 T_j 随上述施加功率平均效应的微量变化见 10.3 和公式 10。考虑到最大误差, T_j 通常应处于试验环境所要求的最低与最高允许 T_j 值的中点。例如, 如果最低值是 135℃, 最高值是 175℃, 则 T_j 值可以是 155℃。如果施加的加热功率(P_H)或所要求的 T_j 超过了被试器件的额定值, 则见 6.4.3.2 和 6.4.3.3; 如果未超过, 则见 6.4.4。

6.4.3.2 电流和功率额定值

如果施加的加热电流或加热功率(P_H)超过器件的额定值才能使老炼时器件结温达到所要求的 T_j , 则应作下列选择:

- 可以增加加热电流或加热功率, 但不得超过器件的电流密度容量;
- 减少试验环境中的散热器;
- 当相应的详细规范中允许时, 可以升高 T_A 直至达到所要求的 T_j 。

6.4.3.3 宇航级器件的 T_j

当宇航级(JY)器件进行强加度稳态工作寿命试验时, T_j 可高于其手册中规定的最高允许结温(对硅器件或锗器件, 即高于 150℃~200℃)。 T_j 值可以规定为 225℃~275℃。但选择的试验条件不得使器件结温超过半导体材料的本征半导体温度(这种温度下被试器件不能在试验环境中作为半导体器件有效地工作)。该温度可依据本征区或二次击穿区(热产生的电子空穴对涌出接近或超过了 PN 结的本底掺杂水平)进行确定。该温度也可通过反向漏电流的明显增大来确定, 或更严重的情况如整流管的反向击穿电压(V_{BR})、较高电压齐纳二极管的 V_Z 或晶体管的 V_{CE} 的降低(或崩塌)来观测到。对于整流管也可参见 6.5.2 b) 的要求。

6.4.4 T_j 达到标准值后

器件应按 6.4.3 确定的平均功率进行老炼或寿命试验。

6.5 对电源的要求

6.5.1 概述

测量温度敏感参数前施加的加热功率或电流有效值应尽可能与 6.4 中器件在试验环境中施加的功率或电流相同。但是热阻测试设备通常采用直流加热功率, 且其测试电流通常具有小占空比的取样和自保持特性, 不能满足上述要求。

在这种情况下, 可使用与热阻测试方法中的 P_H ($P_H = I_H \times V_H$) 等效的有效值 P_H 。当等值的有效值加热功率不明确时, 则要求以引线、外壳或端帽温度(T_L 、 T_C 或 T_{EC})重新核定相同的有效值功率符合 6.6 中对交流工作寿命的规定。

6.5.2 试验环境和被试器件的选择

要求如下:

- 信号二极管和肖特基二极管(采用 I_F 进行直流老炼):

要求的加热功率为直流老炼或寿命试验中观测到的正向直流电流(I_F)乘以正向电压(V_F) (或 $P_H = I_F \times V_F$)。由于 I_F 等于热阻测试方法中的加热电流(I_H), 因此在此试验环境下, 不存在设备的障碍。

- 整流二极管(采用 I_O 进行交流工作寿命老炼):

要求采用额定 I_O 的交流工作寿命试验, 等效的有效值加热功率可以按公式(1)计算:

$$P_H = I_O \times (0.107 + 0.785 \times V_{FM}) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

I_O ——额定平均整流输出电流(50Hz 或 60Hz 正弦波输入, 180°导通角);

V_{FM} ——在半正弦波期内观测到的峰值正向电压; 按此定义, 每个半正弦波的峰值正向电流为 $3.14 \times I_O$; 本标准中方法 1038 的定义, 当施加反向电压(V_{RRM})时, 由于是漏电流(I_R), 此时的 P_H 也可以假设是反向功率, 是可以忽略的;

受测量设备测量温度敏感参数的限制, 被试器件样品也可以采用等效的有效正向功率, 按 6.5

规定, 此时的 P_H 是正向加热电流 (I_H) 与正向加热电压 (V_H) 的乘积。在交流工作寿命中, 等效的有效功率可以在相同的 T_L 、 T_C 或 T_{EC} 下进行验证。测量 T_L 、 T_C 或 T_{EC} 见 6.6。在 T_L 、 T_C 或 T_{EC} 下, 有效值功率的关系见 9.3 中的背景资料。

如果限流电阻器从外部吸收了由 6.4.3.3 中描述的大漏电流 ($I_R \times R$ 电压降) 或崩塌电压而形成交流工作寿命试验环境中的预计反向电压 (V_{RRM}), 则反向功耗不可能被观测出。要求的 V_{RRM} 应抽样进行监测, 以验证 V_{RRM} 已成功地施加到相应施加交流工作寿命功率的所有其他剩余的整流二极管器件。在老炼或寿命试验方法中, 通常每只器件串联限流或镇流电阻器, 然后这些器件与典型电源进行并联阵列连接。这样连接的目的是当某一只器件电特性退化或短路时可调节或限制过大的电流而使其余器件在所要求的时间能继续进行老炼或寿命试验。

c) 肖特基二极管 (采用 I_R 进行高温反偏老炼):

为了将功率和老炼电流减至最小, 对所有器件施加要求的加热功率 P_H 为高温反偏, 即在升高的温度下, 施加反向电压 (V_R) 和选定范围的反向电流 (I_R)。在不产生有效自热的小功率下, 可假设壳温 (T_C) 与结温 (T_j) 相同。在此示例中: $P_H = I_R \times V_R$, 且 I_R 随着温度的提高而增大。受试验设备的限制, 被试器件的样本也可以施加 6.5 中规定的等效正向有效值功率。适用时, 可直接测量 T_C 来代表 T_j 等效值 (见第 8 章)。

d) 齐纳二极管 (采用 I_z 进行直流老炼):

要求的 P_H 为二极管老炼电流 (I_z) 乘以额定电压 (V_z), 即 $P_H = I_z \times V_z$ 。 V_z 也可根据预定的 T_j , 利用齐纳二极管的额定温度系数 (αV_z) 进行调整。若受设备的限制, 被试器件的样本也可以施加 6.5 中规定的等效正向有效功率 (P_H)。

e) 晶体管 (采用 I_C 进行直流老炼)

直流老炼或试验期间所要求的加热功率为集电极电流 (I_C) 乘以集电极-发射极电压 (V_{CE}) 再加上任何有效的基极电流 (I_B) 乘以基极-发射极电压 (V_{BE}), 即 $P_H = I_C \times V_{CE} + I_B \times V_{BE}$ 。通常, 功率 $I_B \times V_{BE}$ 可忽略。温度敏感参数的小占空比取样测量应采用与 6.2.3 中相同的条件。

6.6 交流工作寿命 (ACOL) 试验注意事项 (对整流二极管)

6.6.1 概述

如果老炼或寿命试验采用交流工作寿命条件, 则应在 6.3 之后增加一个步骤, 保证加热条件能够使结温达到规定值。

6.6.2 热电偶安装

在 6.3 的老炼装置中将测试用电压监测引线连接到被试器件时, 在每一根元器件线上还应焊接一条线规号为 AWG36 的细裸导线热电偶。该热电偶与器件本体应以零距离进行安装。该热电偶的安装不得对被试器件放入老炼或试验插座产生影响。

6.6.3 热电偶使用

在每只接受交流工作条件器件的测试线上, 按 6.6.2 规定, 在最接近器件的部位也焊接一条热电偶。

6.6.4 记录直流工作条件下热电偶的温度

在老炼或寿命试验中, 采用直流法将每只被试器件的结温调整到所要求的数值, 并记录热电偶的温度读数。然后采用这些热电偶读数调整 6.6.5 中的交流工作条件。

6.6.5 获取交流工作条件下 T_j 平均值

对采用交流工作条件的二极管施加加热功率 (这些二极管采用要求的交流工作条件), 同时监测热电偶温度。增大交流功率的输入, 直至使 6.6.3 中测量到的热电偶温度达到 6.6.4 中的数值。记录此时每只器件所施加的交流工作功率条件。然后取这些数值的平均值, 作为施加到所有器件的交流工作寿命试验的功率。

为保证所有热电偶读数保持一致从而保证所有二极管达到相同的结温, 对 V_F 最低或处在最低环境温度 (T_A) 部位的整流二极管, 应施加较大的功率。

7 方法 B

7.1 概述

该方法采用一连串电流脉冲来测量规定结温下的温度敏感参数,且电流与老炼或寿命试验环境所要求的工作电流在同一范围内。被试器件是器件的一个样本,这些器件的温度敏感参数应在所要求的温度下进行记录。这些器件的结构应与试验环境中的其他器件相同,并应具有足够的数量以能得出一个较真实的平均值。除另有规定外,器件的样本应至少为 5 只器件。

7.2 温度敏感参数测量

7.2.1 概述

首先确定老炼或寿命试验所要求的额定 T_j 。对于军品的老炼筛选,最低结温应在相应的详细规范中规定。除另有规定外,被试器件的最高结温应是其额定值。

7.2.2 要求的结温 T_j

在一独立、温度受控的温箱、温槽或热板环境中,老炼或寿命试验所要求的额定 T_j 初始应以 $\pm 2K$ 的误差予以确定,并记录其温度敏感参数。其他的 T_j 误差细节在 7.4.4 中说明。

7.2.3 记录温度敏感参数测量值

应对取样和自保持测试仪进行编程,以记录一连串的温度敏感参数测量值。这些温度敏感参数测量值应是以接近于对试验环境所预计的工作电流进行测量的,应进行增量脉冲 V_F-I_F 、 V_Z-I_Z 或 $V_{BE}-I_{CE}$ 的测量。

- 选择增量电流范围,以使记录的数值是对老炼或寿命试验环境所预计的电流的中心值。
- 取样和自保持测试仪的编程应使能以足够小的占空比记录温度敏感参数电压读数。在此小的占空比下进行一连串读数时不会使被试器件发热。

有引线开关二极管的典型测试条件如下:

- 脉冲宽度: 0.5ms;
- 等待时间: 1s;
- I_F 的起始值: 500 mA;
- 以 5mA 为电流增量,进行 20 步。

每一步骤的增量越小,在老炼或寿命试验中取得的数值所制作的图表越准确。由于采用小占空比的功率和处于热稳定的配件,因此可以使用各种固定夹具,但需要采用开尔文引线。

7.2.4 数据

在放入被试器件并达到热平衡后,采用预定的电流范围对每只器件施加脉冲以连续的方式记录其温度敏感参数,并对每只标识的器件打印出数据。每一组数据只适用其系列中的单个器件和 T_j 。

7.3 试验环境安装

被试器件的样本应用插座安装在试验环境中,插座应分别处于试验环境最冷与最热的关键区域以核实 T_j 。样本中也应包括为重现相同的累积热效应而安装于功率试验环境中的所有其他器件。被试器件所使用的插座,其结构还应与试验环境中使用的所有其他插座的结构相同。被试器件应与温度敏感参数测量设备进行电气连接,该测量设备需要一组开尔文检测线用以监测结电压。这些检测线的连接应使散热效应减至最小。可参见 7.5 中对交流工作寿命 (ACOL) 的更详细的考虑。

7.4 试验环境测量

7.4.1 热平衡

在热平衡条件(包括适用时温箱的各种热对流或空气循环效应)下的环境温度 (T_A) 应符合规定。

7.4.2 要求的电平

在对所有器件增加电流增量时应施加相同的加热电流,同时应对每只被试器件进行温度敏感参数取样。在缓慢地改变相同的结电流时监测结电压温度敏感参数。一次监测一只器件,对系列被试器件中的每一只器件进行监测。当被监测的被试器件处于热平衡时,即其电流和电压读数与 7.2.4 中所获取的图表上的一组数据一致时,认为被试器件的 T_j 已处于所要求的水平。此状态采用曲线图显示在图 1 上。

考虑到准确度, 电压读数最好采用相同的测试仪, 既能按 7.2.4 中的取样和自保持方式, 也能按 7.4.2 中的连续方式进行记录。

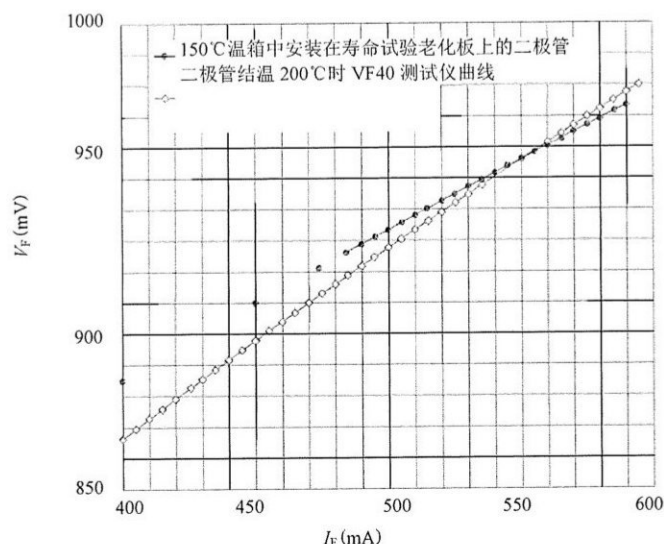


图 1 二极管测试曲线

7.4.3 要求的 T_j

7.4.3.1 概述

在对试验环境中的所有器件施加相同的等效有效值功率后, 应重复 7.4.2 的程序, 直至电流和电压读数与对每只系列被试器件所要求的 T_j 水平的一组相应读数一致时为止。应记录此时对每只被试器件所施加的功率。还应确定所有被试器件的平均功率, 并用作 7.4.4 中的老炼或寿命试验中对每只样品施加的功率数值。如需计算结到环境的热阻 $R_{th(j-a)}$ (见 10.2), 则还应记录 T_A 。

T_j 应根据试验环境的总误差进行选择。 T_j 随上述施加功率平均效应的微量变化见 10.3 中公式 (10)。考虑到最大误差, T_j 通常应处于试验环境所要求的最低与最高允许 T_j 值的中点。例如, 如果最低值是 135°C , 最高值是 175°C , 则 T_j 值可以是 155°C 。如果施加的加热功率 (P_H) 或所要求的 T_j 超过了被试器件的额定值, 则见 7.4.3.2 和 7.4.3.3; 如果未超过, 则见 7.4.4。

7.4.3.2 功率额定值

如果施加的加热功率 (P_H) 超过器件的额定值才能达到老炼筛选所要求的 T_j , 则应作下列选择:

- 减少试验环境中的散热器;
- 当相应的详细规范允许时, 可以升高环境温度 T_A , 直至达到所要求的 T_j ;
- 可以增大加热电流或功率, 但不得超过器件的电流密度容量。

7.4.3.3 宇航(JY)级器件的 T_j

当宇航级(JY)器件进行强加度稳态工作寿命试验时, T_j 可高于其手册中规定的最高允许结温, 即高于 $150^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。 T_j 值可以规定为 $225^{\circ}\text{C} \sim 275^{\circ}\text{C}$ 。但选择的试验条件不得使器件结温超过半导体材料的本征半导体温度(这种温度下被试器件不能在试验环境中作为半导体器件有效地工作)。该温度可依据本征区或二次击穿区(热产生的电子空穴对涌出接近或超过了 PN 结的本底掺杂水平)进行确定。该温度也可通过反向漏电流的明显增大来确定, 或更严重的情况如整流管的反向击穿电压 (V_{BR})、较高电压齐纳二极管的 V_Z 或晶体管的 V_{CE} 的降低(或崩塌)来观测到。对于整流管也可参见 6.5.2 b) 的要求。

7.4.4 要求的 T_j

在所有器件达到所有要求的 T_j 后, 按 7.4.3 规定施加平均功率进行老炼或寿命试验的每只器件可继续试验至所要求的小时数。

7.5 交流工作寿命(ACOL)注意事项(整流二极管)

7.5.1 概述

如果取样和自保持测试设备具有在交流工作寿命工作中所要求的正向导通半周区能测量温度敏感参数电压的同步测试能力,则也可按 7.4 中规定的类似方法进行此测试。按 7.4.2 的规定,对这种测试方法应最好提供相同的电压测试设备。对于同步测试设备,可采用一台 VF40DB 型或等效的设备。如果无同步测试能力,则应在 7.3 之后增加一个步骤,保证加热条件能够使结温达到规定值。见 7.5.2 至 7.5.5 中的规定。

7.5.2 热电偶安装

在 7.3 的老炼装置中将测试用电压监测引线连接到被试器件时,在每一根监测引线上还应焊接一条线规号为 AWG36 号的细裸铜线热电偶。该热电偶与器件本体应以零距离进行安装。该热电偶的安装不得对被试器件放入老炼或寿命试验插座产生影响。

7.5.3 热电偶使用

按 7.5.2 规定,在每只被试器件在试验环境中接受交流工作寿命功率的测试线上在最接近器件的部位也焊接一条热电偶。

7.5.4 热电偶温度

在交流工作寿命试验环境中,采用直流法将一系列被试器件中的每一只器件的结温调整所要求的 T_j ,并记录热电偶温度读数。然后采用这些热电偶读数调整 7.5.5 中的交流功率水平。

7.5.5 T_j 平均值

对采用交流工作条件的二极管施加加热功率(这些二极管采用要求的交流工作条件),同时监测热电偶温度。增大交流功率的输入,直至使 6.6.3 中测量到的热电偶温度达到 6.6.4 中的数值。记录此时每只器件所施加的交流工作功率条件。然后取这些数值的平均值,作为施加到所有器件的交流工作寿命试验的功率。

在试验环境中具有最低 V_F 或最低环境温度(T_A)部位的整流二极管,为保证达到相同的 T_j ,对于同一个给定的热电偶读数应需要最大的功率。

8 方法 C 的程序

此方法只适用于外壳安装的功率器件,这些功率器件对其老炼或寿命试验环境所要求的工作功率或电流范围远低于这些器件的额定值。这些器件的 T_j 不会明显地高于其壳温(T_C)。这种工作特征和壳温的直接测量可用于确认在老炼或试验环境中是否满足了所要求的最低结温。

9 参数计算方法

9.1 T_j 、 T_A 、 P_H 、 $R_{th(j-a)}$ 的公式

在试验环境中,结温 T_j 的观测值高出环境温度 T_A 的差值是施加的加热功率有效值(P_H)乘以结至环境所有构成的热阻,也可以采用公式(2)表示:

$$T_j = T_A + P_H \times R_{th(j-a)} \quad (2)$$

式中:

T_A ——紧靠敞开式老炼架周围的环境温度或寿命试验用对流式温箱内的环境温度;

如果在 6.4.3 或 7.4.3 中记录了 T_A ,则热阻 $R_{th(j-a)}$ 也可按公式(3)表示:

$$R_{th(j-a)} = (T_j - T_A) / P_H \quad (3)$$

9.2 热阻 $R_{th(j-p)}$ 、 $R_{th(j-c)}$ 、 $R_{th(j-ec)}$ 、 $R_{th(j-a)}$ 、 $R_{th(c-a)}$ 、 $R_{th(ec-a)}$ 的定义

热阻($R_{th(j-a)}$)是被试器件的结至引线或外壳的热阻($R_{th(j-p)}$ 或 $R_{th(j-c)}$)和从引线或外壳(试验插座)至环境的热阻($R_{th(l-a)}$ 或 $R_{th(c-a)}$)之总和。例如:

$$R_{th(j-a)} = R_{th(j-l)} + R_{th(l-a)} \quad \text{或}$$

$$R_{th(j-a)} = R_{th(j-c)} + R_{th(c-a)}$$

此公式也适用于表面安装器件, 对于这种器件可采用端帽而不是外壳。在这个例子中:

$$R_{th(j-a)} = R_{th(j-ec)} + R_{th(ec-a)}$$

则结到环境的热阻按公式(4)确定, 结到壳的热阻可按公式(5)确定, 结到二极管端帽的热阻可用公式(6)确定:

$$T_j = T_A + P_H (R_{th(j-l)} + R_{th(l-a)}) = T_L + P_H \times R_{th(j-l)} \cdots \cdots (4)$$

$$T_j = T_A + P_H (R_{th(j-c)} + R_{th(c-a)}) = T_C + P_H R_{th(j-c)} \cdots \cdots (5)$$

$$T_j = T_A + P_H (R_{th(j-ec)} + R_{th(ec-a)}) = T_{EC} + P_H \times R_{th(j-ec)} \cdots \cdots (6)$$

较早的方法是依据在试验环境中施加加热功率(P_H)的情况下所测得各部分热阻和参考点温度(T_L 、 T_C 、 T_{EC})之间的这些关系来确定 T_j 。所含误差的可能来源是, 热阻采用了最大额定值而不是采用实测值, 在寿命试验期间的较高温度下影响热阻或 K 系数的非线性特性, 及特别是在封闭的空气对流温箱中难以测量参考点温度(T_L 、 T_C 、 T_{EC})。

为了准确确定结温 T_j , 需要各部分热阻的实测值而不是最大额定值。这个差别对保证得到 6.4.3 或 7.4.3 中适用的 T_j 值是很重要的。

9.3 有效值功率随 T_L 、 T_C 或 T_{EC} 的修正

在试验环境中, 引线参考点的温度可用公式(7)计算, 外壳参考点的温度可用公式(8)计算, 端帽参考点的温度可用公式(9)计算:

$$T_L = T_A + P_H \times R_{th(l-a)} \cdots \cdots (7)$$

$$T_C = T_A + P_H \times R_{th(c-a)} \cdots \cdots (8)$$

$$T_{EC} = T_A + P_H \times R_{th(ec-a)} \cdots \cdots (9)$$

如果在相同的试验环境中(即环境温度相同, 从各部分至环境的试验插座的热阻相同), 那么按公式(7)、公式(8)和公式(9)可观测到对这些器件所施加的有效值功率应是相同的。此特性可用于确定在 6.6 和 7.5 中规定的不同功率状态下的等效加热功率(P_H)水平。当相同的等效加热功率水平施加到处于相同 T_L 、 T_C 或 T_{EC} 下具有相同热阻且结构相同的器件时, 则按公式(4)、公式(5)和公式(6)所示, 得到的 T_j 是相同的。

10 公差要求

10.1 可重复的 T_j 值

在相同的热试验环境中, 被试器件按 9.1 和公式规定经过验证, 若此方法核实结温(T_j)是相同的(在允许的公差之内), 则对进行老炼和寿命试验的每一批器件可不要重复本程序。这种状态在同一个试验环境中, 即在环境温度 T_A 、散热器效应($R_{th(l-a)}$ 、 $R_{th(c-a)}$ 或 $R_{th(ec-a)}$)及各部分的热阻($R_{th(j-l)}$ 、 $R_{th(j-c)}$ 或 $R_{th(j-ec)}$)均相同的情况下才会出现。这些状态提供了相同的有效热阻 $R_{th(j-a)}$, 和按 9.2 验证的相同 T_j 值。 $R_{th(j-a)}$ 值按 10.2 规定进行测定。

10.2 有效热阻

试验环境的 $R_{th(j-a)}$ 可对器件或被试器件, 按 6.4.3 或 7.4.3 中记录的 P_H 、环境温度(T_A)和结温(T_j), 采用 9.1 中的公式(3)进行确定。而对于相同试验环境和产品的 $R_{th(j-a)}$, 当在施加的加热功率水平(P_H)或环境温度(T_A)条件下需要时, 可用于确定其他所要求的 T_j 值。

10.3 平均功率

为了得到相同的温度敏感参数或 T_j , 6.4.3 或 7.4.3 的试验环境选择了一个数值的平均功率水平(P_H); 对于全部数量中的各被试器件, 当这个平均功率均存在着小量的功率偏差 ΔP_H 。作为结果, 在采用典型

的功率源和接线装置连续进行 6.4.4 或 7.4.4 规定的老炼或寿命试验时, 也会出现结温的微小偏差 ΔT_j 。此 ΔT_j 也可由公式 (2) 转化为下列公式 (10) 进行确定。

$$\Delta T_j = T_A + \Delta P_H \times R_{th(j-a)} \dots \dots \dots (10)$$

6.4.3 或 7.4.3 中 T_j 公差的问题是值得考虑的, 因为在采用典型的功率源和接线装置在连续进行 6.4.4 或 7.4.4 规定的老炼或寿命时, 对所有每只器件施加的工作电流或功率条件是相同的。这些微小的 T_j 偏差可能是由于插座和部分热阻的小量偏差所引起的, 也可能是由于每只被试器件放置在试验环境中的不同部位而紧靠其周围环境温度的显著偏差所引起的。



方法 3103 绝缘栅双极型晶体管热阻抗测试

1 目的

本方法的目的是测量绝缘栅双极型晶体管 (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, 本方法用于测量结对加热脉冲的热响应。本方法用来测量直流热阻, 并保证芯片正确地安装到管壳。

2 设备与要求

2.1 热电偶

测量壳温的热电偶处于规定的基准点上。建议将基准点安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测量误差应为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。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。

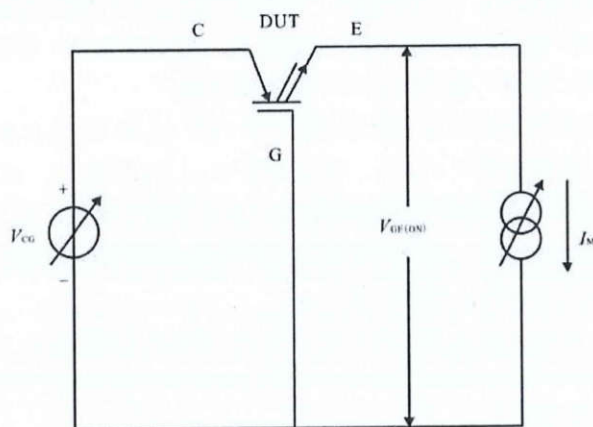
2.2 环境

温度可控的环境, 该环境应能保证在器件校准过程中将器件的壳温维持在推荐的测量 K 系数的温度 ($23^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 的范围内) $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的范围内。

2.3 K 系数校准装置

图 1 所示为 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 $V_{\text{GE(ON)}}$ 。推荐使用温度可控循环流体槽。电流源必须能够提供测量误差为 $\pm 2\%$ 的 I_{M} 。调整电压源 V_{CG} 以提供测量误差为 $\pm 2\%$ 的 V_{GE} 。

$V_{\text{GE(ON)}}$ 的电压测量使用 1mV 分辨率的伏特计。器件至电流源的引线直径应足以传送测量电流 (电流小于 100mA 的情况下, 通常使用线径为 0.71mm 的多股线)。

图 1 K 系数校准装置

2.4 热阻抗测试方法

2.4.1 通则

实际的热测试有两种方法, 即共栅法或共发射极法。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。N 沟道增强型器件的热阻抗测量见图 2。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。

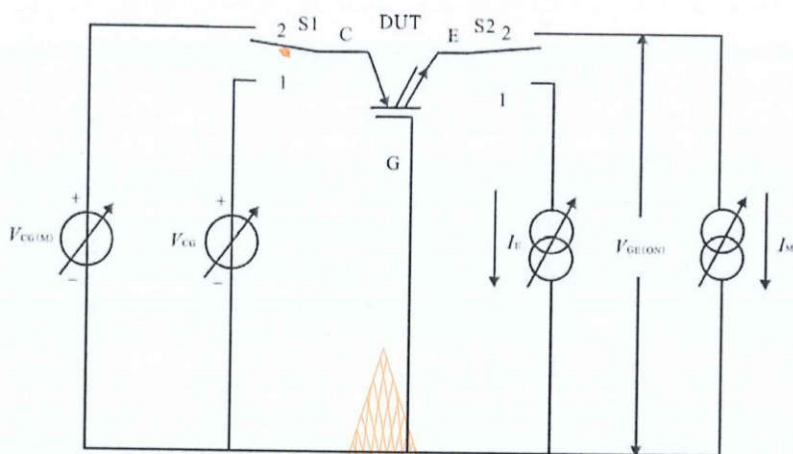


图2 共栅极热阻抗测试电路

2.4.2 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。

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_M 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 $V_{CG(M)}$ ，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 $V_{CG(M)}$ 和 I_M 值必须与 K 系数校准中所用的值相同。图4和图5给出了用三个测试阶段相关的波形。

2.4.3 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。

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 P_H “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 $V_{GE(M)}$ ，必须调整 $V_{GE(M)}$ 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4和图5给出了用三个测试阶段相关的波形。

t_{MD} 值与测量准确度紧密相关，为保证测量可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} 规定中包括了采样和保持窗口时间 t_{sw} 。

注：如果 V_{CE} 值至少是10倍的 $V_{GE(ON)}$ 值，可以修改共栅和共发射极热测量电路，以便在测量和加热期间施加 V_{CE} 。

另外，可以修改共栅电路，以便连续施加 I_M ，只要 I_M 电流源能调整到要求的加热电流值。

2.5 取样保持伏特计或示波器

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。

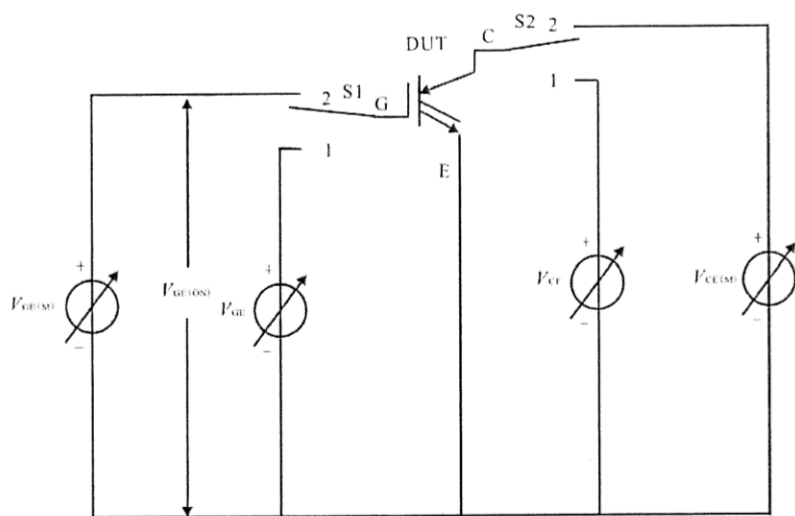


图3 共发射极热阻抗测试电路

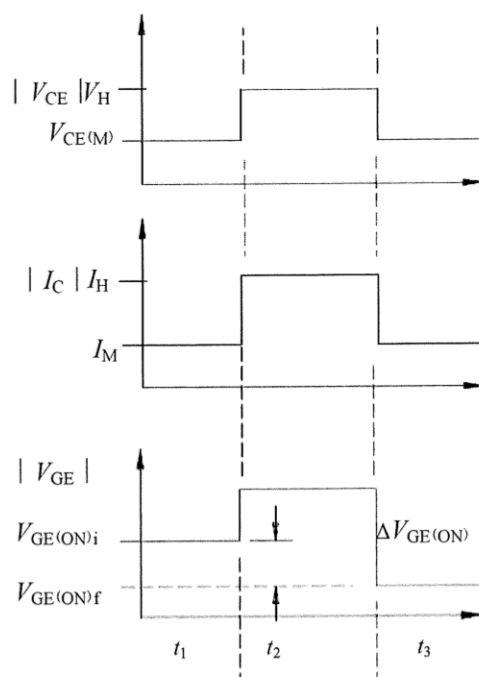
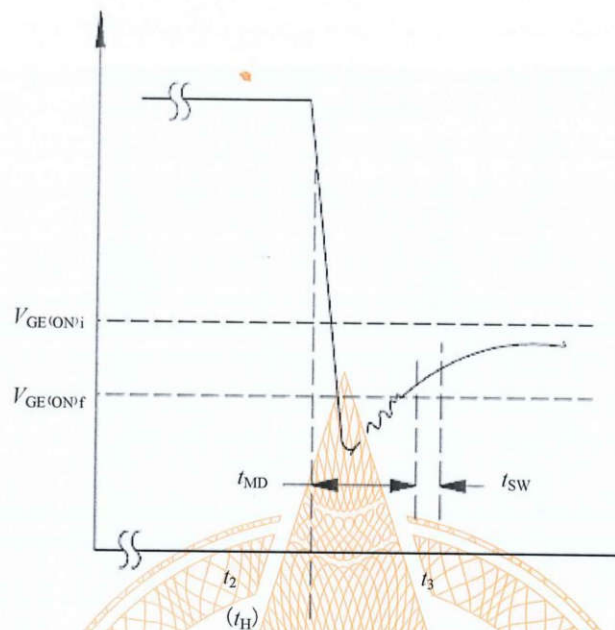


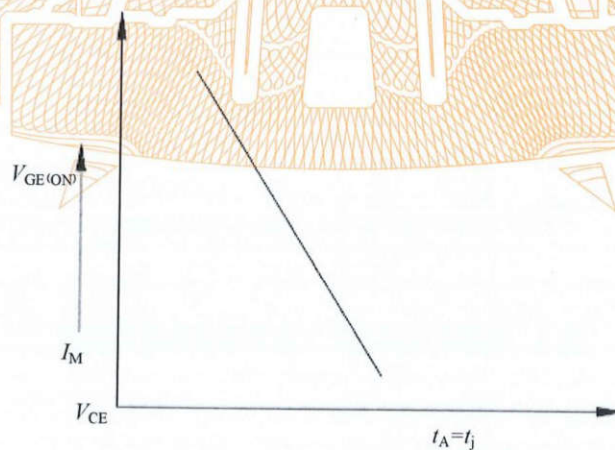
图4 热瞬态测试的三个阶段期间的器件波形

图5 第二 V_{GE} 测量波形

3 温度敏感参数的测量

3.1 通则

当用外部加热来改变散热器温度和该被测器件温度时,在要求的 V_{CE} 和 I_M 值下, $V_{GE(ON)}$ 与 T_j 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, $V_{GE(ON)}$ 是线性下降的函数。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 6 为校准曲线示例。

