

# JB

## 中华人民共和国机械行业标准

JB/T 6307.1—1992

---

### 电力半导体模块测试方法 整流管臂对

1992-06-26 发布

1993-01-01 实施

---

中华人民共和国机械电子工业部 发布

# 电力半导体模块测试方法 整流管臂对

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了由半导体二极管芯片组成的臂对模块的测试方法。

本标准适用于电流为 5A 及 5A 以上的电力半导体整流管臂对模块,由整流二极管组成的臂对组件亦应参照使用。

## 2 术语

本术语范围仅系 GB 2900.32《电工名词术语 电力半导体器件》未提供的适用于臂对模块的术语。

### 2.1 等效结温( $T_{vj}$ )

基于模块内臂对的两只芯片的热电校准关系,通过电测量得到的结温。

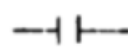
### 2.2 热阻( $R_{th}$ )


在热平衡条件下,模块的等效结温和基准点的温度差与产生该温度差的耗散功率之比。

## 3 电路符号及测试一般要求


### 3.1 电路符号


	G——可调交流电压源;
	G——可调脉冲电源;
	G——可调恒流源;
	G——恒流源;
	T——变压器;
	VD——二极管;
	VT——晶闸管;
	R——电阻器;
	R——可调电阻器;


 C——电容器；

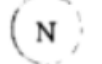
 L——电感器；

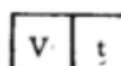
 S——开关；

 PV——电压表；

 PA——电流表；

 PW——瓦特表；

 P——示波器；

 PS——记录仪器；

E——受试模块。

### 3.2 测试一般要求

#### 3.2.1 试验电源

3.2.1.1 测试电路中的所有电源均应有钳位措施，以保护受试模块在通断，调整和测量时，不致由于浪涌等瞬态现象引起损坏。

3.2.1.2 电源波动应不影响测量精度，交流电源频率为  $50 \pm 1$  Hz，波形为正弦波，波形失真系数不大于 10%；直流电源纹波系数对于反向特性测量应不大于 1%，对于正向特性测量应不大于 10%。

#### 3.2.2 测量仪表和电路条件

3.2.2.1 仪表应有保护措施，以防止由于受试模块的故障或接线错误引起的过负荷。为防止不需要的半周脉冲进入示波器的放大器，可在电路中接入二极管保护。

3.2.2.2 测量大电流模块时，电压测量结点应与电流传导结点分开。当测量电流时的电路上的电压降和测量电压时的电路上的电流引起的误差可观时，则必须对测量结果进行修正。当测量小电流时，应采取适当预防措施，确保杂散电容，电感不影响测量精度，并使寄生电路电流和外部漏电流远小于被测电流，或在测量结果中，对其影响给予修正。

3.2.2.3 直流和交流电压表，电流表以及测量用分流器的精度一般应为 0.5 级或更高，且其阻抗对测量系统的影响应可以忽略，在下列情况下可用低于 0.5 级精度的仪表：

- 对测量结果没有重要影响；
- 对判定合格与否没有重要影响；
- 按国家标准没有 0.5 级标准仪表。

#### 3.2.3 环境条件

##### 3.2.3.1 室温测试大气条件

- 基准大气条件：温度  $25^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 65%，气压  $101.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ ；
- 仲裁试验大气条件：温度  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 63%~67%，气压  $86 \times 10^3 \sim 106 \times 10^3 \text{ Pa}$ ；
- 常规试验大气条件：温度  $5 \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 45%~85%，气压  $86 \times 10^3 \sim 106 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。

当相对湿度和大气压对被测参数没有可观影响时，大气条件可仅以温度为准。当室温偏离  $25^{\circ}\text{C}$  较远，而温度对被测参数又有明显影响，应按  $25^{\circ}\text{C}$  对测量结果进行修正。

3.2.3.2 受试模块在高、低温箱中或控温夹具上进行高温测试或低温测试时，温度起伏在  $-1 \sim +1^{\circ}\text{C}$  范

围内，当温度对被测参数没有明显影响时，温差起伏在 $-2\sim+2^{\circ}\text{C}$ 范围内，否则应对测量结果进行修正。在无特别说明时，高温测试指在 $T_{jm}-5^{\circ}\text{C}$ 下进行， $T_{jm}$ 为额定最高结温；低温测试指在额定最低结温。

## 4 电特性测试

### 4.1 反向重复峰值电流( $I_{RRM}$ )

#### 4.1.1 目的

在规定条件下，测量模块内芯片的反向重复峰值电流。

#### 4.1.2 原理电路和要求

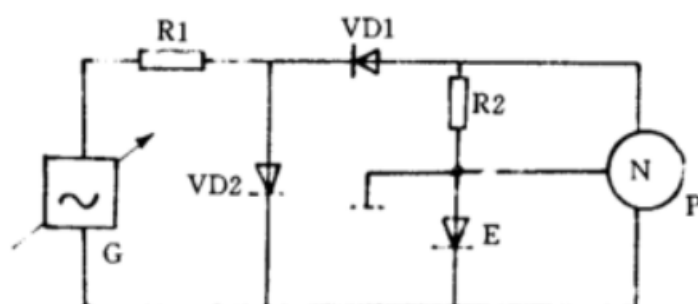


图1 反向重复峰值电流测试电路

VD1、VD2——提供负半周电压的二极管，使得只测量E的芯片的反向特性； R1——限流保护电阻器，

其值应选择当E击穿时，能限制流过E的电流，以防止损坏E和仪表； R2——校准电流的无感电阻器；

可用峰值读数仪表代替示波器，峰值电流表应能显示反向电压达到峰值时的电流值。

#### 4.1.3 规定条件

- 结温： $25^{\circ}\text{C}$ 和 $T_{jm}$ ；
- 反向电压：反向重复峰值电压( $V_{RRM}$ )；
- 交流电压源频率： $50\text{ Hz}$ 。

