

特斯拉新动态促进行业发展

核心观点

- **事件：**特斯拉在近日的投资者大会上提出，下一代动力总成将在不损害汽车性能和效率的情况下将碳化硅减少 75%（75% reduction in silicon carbide）。
- **特斯拉及供应商在中短期可能通过缩小芯片面积和模块封装技术优化来降低碳化硅成本，中长期可以通过提升器件电压、提升衬底和外延制造效率来降低碳化硅器件成本。**意法半导体、英飞凌、罗姆和安森美等国际大厂通过沟槽栅、改变元胞形状等技术缩小碳化硅芯片面积，第三代芯片可以缩小 75%面积，碳化硅芯片缩小导致发热密度急剧增加，特斯拉可能通过 T-pak 等模块封装技术优化提升散热能力和可靠性。此外，中长期来看，器件电压、衬底和外延制造效率的提升也有望降低碳化硅器件成本。
- **新能源汽车需求旺盛，SiC 器件迎风而起。**碳化硅性能优异，是制作高压高频高温器件的理想材料。2018 年特斯拉将碳化硅导入 Model 3，相较于硅基 IGBT 开关损耗度降低 75%、系统效率提升 5%，尺寸更小，新能源车企竞相布局碳化硅器件。Yole 数据显示，2021 年全球 SiC 功率器件市场规模为 11 亿美元，预计 2027 年将增长至 63 亿美元，CAGR 约 34%。整体电动车相关领域（包括主逆变器、OBC、DC/DC 转换器等）SiC 市场规模有望在 2027 年达到 50 亿美元。根据 EVTank 数据显示，全球新能源汽车 2026 年销量将达到 3157 万辆，21-26 年 CAGR 为 37%。随着新能源车渗透率不断升高，以及整车架构朝 800V 高压方向迈进，SiC 器件在主逆变器、DC / DC 转换系统、车载充电系统及充电桩等领域有望迎来规模化发展。据 TrendForce 数据，2025 年全球电动车市场对 6 英寸 SiC 晶圆需求可达 169 万片，21-25 年 CAGR 为 94%。
- **海外头部厂商占据产业链主要份额，国内企业迎来广阔发展空间。**SiC 衬底及外延片领域，Wolfspeed 凭借先发优势和规模优势一家独大；器件领域，欧美日企业领先，整体市占率达到 95%，仅意法半导体一家就占据 41%。国内企业也在积极研发和探索 SiC 器件的产业化，产业各节点都有所突破，正随着国内新能源产业发展而持续高增长。

投资建议与投资标的

- 由于下游需求旺盛，我们看好 SiC 产业链相关企业将因此受益。建议关注国内领先的 SiC 芯片和模块厂商斯达半导，IDM 厂商中瓷电子、华润微、闻泰科技，MOCVD 设备企业中微公司，全产业链布局公司三安光电、SiC 衬底企业天岳先进等。

风险提示

- 下游需求不及预期、成本下降不及预期、未来技术变革的风险、技术研发进度不及预期。

行业评级

看好（维持）

国家/地区

中国

行业

电子行业

报告发布日期

2023 年 03 月 09 日



证券分析师

蒯剑

021-63325888*8514

kuaijian@orientsec.com.cn

执业证书编号：S0860514050005

香港证监会牌照：BPT856

李庭旭

litingxu@orientsec.com.cn

执业证书编号：S0860522090002

联系人

韩潇锐

hanxiaorui@orientsec.com.cn

杨宇轩

yangyuxuan@orientsec.com.cn

张释文

zhangshiwen@orientsec.com.cn

薛宏伟

xuehongwei@orientsec.com.cn

相关报告

新能源东风已至，碳化硅御风而起

2022-09-05

目 录

1 特斯拉事件：碳化硅何去何从？	5
2 碳化硅大势所趋，发展空间广阔	10
2.1 欧美厂商高度垄断，国产化加速	10
2.2 新能源车驱动 SiC 器件规模快速扩张	11
3 投资建议	15
3.1 斯达半导：积极布局碳化硅市场，长期成长动能充足	15
3.2 中瓷电子：注资碳化硅 IDM 企业	16
3.3 华润微：发力碳化硅业务，自研产品持续突破	17
3.4 中微公司：开发 SiC 专用 MOCVD 设备	17
3.5 天岳先进：国内领先的 SiC 衬底企业	18
3.6 闻泰科技：SiC 二极管产品已经出样	20
4 风险提示	21

图表目录

图 1：特斯拉新一代汽车将减少 75%碳化硅用量.....	5
图 2：半导体材料各项性能指标比较.....	5
图 3：SiC 器件发展路线图	6
图 4：特斯拉 Model 3 逆变器搭载 SiC MOSFET 模块.....	6
图 5：IGBT 与碳化硅器件性能对比	6
图 6：碳化硅方案与硅基方案系统成本比较	7
图 7：日产 LEAF 80kW 电机与同功率感应电机对比	7
图 8：各代 SiC MOSFET 性能对比	7
图 9：英飞凌、罗姆、安森美 SiC MOSFET 技术路线图	8
图 10：特斯拉封装技术路线图	8
图 11：特斯拉 800V 电压架构	9
图 12：SiC MOSFET 前道成本拆解	9
图 13：SiC 衬底&外延片价格走势（元/平方厘米）	9
图 14：全球 SiC 产业竞争格局（2020 年）	10
图 15：国内外企业 SiC 产业链布局	11
图 16：全球 SiC 功率器件市场规模高速增长	11
图 17：全球新能源车销量预测（万辆）	12
图 18：全球电动车市场对 6 英寸 SiC 晶圆需求（万片）	12
图 19：国内新能源车产量及预测（百万辆）	12
图 20：电动车用 SiC 功率半导体比重	12
图 21：SiC 器件在新能源车上的应用	13
图 22：车用 SiC 器件表现出优异性能	13
图 23：SiC 是实现电驱动系统高压化的关键	13
图 24：新能源车 800V 高电压平台	13
图 25：Wolfspeed 参与的 SiC 直流快速充电桩	14
图 26：小鹏 480kW 高压超级充电桩	14
图 27：斯达半导体部分 SiC 模块产品	15
图 28：2021 年公司 SiC 芯片定增项目	16
图 29：华润微 SiC 产品核心技术	17
图 30：公司 SiC 半导体材料项目进程	20
图 31：闻泰科技全球产业布局	20
图 32：安世半导体产品线研发进展	21
表 1：国际部分主流厂商扩产计划	10

表 2：全球部分 800V 高压平台车型统计	14
表 3：中瓷电子拟向多家购买国联万众 94.6%股份	16
表 4：国联万众主要建设内容及规模	16
表 5：华润微电子 SiC SBD 产品列表（1200V）	17
表 6：中微公司主要产品示意图	18
表 7：中微公司布局 SiC 材料功率器件外延生长设备和技术研发	18
表 8：天岳先进 SiC 衬底主要产品	19
表 9：天岳先进产品在国内客户使用情况举例	19

1 特斯拉事件：碳化硅何去何从？

特斯拉下一代汽车平台或将减少 75%碳化硅。美国时间 3 月 1 日，特斯拉举办投资者大会，特斯拉表示 2022 年 Model 3 成本已经降低 30%，下一代汽车生产成本将下调超 50%，降低驱动单元造价是特斯拉控制生产成本重要一环。特斯拉提出下一代动力总成将在不损害汽车性能和效率的情况下，碳化硅器件将下降 75%（75% reduction in silicon carbide），总成本将减少 1000 美元。然而，我们认为特斯拉可能不会大幅减少器件数量（75%），而是得益于 SiC MOSFET 供应商的进步，将芯片面积和 SiC 总成本大幅降低。

图 1：特斯拉新一代汽车将减少 75%碳化硅用量



数据来源：2023 年特斯拉投资者活动日、东方证券研究所

碳化硅性能优异，是制作高压高频高温器件的理想材料。碳化硅是由硅元素和碳元素组合而成的一种化合半导体材料。在耐高压、耐高频、耐高温方面具有独特优势。**1）耐高压：**碳化硅阻抗更低，禁带宽度更大，能承受更大的电流和电压，带来更小尺寸的产品设计和更好效率；**2）耐高频：**碳化硅不存在电流拖尾现象，能够提高元件的开关速度，是硅开关速度的 3-10 倍，从而适用于更高频率和更快的开关速度；**3）耐高温：**碳化硅拥有高导热率，相较硅来讲，能在更高的温度下工作。因此，碳化硅能够有效满足电力电子系统的高效率、小型化和轻量化要求，有望成为被广泛使用的半导体芯片基础材料。

