



GN001 应用手册

氮化镓半导体功率器件概述

更新于 2020/05/08

GaN Systems Inc.

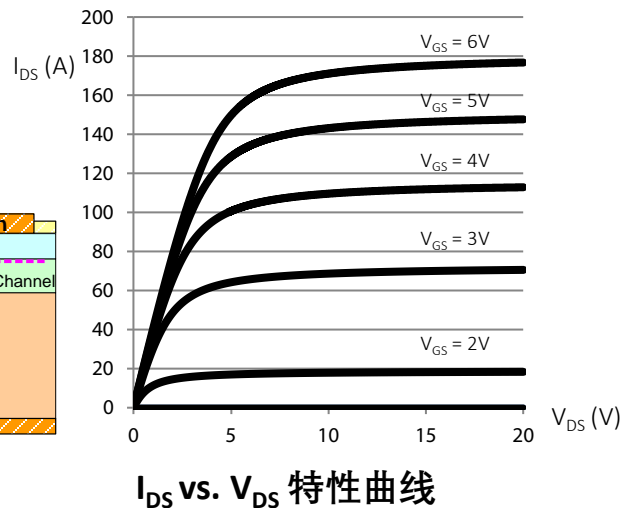
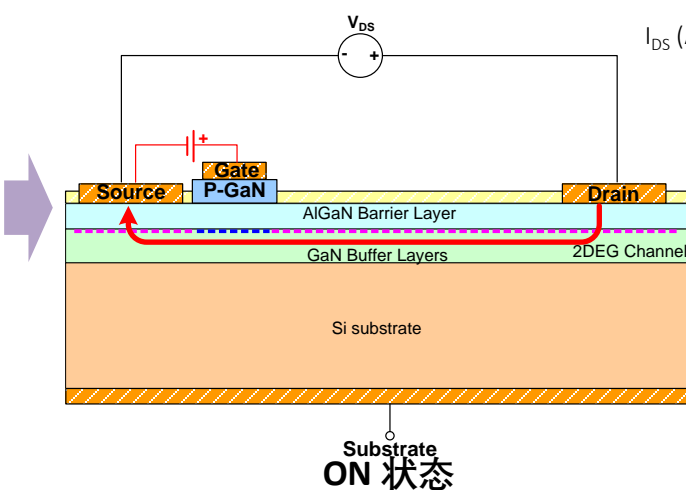
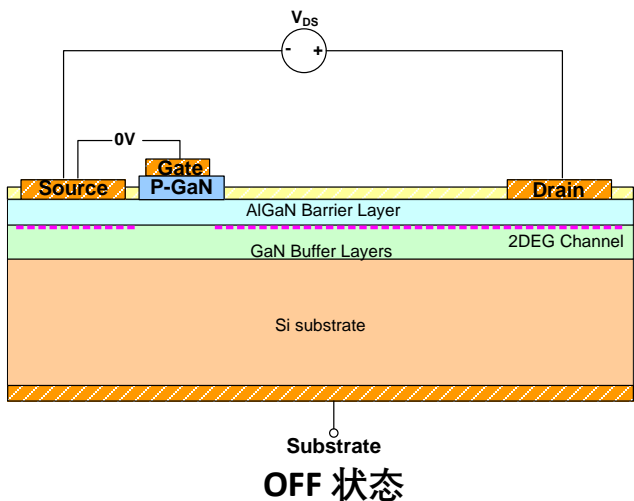


- ❑ 器件原理
 - ❑ 增强型GaN器件原理
 - ❑ GaN Systems易于驱动的GaN功率器件技术简介
- ❑ 器件特性
- ❑ 设计资源

请访问<http://gansystems.com>获取本文件的最新版本

GaN增强型高电子迁移率晶体管(E-HEMT)

- 横向二维电子气体(2DEG) 形成于AlGaN / GaN异质结中，具有极高的电荷密度和迁移率
- 对门极进行p型掺杂，以耗尽二级电子气，保证器件在门极电压为0V时，处于关断状态从而实现长通型器件
- 此技术除了具有更优良的开关性能外，其工作原理类似于MOSFET



与硅MOSFET的共同点

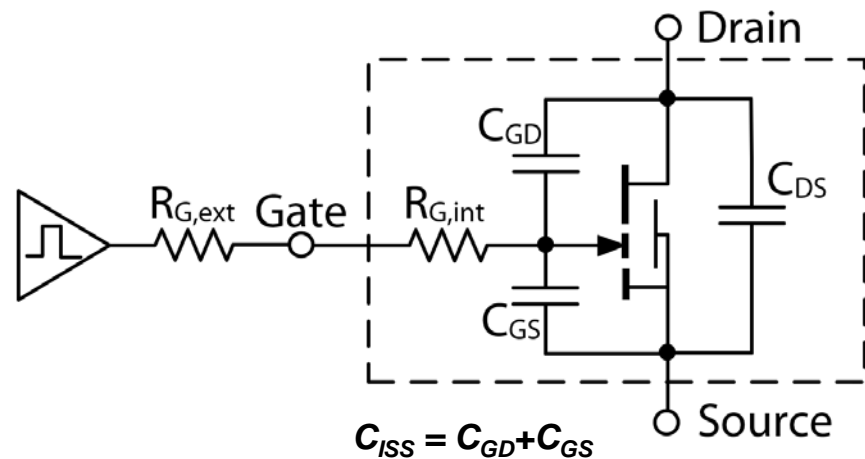
- 真正的增强型器件（常闭型器件）
- 电压型驱动
- 开通后驱动只需要提供门极漏电流 I_{GSS}
- 能够通过改变 R_G 控制开关速度
- 与大部分Si MOSFET驱动芯片兼容