#### 4.1.4 测试程序

调交流电压源，在示波器上测得芯片的反向重复峰值电压，然后在连接R2两端的示波器上测得芯片的反向重复峰值电流，每只芯片均测试，取其较大者为模块的反向重复峰值电流。

### 4.2 正向峰值电压( $V_{FM}$ )

#### 4.2.1 目的

在规定条件下，用脉冲法测量模块内芯片的正向峰值电压。

#### 4.2.2 原理电路和要求

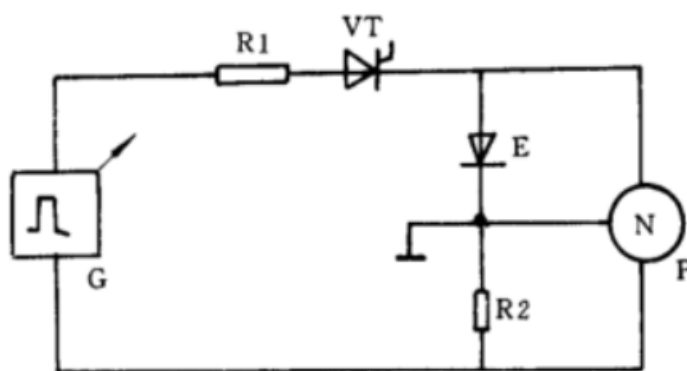


图2 正向峰值电压测试电路

$R2$ ——校准电流读数的无感电阻器；  $R1$ ——保护电阻器；

$VT$ ——控制电流脉冲的晶闸管，通态时产生脉冲电流，脉冲电流结束时应立即为断态；

$G$  的脉冲宽度及其重复频率，应使得测量期间的内部发热可以忽略。

可用峰值读数仪表代替示波器，峰值电压表应能显示正向电流达到峰值时的电压值。

#### 4.2.3 规定条件

a. 结温：出厂检验为  $25^{\circ}\text{C}$ ，型式检验为  $25^{\circ}\text{C}$  和  $T_{jm}$ ；

b. 正向峰值电流：模块内单只芯片的额定正向平均电流值的  $\pi$  倍（ $\pi$  可以取 3）；

#### 4.2.4 测试程序

受试模块紧固在夹具或散热器上，测量峰值电压（ $V_{FM}$ ）的测试点位置尽量靠近模块壳体。

注：注意消除接触压降，电流，电压取样应为四点连接法。

调脉冲电源的电压，由零逐渐增加，使流过受试模块内单只芯片的正向电流整定到规定值，此时示波器或峰值电压表显示的电压值即为所测正向峰值电压。每只芯片均测试。取较大值为模块的正向峰值电压。

### 4.3 正向（伏安）特性（ $V_{FM}-I_{FM}$ 曲线）

#### 4.3.1 目的

在规定条件下，用脉冲法测试模块内芯片的正向峰值电压与正向峰值电流的关系，并作曲线。

#### 4.3.2 原理电路和要求

符合 4.2.2 条。

#### 4.3.3 规定条件

a. 结温： $25^{\circ}\text{C}$  和  $T_{jm}$ ；

b. 正向电流范围，至额定正向平均电流值的 4.5 倍以上。

#### 4.3.4 测试程序

受试模块分别在  $25^{\circ}\text{C}$  和  $T_{jm}$  下，测出单只芯片的不同正向峰值电流及对应的正向峰值电压，每只芯片均测试，取较大值为模块的  $V_{FM}-I_{FM}$ 。在同一算术坐标上描出  $25^{\circ}\text{C}$  及  $T_{jm}$  下的两条正向伏安特性曲线；若测试电流范围比较大，可用单对数坐标描绘曲线。

## 5 热特性测试

### 5.1 基本要求

5.1.1 所有电气试验除另有规定或在脉冲条件下完成测量外，均应在热平衡条件下进行。

5.1.2 如果把从施加功率到进行测量之间的时间增加一倍，测量结果的变化不大于规定误差，则可认为达到了热平衡。

5.1.3 基准点位置：模块壳体底板的长边侧面几何中心点，点深 1 mm；或由制造厂给定。

#### 5.1.4 测量基准点温度( $T_m$ )的方法

基准点温度采用可忽略热容量的热敏元件进行测量，为保证热敏元件与模块壳体底板之间的热阻可以忽略，用焊剂，夹具或卡件使热敏元件与壳体底板可靠贴紧，对于基准点深入表面 1 mm 的情况，用截面直径不大于 0.25 mm 的热偶插入该孔进行测量，热偶热端应熔焊形成小球（焊球直径应小于 0.8 mm），不可用绞纽或锡焊形成。热偶热端插入基准点孔，并拍击孔边金属将热偶小球盖住，使热偶与壳体底板紧实地接触。热端不允许短路，热偶冷端应可靠地保持在 0℃ 或某一定温度值。

