

如何确保 MOS 管工作在安全区

电源工程师最怕什么？炸机！用着用着就坏了，莫名其妙 MOS 管就炸了，真是又怕又恨，可到底是哪里出了问题了呢？这一切都和 SOA 相关。

我们知道开关电源中 MOSFET、IGBT 是最核心也是最容易烧坏的器件。开关器件长期工作于高电压大电流状态，承受着很大的功耗，一旦过压或过流就会导致功耗大增，晶圆结温急剧上升，如果散热不及时，就会导致器件损坏，甚至可能会伴随爆炸，非常危险。这里就衍生一个概念，安全工作区。

一、什么是安全工作区？

安全工作区：SOA (Safe operating area) 是由一系列（电压，电流）坐标点形成的一个二维区域，开关器件正常工作时的电压和电流都不会超过该区域。简单的讲，只要器件工作在 SOA 区域内就是安全的，超过这个区域就存在危险。

二、SOA 具体如何应用和测试呢？

开关器件的各项参数在数据手册中都会明确标注，这里我们先来解读两个参数：

- V_{DS} (Drain-source voltage)：漏源电压标称值，反应的是漏源极能承受的最大的电压值；
- I_{DM} (Drain current(pulsed))：漏源最大单脉冲电流（非重复脉冲），反应的是漏源极可承受的单次脉冲电流强。

Table 2. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	Value		Unit
		D ² PAK, TO-220, TO-247	TO-220FP	
V_{DS}	Drain-source voltage	600		V
V_{GS}	Gate-source voltage	±25		V
I_D	Drain current (continuous) at $T_C = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	22	22 ⁽¹⁾	A
I_D	Drain current (continuous) at $T_C = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	15	15 ⁽¹⁾	A
$I_{DM}^{(2)}$	Drain current (pulsed)	88	88(1)	A
P_{TOT}	Total dissipation at $T_C = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	190	35	W
$dv/dt^{(3)}$	Peak diode recovery voltage slope	40		V/ns
V_{ISO}	Insulation withstand voltage (RMS) from all three leads to external heat sink ($t=1\text{ s}; T_C=25\text{ }^{\circ}\text{C}$)		2500	V
T_{stg}	Storage temperature	-55 to 150		$^{\circ}\text{C}$
T_J	Max. operating junction temperature	150		$^{\circ}\text{C}$

1. Limited only by maximum temperature allowed

2. Pulse width limited by safe operating area

3. $I_{SD} \leq 22\text{ A}$, $di/dt \leq 600\text{ A}/\mu\text{s}$, $V_{DD} = 80\% V_{(BR)DSS}$

图 1 开关器件参数表

器件手册一般都会提供 SOA (Safe operating area) 数据图表，主要和晶圆的散热、瞬间电压和电流的承受能力有关，通过 I_{DM} 和 V_{DS} 及器件晶圆沟道损耗的限制形成一个工作区域，称为安全工作区，如下图所示。安全工作区可以避免管子因结温过高而损坏。

