



**INDUSTRIAL
SUMMIT 2024**
POWERING YOUR SUSTAINABLE INNOVATION



用于高效和高密度功率转换的 先进电源技术

Justin Tang

1 功率离散产品组合

2 HV MOSFET和封装创新






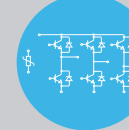



3 ST SiC MOSFET和封装创新

4 ST GaN生产

5 二极管与整流器

6 问答

功率离散解决方案技术组合总览

高压功率MOSFET	低压功率MOSFET	IGBT	功率双极晶体管	高可靠性且节省空间	SCR	可控硅
						
平面与MDmesh* 250V至1700V	STripFET* -100 V至200 V	IGBT 600/650 V, 1200 V	功率双极晶体管 15V至1700V	抗辐射双极与 MOSFET 60 V, 200 V	400 V至1200 V 0.25 A至80 A I_{GT} 5 μ A至50 mA	600 V至1200 V 0.8 A至40 A, I_{GT} 3 mA - 50 mA
功率RF	智能电源模块	电源模块	碳化硅	GaN FET	碳化硅	二极管
						
LDMOS, DMOS 28 V, 1000 V	SLLIMM* 500 V, 600 V	ACEPACK* 650 V, 1200 V	SiC MOSFET 650 V, 1200 V	硅基氮化镓 100 V, 650 V (研发中)	SiC二极管 650 V, 1200 V	肖特基 15 V至200 V FERD 45 V至100 V 超高速 200 V至1200 V

*STMicroelectronics International NV或其附属公司在欧盟和/或其他地区的注册和/或未注册商标

HV MOSFET与先进封装

高压MOSFET系列

超结MDmesh*和STMESH沟槽

MDmesh系列

M2 400至650 V	M6 600 - 650 V	T** 600 V	M5 550 - 650 V	M9 250 - 650 V	DM2 400 - 650 V	DM6 400至650 V	DT** 600 V	DM9 600至650 V	K5/DK5 - K6 800至1700 V
------------------------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------------------	----------------------	-------------------------	----------------------------------

主要拓扑

反激, PFC, LLC谐振	高端电源PFC硬开关拓扑, TTF	高端电源PFC硬开关拓扑, LLC软开关	半桥、全桥 ZVS、LLC	反激拓扑
----------------	-------------------	----------------------	------------------	------

主要应用

TV SMPS、快速充电器、适配器LED照明、微型逆变器	电动汽车/充电	LED驱动器、LED照明、辅助SMPS、电动汽车、医疗
服务器、电信数据中心、5G发电站、太阳能、医疗、电机控制		



高压硅MOSFET

MDmesh：用于工业和多段系统的最完整产品组合

M2/DM2

平衡了成本和性能以用于各种电源应用

400 V, 500 V,
600 V, 650 V

M6/DM6

超结技术，在谐振变换器和软开关应用中实现高效率

600 V, 650 V

M5

高功率PFC和紧凑型解决方案中的出色 $R_{DS(on)}$

550 V, 650 V

M9/DM9

实现更高功率密度和效率

250 V, 600 V, 650 V

K5/DK5

第一项 > 1000 V超结技术，用于超高压应用

800 V, 900 V, 950 V,
1050 V, 1200 V,
1500 V, 1700 V

K6

超高压市场中业界最低的 $R_{DS(on)}$ 适用于超高压范围

800 V, 950 V, 1050 V,
1200 V, 1500 V,
1700 V

最新系列



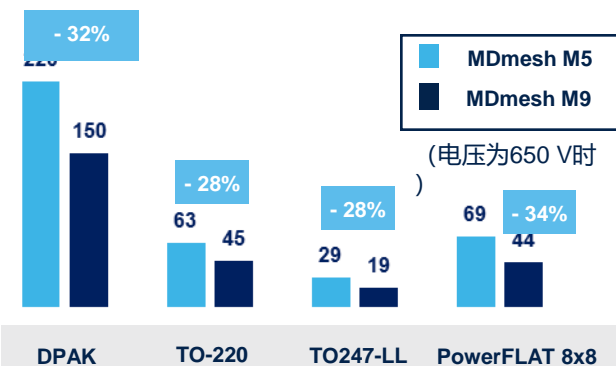
MDmesh M9/DM9系列

250、600和650 V MDmesh M9/DM9超结MOSFET，实现最高应用效率

令人印象深刻的超低FoM ($R_{DS(on)} \times Q_g$)，可实现更高的功率水平和功率密度，适合更紧凑的解决方案

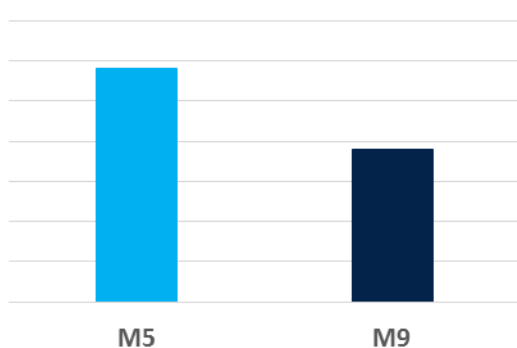
改良的硬和软开关和更高系统稳健性，采用快速嵌入式二极管

电信数据中心
太阳能和储能系统



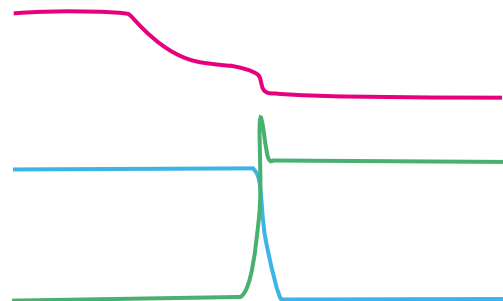
250、600和650 V MDmesh M9/DM9系列特性

突出的 $R_{DS(on)}$ * 面积



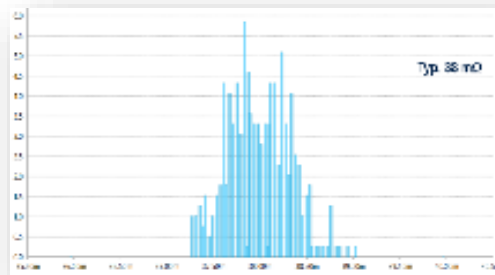
- 单位面积的 $R_{DS(on)}$ 极低
- 适用于硬开关拓扑
- 谐振高功率密度系统的最佳选择

功率损耗



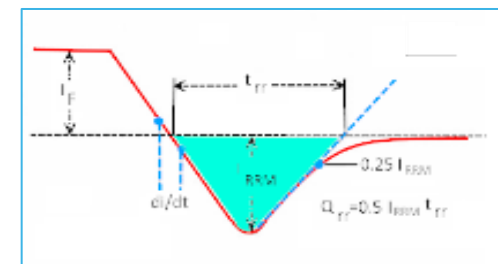
- 降低开关能耗
- 缩短开关时间
- 提高开关频率

过程



- 降低了分布电压 $V_{TH} < 1 \text{ V}$
- 减少了泄漏电流 I_{GSS}
- 更高 V_{GS} AMR ($\pm 30 \text{ V}$)

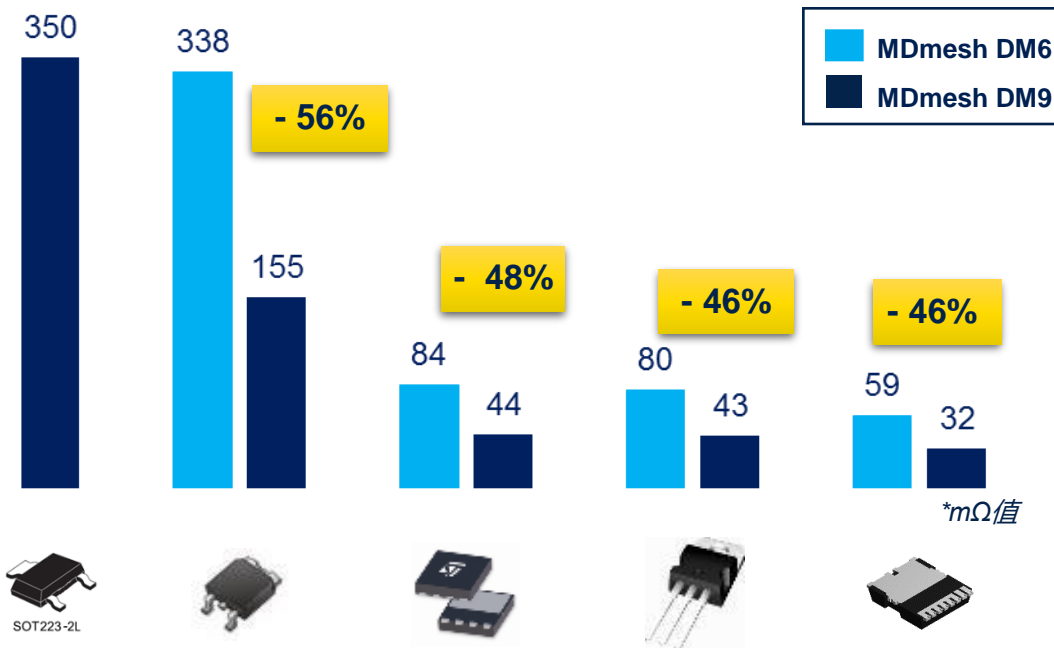
稳健性



- 静态 $dV/dt \leq 120 \text{ V/ns}$
- dV/dt 稳健性 $\leq 50 \text{ V/ns}$ (M9)
- dV/dt 稳健性 $\leq 120 \text{ V}$ (DM9)
- di/dt 稳健性 $\leq 1300 \text{ A/}\mu\text{s}$ (DM9)

