

光伏电池板的旁路二极管保护

作者: Sweetman (Soo Man) Kim, Vishay二极管市场拓展经理

肖特基势垒整流器一般用在单晶硅和多晶硅光伏(PV)电池板的旁路二极管中,在热点出现低分流阻抗和高分流阻抗的情况下保护光伏电池(参见图1)。

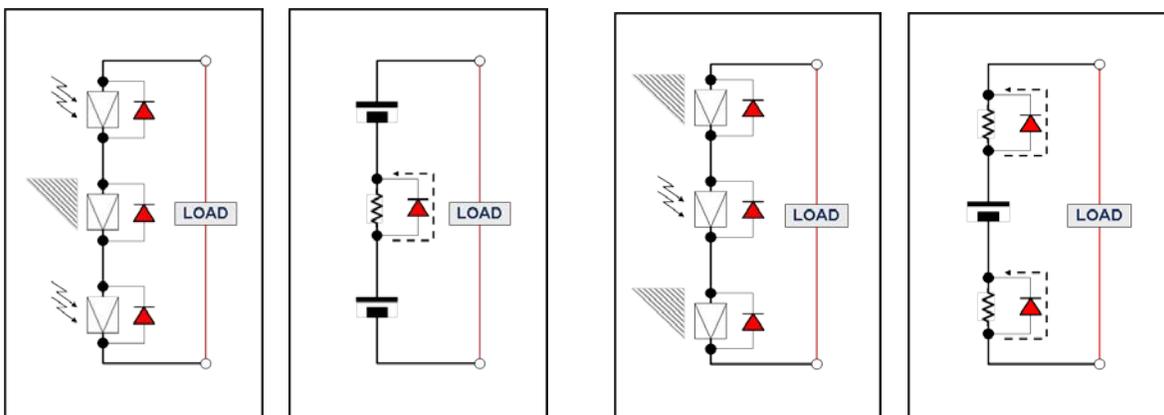


图1A, 电池板中的低分流阻抗单元

图1B, 电池板中的高分流阻抗单元

在旁路应用中,肖特基整流器具有低正向压降的优点,而且比普通P-N结整流器的功率耗散更小。然而,这种器件的缺点是反向电压击穿特性较低,很容易因ESD(静电放电)的电过应力(EOS)和感应的高电压而损坏。图1显示的是一个肖特基整流器在250V电压下施加高压8/20 μ s脉冲后失效的测试结果。

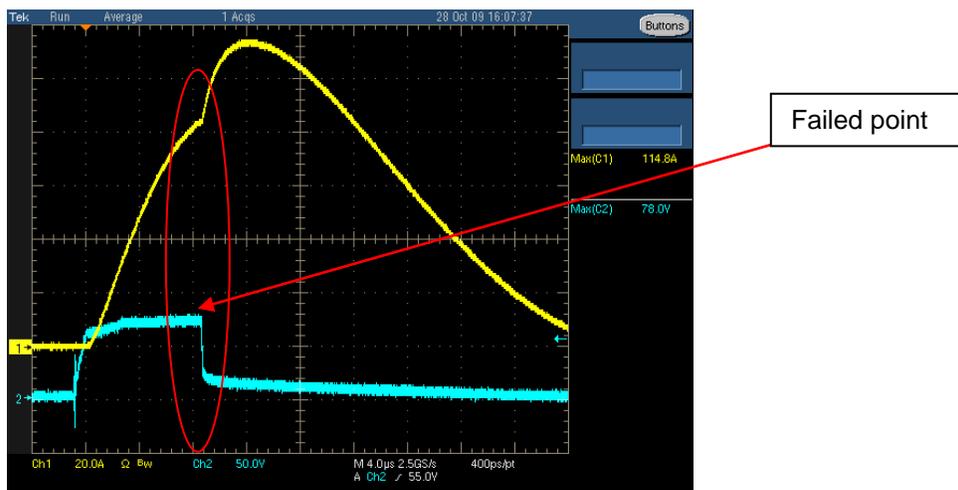


图1: 肖特基整流器在250V电压和一个8/20 μ s脉冲(2- Ω 线路阻抗)情况下失效

ESD-静电放电

光伏电池是用层压膜与玻璃或透明的聚碳酸酯基板压在一起,或是用环氧树脂材料粘在一起。玻璃、化学材料基板和层压膜都很容易产生ESD,ESD强度取决于电池板的表面直径。ESD可能损坏肖特基整流器的芯片侧,主要是通过过热失效的方式(图2A和2B)。

