

电子行业深度报告

碳化硅车型密集发布，关注国产衬底厂商扩产、器件厂商上车进展

增持（维持）

关键词：#新产品、新技术、新客户 #稀缺资产

投资要点

- **800V 车型密集发布，碳化硅是 800V 高压快充标配。**碳化硅耐高压特性适配 800V 高压快充车型，同时 SiC 方案可实现新能源汽车三电系统降本、增效。23 年有小鹏 G6、极氪 X、智己 LS6 等多款 20-25 万元价格段的标配碳化硅车型上市，可见新势力车企的高性能策略已强势拉动碳化硅渗透，未来仍将有同价格段车型如极氪 007 等上市。碳化硅市场未来将由新能源汽车主导拉动，预计 2028 年全球市场规模有望达到 66 亿美元，22-28 年 CAGR 高达 32%
- **衬底端，国产产能释放拉动降本，重视各厂商产能实际交付能力。**1) SiC 价格较高限制应用放量，21 年衬底占成本比例约 46%、是产业链的核心降本环节，24-25 年国产衬底厂商市场释放是产业链降本、打开需求空间的关键时点。2) 根据 Yole 数据，2022 年全球碳化硅衬底市场中，WolfSpeed、II-VI 和 SiCrystal 三家合计占据约 72% 市场份额，国产厂商天科合达、天岳先进加速追赶，22 年导电型衬底合计实现营收 1.04 亿美元，合计占比 15%，同比+5pct。3) 尽管各国产厂商规划产能增速极高，但由于碳化硅衬底存在降低缺陷密度等技术门槛，因此并非所有规划产能均能如期实际交付，部分厂商未来可能出现技术落后将导致盈利能力不佳，从而放缓扩产节奏，尾部厂商将主动或被动完成产能出清。
- **器件端，国产厂商研发、扩产并举，24 年有望成为国产化元年。**1) 根据 Yole 数据，2021 年 SiC 市场份额前五厂家均为欧美日企业，合计占据 93% 的市场份额，其中意法半导体依靠与特斯拉的合作占据全球 40% 的市场份额。2) 国产设计厂商持续推出导通电阻更低、性能更优的碳化硅芯片产品，同时传统设计公司已开始涉足碳化硅晶圆制造产线建设，拟完成碳化硅 IDM 能力构建。国产代工厂商持续提升工艺平台能力、扩建产能。3) 可比国产 IGBT 上车历史，凭借供应本土化优势，国产碳化硅模块厂商有望加速上车，24 年有望成为器件国产化元年。
- **投资建议：**碳化硅市场高增长趋势吸引业界激进投资，远期规划产能合计数已超远期需求，未来供过于求将导致尾部厂商被出清，技术（降本能力）、产能（有效产能）、客户关系为决定竞争格局的关键要素。**建议关注具备技术、客户先发优势的国产厂商，推荐天岳先进（衬底龙头扩产、拓客并举，业绩拐点将至），建议关注晶升股份（长晶炉）、中芯集成（代工厂）、斯达半导（器件）等。**
- **风险提示：**碳化硅在车端、桩端渗透不及预期风险；国产化进度不及预期风险；扩产进程不及预期风险；价格战的风险。

2023 年 11 月 21 日

证券分析师 马天翼

执业证书：S0600522090001

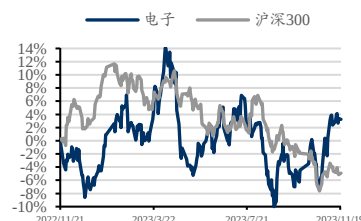
maty@dwzq.com.cn

研究助理 李璐彤

执业证书：S0600122080016

lilt@dwzq.com.cn

行业走势



相关研究

《华为赋能自动驾驶，国内智驾产业发展加速》

2023-11-08

《库存去化与 AI PC 浪潮加速 PC 行业复苏，华为 PC 份额提升趋势明显》

2023-10-29

内容目录

1. 解决里程焦虑，碳化硅是新能源汽车 800V 高压快充标配	5
1.1. 新能源汽车：特斯拉引领主驱搭载碳化硅，其他主流厂商上车潮渐进	6
1.2. 充电桩：800V 车型渗透，桩端升压、提效需求拉动碳化硅应用	10
1.3. 光伏：应用碳化硅可提升光伏逆变器转换效率，二极管率先开启渗透	12
2. 产业链各环节迈向国产化，技术、产能、客户三要素制胜	14
2.1. 衬底：国产衬底产能释放拉动降本，重视各厂商产能实际交付能力	15
2.2. 长晶炉：受益于国内衬底厂商扩产潮，碳化硅长晶炉需求高增长	20
2.3. 外延：外延炉逐步国产化，上游衬底、下游代工厂商均向外延环节延伸	23
2.4. 器件：国产厂商技术研发、产能扩建并举，24 年有望成为国产化元年	25
3. 海外大厂风向标	28
3.1. 扩产：海外大厂积极扩建碳化硅产能，产业链上下游合作、收购频发	28
3.2. 技术：8 英寸普及尚需时日，平面与沟槽器件结构共存	31
3.3. 衬底龙头 Wolfspeed 稳中向好，海外大厂均积极看待行业前景	33
4. 投资建议：关注具备技术、客户先发优势的国产厂商	35
4.1. 天岳先进：国产碳化硅衬底龙头扩产、拓客并举，业绩拐点将至	35
4.2. 晶升股份：国产碳化硅长晶炉龙头，受益三安、F 等大客户扩产	37
4.3. 中芯集成：国产车规级代工龙头，扩产碳化硅、功率 IC 打开长期空间	38
4.4. 斯达半导：国产 IGBT 模块龙头，自主芯片的碳化硅主驱模块小批量	39
5. 风险提示	41

图表目录

图 1: 碳化硅器件分应用领域市场规模预测 (单位: 亿美元)	6
图 2: SiC 器件和 Si 器件能量损耗对比	6
图 3: SiC 器件的应用可减小主驱系统体积	6
图 4: 碳化硅渗透率预测	9
图 5: 碳化硅车型销量预测 (单位: 万辆)	9
图 6: SiC 器件适配高功率充电模块需求	10
图 7: 采用 Vienna PFC 转换器拓扑的纯电动车三级充电桩	11
图 8: 采用 SiC 二极管替代 Si 二极管有望使效率提升 0.3%	13
图 9: SiC MOSFET 可以改善光伏逆变器性能	13
图 10: SiC 的主要替代方案	13
图 11: 碳化硅产业链各环节现状	15
图 12: 碳化硅产业链	15
图 13: 碳化硅衬底制造的主要难点	16
图 14: 2021 年碳化硅功率器件成本结构	16
图 15: 21-22 年全球 SiC 衬底市场格局	16
图 16: 衬底晶体缺陷图示	17
图 17: 衬底晶体缺陷会延伸至外延层	17
图 18: 8 英寸 SiC 衬底提高芯片产出	17
图 19: 公司 D 碳化硅业务营收及净利率	20
图 20: 公司 L 碳化硅业务营收及净利率	20
图 21: 天岳先进前五大客户营收占比	20
图 22: 天岳先进客户资源优质	20
图 23: 国内衬底厂商梯队图	22
图 24: 国内主流衬底厂商净利润情况 (单位: 百万元)	22
图 25: 2020 年 SiC 外延片竞争格局	24
图 26: 重投天科年产 10 万片碳化硅外延项目公示	25
图 27: 2021 年全球 SiC 功率器件竞争格局	25
图 28: 海外大厂 2022 年扩产投资额 (单位: 亿元)	28
图 29: 全球企业 8 英寸 SiC 晶圆进展	32
图 30: 降低晶圆成本的多种途径	32
图 31: 平面型与沟槽型 SiC MOSFET 结构示意图	33
图 32: 两种结构的 SiC MOSFET 性能目前没有显著差异	33
图 33: Wolfspeed 营收及毛利率情况	34
图 34: 天岳先进营收情况	36
图 35: 天岳先进扣非后归母净利润情况	36
图 36: 天岳先进期间费用率情况	36
图 37: 天岳先进毛利率、净利率情况	36
图 38: 天岳先进分业务营收情况 (单位: 亿元)	37
图 39: 天岳先进分业务毛利率情况	37
图 40: 晶升股份营收情况	37
图 41: 晶升股份归母净利润情况	37
图 42: 晶升股份分产品营业收入 (单位: 亿元)	38

图 43:	晶升股份分产品毛利率.....	38
图 44:	中芯集成营收情况.....	38
图 45:	中芯集成归母净利润情况.....	38
图 46:	中芯集成期间费用率情况.....	39
图 47:	中芯集成毛利率、归母净利率情况.....	39
图 48:	中芯集成产能及产能利用率情况.....	39
图 49:	中芯集成分产品产能情况（截至 23 年中报）.....	39
图 50:	斯达半导营收情况.....	40
图 51:	斯达半导分应用领域营收占比.....	40
图 52:	斯达半导主营业务分产品营收占比.....	40
图 53:	斯达半导主营业务分地区营收占比.....	40
表 1:	三代半导体性能指标对比.....	5
表 2:	碳化硅在汽车主驱、OBC、DC/DC 的应用情况.....	7
表 3:	主流车企已上市及待上市碳化硅车型一览.....	7
表 4:	主流碳化硅车型一览（红底为 23H2/24 年上市车型）.....	8
表 5:	全球新能源汽车 SiC 器件市场规模预测.....	10
表 6:	充电桩 SiC 器件应用进展.....	11
表 7:	全球充电桩 SiC 器件市场规模预测.....	12
表 8:	光伏逆变器 SiC 器件应用进展.....	14
表 9:	全球光伏 SiC 器件市场规模预测.....	14
表 10:	不同碳化硅器件对衬底的品质要求.....	17
表 11:	各厂商 8 英寸 SiC 衬底研发成功及量产时间.....	17
表 12:	碳化硅长晶方式对比.....	18
表 13:	发展液相法的碳化硅衬底厂商情况.....	19
表 14:	国内主要碳化硅材料厂商扩产规划（万片/年）.....	19
表 15:	23-26 年碳化硅单晶炉市场总空间测算.....	20
表 16:	国内外碳化硅单晶炉厂商竞争格局.....	21
表 17:	国内主要半导体硅片厂商计划自产或在研晶体生长设备情况.....	21
表 18:	各类晶体生长设备的共性基础技术.....	22
表 19:	SiC 外延分为异质/同质两种类型.....	23
表 20:	SiC 外延常见的缺陷类型.....	23
表 21:	国内外碳化硅外延厂商产品/产能布局.....	24
表 22:	国产厂商碳化硅器件设计&研发进展.....	26
表 23:	国产厂商碳化硅产线建设进展.....	26
表 24:	中国新能源乘用车功率模块装机量（单位：万套）.....	27
表 25:	2022 年国外 SiC 项目进展概况.....	28
表 26:	今年以来海外大厂合作事件.....	29
表 27:	2019 年至今全球 SiC 企业并购案件.....	31
表 28:	SiC 龙头企业产线情况及产能规划.....	34
表 29:	SiC 龙头企业业绩预期及重大合作/订单.....	35
表 30:	斯达半导 SiC 相关产能规划.....	41

1. 解决里程焦虑，碳化硅是新能源汽车 800V 高压快充标配

SiC 属于第三代半导体，性能参数优异。以碳化硅为代表的第三代半导体材料具有禁带宽度大、饱和电子漂移速率高、热导率高、击穿电场强度高优势：

1) 更大的禁带宽度可以保证材料在高温下，电子不易发生跃迁，本征激发弱，从而耐受更高的工作温度。碳化硅的禁带宽度约为硅的 3 倍，理论工作温度可达 400℃ 以上。

2) 饱和电子漂移速率指电子在半导体材料中的最大定向移动速度，决定器件的开关频率。碳化硅的饱和电子漂移速率是硅的两倍，有助于提高工作频率，将器件小型化。

3) 高温是影响器件寿命的主要原因之一，热导率代表了材料的导热能力，碳化硅的高热导率可以有效传导热量，降低器件温度，维持正常工作。

4) 临界击穿场强指材料发生电击穿的电场强度，一旦超过该数值，材料将失去绝缘性能，进而决定了材料的耐压性能。碳化硅的临界击穿场强约为硅的 10 倍，能够耐受更高的电压，更适用于高电压器件。

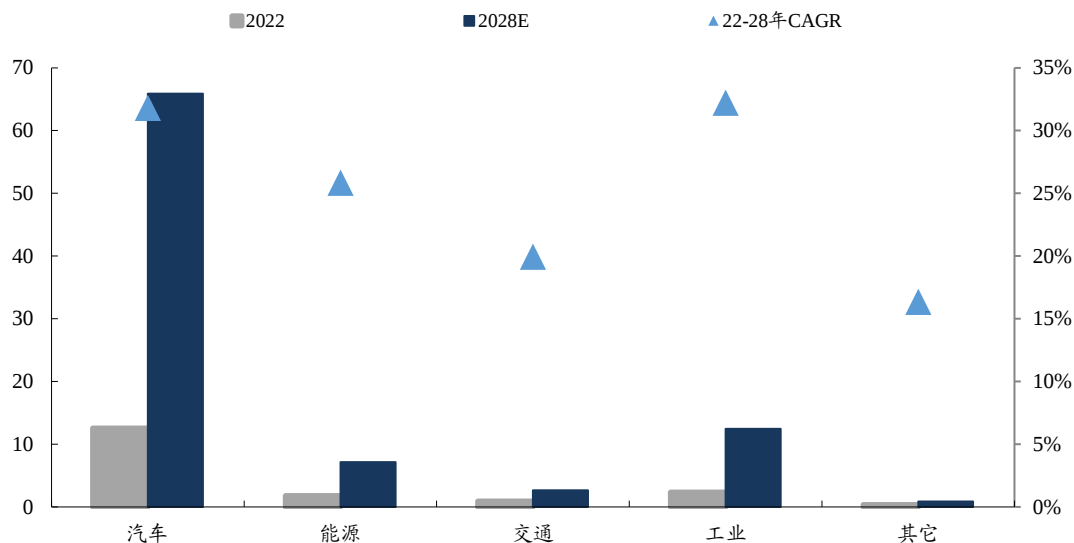
表1：三代半导体性能指标对比

指标参数	硅（第一代）	砷化镓（第二代）	碳化硅（第三代）	氮化镓（第三代）
禁带宽度（eV）	1.12	1.42	3.26	3.42
饱和电子漂移速率（1E7cm/s）	1.0	2.0	2.7	2.7
热导率（W·cm ⁻¹ ·K ⁻¹ ）	1.5	0.46	4.9	1.3
击穿电场强度（MV/cm）	0.3	0.4	2.8	3

数据来源：天岳先进招股书，东吴证券研究所

碳化硅器件旨在为应用系统“增效+降本”，新能源汽车贡献主要市场。根据 Yole 的数据，2022 年碳化硅功率器件市场规模为 18 亿美元，2028 年有望达到 89 亿美元，22-28 年 CAGR 高达 31%。碳化硅功率器件可应用于汽车、能源、交通、工业等多个领域，其中汽车占据主导地位，市场规模占比超过七成，2022 年市场规模为 13 亿美元，2028 年有望达到 66 亿美元，22-28 年 CAGR 高达 32%。

图1: 碳化硅器件分应用领域市场规模预测 (单位: 亿美元)

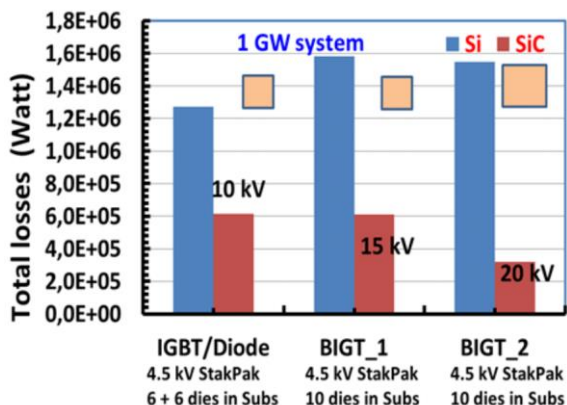


数据来源: Yole, 东吴证券研究所

1.1. 新能源汽车: 特斯拉引领主驱搭载碳化硅, 其他主流厂商上车潮渐进

SiC 方案可实现新能源汽车三电系统降本、增效。碳化硅凭借高效率、高功率密度等优异特性, 为应用系统“降本+增效”。以新能源汽车主驱为例, 根据 ST 测算, 碳化硅逆变器效率比 IGBT 逆变器高 3.4%, 可以有效提升续航、节省电池成本。此外, 由于碳化硅逆变器体积较小, 还可搭载成本更低的冷却系统, 从而降低整车成本。因此新能源汽车主驱逆变器、车载 OBC、DC/DC 转换器已率先开启 SiC SBD、SiC MOS 的渗透。

图2: SiC 器件和 Si 器件能量损耗对比



数据来源: 《Replacing Si to SiC: Opportunities and challenges》, 东吴证券研究所

图3: SiC 器件的应用可减小主驱系统体积



数据来源: 博世, 东吴证券研究所

SiC 在汽车主驱、OBC、DC/DC 系统中均已开启渗透。

1) 主驱: SiC 在纯电动车、混动车主驱上都有应用。2018 年, 特斯拉率先将 SiC 应用于 Model 3, 开启主驱逆变 SiC 器件的大规模商业化应用, Model 3 全车搭载 24 个 SiC

模块，拆开封装每颗有 2 个 SiC 裸晶（Die），共计搭载 48 颗 SiC MOSFET。后续有比亚迪、蔚小理、吉利等车企跟进。

2) OBC、DC/DC：相比 SiC 主驱逆变器，OBC、DC/DC 所使用的 SiC MOS 允许更高的导通电阻，技术成熟度更高，比亚迪于 18 年就开始在 OBC 中应用碳化硅器件。

