

# 测都测不对!

## 何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk( 串扰 )?

当 SiC MOSFET 被使用在桥式电路时，电源工程师需要提起十二分精神来面对一个棘手的难题，一旦处理不好就有可能导致炸机，它就是 - Crosstalk (串扰)。

**Crosstalk 的基本原理用一句话概括就是：在半桥电路中，动作管开关动作产生的  $dV/dt$  通过其对管  $C_{RSS}$  (反向电容) 产生位移电流并上拉或下拉原本为关断电平的对管驱动电压。**

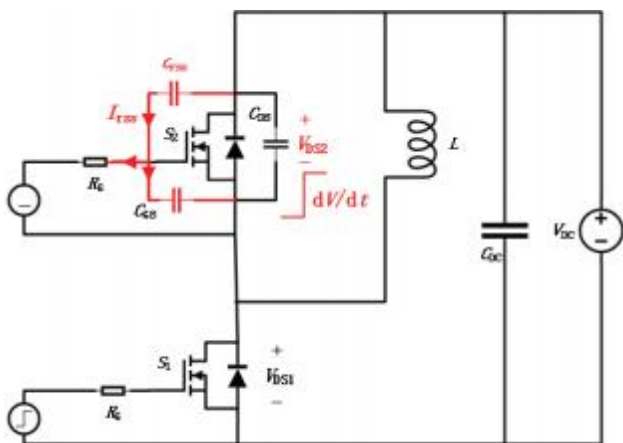


图1

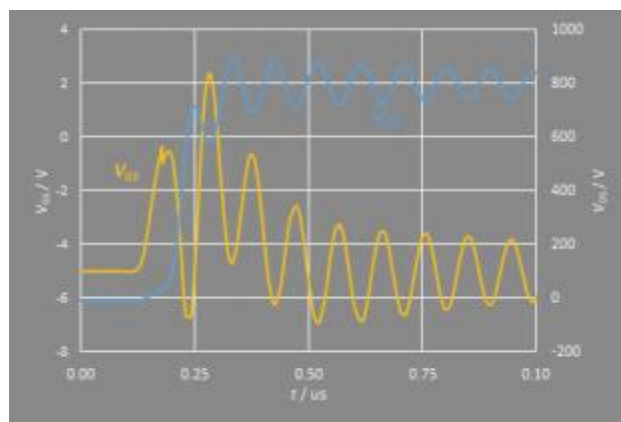


图2

在图 1 中的半桥电路中，动作管为下管 S1，施加在上管 S2 的为关断驱动信号，其体二极管处于续流状态。当 S1 进行开通时，其端电压  $V_{DS1}$  下降，则 S2 开始承受反向电压，其两端的电压  $V_{DS2}$  以  $dV/dt$  的速度快速上升。那么  $dV/dt$  就会通过 S2 的  $C_{rss}$  产生位移电流

$I_{rrs} = C_{rss} \cdot dV/dt$ ,  $I_{rrs}$  会流入 S2 的驱动回路，对  $C_{GS}$  充电，并在  $R_G$  上产生压降。最终导致的结果就是 S2 的驱动电压被向上拉起，出现一个正向的尖峰，如果超过 S2 的  $V_{th}$ ，**则会导致误**

