



中国电子科技集团公司第五十五研究所
The 55th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation

碳化硅电力电子产品简介

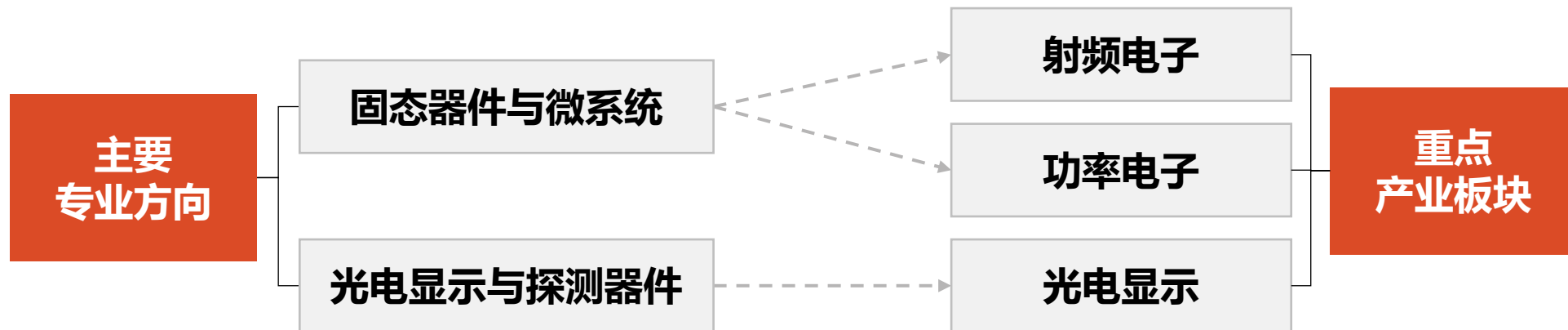
2023年5月

第一部分

中电国基南方简介

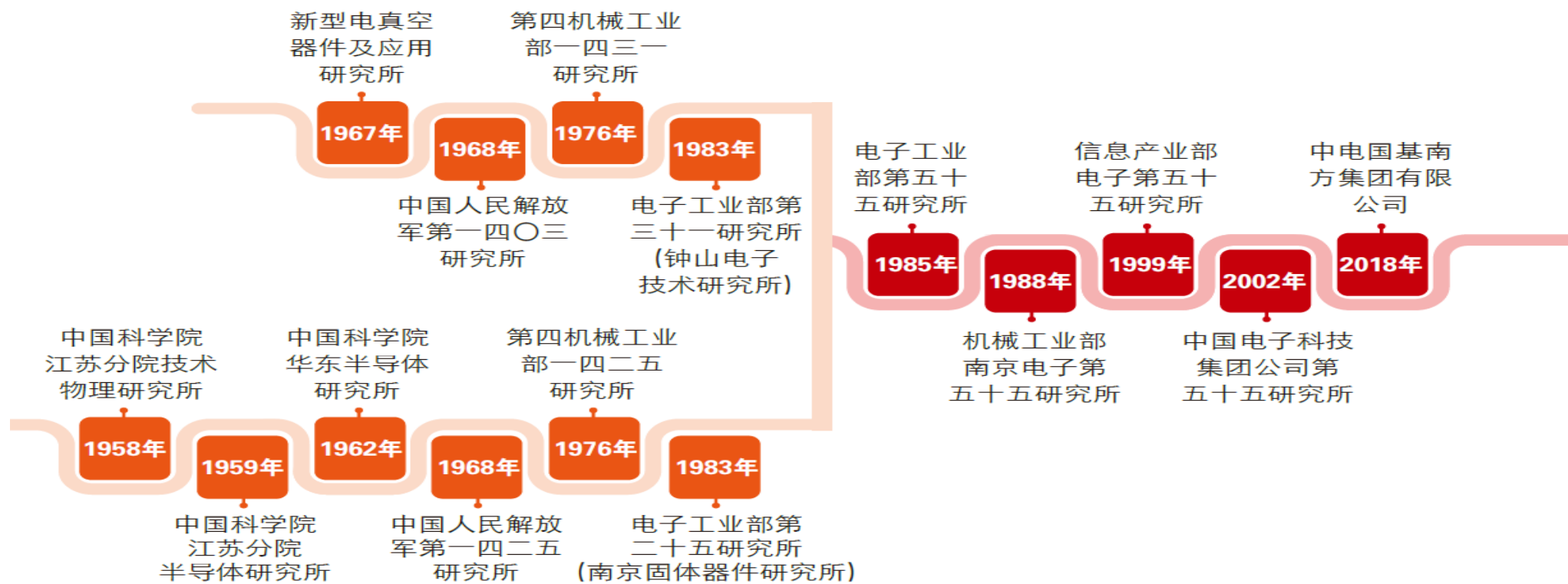


中电国基南方集团有限公司-----中国电子科技集团有限公司（中国电科CETC）的二级单位。



员工8000余人，研发人员占比40%；2022年营收超过100亿元。





“一园三地”产业布局



南京秦淮创新研发中心



南京江宁区



扬州功率电子产业基地



德清



南京江宁射频电子产业基地



德清射频元件产业基地



单位荣誉



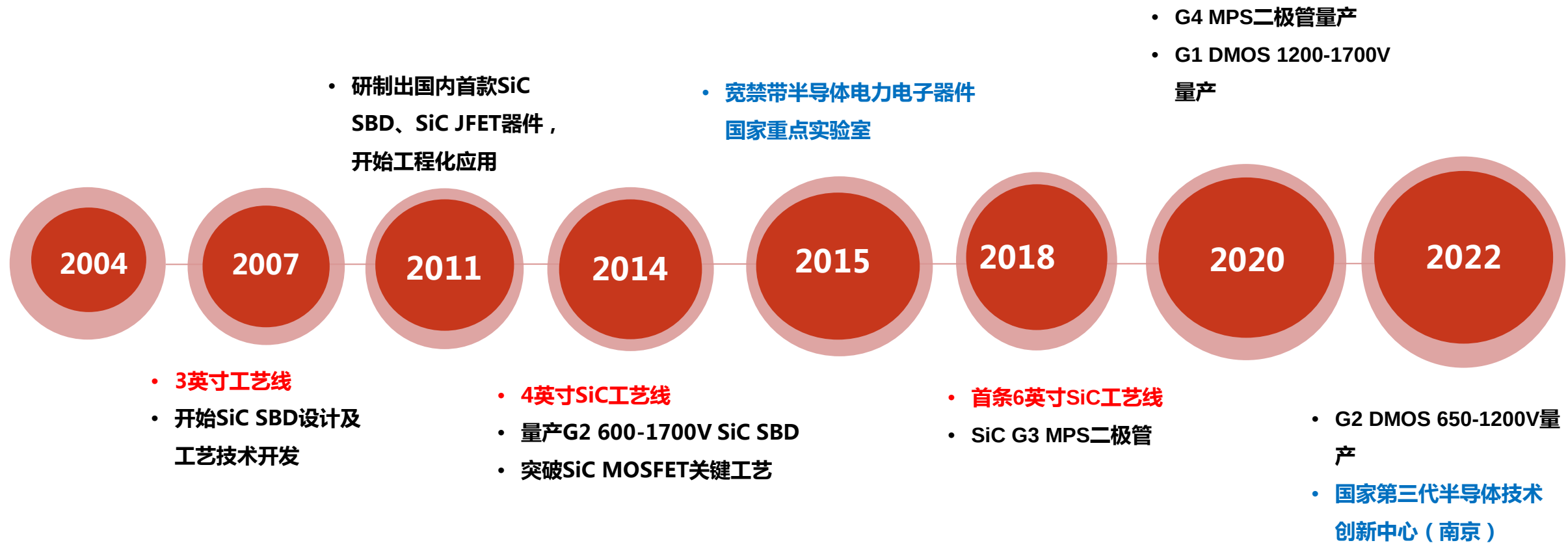
- **科技成果**：3000余项，国家级60余项
- **专利**：申请600余项、授权近300项

