

半导体行业报告

海外观察系列一：从 wolfspeed 发展看碳化硅国产化 增持（维持）

2022年02月26日

证券分析师 张良卫

执业证号：S0600516070001
021-60199793

zhanglw@dwzq.com.cn

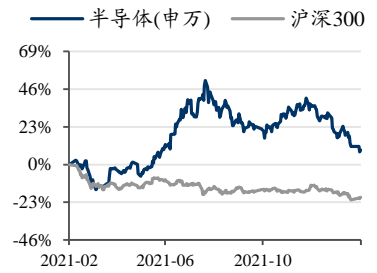
研究助理 卞学清

执业证号：S0600121070043
bianxq@dwzq.com.cn

投资要点

- **Wolfspeed 为全球第三代半导体龙头，技术领先，碳化硅衬底市占率处于领先地位。** Wolfspeed 前身为 CREE 公司，主营业务包括 LED、第三代半导体材料/器件、射频、照明产品等，随着功率半导体市场快速增长，逐步剥离其他业务，专注于碳化硅材料及器件领域，碳化硅衬底尺寸从 4 寸扩大到 8 寸，2023 年计划扩产至约 10 万片 6 寸片月产能。2021 年，公司衬底全球市占率超过 60%，技术工艺领先，是碳化硅领域的标杆企业，其扩产动作、定价策略、盈利情况、估值水平均是碳化硅研究的重要参考。
- **需求端：由于碳化硅具备耐高压、耐高温和高频的性能，在新能源车、新能源发电、充电桩等领域均有可观的应用场景。** 碳化硅作为宽禁带半导体，具备出色的物理特性，可提高开关频率，近年来随成本下降而打开应用市场。据 Yole 数据，2025 年全球电力电子领域碳化硅市场有望超过 30 亿美金，其中新能源车将贡献超过一半增量；据我们测算，碳化硅在新能源车/光伏/轨交/充电桩等领域均具备较大增长空间。
- **供给端：技术工艺壁垒较高，国产供应链持续扩产。** 衬底材料和器件为碳化硅产业链较关键环节，PVT 法为当前主流生产方法。国产厂商与欧美厂商差距普遍在 5-8 年以上，国内项目陆续投产，产能有望快速释放。我们认为需要密切跟踪下游客户验证情况，判断有效产能。
- **降成本探讨：碳化硅降本速度与渗透率密切相关，衬底降本速度大于器件。** 就衬底而言，降本因子可拆解为长晶效率提升、切片损失减少、良率提升、晶圆尺寸扩大、产能提升等。据我们测算，长晶效率提升是最重要的因子。
- **盈利能力探讨：我们拆解产业链环节，单炉出片量与整体良率为盈利核心影响因素。** Wolfspeed 2021 财年毛利率为 31.3%，随着产业链的垂直整合及器件营收占比提升，公司远期毛利率有望达到 50% 以上。就国产厂商而言，随着良率的提升，远期有望实现 30%-40% 毛利率。
- **竞争格局探讨：碳化硅行业与第一代半导体类似，CR5 维持高市占率，但整体呈下降趋势。** 随着市场蛋糕做大，国产厂商有望长出大公司。国产化率有望提升，远期份额有望提升 10% 以上。行业发展后期有望见证并购潮。
- **市值空间探讨：复盘 Wolfspeed 股价，行业需求持续向好叠加业绩超预期，驱动公司股价屡创新高。** 国产厂商目前技术、产品尚不成熟，受制于产能，营收体量较小。我们结合模拟芯片及半导体设备对标发现，国内公司普遍 PE、PS 估值倍数为海外龙头 4 倍以上，更高的估值水平表明对成长的乐观预期。Wolfspeed 作为碳化硅行业龙头，其市值具有标杆意义，国产厂商未来随着整体行业需求的增长、自身营收利润放量，有望打开市值天花板。
- **投资建议：看好车规等下游发展及国产有效产能扩张带来的增量机会，** 推荐时代电气/晶盛机电（机械组覆盖），建议关注天科合达/山东天岳/三安光电/露笑科技/东尼电子/士兰微/斯达半导/闻泰科技/华润微等。
- **风险提示：碳化硅降本速度不及预期；国产厂商车规级验证进展不及预期；** 国产厂商良品率提升进度不及预期。

行业走势



相关研究

- 1、《国产 IGBT 空间广阔，轨交装备龙头再出发》2021-09-13

内容目录

1. Wolfspeed: 全球第三代半导体龙头	5
1.1. 发展历史及主营产品.....	5
1.2. 股权结构及管理层.....	6
1.3. 财务梳理.....	7
2. 需求端: 碳化硅市场空间及发展节奏	8
2.1. 电动车.....	9
2.2. 光伏.....	11
2.3. 轨交.....	12
2.4. 充电桩.....	13
2.5. 射频.....	14
3. 供给端: 技术壁垒及中国产业链	15
3.1. 生产工艺及壁垒.....	15
3.2. 供应链产能梳理.....	18
3.2.1. 衬底环节.....	18
3.2.2. 器件环节.....	20
4. 海内外对标: 国产厂商的成长路径	20
4.1. 国产现状: 对标海外差距较大.....	20
4.2. 关键问题探讨.....	23
4.2.1. 降成本路径.....	23
4.2.2. 远期盈利能力.....	24
4.2.3. 远期格局推演.....	25
4.2.4. 国产市值空间.....	26
5. 风险提示	28

图表目录

图 1: Wolfspeed 公司历史重要事件梳理.....	5
图 2: Wolfspeed 主营产品 (截至 2021 年底)	5
图 3: Wolfspeed 股权结构 (截至 2022 年 1 月)	6
图 4: Wolfspeed 当前高级管理层.....	6
图 5: Wolfspeed 专利布局 (截至 2021 年 11 月)	7
图 6: Wolfspeed 营收变化 (百万美元)	7
图 7: Wolfspeed 毛利及毛利率变化.....	7
图 8: Wolfspeed 净利润及净利率.....	8
图 9: Wolfspeed 资产负债率及投资活动现金流.....	8
图 10: 碳化硅材料优势及发展趋势.....	8
图 11: 碳化硅产业链.....	9
图 12: 全球碳化硅电力电子市场规模 (百万美元)	9
图 13: 全球碳化硅下游应用领域 (2020 年)	9
图 14: 中国新能源车销量及增速.....	10
图 15: 碳化硅在新能源车中不同环节的应用.....	10
图 16: 碳化硅应用于新能源车的优势.....	10
图 17: 搭载碳化硅的新能源车型梳理.....	10
图 18: 中国新能源车碳化硅市场规模测算 (百万人民币)	11
图 19: 全球光伏新增装机量及增速.....	12
图 20: 碳化硅应用于光伏领域的优势.....	12
图 21: 全球光伏用碳化硅市场规模测算 (2020-2025E)	12
图 22: 碳化硅在轨交领域的应用.....	13
图 23: 轨交牵引变流器领域碳化硅市场规模测算.....	13
图 24: 中国充电桩市场规模及增速.....	14
图 25: 新能源车、充电桩增量及车桩比.....	14
图 26: 充电桩碳化硅市场规模测算 (2020-2025E)	14
图 27: 碳化硅在射频领域的应用.....	15
图 28: 中国 5G 射频领域碳化硅市场规模测算.....	15
图 29: 碳化硅生产全流程.....	16
图 30: 碳化硅晶体生产工艺比较.....	17
图 31: 碳化硅衬底缺陷类型.....	17
图 32: 长晶核心难点.....	17
图 33: 碳化硅国产供应链玩家梳理.....	18
图 34: 海内外龙头衬底商用化时间轴梳理.....	18
图 35: 碳化硅衬底全球市占率 (2021 年) 及海外厂商产能梳理.....	19
图 35: 碳化硅衬底国内产能梳理.....	19
图 37: 碳化硅器件国内产能梳理.....	20
图 38: 海内外龙头收入对比 (百万人民币)	21
图 39: 海内外龙头毛利率对比.....	21
图 40: 海内外龙头产品对比 (衬底质量)	21
图 41: 海内外龙头客户对比.....	22
图 42: 海内外龙头研发水平对比.....	22

图 43: 国内外技术水平差距.....	22
图 44: 碳化硅供需趋紧带来国产化机遇.....	23
图 45: 国内龙头大力扩产、投研发.....	23
图 46: 国内外产品迭代情况.....	23
图 47: 山东天岳成本拆解.....	24
图 48: 山东天岳材料成本结构.....	24
图 49: 衬底降成本因子拆分.....	24
图 50: 衬底降本曲线.....	24
图 51: 良率-产量敏感性分析.....	25
图 52: 砷化镓产业链及下游应用.....	25
图 53: 全球碳化硅衬底市场格局演变.....	26
图 54: 全球硅片市场格局演变 (2015-2020)	26
图 55: 全球前五大硅片厂商并购史.....	26
图 56: 国产厂商市值空间对标.....	27
图 57: wolfspeed 股价复盘	27

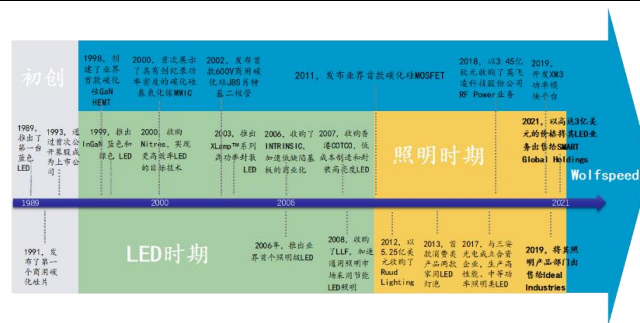
1. Wolfspeed: 全球第三代半导体龙头

Cree 成立于 1987 年，于 1993 在纳斯达克上市，原是集 LED 外延、芯片、封装、LED 照明解决方案、化合物半导体材料、功率器件和射频于一体的著名制造商和行业领先者，现更名为 Wolfspeed，专注于碳化硅和氮化镓材料、功率和射频应用的设备，是目前全球最大的碳化硅功率器件供应商。

1.1. 发展历史及主营产品

Wolfspeed 原为 Cree 主营第三代化合物半导体业务的部门。公司技术最初商业化应用于 LED 市场，致力于推动 LED 照明变革。自 2017 年，公司开始战略性转型，将发展重心转移至 Wolfspeed 部门，并于次年宣布将创建一家更加集中的强大半导体公司，为 Wolfspeed、其核心功率和射频业务提供发展基金。2018 年 3 月，公司宣布收购英飞凌的射频功率业务，稳固了 Wolfspeed 在射频碳化硅基氮化镓 (GaN-on-SiC) 技术方面的领导地位。公司分别于 2019 年、2021 年出售其照明业务与 LED 业务，2021 年 10 月正式更名为 Wolfspeed，专注于第三代化合物半导体领域的开发与创新。

图 1: Wolfspeed 公司历史重要事件梳理



数据来源：公司官网，东吴证券研究所

截至 2021 年底，公司主营业务产品主要包括：1) **功率产品**，主要包括碳化硅 MOSFET 及裸芯片、碳化硅肖特基二极管、功率模块以及栅极驱动板；2) **射频产品**，主要包括 28V、40V、50V 宽带应用场景的 GaN HEMT 器件以及适用于不同波段的碳化硅基氮化镓和 LDMOS 功率晶体管的产品组合；3) **材料产品**，主要包括碳化硅裸晶圆、外延片以及碳化硅晶圆上的 GaN 外延层。此外，公司还提供射频代工服务。

图 2: Wolfspeed 主营产品（截至 2021 年底）

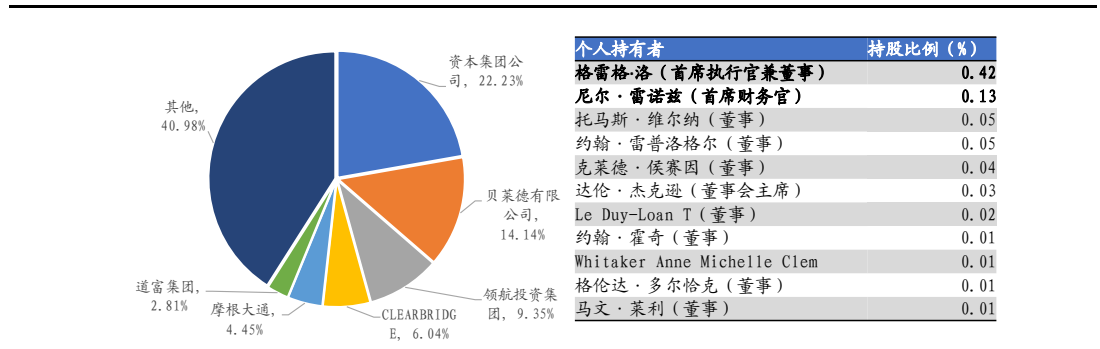


数据来源：公司官网，东吴证券研究所

1.2. 股权结构及管理层

公司股权向机构投资者集中，个人持股比例低，股权较分散。公司股份的持有者主要为机构投资者，主要包括：资本集团公司、贝莱德有限公司、领航投资集团、ClearBridge Investments、摩根大通、道富集团等。个人持股数合计不足1%，其中公司总裁兼首席执行官格雷格·洛持股0.42%，首席财务官尼尔·雷诺兹持股0.13%，其余个人持有者主要为公司董事会成员。

