

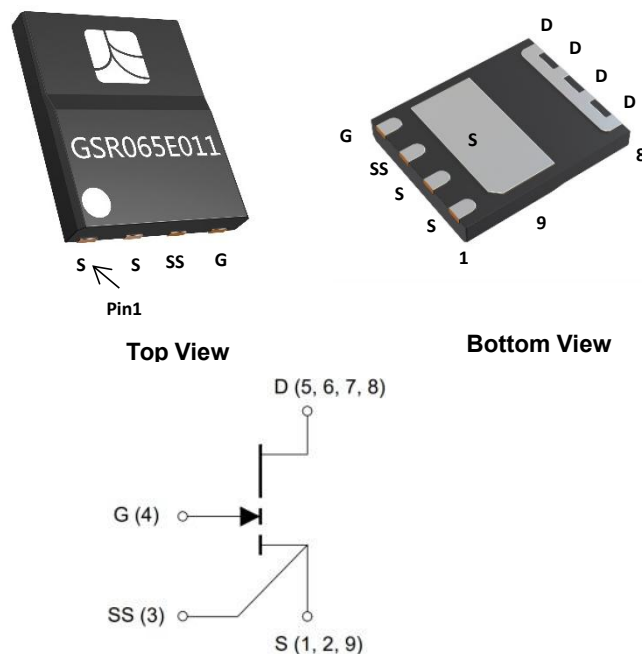


特征

- 650V 增强型功率晶体管
- 底部冷却、小型 8x8 毫米 PDFN 封装
- $R_{DS(on)} = 150 \text{ m}\Omega$
- $I_{DS(max)} = 11 \text{ A}$
- 超低 FOM
- 简单的栅极驱动要求 (0 V to 6 V)
- 瞬态耐受栅极驱动 (-20 V / +10 V)
- 高开关频率 (> 1 MHz)
- 快速且可控的升降时间
- 反向导通能力
- 零反向恢复损耗
- Source Sense (SS) 引脚，用于优化栅极驱动
- 符合 RoHS 3 (6+4) 标准

应用

- 电源适配器
- LED 照明驱动器
- 电池快速充电
- 功率因数校正
- 电器电机驱动器
- 无线功率传输
- 工业电源



说明

GSR065E011 是一种增强型 GaN-on-Silicon 功率晶体管。GaN 的特性允许高电流、高击穿电压和高开关频率。这是一款底部冷却晶体管，可为要求苛刻的大功率应用提供极低的结壳热阻。

GSR 半导体使用先进的外延和设计技术来简化可制造性，同时提高高效电源开关。



绝对最大额定值 ($T_{case} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 除非另有说明)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Operating Junction Temperature	T_J	-55 to +150	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range	T_S	-55 to +150	$^{\circ}\text{C}$
Drain-to-Source Voltage	V_{DS}	650	V
Drain-to-Source Voltage - transient (Note 1)	$V_{DS(transient)}$	850	V
Gate-to-Source Voltage	V_{GS}	-10 to +7	V
Gate-to-Source Voltage - transient (Note 1)	$V_{GS(transient)}$	-20 to +10	V
Continuous Drain Current ($T_{case} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)	I_{DS}	11	A
Continuous Drain Current ($T_{case} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$)	I_{DS}	7.2	A
Pulse Drain Current (Pulse width 10 μs , $V_{GS} = 6\text{ V}$) (Note 2)	$I_{DS\text{ Pulse}}$	19	A

(1) 对于 $\leq 1\text{ }\mu\text{s}$

(2) 由产品设计和表征定义。在生产过程中, 该值未测试到全电流

热特性 (典型值, 除非另有说明)

Parameter	Symbol	Value	Units
Thermal Resistance (junction-to-case) – bottom side	$R_{\theta JC}$	1.4	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance (junction-to-ambient) (Note 3)	$R_{\theta JA}$	36	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Maximum Soldering Temperature (MSL3 rated)	T_{SOLD}	260	$^{\circ}\text{C}$

(3) 器件安装在 1.6 mm PCB 厚度 FR4、PCB 四层板, 每层有 2 盎司铜。导热垫下方的导热过孔建议直径为 0.3 mm (12 mil), 间距为 0.635 mm (25 mil)。散热焊盘和漏极焊盘下方的铜层均为 25 x 25 mm²。PCB 水平安装, 无需气流冷却。



电气特性 ($T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{GS} = 6\text{ V}$ 除非另有说明)