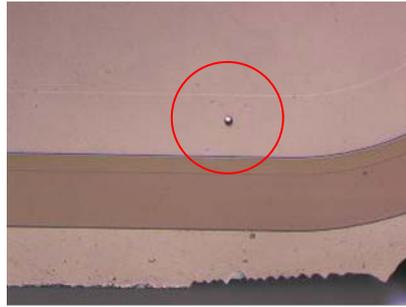
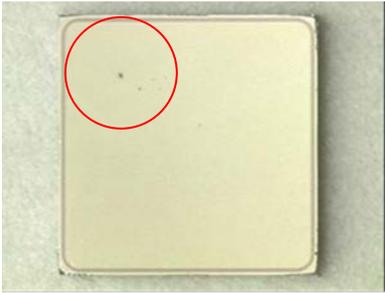


图2A和2B：在肖特基芯片由ESD造成的过热痕迹

多数旁路二极管的最大击穿电压只有45V~60V，然而其能应对的ESD也较低。Vishay的SB15H45和150SQ045的典型ESD为25kV（空气放电），测试条件是采用10个100pF/1.5KΩ(按照per IEC61000-4-2规范)的脉冲。这些器件的试验结果见表1。

	测试条件 - 25-KV, 户外空气放电		
	100 pF / 1.5 KΩ (10个脉冲)	150 pF / 330 Ω (单脉冲)	150 pF / 150 Ω (单脉冲)
SB15H45	零缺陷 / 100样本	零缺陷 / 100样本	1个缺陷 / 100样本
150SQ045	零缺陷 / 100样本	零缺陷 / 100样本	零缺陷 / 100样本

表 1: SB15H45和 150SQ045的25KV 户外空气放电测试结果

这种ESD防护能力还不足以抵御所有的ESD情况，或是从电源线和其他来源感应生成的高电压。一个脉冲宽度为60ns的典型ESD波形如图3所示。

由ESD和浪涌造成失效之间的区别是失效器件的数量是不同的。在大多数由ESD引起的失效故障中，在接线盒里的两个或三个器件当中的某一个会失效。而浪涌会损坏所有的旁路二极管。

● ESD typical output waveform

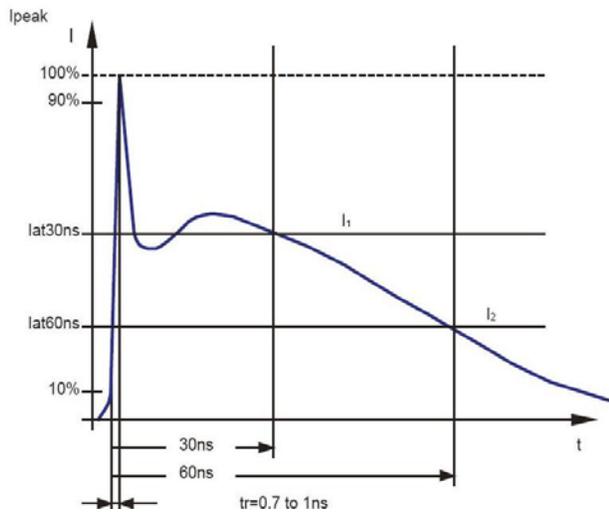


图3：典型的ESD波形

反应能量和感应能量

旁路二极管失效也可能是由反应能量和感应能量引发的。当大功率电缆与太阳能电池面板的电缆交叉或平行时，会产生感应的瞬态及浪涌。这种情况非常少见，用通常的标准措施很难避免。