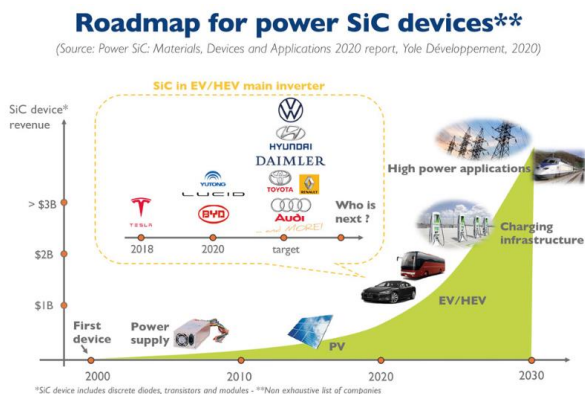
图 2：半导体材料各项性能指标比较

半导体材料	Si	Ge	GaAs	GaN	4H-SiC	6H-SiC	3C-SiC	ALN
禁带宽度（eV）	1.12	0.67	1.43	3.37	3.26	3	2.2	6.2
能带类型	间接	间接	直接	直接	间接	间接	间接	间接
击穿场强（MV/cm）	0.3	0.1	0.06	5	3	5	3	1.4
电子迁移率（cm ² /Vs）	1350	3900	8500	1250	800	< 400	< 800	300
空穴迁移率（cm ² /Vs）	480	1900	400	< 200	115	90	320	14
热导率（W/cm ² *K）	1.3	0.58	0.55	2	4.9	4.9	3.6	2.85

数据来源：今日半导体、东方证券研究所

2018 年特斯拉将碳化硅导入 Model 3，新能源车企竞相布局碳化硅器件。特斯拉 Model 3 首次采用意法半导体和英飞凌的 SiC 逆变器。相较于 Si-IGBT，碳化硅模块开关损耗降低 75%、系统效率提升 5%、尺寸更小。在特斯拉导入碳化硅器件后，多家新能源汽车厂商纷纷跟进。2020 年，比亚迪将自主研发制造的 SiC MOSFET 功率器件搭载在汉 EV 四驱高性能版上，实现了 200KW 的输出功率，功率密度提升一倍。

图 3：SiC 器件发展路线图



数据来源：Yole、东方证券研究所

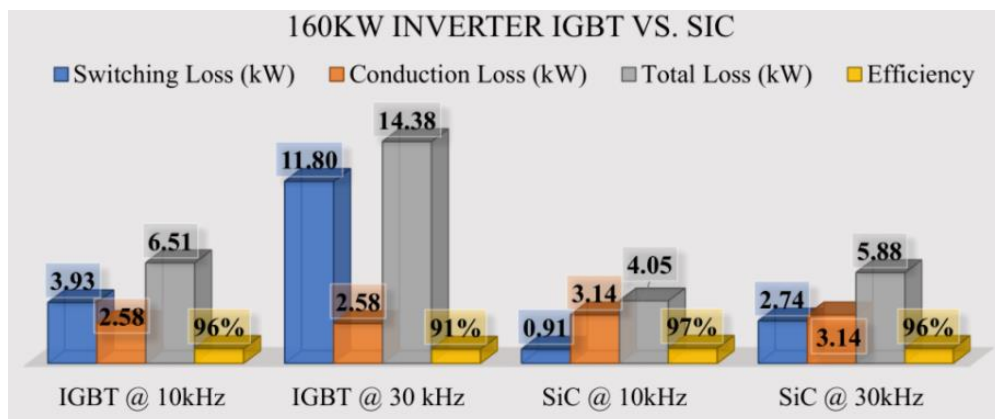
图 4：特斯拉 Model 3 逆变器搭载 SiC MOSFET 模块



数据来源：半导体行业观察、东方证券研究所

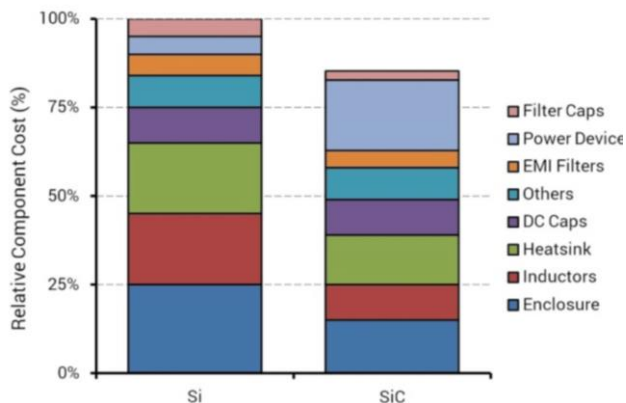
成本昂贵叠加供应紧张倒逼特斯拉加大研发力度。碳化硅技术可以大幅提升电池续航能力、降低电池生产成本。在 800V 充电架构下，碳化硅相较于硅基 IGBT 能耗低、效率高；碳化硅器件节省无源元器件、冷却系统等成本，整体主驱逆变器系统综合成本比硅基方案系统成本更低；碳化硅方案有助于压缩驱动电机重量，与硅基 IGBT 方案相比，其制造的高速电机重量下降三分之一。特斯拉动力总成副总裁柯林·坎贝尔表示：碳化硅晶体管是关键但昂贵的部件。由于碳化硅价格昂贵、晶圆尺寸较难扩展，存在碳化硅器件产能无法供应汽车出货量风险，因而特斯拉优化碳化硅部件、降低碳化硅成本势在必行。

图 5：IGBT 与碳化硅器件性能对比



数据来源：行家说三代半、东方证券研究所

图 6：碳化硅方案与硅基方案系统成本比较



数据来源：行家说三代半、东方证券研究所

图 7：日产 LEAF 80kW 电机与同功率感应电机对比

	LEAF Motor		HS Induction
Maximum speed	(rpm)	10,300	23,000
Stack length	(mm)	151.3	106.8
Rotor OD	(mm)	130	87.2
Rotor mass	(kg)	16.432	5.602
Rotor volume	(dm ³)	2.008	0.638
Rotor Inertia	(kg-m ² /rad)	0.0347	0.00533
Gear ratio for inertia balance	(#)	1.0	2.55
Gear ratio to match n _{max}	(#)	1.165	1.92
Shaft diameter	(mm)	44.45	34

数据来源：行家说三代半、东方证券研究所

对于特斯拉来说，只有碳化硅器件成本降低，供应商供给能力增强，才能凭借成本和规模优势渗透到更大的市场。因此，我们认为特斯拉未来的技术路线并非是直接减少 75% 的碳化硅使用量，而是通过芯片尺寸缩小、封装技术增强、母线电压提升等一系列手段，将芯片面积和 SiC 总成本大幅降低。具体来看，特斯拉及供应商在中短期可能通过模块封装技术优化、缩小芯片面积来降低碳化硅成本，中长期可以通过提升器件电压、提升衬底和外延制造效率来降低碳化硅器件成本。

