

TVS ESD 二极管介绍与应用说明

便携式设备的 ESD 保护十分重要，而 TVS 二极管是一种十分有效的保护器件，与其它器件相比有其独特的优势，但在应用时应当针对不同的保护对象来选用器件，因为不同的端口可能受到的静电冲击有所不同，不同器件要求的保护程度也有不同。要注意相应的参数鉴别以及各个生产商的不同设计，同时还要进行合理的 PCB 布局。本文介绍在便携式设备的 ESD 保护中如何应用 TVS 二极管器件。

便携式设备如笔记本电脑、手机、PDA、MP3 播放器等，由于频繁与人体接触极易受到静电放电 (ESD) 的冲击，如果没有选择合适的保护器件，可能会造成机器性能不稳定，或者损坏。更坏的情况是查不出确切的原因，使用户误认为是产品质量问题而损坏企业信誉。

一般情况下，对此类设备暴露在外面可能与人体接触的端口都要求进行防静电保护，如键盘、电源接口、数据口、I/O 口等等。现在比较通用的 ESD 标准是 IEC61000-4-2，应用人体静电模式，测试电压的范围为 2kV~15kV (空气放电)，峰值电流最高为 20A/ns，整个脉冲持续时间不超过 60ns。在这样的脉冲下所产生的能量总共不超过几百个微焦耳，但却足以损坏敏感元器件。

便携式设备所采用的 IC 器件大多是高集成度、小体积产品，精密的加工工艺使硅晶氧化层非常薄，因而更易击穿，有的在 20V 左右就会受到损伤。传统的保护方法已不再普遍适用，有的甚至还会造成对设备性能的干扰。

TVS 二极管的特点

可用于便携式设备的 ESD 保护器件有很多，例如设计人员可用分立器件搭建保护回路，但由于便携设备对于空间的限定以及避免回路自感，这种方法已逐渐被更加集成化的器件所替代。多层金属氧化物器件、陶瓷电容还有二极管都可以有效地进行防护，它们的特性及表现各有不同，TVS 二极管在此类应用中的独特表现为其赢得了越来越大的市场。

TVS 二极管最显着的特点一是反应迅速，使瞬时脉冲在没有对线路或器件造成损伤之前就被有效地遏制，二是截止电压比较低，更适用于电池供电的低电压回路环境。另外对 TVS 二极管设计的改进使其具有更低的漏电流和结电容，因而在处理高速率传导回路的静电冲击时有更理想的性能表现。

TVS 二极管的优势

TVS 与齐纳二极管：与传统的齐纳二极管相比，TVS 二极管 P/N 结面积更大，这一结构上的改进使 TVS 具有更强的高压承受能力，同时也降低了电压截止率，因而对于保护手持设备低工作电压回路的安全具有更好效果。

VS 与陶瓷电容：很多设计人员愿意采用表面贴装的陶瓷电容作 ESD 保护，不但便宜而且设计简便，但这类器件对高压的承受力却比较弱。5kV 的冲击会造成约 10% 陶瓷电容失效，到 10kV 时，损坏率达到 60%，而 TVS 可以承受 15kV 电压。在手持设备的使用过程中，由于与人体频繁接触，各个端口必须至少能够承受 8kV 接触冲击 (IEC61000-4-2 标准)，可见使用 TVS 可以有效保证最终产品的合格率。

TVS 与 MLV: 多层金属氧化物结构器件 (MLV) 也可以进行有效的瞬时高压冲击抑制, 此类器件具有非线性电压-电流 (阻抗表现) 关系, 截止电压可达最初中止电压的 2~3 倍, 这种特性适合用于对电压不太敏感的线路和器件的保护, 如电源回路。而 TVS 二极管具有更好的电压截止因子, 同时还具有较低的电容, 这一点对于手持设备的高频端口非常重要, 因为过高的电容会影响数据传输, 造成失真或是降级。TVS 二极管的各种表面封装均适合流水线装配的要求, 而且芯片结构便于集成其它的功能, 如 EMI 和 RFI 过滤保护等, 可有效降低器件成本, 优化整体设计。