与硅MOSFET的差异

- 极低的 Q_G : 更低的驱动损耗; 更快的开关速度
- 更高的跨导和更低的 V_{GS} : 仅需+5-6V 门极偏置电压即可接通元件
- 更低的 $V_{G(th)}$: 典型值为 1.5V

相比其他增强型GaN器件

- 门极更加可靠: -20/+10V 最大额定
- 无需直流电流驱动门极
- 门极结构简单, 无二极管/PN结



门极偏置等级	GaN Systems GaN E-HEMT	Si MOSFET	IGBT	SIC MOSFET
最大额定值	-20/+10V	-/+20V	-/+20V	-8/+20V
典型门偏置值	0 or -3/+5-6V	0/+10-12V	0 or -9/+15V	-4/+15-20V

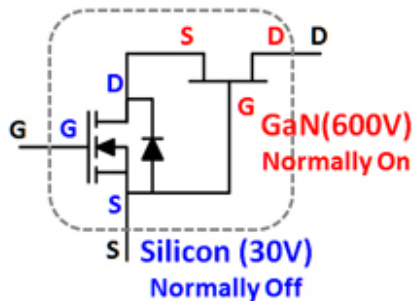
❖ GaN HEMTs 易于驱动, 更多信息请参考应用手册GN012

GaN Systems E-mode HEMT



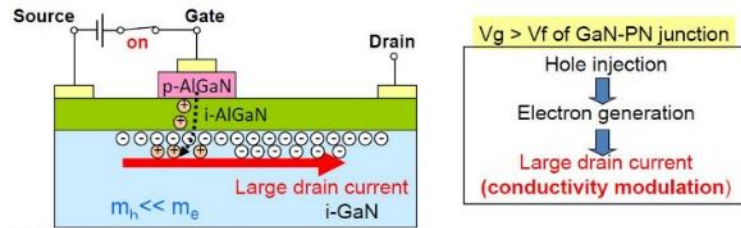
- 真正的增强型器件
- 无附加结构
- 最佳FOM, 最优性能
- 采用GaNPx 嵌入式封装
- 无反向恢复损耗
- 易并联

D-mode GaN (Cascode)



- 采用D-mode 技术
- 开关速度不可控(可能导致EMI问题)
- 复杂结构导致可靠性问题且难以故障排除
- 需要考虑Si/GaN之间的电容匹配, 难扩展
- Si MOSFET 引入反向恢复损耗 (Qrr)
- 难并联

GaN门极注入晶体管 (GIT)