#### 5.2 热阻( $R_{th}$ )

测量热阻(或瞬态热阻抗)是基于用热敏参数作为等效结温的读数、通常把在小百分数额定电流下芯片的正向电压用来作为热敏参数。

这种方法的精度未加规定，但应遵守 5.2.4 条。

##### 5.2.1 目的

测量模块内芯片的结到基准点之间的热阻。

##### 5.2.2 方法原理

施加两个不同的耗散功率  $P_1$  和  $P_2$ ，通过调整冷却条件，使芯片达到相同结温，测量模块基准点的温度  $T_1$  和  $T_2$ ，用热敏电压检验是否达到相同结温，按公式 (1) 计算热阻。

$$R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{P_2 - P_1} \dots\dots\dots (1)$$

##### 5.2.3 原理电路和要求

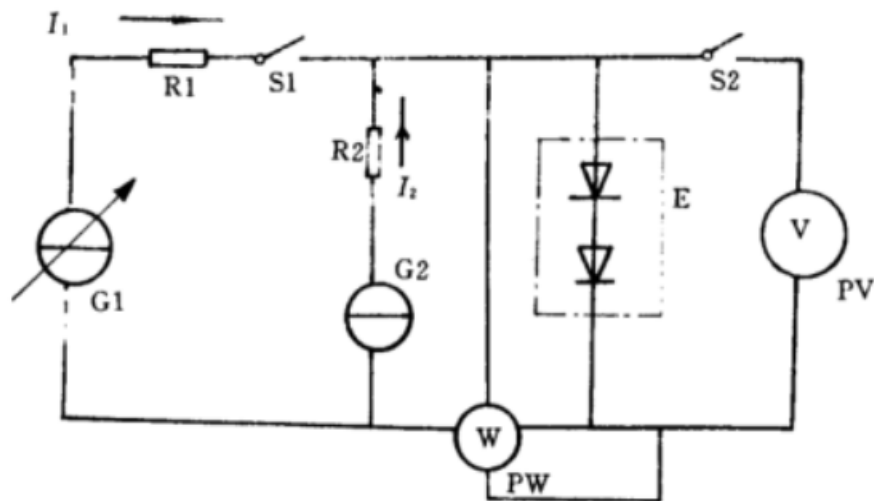


图 3 热阻测试电路

G1——可调恒流源，此电源应能输出使受试模块内芯片的结温达到或接近额定结温的负载电流（加热电流） $I_1$ ，在芯片的结中产生耗散功率  $P_1$ ； $I_2$ ——在负载电流周期性中断后的短时间间隙中，监视其结温的直流基准电流（热敏电流）；S1——周期性中断负载电流  $I_1$  的电子开关；S2——负载电流中断时应闭合的电子开关；PV——零位法（衡消法）电压表；PW——指示  $I_1$  在结中产生耗散功率的瓦特表。

若需要测试单只芯片的热阻，亦采用图 3 电路。

##### 5.2.4 注意事项

- 当从负载电流  $I_1$ ，向基准电流  $I_2$  转换时，由于过剩电荷载流子产生瞬态电压，如果受试模块含有铁磁材料，也要产生瞬态电压，因此开关 S2 在这些瞬态效应消失以前不应闭合。
- 通常基准电流  $I_2$  应选取足够大，以维持整个结面积导通；
- 5.2.3 条的负载电流  $I_1$  可以是零，即耗散功率  $P_1$  也是零，则公式 (1) 中的基准点温度  $T_1$  等于

施加功率  $P_1$  时的等效结温。

### 5.2.5 规定条件

- 负载电流：产生的功率应使等效结温达到或接近  $T_{jm}$ ，通常为额定正向平均电流  $I_{F(AV)}$ ；
- 基准电流：其值应足够大，采用 A3.1 的推荐值；
- 温度基准点的位置和热偶安装，按 5.1.3 和 5.1.4 条；
- 测量基准电流的电压（热敏电压）的时间，应在中断负载电流后 0.5~1 ms 期间；

### 5.2.6 测试程序

- 受试模块紧固在可调温度的加热夹具上，热偶固定在基准点上；
- 加热夹具保持在较高的温度上，施加较小负载电流  $I_1$ ，在芯片结中产生耗散功率  $P_1$ ，达到热平衡后，调整零位法电压表 PV 为零平衡；  
记录基准点温度  $T_r$ 。
- 加热夹具保持在较低的温度上，增大负载电流  $I_1$  至功率  $P_1$ ，把结加热到和 b 相同的等效结温，此温度由零位法电压表 PV 的零平衡指示。  
记录基准点温度  $T_1$ 。
- 按 (1) 式计算热阻。

