

推荐（首次）

碳化硅专题报告

风险评级：中高风险

SiC 材料特性优异，新能源汽车、光伏驱动行业成长

2022 年 10 月 26 日

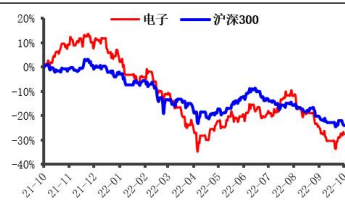
投资要点：

分析师：刘梦麟
SAC 执业证书编号：
S0340521070002
电话：0769-22110619
邮箱：
liumenglin@dgzq.com.cn

分析师：陈伟光
SAC 执业证书编号：
S0340520060001
电话：0769-22110619
邮箱：
chenweiguang@dgzq.com.cn

分析师：罗炜斌
SAC 执业证书编号：
S0340521020001
电话：0769-23320059
邮箱：
luoweibin@dgzq.com.cn

行业指数走势



资料来源：东莞证券研究所，Wind

相关报告

- **SiC 电气特性优越，有望成为最具前景的半导体材料之一。**半导体材料位于半导体产业链最上游，属于芯片制造与封测的支撑性产业，是半导体产业链中细分领域最多的环节。近年来，全球半导体材料市场规模稳健增长，而从被研究和规模化应用的先后顺序看，半导体材料发展至今已经历了三个阶段。其中，以 SiC 为代表的第三代半导体，具备耐高压、耐高温和低能量损耗等优越性能，可以满足电力电子技术对高温、高功率、高压、高频及抗辐射等恶劣工作条件的新要求，有望成为半导体材料领域最具前景的材料之一。
- **碳化硅下游应用广泛，新能源汽车、光伏等驱动行业成长。**SiC 产业链包括上游 SiC 衬底材料的制备、中游外延层生长、器件制造以及下游应用市场。从下游应用看，SiC 衬底可分为半绝缘性衬底和导电性衬底，其中半绝缘 SiC 衬底主要用于制作微波射频器件，用于 5G 通讯、雷达等高频需求领域，导电型衬底则用于制作功率器件，用于新能源汽车、光伏发电等高压需求领域。近年来，SiC 功率器件在下游应用中崭露头角，应用范围已从传统的消费电子、工业控制、电力传输、计算机、轨道交通等领域，扩展至新能源汽车、风光储、物联网、云计算和大数据等新兴应用领域，其中新能源汽车、光伏等领域的快速发展给 SiC 带来增量需求，驱动碳化硅行业不断成长。据 Yole 预测，到 2025 年，全球 SiC 市场规模将达到 25.60 亿美元，2019-2025 年复合增速高达 29.53%。
- **政策支持+成本下降，碳化硅国产替代有望加速。**近年来，国家陆续出台政策鼓励 SiC 行业发展与创新，叠加 SiC 衬底向大尺寸演进，有效提升材料使用率，以及晶棒、衬底良率持续提升，未来碳化硅器件的生产成本有望持续下降，预计在高电压场景中先具备替代优势。目前海外厂商在碳化硅领域占据先发优势，国内企业仍在起步阶段，技术不断追赶同时产能尚在爬坡，随着国内企业产品得到验证进程加速，下游厂商认可程度不断提升，海外企业与国内企业差距相对缩小，国产替代具备广阔的市场空间。
- **投资策略：**碳化硅电气特性优越，下游新能源汽车、光伏等领域驱动行业成长，目前海外龙头企业具备先发优势，国产厂商正加速验证，国产替代空间广阔。建议关注国内碳化硅产业链各环节布局领先的企业，如晶盛机电、天岳先进、三安光电、时代电气、斯达半导等。
- **风险提示：**成本下降不及预期导致渗透放缓，行业竞争加剧等。