另一个不能忽略的特点是二极管可以很方便地与其它器件集成在一个芯片上, 现有很多将 EMI 过滤和 RFI 防护等功能与 TVS 集成在一起的器件, 不但减少设计所采用的器件数目降低成本, 而且也避免 PCB 板上布线时易诱发的伴生自感。

ESD 应用

1. 底部连接器的应用

底部连接器设计广泛应用在移动消费类产品上, 目前市场上应用产品主要为移动电话、PDA、DSC(数码相机)以及 MP3 等便携产品。

由于是直流回路, 可选用高电容器件。此端口可能会受到高能量的冲击, 可以选用集成了 TVS 和过流保护功能的器件。

2 RJ-45(10/100M 以太网网络)

RJ-45 接口广泛应用在网络连接的接口设备上, 典型的应用就是 10/100M 以太网网络。

3. 视频线路的保护

目前视频常见的输出端口设计有 D-SUB、DVI(28 线)、SCART(19 线)和 D-TERMINAL(主要日系产品在用)。视频数据线具有高数据传输率, 数据传输率高达 480Mbps, 有的视频数据传输率达到 1G 以上, 因而要选择低电容 LCTVS, 它通常是将一个低电容二极管与 TVS 二极管串联, 以降低整个线路的电容(可低于 3pF), 达到高速率回路的要求。

4. SIM 卡数据线路保护

SIM 卡数据线路保护一直是各个公司的产品重点, 而且专门为此类端口设计的集 ESD(TVS)/EMI/RFI 防护于一个芯片的器件, 充分体现了片式器件的无限集成方案。

在针对不同用途选择器件时, 要避免使器件工作在其设计参数极限附近, 还应根据被保护回路的特征及可能承受 ESD 冲击的特征选用反应速度足够快、敏感度足够高的器件, 这对于有效发挥保护器件的作用十分关键, 另外集成了其它功能的器件也应当首先考虑。

5. USB 保护

一般 USB 的 ESD 保护分上行和下行两种情况。

6. 音频/扬声器数据线路保护

在音频数据线路保护方面，由于音频回路的信号速率比较低，对器件电容的要求不太高，100pF左右都是可以接受的。有的手机设计中将耳机和麦克风合在一起，有的则是分立线路。前一种情况可以选择单路 TVS，而后一种情况如果两个回路是邻近的，则可选用多路 TVS 阵列，只用一个器件就能完成两个回路的保护。

7. 按键/开关

对于按键和开关回路，这些回路的数据率很低，对器件的电容没有特殊要求，用普通的 TVS 阵列都可以胜任。

在选择 TVS 二极管时，必须注意以下几个参数的选择：

1. 最小击穿电压 V_{BR} 和击穿电流 I_R 。 V_{BR} 是TVS最小的击穿电压，在 25℃时，低于这个电压TVS是不会发生雪崩的。当TVS流过规定的 1mA电流(I_R)时，加于TVS两极的电压为其最小击穿电压 V_{BR} 。按TVS的 V_{BR} 与标准值的离散程度，可把 V_{BR} 分为 5%和 10%两种。对于 5%的 V_{BR} 来说， $V_{WM}=0.85V_{BR}$ ；对于 10%的 V_{BR} 来说， $V_{WM}=0.81V_{BR}$ 。为了满足IEC61000-4-2 国际标准，TVS二极管必须达到可以处理最小 8kV(接触)和 15kV(空气)的ESD冲击。

2. 最大反向漏电流 I_D 和额定反向关断电压 V_{WM} 。 V_{WM} 这是二极管在正常状态时可承受的电压，此电压应大于或等于被保护电路的正常工作电压，否则二极管会不断截止回路电压；但它又需要尽量与被保护回路的正常工作电压接近，这样才不会在TVS工作以前使整个回路面对过压威胁。当这个额定反向关断电压 V_{WM} 加于TVS的两极间时它处于反向关断状态，流过它的电流应小于或等于其最大反向漏电流 I_D 。

