

SiC：功率皇冠上的明珠，行业进入黄金期

2021 年 12 月 20 日

【投资要点】

- ◆ **SiC 高性能材料，适用于高压、高频场景。**与 Si 相交，SiC 禁带宽度更大，热导率、击穿电场强度更高，在高压高频等应用场景具有优势。与 Si 器件相较，SiC 器件的特性有 1) 耐高温，SiC 器件的极限工作温度为 600°C 以上，Si 器件不能超过 300°C。2) 易散热，SiC 材料的热导率是 Si 的 2-3 倍，因此 SiC 器件对散热设计的要求更低。3) 低损耗，相同规格下，SiC MOS 的总能量损耗较 Si IGBT 降低 70%。4) 可实现更高的工作频率。因此 SiC 器件适用于高频率开关、650V-3.3kV 高压场景，目前制约 SiC 大规模应用的因素是价格，我们预计随着上游衬底产能逐步释放，良率提高，价格或将逐步降低。
- ◆ **SiC 市场进入风口期。**根据 Yole 数据，全球 SiC 功率器件市场规模将从 2019 年的 5.4 亿美元增加至 2025 年的 25.6 亿美元，CAGR 为 30%，根据 CASA Research 数据，2020-2025 年中国 SiC、GaN 电力电子器件市场规模 CAGR 为 45%，新能源汽车和光伏储能是 SiC 功率器件增长的主要推动力。补能焦虑是新能源汽车阿喀琉斯之踵，汽车 800V 高压平台技术逐渐冒尖，使用 SiC 的新能源汽车系统成本或与使用 Si 器件成本相差不大，因此我们认为汽车高压平台涌现促进 SiC 器件渗透率提升。此外 SiC 器件能够促进能源高效转换，在光伏储能领域也起着至关重要作用，CASA 预计至 2025 年光伏逆变器中 SiC 器件占比将提升至 50%。
- ◆ **产能扩张+衬底尺寸扩大是未来的趋势。**SiC 晶圆制造难度较大，全球 SiC 晶圆供给紧张，美国在 SiC 晶圆市占率较高，我们认为主因发达国家较早布局 SiC 晶圆片。各国纷纷布局 SiC 产业，通过产能扩张和扩大衬底尺寸缓解产能紧平衡的状态，中国也在加大投资力度缩小与国外差距。中国与全球在 SiC 产业的差距表现有：1) 衬底：目前全球 SiC 衬底从 6 吋向 8 吋逐渐演变，中国 SiC 商业化衬底以 4 吋为主，正在逐步向 6 吋过渡。2) 外延：全球 6 吋 SiC 外延已商业化，且研制出 8 吋产品，而国内基本实现 4-6 吋外延供给。3) 器件：全球 SiC 器件电流和电压设计大于中国，全球量产 SiC 二极管电压分布在 600V-3300V，电流覆盖 2A-100A，SiC 晶体管量产产品击穿电压主要分布在 650V-1700V，导通电流超过 100A，推出的 SiC MOS 最高导通电流和击穿电压分别为 140A 和 6500V，而中国二极管覆盖电压为 650V-1700V，电流达到 50A，SiC MOS 电压覆盖 650V、1200V 和 1700V。
- ◆ **SiC 行业技术壁垒较高。**SiC 衬底成本在 SiC 器件制造成本中占比较高，目前 PVT 为主流晶体生长法，工艺难点包括 1) 生长环境苛刻，黑匣子操作难以控制；2) 生长速度慢，晶体尺寸扩大难；3) SiC 存在加工困难、制造效率低、制造成本高等问题。在器件制造过程中，主要挑战在于设备和工艺以及材料的选择和供应。

强于大市 (维持)

东方财富证券研究所

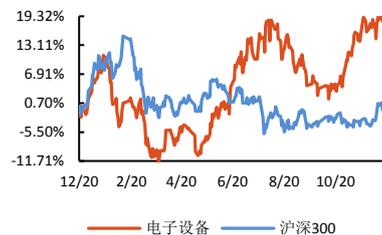
证券分析师：刘溢

证书编号：S1160521090001

联系人：刘溢

电话：18721372809

相对指数表现



相关研究

- 《英飞凌聚焦三代半导体，22 年收入预计实现双位数增长》
2021. 11. 22
- 《把握市场景气度向上发展机遇》
2020. 12. 29
- 《面板产业景气度提升，关注产业链协同发展》
2020. 12. 11
- 《第三代半导体大有可为》
2020. 10. 09
- 《集成电路板块再迎政策支持，全产业链或将受益》
2020. 08. 06

【配置建议】

- ◆ **投资建议。** SiC 作为功率器件行业皇冠上的明珠，发展正当时，建议关注全产业链公司三安光电，衬底制造公司天岳先进、晶盛机电、露笑科技、东尼电子，外延公司凤凰光学、瀚天天成、东莞天域，器件制造公司时代电气、斯达半导、士兰微、华润微等。

【风险提示】

- ◆ **风险提示。** SiC 工艺难度大，研发不及预期；衬底成本降低不及预期，或影响 SiC 渗透率；产能扩张不及预期。

正文目录

1. SiC: 高性能材料, 适用于高压、高频场景	5
2. SiC 市场方兴未艾	7
2.1. 需求: 新能源之风下, 19-25 年全球 SiC 功率器件 CAGR 为 30%	7
2.1.1. 新能源汽车: 向高电压平台演进过程中, SiC 扮演了不可替代的角色	8
2.1.2. 光伏储能: SiC 助力能源高效转换	10
2.2. 供给: 产能不足, 产能扩张+衬底尺寸扩大满足供需缺口	11
3. 技术提高 SiC 行业门槛	16
3.1. 衬底: PVT 为主流晶体生长法, 制造仍存难点	17
3.2. 器件: 设备、工艺出现挑战	19
4. 相关公司	20
4.1. 天岳先进 (已过会)	20
4.2. 三安光电 (600703. SH)	21
4.3. 晶盛机电 (300316. SZ)	21
4.4. 凤凰光学 (600071. SH)	22
4.5. 时代电气 (688187. SH)	22
4.6. 斯达半导 (603290. SH)	22
4.7. 士兰微 (600460. SH)	23
5. 风险提示	23

图表目录

图表 1: 各半导体材料性能比较	5
图表 2: 各类损耗计算公式	6
图表 3: Si IGBT 与 SiC MOS 损耗对比	6
图表 4: Si、SiC、GaN 器件应用场景对比	6
图表 5: 650V SiC MOS 与 Si IGBT 价格比较 (元/A)	7
图表 6: Wolfspeed 衬底尺寸逐渐扩大	7
图表 7: 全球 SiC 功率器件市场规模 (百万美元)	7
图表 8: 中国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场规模	7
图表 9: 按应用领域分, 全球 SiC 功率器件市场结构	8
图表 10: 按应用领域分, 中国 SiC、GaN 电力电子器件市场结构	8
图表 11: 新能源汽车 SiC、GaN 功率市场规模	9
图表 12: 新能源汽车 SiC、GaN 功率市场规模	9
图表 13: 使用 SiC 器件的新能源汽车系统	9
图表 14: Model 3 使用 SiC 模块	9
图表 15: 小鹏 800V 高压 SiC 平台+480kW 高压超充	10
图表 16: SiC 器件和 Si 器件需要的散热器对比	10
图表 17: 光伏逆变器中 SiC 器件占比预测	10
图表 18: 全球、中国光伏逆变器规模	10
图表 19: 2020 年全球导电型 SiC 晶圆厂商市占率	11
图表 20: Wolfspeed SiC 晶圆产能情况	12
图表 21: Rohm 公司整体计划示意图	12
图表 22: 中国 SiC 新增产能投资金额和数量情况	12
图表 23: 中国 SiC 晶圆产量	12
图表 24: 2021 年国内主要 SiC 半导体投资扩产情况	13
图表 25: 国外 SiC 衬底技术进展	14

图表 26: 中国 SiC 衬底技术进展.....	14
图表 27: 全球商业化 SiC SBD 器件性能.....	15
图表 28: 全球新推出的 SiC MOS 产品.....	15
图表 29: SiC 模块供应链厂商通过四个维度进军新能源汽车.....	16
图表 30: SiC 产业链图.....	17
图表 31: SiC 器件的成本构成.....	17
图表 32: PVT 热场法结构图.....	17
图表 33: HT-CVD 法示意图.....	17
图表 34: 液相法结构图.....	18
图表 35: SiC 生长方法优缺点比较.....	18
图表 36: SiC 晶片工艺流程.....	19
图表 37: 行业重点关注公司.....	20
图表 38: 2018-2021H1 收入情况.....	20
图表 39: 2018-2021H1 归母净利润.....	20
图表 40: 三安光电产业布局图.....	21
图表 41: 三安光电收入及增速情况.....	21
图表 42: 晶盛机电收入及增速.....	21
图表 43: 晶盛机电归母净利润及增速情况.....	21
图表 44: 凤凰光学收入及增速.....	22
图表 45: 凤凰光学归母净利润及增速情况.....	22
图表 46: 时代电气 SiC 产品.....	22
图表 47: 时代电气收入及增速情况.....	22
图表 48: 斯达半导收入及增速.....	23
图表 49: 斯达半导归母净利润及增速情况.....	23
图表 50: 士兰微收入及增速.....	23
图表 51: 士兰微归母净利润及增速情况.....	23

1. SiC：高性能材料，适用于高压、高频场景

SiC适用于高压、高频、高温等领域。半导体材料分为元素半导体和化合物半导体，其中元素半导体材料主要有 Si、Ge(锗)，化合物半导体包括 GaAs、SiC 和 GaN。Si 由于储量丰富、技术成熟、成本低等特性，是引用最为广泛的半导体材料，被广泛应用于分立器件、集成电路等领域，SiC 具有近 200 多种晶型，常见的有 4H、6H 和 3C 等等，与 Si 相较，SiC 禁带宽度更大，热导率、击穿电场强度更高，在高频、高温、高压等应用场景具有优势。

图表 1：各半导体材料性能比较

	Si	GaAs	SiC	GaN
禁带宽度 (eV)	1.12	1.43	3.2	3.4
热导率 ($W \cdot cm^{-1} \cdot K^{-1}$)	1.5	0.54	4.0	1.3
电子迁移率 (cm^2/Vs)	1500	8500	1140	1250
介电常数	11.8	12.5	9.6-10	9
击穿电场强度 (MV/cm)	0.3	0.4	3.5	3.3
饱和电子漂移速度 ($10^7 cm/s$)	1.0	1.0	2.0	2.5
硬度 ($kg \cdot mm^{-2}$)	1000	600	2130	/
热膨胀系数 ($10^{-6}/^{\circ}C$)	2.6	5.9	4.2-4.68	5.6
熔点 ($^{\circ}C$)	1420	1238	2830	1700
带隙类型	间接	直接	间接	直接

