

# TVS

## 瞬态电压抑制二极管产品选型指南

### Transient Voltage Suppressors Selection Guide



<http://brightking.yageo.com/>

## 目录

1	TVS 工作原理.....	3
2	TVS 特点.....	4
3	TVS 典型应用.....	4
4	TVS 命名规则.....	5
5	TVS 电性检测.....	5
5.1	$V_{RWM}$ 截止电压, $I_R$ 漏电流.....	5
5.2	$V_{BR}$ 击穿电压.....	6
5.3	$I_{PP}$ 峰值脉冲电流, $V_C$ 钳位电压.....	7
6	TVS 选型注意事项.....	8
6.1	最高工作电压 $V_{RWM}$ .....	8
6.2	TVS 功率选型.....	8
6.3	$V_C$ 钳位电压.....	8
6.4	$I_R$ 漏电流.....	9
6.5	结电容.....	9
6.6	封装形式.....	9
7	君耀电子(BrightKing)TVS 产品线.....	10

## 1 TVS 工作原理

TVS ( Transient Voltage Suppressors ), 即瞬态电压抑制器, 又称雪崩击穿二极管。它是采用半导体工艺制成的单个 PN 结或多个 PN 结集成的器件。TVS 有单向与双向之分, 单向 TVS 一般应用于直流供电电路, 双向 TVS 应用于电压交变的电路。如图 1 所示, 应用于直流电路时单向 TVS 反向并联于电路中, 当电路正常工作时, TVS 处于截止状态 ( 高阻态 ), 不影响电路正常工作。当电路出现异常过电压并达到 TVS ( 雪崩 ) 击穿电压时, TVS 迅速由高电阻状态突变为低电阻状态, 泄放由异常过电压导致的瞬时过电流到地, 同时把异常过电压钳制在较低的水平, 从而保护后续电路免遭异常过电压的损坏。当异常过电压消失后, TVS 阻值又恢复为高阻态。

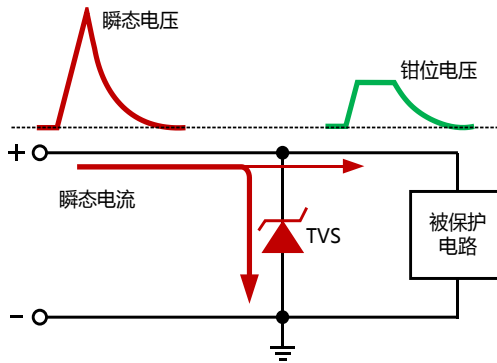


图 1 TVS 电路保护原理简图

TVS 的伏安特性曲线及相关参数说明如图 2 所示, 双向 TVS 伏安特性曲线第一象限与第三象限极性相反, 特性相似, 如图 3。当 TVS 反向偏置时, TVS 有两种工作模式: 待机 ( 高阻抗 ) 或钳制 ( 相对的低阻抗 ), 如图 2 第三象限。在待机状态下, 流过 TVS 的电流称为待机电流 ( $I_R$ ) 或漏电流, 该电流的大小随 TVS 的结温而变化。在 TVS 的伏安特性曲线中, 由高阻抗 ( 待机 ) 向低阻抗 ( 钳位 ) 转变是雪崩击穿的开始, 当 TVS 完全雪崩击穿时, TVS 会瞬间把高电压转化为流过其体内的大电流并保持 PN 结两端相对较低的钳位电压。