3. 最大箝位电压 V_C 和最大峰值脉冲电流 I_{PP} 。当持续时间为 20mS的脉冲峰值电流 I_{PP} 流过TVS时，在其两端出现的最大峰值电压为 V_C 。 V_C 、 I_{PP} 反映了TVS的浪涌抑制能力。 V_C 与 V_{BR} 之比称为箝位因子，一般在 1.2~1.4 之间。 V_C 是二极管在截止状态提供的电压，也就是在ESD冲击状态时通过TVS的电压，它不能大于被保护回路的可承受极限电压，否则器件面临被损伤的危险。

4. P_{ppm} 额定脉冲功率，这是基于最大截止电压和此时的峰值脉冲电流。对于手持设备，一般来说 500W的TVS就足够了。最大峰值脉冲功耗 P_M 是TVS能承受的最大峰值脉冲功耗值。在给定的最大箝位电压下，功耗 P_M 越大，其浪涌电流的承受能力越大。在给定的功耗 P_M 下，箝位电压 V_C 越低，其浪涌电流的承受能力越大。另外，峰值脉冲功耗还与脉冲波形、持续时间和环境温度有关。而且，TVS所能承受的瞬态脉冲是不重复的，器件规定的脉冲重复频率(持续时间与间歇时间之比)为 0.01%。如果电路内出现重复性脉冲，应考虑脉冲功率的累积，有可能损坏TVS。

5. 电容量 C 。电容量 C 是由 TVS 雪崩结截面决定的，是在特定的 1MHz 频率下测得的。 C 的大小与 TVS 的电流承受能力成正比， C 太大将使信号衰减。因此， C 是数据接口电路选用 TVS 的重要参数。电容对于数据/信号频率越高的回路，二极管的电容对电路的干扰越大，形成噪声或衰减信号强度，因此需要根据回路的特性来决定所选器件的电容范围。

PCB 设计时的考虑

PCB layout对防静电影响重大,所以必须在layout前就得考虑ESD防护问题,而不是在板子出来后才加以修正。加TVS diode绝对是简单而实用的防ESD方式,但它还是需要在画线路图时就选好具体料号或封装,并在PCB上留好位置,一旦在测试当中没办法通过时就可以把它加上再测,当然,如果不加TVS也能通过那就更好了。如果没留位置且测试通不过,这是件麻烦事。TVS应用时需要考虑layout,需要考虑泄放路径的最短化,再好的TVS如果layout不好,它同样没办法起到防ESD的作用。

不管选择怎样的 TVS 器件,它们在电路板上的布局非常重要。TVS 布局前的导线长度应该减到最小,因为快速(0.7ns)ESD 放电电流在电感性布线上感应出很高的电压尖峰,影响 ESD 保护的性能。

另外,快速 ESD 脉冲可能在电路板上相邻(平行)导线间产生感应电压。如果上述情况发生,由于将不会得到保护,因为感应电压路径将成为另一条让浪涌到达 IC 的路径。因此,被保护的输入线不应该被放置在其它单独、未受保护的走线旁边。推荐的 ESD 抑制器件 PCB 布局方案应该是:应尽可能的滤除所有的 I/O 口的干扰信号,靠近连接器/触点 PCB 侧。图一是 PCB 布局的建议。

走线时,尽可能缩短高频元器件之间的连线,设法减少它们的分布参数和相互间的电磁干扰;输入输出端用的导线应尽量避免相邻平行。最好加线间地线,以免发生反馈耦合。图二是布线时的优化建议。

对于便携式设备来说,各类集成电路的复杂性和精密度的提高使它们对 ESD 也更加敏感,以往的通用回路设计也不再适合。合理的 PCB 布局最重要的是要在使用 TVS 二极管保护 ESD 损害的同时避免自感。ESD 设计很可能在回路中引起寄生自感,会对回路有强大的电压冲击,导致超出 IC 的承受极限而造成损坏。负载产生的自感电压与电源变化强度成正比,ESD 冲击的瞬变特征易于诱发高强自感。减小寄生自感的基本原则是尽可能缩短分流回路,必须考虑到包括接地回路、TVS 和被保护线路之间的回路,以及由接口到 TVS 的通路等所有因素。所以,TVS 器件应与接口尽量接近(直接就近泻放 ESD 干扰,避免串入后续电路),与被保护线路尽量接近(画版时原则上要靠近被保护的芯片),这样才会减少自感耦合到其它邻近线路上的机会。