目 录

1. SiC 电气特性优越，有望成为最具前景的半导体材料之一	4
1.1 半导体材料分种类众多，市场规模稳健增长	4
1.2 SiC 电气特性优越，有望成为半导体领域最具前景的材料之一	7
2. 碳化硅下游应用广泛，国内厂商份额较低	9
2.1 产业链各环节介绍	9
2.1.1 半绝缘型 SiC 衬底在射频器件上的应用	11
2.1.2 导电型 SiC 衬底在功率器件领域的应用	13
2.2 竞争格局：海外企业垄断，国内份额较低	15
3. 下游应用：新能源汽车、光伏驱动行业成长	18
3.1 新能源汽车：渗透率不断提升，SiC 器件需求有望逐步放量	18
3.2 光伏：光伏新增装机持续增长，逆变器用 SiC 市场规模巨大	22
3.3 轨道交通：SiC 器件特性优异，已在城轨系统中得到应用	24
3.4 智能电网：SiC 器件可有效降低电力损失	25
4. 政策支持+成本下降，碳化硅国产替代有望加速	25
5. 投资建议	31
6. 风险提示	32

插图目录

图 1：2014-2021 年我国半导体销售额及占全球比重情况	4
图 2：半导体产业链情况	5
图 3：半导体材料位于半导体产业链最上游	5
图 4：半导体材料分类	6
图 5：2010-2021 年全球半导体材料销售额及同比增长率	6
图 6：全球半导体晶圆制造材料、封装材料销售额情况	6
图 7：中国大陆半导体材料销售额及同比增长率	7
图 8：同规格 SiC 器件与硅器件对比	9
图 9：SiC 产业链	10
图 10：SiC 衬底与外延片示意图	11
图 11：SiC 器件制造成本分布	11
图 12：通信射频系统结构示意图（以智能手机为例）	12
图 13：不同材料微波射频器件的应用范围对比	12
图 14：我国 5G 基站建设进展	12
图 15：不同类型射频器件市场份额预测（功率在 3W 以上的射频功率器件，不含手机功率放大器）	13
图 16：全球 SiC 基氮化镓射频器件的市场规模	13
图 17：硅基与 SiC 基 MOSFET 对比（100V 电压）	14
图 18：硅基 IGBT 与 SiCMOSFET 对比（40kHz 开关频率）	14
图 19：SiC 行业主要企业的产业链覆盖情况	15
图 20：2020 年上半年全球 SiC 衬底市场份额占比	16
图 21：2020 年导电型 SiC 衬底市场竞争格局	16
图 22：2020 年半绝缘型 SiC 衬底竞争格局	16
图 23：SiC 功率器件的行业竞争格局（2020 年）	17

图 24: SiC 功率器件的下游应用领域分布情况	17
图 25: SiC 器件下游应用领域	18
图 26: SiC 市场规模	18
图 27: 全球新能源汽车销量及占比情况	19
图 28: 中国新能源汽车销量及占比情况	19
图 29: SiC 器件在新能源车的应用	20
图 30: SiC 器件成本构成图	22
图 31: 全球光伏新增装机规模	22
图 32: 中国光伏新增装机规模	22
图 33: SiC 方案逆变器转化效率	23
图 34: SiC 方案逆变器能力损耗	23
图 35: 光伏逆变器中采用 SiC 方案的渗透率	23
图 36: SiC 器件在轨道交通中渗透率预测	25
图 37: Wolfspeed 公司 SiC 衬底向大尺寸方向演进 (2018 年)	27
图 38: 8 吋晶圆相较 6 吋可多切近 90%数量芯片, 边缘浪费降低 7%	27
图 39: 天岳先进 2018 年-2021 年上半年衬底和晶棒良率情况	28
图 40: SiC 成本逐渐下降 (一)	28
图 41: SiC 成本逐渐下降 (二)	28
图 42: 2017-2020 年 650V 的 SiC SBD 价格持续下降 (元/A)	29
图 43: 2017-2020 年 1200V 的 SiC SDB 价格持续下降 (元/A)	29
图 44: Wolfspeed 美国纽约州莫霍克谷工厂	30
图 45: 意法半导体新设 SiC 工厂	30

表格目录

表 1: 硅、氮化镓、SiC 物理特性对比	8
表 2: 三代半导体代表性材料、主要特性及应用领域	8
表 3: SiC 半绝缘型衬底与导电型衬底对比	10
表 4: 功率半导体的应用场景日益丰富	14
表 5: 全球 SiC 外延设备主要厂商 (2020 年)	16
表 6: 中国主要的本土 SiC 器件厂商 (2020 年)	17
表 7: 主要国家碳中和时间表	19
表 8: 新能源汽车应用 SiC 器件情况	20
表 9: SiC 衬底、SiC 器件、SiC 外延片市场规模预测	21
表 10: 光伏逆变器用 SiC 市场规模预测	23
表 11: 国家支持第三代半导体产业、SiC 行业发展相关政策	25
表 12: 海外龙头企业与天岳先进的 SiC 衬底量产时间对比	29
表 13: 中国 SiC 行业相关产线建设情况	31
表 14: 重点公司盈利预测及投资评级 (2022/10/25)	32