## 5.3 瞬态热阻抗 ( $Z_{th(t)}$ )

### 5.3.1 目的

测量模块内芯片的结到基准点之间的瞬态热阻抗。

### 5.3.2 方法原理

施加负载电流并达到热平衡后，分别记录模块内芯片的耗散功率，切断负载电流，作为时间的函数，同时记录基准电流的正向电压和基准点温度。

用相同基准电流得到的校准曲线，确定作为时间函数的等效结温。

### 5.3.3 原理电路和要求

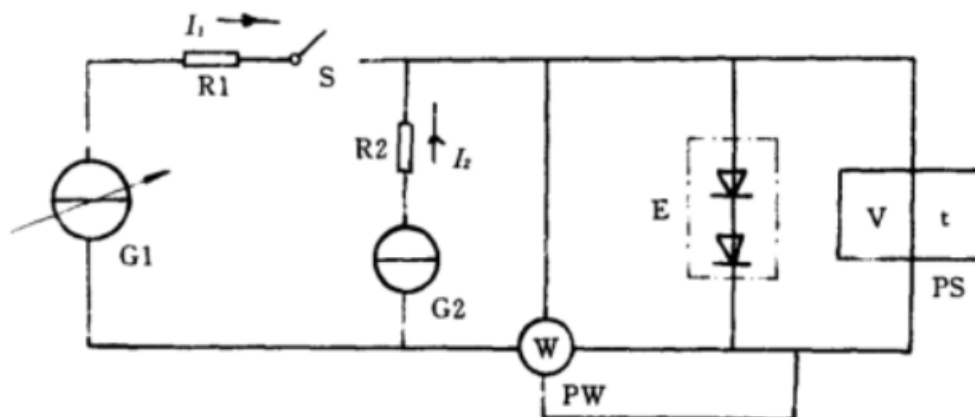


图 4 瞬态热阻抗测试电路

$I_1$ ——恒流源 G1 提供的在受试模块内芯片的结中产生耗散功率  $P$  的负载电流；  $I_2$ ——恒流源 G2

提供的直流基准电流（热敏电流）； S——切断负载电流  $I_1$  的开关； PW——指示由负载电流  $I_1$  在受试模块内芯片的结中产生耗散功率的瓦特表； PS——记录热敏电压与时间的关系的记录仪器。  
若需要测试单只芯片的瞬态热阻抗，亦采用图 4 电路。

### 5.3.4 规定条件

同 5.2.5 条。

### 5.3.5 测试程序

- 用外部加热的方法，改变模块的温度，按作为等效结温的函数测量基准电流  $I_2$  的正向电压，并

描出校准曲线；

b. 受试模块紧固在保持固定温度的夹具上，热偶固定在基准点上，对受试模块的施加负载电流  $I_1$ ，在其芯片结中产生耗散功率  $P$ ，并建立热平衡；

c. 断开开关  $S$ ，切断负载电流  $I_1$ ，作为降温过程时间函数的正向电压 ( $I_1$  产生的)，用记录仪器 PS 记录，在降温期间，同时记录相应的基准点温度；

d. 用校准曲线把记录的正向电压曲线转换成等效结温的曲线，用下式计算瞬态热阻抗  $Z_{th}(t)$  并描绘曲线。

$$Z_{th}(t) = \frac{[T_{vj(t)} - T_{ref(t)}] - [T_{vj(0)} - T_{ref(0)}]}{P} \dots\dots\dots (2)$$

式中：  $T_{vj(0)}$ 、 $T_{ref(0)}$ ——当开关  $S$  断开 ( $t=0$ ) 时的温度，℃；

$T_{vj(t)}$ 、 $T_{ref(t)}$ ——在时间  $t$  时的温度，℃；

## 6 额定值(极限值)的检验

### 6.1 反向不重复峰值电压( $V_{RRM}$ )

#### 6.1.1 目的

在规定条件下，检验模块内两只芯片的反向不重复峰值电压额定值。

#### 6.1.2 原理电路和要求

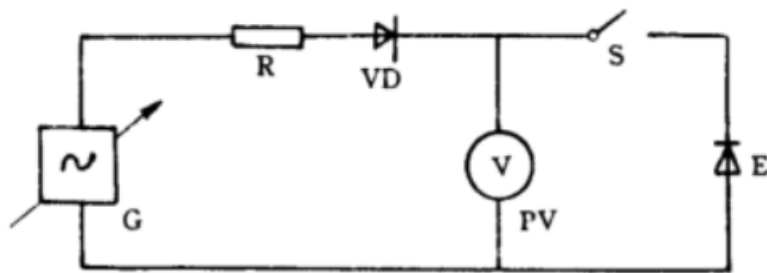


图5 反向不重复峰值电压测试电路

VD——提供负半周电压的二极管，使得只试验受试模块内芯片的反向特性；

S——实现对  $E$  施加反向半周电源电压的机电开关或电子开关（导电角近似为  $180^\circ$ ）；

R——保护电阻器； PV——峰值读数电压表。

#### 6.1.3 规定条件

- 结温： $25^\circ\text{C}$  和  $T_{ja}$ ；
- 半周期脉冲的持续时间，近似  $10\text{ ms}$ ，另有规定时，可为 8.3.1 或  $0.1\text{ ms}$ ；
- 脉冲次数或重复频率：不大于  $5\text{ Hz}$ ；
- 试验电压：反向不重复峰值电压 ( $V_{RRM}$ )。

#### 6.1.4 试验程序

- 交流电源电压设定为零；
- 断开开关  $S$ ，使交流电源电压上升到反向不重复峰值电压的规定值；
- 在反向半周期间闭合开关  $S$ ，对两只芯片分别施加规定的反向不重复峰值电压；
- 试验后，按 4.1 测量两只芯片的反向重复峰值电流，如均满足产品标准的规定值，则反向不重复峰值电压额定值得到确认。