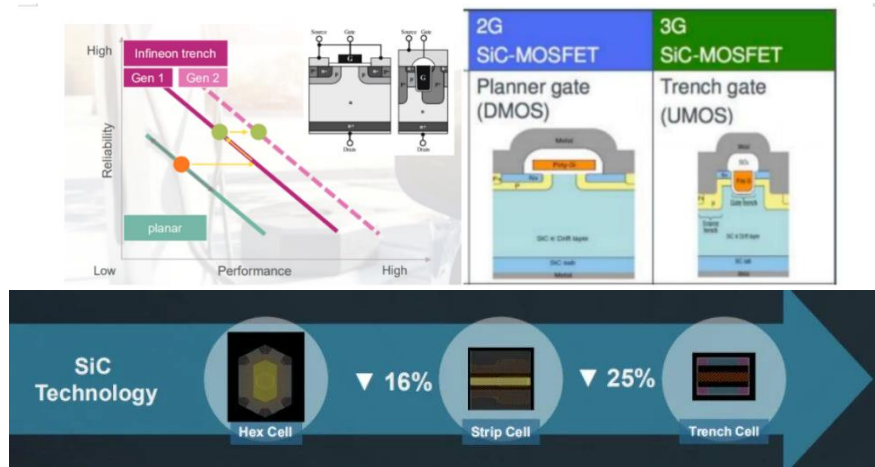
1) 受益于 SiC MOSFET 供应商技术进步，碳化硅用量压缩、成本下降。特斯拉减少碳化硅器件用量可能得益于 SiC MOSFET 供应商技术进步。近年来，特斯拉供应商意法半导体的 SiC MOSFET 芯片尺寸一直在缩小，如果按照第 3 代 MOSFET 面积是第 2 代的 1/4 来算，芯片面积刚刚好缩小了 75%。MOSFET 发展途径是：持续降低比电阻，功率不变情况缩小芯片面积。目前 SiC MOSFET 已发展到第三代，英飞凌和罗姆技术路线是从平面栅向沟槽栅过渡；安森美是改变元胞形状和沟槽栅。

图 8：各代 SiC MOSFET 性能对比

Generation	Features	Cell Pitch	R _{on,sp} (25°C)
Gen.1	Long Channel	> 10 μm	> 8.0 mΩ·cm ²
Gen.2	Short Channel(Self-Aligned)	~ 9 μm	~ 5.0 mΩ·cm ²
Gen.3	Small Cell Pitch / Trench Structure	~ 6 μm	~ 3.0 mΩ·cm ²

数据来源：行家说三代半、东方证券研究所

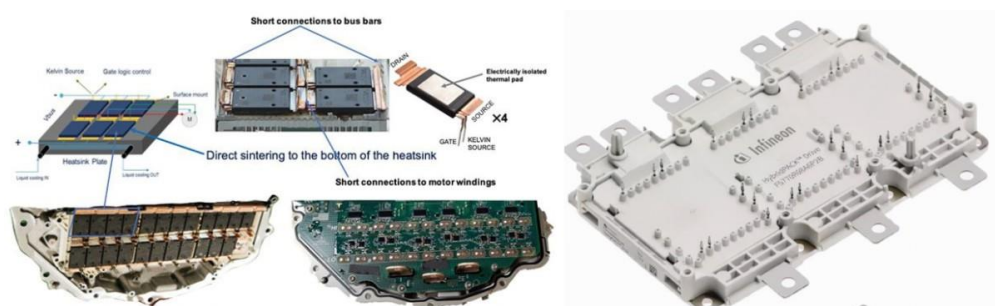
图 9：英飞凌、罗姆、安森美 SiC MOSFET 技术路线图



数据来源：行家说三代半、东方证券研究所

2) 模块散热能力提升将减少碳化硅器件用量。碳化硅芯片缩小导致发热密度急剧增加，因而要求同等功率下，其单位面积导热能力要求提高 3-7 倍。碳化硅导热系数和熔点较高，其耐受结温超 500℃。目前大多碳化硅器件标称最高结温在 200℃左右，并未发挥碳化硅器件良好性能。根据业界研究，通过采用绑定缓冲层、双面散热等技术，碳化硅功率模块导热能力可提高 10 倍，电流能力可提高 15 倍。特斯拉可能通过 T-pak 等模块封装技术优化来压缩碳化硅器件尺寸和用量，已开发定制化模块封装技术，使得模块总体热阻最小化、导热率最大化，相较于市面上碳化硅功率模块产品，该封装散热能力提升至两倍以上，这意味着模块封装中的碳化硅晶片用量将有所下降。特斯拉的封装技术让单管可经受住长达 5 年的可靠性检验。

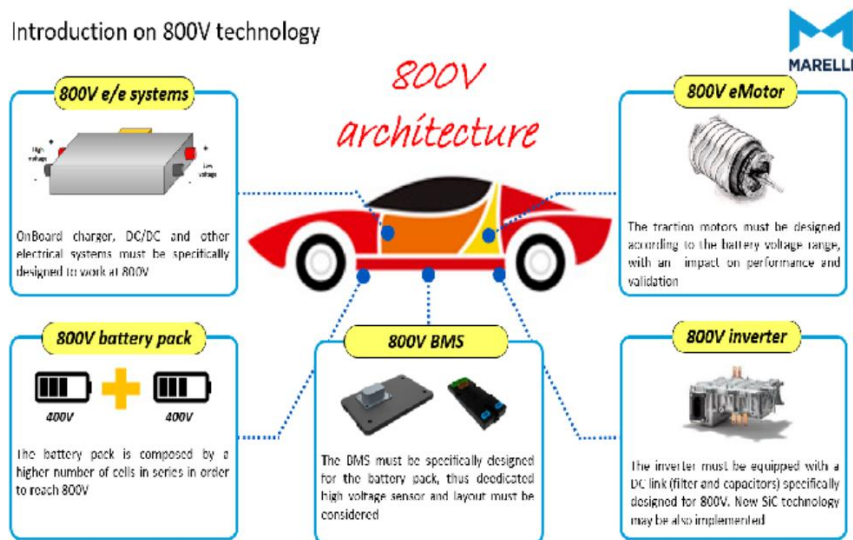
图 10：特斯拉封装技术路线图



数据来源：行家说三代半、东方证券研究所

3) 800V 母线电压的提升将减少碳化硅器件用量。特斯拉 Model 3 采用 400V 电压架构和 650V SiC MOSFET，共使用 48 颗碳化硅器件。假设未来升级至 800V 电压架构，则需要配套 1200V SiC MOSFET，碳化硅器件用量可减少一半。

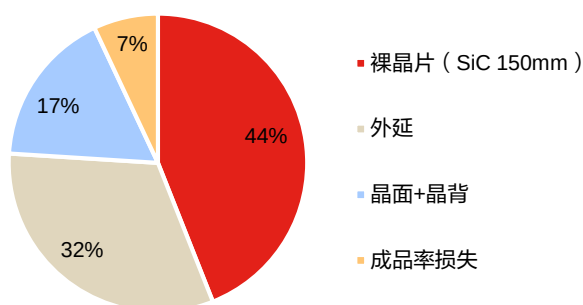
图 11：特斯拉 800V 电压架构



数据来源：行家说三代半、东方证券研究所

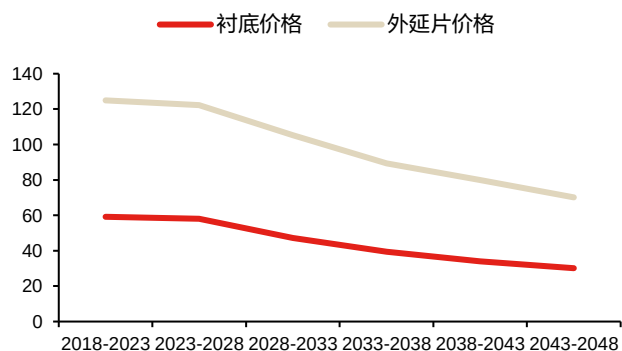
4) 碳化硅器件成本逐步下调，渗透增加。碳化硅制备难度大、长晶速度慢、损失率高，导致碳化硅器件价格高昂、渗透率较低。根据我国第三代半导体产业技术创新战略联盟（CASA）数据显示，SiC 功率器件最主要的原材料成本——SiC 衬底、外延片的价格近年来持续下降，原因有：第一，伴随大直径衬底占比不断提高，衬底单位面积生长成本下降；第二，单晶的平均可用厚度仍会持续增加，这将不断降低单位面积衬底成本；第三，衬底质量和晶片供货量的提高，以及外延晶片成品率的提高，推动 SiC 器件成本逐步降低。未来 SiC 各环节成本有望持续下降，并迎来对于下游产业的加速渗透。