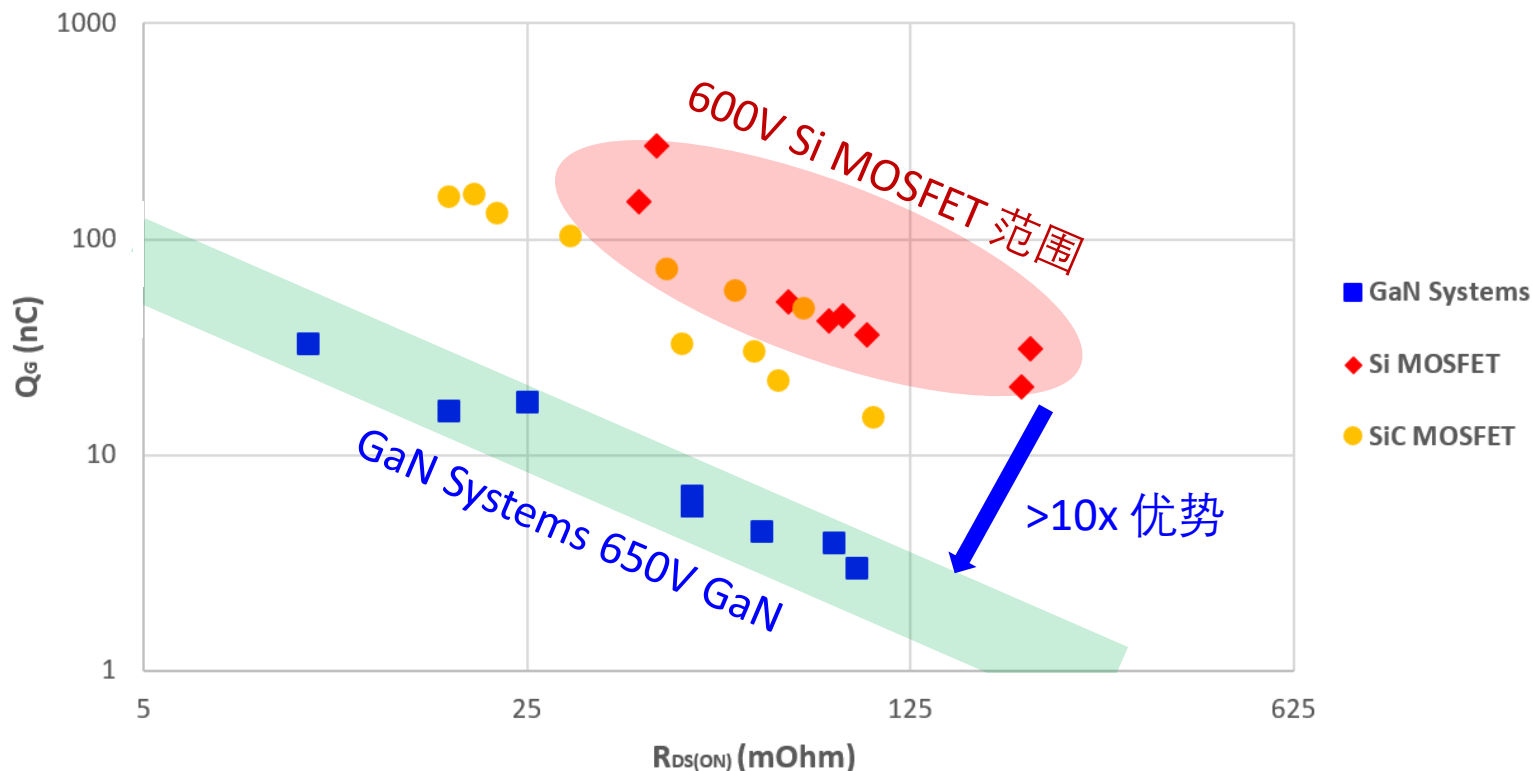


- 门极特性复杂, 电流型驱动(类似于 BJT)
 - 门极电流大且温度依赖性强
 - 并联稳定性差
 - 开关速度慢
 - FOM较差

- 器件原理

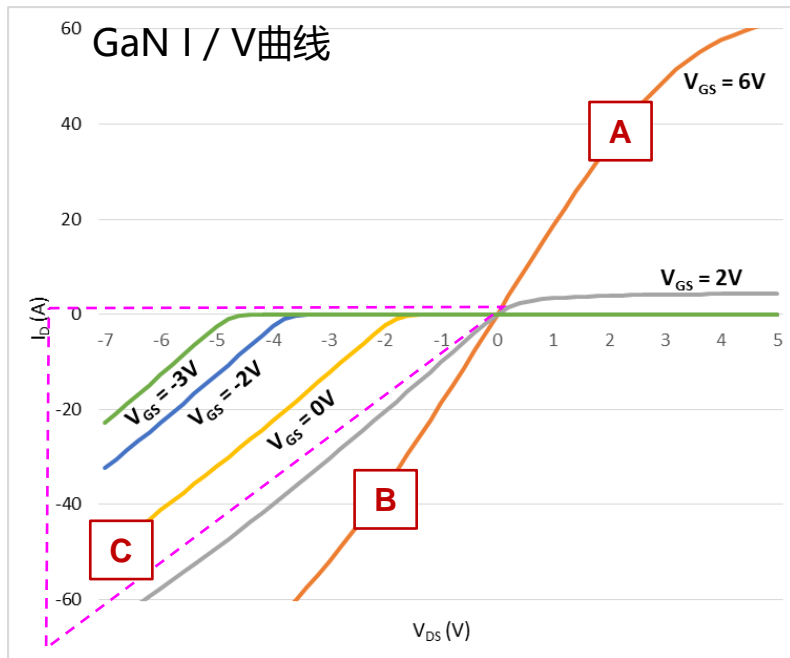
- 器件特性
 - FOM
 - 反向导通特性
 - 零反向恢复损耗
 - 输出电容
 - 开关过程
 - 开关损耗

- 设计资源



650V/600V 电源开关 FOM (Feb.2020 update)

- ❖ 相比于Si和 SiC MOSFETs， GaN Systems GaN器件具有极优的 FOM ($R_{DS(ON)} * Q_G$)。相同 $R_{DS(ON)}$ 情况下， GaN器件所需注入的电荷量更少并且开关过程更快

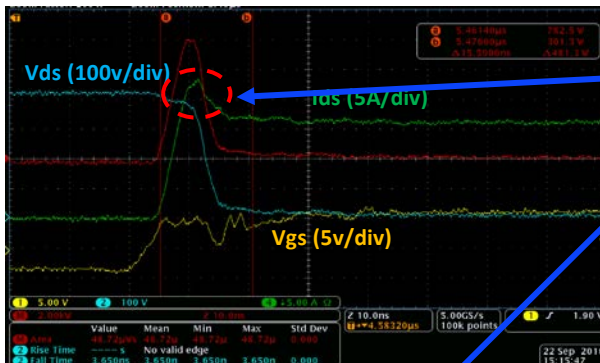
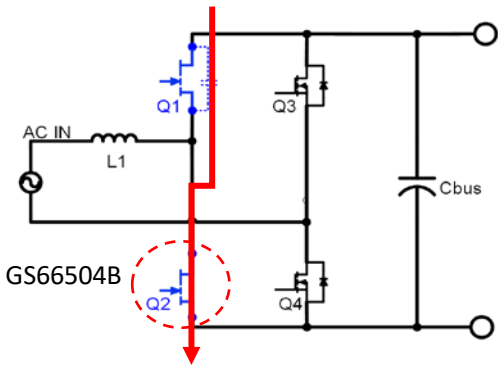


- 当GaN器件关断时(死区内), 2DEG像二极管, 能反向导通。 $V_F = V_{TH(GD)} + V_{GS(OFF)} + I_{SD} * R_{SD(ON)}$

