

# 三安第二代碳化硅平台功率器件在 CLLC 的应用

全“芯”设计，高效可靠

AN2026-B01 应用文档



作者：三安半导体 高级应用工程师 许亚坡、杨青海、张建山

审阅：姚晨

随着新能源汽车不断普及，用户对充电速度的要求不断提高，传统硅基功率器件因为开关频率低、高频损耗大，难以满足高功率需求。第三代宽禁带半导体材料的碳化硅具有高临界电场强度、耐高温、高热导率等特性，支持高压高频高温工作，能够突破硅基材料的瓶颈。

碳化硅凭借着优异的物理特性和高频性能优势，正逐步成为高功率、高效率、高压 OBC 的核心器件，不断推动电动汽车充电速度、效率和智能化水平的跃升。随着成本下降和技术成熟，SiC 基 OBC 将主导下一代新能源汽车充电系统。

针对高压 OBC 应用场景，三安半导体推出了优化升级的第二代碳化硅平台，该平台产品已经在汽车领域可靠应用，实现了批量上车。基于此平台的车规级 1200V/60mΩ SiC MOSFET 功率器件，如图 1 所示，持续导通电流 33A，同比其它产品具有更低的导通电阻  $R_{DS(on)}$ 、更少的开关电荷损耗  $E_{oss}$  以及更小的漏极泄漏电流  $I_{bss}$ 。

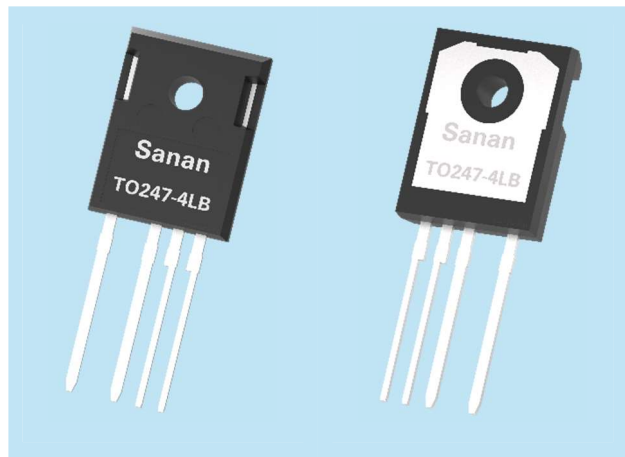
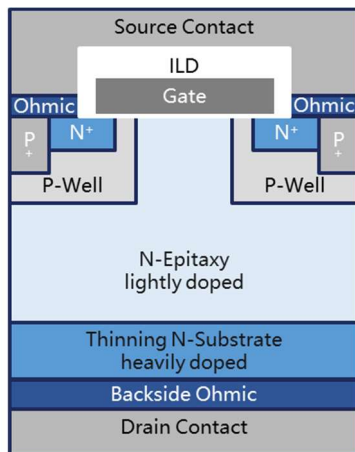


图 1 基于三安第二代碳化硅平台的 1200V/60mΩ SiC MOSFET

基于第二代碳化硅平台的 1200V/60mΩ 器件相比第一代的器件在多个性能维度上的品质因数均有大幅改善，如图 2 所示，第二代平台的产品拥有更低的比导通电阻和驱动损耗、更好的硬开关和软开关性能以及轻载效率，能够助力车载 OBC 产品往高可靠性、小型化、高效化、低成本方向快速推进。