图 12：SiC MOSFET 前道成本拆解



数据来源：System Plus、东方证券研究所

图 13：SiC 衬底&外延片价格走势（元/平方厘米）



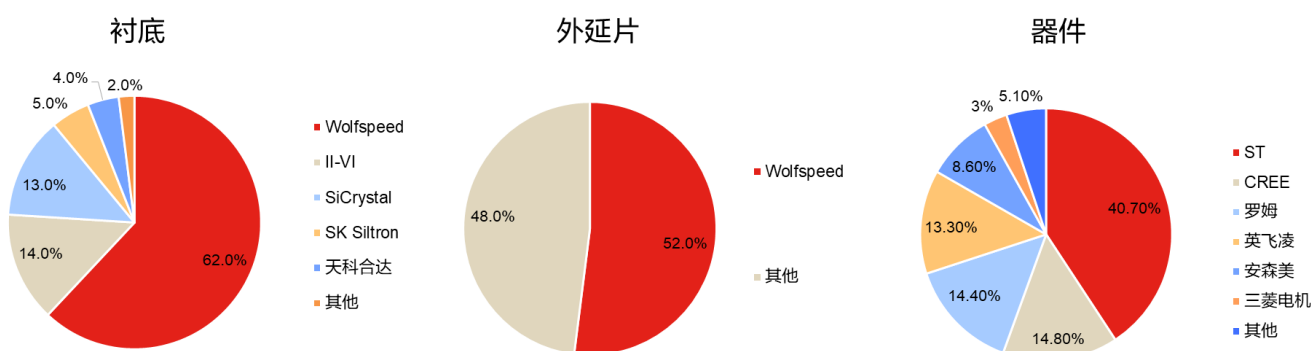
数据来源：CASA、东方证券研究所

2 碳化硅大势所趋，发展空间广阔

2.1 欧美厂商高度垄断，国产化加速

Wolfspeed 垄断 SiC 衬底与外延片市场，欧美企业主导 SiC 器件市场。从衬底到器件环节，目前 Wolfspeed、ST 及罗姆等海外头部企业占据产业链主要份额。其中，因布局较早，良率与产能规模全球领先，Wolfspeed 在 SiC 衬底及外延片市场一家独大。下游器件领域，欧美日企业领先，整体市占率达到 95%，意法半导体作为特斯拉 SiC 功率器件的主要供应商，市场占有率排名第一，达到 41%。

图 14：全球 SiC 产业竞争格局（2020 年）



数据来源：TrendBank、芯八哥、Yole、Wolfspeed、华经产业研究院、东方证券研究所

国际主流厂商大幅扩产，释放抢占 SiC 市场信号。国际企业大力完善第三代半导体产业布局，计划大幅扩产来强化竞争优势，以抢夺日渐增长的市场份额。安森美表示 22 年将 SiC 产能扩充 4 倍；意法半导体计划到 2024 年将 SiC 晶圆产能提高到 2017 年的 10 倍，SiC 营收将达到 10 亿美元。在国际大厂加速扩产的背景下，SiC 产业格局逐渐迎来空前重构和变化。

表 1：国际部分主流厂商扩产计划

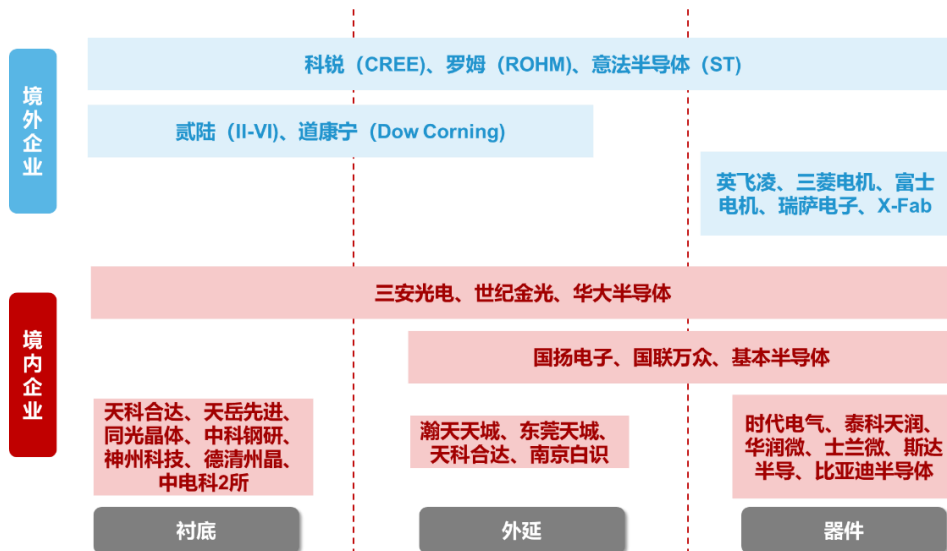
国际厂商	扩产计划
安森美	22 年将 SiC 产能扩充 4 倍
意法半导体	继续投资供应链的垂直整合，计划 2024 年将 SiC 晶圆产能提高到 2017 年的 10 倍，SiC 营收将达到 10 亿美元
罗姆	2021 年 5 月提出抢占全球 30% SiC 市场的目标。日本阿波罗筑后和宫崎新工厂于 2022 年投入运营，计划器件产能提高 5 倍以上；计划将马来西亚的半导体工厂产能扩大到 1.5 倍

数据来源：电子工程网、各公司官网、东方证券研究所

国内厂商加速布局，发展空间巨大。国内企业也在积极研发和探索 SiC 器件的产业化，已经形成相对完整的 SiC 产业链体系，部分产业节点已有所突破。SiC 衬底方面，天岳先进在半绝缘 SiC 衬底的市场占有率连续三年保持全球前三；天科合达在国内率先成功研制 6 英寸 SiC 衬底，并已实现 2-6 英寸 SiC 晶片的规模化生产和器件销售。SiC 外延片方面，厦门瀚天天成与东莞天域可生产 2-6 英寸 SiC 外延片。SiC 器件方面，国内厂商主要有泰科天润、瀚薪、扬杰科技、中电 55 所、中电 13 所、科能芯、时代电气等。模组领域，目前 SiC 市场斯达半导、河南森源、常州武进

科华、时代电气处于起步阶段。中国厂商在围绕 SiC 衬底生产上正在缩短与国外差距，未来若能在 6 英寸和 8 英寸的 SiC 晶圆良率和成本上进一步实现突破是竞争的关键。

图 15：国内外企业 SiC 产业链布局



数据来源：第三代半导体联合创新孵化中心、半导体工艺与设备、东方证券研究所

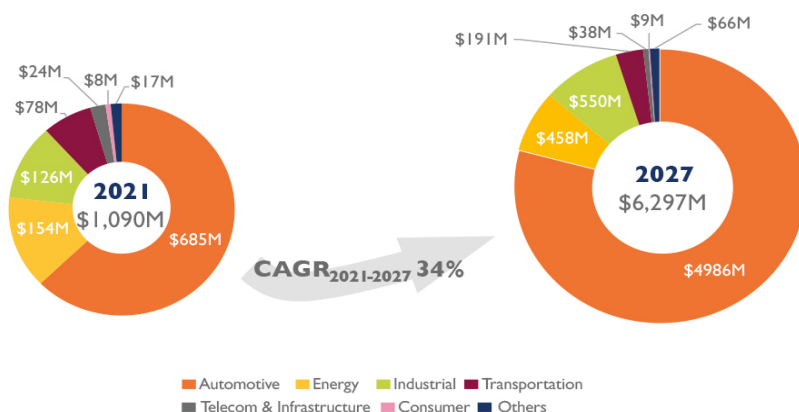
2.2 新能源车驱动 SiC 器件规模快速扩张

全球 SiC 器件市场发展迅猛，2027 年有望增长至 63 亿美元。受益于 5G 通信、国防军工、新能源汽车和新能源光伏等领域的发展，SiC 器件市场规模增速可观。Yole 数据显示，2021 年全球 SiC 功率器件市场规模为 11 亿美元，预计 2027 年将增长至 63 亿美元，CAGR 约 34%。整体电动车相关领域（包括主逆变器、OBC、DC/DC 转换器等）SiC 市场规模有望在 2027 年达到 50 亿美元，21-27 年 CAGR 为 39%。