图 3: Wolfspeed 股权结构 (截至 2022 年 1 月)



数据来源: Bloomberg, 东吴证券研究所

公司的管理团队具有丰富管理经验和深厚技术背景，使公司战略更具前瞻性。总裁兼首席执行官格雷格·洛，曾担任飞思卡尔半导体公司的总裁兼首席执行官，领导其成为高性能、混合信号半导体行业的领导者；首席财务官尼尔·雷诺兹是一位经验丰富的财务主管，曾在全球科技公司领导过各种财务职能；首席技术官约翰·帕尔莫尔是 Wolfspeed 创始人之一，IEEE 院士，专注于为功率和射频商业应用开创新突破性的半导体技术，负责碳化硅和氮化镓电子设备的加工和器件设计领域的 386 篇出版物和 75 项美国专利。

图 4: Wolfspeed 当前高级管理层

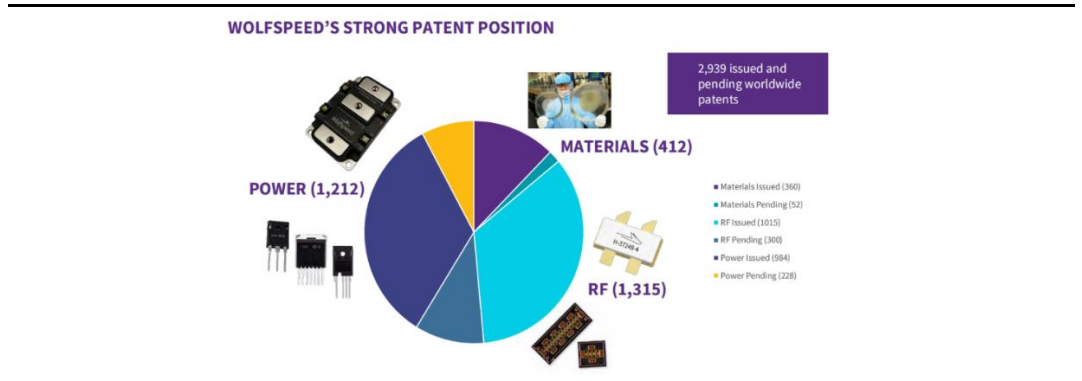


数据来源: 公司官网, 东吴证券研究所

公司加快专利研发，巩固在碳化硅制备领域、功率和射频器件研发领域的领先地位。截至 2021 年 11 月，公司合计拥有 2939 项公开及申请中专利，其中 412 项与碳化硅制备核心技术相关，1212 项与功率器件的开发相关，1315 项与射频器件的开发相关。强

大的研发能力给公司带来业内的技术领先优势，有助于加快新技术的商业化。

图 5: Wolfspeed 专利布局 (截至 2021 年 11 月)

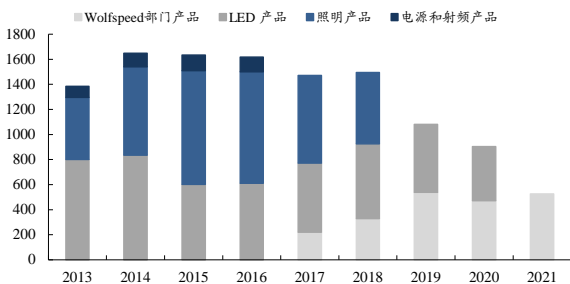


数据来源: 公司官网, 东吴证券研究所

1.3. 财务梳理

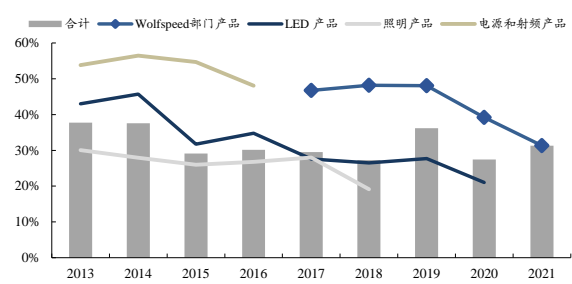
营收实现六季度连续增长，业务需求旺盛。 受益于功率设备解决方案的强劲需求，FY22Q2 公司实现营收 1.73 亿美元，环比增长 11%，同比增长 36%；公司净亏损 1860 万美元，每股摊薄亏损 0.16 美元。由于公司目前大量在建工厂相关设备仍处于测试阶段，基本无法产生收入，公司收入和亏损面均为指导范围内的乐观情形。分部门来看，1) 功率业务: 由于碳化硅产品在电动汽车和工业市场的采用率超预期，功率设备业务同比增长超 100%，相关直销和分销客户显著增加；2) 射频业务: 5G 和美国国防领域需求坚实，射频设备业务有所增加；3) 材料业务: 150mm 碳化硅衬底需求依然强劲，收入增长与上一季度基本持平，且随着公司产能爬坡，供需关系匹配状况更加良好。

图 6: Wolfspeed 营收变化 (百万美元)



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图 7: Wolfspeed 毛利及毛利率变化

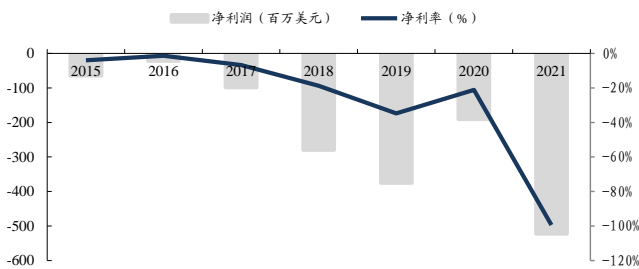


数据来源: Wind, 东吴证券研究所

公司毛利率波动向好，有望持续改善。 不考虑公司的照明和 LED 业务，仅 Wolfspeed 部门而言，其毛利率波动主要有三个阶段: FY2017-2019，部门毛利率持续处于 45%-50% 的高位; FY2020-2021，受疫情影响，且由于工厂扩建、部分设施的利用率不足，部门毛利率持续下滑至 31% 水平，其中 FY2021Q4 毛利率为 32.3%；FY2022 至今，随着工厂转型、产能爬坡，另受益于折旧费用减少，公司毛利率持续改善，FY2022Q1 毛利率达 33.5%、Q2 毛利率达 35.4%，公司毛利率 Q3 指引为基于 Q2 水平进一步改善 0.5-1.5pct。公司预期将通过优化杜伦工厂 (Durham) 效率、莫霍克谷工厂 (Mohawk Valley) 投产

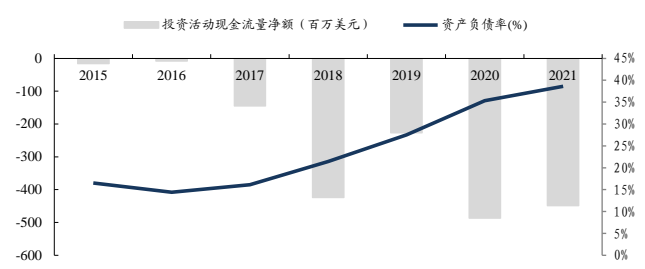
爬坡、产品线过渡至 200mm 等降本途径达到毛利率 50%以上的远期目标。

图 8: Wolfspeed 净利润及净利率



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

图 9: Wolfspeed 资产负债率及投资活动现金流



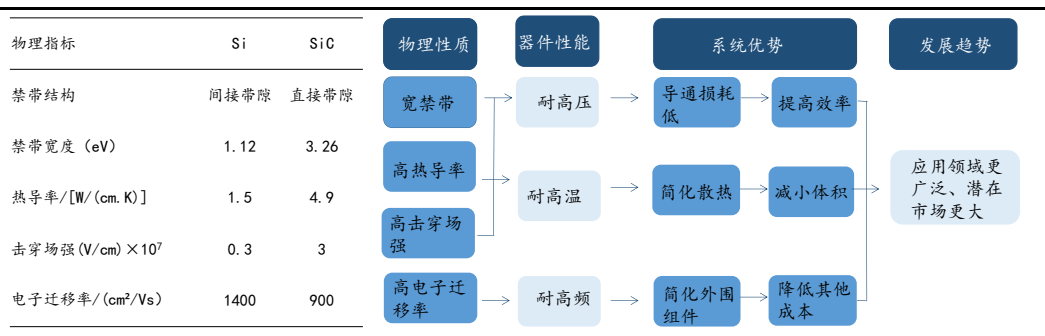
数据来源: Wind, 东吴证券研究所

公司资本支出规模较大, 现金流相对充裕。公司正处于产品转型、加速研发和固定设备大量投入的阵痛期, 资本开支、运营费用较高。FY2022Q1 为公司投资高峰期, 公司运营费用为 8600 万美元, 主要受到公司对莫霍克谷 200mm 试验线研发投入影响; 资本支出为 2.09 亿美元, 莫霍克谷该季度启动成本约为 860 万美元; 而账面现金和其他流动资产约 8.5 亿美元, 足以支撑其开支。FY2022Q2, 公司持续对 200mm 产品线进行研发和营销投入, 运营费用为 8660 万美元; 随着莫霍克谷产能释放, 资本支出小幅下降, 约为 1.44 亿美元; 而现金和其他流动资产共约 7 亿美元, 仍保持在较充裕水平。

2. 需求端: 碳化硅市场空间及发展节奏

碳化硅材料具有明显的性能优势, 在电动汽车、轨交、电网等领域都具有可观的应用前景。碳化硅是第三代半导体材料, 与第一、二代半导体材料相比, 具有更宽的禁带宽度、更高的热导率、更高的击穿电场、更高的电子迁移率等性能优势, 使得器件有耐高压、耐高温和高频的性能。体现在产品上, 导通损耗低, 从而提高效率; 简化散热, 从而减小体积; 简化外围组件, 从而降低其他成本。随着下游行业对半导体功率器件轻量化、高转换效率、低发热特性需求的持续增加, 碳化硅材料、器件已实现从研发到规模化量产的跨越, 进入产业化快速发展阶段。

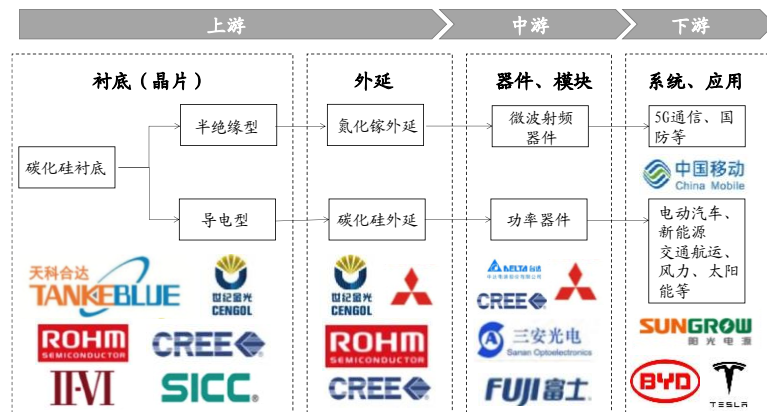
图 10: 碳化硅材料优势及发展趋势



数据来源: 《全球化合物半导体产业竞争格局及未来发展机遇》, 东吴证券研究所

碳化硅产业链主要由衬底、外延、器件、应用等环节组成。碳化硅晶片作为半导体衬底材料，根据电阻率不同可分为导电型、半绝缘型。导电型衬底可用于生长碳化硅外延片，制成耐高温、耐高压的碳化硅二极管、碳化硅 MOSFET 等功率器件，应用于新能源汽车、光伏发电、轨道交通、智能电网、航空航天等领域；半绝缘型衬底可用于生长氮化镓外延片，制成耐高温、耐高频的 HEMT 等微波射频器件，主要应用于 5G 通讯、卫星、雷达等领域。

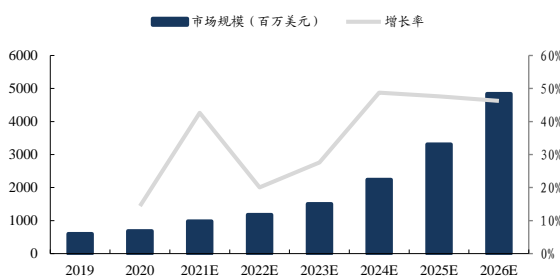
图 11: 碳化硅产业链



数据来源：天科合达、天岳先进招股书，东吴证券研究所整理

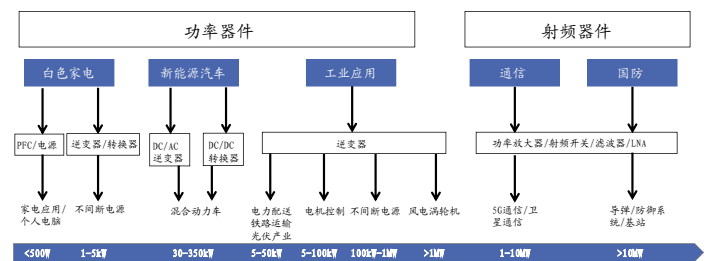
下游需求增长曲线陡峭，全球碳化硅市场规模持续扩大。据 Yole 数据，到 2025 年，全球电力电子领域碳化硅市场规模将超过 30 亿美元，较 2020 年的 7 亿美元 CAGR 超过 37%。具体到细分领域，随着成本持续下降，碳化硅器件与硅基器件价差逐步缩小，加速进入新能源汽车供应链；碳化硅材料性能优越，能够高效管理热量累积、提升太阳能转换效率，有望加速渗透光伏市场；碳化硅器件具有大功率、高效率的性能优势，应用于铁路和电机驱动器，有望打开轨交市场；受 5G 基础设施建设推动，射频功放器件市场呈现高速增长态势，碳化硅衬底市场前景广阔。