门极	GaN E-HEMT	MOSFET	Si IGBT
A ON			
B ON			
C OFF			

❖ **无体二极管**(不同于Si 或SiC MOSFETs)

❖ 然而, GaN 2DEG可在第三象限内传导-**无需反向并联的二极管** (不同于Si IGBT)

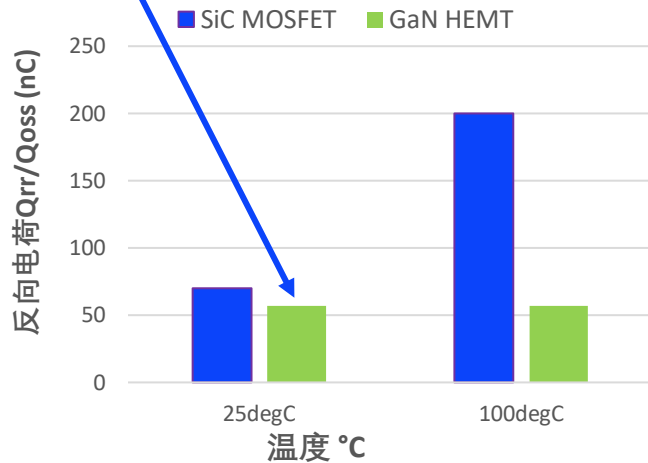
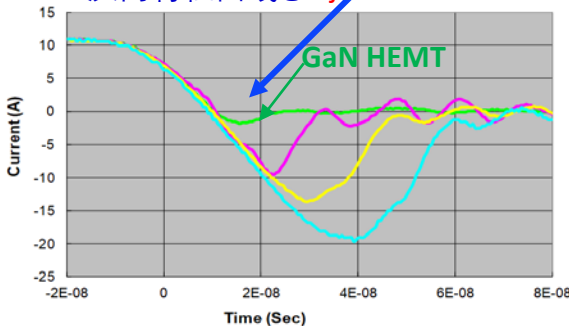
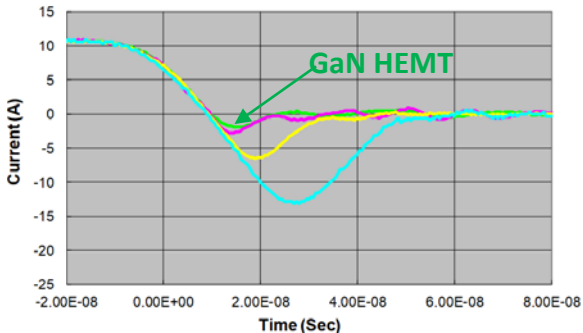


GaN器件:

- 仅有Qoss,
- 零反向恢复

反向特性曲线@ Tj=25°C

反向特性曲线@ Tj=100°C



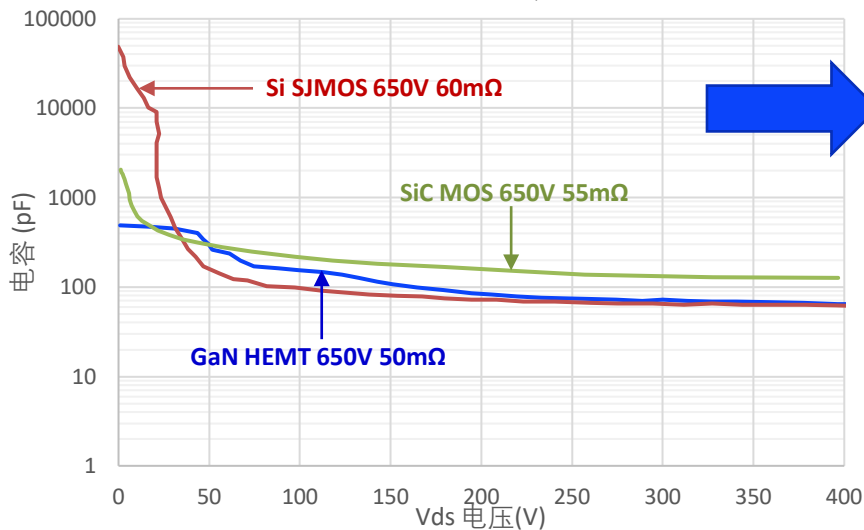
■ GaN HEMT 650V/15A
 ■ SiC MOSFET 650V/120mΩ
 ■ Si MOSFET 650V/15A
 ■ Si 二极管 650V/15A