第二部分

SiC功率器件产业基础



碳化硅发展历程



全产业链研制生产能力

1 设计：全国重点实验室、国创中心

2 材料：自主外延生长能力

3 芯片：6英寸SiC晶圆线

4 封装：专业化的模块封装工艺平台

5 检验：检测与可靠分析中心

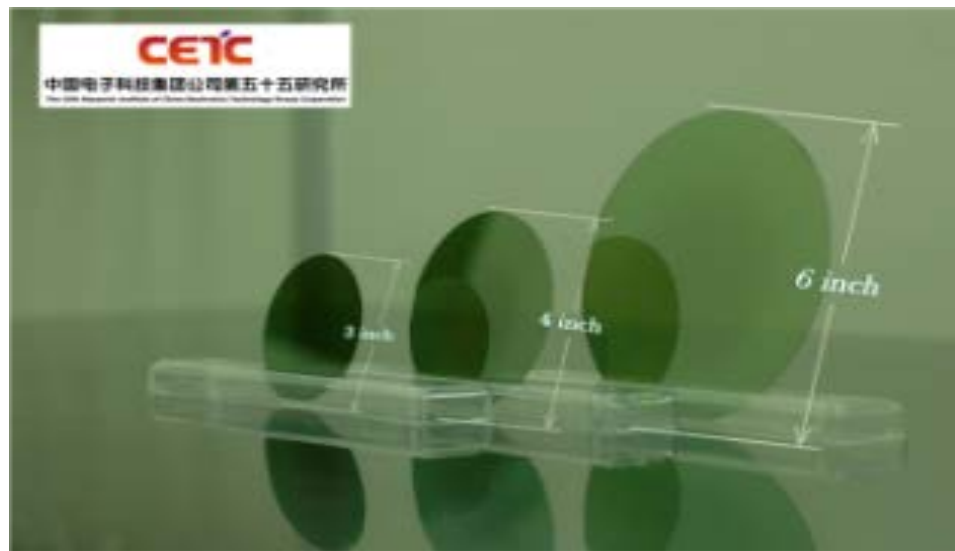


国家级研发机构



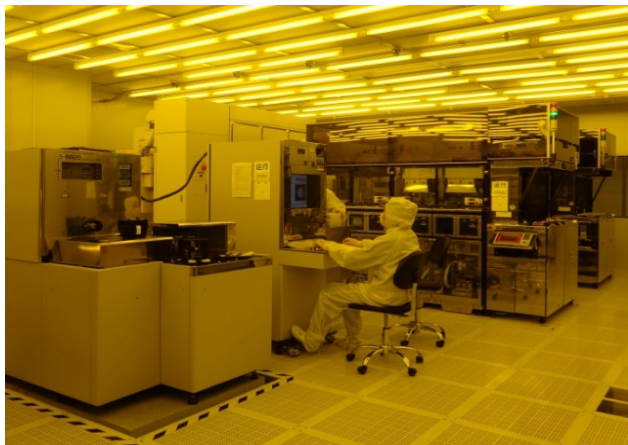
拥有专职科研人员60人，集团公司**首席专家1名，博士14名**，专业涵盖材料、芯片、应用。宽禁带半导体领域专利受理300余项，其中发明专利超过200项，PCT 10项。

外延生长能力



国家有源层优化生长技术研究应用中心，主研SiC外延生长、表征、测试平台，净化面积1000平方米，供片能力超过**3万片/年**，**扩产至10万片/年**。满足600V-20000V SiC SBD、MOSFET、IGBT研发生产需求。

6英寸SiC晶圆线



晶圆线净化区5000平方米，约200余台的SiC功率半导体芯片前道工艺设备，最早实现SiC芯片量产

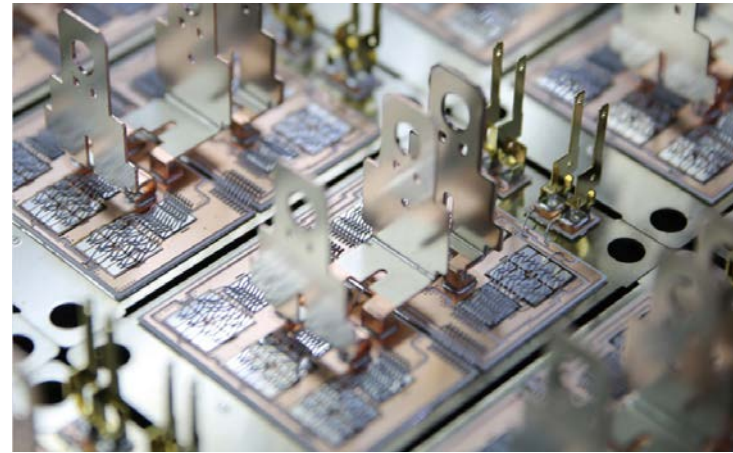
功率模块封装



占地98亩，建筑面积17000平米



超净厂房面积2000平方米



设备/仪器200余台套，模块封装产能**100万只/年**

元器件检测检验中心

AEC-Q101/AQG324汽车电子检测能力



功率半导体器件检验、测试能力



承担国家重点研制任务

国家重点 研发项目

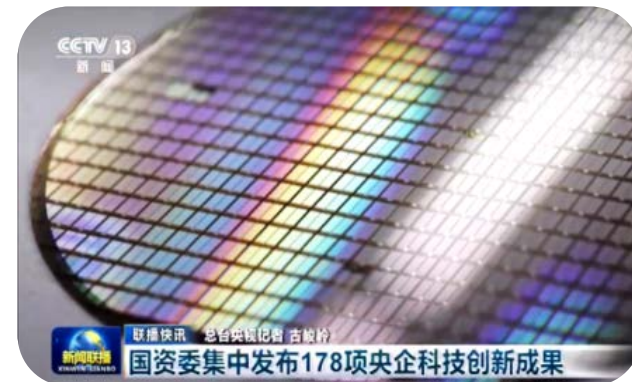
- 01 面向**新能源汽车应用**的SiC功率电子材料与器件
- 02 中低压SiC材料、器件及其在**电动汽车充电设备**中的应用示范
- 03 宽禁带半导体**电机控制器**开发和产业化