图6 $V_{GE(ON)}$ 与 T_j 关系的实例曲线

3.2 K 系数的确定

K 系数可以按公式(1)确定(K 系数是 VTC 的倒数,或是图 6 中曲线的斜率,单位为 K/mV):

$$K = \frac{1}{VTC} = \left| \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{GE(on)1} - V_{GE(on)2}} \right| \dots\dots\dots (1)$$

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 个~12 个样品上完成 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 K ,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。

当为保证在给定批中正确的芯片粘附而进行筛选时,则不要求这个校准步骤,例如一个承制方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 GB/T 7581-1987 规定的 A3-01B 型封装, t_H 应是 10ms;对 GB/T 7581-1987 规定的 B2-01B 型封装, t_H 应是 100ms)。

4 校定

4.1 通则

K 系数必须按第 3 章中所述的程序确定。

4.2 基准点温度

通常选基准点直接在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(对其他封装类型)。必须规定基准温度点的位置,并在初步测试期间,使用 2.1 中规定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热器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,则不要求测量温度来监视、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。

4.3 热测量顺序

应按以下顺序进行测量:

a) 在功率脉冲以前

- 1) 确立基准点的温度 T_{xi} ;
- 2) 施加测量电压 V_{CE} ;
- 3) 施加测量电流 I_M ;
- 4) 测量栅极-发射极开态电压 $V_{GE(ON)i}$ (初始结温测量)。

b) 加热脉冲参数

- 1) 施加集电极-发射极加热电压 V_H ;
- 2) 通过调整栅极-发射极电压,施加所需的集电极加热电流 I_H ;
- 3) 使加热条件保持所需的加热脉冲时间 t_H ;
- 4) 在加热脉冲持续时间的终点,测量基准点温度 T_{xf} 。如果 t_H 值符合 4.2 中规定的要求,则不再要求测量 T_x 。

c) 在功率脉冲之后测量

- 1) 施加测量电流 I_M ;
- 2) 施加测量电压 V_{GE} ;
- 3) 测量栅极-发射极开态电压 $V_{GE(on)f}$ (最后的结温测量);
- 4) 从功率脉冲的终点到利用图 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。

4.4 计算热阻抗

按公式(2)计算热阻抗值 Z_{thjX} :

$$Z_{th(j-X)} = \Delta T_j / P_H = | K(V_{GE(on)f} - V_{GE(on)i}) / (I_H V_H) | \dots\dots\dots (2)$$

如果 T_{Xf} 比 T_{Xi} 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量, 如果 t_H 值满足 4.2 中叙述的要求, 则不再要求 T_X 测量。

该热阻抗的分量按公式(3)计算:

$$Z_{th(X-Hs)} = \Delta T_X / P_H = (T_{Xf} - T_{Xi}) / (I_H V_H) \quad (3)$$

如果使用冷却介质或散热器, 则按公式(4)计算:

$$Z_{th(j-X)}(\text{校正值}) = Z_{th(j-X)}(\text{计算值}) - Z_{th(X-Hs)} \quad (4)$$

对芯片粘附的评价(见 3.2), 不需要这最后的步骤。

5 规定并记录测试条件和测量

5.1 K 系数校准

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(正常值为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), $^{\circ}\text{C}$;
- 最后结温(正常值为 $100^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$), $^{\circ}\text{C}$ 。

记录下列数值:

- 初始 $V_{GE(on)}$ 电压, V;
- 最后 $V_{GE(on)}$ 电压, V。

按公式(5)计算 K 系数:

$$K = \left| \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{GE(on)1} - V_{GE(on)2}} \right| \quad (5)$$

对芯片粘附的评价, 可以不要这一步骤(见 3.2)。

5.2 热阻抗测量

规定下列测试条件:

- I_M : 测量电流(必须与 K 系数校准所用的相同), mA;
- V_{CE} : 测量电压(必须与 K 系数校准所用的相同), V;
- I_H : 加热电流, A;
- V_H : 集电极-发射极加热电压, V;
- t_H : 加热时间, s;
- t_{MD} : 测量时间延迟, μs ;
- 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。

记录下列数据:

- T_{Xi} : 初始基准温度, $^{\circ}\text{C}$ 。
- T_{Xf} : 最后基准温度, $^{\circ}\text{C}$ 。
- $V_{CE(on)}$ 数据: $\Delta V_{GE(on)}$, mV。
- $V_{GE(on)}$ 数据:
 - $V_{GE(on)i}$: 初始栅极-发射极电压, V;
 - $V_{GE(on)f}$: 最后栅极-发射极电压, V。

如果 t_H 值满足 4.2 中规定的要求, 则不再要求测量 T_X 。

用 4.4 中给出的程序和公式计算热阻抗。

5.3 筛选时 $V_{GE(on)}$ 测量

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 。

注: 通常选择 I_H 和 V_H 值等于或大于热阻抗测量所用的值。

将下列数据与规定的极限相比较。

- a) $V_{GE(on)}$ 数据, 包括:
 - 1) $V_{GE(on)i}$: 初始栅极-发射极电压, V;
 - 2) $V_{GE(on)f}$: 最后栅极-发射极电压, V。
- b) $\Delta V_{GE(on)}$ 数据, mV。

如果 K 系数产生的标准偏差大于 K 平均值的 3%, 则应选择按公式 (6) 计算 ΔT_j 。

$$\Delta T_j = K(\Delta V_{GE(on)}) \cdots \cdots \cdots (6)$$

方法 3104 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-源二极管正向电压的温度敏感性作为结温指示计。本方法适用于完整封装的器件。

2 设备

2.1 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测量误差应为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

2.2 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($23^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$)范围内,偏差在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 之内。

2.3 K 系数测定装置

K 系数测定装置如图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1V~2V的电压范围。 V_{GSf} 的电压测量应达到1mV的分辨能力。

2.4 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。

2.5 测试电路

电路如图2所示,该电路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_D 值以获得与加热功率 P_H 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_D 电源,并能在加热时间之前和之后分别测量 $V_{GSf(1)}$ 和 $V_{GSf(2)}$ 。

图3给出了三个测试段组成的波形。

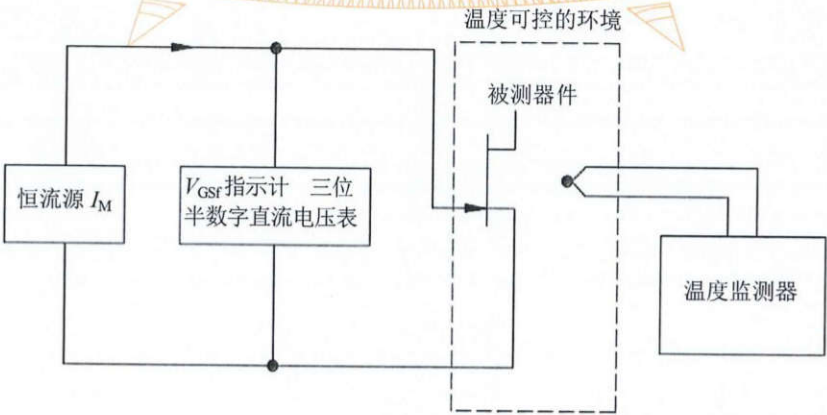


图1 K 系数测定装置

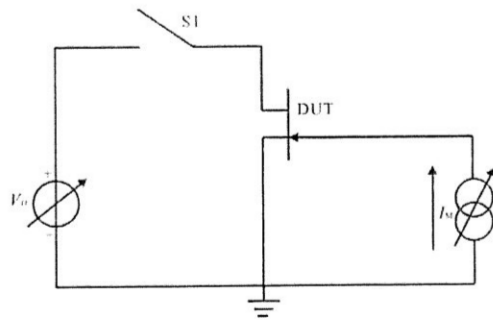


图 2 热阻测试电路(恒流正偏栅极电压法)

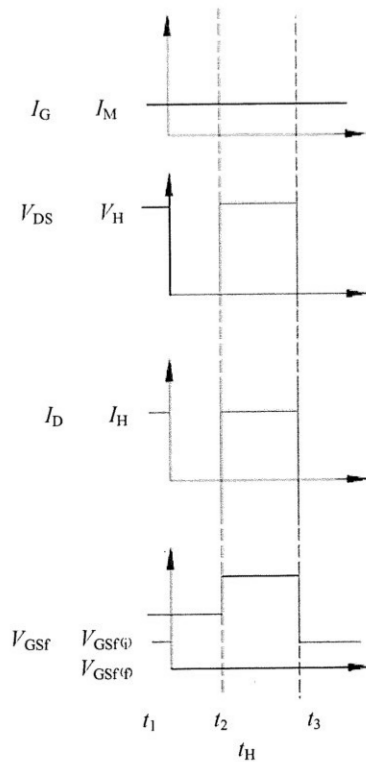


图 3 热阻测试的三个时间段的器件波形

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，以保证测量的可重复性。测量延迟时间(t_{MD})的定义由图 4 的波形描述。

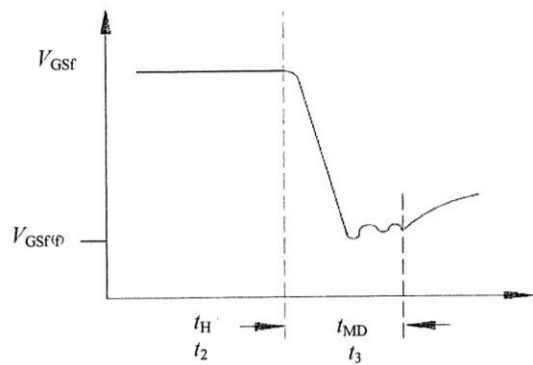


图 4 第二个 V_{GSf} 的测量波形

2.6 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 、 $V_{GSr(\bar{p})}$ 和 $V_{GSr(\bar{p})}$ 。测量 V_{GSr} 应有 1mV 的分辨能力。图 2 中所示电路适用于 N 沟道的器件,通过反转电压和电流的极性,该电流也可用于 P 沟道器件。

3 温度敏感参数 V_{GSr} 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_{GSr} 来确定 V_{GSr} 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_{GSr} 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 5 所示曲线为实例。

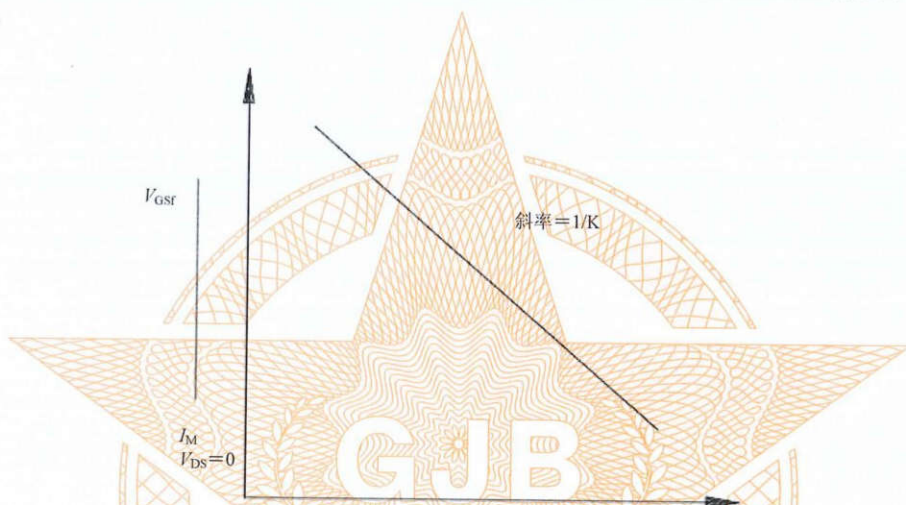


图 5 V_{GSr} 与 T_j 关系的曲线实例

K 因子可以按公式(1)确定(K 是图 5 中曲线斜率的倒数),单位为 K/mV。

$$K = \left| \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{GSr1} - V_{GSr2}} \right| \quad (1)$$

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 片~12 片样品上完成 K 系数校准,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准 K ,并应在热阻计算中使用各自的 K 值。

4 测试程序

4.1 K 系数校准

K 系数应按第 3 章规定的程序确定。

4.2 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 2.1 中规定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_{Xr} 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。

4.3 热测量

应按下列顺序进行测试。

- a) 在功率脉冲以前:
 - 1) 确立基准点温度 (T_{Xi});
 - 2) 施加测量电流 (I_M);
 - 3) 测量栅-源电压降 ($V_{GS(f)}$) (初始结温测量)。
- b) 加热脉冲:
 - 1) 维持测量电流 (I_M);
 - 2) 施加漏-源加热电压 (V_H);
 - 3) 测量漏极加热电流 (I_H);
 - 4) 使加热条件保持要求的加热脉冲宽度 (t_H);
 - 5) 在加热脉冲宽度的终点, 测量基准点温度 (T_{Xf})。
- c) 在功率脉冲之后:
 - 1) 维持测量电流 (I_M);
 - 2) 测量栅-源电压降 ($V_{GS(f)}$) (最后结温测量);
 - 3) 确定从功率脉冲的终点到图 4 波形定义的 $V_{GS(f)}$ 测量完成时的时间延迟。

4.4 热阻计算

按公式(2)计算热阻值 $R_{th(j-X)}$:

$$R_{th(j-X)} = \Delta T_j / P_H = K \mid (V_{GE(on)f} - V_{GE(on)i}) / (I_H V_H) \mid \dots \dots \dots (2)$$

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流通路的热阻分量。该热阻的分量按公式(3)计算:

$$R_{th(X-Hs)} = \Delta T_X / P_H = (T_{Xf} - T_{Xi}) / (I_H V_H) \dots \dots \dots (3)$$

式中:

$R_{th(X-Hs)}$ ——参考点到冷却介质或散热器的稳态热阻。

按公式(4)计算 $R_{th(j-X)}$ (校正值):

$$R_{th(j-X)} \text{ (校正值)} = R_{th(j-X)} \text{ (计算值)} - R_{th(X-Hs)} \dots \dots \dots (4)$$

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 $R_{th(j-X)}$ 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(5)。

$$R_{th(j-X)} \text{ (校正值)} = R_{th(j-X)} \text{ (计算值)} + \mid [R_{th(j-X)2} - R_{th(j-X)1}] / (t_{MD1}^{1/2} - t_{MD2}^{1/2}) \mid t_{MD1}^{1/2} \dots \dots \dots (5)$$

$t_{MH1} > t_{MD2}$, 但一般不应超过 100 μ s。

5 应规定并记录的试验条件和测量结果

5.1 K 系数校准

5.1.1 规定下列测试条件:

- a) I_M 电流量值(电流值见详细规范), mA;
- b) 初始结温(正常值 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$), $^\circ\text{C}$;
- c) 最后给温(正常值 $100^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$), $^\circ\text{C}$ 。

5.1.2 记录下列数据:

- a) 初始 $V_{GE(f)}$ 电压, mV;
- b) 最后 $V_{GE(f)}$ 电压, mV。

5.1.3 按公式(6)计算 K 系数, 单位为 K/mV。

$$K = \left| \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{GSf1} - V_{GSf2}} \right| \dots\dots\dots (6)$$

5.2 热阻抗测量

5.2.1 测试条件

应规定下列测试条件:

- I_M : 测量电流(必须与 K 系数校准所用的相同), mA;
- V_H : 漏-源加热电压, V;
- t_H : 加热时间, s;
- t_{MD} : 测量延迟时间, μ s;
- 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 P_H 近似等于器件额定功率耗散 2/3 的 I_H 值。

5.2.2 记录的数据

应记录下列数据:

- T_{Xi} : 初始基准温度, $^{\circ}$ C。
- T_{Xf} : 最后基准温度, $^{\circ}$ C。
- I_H : 加热期间的电流, A。
- V_{GSf} 数据:
 - $V_{GSf(i)}$: 初始栅-源电压, V;
 - $V_{GSf(f)}$: 最后栅-源电压, V。
- $R_{th(j-x)}$ 数据: $R_{th(j-x)}$, K/W。

如果满足 4.2 中规定的要求, 则 $T_{Xf} - T_{Xi} \leq 5K$, 则不再要求测量 T_X 。

5.2.3 热阻抗计算

用 5.2.2 中记录的数据和 4.4 中规定的程序和公式计算热阻抗。

5.3 用于筛选的 ΔV_{GSf} 测量

5.3.1 测试条件

应规定下列测试条件:

- I_M : 测量电流, mA;
- V_H : 漏-源加热电压, V;
- t_H : 加热时间, μ s;
- t_{MD} : 测量延迟时间, μ s;
- t_{SW} : 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 P_H 等于或大于热阻抗测量使用的值。

5.3.2 规范的极限

5.3.2.1 通则

将下列数据的一个或几个与规定的极限相比较。

5.3.2.2 ΔV_{GSf} 数据

应提供 ΔV_{GSf} 数据, 单位为 mV。

5.3.2.3 V_{GSf} 数据

应提供下列数据:

- $V_{GSf(i)}$ 初始栅-源电压, V;
- $V_{GSf(f)}$ 最后栅-源电压, V。

计算 ΔV_{GSf} , mV。

5.3.2.4 ΔT_j 数据

如果 K 系数(见第 3 章和 5.1)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, 则应按公式(7)计算 ΔT_j , 单位为 K 。测试设备可能直接提供 ΔT_j 的计算值。

$$\Delta T_j = K(\Delta V_{GSF}) \cdots \cdots \cdots (7)$$

5.3.2.5 CU 数据

如果 K 系数(见第 3 章和 5.1)的标准偏差小于 K 平均值的 3%, 以及各器件之间 I_H 的变化相对较大, 则应按公式(8)计算 CU(CU 为比较单位), 单位为 mV/A。测试设备可能直接提供 CU 的计算值。

$$CU = \Delta V_{GSF} / I_H \cdots \cdots \cdots (8)$$

方法 3161 绝缘栅功率场效应晶体管热阻抗测试(变量源-漏电压法)

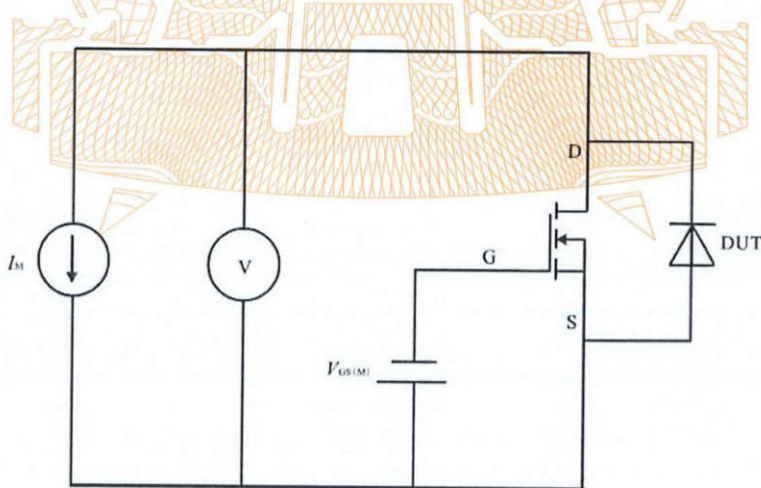
1 目的

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对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。

2 设备

本测试要求适用于规定的试验程序的下述设备:

- 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 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。正确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。
- 温度可控的环境,该环境应能保证在器件校准过程中将器件的壳温维持在推荐的测量 K 系数的温度($23^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的范围内) $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的范围内。
- 图 1 所示,用 K 系数校准装置,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 $-1\text{V}\sim -5\text{V}$ 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 Kelvin 接触和具有 1mV 分辨率的伏特计进行。器件至电流源的引线直径应足以传送测量电流(电流小于 100 mA 的情况下,通常使用线径为 0.71mm 的多股线)。

图 1 K 系数校准装置

- 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 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。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。调整 V_G 和 V_D 值,以达到 PH“加热”条件的 I_D 和 V_{DS} 的要求值。为了测量被测器件的初始值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 正常工作器件所使用的电压极性相反。图 3 和图 4 给出了使用三个测试段相组合的波形。

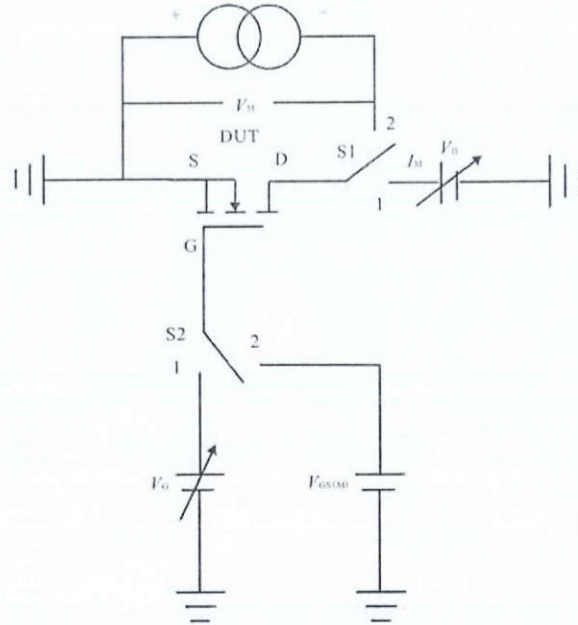


图 2 热阻抗测试电路

- 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_{SD} 的精度应在 5mV 之内或 $(V_{SDi} - V_{SDf})$ 的 5% 之内, 取较小者。

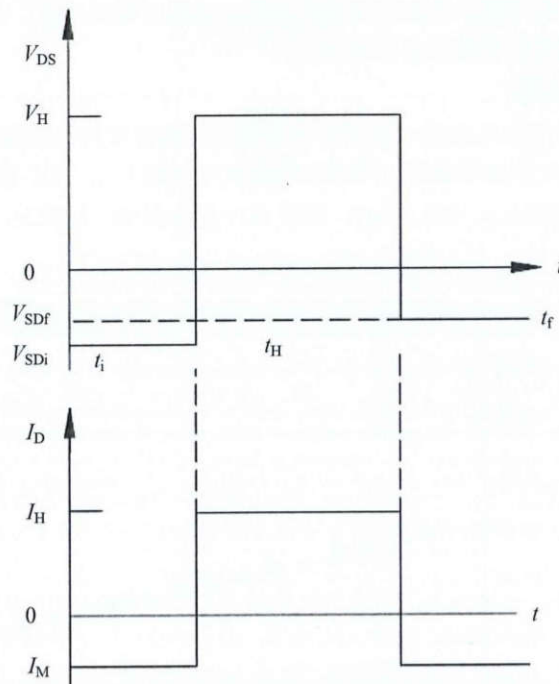
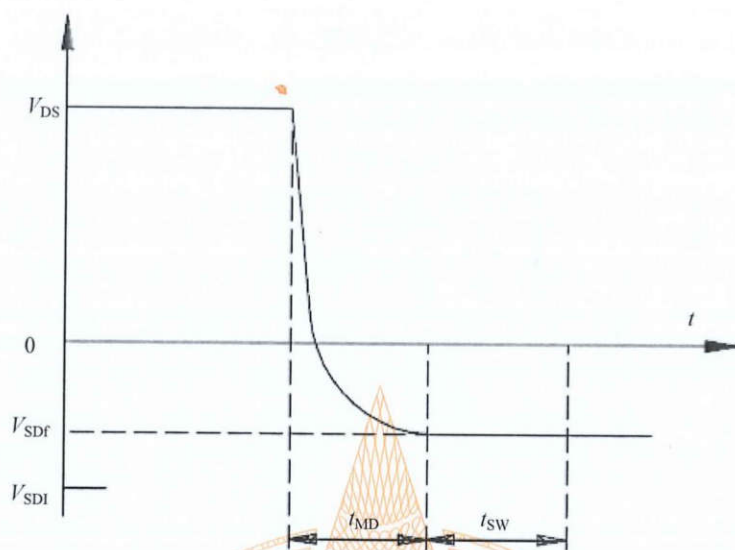


图 3 热阻抗测试中的三个阶段的器件波形

图4 第二个 V_{SD} 测量波形

3 温度敏感参数的测量

3.1 通则

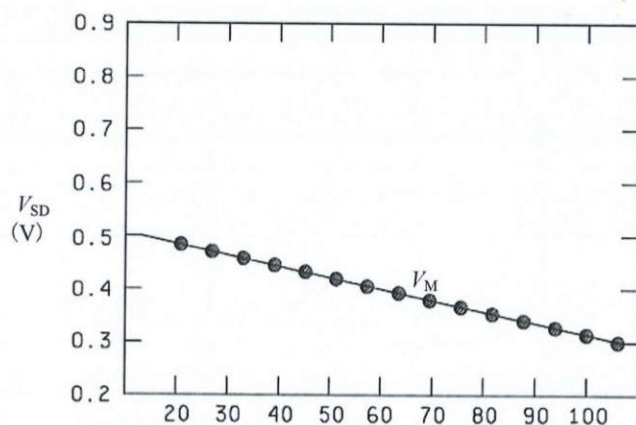
对于由外部加热来改变散热器温度(和该被测器件温度)的 I_M 的要求值, 要求的 V_{SD} 与 T_j 关系的核准由监测 V_{SD} 来完成。选择 I_M 的幅值, 以便在功率脉冲期间, 在要求的 T_j 范围内, V_{SD} 呈线性下降的函数。 I_M 必须足够大, 以保证源-漏结导通, 但不能大到足以引起任何明显的自热。此值正常的应是 10mA (对小功率器件) 和达 100mA (对大功率器件)。 $V_{SG(M)}$ 值必须足够大, 以消除来自控制被测器件的栅极的影响。其典型值在 1V~5V 范围内。校准曲线的示例在图 5 中给出。

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} 。

3.2 芯片粘附完整性的测量

为保证在同一承制方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。在这种情况下, 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 $Z_{th(j-x)}$ 。(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)。

3.3 校准系数 K

图5 V_{SD} 与 T_j 关系曲线示例

K 系数可以按公式(1)确定(K 系数是 V_{TC} 的倒数,或是图 4 中曲线的斜率),单位为 K/mV 。

$$K = \frac{1}{V_{TC}} = \frac{T_{j1} - T_{j2}}{V_{SD1} - V_{SD2}} \quad (1)$$

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 片~12 片样品上完成 K 系数校准,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准 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 校准

K 系数必须按第 3 章所述的程序确定,但 3.2 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(对其他封装类型)。必须规定基准温度点的位置,并在初步测试期间使用第 2 章 a)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 10ms ~ 500ms 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:

- 1) 确立基准点温度 T_{Xi} ;
- 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_{SDi} (初始结温测量)。

b) 加热脉冲参数:

- 1) 施加漏-源加热电压 V_H ;
- 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 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

按公式(2)计算热阻抗值 Z_{thXj} (单位为 K/W):

$$Z_{th(j-X)} = \Delta T_j / P_H = |K(V_{GE(on)f} - V_{GE(on)i}) / (I_H V_H)| \quad (2)$$

如果 T_{Xf} 比 T_{Xi} 大 5°C ,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_X 。

该热阻抗的分量按公式(3)计算:

$$Z_{th(X-Hs)} = \Delta T_X / P_H = (T_{Xf} - T_{Xi}) / (I_H V_H) \dots\dots\dots (3)$$

如果使用冷却介质或散热器, 则按公式(4)计算:

$$Z_{th(j-X)}(\text{校正值}) = Z_{th(j-X)}(\text{计算值}) - Z_{th(X-Hs)} \dots\dots\dots (4)$$

对芯片粘附的评价(见 3.2), 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 系数校准

5.1.1 条件数据

规定下列测试条件:

- 测量电流 I_M (见详细规范);
- 栅-源电压 $V_{GS(M)}$ (在 $0V \sim -6V$ 的范围内);
- 初始结温 T_{ji} : $25^\circ C \pm 5^\circ C$;
- 最后结温 T_{jf} : $100^\circ C \pm 10^\circ C$ 。

5.1.2 数据

记录下列数据:

- 初始 V_{SD} 电压;
- 最后 V_{SD} 电压。

5.1.3 计算数据

按公式(5)计算 K 系数:

$$K = \frac{(T_{j1} - T_{j2})}{|V_{SD1} - V_{SD2}|} \dots\dots\dots (5)$$

5.1.4 芯片粘附程序

对芯片粘附的评价(见第 3.2), 可以不要 K 系数的校准(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:

- 测量电流 I_M (必须与 K 系数校准所用的相同);
- 漏极加热电流 I_H ;
- 加热时间 t_H ;
- 漏-源加热电压 V_H ;
- 测量延迟时间 t_{MD} ;
- 取样和保持窗口时间 t_{SW} ;
- 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:

- 初始基准温度 T_{Xi} ;
- 最后基准温度 T_{Xf} ;
- 如果 T_H 值满足 4.2 的要求, 则不要求测量 T_X ;
- 使用 4.4 中的程序和公式计算热阻抗;

- e) 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

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, 以保证从器件的结至符合第 2 章 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 3.2 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:

- 测量电流 I_M ;
- 漏极加热电流 I_H ;
- 加热时间 t_H ;
- 漏-源加热电压 V_H ;
- 测量延迟时间 t_{MD} ;
- 取样和保持窗口时间 t_{SW} ;
- 栅-源电压 $V_{GS(M)}$ (必须与 K 系数校准所用的相同)。

注: 通常选择 I_H 和 V_H 值等于或大于为热阻抗测量所使用的值。

5.3.2 规定的极限

5.3.2.1 通则

将下列数据与规定的极限相比较。

5.3.2.2 ΔV_{SD} 数据

与 5.2.2 e) 相同; 如果 K 系数产生的 σ 大于 K 平均值的 3% (见第 3 章和 5.1), 为了比较或筛选, 可选择按公式 (6) 计算 ΔT_j , 单位为 K。

$$\Delta T_j = K(\Delta V_{SD}) \cdots \cdots \cdots (6)$$

6 说明

有关的文件应规定以下内容:

热阻抗的测量, 应规定以下细节:

- 测量电流 I_M ;
- 漏极加热电流 I_H ;
- 加热时间 t_H ;
- 漏-源加热电压 V_H ;
- 测量延迟时间 t_{MD} ;
- 取样和保持窗口时间 t_{SW} 。

热响应 ΔV_{SD} 的测量, 规定下列测试条件:

- 测量电流 I_M ;
- 漏极加热电流 I_H ;
- 加热时间 t_H ;
- 漏-源加热电压 V_H ;
- 测量延迟时间 t_{MD} ;
- 取样和保持窗口时间 t_{SW} 。

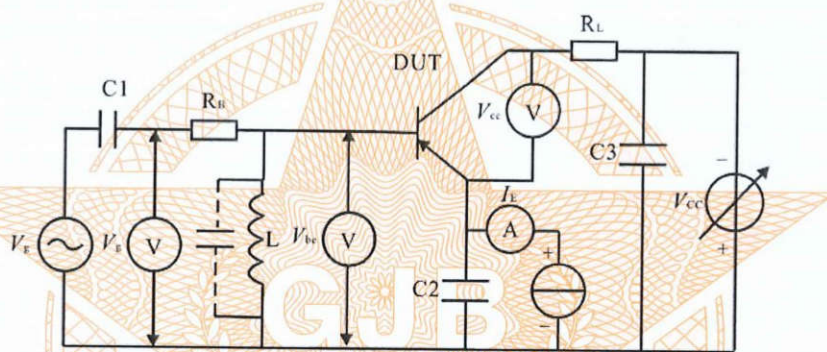
方法 3201 小信号短路输入阻抗

1 目的

本测试的目的是测量器件在规定条件下的输入阻抗。

2 测试电路

测试电路见图 1, 所示电路和程序是对共发射极组态而言。对其他情况的测试, 电路和程序应作相应改变。



所示偏置电路仅是为了说明, 可采用其他稳定偏置电路(见第 3 章)。

图 1 小信号短路输入阻抗测试电路

3 程序

为了有效地耦合和旁路测试信号, 电容 \$C1\$、\$C2\$ 和 \$C3\$ 在测试频率下应呈现短路。电感 \$L\$ 在测试频率下应与电容调谐, 其合成阻抗应比 \$h_{ie}\$ 大。\$R_L\$ 与器件输出阻抗相比应为短路。将 \$I_E\$ 和 \$V_{CE}\$ 调至规定值, 用高阻交流电压表测量 \$V_g\$ 和 \$V_{be}\$, 则按公式(1)计算小信号短路输入阻抗。

$$h_{ie} = \frac{V_{be}}{I_b} \dots\dots\dots (1)$$

式中, \$I_b\$ 按公式(2)计算:

$$I_b = \frac{V_g - V_{be}}{R_B} \dots\dots\dots (2)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试频率(见第 3 章);
- b) 测试电压和电流(见第 3 章);
- c) 被测参数。