### 6.2 正向(不重复)浪涌电流( $I_{FSM}$ )

#### 6.2.1 目的



在规定条件下, 检验模块内芯片的正向 (不重复) 浪涌电流额定值。

### 6.2.2 原理电路和要求

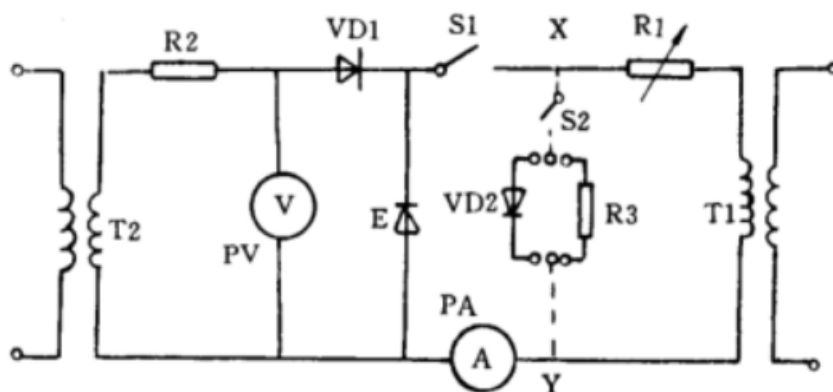


图6 正向(不重复)浪涌电流测试电路

PA——峰值读数电流表； VD1——阻断由变压器 T2 提供正向电压的二极管；

R1——设定浪涌电流的电阻器，此电阻器的电阻应大于二极管 VD1 的正向电阻；

R2——保护电阻器，其电阻值应尽可能的小； S1——在正向 (浪涌) 半周期间近似于  $180^\circ$  导通角的机电开关或电子开关； T1——通过 S1 对正向 (浪涌)

半周期供电的大电流低电压变压器，其电流波形应基本上是持续时间近似于 10 ms (或 8.3 ms)，重复频率近似于 50 (或 60) Hz 的正弦半波；

T2——通过二极管 VD1 对反向半周期供电的小电流高电压变压器，

若此变压器由一单独电流馈电，则其相序必须如同向 T1 馈电的相序，

其电压波形应基本上为正弦半波； PV——峰值读数电压表。

若需要，在 X 和 Y 点之间可接入二极管 VD2 及其串联的开关 S2 或接入电阻 R3 及其串联的开关 S2，VD2 为平衡二极管，其正向电阻近似等于受试模块单只芯片的正向电阻。若采用电阻 R3，其电阻应与受试模块单只芯片的正向电阻相同，S2 为机电开关或电子开关，在变压器 T1 反向半周期间，其导通角近似于  $180^\circ$ 。

### 6.2.3 规定条件

- 浪涌前结温： $T_{jm}$ ；
- 反向峰值电压： $0.5 V_{RRM}$ ，另有规定时，可为  $0.8 V_{RRM}$  或  $V_{RRM}$ ；
- 正向 (不重复) 浪涌电流，按产品标准；
- 反向电压源的最大阻抗，应尽可能的小，以满足 b 项条件规定；
- 每次浪涌的周波数，无特殊说明时，为一个周波；
- 浪涌次数，按产品标准；
- 试验后的测量极限，按产品标准。

### 6.2.4 试验程序

- 电压和电流电源设定为零；
- 按其极性标志，将受试模块装入试验台座，并达到其温度条件，将峰值读数仪表 PV 上显示的反向峰值电压调至规定值。
- 调整电阻  $R_1$ ，使峰值读数仪表 PA 上显示的正向浪涌电流达到规定值。
- 按施加正向浪涌电流的规定次数对模块内芯片逐只进行试验。
- 试验后，按产品标准规定的检验项目对模块内芯片逐只测量，如满足其规定值，则认为受试模块通过了本项试验。

### 6.3 $I^2t$

#### 6.3.1 目的

在规定条件下,检验模块内芯片的  $I^2t$  值,或测试  $I^2t-t$  曲线。

#### 6.3.2 方法原理

$I^2t$  测试实质是持续时间小于工频正弦半波(1~10 ms 范围)的一种不重复浪涌电流测试。通过浪涌电流  $i_F$  对其持续时间  $t$  积分  $\int_{t_1}^{t_2} i_F^2 dt$ , 即可求得  $I^2t$  值。改变持续时间就可求得半波内各时间点的  $I^2t$  值,从而得到  $I^2t$  曲线(如图 7 例)。