MDmesh DM9 快速系列

600 V - DM9与DM6的 $R_{DS(on)}$ 比较



SOT223-2L

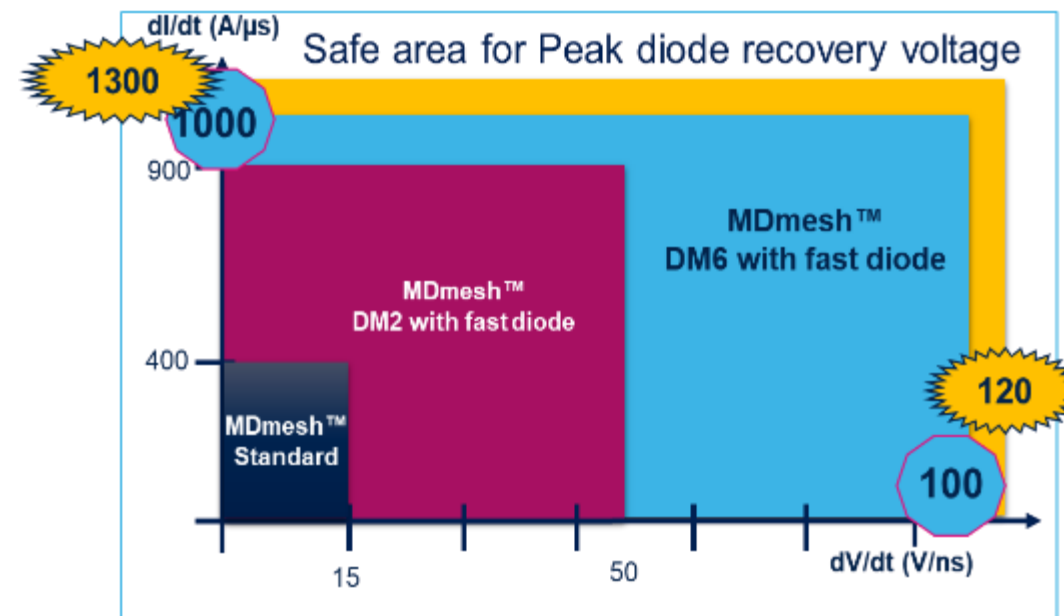
DPAK

PowerFLAT
8x8 HV

TO-220

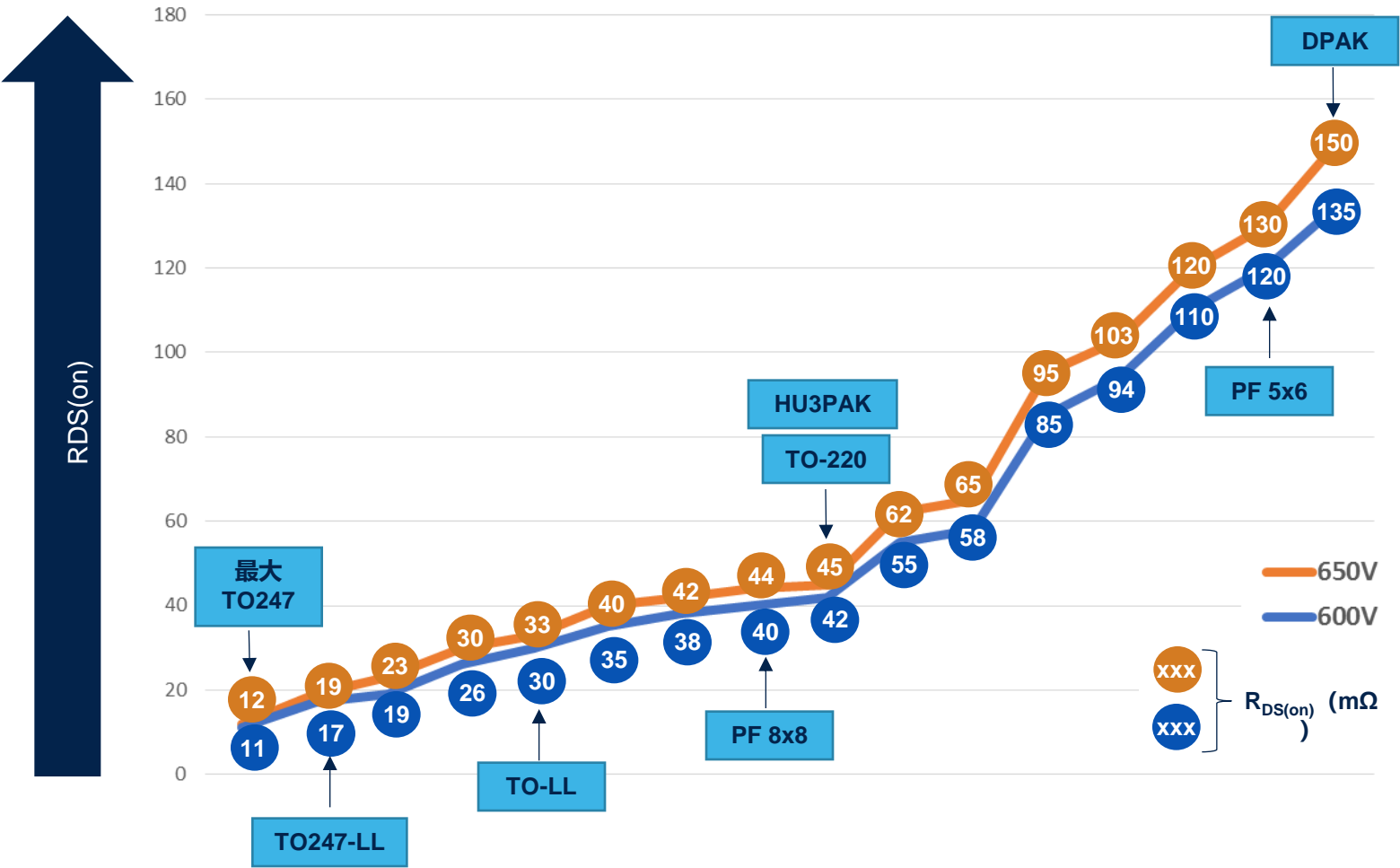
TO-LL

动态特性



- 快速器件（低 T_{rr} ）增加对临界电气条件的裕度。
- 执行的二极管恢复测试设置为1300A/us并达到120 V/ns
- 二极管峰值恢复电压的安全区更大

MDmesh M9/DM9 可扩展RDS(on)



最佳 $R_{DS(on)}$ vs 封装

封装	600 V	650 V
最大TO247	11	12
TO247 LL	17	19
TOLL	30	33
HU3PAK		45
TO-220	42	45
PowerFLAT 8x8	40	44
PowerFLAT 5x6	120	130
DPAK	135	150

DM9版本约+10% $R_{DS(on)}$ vs M9



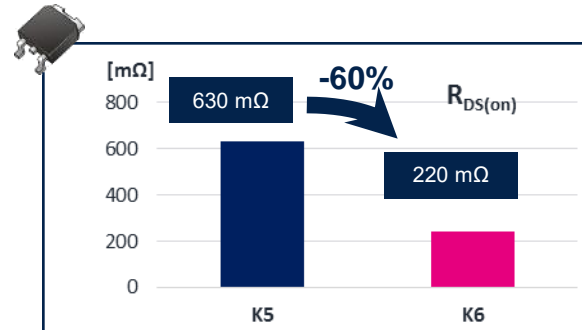
800–950 V* MDmesh K6系列

用于超高压应用的MDmesh K6超结MOSFET

完美适合于基于反激拓扑的LED照明应用和辅助SMPS

适用于800 V电压范围的**行业最佳** $R_{DS(on)}$ ，使设计者能够为更紧凑的解决方案提供更高功率密度的系统。

照明应用
辅助SMPS和电子计量



* 开发中

MDmesh K6 SJ技术上的突破

关键特性

RDS(on)