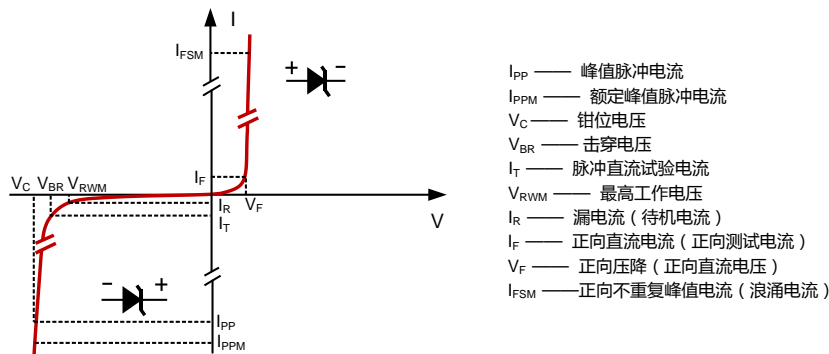


图 2 单向 TVS 伏安特性曲线

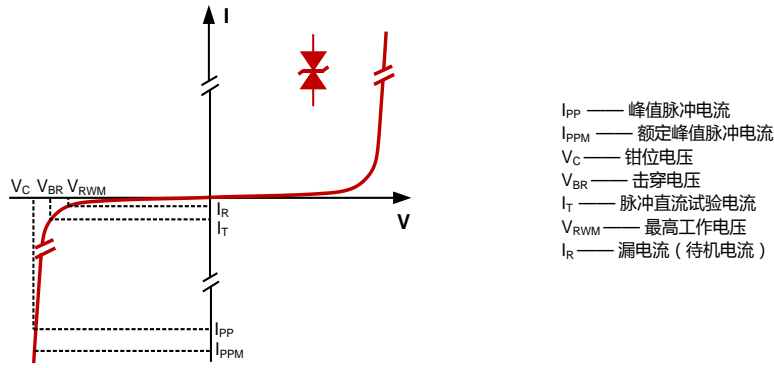


图 3 双向 TVS 伏安特性曲线

## 2 TVS 特点

- TVS 内部芯片为半导体硅材料，采用半导体工艺制成，具有较高的可靠性。
- TVS 具有较低的动态内阻，钳位电压低。
- TVS 较其他过压保护器件，具有较快的响应速度。
- TVS 电压精度高，击穿电压一般为±5%的偏差，在特殊应用场合，还可以通过工艺改善或参数筛选达到更高的精度。
- TVS 封装多样化，贴片封装有 SOD-123、SMA (DO-214AC)、SMB(DO-214AA)、SMC(DO-214AB)、DO-218AB 等，插件封装有 DO-41、DO-15、DO-201、P-600 等。
- TVS 在 10/1000μs 波形下瞬态功率可达 200W~30000W，甚至更高。在 8/20μs 波形下瞬态峰值脉冲电流可达 3kA、6kA、10kA、16kA、20kA 甚至更高。
- 工作电压范围可从 3.3V~600V，甚至更高。

## 3 TVS 典型应用

TVS 由于具有响应速度快，钳位电压低，电压精准等优点，因而应用于对保护器件要求较高的场合，如汽车电子、工业控制、照明、通信等行业，如 DC 电源线，RS485 接口，通信电源，I/O 口等。图 4 至图 7 是一些典型应用案例。

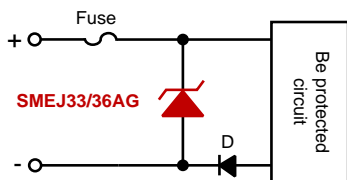


图 4 12V DC 电源线保护 (汽车电子)