图 16：全球 SiC 功率器件市场规模高速增长

2021-2027 power SiC market devices split by segment

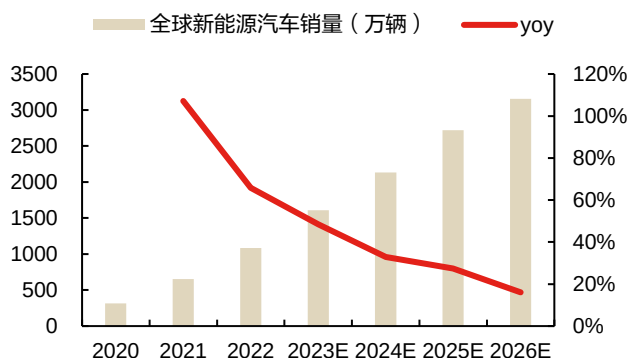
(Source: Power SiC 2022, March 2022)



数据来源：Yole、东方证券研究所

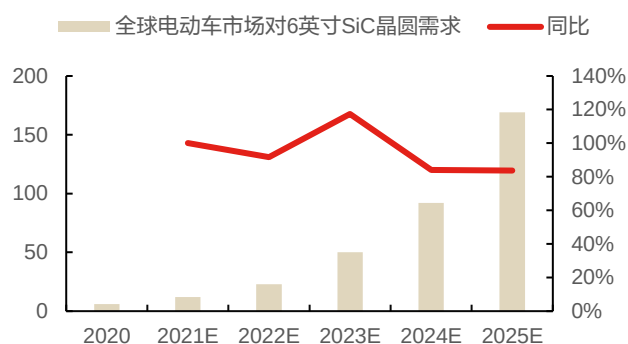
全球新能源汽车终端需求火热，车用 SiC 晶圆需求攀升。根据 EVTank 数据，新能源汽车 2026 年销量将达到 3157 万辆，21-26 年 CAGR 为 37%。随着新能源车渗透率不断升高，以及整车架构朝 800V 高压方向迈进，SiC 器件在车载逆变器等领域有望迎来规模化发展。据 TrendForce 数据，2025 年全球电动车市场对 6 英寸 SiC 晶圆需求可达 169 万片，21-25 年 CAGR 为 94%。

图 17：全球新能源车销量预测（万辆）



数据来源：EVTank、东方证券研究所

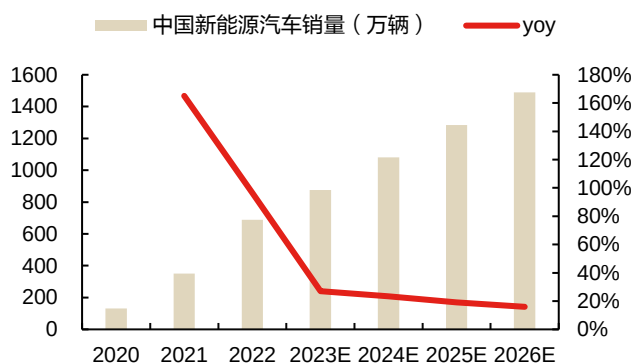
图 18：全球电动车市场对 6 英寸 SiC 晶圆需求（万片）



数据来源：TrendForce、东方证券研究所

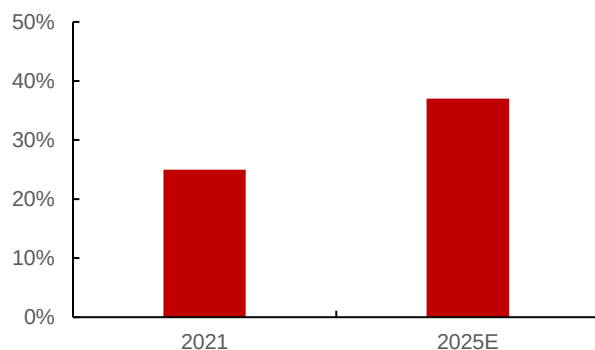
国内新能源车市场规模快速增长，SiC 功率器件有望进一步突破。根据中汽协数据，2022 年中国新能源汽车销量将达到 689 万辆，预计 2026 年中国新能源汽车销售量将达到汽车销售总量的近 50%。根据 DIGITIMES Research 预测，2025 年电动汽车用 SiC 功率半导体将占整车用功率半导体的 37% 以上，高于 2021 年的 25%。国内新能源车市场具备领先优势，随着渗透率的进一步提升以及汽车电子化程度的持续推进，国内车用 SiC 器件规模有望快速突破。

图 19：国内新能源车销量及预测（万辆）



数据来源：中汽协，东方证券研究所

图 20：电动车用 SiC 功率半导体比重

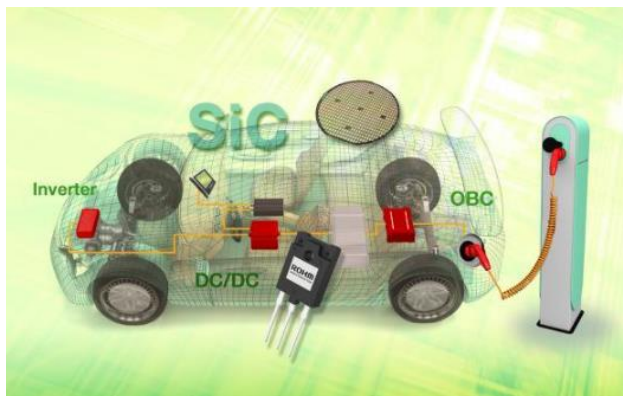


数据来源：DIGITIMES Research，东方证券研究所

多维度优势赋能车用 SiC 器件。SiC 功率器件在新能源汽车中展现出独特优势，其应用场景包括：电机驱动系统逆变器、电源转换系统（车载 DC/DC）、车载充电系统（OBC）及非车载充电桩等。从材料来看，SiC 相对于硅材料拥有更高的击穿场强、更高的热导率以及更高的电子饱和漂移速度；从电路损耗来看，在同等条件下，SiC 功率器件能大幅减小电路开关的能量损耗（下降 85%）；从设备空间来看，采用 SiC 功率器件的 DC/DC 转换器、车载充电机以及电机控制器分别

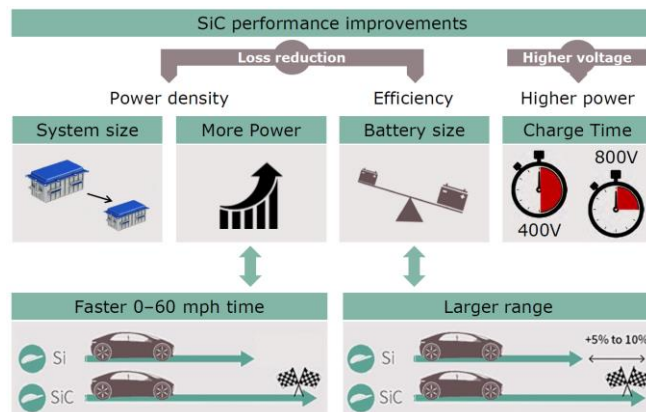
能加减小设备 20%、40%、64%的系统空间；从电池转化效率来看，集成了 SiC 器件的模块能帮助系统提升 6% 的电力转换效率。

图 21：SiC 器件在新能源车上的应用



数据来源：汽车产业信息、东方证券研究所

图 22：车用 SiC 器件表现出优异性能

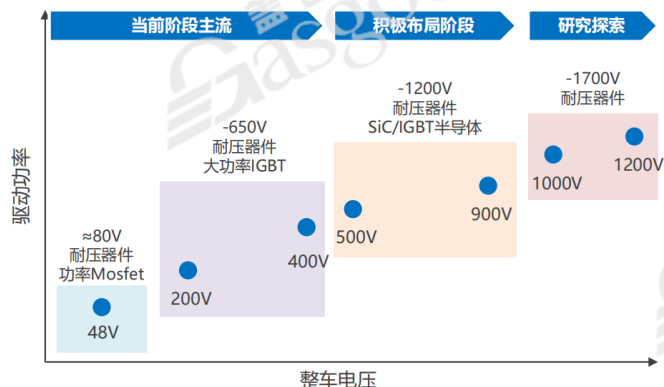


数据来源：Infineon、东方证券研究所

新能源车高电压平台大势所趋，SiC 器件彰显优势。近年来各车企纷纷通过提升功率来缓解新能源汽车的续驶焦虑和充电焦虑，而功率的增加一般有两种路径，即提高电流或电压。然而，大电流可能会导致较大的核心部件热损耗，因此高电压电气平台成为了首选。高电压平台要求电驱动系统的耐压性也要随之提升，而硅基器件无法承载电压的大幅升高，故 SiC 应用将逐步替代硅基 IGBT 成为关键。相比之 IGBT，SiC 体积小、功率密度高、耐高压和高温能力强，可助力新能源车实现更长的续航里程、更短的充电时间和更强的动力性能。