Parameters	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Drain-to-Source Blocking Voltage	$V_{(BL)DSS}$	650			V	$V_{GS} = 0\text{ V}$, $I_{DSS} \leq 18\text{ }\mu\text{A}$
Drain-to-Source On Resistance	$R_{DS(on)}$		150	195	$\text{m}\Omega$	$V_{GS} = 6\text{ V}$, $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_{DS} = 3.2\text{ A}$
Drain-to-Source On Resistance	$R_{DS(on)}$		380		$\text{m}\Omega$	$V_{GS} = 6\text{ V}$, $T_J = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_{DS} = 3.2\text{ A}$
Gate-to-Source Threshold	$V_{GS(th)}$	1.1	1.7	2.6	V	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_{DS} = 2.4\text{ mA}$
Gate-to-Source Current	I_{GS}		57		μA	$V_{GS} = 6\text{ V}$, $V_{DS} = 0\text{ V}$
Gate Plateau Voltage	V_{plat}		3.5		V	$V_{DS} = 400\text{ V}$, $I_{DS} = 11\text{ A}$
Drain-to-Source Leakage Current	I_{DSS}		0.7	18	μA	$V_{DS} = 650\text{ V}$, $V_{GS} = 0\text{ V}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
Drain-to-Source Leakage Current	I_{DSS}		143		μA	$V_{DS} = 650\text{ V}$, $V_{GS} = 0\text{ V}$ $T_J = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
Internal Gate Resistance	R_G		1.4		Ω	$f = 5\text{ MHz}$
Input Capacitance	C_{iss}		70		pF	$V_{DS} = 400\text{ V}$ $V_{GS} = 0\text{ V}$ $f = 100\text{ kHz}$
Output Capacitance	C_{oss}		20		pF	
Reverse Transfer Capacitance	C_{rss}		0.4		pF	
Effective Output Capacitance, Energy Related (Note 4)	$C_{O(ER)}$		30		pF	$V_{GS} = 0\text{ V}$ $V_{DS} = 0\text{ to }400\text{ V}$
Effective Output Capacitance, Time Related (Note 5)	$C_{O(TR)}$		47		pF	
Total Gate Charge	Q_G		2.2		nC	$V_{GS} = 0\text{ to }6\text{ V}$ $V_{DS} = 400\text{ V}$
Gate-to-Source Charge	Q_{GS}		0.7		nC	
Gate-to-Drain Charge	Q_{GD}		0.7		nC	
Output Charge	Q_{OSS}		19		nC	$V_{GS} = 0\text{ V}$, $V_{DS} = 400\text{ V}$
Reverse Recovery Charge	Q_{RR}		0		nC	

(4) $C_{O(ER)}$ 是固定电容, 当 V_{DS} 从 0 V 上升到规定值时, 它将提供与 C_{OSS} 相同的存储能量。

(5) $C_{O(TR)}$ 是固定电容, 当 V_{DS} 从 0 V 上升到规定的 V_{DS} 时, 它将提供与 C_{OSS} 相同的充电时间。



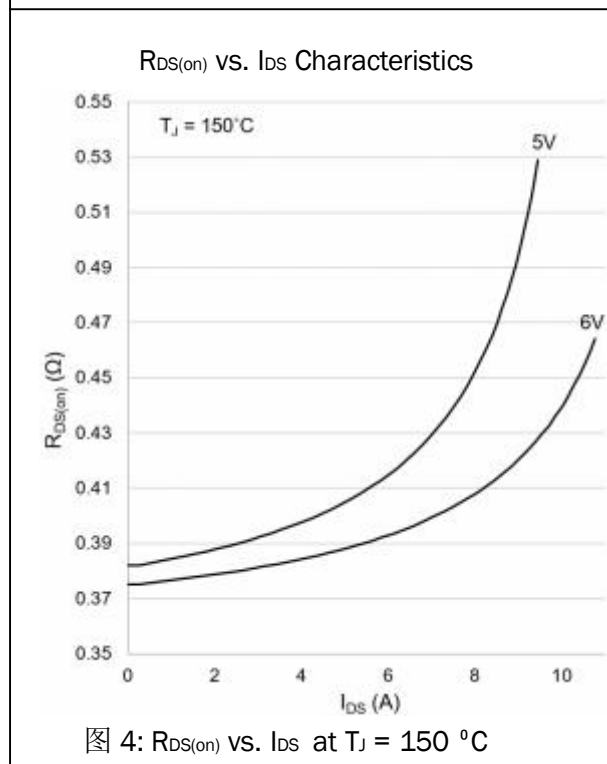
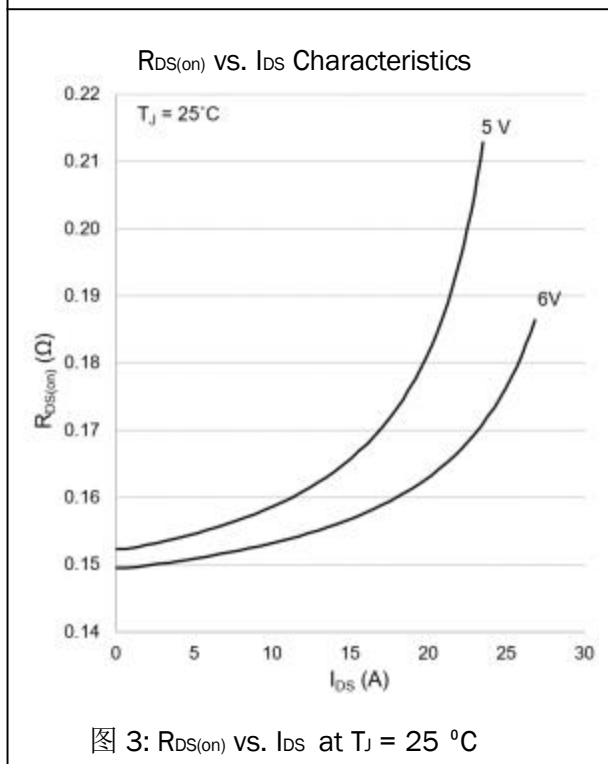
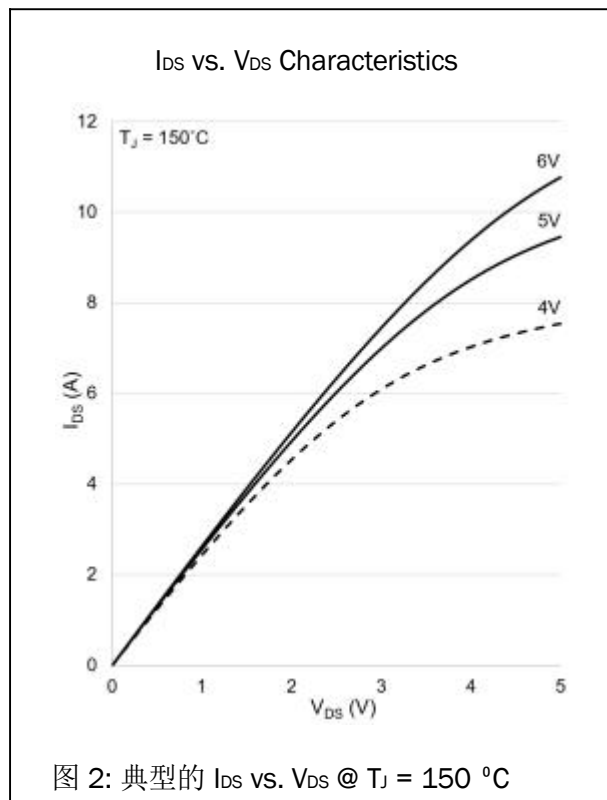
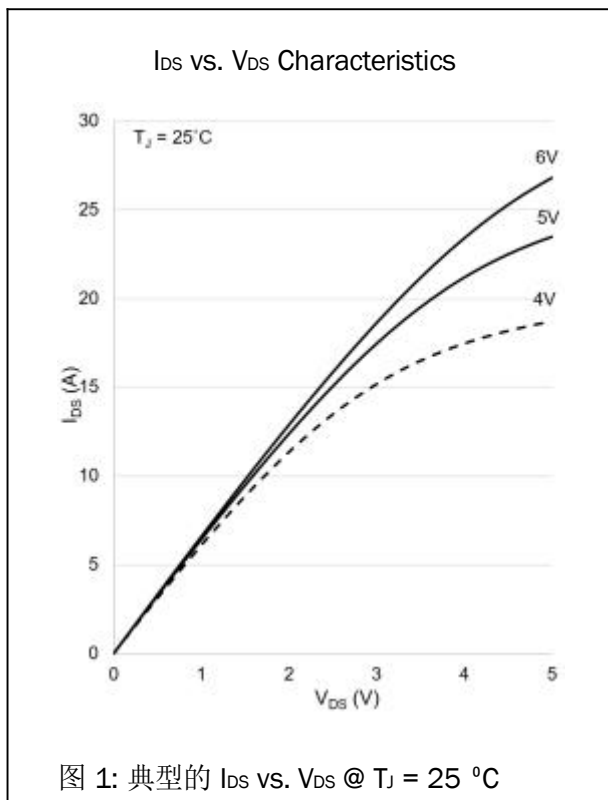
电气特性（续）（ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{GS} = 6\text{ V}$ 除非另有说明）