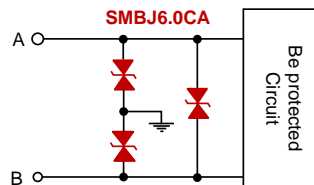


图 5 RS485 接口保护

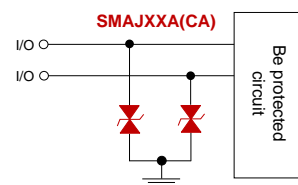


图 6 I/O 接口保护

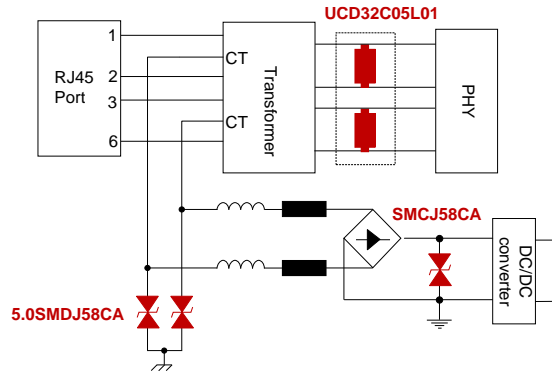
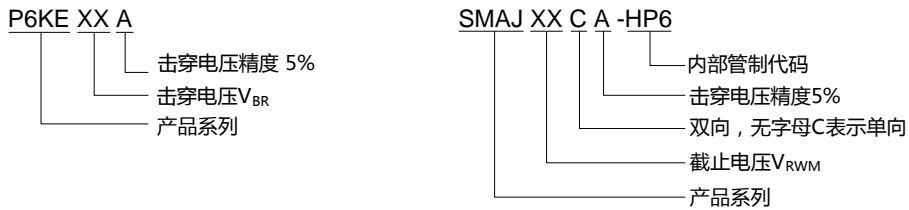


图 7 100M PoE 接口保护

## 4 TVS 命名规则



## 5 TVS 电性检测

表 1 为君耀电子 TVS 规格参数，下面分别针对以下参数简单介绍 TVS 电性检测。

表 1 TVS 参数

Part Number		Device Marking Code		Reverse Stand-Off Voltage	Breakdown Voltage MIN.@I <sub>T</sub>	Breakdown Voltage MAX.@I <sub>T</sub>	Test Current	Maximum Clamping Voltage @ I <sub>PP</sub>	Peak Pulse Current	Reverse Leakage @V <sub>RWM</sub>
UNI-POLAR	BI-POLAR	UNI	BI	V <sub>RWM</sub> (V)	V <sub>BR MIN. (V)</sub>	V <sub>BR MAX. (V)</sub>	I <sub>T</sub> (mA)	V <sub>C</sub> (V)	I <sub>PP</sub> (A)	I <sub>R</sub> (μA)
SMAJ5.0A	SMAJ5.0CA	AE	WE	5.0	6.40	7.00	10.0	9.2	43.5	800.0
SMAJ6.0A	SMAJ6.0CA	AG	WG	6.0	6.67	7.37	10.0	10.3	38.8	800.0

### 5.1 V<sub>RWM</sub> 截止电压, I<sub>R</sub> 漏电流

V<sub>RWM</sub>，截止电压，TVS 的最高工作电压，可连续施加而不引起 TVS 劣化或损坏的最大的直流电压或交流峰值电压。在 V<sub>RWM</sub> 下，TVS 认为是不工作的，即是不导通的。

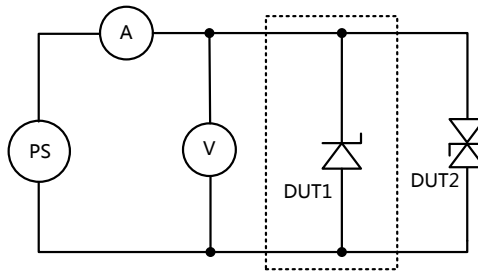
$I_R$ ，漏电流，也称待机电流。在规定温度和最高工作电压条件下，流过 TVS 的最大电流。TVS 的漏电流一般是在截止电压下测量，对于某一型号 TVS,  $I_R$  应在规定值范围内。

$V_{RWM}$  和  $I_R$  测试回路如图 4 所示，对 TVS 两端施加电压值为  $V_{RWM}$ ，从电流表中读出的电流值即为 TVS 的漏电流  $I_R$ ，其中虚线框表示单向 TVS 测试回路。如对于我司型号为 SMAJ5.0A 的 TVS，当加在 TVS 两端的电压为 5VDC 时，流过 TVS 的电流应小于 800 $\mu$ A。对于同功率和同电压的 TVS，在  $V_{RWM} \leq 10V$  时，双向 TVS 漏电流是单向 TVS 漏电流的 2 倍。

