



## 如何使用交流源和直流双向电源测试 TRIAC 三端双向可控硅

### 1. 基本概念

三端双向交流开关(TRIAC=TRIode (三端) AC semiconductor switch) 实质上是双向晶闸管,它是在普通晶闸管的基础上发展起来的, 它不仅能代替两只反极性并联的晶闸管, 而且仅用一个触发电路, 是目前比较理想的交流开关器件。其中, 双向晶闸管 (TRIAC) 是由 NPNPN 五层半导体材料构成的, 相当于两只普通晶闸管反相并联, 它也有三个电极, 分别是主电极 T1、主电极 T2 和栅极 G, 如图 1 所示。

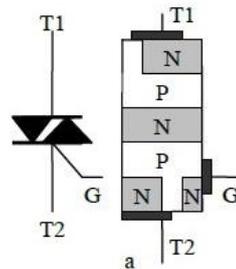


图 1 三端双向交流开关原理图

### 2. 可控硅测试及其应用中被损坏的主要表现

图 2、图 3 和图 4 显示了可控硅测试原理图及其应用中被损坏的示意图。应该看到, 可控硅在测试或在电气设计应用过程中, 如果在可控硅两端施加了过高的电压、电流或  $di/dt$ , 就可能会导致可控硅的失效。其主要表现, 例如:

(1) 在可控硅关断时, 如果来自电网的电压 (比如说打雷) 超过可控硅的承受的耐压, 则晶圆的金属壳边缘会融化。在可控硅关断瞬间, 特别对于感性负载, 也会导致可控硅在金属壳边缘穿透 (见图 2)。

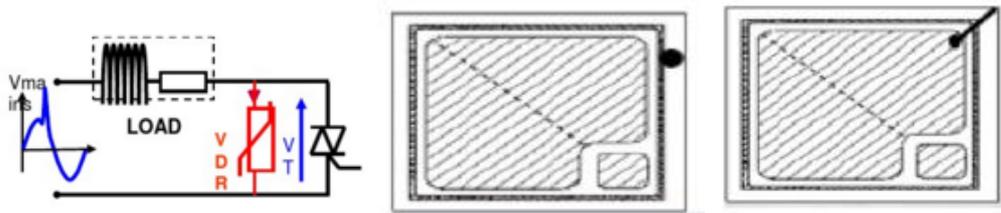


图 2 测试原理图

(2) 如果在可控硅两端施加了过大的瞬间电流, 就会导致晶圆严重损坏 (见图 3)。



图 3 瞬间过流引起的可控硅损坏



(3) 如果在可控硅两端施加了过大的  $di/dt$ ，就会导致控制极的金属层穿透（见图 4）。

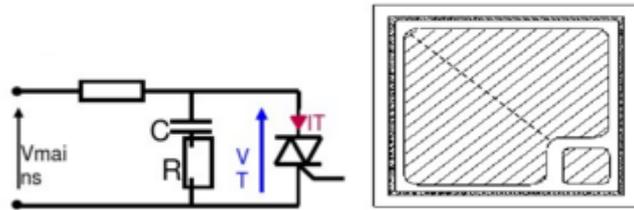


图 4 原理图

### 3. 艾德克斯 IT7300 交流电源的特征及其作用

针对以上三种情况，要得知可控硅的安全操作参数，可以利用艾德克斯 IT7300 或 IT7600 交流电源进行试验模拟。艾德克斯高性能可编程交流电源的特征：①通过 STEP 模式和 LIST 模式，为用户提供简单易行的方式来实现输出参数逐步或连续的变化；②输出电压的幅度、频率、相位、波形等参数也可以通过对仪器内的内部触发或外部触发的控制来输出。

其中，以艾德克斯 IT7300 交流电源为例，阐述具有的作用。一是，可以模拟各种电源瞬间断电、突波、缓升等特性。其面板结构及其相应波形效果图如图 5-图 8 所示