**导通，轻则增加损耗，重则桥臂短路发生炸机。**我们将这一过程称为正向Crosstalk。

在图 2 中，S1 依旧为动作管，只是这次它进行的是关断。此时整个过程与正向 Crosstalk 原理。

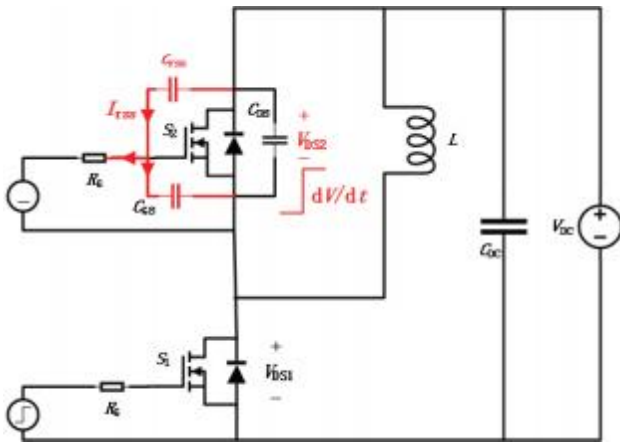


图3

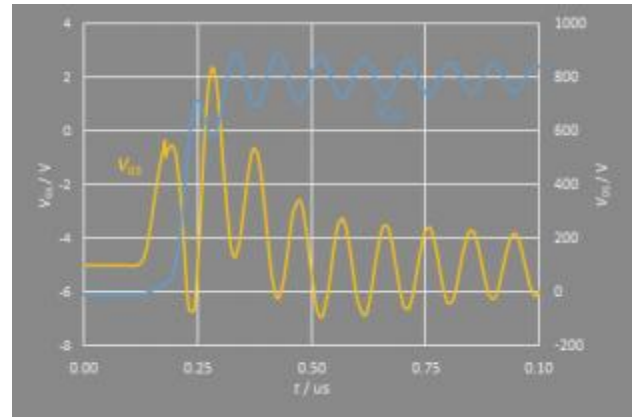


图4

## 测都测不对！何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk(串扰)？

一样，只是电压和电流的变换方向相反，最终  $S_2$  的驱动电压被向下拽，出现一个反向的尖峰。我们都知道 SiC MOSFET 栅极耐压能力很差，负向的尖峰会对其栅极造成损伤，**影响 SiC MOSFET 的寿命或直接将其栅极击穿**。我们将这一过程称为负向 Crosstalk。

其实无论是 Si MOSFET 还是 IGBT 都存在 Crosstalk 的问题，并不是 SiC MOSFET 特有的。但是 SiC MOSFET 开关速度更快、 $V_{th}$  偏小（一般在 2.5V-4.5V）、栅极耐压能力较弱，这就使得 Crosstalk 对 SiC MOSFET 而言后果更加严重、处理起来更加困难。

为了抑制 Crosstalk，首先要做到的是测得准确的 Crosstalk 波形。但由于以下两大原因，使得工程师往往获得是错误的波形，**常常导致一通操作猛如虎，实际效果两毛五**。

# 测都测不对！何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk( 串扰 )？

## 原因一：寄生参数影响

在刚才讲解 Crosstalk 原理的时候，为了表达简洁，图 1 和图 3 中所给出的电路图是进行简化后的。当考虑很多存在的寄生参数后，我们得到图 5 中给出的等效电路。SiC MOSFET 芯片上实际的驱动电压为  $V_{GS}$ ，而我们使用电压探头获得的是  $V_{GS-M}$ 。两者的区别是  $V_{GS-M}$  不光包含了  $V_{GS}$ ，还包含了 SiC MOSFET 芯片栅极电阻  $R_{G(int)}$  上的压降  $V_{RG}$  和寄生电感  $L$  上的压降  $V_L$ 。导致这种情况发生的原因是电压探头无法直接接在 SiC MOSFET 的芯片上，只能接在器件封装的引脚上，则  $R_{G(int)}$  和  $L$  都在测量点之间。