资料来源：天岳先进招股说明书，《宽禁带半导体高频及微波功率器件与电路》，《GaN——第三代半导体的曙光》，《宽禁带半导体特性及生长技术》，东方财富证券研究所

注：SiC 有 200 多种晶型，表中列示主流的 SiC 晶型 4H-SiC 的参数

SiC 器件特性有：1) 耐高温，材料禁带宽度越大，器件的极限工作温度越高，SiC 禁带宽度为 3.2eV，接近 Si 禁带宽度的 3 倍，因此 SiC 器件极限工作温度高于 Si 器件，根据天岳先进招股说明书，SiC 器件的极限工作温度为 600 $^{\circ}C$ 以上，Si 器件不能超过 300 $^{\circ}C$ 。

2) 易散热，SiC 热导率为 4.0 $W \cdot cm^{-1} \cdot K^{-1}$ ，是 Si 的 2-3 倍，在同等输出功率下，高热导率的材料制作而成的器件温度更低，对散热设计的要求更低。

3) 低损耗，根据天岳先进招股说明书和应用材料官网，相同规格下，SiC MOS 的总能量损耗较 Si IGBT 降低 70%。

➤ **开关损耗**： $P_{sw_on} = U_d J_{on} t_{on} f_s / 2$ ， $P_{sw_off} = U_d J_{off} t_{off} f_s / 2$ ，其中 P_{sw_on} 为开通损耗， P_{sw_off} 为关断损耗， U_d 为电源电压， J_{on} 为导通电流， f_s 为开关频率， t_{on} 和 t_{off} 分别为开通时间和关断时间。由于 SiC 材料击穿场强是 Si 材料的 11-12 倍，因此在同等电压和电流设计下，SiC 器件尺寸远小于 Si 器件，也大大减少了导通电阻，缩短了开通时间和关断时间，因此 SiC 器件开关损耗远小于 Si 器件。

➤ **导通损耗**： $P_{cond} = (4U_B^2 / \mu_n \epsilon_s E_c^3) * J_{on}^2$ ，其中 P_{cond} 为导通损耗， U_B 为阻断电压， μ_n 为电子迁移率， ϵ_s 为介电常数， E_c 为击穿电场强度， J_{on} 为导通电流。该公式表明在同等功率条件下，SiC 击穿电场强度是 Si 的 11-12 倍左右，因此 SiC 器件导通损耗是 Si 器件的 0.10%。

图表 2: 各类损耗计算公式

开通损耗:

$$P_{sw_on} = U_d J_{on} f_s t_{on} / 2$$

关断损耗:

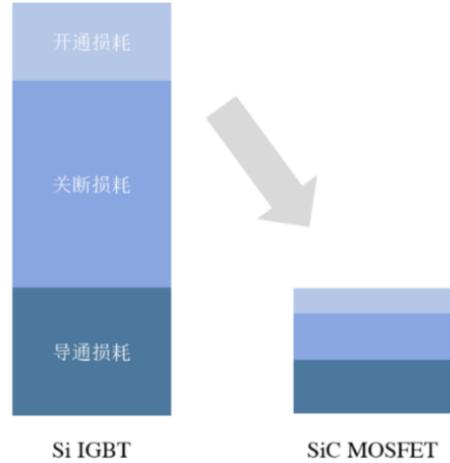
$$P_{sw_off} = U_d J_{on} f_s t_{off} / 2$$

导通损耗:

$$P_{cond} = R_{on} * J_{on}^2 = (4U_B^2 / \mu_N \epsilon_s E_c^3) * J_{on}^2$$

资料来源:《SiC功率器件在Buck电路中的应用研究》,《碳化硅——未来电力半导体材料》,东方财富证券研究所

图表 3: Si IGBT 与 SiC MOS 损耗对比

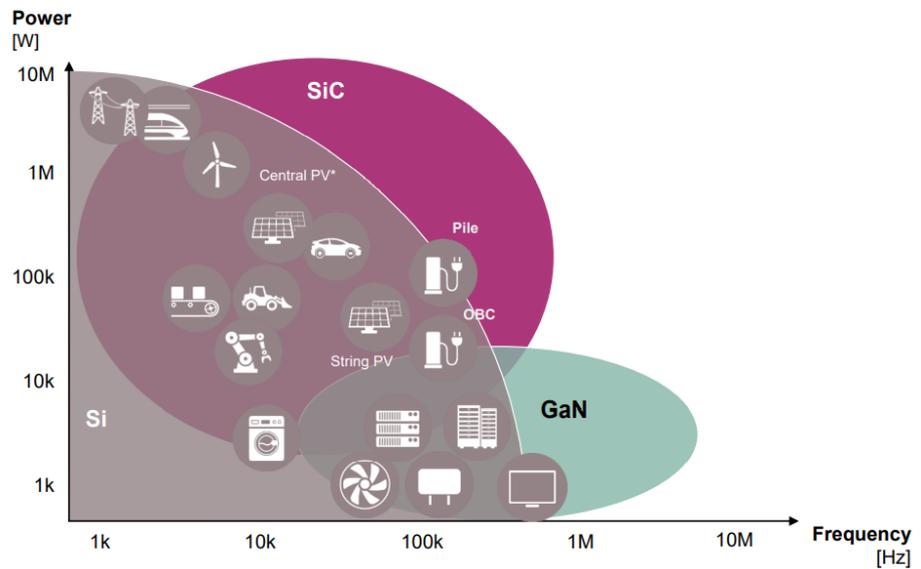


资料来源:天岳先进招股说明书,应用材料官网,东方财富证券研究所

4) 适用于高频开关性能, SiC 的饱和电子漂移速率是 Si 的 2 倍, 因此 SiC 器件可以实现更高的工作频率。

综上所述, Si 器件适用性比较广, 电压等级从 25V-6.5kV、低功率到大功率场景均适用, SiC 器件适用于高频率开关、高压 (650V-3.3kV) 场景。

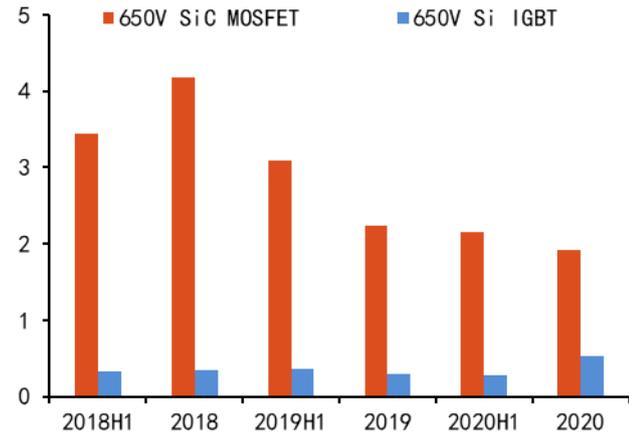
图表 4: Si、SiC、GaN 器件应用场景对比



资料来源:英飞凌四季报,东方财富证券研究所

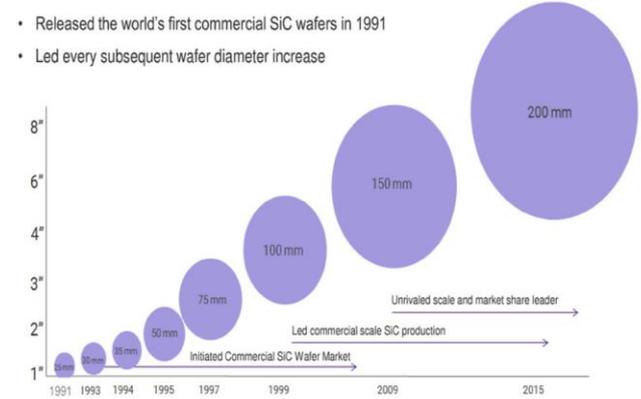
制约 SiC 大规模应用的因素——价格。由于 SiC 衬底生长速率慢、产品良率低, 与成熟的硅片制造工艺相交, SiC 衬底成本短期内较高, 且 SiC MOS 制造具有相对较高的技术壁垒, SiC MOS 价格远高于 Si IGBT。根据 Mouser、Digi-Key、CASA Research 数据, 以 650V 产品来看, 截止 2020 年底, SiC MOS 产品平均价格为 1.92 元/A, 远高于 Si IGBT 价格 0.53 元/A。我们认为随着上游衬底产能持续释放, 良率提高, 衬底成本下降, 且 SiC 衬底存在大尺寸化的趋势, 单片晶圆产芯片量增加, 导致芯片成本减少, SiC MOS 价格或将向 Si IGBT 靠拢, 2018H1 底 650V SiC MOS 价格是 Si IGBT 产品价格的 10 倍左右, 到 2020 年底降低至近 4 倍。

图表 5: 650V SiC MOS 与 Si IGBT 价格比较 (元/A)



资料来源: Mouser, Digi-Key, CASA Research, 东方财富证券研究所

图表 6: Wolfspeed 衬底尺寸逐渐扩大



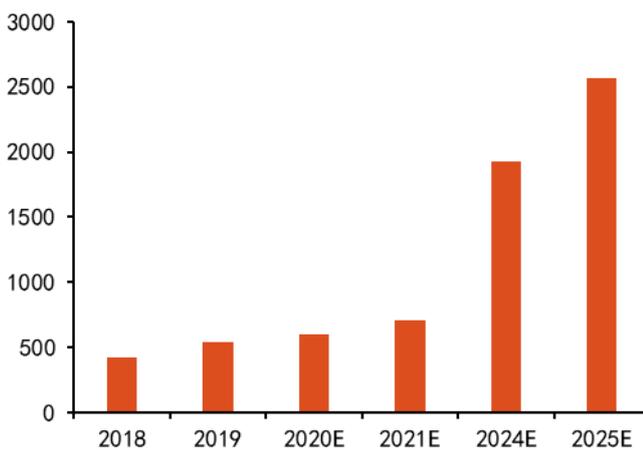
资料来源: Wolfspeed公告, 东方财富证券研究所

2. SiC 市场方兴未艾

2.1. 需求: 新能源之风下, 19-25 年全球 SiC 功率器件 CAGR 为 30%

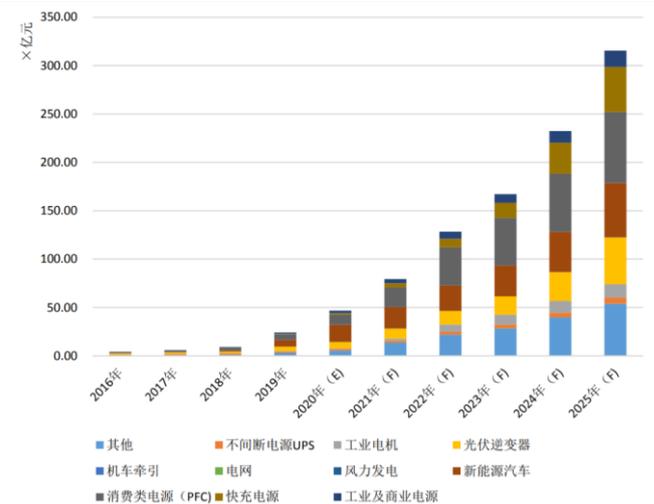
19-25 年全球 SiC 功率器件市场规模 CAGR 为 30%。根据 Yole 公众号, 2019 年全球 SiC 功率器件市场规模为 5.4 亿美元, 预计至 2025 年增加至 25.6 亿美元, 2019-2025 年 CAGR 为 30%。根据 CASA Research, 2020 年中国 SiC、GaN 电力电子器件市场规模约为 46.8 亿元, 占分立器件的比例为 1.6%, 预计 2025 年增加至近 300 亿元, 年复合增长率为 45%。