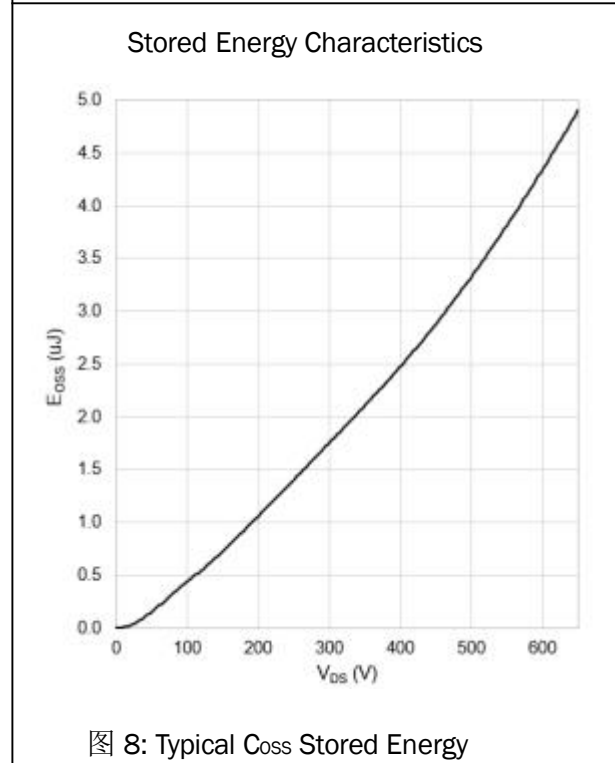
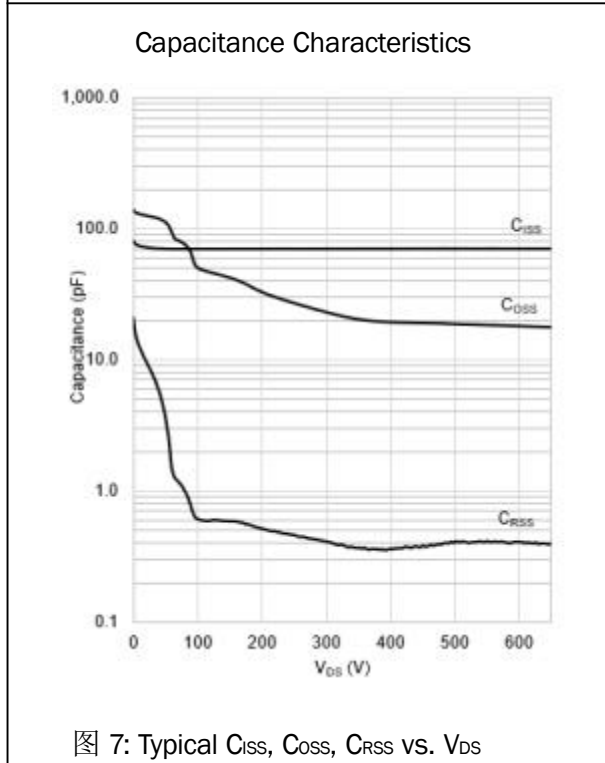
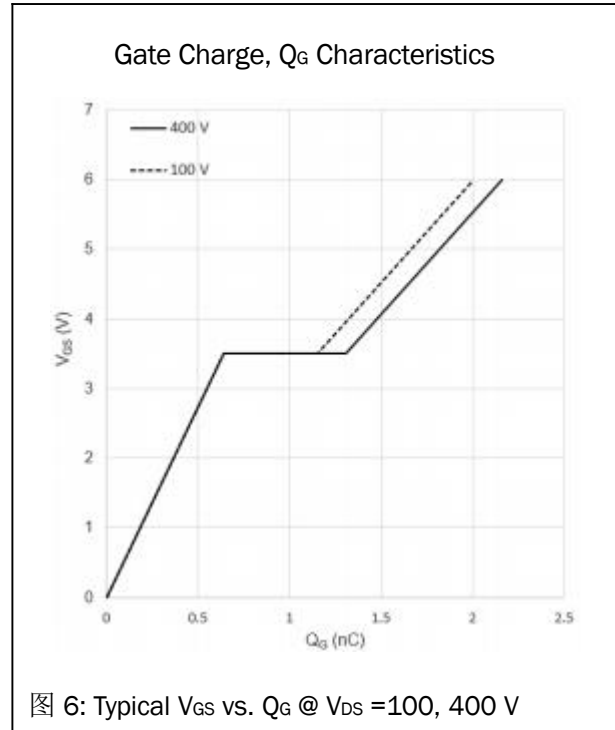
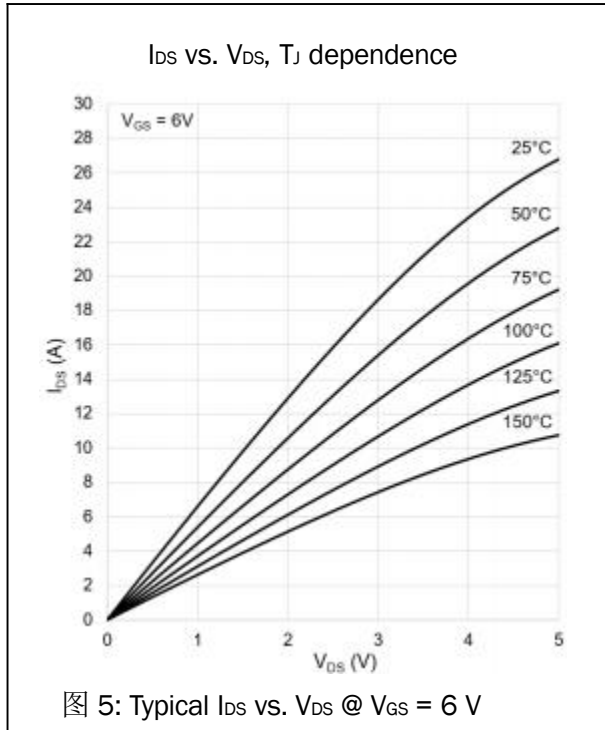
Parameters	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Turn-On Delay	$t_{D(on)}$		5		ns	$V_{DD} = 400\text{ V}$, $V_{GS} = 0\text{--}6\text{ V}$, $I_{DS} = 6\text{ A}$, $R_{G(on)} = 15\text{ }\Omega$, $R_{G(off)} = 2\text{ }\Omega$, $L = 300\text{ }\mu\text{H}$, $L_P = 9\text{ nH}$ (Notes 6,7,8)
Rise Time	t_R		5		ns	
Turn-Off Delay	$t_{D(off)}$		8		ns	
Fall Time	t_F		10		ns	
Switching Energy during turn-on	E_{on}		20		μJ	
Switching Energy during turn-off	E_{off}		5.8		μJ	$V_{DS} = 400\text{ V}$ $V_{GS} = 0\text{ V}$, $f = 100\text{ kHz}$
Output Capacitance Stored Energy	E_{OSS}		2.4		μJ	