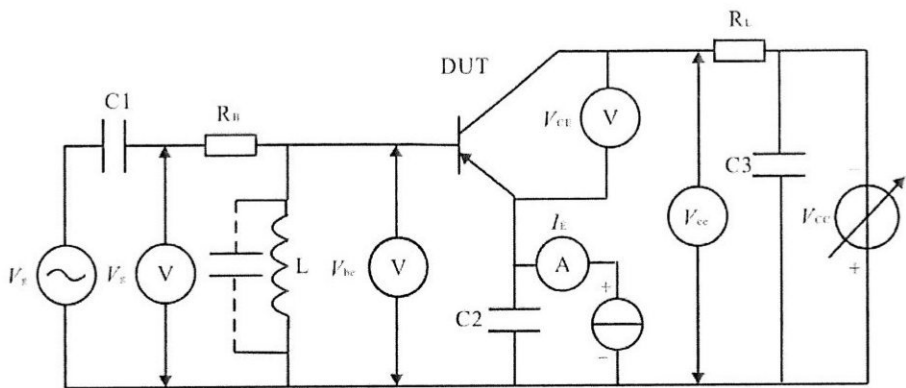
方法 3206 小信号短路正向电流传输比

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的正向电流传输比。

2 测试电路

测试电路见图 1，所示电路和程序仅对共发射极组态而言。对于其他情况，电路和程序应作相应改变。



所示偏置电路仅是为了说明，可采用其他稳定偏置电路(见第 3 章)。

图 1 小信号短路正向电流传输比测试电路

3 程序

为了有效地耦合和旁路测试信号，电容 C1、C2 和 C3 在测试频率下应呈现短路。电感 L 应在测试频率下与电容调谐，其合成阻抗应比 h_{ie} 大。 R_L 与被测器件的输出阻抗相比较，应为短路。将 I_E 和 V_{CE} 调至规定值后，用高阻交流电压表测量 V_g 、 V_{be} 和 V_{ce} ，则按公式(1)计算小信号短路正向电流传输比。

$$h_{fe} = \frac{I_c}{I_b} \dots\dots\dots (1)$$

式中， I_c 、 I_b 按公式(2)、公式(3)计算：

$$I_c = \frac{V_{ce}}{R_L} \dots\dots\dots (2)$$

$$I_b = \frac{V_g - V_{be}}{R_B} \dots\dots\dots (3)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试频率(见第 3 章)；
- b) 测试电压和电流(见第 3 章)；
- c) 被测参数。

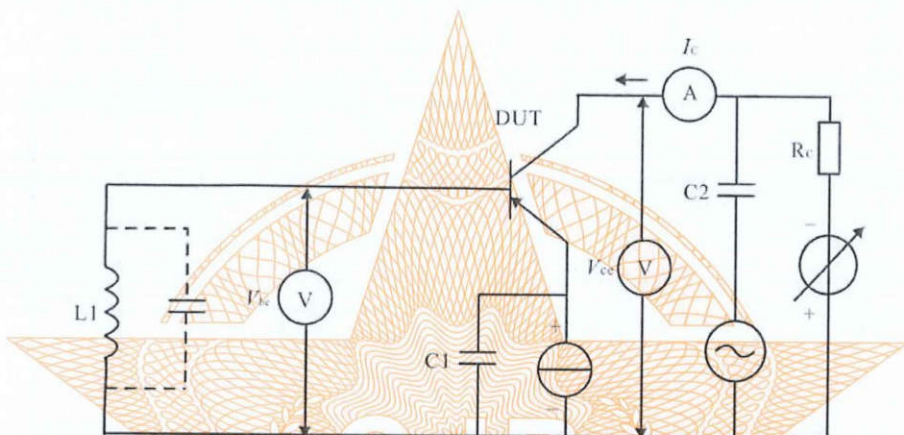
方法 3211 小信号开路反向电压传输比

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的反向电压传输比。

2 测试电路

测试电路见图 1，所示电路和程序是对共发射极组态而言。对于其他情况，电路和程序应作相应的改变。



所示偏置电路仅是为了说明，可采用其他稳定偏置电路(见第 3 章)。

图 1 小信号开路反向电压传输比测试电路

3 程序

电感 L1 应在测试频率下与电容调谐，其组合阻抗应比 h_{ie} 大。为了有效地耦合和旁路测试信号，电容 C1 和 C2 应在测试频率下呈现短路。测量 V_{be} 和 V_{ce} 的电压表应为高阻电压表。因此，在施加规定的测试电压和电流后，按公式(1)测得：

$$h_{re} = \frac{V_{be}}{V_{ce}} \quad (1)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- 测试频率(见第 3 章)；
- 测试电压和电流(见第 3 章)；
- 被测参数。

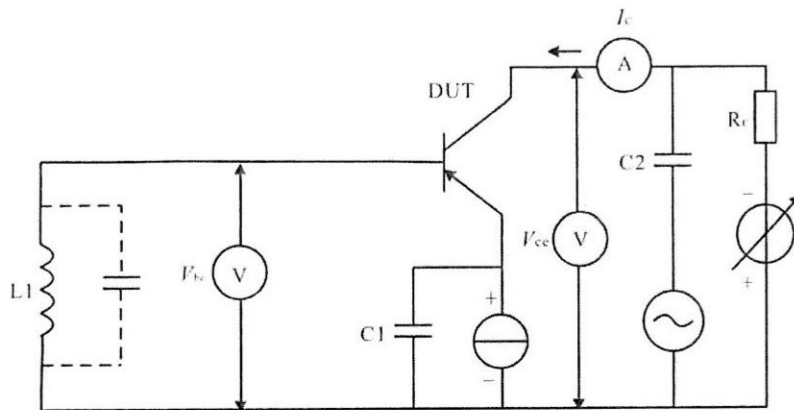
方法 3216 小信号开路输出导纳

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的输出导纳。

2 测试电路

测试电路见图 1，所示电路和程序是对共发射极组态而言，对于其他情况，电路和程序应作相应改变。



所示偏置电路仅是为了说明，可采用其他稳定偏置电路(见第 3 章)。

图 1 小信号开路输出导纳测试电路

3 程序

电感 L1 应在测试频率下与电容调谐，其合成阻抗应比 h_{ie} 大。电容 C1 和 C2 在测试频率下应呈现短路，以便有效地耦合和旁路测试信号。测试 V_{BE} 和 V_{CE} 的电压表应为高阻电压表。则按公式(1)计算：

$$h_{oe} = \frac{I_c}{V_{ce}} \dots\dots\dots (1)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电压和电流(见第 3 章)；
- b) 测试频率(见第 3 章)；
- c) 被测参数。

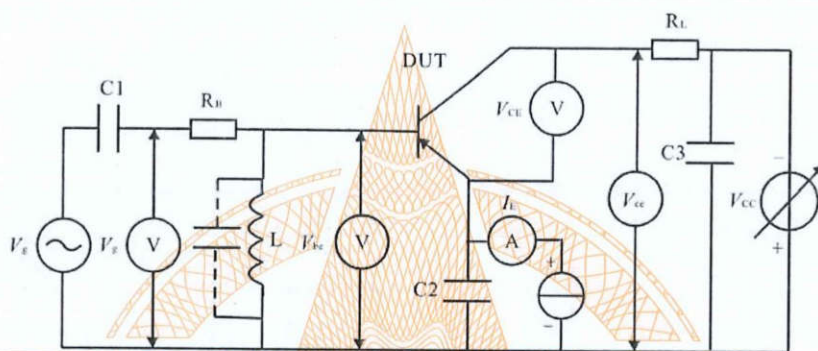
方法 3221 小信号短路输入导纳

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量被测器件的输入导纳。

2 测试电路

测试电路见图 1。所示电路和程序是对共发射极组态而言。对于其他情况，电路和程序应作相应改变。



所示偏置电路仅是为了说明，可采用其他稳定偏置电路(见第 3 章)。

图 1 小信号短路输入导纳测试电路

3 程序

电容 $C1$ 、 $C2$ 和 $C3$ 应在测试频率下呈现短路，以便有效地耦合和旁路测试信号。电感 L 应在测试频率下与电容调谐，其合成阻抗应比 h_{ie} 大。 R_L 可任选，与器件输出阻抗值相比应近似短路。用高阻交流电压表测量 V_g 和 V_{be} 值。则按公式(1)和公式(2)计算：

$$h_{ie} = \frac{V_{be}}{I_b} \dots\dots\dots (1)$$

$$Y_{ie} = \frac{1}{h_{ie}} \dots\dots\dots (2)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试频率(见第 3 章)；
- b) 测试电压和电流(见第 3 章)；
- c) 被测参数。

方法 3231 小信号短路输出导纳

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的输出导纳。

2 测试电路

测试电路见图 1。所示测试电路和程序是对共发射极组态而言。对于其他情况，测试电路和程序应作相应的改变。

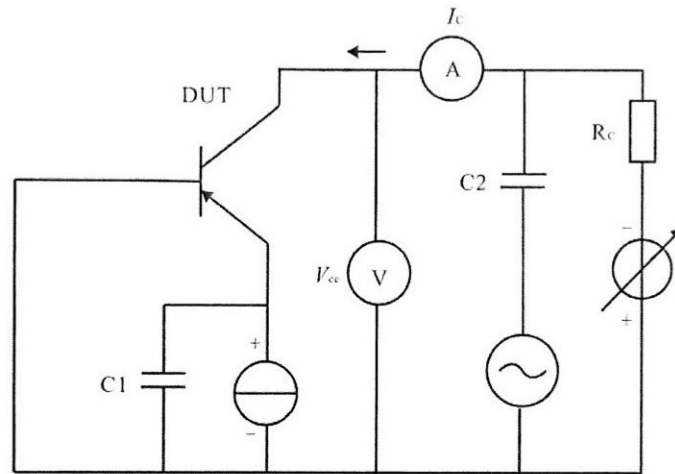


图 1 小信号短路输出导纳测试电路

3 程序

电容 C1 和 C2 在测试频率下应呈现短路，以便有效地耦合和旁路测试信号。电阻 R_C 不为零，但应选择任一合适的值。则按公式 (1) 计算：

$$Y_{oe} = \frac{I_C}{V_{ce}} \dots\dots\dots (1)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试频率 (见第 3 章)；
- b) 测试电压和电流 (见第 3 章)；
- c) 被测参数。

方法 3236 开路输出电容

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的开路输出电容。

2 测试电路

测试电路见图 1，所示电路和程序是对共发射极组态而言。对于其他情况，电路和程序应作相应的改变。

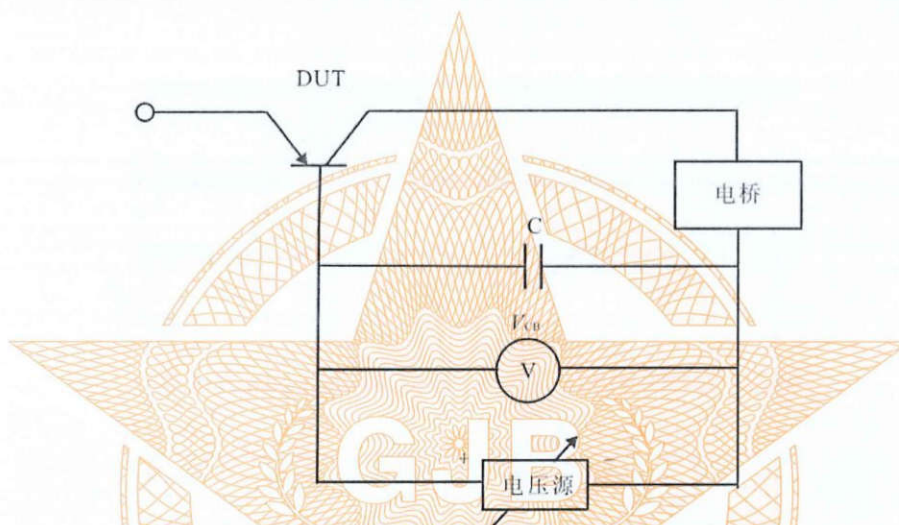


图 1 开路输出电容测试电路

3 程序

电桥的输出端之间应具有小的直流电阻，并能传输规定的集电极电流而不影响要求的测量精度。发射极应对交流开路，测量频率按照规定。电容 C 应足够大，以便在测试频率下提供短路。

4 测试

电容测试仪与连接的电路无关，从而消除电路布线的杂散电容引起的误差。将被测器件插入测试管座，并施加适当偏置，测量输出电容。

5 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电压或电流(见第 3 章)；
- b) 测量频率(见第 3 章)；
- c) 被测参数。

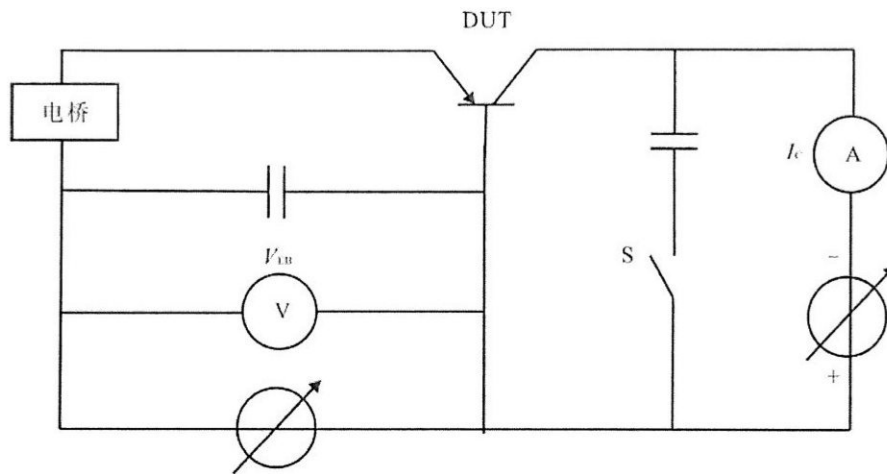
方法 3240 输入电容(输出开路或短路)

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件输入端的并联电容。

2 测试电路

测试电路见图 1。



对于其他组态, 电路应该作相应更改, 使其能证明器件与详细规范的最低要求相一致。

图 1 输入电容测试电路(输出开路或短路)

3 程序

输入端之间的电桥应具有低的直流电阻, 并能传输所要求的发射极电流而不影响要求的测量精度。将规定的电压或电压和电流施加到器件各引出端, 并将交流小信号施加到器件输入端。根据输出规定为交流开路还是交流短路, 将开关 S 断开或关闭。然后测量输入电容。电容读数设备不应影响连接的电路, 从而消除杂散电容和电路布线引起的误差。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电压或电流(见第 3 章);
- b) 测试频率(见第 3 章);
- c) 输出开路还是短路。

方法 3241 引线间的静电容

1 目的

本测试的目的是在规定的偏置条件下测量规定引线间的静电容。

2 装置

可以采用静电容电桥或谐振方法来测定引线间静电容的值。

3 程序

3.1 通则

用方法 A 或方法 B 来确定引线间静电容。

3.2 方法 A

在规定的引线间施加规定的电压,并将交流小信号加到引线上,测量引线间的静电容。应采用诸如测试管座屏蔽的适当方法来消除距管座 12.70 毫米以上的引线电容。所用的缩写和符号定义如下:

- a) $C_{cb}(\text{dir})$: 集电极-基极引线间的静电容;
- b) $C_{eb}(\text{dir})$: 发射极-基极引线间的静电容;
- c) $C_{ce}(\text{dir})$: 集电极-发射极引线间的静电容。

3.3 方法 B

可以利用合适的谐振方法来测量下列两引线间的电容:

- a) C_1 : 基极和发射极均接地时,集电极与地之间的电容;
- b) C_2 : 集电极和发射极接地时,基极与地之间的电容;
- c) C_3 : 发射极接地时,搭接在一起的集电极和基极引线于地之间的电容。

可用公式(1)计算引线间的静电容:

$$C_{cb}(\text{dir}) = \frac{C_1 + C_2 - C_3}{2} \dots\dots\dots (1)$$

适当地更改上述程序就可确定其他电路组态的引线间静电容,从而证明器件是否符合详细规范的最低要求。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 引线配置;
- b) 直流偏置条件;
- c) 测试电压或电流;
- d) 测试频率。

方法 3251 脉冲响应

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的脉冲响应 (t_d 、 t_r 、 t_s 和 t_f)。

2 测试电路

测试电路见图 1 和图 2。

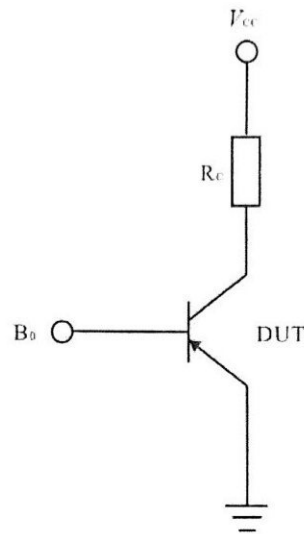


图 1 脉冲响应测试电路 (测试条件 A)

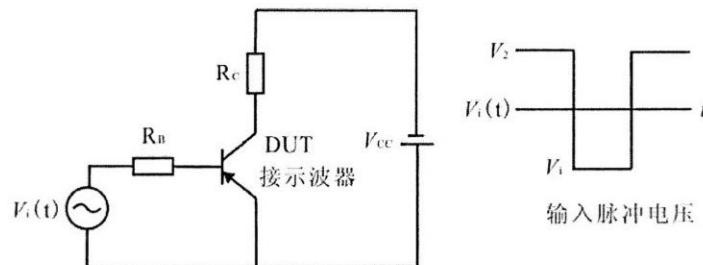


图 2 脉冲响应测试电路 (测试条件 B)

3 程序

3.1 通则

采用测试条件 A 或测试条件 B 来测量器件的脉冲响应。

3.2 测试条件 A

器件应在规定的集电极负载 R_c 和集电极电源电压 V_{cc} 下，以如图 1 所示的共发射极组态形式工作。当测量延迟时间或上升时间时，应规定断态之前的基极电流 $I_{B(0)}$ 和开态基极-发射极电压 $V_{BE(1)}$ 或断态之前的基极-发射极电压 $V_{BE(1)}$ 。当测量贮存时间或下降时间时，则应规定 $I_{B(1)}$ 或 $V_{BE(1)}$ 和断态后的基极电流 $I_{B(2)}$ 或断态后的基极-发射极电压 $V_{BE(2)}$ 。输入波形和集电极电压响应检测器应具有这样的上升时间和下降响应时间，使得加倍这些响应时间时，所得测量结果误差仍不超出测量精度。规定的电流和电压应恒定不变。电路的杂散电容应足够小，使其加倍时，所得测试结果的误差仍不超出测量精度。

3.3 测试条件 B

器件应在图 2 所示的测试电路(恒定电流驱动)中工作,电路中的各元件值和电压值应符合规定。脉冲或方波发生器和示波器应具有这样的上升或下降响应时间,使加倍这些响应时间不致使测量结果的误差超出测量精度。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试条件(A 或 B);
- b) 条件 A 的集电极负载电阻(R_c)和集电极电源电压(V_{cc});
- c) 条件 B 的基极电阻(R_B)、集电极负载电阻(R_c)和集电极电源电压(V_{cc});
- d) 测试电压或电流(见第 3 章)。



方法 3255 大信号功率增益

1 目的

本测试的目的是在规定的信号条件下测量输出交流功率与输入交流功率之比(通常以dB为单位)。

2 测试电路

测试电路应按详细规范的规定。

3 程序

测试程序应按详细规范的规定。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电压和电流;
- b) 测试频率(如果不是 1 000Hz);
- c) 测试电路。

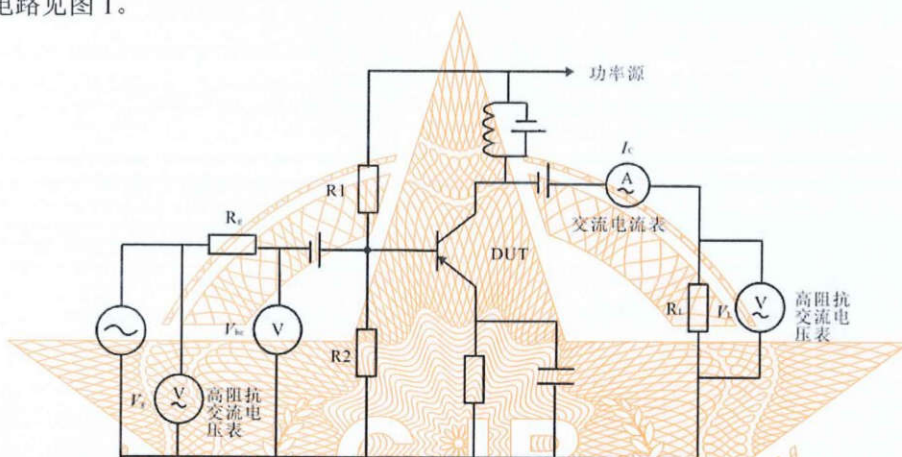
方法 3256 小信号功率增益

1 目的

本测试的目的是在规定的条件下，测量交流输出功率与交流输入功率之比（通常以 dB 为单位）。

2 测试电路

测试电路见图 1。



对于其他电路组态，应更改电路使之能证明器件符合详细规范的要求。

图 1 小信号功率增益测试电路

3 程序

应将规定电压和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 R_1 和 R_2 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)，则输入电流与 V_{be} 之间的相位角 θ 应认为是零。

则对于共发射极，根据公式 (1) 计算：

$$P_{ge} = 10 \lg \frac{P_{out}}{P_{in}} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$$P_{in} = (V_{be}) (i_b) \cos \theta$$

$$i_b = \frac{V_g - V_{be}}{R_g}$$

$$P_{out} = (i_c)^2 (R_L) \text{ 或 } \frac{(V_L^2)}{R_L}$$

因此可得公式 (2)：

$$P_{ge} = 10 \lg \frac{(i_c)^2 (R_L)}{(V_{be}) \left(\frac{V_g - V_{be}}{R_g} \right)} \quad \text{或} \quad 10 \lg \frac{\frac{V_L^2}{R_L}}{V_{be} \left(\frac{V_g - V_{be}}{R_g} \right)} \dots\dots\dots (2)$$

对于其他电路组态，应对测试程序进行更改，其更改方式应能够证明器件符合详细规范的要求。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电路；
- b) 测试电压和电流；
- c) 测试频率(如果不是 1 000Hz)。

方法 3261 外推单位增益频率

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测定器件的外推单位增益频率(增益带宽之乘积)。

2 测试电路

测定外推单位增益频率所用的测试电路为测量共发射极小信号短路正向电流传输比的测试电路。(见方法 3306)。

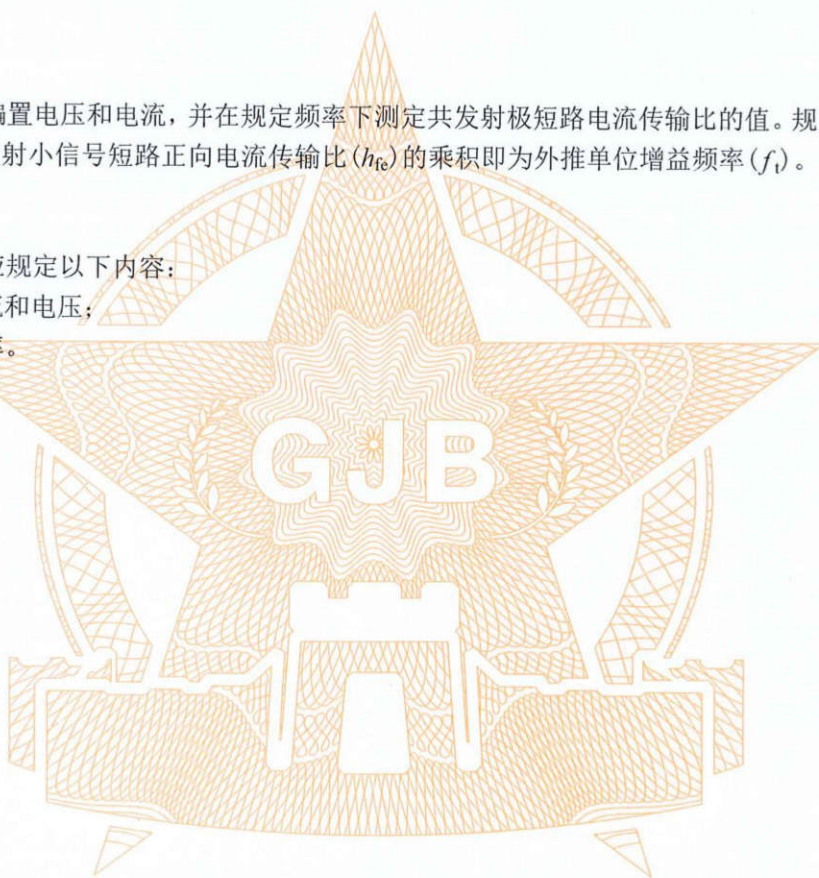
3 程序

施加规定的偏置电压和电流,并在规定频率下测定共发射极短路电流传输比的值。规定的信号频率(f)与测得的共发射极小信号短路正向电流传输比(h_{fe})的乘积即为外推单位增益频率(f_T)。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电流和电压;
- b) 测试频率。



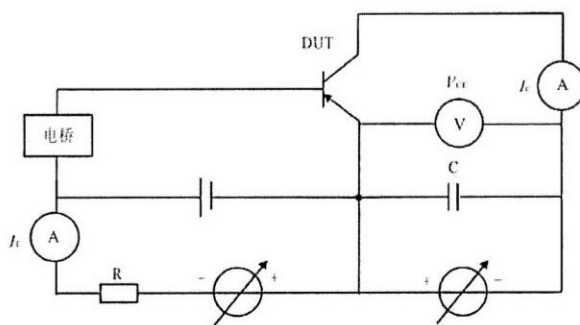
方法 3266 小信号短路输入阻抗的实部

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的小信号短路输入阻抗的电阻性分量。

2 测试电路

测试电路见图 1。



所示电路用于测量共发射极小信号短路输入阻抗的实部。对于其他器件组态，上述电路应作更改，使之能证明器件是否符合详细规范的最低要求。

图 1 小信号短路输入阻抗实部的测试电路

3 程序

将规定电压和电流施加到各引出端上，并在输入端加上规定频率的交流小信号，输出端交流短路。然后测量输入阻抗的实部。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试电压和电流；
- b) 测试频率。

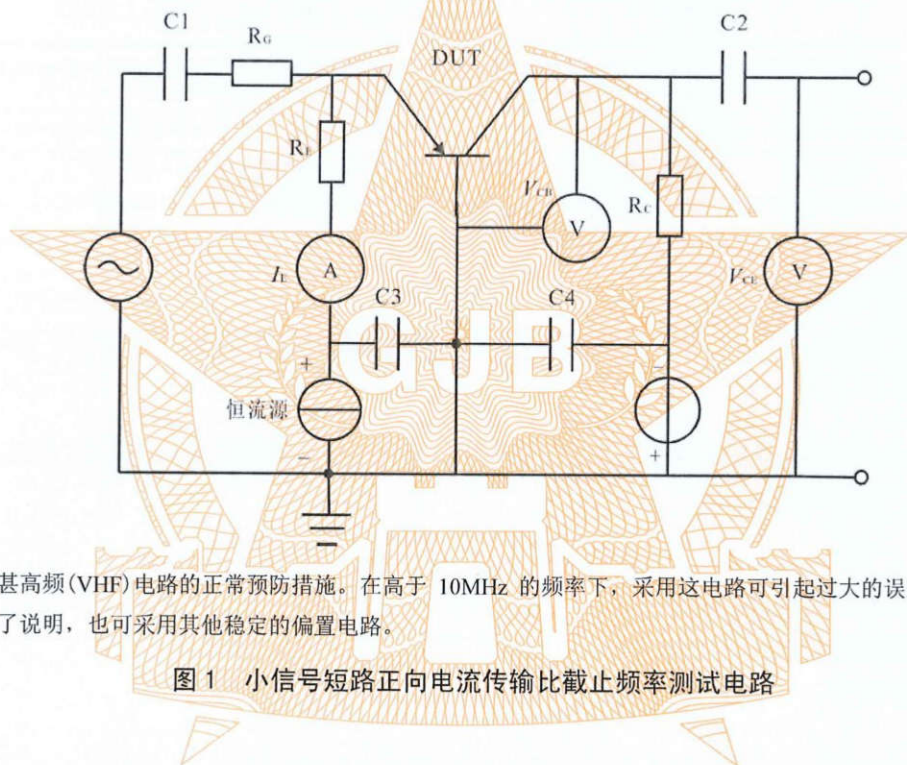
方法 3301 小信号短路正向电流传输比截止频率

1 目的

本方法的目的是在规定条件下测量器件的正向电流传输比截止频率。

2 测试电路

测试电路见图 1, 所示电路和程序是对共基极组态而言, 对于其他电路组态, 电路和程序应作相应改变。



应采取甚高频(VHF)电路的正常预防措施。在高于 10MHz 的频率下, 采用这电路可引起过大的误差。所示偏置电路仅仅是为了说明, 也可采用其他稳定的偏置电路。

图 1 小信号短路正向电流传输比截止频率测试电路

3 程序

电压和电流应按规定。电阻 R_G 和 R_E 值要大, 以对 h_{ib} 呈现开路, 而电阻 R_C 值要小, 以对 h_{ob} 呈现短路。为了有效地耦合和旁路测试信号, 在测试频率下电容 C_1 、 C_2 、 C_3 和 C_4 应呈现短路。要求如下:

- 电路应与频率无关。这可以通过下面的方法进行检查: 在不加偏置时, 将器件从电路中移去、并将发射极与集电极短路。发生器应确保具有足够纯的波形, 并保证高阻电压表有适当的灵敏度, 使之能够在足够低的信号电平下进行测量以免器件引入谐波。
- 将发生器的频率调到比最低截止极限频率至少低 30 倍。测量低频 h_{ib} 。然后增加频率直至 h_{ib} 的大小下降到其低频值的 $1/\sqrt{2}$ 倍。这时的频率就是截止频率。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- 测试电压和电流(见第 3 章);
- 被测参数。

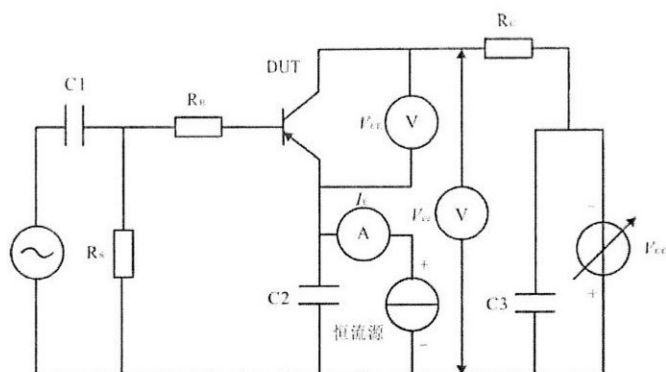
方法 3306 小信号短路正向电流传输比

1 目的

本方法的目的是在规定条件下测量器件的正向电流传输比。

2 测试电路

测试电路见图 1，所示电路和程序是对共发射极组态而言，对于其他电路组态，电路和程序应作相应改变。



所示偏置电路仅是为了说明，可采用其他稳定偏置电路。

图 1 小信号短路正向电流传输比的测试电路

3 程序

为了有效地耦合和旁路测试信号，电容 C_1 、 C_2 和 C_3 应在测量频率下呈现短路。 R_B 值应足够大以提供恒流源，电阻 R_C 与器件输出阻抗相比较应为短路。将器件从电路中移去，在基极与集电极之间接上短路线并调节信号发生器的输出电压，直到高阻交流电压表 V_{CE} 上的读数为 1 (单位任意)。然后将器件接入电路中，并按规定加偏置，此时电压表 V_{CE} 上的读数即为 h_{fe} 值。必须细心操作，以保证输出信号不被限幅。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测量频率；
- b) 测试电压和电流；
- c) 被测参数。

方法 3311 最高振荡频率

1 目的

本方法的目的是在规定条件下测量器件的最高振荡频率。

2 测试电路

测量最高振荡频率所用电路应按详细规范的规定。

3 程序

在规定的测试电路中,将规定的电压和电流施加到器件上,并增加电路谐振频率直到振荡停止。振荡停止时的频率即为最高振荡频率。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电路;
- b) 测试电压和电流。



方法 3320 射频输出功率、射频功率增益和集电极效率

1 测试条件 A

1.1 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。

1.2 装置

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 1 和图 2 所示。

1.3 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。射频开关置于输出位置“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。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最小读数。

1.4 测量

1.4.1 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(单位为 W)。

1.4.2 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(单位为 W)。

1.4.3 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} , 并按公式(1)确定增益(dB):

$$G_p = 10 \lg \frac{P_{out}}{P_{in}} \dots\dots\dots (1)$$

1.4.4 集电极效率

集电极效率(η)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, 按公式(2)计算如下:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{P_{out}(W)}{I_C \times V_{CC}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