优势:

- 更紧凑的解决方案
- 板的高度降低

V_{GS(th)}

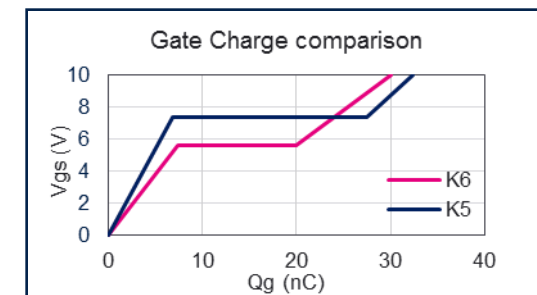
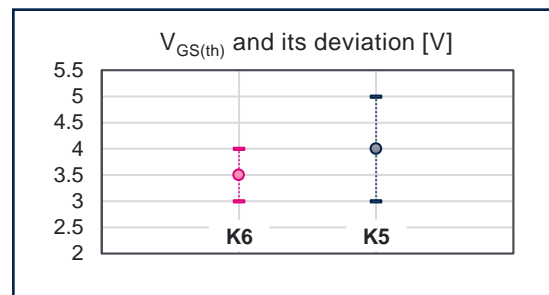
优势:

- 更低驱动电压
- 减少了闲置损耗
- 更严格的容差

Qg

优势:

- 更高效
- 降低功率损耗



MDmesh K6

MDmesh K6

状态

800 V



42 P/N

产品范围

- 42 P/N
- 6封装

9 P/N
完全产品化

950 V

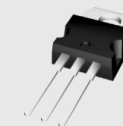


36 P/N

产品范围

- 36 P/N
- 7封装

正在开发



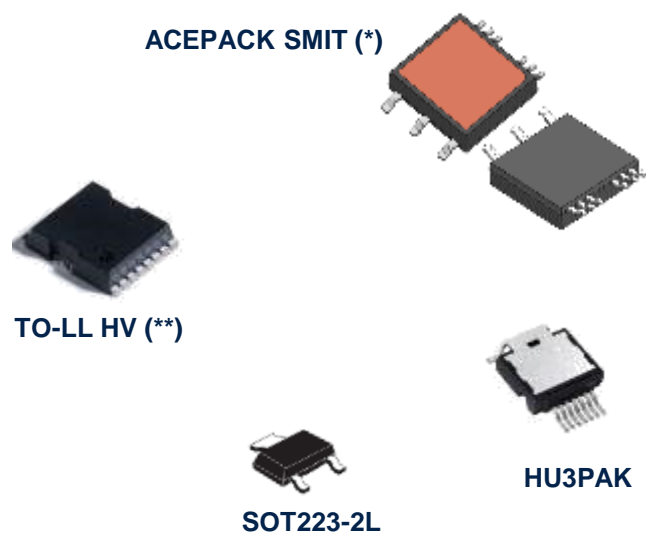
$R_{DS(on)} = 220, 340, 600, 900, 1100 \text{ m}\Omega$

STP80N240K6
STD80N240K6
STP80N340K6
STD80N340K6
STP80N450K6
STD80N450K6
STP80N600K6
STP80N900K6
STP80N1K1K6
完全产品化

封装路线图

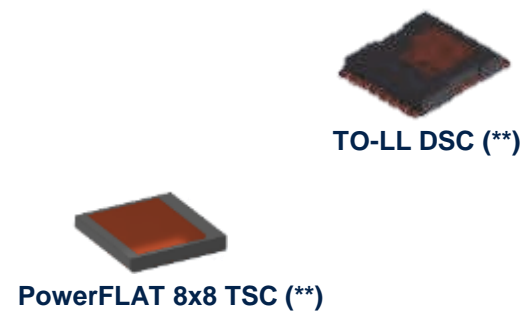
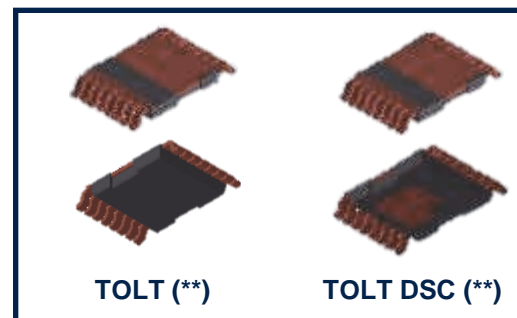
持续提升功率密度和热性能

刚刚推出

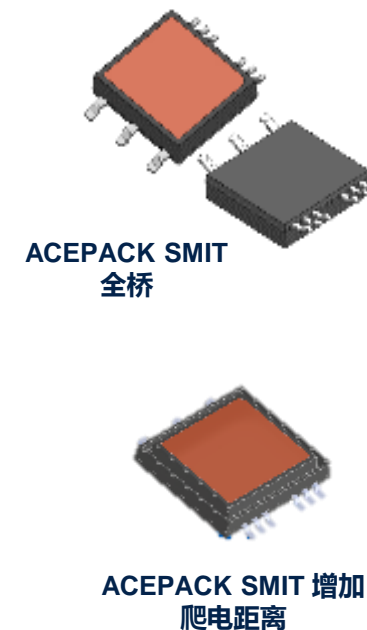


(*) 不同拓扑 (升压、半桥等)
(**) 高压单岛 (源极Kelvin触点)

将要推出



可行性研究及市场调查



2020

2021

2023

2024

新的高热效率表贴式封装

AEC-Q101合格；即将提供样品

1	PowerFLAT 8x8 TSC	2	TOLT	3	TOLT DSC	4	TOLL DSC
<ul style="list-style-type: none">• 顶部冷却• 极薄 (<1 mm) , 带内部芯片• 在功率转换方面被广泛接受• 用于优化驾驶的开尔文源选项• 无引线		<ul style="list-style-type: none">• 顶部冷却• 加铅以获得最佳可焊性• 用于优化驾驶的开尔文源选项• 工业标准		<ul style="list-style-type: none">• 底部和顶部冷却• 加铅以获得最佳可焊性• 用于优化驾驶的开尔文源选项• 工业标准		<ul style="list-style-type: none">• 底部和顶部冷却• 用于优化驾驶的开尔文源• 出色的热耗散效率• 工业标准	
							
样品可用 = 3月24日		样品可用 = 2024年第4季度		样品可用 = 2025年第4季度		样品可用 = 2025年第4季度	

SiC MOSFET

宽带隙 (WBG) 品质因数

更高的击穿电压: 10倍
更低的导通电阻和损耗

SiC

带隙 (eV)

GaN

Si

SiC

电场 (V/cm)

导热系数 (W/cm.°C)

更高的开关频率
更低的开关损耗

SiC

电子饱和速度($\times 10^7$ cm/s)

熔点 (K)

SiC

高温 (操作与耐性)
降低了冷却要求

Si

传统硅

GaN

氮化镓 (WBG)

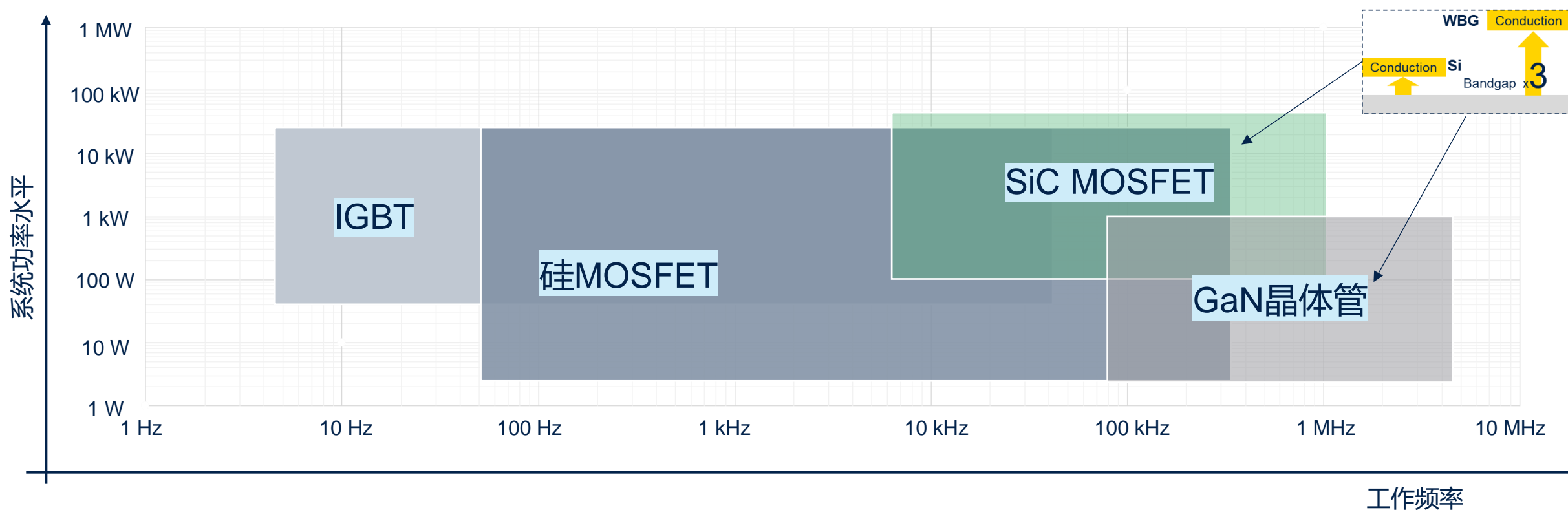
SiC

碳化硅 (WBG)



