

## 1 TSS 工作原理

TSS (Thyristor Surge Suppressors), 浪涌抑制晶闸管, 也称半导体放电管, 是采用半导体工艺制成的 PNP 结四层结构器件, 其伏安特性类似于晶闸管 (如图 1), 具有典型的开关特性。TSS 一般并联在电路中的应用。正常工作状态下 TSS 处于截止状态, 当电路中由于感应雷、操作过电压等出现异常过电压时, TSS 快速导通泄放电流, 保护后端设备免遭异常过电压的损坏, 异常过电压消失后, TSS 又恢复至截止状态。

图 2 是 TSS 第一象限放大图, TSS 的开关特性包含四个区域: 断态区、击穿区、负电阻区和通态区。

**断态区:** 是电压—电流特性的高电阻、低电流区。该区域从原点延伸至击穿起始点。断态电流是结反向电流和所有表面漏电流的综合, 在该区可施加反向截止电压 ( $V_{DRM}$ ) 测量 TSS 的漏电流 ( $I_{DRM}$ )。

**击穿区:** 击穿区是电压—电流特性的低电阻、高电压区域。该区域是从电压—电流特性的高动态电阻的低电流部分开始变化, 至显著的低动态电阻区、电流剧增的区域。最终当 TSS 正反馈出现足以激活开通时, 该区域终止。

**负电阻区:** 负电阻区表示从击穿区开关点到通态状态的轨迹。该区域是一个动态状态, TSS 管正反馈随时间而增加导致电流增加, 这引起 TSS 两端的电压降低, 直至达到通态状态。

**通态区:** 通态区是电压—电流特性的低电阻、高电流部分。在通态状态时, 完全正反馈的晶闸管通过的电流产生最低电压降。刚好维持通态的最小电流定义为维持电流 ( $I_H$ ), 低于该电流会导致 TSS 关断。

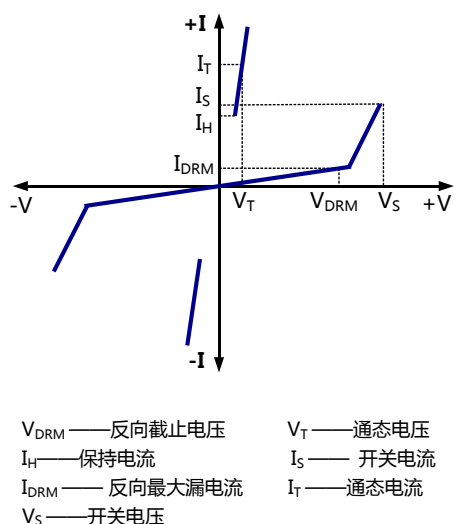


图 1 TSS 伏安特性曲线

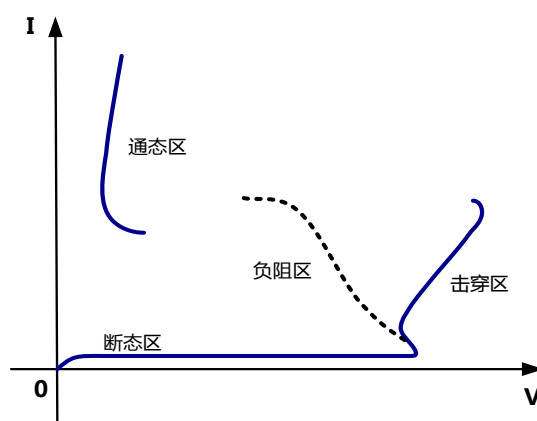


图 2 TSS 开关特性

## 2 TSS 特点

- 结电容低，大多数产品电容值在几十皮法至一百多皮法；
- 封装多样化，有插件、贴片及阵列式产品；
- 在 8/20 $\mu$ s 波形下通流量为几百安培；
- 漏电流小，一般为几微安甚至零点几微安；
- 具有精确的导通击穿电压，反向截止电压范围为 6V~620V；