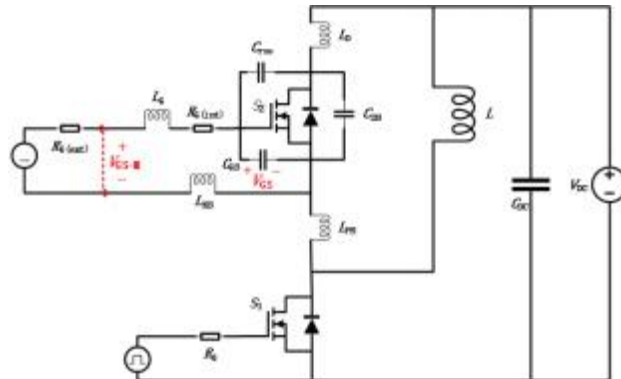


图5

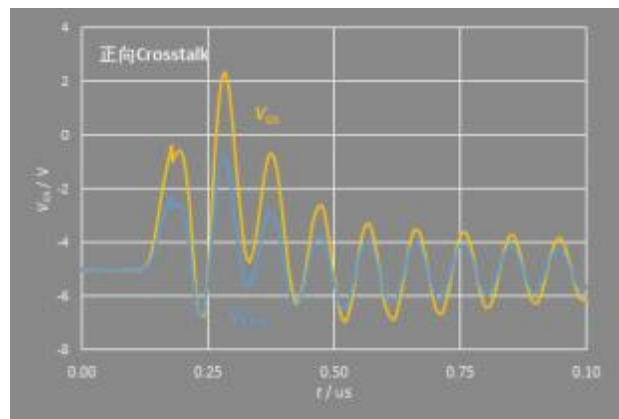


图6

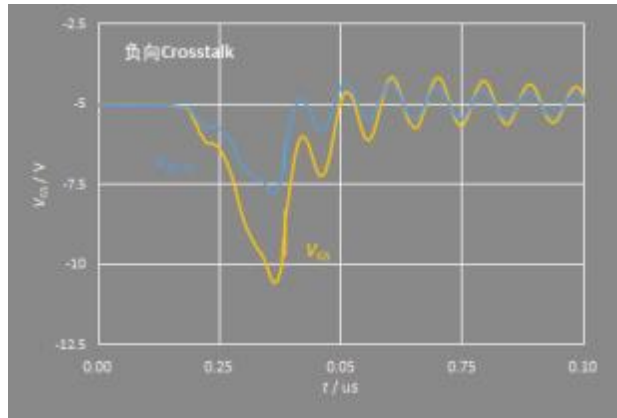


图7

通过仿真结果可以看到，通过电压探头测量得到的 Crosstalk 波形都比实际发生的 Crosstalk 偏低，这就是说，由于寄生参数的影响，Crosstalk 的严重程度被低估了。这就会导致以下两种情况：一是通过测量结果判断 Crosstalk 在可接受范围内，然而实际已经发生误导通；二是工程师费了很大功夫，看似将 Crosstalk 抑制住了，实际还差很远。由于  $R_G(\text{int})$  和  $L$  无法避免，也就是这种测量误差无法被消除，那么电源工程师在使用 SiC MOSFET 时就需要为 Crosstalk 留出足够的裕量。

同时，测量结果与真实 Crosstalk 之间的差别会随着  $R_G(\text{int})$  和  $L$  的增大而增大，这就启示我们可以选择  $R_G(\text{int})$  的 SiC MOSFET，同时在进行测量时尽量将探头接在器件引脚的根部，这样就可以尽量缩小误差。

## 测都测不对！何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk( 串扰 )？

### 原因二：未使用合适的电压探头

在进行电源调试时，往往使用的是高压差分探头测量电压信号，其测量范围广、差分输入、高阻抗的特点深受电源工程是喜爱。

但在测量 Crosstalk 波形时差分探头就不再适用了。首先 Crosstalk 的幅度范围在  $\pm 10V$  以内，高压差分探头的衰减倍数大，这就导致测量误差大、噪声大。其次，高压差分探头前端的测量线很长，相当于一个天线，会接收到 SiC MOSFET 开关过程中快速变化的电流产生的干扰信号，从而影响测量结果。最后，高压差分探头前端的测量线可以看做是电感，容易使得测量结果中出现本不存在的震荡。



图8 泰克高压差分探头

从下边的实测结果中可以看到，使用高压差分探头测量得到的 Crosstalk 波形显得很粗，同时其震荡幅度很高，正向Crosstalk 尖峰已经超过SiC MOSFET 的  $V_{th}$  (3.5V)，然而此时并未发生误导通，说明这样的测试结果是有问题的，同时负向 Crosstalk 尖峰也已经超过了 SiC MOSFET 栅极耐压极限 (-10V)。

而当使用光隔离探头得到的 Crosstalk 波形与使用高压差分探头的波形有着明显的区别，波形线条变细了，同时正向和负向 Crosstalk 尖峰都在可接受范围之内。这主要得益于光隔离探头可以选择更小的衰减倍数，同时其探头前段与器件的连接可实现最小环路连接。