❖ 零反向恢复可降低开关损耗和EMI噪声

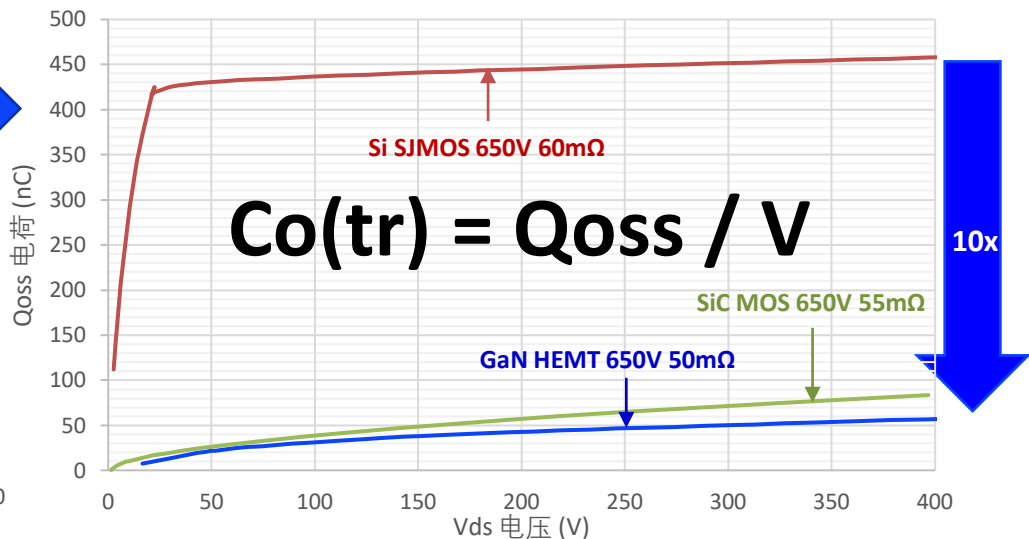
$$\begin{cases} Q_{oss} = C_{o(tr)} \cdot V \\ Q_{oss} = \int_0^{V_{ds}} C_{oss}(v) dv \end{cases}$$

Coss 曲线 → Qoss 曲线 → Co(tr) 值

Coss Vs Vds 电压



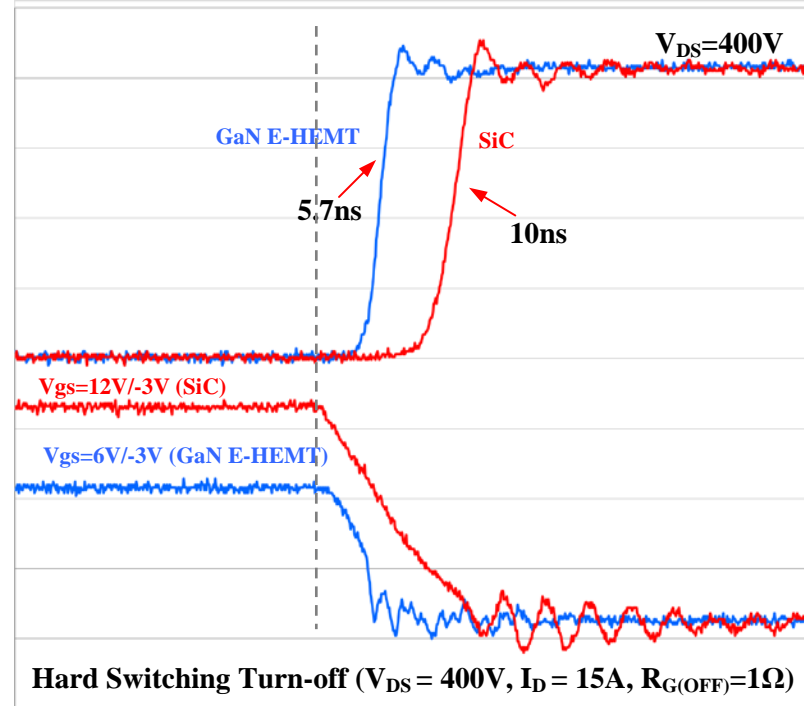
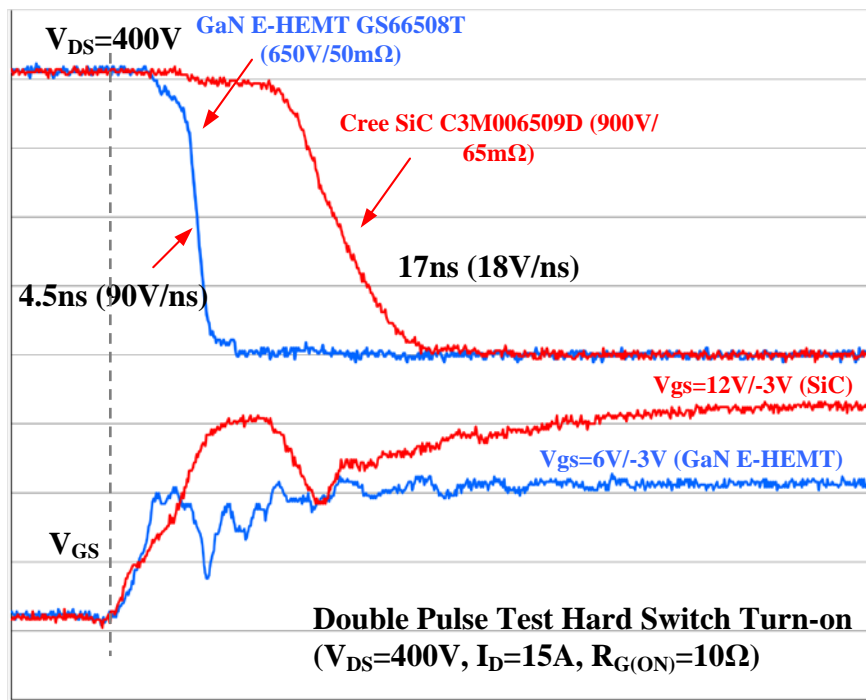
Qoss Vs Vds 电压