- 04 高压大功率SiC材料、器件及其在**电力电子变压器**中的应用示范
- 05 高温电力电子学及系统评测方法研究

国家 重大工程

- 06 碳化硅大功率电力电子器件及应用基础理论研究
- 07 新一代碳化硅电力电子器件**共性技术标准**研究
- 08 SiC电力电子器件与**模块产业化**重点项目
- 09 基于sic的第三代电力电子器件**模块批量生产能力建设**
- 10 碳化硅大功率电力电子器件及应用基础理论研究

获得荣誉

- ◆ SiC MOSFET获得中国电科集团2022年“**十大创新产品**”、“**单项冠军**”
- ◆ SiC MOSFET获中国汽车芯片创新大赛2022年“**最具影响力汽车芯片奖**”
- ◆ WM1A系列SiC MOSFET入选国资委2021年“**十大国有企业数字技术成果**”
- ◆ 高压大功率SiC电力电子器件关键技术被评为“**第十三届中国半导体创新产品和技术**”
- ◆ 高温可靠、大容量SiC器件技术获“**2020年中国电工学会技术发明一等奖**”
- ◆ 高压大功率SiC电力电子器件关键技术及应用获“**2018年中国电子学会技术发明三等奖**”
- ◆ 制定标准
 - **国家标准**——GJB碳化硅肖特基二极管电参数测试方法；
 - **国家标准**——GJB碳化硅MOS场效应晶体管电参数测试方法；
 - **国家标准**——半导体芯片产品 第1部分：采购和使用要求GB/T35010.1-2018（牵头）
 - **行业标准**——电力电子器件用碳化硅外延片规范SJ21535-2018（牵头）
 - **行业标准**——碳化硅外延片表面缺陷测试方法SJ 21493-2018（牵头）
 - **团体标准**——牵头或参与制定13项团体标准，“中低压碳化硅功率肖特基二极管”、“中低压碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管”正在申报行业标准