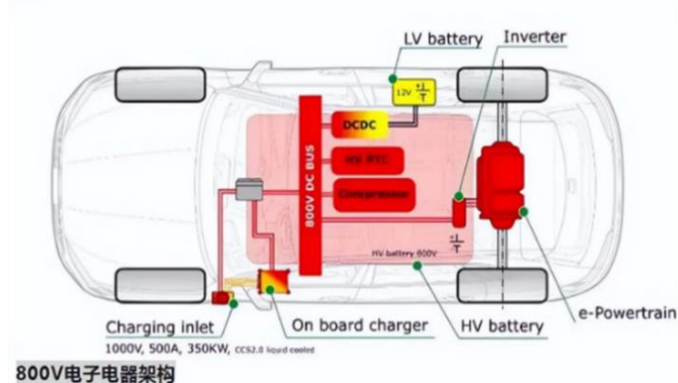
国内外车企纷纷布局 800V 高压平台，SiC 大规模车载应用可期。在相同功率下，800V 电压平台较 400V 电压的电流减半，电池充电热量降低，且低成本、轻量化、EMC 干扰的降低，以及效率和续航的提升，让充电补能体验大幅增强。2019 年保时捷 Taycan 推出全球首款 800V 高电压电气架构，支持 350kw 大功率快充，15 分钟内电量可充到 80%。近年来比亚迪、奥迪、吉利、小鹏等一众车企也纷纷开始布局 800V 高电压平台，预计各大车企基于 800V 高压平台方案将在 2022 年之后陆续上市，SiC 作为 800V 平台架构的最佳拍档有望大放异彩。

图 23：SiC 是实现电驱动系统高压化的关键



数据来源：盖世汽车研究院、东方证券研究所

图 24：新能源车 800V 高压平台



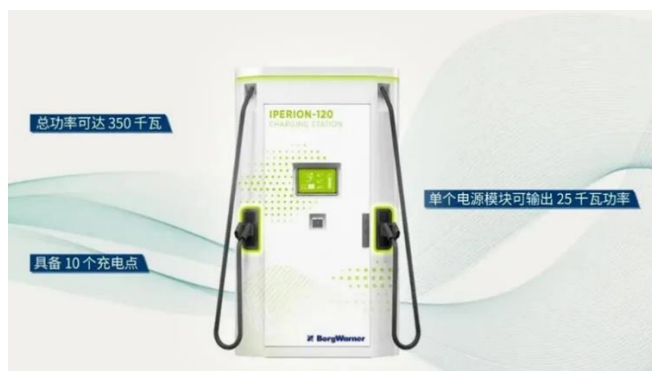
数据来源：全球数据中心观察、东方证券研究所

表 2：全球部分 800V 高压平台车型统计

公司	产品	时间	电压	续航(km)	充电表现
保时捷	Taycan	2018 年	800V	500	15min@80%
现代	Ioniq 5	2020 年	800V	500	5min@100km
起亚	EV6	2020 年	800V	528	18min@80%
比亚迪	E 平台 3.0	2021 年	800V	-	5min@150km
奥迪	RS e-tron GT	2021 年	800V	470	20min@80%
广汽埃安	480kW 桩 V Plus 车	2021 年	800V	-	5min@200km
小鹏	G9 车 480kW 桩	2021 年	800V	-	5min@200km
长城汽车	沙龙机甲龙	2021 年	800V	802	10min@800km
极狐	α s 华为 HI 版	2022 年	800V	-	10min@200km
保时捷	Macan	预计 2023 年	800V	-	-
路特斯	路特斯 Type123	预计 2023 年	800V	-	20min@80%
悍马	悍马 EV	预计 2023 年	800V	-	10min@300km
奔驰	某 EV	预计 2025 年	800V	-	-
大众	Trinity	预计 2026 年	800V	-	-

数据来源：盖世汽车、第一电动网、懂车帝、各车企官网、东方证券研究所

800V 高压平台需要电源产品配套升级，充电桩等迎来发展良机。当动力电池电压平台升级到 800V，当前的 OBC、DC/DC 及充电桩等电源产品都需要从 400V 等级提升至符合 800V 电压平台的应用，SiC 器件由于其优异的特性也将开始大规模的应用。以充电桩为例，800V 高压充电桩在设计架构上区别于 400V 的重要特点是需要配置 SiC MOSFET，以达到更快的充电速度和更好的器件耐压性。22 年 Wolfspeed 宣布参与搭载 SiC 技术的直流快速充电桩项目，总功率可达 350 kW，成本可降低 20-30%。国内车企也开始发力，广汽埃安于 2021 年 8 月发布 480kW 超级充电桩，小鹏也宣布 22Q4 起部署 480kW 高压超充桩，实现充电 5 分钟续航 200 公里。

图 25：Wolfspeed 参与的 SiC 直流快速充电桩


数据来源：Wolfspeed、东方证券研究所

图 26：小鹏 480kW 高压超级充电桩


数据来源：小鹏官网、东方证券研究所

3 投资建议

由于下游需求旺盛，SiC 产业链相关企业将因此受益。建议关注国内领先的 SiC 芯片和模块厂商斯达半导(603290, 买入)、IDM 厂商中瓷电子(003031, 未评级)、华润微(688396, 买入)、闻泰科技(600745, 买入)，SiC MOCVD 设备企业中微公司(688012, 买入)、化合物半导体材料与器件全产业链布局的三安光电(600703, 买入)，SiC 衬底企业天岳先进(688234, 未评级)等。

3.1 斯达半导：积极布局碳化硅市场，长期成长动能充足

公司获多个主控制器用车规级 SiC MOSFET 模块项目定点。2021 年公司在机车牵引辅助供电系统、新能源汽车行业控制器、光伏行业推出的各类 SiC 模块得到进一步的推广应用。2022 年上半年公司应用于乘用车主控制器的车规级 SiC MOSFET 模块开始大批量装车应用，同时公司新增多个使用车规级 SiC MOSFET 模块的 800V 系统的主电机控制器项目定点，将对公司未来车规级 SiC MOSFET 模块销售增长提供持续推动力。

图 27：斯达半导部分 SiC 模块产品



数据来源：公司官网、东方证券研究所

定增项目保障 SiC 芯片自主可控，产品供应能力和竞争力有望进一步提高。公司车规级 SiC 模块虽已获得多个项目定点并拿到批量订单，但车规级 SiC 模块中所使用的 SiC MOSFET 芯片仍为进口芯片。公司预计投入 5 亿元新建厂房及仓库等配套设施，购置光刻机、涂胶显影机、铝刻蚀机、高温注入机等设备，开展 SiC 芯片的研发和产业化。项目建设周期 3 年，达产后预计将形成年产 6 万片 6 英寸 SiC 芯片生产能力，对应 6.6 亿元营收和 1.8 亿元净利润。本次募投项目量产，公司将拥有自主的车规级 SiC MOSFET 芯片，利用目前公司在新能源汽车客户和项目资源，进一步提高公司车规级 SiC 模块的供货保障能力以及产品竞争力。

图 28：2021 年公司 SiC 芯片定增项目

项目名称	投资总额	建设周期	达产时间	产能	满产收入	满产净利润	满产毛利率	满产净利率
SiC 芯片研发及产业化项目	5 亿	3 年	第 5 年	6 万片/年 6 英寸	6.6 亿	1.76 亿	31.8%	26.6%