表2：碳化硅在汽车主驱、OBC、DC/DC 的应用情况

模块	SiC 器件类型	可替换硅基器件	相比硅基优势	代表车型
主驱	MOSFET	Si-IGBT	提升能量转化效率、减小系统体积、 提高开关频率	特斯拉 Model 3/Y、蔚来 ET5/ET7
OBC	MOSFET	Si-IGBT/Si-MOSFET	提升能量转化效率、减小系统体积	比亚迪海豹、丰田 bZ4X
	SBD	PFC Si-SBD	提升整流效率	
DC/DC	MOSFET	Si-IGBT/Si-MOSFET	提升能量转化效率、减小系统体积	
	SBD	前后两级 Si-SBD	提升整流效率	

数据来源：葫芦电子社区，瑞森半导体，国际电子商情，东吴证券研究所

主流车企加速推出搭载碳化硅的车型。据统计，全球大部分主流车企均已有碳化硅车型上市，暂未上市的厂商也有概念车或合作消息公布，如标致的 Inception EV 概念车、宝马与安森美签订供货协议等，说明碳化硅的应用方案已经得到终端车企的广泛认可。

表3：主流车企已上市及待上市碳化硅车型一览

车企	车型
I 新势力车企	
特斯拉	已上市车型：Model 3、Model Y、Model X Plaid、Model S Plaid
蔚来	已上市车型：ES8、ES6、EC6、ET7、ET5、ES7、EC7、ET5T
理想	待上市车型：MEGA
小鹏	已上市车型：G9、G6
极氪	已上市车型：极氪 001、极氪 009、极氪 X、极氪 001 FR 待上市车型：极氪 CS1E、极氪 007
II 跨界造车	
华为	已上市车型：智界 S7、阿维塔 12 待上市车型：问界 M9
小米	待上市车型：SU7
III 国产传统主机厂	
比亚迪	已上市车型：唐 EV、汉 EV、海豹、仰望 U8 待上市车型：方程豹豹 5、仰望 U9
上汽	已上市车型：智己 LS6
IV 海外传统主机厂	
现代	已上市车型：Genesis GV60、Genesis G8、IONIQ 5、Genesis GV70 EV、IONIQ 6、 待上市车型：IONIQ 7、Genesis X
起亚	已上市车型：起亚 EV6 待上市车型：起亚 EV9
大众	已上市车型：保时捷 Taycan、奥迪 e-tron GT

	待上市车型：保时捷 Macan、奥迪 RS6（2025 年改版）
奔驰	已上市车型：smart 精灵#1
丰田	已上市车型：Prius、MIRAI、bZ4X、雷克萨斯 RZ
福特	已上市车型：野马 Mach-E
路特斯	已上市车型：ELETRE
	待上市车型：EMEYA

数据来源：新出行，盖世汽车网，东吴证券研究所整理

23 年已有多款 20-25 万元价格段的标配碳化硅车型上市，助力碳化硅加速渗透。根据汽车之家数据，23 年有小鹏 G6、极氪 X、智己 LS6 等多款 20-25 万元价格段的标配碳化硅车型上市，可见新势力车企的高性能策略已强势拉动碳化硅渗透，未来仍将有同价格段车型如极氪 007 等上市。

表4：主流碳化硅车型一览（红底为 23H2/24 年上市车型）

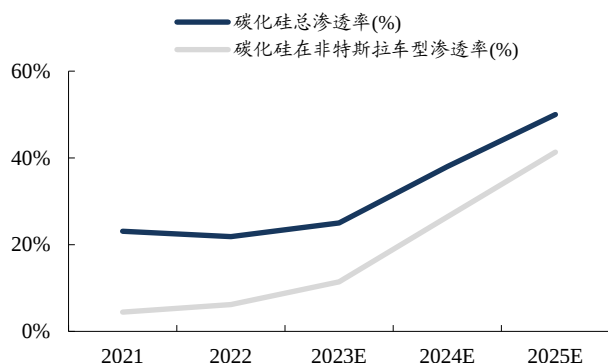
车企	车型	上市时间	价格段（万元）	型号	是否 800V	是否搭载碳化硅
I 新势力车企						
特斯拉	Model 3	2018 年	25.99-29.74	B 级轿车/纯电	否	标配
	Model Y	2020 年	26.39-36.39	B 级 SUV/纯电	否	标配
	Model X Plaid	2021 年	83.89	B 级 SUV/纯电	否	标配
	Model S Plaid	2021 年	82.89	B 级轿车/纯电	否	标配
蔚来	ES8	2017 年	49.6-65.6	C 级 SUV/纯电	否	标配
	ES6	2018 年	33.8-39.6	B 级 SUV/纯电	否	标配
	EC6	2020 年	35.8-55.4	B 级 SUV/纯电	否	标配
	ET7	2021 年	42.8-50.6	C 级轿车/纯电	否	标配
	ET5	2021 年	29.8-35.6	B 级轿车/纯电	否	标配
	ES7	2022 年	43.8-51.8	C 级 SUV/纯电	否	标配
	EC7	2022 年	45.8-54.8	C 级 SUV/纯电	否	标配
理想	ET5T	2023 年 6 月	29.8-35.6	B 级轿车/纯电	否	标配
	MEGA	2024 年 2 月	50	MPV/纯电	是	标配
小鹏	G9	2022 年	26.39-41.99	C 级 SUV/纯电	是	标配
	G6	2023 年 6 月	20.99-27.69	B 级 SUV/纯电	是	标配
II 跨界造车						
华为	智界 S7	2023 年 11 月	25.80-35.80	B 级轿车/纯电	是	标配
	阿维塔 12	2023 年 11 月	30.08-40.08	B 级轿车/纯电	是	标配
	问界 M9	2023 年 12 月	50-60	D 级 SUV/纯电&混动	是	标配
小米	SU7	2024 年	暂无报价	C 级轿车/纯电	是	标配
III 传统主机厂						
比亚迪	唐 EV	2019 年	24.98-34.28	B 级 SUV/纯电	类 800V	选配
	汉 EV	2020 年	18.98-33.18	B 级轿车/纯电	类 800V	选配
	海豹	2022 年	16.68-27.98	B 级轿车/纯电&混动	类 800V	选配
	仰望 U8	2023 年 9 月	109.8	越野 SUV/混动	是	标配

	方程豹豹 5	2023 年 11 月	28.98-35.28	越野 SUV/混动	类 800V	标配
	仰望 U9	2024 年	暂无报价	超跑/纯电	是	标配
吉利	极氪 001	2021 年	26.9-34.9	C 级 SUV/纯电	否	选配
	smart 精灵#1	2022 年	17.9-28.49	A0 级 SUV/纯电	否	选配
	极氪 009	2022 年	49.9-58.8	C 级 MPV/纯电	否	标配
	极氪 X	2023 年 4 月	18.98-22.98	A 型 SUV/纯电	否	标配
	极氪 001 FR	2023 年 10 月	76.9	C 级超跑/纯电	是	标配
	极越 01	2023 年 11 月	24.99-33.99	C 级 SUV/纯电	否	标配
	极氪 CS1E	2023 年底	暂无报价	B 级轿车/纯电	是	标配
上汽	智己 LS6	2023 年 10 月	22.99-29.19	C 级 SUV/纯电	是	标配

数据来源：汽车之家，东吴证券研究所整理

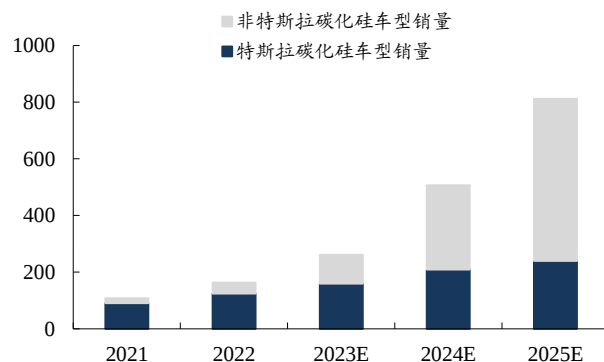
特斯拉引领、其他车企跟进搭载碳化硅，23 年 1-8 月其他车企已贡献 25%碳化硅车型销量。特斯拉作为行业中首个大规模应用碳化硅的车企，旗下 Model 3、Model Y 车型销量火爆，近年来在国内外造车新势力的共同努力下，市场结构逐渐走向多元化。根据我们的测算，其他车企在碳化硅车型中的销量占比 2023 年 1-8 月已达到 25%，其他车企碳化硅渗透率已达 8%，未来渗透率有望逐年提升，与特斯拉共同拉动碳化硅渗透。

图4：碳化硅渗透率预测



数据来源：Wolfspeed，东吴证券研究所测算

图5：碳化硅车型销量预测（单位：万辆）



数据来源：Wolfspeed，东吴证券研究所测算

基于以下核心假设：1) 电动车渗透率逐年提升；2) 纯电动车的 SiC 器件主要应用于主驱、OBC、DC/DC；3) 伴随碳化硅国产衬底产能释放、国产器件实现技术追赶，器件平均价格有望每年降低 15%，从而拉动碳化硅在纯电车中渗透。我们预测 25 年全球新能源汽车 SiC 器件市场规模有望达到 194 亿元，23-25 年 CAGR 达 50%。

表5: 全球新能源汽车 SiC 器件市场规模预测

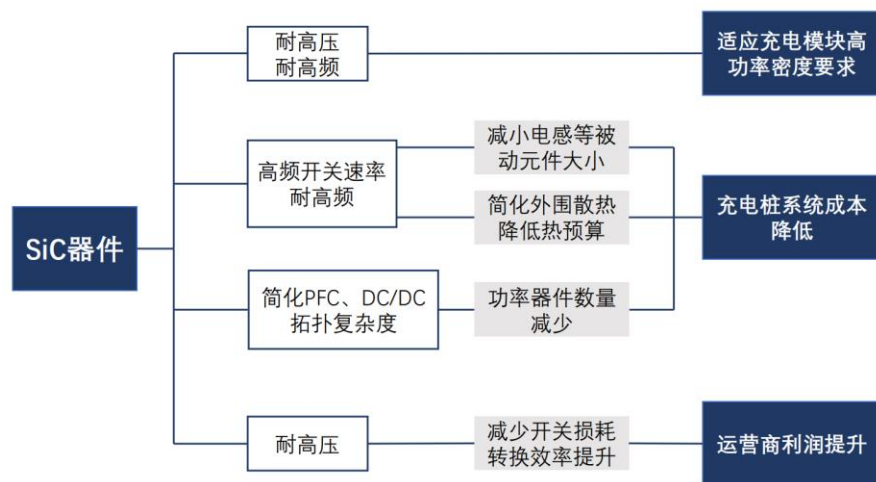
	2021	2022	2023E	2024E	2025E
全球汽车总销量 (万辆)	5640	5749	5800	5800	5800
纯电动汽车渗透率	8%	13%	18%	23%	28%
纯电动汽车销量 (万辆)	468	747	1044	1334	1624
碳化硅渗透率	23%	22%	25%	38%	50%
标配碳化硅新能源汽车销量 (万辆)	108	163	261	507	812
碳化硅平均单车价值量 (元/辆)			3300	2805	2384
车载碳化硅市场规模 (亿元)			86	142	194

数据来源: EVTank, 产业链调研, 东吴证券研究所测算

1.2. 充电桩: 800V 车型渗透, 桩端升压、提效需求拉动碳化硅应用

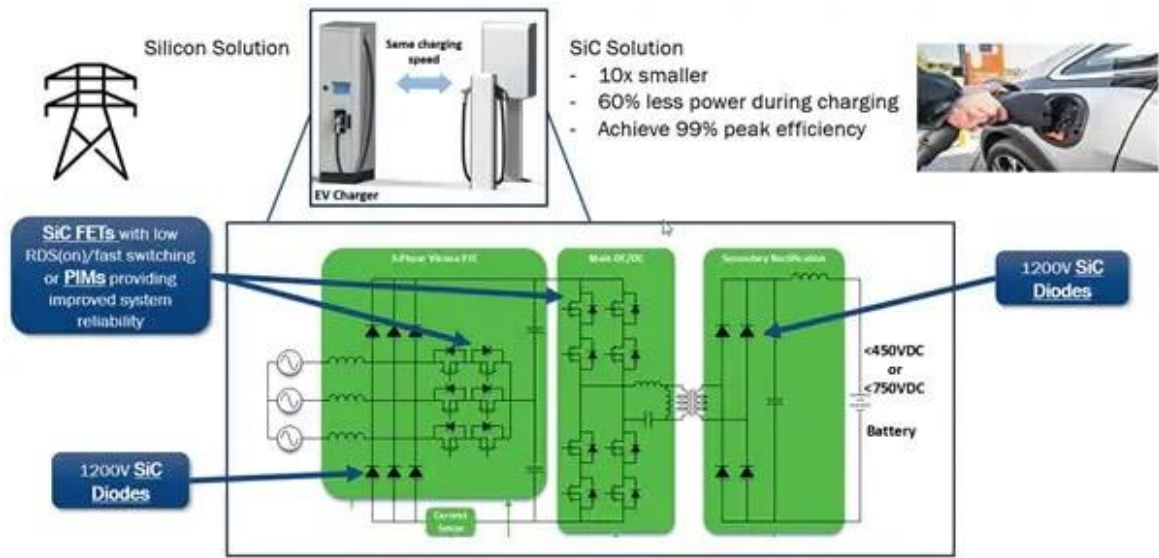
SiC 器件的耐高压、高频特性适配直流快充桩需求。要满足新能源汽车快充需求, 直流快充桩电压需要提升到 800-1000V, 所用功率器件耐压必须提高到 1200V 以上, 适合应用碳化硅。同时, 使用碳化硅器件还可降低拓扑复杂度, 减少驱动配套电路数量与功率器件用量, 从而降低充电桩体积及系统成本。此外, 对于运营商而言, 应用 SiC 器件还可以减少开关损耗, 提升转换效率, 提高营业利润。

图6: SiC 器件适配高功率充电模块需求



数据来源: 电子发烧友, 行家说三代半, 东吴证券研究所

图7：采用 Vienna PFC 转换器拓扑的纯电动车三级充电桩



数据来源：安森美，东吴证券研究所

充电模块功率提升，国内外桩端厂商积极布局搭载碳化硅的产品。南方电网、巨湾技研、FreeWire、Rhombus 等国内外多厂商均已发布碳化硅技术为核心的充电桩项目，据中关村天河宽禁带半导体技术创新联盟介绍，采用碳化硅充电模块的功率可以达到 60kW 以上，而采用 IGBT 单管的设计仅达到 15-30kW 水平。未来伴随直流充电桩功率提高，碳化硅渗透率有望快速提升。

表6：充电桩 SiC 器件应用进展

厂商/项目	产品	SiC 应用情况
欧陆通	充电模块	采用 SiC 技术的 75KW 液冷超充电源模块，宽电压输出 200-1000V、宽电压输入 260Vac-530V，可实现半载 97%，满载 96.5% 的高效率
优优绿能	充电模块	已推出 40kW、60kW SiC 液冷充电模块产品，其中 40KW SiC 模块最高转换效率可达 97%
盛弘股份	充电模块	SiC MOS 的 50kW 充电模块，最高效率超过 97%，支持最大 133.3A 电流稳定输出，支持 50-1000V 超宽电压输出范围
钛芯电子	充电模块	SiCtron™ 功率器件的应用，可以将充电桩充电效率提高到 96%。以 160KW 充电桩为例，使用碳化硅器件其体积重量可降低 30%，充电时间可缩短 50%，约 30 分钟可以完成一台新能源汽车的充电需求
南方电网	充电桩	采用 SiC 技术，其充电桩充电峰值效率达 96%，充电场站能耗下降 11%，平均 20 个桩可节省 2.5 万度电/年
巨湾技研	充电桩	采用碳化硅充电桩技术，项目总体规划产能为 8Gwh/年，具备为 12 万辆新能源汽车实现配套的能力。项目预计 2023 年三季度试产，2025 年全面建成
威胜	充电桩	威胜联手三安通过研究碳化硅有序充电模块，打造了碳化硅充电桩，项目已完成试点。以 120kW 充电桩为例，普通充电桩充电效率为 93%，占地面积为 0.4m，碳化硅充电桩充电效率可达 97%，占地面积减少至 0.3m

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所

基于以下核心假设：1) 汽车留存率随时间推移而下降；2) 国内公用车桩比逐年下降，直流桩占比逐年提升；3) 海外公用车桩比逐年下降，直流桩占比与中国保持一致；4) 由于 SiC 二极管应用方案较为成熟，而 SiC 模块需要等待 800V 车型渗透率进一步提高才能大规模应用，因此假设 SiC 二极管渗透率匀速提升，SiC 模块渗透率加速提升；5) SiC 二极管价格保持稳定，SiC 模块由于替代元件存在先后顺序，每千瓦价值量将逐年提升，直至全面替代。我们预测 2025 年全球充电桩 SiC 器件市场规模有望达到 74 亿元，22-25 年 CAGR 高达 330%，高增速主要来自 SiC 模块的加速渗透。