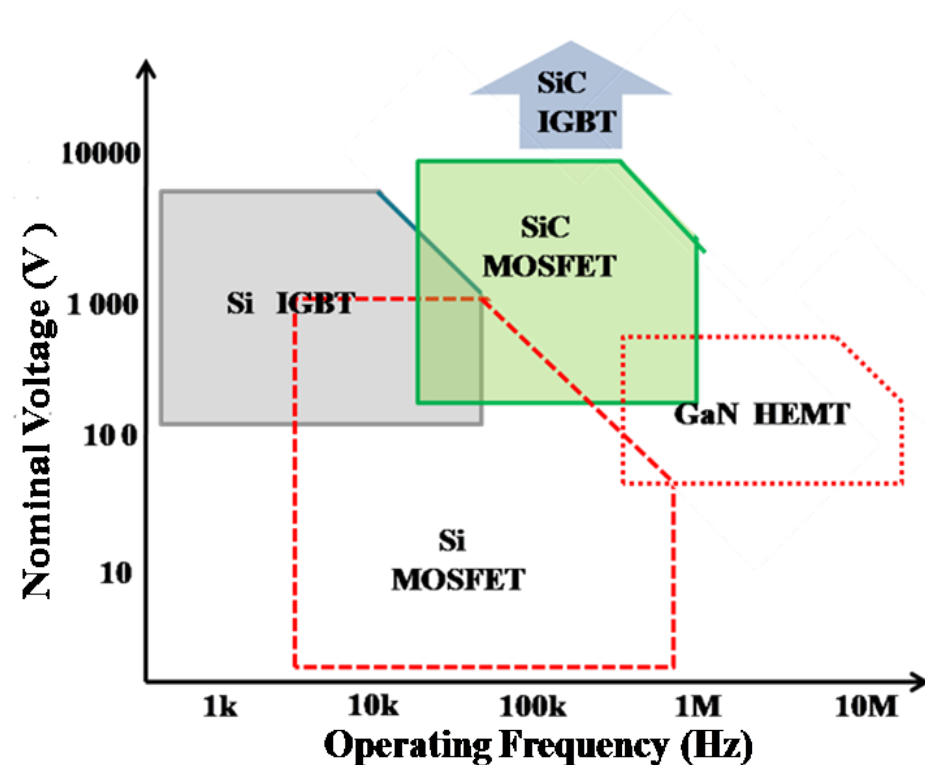


第三部分

产品及应用



碳化硅器件优势



高功率密度：高电压、大电流、高温工作

低功率损耗：低导通损耗、低开关损耗

电气设备小型化：高开关速度、整机小型化

量产产品

SiC MOSFET

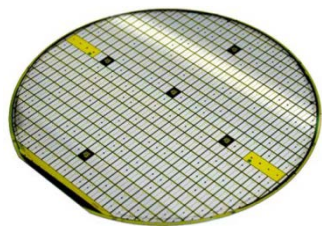
高速开关、低导通电阻

650V~6500V/ 9mΩ~1000mΩ

SiC SBD

低开关损耗

650V~6500V/2A~50A



晶圆



TO-252



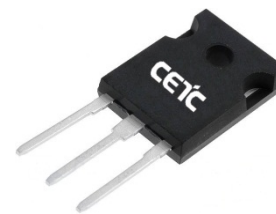
TO-263-2



TO-263-7



TO-220FM



TO-247-3L



TO-247-4L



SOT-227

 量产产品

Breakdown voltage

650V	900V	1200V	1700V	3300V	6500V
------	------	-------	-------	-------	-------

Series

G2	G2	G1	G2	G1	G1	G1
----	----	----	----	----	----	----

SiC MOSFET

On-state resistance

17~60m Ω	20~60m Ω	25~160m Ω	16~75m Ω	45~900m Ω	50m Ω	160m Ω
-----------------	-----------------	------------------	-----------------	------------------	--------------	---------------

Breakdown voltage

650V	1200V	1700V	3300V	6500V
------	-------	-------	-------	-------

Series

G4	G3	G4	G3	G3	G3	G3
----	----	----	----	----	----	----

SiC SBD

Forward current

2~100A	2~60A	10~50A	1~30A	25A
--------	-------	--------	-------	-----

国内最早突破SiC MOSFET量产技术，全面对标国际品牌



G1 SiC MOSFET

技术：Planner
阻断电压：1200V-3300V
导通电阻：1Ω - 25mΩ
芯片结温：-55-150℃
驱动电压：+20V / -5V



2018-2020

G2 SiC MOSFET

技术：Planner
阻断电压：650V-1200V
导通电阻：75mΩ - 16mΩ
芯片结温：-55-175℃
驱动电压：+18V / -4V



2021-2022

G2+ SiC MOSFET

技术：Planner
阻断电压：650V-1200V
导通电阻：140mΩ - 9mΩ
芯片结温：-55-175℃
驱动电压：+18V / -4V



2022-2023

产品技术	电压	优化	最佳应用
WM1A (G1)	1200V、1700V、3300V	大尺寸晶片、低高温电阻、更好鲁棒性	OBC、DC-DC、光伏逆变器、UPS
WM2A (G2)	650V、900V、1200V	快速开关，15V-18V栅极驱动器	OBC、DC-DC、光伏逆变器、服务器
WM2HA (G2+)	650V、750V、1200V	低速应用，最低RDS(ON)	DC-DC、OBC、主驱&电机驱动器