I_C ——集电极电流;

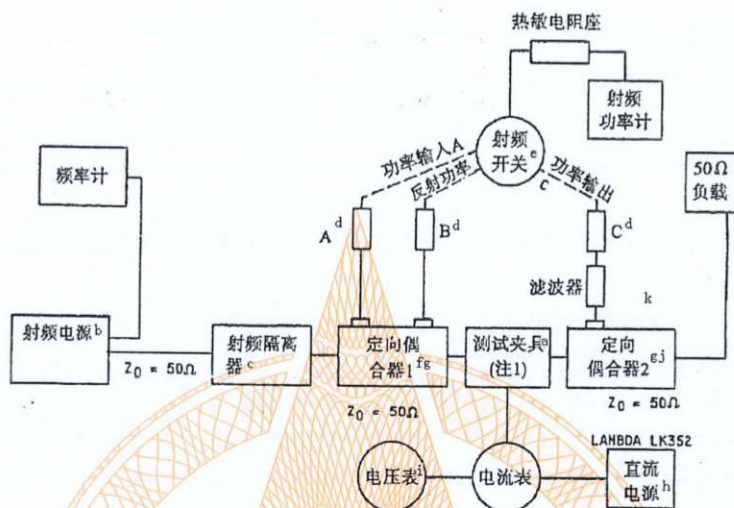
V_{CC} ——集电极电源电压。

1.5 说明

有关的文件应规定以下内容:

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。



- a 测试夹具适用于相应详细规范描述的电路(其电路布局和元件质量均极为重要)。
- b 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。
- c 射频隔离器应为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(如:衰减器、环行器等)(频带外的隔离应采用于电阻性衰减器)。
- d 可变衰减器(或固定衰减器,如果经校准的话):可调节衰减器,使测试夹具的实际输入功率和输出功率为已知,2 号定向耦合器的衰减应采用校准图或适当的调节(如果可变)方法对照已知工作标准进行校准。应调节或校准 1 号定向耦合器在位置 A 时的衰减以使测试夹具的实际功率为已知。调节位置 B 时的衰减,以获得测量反射功率所需的灵敏度(通常比位置 A 的衰减小 10dB)。
- e 如果使用附加的功率计,则可取消射频开关。
- f 可采用 1 个以上的定向耦合器代替 1 号耦合器,如果采用 1 个以上的耦合器,则功率输入和反射功率位置可以互换。
- g 定向耦合器的最小方向性应为 30dB,除了测试电平灵敏度要求大于 10dB 的衰减场合外,其标称耦合衰减应为 20dB。
- h 直流电源在测试夹具上应进行射频去藕。
- i 应在测试夹具上读出电压表读数,而不是在电源上读数。
- j 可用同轴固定衰减器(Narda)和功率计(HP432A)代替 2 号耦合器和 50Ω 负载,功率计可以是独立的或通过 RF 开关的 C 端口与对面的功率计连接(参见图 2)。
- k 如果存在的谐波或次谐波含量只比所需信号低 20dB 以下,并可能影响测量的输出功率,则应在衰减器与用于输出功率测量的功率计之间接入适当的滤波器(低通、带通或高通)。

图 1 测试设备配置

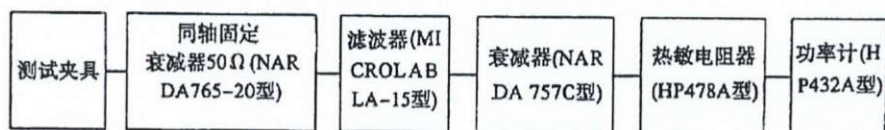


图 2 替代的测试设备配置

2 测试条件 B

2.1 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 B 适用于（在 100MHz~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。

2.2 装置

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 3 所示。所用元件应适用于测试频率。

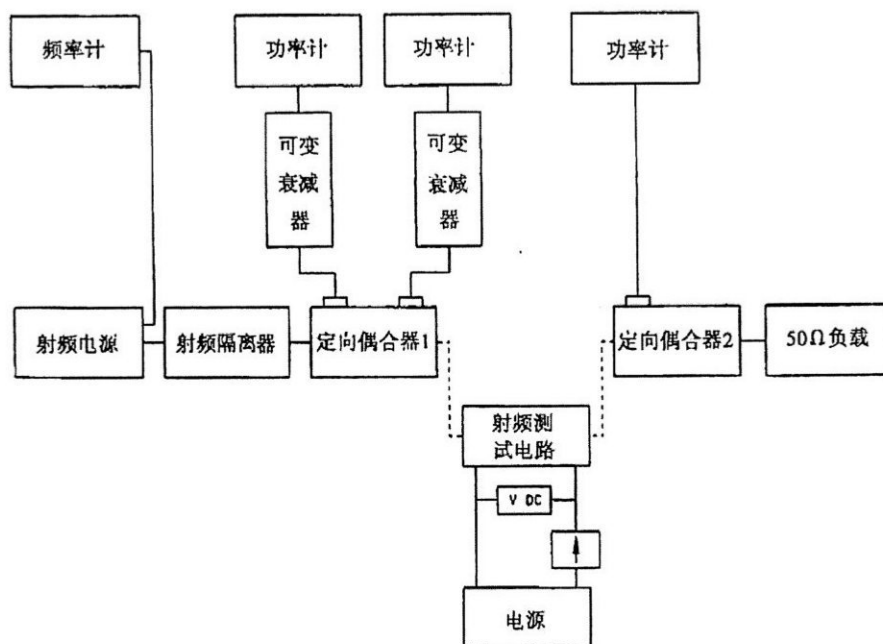


图 3 射频测试装置

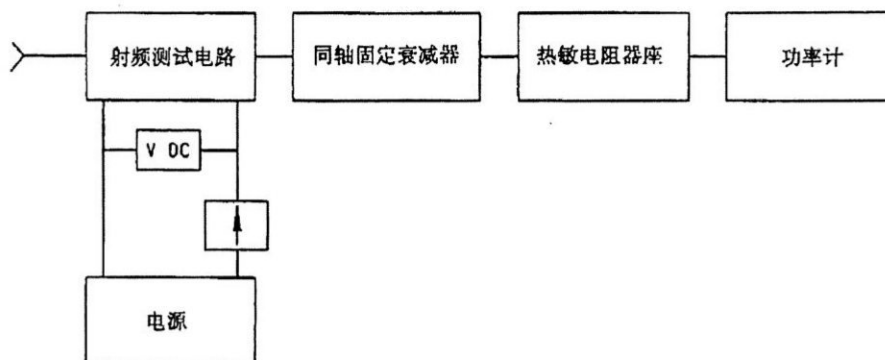
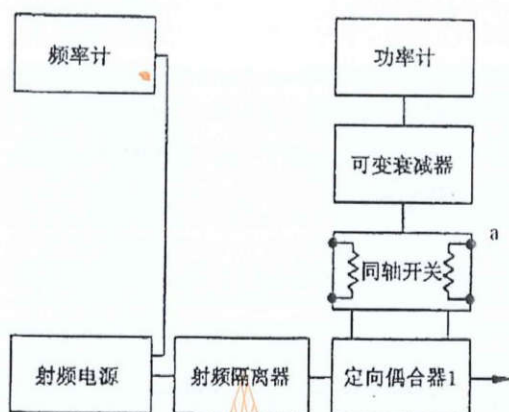


图 4 替代的输出装置



本文中引用的测试夹具电路是适用详细规范中描述的电路(其电路布线和元件质量至关重要)。

射频功率源应能产生所需要频率和电平的功率。所有谐波和寄生分量至少低于输出电平 26dB。必要时,在射频源与隔离器之间使用适合的滤波器(低通或带通)以降低二次谐波,除非被测试器件的谐波电平比测试电平低 26dB,否则应在耦合器与功率计之间的输出电路中加类似的滤波器。如果要使用滤波器,则应在测量频率下校准其插入损耗,并计入这一损耗。

2号耦合器和 50 Ω 负载可用同轴固定衰减器和功率计代替。如果进行替代,则低通输出滤波器应置于衰减器与功率计之间。

与 1 号耦合器相连的两个功率计,可用一个功率计和一个优质的同轴转换开关代替,在 4GHz 以上的频率下,不鼓励采用这样的开关,除非针对射频损耗采取了预防措施。这些开关是设计用在 50 Ω 系统,非转换的接口与 50 Ω 替代的耦合器接口端连接。

射频隔离器是一只能够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)。

定向耦合器应有 30dB 的最小方向性,和 20dB 的标称耦合衰减,测试电平灵敏度要求小于或等于 10dB 衰减时除外,(较高的精度是由于要满足测量要求而采用了可能的最佳耦合)。

在测试夹具上,直流电源应进行射频去耦。

电压表应放在测试夹具上读数,而不是在电源上读数。

可用经校准的波长计代替图 3 中规定的频率计。

^a 当采用设备清单中的同轴开关时,非转换的接口与 50 Ω 替代的耦合器接口端连接。

图 5 替代的输入装置

2.3 测试程序

2.3.1 射频装置校正程序

射频装置校正程序如下:

- 射频测试装置如图 3。断开测试夹具,将 1 号定向耦合器的输出和 2 号定向耦合器的输入连接起来(2 号定向耦合器的衰减应采用校准图或适当的调节(如果可变)方法。对照已知工作标准进行校准)。
- 采用频率计指示建立的电源频率,或采用在线波频计,确定功率范围内的频率。
- 调节电源的可变衰减器使达到要求的功率(从输出功率计上观察,如需要修正 2 号耦合器或输出衰减器的误差,可以采用修正因子)。
- 观察输入功率表,调节与其相连的衰减器,使功率表显示的输出功率和 2.3.1 c) 输出功率计的相同(如采用如图 5 的输入设备,可正向校正同轴开关)。
- 将输出耦合器和功率计和电路脱离,使 1 号耦合器的输出开路。调节与反射功率计相连的衰减器,使读数与正向功率计相同。将耦合器输入端短路,观察开路条件和短路条件之间反射功率

的差异。根据开路读数和短路读数之间的平均值调整反射功率可变衰减器(如采用如图 5 的输入装置,如耦合器两部分平衡的话,当校正正向功率,即自动校正反射功率)。

- f) 增加输入衰减器,直至输出功率为零(校正工作完成)。
- g) 如果需要作多种频率试验,则对每个频率重复对每个频率都必须注意确定可变衰减器和电源。在每个规定的频率点作试验都必须对所有装置作检查。

2.3.2 射频试验

射频装置校正程序程序如下:

- a) 将直流电源关闭。
- b) 按图 3 进行射频测试或按图 4 和图 5 的线路,将测试夹具安装入位,将被试件装入夹具。
- c) 施加直流功率,必须小心观察,以保证电压不超过规定的数值。
- d) 调整电源端的衰减器,直至输入功率达规定值。
- e) 观察输出功率、反射功率和收集极电流(如需要,则作记录)。
- f) 增加电源端的衰减器,直至输入功率为零。
- g) 如果需要作多种频率试验,则对每个频率重复 2.3.2 a) 至 2.3.2 f)。对每个频率都必须注意确定可变衰减器和电源。
- h) 将直流电源关闭。
- i) 从夹具上取下被试件。

2.3.3 要求的测量数据

要求的测量数据如下:

- a) 输出功率(P_{out})的测量通过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(单位为 W)。
- b) 输入功率(P_{in})的测量通过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(单位为 W)。
- c) 功率增益(G_p)从测得的 P_{in} 和 P_{out} 值按公式(1)计算(dB):

$$G_p = 10 \lg \frac{P_{out}}{P_{in}} \dots\dots\dots (1)$$

- d) 集电极效率(η)从测得的射频和直流数据按公式(2)进行计算:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{P_{out}(W)}{I_C \times V_{CC}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

I_C ——集电极电流;

V_{CC} ——集电极电源电压。

- e) 反射功率:如果按照规定进行了校正,可从功率计直接读出反射功率值。即使反射功率不是射频规范值的一部分,由于它能指示输入功率实际到达器件的数值,因此它被包括在这里。实践指出,如有可能,应从最小的反射功率调节外电路。

3 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电压(和电流,适用时);
- b) 测试频率;
- c) 功率输入/输出;
- d) 测试电路和关键性部件及布线;

- e) 被测参数;
- f) 需计算的参数;
- g) 射频测试夹具。



3400 系列 MOS 场效应晶体管电特性测试

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 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 测试电路

测试电路见图 1。

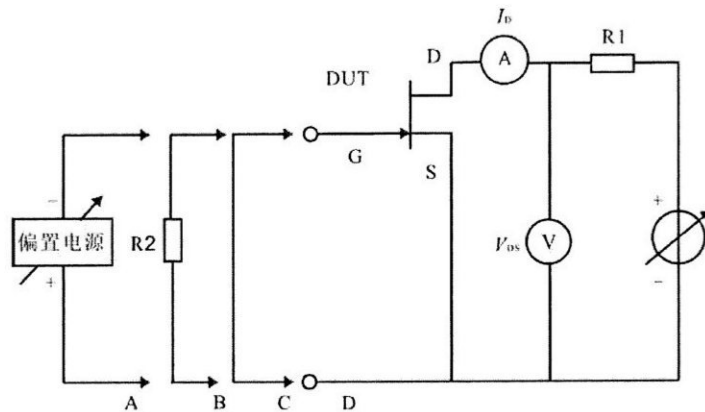


图 1 漏-源击穿电压测试电路

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 $V_{(BR)DSX1}$ 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。 $V_{(BR)DSX1}$ 为在栅-源之间施加规定的偏置条件下, 漏-源的击穿电压。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电流见第 3 章。
- b) 偏置条件:
 - 1) A 为栅-源加反向偏置规定偏置电压;
 - 2) B 为栅-源加电阻回路规定 R_2 的电阻值;
 - 3) C 为栅-源短路;
 - 4) D 为栅-源开路。

方法 3472 开关时间测试

1 目的

本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栅-源电压 (V_{GS}) 和漏-源电压 (V_{DS}) 与时间的关系:

- 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) 应明白 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。“影响测量”一词意思是加倍该值会对测量结果产生超过测量精度的影响。
- e) 本方法中涉及的无源电路元件是均用集中参数的表现, 这些数值是使用 R_{LC} 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。
- h) 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原则进行估算: 上升时间测量值的平方等于实际上升时间的平方加上放大器上升时间的平方加上探针上升时间的平方。
- i) 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。
- j) 除另有规定外, 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。
- k) 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

测试电路和波形分别见图 1 和图 2。

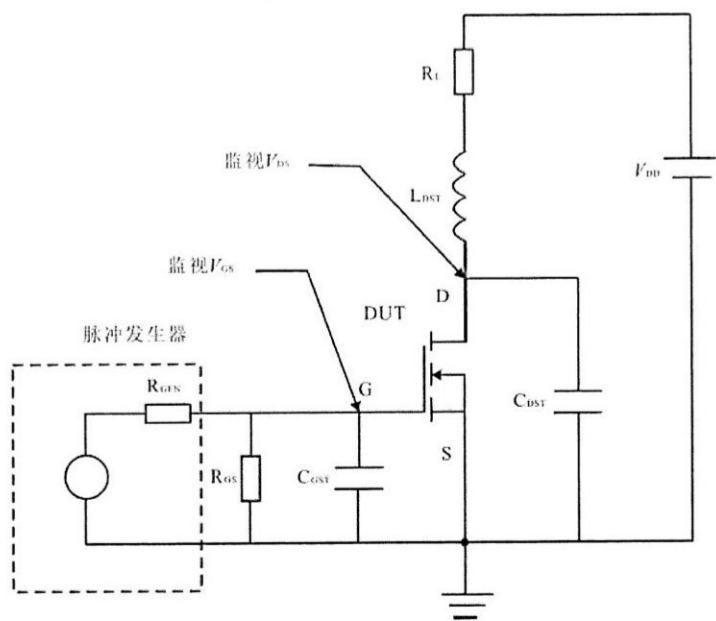


图 1 开关时间测试电路

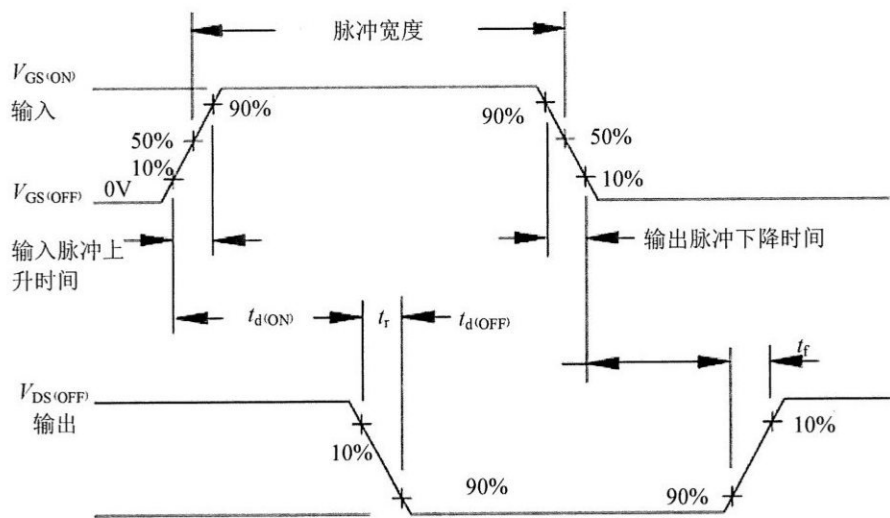


图 2 开关时间波形

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) T_C ：除另有规定外，壳温为 25℃；
- 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 3478 功率晶体管电剂量率测试方法

1 目的

本方法规定了表征高压晶体管承受高伽马射线剂量率辐射的基本方法,本方法还规定了评定关键测试夹具的电参数判据。通过数据,可以得到器件响应和其辐射数据之间的正确对比关系。受到辐照后,功率晶体管容易被烧毁或损坏,所以本试验应被视为破坏性试验。对于 IGBT, 由集电极和发射极分别取代 MOSFET 管的漏极和源极, 即 $D=C$ 、 $S=E$ 。

2 试验方案

具体的试验方案至少应包含下列信息:

- a) 确定被测器件类型;
- b) 确定样品数目;
- c) 杂生电阻 R_S 和杂生电感 L_S 的测试夹具特性: 以先前的数据为基础或进行计算得到(见 4.8);
- d) 辐照试验前、后的电参数(见详细规范);
- e) 需要监测的电参数;
- f) 整个测试系统的完整描述(例如: 测试框图、程序框图等)。

3 设备要求

3.1 试验系统

用来监视并且测试器件进行高伽马剂量率辐照的试验系统应该包括以下类型的设备:

- a) 波形记录器;
- b) 数字或模拟电压表;
- c) 直流电流探针;
- d) 数字或模拟电流表;
- e) 数字或存储示波器;
- f) 高压电源。

3.2 固定夹具

应根据测试设备选择固定夹具, 必须同时兼顾使用者和设备。固定夹具应能将测试板和 DUT 之间的电源和信号线连接起来, 而且还能仅将 DUT 对准辐照束流。

3.3 测试夹具

测试板应满足下列要求:

- a) 结构: 线路布局和结构很关键, 线路和结构布局应使 DUT 中的杂生电阻 R_S 和杂生电感 L_S 的影响最小。应使用合适的测试线、接地以及材料, 以使杂生电感和杂生电阻的影响最小。导线长度也应减至最短。若连接至 DUT 的导线长度超过 101.60mm, 则应重新进行估计, 以再次确定最短的可能导线长度。
- b) 组件: 应选择能优化电路性能的元件。电容器应有高“Q”值, 对应有高 di/dt 值。并联电路中包含有多个并联电容器, 在获得所需的 dv/dt 响应时, 使每个电容上的寄生电阻最小。直流电流探头应为无源的, 而且直流电阻应最小。在磁芯不饱和的情况下, 电流探头还应能够测量大电流。
- c) DUT 封装: 电路和器件参数应能指示功率晶体管的高伽马剂量率辐照效应。DUT 的测试封装类型应与系统使用的封装类型一样。若使用了不同的封装类型, 则需要考虑到封装的电性能、机械性能以及热性能, 而且测试结果还应考虑它们的影响。

- d) 测试电路：测试电路的图示见图 1、图 2 和图 3，图 4 则给出了其典型波形。元件和导线不能直接放置在辐照束流中。应在(滤波)电容 C3 和高压电源之间放置一块隔离电阻，并使它们对 DUT 响应的影响最小。电阻值的大小取决于隔离影响所需的阻容时间常数。应使用阻容滤波器或整流电阻网络给栅加偏置(参见图 1 或图 2)，除非栅直接与公用源相连(参见图 3)。

警示：可能出现峰值电流超过 1 000A，同时 di/dt 超过 1 000A/ μs 的情况。

4 程序

4.1 通则

在本程序中，有以下两个基本要求，根据这两个要求，可对用不同的测试夹具得到的数据与器件辐照响应相比较，并可以进行深入分析。

- 下述 4.2 至 4.8 是对功率晶体管进行高伽马剂量率辐照效应、数据收集和记录的过程；
- 下述 4.9 描述的是测量关键电参数 L_S 和 R_S 的测试方法，它允许使用以上的辐照数据对测试夹具定性。

4.2 抽样数量

为确定每个功率晶体管类型的剂量率响应，每种器件类型抽样数至少为 5 个。在器件首次进行辐照之前，所有的器件的电参数应符合详细规范要求。

4.3 辨识

在任何情况下，应对每个测试样品进行标识，以保证测试数据可追溯到每一个样品。

4.4 辐照源

要求如下：

- 测试源可以是闪烁 X 射线，也可以是线性电子加速器(LINAC)；
- 辐照设备或辐照源的剂量率值应可调整，以确定器件对不同的剂量率的特性反映；
- 最小脉冲宽度为 20 ns 至 50 ns。

4.5 剂量测定

应使用剂量测定法来测量辐照脉冲的实际剂量。

4.6 波形记录

应在辐照前、中、后过程中监控电压 V_{ds} 并测量电流 I_{ds} 。若器件的输入电压超过其最大要求值，则应降低输入电压。

4.7 测试条件

DUT 应偏置于特定的测试条件，而且对每次辐照都应进行校验。漏电流和栅电流应在辐照之前、之中、之后进行监测。在辐照过程中，漏极/源极之间的电容性负载应使漏极偏置电压 V_{ds} 保持在规定值的 $\pm 10\%$ 之内。除非滤波电容充分地进行了再充电，否则测试不能重复进行。所有的测试过程应在所要求的环境温度下进行。某些晶体管需要栅偏置，以便在辐照进行完后可以将被测器件关闭。

4.8 测试设置/测试程序

要求如下：

- 将线性电子加速器(LINAC)/闪烁 X 射线调整至所需的脉冲宽度和剂量，然后进行初次束流剂量测定；
- 安装固定夹具和测试系统电路；
- 插入 DUT(已按详细规范进行测试)；
- 对栅极施加并测定电压(V_{gs})；
- 对漏极施加并测定电压(V_{ds})；
- 将监控器连接到适用的记录仪上；
- 将 DUT 暴露在所需剂量下辐照；

- h) 记录光电流 (I_{ds}) 和 V_{ds} 响应;
- i) 记录测试信息: 测试条件 V_{ds} 和 V_{gs} ; 实际剂量率、日期、其他与测试相关的信息;
- j) 检验测试器件的残存性: 检查电参数, 从而确定损伤;
- k) 根据新的测试条件重复试验: 不同的 V_{ds} 、剂量率或 V_{gs} 值。

4.9 杂生电感/杂生电阻测定

若已知杂生元件 L_s 和 R_s , 可以通过特定技术, 对不同的测试夹具和封装得到的数据进行比较: L_s 和 R_s 可以限制电流量和由 DUT 观测得到的峰值电流。要求如下:

- a) 根据已记录的光电流波形, 可以得到某一测试夹具和封装对应的杂生电阻 R_s 和杂生电感 L_s 的量值。杂生夹具元件可以随辐照、测试或时间的不同而改变。
- b) 根据公式(1)和公式(2)得到杂生电感 L_s :

$$\left(\frac{di}{dt}\right) = \left(\frac{V_{ds}}{L_s}\right) \dots\dots\dots (1)$$

$$L_s = \frac{V_{ds}}{\left(\frac{di}{dt}\right)} \dots\dots\dots (2)$$

计算的电感值会受到一系列电阻值的影响; 因而 di/dt 响应值应根据原光电流在 0% 响应至 10% 响应之间的不同值而变化。 L_s 值应由此试验数据决定。

- c) 根据公式(3)得到杂生电阻 R_s :

$$I_{ds} = -\left(\frac{V_{ds}}{R_s}\right) * \left[1 - \left(\exp - \left(t * \frac{R_s}{L_s}\right)\right)\right] \dots\dots\dots (3)$$

计算的电阻值应由原光电流峰值响应和其相应时间决定。使用迭代运算, R_s 值应由此试验在 $\pm 5\%$ 范围内的数据决定。

5 文件

5.1 测试记录

应保存测试记录。测试记录应包括以下部分:

- a) 元件类型、条款以及批号;
- b) 测试时间以及操作者姓名;
- c) 脉冲宽度及辐照源标识;
- d) 测试系统以及测试电路描述;
- e) 计量测定法和电路描述;
- f) 测试偏置条件;
- g) 记录的电压、电流波形;
- h) 造成烧毁的最小量率 V_{ds} ;
- i) 不会造成烧毁的最大量率 V_{ds} ;
- j) 器件在进行辐照前、后的漏极电流;
- k) 记录脉冲波形强度的波形图;
- l) 累计总计量;
- m) 环境测试温度;
- n) 若需要, 还有校准记录和序列号;
- o) 进行辐照后的直流电测量。

5.2 报告

此文档用来描述整个测试系统、数据、结果和分析的总结。这份报告应包括器件描述、测试前、后的直流电参数、标明每种器件类型的样品平均值和标准方差的统计总结、特定 V_{ds} 和 V_{gs} 下的剂量率与光电流的比较波形、每种器件类型或封装类型测试夹具的杂生电感 L_s 和杂生电阻 R_s 计算值以及测试数据的总表。

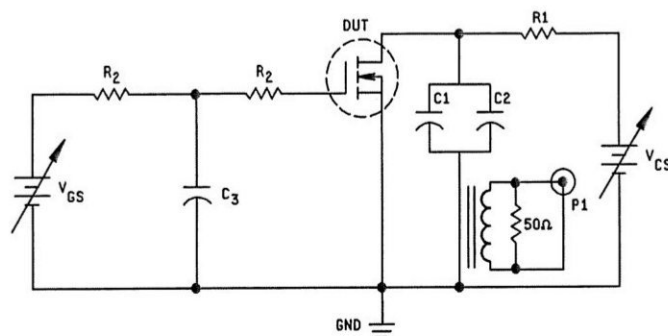


图 1 栅极偏置电路 1

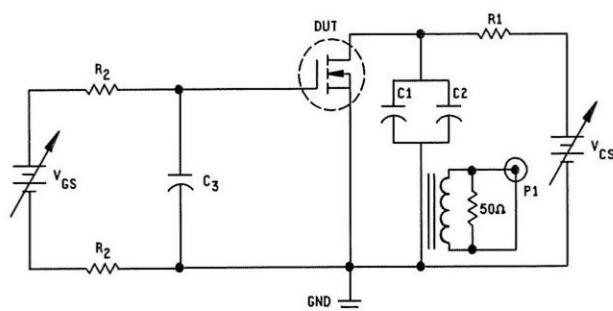
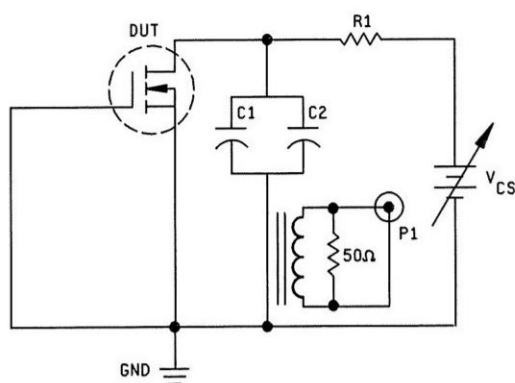


图 2 栅极偏置电路 2



C_1 : 由几个小电容组成(典型值 $0.1\mu\text{F}$)。

C_2 : 由几个大电容组成(典型值 $200\mu\text{F}$)。

R_1 : 漏极隔离电阻(典型值 $>1\text{K}\Omega$)。

R_2 : 栅极滤波电阻(典型值 $1\text{K}\Omega$)。

C_3 : 栅极滤波电容(典型值 $0.1\mu\text{F}$)。

P_1 : 电流探针。

图 3 非栅偏置电路 3

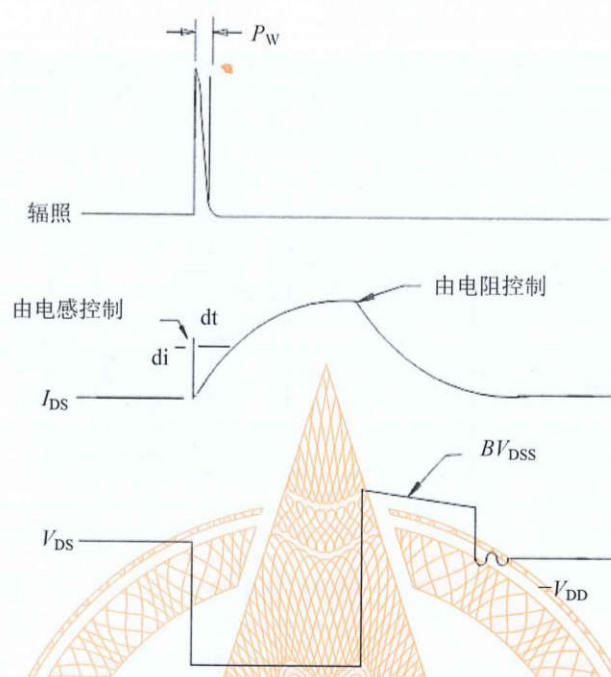


图 4 实际试验波形图

3500 系列 砷化镓场效应晶体管电特性测试

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

装置如图 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

测试电路见图 1。

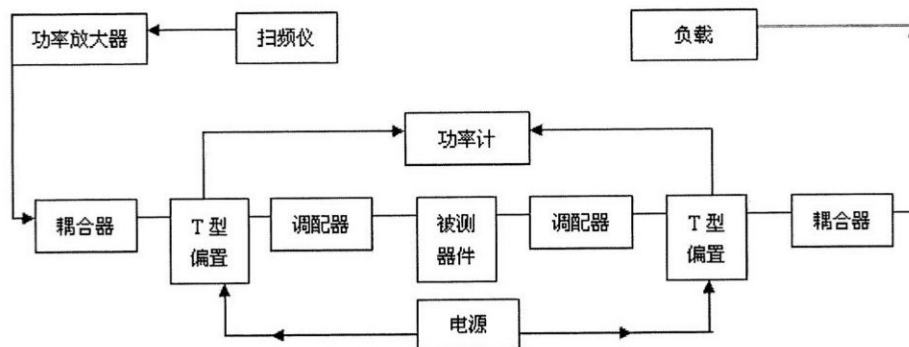


图 1 P_{1dB} 测试系统

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- 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 (I_D)，除非 $I_D = \frac{1}{2} I_{DSS}$ ；
- d) 测试频率。

方法 3510 砷化镓场效应晶体管的 1dB 压缩增益 (G_{1dB})

1 目的

本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。

2 测试电路

测试电路见图 1。

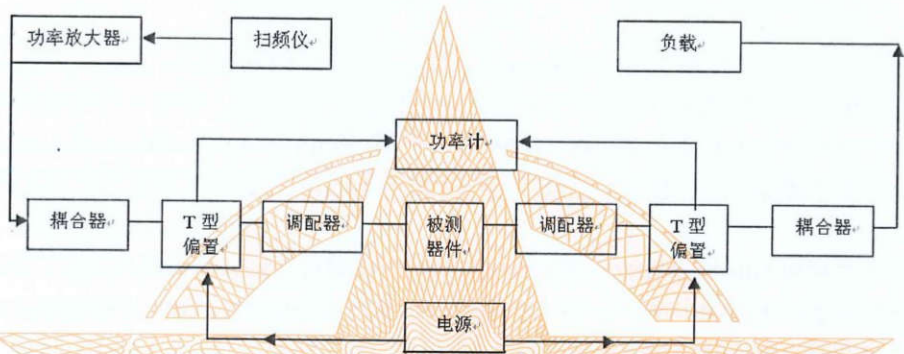


图 1 G_{1dB} 测试系统

3 程序

测试装置如图 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 2 dB。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 (单位为 dB)。按公式 (1) 计算。

$$G_{1dB} = G_0 - 1.0 \dots \dots \dots (1)$$

用此值对照详细规范规定值，确定器件是否合格。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- 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 (I_{DS})，除非 $I_D = \frac{1}{2} I_{DSS}$ ；
- d) 测试频率。

方法 3570 砷化镓场效应晶体管的正向增益(S_{21} 幅值)