表7：全球充电桩 SiC 器件市场规模预测

	2021	2022	2023E	2024E	2025E
全球新能源乘用车销量（万辆）	650	1009	1373	1868	2542
中国新能源乘用车销量（万辆）	352	689	893	1157	1500
汽车留存率	88%	79%	89%	85%	82%
国内新能源车保有量（万辆）	784	1310	2061	2917	3881
国内公用充电桩保有量（万台）	115	180	290	423	579
其中：直流桩保有量（万台）	47	76	125	186	261
国内公用车桩比	6.8	7.3	7.1	6.9	6.7
直流桩占比	41%	42%	43%	44%	45%
国内新增公用充电桩（万台）	34	65	111	133	157
其中：直流桩新增量（万台）	16	29	49	61	75
海外新能源乘用车保有量（万辆）	764	926	1306	1826	2533
海外公用充电桩保有量（万台）	63	88	131	192	281
其中：直流桩保有量（万台）	26	37	56	85	127
海外公用车桩比	12.0	10.5	10	9.5	9
海外新增公用充电桩（万台）	18	25	42	62	89
其中：直流桩新增量（万台）	9	11	19	28	42
全球新增直流桩（万台）	25	40	68	90	117
直流桩平均功率（千瓦）	138	144	159	174	189
全球直流桩总功率（百万千瓦）	34	58	107	156	220
SiC 二极管渗透率	17%	20%	30%	50%	70%
SiC 模块渗透率	0%	0.5%	1%	10%	20%
SiC 二极管价值量（元/千瓦）	5	5	5	5	5
SiC 模块价值量（元/千瓦）	110	120	130	140	150
全球充电桩 SiC 器件市场规模预测（亿元）	0.4	0.9	3.0	25.7	73.8

数据来源：EVTank，中国汽车工业协会，公安部，充电联盟，IEA，中商产业研究院，《中国汽车产业发展年报 2021》，CASA，观研天下，产业链调研，东吴证券研究所测算

1.3. 光伏：应用碳化硅可提升光伏逆变器转换效率，二极管率先开启渗透

SiC 器件物理特性优良，显著提升光伏逆变器转换效率。根据 Simon Wall 等人在《High-efficiency PV inverter with SiC》的研究中，在 50KW 的组串式逆变器中，Si 二极管被 SiC 二极管替代后有望实现 0.3% 的系统效率提升。根据天科合达招股说明书，使用全 SiC MOSFET 或 SiC MOSFET 与 SiC SBD 结合的功率模块的光伏逆变器，转换效

率可从 96% 提升至 99% 以上，能量损耗降低 50% 以上，设备循环寿命提升 50 倍。

图8：采用 SiC 二极管替代 Si 二极管有望使效率提升 0.3%

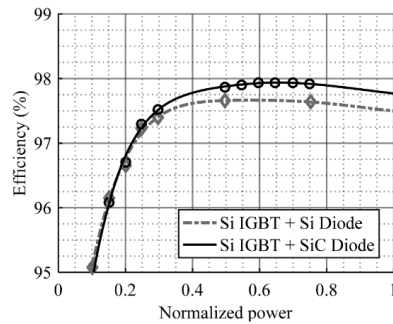
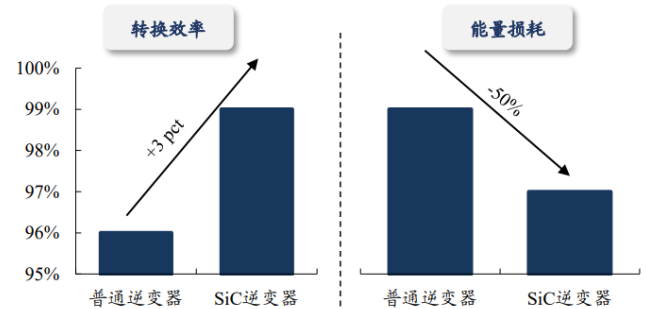


Fig. 8 50 kW unit efficiency, 600 V input, Si versus SiC diode

图9：SiC MOSFET 可以改善光伏逆变器性能



数据来源：《High-efficiency PV inverter with SiC technology》，
东吴证券研究所

数据来源：天科合达招股说明书（申报稿），东吴证券
研究所

根据英飞凌，目前在光伏逆变器的 DC/DC 升压电路、DC/AC 逆变电路中均有碳化硅器件的替代方案，考虑经济因素，主要有 IGBT + SiC SBD 和 SiC MOSFET 两类方案，应用端、功率器件及光伏逆变器厂商都积极推出相关产品。

图10：SiC 的主要替代方案



数据来源：英飞凌，东吴证券研究所

注：红圈为 SiC SBD，黑框为 Si IGBT，红框为 SiC MOSFET

表8: 光伏逆变器 SiC 器件应用进展

公司	推出年份	SiC 应用情况
英飞凌	2012	适用于光伏逆变器的耐压为 1200V 的 SiC 型“CoolSiC 产品群”产品投产
富士电机	2014	积极推进 SiC MOSFET 的实用化, 2014 年 8 月开始量产输出功率为 1000kW 光伏逆变器
田渊电机	2014	采用 SiC 二极管的逆变器通过减少开关损耗和导通损耗, 大幅降低了转换损失
三菱电机	2014	“全 SiC-IPMT”电源调整器产品, 只使用一个逆变器, 可支持 4.4kW 的输出功率, 将直流电力转换成交流电力的转换效率为 98.0%
阳光电源	2014	组串逆变器采用了 SiC MOS 器件, 并于 2017 年在组串式逆变器中实现规模化应用
西门子	2020	推出额定输出功率分别为 155kW 和 165kW 的用于光伏项目的组串式逆变器, 均采用了 SiC 晶体管设计。与传统逆变器相比, 采用 SiC 晶体管的逆变器具有更高的功率密度, 更少的冷却需求和更低的整体系统成本
安森美半导体	2020	推出了适用于太阳能逆变器应用的全 SiC 功率模块, 已被全球领先的电源和热管理方案供应商台达选用, 用于支持其 M70A 三相光伏组串逆变器, 产品能实现高达 98.8% 的峰值能量转换能效
德国 Fraunhofer ISE	2021	研发了一款 250KW 的 SiC 逆变器, 可用于连接中压系统的公用事业规模的光伏项目, 其运行转换效率为 98.4%, 可以节省高达 40% 的体积

数据来源: 各公司公告, 东吴证券研究所

基于以下核心假设: 1) 分布式光伏占比逐年提高; 2) SiC 器件只应用于分布式光伏, 不应用于集中式光伏; 3) 由于光伏产品成熟度高, 对全新方案的接受度较低, 因此假设 SiC 二极管渗透率快速增长, SiC 模块的渗透率缓慢提升。我们预测 2025 年全球光伏 SiC 器件市场规模有望达到 5 亿元, 22-25 年 CAGR 达 54%。

表9: 全球光伏 SiC 器件市场规模预测

	2021	2022	2023E	2024E	2025E
全球光伏新增装机量 (GW)	170	240	275	300	330
其中: 分布式 (GW)	80	115	135	150	168
集中式 (GW)	90	125	140	150	162
分布式占比	47%	48%	49%	50%	51%
SiC 二极管渗透率	10%	20%	30%	40%	50%
SiC 模块渗透率	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	1%
SiC 二极管价值量 (元/千瓦)	5	5	5	5	5
SiC 模块价值量 (元/千瓦)	30	30	30	30	30
全球光伏 SiC 器件市场规模 (亿元)	0.4	1.3	2.3	3.4	4.7

数据来源: 中国光伏行业协会 (CPIA), IEA-PVPS, 天科合达招股书, 产业链调研, 东吴证券研究所测算

2. 产业链各环节迈向国产化, 技术、产能、客户三要素制胜

技术 (降本能力)、产能 (有效产能)、客户关系为决定竞争格局的关键要素。碳化硅产业链自上而下包括衬底、外延、器件设计、晶圆制造、模块封装等环节, 其中, 衬底端为当前的有效产能瓶颈、降本瓶颈环节, 器件端国产化、IDM 是大趋势, 技术、产能、客户关系为决定各环节竞争格局的关键要素, 建议关注国产衬底厂商扩产、国产器件厂商量产节奏。

图11：碳化硅产业链各环节现状

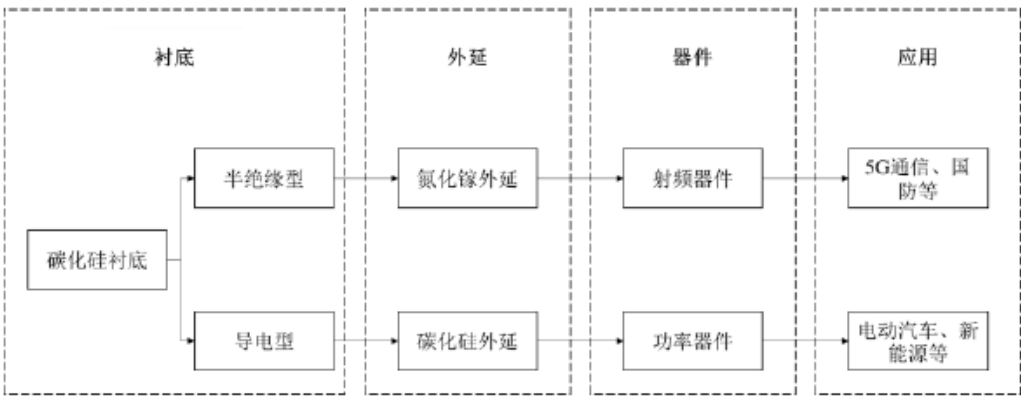


数据来源：各公司公告，产业链调研，东吴证券研究所整理

2.1. 衬底：国产衬底产能释放拉动降本，重视各厂商产能实际交付能力

SiC 衬底位于产业链上游，根据电学性能不同可分为半绝缘型、导电型衬底。为满足下游应用市场对于不同功能芯片的需求，需要制备不同电学性能的碳化硅衬底。根据工信部文件，一类是具有高电阻率（电阻率 $\geq 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ ）的半绝缘型碳化硅衬底，该类衬底采用氮化镓外延，制成射频器件，应用于信息通讯、无线电探测等领域；另一类是低电阻率（电阻率区间为 $15 \sim 30 \text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ ）的导电型碳化硅衬底，该类衬底采用碳化硅外延，制成功率器件，应用于新能源汽车、光伏&储能逆变器、新能源汽车充电桩等领域。

图12：碳化硅产业链

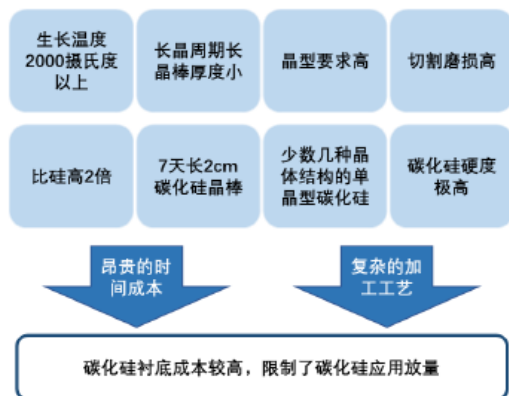


数据来源：天岳先进招股书，东吴证券研究所

SiC 价格较高限制应用放量，衬底是产业链的核心降本环节。碳化硅材料具有高熔点、高硬度属性，制造所需的工艺难度远高于硅基材料，且由于碳化硅晶体生长速率慢、产品良率低，碳化硅衬底的生产周期远大于传统硅基。根据芯八哥数据，2021 年碳化硅

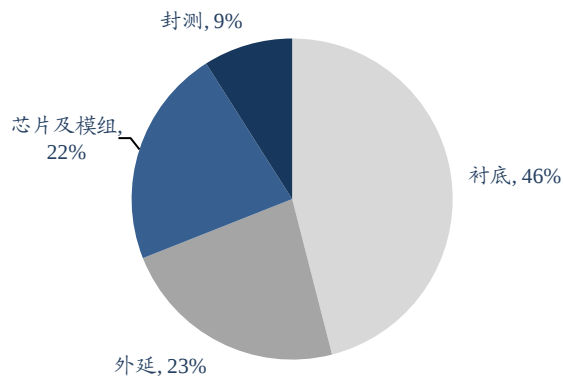
器件制造成本结构中，衬底成本占比约 46%，未来，衬底逐步降本有望打开碳化硅市场天花板。

图13：碳化硅衬底制造的主要难点



数据来源：恒普科技，东吴证券研究所

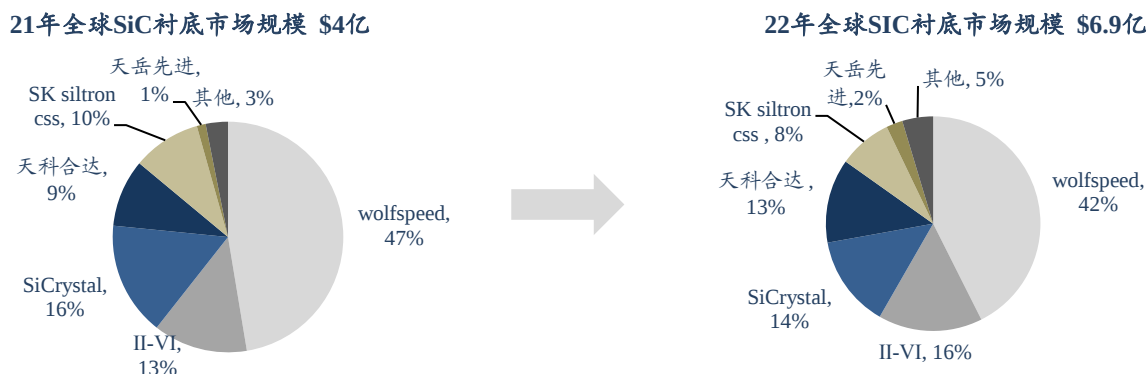
图14：2021 年碳化硅功率器件成本结构



数据来源：芯八哥，东吴证券研究所

供给端，海外厂商在 SiC 衬底赛道具备先发优势，国产厂商加速释放产能。根据 Yole 数据，2022 年全球碳化硅衬底市场中，美国 Wolfspeed、美国 II-VI 和日本 Rohm（收购德国 SiCrystal）三家企业合计占据全球约 72% 的市场份额。中国公司天科合达、天岳先进努力追赶，22 年导电型衬底合计实现营收 1.04 亿美元，合计占比 15%，同比+5pct。

图15：21-22 年全球 SiC 衬底市场格局



数据来源：Yole，东吴证券研究所

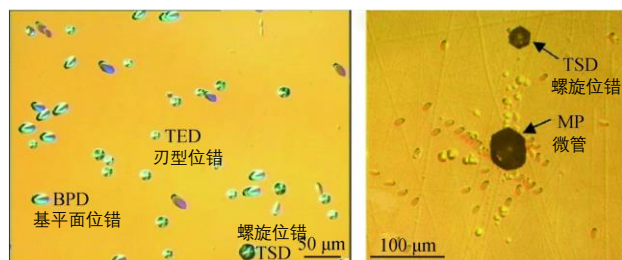
技术端，SiC 衬底环节尚存多条技术升级、迭代路径，国产厂商加码研发。目前全球各大厂商量产的 SiC 衬底均以 PVT 法制造的 6 英寸产品为主，海外龙头研发历史悠久、技术积累丰富，在长晶速度、缺陷密度等方面领先，国产厂商正在加速追赶，公司已进入全球第一梯队。

① 性能参数优化方面，降低位错缺陷、微管缺陷为关键技术方向

碳化硅器件制造在衬底外延生长的外延层上实现，碳化硅晶体关键技术指标包括位错缺陷（TD）、微管缺陷（MP），会延伸至外延层、从而影响器件品质。降低衬底缺陷

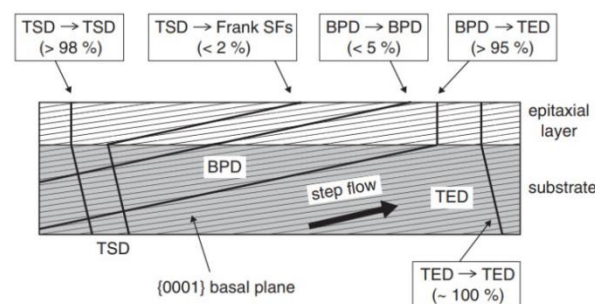
是衬底厂商积累 know-how 的关键技术方向，一方面，SiC MOS 对晶体材料的品质要求高于 SiC SBD，对晶体缺陷指标要求更高；另一方面，降低衬底晶体缺陷指标能够提升器件制造良率、品质，从而降低器件制造成本。

图16: 衬底晶体缺陷图示



数据来源：人工晶体学报，东吴证券研究所

图17: 衬底晶体缺陷会延伸至外延层



数据来源：基本半导体官网，东吴证券研究所

表10: 不同碳化硅器件对衬底的品质要求

产品类型	晶体螺旋位错 (TSD)	基面位错 (BPD)	微管缺陷 (MP)
碳化硅二极管	< 500 个/cm ²	< 3000 个/cm ²	达到 0.5 个/cm ²
碳化硅 MOSFET	< 300 个/cm ²	1000~1500 个/cm ²	达到 0.2 个/cm ²

数据来源：晶升股份，东吴证券研究所

② 衬底尺寸方面，8英寸衬底有待规模化量产

Wolfspeed 是全球首家推出 8 英寸 SiC 衬底的厂商，目前已实现量产，根据 Wolfspeed 数据，对于 32 平方毫米的芯片 (Die)，一张 8 英寸晶圆可提高约 90% 的芯片产出，将单位综合成本降低 50%，因此 8 英寸乃至更高英寸是未来关键技术方向。根据行家说三代半数据，除 Wolfspeed 外，其他国际 SiC 大厂预计将于 2-3 年内量产 8 英寸 SiC 衬底，同时 22 年以来，以天岳先进为代表的国产衬底厂商均已成功研发 8 英寸 SiC 衬底样品，且天岳先进已于 23H1 实现小批量销售。