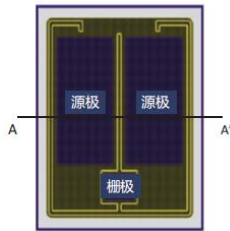
第二代SiC MOSFET器件的优势

- WM2A系列SiC MOSFET采用Planner MOSFET制程，具有高功率密度、高效能、高可靠性。替代Wolfspeed 公司C3M系列、Onsemi公司M2系列、ST公司GEN2系列等产品。

1200V 16mΩ SiC MOSFET产品关键参数对比

参数	符号	单位	CETC WM2V016120B	CREE- C3M0016120D	ST- SCT130N120G3D8AG	BOSCH- BT1M1200013BOA
漏源击穿电压	$V_{(BR)DSS}$	V	1200	1200	1200	1200
连续漏极电流	$I_D(T_C=25^{\circ}C)$	A	120	115	120	130
	$I_D(T_C=100^{\circ}C)$		85	85	90	110
栅阈值电压	$V_{GS(th)}@25^{\circ}C$	V	2.6	2.5	3.3	3.2
	$V_{GS(th)}@175^{\circ}C$		1.9	2.0	/	2.5
工作栅压建议值	V_{GSop}	V	-4/+18	-4/+15	-5/+18	-5/+18
漏源导通电阻	$R_{DS(on)}@25^{\circ}C$	mΩ	16	16	16	14.4
	$R_{DS(on)}@175^{\circ}C$		28	28.8	30@200 ° C	33.3
输入电容	C_{iss}	pF	4817	6085	4200	4000
输出电容	C_{oss}	pF	207	230	175	230
反向转换电容	C_{rss}	pF	45	13	20	22
总栅电荷	Q_g	nC	189.6	207	130	172
二极管正向压降	$V_{SD}@25^{\circ}C$	V	3.9	4.6	5.3	4.5
工作结温范围	T_J	°C	-55 ~ +175	-40 ~ +175	-55 ~ +200	-40 ~ +175

中低压SiC MOSFET分立器件



Bare Die



TO-247-3L



TO-247-4L



TO-263-7

Voltage	650V				750V	900V	1200V				
RD(on)@25℃	20m Ω	30m Ω	40m Ω	60m Ω	11m Ω	60m Ω	16m Ω	30m Ω	40m Ω	75m Ω	140m Ω
Current@25℃	90A	60A	50A	36A	150A	36A	120A	76A	58A	33A	20A
Bare die	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
T0-247-3L	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
T0-247-4L	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
T0-263-7	√	√	√	√		√		√	√	√	√
应用	➤ DC/DC转换 ➤ 新能源汽车充电器OBC ➤ SMPS开关电源 ➤ 服务器、通信电源						➤ 光伏逆变器、储能变流器 ➤ DC/DC转换 ➤ 新能源汽车充电OBC ➤ 感应加热				

- ❑ 推荐栅极驱动电压：+18V/-4V。
- ❑ 结温范围：-55℃ — 175℃

高压SiC MOSFET器件



TO-247-3L



TO-247-4L



TO-263-7

Voltage	1700V			2000V	3300V	6500V
On-resistance	20m Ω	45m Ω	900m Ω	25m Ω	50m Ω	150m Ω
Current	90A	60A	4A	80A	50A	25A
Bare die	√	√	√	√	√	√
T0-247-3L	√	√	√			
T0-247-4L	√	√	√		√	
应用	➤ 高压辅助电源 ➤ 组串式光伏逆变器 ➤ 储能系统				高压脉冲电源	