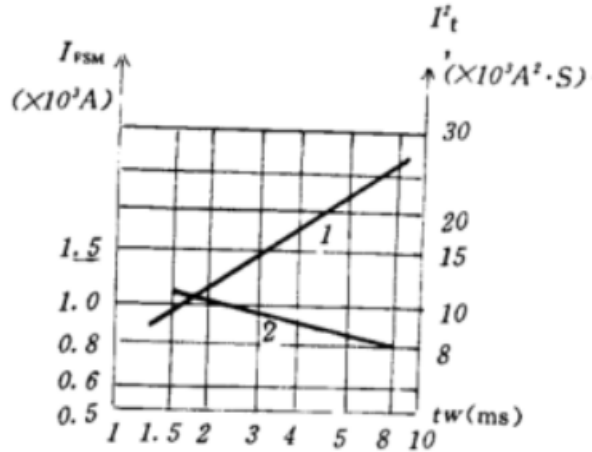


图 7  $I^2t$  曲线

1—— $I^2t$  曲线; 2—— $I_{FSM}$  曲线

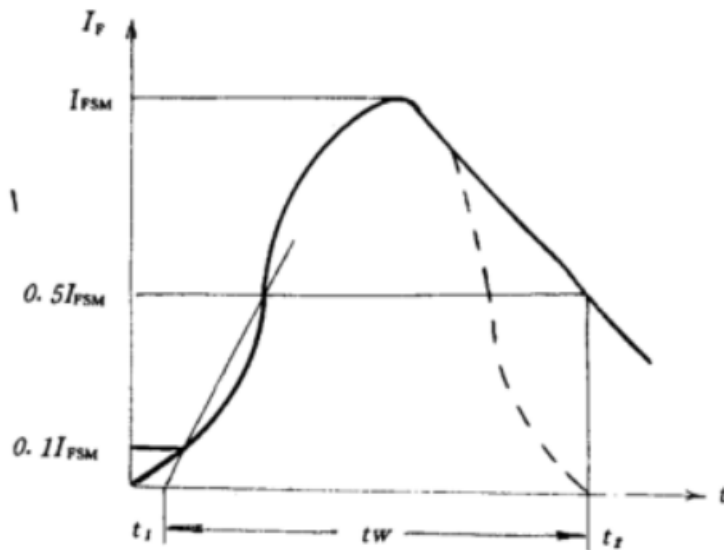


图 8  $I^2t$  试验电流波形

$$I^2t = \int_{t_1}^{t_2} i_F^2 dt = \frac{I_{FSM}^2 (t_2 - t_1)}{2} = \frac{1}{2} I_{FSM}^2 \cdot tw \quad (5)$$

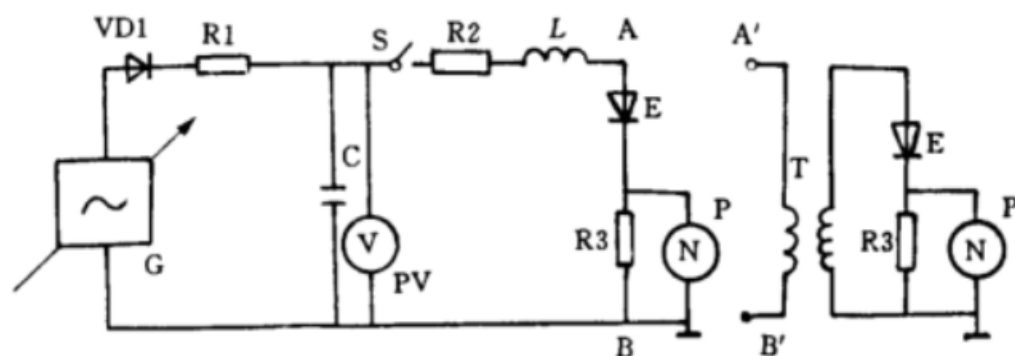
式中:  $I_{FSM}$ ——浪涌电流峰值, A;

$tw$ ——按图 8 定义的正弦半波底宽, ms。

对于工频 50 Hz 半个周波(底宽 10 ms), 上式变为:

$$I^2t = 0.005 I_{FSM}^2 (A^2 \cdot s) \quad (4)$$

#### 6.3.3 原理电路和要求

图9  $I^2t$  测试电路

$R3$ ——观测正向电流的无感电阻器；  $C, L, R_2$ ——产生正向电流波形的电容器，电感器，电阻器；  $PV$ ——峰值读数电压表。

浪涌电流波形按下列公式，由  $C, L$  和  $R_2$  决定。对于衰减振荡波形，按公式 (5)、(6)、(7) 决定：

$$C = 0.53 \frac{I_{FSM} \cdot t_w}{V_c} \quad (5)$$

$$L = 0.30 \frac{V_c \cdot t_w}{I_{FSM}} \quad (6)$$

$$R_2 = 0.31 \frac{V_c}{I_{FSM}} \quad (7)$$

对于正弦波形按公式 (8)、(9)、(10) 决定：

$$C = 0.32 \frac{I_{FSM} \cdot t_w}{V_c} \quad (8)$$

$$L = 0.32 \frac{V_c \cdot t_w}{I_{FSM}} \quad (9)$$

$$R_2 = 0 \quad (10)$$

式中：  $V_c$ ——电容器  $C$  的充电电压， $V$ ；

$t_w$ ——按图 8 所示定义的正弦半波底宽， $ms$ ；

$I_{FSM}$ ——浪涌电流峰值， $A$ 。

为使加在受试模块内单只芯片上的电压尽可能的低，作为电路的改进，可采用  $C$  的放电电流先经过低压变压器再通过受试模块的芯片，这样电容器  $C$  的电压可以充至较高，以利于产生大电流脉冲。

#### 6.3.4 规定条件

a. 浪涌前结温： $T_{jm}$  或  $25^\circ C$ ；

b. 浪涌电流波形为正弦半波 峰值  $I_{FSM}$  按产品标准，底宽  $t_w$ ，给出  $I^2t$  单一值时为  $10 ms$ ，给出曲线时应在  $1 \sim 10 ms$  间取  $4 \sim 5$  点（如  $1, 3, 5, 7, 9 ms$ ）；

c. 浪涌次数：应予规定，每两次之间间隔，由热平衡条件确定；

d. 紧接浪涌后不施加反向电压。

#### 6.3.5 试验程序

a. 将受试模块加热到规定结温；

b. 调整  $C, L, R_2$ ，使受试模块的芯片通过规定峰值和底宽的浪涌电流  $I_{FSM}$ （对应于被验证的  $I^2t$  值）；

c. 经规定次数浪涌后，按 4.1 和 4.2 进行反向重复峰值电流和正向峰值电压测量，如满足产品标准

的规定值, 则  $I_{FSM}$  对应的  $I_2 t$  值得到确认;

d. 如为得到  $I^2 t \sim t$  曲线, 则应对几个脉宽点进行测试, 并以 10 ms 脉冲浪涌电流值的结温为基准, 其它各点通过对热敏电压监视, 调整浪涌电流值使结温和 10 ms 时的相同, 曲线以双对数坐标描出。