图 12: 全球碳化硅电力电子市场规模（百万美元）



数据来源：Yole，东吴证券研究所

图 13: 全球碳化硅下游应用领域（2020 年）



数据来源：Yole，东吴证券研究所

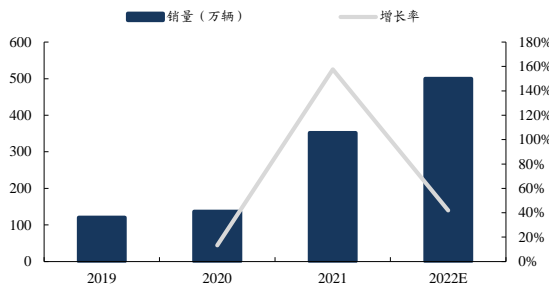
2.1. 电动车

新能源汽车销量及渗透率快速提升，是碳化硅市场的重要驱动力。能源安全、“双碳”、工业自主三大诉求叠加，新能源汽车迎来市场驱动拐点，进入非线性增长新阶段。

据中汽协和乘联会数据，2021 全年新能源汽车累计销售 352.1 万辆，同比增长 158%，渗透率达 14.8%，较 2020 年提升 9pct。展望 2022 年，据中科院院士欧阳明高预测，新能源汽车全年销量有望达到 500 万辆，市场渗透率超过 20%。新能源汽车作为碳化硅的重要应用终端，拉动市场规模快速增长。

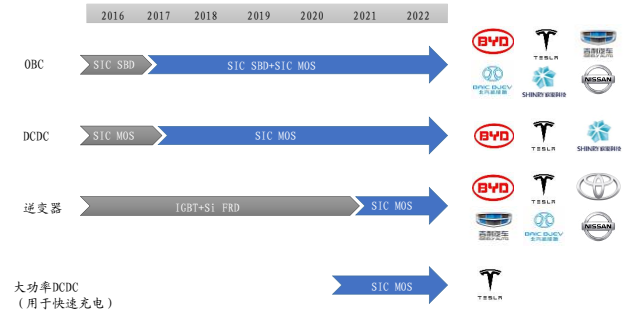
碳化硅优越特性加持，伴随价格进一步下降，有望加速渗透新能源车产业链。碳化硅材料耐高频、易散热、高电流密度、低功率损耗，能够解决新能源汽车轻量化、续航里程、高电平要求等需求痛点，目前主要用于主逆变器，搭载碳化硅功率模块，部分用于 OBC 和 DC/DC，搭载单管器件。此前影响碳化硅器件放量的主要约束为成本经济性问题，现今随着晶圆生产制造成本下行、与硅基器件价差持续缩小，同时若考虑散热系统成本节约、空间节约、电驱系统性能提升和整车价值跃升等附加价值，碳化硅器件已具有一定竞争优势。

图 14: 中国新能源车销量及增速



数据来源：中汽协，乘联会，东吴证券研究所

图 15: 碳化硅在新能源车中不同环节的应用



数据来源：罗姆公司，各车企年报，东吴证券研究所

自特斯拉 Model 3 首次使用碳化硅以来，碳化硅越来越受到新能源汽车市场青睐。特斯拉在 2018 年发布的 Model 3 首次采用了意法半导体供应的碳化硅 MOSFET 器件，被视为碳化硅上车的风向标事件。随后，比亚迪、吉利、现代、广汽、小鹏等车企都发布了搭载 800V 高电压平台的车型，部分车企已经将量产时点定在 2022 年。国内 2020 年发布的比亚迪汉纯电动高性能四驱版成为国内首款采用自研碳化硅模块的车型，功率密度提升了一倍。通用、丰田、一汽等亦提出了采用碳化硅产品的规划。随着碳化硅器件持续降本，更多车型有望使用碳化硅。

图 16: 碳化硅应用于新能源车的优势

应用	优势	影响
PCU (动力控制单元)	<ol style="list-style-type: none"> 应用碳化硅的 SiC MOSFET 相较主流的 Si IGBT 能够让升压转换器将动力电池的输出电压更高，让新能源车在中高速工况下也变得高效，带来更长的续航里程 让逆变器将直流电转变为交流电的频率变得更高 更高的输出电压可以适配性能更强的驱动电机，有效减小尺寸、体积和重量 同时碳化硅具有更低的关断损耗，从而减少了发热量，使 PCU 散热需求降低，缩小 PCU 质量体积，释放更多空间并进一步轻量化，延长续航 	续航更长，性能更强 电池轻量化 电池节省 冷却系统节省
OBC (充电单元)	承受更高的充电电压	充电时间进一步缩短

数据来源：英飞凌，东吴证券研究所

图 17: 搭载碳化硅的新能源车型梳理

搭载碳化硅的新能源车型	发布时间	品牌	具体应用
特斯拉 Model 3	2018	特斯拉	电驱主逆变器上，采用了意法半导体供应的 650V 碳化硅 MOSFET 器件
特斯拉 Model Y	2020	特斯拉	动力模块后轮驱动采用了碳化硅 MOSFET
比亚迪汉 EV 高性能四驱版	2020	比亚迪	国内首款采用自研碳化硅模块的车型，功率密度提升了一倍
特斯拉 Model S Plaid	2021	特斯拉	该款车搭载的碳化硅逆变器助其成为全球现阶段最快的量产车型
小鹏 G9	2021	小鹏	推出的 800V 平台采用碳化硅器件，可实现充电 5 分钟，续航 200 公里
C-Power 220s	2021	中车时代电气	该产品是国内首款基于自主碳化硅大功率电驱产品，系统效率最高可达 94%
蔚来 ET7	2022	蔚来	搭载碳化硅电驱系统，并将在 2022 第一季度开始交付
宏光 MINI EV	2021	五菱	阳光电源 2021 年 5 月底发布了碳化硅电机控制器，并且就是 miniEV 的供应商

数据来源：各公司公告，东吴证券研究所

碳化硅市场规模测算：随着新能源车销量增长，以及碳化硅在各品牌车中的渗透率提升，碳化硅市场呈现快速增长。仅考虑中国新能源车市场，预计从 2020 的 14.6 亿元增长到 2024 年的 164.7 亿元，年均复合增长率达 83.2%。

图 18：中国新能源车碳化硅市场规模测算（百万人民币）

新能源车出货量（万辆）	2020	2021	2022E	2023E	2024E
其中：（按品牌）					
特斯拉	15	41	80	120	140
市占率	11%	12%	15%	17%	18%
比亚迪	19	59	100	120	140
市占率	14%	17%	18%	17%	18%
国产新势力（CR6）	15	44	80	100	120
市占率	11%	12%	15%	14%	15%
其他	88	208	290	360	400
市占率	64%	59%	53%	51%	50%
新能源车出货量合计	137	352	550	700	800
SIC市场空间测算					
SIC渗透率假设					
其中：					
特斯拉	91%	92%	93%	95%	98%
比亚迪	20%	24%	29%	35%	40%
国产新势力（CR6）	5%	10%	15%	25%	35%
其他	0%	1%	3%	5%	10%
逆变器（Inverter）					
SIC单车价值（人民币元）	6,000	5,580	5,189	4,826	4,488
SIC器件市场规模（百万人民币）	1,092	3,275	6,440	9,604	12,352
车载充电器（OBC）					
SIC单车价值（人民币元）	1,000	930	865	804	748
SIC器件市场规模（百万人民币）	182	546	1,073	1,601	2,059
直流转换器（DCDC）					
SIC单车价值（人民币元）	1,000	930	865	804	748
SIC器件市场规模（百万人民币）	182	546	1,073	1,601	2,059
中国新能源车SIC器件市场规模（百万人民币）	1,456	4,367	8,587	12,805	16,469
中国新能源车用SIC器件市场增速		200%	97%	49%	29%

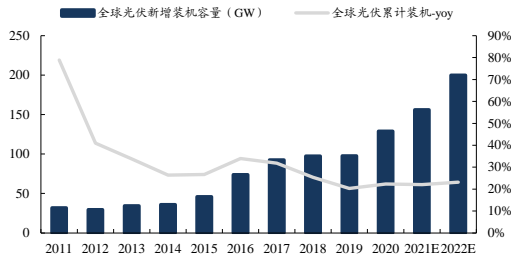
数据来源：比亚迪、特斯拉、蔚来等年报，中汽协，各公司公告，东吴证券研究所测算

2.2. 光伏

全球光伏新增装机容量持续上升，碳化硅应用市场空间广阔。随着光伏投资成本的下降及发电效率的提升，近年来光伏发电呈高速发展态势，2011至2020年装机容量复合增长率达到28.9%。根据国际能源署（IEA）数据显示，2020年全球光伏累计装机容量达到760.4GW，占全球新增发电装机的三分之一。据IEA预估，2021年全球光伏装机容量新增156.1GW，为达到2050年净零排放，2020年-2030年的全球太阳能光伏年均增量须达到422GW。

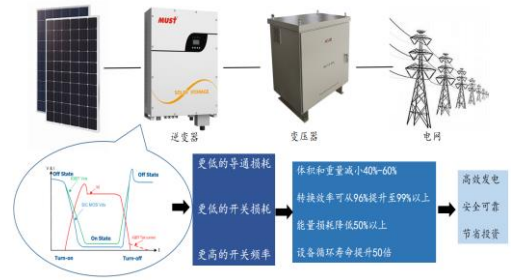
碳化硅主要应用于光伏逆变器，可提升转换效率、降低系统成本，有望高速渗透光伏市场。基于硅基器件的传统逆变器成本虽较低（仅占系统10%左右），却是系统能量损耗的主要来源之一。而碳化硅材料的击穿电压是传统硅的十倍以上，同时具有更高的热导率、更低的导通电阻、栅极电荷，能够承受更高的电压和电流，同时保留了低压硅器件的开关频率优势，确保高转换效率，实现双赢。数据显示，在光伏逆变器中使用碳化硅功率器件可使转换效率从96%提升至99%以上，能量损耗降低50%以上，大幅提高设备循环寿命，降低生产成本。据CASA预测，到2048年，光伏逆变器中碳化硅功率器件占比可达85%。

图 19: 全球光伏新增装机容量及增速



数据来源: IEA, 东吴证券研究所

图 20: 碳化硅应用于光伏领域的优势



数据来源: 天科合达招股书, 阳光电源, 东吴证券研究所

经我们测算, 碳化硅在光伏领域应用潜在成长空间较大。碳化硅在光伏领域中主要应用于组串式光伏逆变器和集中式光伏逆变器。我们参考 CIMA 光伏逆变器中的组串式和集中式的占比、CASA 预测的碳化硅在光伏逆变器的渗透率, 测算全球光伏领域碳化硅市场规模, 2025 年有望达到 75.4 亿人民币。

图 21: 全球光伏用碳化硅市场规模测算 (2020-2025E)

	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
世界光伏新增装机量 (GW)	129.0	156.1	200.0	240.0	266.7	293.3
组串式逆变器占比	60%	60%	65%	65%	70%	70%
组串式逆变器价格 (元/W)	0.46	0.43	0.41	0.39	0.38	0.37
集中式逆变器占比	40%	40%	35%	35%	30%	30%
集中式逆变器价格 (元/W)	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20
渗透率	12%	15%	20%	30%	36%	40%
碳化硅在光伏逆变器的价值量	20%	20%	20%	20%	20%	20%
光伏碳化硅市场规模 (亿元)	11.7	16.6	27.7	47.9	63.7	75.4

数据来源: 前瞻产业研究院, 东吴证券研究所测算

2.3. 轨交

牵引变流器是机车大功率交流传动系统的核心装备, 碳化硅器件由于具有高温、高频和低损耗特性, 能够降低牵引变流器综合能耗, 提升系统的整体效能, 符合轨道交通大容量、轻量化和节能的应用需求。据西门子为期一年的碳化硅技术测试成果, 碳化硅电车在操作过程中噪音水平较低, 且能源消耗减少约 10%; 经装车试验测试, 中车株洲所与深圳地铁集团联合研发的地铁列车全碳化硅牵引逆变器在节能化方面表现优异, 同比硅基 IGBT 牵引逆变器的综合能耗降低 10%以上, 中低速段噪声下降 5 分贝以上, 温升降低 40℃以上。