1 目的

本方法建立了砷化镓场效应晶体管正向增益(S_{21} 幅值)的基本方法、测试装置和程序。

2 测试电路

测试电路见图 1。

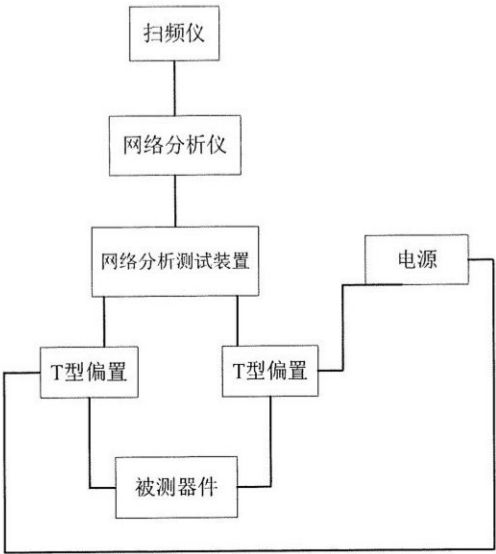


图 1 S 参数测试系统

3 程序

电路组态和测试装置按图 1 所示。首先施加栅极电压(V_{GS})，再施加规定的漏极电压(V_{DS})，调整栅极电压以使被测器件偏置在规定的工作点上，例如 $I_{DS}=50\%I_{DSS}$ 。使用如图 1 所示的网络分析仪记录被测器件 S_{21} 幅值(dB)。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- 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(I_D)；
- d) 测试频率；
- e) 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 测试电路

测试电路见图 1。

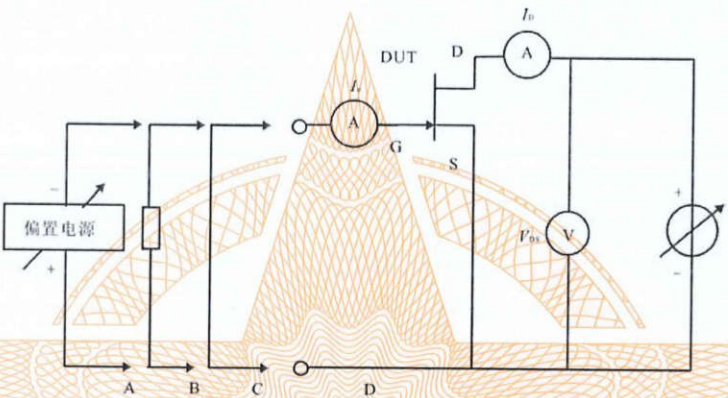


图 1 正向跨导测试电路

3 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})。将栅源电压按 0.05V 增量减少或增加，并测量漏极电流 (I_{D2}) 使用公式(1)计算跨导 (g_m)。

$$g_m = \left| \frac{I_{d1} - I_{d2}}{0.050} \right| \dots\dots\dots (1)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- 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 (I_{D1})；
- d) 栅源电压增量，除非 $\Delta V_{GS}=0.05\text{V}$ 。

4000 系列 二极管电特性测试

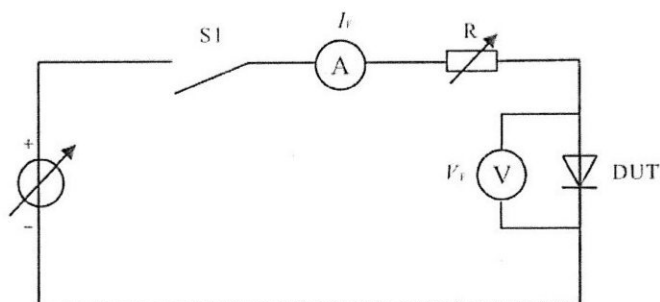
方法 4011 正向电压

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

测试电路见图 1。



当规定时, 开关 S1 应为能提供小占空因子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、占空因子 (D) 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 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, 而且总是在电流连接点以内。

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, 通过公式 (1) 可确定被测器件电流 I_F 。

$$I_F = \frac{V_P \times D}{R} \dots\dots\dots (1)$$

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 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电流 (I_F);
- b) 正向电压 (V_F);
- c) 占空因子和脉冲宽度, 当采用脉冲法时。

方法 4016 反向漏电流

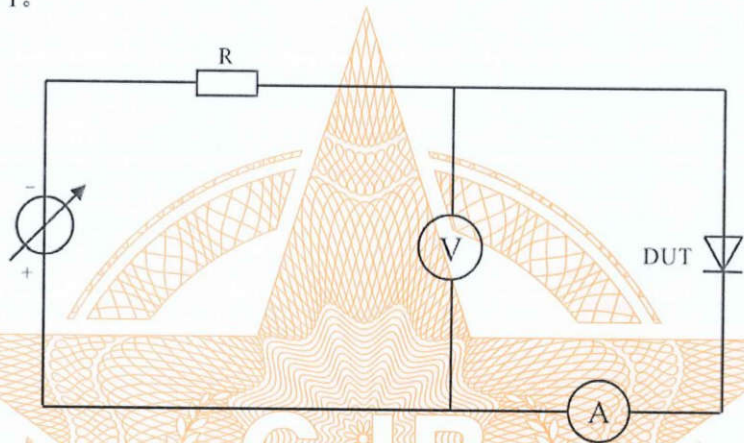
1 目的

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

测试电路见图 1。



为了保证精确测量反向电流，测得的反向电压值应减去电流表两端的电压降。选择对电阻器 R 应在器件反向击穿时能够限制电流。

图 1 反向漏电流测试电路(直流法)

2.2 程序

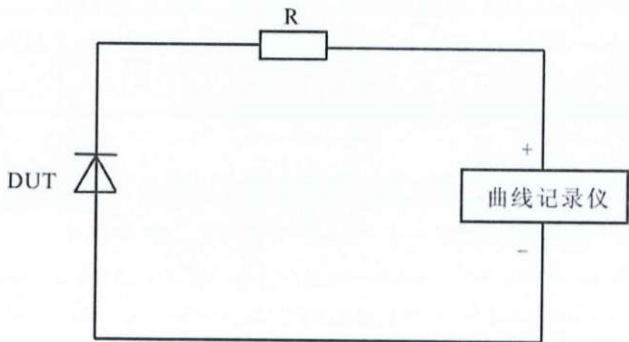
2.2.1 反向电流

通过可变直流电压源电压表(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

测试电路见图 2。



电阻 R 的值在曲线记录仪内可选择。

图 2 反向漏电流测试电路(交流法)

3.2 程序

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 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 直流法或交流法;
- b) 测试电压(直流法)或反向峰值电压(交流法);
- c) 安装二极管的最小散热器的热阻, K/W(适用时)。

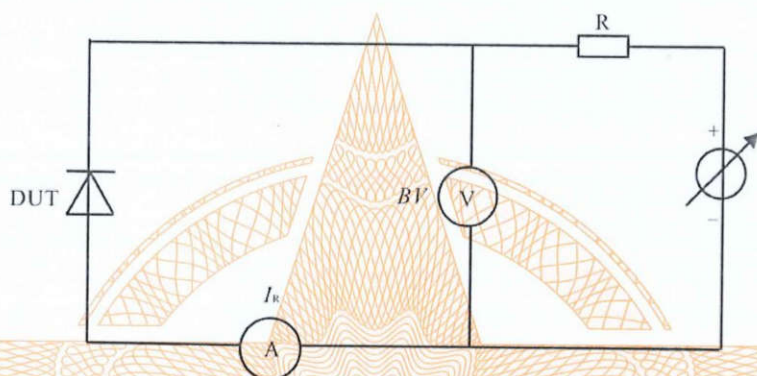
方法 4021 击穿电压(二极管)

1 目的

本试验的目的是测量器件的击穿电压是否大于规定的最低极限值。

2 测试电路

测试电路见图 1。电阻 R 为限流电阻, 限流电阻的大小应保证器件不过流损伤。



电流表在测量电流的两端之间实质上应呈现短路, 否则, 应对电压表读数作电流表压降的校正。

图 1 击穿电压的测试电路(二极管)

3 程序

从零开始调节反向电流直达到击穿电压的最低极限值或规定的测试电流。如果在达到规定的测试电流之前达到规定的击穿电压最低极限值, 则器件合格, 如果首先达到规定的测试电流, 则器件为不合格。

4 说明

有关的文件应规定测试电流。

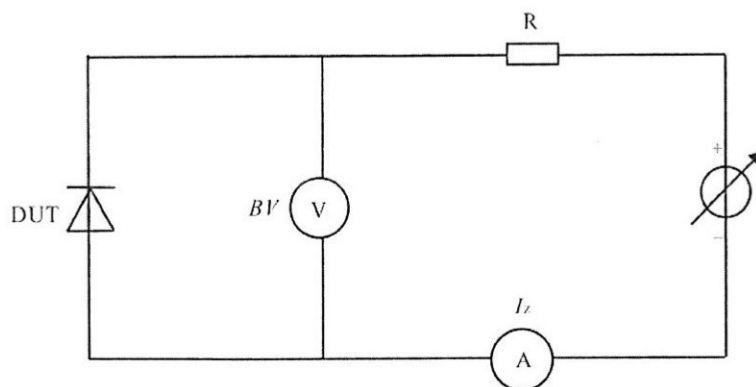
方法 4022 击穿电压(电压调整二极管和电压基准二极管)

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量电压调整二极管和电压基准二极管的击穿电压。

2 测试电路

测试电路见图 1。



测量引出端电压所用的电压表应对测量电压的两端呈现开路。

图 1 击穿电压测试电路(电压调整二极管和电压基准二极管)

3 程序

从零开始调节反向电流直至达到规定的测试电流为止,将规定的测试电流保持规定的时间以使器件达到热平衡,器件安装应符合详细规范的规定。然后从电压表上读出击穿电压值(必须达到击穿,因该类器件用在击穿状态下)。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测试电流;
- b) 从施加测试电流到读取击穿电压值时的时间;
- c) 安装方法。

方法 4023 二极管特性曲线

1 目的

本方法的目的是确定在曲线记录仪上观察整流、开关和电压调整二极管反向动态特性的检验判据。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

本方法适用于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。由于低压电压调整和电压基准二极管不具备急骤击穿,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。图 1 是理想反向曲线,图 2~图 11 描述了观测到的常见缺陷。适用时,给出了可接收器件的允许范围。

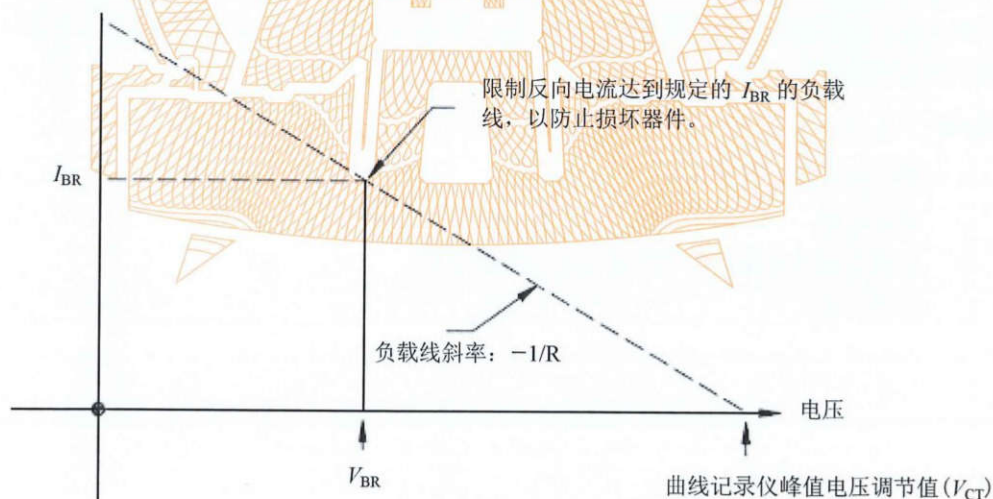
3 条件

3.1 条件 A, 仅对稳定型

应采用图 3、图 7、图 9 和图 10。

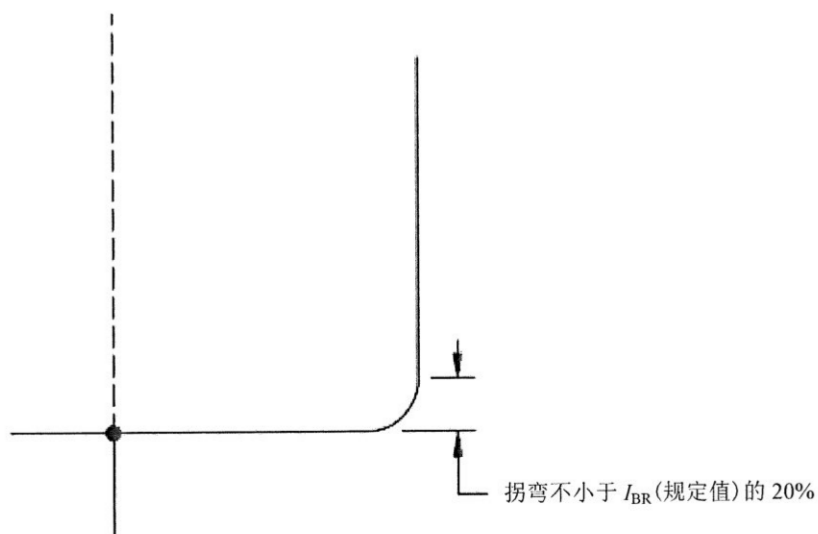
3.2 条件 B, 急骤和稳定型

应采用图 3~图 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水平线,然后过渡到成 90° 角的一根垂线(见图 1)。如果与理想值的偏离是本方法或详细规范中未予特别允许,则被测器件应拒收。



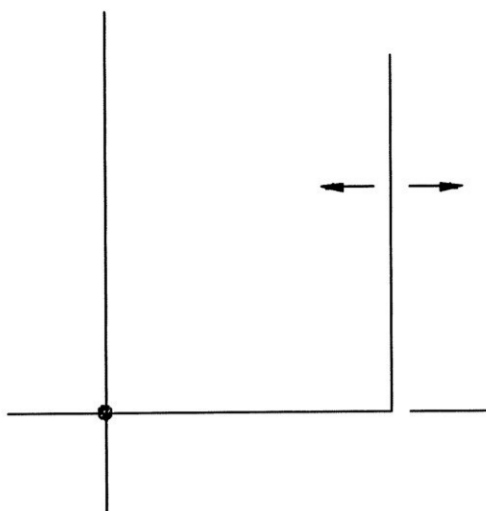
本理想曲线没有在下面各图所述的特性中出现,同样,图示的是基本的曲线记录仪调节,表明了具有串联负载电阻 R 的最大安全工作电流 I_{BR} 与峰值开路电压 V_{CT} 和器件击穿电压 V_{BR} 之间的关系。

图 1 理想的反向特性



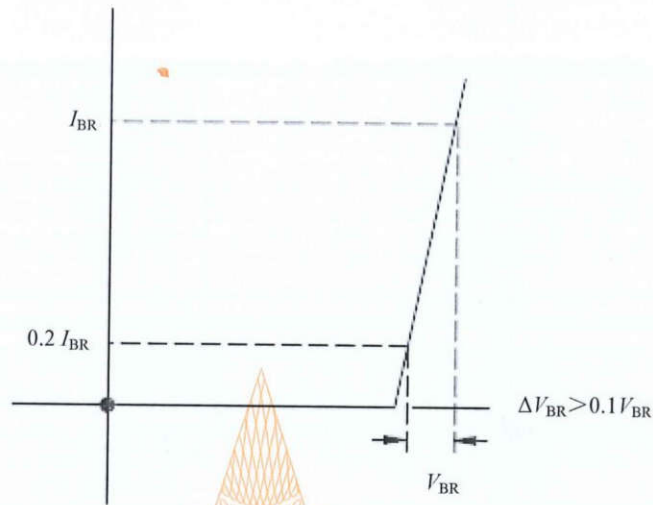
拐弯范围是曲线从水平到垂直过渡的范围。除另有规定外，该范围不应大于观察到的水平轴总电压的 10%，或不应大于规定 I_{BR} 的 20%。该要求不适用于快速、超高速和肖特基整流管，也不适用于小于 10V 的低压电压调整和电压基准二极管。

图 2 软拐弯



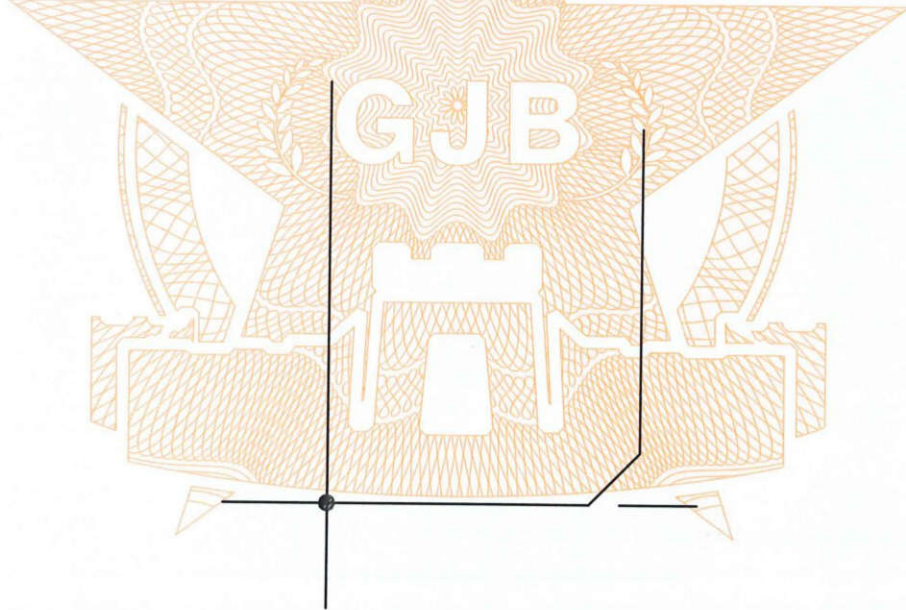
曲线的垂直分量应稳定地保持在水平轴线上。不希望的漂移是指在实际击穿电压不大于 1 500V 时，增长超过 10% 或降低超过 2%。如实际击穿电压大于 1 500 V 时，其允许漂移应另外规定。

图 3 偏移漂移



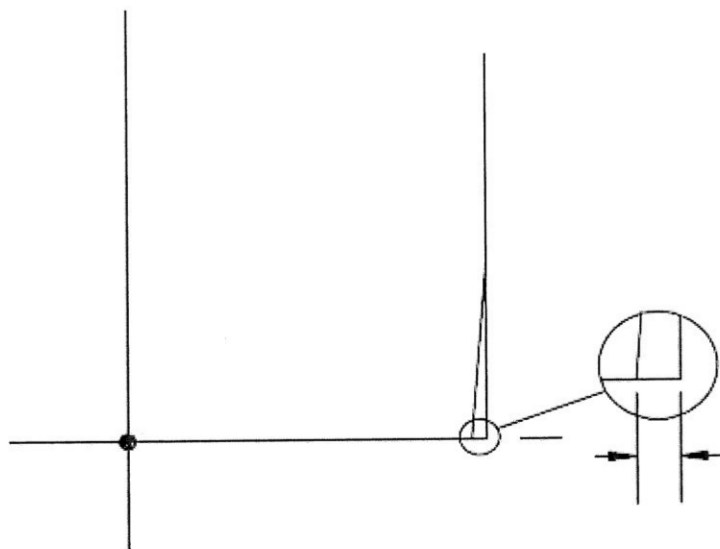
在规定 I_{BR} 或 I_Z 的 20% 至 100% 之间观察时, 倾斜应小于 V_{BR} 的 10%。本要求不适用于低于 5.5V 的低压电压调整和电压基准二极管; 其他器件可按此规定。

图 4 倾斜



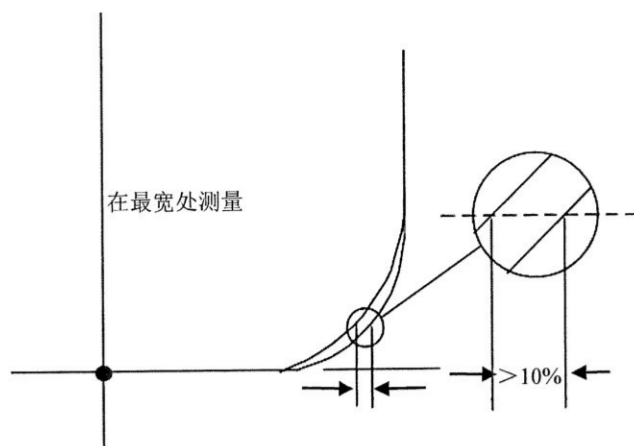
双拐点是指曲线从水平到垂直过渡的区域。除另有规定外, 该范围不应大于曲线水平轴总水平电压分量的 10%, 或大于规定 I_{BR} 或 I_{ZT} 的 20%。本要求不适用于超高速和肖特基整流管, 也不适用于不大于 10 V 的低压电压调整和电压基准二极管。

图 5 双拐点(急骤拐弯器件的拒收判据)



整流器或电压调整和电压基准二极管在拐弯处可能出现第二条曲线，该曲线不应大于被测器件总电压的 5% (见放大的图)。

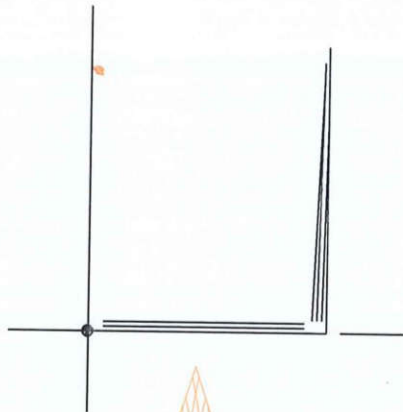
a) 双曲线



对于软击穿二极管，包括信号二极管、低压电压调整和电压基准二极管、快速、超快和特快整流器，在拐弯处可能出现第二条曲线，该曲线不应大于被测器件总电压的 10% (见放大的图)。

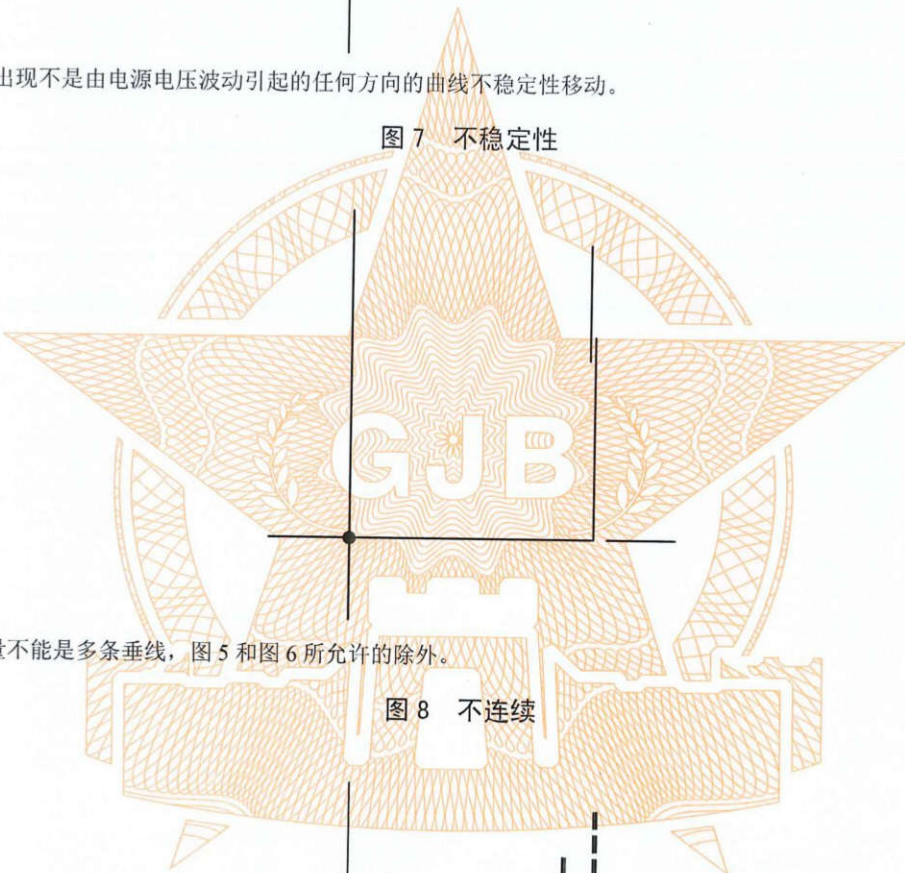
b) 软拐弯双曲线

图 6 双曲线



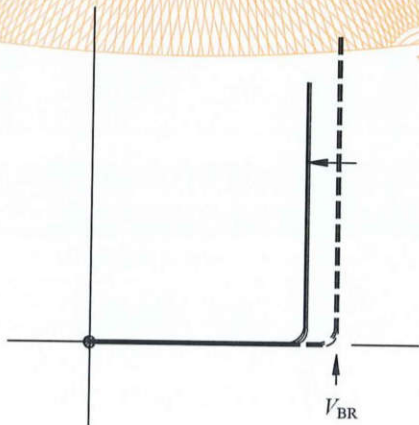
不允许出现不是由电源电压波动引起的任何方向的曲线不稳定性移动。

图 7 不稳定性



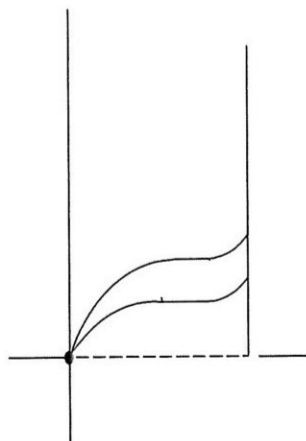
垂直分量不能是多条垂线，图 5 和图 6 所允许的除外。

图 8 不连续



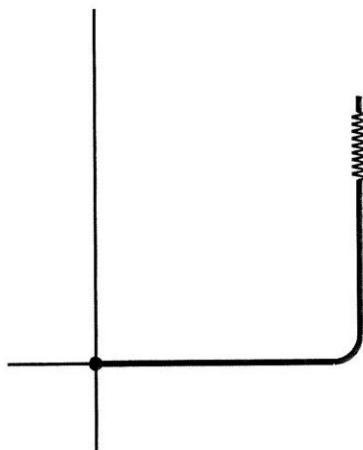
垂直分量不允许突然减少 V_{BR} 值的 2% 或更多。

图 9 突然返回—崩溃 V_{BR}



漏泄电流(垂直分量方向)不得高于初始值。

图 10 浮动



在垂直曲线上规定的 I_{BR} 或其附近区域不应出现不稳定性(飞弧),例如,可能是与器件芯片区域内的可见火花放电同时发生的飞弧。在拐弯处或其附近的干扰是允许的,例如,在雪崩电压调整和电压基准二极管上观测到的干扰。

图 11 飞弧

4 程序

4.1 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 或更大。应将曲线记录仪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。

4.2 串联负载电阻器

应串联负载电阻器,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,这个典型电阻值应不小于击穿时器件电阻值的 1/4。例如:最小规范值为 400V 的器件在 I_{BR} 为 100 μ A 时观察,则应按下式选择串联电阻:

$$R \geq 0.25 \times (400/0.0001) \Omega, \text{ 即:}$$

$$R \geq 1M\Omega$$

也可能需要限制曲线记录仪的峰值电压(V_{CT}),特别是不能达到所述的串联负载电阻值时。为保证安全监测反向电流,必须在低于典型负载线下工作,见图 1 和 4.5。

除另有规定外, 击穿电流应是测试击穿电压所采用的电流。

4.3 调节

曲线应出现在显示器的第一和第三象限, 并从 0V 开始慢慢地调节, 以获得具有最大分辨力的规定电流, 以便确定特性曲线。被测器件应在击穿条件下保持至少 2s, 以保证避免出现击穿漂移的间歇不稳定的情况。本方法的所有图形均出现在第一象限。

4.4 调整曲线记录仪的垂直和水平灵敏度

应调整曲线记录仪的垂直和水平灵敏度, 以提供规定电流的完整曲线的再现, 并使曲线占有的区域不少于可利用屏幕的 50%。

4.5 电压的调整

不应简单地将曲线记录仪电压调在预先确定值以及立即切断。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 4.2) 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}) 进行预筛选的电压调整和电压基准二极管是这种典型情况。考虑到图 1 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)。除另有规定外, 其关系可用公式 (1) 和公式 (2) 计算:

$$I_{BR} = \frac{V_{CT} - V_{BR}}{R} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{CT} = I_{BR} \cdot R + V_{BR} \dots\dots\dots (2)$$

式中, 电阻 R 可由公式 (3) 确定:

$$R = \frac{V_{CT} - V_{BR}}{I_{BR}} \dots\dots\dots (3)$$

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。

4.6 判定条件

与本方法或详细规范所述期望特性的允许偏差必须由鉴定机构认可。如果希望在承制方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。在确定可靠性的质量一致性或鉴定批中, 应存在呈现特殊曲线特性的器件。

器件显示稳定并满足适用的图示曲线条件为合格。器件超出适用的图示曲线条件为失效。器件满足条件但持续移动、漂移或变化的, 应另外观察 2s。2s 循环应连续进行, 直到器件稳定并满足合格判据, 或超出合格判据而失效。10s 后仍然漂移的器件应作为长期不稳定而判为失效。

5 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 采用的测试条件。

方法 4031 反向恢复特性

1 目的

本方法的目的是将器件从规定的正向电流转换到规定的反偏状态时,通过观测反向瞬态电流与时间的关系,测试信号二极管、开关二极管和整流二极管的反向恢复时间和其他规定的恢复特性。

2 选择适用条件的一般指南

对所考虑的二极管,提出四个条件供选用:

- a) 反向恢复时间小于 6ns 的信号二极管选择测试条件 A;
- b) 规定最大恢复时间为 50ns~3 000ns 的中小电流整流二极管选择测试条件 B;
- c) 规定最大恢复时间为 350ns 或更大的大电流整流二极管选择测试条件 C;
- d) 超快恢复整流二极管选择测试条件 D。

3 测试条件 A

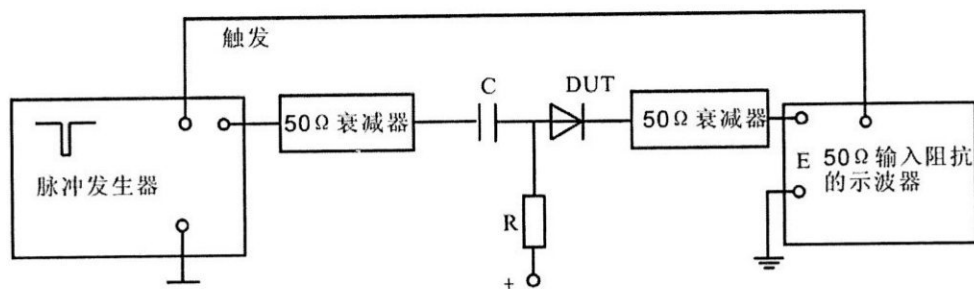
3.1 通则

本条件更适用于反向恢复时间小于 6ns 的小电流信号二极管,测试电流为 10mA,但实际可应用至 20ns 和 100mA。

3.2 电路说明

电路见图 1,说明如下:

- a) 代替被测器件的无感校准电阻两端的反向电压脉冲上升时间应小于被测器件恢复时间的 20%,以获得最大准确度;
- b) 示波器上升时间应小于被测器件恢复时间的 20%,以获得最大准确度;
- c) 使用合适的同轴网络和终端以避免产生脉冲反射;
- d) $R > 10R_L$;
- e) 除另有规定外, $R_L = Z_{PG} + Z_{示波器} = 100\Omega$;
- f) $C > 10PW/R_L$;
- g) PW 大于 2 倍规定的最大 t_{rr} 。



测试电路应符合 3.2 所述的测试条件。其中:

PW=反向电压脉冲的脉冲宽度(见图 2); R_L =负载电阻; C =耦合电容。

图 1 条件 A 测试电路

3.3 程序

通过电阻 R 和电源调节规定的正向电流。测量 50Ω 欧姆示波器输入阻抗两端的电压 E 。用公式(1)计算规定的正向电流。 I_F 的持续时间至少应为器件恢复时间的 10 倍。

$$I_F = E/50 \dots\dots\dots (1)$$

调节示波器垂直灵敏度,使示波器轨迹向零基准上方垂直偏移至少 2cm。通过改变脉冲发生器的输出来调节反向瞬态电流 (I_{RM}),观测 50Ω 示波器输入阻抗两端的电压 E ,并用公式(2)计算 I_{RM} 。

$$I_{RM} = E/50 \dots\dots\dots (2)$$

当规定反偏电压 V_R ,而未规定 I_{RM} 时,用短路棒代替被测器件(DUT),并由公式(3)计算 I_{RM} 。

$$I_{RM} = V_R/50 \dots\dots\dots (3)$$

3.4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- 正向电流 (I_F);
 - 反向电流 (I_{RM}) (优选)或反向电压(次选);
 - 负载电阻 (Z_{PG} 与 $Z_{示波器}$ 的和),如果不是 100Ω ;
 - 环境温度;
 - 发生器阻抗,如不是 50Ω ;
 - 反向电流测试点, $I_{R(REC)}$,如不同于 I_{RM} 的 10%。
- 应进行 t_{rr} 的测量(见图 2)。