在电路板设计中还应注意以下几点:

1. 避免在保护线路附近走比较关键的信号线;
2. 尽量将接口安排在同一边上;
3. 避免被保护回路和未实施保护的回路并联;
4. 各类信号线及其馈线所形成的回路所环绕面积要尽量小,必要时可考虑改变信号线或接地线的位置;
5. 将接口信号线路和接地线路直接接到保护器件上,然后再进入回路的其它部分;
6. 将复位、中断、控制信号远离输入/输出口,远离 PCB 的边缘;
7. 在可能的地方都加入接地点;
8. 采用高集成度器件,二极管阵列不但可以大大节约线路板上的空间,而且减少了由于回路复杂可能诱发的寄生性线路自感的影响。

ESD 分析:

1. 传导路径:在传导入口放 ESD diode 就近泄放解决该 ESD 干扰(最佳方案)。
2. 失效分析:因为ESD路径的难确定性,干脆就不去猜它到底是怎么传导的,而是直接去看那些被干扰到的IC。打静电后,IC不会死而只是重起,那该是控制这些IC的控制脚电位被改变了,是不是可以看这些IC有EN脚吗,电源有问题不?试着用示波器去看看静电从外壳传导到这些pin脚后实际残留的波形,这更方便我们分析。然后在干扰的pin 脚处放ESD diode保护该IC。

ESD diode 型号介绍:

ESD & Latch Up Protection Array (SOD-723)									
Part No. Datasheet	Product Description	V(BR) (Min)	VRWM (Max)	IR (Max)	PPK (8/20 us)	IPP (8/20 us)	Cj (Typ)	Package	Status
		V	V	uA	W	A	pF		
SPE0571	1 -Line TVS Diode	6	5	1	250	7	10	SOD-723	Active
SPE0572	1 -Line TVS Diode (Bidirectional)	6	5	1	250	7	5	SOD-723	Active
SPE0573	1 -Line TVS Diode (Bidirectional)	6	5	1	250	7	2	SOD-723	Active
ESD & Latch Up Protection Array (SOD-523)									
Part No. Datasheet	Product Description	V(BR) (Min)	VRWM (Max)	IR (Max)	PPK (8/20 us)	IPP (8/20 us)	Cj (Typ)	Package	Status
		V	V	uA	W	A	pF		
SPE0511	1 -Line TVS Diode	6	5	1	250	7	10	SOD-523	Active
SPE0521	1 -Line TVS Diode (Bidirectional)	6	5	1	250	7	5	SOD-523	Active
SPE0531	1 -Line TVS Diode (Bidirectional)	6	5	1	250	7	2	SOD-523	Active
SPE1211	1 -Line TVS Diode	13.3	12	1	250	8	16	SOD-523	Active
ESD & Latch Up Protection Array (SOD-323)									
Part No. Datasheet	Product Description	V(BR) (Min)	VRWM (Max)	IR (Max)	PPK (8/20 us)	IPP (8/20 us)	Cj (Typ)	Package	Status
		V	V	uA	W	A	pF		
SPE0562	1 -Line TVS Diode (Bidirectional)	6	5	1	250	7	5	SOD-323	Active
ESD & Latch Up Protection Array (SOT-523 / SC-89-3L)									