- (6) 参见图 16 的开关测试电路图
(7) 参见图 17 了解开关时间定义波形
(8) L_P =寄生电感



电气性能曲线图







电气性能图表

反向传导特性

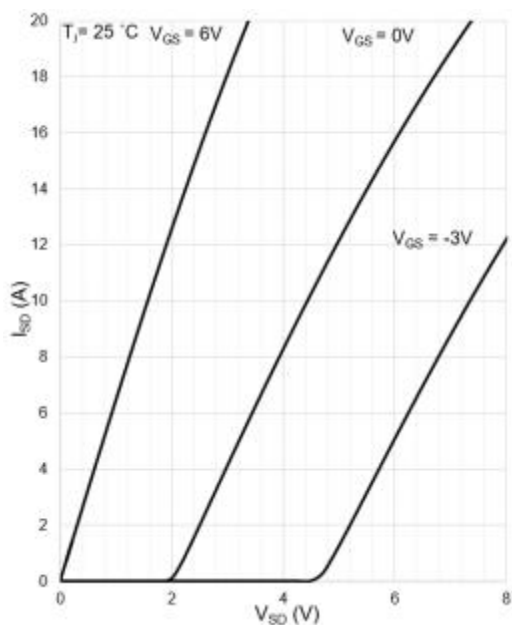


图 9: Typical I_{SD} vs. V_{SD} @ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