图表 7: 全球 SiC 功率器件市场规模 (百万美元)



资料来源: Yole 公众号, 中商情报网, 东方财富证券研究所

图表 8: 中国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场规模



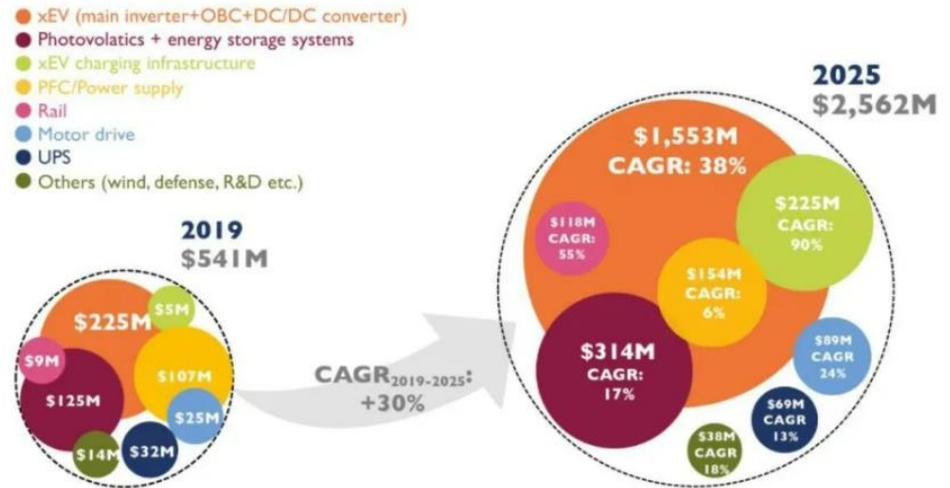
资料来源: CASA Research, 东方财富证券研究所

新能源汽车是 SiC 市场规模增长的主要推动力, 光伏储能也为重要应用领域之一。根据 Yole 公众号, 按照下游应用领域来分, 1) 2019 年全球新能源汽车 SiC 功率器件市场规模为 2.3 亿美元, 占比为 41.6%, 预计至 2025 年增加至 15.5 亿美元, 占比提升至 60.6%, 2019-2025 年 CAGR 为 38%。2) 光伏储能是 SiC 功率器件第二大应用市场, 2019 年该市场规模为 1.3 亿美元, 预计至 2025 年增加至 3.1 亿

美元，CAGR 为 17%。3) 各细分市场中，2019-2025 年 CAGR 最高的应用领域为风力发电，主因 2019 年风力发电 SiC 功率器件市场规模基数较小。

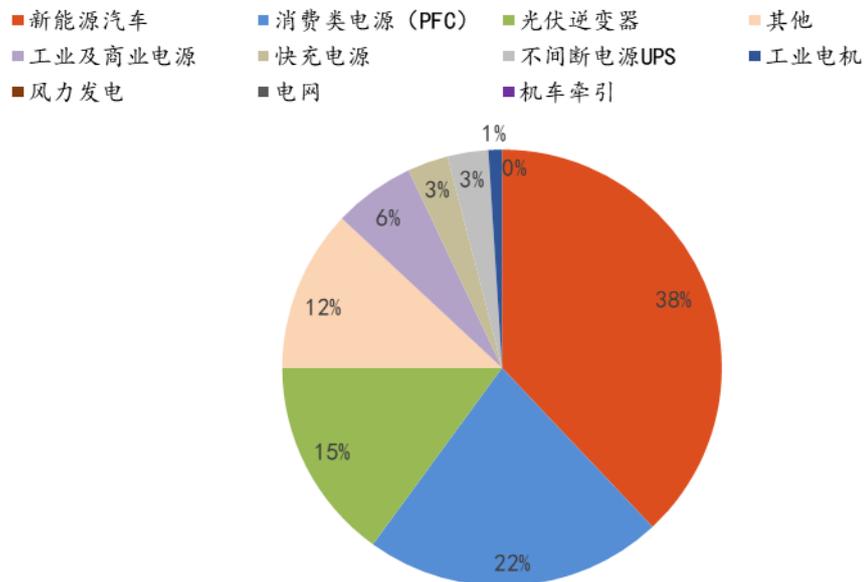
根据 CASA Research，2020 年中国 SiC、GaN 电力电子器件市场中，主要应用领域分别为新能源汽车、消费类电源和光伏逆变器，占比分别为 38%、22%、15%，新能源汽车是 SiC 功率器件的主要驱动力。

图表 9：按应用领域分，全球 SiC 功率器件市场结构



资料来源：Yole 公众号，东方财富证券研究所

图表 10：按应用领域分，中国 SiC、GaN 电力电气器件市场结构

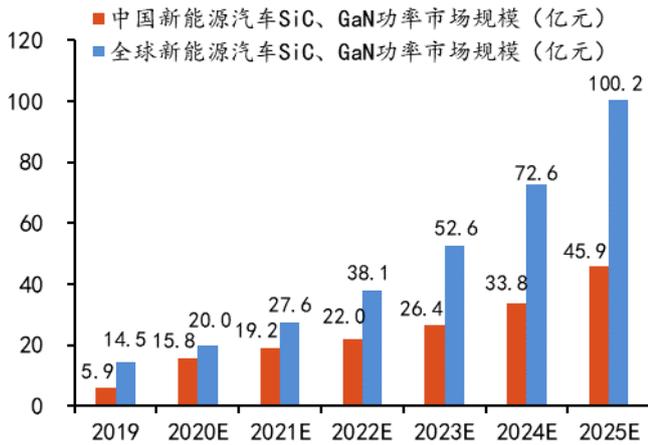


资料来源：CASA Research，东方财富证券研究所

2.1.1. 新能源汽车：向高电压平台演进过程中，SiC 扮演了不可替代的角色

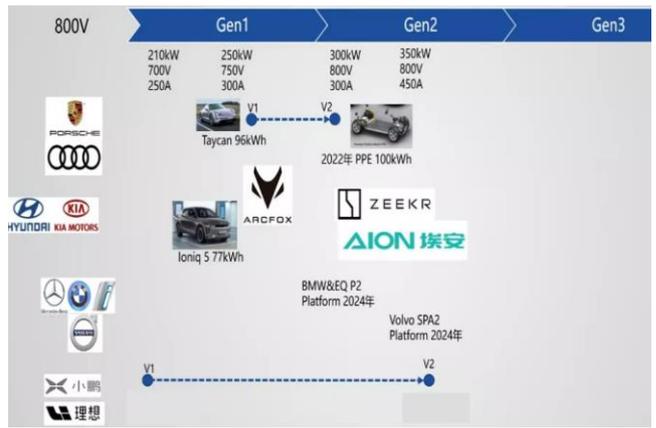
根据 CASA Research 数据，2019 年全球/中国新能源汽车 SiC、GaN 功率市场规模分别为 14.5、5.9 亿元，随着新能源汽车渗透率提升，预计至 2025 年分别增加至 100.2、45.9 亿元，CAGR 分别为 38.0%和 30.6%。

图表 11: 新能源汽车 SiC、GaN 功率市场规模



资料来源: Mouser, Digi-Key, CASA Research, 东方财富证券研究所

图表 12: 新能源汽车 SiC、GaN 功率市场规模

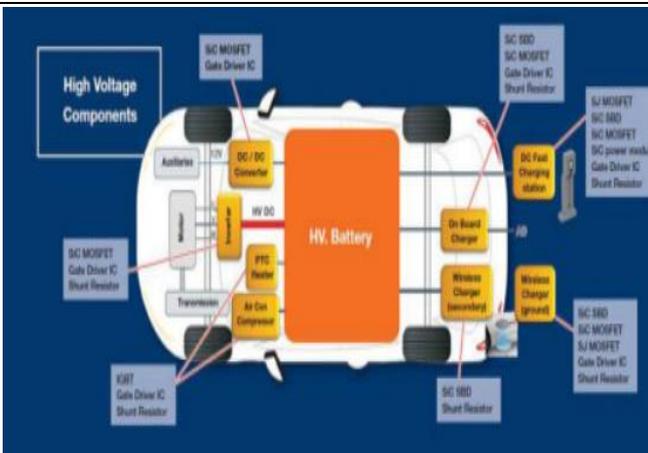


资料来源: 车市物语《800V高压平台,能治好补能焦虑?》, 东方财富证券研究所

补能焦虑——新能源汽车阿喀琉斯之踵, 800V 高压平台技术逐渐冒尖。补能焦虑是新能源汽车绕不开的话题之一, 过去各大车企通过增加续航里程, 降低用户补能频次缓解这一问题, 但提升充电效率、缩短单次补能时间才是这一痛点的治本之法, 因此车企将希望寄托在把电压平台提升至 800V 甚至更高的水平, 从而达到 300-500kW 的充电效率, 实现快速补能。目前 800V 快充电压设计下, 车企电流设计开始从 350A 向 500-600A 更大电流设计。且 800V 高压模式能够支持更长时间的快充, 根据华为研究, 采用 800V 高压模式的快充支持 30%-80%SOC 最大功率充电, 而低压大电流模式只能在 10%-20%SOC 进行最大功率充电。

促进 SiC 器件替代 Si IGBT。SiC 器件的耐高温、易散热、低损耗等特性恰好满足了 800V 高压平台的需求, 新能源汽车系统架构中使用 SiC 器件的主要有电机驱动器、车载充电器 (OBC) /非车载充电桩和电源转换系统 (车载 DC/DC)。根据车市物语公众号, 特斯拉在采用 SiC 器件的纯电动汽车中占比最高, 2018 年特斯拉在 Model 3 中首次将 Si IGBT 换成了 SiC 模块, SiC 模块封装尺寸明显小于 Si 模块, 且开关损耗降低了 75%, 系统效率提高了 5%。中国造车新势力也开始采用 SiC 模块, 2021 年 8 月比亚迪汉第 10 万辆新车电机控制器首次使用了其自主研发的 SiC 模块, 11 月小鹏汽车发布 G9, 基于 800V 高压 SiC 平台 G9 将实现超充 5 分钟, 补能超过 200km 的能力, 电驱系统最高效率也达到了 95% 以上, 并将铺设中国首批量产的 480kW 高压超充电桩。