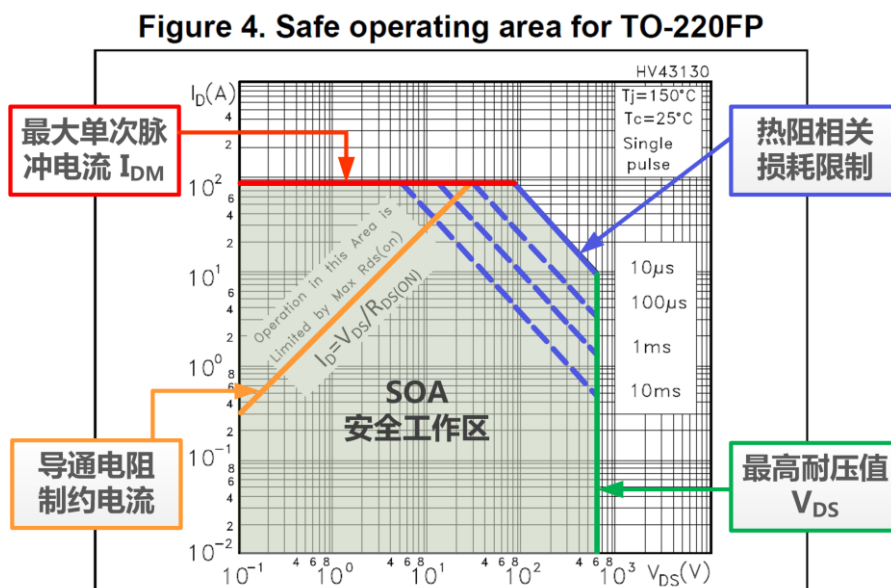


图 2 器件手册 SOA 曲线图

示波器的测试应用非常简单，使用电压、电流探头正常测试开关管的 V_{DS} 和 I_{DM} ，并打开 SOA 分析功能，对照数据手册的 SOA 数据设置好示波器的 SOA 参数即可。一旦波形触碰到安全区以外的区域，就说明器件超额工作，存在危险。

三、示波器的 SOA 分析功能有哪些作用？

- 支持连续测试，并统计通过及失败的总次数，该模式可用于连续烤机测试；
- 支持触碰（波形超出安全区域）停止、自动截图、声音提示操作；
- 安全工作区可通过电压、电流、功率限制设定，也可自定义设定。

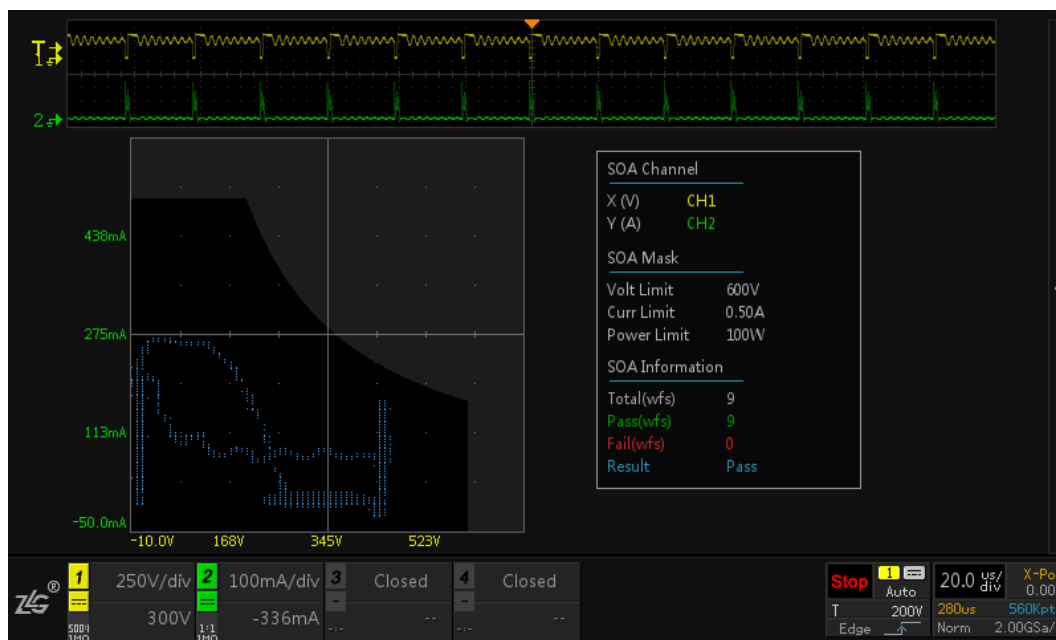


图 3 示波器 SOA 测试波形图

四、总结

开关器件的安全工作区是一项非常重要的参数，通过示波器的 SOA 分析功能，可以快速有效的确定器件的工作是否安全，确保产品安全可靠。