## 5.2 $V_{BR}$ 击穿电压

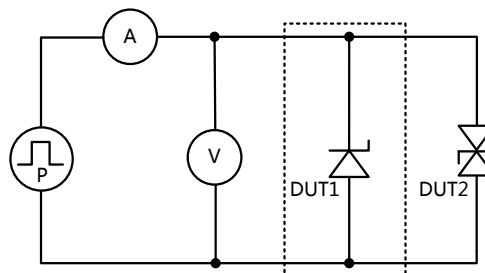
击穿电压，指在 V-I 特性曲线上，在规定的脉冲直流电流  $I_T$  或接近发生雪崩的电流条件下测得 TVS 两端的电压。

对于低压 TVS，由于漏电流较大，所以测试电流选取的  $I_T$  较大，如 SMAJ5.0A，测试电流  $I_T$  选取 10mA。 $V_{BR}$  测试电路如图 5 所示，使用脉冲恒流源对 TVS 施加  $I_T$  大小的电流时，读出 TVS 两端的电压则为击穿电压。电流施加时间应不超过 400ms，以免造成 TVS 受热损坏。 $V_{BR MIN.}$  和  $V_{BR MAX.}$  是 TVS 击穿电压的一个偏差，一般 TVS 为  $\pm 5\%$  的偏差。测量时， $V_{BR}$  落在  $V_{BR MIN.}$  和  $V_{BR MAX.}$  之间视为合格品。



元件：  
PS—可调直流电压源（如为交流试验，则为交流电压源）  
V—数字电压表（如为交流试验，则为示波器）  
A—直流微安表（如为交流试验，则为交流微安表）  
DUT1—受试单向器件  
DUT2—受试双向器件

图 4 TVS 最大工作电压 ( $V_{RWM}$ ，交流则为有效值) 漏电流 ( $I_R$ ) 试验电路



元件：  
P—脉冲恒流源  
V—数字电压表  
DUT1—受试单向器件  
DUT2—受试双向器件

图 5 TVS 击穿电压 ( $V_{BR}$ ) 测试电路

### 5.3 $I_{PP}$ 峰值脉冲电流 , $V_C$ 钳位电压

$I_{PP}$  , 峰值脉冲电流, 给定脉冲电流波形的峰值。TVS 一般选用 10/1000 $\mu$ s 电流波形 ( 图 6 )。

$V_C$  , 钳位电压, 施加规定波形的峰值脉冲电流  $I_{PP}$  时, TVS 两端测得的峰值电压。

$I_{PP}$  及  $V_C$  是衡量 TVS 在电路保护中抵抗浪涌脉冲电流及限制电压能力的参数, 这两个参数是相互联系的。对于 TVS 在防雷保护电路中的钳位特性, 可以参考  $V_C$  这个参数。对于相同型号 TVS, 在相同  $I_{PP}$  下的  $V_C$  越小, 说明 TVS 的钳位特性越好。TVS 的耐脉冲电流冲击能力可以参考  $I_{PP}$ , 同型号的 TVS,  $I_{PP}$  越大, 耐脉冲电流冲击能力越强。

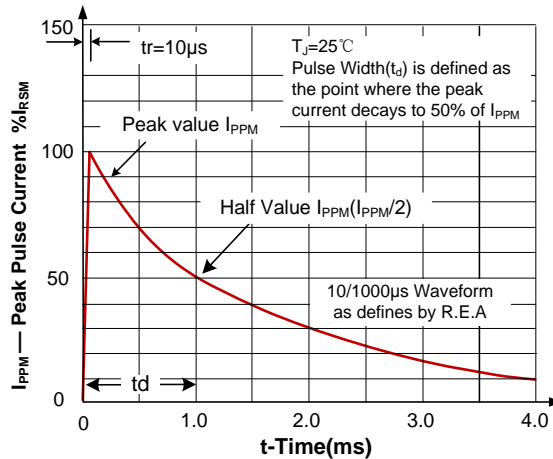
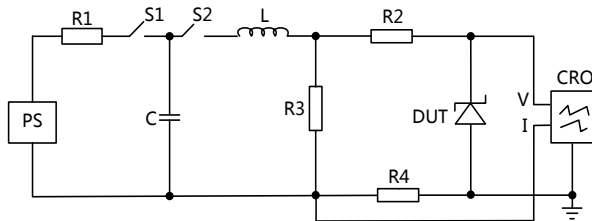