Part No. Datasheet	Product Description	V(BR) (Min)	VRWM (Max)	IR (Max)	PPK (8/20 us)	IPP (8/20 us)	Cj (Typ)	Package	Status
		V	V	uA	W	A	pF		
SPE0512	2-Line TVS Array	6	5	1	250	7	10	SOT-523	Active
SPE0522	2-Line TVS Array (Bidirectional)	6	5	1	250	7	5	SOT-523	Active
SPE1212	2-Line TVS Array	13.3	12	1	250	8	16	SOT-523	Active
ESD & Latch Up Protection Array (SOT-563 / SC-89-6L)									
Part No. Datasheet	Product Description	V(BR) (Min)	VRWM (Max)	IR (Max)	PPK (8/20 us)	IPP (8/20 us)	Cj (Typ)	Package	Status
		V	V	uA	W	A	pF		
SPE0514	4-Line TVS Array	6	5	1	250	7	10	SOT-563	Active
SPE0515	5-Line TVS Array	6	5	1	250	7	10	SOT-563	Active
ESD & Latch Up Protection Array (SOT-363 / SC-70-6L)									
Part No. Datasheet	Product Description	V(BR) (Min)	VRWM (Max)	IR (Max)	PPK (8/20 us)	IPP (8/20 us)	Cj (Typ)	Package	Status
		V	V	uA	W	A	pF		
SPE0526	5-Line TVS Array (Bidirectional)	6	5	1	250	7	5	SOT-363	Active
SPE0534	4-Line TVS Array	6	5	1	250	7	10	SOT-363	Active
SPE0535	5-Line TVS Array	6	5	1	250	7	10	SOT-363	Active
SPE1224	4-Line TVS Array	13.3	12	1	250	8	16	SOT-363	Develop
SPE1225	5-Line TVS Array	13.3	12	1	250	8	16	SOT-363	Active
ESD & Latch Up Protection Array (SOT-143)									
Part No. Datasheet	Product Description	V(BR) (Min)	VRWM (Max)	IR (Max)	PPK (8/20 us)	IPP (8/20 us)	Cj (Typ)	Package	Status
		V	V	uA	W	A	pF		
SPE0544	3-Line TVS Array	6	5	1	250	7	5	SOT-143	Active

	(Bidirectional)								
ESD & Latch Up Protection Array (SOT-23)									
Part No. Datasheet	Product Description	V(BR) (Min)	VRWM (Max)	IR (Max)	PPK (8/20 us)	IPP (8/20 us)	Cj (Typ)	Package	Status
		V	V	uA	W	A	pF		
SPE0532	2 -Line TVS Array (Bidirectional)	6	5	1	250	7	5	SOT-23	Active
ESD & Latch Up Protection Array (SOT-23-6L)									
Part No. Datasheet	Product Description	V(BR) (Min)	VRWM (Max)	IR (Max)	PPK (8/20 us)	IPP (8/20 us)	Cj (Typ)	Package	Status
		V	V	uA	W	A	pF		
SPE0504	4 -Line TVS Array	6	5	1	250	7	10	SOT-23-6L	Active
SPE0505	5 -Line TVS Array	6	5	1	250	7	10	SOT-23-6L	Active
SPE0506	5 -Line TVS Array	6	5	1	250	7	10	SOT-23-6L	Active

深圳市道正工贸有限公司

Tel:86-755-21009980 Fax:86-755-26510141

<http://www.rightwaychina.com>

Email:rightwaychina@163.com

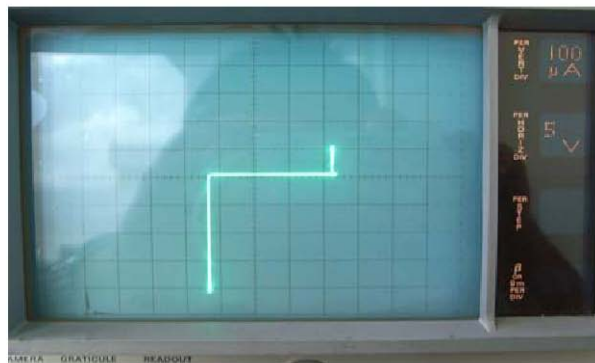
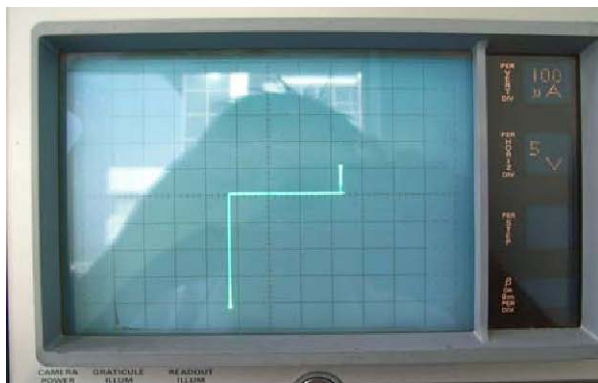
TVS ESD diode 与Varistor 测试对比