图18: 8英寸 SiC 衬底提高芯片产出

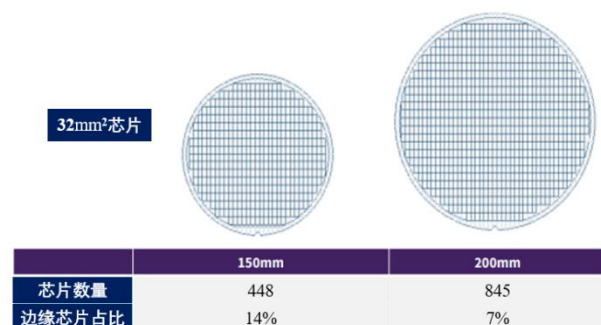


表11: 各厂商 8 英寸 SiC 衬底研发成功及量产时间

公司	成功研发时间	预计量产时间
Wolfspeed	2015	2022 (已量产)
ROHM	2015	2023
II-VI	2015	2024
onsemi	2021.09	2023
ST	2021.06	2025
烁科晶体	2022.03	-
soitec	2022.05	-
晶盛机电	2022.08	-
天岳先进	2022.09	2023 (已小批量销售)

数据来源：Wolfspeed 官网，东吴证券研究所

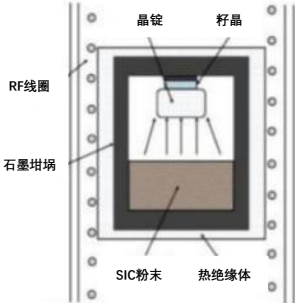
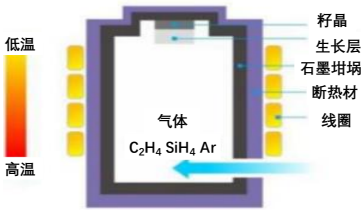
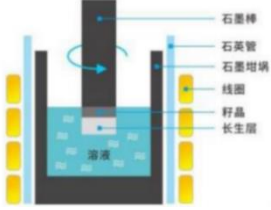
数据来源：行家说三代半，东吴证券研究所

③ 长晶方式方面，液相法（LPE）技术有待进一步突破

物理气相传输法（PVT）为国际主流大规模应用的生产方法。目前碳化硅单晶的制备方法主要有：物理气相传输法（PVT）、顶部籽晶溶液生长法（TSSG）、高温化学气相沉积法（HT-CVD）。其中，PVT 法具有设备简单，操作容易控制，设备价格以及运行成本低等优点，成为工业生产所采用的主要方法。

液相法（LPE）在长晶成本、品质方面具备优势，技术有待进一步突破。液相法（LPE）可解决 PVT 法缺陷密度高、扩径困难、晶体生长过程不可监测等制约碳化硅发展的关键问题，同时具备以下多方面优势，1）生长成本低：相较于 PVT 法长晶，LPE 法省去了制备高纯碳化硅晶体粉末的需要，从原料上可节省部分成本，同时 LPE 法温度更低，整个过程相对比较稳定，重复性和可靠性相对较好，良率有望得到提升，进而降低成本；2）缺陷密度低：受益于液体环境的生长过程，螺位错、刃位错可以转移，可通过横向传导排出位错；3）适合 P 型晶体生长：受益于液相法温度较低，可以直接在溶液里做元素掺杂，较易实现 P 型晶体的制备，P 型碳化硅衬底更加适配轨道交通、特高压输电等高压场景。

表12：碳化硅长晶方式对比

长晶方式	物理气相传输（PVT）	高温化学气相沉积（HTCVD）	液相法（LPE）
示意图			
工艺	在高温区（>2000℃）将 SiC 粉末升华，将 SiC 气体沿着温度梯度输送，在较冷的尾部 SiC 晶凝聚为晶体	将 SiH4、C2H4 等反应气体通过载气从反应器的底部通入，在中部热区发生反应并形成 SiC 簇，升华至反应器顶端籽晶处生长，工艺温度为 1800-2300℃	在 1800℃ 的温度下碳硅溶液共溶，从过冷饱和溶液中析出 SiC 晶体
优点	设备成本低，结构简单，是目前主流的晶体生长方法	缺陷少，纯度高，掺杂方便	生长成本低，缺陷密度低
缺点	缺陷较难控制，可监控生长参数少	成本较高，设备稳定性低	对材料要求高，金属杂质难以控制

数据来源：招股说明书，宽禁带半导体技术创新联盟，东吴证券研究所

表13: 发展液相法的碳化硅衬底厂商情况

公司名称	现状	未来布局
天岳先进	采用液相法制备出低缺陷的 8 英寸晶体	持续布局研发
日本住友	研发出 6 英寸 SiC 衬底, 可用面积达到 99% 以上, 长晶速度提高 5 倍左右, 无基面位错, 晶体螺旋位错减少到 100 个或更少	预计 2025 年实现月产 1 万片 SiC 衬底
常州臻晶	采用液相法生长的 P 型衬底, 良率可从 50% 提高到 75%, 长晶效率可提升 2-5 倍, 大幅降低碳化硅衬底成本	将在 2025 年推出 8 英寸 SiC
晶格领域	与中科院物理所合作扩建中试线, 项目已建成 4-6 英寸液相法碳化硅衬底试验线, 具备 5400 片碳化硅衬底年产能	研发更高质量的 8 英寸碳化硅衬底

数据来源: 各公司公告, 行家说三代半, 化合物半导体杂志, 东吴证券研究所

产能端, 国产 SiC 衬底厂商产能快速扩张。根据各公司公告, 国产碳化硅衬底厂商 2022 年产能约为 61 万片/年, 预计至 2026 年总产能有望达到 600 万片/年-650 万片/年, 22-26 年产能 CAGR 超 70%, 国产 SiC 衬底厂商积极扩产、把握碳化硅市场窗口期。

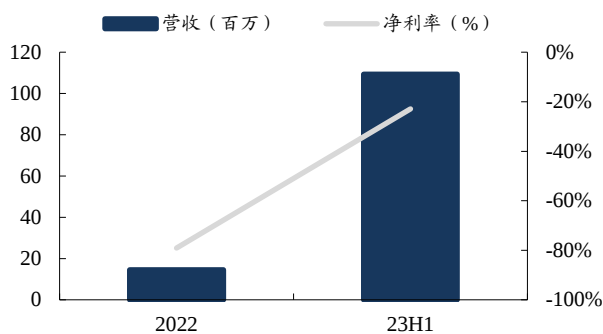
表14: 国内主要碳化硅材料厂商扩产规划 (万片/年)

公司名称	22 年 现有产能	26 年 规划产能	公司名称	22 年 现有产能	26 年 规划产能
天岳先进	7.1	108	三安光电	7.2	84
天科合达	10	55	东尼电子	8	50
河北同光	10	70	山西烁科	9.6	30
露笑科技	6	30	中电化合物半导体有限公司	2	7
晶盛机电	/	40	北京世纪金光半导体有限公司	/	22
广州南砂晶圆半导体技术有限公司	/	20	浙江博蓝特半导体科技股份有限公司	/	15
安徽微芯长江半导体材料有限公司	/	15	河北天达晶阳半导体技术股份有限公司	1.2	12
哈尔滨科友半导体产业装备与技术研究院有限公司	/	10	苏州优晶光电科技有限公司	/	10
国宏中宇科技发展有限公司	/	10	江苏晶能半导体材料有限公司	/	10
中鸿新晶科技有限公司	/	8	连云港亮晶新材料科技有限公司	/	8
中科钢研节能科技有限公司	/	5.5	江苏超芯星半导体有限公司	/	30-50
浙江晶越	/	1.20			

数据来源: 招股说明书, 各公司公告, 电子发烧友, 东吴证券研究所

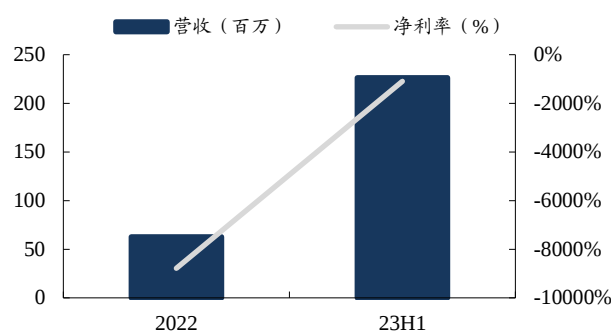
劣等产能将被市场出清, 重视国产厂商产能实际交付能力。尽管各国产厂商规划产能增速极高, 但由于碳化硅衬底存在降低缺陷密度等技术门槛, 因此并非所有规划产能均能如期实际交付, 以公司 D、公司 L 为例, 其 23 年营收增幅有限、盈利能力承压, 因此部分厂商未来可能出现技术落后将导致盈利能力不佳, 从而放缓扩产节奏, 最终尾部厂商将主动或被动完成产能出清。

图19: 公司 D 碳化硅业务营收及净利率



数据来源: 公司公告, 东吴证券研究所

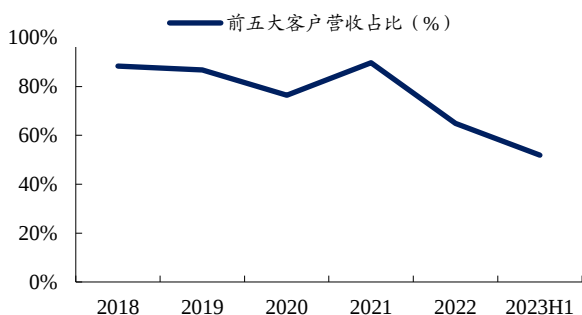
图20: 公司 L 碳化硅业务营收及净利率



数据来源: 公司公告, 东吴证券研究所

客户端,以天岳为代表的头部国产衬底厂商已成功出海至英飞凌、博世等国际大厂。21 年及之前,天岳先进主要向以客户 A、客户 B 为主的无线电探测、信息通信行业厂商供应半绝缘型 SiC 衬底,22 年公司实现将部分产能转移至导电型衬底后,陆续与国家电网、客户 A、客户 B、客户 E、客户 F 等建立合作关系,并与英飞凌、博世集团等海外大厂签订长期合作协议,至 23H1,公司前五大客户营收占比已下降至 52%。

图21: 天岳先进前五大客户营收占比



数据来源: 公司公告, 东吴证券研究所

图22: 天岳先进客户资源优质



数据来源: 公司公告, 东吴证券研究所

2.2. 长晶炉: 受益于国内衬底厂商扩产潮, 碳化硅长晶炉需求高增长

结合碳化硅单晶炉年产量、价格等数据进行测算, 23-26 年国内碳化硅单晶炉市场总空间约 88 亿元, 设备需求预计将于未来四年内陆续释放。

表15: 23-26 年碳化硅单晶炉市场总空间测算

碳化硅单晶炉空间测算	
国内产能增量 (万片/年)	500
单台设备产量水平 (片/年)	400
长晶炉新增规模 (台数)	12500
设备单价 (万元)	70
23-26 年碳化硅单晶炉市场空间 (亿元)	87.5

数据来源: SEMI, 晶升股份招股书, 东吴证券研究所

注: 国内产能增量数据来自表 14 测算

本土设备厂商快速成长，已占据国内碳化硅单晶炉主要市场份额。国内碳化硅晶体生长设备主流厂商包括北方华创、晶升装备等，北方华创主要供应天岳先进等多家碳化硅衬底厂商，占国内碳化硅厂商采购份额的比重约 50%以上；公司主要面向三安光电、东尼电子、浙江晶越等多家客户，市占率约 27.47%-29.01%。宁波恒普、沈阳中科汉达、科友半导体、山东力冠微等其他国内公司尚处于小批量供应或样机开发及验证阶段。

表16：国内外碳化硅单晶炉厂商竞争格局

公司名称	对应客户	主要应用领域	碳化硅单晶炉出货情况	碳化硅单晶炉市占率
北方华创	天岳先进等	4-6 英寸半绝缘型碳化硅衬底	已累计出货千余台，预计 2022 年出货将超 500 台	约 50%以上
晶升装备	三安光电、东尼电子、浙江晶越等	6 英寸导电型碳化硅衬底及器件	2021 年及 2022 年 1-6 月产量分别为 228 台和 55 台，公司预计 2022 年可实现 220 台至 240 台碳化硅单晶炉销售，累计可实现 480 台至 500 台产品销售	约 27.47%-29.01%

数据来源：招股说明书，东吴证券研究所

表17：国内主要半导体硅片厂商计划自产或在研晶体生长设备情况

名称	是否自产/在研晶体生长设备	自产/在研晶体生长设备基本情况	采购设备情况
三安光电	否	/	主要采购自晶升装备和北方华创
天岳先进	是	天岳先进的晶体生长设备以对外采购的方式为主，目前其在研项目“宽禁带碳化硅单晶智能化生长装备研发及产业化项目”正在对 6 英寸碳化硅生长炉进行研发	主要采购自北方华创和晶升装备
天科合达	是	天科合达的晶体生长设备主要用于满足其自身碳化硅衬底产能扩张需求，少量设备向下游企业和科研院所进行销售	-
东尼电子	否	/	主要采购自晶升装备
河北同光半导体股份有限公司	是	河北同光半导体股份有限公司晶体生长设备主要用于自身碳化硅衬底的生产制造	-
山西烁科新材料有限公司	是	山西烁科晶体有限公司晶体生长设备主要用于自身碳化硅衬底的生产制造	-
露笑科技	是	露笑科技晶体生长设备主要用于自身碳化硅衬底的生产制造，对外销售设备规模较小	-

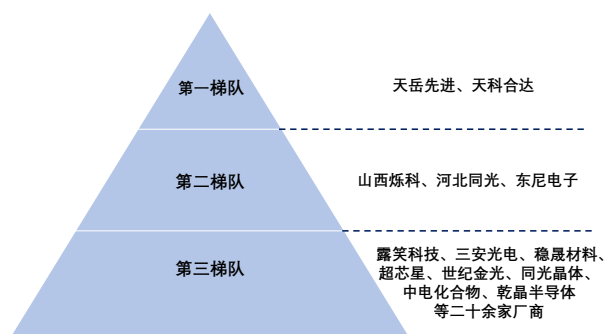
数据来源：招股说明书，各公司公告，东吴证券研究所

我们判断，碳化硅长晶设备开发壁垒介于蓝宝石、半导体级硅基材料之间，且短期内由于衬底厂商利用外购设备、加速抢占市场入口，长期来看，碳化硅长晶炉标准未定，衬底厂商应维持一定比例长晶炉外购，以保障技术迭代的灵活性，因此碳化硅衬底厂商自研/外购设备将长期共存。未来，碳化硅单晶炉供应商的分化将伴随技术能力分化而出现，材料厂商、设备厂商均需持续推进新技术研发、共逐技术护城河。

1) 短期：设备研发存在较长周期，衬底厂商利用外购设备、加速抢占市场入口

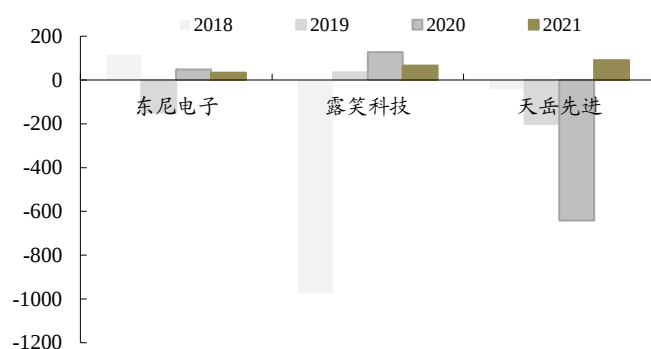
下游衬底环节行业格局未定，衬底厂商处于抢占衬底市场入口阶段。由于进入碳化硅衬底市场需要长期的技术积累，目前碳化硅衬底市场主要由美欧日厂商主导，2021 年 Wolfspeed、II-VI、SiCrystal、SK Siltron 合计占据全球超 90% 市场份额，国内第一梯队厂商包括天岳先进、天科合达等，其余中小衬底厂商数量已超 30 余家，大量厂商处于抢占衬底市场入口阶段，短期内盈利波动使得国内中小衬底厂商难以兼顾设备研发及生产，因此通过外购设备、快速抢占市场入口。

图23：国内衬底厂商梯队图



数据来源：电子发烧友，东吴证券研究所

图24：国内主流衬底厂商净利润情况（单位：百万元）



数据来源：Wind，东吴证券研究所

碳化硅单晶炉开发周期较长，设备厂商基于技术同源性、快速响应客户需求。碳化硅单晶炉开发周期分为设计环节和生产环节，设计环节需根据客户需求确定相应的设计方案，生产环节中需根据设计方案生产系统部装、整机调试等，根据环球晶圆，碳化硅长晶炉开发周期长达2年。设备厂商基于技术同源性、可快速响应客户需求，以晶升装备为例，蓝宝石、半导体级、碳化硅三类设备均运用设备设计、数值建模及仿真、热场设计与模拟、晶体生长控制、工艺开发等核心技术，具有一定的共通价值及关联性。

表18：各类晶体生长设备的共性基础技术

共性基础技术	各类晶体生长设备技术关联性
晶体生长设备设计技术	高温真空设备设计和技术运用目标均为实现设备结构强度、真空密封性、冷却性能等技术参数要求，在设计及技术原理、方法等方面具有共通价值及关联性
热场的设计与模拟技术	高温真空设备热场的基础物理场均主要为传热场和对流场，在热场设计理念、温度梯度的构建方式、热场材料、热场稳定性及解决方案等方面具有共通价值及关联性
低速超高精度传动机构设计技术	高温真空设备均包含多个运动辅助机构，通过协同运动实现晶体生长，对运动辅助机构的运转速度、精度及连续稳定性均具有较高要求，在运动辅助机构设计及技术原理、方法等方面具有共通价值及关联性