硅、SiC和GaN功率半导体的定位

通过模块或并联可实现更高功率水平





SiC MOSFET电压范围

用于高密度应用的高压快速开关技术

Gen1

优化了 R_{on} 和 T_j ，用于电机驱动应用

1200–1700 V

Gen2

平衡了 R_{on} 和 Q_g ，用于各种汽车和工业应用

650 V, 1200 V, 2200 V

Gen3

超高速系列，优化了 R_{on} 和 Q_g ，用于超高频率应用

650 V, 750 V, 900 V, 1200 V

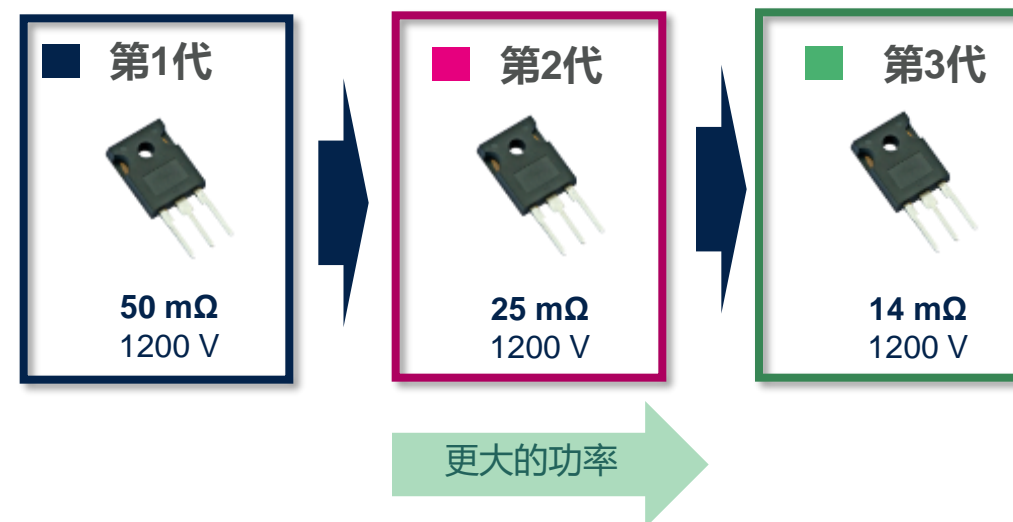
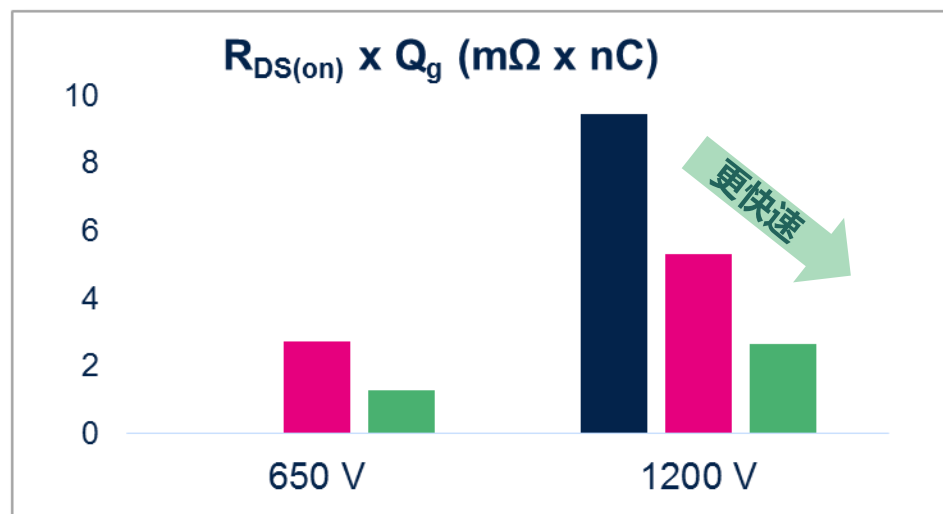
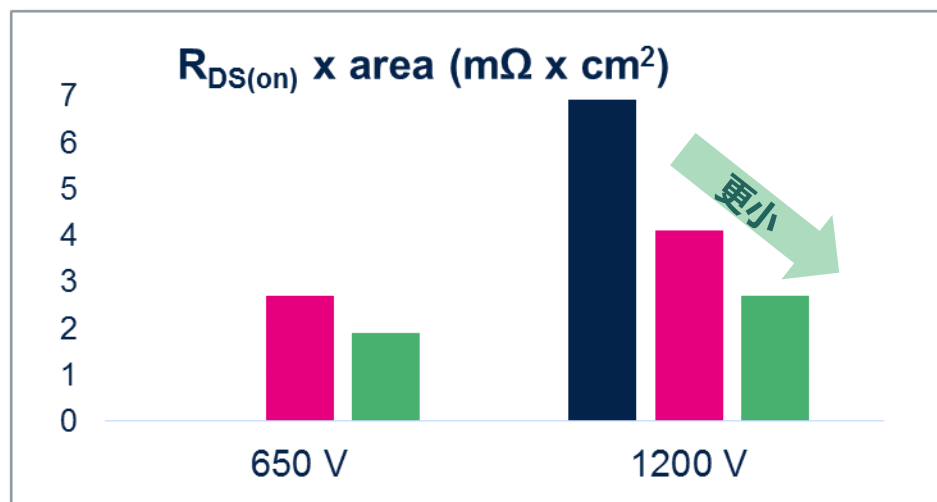
SiC VHV
2200 V*

超高压SiC将SiC技术的优势扩展到更高电压范围

2200 V

* 工业级

SiC MOSFET提高了品质因数



历代MOSFET的改进

- 较低的 $R_{on} \times \text{面积}$ → 若芯片尺寸一定, 则 R_{on} 更低; 若 R_{on} 一定, 芯片尺寸越小, 则可获得更高的电流能力和更低的传导损耗 → 在封装体积相同的功率模块中, 可获得更大功率
- 较低的 $R_{on} \times Q_g$ → 更低的开关损耗, 更高的频率 (减少电路板)

STPOWER SiC MOSFET 产品系列和应用

击穿电压

650 V

750 V/900 V

1200 V

1700 V

2200 V

系列

G2

G3

G3

G1

G2

G3

G1

VHV

通态电阻

18 mΩ至
67 mΩ

14-55 mΩ

11 mΩ

52 mΩ至
520 mΩ

25 mΩ至
75 mΩ

15 mΩ至
70 mΩ

1 Ω 和
65 mΩ

31 mΩ

主要应用

OBC & DC-DC
可再生能源
电源
工业用驱动器

牵引系统
OBC & DC-DC
高密度电源

牵引逆变器
OBC & DC-DC
高密度电源

光伏
电源

OBC & DC-DC
逆变器
充电站
工业用驱动器

牵引逆变器
OBC & DC-DC
HF电源

DC-DC
电源
可再生能源

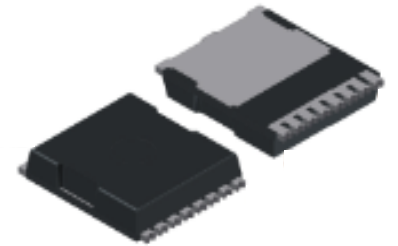
DC-DC
电源
可再生能源

SiC MOSFET封装技术

PowerFLAT 8x8 STD & DSC	TO-LL	H2PAK-7L	HU3PAK	ACEPACK SMIT	HiP247 (3、4, 长引 线)	STPAK	裸晶片
							