测试零件: SPE0572(TVS ESD) & XX VARISTOR 测试条件 : +/-8KV 各打20次 (Contact Testing)

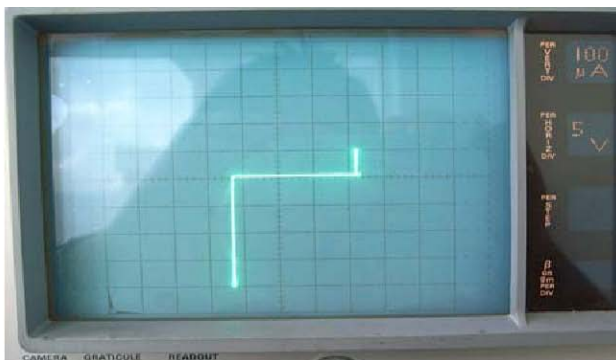
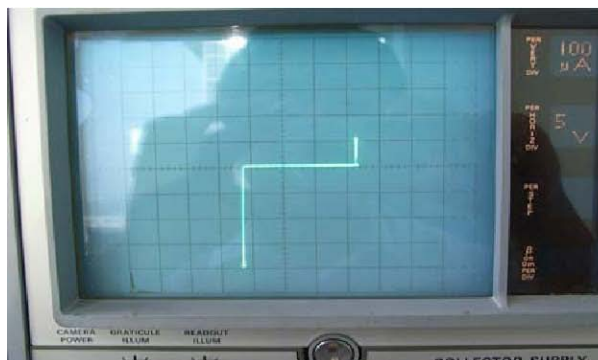
测试结论 :

- 1.SYNC POWER 的TVS ESD 经过多次静电测试 后,产品的Current与 Voltage 特性曲线仍然正常
- 2.XX的VARASITOR 经过相同的静电测试后 , 产品的曲线已经变化 , 耐压性亦一并下降

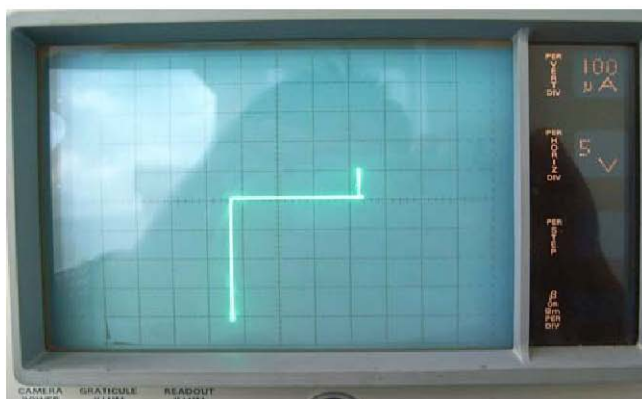
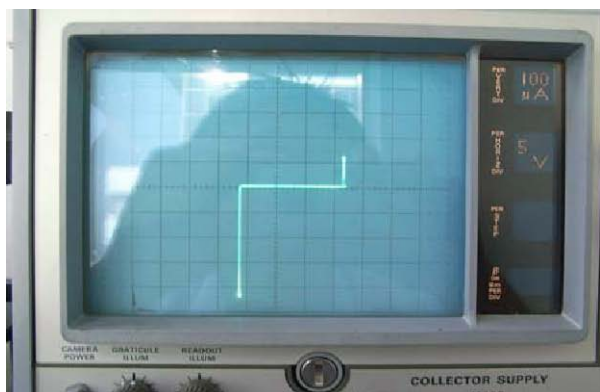
SPE0572_1 测试前 SPE0572_1 测试后



