



中华人民共和国国家标准

GB/T 18802.321—2007/IEC 61643-321:2001

低压电涌保护器元件 第 321 部分：雪崩击穿二极管(ABD)规范

Components for low-voltage surge protective devices—
Part 321: Specifications for avalanche breakdown diode(ABD)

(IEC 61643-321:2001, IDT)

2007-06-21 发布

2008-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
4 雪崩击穿二极管的基本结构和说明	3
5 工作条件	5
6 标准试验方法和程序	5
7 故障和失效模式	9
图 1 单向雪崩击穿二极管的结构、偏置状态和 $V-I$ 特性	4
图 2 钳位电压 V_C 、峰值脉冲电流 I_{PP} 和额定正向电涌电流 I_{FSM} 的测试电路	5
图 3 最大工作电压 V_{WM} 、待机电流 I_D 和最高工作电压有效值 V_{WMrms} 的测试电路	6
图 4 (雪崩)击穿电压 V_{BR} 的测试电路	6
图 5 正向电涌电压 V_{FS} 的测试电路	7
图 6 雪崩击穿二极管的降额曲线	8
图 7 过冲电压、响应时间、过冲持续时间图示曲线	9
图 8 脉冲电流波形	9

前 言

GB/T 18802《低压电涌保护器(SPD)》系列标准的结构和名称预计如下:

- 低压配电系统用电涌保护器(SPD) 第 1 部分:性能要求和试验方法(GB 18802.1—2002/IEC 61643-1:1998);
- 低压配电系统用电涌保护器(SPD) 第 12 部分:选择和使用导则;
- 低压电涌保护器 第 21 部分:电信和信号网络用低压电涌保护器(SPD)——性能要求和试验方法(GB/T 18802.21—2004/IEC 61643-21:2000);
- 低压电涌保护器 第 22 部分:电信和信号网络用低压电涌保护器(SPD)——选择和使用导则;
- 低压电涌保护器元件 第 311 部分:气体放电管(GDT)规范;
- 低压电涌保护器元件 第 321 部分:雪崩击穿二极管(ABD)规范(GB/T 18802.321—2007/IEC 61643-321:2001);
- 低压电涌保护器元件 第 331 部分:压敏电阻(MOV)规范;
- 低压电涌保护器元件 第 341 部分:电涌抑制晶闸管(TSS)规范。

本部分等同采用 IEC 61643-321:2001《低压电涌保护器器件 雪崩击穿二极管规范》。在技术内容和文本结构上与 IEC 61643-321:2001 相同。

IEC 61643-321:2001 规范性引用文件中所列标准虽然有些部分已被转化为我国国家标准,但转化程度复杂,不便引用,所以本部分仍使用了 IEC 标准。

为方便使用,本部分做了以下编辑性修改:

- a) 用小数点‘.’代替作为小数点的逗号‘,’;
- b) 删除国际标准的前言。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国避雷器标准化技术委员会(SAC/TC 81)归口。

本部分起草单位:西安电瓷研究所、西安电力电子研究所。

本部分主要起草人:桑建平,秦贤满,祝嘉喜,邵晓萍。

低压电涌保护器元件

第 321 部分:雪崩击穿二极管(ABD)规范

1 范围

本部分适用于电涌保护器元件(简称 SPDC)的雪崩击穿二极管(ABD)。设计和制造的电涌保护器与低压配电系统、输电系统、通信网络系统相连。

本部分中的试验规范适用于单个两端 ABD。可将多个 ABD 封装在一个管壳内作为单个二极管部件。这个部件中的每个二极管都可按本部分进行试验。

本部分包含了一系列用于 ABD 电性能的测试方法。本部分的测试方法用于验证或测量特定封装设计的 ABD 的额定值和特性值。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

IEC 60068 环境试验(所有部分)

IEC 60364 建筑物电气装置(所有部分)

IEC 60364-3:1993 建筑物电气装置 第 3 部分:总体特性评估

IEC 60721 环境条件分类(所有部分)

IEC 60747-2:2000 半导体器件分立器件和集成电路 第 2 部分:整流二极管

IEC 60749:1996 半导体器件 机械和气候试验方法

3 术语、定义和符号

下列术语、定义和文字符号适用于本部分:

注:本章定义适用于 SPDC 的 ABD,它具有对称的和不对称的电压—电流($V-I$)特性。本章定义针对单向器件而言(见图 1),如果考虑双向 ABD,第三象限的有关定义则适用于在 $V-I$ 特性曲线的两个方向。

3.1

雪崩击穿二极管 avalanche breakdown diode; ABD

用于抑制瞬态电压和分流电涌电流的器件。也可以是由多个器件封装而成的具有一个公共端子的两端二极管。

3.2

钳位电压 clamping voltage

V_c

施加规定波形的峰值脉冲电流 I_{PP} 时,ABD 两端测得的峰值电压。

注:由于发热、反作用力或其他影响,峰值电压和峰值脉冲电流不必在时间上位置重合。也用 V_{cl} 表示。

3.3

额定峰值脉冲电流 rated peak impulse current

I_{PPM}

可施加的不引起二极管失效的峰值脉冲电流 I_{PP} 的额定最大值。

注:除另有规定外,用于二极管特性的冲击波形为 10/1 000 μs 。

3.4

最高工作电压 maximum working voltage

V_{WM}

最高直流电压 maximum d. c voltage

可连续施加而不引起 ABD 劣化或损坏的最高工作峰值电压或直流峰值电压。对于交流电压,用最高工作电压有效值 $V_{WM\ rms}$ 表示。

注:也用 V_{RM} (额定最大值)表示,也称为额定截止电压。

3.5

待机电流 stand-by current

I_D

在规定温度和最高工作电压条件下,流过 ABD 的最大电流。

注:对于反向漏电流,也用 I_R 表示。

3.6

(雪崩)击穿电压 (avalanche) breakdown voltage

V_{BR}

$V-I$ 特性曲线上,在规定的脉冲直流电流 I_T (或 I_{BR})或接近发生雪崩的电流条件下,ABD 两端测得的电压。

3.7

电容 capacitance

C_j

在规定频率和偏压条件下,测得的 ABD 两端的电容。

注:也用 C 表示。

3.8

额定峰值脉冲功率 rated peak impulse power dissipation

P_{PPM}

(额定)峰值脉冲功率是额定峰值脉冲电流 I_{PPM} 和钳位电压 V_C 的乘积。

$$P_{PPM} = I_{PPM} \times V_C$$

注:也用 P_P 表示。

3.9

额定正向电涌电流 rated forward surge current

I_{FSM}

不使器件失效的 8.3 ms 或 10 ms 正弦半波的最大峰值电流。(本定义仅适用于单向 ABD)

3.10

正向电涌电压 forward surge voltage

V_{FS}

在规定的正向电涌电流 I_{FS} 条件下,ABD 两端测得的峰值电压。(本定义仅适用于单向 ABD)