反向传导特性

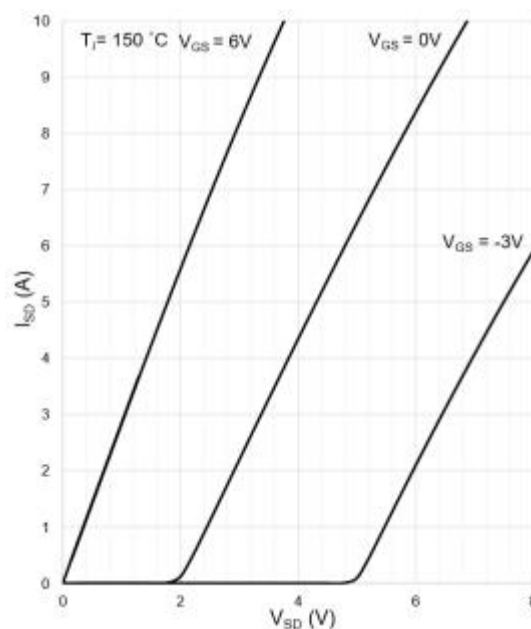


图 10: Typical I_{SD} vs. V_{SD} @ $T_J = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

I_{DS} vs. V_{GS} Characteristics

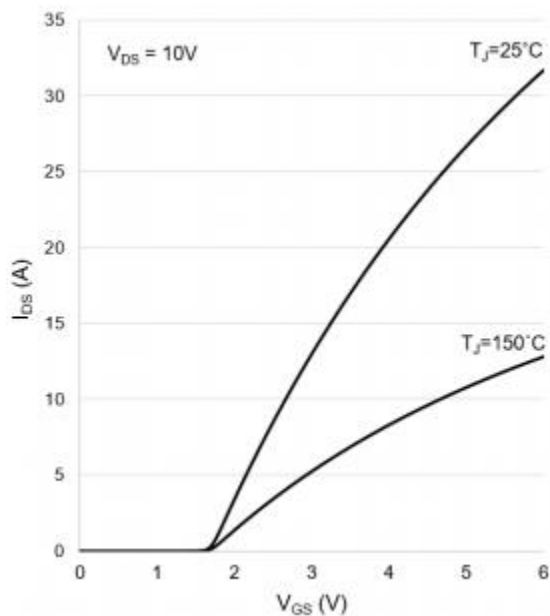


图 11: Typical I_{DS} vs. V_{GS}

$R_{DS(on)}$ Temperature Dependence

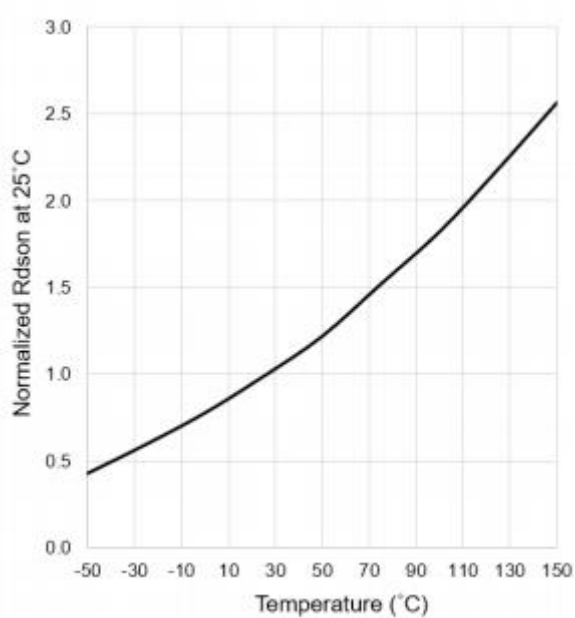
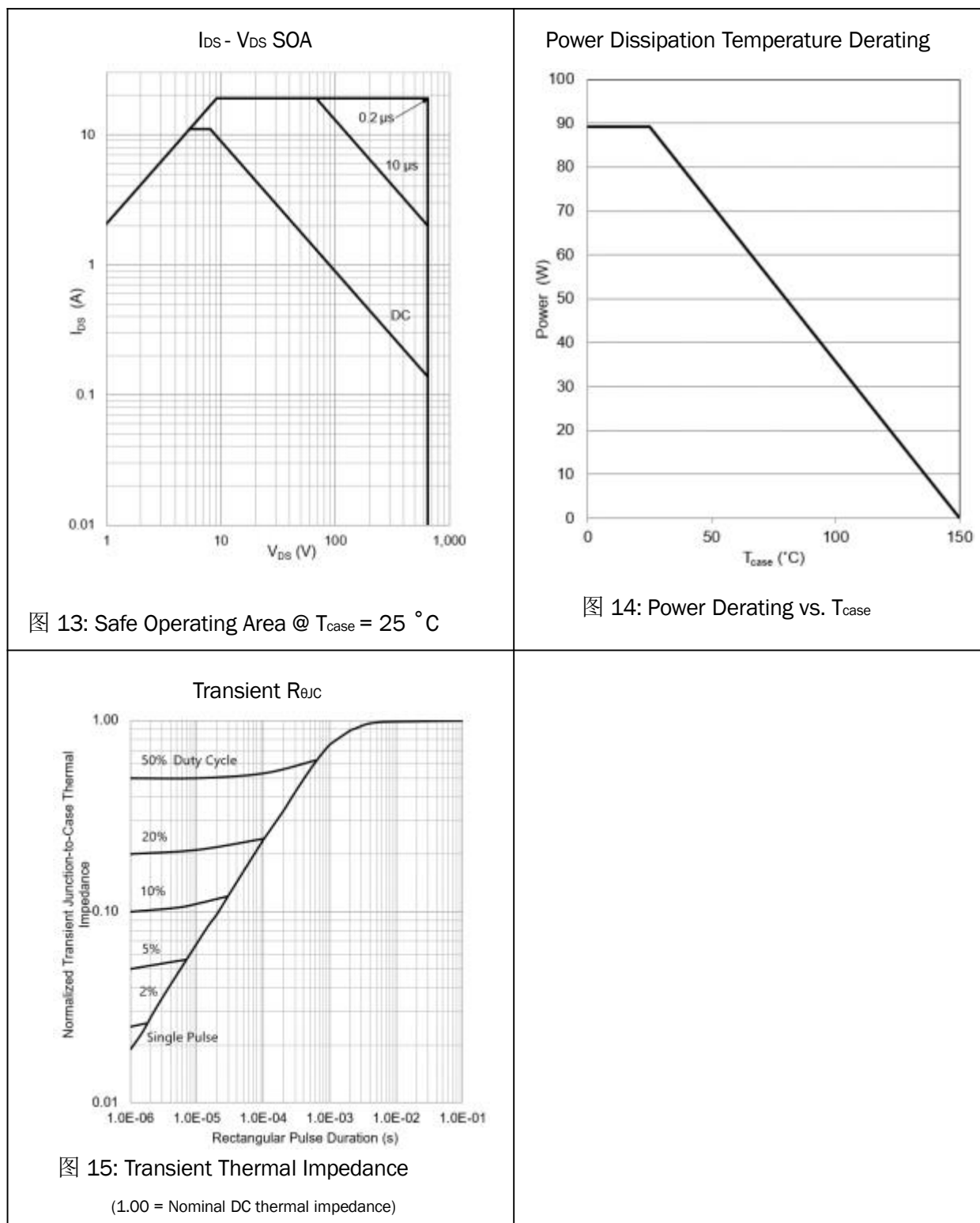