表面贴装					通孔	特殊封装方案	
极薄 (<1 mm) 在功率转换方面被 广泛接受 双侧冷却选项 无引线 工业领域	(最大) 厚度2.4 mm 良好的Rthj-a性能 无引线 工业领域 用于优化驾驶的 开尔文源 良好的热耗散	Ag认证 @ 175 · C 用于优化驾驶的 开 尔文源 汽车客户的高级领 跑者	Ag认证 @ 175°C 顶部冷却 用于优化驾驶的 开 尔文源 出色的热耗散效率	Ag认证 @ 175°C 隔离式顶侧冷却 适用于各种配置 (HB、双晶片等) 高功率 模块化方法	AG认证 @ 200°C 常见工业标准 用于优化驾驶的 开尔文源极选项 开发中的高爬电 版本 (1700 V)	用于牵引逆变器的 独特解决方案 AG认证 @ 200°C 出色的热耗散效 率 用于优化驾驶的 感应引脚 多层烧结封装	WLBI & KGD T&R或RWF选项 符合严格的车辆品 质要求

TO-LL中的SiC第3代MOSFET

为高速相位、高功率和更高效的服务器和电信电源系统而设计

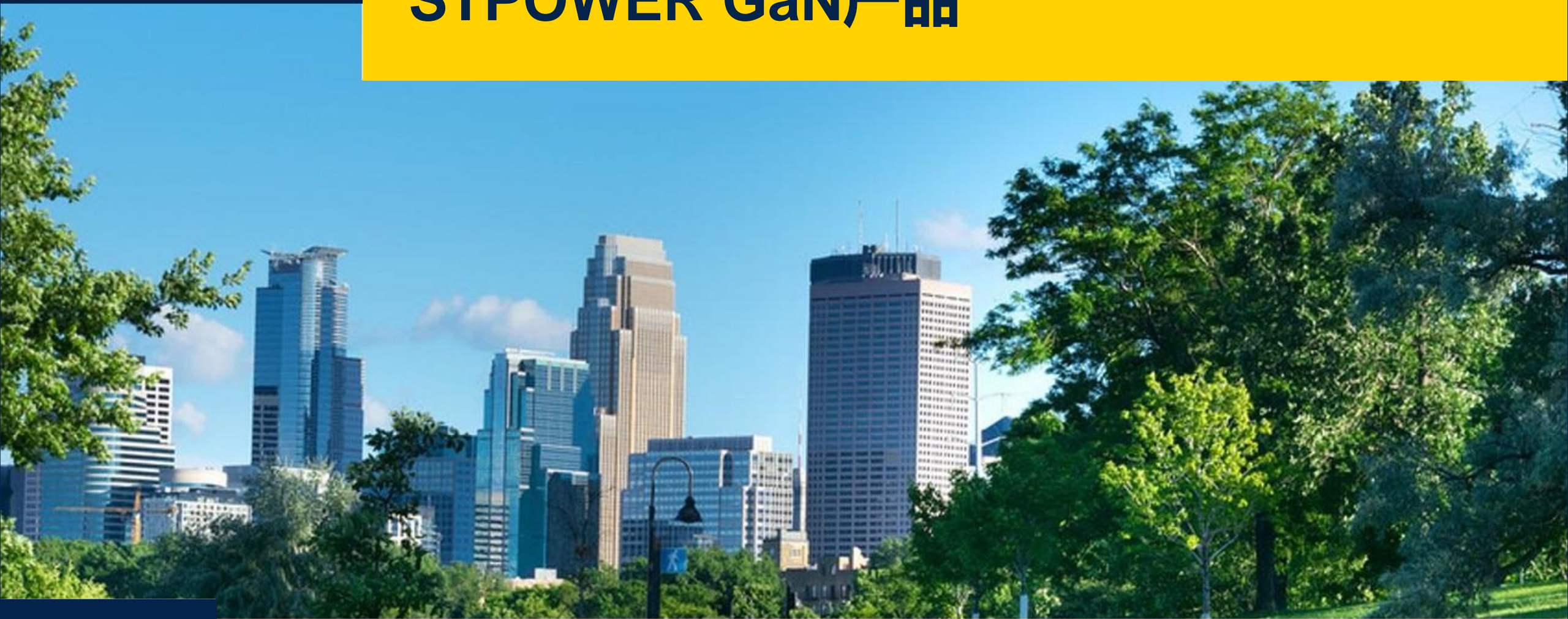


$V_{DS}[V]$	$R_{DS(on)}$ 典型值 @ 25°C [Ω], $V_{GS}=18\text{ V}$	封装	P/N	工程样本	MAT 30
650 V	0.040	TO-LL	SCT040TO65G3	可提供	已实现
	0.055	TO-LL	SCT055TO65G3	可提供	Q4 2024
	0.027	TO-LL	SCT027TO65G3	可提供	Q4 2024
	0.014	TO-LL	SCT014TO65G3	可提供	Q4 2024

带开尔文源

适用于在 $V_{GS}=15\text{ V}$ 时驱动

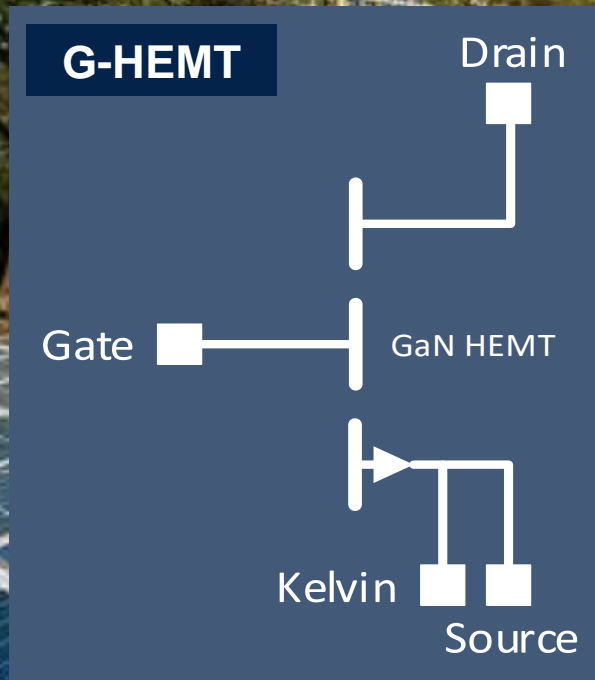
STPOWER GaN产品



life.augmented

各种应用的PowerGaN范围

适配器、太阳能和能源、服务器和电信SMPS、电机驱动和汽车电气化



100 V	Rds(on)典型值 - mΩ				
	1.2	1.8	4.5	7.5	11.5

650 V	Rds(on)典型值 - mΩ					
	14	30	49	75	125	290

- 极低电容
- 零Qrr
- 出色的FoM ($R_{DS} \times Q_{gd}$)
- 增强的后端技术使寄生影响最小化
- 顶部冷却封装改善了热性能
- 多种封装尺寸规格

PowerGaN的主要应用趋势

智能交通工具

交通工具革命中心的电气化



- 牵引逆变器
- DC-DC转换器
- 车载充电器
- 无线充电器

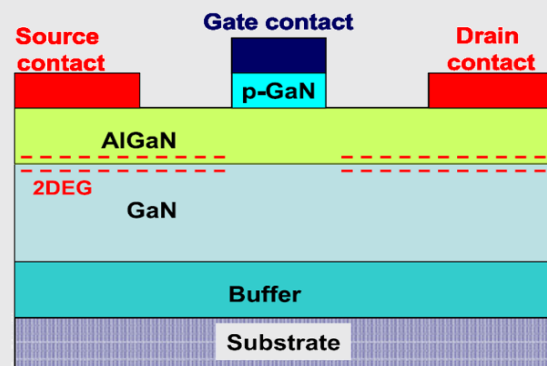
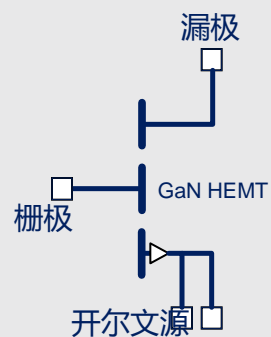
电力与能源

使效率最大化和巩固可再生能源时代



- 开关电源和LED照明
- 5G和数据中心电力供应
- 太阳能与储能
- 充电站
- 电机控制和电器用具

PowerGaN G-HEMT: E模式HEMT (本质常闭型器件)