当接线盒与电路断开时，存储在电缆里的能量会反作用到接线盒里的旁路二极管，这时就会产生反应能量。能量等级取决于电缆的长度和供电电压。

大多数肖特基整流器的雪崩容量低于20mJ，还不足以应付反应能量。但Vishay的瞬态电压抑制器(TVS)的雪崩能量可以达到1/4焦耳到2焦耳。

图4是对接线盒中的3个旁路二极管施加350V电压（2-Ω线路阻抗）的试验结果。由于短路，所有3个旁路二极管全部失效。

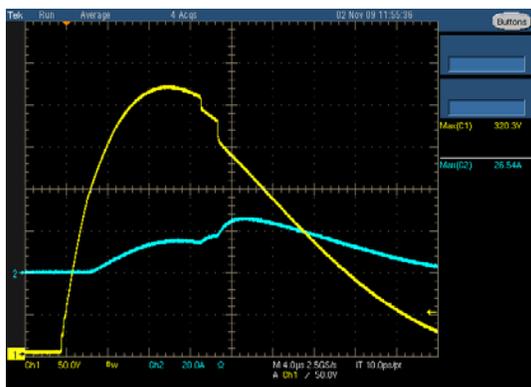


图4，标准的8/20 μs IEC61000-4-5波形与旁路二极管在350V和2 Ω线路阻抗下的波形

TVS硅雪崩击穿二极管可以用来保护旁路二极管免受来自闪电、高电荷的表面能量，以及从高压电源线等其他来源的感应电的高功率瞬态和浪涌的损害。为保护旁路二极管免受此类瞬态或浪涌的损害，最好的办法是在每个旁路二极管旁边并联上一个TVS器件，如图5所示。

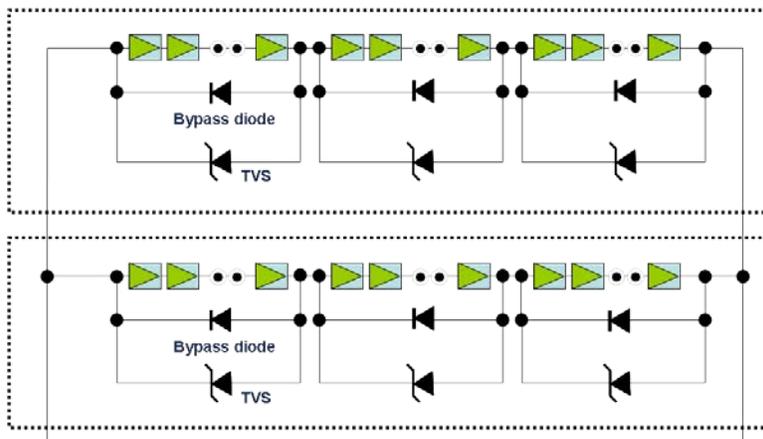


图5: Vishay TVS器件与每个旁路二极管并联

上面的电路结构能够在光伏电池板的生产、现场安装过程中，以及驱动光伏系统时发生任何瞬态和浪涌的情况下，极好地保护旁路二极管。另一种解决办法是在每个接线盒上加一个TVS器件，如图6所示。这种办法也能保护旁路二极管免遭大多数瞬态和浪涌的损害。