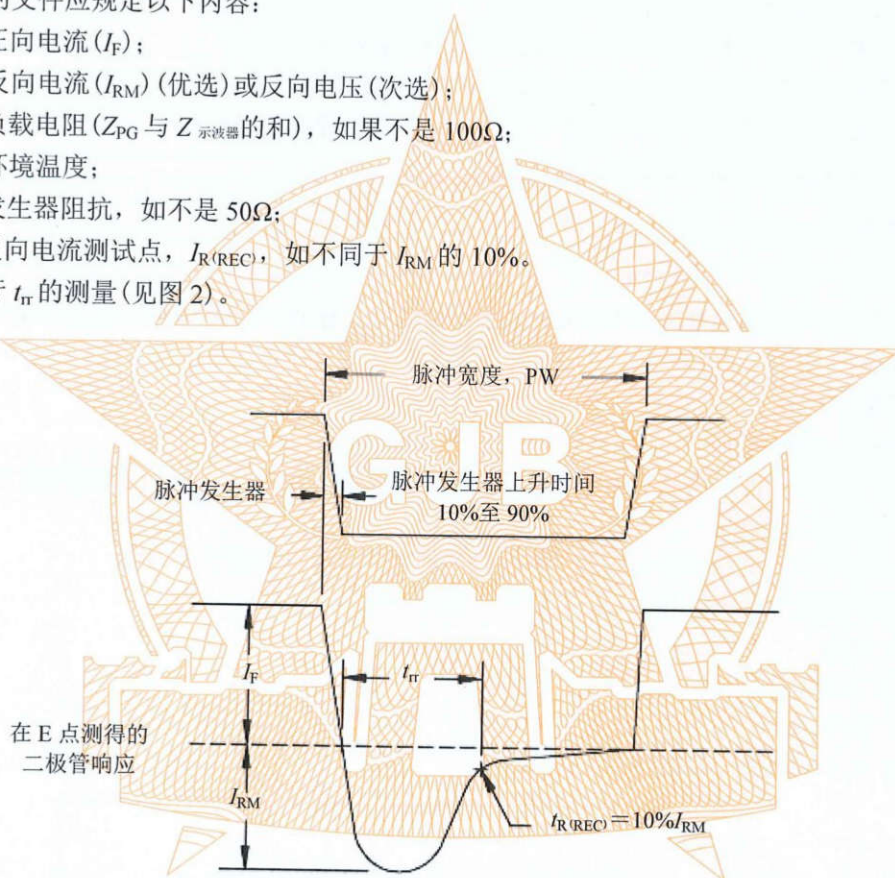


图 2 条件 A 的响应脉冲波形

4 测试条件 B

4.1 通则

本条件尤其适用于规定最大恢复时间在 $50\text{ns} \sim 3000\text{ns}$ 之间(恢复时间值是在正向峰值电流大于 100mA 且不大于 1.0A 下测得)的中电流普通或快恢复整流二极管。本条件也适用于更小的测试电流。本测试条件还适用于恢复时间小于 50ns (恢复时间值是在正向峰值电流不大于 1A 条件下测得)的二极管,对小于 25ns 或更大电流情况,测试时必须注意降低环形电感和减少线路上升时间,以满足重复性的要求。

条件 B(见表 1)和条件 D 的不同点在于条件 B 是测试线路限制了反向电流 (I_{RM}),条件 D 是被测器件限制了反向电流 (I_{RM})。

表 1 测试条件 B

符号(条件)	单位	B1	B2	B3	B4	B5
测试电流(见图 4)	A					
I_F		0.5	0.5	1.0	1.0	0.01
I_{RM}		1.0	0.5	1.0	1.0	0.01
$I_{R(REC)}$		0.25	0.1	0.5	0.1	0.005
线路电阻 ^a	Ω					
R_F		33	33	50	50	1200
R_R		9	9	15	15	200
R_4		1.00	1.00	1.00	1.00	10.0

^a 给出的是优选的标称电阻值, 可能需要修改 R_F 和 R_R 值, 以达到 4.1 a) 规定的上升时间和 I_{RM} 值。

4.2 电路说明

推荐图 3 a) 的定时电路和测试电路, 也可以使用其他等效的电路。推荐的 R_4 的结构见图 3 b)。占空比不得超过 5%。

- a) 代替被测器件的无感校准电阻上的反向电压脉冲的上升时间应小于被测器件恢复时间的 20%;
- b) 示波器上升时间应小于脉冲发生器上升时间的 50%。

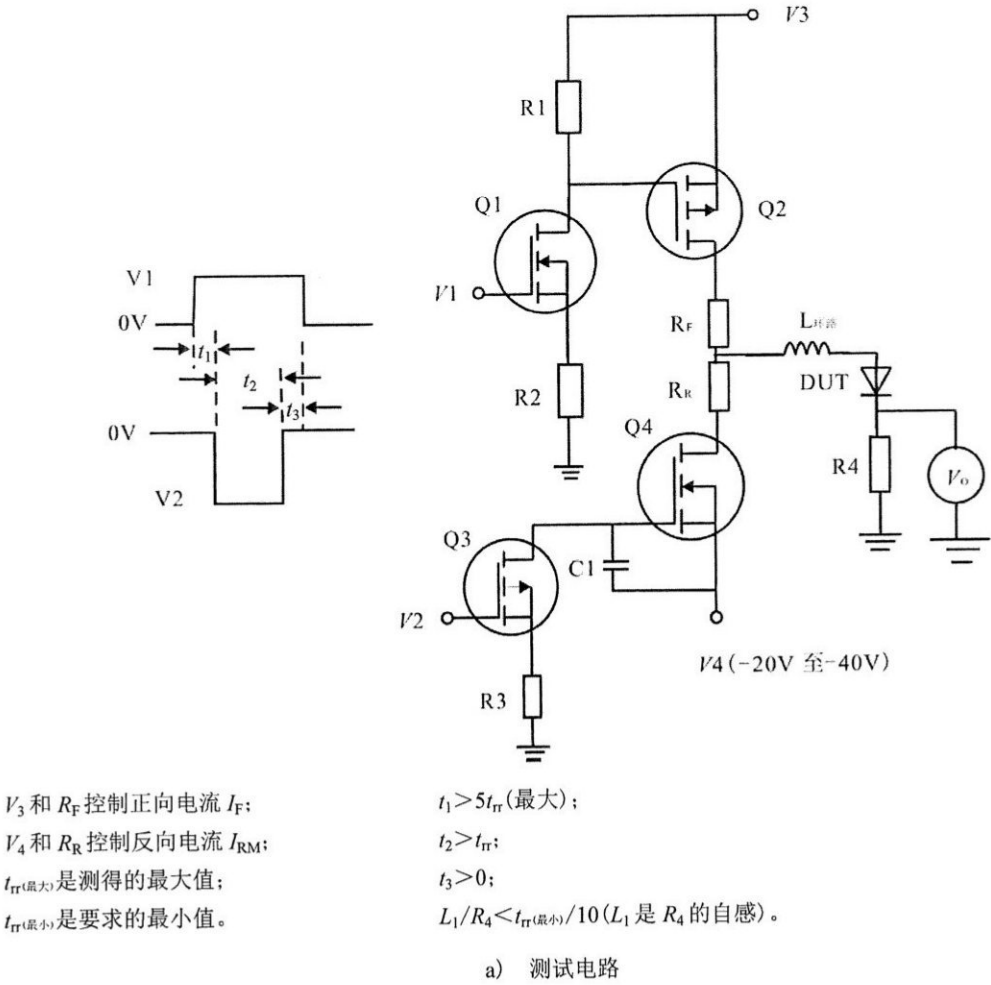


图 3 条件 B

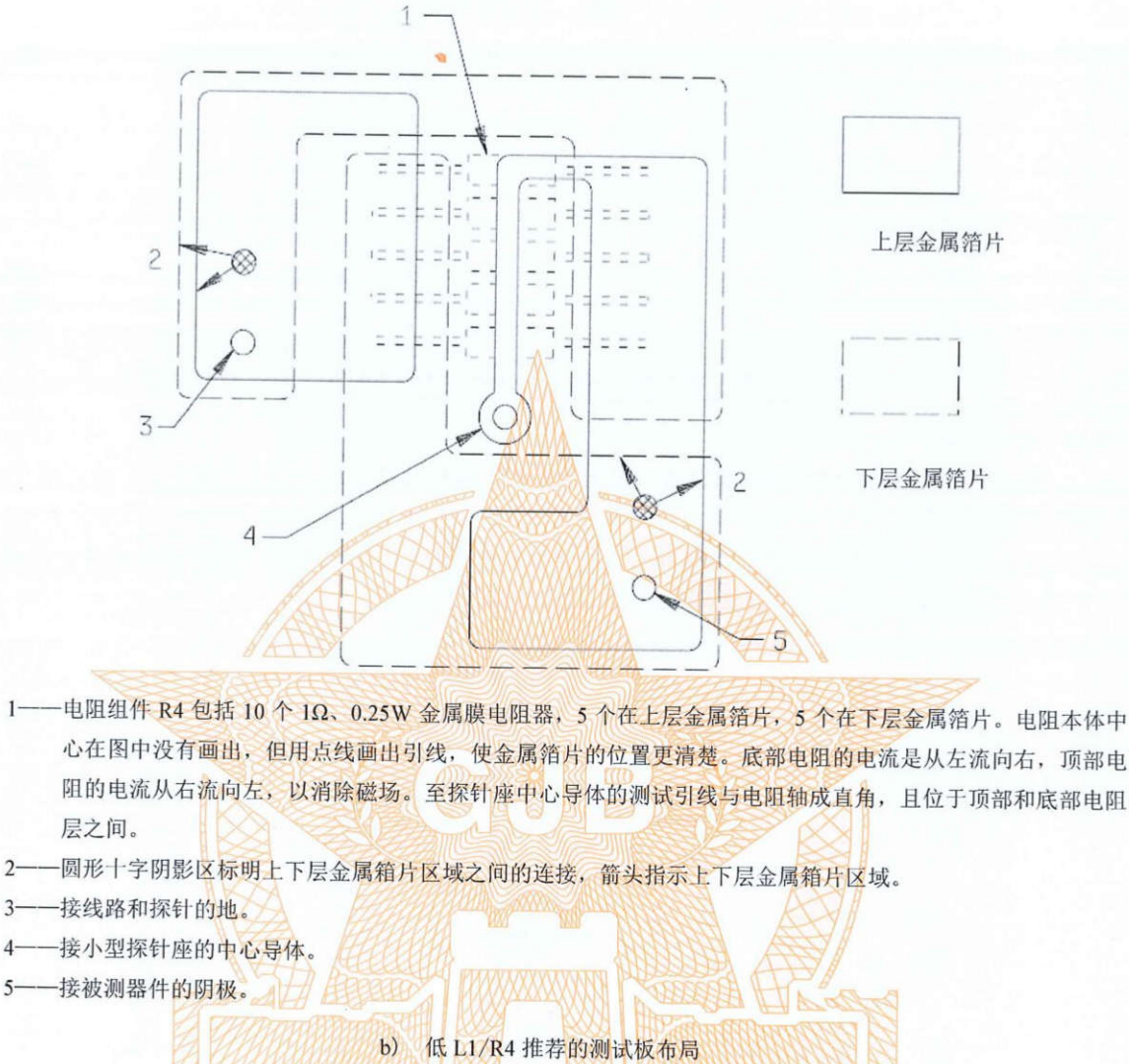


图 3(续)

4.3 程序

通过改变正向电压 V_3 来调节达到规定的正向电流 I_F 。改变反向电压 V_4 (见图 4) 来控制反向电流 I_{RM} 。接入被测器件时，测试线路应能通过高于规定电流 I_{RM} 的电流，测试线路(而不是被测器件)必须限制反向电流。

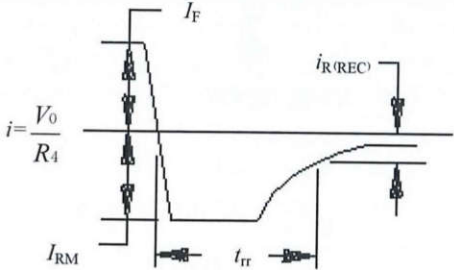


图 4 通过被测器件的电流(条件 B)

4.4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- 测试条件(如 B1、B2)(见第 3 章), 如不同于表 1, 则规定 c)、d)和 e);
- 环境温度, 如不是 25℃;
- 正向电流 I_F ;
- 反向电流 I_{RM} ;
- 负载电阻 R_F 和 R_R ;
- 恢复时间的测试点 $I_{R(REC)}$ 。

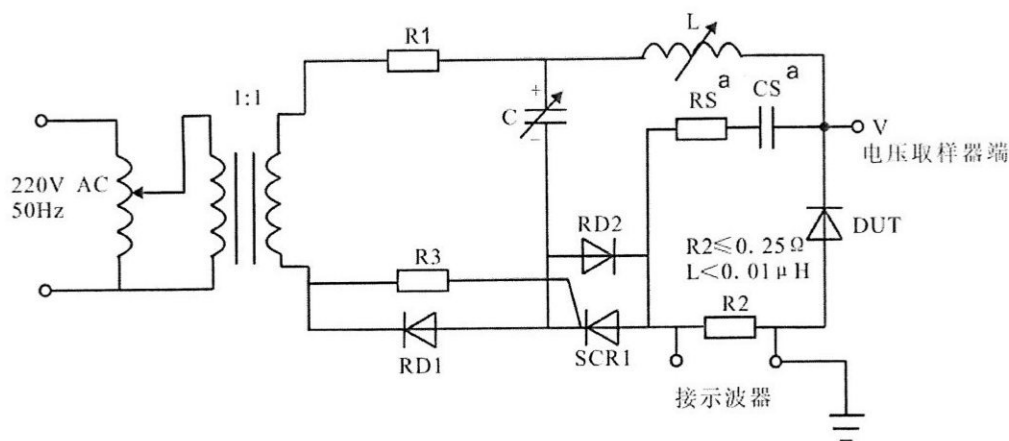
仅在和表 1 规定的条件不同, 才规定 c)至 f)。

应进行 t_{π} 的测量(见图 4)。

5 测试条件 C

5.1 通则

本条件用于正向峰值电流不小于 10A 而反向恢复时间不小于 350ns 的大电流整流器, 测试电路见图 5。



* 当规定使用时, R_S 和 C_S 是缓冲元件。

图 5 测量反向恢复特性的电路(条件 C)

5.2 电路说明

电路说明如下:

- 设计的线路模拟在功率整流二极管线路中遇到的整流工作状态, 同时保持平均功耗低, 以减少热量处理的需要。
- 电容 C 、电感 L 和被测器件回路的电阻(R_2 及寄生电阻)均应很小, 例如: $2\pi\sqrt{L/C} \gg R$ 以使测试电流基本上是具有下列指标的正弦波: 宽度为 $\sqrt{C}$ 、 di/dt 为 V/L 、峰值为 $\pi\sqrt{L/C}$ 。电容器两端的峰值电压应合理可行地尽可能小, 以达到测试条件的要求。忽略反向电压幅度对被测器件恢复特性的影响。
- 最小正向电流脉冲时间(t_p)至少应为被测器件恢复时间(t_{rr})的 5 倍, 以使 di/dt 为线性, 并使电流反向前后的 di/dt 值相同。
- 示波器上升时间应小于 t_a 或 t_b (见图 6)的 20%, 取较小者。
- 电流取样电阻的电感必须非常小, 比如为 0.01μH。急剧恢复的整流器(见图 6)可能产生电流振荡, 采用电感较小的电流取样电阻并适当地连接示波器电缆可减弱这一振荡。可用具有适当上升时间的电流互感器代替电流取样电阻。如果硅可控整流器 SCR1 的反向恢复时间小于被测器

件的反向恢复时间, 则整流二极管 RD2 可提供电感极小的通路。可以使用一个外部的硅可控整流器 (SCR) 触发源以达到稳定触发的目的。

- f) 器件恢复后的波形上可能出现轻微的振荡。可以采用减小电流取样电阻的电感量, 或适当连接取样电缆的方法以减少振荡。但振荡不应影响测试结果。
- g) 如果 SCR 的反向恢复时间小于被测器件的反向恢复时间, D2 及其分支电路将提供一个围绕 SCR 的低电感通路。
- h) R3 应足够大, 以使只在电容 C 有足够时间充电至所需值后, SCR 才触发。如果稳定触发或充分充电有困难, 可以在线路中插入一个按钮开关, 与 R3 一起提供触发。在触发线路中可采用脉冲变压器。

5.3 程序

调节 C、L 和 V 以获得规定的测试电流 di/dt 和测试电流幅值 I_{FM} 。整流二极管的恢复时间定义为 $t_{rr} = t_a + t_b$ (见图 6), 其中 t_a 是从电流反向的瞬间到电流达到其反向峰值 $I_{RM(REC)}$ 的瞬刻测得的, 而 t_b 是从 $I_{RM(REC)}$ 到连接 $I_{RM(REC)}$ 和 $0.25I_{RM(REC)}$ 的直线与零电流轴相截瞬间测得的。具有急剧恢复特性器件的恢复时间的定义方法相同, 只是 t_b 是从 $I_{RM(REC)}$ 到测试电流波形与零电流轴相截瞬间测得的。

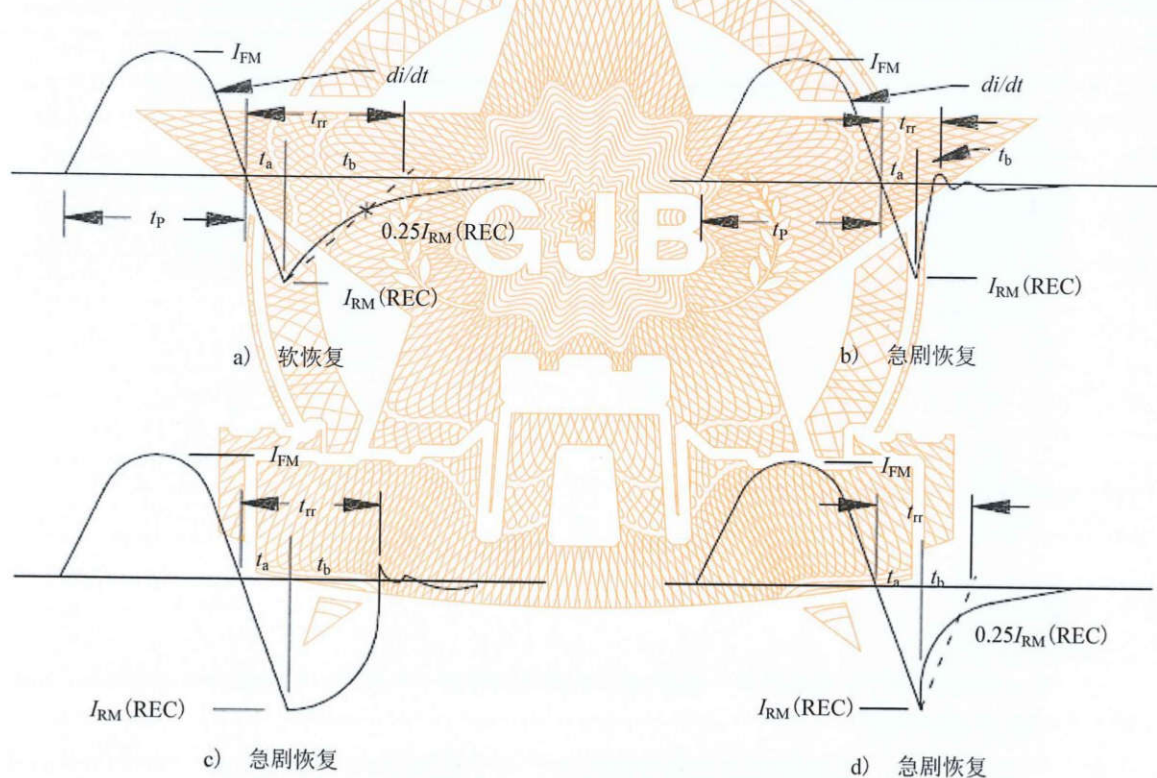


图 6 在测量反向恢复特性电路中的各种被测整流二极管的测试电流波形

5.4 说明

5.4.1 有关的文件应规定以下内容:

- a) 亮温;
- b) 测试重复率, Hz;
- c) 正向峰值电流 (I_{FM});
- d) 正向电流下降率 (di/dt);
- e) 测试电流最小脉冲宽度 (t_P) (占空因子应 $\leq 1\%$)。

5.4.2 需要时, 下列测量特性应在订购文件中加以规定:

- a) 反向恢复时间(定义为 $t_{rr}=t_a+t_b$)和 t_a 、 t_b ;
- b) 反向恢复电流 $I_{RM(REC)}$ 。

6 测试条件 D

6.1 通则

本条件用于正向电流 I_F 不小于 1A 而反向恢复时间不大于 100ns 的超快中电流整流器(轴向安装、外壳安装或等效安装)。在良好的条件下, 条件 D(见表 2)能测量 t_{rr} 约达 10ns, 本方法也可用于 I_F 最大至少 10A 的情况。

表 2 测试条件 D

器件额定值		符号(条件)	测试值	
I_O 或 $I_{F(AV)}$ A	t_{rr} ns		I_F A	di/dt μ s
1~4	大于 65~100	D1	2	100
4~20	大于 65~100	D2	6	100
大于 20	大于 65~100	D3	10	100
1~4	≤ 65	D4	2	200
4~20	≤ 65	D5	6	200
大于 20 ¹⁾	≤ 65	D6	10	200

¹⁾ 对额定电流值更高的器件, 需要使用 I_F 接近额定电流、di/dt 值更高的测试条件。

6.2 测试线路

脉冲时间和电路的细节见图 7 和图 8, 可以采用其他等效的电路。也可以采用其他功能等效电路代替由 Q1、Q2、R1 和 R2 构成的正向电流发生器, 由 Q3、Q4、R3 和 C1 构成的斜波电流发生器也可同样处理。占空系数应不大于 5%。

- a) 本方法假定在测试线路的结构中采用了良好的工程条件, 如短引线、良好接地、测量环电感最小、电流取样电阻(R4)的自感(L1)最小等。此外, 还选用了合适的高速发生器和其他设备。
- b) 测量环路电感($L_{\text{环路}}$, 见图 7)代表所有电感元件的总电感, 无论是集中的还是分散的, 如键合丝、测试夹具、线路板上的金属箔、储能电容的电感等。 $L_{\text{环路}}$ 的数值应不大于 100nH, 控制此电路参数是因为它与二极管特性(包括 C_T)一起决定了 t_b 的值。
- c) 关断反向电压的过冲不允许超过器件额定击穿电压。振荡和过冲的问题可以这样考虑:
 $R_{\text{环路}} < 2\sqrt{L/C}$, 其中 $L=L_{\text{环路}}$ 。这是要求使 $L_{\text{环路}}$ 尽量减小的另一个原因。
- d) 考虑到击穿电压, V4 应尽可能的小, 特别在测试低压器件时。推荐值为约 30V。
- e) 电流取样电阻 R4(见图 8)的自感的时间常数必须低于 t_a , 因为观察的 t_a 和 I_{RM} 随自感的增加而增加。由于 R4 的值没有规定, 推荐的最大电感采用时间常数表示为 $(L1/R4)$, 其最大值为 t_a (最小)/10, 其中 t_a (最小)是 t_a 的最小值。选择该比例值要综合考虑, 观测到的 t_a 值将高 10% ($\Delta t_a = L1/R4$)。 I_{RM} 的误差是 $L1/R4$ 时间常数和 di/dt 的函数。对 100A/ μ s 的 di/dt, 观测到的 I_{RM} 也将高 10% ($\Delta I_{RM} = L1/R4 \text{ di/dt}$)。
- f) 选择 100A/ μ s 的 di/dt, 使能提供合理的高信号电平, 不因为更高的 di/dt 而引入大的 I_{RM} 误差。若 $L1/R4$ 值更低, 则能达到更高的 di/dt 值而不引起大的误差。

6.3 程序

调节 V1 达到规定的正向电流 I_F , 调节 V2 达到规定的 di/dt(见图 7 和图 9)。

6.4 说明

6.4.1 条件

条件说明:

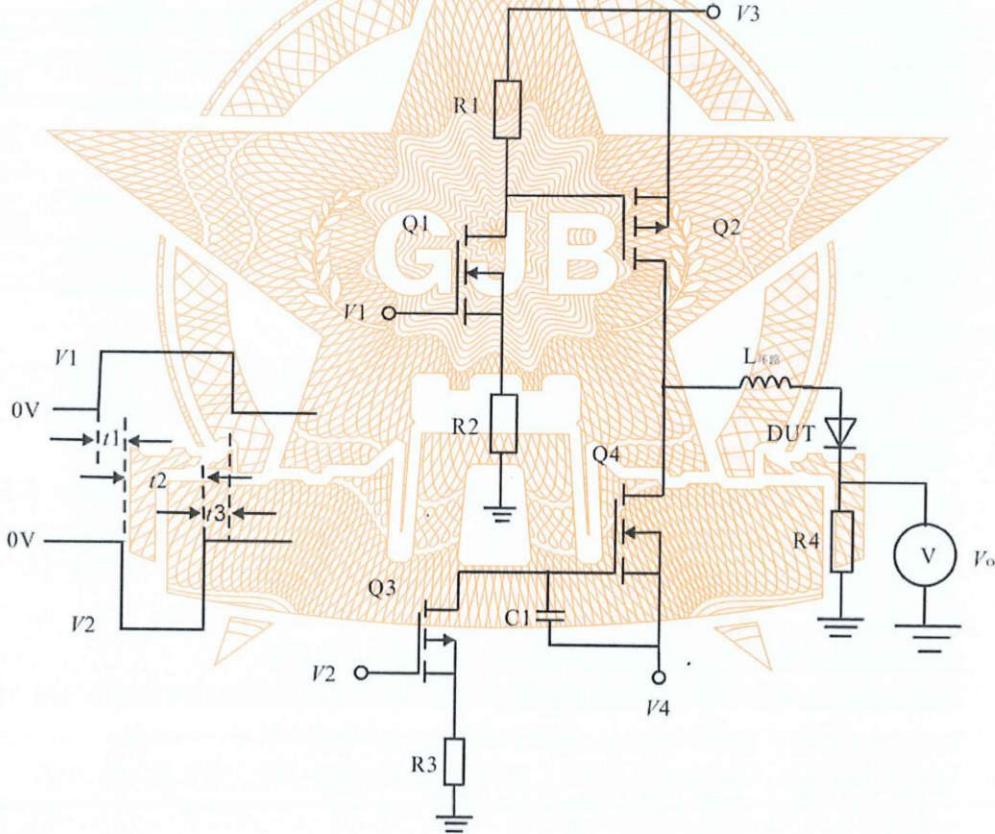
- a) 测试条件的符号(条件, 见表 1), 若需要其他条件, 应规定下述 d)、e);
- b) 反向斜波电源电压 V_4 ;
- c) 壳温 T_C , 若不是 25°C ;
- d) I_F , 推荐替代值为额定直流电流的 1/4(最小)(见表 2);
- e) di/dt , 推荐替代值为 $100\text{A}/\mu\text{s}$ (见表 2)。

6.4.2 测量特性

测量特性说明:

- a) 反向恢复时间 t_{rr} (见图 9);
- b) $I_{RM(REC)}$ (见图 9)。

若需要计算 $t_b = t_{rr} - t_a$ 及软恢复因子 $RSF = t_b/t_a$, 可能要另外测量 t_a 。



$V1$ 幅度控制正向电流 I_F ;

$V2$ 幅度控制 di/dt ;

$t_{a(最大)}$ 是测得 t_a 的最大值;

$t_{a(最小)}$ 是测得 t_a 的最小值。

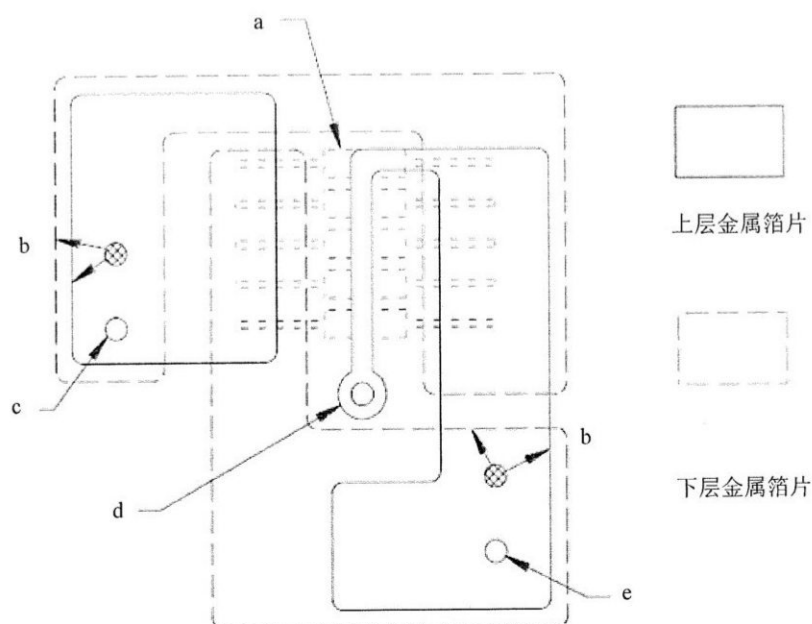
$t_1 > 5t_{a(最大)}$;

$t_2 > t_{rr}$;

$t_3 > 0$;

$L1/R4 < t_{a(最小)}/10$ ($L1$ 是 $R4$ 的自感)

图 7 条件 D 的 t_{rr} 测量电路



- a ——电阻组件 R_r 包括 10 个电阻 (1Ω 、 $0.25W$ 金属膜), 5 个在上层金属箔片, 5 个在下层金属箔片。电阻本体中心在图中没有画出, 但用点线画出引线, 使金属箔片的位置更清楚。底部电阻的电流是从左流向右, 和顶部电阻的电流从右流向左反向, 以消除磁场。至探针座中心导体的测试引线与电阻轴成直角, 且位于顶部和底部电阻层之间。
- b ——圆形十字阴影区标明上下层金属箔片区域之间的连接, 箭头指示上下层金属箔片区域。
- c ——接线路和探针的地。
- d ——接小型探针座的中心导体。
- e ——接被测器件的阴极。

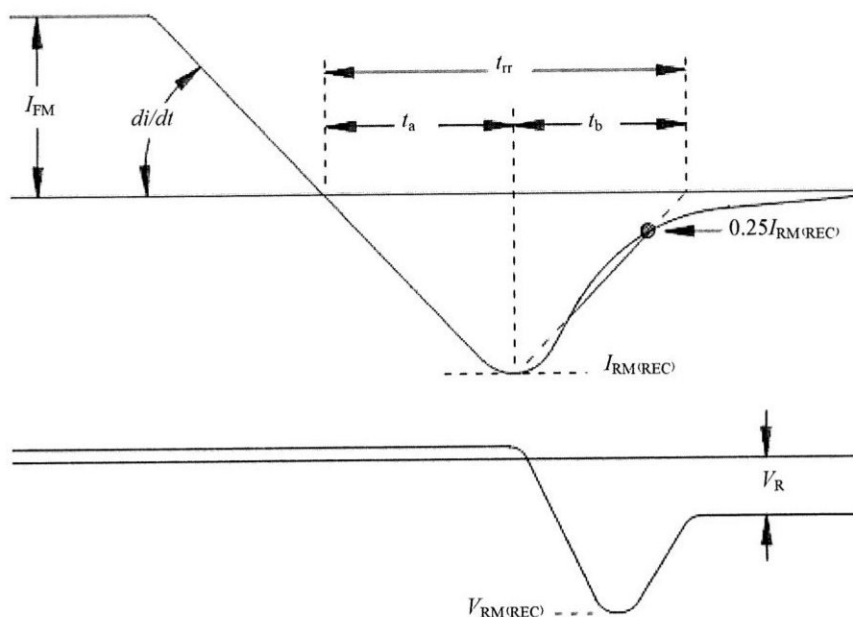
图 8 条件 D 低 $L1/R4$ 推荐的测试板布局

图 9 条件 D 的反向恢复通用波形

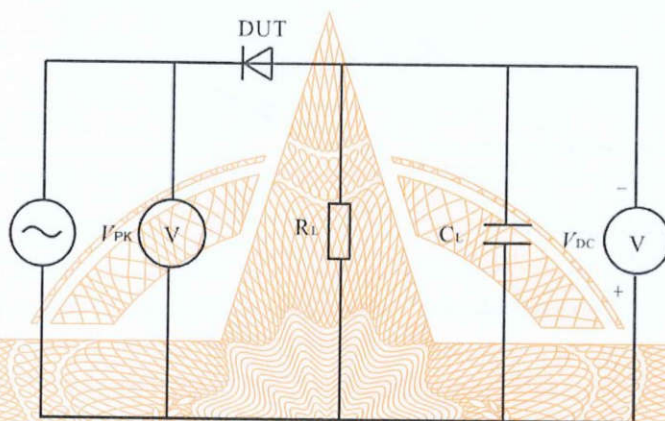
方法 4041 整流效率

1 目的

本测试的目的是为了测量整流效率，即直流输出电压与交流峰值输入电压之比。

2 测试电路

测试电路见图 1。



电压表的阻抗应比 R_L 和 C_L 的负载电路的阻抗高。

图 1 整流效率测试电路

3 程序

将交流信号调至规定的频率，信号电平由峰值电压表 (V_{PK}) 测量。整流输出电压由电压表 (V_{DC}) 测量。按公式 (1) 计算整流效率 (η)。

$$\eta = V_{DC} / V_{PK} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 负载电容 (C_L) 和负载电阻 (R_L)；
- b) 交流源的频率和幅度。