碳化硅在轨道交通已有大量应用案例。截至 2021 年 12 月, 国内已有至少 8 条列车线路采用了碳化硅技术, 日本、欧洲的轨交牵引系统也大面积采用了碳化硅, 仅 2021 年下半年, 日本推出了搭载碳化硅车载设备、主电路设备的 E131 Series 500 系列列车; 搭载碳化硅牵引变流器的德国慕尼黑 Avenio 有轨电车已通过测试, 正式投入使用; 欧洲 PINTA 项目将重点在双系统有轨电车中使用碳化硅, 有望在整个欧洲推广。此外, 碳化硅逐步进入高铁领域, 如日本 N700S 新干线、西门子 Velaro 列车已引入碳化硅; 2019 年底, Cree 与 ABB 宣布达成合作, 助力 Wolfspeed 进入高铁等市场。

节能、高效助推碳化硅渗透，政策环境积极助力。根据中国城市轨道交通协会的数据，如果全国城轨全面采用碳化硅，仅2019年就可节省15.26亿度电，节省的电量足够整个北京的轨道交通使用。碳化硅渗透轨道交通得到政策支持，2021年8月，交通运输部提出和发布的预期成果包括：形成碳化硅器件应用技术路线及电力电子变压器应用技术路线；通过3-5年时间，在动车和城轨牵引系统中完成碳化硅MOSFET装车应用。

据我们测算，仅在轨交牵引变流器领域，2025年全球碳化硅器件市场规模将达到33.8亿元，5年CAGR为29.2%；到2025年，中国轨交牵引系统碳化硅器件市场规模将达到11.3亿元，5年CAGR为29.5%。

图 22: 碳化硅在轨交领域的应用

碳化硅在轨道交通的应用			应用的优势
时间	线路	供应商	
2018年	西安地铁四号线	中车永济电机	包含碳化硅SBD的混合碳化硅功率模块在东京地铁银座线37列车轴中商业化应用，实现了列车牵引系统节能效果的明显提升、电动机能量损耗的大幅下降和冷却单元的小型化。 日本小田急电铁新型通勤车辆配备了三菱电机3300V/1500A全碳化硅功率块逆变器，开关损耗降低55%，体积和重量减少65%，电能损耗降低20至30%。
2020年	珠海1号线	中车大连公司	
2020年	上海8号线	中车永济电机	
2020年	上海6号线	中车永济电机	
2012年	地铁银座线	三菱	
2014年	小田急电1000列车	三菱	
2015年	浦东海新干线	日立、富士、三菱	
2019年	山手线E235系列	东芝	
2018年	瑞典斯塔哥尔摩C20地铁		
2019年	欧盟ShifitRail		
2019年	西班牙ELISKOTREN列车	CAF、IKERLAN	

数据来源：第三代半导体风向，东吴证券研究所

图 23: 轨交牵引变流器领域碳化硅市场规模测算

	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
全球牵引变流器市场规模(亿元)	147.5	152.2	157.1	162.1	167.2	172.5
中国牵引变流器市场规模(亿元)	49.5	51.0	52.7	54.3	56.1	57.8
碳化硅渗透率	6%	8%	10%	12%	16%	20%
全球牵引系统碳化硅器件市场规模(亿元)	9.4	12.1	15.6	20.2	26.1	33.8
中国牵引系统碳化硅器件市场规模(亿元)	3.1	4.1	5.2	6.8	8.8	11.3

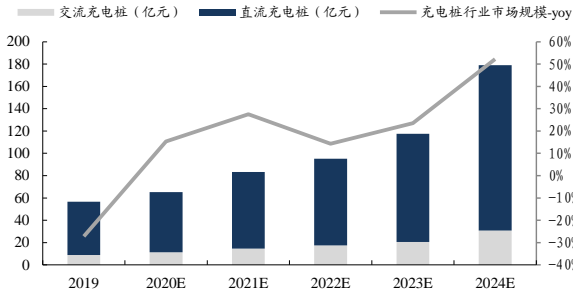
数据来源：智研咨询，东吴证券研究所

2.4. 充电桩

我国充电基础设施产业持续高速增长，碳化硅应用前景广阔。中国充电桩市场规模在2015年至2020年总体呈增长趋势，由2015年的12.5亿元增长到2020年的65.3亿元，CAGR达到39.2%。根据中国充电联盟统计数据，截至2021年12月，全国充电基础设施保有量达261.7万台，联盟内成员单位总计上报公共类充电桩114.7万台，同比增长56.4%，其中直流充电桩47.0万台，同比增长52.1%。碳化硅主要应用于直流充电桩中，其高功率能够提升充电效率、缩短充电时间，有望实现加速渗透。

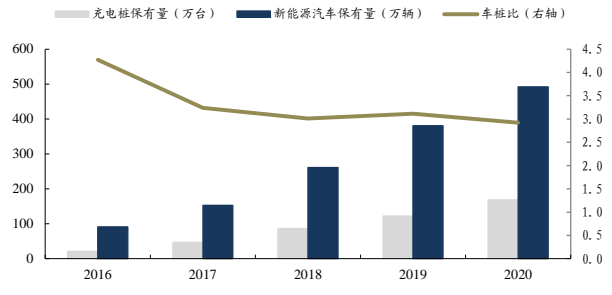
2016年至2020年中国新能源车桩比逐步改善，碳化硅在充电桩的市场规模预计随新能源车增长快速放量。根据中国充电联盟和公安部统计数据，初步计算我国车桩比从2016年的4.27下降到了2021年的3.00。根据国务院发布的《2030年前碳达峰行动方案》指引和工信部的规划，预计到2025年我国车桩比应在2:1到3:1之间，到2030年接近1:1的合理值。新能源汽车作为运输工具低碳转型的重要推动力，即将进入快速发展期，与之相匹配的公共基础设施充电桩也将随之迎来广阔的市场前景，带动碳化硅市场空间持续扩容。

图 24: 中国充电桩市场规模及增速



数据来源: 头豹研究院, 东吴证券研究所

图 25: 新能源车、充电桩保有量及车桩比



数据来源: 中国电动汽车充电基础设施促进联盟, 公安部, 东吴证券研究所

碳化硅在大功率充电领域具备较强的竞争优势, 渗透率有望进一步提升。充电桩行业发展主要围绕着大功率直流快充进行, 充电模块是构建高功率充电基础设施的核心部分。相较于硅基功率器件, 使用碳化硅功率器件可以实现高功率密度、超小体积, 同时能够支持快速充电, 因此可以实现充电模块的高效化和高功率化, 进而实现充电速度的提升和充电成本的降低。参考泰科天润提供的一款基于碳化硅的直流快速充电桩, 输出功率为 60kw, 其体积比同样输出功率的硅基充电桩小 30-35%左右, 因而能够通过散热性能和所占空间节省成本。根据 CASA 的测算, 2019 年碳化硅在直流充电桩的充电模块渗透率约 10%, 预期未来随着成本的降低, 渗透率将进一步提升。

根据我们测算, 2025 年我国应用于直流充电桩的碳化硅功率器件市场规模将达到 27.1 亿元, 2020-2025 年 CAGR 为 72.7%。

图 26: 充电桩碳化硅市场规模测算 (2020-2025E)

	2019	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
中国新能源汽车保有量 (万辆)	381	492	784	1291	1997	2841	3768
中国新能源汽车销量预测 (万辆)		111	292	507	705	844	927
新能源汽车车桩比		2.9	3.0	2.6	2.3	2.0	1.8
中国新能源汽车充电桩数量 (万台)	121.9	168.1	261.7	489.8	860.7	1391.6	2097.6
公共充电桩占比	42.3%	48.0%	43.8%	45.0%	45.0%	45.0%	45.0%
直流充电桩占公共充电桩比	41.7%	38.3%	41.0%	42%	42%	42%	42%
公共充电桩数量 (万台)	51.6	80.7	114.7	220.4	387.3	626.2	943.9
公共充电桩增量 (万台)		29.1	34.0	105.7	166.9	238.9	317.7
直流充电桩数量 (万台)	21.5	30.9	47.0	92.6	162.7	263.0	396.4
直流充电桩增量 (万台)		9.4	16.1	45.6	70.1	100.3	133.4
碳化硅渗透率		15%	17%	20%	25%	30%	40%
碳化硅充电桩增量 (万台)		1.4	2.7	9.1	17.5	30.1	53.4
直流充电桩单位造价 (万元/台)		5.0	4.8	4.5	4.3	4.1	3.9
直流充电桩成本规模 (亿元)		7.0	13.0	41.1	75.1	122.6	206.5
充电模块成本占比		50%	48%	45%	43%	41%	39%
充电模块成本 (亿元)		3.5	6.2	18.6	32.2	49.9	79.9
碳化硅功率器件占充电模块成本比		50%	46%	43%	40%	37%	34%
充电桩-碳化硅功率器件市场规模 (亿元)		1.8	2.9	7.9	12.7	18.3	27.1
充电桩-碳化硅功率器件市场规模-yoy			62.5%	177.8%	60.5%	43.4%	48.0%

数据来源: 头豹研究院, 北理工能源与环境政策研究中心, 充电联盟, 公安部, 东吴证券研究所测算

2.5. 射频频

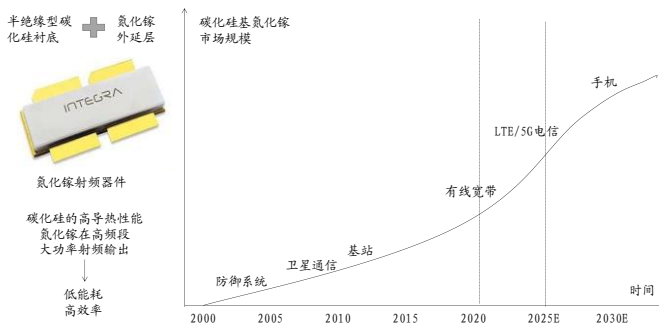
全球氮化镓射频频器件市场快速扩张, 碳化硅氮化镓 (GaN-on-SiC) 是主流产品和技术解决方案。据 Yole 预测, 到 2024 年, 全球氮化镓射频频器件市场将达到 20 亿美元,

2018-2024 年 CAGR 约 21%。氮化镓是极稳定的化合物，具有高热导率、高电离度和化学稳定性，相较硅和砷化镓，抗辐照能力更强；同时氮化镓又是高熔点材料，热传导率高，通常采用热传导率更优的碳化硅衬底，因此氮化镓功率器件具有较高的结温，能够在高温环境下工作。据 Yole 预测，到 2023 年，氮化镓射频器件的市场规模将占 3W 以上射频功率市场的 45%，未来 10 年内，氮化镓将成为射频应用的主流技术。

5G 基站端氮化镓射频器件应用前景广阔，带动碳化硅衬底市场空间突破。相比于 4G，5G 的通信频段往高频波段迁移，而氮化镓射频器件更能有效满足高功率、高通信频段和高效率等要求，在宏基站和回传领域将占据主导位置。伴随 5G 基础设施建设，中国氮化镓射频器件市场将实现快速发展。根据工信部统计，截至 2021 年上半年，我国移动通信基站总数达 948 万站，其中 5G 基站总数达 96.1 万站，我国已开通 5G 基站数量全球排名第一。GaN HEMT 是 5G 基站射频功放主流技术，碳化硅衬底作为主流解决方案，市场空间将持续突破。

综合工信部数据，根据我们测算，到 2023 年，中国 5G 射频领域碳化硅衬底市场规模将达到 20.9 亿元，2020-2023 年 CAGR 达 17.4%。

图 27: 碳化硅在射频领域的应用



数据来源: Yole, 东吴证券研究所

图 28: 中国 5G 射频领域碳化硅市场规模测算

	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
新增 5G 宏站 (千座)	600	700	800	900	800	650
GaN 功放渗透率	58%	66%	74%	82%	90%	98%
GaN 功放需求 (万片)	5888	7817	10017	12487	12182	10778
SiC 基渗透率	95%	96%	96%	97%	97%	98%
SiC 基 GaN 功放需求 (万片)	5622	7501	9659	12102	11866	10550
SiC 衬底数量-等效 4 寸片 (万片)	14.1	18.8	24.1	30.3	29.7	26.4
SiC 衬底单价-等效 4 寸片 (元)	9205	7837	7053	6524	6035	5733
SiC 衬底市场规模 (百万元)	1293.7	1469.5	1703.2	1973.8	1790.1	1512.1
新增 5G 小基站 (千座)	100	600	1500	2000	1900	1900
GaN 功放渗透率	50%	50%	50%	50%	50%	50%
GaN 功放需求 (万片)	30	180	450	600	570	570
SiC 基渗透率	96%	96%	97%	97%	97%	98%
SiC 基 GaN 功放需求 (万片)	29	174	436	584	558	558
SiC 衬底数量-等效 4 寸片 (万片)	0.1	0.4	1.1	1.5	1.4	1.4
SiC 衬底单价-等效 4 寸片 (元)	7837	7053	6524	6035	5733	5733
SiC 衬底市场规模 (百万元)	5.6	30.6	71.1	88.2	80.0	80.0
5G 射频功放-SiC 衬底市场规模 (亿元)	12.9	14.8	17.5	20.9	19.5	16.7