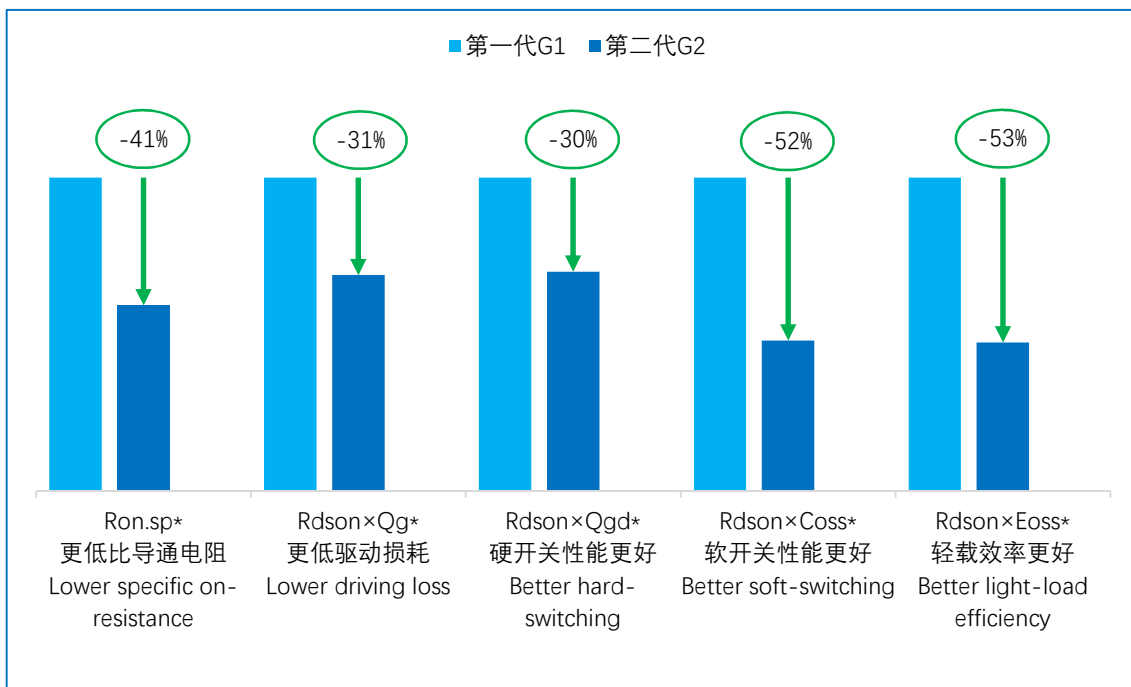


图 2 三安第二代碳化硅平台器件品质因数与第一代的归一化对比

为了全面评估第二代碳化硅平台功率器件电气性能，三安半导体自主设计了 1200V SiC MOSFET 6.6kW CLLC 性能评估板，如图 3 所示，图 4 为对应评估板的电路拓扑简图。评估板采用带同步整流的 CLLC 电路，可以实现双向功率变换，能够快速评估 SiC MOSFET 功率器件在车载高压充电应用场合下的电气性能。

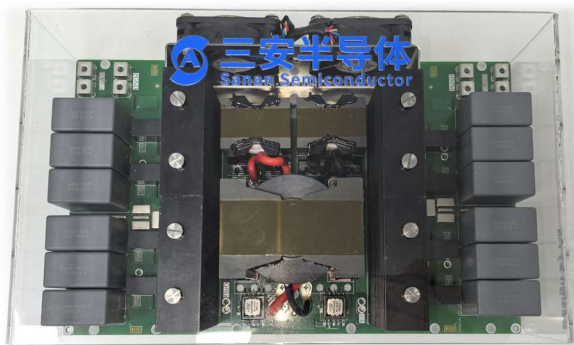


图 3 三安 CLLC 评估板实物图及 SiC MOSFET 功率器件

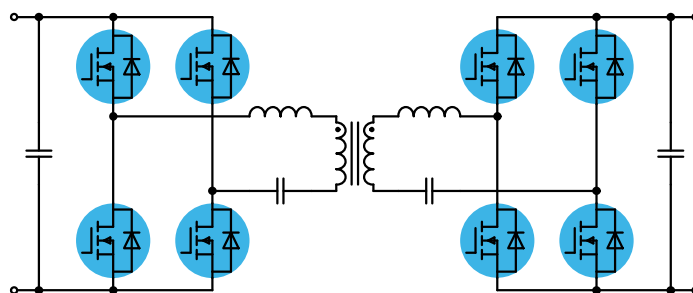


图 4 CLLC 评估板拓扑简图



1200V/60mΩ 器件在 CLLC 性能评估板上的工作波形如下所示。图 5 为直流输入 400V、半载 3.3kW 输出的工作波形；图 6 为直流输入 750V、满载 6.6kW 输出的工作波形。其中 Ch1（棕色）、Ch5（橙色）分别为 SiC MOSFET 桥臂上下开关管的  $V_{gs}$  电压，Ch2（浅蓝色）、Ch6（紫色）分别为变压器原边、副边电流，Ch3（红色）、Ch4（绿色）分别为 SiC MOSFET 桥臂上下开关管的  $V_{ds}$  电压，Math1（黄色）为等效的变压器激磁电流。在 400V 到 750V 输入电压段，1200V/60mΩ 器件均表现出优异的开关特性，满足高压车载充电的性能需求。