数据来源：招股说明书，东吴证券研究所

2) 长期：碳化硅单晶炉标准未定，衬底厂商自研、外购设备将长期共存

碳化硅单晶炉目前标准未定，仍存在性能参数优化、衬底尺寸扩大等技术升级迭代

空间，因此衬底厂商应维持一定比例长晶炉外购，以保障技术迭代的灵活性。

2.3. 外延：外延炉逐步国产化，上游衬底、下游代工厂商均向外延环节延伸

外延工艺必不可少。与传统硅器件不同，碳化硅器件不能直接制作在衬底上，需要在衬底上生长一层晶相同、质量更高的单晶薄膜(外延层)，再制作器件。外延可分为①同质外延：在导电型 SiC 衬底生长 SiC，常用于低功率器件/射频器件/光电器件；②异质外延：在半绝缘 Sic 衬底生长 GaN，常用于高功率器件。

外延晶体更优质可控，层厚越大，耐压越高。碳化硅晶体生长的过程中会不可避免地产生缺陷、引入杂质，导致质量和性能不足，而外延层的生长可以消除衬底中的某些缺陷，使晶格排列整齐。外延厚度越大（难度越大），能承受的电压越高，一般 100V 电压需要 1μm 厚度外延，600V 需要 6μm，1200-1700V 需要 10-15μm，15000V 则需要上百微米（约 150μm）。

表19: SiC 外延分为异质/同质两种类型

外延类型	衬底	电阻率	尺寸	外延层	器件	应用领域
同质外延	导电型	15-30mΩ·cm	6 寸为主，向 8 寸发展	碳化硅 SiC	低功率器件/射频器件/光电器件	新能源汽车、轨道交通以及大功率输电变电
异质外延	半绝缘	≥10 ⁵ Ω·cm	4 寸为主，向 6 寸发展	氮化镓 GaN	高功率器件（≥650V）	信息通讯、无线电探测

数据来源：电子发烧友，东吴证券研究所

SiC 外延需严格控制缺陷，工艺难度大。SiC 外延会复制衬底的晶体结构，因此外延层缺陷包括来自衬底的缺陷（如微管、贯穿螺型位错 TSD、贯穿刃型位错 TED、基平面位错 BPD），以及生长过程的位错以及宏观缺陷（如掉落物、三角形缺陷、胡萝卜缺陷/彗星型缺陷、浅坑、生长的堆垛层错）。

掉落物、三角形缺陷等属于致命性缺陷。衬底缺陷的 TSD 和 TED 基本不影响碳化硅器件性能，只有 BPD 会引发器件性能的退化。而生长过程的掉落物、三角形缺陷等是致命性缺陷，一旦出现，会导致器件测试失败（击穿电压 VB 降低 20%~90%），良率大幅降低。

低缺陷&厚外延是主要趋势：随着器件耐压等级的提高，外延厚度从过去几微米发展到几十甚至上百微米。Wolfspeed（Cree）的 N/P 型碳化硅外延厚度均可达到 200μm，国内存在一定差距，瀚天天成 N 型碳化硅外延厚度达 40μm，东莞天域 N 型碳化硅外延厚度做到 30μm。

表20: SiC 外延常见的缺陷类型

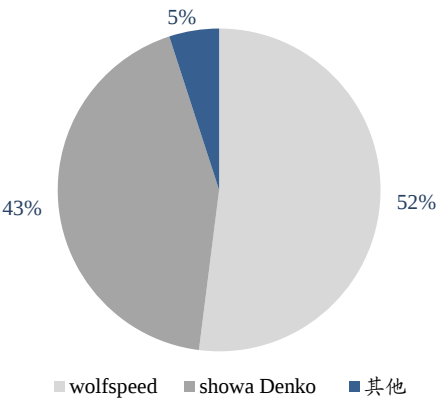
类型	缺陷/器件	SBD	MOSFET, JFET	PIN, BJT, 晶闸管, IGBT
衬底缺陷	贯穿螺型位错 TSD（无蚀坑）	无	无	无，但会引发局部载流子寿命降低
	贯穿刃型位错 TED（无蚀坑）	无	无	无，但会引发局部载流子寿命降低

	坑)			
	基平面位错 BPD (包括界面位错、半环阵列)	无, 但会引发 MPS 二极管退化	无, 但会引发二极管退化	双级退化 (导通电阻及漏电流增加)
	内生堆垛层错	VB 降低 (20~50%)	VB 降低 (20~50%)	VB 降低 (20~50%)
生长缺陷	胡萝卜缺陷、三角形缺陷	VB 降低 (30~70%)	VB 降低 (30~70%)	VB 降低 (30~70%)
	掉落物缺陷	VB 降低 (50~90%)	VB 降低 (50~90%)	VB 降低 (50~90%)

数据来源：基本半导体，DT 新材料，东吴证券研究所

受限进口外延炉供货短缺，碳化硅外延产能短期具有垄断性。2020 年 Wolfspeed 与昭和电工分别占据全球碳化硅导电型外延片市场 52%和 43%的市场份额, 合计高达 95%，形成双寡头垄断，2022 年国产厂商产能中瀚天天成、东莞天域 CR2 超 80%。

图25：2020 年 SiC 外延片竞争格局



数据来源：Yole，东吴证券研究所

表21：国内外碳化硅外延厂商产品/产能布局

厂商		外延片尺寸	产能/规划	外延设备供应商
国外	Wolfspeed	6 寸为主，25 年供 8 寸	22 年产约 230 万片	超 100 台，Aixtron/LPE 为主
	昭和电工	6 寸/8 寸	22 年产约 190 万片	超 100 台，Nuflare 为主
	SK Siltron	6 寸/8 寸	Qorvo 与 SK Siltron 签订一项 SiC 衬底和外延片多年供货协议	-
	Coherent	8 寸	22 年 3 月宣布扩产 6 英寸和 8 英寸 SiC 衬底和外延片（厂房近 30 万平方英尺）	-
国内	瀚天天成	6 寸为主，8 寸已突破	22 年产 12 万片；23 年产 40 万片；25 年年产 140 万片	> 80 台，LPE 为主
	东莞天域	6 寸为主，8 寸研发中	22 年产 8 万片，100 万片产能项目启动	> 60 台，LPE/深圳纳设
	南京百识	6 寸为主	21 年正式投产，23 年销售 5 万片	NuFlare/芯三代为主
	中电化合物	6 寸为主	21 年正式投产，23 年销售 5 万片	NuFlare、LPE 为主
	三安光电	8 寸	公司与意法半导体拟 32 亿美元(228 亿元)合建 8 英寸碳化硅外延/芯片代工厂	北方华创等

数据来源：芯世相，芯智讯，集邦半导体，东吴证券研究所

上游衬底、下游代工厂商均向外延环节延伸，纯外延厂商盈利空间受限。相较纯外延厂商，碳化硅衬底厂商向下游延伸具有更强的客户优势，即可为客户直接供货外延产品，碳化硅代工厂商向上游延伸具有更强的验证优势，即外延产品直接在自有晶圆制造产线验证可缩短验证周期，未来纯碳化硅衬底厂商盈利空间可能受到挤压。

图26：重投天科年产 10 万片碳化硅外延项目公示

关于第三代半导体材料产业园建设项目竣工环境保护验收的公示

浏览：146 作者：深圳市重投天科半导体有限公司 来源： 时间：2023-10-23 分类：公司新闻

由我司组织的第三代半导体材料产业园及配套的环境保护措施已完成，并于在2023年10月17日通过了验收组评审。本次验收范围为2栋生产厂房（生产厂房一、二）、1栋动力厂房、1座危废仓库、1个氢气站、1个危险品库、1个特气站、1个大宗气站，1栋临时仓库（原环评生产厂房三，规划为生产厂房）及配套环保治理设施，**年产6英寸碳化硅单晶衬底片10万片及6英寸碳化硅外延片10万片**。现将相关信息公示如下：

公示期：2023年10月23日~11月17日

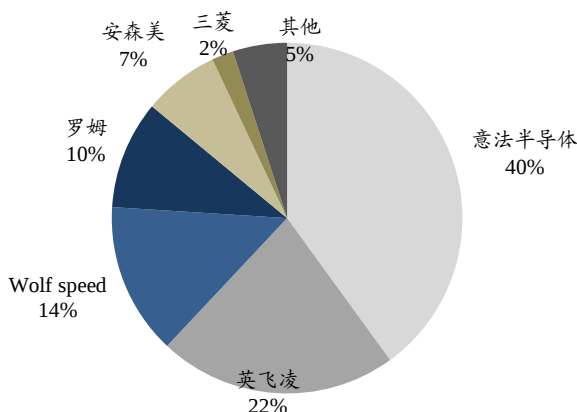
公示期内，公众可以信函、电话或其它方式，向本单位咨询相关信息，并提出环保相关意见和建议。反映问题请留下联系方式（姓名、地址、电话或邮箱），以便我们及时答复反馈。公众若需了解项目验收调查报告的详细内容，也可向本单位联系人获取。

数据来源：重投天科官网，东吴证券研究所

2.4. 器件：国产厂商技术研发、产能扩建并举，24 年有望成为国产化元年

供给端，欧美日厂商引领全球碳化硅市场。根据 Yole 数据，2021 年 SiC 市场份额前五厂家均为欧美日企业，合计占据 93% 的市场份额，其中意法半导体依靠与特斯拉的合作占据全球 40% 的市场份额。海外厂商起步较早，在全产业链进行布局，尤其在碳化硅衬底、器件环节具有丰富量产经验和深厚技术积累，形成先发优势。

图27：2021 年全球 SiC 功率器件竞争格局



数据来源：Yole，东吴证券研究所

国产厂商器件设计工艺、代工产能扩建并举。以斯达半导为代表的设计厂商持续推出导通电阻更低、性能更优的碳化硅芯片产品，同时传统设计公司已开始涉足碳化硅晶圆制造产线建设，拟完成碳化硅 IDM 能力构建。以中芯集成为代表的代工厂商持续提升工艺平台能力、扩建产能。

表22: 国产厂商碳化硅器件设计&研发进展

公司	车规级碳化硅进度
斯达半导	SiC MOS: 应用于乘用车主控制器的车规级 SiC MOSFET 模块持续放量, 同时使用公司自主芯片的车规级 SiC MOSFET 模块在主电机控制器客户完成验证并开始小批量出货。
士兰微	SiC MOS: 截至 23 年 6 月, 已完成第二代平面栅 SiC-MOSFET 技术的开发, 性能指标达到业内同类器件结构的先进水平。基于公司自主研发的 II 代 SiC-MOSFET 芯片生产的电动汽车主电机驱动模块, 已通过部分客户测试, 预计在 23Q3 实现批量生产和交付。
时代电气	截至 23 年 6 月, 公司开发了高性能、高可靠的 750-3300V 的 SiC 器件, 新能源车用 SiC 产品处于持续验证阶段。
扬杰科技	① SiC MOS: 1200V 17-240mohm、650V 20-120mohm SiC MOSFET 产品于 22 年开发上市, 产品性能对标国际标杆 SiC MOS 平面栅企业的第三代水平, 1200V MOS 平台的比导通电阻 (RSP) 做到 $3.5\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 以下, FOM 值达到 $3300\text{m}\Omega\cdot\text{nC}$ 以下。 ② 车载模块: 自主开发的 HPD 以及 DCM 全碳化硅主驱模块将在 23 年完成 A 样试制, 已获得多家 Tier1 和终端车企的测试及合作意向, 计划 2025 年完成国产主驱碳化硅模块的批量上车。在新能源汽车控制器方面, 重点解决了低电感封装、多芯片均流、铜线互连、银烧结等关键技术, 研制了 750V/820A IGBT、750V/400A SiC 三相桥大电流、高可靠功率模块。
东微半导	SiC MOS: 截至 23 年 6 月, SiC MOSFET 产品已通过客户验证达到批量出货状态。应用领域包括新能源汽车车载充电桩、光伏逆变及储能、高效率通信电源、数据中心服务器高效率电源等, 实现了对采用传统技术路线的 SiC MOSFET 的替代。
新洁能	SiC MOS: 截至 23 年 6 月, 已开发完成 1200V 23-62mohm SiC MOSFET 系列产品, 新开发 650V SiC MOSFET 工艺平台, 用于新能源汽车 OBC、光伏储能、工业及自动化等行业, 相关产品通过客户验证并实现小规模销售。
宏微科技	① SiC MOS: 截至 23 年 6 月, 新能源汽车碳化硅模块设计电压 1200V、电流 300-600A, 一款整机客户端认证中, 一款设计开发阶段。 ② SiC 二极管: SiC 二极管研发成功并实现小批量供货。
华润微	① SiC MOS: 截至 23 年 6 月, SiC MOS 系列比导通电阻达到 $5\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$, 产品电参数达到国际标杆水平。车规级 SiC MOS 完成首轮 MPW 流片, 芯片参数已达到对标水平。 ② SiC 二极管: JBS 系列拥有优异的导通压降 V_f 、 Q_c 及漏电, 系统性能达到国际一线品牌水准。
闻泰科技	SiC 二极管: 截至 23 年 6 月, 公司推出专为需要超高性能、低损耗和高效率的电源应用设计的 650V 碳化硅 (SiC) 肖特基二极管。
中瓷电子	SiC 功率模块: 收购国联万众, 其 SiC 功率模块覆盖 650-1700V, 已向比亚迪、智旋等重要客户供货。
瞻芯电子	SiC MOS: IV2Q12040T4Z (1200V 40m Ω SiC MOSFET) 于 2023 年 8 月获得了 AEC-Q101 车规级可靠性认证证书, 而且通过了新能源行业头部企业的导入测试。

数据来源: 各公司公告, 东吴证券研究所

表23: 国产厂商碳化硅产线建设进展

公司	经营模式	碳化硅产线建设情况
中芯集成	代工	截至 23 年 6 月, 车规级 SiC (MOS) 产能 2000 片/月, 预计 23 年底 SiC (MOS&二极管) 产能将达到 5000 片/月。
扬杰科技	IDM	目前正在建设 5000 片/月的 6 英寸 SiC 芯片生产线, 预计 24 年底建成。
士兰微	IDM	截至 23 年 6 月, 士兰明镓已具备 3,000 片/月产能 6 英寸 SiC 芯片的生产能力, 预计 23 年底将形成增至 6,000 片/月 (SiC MOSFET 和 SiC SBD) 的生产能力。预计 2026 年该产线达产后将形成 SiC MOSFET 芯片 12 万片/年、SiC SBD 芯片 2.4 万片/年的产能。
三安光电	IDM	① 晶圆制造: 截至 23 年 6 月, 湖南三安的碳化硅产能已爬坡到 1.5 万片/月, 二期扩产工程预计 2023 年底达产后将实现产能 6 寸碳化硅晶圆 50 万片/年。

		② 封装：湖南三安与理想合资成立苏州斯科半导体，规划年产 240 万只碳化硅半桥功率模块，该项目基础设施建设已完成，设备正陆续入厂，已进入安装调试阶段，待产线通线后进入试生产。
燕东微	代工	21 年 12 月，公司已建成月产能 1,000 片的 6 英寸 SiC 晶圆生产线，6 英寸多款 SiC-SBD 产品已提供客户通过验证，正在小批量交付。
积塔半导体	IDM	截至 23 年 9 月，积塔半导体硅已建在建合计 6 英寸碳化硅产能 3 万片/月。
瞻芯电子	IDM&设计	截至 22 年 7 月，瞻芯电子 6 英寸碳化硅芯片车规级工厂投产，一期设计产能为 30 万片 6 英寸碳化硅晶圆，已正式投产生产。23 年 8 月瞻芯电子 IV2Q12040T4Z (1200V 40mΩ SiC MOSFET)通过了新能源行业头部企业的导入测试，正式开启量产交付。
基本半导体	IDM	截至 23 年 4 月，基本半导体车规级碳化硅芯片产线通线，该产线主要产品为 6 英寸碳化硅 MOSFET 晶圆等，达产后每年可保障约 50 万辆新能源汽车的相关芯片需求。
芯粤能	代工	公司一期项目规划 24 年年底 6 吋 SiC 晶圆芯片达产 24 万片/年，二期项目 26 年 8 吋 SiC 晶圆芯片达产 24 万片/年，同时启动三期项目，29 年达产。
清芯半导体	设计	截至 22 年 4 月，清芯半导体位于广东东莞的 6 英寸碳化硅功率器件中试生产线建设完成。
长飞先进	代工	23 年 9 月，长飞先进半导体项目开工，一期可产 36 万片/年 SiC MOSFET 晶圆，预计 2025 年建设完成。

数据来源：各公司公告，东吴证券研究所

可比国产 IGBT 上车历史，24 年有望成为碳化硅器件国产化元年。根据 NE 时代数据，中国新能源乘用车功率模块装机量中，23H1 前五大国产厂商份额已提升至 54%，可比国产 IGBT 上车历史，凭借供应本土化优势，国产碳化硅模块厂商也有望加速上车，24 年有望成为碳化硅器件国产化元年。