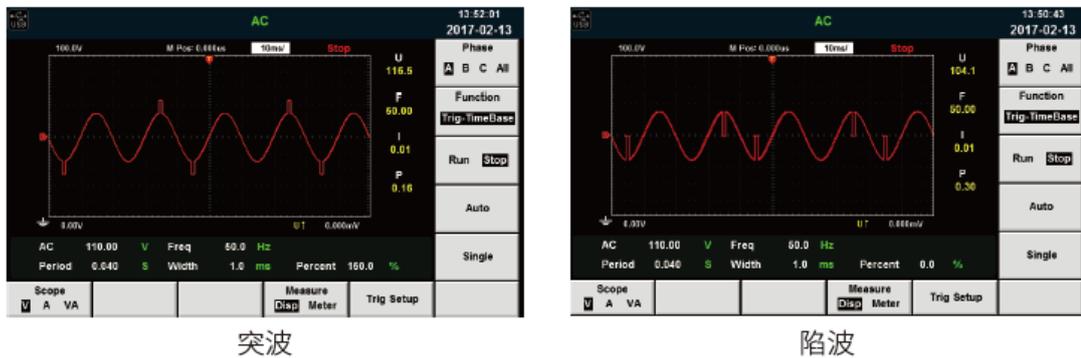


图 5 IT7600 面板波形图



图 6 IT7600 面板图

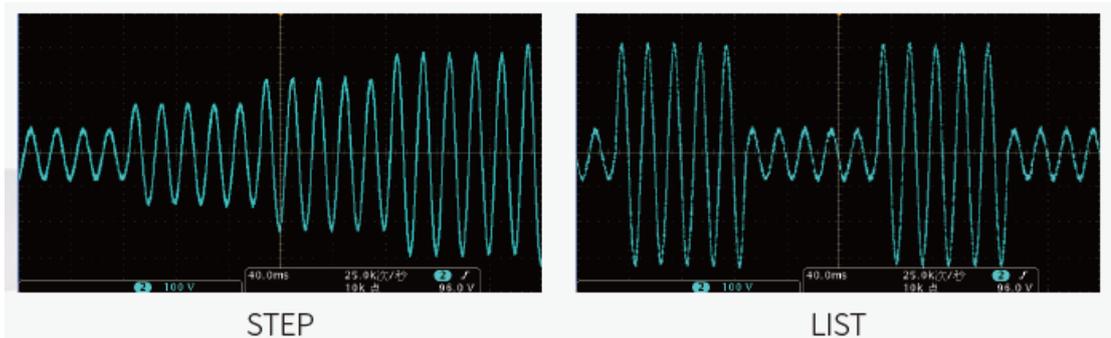


图 7 示波器截取波形

二是，可以凭借 IT7600 的谐波模拟功能来测试 TRIAC 的抗干扰能力。IT7600 系列高性能可编程交流电源拥有强大的谐波分析功能，包括电压谐波测量和电流谐波测量。10-500Hz 频率范围内，可以测量 50 次电压和电流谐波；500Hz 频率以上，可以测量 20 次电压和电流谐波，在谐波模式下可实现电压和电流谐波失真因数 (U/I THD) 和相位的测试。此外还可进行多次谐波测量，结果以列表或柱状图的方式显示，使测试结果分析更加一目了然。

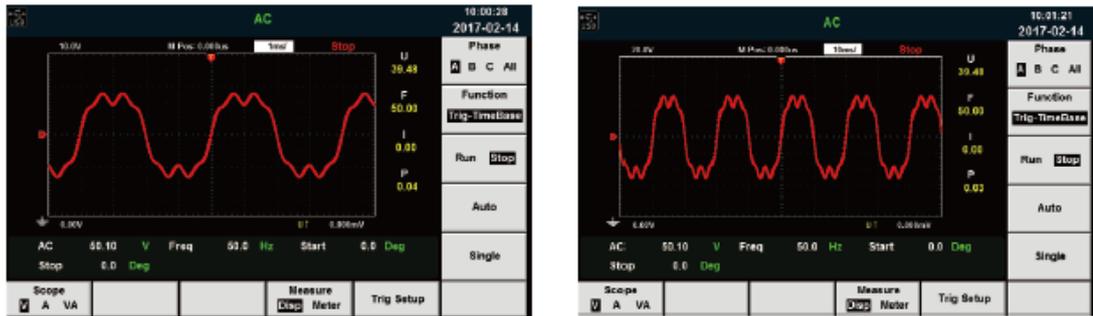


图 8 IT7600 面板波形图

三是，IT7600 的 meter 功能，可以直接在 DSO 屏上测试出可控硅关断瞬间的电流 CF 值。如图 9 所示。

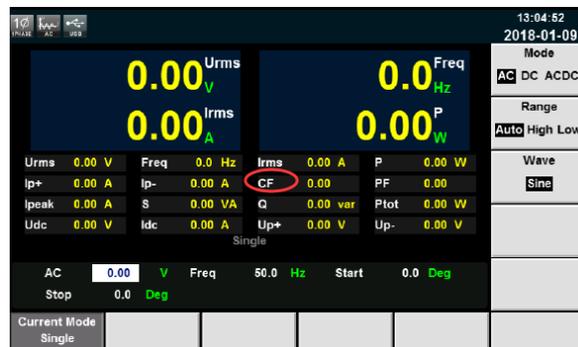


图 9 IT7600 面板图



#### 4. 如何使用交流源和直流双向电源测试 TRIAC 三端双向可控硅

首先，我们通过图 10 的测试原理图，可以解决以下两大问题：①鉴于可控硅的触发控制极通常不需要很大的驱动力，电压也不要太高，但是要求驱动信号根据待测物的特性发生变化。例如，利用其触发电路，调整可控硅的导通角从而改变马达的平均工作电压实现对马达的调速控制。