## 3 TSS 典型应用电路

TSS 广泛应用于通信、安防、工业等电子产品的通信线保护。图 3 为 TSS 的部分典型应用案例。

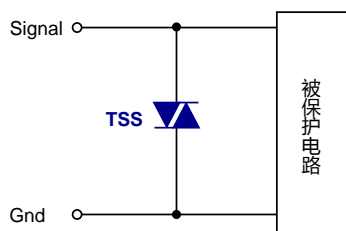


图 3 BNC 接口保护

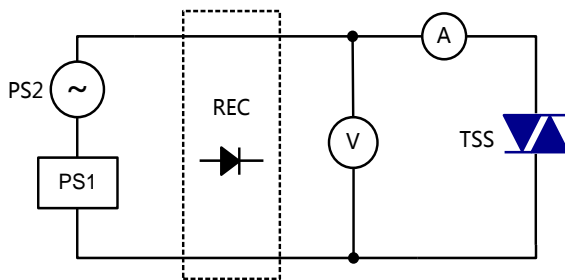
## 4 TSS 参数说明

$V_{DRM}$  反向截止电压（断态重复峰值电压）， $I_{DRM}$  反向最大漏电流（断态重复峰值电流）

$V_{DRM}$ ，反向截止电压，也称断态重复峰值电压，断态时刻施加的包含所有直流和重复性电压分量的额定最高（峰值）瞬时电压。

$I_{DRM}$ ，反向最大漏电流，也称断态重复峰值电流，是指施加断态重复峰值电压  $V_{DRM}$  产生的最大（峰值）断态电流。

$V_{DRM}$  的测试电路如图 5 所示，测量验证当 TSS 持续承受额定断态重复峰值电压时，维持高阻抗断态的能力。断态重复峰值电压的额定值  $V_{DRM}$  应施加在器件两端，测量  $I_{DRM}$  应不超过规定的  $I_{DRM}$  最大值。试验后，器件的任何规定特性应无劣化。



电路组成：

V—电压表，可测交流峰值

A—峰值电流表（如为交流试验，则为交流微安表）

PS1—提供 $V_{DRM}$ 的直流分量直流电源

PS2—提供 $V_{DRM}$ 的交流分量交流电源

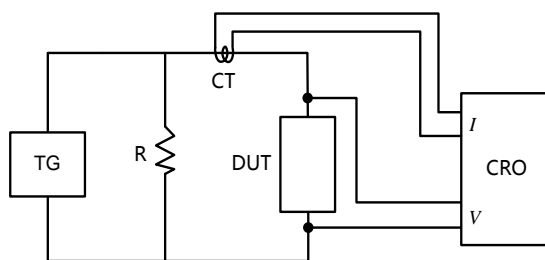
REC—全波或半波整流电路，当 $V_{DRM}$ 的交流分量为反向极性时，用于单向试验。

图 5 验证断态重复峰值电压 ( $V_{DRM}$ ) 的试验电路

## $I_H$ 维持电流

$I_H$ ，维持晶闸管通态的最小电流。

采用图 6 所示的等效电路对  $I_H$  进行测量。对试验发生器应规定开路电压值和短路电流值，或等效的波形和波形峰值。发生器应使 DUT 开通进入规定的通态，然后缓慢下降通态电流至器件关断。当器件电压值超过规定的阈值时确认关断。当该关断发生时外推斜率的瞬态值电流，即为所测量的维持电流。也可采用晶体管图示仪对 TSS 的维持电流进行测量，从图示仪的伏安特性曲线上读出  $I_H$  值。



电路组成：

DUT—受试器件

CT—直流电源探头或等效设备

TG—具有规定特性的试验发生器 转换DUT至通过规定的筒体电流  $I_T$ ，然后以规定的 $di/dt$ 减小电流至关断

R—确定电源电阻值的电阻

CRO—双通道示波器或等效设备。

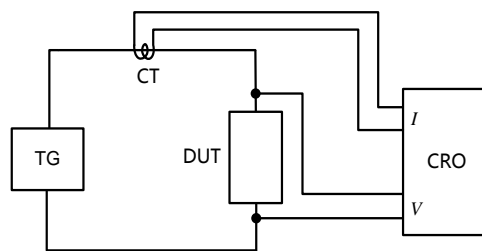
图 6 维持电流  $I_H$  测试电路

### $V_T$ 通态电压, $I_T$ 通态电流

$V_T$  , 在规定通态电流  $I_T$  条件下器件两端电压。

$I_T$  在通态条件下, 流过器件的电流。

采用图 7 所示等效电路对  $V_T$  进行测量。试验发生器 TG 用来产生图 1 所示 TSS 的波形, TG 由电流源和  $300\Omega$  的分流电阻组成, 电流源从零开始以  $3.33A/ms(1000V/ms)$  的速度上升到  $3A$ , 然后阶跃升至  $5A$  保持  $200ms$  后降至  $2A$ , 最后电流以  $0.2A/ms$  的速度降至零。试验发生器应使 DUT (TSS) 转换进入通态, 通态电压  $V_T$  值应在通态电流  $I_T$  的规定时间和规定值条件下测量。也可采用晶体管图示仪对 TSS 的通态电压及通态电流进行测量, 从图示仪的伏安特性曲线上读出  $V_T$  及  $I_T$  值。