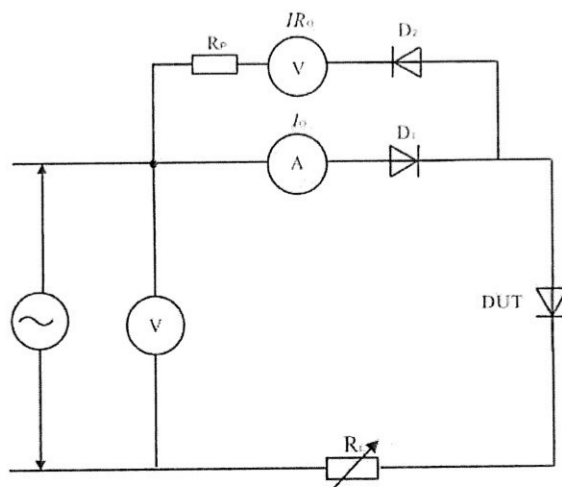
方法 4046 平均反向电流

1 目的

本测试的目的是测量在规定条件下通过器件的平均反向电流。

2 测试电路

测试电路见图 1。



D_1 和 D_2 的反向漏电流应小于被测器件规定的最大漏电流的 0.05%。另外，器件 D_1 和 D_2 的类型应与被测器件相同。

图 1 平均反向电流测试电路

3 程序

达到热平衡后，在规定的温度下，施加规定的电压。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 测试温度(当要求时)；
- b) 测试电压。

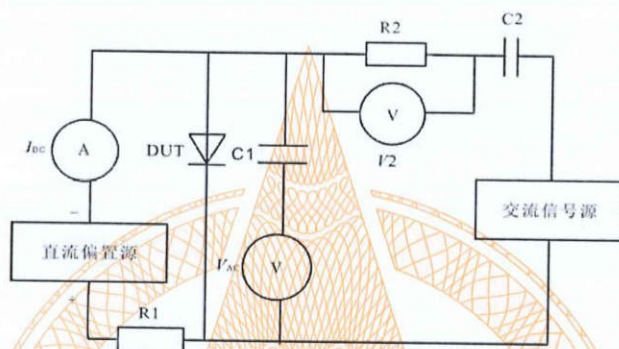
方法 4051 小信号反向击穿阻抗

1 目的

本测试的目的是为了在小信号条件下测量器件的反向击穿阻抗 (Z_{zt})。

2 测试电路

测试电路见图 1。



C_1 和 C_2 在测试频率下的阻抗应比被测器件的小；

电压表 V_{AC} 和 V_2 应为高输入阻抗均方根型；

R_1 的阻值应比被测击穿阻抗大；

可以用一个低通滤波器与交流信号源串联。

图 1 小信号反向击穿阻抗测试电路

3 程序

将规定的反向直流电流加到被测器件上，通过耦合电容 C_2 将 45Hz~1 000Hz 频率范围的交流信号施加到被测器件上。相应的 Z_{zt} 规范极限值适用于 45Hz~60Hz 的频率范围，在大于 60Hz 频率下的测量应修正到 45Hz~60Hz 频率下的读数。所加交流电流应为被测器件直流击穿电流的 10%，小信号阻抗按公式 (1) 确定。

$$Z_{zt} = \frac{V_{RMS}}{I_{RMS}} = \frac{V_{AC} R_2}{V_2} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

V_{RMS} ——电压有效值，单位为 V；

I_{RMS} ——电流的有效值，单位为 A；

V_{AC} ——直流电压表测量到的电压，单位为 V；

R_2 ——电阻，单位为 Ω 。

V_2 ——直流电压表 V_2 测量到的电压，单位为 V。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 直流和交流测试电流；
- b) 测试频率，如果不是 45Hz~1 000Hz。

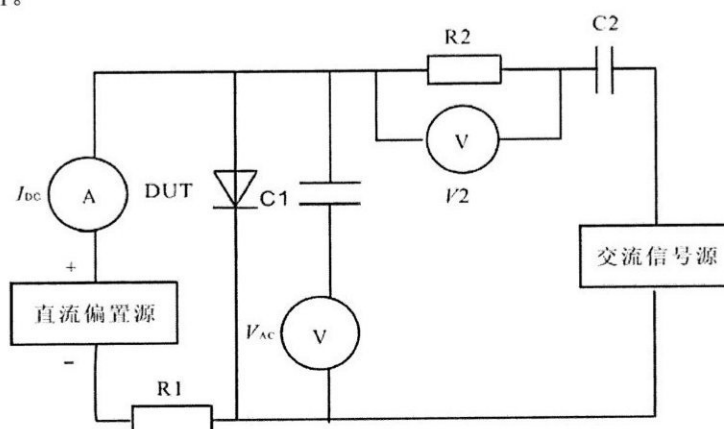
方法 4056 小信号正向阻抗

1 目的

本测试的目的是在小信号条件下测量器件的正向阻抗 (Z_f)。

2 测试电路

测试电路见图 1。



C_1 和 C_2 在测试频率下的阻抗应比被测器件的小；

电压表 V_{AC} 和 V_2 应为高输入阻抗型；

R_1 的阻值应比被测正向阻抗大；

可以用一个低通滤波器与交流信号源串联。

图 1 小信号正向阻抗测试电路

3 程序

将规定的正向直流电流加到被测器件上，通过耦合电容 C_2 将 45Hz~1 000Hz 频率范围内的交流信号施加到被测器件上。相应的 Z_f 规范极限值适用于 45Hz~60Hz 的频率范围，在大于 60Hz 频率下的测量应修正到 45Hz~60Hz 频率下的读数。所加交流电流不得大于正向直流电流 I_f 值的 10%，小信号阻抗按公式(1)确定。

$$Z_f = V_{AC} R_2 / V_2 \dots \dots \dots (1)$$

式中：

V_{AC} ——直流电压表测量到的电压，单位为 V；

R_2 ——电阻，单位为 Ω ；

V_2 ——直流电压表 V_2 测量到的电压，单位为 V。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 直流和交流测试电流；
- b) 测试频率，如果不是 45Hz~1 000Hz。

方法 4061 贮存电荷

1 目的

本测试的目的是直接测量当半导体二极管从正偏条件快速转换到反偏条件时, 二极管的恢复电荷。

2 测试电路

测试电路见图 1。

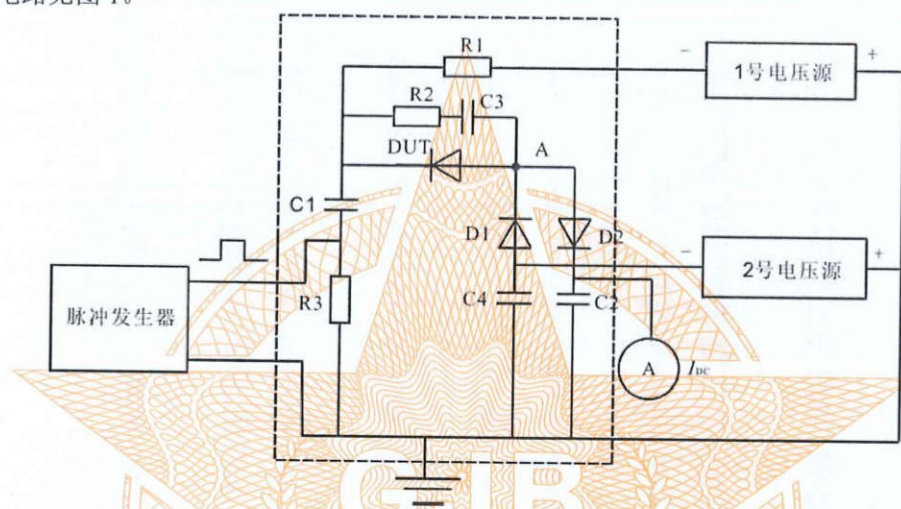


图 1 贮存电荷测试电路

3 测试注意事项

测试注意事项如下:

- 由 2 号电压源流出并通过二极管 D_1 电阻 R_1 流到 1 号电压源的电流对被测二极管加正偏。用来自发生器的脉冲给被测二极管周期性地加反偏, 使二极管中贮存的电荷流过二极管 D_2 , 并用电流表进行测量。在零偏电流下进行类似测量以确定由二极管电容和电路杂散电容引起的电荷成分, 然后可根据电流读数和脉冲频率计算出贮存电荷。
- 电阻 R_1 应足够大以确保恒定电流通过被测二极管, 电容 C_1 应足够大, 以使被测二极管两端的电压在施加脉冲期间几乎维持不变。脉冲发生器的输出阻抗(包括 R_3)应较低, 最好为 $10\Omega \sim 25\Omega$ 。脉冲上升时间应足够短而脉冲持续时间应足够长, 以使更多变化而不致改变测量结果。
- 二极管 D_1 的贮存电荷应比被测二极管的少得多。二极管 D_2 的导通时间应快, 大电流下的动态电阻要低, 而其反向漏电流应很小。电容 C_2 和 C_4 的电感要小, 而电容量应足够大, 以使再增加它们的值不致改变测量结果。电流表的阻抗应足够低, 使得在任何测试过程中, 电流表两端的平均电压降均不超过 10mV 。电容 C_3 应足够大, 使移去被测二极管后仍有小电流通过电流表。电阻 R_2 的值应与脉冲发生器的输出阻抗大致相等。
- 虚线内电路部分应按照切实可行的高速脉冲电路搭建, 应特别注意使包括连接被测二极管的连线在内的电路电感减至最小。A 点与地之间的电容应尽可能小。

4 测试程序

测试程序如下:

- 将脉冲发生器调到要求的幅度、脉冲宽度和频率(f), 将 1 号电压源调至零。插入被测二极管, 并调节 2 号电压源使 A 点到地端的电压(由高阻电压表测得)为规定值, 这一电压值一般取 -0.6

伏。读出流过电流表的电流 I_1 。

- b) 调节 1 号电压源使流过被测二极管的正向电流为规定值, 调节 2 号电压源使 A 点到地的电压为规定值, 该电压值必须与第 4 章 a) 所用的电压值相同。读出流过电流表的电流 I_2 。
- c) 贮存电荷由公式 (1) 给出。

$$Q_s = (I_2 - I_1) / f \cdots \cdots \cdots (1)$$

5 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 测量贮存电荷时的偏置电流 I_f (见第 4 章);
- b) 脉冲发生器上升时间 (1%~50%)、幅度、宽度、阻抗和频率 (见第 4 章)。

方法 4064 肖特基二极管雪崩能量试验

1 目的

本试验的目的是确定肖特基二极管的雪崩能力(E_{AS}), 试验时在器件终端加应力。

2 范围

本试验用于设计及规定雪崩能量的二极管。

3 线路

线路应设计为全部杂散电抗最小, 电感 L 应为快响应型。

4 程序

4.1 筛选

雪崩试验前, 被测器件必须经过筛选并符合全部规定参数要求。

4.2 计算

传输至被测器件的能量按公式(1)和公式(2)计算:

$$E_{AS} \approx 0.5 \times L \times I_{LPK}^2 \times V_{(BR)DUT} / (V_{(BR)DUT} - V_{DD}) \quad (1)$$

$R_S \neq 0$ 。

$$E_{AS} \approx 0.5 \times L \times I_{LPK}^2 \quad (2)$$

此计算假定 $R_S = 0$ 。

4.3 试验线路 1

4.3.1 图 1 的线路是典型的非嵌位感性开关, 在此线路设计中, 若 V_{DD} 电源电压不小于被测器件的 $V_{(BR)}$, 它可提供传输至二极管的全部能量。当 $V_{(BR)DUT}$ 与 V_{DD} 的比值小于 10 时, 能量计算应包括从 V_{DD} 电源的传输(见公式(1))。

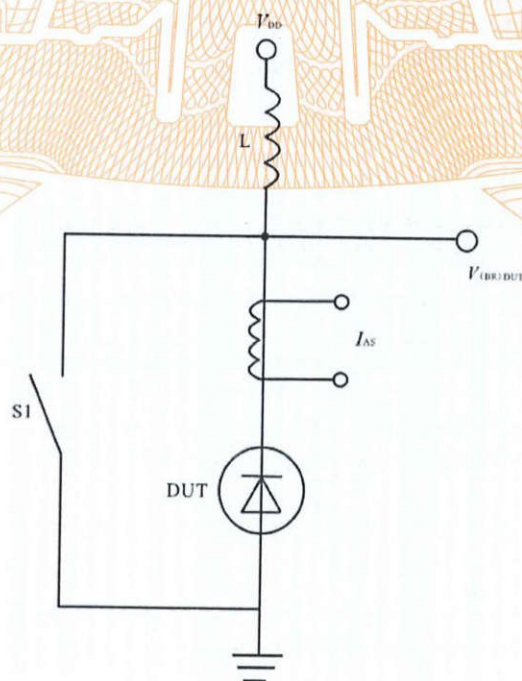


图 1 典型的非嵌位感性开关

4.3.2 开关 S1 一般是一个功率器件(例如 MOSFET), 但此器件的击穿电压必须大于被测器件的击穿电压。

4.3.3 应使用变流器或探测器监测器件的雪崩电流, 探测器必须固定在被测器件的阴极或阳极端。

4.3.4 应选择负载电感(L)值使雪崩时间保持在 $200\mu\text{s}$ 以下, 雪崩时间(t_{AV})按公式(3)计算。推荐空气芯电感用于本试验以避免内芯出现问题。若使用铁芯电感, 必须注意铁芯饱和和不改变电感(L)的有效值, 否则会导致试验结果不重复。

$$t_{\text{AV}} \approx L \times I_{\text{LPK}} / V_{(\text{BR})\text{DUT}} \dots\dots\dots (3)$$

4.3.5 图 2 的电流电压波形显示本试验电路中器件的典型响应。

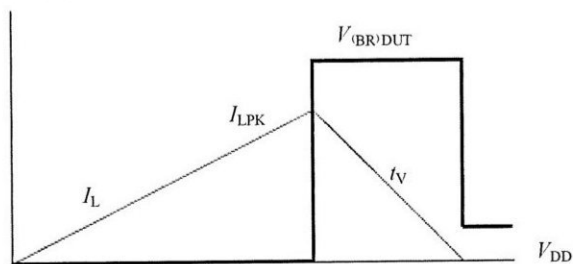


图 2 电流电压波形

4.4 试验线路 2

4.4.1 图 3 的线路也适用于非嵌位感性开关, 在此线路设计中, 感性负载完全充电后, 通过 S1 从试验线路中撤除 V_{DD} 电源。使用此试验线路时, 能量计算不必包括从 V_{DD} 电源的传输(见公式(2))。

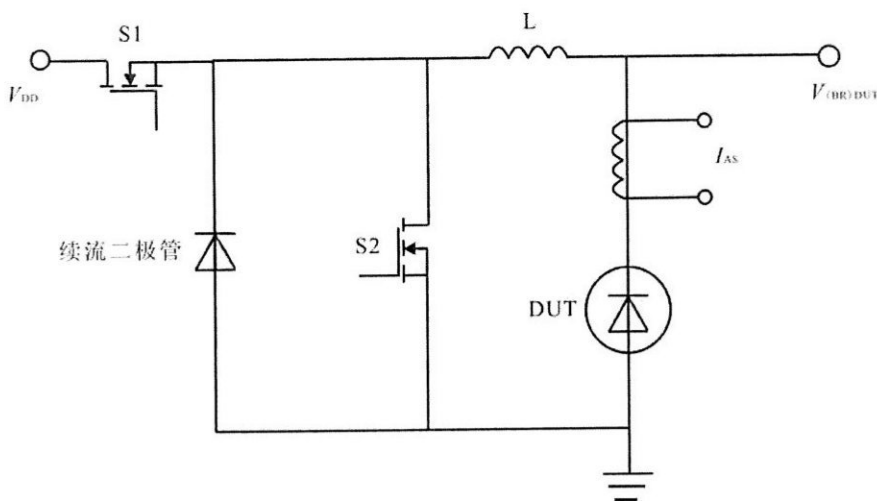


图 3 非嵌位感性开关线路

4.4.2 开关 S1 和 S2 是功率器件(例如 MOSFET), 但这些器件的击穿电压必须大于被测器件的击穿电压。这些器件同步关断以便在被测器件上获得适当响应。

4.4.3 S1 断开与 V_{DD} 电源的连接后, 需要续流二极管以闭合感性负载的电流回路。

4.4.4 应使用变流器或探测器监测器件的雪崩电流, 探测器必须固定在被测器件的阴极或阳极端。

4.4.5 应选择负载电感(L)值使雪崩时间保持在 $200\mu\text{s}$ 以下, 雪崩时间(t_{AV})按公式(4)计算。推荐空气芯电感用于本试验以避免内芯出现问题。若使用铁芯电感, 必须注意铁芯饱和和不改变电感(L)的有效值, 否则会导致试验结果不重复。

$$t_{\text{AV}} \approx L \times I_{\text{LPK}} / V_{(\text{BR})\text{DUT}} \dots\dots\dots (4)$$

4.4.6 图4 的电流电压波形显示本试验电路中器件的典型响应。

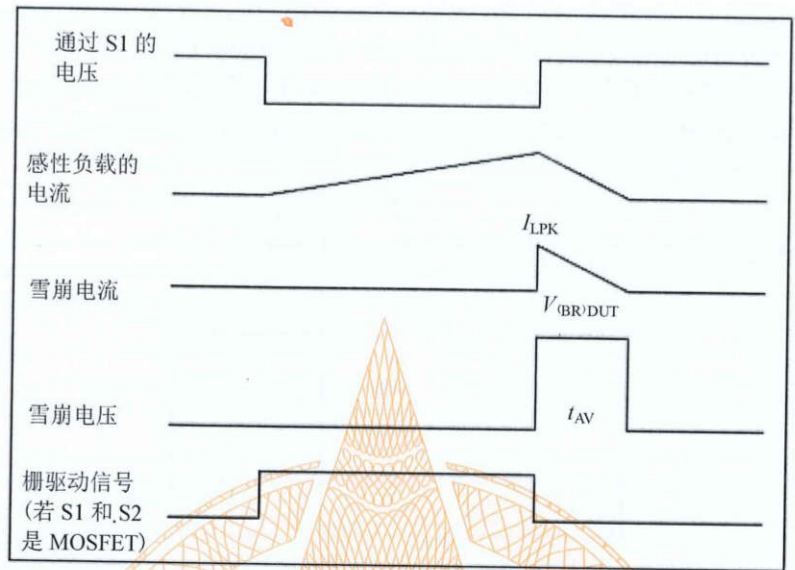


图4 电流电压波形

5 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 最小不重复雪崩能量 (E_{AS})；
- b) 最大不重复雪崩电流 (I_{AS})；
- c) 电源电压 (V_{DD})；
- d) 负载电感 (L)。

6 失效判据

被测器件应经受试验并在完成试验后全部静态参数在规定极限值内。

方法 4066 浪涌电流

1 目的

本方法的目的是使被测器件(DUT)经受大电流应力条件,以确定器件芯片和接触耐电流浪涌的能力。应用本方法证实不重复的浪涌额定值,在此值下,浪涌间隔时间足够长以允许器件的温度返回初始值。

2 适用性

本方法规定了三个不同的条件:条件 A、条件 B 和条件 C。对信号二极管和整流二极管施加正向浪涌电流;对电压调整二极管施加反向浪涌电流。条件 A 在规定的直流或交流电流上施加低占空因子的正向半正弦浪涌电流。条件 B 采用矩形电流脉冲,主要用于电压调整二极管等。当用于电压调整二极管时,在施加电流脉冲期间应使用监测电路,以检测可能发生的电压崩溃。大电流器件可以使用条件 C。

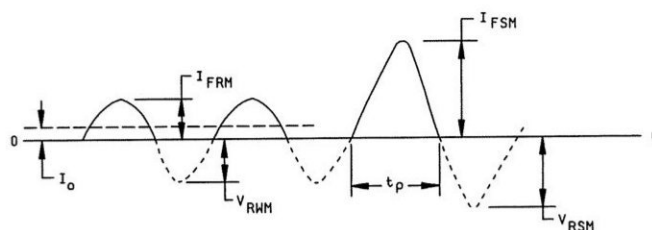
3 条件 A, 正弦浪涌电流

3.1 程序

应规定连续施加的电气条件,并将规定条件施加到器件上。除另有规定外,适用时,对整流管应按照图 1(条件 A1);对信号和开关二极管、电压调整二极管、桥式整流器,应按图 2(条件 A2),将规定数目(n)的电流脉冲以规定的占空因子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)。应规定占空因子,使结温不发生明显的变化。

“连续施加的电气条件”应满足以下条件 a) 或 b):

- a) 每次浪涌前施加电流的时间使结温达到最终平衡值(在最终平衡值与环境温度差值的 10% 以内);
- b) 不施加“连续施加的电气条件”而施加这一规定之外的附加温度或浪涌电流,在浪涌期间提供等效的结温加热。对于外部加热方法,参见条件 C。



不要求浪涌电流脉冲(t_p)与采用的交流电流同步。

图 1 加到连续半波条件(条件 A1)上的浪涌脉冲

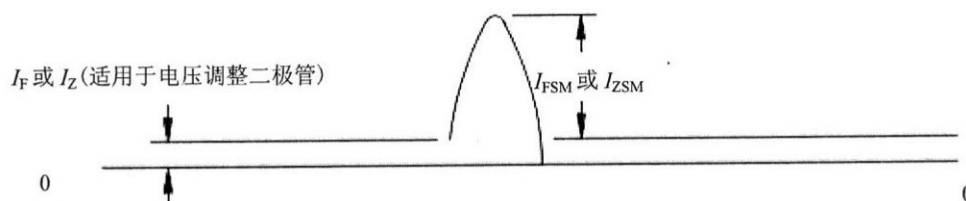


图 2 加到连续直流条件(条件 A2)上的浪涌电流

3.2 规定并记录测试条件

下列条件应在详细规范中规定:

- a) 适用时, 正向平均交流电流 I_O , 或正向直流电流 I_F (适用于整流管), 或反向直流电流 I_Z (适用于电压调整二极管);
- b) 脉冲数 (n);
- c) 脉冲持续时间 t_p , 通常为 10ms 或 8.3ms;
- d) 脉冲占空因子 (D), 通常小于 0.1%, 或 8s 至 60s 之间的周期;
- e) 正向浪涌脉冲电流峰值: I_{FSM} (适用于整流管), 或 I_{ZSM} (适用于电压调整二极管);
- f) 反向不重复最大电压 V_{RSM} (适用时);
- g) 试验后测量;
- h) 管壳、引线或环境温度 (T_C 、 T_L 或 T_A), 适用时。

4 条件 B, 矩形电流脉冲

4.1 设备

图 3 所示的电流源 (I) 和开关 (S1) 组合, 应能在规定的脉冲持续时间 (t_p) 施加峰值电流脉冲 I_{FSM} 或 I_{ZSM} , 并能按详细规范的要求提供任何数量 (n) 和占空因子的脉冲。脉冲的上升时间和下降时间应小于脉冲持续时间的 10%。对电压调整二极管, 用虚线代替连接被测器件的实线。在脉冲去除前, 闭合开关 (S2), 通过监测器测量峰值不重复浪涌电压 (V_{ZSM}), 以确保在低于额定 $V_{Z(min)}$ 时, 电压调整二极管不被损坏。

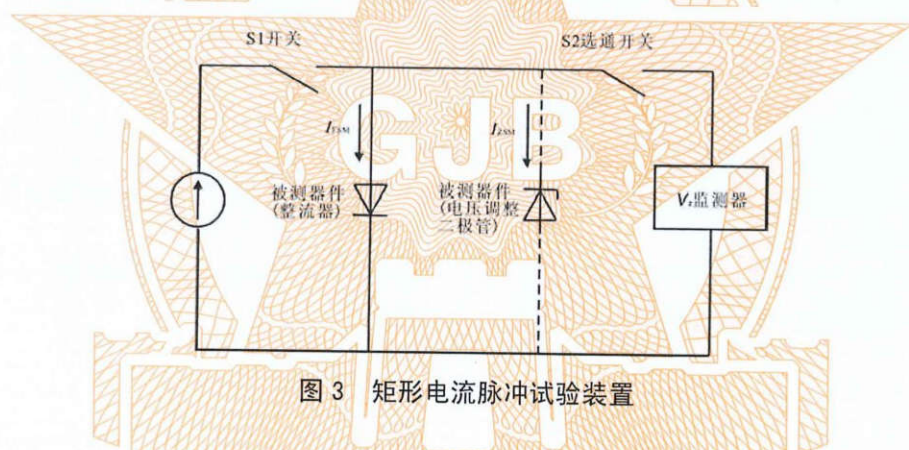


图 3 矩形电流脉冲试验装置

4.2 程序

在试验开始 (t_0) 前, 被测器件不加电流, 如图 4 所示, 对电压调整二极管, 可以施加不超过额定 I_Z 的 5% 的基底电流。在 t_0 , 通过开关 S1 在 t_p 周期中施加电流 I_{FSM} 或 I_{ZSM} , 然后将这电流和被测器件断开。对多脉冲的要求, 在断开时间达到占空因子要求后, 又通过开关 S1 使电流通过被测器件。这样的过程重复 (按规定) n 次。应选择占空因子与脉冲时间 (t_p), 以保证被测器件的平均结温无明显变化。对电压调整二极管, 必须监测 V_Z 。如采用的占空因子过大, 连续浪涌后平均结温将明显升高。这样的浪涌应认为是重复的, 这时必须降低浪涌电流。

4.3 规定并记录测试条件

有关的文件应规定以下内容:

- a) 峰值浪涌电流 I_{FSM} (对整流器) 或 I_{ZSM} (对电压调整二极管)。对整流器, 通常规定为额定半正弦条件的电流有效值 (r_{ms})。对电压调整二极管, 通常规定为浪涌电流的平方波值。
- b) 电流脉冲数 (n), 若无其他规定, 建议为 5 次。
- c) 脉冲持续时间 (t_p), 若无其他规定, 建议为 10ms 或 8.3ms。
- d) 脉冲占空因子 (D), 通常小于 0.1%。
- e) 对电压调整二极管在施加 I_{ZSM} 时, 应测量 V_{ZSM} , 当低于 $V_{Z(min)}$ 就损坏, 则视为失效。
- f) 试验后的测量。

g) 壳温、引线温度或环境温度 (T_C 、 T_L 或 T_A)，适用时。

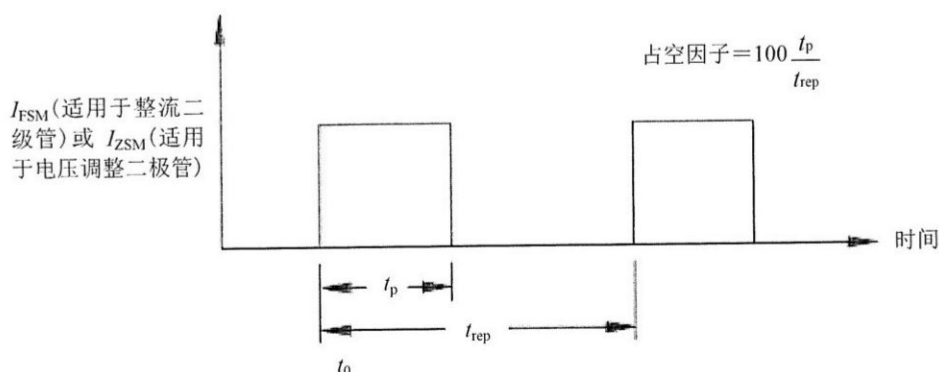


图 4 矩形电流脉冲波形

4.4 试验后测量的替代方法

对整流器，可对试验方法稍作调整，以便能立即确定被测器件是否能通过试验。该方法在 t_p 期间监测正向电压 V_{FSM} ，以确定器件性能是否降低、是否发生开路或短路。将 V_{FSM} 的记录值与详细规范中的最小值和最大值相比较，以确定器件能否通过试验。

必须监测电压调整二极管，这不是一种替代方法，当低于 $V_{Z(min)}$ 时器件损坏，则视为失效。

5 条件 C (外部加热)

5.1 程序

浪涌电流最恶劣试验条件是器件结温为额定最大允许结温。试验条件 A 通过将正向电流施加到被测器件上耗散功率而与此条件相接近。该功率耗散和器件热阻抗的乘积引起结温相对壳温升高，此时进行浪涌试验。这反映了使用的器件实际发生的情况。然而，仅对那些具有(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，浪涌电流试验期间的实际结温才处在允许最大额定值。实际上只有很小比例的器件会处于最恶劣情况。绝大多数器件将在低于额定结温最大值下进行试验。

试验条件 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。因此，在浪涌电流前或浪涌电流期间不施加加热电流。将被测器件稳定在规定的最大工作结温之后，施加规定占空因子的浪涌电流脉冲，两个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初始热平衡值。

5.2 规定并记录试验条件

有关的文件应规定以下内容：

- 在 3.3 或 4.3 规定的试验条件定义的所有条件；
- 外部加热温度 T_A 。

6 说明

有关的文件应规定以下内容：

- 试验条件字母；
- 管壳温度 (T_C)；
- 适用时，平均正向电流 I_O 或直流正向电流 I_F (适用于整流器)，或反向直流电流 I_Z ；
- 电流脉冲数 (见 3.3)；
- 脉冲持续时间 (见 3.3)；
- 脉冲占空因子 (或两个脉冲间要求的时间)；
- 正向浪涌电流的峰值 (适用于整流器) 或 I_{ZSM} (适用于电压调整二极管)；

- h) 最大反向电压(不重复) (V_{RSM}) (对条件 A2 和条件 C, $V_{\text{RSM}}=0$);
- i) 试验后的测量;
- j) 壳温、引线温度或环境温度 (T_{C} 、 T_{L} 或 T_{A}), 适用时。



方法 4071 击穿电压温度系数

1 目的

本方法的目的是在规定条件下测量击穿电压的温度系数。

2 装置

用于测量击穿电压温度系数的装置应能证明器件是否符合适用详细规范的最低要求。

3 程序

击穿电压的温度系数是从规定基准温度下测得的击穿电压到规定测试温度下测得的击穿电压的电压变化百分比，用公式(1)计算 α_{VZ} ：

$$\alpha_{VZ} = \frac{V_{(BR)2} - V_{(BR)1}}{V_{(BR)1}} \times \frac{100}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$V_{(BR)1}$ ——基准温度下的击穿电压，单位为 V；

$V_{(BR)2}$ ——测试温度下的击穿电压，单位为 V；

T_1 ——基准温度，即实际的环境温度 ($25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$)，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

T_2 ——测试温度，即测量中使用的极限温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 温度；
- b) 测试电流。

方法 4076 饱和电流

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量饱和电流。

2 测试电路

测试电路见图 1。

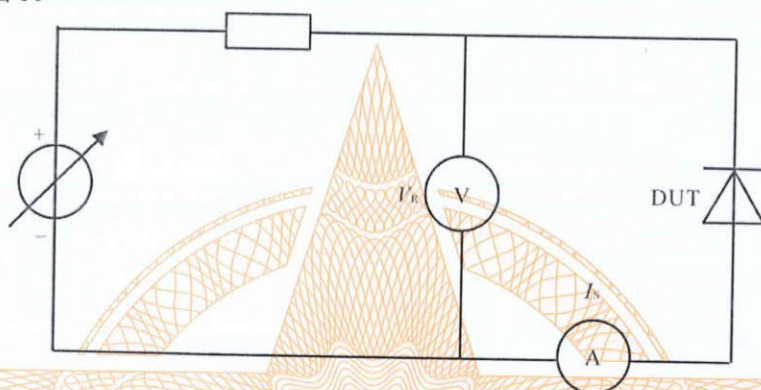


图 1 饱和电流测试电路

3 程序

调节电源电压直至二极管两端的反向电压达到规定值，然后从电流表上读出饱和电流。除另有规定外，测量饱和电流的反向电压应约为标称击穿电压的 80% (对电压调整二极管) 或约为最低击穿电压的 80% (对整流二极管)。