合作关系

- GaN功率离散和GaN IC平台
- 6英寸晶圆硅基氮化镓
- 650 V常关, 基于p-GaN工艺, 用于工业应用

意法半导体专有

- 图尔市 (法国) 制造
- 8英寸晶圆硅基氮化镓
- 100和650 V常关, 基于p-GaN工艺, 用于汽车应用

PowerGaN 650 V工业产品计划

系列	MPN	目标电气规格				封装	工程样品	认证样品	SOP
		I_D [A]	$R_{DS\ typ}$ [mW]	C_{oss} [pF]	Q_g [nC]				
G-HEMT	SGT440R65BL	5	290	14	1	PowerFLAT 5x6	Q3 '24	Q4 '24	Q1 '25
	SGT190R65BL	12	125	20	2.2	PowerFLAT 5x6	Q3 '24	Q4 '24	Q1 '25
	SGT120R65AL	15	75	50	3	PowerFLAT 5x6	✓	✓	✓
	SGT110R65ALB	15	75	50	3	PowerFLAT 8x8	Q1 '24	Q2 '24	Q3 '24
	SGT65R65AL	25	49	85	5.4	PowerFLAT 5x6	✓	✓	✓
	SGT65R65ALB	25	49	85	5.4	PowerFLAT 8x8	Q1 '24	Q2 '24	Q3 '24
	SGT65R65AKT	25	49	85	5.4	LFPACK 12x12 TSC	✓	Q1 '24	Q3 '24
	SGT65R65AK	25	49	85	5.4	LFPACK 12x12 BSC	Q2 '24	Q3 '24	Q4 '24
	SGT40R65ALB	40	30	130	9.3	PowerFLAT 8x8	Q2 '24	Q3 '24	Q4 '24
	SGT40R65ALD	40	30	130	9.3	PowerFLAT 8x8 DSC	Q4 '23	Q2 '24	Q4 '24
	SGT40R65AKT	40	30	130	9.3	LFPACK 12x12 TSC	✓	Q2 '24	Q3 '24
	SGT40R65AK	40	30	130	9.3	LFPACK 12x12 BSC	Q2 '24	Q3 '24	Q4 '24
	SGT20R65AKT	40	14	258	23	LFPACK 12x12 TSC	✓	Q2 '24	Q3 '24

PowerGaN封装

PowerFLAT 5x6 HV



合格

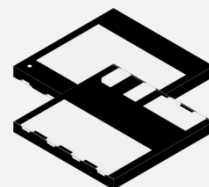
- 内部制造
- 既定封装解决方案
- 灵活的解决方案
- 多个来源



游戏和适配器

LED照明

PowerFLAT 8x8 BSC/DSC

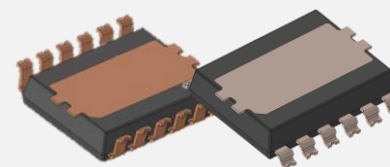


- 顶部和底部有金属外露
- 低封装外形
- 铜夹技术
- 工作温度低
- 爬电 > 3.5 mm
- 8 x 8 mm
- 用于优化驾驶的开尔文源



服务器与电信电源

LFLPAK 12x12 TSC/BSC



- 顶部或底部有金属外露
- 尺寸小
- 铜夹技术
- 较低的工作温度
- 爬电 > 3.5 mm
- 顶部或底部冷却
- 12 x 12 mm
- 用于优化驾驶的开尔文源



OBC和DC-DC变换器，太阳能和能源，以及服务器SMPS

新封装



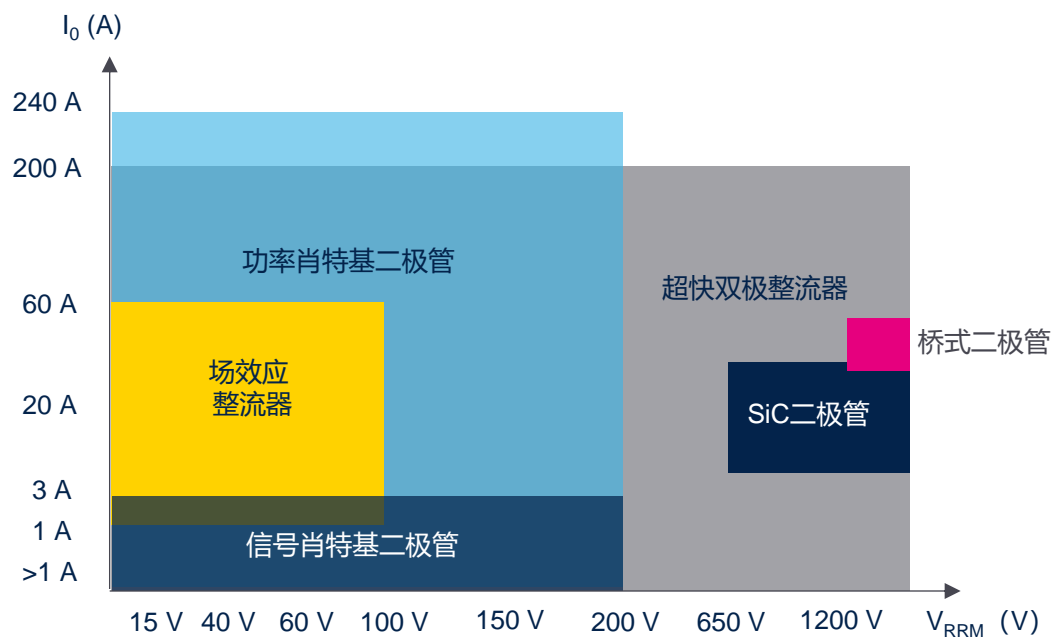
- 内部制造
- 顶部和底部有金属外露
- 低封装外形
- 工作温度低
- 灵活的尺寸规格
- 针对低压进行了优化