图 6 10/1000 $\mu$ s 电流波形

图 7 为 TVS 峰值脉冲电流 ( $I_{PP}$ ), 钳位电压 ( $V_C$ ) 测量试验回路示意图, 测量时应考虑到 TVS 的散热问题, 两次测试时间间隔不能太短, 以免对 TVS 造成损坏。



- 元件：  
 PS—DC 充电电源； S1—充电开关；  
 S2—放电开关； R1—充电电阻；  
 C—储能电容器； L—调波电感；  
 R3—调波电阻； R2—调波限流电阻；  
 R4—电流传感电阻（同轴）或者可采用适当额定值的电流互感器探头；  
 DUT—试样（TVS）；  
 CRO—用于观察电流和电压的示波器。  
 注：所示回路仅为示意图，应采用大电流及高频试验的测量技术

图 7 TVS 钳位电压 ( $V_C$ ), 峰值脉冲电流 ( $I_{PP}$ ) 试验回路

以上对于 TVS 的测量, 图中所示电路为电路的基本原理, 目前市面上有多种 TVS 电性检测仪器, 如晶体管图示仪, TVS 检测仪等, 浪涌发生器、TVS 反向功率测试仪等。

## 6 TVS 选型注意事项

### 6.1 最高工作电压 $V_{RWM}$

在电路正常工作情况下，TVS 应该是不工作的，即处于截止状态，所以 TVS 的截止电压应大于被保护电路的最高工作电压。这样才能保证 TVS 在电路正常工作下不会影响电路工作。但是 TVS 的工作电压高低也决定了 TVS 钳位电压的高低，在截止电压大于线路正常工作电压的情况下，TVS 工作电压也不能选取的过高，如果太高，钳位电压也会较高，所以在选择  $V_{RWM}$  时，要综合考虑被保护电路的工作电压及后级电路的承受能力。

### 6.2 TVS 功率选型

TVS 产品的额定瞬态功率应大于电路中可能出现的最大瞬态浪涌功率，具体可参照如下计算方法。

TVS 的额定功率记为  $P_{PPM}$ ，则  $P_{PPM}$  的功率可估算为：

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

其中， $V_C$  为 TVS 的钳位电压， $I_{PP}$  为 TVS 在 10/1000 $\mu$ s 波形的峰值脉冲电流。

对于不同功率等级的 TVS，相同电压规格的 TVS 其  $V_C$  值是一样的，只是  $I_{PP}$  不同。故  $P_{PPM}$  与  $I_{PPM}$  成正比， $I_{PPM}$  越大， $P_{PPM}$  也越大。

对于某一电路，有对应的测试要求，设实际电路中的最大测试电流为  $I_{actual}$ ，则  $I_{actual}$  可估算为：

$$I_{actual} = \frac{U_{actual}}{R_i}$$

其中  $U_{actual}$  为测试电压， $R_i$  为测试内阻。

TVS 要通过测试，故实际电路中要求 10/1000 $\mu$ s 波形下 TVS 的最小功率  $P_{actual}$  为：

$$P_{actual} = V_C \times I_{actual} \times k \frac{p_1}{p_2} = V_C \times \frac{U_{actual}}{R_i} \times k \frac{p_1}{p_2}$$

其中  $k \frac{p_1}{p_2}$  为波形转换系数，如实际测试波形为其他波形，如 8/20 $\mu$ s 波形，建议  $k \frac{p_1}{p_2}$  取  $\frac{1}{3 \sim 5}$ ，如测试波形为