注:也用 V_F 表示。

3.11

击穿电压温度系数 temperature coefficient of breakdown voltage

$\alpha_{V_{BR}}$

击穿电压 V_{BR} 变化量与温度变化量之比。

注:表示为毫伏每开尔文或百分率每开尔文(mV/K 或%/K)。

3. 12

温度降额 temperature derating

超过规定的基准温度时,峰值脉冲电流或峰值脉冲功率的减少数额。

注:用电流或功率的百分比表示。

3. 13

热阻 thermal resistance

R_{thJA} 、 R_{thJC} 、 R_{thJL}

每单位输入功率引起的结温对环境、管壳或引线端子的温升。用开尔文每瓦(K/W)表示。

3. 14

瞬态热阻抗 transient thermal impedance

Z_{thJA} 、 Z_{thJC} 、 Z_{thJL}

在一个时间区间终点的等效结温与规定基准点或区域(环境、管壳或引线)温度之差,除以引起这个温差的在该时间区间起点按阶跃函数的变化的耗散功率。

注:热阻抗用开尔文每瓦(K/W)表示。

3. 15

额定平均功率 rated average power dissipation

P_{MAV}

在规定的电流和温度条件下,器件承受重复脉冲而不致失效的平均耗散功率。

3. 16

过冲峰值电压 peak overshoot voltage

V_{OS}

给定视在波前时间小于或等于 $10\ \mu\text{s}$ 的电流所引起高于器件钳位电压 V_C 的电压。

注:对于 $10/1\ 000\ \mu\text{s}$ 的电流波,这个值可表示为钳位电压 V_C 的百分数。

3. 17

脉冲直流试验电流 pulsed d. c. test current

I_T

测量击穿电压 V_{BR} 的试验电流。该电流值由制造商确定,通常以脉冲持续时间小于 $40\ \text{ms}$ 的毫安级电流给出。

注:也用 I_{BR} 表示。

3. 18

峰值脉冲电流 peak impulse current

I_{PP}

用于测定钳位电压 V_C 而流过 ABD 的具有规定波形的峰值脉冲电流。

4 雪崩击穿二极管的基本结构和说明

雪崩击穿二极管(ABD)的基本形式是由一个阳极区(P)和一个阴极区(N)组成的单一半导体 PN 结(见图 1 a))。在直流应用中,ABD 以反向偏置的方法使用,即阴极(N)侧为正电位(见图 1 b))。

当施加电压 V_O 高于 PN 结的(雪崩)击穿电压 V_{BR} 时,ABD 开始导通大于待机电流 I_D 的电流。当出现瞬态电压冲击时,ABD 将这个电压限制到预定值。

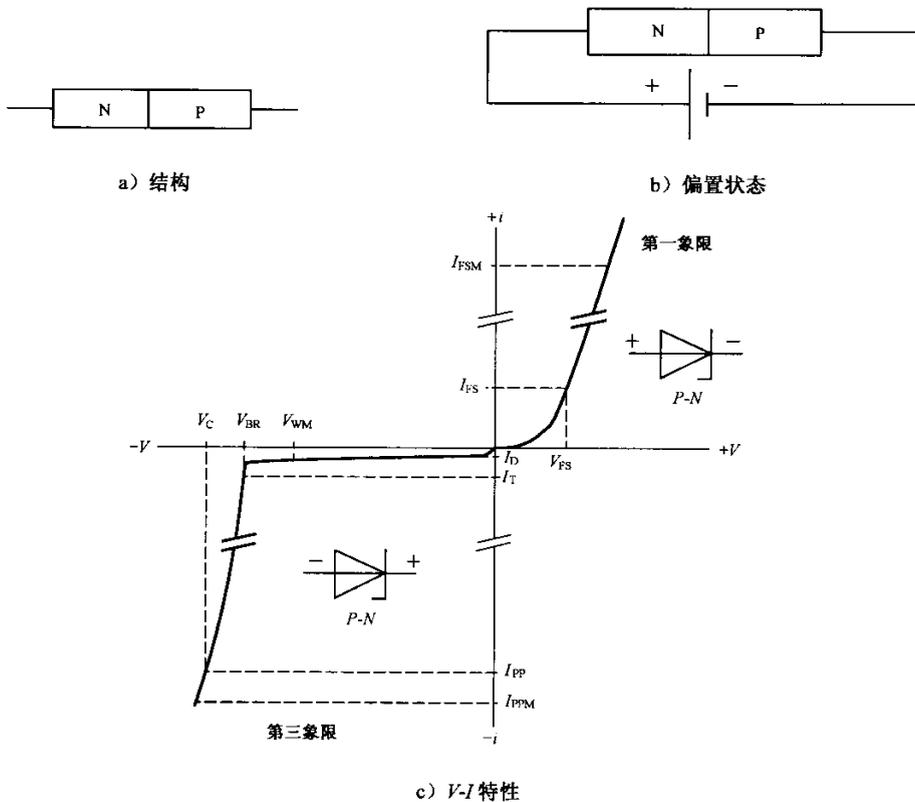
ABD 的主要用途是抑制瞬态电压和分流电涌电流。由于封装,ABD 的特性可能不同,这里只列出设计用于电涌保护器中需要选择的那些二极管参数。特殊用途时,对其他参数的选择可能也是重要的,但在此不列出。

ABD 可以是多个二极管封装到一个管壳里的结构。为获得要求的 SPDC 的特性或额定值,也可采用包含多个 ABD 芯片串联或并联的复合二极管结构。这种结构的 ABD 仍被当作单个的 SPDC。封装