图 12: Normalized $R_{DS(on)}$ as a function of T_J



热性能图表



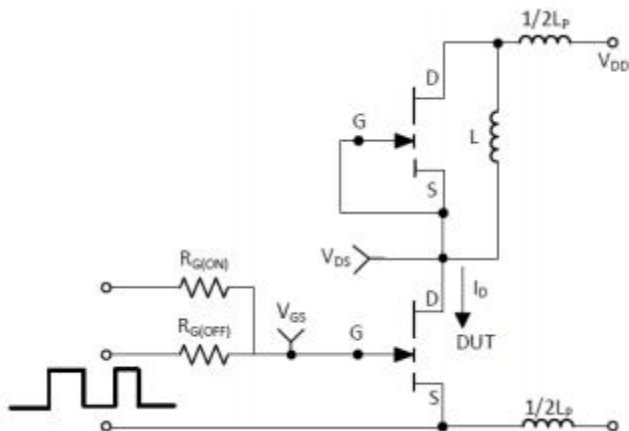


图 16: 开关测试电路

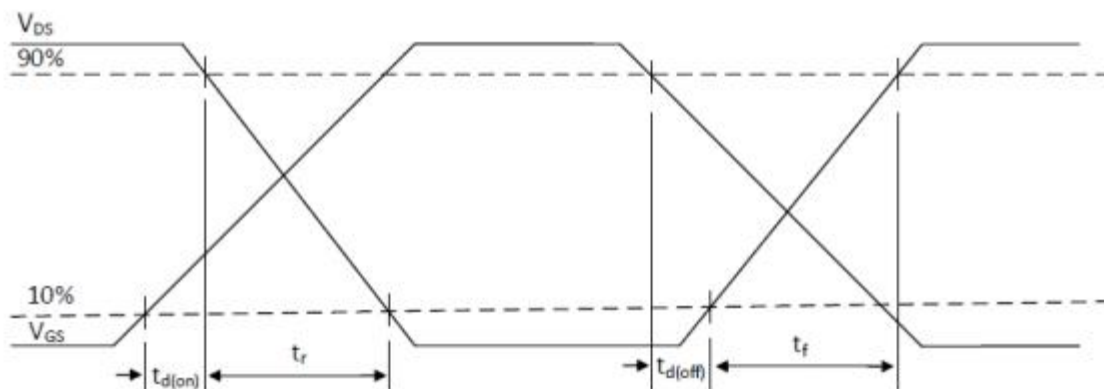


图 17: 开关时间波形



栅极驱动器

推荐的栅极驱动电压范围 V_{GS} 为 0 V 至 +6 V，以获得最佳 $R_{DS(on)}$ 性能。此外，最大额定值 $V_{GS(AC)}$ 的重复栅极电压为 +7 V 至 -10 V。对于高达 100 μs 的脉冲，栅极可以承受高达 +10 V 和 -20 V 的非重复瞬态。这些规格允许设计人员轻松使用 6.0 V 或 6.5 V 栅极驱动设置。在 6 V 栅极驱动电压下，增强型高电子迁移率晶体管(E-HEMT)完全增强并达到其最佳效率点。可以使用 5 V 栅极驱动器，但可能会导致运行效率降低。E-HEMT 本质上不需要负栅极偏置来关闭。负栅极偏压，通常 $V_{GS} = -3 V$ ，可确保安全运行以抵御栅极上的电压尖峰，但如果驱动不当，可能会增加反向传导损耗。