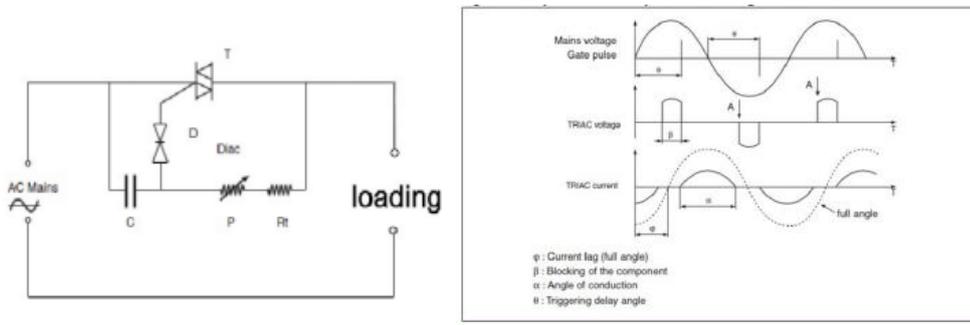


图 10 测试原理图

②从根本上解决通常如图 11 电路原理图所产生的问题。从图 11 看出，以前实验者们往往会通过一个开关下面的电路来转换测试信号的极性，此方法略微“笨拙”，且持续时间上不好把控。

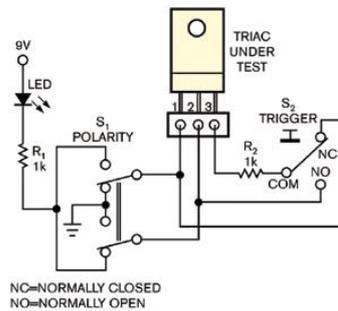


图 11 电路原理图

另外，利用 IT6400 和 IT7300 系列电源的特点可以应对各种待测物的信号需求，以及解决产品品质存在的隐患。①利用 IT6400 高速线性直流电源可提供双极性输出，且利用其 LIST 功能，不仅单步时间可调，还能实现波形的周期性循环，实现定制化的触发信号输出，应对各种待测物的信号需求。图 12 和图 13 分别显示了它的面板波形图。

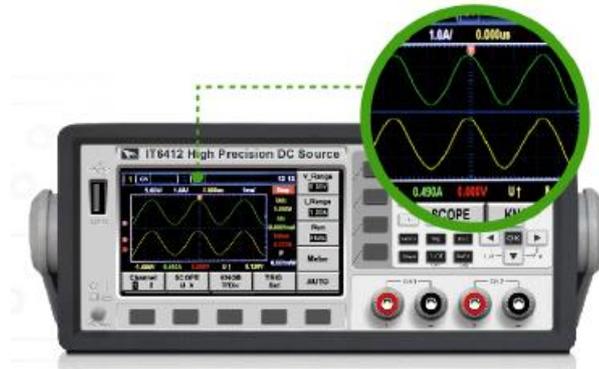
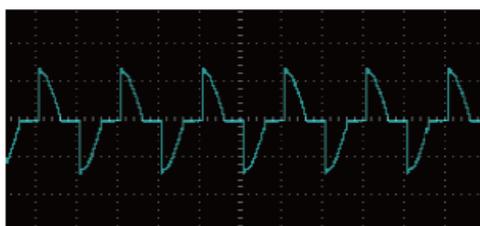


图 12 IT6400 面板波形图

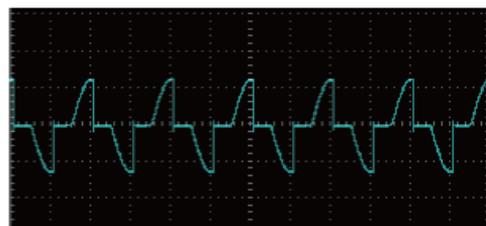


图 13 IT6400 面板波形图

②利用 IT7300 系列首创交流电源供应器 TRIAC Dimmer( 可控制调光及调速) 功能，工程师可使用此功能对电灯，或电机等产品进行调光或调速测试以验证产品在终端使用者使用调光或调速控制器时的状况，存在产品品质的隐患。



前沿相位调光



后沿相位调光

图 14 实际示波器测试图

## 5. 结语

艾德克斯是专业生产测试测量仪器的厂家，IT7600 系列高性能可编程交流电源广泛应用于新能源、家电产品、电力电子、航空电子设备、军事与 IEC 标准测试的开发和运用等多



微信号：itechelectronics

微信名称：艾德克斯电子



---

个领域。IT6400 系列直流电源因其独特的电流双极性设计，能为便携式电池提供测试和电  
池模拟解决方案。如需详情，请查看官网 [www.itechate.com.cn](http://www.itechate.com.cn)，或拨打热线电话 4006-  
025-000