在一个管壳里多个(PN)结也能作为多个独立的 ABD 用于多路保护中,因此其中的每个二极管都应按本部分进行试验。

当反向偏置时,ABD 有两种工作模式:待机(高阻抗)或钳制(相对的低阻抗),(见图 1 c)的第三象限)。在待机状态下,流过 ABD 的电流叫待机电流。该电流的大小随结温(或环境温度)而变化。在 ABD 的电压—电流(V-I)特性中,由高阻抗(待机)向低阻抗(钳位)转变是雪崩击穿的开始。这种导通状态下,二极管会流过一个很大的瞬态电流,并保持一个高于半导体结击穿电压而又相对较低的钳位电压。图 1 是单向 ABD。ABD 可以是单向的,或者是双向的。双向 ABD 在第一象限和第三象限极性相反,特性相似。

图 1c)中,第一象限的 V-I 曲线是单向 ABD 正向偏置状态(半导体结 P 侧施加正向电压)。这种状态下,单向 ABD 与正向 PN 结二极管有着相似的特性。正向时钳位电压较低,瞬态电流很大。然而,在规定波形的瞬态大电流条件下,正向电压会很高。这个电压依赖于结面积和基区半导体材料的电阻。击穿电压随结温或环境温度呈线性变化,故用击穿电压温度系数来描述该电压。通常在 25℃测量钳位电压,可用半导体击穿电压温度系数来确定其他环境温度时的击穿电压。



- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 雪崩参数: | 正向参数: |
| V_{WM} ——最高工作电压; | V_{FS} ——正向电涌电压; |
| I_D ——待机电流; | I_{FS} ——正向电涌电流; |
| V_C ——钳位电压; | I_{FSM} ——额定正向电涌电流。 |
| V_{BR} ——击穿电压; | |
| I_{PP} ——峰值脉冲电流; | |
| I_{PPM} ——额定峰值脉冲电流; | |
| I_T ——脉冲直流试验电流。 | |

注:对于双向 ABD,其第三象限的 V-I 特性与第一象限的相同。

图 1 单向雪崩击穿二极管的结构、偏置状态和 V-I 特性

5 工作条件

正常工作条件如下：

- 大气压力：86 kPa~106 kPa (IEC 60749 和 IEC 60721)。
- 环境温度：户外：-40℃~+85℃ 户内：-20℃~+70℃ (IEC 60364)。
- 太阳或其他辐射 (IEC 60364-3)。
- 正常温度条件下的相对湿度 (IEC 60068)。
- 户内相对湿度不大于 90%，或按其他规定。
- 若 SPD 暴露在非正常工作条件下，在设计和使用时，需要特殊考虑并宜提醒制造商注意。
- 由制造商提出其他需考虑的，如：二极管最高连续（工作）电压、峰值冲击功率或（温度）电流降额、峰值脉冲电流额定值、瞬态重复额定值、抗溶性、可焊性和可燃性。

6 标准试验方法和程序

6.1 标准型式试验准则

特性参数是 ABD 固有而可测量的参数。额定值参数是确定 ABD 的极限能力或极限条件的量值。

6.3 至 6.19 的测试给电涌保护器 (SPD) 选择器件提供了 ABD 规定参数的标准测试方法。这些参数会因器件不同而改变，故有必要对 SPD 选择的所有器件进行测试。双向 ABD 的正向电压和反向电压均应测试。

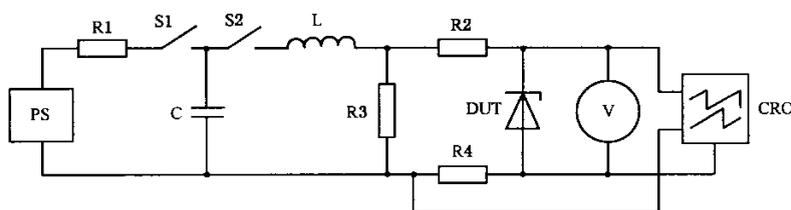
6.2 测试条件

除另有规定外，6.3 至 6.19 要求在器件上进行测试的环境条件应为：

- 温度：25℃±5℃。
- 相对湿度：小于 85%。
- 大气压力：86 kPa~106 kPa (IEC 60749)。

注：由于这些测试中要用到电压和能量，所有测试宜考虑其危险性，操作时宜足够小心。

6.3 钳位电压 V_C (见图 2)