#### 6.4 模块绝缘电压 ( $V_{iso}$ )

##### 6.4.1 目的

在规定条件下, 检验模块各端子与壳体底板之间的绝缘电压。

##### 6.4.2 规定条件

- 试验电压(交流电压方均根值): 按产品标准;
- 试验电压频率: 50 Hz;
- 试验电压增加至规定的全值的时间: 不小于 10 s;
- 受试模块承受规定的试验电压全值的时间: 1 min。

##### 6.4.3 试验程序

将受试模块的三个接线端用导线紧固地联结为等电位点。

在受试模块的接线端子与壳体底板之间施加规定的试验电压, 并持续规定的时间。

若未发生击穿或闪络现象, 则试验通过。

应当在试验结束后的一个很短的时间间隔内, 施加至少 100V 的直流电压测量绝缘电阻。若电压  $V_M / \sqrt{2}$  ( $V_M$  为受试模块任一对端子间预期会出现的最高峰值电压) 的值不大于 1000 V, 则绝缘电阻应不小于  $1M\Omega$ 。若电压  $V_M / \sqrt{2}$  的值较高, 则绝缘电阻应大于  $1000 \Omega/V$ , 出厂检验可以不测量绝缘电阻。

### 7 热循环负载试验

#### 7.1 目的

用耐久性试验确认模块承受结温波动的能力。

#### 7.2 原理电路和要求

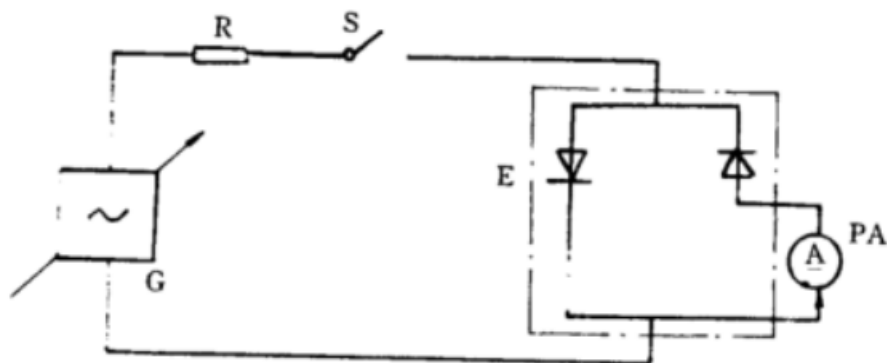


图 10 热循环负载试验电路(1)

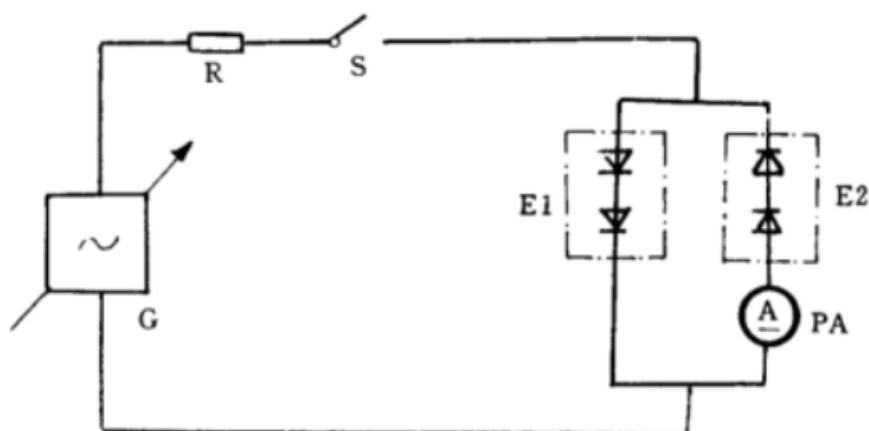


图 11 热循环负载试验电路(2)

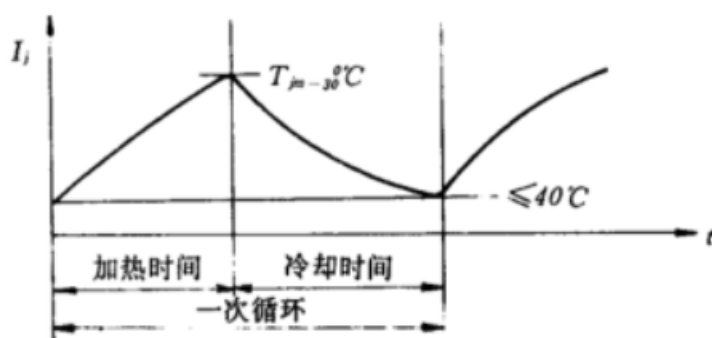


图 12 热循环负载试验结温变化波形

G——提供负载电流； R——调节负载电流的电阻器； S——由时间继电器或温度继电器控制的周期接通和断开的开关； PA——直流电流表。

测试电路及相应的设备既能测试一只模块，也能测试若干只串联模块。

### 7.3 规定条件

- 负载电流：其值为模块内单只芯片额定正向平均电流  $I_{F(AV)}$  的 (0.9~1 倍)；
- 结温范围：加热期间的最高温度为  $T_{j\max} = 30^{\circ}\text{C}$ ，冷却期间的最低温度应不高于  $40^{\circ}\text{C}$ ；
- 加热时间和冷却时间，按产品标准；
- 循环次数：按产品标准。