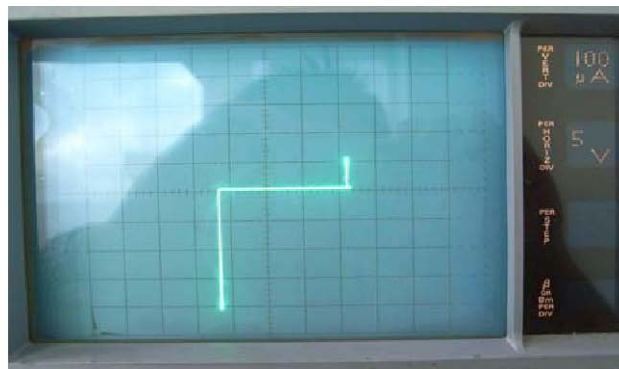
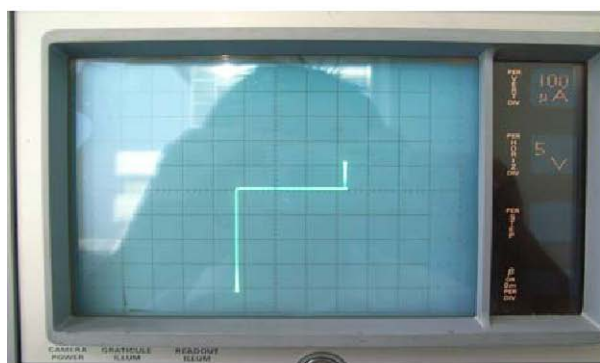
SPE0572_2 测试前 SPE0572_2 测试后



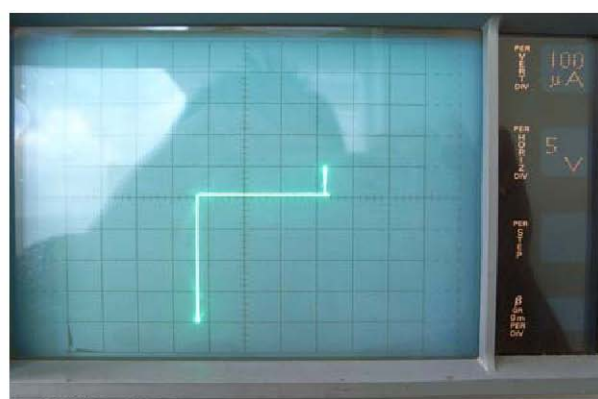
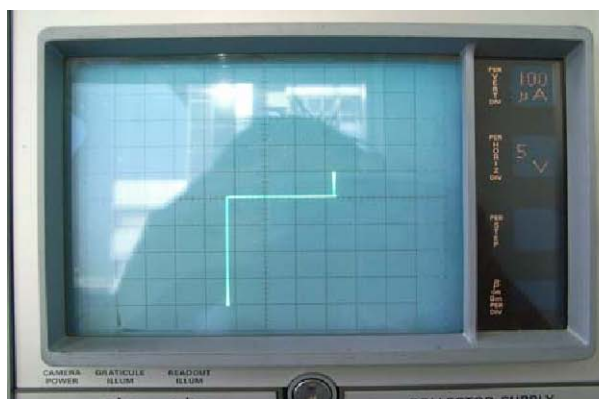
SPE0572_3 测试前 SPE0572_3 测试后



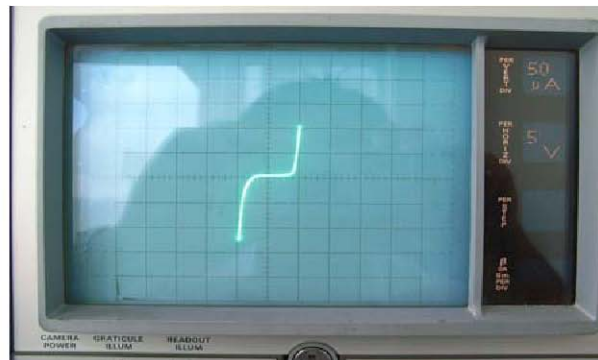
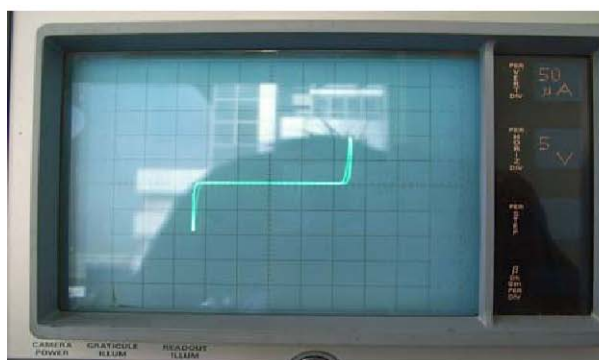
SPE0572_4 测试前 SPE0572_4 测试后