与硅 MOSFET 类似，可以使用外部栅极电阻器来控制开关速度和压摆率。可能需要调整电阻器以达到所需的转换速率。建议降低关断栅极电阻 $R_G(OFF)$ 以获得更好的抗交叉传导能力。

可以使用标准 MOSFET 驱动器，前提是它支持 6 V 用于栅极驱动，并且 UVLO 适用于 6 V 操作。推荐使用低阻抗和高峰值电流的栅极驱动器以实现快速开关速度。与同等尺寸的 $R_{DS(on)}$ MOSFET 相比，GSR Semiconductors 的 E-HEMT 的 Q_g 明显降低，因此可以通过更小、成本更低的栅极驱动器实现高速。

一些非隔离式半桥 MOSFET 驱动器由于其高欠压锁定阈值而与 6 V 栅极驱动不兼容。此外，用于高侧栅极驱动的简单自举方法可能无法对栅极电压提供严格的容差。因此，在选择和使用半桥驱动器时应特别小心。

并行操作

在 PCB 上设计宽轨道或多边形以将栅极驱动信号分配给多个器件。保持每个器件的驱动回路长度尽可能短且长度相等。

GaN 增强型 HEMT 具有正温度系数导通电阻，有助于平衡电流。但是，由于器件开关速度特别快，因此应特别注意驱动电路和 PCB 布局。建议在所有并联器件上采用对称 PCB 布局和相等的栅极驱动回路长度（如果可能，星形连接）以确保平衡的动态电流共享。建议在每个栅极上添加一个小栅极电阻器 (1-2 Ω) 以最小化栅极寄生振荡。



源传感

该封装具有专用源检测引脚，如果创建专用栅极驱动信号开尔文连接，则可通过消除常见源电感来增强开关性能。这可以通过将来自驱动器的栅极驱动信号连接到栅极焊盘并从源感应焊盘返回到驱动器接地参考来实现。

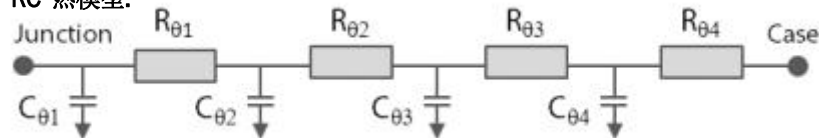
导热

基板在内部连接到封装底部的源/热焊盘。晶体管设计为使用印刷电路板进行冷却。漏极焊盘的导热性不如导热焊盘。但是，可以通过在此焊盘下方添加更多铜来降低封装温度改善热性能。

热模型

RC 热模型可用于支持使用 SPICE 进行详细的热仿真。热模型是使用 Cauer 模型创建的，这是一种 RC 网络模型，它反映了我们设备的真实物理特性和封装结构。这种方法允许我们的客户通过添加额外的 R_{θ} 和 C_{θ} 来模拟热界面材料 (TIM) 或散热器，从而将热模型扩展到他们的系统。

RC 热模型:



RC breakdown of $R_{\theta JC}$

R_{θ} ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	C_{θ} ($\text{Ws}/^{\circ}\text{C}$)
$R_{\theta 1} = 0.08$	$C_{\theta 1} = 3.0\text{E-}05$
$R_{\theta 2} = 0.9$	$C_{\theta 2} = 3.0\text{E-}04$
$R_{\theta 3} = 0.38$	$C_{\theta 3} = 3.5\text{E-}03$
$R_{\theta 4} = 0.04$	$C_{\theta 4} = 2.6\text{E-}03$

反向传导

GSR 半导体增强型 HEMT 没有本征体二极管，并且反向恢复电荷为零。这些器件自然具有反向传导能力，并根据栅极电压表现出不同的特性。GSR 半导体晶体管不需要反并联二极管，IGBT 实现反向导通性能的情况就是如此。



导通状态 ($V_{GS} = +6V$): GSR 半导体增强型 HEMT 在导通状态下的反向传导特性类似于硅 MOSFET, I-V 曲线关于原点对称并表现出沟道电阻, $R_{DS(on)}$, 类似于正向传导操作。

关断状态 ($V_{GS} \leq 0V$): 由于 GaN 器件没有寄生二极管, 因此在关断状态下的反向特性不同于硅 MOSFET。在关断状态下, 当栅极电压 (相对于漏极 V_{GD}) 超过栅极阈值电压时, 器件开始导通。此时, 设备表现出通道阻力。这种情况可以建模为 “寄生二极管”, 其 V_F 略高且无反向恢复电荷。

如果在关断状态下使用负栅极电压, 则源极-漏极电压必须高于 $V_{GS(th)} + V_{GS(off)}$ 才能开启器件。因此, 负栅极电压将增加反向电压降 “ V_F ”, 从而增加反向传导损耗。

