



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 4937.34—2024/IEC 60749-34:2010

## 半导体器件 机械和气候试验方法 第 34 部分:功率循环

Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—  
Part 34: Power cycling

(IEC 60749-34:2010, IDT)

2024-03-15 发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会

发布



# 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 4937《半导体器件 机械和气候试验方法》的第 34 部分。GB/T 4937 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：低气压；
- 第 3 部分：外部目检；
- 第 4 部分：强加速稳态湿热试验(HAST)；
- 第 11 部分：快速温度变化 双液槽法；
- 第 12 部分：扫频振动；
- 第 13 部分：盐雾；
- 第 14 部分：引出端强度(引线牢固性)；
- 第 15 部分：通孔安装器件的耐焊接热；
- 第 17 部分：中子辐照；
- 第 18 部分：电离辐射(总剂量)；
- 第 19 部分：芯片剪切强度；
- 第 20 部分：塑封表面安装器件耐潮湿和焊接热综合影响；
- 第 20-1 部分：对潮湿和焊接热综合影响敏感的表面安装器件的操作、包装、标志和运输；
- 第 21 部分：可焊性；
- 第 22 部分：键合强度；
- 第 23 部分：高温工作寿命；
- 第 26 部分：静电放电(ESD)敏感度测试 人体模型(HBM)；
- 第 27 部分：静电放电(ESD)敏感度测试 机器模型(MM)；
- 第 30 部分：非密封表面安装器件在可靠性试验前的预处理；
- 第 31 部分：塑封器件的易燃性(内部引起的)；
- 第 32 部分：塑封器件的易燃性(外部引起的)；
- 第 34 部分：功率循环；
- 第 35 部分：塑封电子元器件的声学显微镜检查；
- 第 42 部分：温湿度贮存。

本文件等同采用 IEC 60749-34:2010《半导体器件 机械和气候试验方法 第 34 部分：功率循环》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出并归口。

本文件起草单位：中国电子科技集团公司第十三研究所。

本文件主要起草人：张艳杰、崔万国、裴选。

## 引 言

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

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

在于规定对潮湿和焊接热综合影响敏感的塑封表面安装半导体器件操作、包装、运输和使用的方法。

- 第 21 部分：可焊性。目的在于规定采用铅锡焊料或无铅焊料进行焊接的元器件封装引出端的可焊性试验程序。
- 第 22 部分：键合强度。目的在于检测半导体器件键合强度。
- 第 23 部分：高温工作寿命。目的在于规定随时间的推移，偏置条件和温度对固态器件影响的试验方法。
- 第 24 部分：加速耐湿 无偏置强加速应力试验。目的在于检测非气密封装固态器件在潮湿环境下的可靠性。
- 第 25 部分：温度循环。目的在于检测半导体器件、元件及电路板组件承受由极限高温和极限低温交变作用引发机械应力的能力。
- 第 26 部分：静电放电(ESD)敏感度测试 人体模型(HBM)。目的在于建立一种能够复现 HBM 失效的测试方法，以提供可靠、可重复的 HBM ESD 测试结果。
- 第 27 部分：静电放电(ESD)敏感度测试 机器模型(MM)。目的在于建立一种能够复现 MM 失效的测试方法，以提供可靠、可重复的 MM ESD 测试结果。
- 第 28 部分：静电放电(ESD)敏感度测试 带电器件模型(CDM) 器件级。目的在于建立一种能够复现 CDM 失效的测试方法，以提供可靠、可重复的 CDM ESD 测试结果。
- 第 29 部分：闩锁试验。目的在于建立一种判断集成电路闩锁特性的方法和规定闩锁的失效判据。
- 第 30 部分：非密封表面安装器件在可靠性试验前的预处理。目的在于规定非密封表面安装器件在可靠性试验前预处理的标准程序。
- 第 31 部分：塑封器件的易燃性(内部引起的)。目的在于检测塑封器件是否由于过负荷引起内部发热而燃烧。
- 第 32 部分：塑封器件的易燃性(外部引起的)。目的在于检测塑封器件是否由于外部发热造成燃烧。
- 第 33 部分：加速耐湿 无偏置高压蒸煮。目的在于确认半导体器件封装内部失效机理。
- 第 34 部分：功率循环。目的在于通过对半导体器件内部芯片和连接器施加循环功率损耗来检测半导体器件耐热和机械应力能力。
- 第 35 部分：塑封电子元器件的声学显微镜检查。目的在于规定声学显微镜对塑封电子元器件进行缺陷(分层、裂纹、空洞等)检测的方法。
- 第 36 部分：稳态加速度。目的在于规定空腔半导体器件稳态加速度的试验方法，以检测其结构和机械类型的缺陷。
- 第 37 部分：采用加速度计的板级跌落试验方法。目的在于规定采用加速度计的板级跌落试验方法，对表面安装器件跌落试验可重复检测，同时复现产品级试验期间常见的失效模式。
- 第 38 部分：带存储的半导体器件的软错误试验方法。目的在于规定带存储的半导体器件工作在高能粒子环境下(如阿尔法辐射)的软错误敏感性的试验方法。
- 第 39 部分：半导体器件用有机材料的潮气扩散率和水溶解度测量。目的在于规定应用于半导体器件封装用有机材料的潮气扩散率和水溶解度的测量方法。
- 第 40 部分：采用应变仪的板级跌落试验方法。目的在于规定采用应变仪的板级跌落试验方法，对表面安装器件跌落试验可重复检测，同时复现产品级试验期间常见的失效模式。