电路组成：

- PS——充电电源；
- R1——充电电阻；
- S1——充电开关；
- C——调波脉冲电容器；
- S2——脉冲放电开关；
- L——调波脉冲电感器；
- CRO——观测电流和电压的示波器；
- R2——调波冲击及限流电阻；
- R3——调波冲击电阻；
- R4——感应电流电阻（同轴）。可选用；
电流互感器或适当变比的探头；
- DUT——受试器件 (ABD)；
- V——峰值电压表。

注意：给出的电路仅仅是一般说明，应按高频大电流测量技术的要求进行测试，如：采用四点开尔文式接点、差分式示波器、缩短引线等。

图 2 钳位电压 V_C 、峰值脉冲电流 I_{PP} 和额定正向电涌电流 I_{FSM} 的测试电路

6.3.1 本测试的目的是在规定波形和幅值的脉冲电流 I_{pp} 条件下,测定 ABD 的电压保护能力。除另有规定外,器件应在两种电压极性下测试。

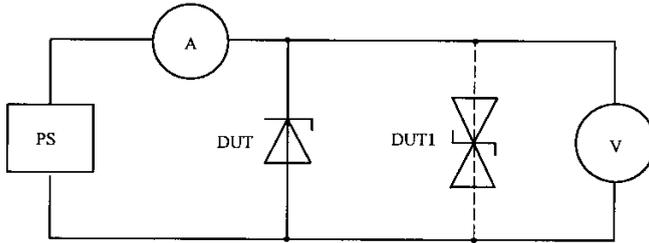
6.3.2 为验证伏安特性曲线,应测量两个电流值的钳位电压。钳位电压峰值和试验电流峰值不必在时间位置上一致。无特别要求时,应采用 10/1 000 μ s(或 8/20 μ s)波形的 I_{pp} 和 $0.2I_{pp}$ 的试验电流。

6.4 额定峰值脉冲电流 I_{ppm} (见图 2)

本测试的目的是验证符合 ABD 的设计规定的不使器件失效的冲击电流值。应采用 10/1 000 μ s(或 8/20 μ s)的电流波形,验证该器件承受多次峰值脉冲电流额定值。冲击电流应每 45 s 施加一次。对于对称性器件,每种极性应以施加 10 个连续脉冲进行试验。失效判据应按第 7 章的规定。

6.5 最高工作电压 V_{wm} 和最高工作电压有效值 $V_{wm, rms}$ (见图 3)

本测试的目的是验证在规定的温度范围内,可施加在 ABD 两端而不引起失效的最高电压。该电压是由制造商规定的 ABD 最大待机电流来确定的。额定工作电压有效值只适用于对称双向 ABD。



电路组成:

PS——可调直流电压源(如果是交流试验,则为交流电压源);

A——直流微安表(如果是交流试验,使用交流微安表);

DUT——受试单向器件;

DUT1——受试双向器件;

V——数字电压表(如果是交流试验,则用示波器)。

图 3 最大工作电压 V_{wm} , 待机电流 I_D 和最高工作电压有效值 $V_{wm, rms}$ 的测试电路

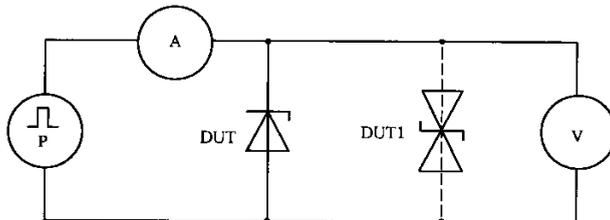
6.6 待机电流 I_D (见图 3)

本试验的目的是验证在制造商规定的温度条件下,ABD 的待机电流水平。最高工作电压 V_{wm} 应由易调的直流电源产生并施加在器件两端。待机电流应在施加电压至少 10 ms 后即导通稳定后测量。

6.7 (雪崩)击穿电压 V_{BR} (见图 4)