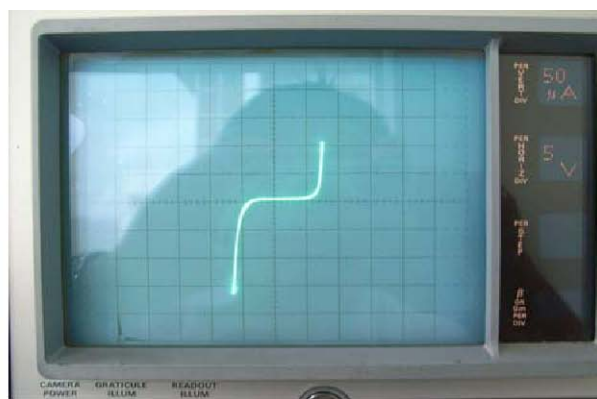
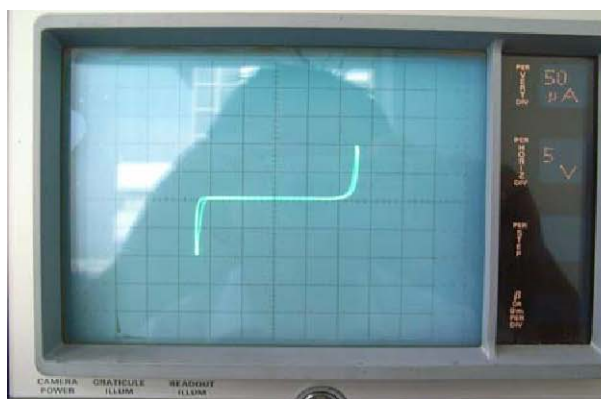
SPE0572_5 测试前 SPE0572_5 测试后



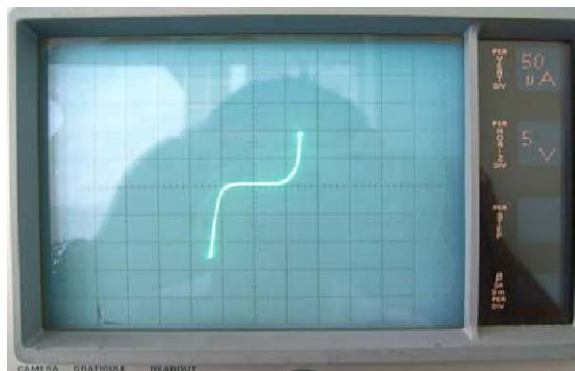
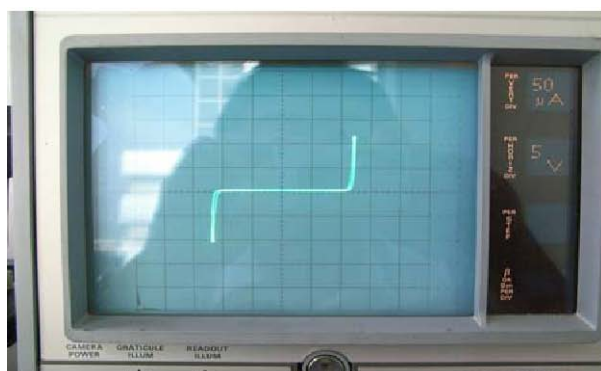
1 测试前XX Varistor 1 测试后



2 测试前Varistor_2 测试后



XX Varistor_3 测试前XX Varistor_3 测试后



4 测试前Varistor_4 测试后

