

第三代半导体测试的突破 —— Micsig 光隔离探头

第三代半导体碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）是近几年新兴的功率半导体，相比于传统的硅（Si）基功率半导体，氮化镓和碳化硅具有更大的禁带宽度，更高的临界场强，使得基于这两种材料制作的功率半导体具有耐压高、导通电阻低、寄生参数小等优异特性，应用于开关电源领域时，具有损耗小、工作频率高、可靠性高等优点，可以大幅提升开关电源的效率、功率密度和可靠性等。

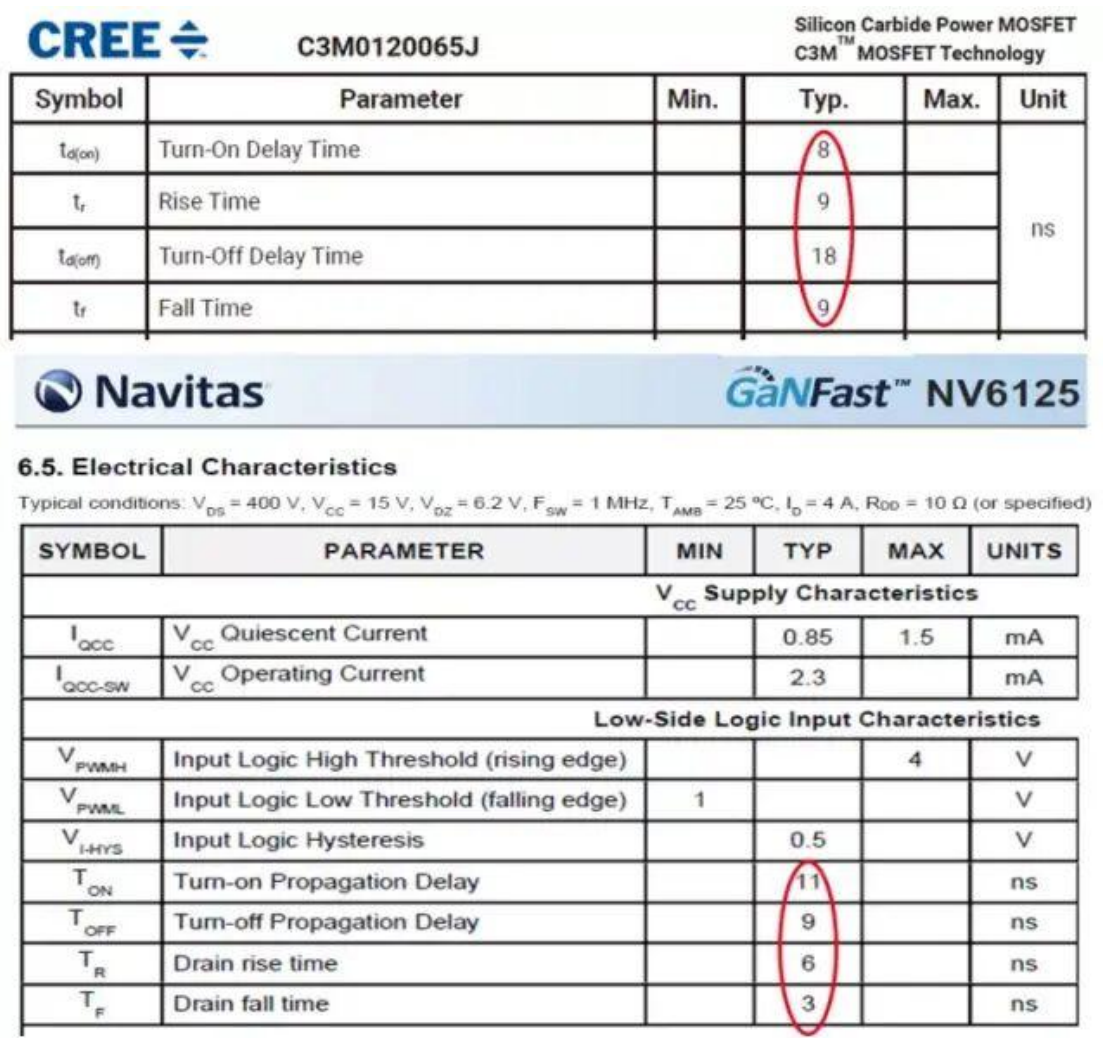


图 1：碳化硅（SiC）和氮化镓（GaN）的开关动作时间



碳化硅（SiC）和氮化镓（GaN）的开关时间都在纳秒（ns）级别，这样的显著优势是降低了开关电源的损耗，但是更短的开关时间意味着高次谐波分量的显著增加，在桥式电路应用中，高压叠加高频，上桥臂的浮地测试给工程师带来了极大的挑战。