10/700 $\mu$ s，建议  $k \frac{p_1}{p_2}$  取  $\frac{1}{1.5 \sim 2}$ ， $k \frac{p_1}{p_2}$  与 TVS 的材质有关，详细可咨询我司技术人员。

实际选型中，TVS 应留有一定的裕量，TVS 的功率  $P_{PPM}$  选择应遵循  $P_{PPM} \geq P_{actual}$ 。

### 6.3 $V_C$ 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，大多数 TVS 的  $V_C$  与  $V_{BR}$  及  $I_{PP}$  都成正比。对于同一功率等级的 TVS，其击穿电压越高  $V_C$  也越高。



#### 6.4 $I_R$ 漏电流

在一些低功耗电路或高精度采集电路中， $I_R$  过大可能导致电路功耗过大或信号的采集精度超标。因低压 ( $V_{RWM} < 10V$ ) TVS 的  $I_R$  较大，如果后级电路耐受能力较强的话，尽量选择 10V 或以上的 TVS；如果后级电路耐受能力不足，需要选择小  $I_R$  且低电压的 TVS，我司也可以提供这类产品。

#### 6.5 结电容




TVS 的结电容一般在几十皮法至几十纳法。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，不能影响电路正常工作。

#### 6.6 封装形式

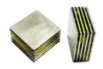
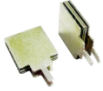
TVS 的功率从封装形式上也可以体现，封装体积越小，其功率一般也越小，因为 TVS 的芯片面积直接决定了 TVS 的功率等级。电路工程师可根据电路设计及测试要求选择合适封装的 TVS 器件。

**7 君耀电子(BrightKing)TVS 产品线**

产品系列	瞬态功率 10/1000μs (W)	V <sub>RWM</sub> (V)	V <sub>C@I<sub>PP</sub></sub> (V)	I <sub>PP</sub> @10/100μs (A)	极性	外观	封装
<a href="#">P4KE</a>	400	5.80~467.00	10.5~760.0	39.0~0.52	单向、双向		DO-41 (DO-204AL)
<a href="#">SMAJ</a>		5.0~440.0	9.2~713	43.5~0.6	单向、双向		SMA (DO-214AC)
<a href="#">P4SMA</a>		5.80~467.00	10.5~760.0	39.0~0.5	单向、双向		
<a href="#">P4SMA-AT</a>		9.40~467.00	15.6~760.0	26.3~0.5	单向、双向		
<a href="#">SMAJ-AT</a>		11.0~440.0	18.2~713.0	22.0~0.6	单向、双向		
<a href="#">SMAJ-HP</a>		5.0~150.0	9.2~243.0	55.5~2.1	单向、双向		
<a href="#">SA</a>	500	5.0~220.0	9.2~356.0	55.4~1.4	单向、双向		DO-15 (DO-204AC)
<a href="#">SAC(低电容)</a>		5.0~50.0	10.0~88.0	44.0~5.8	单向、双向		
<a href="#">SMAJ-HP6</a>	600	6.0~40.0	10.3~64.5	58.3~9.3	单向、双向		SMA (DO-214AC)
<a href="#">SMBJ3.3A</a>		3.3	11.3	200	单向		SMB (DO-214AA)
<a href="#">SMBJ</a>		5.0~440.0	9.2~713.0	65.3~0.9	单向、双向		
<a href="#">SMBJ-AT</a>		11.0~440.0	18.2~713.0	33.0~0.9	单向、双向		
<a href="#">P6SMB</a>		5.80~467.00	10.5~760.0	58.1~0.8	单向、双向		
<a href="#">P6SMB-AT</a>		9.40~467.00	15.6~760.0	39.1~0.8	单向、双向		
<a href="#">P6KE</a>	5.80~512.00	10.5~828.0	58.1~0.75	单向、双向		DO-15 (DO-204AC)	
<a href="#">1.0SMB</a>	1000	5.80~58.10	10.5~92.0	96.8~11.0	单向、双向		SMB (DO-214AA)
<a href="#">SMCJ</a>	1500	5.0~440.0	9.2~713.0	163.0~2.1	单向、双向		SMC (DO-214AB)
<a href="#">SMCJ-AT</a>		11.0~440	18.2~713.0	82.5~2.1	单向、双向		
<a href="#">1.5SMC</a>		5.80~467.00	10.5~760.0	144.8~2.0	单向、双向		
<a href="#">1.5SMC-AT</a>		9.40~467.00	15.6~760.0	97.4~2.0	单向、双向		
<a href="#">LCE(低电容)</a>		6.5~28.0	11.2~45.5	100~33	单向、双向		DO-201
<a href="#">1.5KE</a>		5.80~467.00	10.5~760.0	144.8~2.0	单向、双向		
<a href="#">SMDF33&amp;36A</a>		33/36	53.3/58.1	28.1/25.8	单向		TO-277
<a href="#">SMDJ</a>	3000	5.0~220.0	9.2~356.4	326.1~8.4	单向、双向		SMC (DO-214AB)
<a href="#">SMDJ-AT</a>		11.0~220.0	18.2~356.0	164.8~8.4	单向、双向		
<a href="#">3KP</a>		5.0~220.0	9.2~356.0	326.1~8.4	单向、双向		P600
<a href="#">5.0SMDJ</a>	5000	11.0~170.0	18.2~275.0	275.00~18.2	单向、双向		SMC (DO-214AB)
<a href="#">5.0SMDJ-AT</a>		22.0~170.0	35.5~275.0	141.00~18.20	单向、双向		
<a href="#">5KP</a>		5.0~250.0	9.2~425.0	554.3~12.0	单向、双向		P600