数据来源: 工信部, 前瞻经济学人, 东吴证券研究所

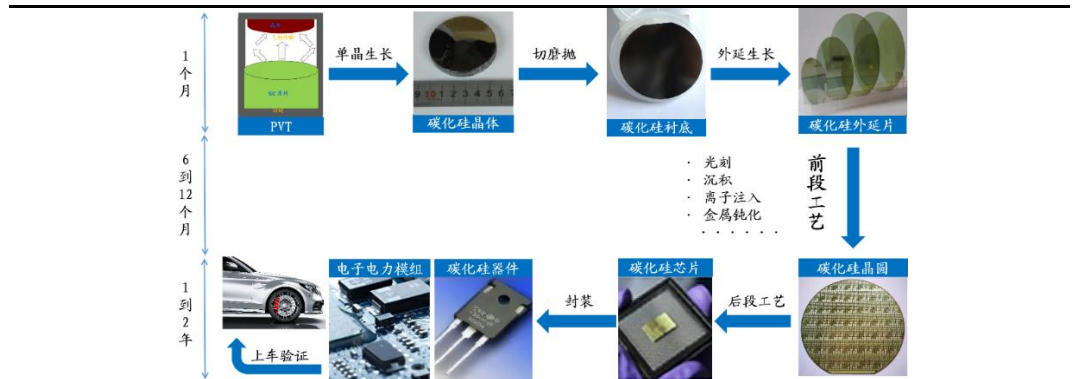
3. 供给端: 技术壁垒及中国产业链

3.1. 生产工艺及壁垒

碳化硅生产流程主要涉及以下过程: 1) **单晶生长**, 以高纯硅粉和高纯碳粉作为原材料形成碳化硅晶体; 2) **衬底环节**, 碳化硅晶体经过切割、研磨、抛光、清洗等工序加工形成单晶薄片, 也即半导体衬底材料; 3) **外延片环节**, 通常使用化学气相沉积 (CVD) 方法, 在晶片上淀积一层单晶形成外延片; 4) **晶圆加工**, 通过光刻、沉积、离子注入和金属钝化等前段工艺加工形成的碳化硅晶圆, 经后段工艺可制成碳化硅芯片; 5) **器件制造与封装测试**, 所制造的电子电力器件及模组可通过验证进入应用环节。

碳化硅产品从生产到应用的全流程历时较长。以碳化硅功率器件为例，从单晶生长到形成衬底需耗时 1 个月，从外延生长到晶圆前后段加工完成需耗时 6-12 个月，从器件制造再到上车验证更需 1-2 年时间。对于碳化硅功率器件 IDM 厂商而言，从工业设计、应用等环节转化为收入增长的周期非常之长，汽车行业一般需要 4-5 年。

图 29: 碳化硅生产全流程



数据来源：宽禁带半导体技术创新联盟、新材料，东吴证券研究所

就技术路线而言，碳化硅的单晶生产方式主要有物理气相传输法（PVT）、高温气相化学沉积法（HT-CVD）、液相法（LPE）等方法，目前商用碳化硅单晶生长主流方法为相对成熟的 PVT 法。

1) PVT 法通过感应加热的方式在 2300℃ 以上高温、接近真空的低压下加热碳化硅粉料，使其升华产生包含 Si 原子、Si₂C 分子、SiC₂ 分子等气相物质，通过固-气反应产生碳化硅单晶反应源；在温度梯度的驱动下，这些气相物质被运输到温度较低的碳化硅籽晶上形成碳化硅晶体。整个固-气-固反应过程都处于一个完整且密闭的生长腔室内，任意生长条件的波动将导致整个单晶生长系统的变化，且由于 200 多种碳化硅的同质异构晶型之间能量转化势垒极低，导致 PVT 法下生长系统稳定性不佳、晶体生长效率低、易产生标晶型杂乱以及各种结晶缺陷等严重质量问题，进一步导致碳化硅材料成本高昂。

2) HT-CVD 法起步较晚，其原理是在 1500-2200℃ 的高温下，通入硅烷、乙烷、氢气等高纯气体，先在温度较高的裂解反应区形成 Si_xC_y 的前驱物，再经由气体的带动下进入较低温的籽晶端前沉积形成单晶。因为特气纯度高、杂质含量低，因此 HT-CVD 法能够制备高纯度、高质量的半绝缘碳化硅晶体；其原料可持续添加、参数可调整，具有产品多样性等优势。但由于设备昂贵、高纯气体价格不菲，该方法商业化慢于 PVT 法。

3) LPE 法则类似硅晶制备的提拉法，使用长晶炉结构，碳化硅籽晶固定在籽晶杆前端，石墨坩埚里装填硅原料以及少量的掺杂物，加热至硅的熔点以上（1500-1700℃）。将硅熔化后，加入如过渡金属元素等助熔剂，在硅的熔体中溶解碳，然后在液相外延通过籽晶向上提拉，借由缓慢降温使溶液过饱和后在籽晶前端生长出碳化硅单晶。LPE 法虽目前尚未成熟，但优势显著，可以大幅降低生产温度、提升生产速度，且在此方法下熔体本身更易扩型，晶体质量亦大为提高，因而被认为是碳化硅材料走向低成本的较好路径，有积极的发展空间。

图 30: 碳化硅晶体生产工艺比较

	PVT	HT-CVD	LPE
晶型	4H & 6H	4H & 6H	4H & 6H
生长温度 (°C)	2200-2500	2200	460-1800
生长 (mm/h)	0.2-0.4	0.3-1.0	0.5-2
优点	最成熟最常用	可持续的原料 可调整参数 一体化设备	类似提拉法
缺点	半绝缘体制造困难 生长厚度受限 没有一体化设备	速率和缺陷控制	金属杂质, 硅溶液 碳的溶解度有限
主要厂家	Wolfspeed/贰陆/道康宁/Sicrystal/天岳、天科	Norstel/日本电装	住友/晶格领域

数据来源: 行家说, Snow Intelligence, 上海大革智能科技有限公司, 东吴证券研究所

碳化硅单晶生长周期长、控制难度大, 易产生晶体缺陷。碳化硅常见缺陷包括微管、晶型夹杂、包裹物、位错、层错等, 且缺陷之间存在相互影响和演变。因此, 控制晶体生长的环境参数从而有效控制晶体缺陷是核心技术难点。在长晶条件极为苛刻的情况下, 若要生成低缺陷、高质量的碳化硅单晶, 需要精确的温场控制、压力控制等控制技术, 更需长期的技术积累和工艺优化, 形成系统性的晶体缺陷控制技术。

碳化硅衬底环节的质量水平直接影响下游外延和器件的质量, 其可靠性至关重要。衬底也即晶片, 其良好的表面质量可抑制外延生长中缺陷的产生; 如果近表面的残余损伤未被充分去除, 则将导致外延生长的宏观缺陷。据研究, 衬底中的螺型位错 (TSD) 约 98% 转化为外延片的 TSD; 刃型位错 (TED) 则 100% 转化为外延片的 TED; 基面位错 (BPD) 约 95% 转化为 TED, 少量维持 BPD。其中 TSD 和 TED 会引发局部载流子寿命降低, 但基本不影响最终的碳化硅器件的性能, 而 BPD 则会引发器件性能的退化, 导致导通电阻及漏电流的增加。因此, 控制衬底缺陷、提升衬底质量, 是提高外延片质量、器件制备良率、器件可靠性及寿命的重要途径。

图 31: 碳化硅衬底缺陷类型

碳化硅衬底主要缺陷		缺陷描述
位错	螺位错 (TSD)	晶体材料内部的原子的局部不规则排列, 属于一种线缺陷, 可视为晶体中已滑移部分与未滑移部分的分界线
	刃位错 (TED)	
	基面位错 (BPD)	
堆垛层错	一种二维面结晶缺陷, 是晶体内原子偏离了正常的堆垛秩序所致	
微管缺陷	一种直径为微米级的物理孔洞	
碳包裹体	由 C 元素组成的团相原子团簇或小颗粒体	

数据来源: CASA, 东吴证券研究所

图 32: 长晶核心难点

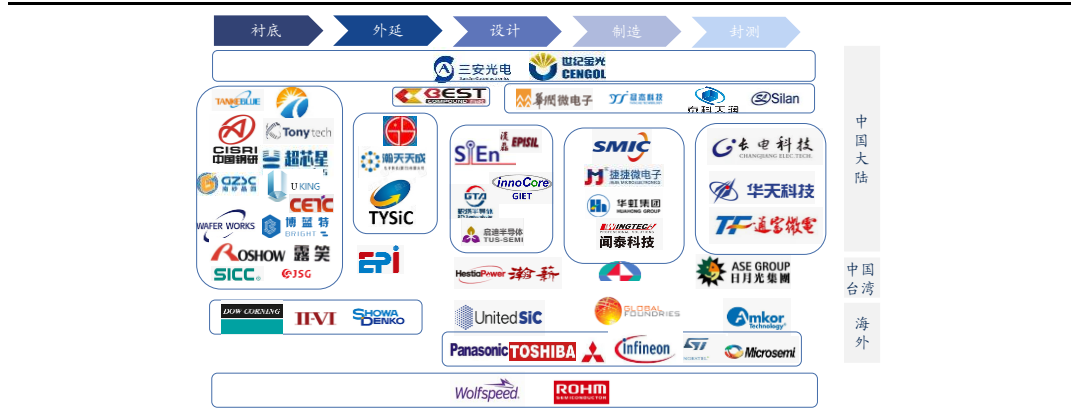
难点	具体内容
加热控制	温度条件: (1) 真空炉感应加热最高温度: 大于等于 2600°C; (2) 温度控制精度: 小于等于 1°C (1500°C-2800°C 之间)。晶体生长室及石墨坩埚等热场核心组件需具备承受 2500°C 高温的能力。要求反应室及炉体具有优异的密封性和隔热性。
温度场分布	由于不同碳化硅多型的形核能很接近, 温度场分布控制不精确会导致出现多型共生缺陷。电磁加热线圈布置方式对生长炉内的温度场分布有较大影响。
压力控制	炉内在长晶的初期和末期需要较大的压力以防止自发生核, 在生长过程中又需要保持低压并尽量减少压力扰动以降低晶体产生包裹、微管道等缺陷。常规 PID 的压力控制系统很难满足压力控制的精确性和快速性。
应力效应	应力造成的塑性变形是材料内部形成位错的重要原因。碳化硅原料温度较高、籽晶温度较低, 因此坩埚内部轴向温度梯度很大, 容易产生热应力; 而石墨部件 (籽晶托、坩埚等) 与碳化硅晶锭之间存在材料热膨胀系数的差异, 也容易引起机械应力。

数据来源: CNKI, 东吴证券研究所

碳化硅国产供应链不断优化, 向国际靠拢。就产业链布局而言, 国际龙头企业通过调整业务领域、整合并购等方式积极向上下游延伸、建立垂直集成平台, 大力完善产业布局, 如 Wolfspeed 和 ROHM 提供从衬底到最终器件的整体解决方案; 而国内企业则相对规模较小, 各环节较为分散: 天科合达、天岳先进等厂商专注于碳化硅衬底, 东莞天域、瀚天天成等厂商专注于外延片, 华润微、泰科天润、扬杰科技、闻泰科技、士兰微

等厂商则专注于器件制造。衬底厂商现亦有晶棒出售业务；三安集成、世纪金光等目前已形成碳化硅垂直产业链布局。随着市场需求的增加、产能扩张伴随优胜劣汰，向上下游延伸或谋求合作将成为国产供应链重要的降本和资源整合同的路径。