4 说明

有关的文件应规定测试电压。

4200 系列 闸流晶体管电特性测试

方法 4216 脉冲响应

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的脉冲响应。

2 测试电路

测试电路见图 1。

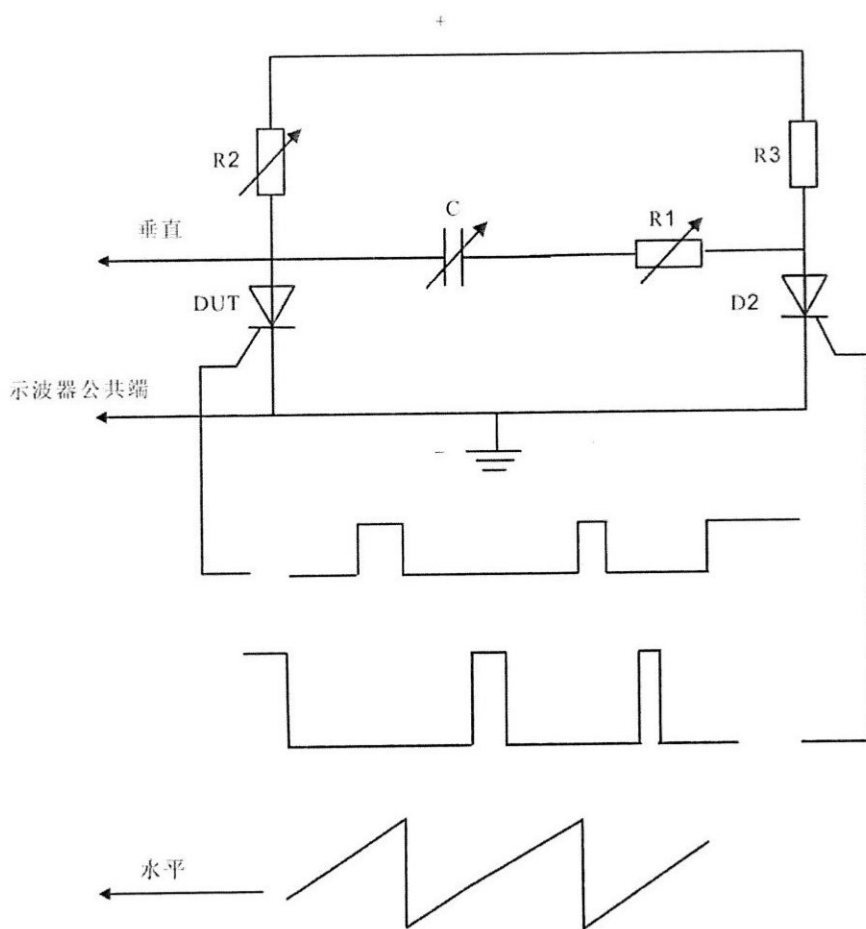


图 1 脉冲响应试验电路

3 程序

按图 1 电路所示，测量器件的脉冲响应。调节 R_2 使被测器件导通时电流达到规定的正向电流值，采用 C 、 R_1 和可控整流器 D_2 以切断被测器件。 C 应足够大以保证被测器件关断， R_1 限制反向重复峰值电流小于额定值。脉冲重复率应足够低，以保证被测器件的阳极-阴极电压达到测量规定的正向工作电压值。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 阳极电压(见第3章);
- b) 电阻 R_2 (见第3章);
- c) 测试电流;
- d) 重复率。



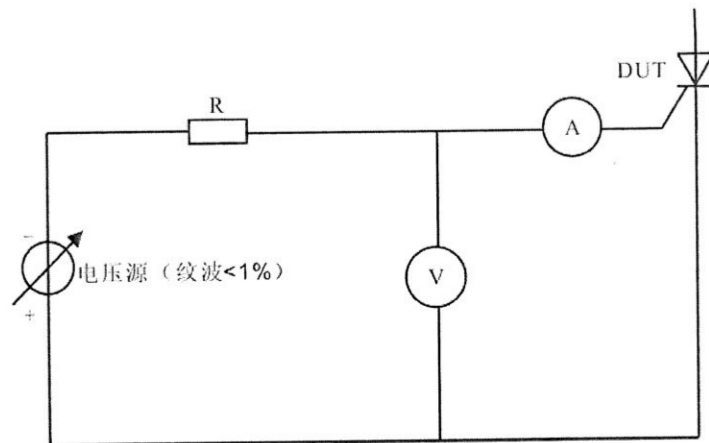
方法 4219 反向控制极电流

1 目的

本测试的目的是在规定的反向控制极电压下，测量器件的直流反向控制极电流。

2 测试电路

选择 R 以限制一旦超过反向控制极击穿电压时的电流，测试电路见图 1。



电流表在被测电流的两端应呈现短路，否则，电压表读数应按电流表两端的压降进行修正。

图 1 反向控制极电流测试电路

3 程序

调节反向控制极电压至规定值并读出反向控制极电流。

4 说明

有关的文件应规定直流反向控制极电压。

方法 4225 控制极控制的关断时间

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量器件的控制极控制的关断时间。

2 测试电路

测试电路如图 1 所示。由导通脉冲发生器提供的控制极脉冲使闸流管导通，通态电流由断态电源电压和负载电阻 R_L 确定。

经过一段预先确定的时间之后，由关断脉冲发生器将规定的控制极关断电流加到控制极上。将示波器连接到电流取样电阻两端，可观察到贮存时间和下降时间。

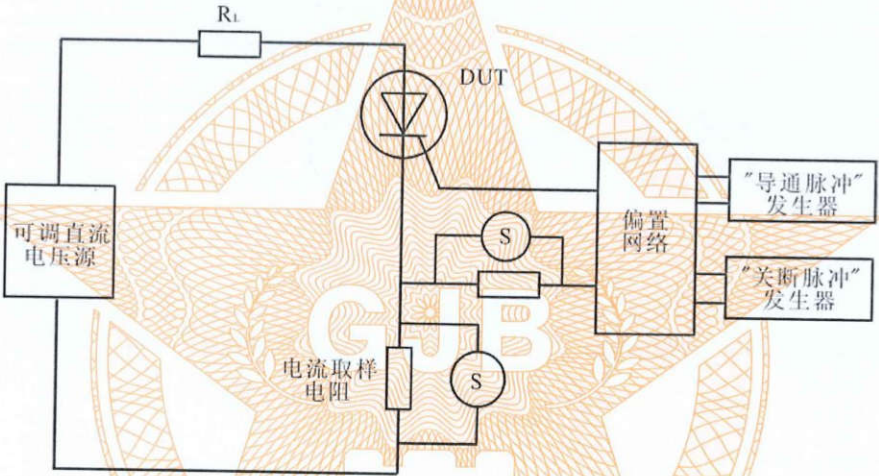


图 1 控制极关断时间测试电路

储存时间为控制极电流关断脉冲前沿的 10%与通态电流波形后沿的 90%之间的时间间隔，下降时间为通态电流波形后沿的 90%与 10%之间的时间间隔，关断时间为储存时间和下降时间之和，典型波形如图 2 所示。

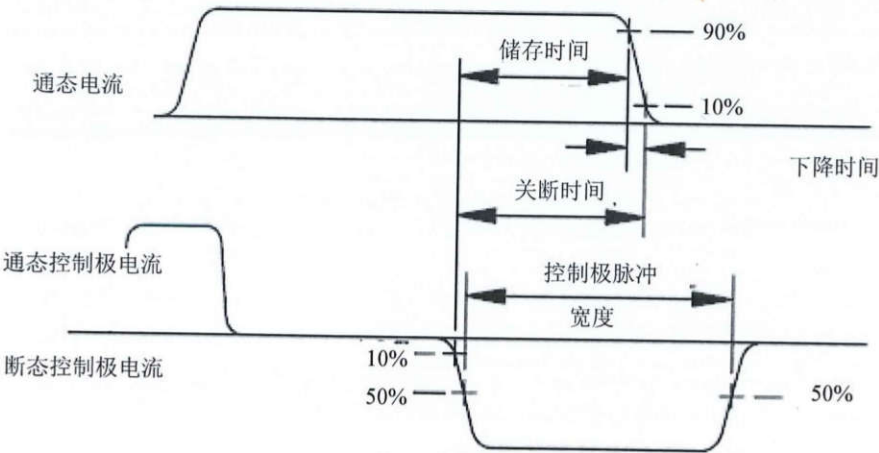


图 2 典型控制极关断电路波形

3 测试说明

将极性合适的控制信号加到控制极上就可以使可关断闸流管从通态转换到关态,在闸流管关断期间阳极电流的延迟时间和下降时间受控制极触发脉冲变化和阳极电路条件的影响。这一测试方法为临界测试条件的测量确立了测试电路和有关规定。

4 程序

程序要求如下:

- a) 控制极电流或控制极电源电压的上升时间不得超过贮存时间间隔的 10%。
- b) 考虑到转换功率损耗的热效应,应对占空因子加以选择。阳极电流关断时间应足够长(至少应为关断脉冲宽度的 10 倍),以保证被测器件在关断脉冲结束后仍保持关断状态。
- c) 阳极电路的电感应减至最小,以防止阳极电压关断时过冲。

5 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 关态电压;
- b) 通态电流;
- c) 转换重复率;
- d) 占空因子(导通时间的百分数);
- e) 工作温度(管壳或环境温度);
- f) 偏置网络(示出电路);
- g) 控制极关断电流(峰值),或控制极电源电压和控制极电源电阻;
- h) R_L ;
- i) 控制极导通脉冲宽度和幅度;
- j) 控制极关断脉冲宽度、幅度和控制极通态脉冲延迟时间。

4300 系列 隧道二极管电特性测试

方法 4301 结电容

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量隧道二极管的小信号结电容。

2 测试电路

测试电路见图 1。

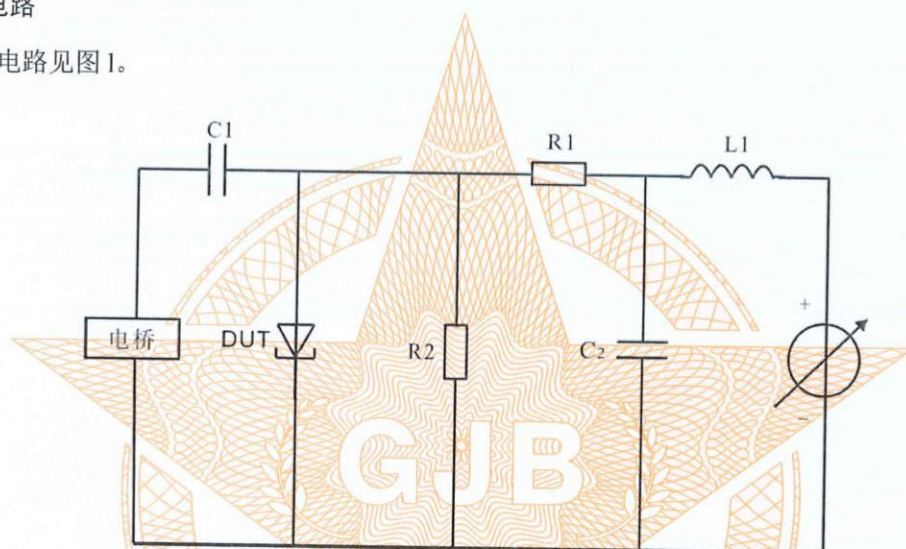


图 1 结电容测试电路

3 程序

由于结电容是偏压的函数，所以必须在规定的正向偏压下测定结电容 C_1 。用观测到的电容值减去二极管封装电容即得结电容的实际值(在规定的偏压下)。电路的 R_1 、 L_1 和 C_2 分路影响直流电源与复阻抗电桥的隔离(见图 1)。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- 电路元件 R_1 、 C_1 、 C_2 、 L_1 和 R_2 的值；
- 信号频率；
- 偏压。

方法 4306 隧道二极管的静态特性

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量隧道二极管的静态特性(V_p 、 V_v 、 I_p 、 I_v 、 V_{FP} 和 R_d)。

2 测试电路

测试电路见图1和图2。

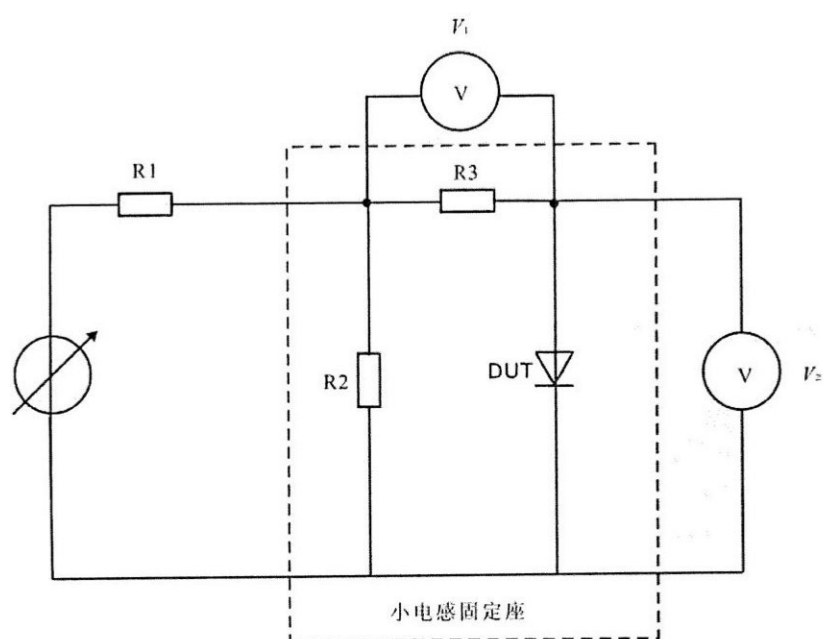


图1 隧道二极管静态特性测试电路(直流法)

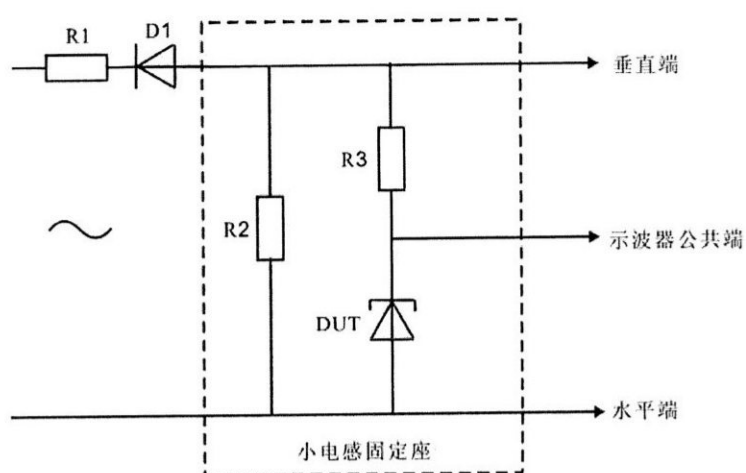


图2 隧道二极管静态特性测试电路(交流法)

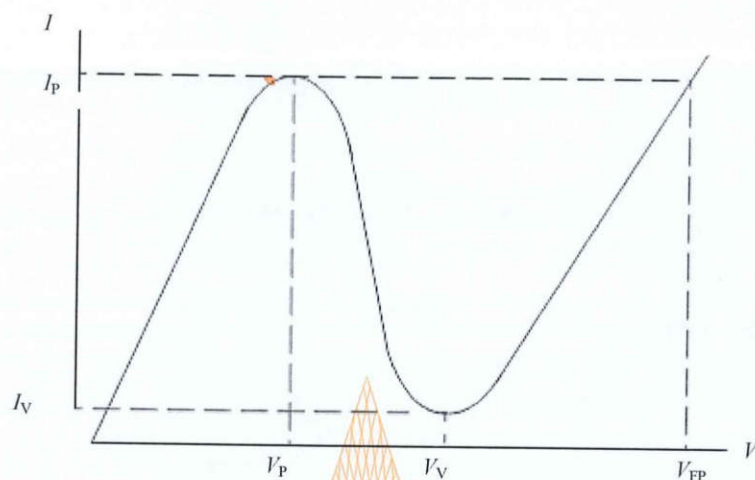


图3 典型隧道二极管的正向特性

3 程序

要求如下:

- a) 采用图 1 电路, 用逐点法测量静态特性。电阻 R_2 的值要小, 以获得低电压和低阻抗。 R_3 为电流测量电阻器。电阻器 R_1 应比 R_2 大得多。为了获得负阻区曲线, R_1 应小于隧道二极管微分负阻值。
- b) 采用图 2 电路, 用示波器法测量器件的静态正向特性。 R_1 应小于隧道二极管微分负阻值。 R_3 为电流测量电阻器, 其值应加以选择, 以使阴极射线示波器 (CRO) 适当地偏转。由于负阻值可用峰值电压和谷值电压之间的 $I-V$ 曲线的斜率倒数表示, 所以其近似值可以从曲线上估算出来。更加准确测量负阻的方法, 请见方法 4321。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 电阻器 R_1 、 R_2 和 R_3 ;
- b) 信号频率。

方法 4316 串联电感

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量小信号串联电感值。

2 测试电路

测试电路见图 1。

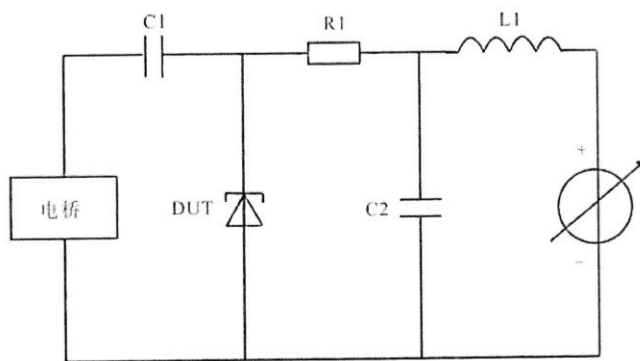


图 1 串联电感测试电路

3 程序

为测量串联电感，器件应加上反向偏置。为了突出感抗，应使用频率足够高的信号，但又不能高到足以使任何寄生电容将被测器件短路，从而妨碍 L_S 的测定。推荐信号装置的频率大约为被测器件固有谐振频率的 25%。直流电源与复阻抗的隔离由 $L1$ 扼流和 $C1$ 、 $R1$ 、 $C2$ 分路来完成（见图 1）。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 电路元件 $R1$ 、 $L1$ 、 $C1$ 和 $C2$ 的值；
- b) 信号频率；
- c) 测量 L_S 的反向偏压。

方法 4321 负阻

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量负阻值。

2 测试电路

测试电路见图 1 和图 2。

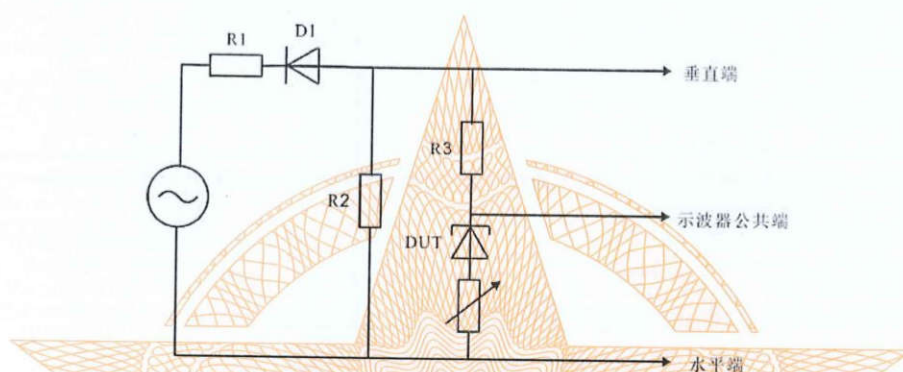


图 1 负阻测试电路(短路稳定法)

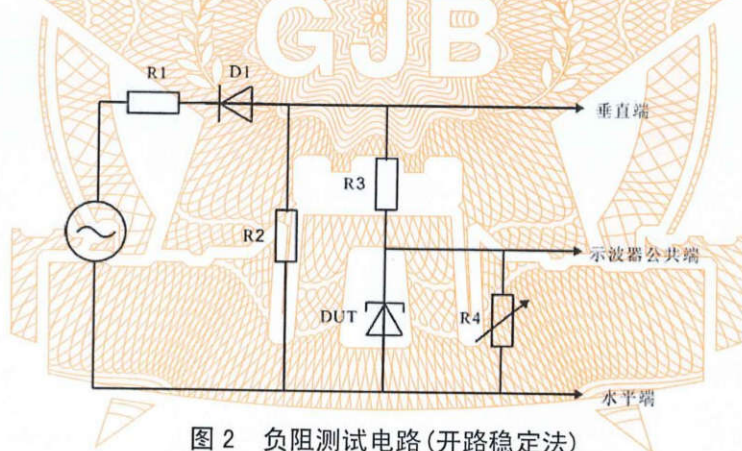


图 2 负阻测试电路(开路稳定法)

3 程序

3.1 通则

R_1 的值应小于隧道二极管的微分负阻值，电阻 R_3 是限流电阻，其值应加以选择以使阴极射线示波器适当地偏转。二极管 D_1 为半波整流器。

3.2 短路稳定法

将隧道二极管与可调电阻器 R_4 串联(见方法 4321 图 1)，调节 R_4 直至扫描曲线上的负阻斜线呈现垂直(斜率无穷大)，此时的串联电阻值 R_4 等于负阻值 R_d ($R_4 = R_d$)。

3.3 开路稳定法

将隧道二极管与可调电阻器 R_4 并联(见图 2)，调节 R_4 直至扫描曲线上的负阻斜线呈现水平(零斜率)，此时的并联电阻值等于负阻值 R_d ($R_4 = R_d$)。

4 说明

有关的文件应规定以下内容:

- a) 源阻抗 R_1 ;
- b) 电流取样电阻 R_3 ;
- c) 可调电阻 R_4 。

方法 4326 串联电阻

1 目的

本测试的目的是在规定条件下确定器件的串联电阻。

2 测试电路

测试电路见图 1。

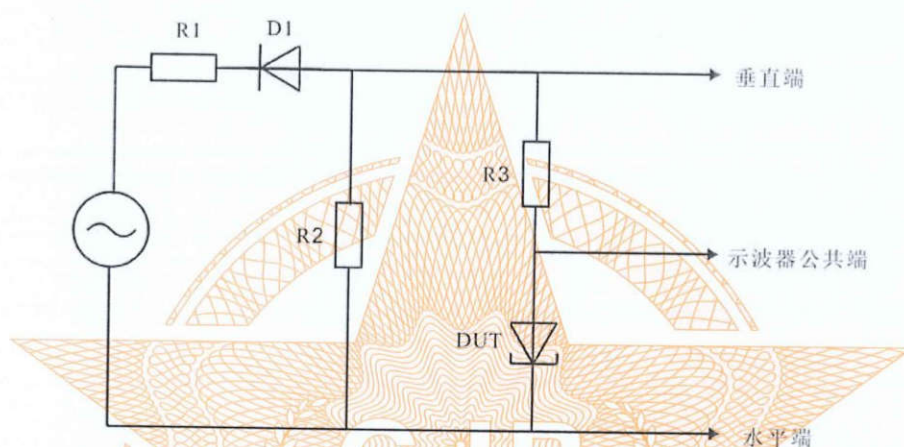


图 1 串联电阻测试电路

3 程序

将器件加上反向偏置(见图 1)，测量器件的串联电阻。应保证欧姆区的线性，功耗不应使二极管过热而导致误差。在直接测定器件的串联电阻时，反偏隧道二极管线性部分的斜率应保证在规定的精度范围内。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 电流取样电阻 R_3 ；
- b) 测量串联电阻的反向偏置。

方法 4331 开关时间

1 目的

本测试的目的是在规定条件下测量隧道二极管的开关时间。

2 测试电路

测试电路见图 1。

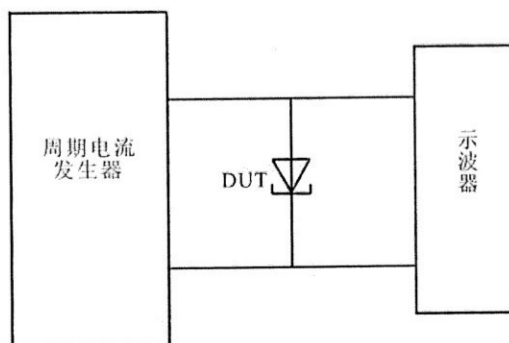


图 1 开关时间测试电路

3 程序

测量电路的方框图如图 1 所示。为了测量开关时间，发生器的最大电流必须大于二极管的峰值电流，在测量期间，发生器电流的变化与 I_p 相比必须可忽略。示波器探头输入阻抗应使得探头吸收的电流在任何时候都小于二极管的峰值电流。

4 说明

有关的文件应规定以下内容：

- a) 发生器的电流；
- b) 重复率；
- c) 示波器的上升时间。

方法 5002 确定氧化层质量的电容-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

2.1 通则

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 1)。

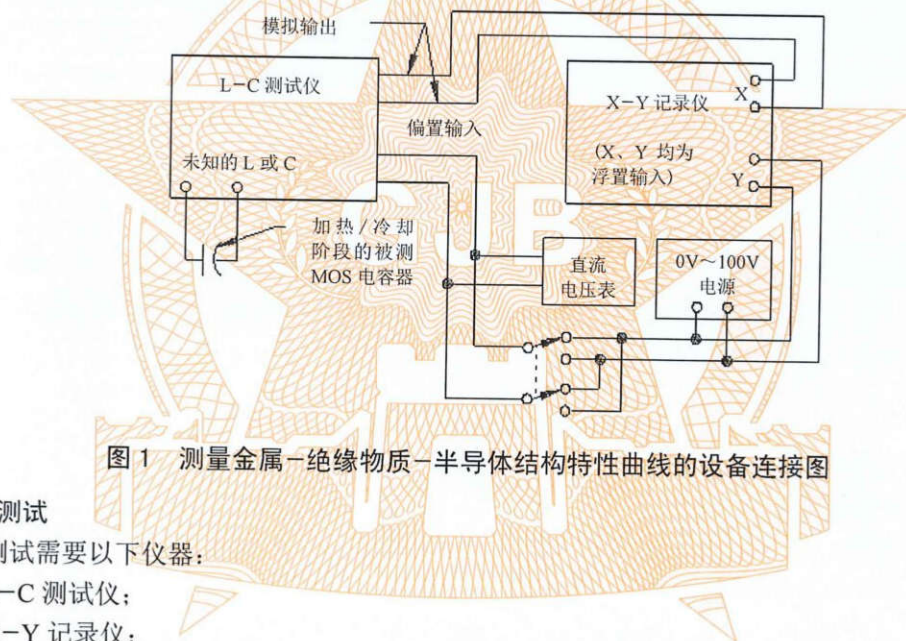


图 1 测量金属-绝缘物质-半导体结构特性曲线的设备连接图

2.2 手工测试

手工测试需要以下仪器：

- a) L-C 测试仪；
- b) X-Y 记录仪；
- c) 直流电压表；
- d) 直流电源 0V~100V；
- e) 加热/冷却部件；
- f) 微动手动探针。

2.3 C/V 自动测绘仪

自动测试时应使用 C/V 自动绘图仪。

3 推荐程序

3.1 样品制备

样品一般是硅圆片，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圆片。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时,该方法也可用来确定金属淀积系统的清洁度。

3.1.1 圆点最小尺寸应使“MOS”电容器的电容量大于 20pF。

3.1.2 氧化层厚度一般是 110nm,氧化层厚度大于 200nm 会使灵敏度降低。

3.1.3 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 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。

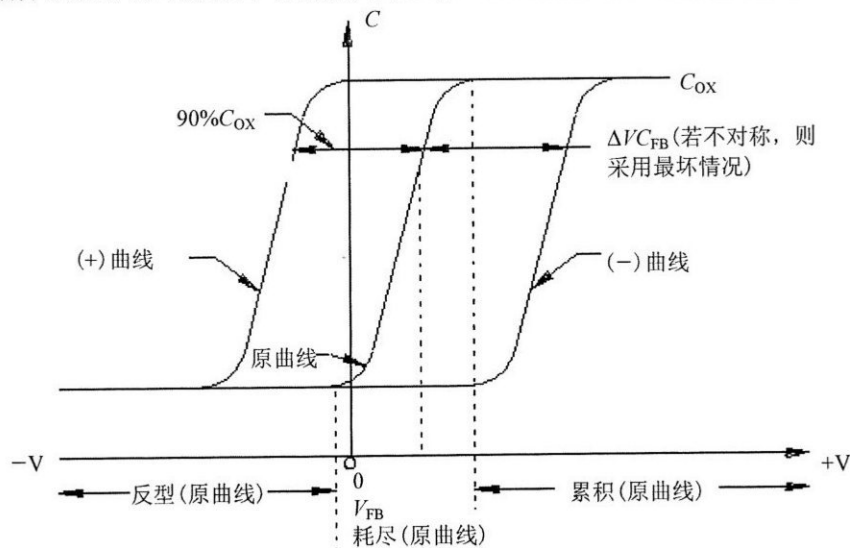


图 2 C-V 曲线

3.3 可动离子漂移

3.3.1 使用 3.2.4 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 1×10^{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 $300^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,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 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 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,标明该曲

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 V_{FB} ，即原曲线与偏压曲线之间的电压差，在 90% 电容量时获得，见图 3。

3.4.2 按公式(1)确定可动离子沾污浓度 N_o ：

$$N_o = \frac{\epsilon_0 K_{ox} \Delta V_{FB}}{q t_{ox}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ϵ_0 ——为自由空间的介电常数 ($8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$)；

K ——氧化物的介电常数(二氧化硅为 3.8)；

q ——电子电荷 ($1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)；

t_{ox} ——氧化层厚度 (m)。

示例：

ΔV_{FB} (每个类似于图 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) = 95 nm；

$$N_o = \frac{(8.85 \times 10^{-12}) (3.8) (3.14)}{(1.6 \times 10^{-19}) (950 \times 10^{-10})} = 3.1 \times 10^{15} / \text{m}^2 = 3.1 \times 10^{11} / \text{cm}^2$$

本示例中，可动离子沾污量为 3.1×10^{11} 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。

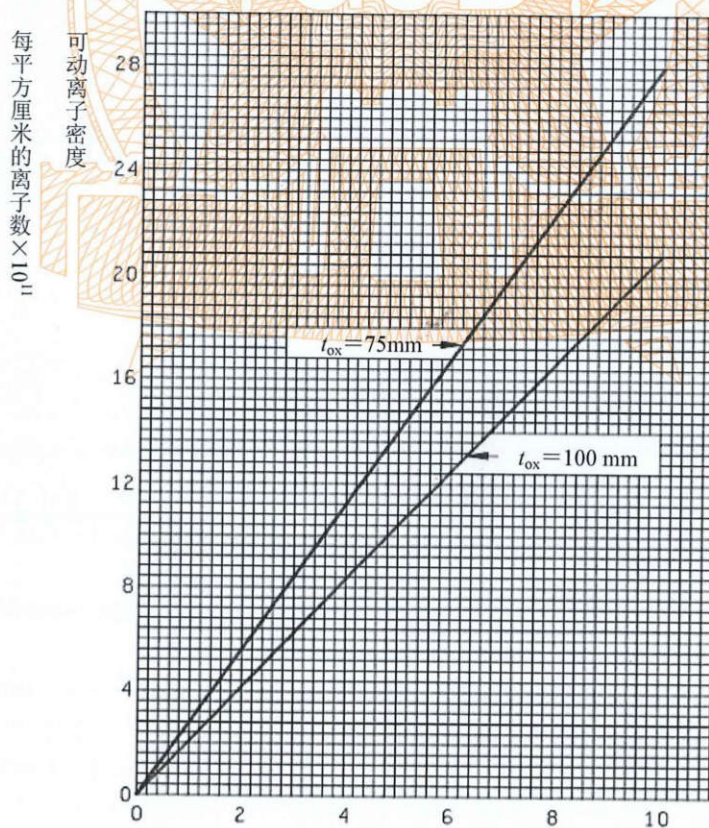


图 3 可动离子密度与电压偏离 (V_{FB}) 的关系

4 其他要求

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。其他仪器应定期进行校准。

4.2 准确度

可达到 $\pm 0.1\text{V}$ 的电压准确度和 $\pm 0.2\text{V}$ 的 ΔV_{FB} 准确度。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。

方法 5010 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。

2 空气洁净度等级

2.1 通则

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。

2.2 100(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)。

2.3 1 000(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 1 000 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)。

2.4 10 000(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 10 000 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)。

2.5 100 000(3 500)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 100 000 个(每升不超过 3 500 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

3.1 目的

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。

3.2 尘粒尺寸为 $0.5\mu\text{m}$ 及 $0.5\mu\text{m}$ 以上的

按照 GJB 1209 方法 5510 的规定,所用设备必须采用光散射测量原理。

3.3 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 说明

相关文件中应规定的内容:

- a) 洁净工作台或洁净间的等级;
- b) 测试频度,除另有规定外,每月每工作班至少一次;
- c) 在洁净环境中被监测的场所。

中 华 人 民 共 和 国
国家军用标准
半导体分立器件试验方法
GJB 128B—2021

*

国家军用标准出版发行部出版
(北京东外京顺路7号)
国家军用标准出版发行部印刷车间印刷
国家军用标准出版发行部发行
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 25¼ 字数 843 千字
2022 年 2 月第 1 版 2022 年 2 月第 1 次印刷

*

军标出字第 13590 号