- 第 41 部分 :非易失性存储器可靠性试验方法。 目的在于规定非易失性存储器有效耐久性、数据保持和温度循环试验的要求。
- 第 42 部分 :温湿度贮存。 目的在于规定评价半导体器件耐高温高湿环境能力的试验方法。
- 第 44 部分 :半导体器件的中子辐照单粒子效应(SEE)试验方法。 目的在于规定高密度集成电路单粒子效应(SEE)的试验方法。

GB/T4937(所有部分)均为——对应采用 IEC60749(所有部分),以保证半导体器件试验方法与国际标准一致,实现半导体器件检验方法、可靠性评价、质量水平与国际接轨。通过制定该标准,确定统一的试验方法及应力,同时完善了半导体器件标准体系。

半导体器件 机械和气候试验方法  
第 34 部分:功率循环

1 范围

本文件描述了一种确定半导体器件对热应力和机械应力耐受能力的方法,通过对器件内部芯片和连接结构施加循环耗散功率来实现。试验时,周期性施加和移除正向偏置(负载电流),使其温度快速变化。本试验是模拟电力电子的典型应用,也是对高温工作寿命(见 IEC 60749-23)的补充。其失效机理可能不同于空气对空气温度循环试验及双液槽法快速温变试验。本试验会导致损伤,是破坏性试验。

注:本方法不能作为预测模型对工作寿命进行评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4023—2015 半导体器件 分立器件和集成电路 第 2 部分:整流二极管(IEC 60747-2:2000,IDT)

GB/T 15291—2015 半导体器件 第 6 部分:晶闸管(IEC 60747-6:2000,IDT)

IEC 60747-1:2006 半导体器件 第 1 部分:总则(Semiconductor devices—Part1:General)

IEC 60749-3 半导体器件 机械和气候试验方法 第 3 部分:外部目检(Semiconductor devices—Mechanical and climatic tests methods—Part3:External visual examination)

注:GB/T 4937.3—2012 半导体器件 机械和气候试验方法 第 3 部分:外部目检(IEC 60749-3:2002,IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