电路组成:

DUT—受试器件

CT—直流电源探头或等效设备

TG—试验发生器,提供规定的受试器件从断态至通态转换的特性

CRO—双通道示波器或等效设备。

图 7  $I_T$ 、 $V_T$  测试回路

**$V_S$  开关电压,  $I_S$  开关电流**

$V_S$ , 开关电压定义为器件转换进入通态前, 在击穿区终点时器件两端的瞬时电压。

$I_S$ , 在开关电压  $V_S$  条件下流过器件的瞬时电流。

$V_S$  及  $I_S$  测试方法可参考  $V_T$ 、 $I_T$  的测试方法进行测试。

 **$V_{PP}$  峰值脉冲电压,  $I_{PP}$  峰值脉冲电流**

$V_{PP}$ , 给定波形下 TSS 可通过的最大峰值脉冲电压值。

$I_{PP}$ , 给定波形下 TSS 可通过的最大峰值脉冲电流。

$V_{PP}$  及  $I_{PP}$  是衡量 TSS 耐受浪涌冲击能力的两个参数, 两者都是越大越好。TSS 多用于通信线路保护,  $V_{PP}$  常采用 10/700 $\mu$ s 电压波进行测量, 电压值对应 2kV, 4kV, 6kV 等。 $I_{PP}$  可采用 8/20 $\mu$ s、10/1000 $\mu$ s 等波形来测量, 不同的波形  $I_{PP}$  对应不同的数值。

## 5 TSS 选型注意事项

### 反向截止电压 ( $V_{DRM}$ )

TSS 的反向截止电压应大于被保护电路的最大工作电压, 否则 TSS 不仅会影响被保护电路的正常工作, 还会影响 TSS 的使用寿命。

### TSS 的续流问题

TSS 是一种开关型过电压保护器件, 导通后电压较低, 不能单独应用于较高的电源线保护。常说的 TSS 会续流, 是指 TSS 在导通后, 如果被保护的线路电压高于 TSS 的通态电压, 流过 TSS 的电流高于 TSS 的维持电流, TSS 会一直处于导通状态, TSS 长时间通过安培级别的大电流, 会对电路造成损坏。

### 封装形式

根据电路设计布局选择合适的封装形式。TSS 器件封装的大小从一定程度上可以反应器件的防护等级大小, 一般封装越大的器件耐冲击电流的能力也越大, 防护等级也越高, 反之亦然。我司可提供贴片、插件和阵列式封装的 TSS 器件。

## V<sub>C</sub> 钳位电压

TVS 钳位电压应小于后级被保护电路最大可承受的瞬态安全电压，V<sub>C</sub> 与 TVS 的雪崩击穿电压及 I<sub>PP</sub> 都成正比。对于同一功率等级的 TVS，其击穿电压越高 V<sub>C</sub> 也越高。

## I<sub>R</sub> 漏电流

对于一些通信电路及低功耗电路，要特别关注 I<sub>R</sub>，I<sub>R</sub> 不能影响系统的效率及正常工作。一般电压 TVS 的漏电流会比较大，如果在电压允许的情况下，尽量选择 10V 以上的 TVS，漏电流会比较小。如果一定要选择低压低漏流的 TVS，我司也可提供低漏流的 TVS 产品。

## 结电容

TVS 的结电容一般在几十皮法到几十纳法。对于同一功率等级的 TVS，其电压越低，电容值越大。在一些通信线路中，要注意 TVS 的结电容，不能影响线路正常工作。

## 封装形式

TVS 的功率从封装形式上也可以体现，封装体积越小，其功率一般也越小，因为 TVS 的芯片面积直接决定了 TVS 的功率等级。电路工程师可根据电路设计及测试要求选择合适封装的 TVS 器件。