表24：中国新能源乘用车功率模块装机量（单位：万套）

厂商	装机量			份额		
	2021	2022	23H1	2021	2022	23H1
英飞凌	85	128	43	31.4%	25.0%	12.7%
BYD 半导	32	117	106	11.8%	22.9%	31.4%
斯达半导	52	76	18	19.1%	14.9%	5.3%
时代电气	20	63	38	7.3%	12.4%	11.4%
ST	31	44	29	11.5%	8.6%	8.7%
安森美	19	30	12	7.0%	5.9%	3.6%
博世	19	24	18	7.1%	4.6%	5.4%
富士电机	2	10	6	0.9%	2.0%	1.9%
博格华纳	4	7		1.5%	1.4%	
日立	3	4		1.2%	0.9%	
士兰微			12			3.5%
中芯集成			7			2.0%
其他	3	8	47	1.1%	1.5%	14.1%

数据来源：NE 时代，东吴证券研究所

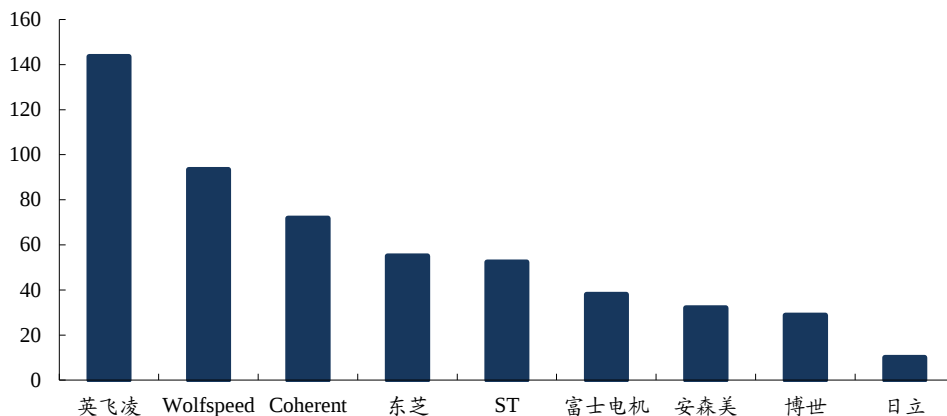
3. 海外大厂风向标

3.1. 扩产：海外大厂积极扩建碳化硅产能，产业链上下游合作、收购频发

疫情结束加速全球 SiC 扩产进程。自 2018 年特斯拉 Model3 发布以来，SiC 企业普遍认为市场需求即将爆发，将扩产安排提上日程，然而新冠疫情的肆虐使得扩产进程不及预期。以 SiC 头部企业罗姆为例，罗姆于 2018 年 6 月宣布将在日本筑后市新建一座工厂以扩大 SiC 产能，从 2019 年 2 月开始施工，预期于 2020 年底竣工，但由于新冠疫情因素，该工厂直至 2022 年 6 月才正式投产。

如今疫情已是过去时，无论是因疫情停滞的老项目，还是等待时机的新项目，都纷纷启动建设进程。根据《2022 碳化硅（SiC）产业调研白皮书》，2022 年国外有 30 个碳化硅相关项目扩产或投产，总投资金额超过 800 亿人民币，新增衬底产能超过 250 万片。

图28：海外大厂 2022 年扩产投资额（单位：亿元）



数据来源：行家说 Research，东吴证券研究所

表25：2022 年国外 SiC 项目进展概况

企业	时间	概况	投资额	年产能	厂址
Senic	2022 年 1 月	正式建设 SiC 衬底项目			韩国
富士电机	2022 年 1 月	扩大子公司津轻半导体 SiC 器件产能	700 亿日元		日本
TOREX	2022 年 2 月	宣布启动 6 英寸碳化硅器件线，并将在 2022 年推出 SiC MOSFET			日本
东芝	2022 年 2 月	功率器件扩产，其中包括建设 8 英寸的 SiC、GaN 产线	1000 亿日元		日本
	2022 年 3 月	宣布开始在内部生产 SiC 外延片			日本
SK Siltron	2022 年 2 月	扩建龟尾 2 厂，以生产 SiC 晶圆后段工艺	1900 亿韩元		韩国
	2022 年 9 月	SiC 衬底新工厂正式建成投产	6 亿美元	50 万片	美国
博世	2022 年 2 月	追加投资 2.5 亿欧元，进一步扩大 SiC 等产能，预计 2025 年投产	2.5 亿欧元	数亿颗	德国
	2022 年 7 月	SiC 工厂按计划扩建中	4 亿欧元		德国
iA 集团	2022 年 3 月	子公司 TRinno Technology 计划建设 SiC 项目	900 亿韩元		韩国

Soitec	2022 年 3 月	Bernin 4 SiC 衬底工厂奠基, 预计 2024 年量产	3.3 亿欧元	50 万片	法国
Coherent	2022 年 3 月	SiC 衬底和外延工厂进行大规模扩建, 产能增加 6 倍	10 亿美元	100 万片	美国
Halo Industries	2022 年 3 月	计划提高 SiC 晶圆激光切割产能		1.2 万片	美国
Wolfspeed	2022 年 4 月	SiC 工厂正式开业, 投资 10 亿美元, 产能扩大 30 倍	10 亿美元		美国
	2022 年 9 月	投资新建世界上最大的 8 英寸 SiC 衬底工厂, 将产能增加 10 倍以上	13 亿美元		美国
丹佛斯	2022 年 4 月	与贺利氏开设 Die Top System 生产线, 生产电动机电源模块, 于 2023 年建设第二条生产线			德国
意法半导体	2022 年 5 月	扩大 SiC 模块产量, 洁净室面积扩大了 30%	2.44 亿美元		摩洛哥
	2022 年 10 月	新建 SiC 衬底工厂, 2023 年 1 月开始量产	7.3 亿欧元	> 37 万片	意大利
OXIDE	2022 年 5 月	建设 8 英寸 SiC 衬底厂, 基于名古屋大学液相法	4 亿日元		日本
罗姆	2022 年 6 月	SiC 半导体工厂开业, 2025 年投资扩大至 1700 亿日元	200 亿日元		日本
安森美	2022 年 7 月	SiC 研究中心及制造工厂奠基, 产能扩大至 10 倍以上	10 亿美元	> 100 万片	韩国
	2022 年 8 月	GTAT SiC 新工厂完成扩建, 产能扩充 5 倍			美国
	2022 年 9 月	扩建 SiC 外延厂, 产能将提高 16 倍	4.5 亿美元		捷克
英飞凌	2022 年 7 月	宽禁带半导体第三个厂区正式奠基	20 亿欧元		马来西亚
西格里	2022 年 8 月	石墨产品产能扩展, 2 年内完成	数百万欧元		德国
住友金属	2022 年 9 月	开建 8 英寸 SiC 复合生产线, 预计 2024 年完工		12 万片	日本
KISAB	2022 年 9 月	完成 750 万欧元融资, 用于扩大 SiC 衬底生产	750 万欧元		瑞典
恒诺微	2022 年 10 月	子公司 Power Master 将建设 Si 和 SiC 电源管理器件生产线, 2022 年底-2023 年初投产	0.65 亿美元		韩国
东部高科	2022 年 10 月	订购 GaN 和 SiC 生产设备, 推进项目量产商业化			韩国
日立	2022 年 10 月	投资扩产, 至 2026 年将 SiC 功率半导体产能提高 3 倍	数百亿日元		日本

数据来源:《2022 碳化硅 (SiC) 产业调研白皮书》, 第三代半导体风向, 行家说三代半, 东吴证券研究所

海外大厂积极推动上下游合作。根据我们的统计, 23 年以来海外大厂已宣布 20 余项合作。海外大厂对上下游合作青睐有加, 主要有以下原因: 1) 大厂存在技术先进、供应链稳定、规模效应等多种竞争优势, 更容易在同行中脱颖而出; 2) 大厂规模较大, 近年又普遍开展扩产计划, 对未来业务的稳定性有更高要求; 3) 通过上下游的强强联合, 有利于双方保持竞争优势, 在未来极端情况下可能出现的供给侧出清中抢占先机。

表26: 今年以来海外大厂合作事件

海外大厂	时间	合作内容
英飞凌	2023 年 3 月	英飞凌与 Resonac Corporation 签署了全新的多年期供应和合作协议, 将深化双方在 SiC 材料领域的长期合作伙伴关系。英飞凌未来十年的 SiC 材料约 10% 将由 Resonac 供给, 前期以 6 英寸材料为主, 后期提供 8 英寸材料
	2023 年 5 月	英飞凌与天科合达、天岳先进签订晶圆和晶锭供应协议, 两家公司都将为英飞凌提供 150 毫米 SiC 晶圆和晶锭, 每家供应量都约为 10%
	2023 年 5 月	英飞凌与 Schweizer 扩大在芯片嵌入式领域的合作, 旨在将英飞凌的 1200V CoolSiC 芯片直接嵌入 PCB 板

	2023 年 5 月	英飞凌与鸿海集团签订合作备忘录，将在电动车领域建立长期合作关系。双方将聚焦于 SiC 技术在电动车大功率应用的导入，并计划在中国台湾共同设立系统应用中心
	2023 年 10 月	英飞凌与现代、起亚签署了 SiC 和 Si 功率半导体的多年供应协议，协议有效期至 2030 年
Wolfspeed	2023 年 1 月	Wolfspeed 与梅赛德斯-奔驰达成供应合作协议，梅赛德斯-奔驰部分汽车线的新一代动力总成系统将采用 Wolfspeed 半导体
	2023 年 2 月	Wolfspeed 将与采埃孚在德国建立联合研发中心。此外，采埃孚还将投资 Wolfspeed 的下一代 8 英寸碳化硅晶圆工厂
	2023 年 3 月	Wolfspeed 将与 NC A&T 建立联合研发机构，以进一步推进 SiC 技术创新
	2023 年 6 月	Wolfspeed 与欣锐科技达成合作意向协议，拟共同推进 SiC MOSFET 在新能源汽车及充电桩领域的应用
	2023 年 7 月	Wolfspeed 与盛弘股份合作，向盛弘股份供应 Wolfspeed WolfPACK 碳化硅功率模块，用于盛弘股份新一代电能质量解决方案的 APF 和 SVG 产品
	2023 年 7 月	Wolfspeed 与瑞萨电子签署十年期 SiC 晶圆供应协议，将从 2025 年开始向瑞萨电子提供 6 英寸 SiC 衬底和外延片，并在查塔姆工厂全面运作后提供 8 英寸 SiC 衬底和外延片
安森美	2023 年 1 月	安森美与 Ampt 展开合作，Ampt 在直流组串优化器中使用了安森美的 EliteSiC 系列 SiC 技术
	2023 年 1 月	安森美与大众签署战略协议，为大众的下一代平台系列提供模块和半导体器件，将首先交付 EliteSiC 1200V 主驱逆变器电源模块
	2023 年 3 月	安森美与宝马签订了长期供货协议，未来将为宝马 400V 直流母线动力传动系统提供 EliteSiC 技术解决方案
	2023 年 4 月	安森美与极氪签署长期供应协议，极氪将采用安森美的 M3E 1200V EliteSiC MOSFET
	2023 年 5 月	安森美与纬湃科技签署价值 17.5 亿欧元的十年期 SiC 产品供应协议，纬湃科技将向安森美提供 2.3 亿欧元投资，用于采购 SiC 晶圆生长、晶圆生产和外延的新设备
	2023 年 7 月	安森美与博格华纳签署总价值超过 10 亿美元的 SiC 供货协议，博格华纳计划把安森美 EliteSiC 1200V 和 750V 功率器件集成到 VIPER 功率模块中
	2023 年 7 月	安森美与麦格纳达成长期供货协议，麦格纳将在电驱动系统中集成安森美的 EliteSiC 智能电源方案，还将投资 4000 万美元用于安森美新设备采购，以保证未来供应
意法半导体	2023 年 4 月	意法半导体与采埃孚签署 SiC 器件长期供应协议，意法半导体将从 2025 年起向采埃孚提供超过一千万个第三代 SiC MOSFET 模块
	2023 年 6 月	意法半导体与三安光电联合投资 32 亿美元建厂，进行 8 英寸 SiC 器件大规模量产，预计于 2025 年完成阶段性建设并投产，2028 年达产
	2023 年 8 月	意法半导体与博格华纳合作，为博格华纳的 Viper 电源模块提供 SiC 功率 MOSFET，将应用于沃尔沃纯电动电动汽车
Coherent	2023 年 5 月	Coherent 与三菱电机签署合作协议，将为三菱电机提供 8 英寸 n 型 4H SiC 衬底
	2023 年 10 月	Coherent 与 DENSO 和三菱电机签订长期供应协议，以满足两家公司对 6 英寸和 8 英寸衬底和外延片需求。此外，DENSO 和三菱电机各投资 5 亿美元，共计获得 Coherent SiC 业务 25% 股权
罗姆	2023 年 6 月	罗姆与纬湃科技签署 SiC 功率元器件长期供货合作协议，纬湃科技计划最早从 2024 年开始供应采用罗姆 SiC 芯片的先进逆变器

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所

海外大厂加速并购，以实现产业链垂直整合。如果说企业合作是一种间接的产业链整合，那么并购就是直接的产业链整合，二者互为补充、互相促进。根据 Evertiq 的数据，近年来 SiC 行业内并购数量明显增加，以美国为例，2006-2022 年间共发生 9 起 SiC 企业并购案件，其中 7 起发生于 2018 年及以后。根据我们的统计，2019 年至今全球共

发生 16 起 SiC 企业并购案件，SiC 产业链正在海外大厂的推动下快速整合。

表27: 2019 年至今全球 SiC 企业并购案件

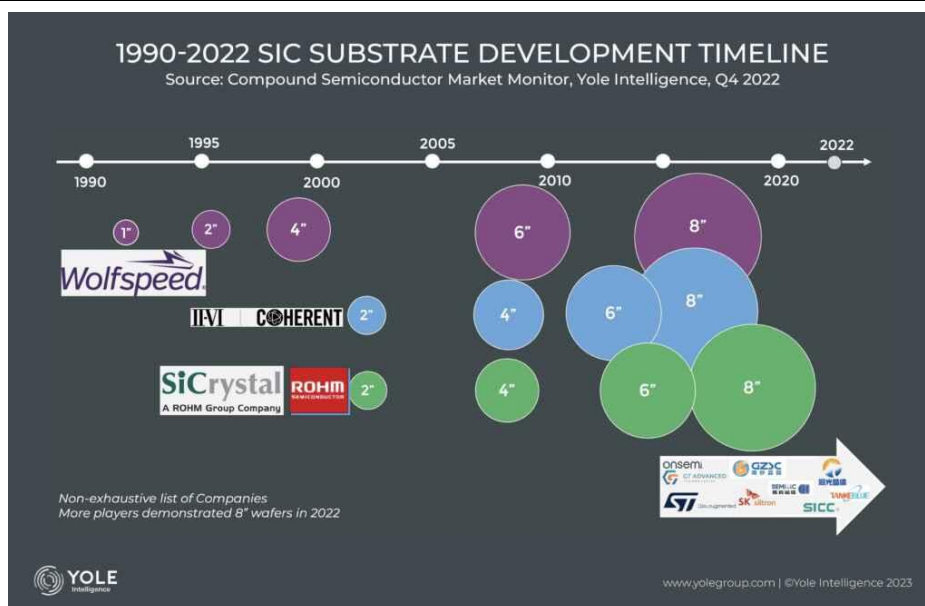
时间	收购方	被收购方	目标业务
2019 年	意法半导体	Norstel AB	SiC 晶圆制造
	SK Siltron	杜邦公司的晶圆部门	SiC 衬底
2020 年	Coherent	INNOViON	离子注入技术
	Coherent	Ascatron AB	SiC 外延工艺
2021 年	安森美	GTAT	SiC 晶锭工艺
	Qorvo	UnitedSiC	SiC 功率器件设计
	Soitec	NOVASiC	SiC 晶圆抛光技术
	SK Siltron	Yes Power	SiC 器件设计与制造
	LX Semicon	LG Innotek 的半导体业务	SiC 功率设备制造
2022 年	Navitas	GeneSiC	SiC 设备设计
	ASM	LPE	SiC 外延设备
	Advantest	CREATES	半导体测试
2023 年 2 月	Veeco	Epiluvac AB	SiC 外延设备
待完成	博世	TSI	SiC 芯片制造
	罗姆	东芝	SiC 功率器件制造
	罗姆	Solar Frontier 的国富工厂	扩大 SiC 产能

数据来源: Evertiq, 各公司官网, 东吴证券研究所

3.2. 技术: 8 英寸普及尚需时日, 平面与沟槽器件结构共存

8 英寸 SiC 晶圆量产已经成为现实。2022 年 4 月, Wolfspeed 位于纽约的莫霍克谷 SiC 制造工厂正式开业, 成为全行业首个实现 8 英寸 SiC 晶圆量产的企业。目前全球企业都积极布局 8 英寸 SiC 晶圆产线, 根据 Yole 的数据, 国内外已有十余家企业将 8 英寸 SiC 晶圆量产提上日程, 但大部分还处于样品或小规模量产的阶段。