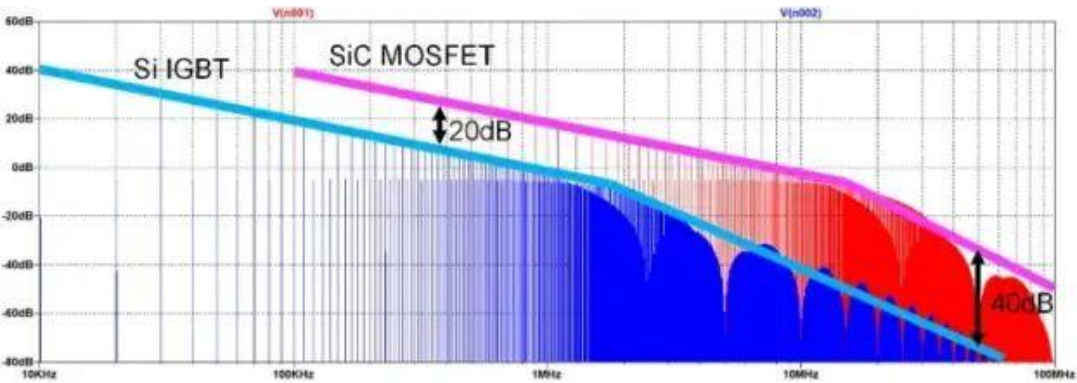


图 2：碳化硅（SiC）与传统硅基 IGBT 的频谱分布

图 2 所示，相较于传统硅基 IGBT，碳化硅具有更高的频率分布和高频能量。

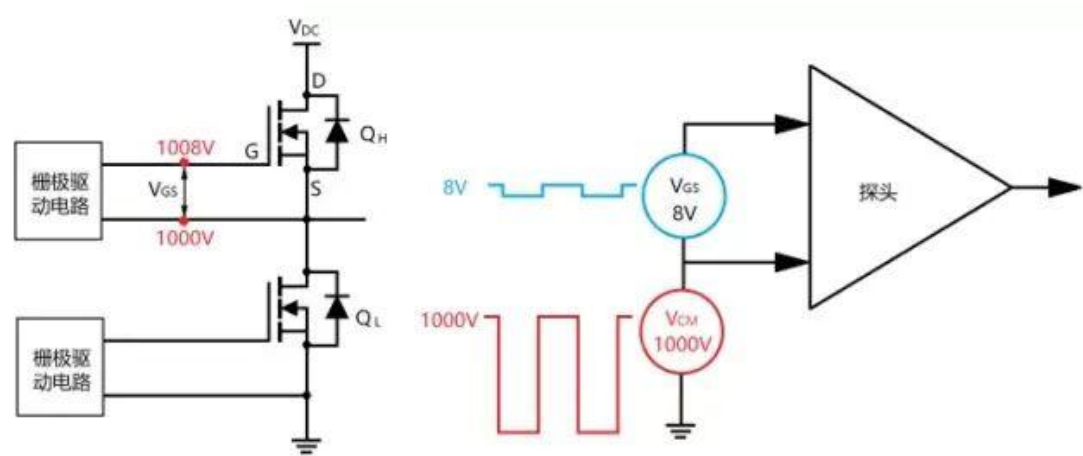


图 3：上臂 V_{gs} 电压叠加共模干扰电压 V_{cm} 示意图

图 3 所示的半桥电路中， V_{gs} 电压浮空在摆动的 V_{cm} 之上， V_{cm} 即下管的 V_{ds} ，随着下管 QL 的导通与关断， V_{cm} 在 0V 和 1000V 之间跳动，一般来说 V_{gs} 在 20V 以内，远远小于 V_{cm} ，在测量时，我们关心的是 V_{gs} 的信号特征，这是个差模信号，此时 V_{cm} 成了共模干扰，我们不希望它出现在我们的测试信号中，然而事与愿违，共模干扰在电源电路中如影子一般甩不掉，无论是电源设计阶段还是测试分析阶段，只能想办法尽量抑制它的份量：提升差模信号，抑制共模信号。抑制共模信号的能力有一个专门的指标，即共模抑制比（CMRR）。

常见的高压差分探头在 100KHz 时， $CMRR > 60dB$ ，在 1MHz 时， $CMRR > 50dB$ ，但是当频率到达 100MHz 时，一般只能做到 20dB 左右。图 2 的频谱看出，碳化硅在 100MHz 时仍有巨大的能量，这可以很好的理解为什么传统的高压差分探头无法胜任这项测试工作，用其测试所呈现出波形的准确性为什么经常受到质疑。





图 4：碳化硅导通瞬间的 V_{gs} 信号波形

图 4 中，黄色为高压差分探头在碳化硅导通瞬间的测试波形。可以看出信号产生了严重的震荡，在红圈处的信号电压已经超过碳化硅的 V_{gs} 极限值，这将导致器件的损坏，但是电路工作一切正常，这明显是不符合逻辑的。