数据来源：公司公告、东方证券研究所

3.2 中瓷电子：注资碳化硅 IDM 企业

中瓷电子拟购买北京国联万众半导体科技有限公司 94.6029% 股权，布局第三代半导体 SiC 模块。国联公司是国内领先的半导体 IDM 平台，依托多年技术积累研发生产拥有自主知识产权的碳化硅电力电子芯片及器件。公司正在进行芯片制造及封装测试专业化生产线建设，建成后将具备碳化硅功率模块设计、制造和封装测试整体能力，年测试封装 SiC 功率模块 2.4 万块。公司 SiC 功率模块包括 650V、1200V 和 1700V 等系列，其产品应用于新能源汽车、工业电源、新能源逆变器等领域。主要客户包括比亚迪、智旋等。

表 3：中瓷电子拟向多家购买国联万众 94.6% 股份

对应标的公司	序号	交易对方	本次转让所持标的资产股权/权益比例
国联万众	1	中国电科十三所	44.8258%
	2	数字之光	15.9071%
	3	智芯互联	9.3263%
	4	电科投资	8.3043%
	5	首都科发	5.5594%
	6	顺义科创	5.5594%
	7	国投天津	5.1206%
合计			94.6029%

数据来源：公司公告、东方证券研究所

该项交易进一步引领碳化硅功率模块在新能源汽车领域的应用。国联万众将成为中瓷电子旗下的碳化硅功率模块设计生产平台，其研发生产的碳化硅二极管产品已投入市场，为格力等公司提供产品试用，并将基于顺义科技园区的协同作用利用国内和国际资源打造第三代半导体材料应用联合创新基地，形成产学研用完整链条及跨界应用。

表 4：国联万众主要建设内容及规模

分批期次	产品名称	规格	年产量（万件/年）	建成最终产能
第一阶段	第三代晶圆	6 英寸 SiC、GaN 电路晶圆	1.2	12
第二阶段			4.8（增加）	
第三阶段	第三代晶圆	6 英寸 SiC、GaN 电路晶圆	6（增加）	
	GaN 功放	4G、5G 通讯用功率模块	120	120
	SiC 功率模块	1200V-1700V 功率模块	2.4	2.4
	SiC 单管	SBD、MOSFET	1200	1200

数据来源：第三代半导体产业、东方证券研究所

3.3 华润微：发力碳化硅业务，自研产品持续突破

碳化硅业务前景向好，公司相应产品销量倍增。华润微作为国内半导体 IDM 龙头企业，功率器件产品研发与销售具备先发优势。其功率器件事业群在第三代化合物半导体器件领域取得技术和产业化的显著突破，自主研发的新一代 SiC JBS 器件综合性能达到业界先进水平，产品在充电桩、太阳能逆变器、通信电源等工控领域获得客户端的广泛认可，公司前三季度 SiC 销售额约有 3 倍增长，预计 2023 年碳化硅 MOS 的销售占比会有较大提升。

表 5：华润微电子 SiC SBD 产品列表（1200V）

电流/封装	TO220-2L	TO247-3L	TO247-2L	TO252-2L	TO263-2L
2A	CRXI02D120G2			CRXL02D120G2	
3A	CRXI03D120G2			CRXL03D120G2	
5A	CRXI05D120G2			CRXL05D120G2 CRXD05D120G2	
10A	CRXI10D120G2	CRXQ10D120G2	CRXU10D120G2	CRXL10D120G2	
15A	CRXI15D120G2		CRXU15D120G2		
20A	CRXI20D120G2	CRXQ20D120G2	CRXU20D120G2		CRXB20D120G2 CRXS20D120G2
30A		CRXQ30D120G2	CRXU30D120G2		CRXB30D120G2
40A		CRXQ40D120G2	CRXU40D120G2		

数据来源：公司公告、东方证券研究所

一二代产品销售量产，后续产品正继续快速推进。公司自主研发的第一代 650V、1200V SiC JBS 产品已取得销售，21 年末公司正式对外发布 SiC MOSFET 产品，目前第二代碳化硅二极管 1200V/650V 平台已系列化三十余颗产品，在充电桩、光伏逆变、工业电源等领域实现批量供货。公司第三代半导体产品产业化和平台化战略继续高歌前进。

图 29：华润微 SiC 产品核心技术

核心技术	技术/产品特点
SiC JBS 系列产品设计和制造技术	1) 采用公司自主研发的 SiC 工艺和封装技术 2) 优异的导通压降 V_f 、 Q_c 及漏电流，系统性能达到国际一线品牌水准 3) 抗浪涌能力强 4) 工业级可靠性
SiC MOS 系列产品设计和制造技术	1) 采用自主研发的 SiC 工艺及封装技术 2) 比导通电阻达到 $5\text{cm}\Omega\text{cm}^2$ ，产品电参数达到国际标杆水平 3) 雪崩耐量高

数据来源：公司公告、东方证券研究所

3.4 中微公司：开发 SiC 专用 MOCVD 设备

中微公司主要从事高端半导体设备及泛半导体设备的研发、生产和销售。公司基于在半导体设备制造产业多年积累的专业技术，涉足半导体集成电路制造、先进封装、LED 外延片生产、功率器件、MEMS 制造以及其他微观工艺的高端设备领域。**1) 等离子体刻蚀设备：**已应用于国际一线客户从 65 纳米到 14 纳米、7 纳米和 5 纳米及更先进的集成电路加工制造生产线及先进封装生产线。**2) MOCVD 设备：**在行业领先客户的生产线上大规模投入量产，公司已成为世界排名前列的氮化镓基 LED 设备制造商。截至 2022 年 6 月底，公司设备累计付运台数达 2654 个反应台，在客户 73 条生产线全面量产。

表 6：中微公司主要产品示意图

产品类别		图示	应用领域
刻蚀设备	电容性高能等离子体刻蚀设备		主要应用于集成电路制造中氧化硅、氮化硅，低介电常数膜和各种模板层等介质材料的刻蚀
	电感性低能等离子体刻蚀设备、深硅刻蚀设备		主要应用于在集成电路制造中单晶硅、多晶硅以及多种介质等材料的刻蚀
			主要应用于 CMOS 图像传感器、MEMS 芯片、2.5D 芯片、3D 芯片等通孔及沟槽的刻蚀
MOCVD 设备			蓝绿光及紫外 LED 外延片和 SiC 材料功率器件的生产

数据来源：中微公司 2022 年半年报、东方证券研究所

中微公司积极布局 SiC 材料功率器件外延生长设备和技术研发，牵头人具有 25 年以上相关经验。根据公司公告，公司将总投资 37.56 亿元用于中微临港总部和研发中心项目，其中部分资金用于公司 7 类新产品的研发项，其中一种就是宽禁带功率器件外延生长设备，主要包括 SiC 材料功率器件的外延生长设备和技术的研究。该项目牵头人具有 25 年以上化合物半导体材料外延工艺开发、设备研发及营运的经验。目前项目处于研究阶段，已拥有 10 余项专利技术储备，预计将持续至 2025 年底。

表 7：中微公司布局 SiC 材料功率器件外延生长设备和技术研发

项目名称	宽禁带功率器件外延生长设备的研发
研发内容	致力于开发适应宽禁带功率器件外延生产的量产型 CVD 设备，以满足产业的需求。
时间安排	2021.01-2025.12
阶段进展	研究阶段
研发成果	研发满足宽禁带功率器件外延生长的外延设备，产出的厚度均匀性与掺杂均匀性达到国际先进水平，并且开发一套与之相配套的宽禁带材料外延生长工艺。
研发人员	项目由公司副总裁级主管人员牵头主持，在 CVD 设备上有着丰富的经验。项目牵头人具有 25 年以上化合物半导体材料外延工艺开发、设备研发及营运的经验。项目预计配备工艺工程师、产品工程师、机械工程师、电器工程师、软件工程师等，辅助人员包括现场服务工程师、现场工艺工程师、制造工程师、采购人员、装配人员等。
专利及技术储备	已拥有“一种用于热化学气相沉积的基片托盘和反应器与 001-17-CN 同案”、“控制化学气相沉积腔室内的基底加热的装置及方法”、“一种带有控温装置的气体喷淋装置以及真空处理装置”等专利在内的 10 余项专利。