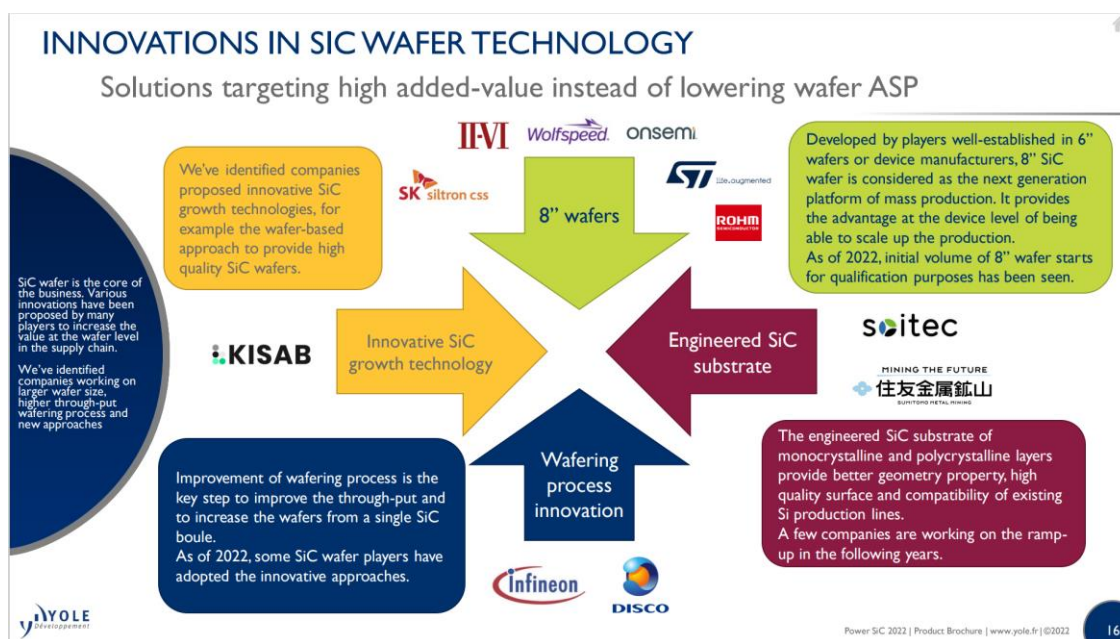
图29：全球企业 8 英寸 SiC 晶圆进展



数据来源：Yole Intelligence，东吴证券研究所

8 英寸并非降低成本的唯一途径。尽管提升晶圆尺寸可以降低 SiC 晶圆的单价，但 SiC 晶圆价格高企的主要原因并不在于尺寸，而在于良率低、长晶速度慢等问题。以国产 SiC 衬底龙头天岳先进为例，尽管持续提升工艺水平，但直至 2021 年 6 月晶棒良率也仅有 50%，衬底良率为 75%，而传统硅器件整体良率可高达 99%。此外，SiC 晶圆生长约需要 10 天，而硅棒拉晶只需要 2 天半。为此，业内公司极为重视技术创新，从多角度出发共同寻找降低成本的途径。

图30：降低晶圆成本的多种途径

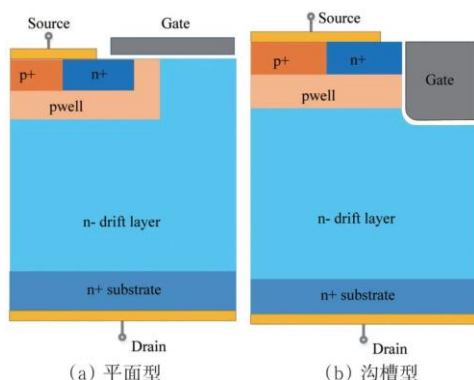


数据来源：Yole Development，东吴证券研究所

SiC MOSFET 可分为平面结构与沟槽结构，两种工艺各有优劣。平面结构的优点在于工艺简单，单元一致性较好，雪崩能量较高；缺点在于存在 JFET 效应，从而增加通态电阻，寄生电容也较大。沟槽结构的优点在于没有 JFET 效应，寄生电容小，开关速度快，开关损耗低；缺点在于工艺复杂，单元一致性较差。

海外大厂技术路线差异大，两种结构共存。意法半导体与 Wolfspeed 的产品目前为平面结构，同时也在研究沟槽结构方案；英飞凌的产品专注于沟槽结构，采用的半包沟槽结构性能较好；罗姆的产品自 2015 年从平面结构转型为沟槽结构，此后一直沿用；安森美的产品虽然是平面结构，但在沟槽结构已积累 20 份有关专利。

图31：平面型与沟槽型 SiC MOSFET 结构示意图



数据来源：中关村天合宽禁带半导体技术创新联盟，东吴证券研究所

图32：两种结构的 SiC MOSFET 性能目前没有显著差异

SiC MOSFET 1200V80mOhm	RDSON(mΩ) VG=20V, IDS=20A	VTH(V) IDS=5mA	BV(V) IDS=1mA	IDSS(μA) VDS=1200V	R _{on,sp} (mΩ·cm²)
WeEn WNSCM80120W (Planar)	71.5	3.5	1660	0.04	4.3
Company C (Planar)	82.2	2.4	1650	0.01	5.4
Company R (Trench)	76.6	4.0	1480	0.06	4.2

数据来源：中关村天合宽禁带半导体技术创新联盟，东吴证券研究所

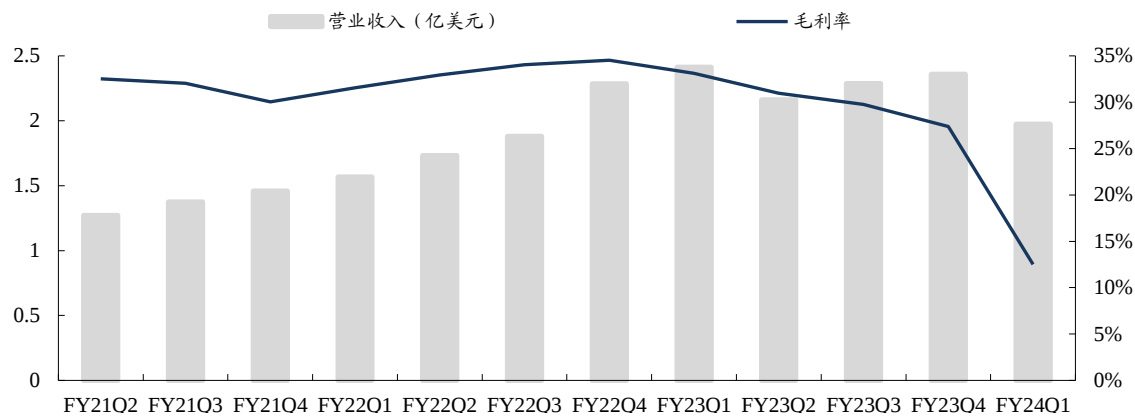
3.3. 衬底龙头 Wolfspeed 稳中向好，海外大厂均积极看待行业前景

衬底龙头企业 Wolfspeed 发展稳中向好。过去 SiC 产能不足主要受制于衬底，行业扩产也主要围绕衬底展开，我们考察了衬底龙头企业 Wolfspeed 的经营情况，公司近三年的发展可总结为以下两阶段：

1) FY21Q2-FY23Q1：受益于电动车快速放量、疫情趋缓等多重因素，公司营收持续增长，毛利也始终维持在 30%-35% 的区间内。

2) FY23Q2-FY24Q1：尽管下游需求保持旺盛，但受限于设备备件短缺和新厂建设延迟，公司产能不及预期，营收总体稳定，毛利率有所下降。莫霍克谷工厂未充分利用的成本使 FY24Q1 毛利率下降了 17.4%，如果不考虑该因素，公司 FY24Q1 毛利率相较 FY23Q4 上升了 3pct。未来伴随扩产进度加快，营收、毛利率均有望迎来修复式增长。

图33: Wolfspeed 营收及毛利率情况



数据来源：公司官网，东吴证券研究所

注：FY 比 CY 早两个季度，FY24Q1 相当于 CY23Q3，依此类推

龙头企业积极看待行业前景。近年来行业加速扩产，市场上普遍存在疑虑：碳化硅行业是否会出现产能过剩，甚至全行业亏损的最坏情况，我们认为海外龙头的经营策略最具指导意义。为此，我们对龙头企业从产线、资本支出、产能规划、营收规划等多方面进行综合考察，结果显示，前五大厂商均对行业前景抱有较积极态度。

表28: SiC 龙头企业产线情况及产能规划

企业	产线	产出	资本支出	产能规划	自有衬底产能规划
英飞凌	菲拉赫工厂	8 英寸晶圆	16 亿欧元	居林工厂计划于 24 年投产，预计 2030 年	
	居林工厂	8 英寸晶圆	70 亿欧元	晶圆总产能达 2023 年的 15 倍	
	卡塔尼亚工厂	6&8 英寸晶圆	7.3 亿欧元	衬底产线预计 23 年投产	
	新加坡工厂	6&8 英寸晶圆			
ST	重庆工厂	8 英寸晶圆	32 亿美元	预计 25Q4 投产，满产年产能 52 万片 8 英寸晶圆	24 年自供 40%衬底
	摩洛哥工厂	封测	2.44 亿美元		
	深圳工厂	封测			
Wolfspeed	查塔姆工厂	8 英寸衬底	一期 13 亿美元	一期预计 24 年完成，满产将使碳化硅衬底产能增加至现在的 10 倍以上	22/24/26 年公司预计生产等效 6 英寸衬底 88/127/167 万片，100%自供衬底
	德国工厂	8 英寸晶圆	30 亿美元		
	莫霍克谷工厂	8 英寸晶圆	10 亿美元	24 年 7 月产能利用率达到 20%，27 年满产	
	达勒姆工厂	6 英寸晶圆		已满产	
罗姆	Lapis 宫崎工厂	6 英寸晶圆	200 亿日元	预计 25 年晶圆产量达 21 年 6.5 倍，2030 年晶圆产量达 21 年 35 倍	
	筑后工厂	6&8 英寸晶圆			
	国富工厂	8 英寸晶圆			
安森美	哈德逊工厂	8 英寸衬底	4.15 亿美元	衬底产能提升 5 倍	自供比例已超过 50%，2030 年目标 80%
	富川工厂	6&8 英寸晶圆	10 亿美元	25 年晶圆产能扩大十倍，满产 100 万片 8 英寸碳化硅晶圆	
	捷克工厂	6 英寸晶圆	4.5 亿美元	将该厂的晶圆产能提高 16 倍	

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所

表29: SiC 龙头企业业绩预期及重大合作/订单

企业	业绩预期	重大合作/订单	补充信息
英飞凌	23 年 5 亿欧元; 25 年 10 亿欧元; 30 年 70 亿欧元, 其中汽车、工业各占一半, 市占率 30%	公司扩产得到了客户约 50 亿欧元的 design win 以及约 10 亿欧元的预付款支持	
ST	23 年 12 亿美元; 25 年 20 亿美元, 市占率 30%; 30 年 50 亿美元	公司与三安光电联合投资 32 亿美元建设重庆工厂, 三安光电还将单独建造一个 8 英寸 SiC 衬底厂以供应重庆工厂	为实现营收目标, 公司会在 2030 年前再建一个碳化硅工厂
Wolfspeed	27 年 40 亿美元	公司与瑞萨电子签署十年期 SiC 晶圆供应协议, 瑞萨电子支付 20 亿美元定金支持公司扩产	
罗姆	25 年 1300 亿日元, 市占率 30%; 27 年 2700 亿日元	公司与伟湃科技签署长期供货合作协议, 24-30 年交易额超过 1300 亿日元	
安森美	23 年市占率 25%, 毛利率将达到公司平均水平; 27 年 SiC 汽车芯片市占率 40%	公司与伟湃科技、博格华纳、麦格纳等客户签署长期合作协议, 未来一年内有 57 亿美元的 LTSA 承诺	公司考虑投入 20 亿美元扩建已有工厂, 具体扩建哪个工厂尚未确定

数据来源: 各公司官网, 东吴证券研究所

4. 投资建议: 关注具备技术、客户先发优势的国产厂商

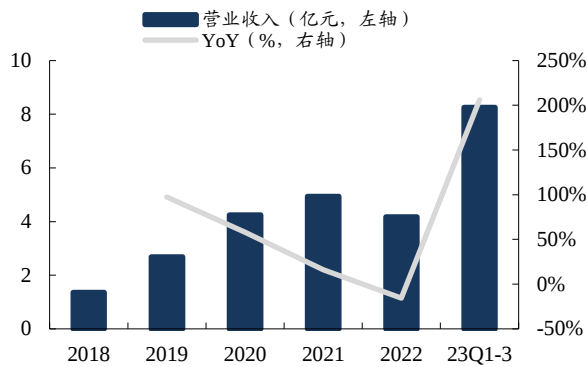
碳化硅市场高速增长趋势吸引业界激进投资, 远期规划产能合计数已超远期需求, 未来供过于求将导致尾部厂商被出清, 技术(降本能力)、产能(有效产能)、客户关系为决定竞争格局的关键要素, 建议关注下述具备技术、客户先发优势的国产厂商。

4.1. 天岳先进: 国产碳化硅衬底龙头扩产、拓客并举, 业绩拐点将至

22 年业绩受产能调整影响出现下滑, 23 年已见边际改善拐点。18-21 年, 通信基站、无线电探测等市场拉动公司半绝缘型衬底营收快速增长, 尽管 19、20 年因实施股权激励确认高额股份支付费用, 导致管理费用大幅增加, 扣除非经常性损益后, 公司 19-21 年均已实现盈利。22 年, 一方面, 疫情封控对公司上下游供应链产生较大影响; 另一方面, 因疫情导致临港新工厂产能建设滞后, 公司战略性的将济南工厂部分产能转向导电型衬底, 因此产生的临时性产能下滑影响公司 22 年业绩。

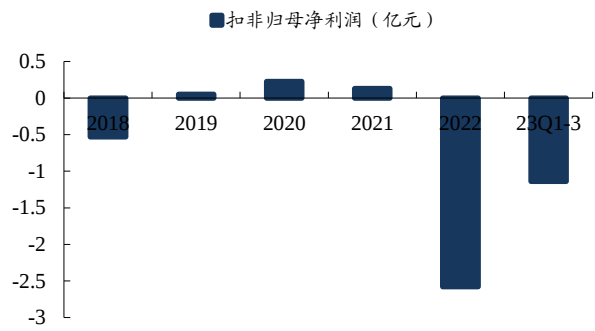
截至 23 年中报, 济南工厂已转型为导电型产品为主, 产品结构调整影响单位成本的不利因素逐步消除, 临港新工厂完成第一阶段的机电安装, 23H1 公司营收恢复高增长、毛利率及净利率回升, 伴随临港新工厂产能逐步爬坡, 公司业绩拐点将至。

图34: 天岳先进营收情况



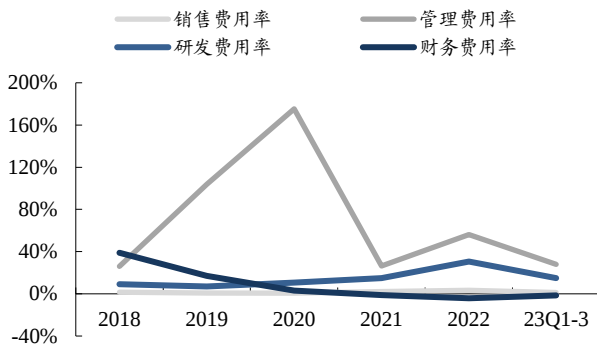
数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图35: 天岳先进扣非后归母净利润情况



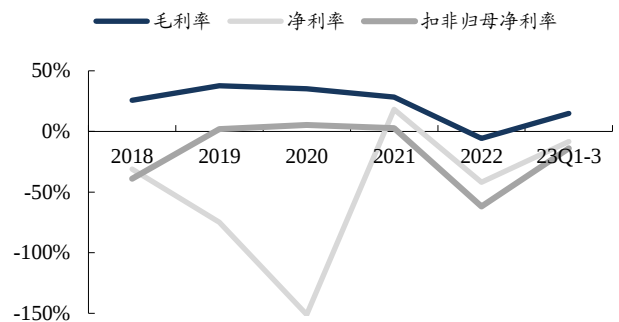
数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图36: 天岳先进期间费用率情况



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图37: 天岳先进毛利率、净利率情况

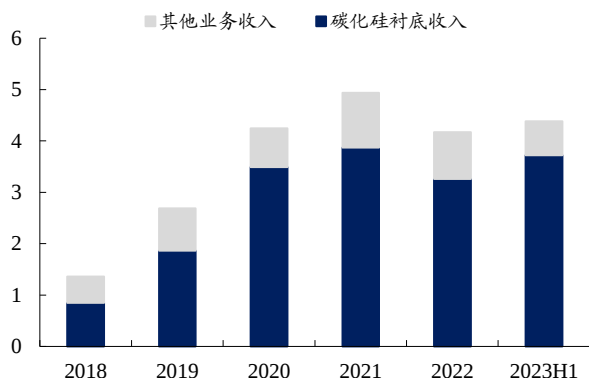


数据来源: Wind, 东吴证券研究所

分业务看，22 年碳化硅衬底产能调整已完成，营收、盈利能力双拐点将至。

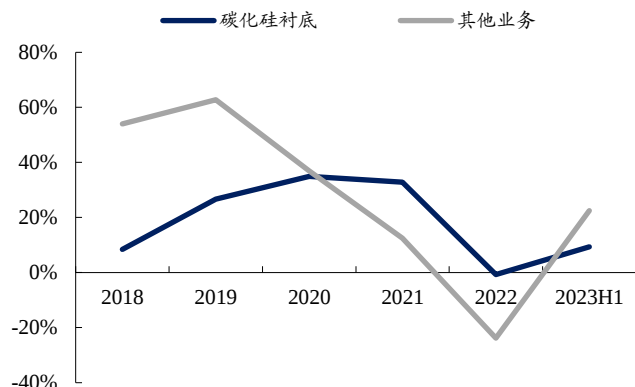
- 1) **碳化硅衬底:** 包括导电型衬底、半绝缘型衬底两类产品，2020 年及之前，公司业务核心聚焦半绝缘型碳化硅衬底，营收受通信基站、无线电探测等市场拉动，毛利率伴随良率提升而提升。22 年济南工厂产能调整导致营收、毛利率均受到一定负面影响，预计伴随临港新工厂产能逐步爬坡，公司碳化硅衬底业务将有望迎来营收、盈利能力双拐点。
- 2) **其他业务:** 其他业务主要为生产过程中无法达到半导体级要求的晶棒、不合格衬底等产品的销售，其他业务营收占比已由 2018 年的 38%降低至 23H1 年的 15%，说明公司扩大碳化硅衬底产量的同时，产品不合格率逐渐下降。