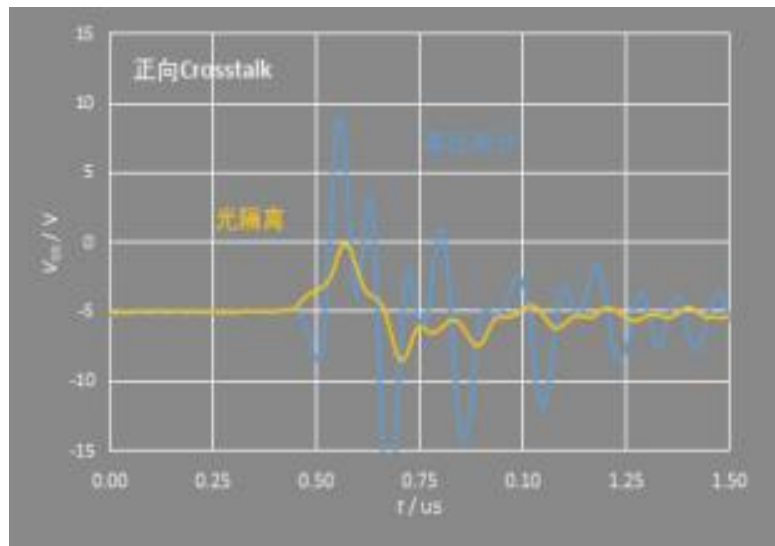


图 9

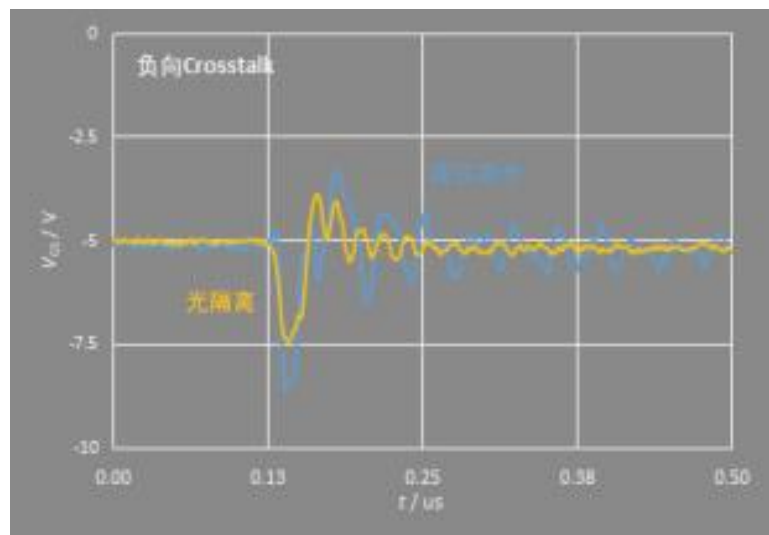


图 10

## 测都测不对！何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk( 串扰 )？

以上是测量下管 Crosstalk 的波形，那么当我们需要测量上管 Crosstalk 的时候，情况又会如何呢。从下边的实测波形可以看出，使用高压差分探头得到的波形更加离谱了，其震荡的幅度超过了正向10V 反向 20V，而使用光隔离探头测得的波形依然在可接受范围之内，这主要得益于光隔离探头极佳的高频共模抑制比。

由此可见，高压差分探头并不合适用于测量Crosstalk，得到错误的波形会对电路设计造成误导，浪费工程师的时间和精力。而选择光隔离探头可以获得准确的波形，无论是测量下管还是上管，都有非常优异的表现。

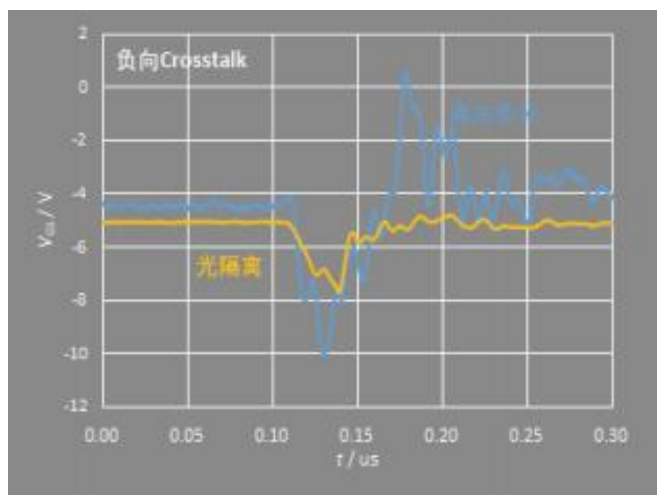


图 11

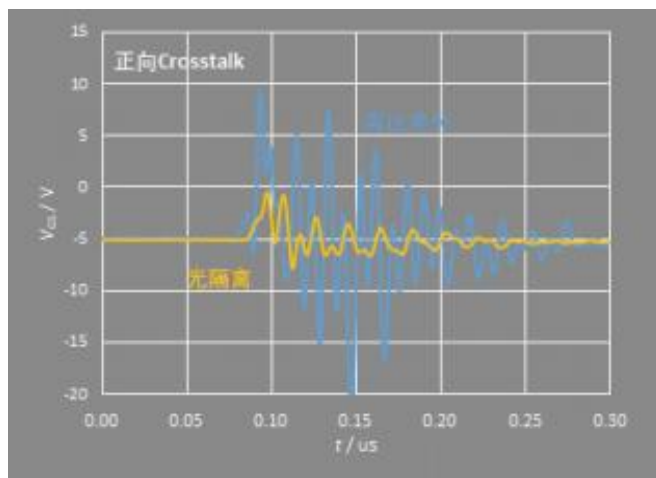


图 12



从测试项目立项开始

陪伴客户

co-operate from the very beginning  
of your electronic testing project

Misson

Applications  
方案提供商

Software Customize  
软件定制

测试测量仪器综合服务商

Instrument Products  
仪器产品

After Sale Service  
永续服务

零式未来  
Zero Formula

咨询热线-仪器帮帮

400-852-1788