□ 结温范围：-55℃ — 175℃

车规级碳化硅MOSFET器件

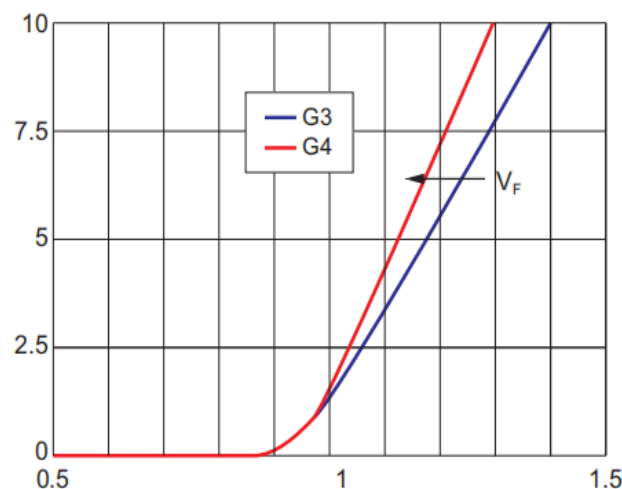
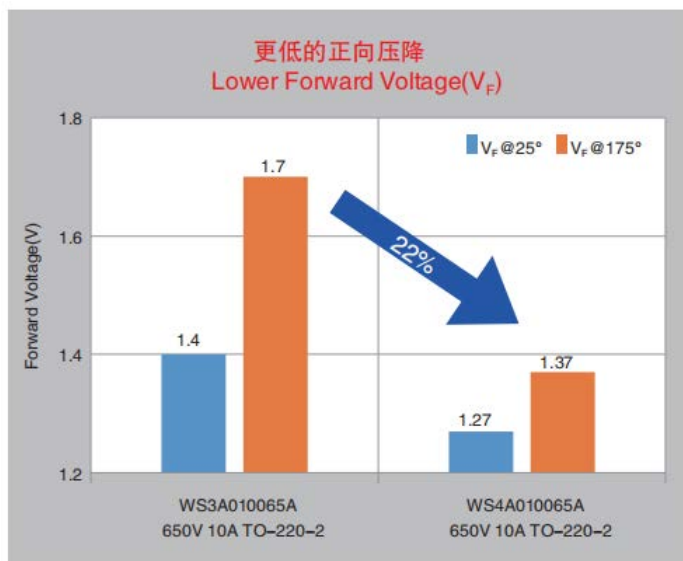
WM2V系列车规级 SiC MOSFET系列产品

Product	Voltage (V)	R _{DS(on)} (mΩ)	Current(A)	Package	质量等级
WM2HV020065L	650	20	90	TO-247-4L	Automotive
WM2HV020065N	650	20	90	TO-263-7	Automotive
WM2V060065L	650	60	90	TO-247-4L	Automotive
WM2HV011075L	750	11	150	TO-247-4L	Automotive
WM2HV030120L	1200	30	75	TO-247-4L	Automotive
WM2HV040120L	1200	40	60	TO-247-4L	Automotive
WM2HV040120N	1200	40	60	TO-263-7	Automotive
WM2V075120K	1200	75	36	TO-247-3L	Automotive
WM2V075120L	1200	75	36	TO-247-4L	Automotive
WM2V075120N	1200	75	36	TO-263-7	Automotive
WM2HV140120L	1200	140	20	TO-247-4L	Automotive

- 产品专为满足汽车行业对可靠性、质量和性能的高要求而设计。
- 满足AECQ-101标准，满足HV-H3TRB严苛环境要求。
- 基于ITAF16949汽车质量管理体系，严格的生产过程控制，严格出货标准。

第四代SiC SBD ----替代CREE、ST公司最新一代产品

全新的第四代650V、1200V碳化硅MPS肖特基二极管，结合先进的**薄片技术与抗浪涌技术**，在显著提升**产品电流密度、降低正向导通电压**的同时，仍保持高的浪涌电流以及低的反向漏电。合理的可靠性设计及规范的产品管控，使第四代产品能稳定工作于多种严苛工况下满足各种应用需求。



650V/10A产品G3、G4对比图

650V	J_F A/mm ²	V_F V	I_{FSM}/I_F
CETC G3MPS	4	1.4	9
CETC G4MPS	5	1.27	9
Cree C3D	4	1.5	9
Cree C6D	5	1.27	9

第四代SiC SBD器件

WS4A系列650V G4 SiC SBD产品

Package	650V								
	4A	6A	8A	10A	15A	20A	30A	40A	60A
Bare-die	√	√	√	√	√	√	√		
TO-252	√	√	√	√					
TO-263-2	√	√	√	√					
TO-220C-2L		√	√	√	√	√			
TO-220FM		√	√	√	√	√			
TO-247-2L					√	√	√		
TO-247-3L						√	√	√	√
应用	➢DC/DC转换 ➢SMPS开关电源 ➢PFC ➢PD快充				➢PFC ➢车载OBC ➢DC/DC转换			➢大功率AC/DC ➢UPS ➢SMPS开关电源 ➢光伏逆变器	

- 常温导通压降典型值VF=1.27V，175℃导通压降VF=1.37V。

更低的存储电荷Qc，降低开关损耗。



第四代SiC SBD器件

WS4A系列1200V G4 SiC SBD产品



Package	1200V								
	2A	5A	10A	15A	20A	30A	40A	50A	60A
Bare-die	√	√	√	√	√	√		√	
TO-252	√	√	√						
TO-263-2	√	√	√						
TO-220C-2L		√	√	√	√				
TO-247-2L				√	√	√		√	
TO-247-3L					√	√	√		√
应用	➢ 光伏微型逆变器 ➢ DC/DC转换 ➢ SMPS开关电源		➢ 充电桩 ➢ 光伏逆变器 ➢ PFC ➢ 电机驱动				➢ 工业UPS ➢ 集中式光伏逆变器 ➢ 焊机 ➢ 充电桩 ➢ 储能		