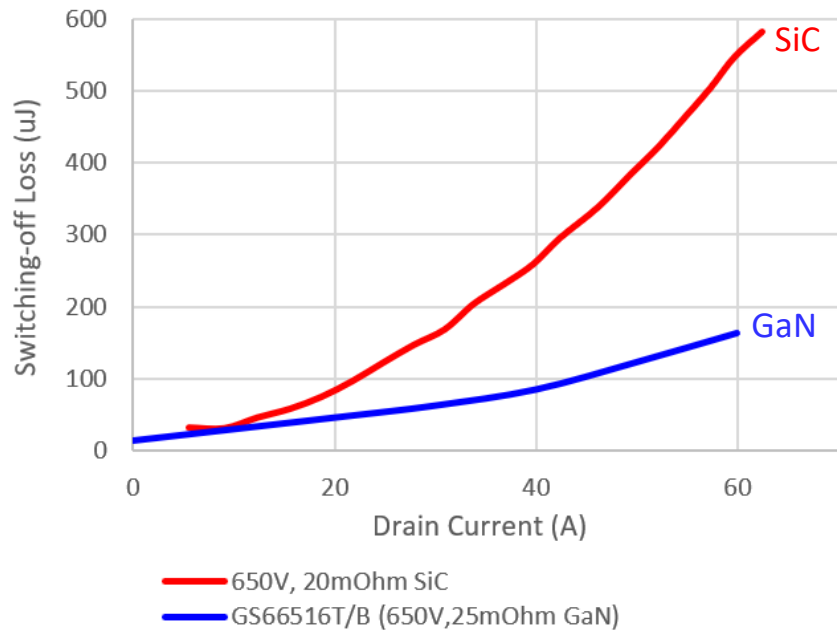
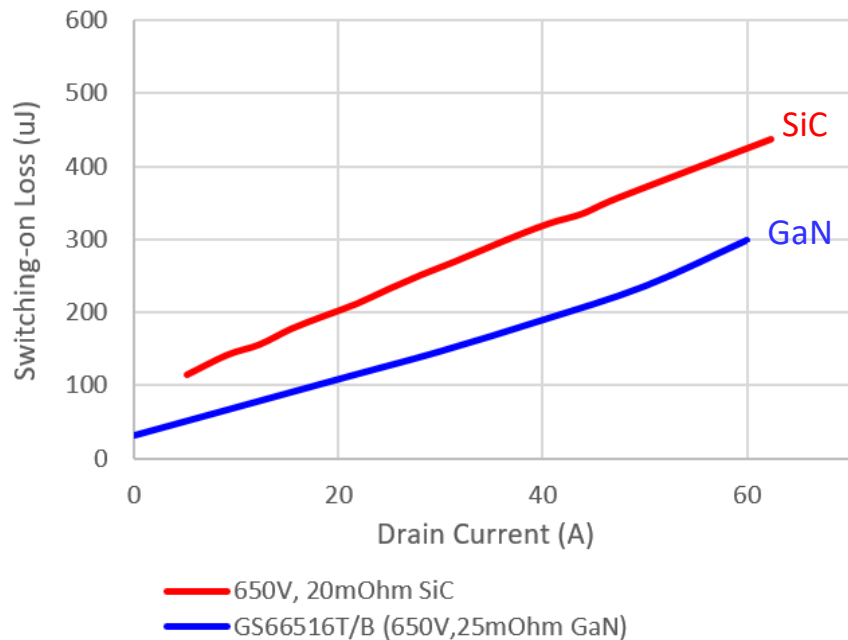
$$C_{o(tr)} = Q_{oss} / V$$

10x

- ❖ Si SJMOS的Co(tr)比GaN高~10倍; SiC MOS的Co(tr)比GaN高~50%.
- ❖ 输出电容越小, 开关损耗越低, 零电压开关 (ZVS) 越容易实现



- ❖ 与同等 $R_{DS(ON)}$ 的SiC MOSFET相比, GaN的开通速度快~4倍, 关断速度快~2倍
- ❖ 更快的开关过程=更低的开关损耗
- ❖ PCB layout对于优化GaN HEMTs的性能至关重要. 更多信息请参考: GN009 <https://gansystems.com/>



❖ GaN HEMT的开关损耗远低于同等 $R_{DS(ON)}$ 的650V SiC MOSFET

- 器件原理
- 器件特性
- 设计资源

GaN Systems 设计中心

• 大量技术文档

- 易找
- 易用



产品 ▾ 设计中心 ▾ 市场 ▾ 新闻 联系 英语 ▾

GaN Systems的设计中心

欢迎。设计中心是您能够找到关于如何使用GaN Systems的器件资源的平台。包括应用手册，评估套件，参考设计等等。

充分利用GaN Systems技术带来的优势



应用手册

- Layout
- 驱动设计
- 器件并联
- 热设计
- 仿真
- 焊接

应用手册

我们独特的氮化镓(GaN)功率器件系列能够设计出体积更小，成本更低，效率更高的电源系统，从而突破基于硅的传统器件的限制。我们的应用指南和设计实例将帮助您了解并充分利用GaN Systems的技术。