注:与半导体器件相关的更多的术语和定义请参见 IEC 60747(所有部分)和 IEC 60748(所有部分)。

3.1

负载电流 load current  
使器件产生功率损耗  $P$  的电流。

3.2

壳温 case temperature  
 $T_c$   
被测器件底部贴近热沉处的温度。

3.3

热沉温度 sink temperature  
 $T_s$   
紧挨被测器件处测得的热沉的温度。

3.4  
结温变化量    junction temperature excursion  
 $\Delta T_{vj}$   
一个功率循环周期内被测器件最大结温和最小结温的差值。

3.5  
壳温变化量    case temperature excursion  
 $\Delta T_c$   
一个功率循环周期内最大壳温和最小壳温的差值。

3.6  
导通时间    on-time  
对器件施加负载电流的时间间隔。

3.7  
功率损耗    power loss  
 $P$   
被测器件的功率损耗,根据导通时间内电流波形和采购文件中特性数据计算得到。

3.8  
关断时间    off-time  
冷却时间间隔。

3.9  
循环周期    cycle period  
导通时间和关断时间之和。

4 试验装置

本试验所用装置应包括成组或单个被测器件的热沉,该热沉用来耗散正向导通损耗产生的热量及控制导通关断时间。散热方式可选择自然冷却、强制风冷和液冷。根据器件壳温、芯片结温变化量和导通-关断时间,确定散热方式的设置及参数。

应使用插座或其他的安装方式来提供可靠的电连接装置,避免过多的热传导至器件引出端。在整个试验过程中,电源应不受外界电压和环境温度的影响,均能保持规定的试验条件。试验电路中应提供控制负载电流导通-关断的开关,并且独立于任何被测器件的(栅)控制功能。通过监控热沉温度  $T_c$  或壳温  $T_c$  来控制导通-关断时间(循环周期)。另外,适用时,也可由固定的时间装置来控制循环周期。

试验电路应被设计为:当某个器件出现异常或失效时不会改变其他器件设定的试验条件(例如,用新器件替换有缺陷的器件)。避免由瞬态电压脉冲或其他条件导致的电、热或机械过应力。

5 程序

当需要特殊的安装方式或散热方式时,应在采购文件中对这些细节做出说明。负载电流和波形的选用应接近被测器件的实际应用,建议如下所示。

整流器件如二极管或可控硅(SCR)通常用作线性转换,应连接到 50 Hz或 60 Hz的交流电源上;整流桥器件应按如下操作,即交流电压连接到交流输入端,输出端通过并联电阻来监控负载电流。

金属氧化物半导体(MOS)控制器件金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)或绝缘栅双极晶



体管(IGBT)应连接到直流电源上。

多功能模块可按照内部电路单独逐个进行试验。

在整个试验期间,栅控制器件如 SCR、IGBT 和 MOSFET应通过合适的栅极控制使其保持在持续的正向导通状态。

施加功率并检查,以确保所有器件都正常偏置。除另有规定外,在试验期间,施加在器件上的功率应按表 1 中的条件进行交替循环。器件应在极限温度间按照规定循环次数进行循环试验。

除了中间电测试从试验装置中移除器件外,功率循环试验应持续进行。如果因为设备、电源或仪器故障导致试验中断,应从中断时间重新开始试验。

6 试验条件

应从表 1 中选择试验条件。所有被测器件采用的导通与关断时间的关系应是相同的。如果其他器件的负载和散热条件能够很好的控制,只需监控一只被测器件中心底部的  $T_j$  或  $T_c$ 。

所有器件的结温  $T_{vj}$ 、结温变化量  $\Delta T_{vj}$ 和壳温变化量  $\Delta T_c$  都应保持在表 1 中规定的范围内。在新的周期开始之前,应调整关断时间使器件的结温  $T_{vj}$ 接近壳温  $T_{c0}^{+5} \text{ } ^\circ\text{C}$ ,如图 1所示。

应根据采购文件中给出的热阻和被测器件的功率损耗  $P$  计算结温  $T_{vj}$  (和壳温  $T_c$ ,若适用),计算时应考虑负载电流的波形。

循环次数  $N_c$  应选择下列值的整数倍:

- 100 000次 试验条件 1;
- 1 000次 试验条件 2 和试验条件 3。

由于循环次数取决于实际应用,所以没有规定  $N_c$  的最小值;在牵引应用中,按照试验条件 1 循环次数  $N_c$  可能达到数百万次。

表 1 试验条件

试验条件	温度极值		循环周期	$\Delta T_{vj}$ ℃	失效模式示例
	$\Delta T_c$ ℃	$T_{vj}$ ℃			
1a	< 30 <sup>a</sup>	45 <sup>+5</sup> <sub>-5</sub> 至 125 <sup>0</sup> <sub>-10</sub>	1 s至 15 s	60±5	对引线键合强度敏感 <sup>b</sup>
1b		45 <sup>+5</sup> <sub>-5</sub> 至 150 <sup>0</sup> <sub>-10</sub>		80±5	
2	50±20	45 <sup>+5</sup> <sub>-5</sub> 至 125 <sup>0</sup> <sub>-10</sub>	1 min至 15 min	75±5	对软焊料和引线键合强度敏感
3	60±20	45 <sup>+5</sup> <sub>-5</sub> 至 150 <sup>0</sup> <sub>-10</sub>		95±5	
<sup>a</sup> $\Delta T_c$ 可能非常小,因为在较短的循环周期内,器件通常瞬间工作。					
<sup>b</sup> 在严酷的功率循环条件下,在引线键合界面薄的芯片金属化层中的高电流密度会产生电迁移。					