图 33：碳化硅国产供应链玩家梳理



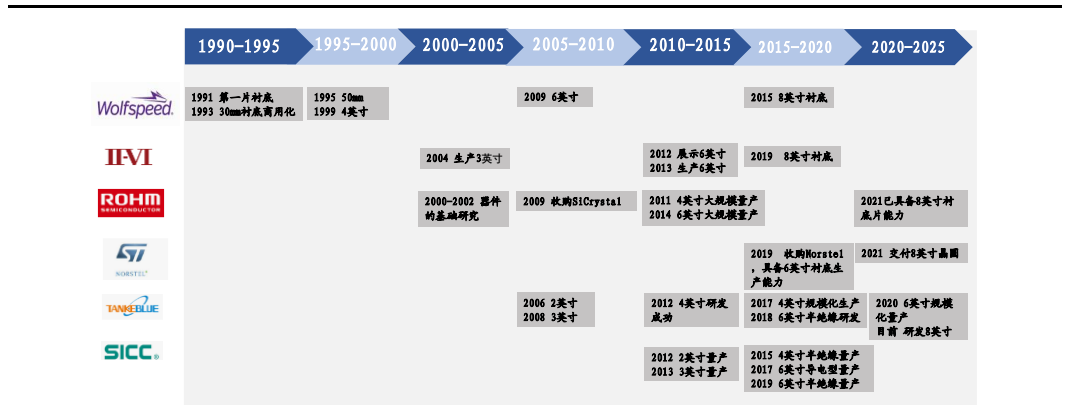
数据来源：半导体行业观察，CASA，企查查，东吴证券研究所

3.2. 供应链产能梳理

3.2.1. 衬底环节

海外龙头寡头垄断，国内企业奋起追赶。碳化硅衬底龙头 Wolfspeed 在 1991 年便打造了第一片碳化硅衬底，1993 年实现 30mm 衬底商用化，2015 年推出 8 英寸碳化硅衬底。其他海外衬底领军厂商如罗姆、II-VI、意法半导体也在 2005 年前进军相关领域，截至 2021 年已具备 8 英寸衬底的生产能力。相比而言，国内衬底厂商起步晚，国内衬底巨头天科合达和天岳先进分别在 2006 年与 2012 年具备 2 英寸衬底片能力。截至 2021 年，国外已实现 6 英寸碳化硅衬底产品商用化，主流厂商陆续研发出 8 英寸衬底样品。国内碳化硅商业化衬底仍以 4 英寸为主，并向 6 英寸过渡。技术难度升级，技术壁垒加固，国内厂商迎难而上。天科合达 2020 年实现 6 英寸衬底规模化量产，同时着力研发 8 英寸衬底。天岳先进在五年内实现从 4 英寸量产至 6 英寸量产的跃升，19 年也同样实现 6 英寸量产。国内企业有望突破壁垒、实现同步发展。

图 34：海内外龙头衬底商用化时间轴梳理



数据来源：各公司公告，东吴证券研究所整理

海外衬底厂商布局大规模扩产，力求 2025 年前释放产能。

Wolfspeed、罗姆、II-VI 等巨头都有 5 倍以上的产能扩建规划。罗姆计划从 2019 到 2025 年扩产 6 倍，即从 5 万片左右年产能扩产到 30~40 万片。II-VI 则在 2020 年提出计划，5 年内产能将扩大 5-10 倍，2024 年将量产 8 英寸衬底。而作为全球的碳化硅衬底龙头，Wolfspeed 更是在 2019 年推出了 5 年实现 30 倍扩产计划，宣布将投资 10 亿美元分别在北卡罗来纳州和纽约州建造全新的可满足车规级标准的 8 英寸功率和射频衬底制造工厂，将碳化硅晶圆制造能力提高多达 30 倍，并使碳化硅材料生产增加 30 倍，从而满足 2024 年的预期市场增长。未来两年 Wolfspeed 将逐步扩张产能至约合 10 万片/月（等效 6 英寸）。

图 35: 碳化硅衬底全球市占率（2021 年）及海外厂商产能梳理



数据来源：Wolfspeed 官网，罗姆公司年报，半导体行业观察，东吴证券研究所

国内厂商规划投资规模较大，而投资落地情况不足预期，有效产能不足。据中国电子材料行业协会半导体材料分会（CEM）统计，截至 2021 年中，全国碳化硅衬底规划投资超 300 亿元，预计规划年产能达 200 万片，而 2020 年全国碳化硅产能则仅为约 11 万片。根据 CASA 对国内各类碳化硅投资项目情况的跟踪调查，每年所宣称的投资额均超过 100 亿元，但目前投资到位、建设并投产的项目仍然较少。其主要原因归纳如下：1) 部分项目建设周期长、进度慢；2) 项目资金需求量大、协调要求高，最终并未实质落地；3) 部分项目的规划脱离实际，导致后续执行难以落实。

图 36: 碳化硅衬底国内产能梳理

公司	工厂	投资金额 (亿元)	状态	建设期	建设时间	试生产/投产时间	量产时间	达产时间	导电型	半绝缘型	4寸	6寸	8寸	4寸 (万片/年) 产能	4寸 (万片/年) 规划产能	6寸 (万片/年) 产能	6寸 (万片/年) 规划产能	备注
露笑科技	绍兴	6.95	投产	2年	2020年8月			2024年	✓	✓	✓	✓		N.A.	N.A.	N.A.	8.8	
	合肥	21	投产	2年	2020年11月	2021年11月	2022年6月		✓			✓		-	-	-	2.5	24
		39		5年									✓	-	-	N.A.	17.8	
		40		5年			T+5		T+6				✓	-	-	N.A.	26.7	
晶盛机电	宁夏	33.6	募股中	5年	未开始	T+2 T+3		T+7	✓	✓	✓	✓	-	-	0	40	规划形成40万片/年的6寸及以上尺寸导电型和半绝缘型碳化硅衬底产能	
天岳先进	济南		投产				2015年	2022H2		✓	✓		4.8	10	-	-		
	上海临港	25	在建	6年	2021年	2022年	2023年	2026年	✓		✓	✓	-	-	N.A.	30		
天科合达	北京	9.6	已建成	2年	2020年8月	2022年		2025-2026	✓	✓	✓	✓	-	-	N.A.	12		
	徐州	3	投产		2018年	2019年12月			✓	✓	✓	✓	-	-	0	25		
		1.5	通过验收		2020年	2021年						✓	✓	N.A.	N.A.	4	4	年产能4万片
		21.9	拟在建	4年	2023年	2021年							✓	-	-	0	30	
	新疆		运行								✓		7	N.A.	-	-		
泰科天润	北京	5	运行		2012年						✓		0.8	0.8	-	-		
世纪金光	浏阳	5	投产		2019年底	2021年9月			✓		✓	✓	-	-	N.A.	6		
	北京		运行			2018年					✓	✓	N.A.	N.A.	3.6	N.A.	规划形成10万片/年的6-8英寸碳化硅单晶生产能力	
	合肥	3.7	建设中		2021年						✓	✓	-	-	0	3		
三安光电	金华	35	拟在建								✓	✓	-	-	0	N.A.		
东尼电子	长沙	160	投产		2020年7月	2021年6月					✓	✓	-	-	N.A.	36		
	湖州	4.7	拟在建	3年							✓	✓	-	-	0	12		

数据来源：各公司公告，东吴证券研究所整理，产能统计时间截止 2021 年底

3.2.2. 器件环节

碳化硅器件未来可期，器件厂商增加供给迎需求。据 Yole 预测，碳化硅器件应用空间将从 2020 年的 6 亿美金快速增至 2030 年的 100 亿美金。面对广阔的发展前景，国内各大器件产商积极扩产。另据 CASA，2020 年底，国内至少已有 8 条 6 英寸碳化硅晶圆制造产线，另有约 10 条碳化硅生产线正在建设。三安光电、泰科天润等主要企业已有相应产线，同时仍在积极扩建。总投资 160 亿元的湖南三安半导体基地一期项目正式于 2021 年 6 月份投产，将打造国内首条、全球第三条碳化硅垂直整合产业链，计划月产三万片 6 寸碳化硅晶圆。泰科天润的湖南项目于 2019 年年底正式开工，主要建设 6 英寸碳化硅基电力电子芯片生产线，满产后可实现 6 万片/年的 6 英寸碳化硅功率芯片。比亚迪半导体、南京百识电子等企业也在建设产线。

图 37: 碳化硅器件国内产能梳理

公司	运营模式	工厂	投资金额(亿元)	状态	建设时间	投产时间	量产时间	产品	参数/型号	产能	下游/客户
三安光电	IDM	长沙	160	量产	2020年7月	2021年6月	2021年11月	碳化硅SBD等	650V 20A碳化硅SBD	N.A.	导入碳化硅功率器件客户549家，覆盖服务器电源、通信电源、光伏逆变器、家电、新能源汽车充电系统的充电桩电源和车载充电机等各细分应用市场标杆客户
泰科天润	IDM	北京	-	量产	-	-	2013年11月	碳化硅SBD、碳化硅MOSFET和碳化硅模块等	600V-3300V	6k-7k件碳化硅器件	消费/汽车/工业
		浏阳	15	预备投产	2019年底	-	-	6英寸碳化硅功率芯片、碳化硅SBD、碳化硅MOSFET	-	-	N.A.
时代电气	IDM	株洲	3.5	科研试制	-	-	-	碳化硅SBD，碳化硅MOSFET	1200V 碳化硅SBD功率芯片等	N.A.	N.A.
华润微	IDM	无锡	-	量产	-	-	2020年7月	碳化硅SBD	1200V 和650V 碳化硅SBD	N.A.	新能源汽车/太阳能逆变器/通讯电源/充电桩、服务器等
			-	产品研制与发布	-	-	-	碳化硅MOSFET	1200V 40mR 280mR	-	工业控制领域
世纪金光	IDM	北京	-	量产	2015年	2018年2月	-	碳化硅SBD、碳化硅MOSFET、碳化硅功率模块等	650-1700V 5-100A碳化硅SBD, 650-1200V 20-100A碳化硅MOSFET, 50-60A碳化硅功率模块	N.A.	N.A.
基本半导体	IDM	无锡	10	投产	2021年3月	2022年3月	2022年中	碳化硅功率模块	N.A.	2022年产能达25万只模块，2025年之前将提升至150万只	汽车
		深圳	-	量产	-	-	-	碳化硅SBD、碳化硅MOSFET	650V/1200V碳化硅SBD, 1200V碳化硅MOSFET	N.A.	服务器电源、通信电源、光伏逆变器、充电桩、新能源汽车等
			-	建设中	2020年底	2023年	-	-	N.A.	N.A.	预计将达200万只碳化硅器件
斯达半导	Fabless	嘉兴	2.29	上量	2021年	-	2022年	碳化硅功率模组	车规级全碳化硅功率模组	计划年产8万颗	新能源汽车，充电桩
瞻芯电子	Fabless	上海临港	-	量产	-	-	2020年4月	碳化硅SBD	650V/1200V 4-40A碳化硅SBD	N.A.	电动汽车和充电桩、通信电源、消费电子、工业应用等
			-	量产	-	-	2020年9月	碳化硅MOSFET	650V/1200V碳化硅MOSFET	N.A.	

数据来源：各公司公告，芯智讯，全球半导体观察，电子发烧友，极客网等，东吴证券研究所整理

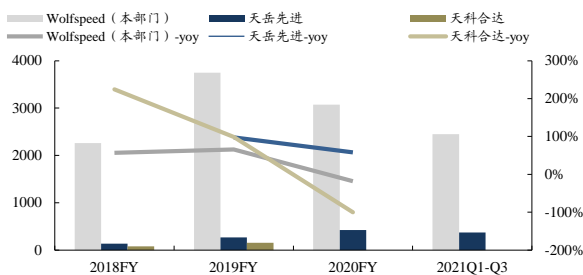
4. 海内外对标：国产厂商的成长路径

4.1. 国产现状：对标海外差距较大

国内厂商较海外仍然有较大差距。从营收规模看，仅以 Wolfspeed 本部门为例，其 2020 财年营收为 470.7 百万美元（折合人民币 3,071.3 百万元），而天岳先进 2020 财年营收为 424.8 百万元，体量约为 Wolfspeed 的七分之一；2019 财年，天岳先进的营收仅为 Wolfspeed 营收规模的十四分之一，天科合达的营收则仅达到了 Wolfspeed 营收的 4% 左右，规模差距较大。虽目前体量较小，但国内厂商加速成长，收入同比增速较高。其中天岳先进 2019、2020 财年营收分别同比增长 97.3%、58.2%，而 Wolfspeed 2019 财年营收同比增速为 65.8%，2020 财年营收则同比下降 18%。

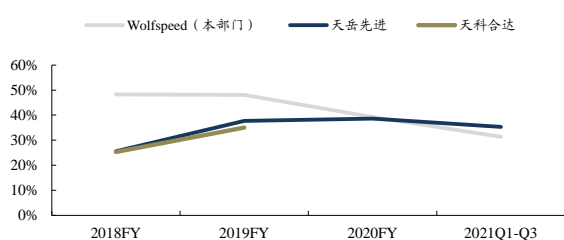
从毛利率看,国产长期仍需攻坚克难。Wolfspeed 本部门 2020 财年毛利率为 39.2%,天岳先进毛利率则为 38.7%,已十分接近;截至 2021Q3,天岳先进毛利率达 35.3%,超出 Wolfspeed 2021 财年的 31.3%,但应该正视公司毛利率背后产品的差异。Wolfspeed 正处于晶圆厂成本过渡时期,伴随 200mm 产能爬坡,据公司远期指引,毛利率将攀升至 50%。目前国产厂商仍以 4 英寸为主,逐步向 6 英寸过渡,若要保持长期竞争优势,国产厂商仍需不懈追赶。

图 38: 海内外龙头收入对比 (百万人民币)