数据来源：中微公司公告、东方证券研究所

3.5 天岳先进：国内领先的 SiC 衬底企业

天岳先进主要从事 SiC 衬底的研发、生产和销售，产品可广泛应用于微波电子、电力电子等领域。凭借卓越的研发及创新能力，天岳先进已成为全球为数不多的掌握半绝缘型和导电型 SiC 衬底、产品尺寸较全的 SiC 衬底生产商。1) 半绝缘型：在发达国家对我国实行技术封锁和产品禁运的背景下，公司自主研发出半绝缘型 SiC 衬底产品，实现了我国核心战略材料的自主可控。2) 导电型：公司已成功掌握导电型 SiC 衬底材料制备的技术和产业化能力。在优先保障半绝缘型 SiC 衬

底材料战略供应之余，进行导电型 SiC 衬底材料的研发和小批量销售，目前正在电力电子领域客户中进行验证。

表 8：天岳先进 SiC 衬底主要产品

产品种类	图示	产品用途
半绝缘型		通过在半绝缘型 SiC 衬底上生长氮化镓外延层，制得 SiC 基氮化镓外延片，可进一步制成 HEMT 等微波射频器件，应用于信息通讯、无线电探测等领域。
导电型		通过导电型 SiC 衬底上生长 SiC 外延层，制得 SiC 同质外延片，可进一步制成肖特基二极管、MOSFET、IGBT 等功率器件，应用在新能源汽车、轨道交通以及大功率输电变电等领域。

数据来源：天岳先进招股书、东方证券研究所

天岳先进半绝缘型产品已实现对国内下游核心客户的批量供货，并获得国外知名半导体公司认可。公司通过持续的技术研究和产品开发，于 2015 年实现了 4 英寸半绝缘型 SiC 衬底的量产能力。2018 年，公司通过下游行业主要的领先客户 A 的验证并开始批量供货。随后，公司又获得下游行业主要客户 B 的认证，并获得大批量订单，国内市场份额进一步提升。根据 yole 报告统计，2021 年公司在半绝缘 SiC 衬底领域，市场占有率连续三年保持全球前三。

表 9：天岳先进产品在国内客户使用情况举例

客户名称	客户在产品的下游行业中领先地位	国内客户使用情况
客户 A	公司的半绝缘型 SiC 衬底产品可应用于无线电探测行业，可服务于航空航天、定位导航等市场。公司主要客户 A 是这些市场的主力军，占据行业技术主导地位。	2018 年，客户 A 开始从进口逐步转向批量向公司采购半绝缘型 SiC 衬底。2018-20 年，客户 A 对公司半绝缘型 SiC 衬底的采购额从近 7 万元上升至 20 万元。
客户 B	公司的半绝缘型 SiC 衬底产品可制成信息通信射频器件	2018-20 年，客户 B 对公司的半绝缘型 SiC 衬底采购额从 148 万元上升至 1.4 亿元。

数据来源：天岳先进招股书、东方证券研究所

天岳先进导电型 SiC 衬底部分送样已陆续通过客户验证，正加快提升导电型衬底产能建设。2022 年 7 月，公司与某客户签署重大合同，23 年至 25 年向合同对方销售 6 英寸导电型 SiC 衬底产品（用于功率），预计三年合计含税销售金额为 13.9 亿元。此外，2021 年公司募投资金 25 亿元用于“SiC 半导体材料项目”。该项目主要用于生产 6 英寸导电型 SiC 衬底材料，预计 2022Q3 实现一期项目投产，于 2026 年达产后，将新增 SiC 衬底材料产能约 30 万片/年，将用于满足下游电动汽车、新能源并网、智能电网、储能、开关电源等 SiC 电力电子器件应用领域的广泛需求。未来，产能的逐步投产将有助于天岳先进市场占有率的进一步提高。

图 30：公司 SiC 半导体材料项目进程

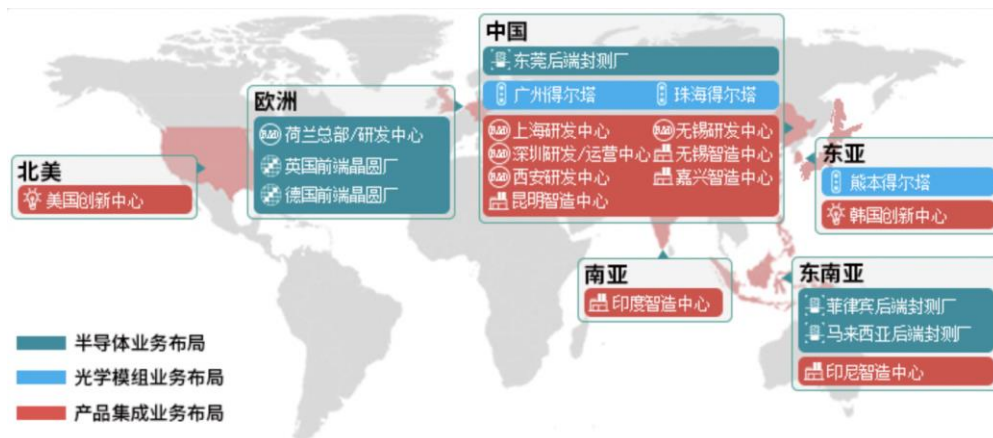
项目	2020	2021					2022				2023				2024				2025				2026			
	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
土地购置																										
基础设施建设																										
智慧工厂集成建设																										
一期机电安装及设备调试、投产																										
二期机电安装及设备调试、投产																										
三期机电安装及设备调试、投产																										

数据来源：天岳先进招股书、东方证券研究所

3.6 闻泰科技：SiC 二极管产品已经出样

闻泰科技主营业务包括半导体 IDM、光学影像、通讯产品集成三大业务板块。目前已经形成从半导体芯片设计、晶圆制造、封装测试、半导体设备，到光学影像、通讯终端、笔记本电脑、IoT、服务器、汽车电子产品研发制造于一体的全产业链布局。旗下安世半导体是全球知名的半导体 IDM 公司，是原飞利浦半导体标准产品事业部，有 60 多年半导体研发和制造经验，客户超过 2.5 万个，产品种类超过 1.5 万种，每年新增 800 多种新产品，全部为车规级产品。

图 31：闻泰科技全球产业布局



数据来源：闻泰科技公司官网、东方证券研究所

安世半导体 SiC 技术研发进展顺利，SiC 二极管产品已经出样。2021 年，闻泰科技半导体业务研发投入 8.37 亿元，进一步加强了在中高压 MOSFET、化合物半导体 SiC 和 GaN 产品、IGBT 以及模拟类产品的研发投入。在化合物半导体产品方面，闻泰目前已推出硅基氮化镓功率器件(GaN FET)，已通过 AECQ 认证测试并实现量产，并协同产业合作伙伴完成了 GaN 在电动车逆变器、电控、电源等方案的设计工作。SiC 技术研发也进展顺利，SiC 二极管产品已经出样 IGBT 产品方面，目前产品流片已经完成，正处测试验证阶段。新的模拟 IC 类产品也正处在加速研发推进中。

图 32：安世半导体产品线研发进展



数据来源：闻泰科技公司公告、东方证券研究所

4 风险提示

下游需求不及预期：新能源车、光伏、轨交等领域是 SiC 未来的重要增量市场，若下游需求和渗透率不达预期，会对 SiC 行业的发展产生不利影响；

成本下降不及预期：目前 SiC 器件的成本仍数倍于硅基器件，若 SiC 制造成本下降不及预期，对市场渗透率将产生不利影响；

未来技术变革的风险：半导体技术迭代较快，若未来发生新的技术变革导致单车 SiC 用量减少，将对行业需求造成不利影响；

技术研发进度不及预期：国外龙头在 SiC 技术方面具有先发优势，若国内企业技术研发进度无法满足下游应用要求，会对 SiC 国产化产生不利影响。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；
增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；
中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；
中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn

东方证券股份有限公司经相关主管机关核准具备证券投资咨询业务资格，据此开展发布证券研究报告业务。

东方证券股份有限公司及其关联机构在法律许可的范围内正在或将要与本研究报告所分析的企业发展业务关系。因此，投资者应当考虑到本公司可能存在对报告的客观性产生影响的利益冲突，不应视本证券研究报告为作出投资决策的唯一因素。