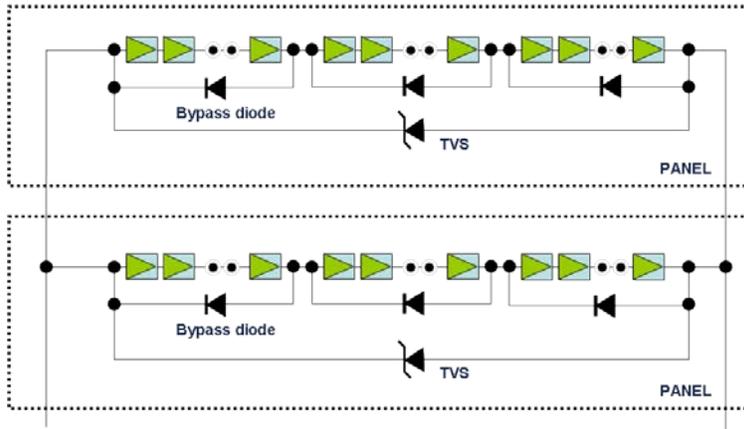
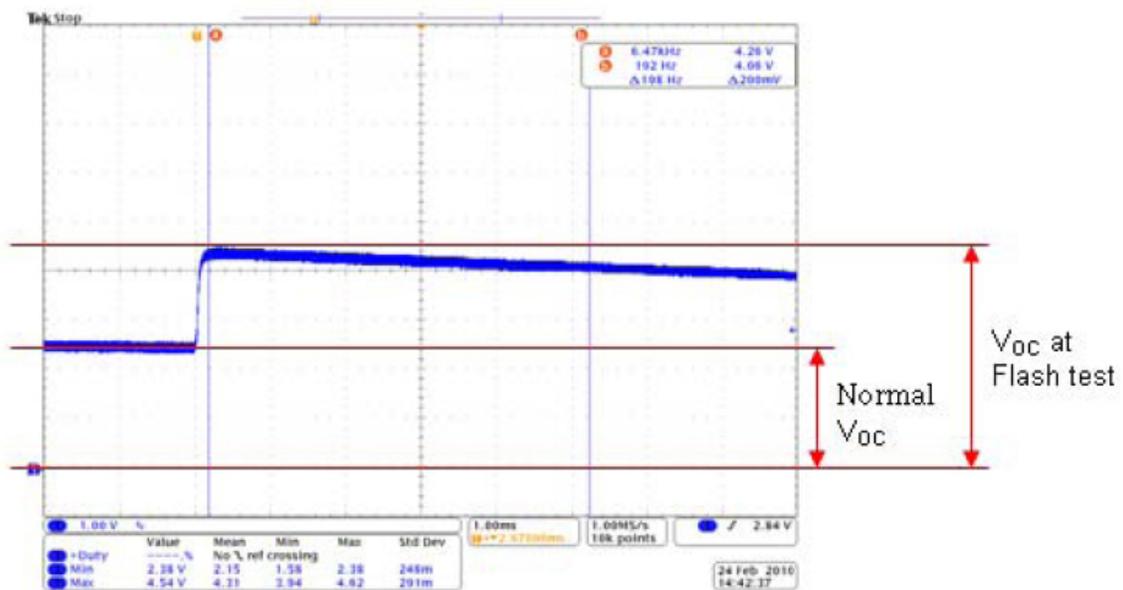


图6：TVS器件与每个旁路二极管串并联

□保□旁路二□管□□TVS

在为光伏电池板和接线盒里的旁路二极管选择TVS时，有几个因素需要加以考虑。首先是TVS的耐压。耐压的意思是施加到器件上的电压没达到这个电压时，TVS器件是不工作的。这个电压比光伏电池板在瞬间高压试验的 V_{OC} 高，大约是标称峰值 V_{OC} 的1.4到1.6倍。



标称 V_{OC} 与瞬间高压试验时的 V_{OC}

而且，TVS的功率等级应当根据应用的瞬态和浪涌能量的级别而定。轴向的P6KE和SMBJ系列表面贴装器件的雪崩容量是1/4焦耳，足以对ESD和来自短电缆的反应能量提供保护。出于为旁路二极管和太阳能电池面板提供高功率瞬态和浪涌保护的目，1.5KE和5KP系列轴向SMCJ器件针对出现的多数ESD、反应和感应浪涌，以及瞬态情况，提高了接线盒的可靠性。

测试结果

下表比较了在标准和非标准ESD测试条件下，肖特基整流器的旁路二极管功能。

表2是在标准IEC61000-4-5

ESD测试条件下肖特基整流器的ESD测试结果，器件是在悬浮条件下测试。

空气放电 (150 pF / 150 Ω) 开阔地(标准) – 10个脉冲	18 KV	20 KV	25 KV	30 KV
SB15H45	0/10	0/10	1/10	1/10
150SQ045	0/10	0/10	0/10	0/10