### 7.4 试验程序

闭合开关 S，使受试模块流过规定的负载电流，在规定的时间内结温达到规定值后断开 S，又在规定的时间内结温冷却到不高于  $40^{\circ}\text{C}$  的温度，如此为一个循环。

按规定循环次数重复上述过程。

试验后按产品标准规定的检验项目对模块内芯片逐只测量，如均满足其规定值，则认为受试模块通过了本项试验。

附录 A  
热敏斜率测试方法  
(补 充 件)

### A1 概述

热敏斜率测试又称热敏校准曲线试验。本试验是进行结温，热阻，瞬态热阻抗等测试的基础试验，试验时通过芯片的热敏电流 ( $I_T$ ) 又称热敏基准电流或测量电流；热敏电流在芯片两端的电压降称热敏电压 ( $V_T$ )。

### A2 原理电路及要求

A2.1 热敏斜率测试的原理电路如图 A1 所示。

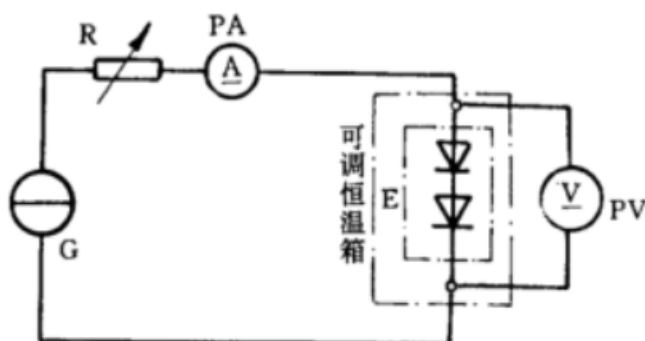


图 A1

A2.2 直流稳流电源 G 应能输出足够大的电流，以保证受试模块的芯片完全导通；其纹波系数不大于 0.5%，以保证测量过程中热敏电流稳定。

A2.3 测量热敏电压的导线应与测量热敏电流的导线共用，应直接连至受试模块的相应测试点位置，以消除导线及接触的压降。

A2.4 测量热敏电压的直流毫伏表应尽可能采用读数精度高的仪表，如数字电压表或精度 0.5 级。量程为 1 V 或 2 V 的直流电压表。

A2.5 可调恒温箱(槽)的温度应均匀和稳定，(保持在控制温度的  $\pm 1^\circ\text{C}$  以内)，模块从箱或槽的引出线应尽可能短，接点尽可能少，线的粗细应与热敏电流的大小相适应，模块各引线端的接触在高温下也应良好。

### A3 规定条件

A3.1 热敏电流值的选取应能忽略附加结温和避免热敏曲线上出现不连续点。

注：热敏电流值可取额定正向平均电流的 0.5%~1%，热敏电流偏小时，热敏曲线将为折线或出现不连续点（见图 A2）。

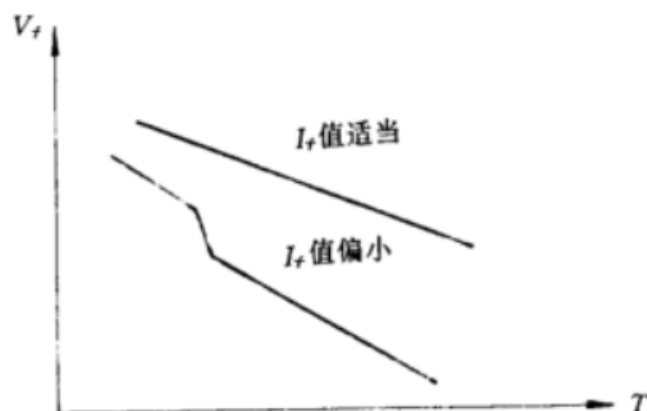


图 A2

A3.2 测试温度范围为室温至额定结温之间，一般取 5 个温度测试点，最少取 3 点。

A3.3 如求平均热敏斜率，受试模块不得少于 10 只。

A3.4 模块不带散热器测试。

#### A4 测试程序

A4.1 受试模块紧固在恒温箱(槽)的夹具上，按图 A1 引出导通热敏电流和测量热敏电压的导线，恒温箱保持室温。

A4.2 模块的二只芯片通以热敏电流  $I_T$ ，记录热敏电压和对应的受试模块温度(室温)，各受试模块重复这一步骤，测出各模块第一点温度与其热敏电压的关系。

A4.3 恒温箱通电升温(一般升 20℃左右)，当温度稳定，即外部温度计或热偶的指示能代表受试模块内芯片的结温时，通过热敏电流  $I_T$  分别测出各受试模块第二点温度的热敏电压，并同时记录这点温度值。

A4.4 重复 A4.3 程序，测出第 3、第 4、第 5 等更高温度点时各受试模块二芯片的热敏电压。

A4.5 在坐标纸上描出  $V_T=f(T)$  曲线即为热敏斜率曲线(直线)，取直线上任意两点按公式(A1)计算热敏斜率：

$$M = \frac{V_{T1} - V_{T2}}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots (A1)$$

式中：  $V_{T1}$ ——对应于温度为  $T_1$  时的热敏电压，mV；

$V_{T2}$ ——对应于温度为  $T_2$  时的热敏电压，mV；

$M$ ——热敏斜率，mV/℃。

#### 附加说明：

本标准由机械电子工业部西安电力电子技术研究所提出并归口。

本标准由机械电子工业部西安电力电子技术研究所负责起草。

本标准主要起草人李竞莹、和成杰。