OBC和DC-DC变换器，服务器和电信电源

二极管和整流器

二极管和整流器 用于工业应用的产品系列

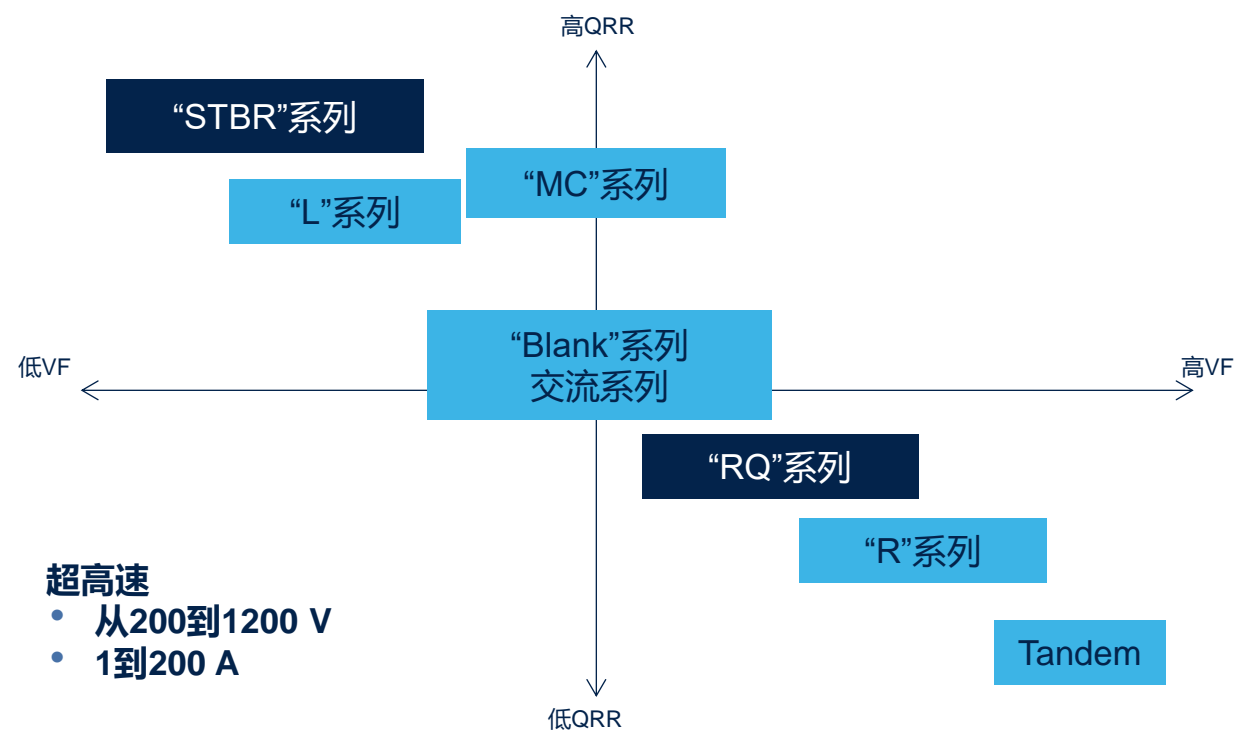


工业电力转换

- 数字电源
- 服务器和存储电源
- LED照明
- 家庭/自动化领域的电机控制
- 医疗
- 太阳能
- 充电站
- UPS

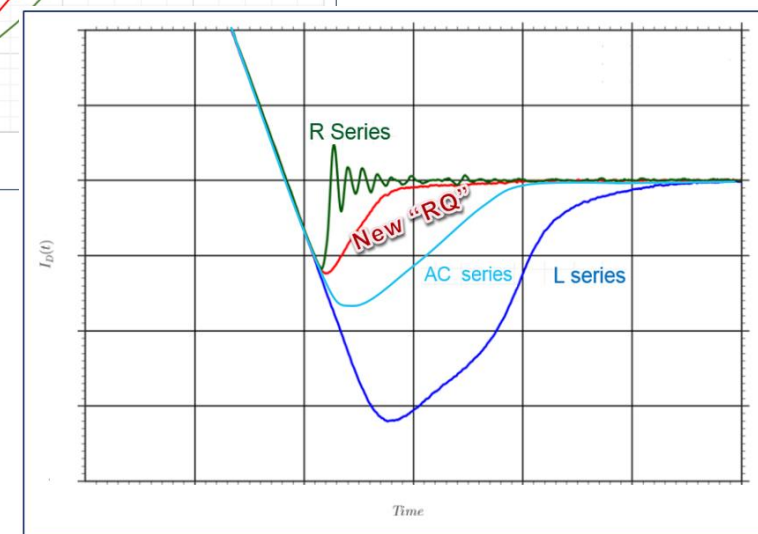
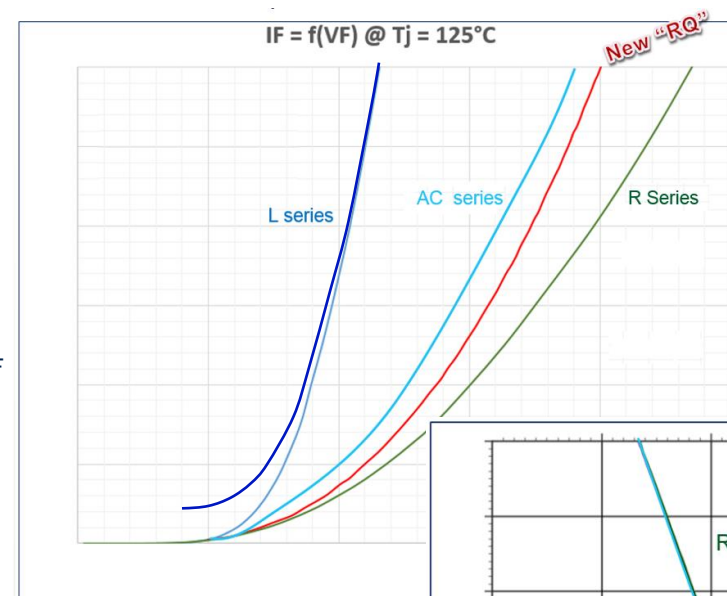
超高速整流器