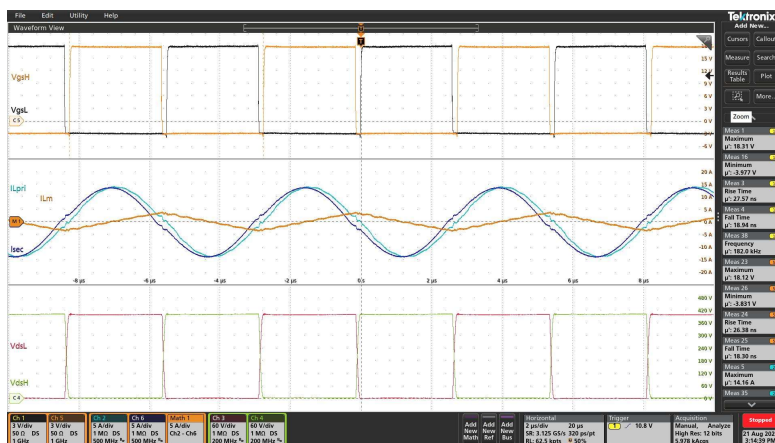


图 5 直流输入 400V，半载输出工作波形

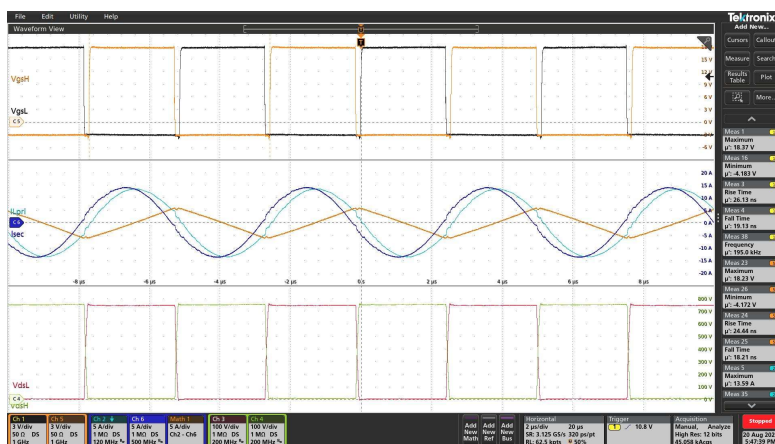


图 6 直流输入 750V，满载输出工作波形

采用 1200V/60mΩ 器件的 CLLC 性能评估板其效率表现如图 7 所示。直流输入 400V、半载 3.3kW 输出下，CLLC 评估板的效率为 98.03%；直流输入 750V、满载 6.6kW 输出下，CLLC 评估板的效率最高达 98.69%。在不同输入电压、不同输出功率下，经过 3 小时的短时间老化测试，CLLC 评估板的效率均无明显变化，基于三安第二代碳化硅平台的 1200V/60mΩ 器件表现出良好的稳定性。