图表 13: 使用 SiC 器件的新能源汽车系统



资料来源: 盖世汽车资讯, 东方财富证券研究所

图表 14: Model 3 使用 SiC 模块



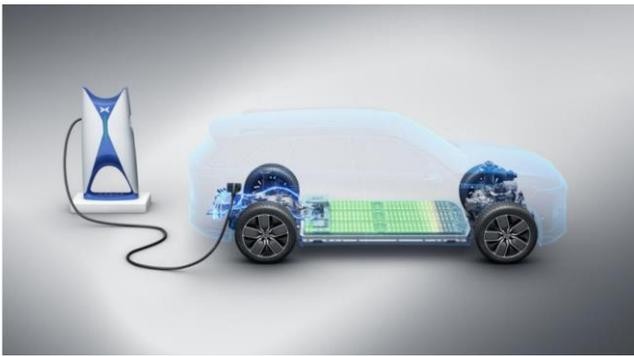
资料来源: 半导体行业观察公众号, 东方财富证券研究所

SiC 器件有助于降低电池成本, 并简化了散热器。SiC 器件的能源利用效率比

较高，能够节约新能源汽车电池成本，根据 Wolfspeed 公司预测，SiC 逆变器能够提高 5%-10% 的续航，节约了 400-800 美元的电池成本 (80kWh 电池、102 美元/kWh)，基本抵消 SiC 器件新增成本。根据《碳化硅功率器件与新能源汽车》报告，SiC 器件的能量损耗低于 Si 器件，因此发热量也低于 Si 器件，同时 Si 器件具有优异的高温稳定性，SiC 器件配套的散热器体积大大减少，满足了汽车轻量化的需求，并节约了部分散热器的成本。

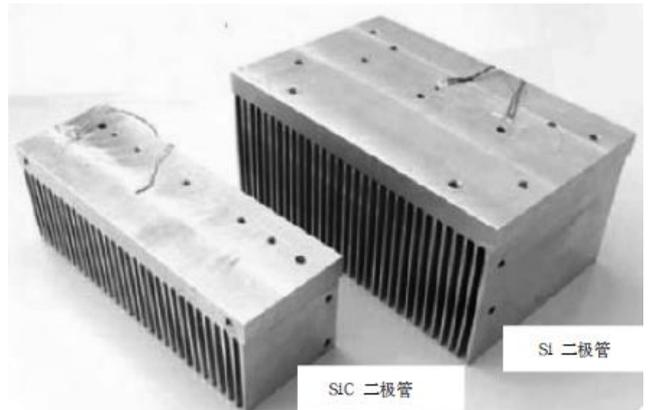
综合来看，虽然 SiC 器件成本高于 Si 器件，但由于对电池和散热器等具有明显降本作用，使用 SiC 新能源汽车系统成本或与使用 Si 器件趋于一致。

图表 15：小鹏 800V 高压 SiC 平台+480kW 高压超充



资料来源：小鹏汽车官网，东方财富证券研究所

图表 16：SiC 器件和 Si 器件需要的散热器对比

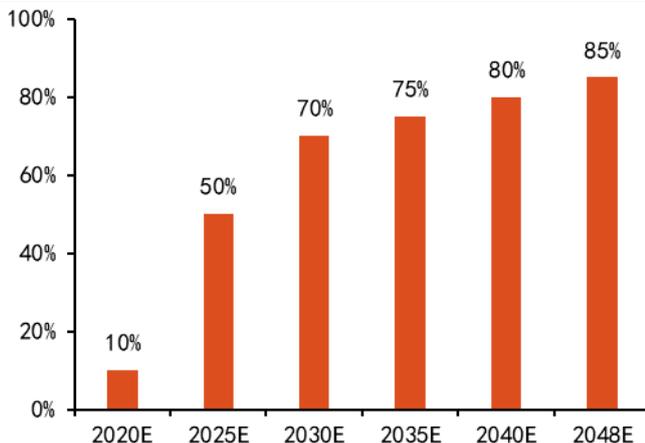


资料来源：《碳化硅功率器件与新能源汽车》，东方财富证券研究所

2.1.2. 光伏储能：SiC 助力能源高效转换

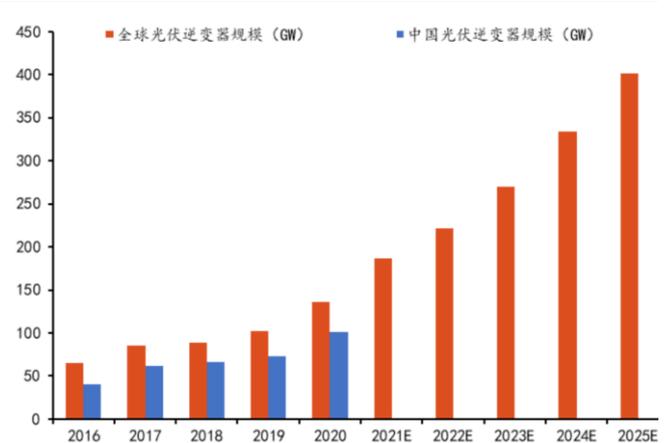
SiC 器件在光伏储能领域起着至关重要的作用。“碳达峰、碳中和”的政策与规划密集推出，SiC 器件在光伏储能等领域起着至关重要的作用。根据天科合达招股说明书，使用 SiC MOS 或 Si MOS 与 SiC SBD 结合的功率模块的光伏逆变器，转换效率可以从 96% 提升至 99%，能效损耗降低 50% 以上，设备循环寿命提升 50 倍，从而缩小系统体积、增加功率密度、延长使用寿命。高效、高功率密度、高可靠、低成本是未来光伏逆变器的未来发展趋势，在组串式和集成式光伏逆变器中，SiC 器件预计会逐步替代 Si 器件，根据 CASA 数据预计至 2025 年光伏逆变器中 SiC 器件占比将提升至 50%。

图表 17：光伏逆变器中 SiC 器件占比预测



资料来源：天科合达招股说明书，东方财富证券研究所

图表 18：全球、中国光伏逆变器规模



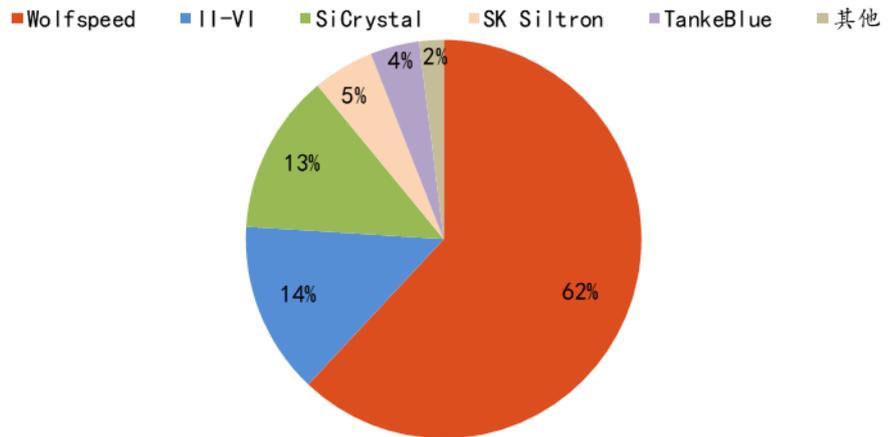
资料来源：HISMarkit，中商产业研究院，搜狐，华商情报网，CIPA，智研资讯，东方财富证券研究所

2.2. 供给：产能不足，产能扩张+衬底尺寸扩大满足供需缺口

晶圆端：SiC 晶圆制造难度较大，全球 SiC 晶圆供不应求。受限于 SiC 晶体生长速度慢、过程难以调控、生长多型、切割难度大等问题，SiC 衬底产能一直处于较低水平，制约了 SiC 器件产能。目前全球 SiC 晶圆年产能为 40-60 万片，特斯拉 Model 3 主逆变器需要 24 个电源模块，每个电源模块基于两个 SiC MOS 裸片，相当于平均 2 辆特斯拉电动车需要消耗一片 6 吋 SiC 晶圆，特斯拉 2020 年销量为 50 万辆，公司预计 2021 年销量增幅将超过 50%，因此我们估计特斯拉基本消耗了大部分 SiC 晶圆，SiC 晶圆现供不应求。

SiC 晶圆片产业格局中，美国企业占比较高。根据天科合达招股书援引 Yole 数据，以导电型晶圆片为例，2020 年美国 SiC 晶圆片产量占比达 70%以上，其中 Wolfspeed 占比达到 62%，剩余份额主要由日本和欧洲企业占据，我们认为中国 SiC 晶圆占比不高，主因美日欧等国较早布局 SiC 晶圆片，1955 年菲力普实验室的 Lely 首次在实验室成功制备 SiC 单晶，随后 60 余年中各发达国家不断投入研发 SiC 晶圆，而中国对 SiC 晶圆的研究从 20 世纪 90 年代末开始起步，略晚于发达国家。

图表 19：2020 年全球导电型 SiC 晶圆厂商市占率

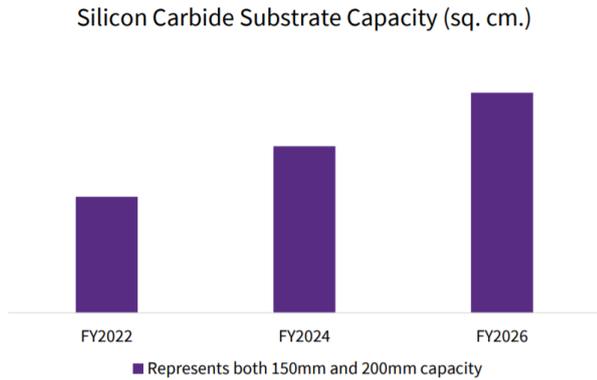


资料来源：Wolfspeed, Yole, 东方财富证券研究所

注：SiCrystal 为 Rohm 子公司

各国纷纷扩大产能规划，弥补供需缺口。各大 SiC 衬底公司纷纷加码扩大产能，目前 Wolfspeed SiC 年产能为 16.7 平方英寸，公司预计至 2024 年产能将扩大至 24.2 平方英寸。II-VI 预计将投资 2000 万美元进行化合物半导体扩张，其中大部分用于 SiC 扩产，Rohm 目前在 SiC 衬底市占率为 13%，公司力争在 SiC 市场份额达到 30%。