- ❑ 常温导通压降典型值VF=1.45V，175℃导通压降VF=2.0V。
- ❑ 更低的存储电荷Qc，降低开关损耗。

第四代SiC SBD器件

高压 SiC SBD



DO-201



TO-220C-2L



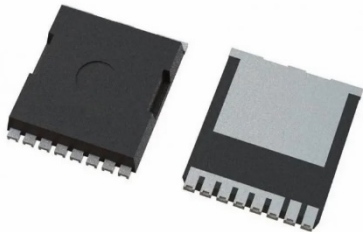
TO-247-2L

Package	1700V				3300V				5000V	6500V
	10A	15A	25A	50A	1A	2A	5A	30A	1A	25A
Bare-die	√	√	√	√	√	√	√	√		√
DO-201A						√			√	
TO-220C-2L	√									
TO-247-2L	√	√	√	√	√	√	√			
应用	充电桩模块、高压功率模块				高压脉冲电源、医疗器械					

- ❑ DO-201封装3300V/5000V SiC SBD具有更低的导通压降，用于高压脉冲电源、医疗器械。
- ❑ 可根据用户需求定制1700V-6500V电压范围的SBD芯片和器件（含模块）。

新产品、新技术

TOLL 封装(无引线)：



Product	电参数	质量等级
SiC MOSFET	650V 30mΩ 60A	Industrial
SiC MOSFET	650V 60mΩ 35A	Industrial

- ❑ 尺寸 10 mm x 12 mm，比 T0-263-7 PCB 占用面积减少 30%
- ❑ 开尔文源极(Kelvin source)，改善EMI和降低损耗
- ❑ 比 T0263-7 引脚更好的热性能和更低的封装电感
- ❑ 贴片封装，满足自动化装配需求，生产效率更高

SOT-227全塑封：

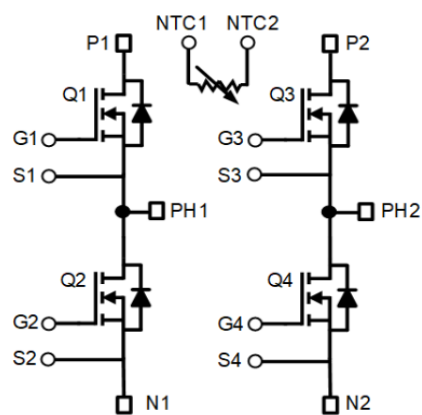
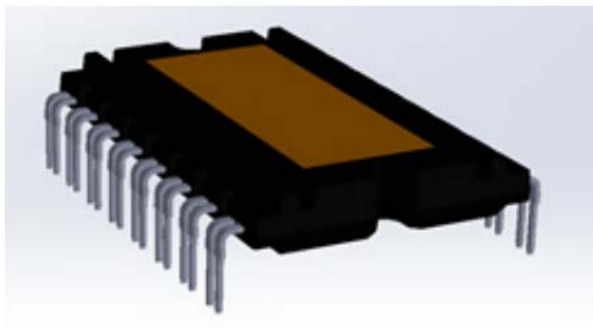


Product	电参数	质量等级
SiC MOSFET	1200V 16mΩ 100A	Industrial
SiC MOSFET	1200V 8mΩ 200A	Industrial
SiC MOSFET	1700V 22mΩ 80A	Industrial
SiC SBD	1200V 100A 双路	Industrial
SiC SBD	1200V 200A 双路	Industrial

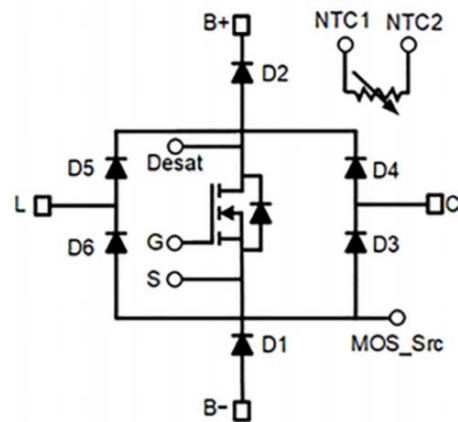
- ❑ 结温：-55 – 175℃
- ❑ 更低热阻
- ❑ MOSFET管：开尔文源极(Kelvin source)

新产品、新技术（研发中）

顶部散热塑封功率器件：



SiC MOSFET H-Bridge Module



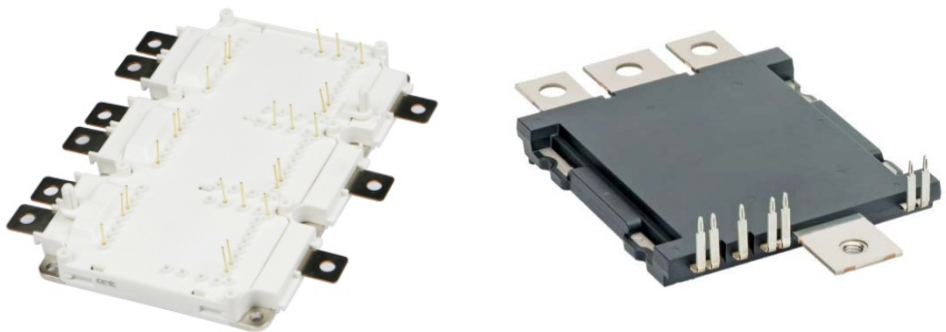
SiC MOSFET Vienna Rectifier Module

- ▣ H桥拓扑、Vienna Rectifier拓扑，双列直插式封装（DIP），确保了器件的低阻抗
- ▣ 顶部散热，专用于大功率11 kW-22kW车载OBC
- ▣ 最佳的热阻和高压隔离，可处理800 V总线电压