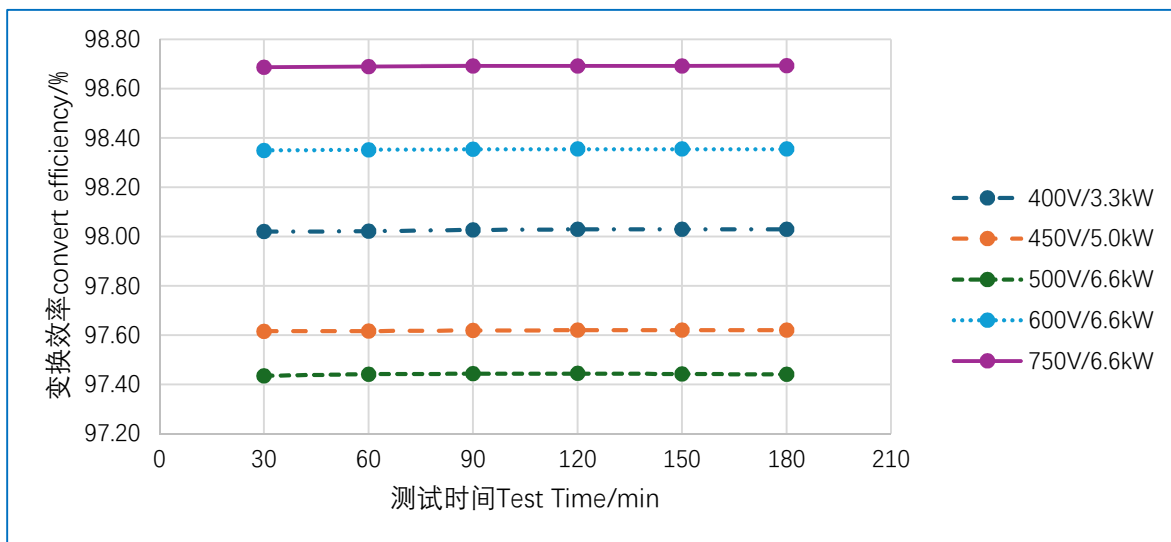


图 7 不同输入电压/输出功率的测试效率

CLLC 评估板采用风冷散热方式，可 PWM 调速的风机型号为 DV05028B12U，利用 CLLC 原副边的功率器件散热器、PCB 板和亚克力上盖板形成风道，隔离变压器和谐振电感位于风道中间，同时满足功率器件和磁性器件的散热需求，接近实际 OBC 产品的散热布局，实现紧凑的热管理设计，发挥碳化硅器件的高频优势，进一步提升评估板的功率密度。图 8 所示为直流输入 400V、半载 3.3kW 输出时，原边功率器件的温度热成像，环境温度 23.4℃，风扇 10% 转速，1200V/60mΩ 器件表面最高温度为 67.9℃；图 9 所示为直流输入 750V、满载 6.6kW 输出时的温度情况，风扇 43% 转速，1200V/60mΩ 器件表面最高温度也不超过 51.7℃。

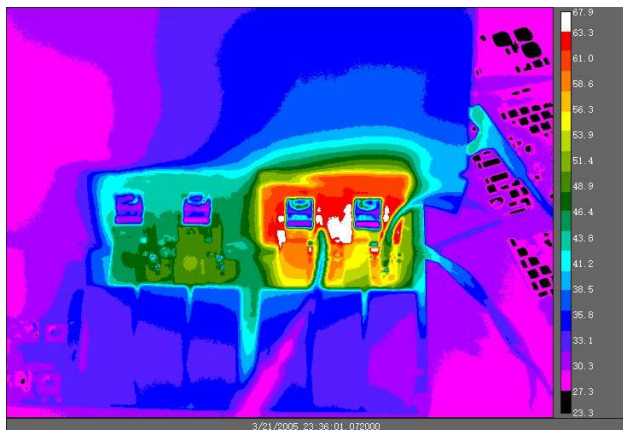


图 8 输入 400V，半载 3.3kW 时 SiC 器件温度

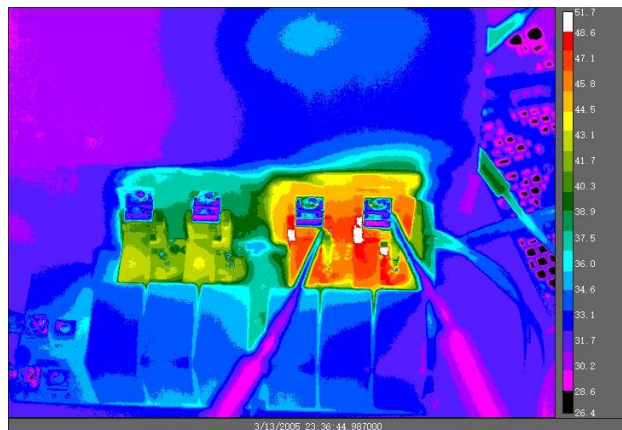


图 9 输入 750V，满载 6.6kW 时 SiC 器件温度

三安半导体第二代碳化硅 MOS 平台已经在国内外一线 Tier1 厂家批量、稳定、可靠供货。三安在 SiC 功率器件工艺平台的技术革新上深耕研发，通过不断迭代优化平台工艺水平和器件性能，致力于提供满足客户各类需求的优质产品。基于三安半导体第二代碳化硅平台器件的优异性能将助力车载充电机系统往高效化、小型化以及低成本方向快速迭代发展，推动车载充电、电机驱动等领域大规模应用碳化硅的技术转型。



## 三安第二代碳化硅平台适合 OBC 应用的产品系列

$V_{DSS}$	$R_{DS(on)}$	Baredie	TO247-4LB	TO263-7L	X2PAK	QDPAK
		芯片	细 Pin-247	贴片底部散热	贴片顶部散热	贴片顶部散热
650V	18m $\Omega$	●	●	○		○
	27m $\Omega$	●	●	●	●	●
	35m $\Omega$	●	●	○	○	○
	50m $\Omega$	●	●	●	●	○
	65m $\Omega$	●	●			
1200V	20m $\Omega$	●	●		○	○
	32m $\Omega$	●	●	○	●	○
	40m $\Omega$	●	●	●	○	●
	60m $\Omega$	●	●	●	●	○
	75m $\Omega$	●	●	●	○	○
1500V	20m $\Omega$					
	32m $\Omega$					
	60m $\Omega$	○		○	○	○

(持续丰富更新, 最新产品详见官网或联系销售)

● MP ○ Samp.