数据来源: Wind (美元兑人民币采用历史汇率), 东吴证券研究所

图 39: 海内外龙头毛利率对比



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

国内龙头与海外龙头的同尺寸产品在技术参数上仍有差距。虽然国产厂商已经具备一定的生产能力,但仍存在单晶性能一致性差、成品率低、成本高等问题,产能较低。

海内外龙头产能差距较大,仍需较长时间追赶。根据天岳先进招股书,公司在 2021 年 1-6 月碳化硅衬底产能 2.8 万片;天岳先进目前在上海临港新建工厂,预计 2022 年试生产,2026 年达产 30 万片。天科合达在 2020 年 Q1 产能约 5000 片(等效 6 英寸);目前于北京大兴在建的新工厂预计 2022 年初投产,产能可达 12 万片。2019 年, Wolfspeed 宣布未来 5 年投资 10 亿美元用于扩大碳化硅产能,将在纽约州建立新工厂及扩建现有工厂;2021 年投资者日,公司宣布当前碳化硅衬底的总产能为 16.7 万平方英尺,约合 85 万片每年(等效 6 英寸),未来两年将逐步扩张产能至 24.2 万平方英尺,约合 123 万片每年(等效 6 英寸)。

图 40: 海内外龙头产品对比 (衬底质量)

产品性能	4 英寸半地型碳化硅衬底			6 英寸半地型碳化硅衬底		
	Wolfspeed	天岳先进	天科合达	Wolfspeed	天岳先进	天科合达
直径	100.0mm + 0.0/-0.5mm	100.0mm + 0.0/-0.5mm	100.0mm + 0.0/-0.5mm	150.0mm ± 0.25mm	150.0mm ± 0.2mm	150.0mm + 0.0/-0.5mm
微管密度	—	< 1cm ⁻²	< 5cm ⁻²	—	< 0.5cm ⁻²	< 5cm ⁻²
多型面积	< 5% (面积)	不允许	不允许	< 5% (面积)	不允许	不允许
电阻率范围	> 1 × 10 ⁶ Ω · cm	> 1 × 10 ⁸ Ω · cm	> 1 × 10 ⁹ Ω · cm	> 1 × 10 ⁶ Ω · cm	> 1 × 10 ⁸ Ω · cm	> 1 × 10 ⁹ Ω · cm
总厚度变化	< 15 μm	< 10 μm	< 5 μm	< 10 μm	< 10 μm	< 6 μm
弯曲度	—	< 25 μm	< 15 μm	< 10 μm	< 25 μm	< 30 μm
翘曲度	< 45 μm	< 35 μm	< 30 μm	< 40 μm	< 40 μm	< 40 μm
表面粗糙度	—	Ra < 0.2nm	Ra < 0.2nm	—	Ra < 0.2nm	Ra < 0.2nm

产品性能	4 英寸导电型碳化硅衬底			6 英寸导电型碳化硅衬底		
	Wolfspeed	天岳先进	天科合达	Wolfspeed	天岳先进	天科合达
直径	100.0mm + 0.0/-0.5mm	100.0mm + 0.0/-0.5mm	100.0mm + 0.0/-0.5mm	150.0mm ± 0.25mm	150.0mm ± 0.2mm	150.0mm + 0.0/-0.5mm
微管密度	< 1cm ⁻²	< 1cm ⁻²	< 2cm ⁻²	< 1 cm ⁻²	< 0.5cm ⁻²	< 2cm ⁻²
多型面积	< 5% (面积)	不允许	不允许	< 5% (面积)	不允许	不允许
电阻率范围	0.015-0.028Ω · cm	0.015-0.028Ω · cm	0.015-0.025Ω · cm	0.015-0.028Ω · cm	0.015-0.025Ω · cm	0.015-0.025Ω · cm
总厚度变化	< 15 μm	< 10 μm	< 10 μm	< 10 μm	< 10 μm	< 6 μm
弯曲度	—	< 25 μm	< 5 μm	< 10 μm	< 25 μm	< 30 μm
翘曲度	< 45 μm	< 45 μm	< 35 μm	< 40 μm	< 40 μm	< 40 μm
表面粗糙度	—	Ra < 0.2nm	Ra < 0.2nm	—	Ra < 0.2nm	Ra < 0.2nm

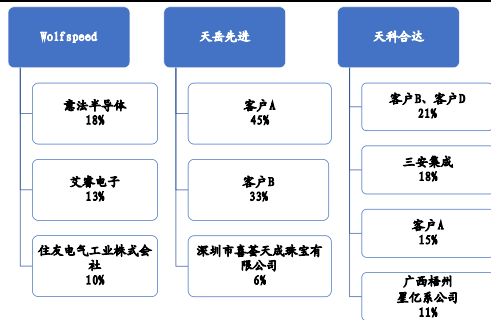
数据来源: 天岳先进招股说明书, 天科合达官网, 东吴证券研究所

国内龙头天岳先进客户集中度较高，与主要客户合作时间较长，合作关系的稳定性及可持续性良好。天岳先进 2018-2020 年向前五名客户合计销售金额占当期销售总额的比例分别为 80.15%、82.94%、89.45%，客户集中度较高。天岳先进与客户 B 于 2014 年建立合作关系，双方于 2019 年签订了销售框架协议，客户 B 开始向天岳先进批量采购，2020 年客户 B 成为天岳先进的第二大客户。2021 年双方签订了全年上万片的采购框架协议。天岳先进的下游领域均具有广阔前景，同时，天岳先进与大客户均达成稳定良好的战略合作关系，与重要客户均有长期合作的意愿，未来的业务合作量有望持续增长。

天科合达客户集中度相对分散。海外龙头 Wolfspeed 的 2021 财报显示，其当年前三大客户分别为意法半导体、艾睿电子和住友电气工业株式会社，此外没有单一客户占营业收入超过 10%。类似地，天科合达 2020 年 1-3 月主要客户为客户 B、客户 D (合计占营业收入的 21%)，三安集成、客户 A 以及广西梧州星亿系公司，此外没有单一客户占营业收入超过 10%。

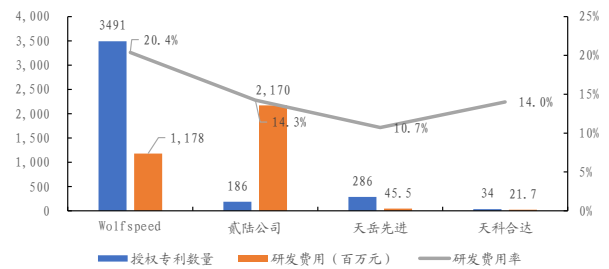
海内外龙头研发经费相差数十倍，国内产业拓展任重而道远。海外龙头 Wolfspeed 技术团队经过数十年发展已经形成完整的碳化硅产业链，且与下游企业深度合作。2020 年 6 月与宇通集团签订战略合作协议，2021 年 10 月与通用汽车签订战略合作协议。

图 41: 海内外龙头客户对比



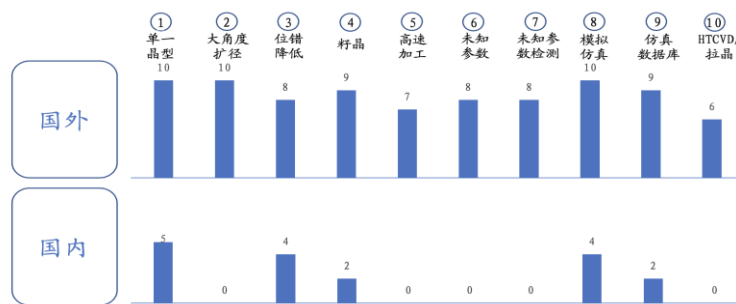
数据来源：天岳先进（2020 年）、天科合达（2020 年 1-3 月）招股书，Wolfspeed 公告（2021 年），东吴证券研究所

图 42: 海内外龙头研发水平对比



数据来源：各公司公告，东吴证券研究所；注：天科合达研发费用数据为 2019 年、专利数据为 2020 年 1-3 月，其余公司全部数据为 2020 年

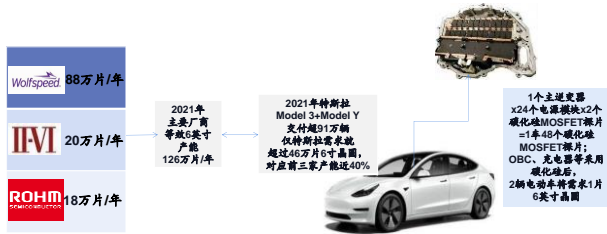
图 43: 国内外技术水平差距



数据来源：产业链访谈（纵轴代表水平得分），东吴证券研究所

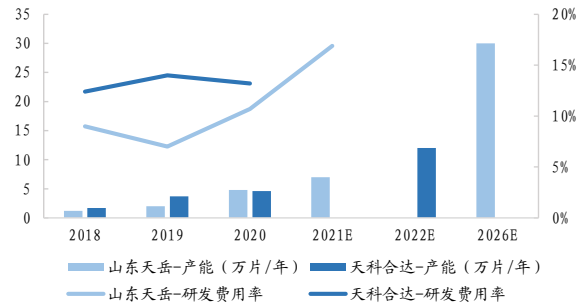
整体看，行业需求快速增长及半导体国产化浪潮为国产供应链带来机遇。碳化硅供需趋紧，2021年，仅特斯拉一家需求便可消化近50万片6寸衬底产能，国产缺货带来导入机会。国产碳化硅厂商积极扩产、投研发，随着技术发展不断成熟，验证进展推进，未来有望实现放量。

图 44: 碳化硅供需趋紧带来国产化机遇



数据来源：特斯拉官方微博，Munro & Associates，GaN世界，wolfspeed 公告，东吴证券研究所测算

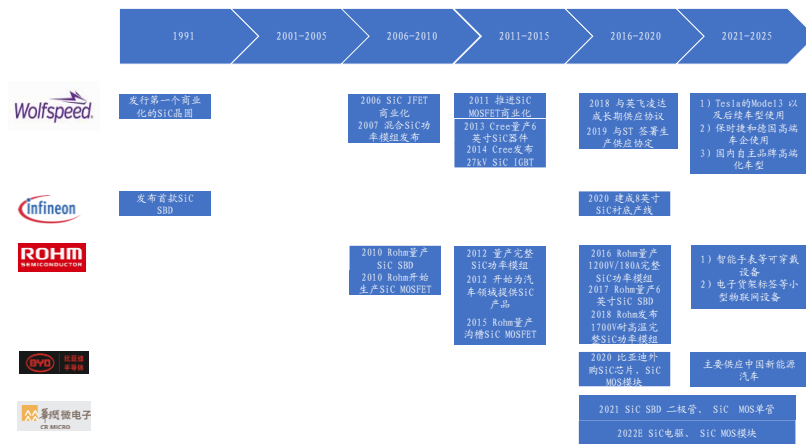
图 45: 国内龙头大力扩产、投研发



数据来源：各公司招股书，东吴证券研究所

竞争要素：优先导入供应链，上车验证。碳化硅器件十分重视工艺，需要不断循环迭代验证，优先导入供应链对于获取份额具有重要意义。

图 46: 国内外产品迭代情况



数据来源：各公司招股说明书，各公司公告，半导体行业观察，东吴证券研究所

4.2. 关键问题探讨

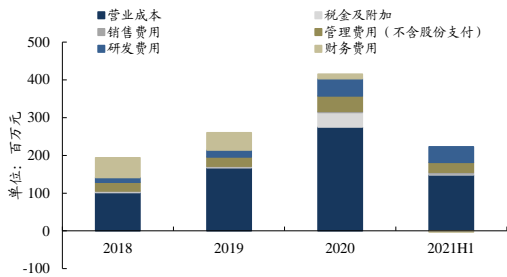
4.2.1. 降成本路径

市场关注降本速度，衬底降本先行。碳化硅的成本直接决定了渗透率，影响市场规模，因此需要密切关注产业降本节奏。以山东天岳为例，其2020年整体成本（除股份支付成本）中，营业成本占比66.2%；其主要原材料采购金额中，石墨件、石墨毡为主要原材料，采购金额占比分别为34.74%、48.87%。

衬底降本快于器件，衬底发展类似于LED行业。LED行业早期成本较高，被国外厂商垄断，国内的三安等企业切入市场后开始快速降价，实现了份额的提升，带来行业

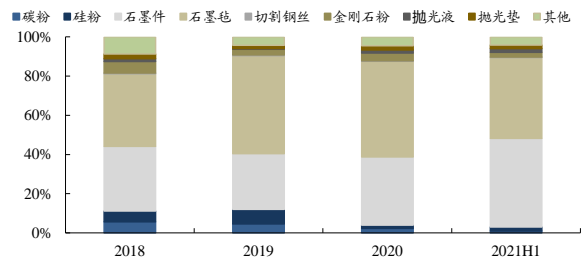
格局洗牌。衬底制造难度高于LED，但仍有一定可比性，我们判断未来降成本速度将快于器件。