SiC MOSFET芯片在功率模块应用

新能源汽车电驱用SiC功率模块

- ◆ WM2HA016120B (1200V 16m Ω) 芯片
- ◆ WM2HA011075B (750V 11m Ω) 芯片
- ◆ WM3A013120B (1200V 13m Ω) 芯片



HPD封装

2in1塑封模块

工业用SiC功率模块

- ◆ WM2HA016120B (1200V 16m Ω 110A)
- ◆ WM2HA030120B (1200V 30m Ω 60A)
- ◆ WM2HA040120B (1200V 40m Ω 45A)
- ◆ WM1A045170B (1700V 45m Ω 45A)



Easy1B

Easy2B

62mm

 品质

IATF16949汽车质量体系，持续提升器件品质、可靠性

产品定型认证：

高温反偏、高温栅偏、H3TRB、高温存储、温度循环、稳态寿命、ESD、可焊性、热阻等

生产过程控制：

APQP、FEMA、MSA、SPC、PPAP

SiC MOSFET

晶圆检测：

晶圆批评价、CP测试、DC参数筛选、SPC、镜检、焊接质量等

器件检验：

100% DC测试、EAS测试、电性SPC、批次可靠性实验、周期性寿命实验等

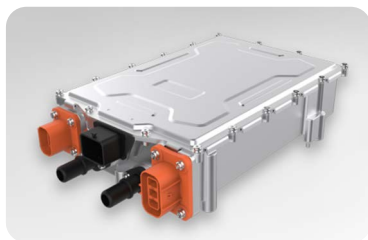
产品应用

SiC MOSFET：新能源汽车、光伏储能、工业电源等出货量超过2000万只。

新能源汽车电源



车载OBC



车载DC-DC

大功率电源模块



充电模块



UPS

新能源发电应用



光伏逆变器



储能

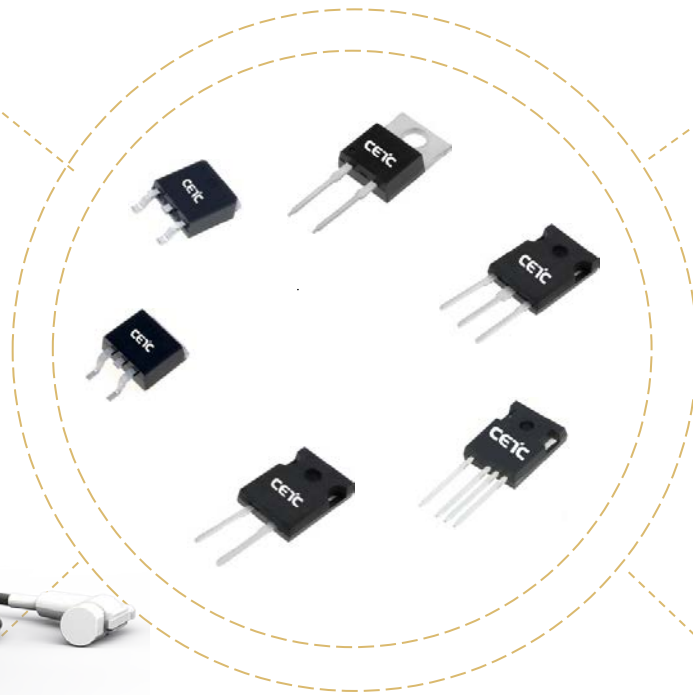
工业电源



白色家电



服务器



芯片技术提升计划

SiC MOSFET芯片技术：持续提升芯片电流密度，降低成本，保持国内技术领先

2021

G2 Planner工艺SiC MOSFET

系列产品:650V-1200V系列产品

比导通电阻：1200V产品 $3.8\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，

650V产品 $3.0\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$

2023

G3 Planner工艺SiC MOSFET

典型产品:WM3A013120B(1200V $13\text{m}\Omega$)

比导通电阻：1200V产品小于 $2.7\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$

电流密度：提升15%

品质：车规级

2022

G2+ Planner工艺SiC MOSFET

典型产品:WM2A016120B(1200V $16\text{m}\Omega$)

比导通电阻：1200V产品 $3.1\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$

电流密度：提升20%

2024

G4 Trench工艺SiC MOSFET

比导通电阻：约 $2\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$

电流密度：提升20%

成本：降低20%



晶圆产能提升计划

SiC 芯片产能：快速提升6英寸晶圆线产能，8英寸晶圆线规划和实施

2022

6英寸晶圆产能：3万片/年

国基南方6英寸SiC工艺平台

2024

6英寸晶圆产能：12万片/年

国基南方6英寸SiC SiC工艺平台，中电国基南方投资扩产。

2023

6英寸晶圆产能：6万片/年

国基南方6英寸SiC工艺平台，国家第三代半导体技术创新中心（一期）投资扩产。

2025

8英寸晶圆产能：20万片/年

国家第三代半导体技术创新中心（二期）建设，位于南京市江宁经济技术开发区，投资30亿元。建设国内首个8英寸量产SiC芯片平台。





CETC 中国电科

责任 创新 卓越 共享

*Responsibility
Innovation*

*Excellence
Shared*