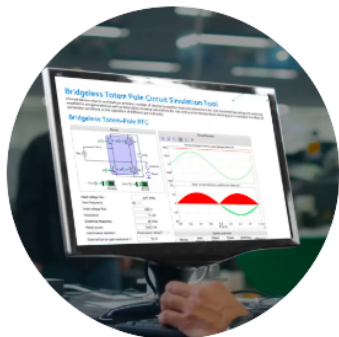
文档 #	标题
GN001	基于GaN增强型HEMT的设计
GN001 日文版	エンハンスメントモードGaN-HEMTを用いたデザイン
GN002	基于顶部散热型GaN PX®封装的器件的散热设计
GN003	高速GaN E-HEMT的测量技巧
GN004	GaN HEMT的并联设计要点
GN005	基于GaN增强型器件的PCB散热设计指南
GN006	GaN HEMT的SPICE模型使用指南及示例
GN007	基于RC热阻SPICE模型的GaN PX®封装的热特性建模
GN008	基于LTSpice的GaN开关损耗的仿真
GN009	GaN E-HEMT的PCB布线考虑
GN010	GaN Systems E-HEMTs的EZDrive™方案
GN011	GaN PX®封装器件的焊接建议

在线仿真工具

欢迎来到GaN Systems电路仿真工具

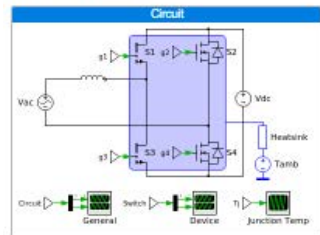
电路仿真工具通过您给定的系统运行参数来帮助您进行系统应用的比较。可选择不同的电源和负载参数，器件并联数量，以及散热参数等等。系统输入输出，器件开关波形，以及器件的损耗与其结温的数据都将被显示。这些使您能够观察并比较通过器件及系统参数的改变带来的不同结果。

- > 无桥图腾柱PFC
- > 单相两电平逆变器
- > 单相三电平半桥逆变器
- > 单相T-型3电平逆变器
- > 隔离半桥LLC变换器
- > 隔离移相全桥变换器
- > 三相牵引逆变器
- > 双有源桥隔离DC/DC变换器



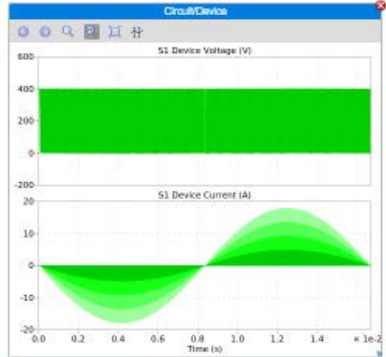
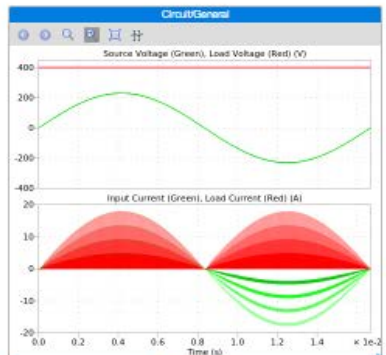
Bridgeless Totem Pole Circuit Simulation Tool

Choose various source and load parameters, number of devices to parallel, heat sink parameters etc. Live simulated operating and switching waveforms are generated as well as data tables showing calculations for loss and junction temperature allowing you to compare the effect of parameter variations or the operation of different parts directly. If you are interested in receiving the PLECS device model for GaN Systems transistors, contact us.



Input voltage Vac: 230 Vrms
Input frequency: 60 Hz
Load voltage Vdc: 400 V
Inductance: 2 mH
Switching frequency: 50 kHz
Rated power: 2000 VA
Load sweep selection: Sweep power rating P_r
Scaling factor for power rating:
 25%
 50%
 75%
 100%
External turn-on gate resistance R_g: 10 Ω
External turn-off gate resistance R_{gd}: 2 Ω
Turn-off gate-source voltage: -2 V
Deadtime: 100 ns
Number of paralleled GaN transistors: 1
Ambient Temperature: 25 °C
R_{th} case to heatsink: 0.05 K/W
R_{th} heatsink to ambient: 0.5 K/W
Heatsink thermal capacitance: 1 J/K
GaN HEMT:
 GS86502B 650 V, 7.5 A, 200 mΩ
 GS86504B 650 V, 15 A, 100 mΩ
 GS86506T 650 V, 22.5 A, 67 mΩ
 GS86508B/T/P 650 V, 30 A, 50 mΩ
 GS86516B/T 650 V, 60 A, 25 mΩ

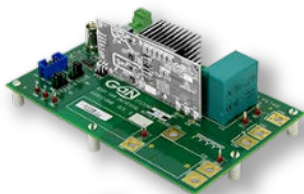
Simulate Hold result



System overview						
GaN Device	MOSFET R _{DS(on)}	Input Voltage	Output Voltage	Power Rating	Switching Frequency	Efficiency
GS86508B/T/P	143 mΩ	230 V	400 V	496 W	50 kHz	99.31 %
GS86508B/T/P	108 mΩ	230 V	400 V	996 W	50 kHz	99.00 %
GS86508B/T/P	82 mΩ	230 V	400 V	1,498 kW	50 kHz	98.57 %
GS86508B/T/P	62 mΩ	230 V	400 V	1,999 kW	50 kHz	98.03 %

GaN transistor thermal overview				
Device	Switching	Conduction	Combined Losses *	Junction Temperature
GS86508B/T/P	1.44 W	0.29 W	3.42 W	26 °C
GS86508B/T/P	1.74 W	1.62 W	8.59 W	33 °C
GS86508B/T/P	2.06 W	4.48 W	21.46 W	40 °C
GS86508B/T/P	2.48 W	9.56 W	38.41 W	51 °C