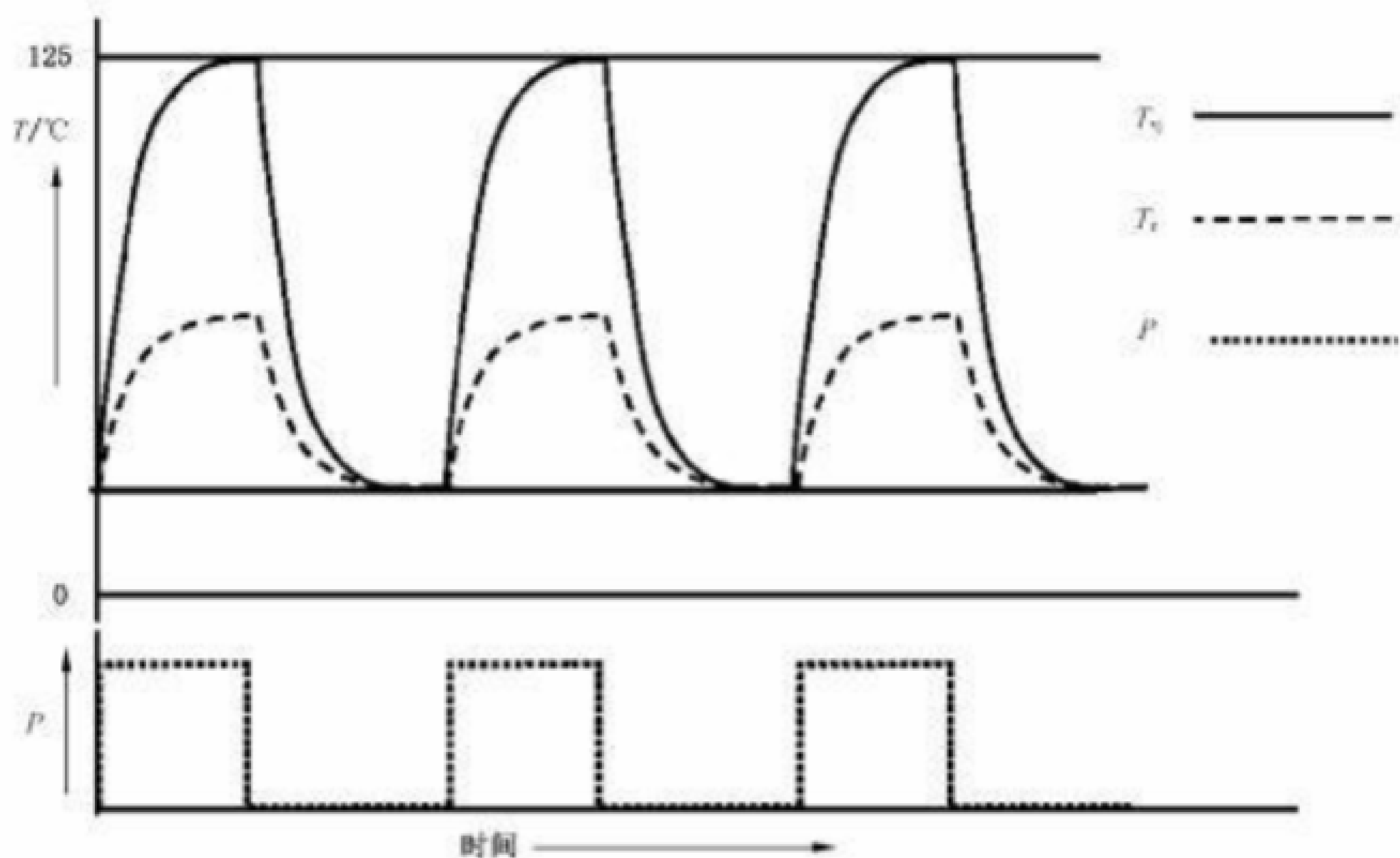


图 1 典型负载功率 P 和温度循环试验条件 2

7 预防措施

负载电流和总功率损耗不应超过每个器件规定的最大值。设计试验电路时,确保器件不应超过壳温或结温的额定值。应采取预防措施避免电击损伤和热失控。试验开始和试验结束时应监测试验设备,保证所有器件是按照规定的条件进行试验。当试验监测到偏离后应立即纠正,以确保条件的准确。

8 测试

应按照相关规范的时间间隔进行电测试和外部目检。

9 失效判据

试验结束后,或在试验过程中,如果器件规定的特征参数超过了相关规定(参数的相关内容按照 IEC 60747-1:2006 中 7.2、GB/T 4023—2015 中表 2 和 GB/T 15291—2015 中表 3),则判定该器件失效。出现机械损伤将被判为失效,如开裂,破碎或封装破坏(按照 IEC 60749-3 中规定)。如果是由安装或操作引起的,则不认为失效。

10 说明

有关有关文件应规定以下内容：

- a) 适用时,特殊的安装(见第 5 章)；
- b) 表 1 中的试验条件；
- c) 负载电流和电流波形(见第 7 章)；
- d) 导通时间,关断时间或循环周期(见第 6 章)；

- e) 功率循环次数(见第 6 章) ;
- f) 在质量一致性检验时 ,样本大小和质量等级 ;
- g) 适用时 ,中间测量时间间隔 ;
- h) 电性能测试(见第 8 章) ;
- i) 外部目检(见第 9 章) 。

参 考 文 献

- [1] IEC 60747(allparts) Semiconductor devices
- [2] IEC 60748(allparts) Semiconductor devices—Integrated circuits
- [3] IEC 60749-23 Semiconductor devices—Mechanical and climatic tests methods—Part23: High temperature operating life
- [4] HELD,M. etal.Fastpower cycling testfor insulated gate bipolar transistor modulesin trac-tion application. International Journal of Electronics,1999,Vol.86,No. 10,p.1193-1204
- [5] NORRIS, K. C. , and LANDZBERG, A. H. Reliability of controlled collapse interconnections. IBM J. Res. Devel. , Vol.13,p.266-271,1969

---







[www.bzxz.net](http://www.bzxz.net)

免费标准下载网