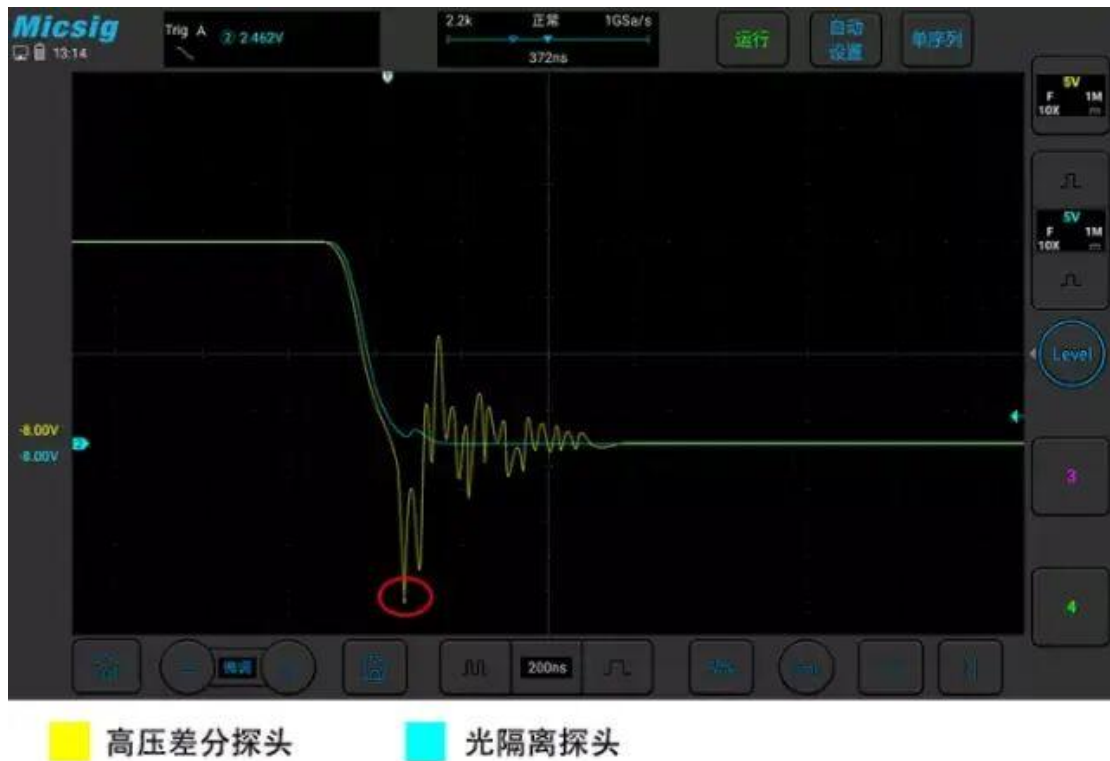


图 5：碳化硅关断期间的 V_{gs} 信号波形

图 5 所示，黄色是高压差分探头在碳化硅关断期间的信号波形，红圈处的电压已经远远超过碳化硅所能承受的负压（一般在 $-10V$ 以内），但是器件并没有损坏，这明显也是不符合逻辑的。

真实的 V_{gs} 信号是什么样的？器件的性能是否达到了设计预期？开关电源电路中的碳化硅或者氮化镓器件参数是否有安全冗余？开关损耗计算的结果是否真实？工程师的一系列疑问都指向一个共同的点：第三代半导体的测试难题。

Micsig 基于 SigOFIT™ 专有技术的光隔离探头正好破解了这个难题。



图 6: Micsig 基于 SigOFIT™ 专有技术的光隔离探头

在图 4 和图 5 中，蓝色的波形为 Micsig 光隔离探头测得的结果，可以看出目标板的 V_{gs} 信号非常平滑，电路参数设计的十分完美，碳化硅器件在安全参数范围内运行。光隔离探头能观察到真实的波形形态，得益于极高的共模抑制能力，Micsig 光隔离探头在 200MHz 时，仍然有 80dB 的共模抑制比。

除了碳化硅之外，在针对氮化镓的测试环境下，光隔离探头更具有无与伦比的优势。氮化镓相比碳化硅具有更短的开关时间，对测试探头的共模抑制能力要求更高，这正是光隔离探头的专长。差分探头由于引线一般不少于几十厘米，具有很大的寄生电容和天线效应，当用差分探头触

及氮化镓控制极时，剧烈的震荡会引起氮化镓器件瞬间烧毁爆炸（俗称炸管），很多做氮化镓电路设计的工程师抱怨说，一天炸管几次是常有的事，一碰就炸，人都搞得神经兮兮的。Micsig 光隔离探头采用 MCX 连接，引线极短，几乎没有天线效应，寄生电容在几 pF 之内，测试氮化镓十分安全。

Micsig 光隔离探头采用独家 SigOFIT™信号光纤隔离技术，在高压测试情况下，很好的解决了人身安全和后端仪器的安全问题。光隔离探头共模电压可达 60KVpk 以上（完全由测试环境的绝缘物决定），光纤长度超过 10 米对信号也没有影响，用户可以定制需要定制长度，这是电缆传输信号的所有其他探头不具有的特质。