图 47: 山东天岳成本拆解



数据来源: 天岳先进招股书, 东吴证券研究所

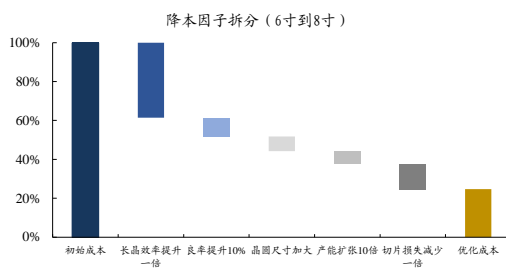
图 48: 山东天岳材料成本结构



数据来源: 天岳先进招股书, 东吴证券研究所

长晶效率提升为最重要降本因子。我们以山东天岳披露的公开数据做测算，就衬底降本的详细路径及因子做一个探讨。在6寸片转为8寸片的情况下，降本的贡献因子大小排序为：长晶效率提升一倍>切片损失较少一倍>良率提升10%>晶圆尺寸加大>产能扩张10倍。

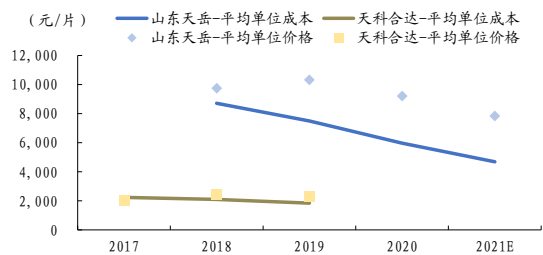
图 49: 衬底降成本因子拆分



数据来源: 天岳先进、天科合达招股书, wolfspeed 材料, 东吴证券研究所测算

注: 假设良率从70%提升至80%

图 50: 衬底降本曲线



数据来源: 天岳先进、天科合达招股书, 东吴证券研究所

4.2.2. 远期盈利能力

良率提升较慢，国产厂商短期盈利能力有待提升。碳化硅全产业链生产环节较长，衬底制作环节就包括晶体生长和切磨抛等，整体来看技术难度较大，工艺进展缓慢，目前国产厂商大多处于实验室阶段，尚不具备大批量供货能力。盈利能力方面，Wolfspeed 公布的2021年毛利率为31.3%，国产厂商由于产品阶段的不成熟，财务数据不具有显著可比性，有待产能和良率的进一步提升，以及产品正式的验证、通过、迭代。

单炉出片量与整体良率为盈利核心影响因素。我们拆解产业链不同环节，发现单炉出片量和整体良率为盈利关键影响指标，单炉出片量也对应晶体生长速度。通过山东天岳和天科合达公开数据进行测算，我们认为良率达30%、单炉年产量1000片4寸片时，可以达到盈亏平衡。如果维持单炉年产量1000片4寸片，良率提升到50%以上，有望实现30%以上的利润率。

图 51: 良率-产量敏感性分析

整体良率	单炉产出量														
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
10%	-400%	-267%	-222%	-200%	-187%	-178%	-171%	-167%	-163%	-160%	-158%	-156%	-154%	-152%	-151%
20%	-160%	-93%	-71%	-60%	-53%	-49%	-46%	-43%	-41%	-40%	-39%	-38%	-37%	-36%	-36%
30%	-80%	-36%	-21%	-13%	-9%	-6%	-4%	-2%	-1%	0%	1%	1%	2%	3%	3%
40%	-40%	-7%	4%	10%	13%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	21%	22%	22%	22%
50%	-16%	11%	20%	24%	27%	28%	30%	31%	31%	32%	32%	33%	33%	34%	34%
60%	0%	22%	30%	33%	36%	37%	38%	39%	40%	40%	40%	41%	41%	41%	41%
70%	11%	30%	37%	40%	42%	43%	44%	45%	45%	46%	46%	46%	47%	47%	47%
80%	20%	37%	42%	45%	47%	48%	49%	49%	50%	50%	50%	51%	51%	51%	51%
90%	27%	41%	46%	49%	50%	51%	52%	53%	53%	53%	54%	54%	54%	54%	54%
100%	32%	45%	50%	52%	53%	54%	55%	55%	56%	56%	56%	57%	57%	57%	57%

数据来源: 天岳先进、天科合达招股书, 东吴证券研究所测算

注: 单炉产出量单位为片/年

4.2.3. 远期格局推演

国产化率有望提升, 份额有望提升 10% 以上。我们复盘了第一代半导体硅和第二代半导体砷化镓的发展历史, 探寻碳化硅与硅的同与不同。回顾第二代半导体砷化镓的发展, 砷化镓在手机射频领域和光电子领域占据了主导地位, 而碳化硅主要应用于电力电子领域, 下游应用的区别使得它们的发展方向有较大差别。砷化镓产业链主要环节有衬底外延生产、IC 设计、晶圆制造/代工、IC 封装测试, 下游应用包括手机射频、LED、激光、光伏等。衬底环节, 仅 IQE 和全新光电两家就占比 89%, 外延环节中 IQE 和全新光电合计占比达 79%。晶圆制造环节, 稳懋独占全球 71% 的市场份额, 一家独大。器件市场中, 美国 Skyworks 占据 32% 的市场份额, 其他厂商竞争较为充分。

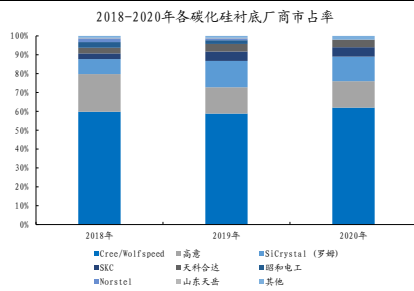
图 52: 砷化镓产业链及下游应用



数据来源: 前瞻产业研究院, Yole, 东吴证券研究所

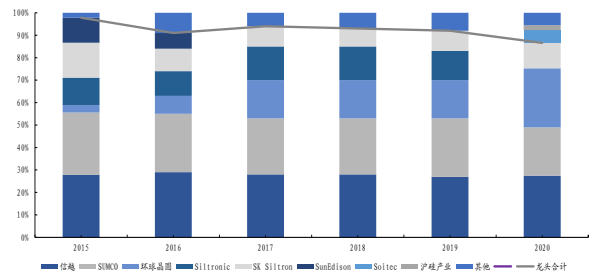
碳化硅的市场格局演化可能更加类似第一代半导体硅片, 市场集中度仍然较高但龙头合计市占率逐步下降。就硅片而言, 2015-2020 年全球前五大硅片制造商合计市占率分别为 98%, 91%、94%、93%、92%、87%, CR5 在 6 年时间整体下降 11pct。碳化硅产业中国产份额较低, 2020 年国内龙头天科合达全球份额仅 4%, 未来国产份额提升空间或大于硅片。以天科合达为代表的国产厂商有机会加速扩产, 挤压海外厂商市场份额。

图 53: 全球碳化硅衬底市场格局演变



数据来源: Yole, Wolfspeed, 东吴证券研究所

图 54: 全球硅片市场格局演变 (2015-2020)

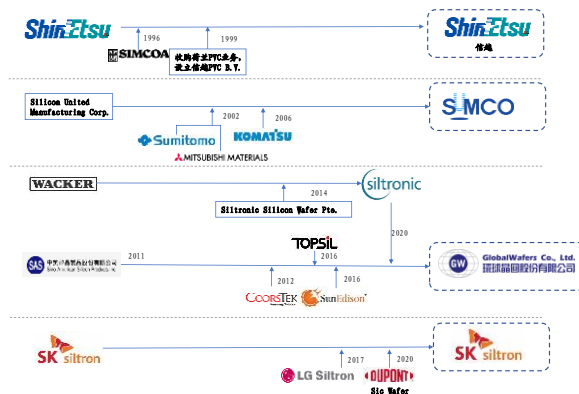


数据来源: SEMI, SUMCO, Garter, 东吴证券研究所

国产有望长出大公司。当前碳化硅衬底市场格局呈现寡头垄断，以导电型碳化硅衬底为例，近三年全球前三大碳化硅衬底制造商 Wolfspeed、贰陆、罗姆合计市占率分别为 88%、87%、89%。较高的市场集中度体现了行业的高进入门槛和竞争壁垒。Wolfspeed 作为行业龙头，独占近 60% 份额，说明技术学习曲线相对陡峭，一旦跑出竞争优势，可以维持较持续的竞争优势。国产厂商目前呈现百花齐放态势，但行业终局更有可能跑出赢家，长出较大体量的公司。

行业发展后期有望发生并购潮。第一代半导体硅片的市场格局演变中，各大制造商均通过并购来扩大市场份额。回顾龙头硅片制造商发展历史，日本信越化学 1996 年并购了意大利硅企业 SIMCOA，扩大了硅原材料生产。日本 Silicon United Manufacturing Corp. 于 2002 年并购 SUMITOMO 和 MITSUBISHI，更名为 SUMCO，市场份额成为全球第二，并于 2006 年又收购了 KOMATSU。中国台湾环球晶圆 2012 年收购 CoorsTek，2016 年收购 Topsil 和 SunEdison，2020 年收购德国世创后市场份额跃居全球第二。韩国 SK Siltron 于 2017 年、2019 年先后收购 LG Siltron 和杜邦碳化硅晶圆事业部。

图 55: 全球前五大硅片厂商并购史



数据来源: 环球晶圆、Siltronic、SK、信越、Sumco 官网, 东吴证券研究所

4.2.4. 国产市值空间

国产厂商暂时营收体量较小，市值反映乐观预期。我们认为碳化硅行业需求明确，持续性好，可与模拟芯片、半导体设备等行业进行类比，国内资本市场给予高溢价。按

照 2022 年业绩预测进行统计，模拟芯片和半导体设备领域，国内公司普遍 PE、PS 估值倍数为海外龙头的 4 倍以上。碳化硅领域，国产公司相对业务占全公司营收比例不高，因此估值倍数有一定失真。

图 56: 国产厂商市值空间对标

		股票代码	2022E 营收 (亿人民币)	2022E 净利润 (亿人民币)	总市值 (亿人民币)	PE (2022 远期)	PS (2022 远期)
碳化硅	Wolfspeed	WOLF.N	45.9	-4.6	787	-	17
	天岳先进	688234.SH	7.5	1.2	295	243	39
	三安光电	600703.SH	165.4	30.8	1,276	41	8
	晶盛机电	300316.SZ	100.5	24.9	818	33	8
	时代电气	3898.HK	153.7	23.5	487	21	3
	露笑科技	002617.SZ	44.8	4.3	227	53	5
模拟芯片	TI	TXN.O	1,255.0	538.8	9,944	18	8
	圣邦股份	300661.SZ	30.0	8.4	810	97	27
	思瑞普	688536.SH	19.4	6.0	534	89	28
	艾为电子	688798.SH	37.2	4.5	300	67	8
设备	AMAT	AMAT.O	1,670.1	463.7	7,553	16	5
	北方华创	002371.SZ	133.5	14.2	1,586	111	12
	中微公司	688012.SH	43.7	8.9	788	89	18

数据来源：时代电气、晶盛机电营收利润为东吴预测，其他公司利润取自 Wind、彭博

注：市值数据截至 2022 年 2 月 26 日收盘，美元兑人民币汇率取 6.3，港币兑人民币汇率取 0.81（2 月 26 日数据）

复盘 Wolfspeed 股价：行业需求持续向好叠加业绩超预期，驱动股价创新高。2008 年以前，LED 技术及产品应用处于发展初期；2008 年开始，随智能手机等电子产品需求快速增长带来公司 LED 业务的蓬勃，股价 2 年内涨幅可观；2012 年后，LED 照明技术逐渐成熟，需求放量，公司照明业务收入不断增长，享受照明行业发展红利；2018 年，公司宣布将 Wolfspeed 业务作为重要方向，之后逐步剥离 LED 业务、照明业务，专注于碳化硅领域，与诸多汽车、光伏等领域企业达成战略合作关系，随着全球汽车产业结构、能源结构的变革，公司将享受广阔的发展空间，近两年股价屡创新高。Wolfspeed 于 2021 年 10 月底发布 22Q1 财报，超出市场预期，叠加市场对于电动车下游需求的乐观态度，股价出现大幅上涨。

图 57: wolfspeed 股价复盘



数据来源：Bloomberg，Wolfspeed 公司公告，东吴证券研究所

截至 2022 年 2 月 26 日，Wolfspeed 收盘市值为 125 亿美元。我们认为 Wolfspeed 作为碳化硅行业龙头，其市值具有标杆意义，未来随着行业需求持续增长，公司自身产能扩张，Wolfspeed 有望实现市值的持续增长，也为国产上市公司打开空间。

5. 风险提示

- 1) 碳化硅降成本速度不及预期，导致渗透率提升缓慢；
- 2) 国产厂商车规级验证进展缓慢，导致营收增长不及预期；
- 3) 国产厂商良品率提升缓慢，导致毛利率处于低位。

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，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。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。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

东吴证券投资评级标准：

公司投资评级：

- 买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 15% 以上；
- 增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 5% 与 15% 之间；
- 中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 -5% 与 5% 之间；
- 减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 -15% 与 -5% 之间；
- 卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 -15% 以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于大盘 5% 以上；
- 中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对大盘 -5% 与 5%；
- 减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于大盘 5% 以上。

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>