图表 20: Wolfspeed SiC 晶圆产能情况



资料来源: Wolfspeed, 东方财富证券研究所

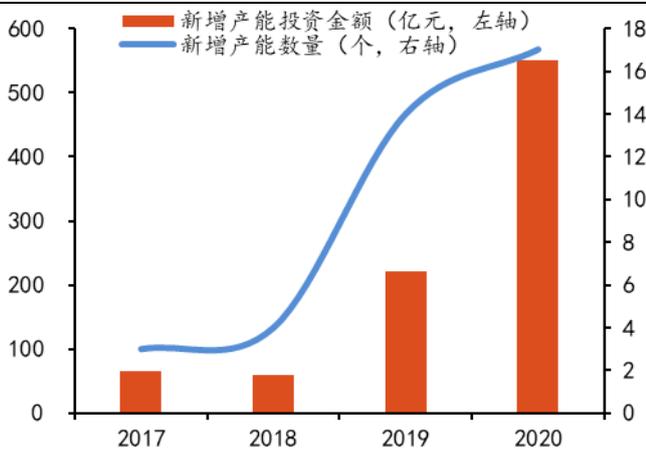
图表 21: Rohm 公司整体计划示意图



资料来源: Rohm官网, 东方财富证券研究所

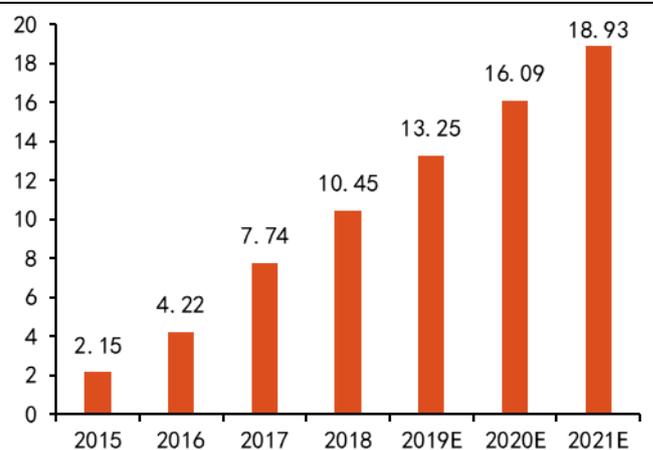
政策市场驱动下, 中国企业衬底产能也在不断扩大, 缩小与国外差距。国家出台多项政策引导和扶持宽禁带半导体产业, 2020 年国务院发布《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策的通知》, 2021 年 3 月十三届全国人大四次会议通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》, 提出要大力发展碳化硅、氮化镓等宽禁带半导体产业。叠加市场景气度向上, 中国 SiC 产业投资力度不断加大, 2020 年中国 SiC 新增产能投资金额达到 550 亿元, 新增产能数量为 17 个, 较 2019 年有明显增加, 根据第三代半导体风向公众号和上市公司公告信息统计, 2021 年 SiC 产业新增投资金额将达到 735 亿元, 新增产能数量为 32 个, 较 2020 年呈现爆发式增长。根据中商情报网数据显示, 2018 年中国 SiC 晶圆产量为 10.45 万片, 预计至 2021 年产量将增加至 18.93 万片, 我们预计随着新增产能逐步投产, SiC 晶圆产量将稳步增加。

图表 22: 中国 SiC 新增产能投资金额和数量情况



资料来源: CASA Research, 东方财富证券研究所

图表 23: 中国 SiC 晶圆产量



资料来源: 中商情报网, 东方财富证券研究所

图表 24：2021 年国内主要 SiC 半导体投资扩产情况

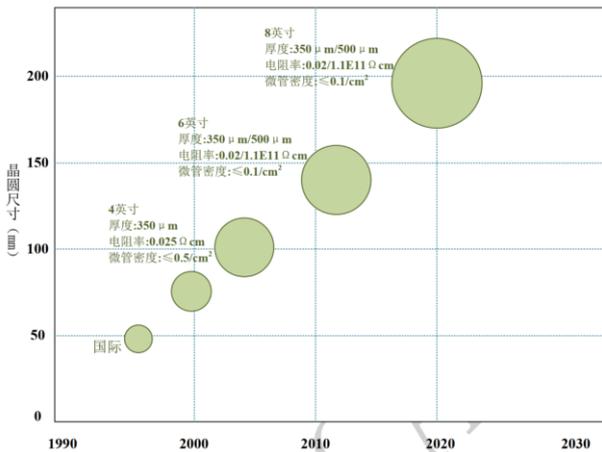
企业	投资金额 (亿元)	规划年产能	建成时间
SiC 衬底:			
微芯长江	13.5	5 万片 (4 吋), 10 万片 (6 吋)	2021 年 11 月
英唐智控	18.1	72 万片 (6 吋)	2023 年 10 月
亚迪半导	7.36	24 万片 (6 吋)	2026 年
晶盛机电	33.6	40 万片 (6 吋及以上)	2026 年
天科合达	1.5	25 万片 3 万片	2024 年 2021 年 9 月
天心怀玉	14		2022 年
东旭集团	120		
天岳先进	25		2026 年
同光科技	9.5	10 万片 (4-6 吋)	2021 年 9 月
泰科天润	5	6 万片 (6 吋)	2021 年 9 月
世纪金光	35	22 万片 (6-8 吋)	
同光晶体	10	10 万片 (4-6 吋)	2021 年 8 月
国宏中宇	7	10 万片	
天达晶阳	7.3	一期 2.8 万片 (4-6 吋), 二期 9.2 万片 (6-8 吋)	2021 年 6 月一期投产
东尼电子	4.69	12 万片	2024 年
晶格领域	7.5	10 万片 (4-8 吋)	
优晶科技		10 万片 (6 吋)	2021 年底
中科钢研	11	5.5 万片 (4 吋)	2021 年 6 月
亮晶新材料	20	8 万片	
SiC 外延:			
志橙半导体	3.33	7.5 万片	2023 年 5 月
巨一科技	6.74		2024 年
普兴电子	6	6 万片	
露笑科技	21	24 万片 6 吋衬底, 5 万片外延	2021 年 11 月
SiC 器件/模块:			
斯达半导	5	6 万片 (6 吋)	2024 年
新洁能	7.32		2023 年
民德电子	5	3.6 万片 (6 吋)	2025 年
基本半导体	3.5	200 万只	2023 年 4 月
富能半导体	60	一期 1 万片 MOSFET (6 吋), 36 万片 (6 吋) 功率器件	2021 年 1 月
亿马半导体	2	30 万个模块, 10 万套电源板	2021 年 5 月
三安光电	160	36 万片 (6 吋衬底)	2021 年 6 月
爱思威	105.1	35 万片 (6 吋) 衬底, 27.6 万片功率器件	

资料来源：第三代半导体风向公众号，公司公告，东方财富证券研究所

全球 SiC 衬底从 6 吋向 8 吋演变。全球 SiC 晶圆处在从 6 吋向 8 吋迁移的缓慢过程中，目前 6 吋 SiC 衬底已经实现商业化，主流厂商均推出 8 吋衬底样品。Wolfspeed、II-VI、英飞凌、Rohm、Soitec、意法半导体等国际龙头已经投资建设 8 吋 SiC 晶圆生产线，其中 Wolfspeed 预计在 2024 年开始量产，意法半导体子公司 Norstel 已经成功交付首个 8 吋 SiC 晶圆，Soitec 也在 2021 年中宣布建设新工厂生产 8 吋 SiC 产品。

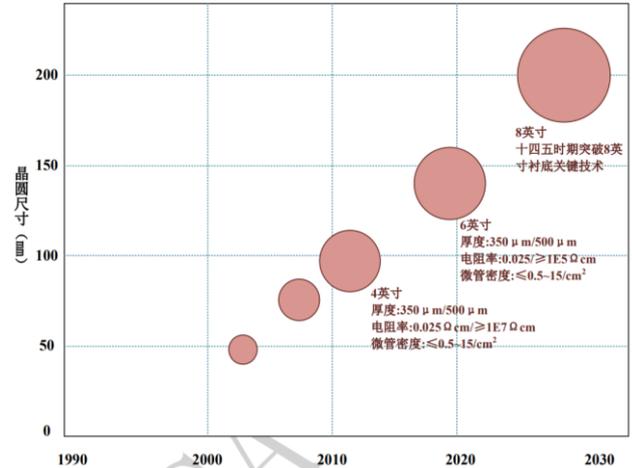
中国衬底从 4 吋逐步向 6 吋演进。目前中国 SiC 商业化衬底以 4 吋为主，正在逐步向 6 吋过渡，山东天岳已经完成 6 吋半绝缘和导电型 SiC 衬底制备技术的开发，天科合达也成功研制了 6 吋产品，并逐渐形成规模化供货能力。衬底尺寸扩大，单片晶圆能够生产的芯片数量增加，我们认为 SiC 衬底的扩大有助于缓解供不应求的情况。

图表 25: 国外 SiC 衬底技术进展



资料来源: CASA Research, 东方财富证券研究所

图表 26: 中国 SiC 衬底技术进展

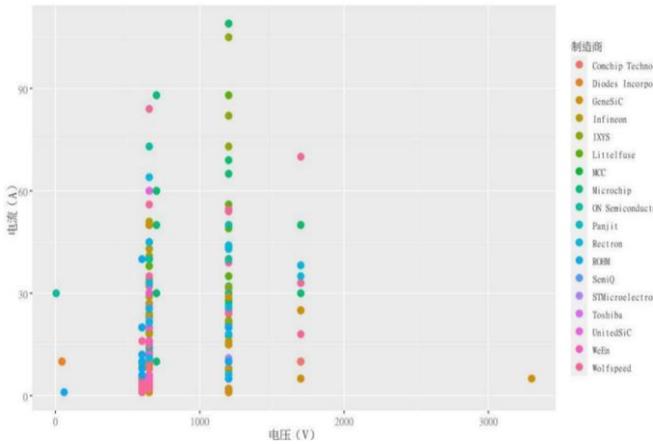


资料来源: CASA Research, 东方财富证券研究所

6 吋外延产品占据主流地位。全球 SiC 外延方面 6 吋产品实现商业化，已经研制出 8 吋产品，满足中低压、高压和超高压功率器件制备要求。在外延方面，国内已经实现 4-6 吋产品商业化供给，瀚天天成和东莞天域深耕外延细分赛道，满足国内市场需求的同时，还有部分外销能力。

器件端来看，全球新产品聚焦大电压、电流。根据 CASA Research 数据，2020 年全球超过 20 家公司量产 SiC 二极管，产品击穿电压主要分布在 600V-3300V，电流覆盖 2A-100A，根据 Mouser 数据显示，2020 年 SiC SBD 产品在售产品有 800 款，较 2019 年增加了 122 款，其中中高压产品逐渐增多。SiC 晶体管量产产品击穿电压主要分布在 650V-1700V，导通电流超过 100A，2020 年全球共有 10 余家公司推出 211 款 SiC MOS，较 2019 年增加了 70 款，商业化产品中导通电流最高达到 140A，较 2019 年 (120A) 有所提升，最高击穿电压达到 6500V。

图表 27: 全球商业化 SiC SBD 器件性能



资料来源: Mouser, CASA Research, 东方财富证券研究所

图表 28: 全球新推出的 SiC MOS 产品

序号	厂商	参数	特点
1	ROHM	1200V	第四代产品; 双沟槽结构; 与上一代产品相比, 开关损耗降低了约 50%, 单位面积的导通电阻降低了约 40%。
2	Cree Wolfspeed	650V/15mΩ 650V/15mΩ	第三代产品; 与同类 SiC MOSFET 相比, 其开关损耗降低了 20%, 并提供了最低的导通态电阻。
3	Infineon	1700V	SMD 封装; 最高输入电压为 1000V DC。
4	UnitedSiC	750V/18mΩ 750V/60mΩ	第四代产品; 市面上首款 750V SiC MOSFET 产品。
5	GeneSiC	6.5kV	量产 6.5kV SiC MOSFET; 最高电压等级产品; 采用 SiC 双注入 MOSFET 器件结构。