6.7.1 应在规定的脉冲直流电流和温度条件下对 ABD 进行测试。施加试验电流 I_{BR} 或 I_T 的时间应小于 400 ms。

6.7.2 V_{BR} 按规定试验电流时的最小电压的范围给出。无特别要求时,推荐试验电流 I_{BR} 或 I_T 为 1 mA。低电压器件或大功率器件可规定较大的试验电流。



电路组成:

P——脉冲恒流源;

DUT1——受试双向器件;

DUT——受试单向器件;

V——数字电压表。

图 4 (雪崩)击穿电压 V_{BR} 的测试电路

6.8 电容 C_j

本试验的目的是测定 ABD 两端的电容。应在规定的正弦频率和偏压条件下测量 ABD 规定两端的电容。对于多端子,每对端子的电容应依次测量。应排除所有非试验端子的电容对测量的影响。无特别要求时,建议采用频率为 1 MHz,有效值等于或小于 0.1 V,直流偏压为 0 V 的信号。

6.9 额定峰值脉冲功率 P_{PPM}

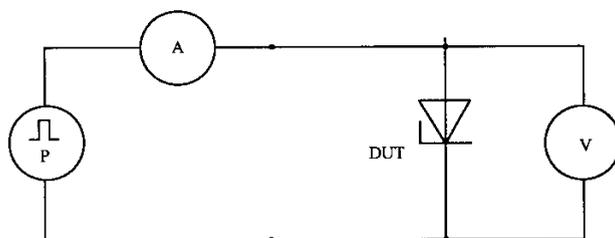
本试验的目的是在规定的试验条件下验证 ABD 的功率额定值。该额定值是制造商对每种产品给出的。该参数需要施加额定峰值脉冲电流 I_{PPM} 和测量钳位电压 V_C 。峰值脉冲功率定义为峰值脉冲电流和钳位电压之积。应试验足够数量的器件以及按 6.3 和 6.4 测量电压—电流特性,以得到期望而在可信范围内的统计性分布。

6.10 额定正向电涌电流 I_{FSM} (见图 1 c)

本试验的目的是在符合统计表示的可靠度水平内,验证 ABD 承受 10 ms(8.3 ms) 单次正弦半波最大峰值电流。将单向器件反向,按图 2 进行试验。电涌电流施加在 ABD 的正向上。(见图 1 c) V-I 特性曲线第 1 象限)

6.11 正向电涌电压 V_{FS} (见图 5)

ABD 正向流过 10 ms(或 8.3 ms) 单次正弦半波最大峰值电流 I_{FSM} 时测得的正向峰值电压。对于单向 ABD,正向电涌电流 I_{FS} 是二极管正向流过的电流。



电路组成:

P——脉冲恒流源;

V——数字电压表;

DUT——受试器件;

A——安培表。

图 5 正向电涌电压 V_{FS} 的测试电路

6.12 击穿电压温度系数 $\alpha_{V_{BR}}$

击穿电压温度系数是指击穿电压 V_{BR} 变化量与温度变化量之比。它随器件的不同而改变。但 ABD 的这个特性与功率额定值无关。当超过温度范围工作时,应考虑该参数。超过温度范围时,击穿电压和最大钳位电压会发生变化,该变化可表示为电压温度系数。若击穿电压超过 5 V,该参数总为正值。

$$\alpha_{V_{BR}} = \frac{V_{BR(\text{试验温度})} - V_{BR(\text{基准温度})}}{V_{BR(\text{基准温度})}} \times \frac{100}{T_{(\text{试验时})} - T_{(\text{基准})}}$$

式中:

$\alpha_{V_{BR}}$ ——击穿电压温度系数,单位为百分率每开尔文(%/K);

$T_{\text{基准温度}}$ ——实际环境温度(25℃±3℃),单位为开尔文(K);

$T_{\text{试验时}}$ ——测量时的最高温度,单位为开尔文(K)。

6.13 温度降额(见图 6)

温度降额是描述高于规定温度时,峰值脉冲功率或峰值脉冲电流随温度的升高而变化。功率降额适用于峰值脉冲功率和稳态(平均)功率两种情况。试验方法见 IEC 60747-2:2000。