双极超高速整流二极管的研发不断取得进展，图示为用于谐振变换器的最新“RQ”软恢复二极管系列



超高速

- 从200到1200 V
- 1到200 A

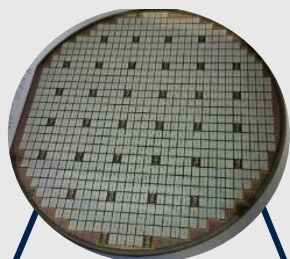


SiC二极管技术 提高了功率转换效率

硅基超高速二极管



功率损耗



恢复损耗

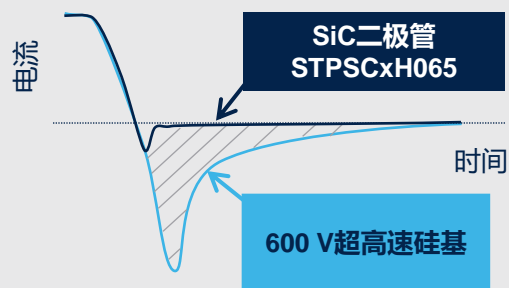
传导损耗

SiC基二极管



消除恢复损耗

开关性能比较



效率更高的功率转换

缩小尺寸
%



60

效率



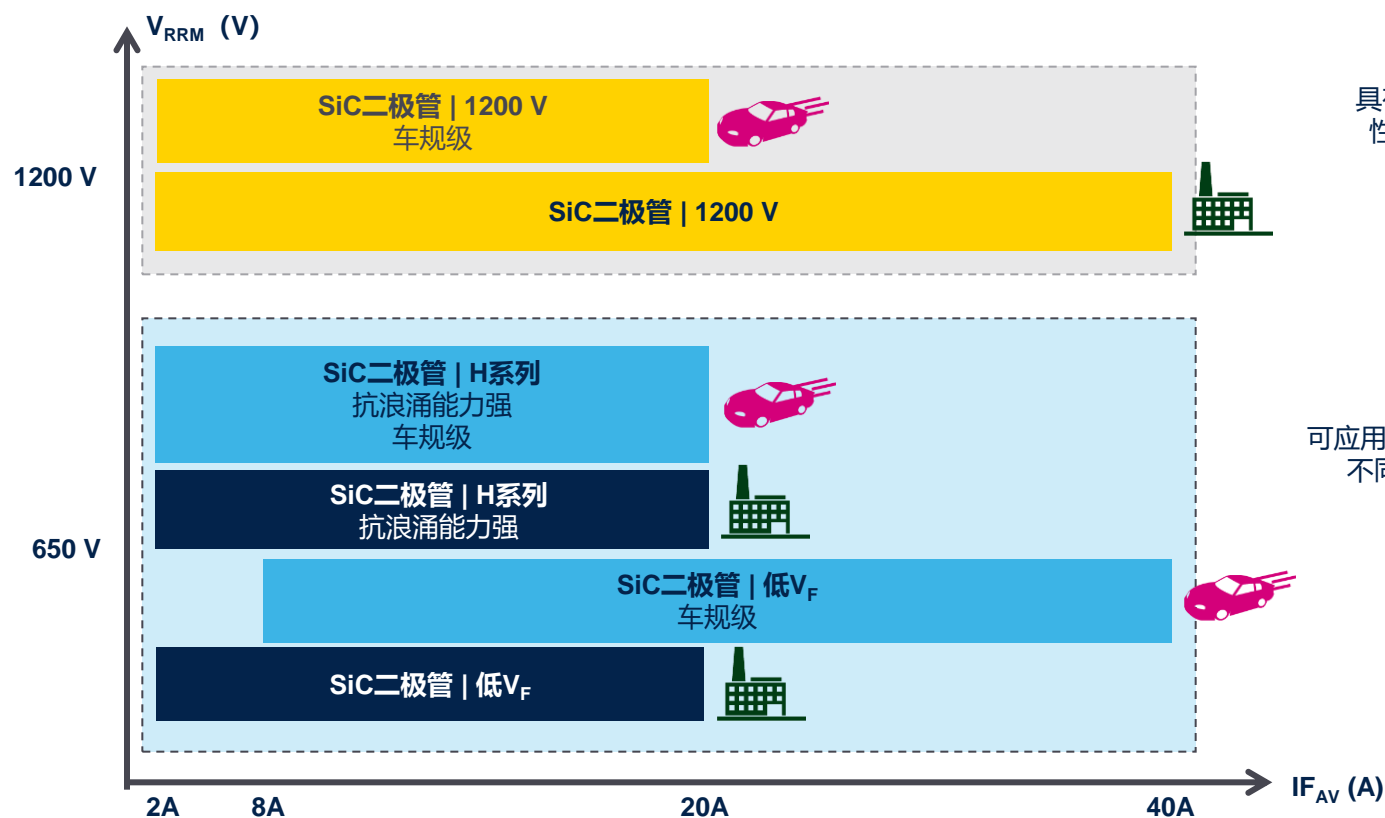
+20% @低负载
AVG

电源

SiC二极管系列

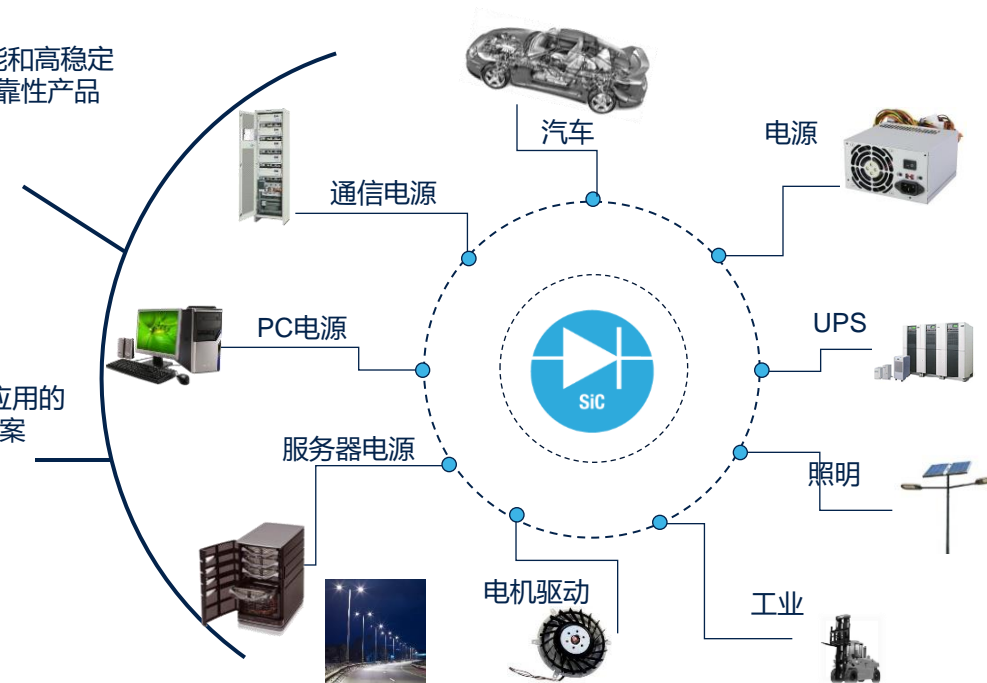
更大的范围

SiC二极管适用于哪些应用？



具有高性能和高稳定性的
高可靠性产品

可应用于多种应用的
不同解决方案



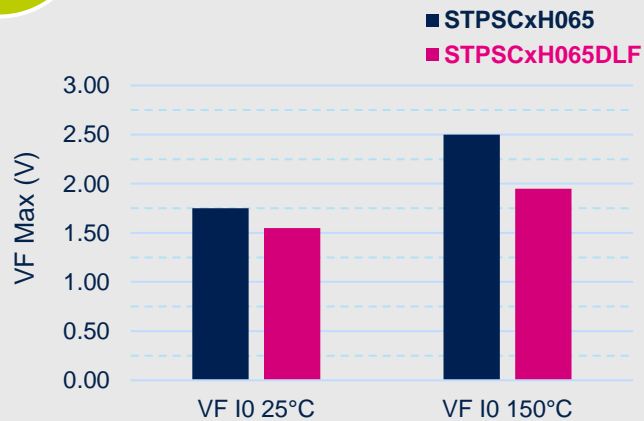
PowerFLAT 8x8封装

4、6、8和10 A (12和20 A正在开发)

PowerFLAT8x8: 厚度不足1 mm的封装



功率的终极改善

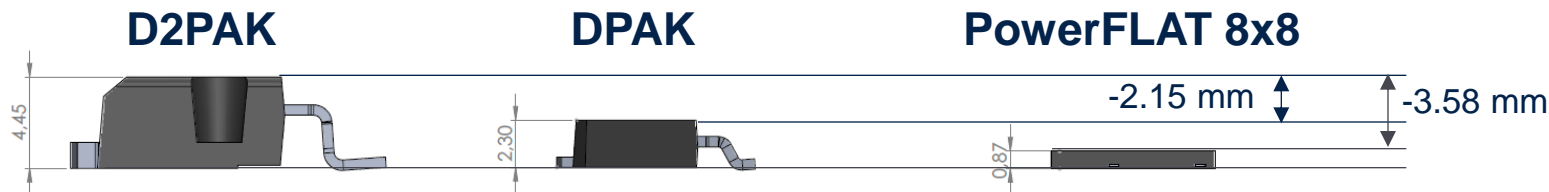
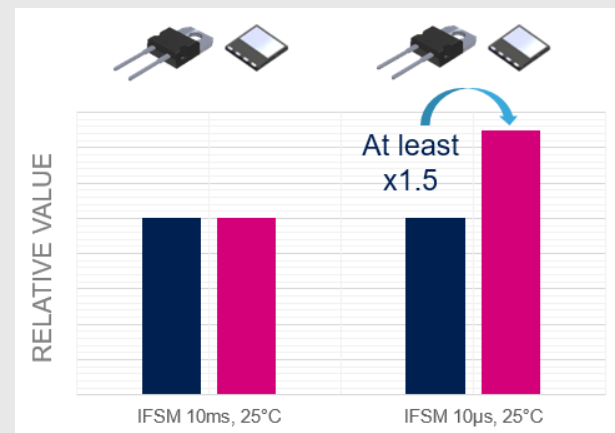


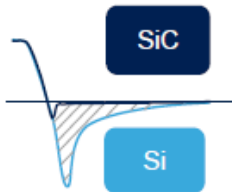
每mV的效率高达97%、98%、99%

&

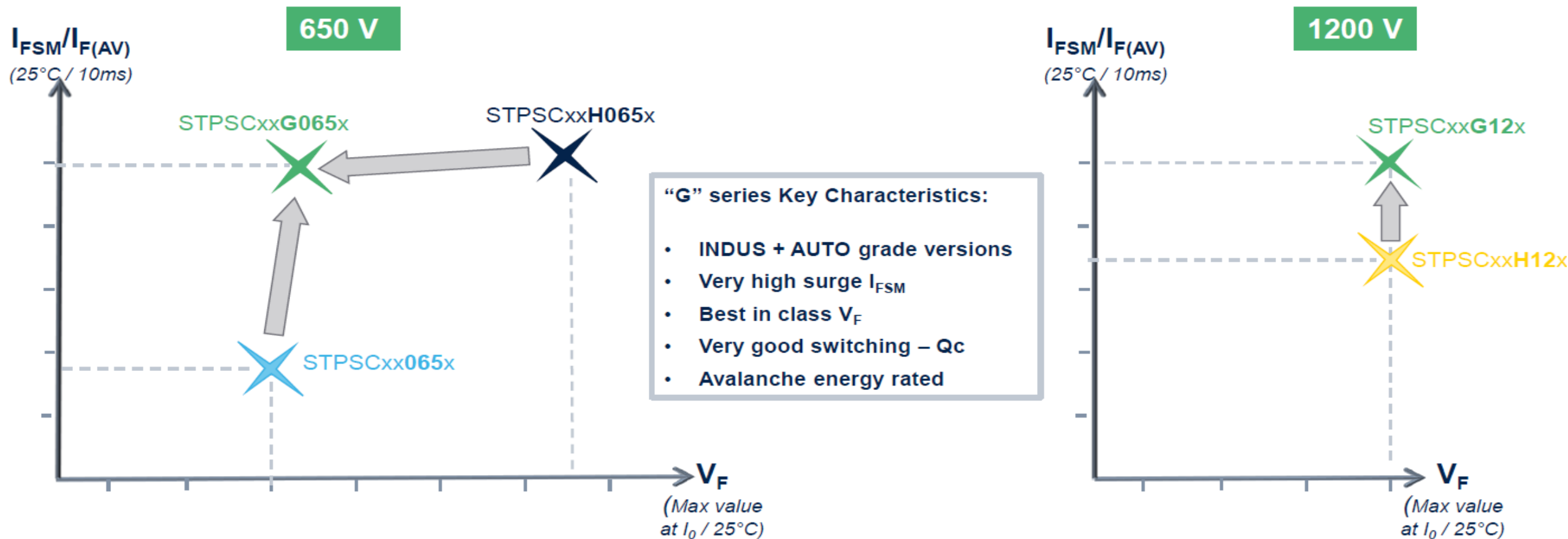


可应对电网干扰的
更多防护频带





G系列：增强了SiC二极管性能



关键信息



- 各种功率离散产品
- SiC市场领先地位
- 丰富的SiC选项（裸晶片、离散产品、STPAK和功率模块）
- 先进的封装技术
- 连续不断的产品开发



**工业峰会
资料下载中心**



能以致励子网站



Our technology starts with You



了解更多信息，请访问www.st.com

© STMicroelectronics - 保留所有权利。

ST徽标是STMicroelectronics International NV或其附属公司在欧盟和/或其他国家的商标或注册商标。若需意法半导体商标的更多信息，请参考www.st.com/trademarks。

其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。



life.augmented