产品系列	瞬态功率 10/1000 $\mu$ s (W)	$V_{RWM}$ (V)	$V_c@I_{PP}$ (V)	$I_{PP}$ @10/100 $\mu$ s (A)	极性	外观	封装
<a href="#">SMEJ</a>	8000	10.0~48.0	17.5~85.6	475.0~93.5	单向		DO-218AB
<a href="#">SMEJXXAG</a>	6600	20.0~48.0	32.4~77.4	204.0~85.0			
<a href="#">15KPA</a>	15000	17.0~280.0	29.3~454.5	515.4~33.2	单向、双向		P600
<a href="#">ATS33C-2CF</a>	10000	33	54.2	184.5	双向		
<a href="#">ATS36C-2CF</a>	10000	36	58.1	172.1	双向		
<a href="#">20KPA</a>	20000	20.0~300.0	36.8~483.0	548.9~41.8	单向、双向		
<a href="#">30KPA</a>	30000	28.0~288.0	50.0~469.9	606.0~64.5	单向、双向		
<a href="#">ATN</a>	—	20.0~36.0	-	-	双向		插件封装 参见规格书

### Hyperfix 系列

产品系列	封装	系列	$I_{PP}(KA)$	$V_{AC}$	$V_{DC}$	$V_{BR MIN. (V)}$
<a href="#">HF-L</a>		HFA-XXXL	3	8.5V~385V	12.8~500	14~558
		HFB-XXXL	6	8.5V~310V	12.8~430	14~440
		HFC-XXXL	10	8.5V~310V	12.8~430	14~440
		HFD-XXXL	16	8.5V~150V	12.8~200	14~222
<a href="#">HF-C</a>		HFA-XXXC	3	8.5V~385V	12.8~500	14~558
		HFB-XXXC	6	8.5V~275V	12.8~380	14~401
		HFC-XXXC	10	8.5V~145V	12.8~190	14~200
<a href="#">HF-S</a>		HFA-XXXS	3	8.5V~385V	12.8~500	14~558
		HFB-XXXS	6	8.5V~275V	12.8~380	14~401
		HFC-XXXS	10	8.5V~145V	12.8~190	14~200