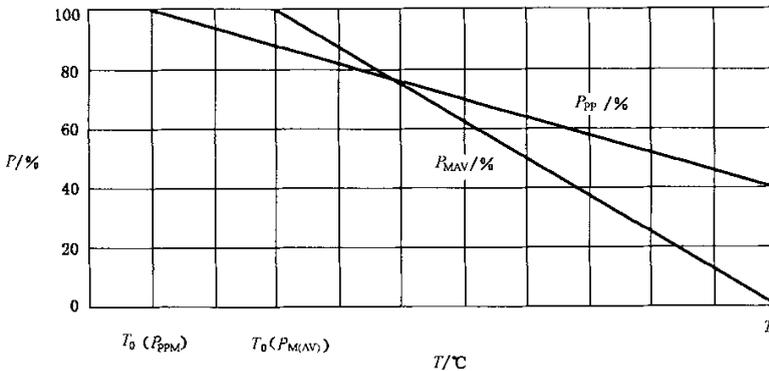
6.14 热阻 R_{thJA} 或 R_{thJC} 或 R_{thJL}

热阻是热流从半导体结向管壳,引线或环境空气流动的阻力的量度。热流以辐射、自然或强迫对流,或通过材料传导的方式发生。每种器件的热特性由制造商提供。本测试的目的是在恒定的电压和电流条件下,测量器件结每单位功率的结-管壳或结-环境的温升。

- a) 测试结功率时,要求保持结温恒定,用事先校准的热敏电气参数,如规定的正向电流的正向电压监视,当器件管壳或环境温度按规定的一定量变化时,测量结功率。
- b) 当规定的器件管壳或环境温度恒定时,结功率以一定量发生明显变化时测量结温。(用事先校准的热敏电参数,正向电压表示)

6.15 瞬态热阻抗 Z_{thJA} 或 Z_{thJC} 或 Z_{thJL}

瞬态热阻抗是在规定的脉冲功率持续时间内测定 ABD 的承受脉冲功率的能力。目的是测量器件的结和基准点(如 ABD 管壳或环境)之间的瞬态热阻抗。试验方法见 IEC 60747-2:2000 的 2.2.3。



说明:

T_0 ——降额的起始温度;

T_1 ——功率或电流为零,或降至最小值的温度。

注: 额定峰值脉冲功率 P_{PPM} 或额定峰值脉冲电流 I_{PPM} 以 T_0 时额定值的百分比(%)表示。

图 6 雪崩击穿二极管的降额曲线

6.16 额定平均功率 $P_{M(AV)}$

为 ABD 有可靠的长寿命而限制温度,制造商应提供额定平均功率参数。该参数与两个条件有关:

- a) 瞬时通过材料(结)的平均电流,通常以占空比来说明;
- b) 制造商推荐的器件到环境、引线和(或)安装的散热器间的热阻值。

6.17 过冲峰值电压 V_{OS} (见图 7)

过冲峰值电压是峰值电压 V_1 与 ABD 钳位电压 V_C 之差,如图 7 所示。试验条件和电路与钳位电压试验相同(见 6.3 和图 2)。

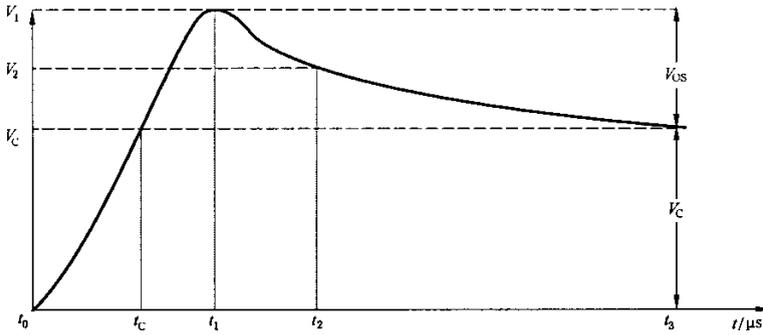
注: 为确保准确测量受试器件的过冲峰值电压,所有与设备的连线和受试器件的引线都要尽可能的短。过冲峰值电压值随冲击的波前时间、导线以及 ABD 的引线长度而变化。电路阻抗不匹配引起紧接过冲电压后的震荡会影响过冲峰值电压值。