表2：肖特基整流器的ESD测试结果

表3显示的是在非标准IEC61000-4-5

ESD测试条件下，一个肖特基整流器和一个并联了TVS的肖特基整流器的ESD测试结果，整流器的一个引线接地。

空气放电 (150 pF / 150 Ω) 开阔地 (标准) 只在肖特基整流器上加5个脉冲 在肖特基整流器和TVS上加100个脉冲	18 KV	20 KV	25 KV	30 KV
SB15H45	0/10	0/10	2/10	3/10
150SQ045	0/10	0/10	0/10	2/10
SB15H45 + P6KE56A	0/10	0/10	0/10	0/10
150SQ045 + P6KE56A	0/10	0/10	0/10	0/10

表3：肖特基整流器和TVS的ESD测试结果

图7是3个在750V和2 Ω线路阻抗条件下失效的3个旁路二极管与600-W P6KE52A TVS并联的测试结果。

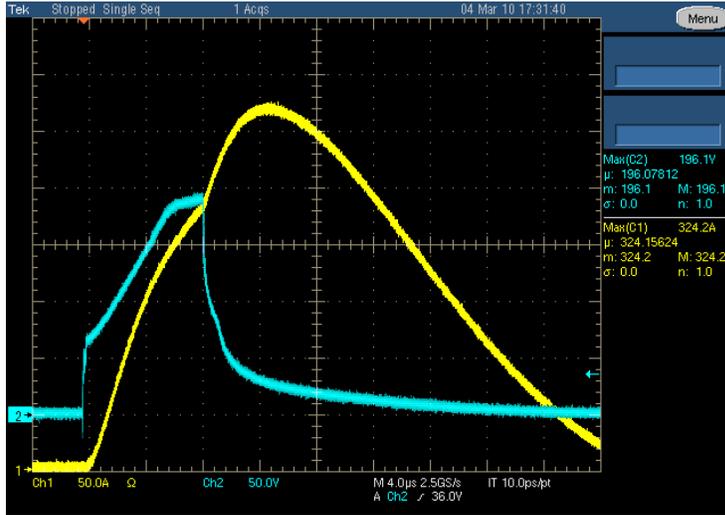


图7, P6KE52A TVS与3个串联的旁路二极管并联

图8显示的是3个旁路二极管与一个5000-W 5KP85A TVS并联的测试结果。器件在1000V和2Ω线路阻抗的条件下也没有失效，流过TVS的电流大于417A。

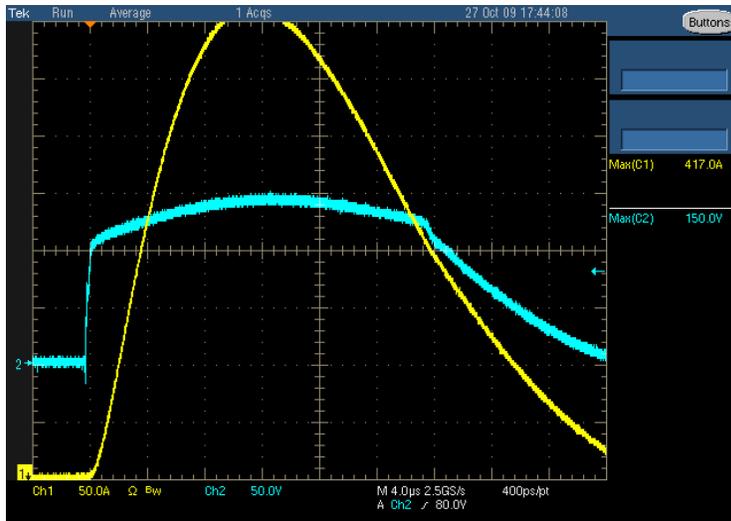


图8 : 5KP85A TVS与3个串联的旁路二极管并联