阻断电压

额定阻断电压 $V_{(BL)DSS}$ 由漏极泄漏电流定义。硬击穿电压比额定 $V_{(BL)DSS}$ 高约 30%。一般情况下, 最大漏极电压应以与 IGBT 或硅 MOSFET 类似的方式降低额定值。所有 GaN E-HEMT 都不会发生雪崩, 因此没有雪崩击穿等级。最大漏源额定值为 650 V, 并且不随负栅极电压而变化。GSR 半导体测试生产的器件使用 850 V 漏源电压脉冲, 以确保阻断电压裕度。

封装和焊接

该封装是标准 PDFN, 它可以承受至少 3 个回流周期。

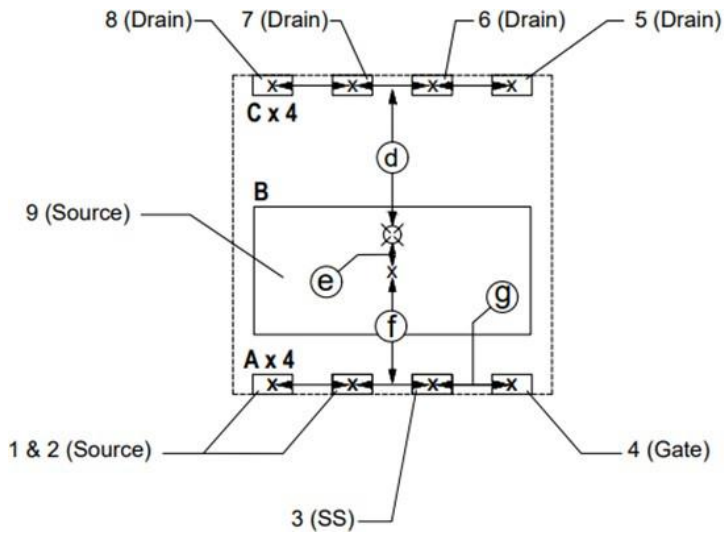
无铅 (Sn-Ag-Cu) 组件的基本温度分布是:

- 预热/浸泡: 60-120 秒。 $T_{min} = 150^\circ C$, $T_{max} = 200^\circ C$
- 回流: 上升速率 $3^\circ C/秒$, 最大值。峰值温度为 $260^\circ C$, 峰值温度在 $5^\circ C$ 以内的时间为 30 秒
- 冷却: 最大下降速率 $6^\circ C/秒$

使用 “免清洗” 焊膏并在高温下操作可能会导致 “免清洗” 助焊剂残留物重新活化。在极端条件下, 可能会产生不需要的传导路径。因此, 当产品在高于 $100^\circ C$ 的温度下运行时, 建议同时清洁 “免清洗” 糊状物残留物。



推荐的 PCB 尺寸



Pad sizes

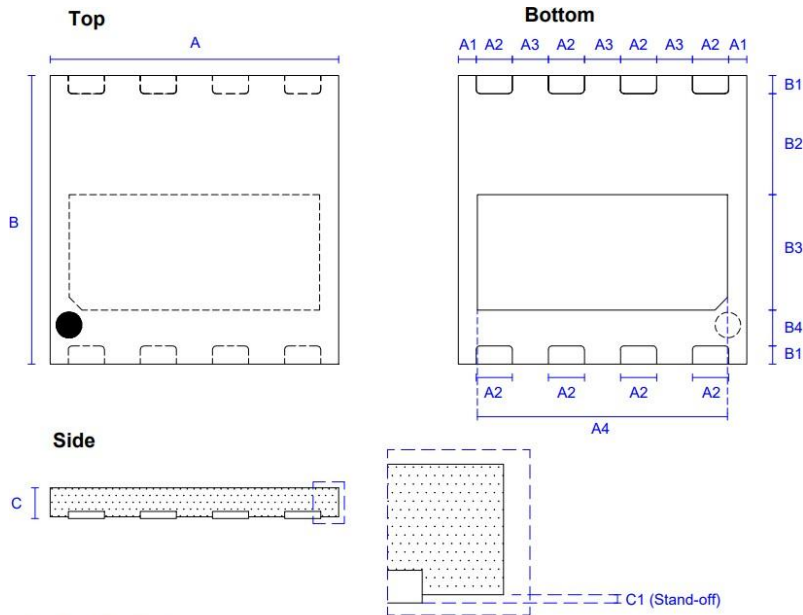
	mm		Inches	
	X (width)	Y (height)	X (width)	Y (height)
A	1.00	0.50	0.039	0.020
B	6.94	3.20	0.273	0.126
C	1.00	0.50	0.039	0.020

	mm	Inches
d	3.75	0.148
e	0.90	0.035
f	2.85	0.112
g	2.00	0.079

PCB pad openings
 Package outline



封装尺寸



	mm	Inches*	
A	8.00	0.315	+/- 0.100 mm (0.004")
A1	0.50	0.020	+/- 0.050 mm (0.002")
A2	1.00	0.039	+/- 0.100 mm (0.004")
A3	1.00	0.039	+/- 0.050 mm (0.002")
A4	6.94	0.273	+/- 0.100 mm (0.004")
B	8.00	0.315	+/- 0.100 mm (0.004")
B1	0.50	0.020	+/- 0.100 mm (0.004")
B2	2.80	0.110	
B3	3.20	0.126	+/- 0.100 mm (0.004")
B4	1.00	0.039	
C	0.90	0.035	+/- 0.050 mm (0.002")
C1	0.03	0.001	+0.02/-0.03 mm (0.001")

*Inch measurements are approximate values

Surface Finish: Sn
Sn: 10-20 μ m