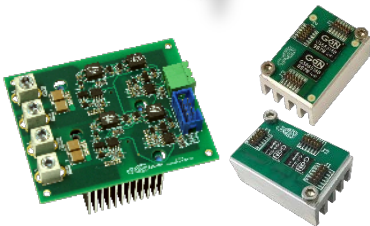
GS665MB-EVB 母板
+ GS665xxDB-EVB 子板
半桥



GSP65MB-EVB
+ GSP65RxxHB-EVB
2-7 kW 铝基板
全桥/半桥



GSP665x-EVBIMS2
2-6 kW铝基板
全桥/半桥



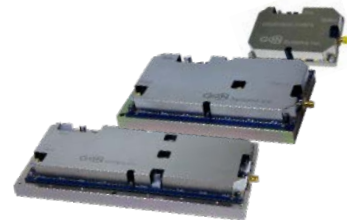
GS1200BTP-EVB
1.2kW totem-pole PFC评估板



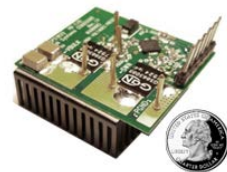
GS-EVB-AUD-xxx1-GS
基于GaN的 Class-D 音频放大器和配套电源



GSWP050W-EVBPA
GSWP100W-EVBPA
GSWP300W-EVBPA
50W, 100W 到 300W+ 无线功率传输
功率放大器评估套件



GS-EVB-HB-66508B-ON1
650V, 超小型半桥电路



25mm x 25mm Layout

GS65011-EVBEZ
EZDrive® 开环Boost评估板



器件文档

- 下载
- 数据表
 - Spice Models
 - Step File
 - Allegro库
 - Altium库

- 应用手册
- 质量达标声明
- 合规证书

设计中心

- 概述
- 应用手册
- 电路仿真工具
- 评估板
- 论文和报告



Simulation Software for Power Electronics

PLECS® 用于电力电子系统的高速仿真。有两种版本可供选用: 集成在MATLAB®/Simulink®中的PLECS Blockset 和独立运行的 PLECS Standalone。



<https://gansystems.com/>

应用手册

GN001	基于GaN增强型HEMT的设计
GN001日文版	エンハンスメントモードGaN-HEMTを用いたデザイン
GN002	基于顶部散热型GaN PX®封装的器件的散热设计
GN003	高速GaN E-HEMT的测量技巧
GN004	GaN HEMT的并联设计要点
GN005	基于GaN增强型器件的PCB散热设计指南
GN006	GaN HEMT的SPICE模型使用指南及示例
GN007	基于RC热阻SPICE模型的GaN PX®封装的热特性建模
GN008	基于LTSpice的GaN开关损耗的仿真
GN009	GaN E-HEMT的PCB布线考虑
GN010	GaN Systems E-HEMTs 的EZDrive™方案

常见问题

所有 / 入门 / 器件特性 / 封装及装配 / 温度控制 / 综合 / 驱动 / 高频

- 氮化镓(GaN)与硅(Si)相比有哪些优势?
- 哪些工业行业使用GaN器件会产生巨大的变化?
- 为什么公司高层应该像电力电子设计工程师一样关心GaN技术呢?
- GaN Systems的产品系列有哪些?

etc ...

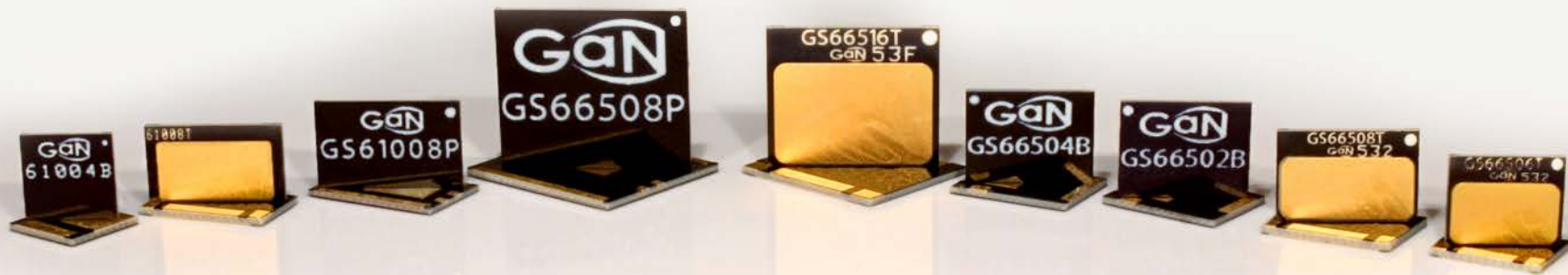
论文, 文章和报告

文件详细资料	日期
Power Loss Characterization and Modeling for GaN-Based Hard-Switching Half-Bridges Considering Dynamic On-State Resistance	2020 Apr
在线研讨会: 图腾柱PFC和LLC转换器中的GaN性能优势	2020 Mar
Design Considerations for a GaN-Based High Frequency LLC Resonant Converter	2020 Mar

etc ...

Tomorrow's power today™

GaN Systems



GaN Systems

www.gansystems.com • 北美 • 欧洲 • 亚洲