6.18 过冲持续时间(见图 7)

过冲持续时间是过冲电压 V_1 渐变到钳位电压 V_C 的时间($t_2 - t_1$),试验条件和电路与钳位电压试验的相同(见 6.3 和图 2)。

6.19 响应时间(见图 7)

响应时间是 ABD 响应峰值脉冲电流 I_{PP} 波前时间的能力。是从时间零点 t_0 至峰值电压 t_1 的时间,见图 7,脉冲电流波形见图 8。试验条件和电路与钳位电压试验的相同(见 6.3 和图 2)。



说明：

V_C ——规定电流和波形时器件的钳位电压；

V_{OS} ——过冲峰值电压($V_1 - V_C$)；

t_C ——器件电压达到钳位电压 V_C 时的时间；

t_1 ——器件电压达到峰值 V_1 时的时间；

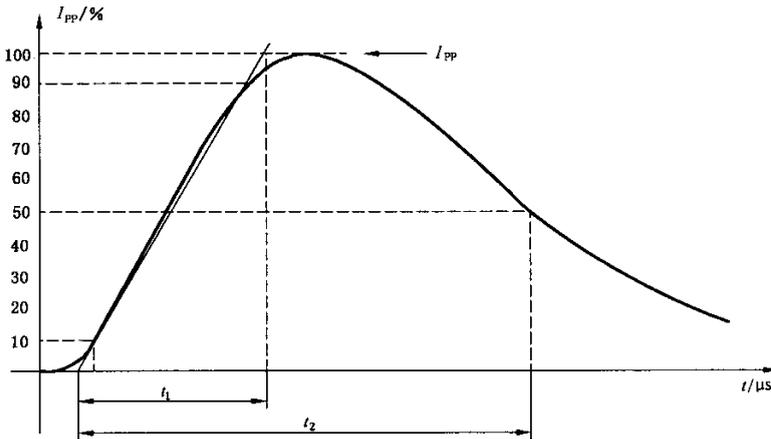
t_2 ——器件电压降至 $50\%V_{OS}$ 时的时间；

$t_1 - t_0$ ——响应时间；

$t_3 - t_1$ ——过冲持续时间；

$V_2 = (V_1 - V_C) / 2$ 。

图 7 过冲电压、响应时间、过冲持续时间图示曲线



说明：

t_1 ——视在波前时间。从零值到峰值的时间。

t_2 ——视在半峰值时间。

例如：对于 10/1 000 μs 的电流波形

10 $\mu s = t_1$ (视在波前时间)

1 000 $\mu s = t_2$ (脉冲半峰值时间)

图 8 脉冲电流波形

7 故障和失效模式

无特别要求时，建议采用下列判据。应在器件温度恢复到 $25^\circ C \pm 5^\circ C$ 后，再进行判定故障和失效模

式的试验。

7.1 劣化故障模式

此模式,ABD的待机电流值大于规定的最大值。

7.2 短路失效模式

此模式,ABD相当于小于 $1\ \Omega$ 的电阻在直流 $0.1\ \text{V}$ 时永久性的短路。(当器件承受大于额定值的峰值脉冲电流而使钳位电压超过最大值时,或当器件功率超过了额定平均值或数倍峰值冲击功率时,都可能发生永久性短路)。

7.3 开路失效模式

此模式,ABD呈现开路状态,其击穿电压 V_{BR} 比试验前施加试验电流 I_{BR} 或 I_T 时电压值(见6.7.2)高 150% 。(如果器件短路期间仍维持有电流,或超过器件能力范围的异常大电流或瞬时脉冲电流,都有可能引起器件的开路失效)。

7.4 “安全的失效”作用

上述任何一种器件的失效模式,可用“安全的失效”来描述。一些用户考虑最期望的器件失效模式是保持其保护功能。例如:短路失效模式的“安全的失效”。但其他用户要求特定器件宜在规定的高钳位失效模式中失效,以达到期望的系统性能。因此,在短路模式中的失效,许多用户考虑的“安全的失效”,事实上可能与其他用户期望的“安全”模式相反。所以,推荐采用7.2和7.3定义的失效模式之一来描述失效。