资料来源: CASA Research, 智研资讯, 东方财富证券研究所

中国二极管已商业化, SiC MOS 尚处于应用推广阶段。根据 CASA Research 数据, 中国 SiC 二极管电压等级覆盖 650V-1700V, 电流等级达到 50A, 已经具备批量供货能力。国内 SiC MOS 电压覆盖了 650V、1200V 和 1700V, 产品已小批量生产, 尚处于推广阶段。

图表 29: 国内新推出的 SiC MOS 产品

序号	厂商	参数	特点
1	三安集成	1200V/80mΩ	工业级产品; 应用于可再生能源、电动汽车、开关电源等领域。
2	斯达半导	1700V/ 7.5mΩ (25°C) 16 mΩ (150°C)	提供了更低的导通态电阻; 应用于电动汽车主辅交流传动、直流伺服和机器人驱动、电动汽车、等离子切割等领域。
3	时代电气	650-3300V	第一代应用于铁路船舶运输、智能电网等高压领域, 第二代应用于新能源汽车、不间断电源、风电、光伏逆变等领域。
4	瞻芯电子	1200V/80mΩ	国内流片; 工业级产品。
5	晟芯半导体	1200V/70mΩ	工业级产品。
6	派恩杰	1200V	工业级产品。
7	基本半导体	1200V/18mΩ	单芯片电流超过 100A, 用于工业电源。

资料来源: CASA Research, 公司官网, 东方财富证券研究所

综上所述, SiC 市场目前处于成长期, 且仍旧由美日欧企业主导, 各家巨头通过长协订单等方式锁定产能, 多维度抢占 SiC 市场。根据 Yole, SiC 模块供应链厂商主要通过四个维度进军新能源汽车市场, 巩固自身市场地位:

1) SiC 模组厂商与 Tier 1 厂商合作: 以罗姆为代表, 2020 年 6 月, 罗姆与大陆集团动力总成事业群纬湃科技达成合作协议, 共同开发 SiC 动力解决方案, 纬湃科技将首选合作伙伴罗姆提供的 SiC 功率器件, 提升电动汽车功率电子效率。

2) 领先功率器件及模块厂商合作: 在全球 Si 功率器件领先的英飞凌、安森美、ST 意法半导体等厂商在 SiC 材料功率器件同样具备优势。

3) 衬底厂商垂直整合: 以 II-VI 为代表, 通过收购 SiC 器件厂商, 及 GE 的 SiC IP 授权, 垂直整合 SiC 业务。

4) 电动汽车 OEM 厂商同时也是 Tier 1: 例如比亚迪, 不仅是整车厂, 比亚迪半导体具备自主研发 SiC 模块能力。

图表 29: SiC 模块供应链厂商通过四个维度进军新能源汽车

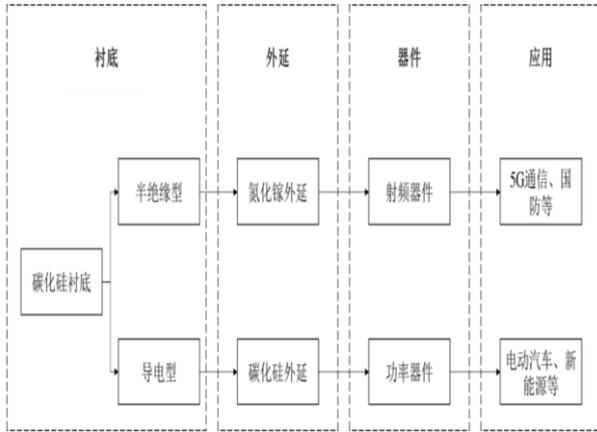


资料来源: Yole 公众号, 东方财富证券研究所

3. 技术提高 SiC 行业门槛

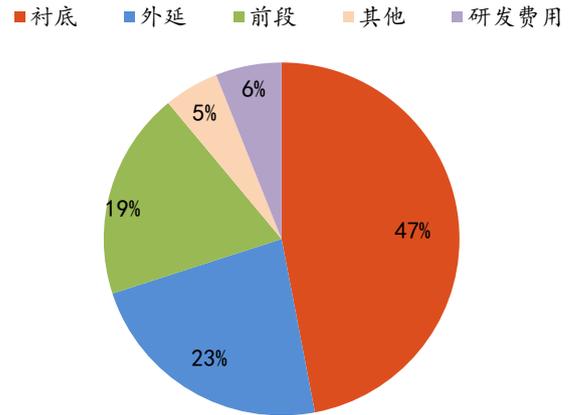
SiC 产业链可以分为衬底材料制备、外延生长、器件制造和应用, 衬底是所有半导体芯片的底层材料, 起物理支撑、导热、导电等作用; 外延是在衬底材料上生长出新的半导体晶层, 是制造半导体芯片的重要原料, 影响元件的基本性能; 器件由芯片、材料等封装而成, 企业设计和制造晶圆形成芯片, 并配合电路、封装形成器件。SiC 衬底成本在 SiC 器件制造成本中占比较高, 根据前瞻产业研究和 CASA Research, SiC 衬底、外延成本占 SiC 器件制造成本的 47%, 是 SiC 产业链中重要的构成。

图表 30: SiC 产业链图



资料来源：山东天岳招股说明书，东方财富证券研究所

图表 31: SiC 器件的成本构成



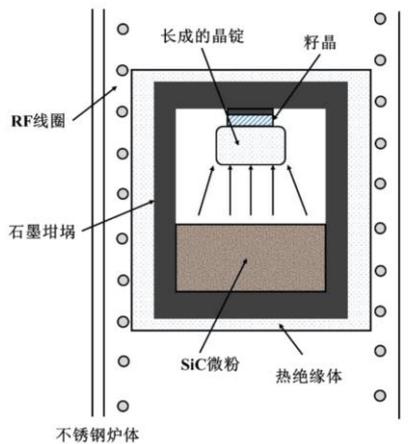
资料来源：前瞻经济学人，CASA Research，东方财富证券研究所

3.1. 衬底：PVT 为主流晶体生长法，制造仍存难点

SiC 衬底分为半绝缘型和导电型，其中半绝缘型 SiC 衬底主要通过生长 GaN 外延层制作射频器件，导电型 SiC 衬底主要应用于制造功率器件。目前 SiC 晶体生长包括物理气相传输法 (PVT)、高温 CVD 法 (HT-CVD)、液相法三种，综合生长条件控制、生长效率和缺陷控制等因素，物理气相传输法是技术成熟度最高、应用最广泛的方法。

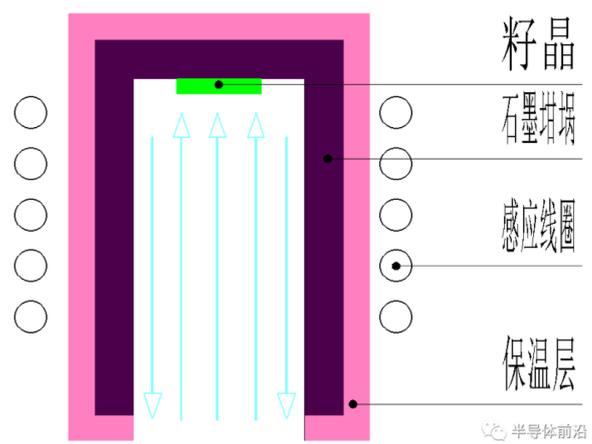
PVT: 主要包含 SiC 源的升华、升华物质的运输、表面反应和结晶等三个步骤，首先在准密闭的坩埚系统采用感应或电阻加热，将作为生长源的固态混合物置于温度较高的坩埚底部，籽晶固定在温度较低的坩埚顶部。在低压高温下，生长源升华且分解产生气态物质，生长源与籽晶之间存在温度梯度，因而会形成的压力梯度，这些气态物质会由此被运输到低温的籽晶位置，形成过饱和，籽晶开始长大。

图表 32: PVT 热场法结构图



资料来源：天科合达招股书，东方财富证券研究所

图表 33: HT-CVD 法示意图

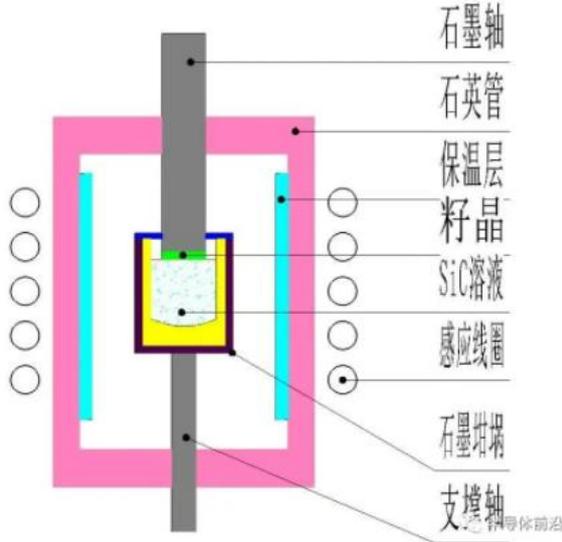


资料来源：宽禁带半导体技术创新联盟公众号，东方财富证券研究所

HT-CVD: SiC 晶锭生长在一个垂直结构的石墨坩埚中进行，其中前气体由下向上运输，经过一段加热区后到达放置在顶端的籽晶夹具处，前体气体采用经过稀释的 SiH_4 和 C_2H_4 、 C_3H_6 这样的碳氢化合物。在加热区域内部前体气体完全分解并发生着数种反应，由于气相中的高度过饱和，结果就是通过均匀相成核形成 Si 和 SiC 的团簇，这些团簇充当了在籽晶上生长 SiC 晶锭过程中实际上的源。

液相法：一个石墨坩埚中充满 Si 基熔体，籽晶放置在与熔体表面接触处，籽晶的温度略低于熔体的温度，以此提供生长的驱动力。液相法可生长没有螺旋位错、边缘位错和几乎无堆垛位错的 SiC 单晶，有助于生产大尺寸的晶体，但难点在于在大气压下，并不存在化学计量比的液相 SiC，并且即使在 2800°C 的高温下，Si 熔体中 C 的溶解度仅有 19%，在这样高的温度下，由于 Si 很高的蒸汽压，Si 的蒸发会很显著，使得晶体持续生长几乎不可能，此外 Si 熔体/气体会与热场的石墨材料发生显著反应，也成为长时间生长的另外一个挑战。

图表 34：液相法结构图



资料来源：宽禁带半导体技术创新联盟公众号，东方财富证券研究所

图表 35：SiC 生长方法优缺点比较

生产方法	优点	缺点
物理气相传输 (PVT)	1. 设备成本低，结构简单 2. 技术成熟，主流晶体生长方法 3. 耗材成本低	1. 生长速率慢 2. 缺陷较难控制 3. 可监控生长参数较少
高温化学气相沉积 (HTCVD)	1. 缺陷少 2. 纯度高 3. 掺杂方便	1. 设备昂贵 2. 反应缓慢 3. 耗材、原料成本高 4. 设备稳定性低 5. 可监控生长参数较少
顶部籽晶溶液生长法 (TSSG)	1. 生长成本少 2. 缺陷密度低 3. 比较适合 P 型晶体生长	1. 生长缓慢 2. 对材料要求高 3. 金属杂质难以控制 4. 设备稳定性低 5. 生长晶体尺寸小