图38: 天岳先进分业务营收情况 (单位: 亿元)



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图39: 天岳先进分业务毛利率情况



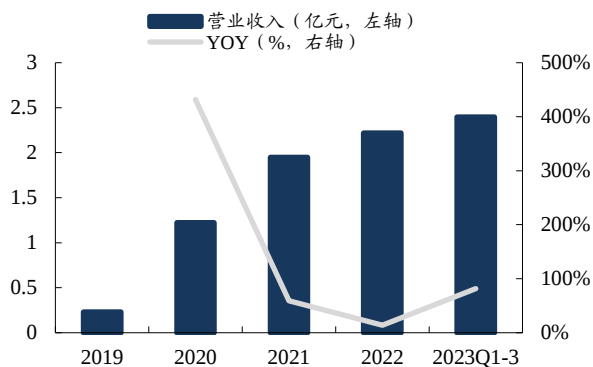
数据来源: Wind, 东吴证券研究所

风险提示: 下游需求不及预期的风险; 产能、产量提升不及预期的风险; 市场竞争加剧的风险; 技术迭代不及预期的风险; 供应商和客户集中度较高的风险。

4.2. 晶升股份: 国产碳化硅长晶炉龙头, 受益三安、F等大客户扩产

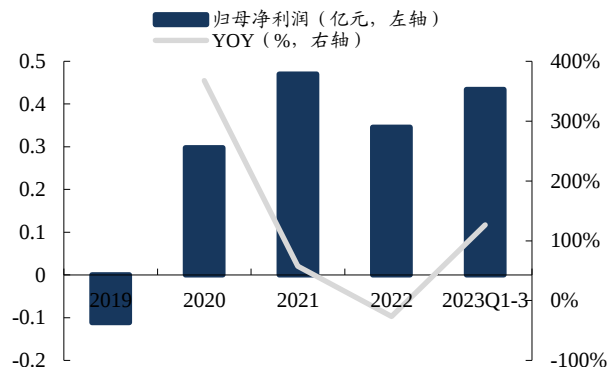
受益下游碳化硅衬底厂商扩产, 业绩快速增长。受益下游碳化硅衬底厂商扩产, 公司业绩呈现快速增长趋势。23Q1-3, 公司实现营收 2.4 亿元, 同比+82%, 归母净利润 0.4 亿元, 同比+127%, 伴随产能扩建、大客户订单放量, 公司业绩有望延续快速增长趋势。

图40: 晶升股份营收情况



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

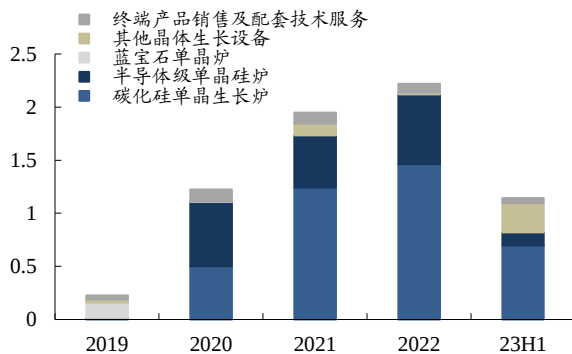
图41: 晶升股份归母净利润情况



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

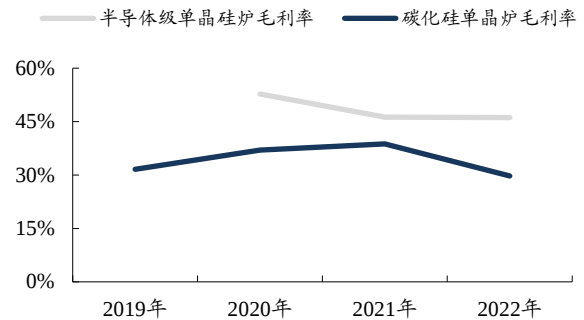
碳化硅长晶炉贡献六成营收, 规模效应有望拉动毛利率回升。22 年公司碳化硅、半导体级长晶炉营收分别为 1.46 亿元、0.66 亿元, 营收占比为 66%、30%。毛利率方面, 未来伴随规模效应带来成本摊薄, 公司碳化硅长晶炉毛利率有望回升。

图42: 晶升股份分产品营业收入 (单位: 亿元)



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图43: 晶升股份分产品毛利率



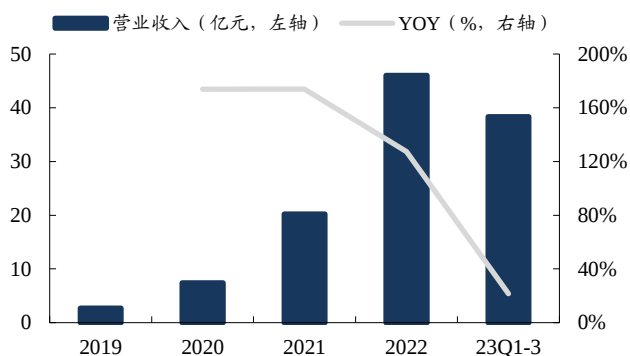
数据来源: Wind, 东吴证券研究所

风险提示: 下游行业发展不及预期; 市场竞争加剧风险; 主要客户流失风险; 产业发展处于起步阶段及经营规模较小; 毛利率水平波动的风险。

4.3. 中芯集成: 国产车规级代工龙头, 扩产碳化硅、功率 IC 打开长期空间

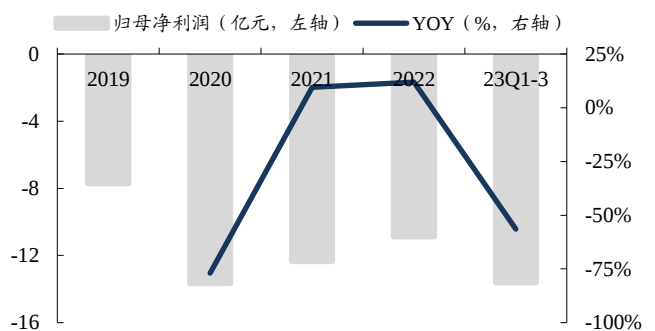
营收持续快速增长, 利润短期受产线建设产生大量折旧拖累。营收端, 伴随销售晶圆数量增加, 及产品结构优化带动价格提升, 公司营收持续快速增长, 23Q1-3 公司营业收入、主营业务收入分别同比+22%、+46%, 达到 38.32 亿元、37.5 亿元。利润端, 由于产线建设产生大量折旧, 公司近年利润尚未转正, 但伴随营收快速增长、期间费用摊薄, 毛利率、净利率整体呈现提升趋势。

图44: 中芯集成营收情况



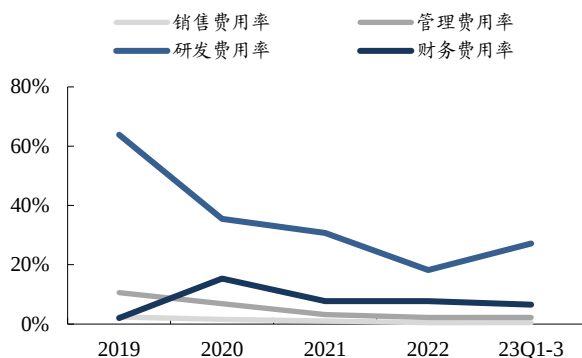
数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图45: 中芯集成归母净利润情况



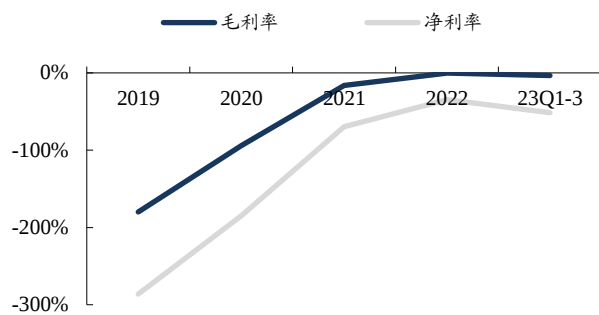
数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图46: 中芯集成期间费用率情况



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

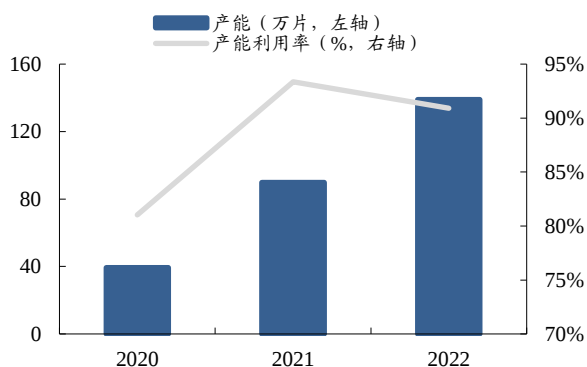
图47: 中芯集成毛利率、归母净利率情况



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

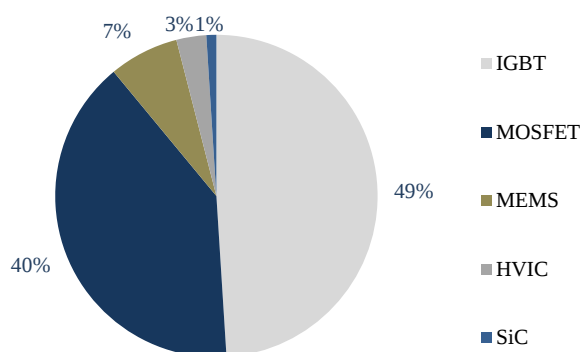
产能持续高增长, 产能利用率维持高水平。公司 21、22 年产能分别为 90 万片、139 万片, 同比+119%、+54%, 产能利用率均维持在 90%以上的高水平。截至 23 年中报, 公司应用于车载、工控领域核心芯片的 IGBT 产能达到 8 万片/月, 其产能利用率超过 95%; SiC 新建产能 2000 片/月, 产能利用率超过 90%, 此外公司还拥有 MOSFET 产能 6.5 万片/月、MEMS 产能 1.1 万片/月、HVIC 产能 5000 片/月。

图48: 中芯集成产能及产能利用率情况



数据来源: 中芯集成公告, 东吴证券研究所

图49: 中芯集成分产品产能情况 (截至 23 年中报)



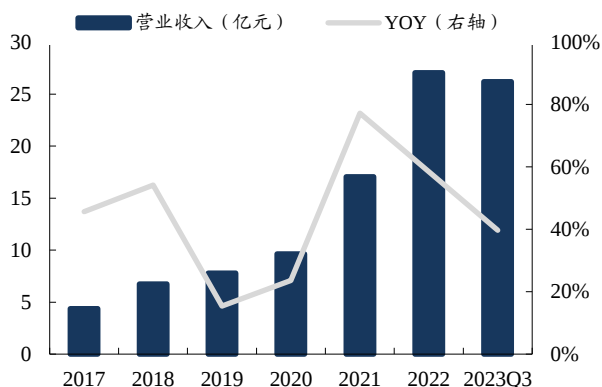
数据来源: 中芯集成公告, 东吴证券研究所

风险提示: 下游需求不及预期的风险; 产能、产量提升不及预期的风险; 市场竞争加剧的风险。

4.4. 斯达半导体: 国产 IGBT 模块龙头, 自主芯片的碳化硅主驱模块小批量

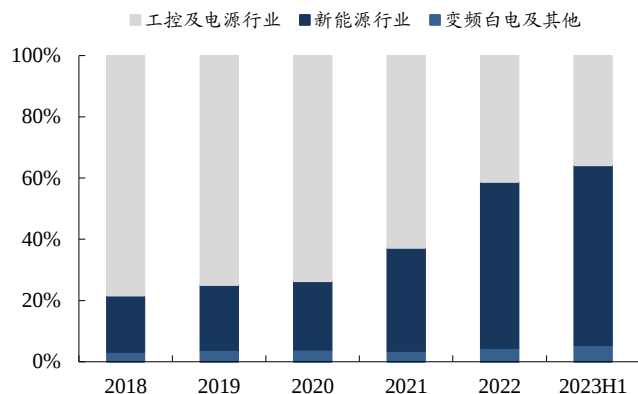
新能源领域推动营收高增, 积极开拓海外市场。截至 23H1, 公司新能源领域营收占比已提升至 59%, 成为营收增长主要驱动力。公司 22 年/23Q1-3 分别实现营收 27 亿元/26 亿元, 同比+59%/+40%。公司重视海外市场, 早在 2014 年就于瑞士创立子公司斯达欧洲, 负责国际市场业务开拓和发展, 并在德国纽伦堡设有研发中心, 近几年亚洲以外地区营收呈爆发式增长, 20-22 年 CAGR 高达 99%, 预计未来仍将保持高增速。

图50: 斯达半导营收情况



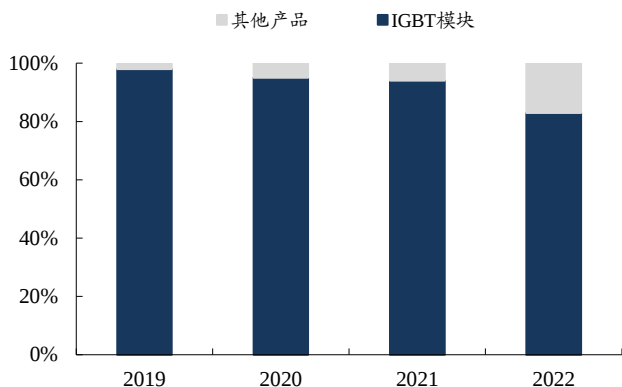
数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图51: 斯达半导分应用领域营收占比



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

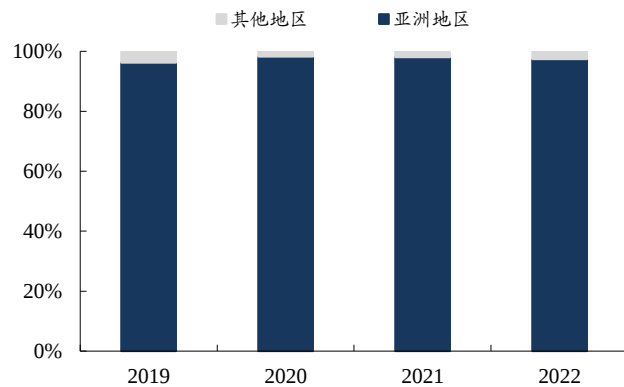
图52: 斯达半导主营业务分产品营收占比



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

注: 2022 年其他产品占比大幅上升系光伏逆变器 IGBT 单管销售收入增加导致

图53: 斯达半导主营业务分地区营收占比



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

芯片端, 公司实施 SiC 芯片研发及产业化项目后, 将形成年产 6 万片 6 英寸 SiC 芯片生产能力, 拥有自主的车规级 SiC MOSFET 芯片, 有助于公司加速 SiC 芯片技术迭代升级, 提高车规级 SiC 模块的产品竞争力, 加强供应链的稳定性。截至 2023 年上半年, 该项目累计投资额度已经达到 4.24 亿元, 占预计投资总额的 21.22%。

模块端, 公司建设全 SiC 功率模块产线, 将形成年产 8 万颗车规级全碳化硅功率模组生产能力, 进一步提高公司在车规级 SiC 模块的供货保障能力, 助力公司抓住 SiC 市场爆发机遇, 快速提高市占率。

表30: 斯达半导 SiC 相关产能规划

募集资金方式	扩产项目	投资金额	投产时间	项目具体情况
自有资金	全碳化硅功率模组产业化项目	2.3 亿元	2022 年	利用现有厂房投资建设, 形成年产 8 万颗车规级全碳化硅功率模组的生产能力
2021 年非公开发行	SiC 芯片研发及产业化项目	5 亿元	预计 2024 年 11 月	新建厂房、仓库, 购置新设备, 形成年产 6 万片 6 英寸车规级 SiC MOSFET 芯片的生产能力

数据来源: 斯达半导公告, 东吴证券研究所

风险提示: 新能源需求不及预期, 产线建设不及预期等。

5. 风险提示

碳化硅在车端、桩端渗透不及预期风险: 目前碳化硅下游应用以新能源汽车为主, 同时直流充电桩为高增长细分领域, 如果碳化硅在车端、桩端渗透不及预期, 则碳化硅产业链各环节厂商的营收与盈利能力或将受到影响;

国产化进度不及预期风险: 海外大厂在碳化硅产业链布局较早, 国内厂商在良率、器件性能等方面与海外大厂存在差距, 如果国内厂商研发进度不及预期, 则在全球扩产背景下可能处于被动地位, 不利于公司发展;

扩产进程不及预期风险: 目前全球碳化硅企业都在积极扩产以应对需求增长, 如果扩产进程不及预期, 或将制约碳化硅产业链的营收与盈利能力;

价格战的风险: 国内外各厂商看见碳化硅市场发展风口后, 均积极投入资金、筹划建设产能, 若市场需求增长不及产业扩产速度, 则将导致碳化硅产业链各环节产能供过于求, 则可能导致行业出现价格战, 影响市场参与者盈利。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“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客户。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，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。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。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也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报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15%以上；

增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5%与 15%之间；

中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与 5%之间；

减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5%以上；

中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对基准-5%与 5%；

减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街 5 号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>