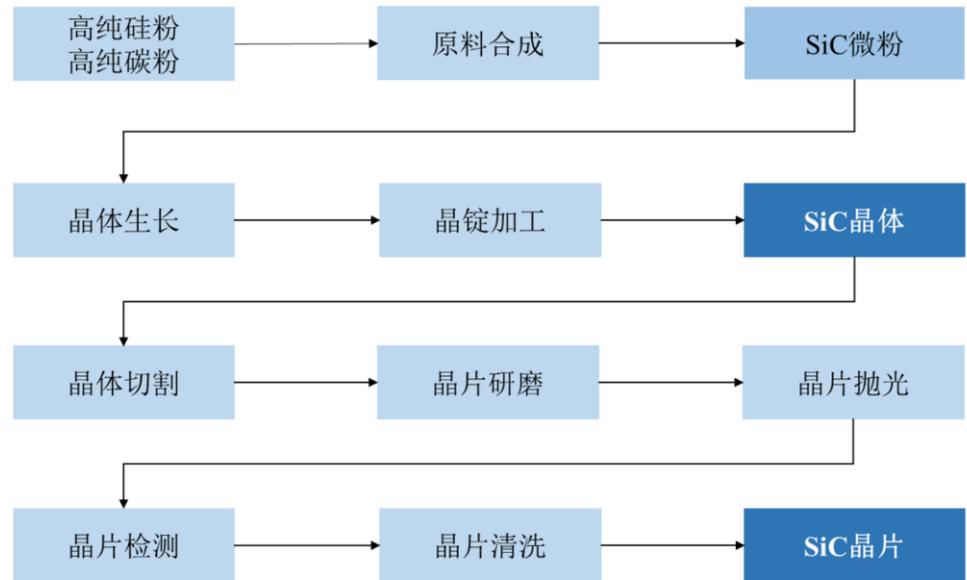
资料来源：宽禁带半导体技术创新联盟公众号，东方财富证券研究所

1) 生长环境苛刻，黑匣子操作难以控制。 SiC 晶体需要在 2000°C 以上的高温环境生长，且在生长过程中需要控制生长温度梯度和气流压力、硅碳比、晶体生长速率等参数，难度较大。此外 SiC 存在 200 多种晶型，其中只有六方结构 4H-SiC 等少数集中晶体结构的单晶型 SiC 是所需的半导体材料，但黑箱操作使得生长过程难以观测，使得长晶难度较大。

2) 生长速度慢，晶体尺寸扩大难。 PVT 法下 SiC 晶锭 7 天才能生长 2cm，而 Si 晶锭拉进 2-3 天即可生长约 2cm，且晶体生长的扩径技术难度极大，随着晶体尺寸的扩大，其生长难度工艺呈几何级增长。

3) SiC 存在加工困难、制造效率低、制造成本高等问题。 SiC 硬度与金刚石接近，切割、研磨、抛光技术难度大，工艺水平的提高需要长期的研发积累。SiC 莫氏硬度在 9.2~9.6，化学稳定性高，目前切割方法主要有砂轮划片、激光全划、激光半划、激光隐形划切、水导激光划切等，切割直接影响衬底产能，也是较为重要的一个步骤。

图表 36: SiC 晶片工艺流程



资料来源：天科合达招股书，东方财富证券研究所

3.2. 器件：设备、工艺出现挑战

与 Si 相较，SiC 耐高温，因此在 SiC 器件加工过程中工艺与设备与 Si 器件加工所需有所不同，具体体现为：

1) 掺杂工艺有要求，需要高温离子注入机。掺杂步骤中，传统硅基材料可以用扩散的方式完成掺杂，但由于碳化硅扩散温度远高于硅，无法使用扩散工艺，只能采用高温离子注入的方式。

2) 需要量产型高温退火炉。高温离子注入后，材料原本的晶格结构被破坏，需要用高温退火工艺进行修复。碳化硅退火温度高达 1600°C，这对设备和工艺控制都带来了极大的挑战。

3) 欧姆接触的制作有难度。欧姆接触是器件电极引出十分重要的一项工艺，在 SiC 晶片上制造金属电极，要求接触电阻低于 10-5Ωcm²，电极材料用 Ni 和 Al 可以达到，但在 100°C 以上时热稳定性较差。采用 Al/Ni/W/Au 复合电极可以把热稳定性提高到 600°C、100h，不过其接触比电阻高达 10-3Ωcm²。所以要形成好的碳化硅的欧姆接触比较难。

4) 配套材料需要耐高温。碳化硅器件工作温度可达 600°C 以上，组成模块的其他材料，如绝缘材料、焊料、电极材料、外壳等也无法与硅基器件通用。

5) 器件的引出电极材料也需要同时保证耐高温和低接触电阻，大部分材料难以同时满足两条要求。

4. 相关公司

SiC 作为功率方向冉冉升起的新星，众多公司布局该细分赛道，三安光电覆盖全产业链，天岳先进、晶盛机电、露笑科技、东尼电子布局衬底行业，凤凰光学、瀚天天成、东莞天域深耕外延片，时代电气、斯达半导、士兰微和华润微制造器件，建议积极关注。

图表 37：行业重点关注公司

代码	简称	总市值 (亿元)	EPS			PE(倍)			股价 (元)	评级
			2020	2021E	2022E	2020	2021E	2022E		
600703.SH	三安光电	1565	0.24	0.48	0.69	145.58	73.10	50.28	34.94	未评级
300316.SZ	晶盛机电	909	0.67	1.22	1.71	105.57	57.90	41.25	70.73	未评级
002617.SZ	露笑科技	247	0.09	0.20	0.28	171.11	77.00	55.00	15.4	未评级
688187.SH	时代电气	1093	1.75	1.45	1.50	44.09	53.21	51.44	77.16	买入
603290.SH	斯达半导	691	1.06	2.08	2.94	382.08	194.71	137.76	405	增持
600460.SH	士兰微	805	0.05	0.74	0.93	1136.60	77.21	61.06	56.83	未评级
688396.SH	华润微	852	0.84	1.70	1.96	77.19	37.99	33.01	64.55	未评级

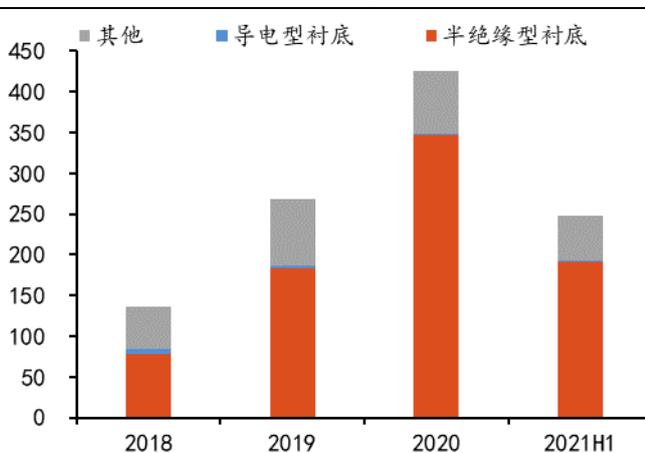
资料来源：Choice，东方财富证券研究所

注：天岳先进、瀚天天成、东莞天域未上市，露笑科技、凤凰光学无 choice 一致预期，除时代半导外其余 EPS 均为 choice 一致预期

4.1. 天岳先进（已过会）

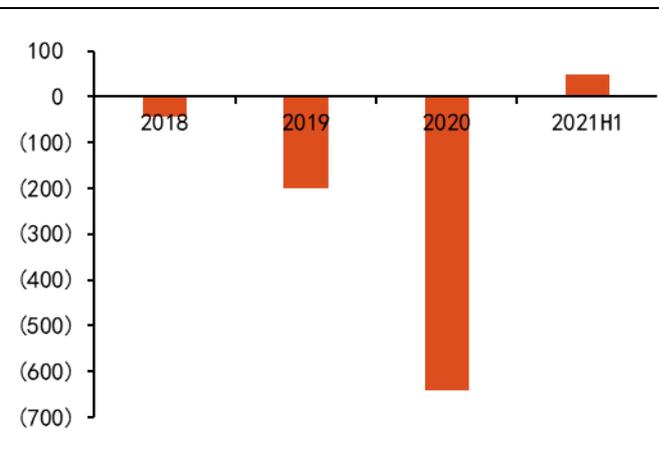
公司主营业务为宽禁带半导体衬底材料的研发、生产与销售，产品包括 4、6 吋半绝缘型 SiC 衬底和 6 吋导电型 SiC 衬底，根据 Yole 数据，2020 年已跻身全球半绝缘型 SiC 衬底第三名。2017-2019 年公司营业收入从 1.4 亿元增加至 4.2 亿元，其中半绝缘型衬底为主要收入来源，2018-2020 年占比从 57.2% 提升至 81.6%，SiC 衬底产量从 1.1 万片增加至 4.8 万片，CAGR 为 53.6%。

图表 38：2018-2021H1 收入情况



资料来源：Choice，东方财富证券研究所

图表 39：2018-2021H1 归母净利润

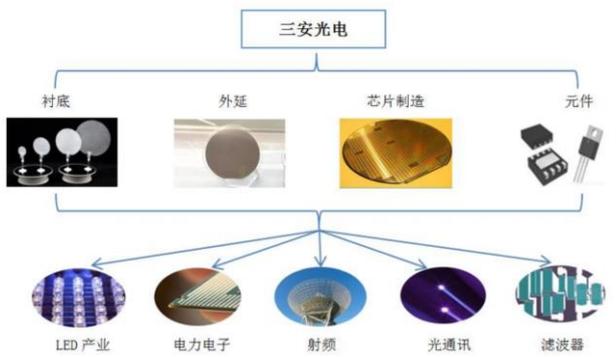


资料来源：Choice，东方财富证券研究所

4.2. 三安光电 (600703. SH)

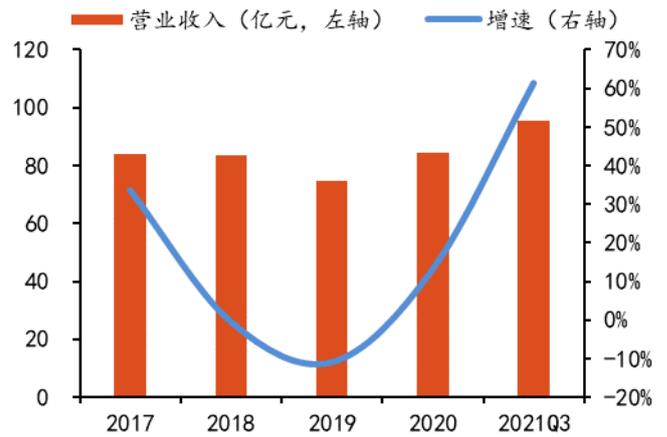
公司主要从事化合物半导体材料与器件的研发与应用，以砷化物、氮化物、磷化物及碳化硅等化合物半导体新材料所涉及的外延片、芯片为核心主业。2020年6月公司拟在长沙设立子公司投资建设第三代半导体产业园项目，包括长晶—衬底制作—外延生长—芯片制备—封装产业链，投资总额160亿元，一期、二期、三期产能分别在公告后24个月、48个月实现投产，8月子公司湖南三安拟以3.8亿元收购北电新材100%股权，北电新材主营业务为SiC晶体生长、衬底制造，本次收购或产生协同效应。

图表 40：三安光电产业布局图



资料来源：三安光电2021H1财报，东方财富证券研究所

图表 41：三安光电收入及增速情况



资料来源：Choice，东方财富证券研究所

4.3. 晶盛机电 (300316. SZ)

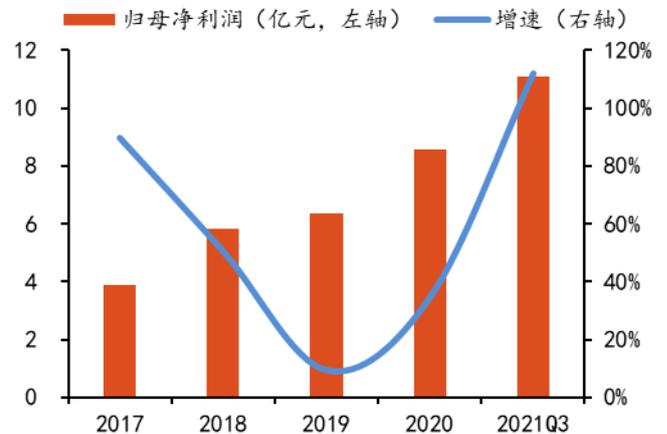
公司围绕Si、SiC和蓝宝石三大主要半导体材料开发出一系列关键设备，并适度延伸到材料领域，目前公司SiC设备主要有长晶设备和外延设备，SiC外延设备已通过客户验证，同时在6英寸碳化硅晶体生长、切片、抛光环节已规划建立测试线。2021H1公司收入为22.9亿元，同比增加55.6%，其中晶体生长设备、智能化加工设备收入分别为11.7和4.1亿元，同比分别增加14.6%、101.7%。

图表 42：晶盛机电收入及增速



资料来源：Choice，东方财富证券研究所

图表 43：晶盛机电归母净利润及增速情况

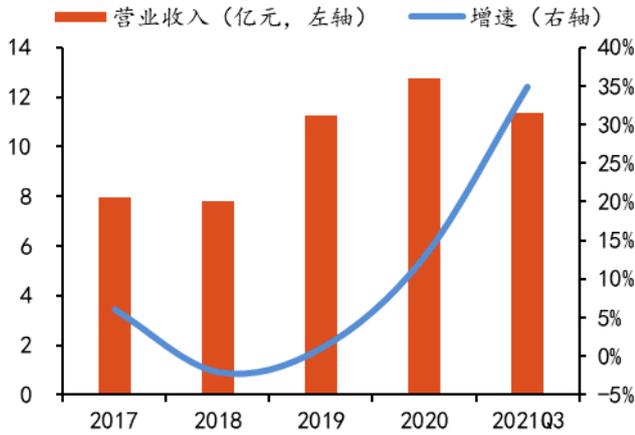


资料来源：Choice，东方财富证券研究所

4.4. 凤凰光学 (600071. SH)

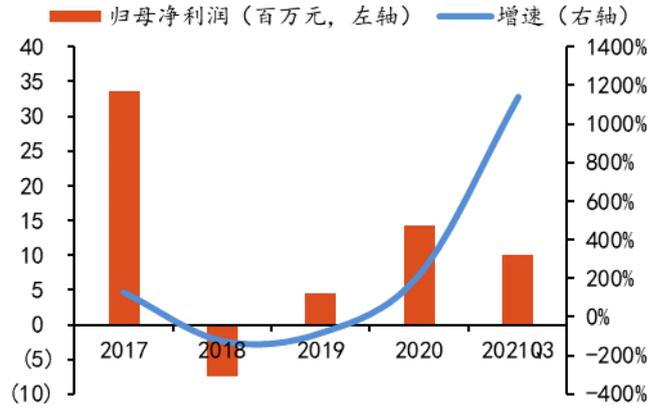
公司拟收购购买国盛电子和普兴电子 100%股权，国盛电子和普兴电子均从事半导体外延材料的研发、生产与销售，国盛电子 2019-2020 年外延片产品收入分别为 7.2、6.4 亿元，普兴电子同期外延片产品收入为 6.6、5.7 亿元，其中普兴电子覆盖了 4-6 吋 SiC 外延材料。

图表 44: 凤凰光学收入及增速



资料来源: Choice, 东方财富证券研究所

图表 45: 凤凰光学归母净利润及增速情况



资料来源: Choice, 东方财富证券研究所

4.5. 时代电气 (688187. SH)

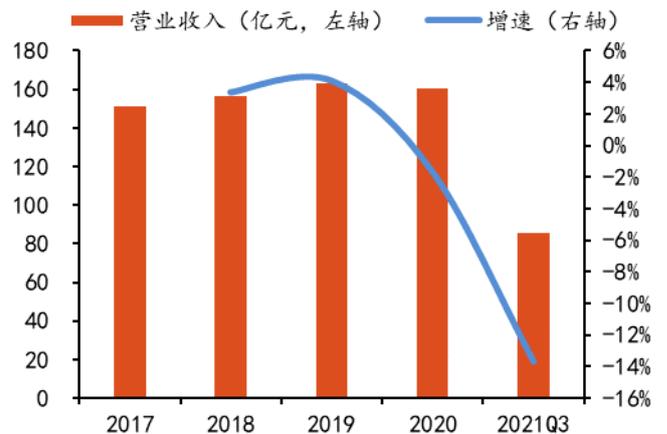
公司 2020 年和 2021Q3 增速下降，主因受疫情影响，中国铁轨等客流量减少，公司轨交器件订单承压。公司是全球为数不多的同时掌握 IGBT、SiC、大功率晶闸管及 IGCT 器件及其组件技术，且集器件开发、生产与应用于一体的 IDM 模式企业，目前公司 SiC 产品电压登记覆盖 650V、1200V、1700V。

图表 46: 时代电气 SiC 产品



资料来源: 时代电气官网, 东方财富证券研究所

图表 47: 时代电气收入及增速情况



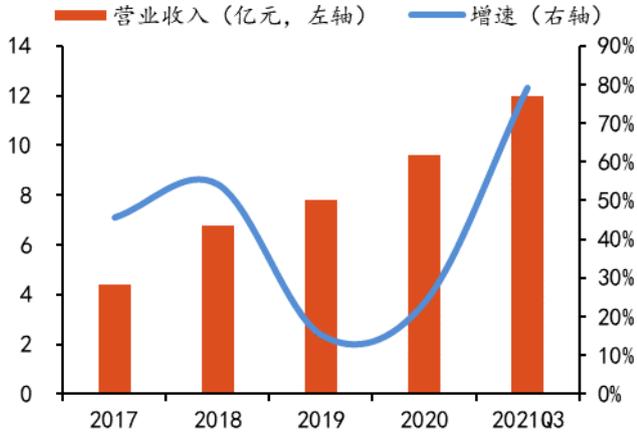
资料来源: Choice, 东方财富证券研究所

4.6. 斯达半导 (603290. SH)

公司业务涵盖了 IGBT、快恢复二极管等功率芯片和 IGBT、MOSFET、SiC 等功率模块的设计、工艺开发、产品测试、产品应用等。2021H1 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 SiC 模块得到进一步的推广应用。在新能源汽车领域，公司新增多个使用全 SiC MOSFET 模块的 800V 系统的主电机控制器项目定点，将对公司 2023 年-2029 年 SiC 模块销售增长提供持续推动力。

图表 48：斯达半导收入及增速



资料来源：Choice，东方财富证券研究所

图表 49：斯达半导归母净利润及增速情况

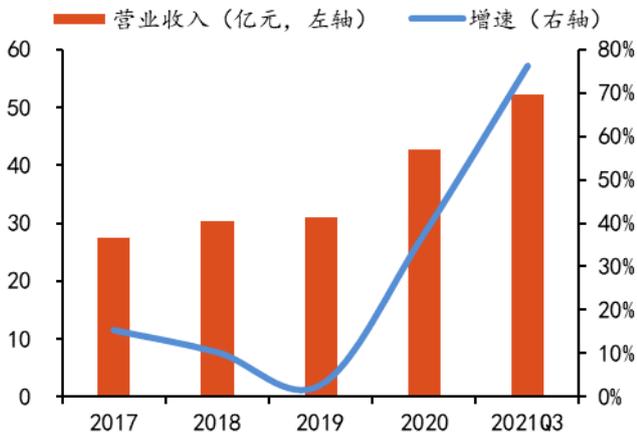


资料来源：Choice，东方财富证券研究所

4.7. 士兰微 (600460.SH)

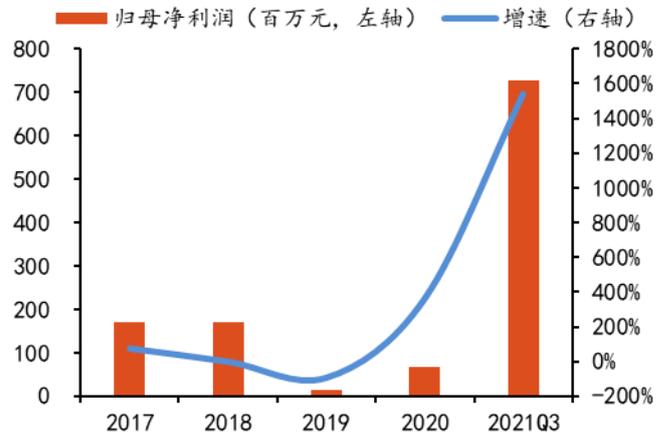
公司事目前国内为数不多的以 IDM 模式为主要发展模式的综合型半导体产品 2021H1 公司 SiC 功率器件的中试线已在二季度实现通线，公司计划加快 SiC MOS 功率器件的研发，推出自产芯片的车用 SiC 功率模块。

图表 50：士兰微收入及增速



资料来源：Choice，东方财富证券研究所

图表 51：士兰微归母净利润及增速情况



资料来源：Choice，东方财富证券研究所

5. 风险提示

SiC 工艺难度大，研发不及预期；衬底成本降低不及预期，或影响 SiC 渗透率；产能扩张不及预期。

东方财富证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格
分析师申明：

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

投资建议的评级标准：

报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后3到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的3到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普500指数为基准。

股票评级

买入：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅15%以上；
增持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于5%~15%之间；
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-5%~5%之间；
减持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-15%~-5%之间；
卖出：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅15%以上。

行业评级

强于大市：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅10%以上；
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间；
弱于大市：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上。

免责声明：

本研究报告由东方财富证券股份有限公司制作及在中华人民共和国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。

本研究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。

本研究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报告之外，绝大多数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，投资者需自行承担风险。

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。

如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为东方财富证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。