1. SiC 电气特性优越，有望成为最具前景的半导体材料之一

1.1 半导体材料分种类众多，市场规模稳健增长

近年来我国半导体产业快速发展，市场规模快速增长。半导体指常温下导电性能介于导体与绝缘体之间的材料，是现代电子信息产业的基础，其下游产品广泛应用于移动通信、计算机、电力电子、医疗电子、工业电子、军工航天等行业，被称为现代工业的“粮食”。近年受益于智能手机和智能穿戴等新兴消费电子市场的快速放量，以及汽车电子、工业控制和物联网等科技产业的发展，叠加半导体国产化的快速推进，我国半导体产业迎来了快速发展阶段。2021 年，我国半导体销售额达到了 1,921 亿美元，同比增长 26.80%，2017-2021 年复合增速高达 9.94%，高于全球同期 6.18% 的复合增速。从销售额占比来看，我国半导体产业的全球影响力逐步增强，国内半导体销售额占全球比重从 2017 年的 30.69% 提升至 2021 年的 35.27%。

图 1：2014-2021 年我国半导体销售额及占全球比重情况



资料来源：SIA，东莞证券研究所

半导体材料位于半导体产业链最上游环节，是芯片制造与封测的支撑性行业。半导体行业技术门槛较高，涉及的产业链较长，从上游至下游包括芯片设计、制造、封测、终端应用等环节，终端应用包括 5G 通信、计算机、云计算、大数据、汽车电子、物联网和工业电子等领域。其中，半导体材料与半导体设备位于半导体产业链最上游，属于芯片制造与封测的支撑性行业。

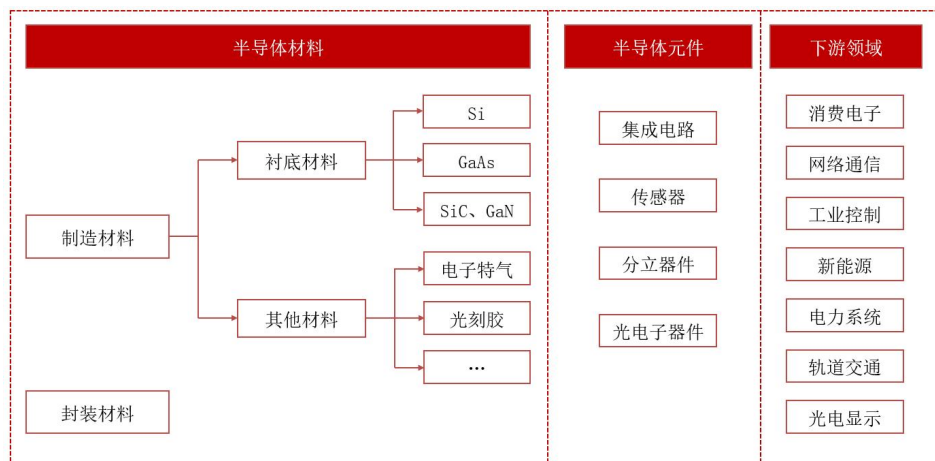
图 2：半导体产业链情况



资料来源：盛美上海招股说明书，东莞证券研究所

半导体材料分为晶圆制造材料和封装材料。半导体材料（semiconductor material）是一类具有半导体性能（导电能力介于导体与绝缘体之间，电阻率约在 $1\text{m}\Omega \cdot \text{cm} \sim 1\text{G}\Omega \cdot \text{cm}$ 范围内），在集成电路、分立器件等半导体产品生产制造中起到关键性的作用。半导体材料具有热敏性、光敏性和掺杂性等特点，一般情况下其导电率随着温度的升高而升高。按照半导体的制造过程进行划分，半导体材料可分为晶圆制造材料和封装材料。其中，晶圆制造材料主要是制造硅晶圆半导体、砷化镓、SiC 等化合物半导体的芯片过程中所需的各类材料，封装材料则是将制得的芯片封装切割过程中所用到的材料。

图 3：半导体材料位于半导体产业链最上游

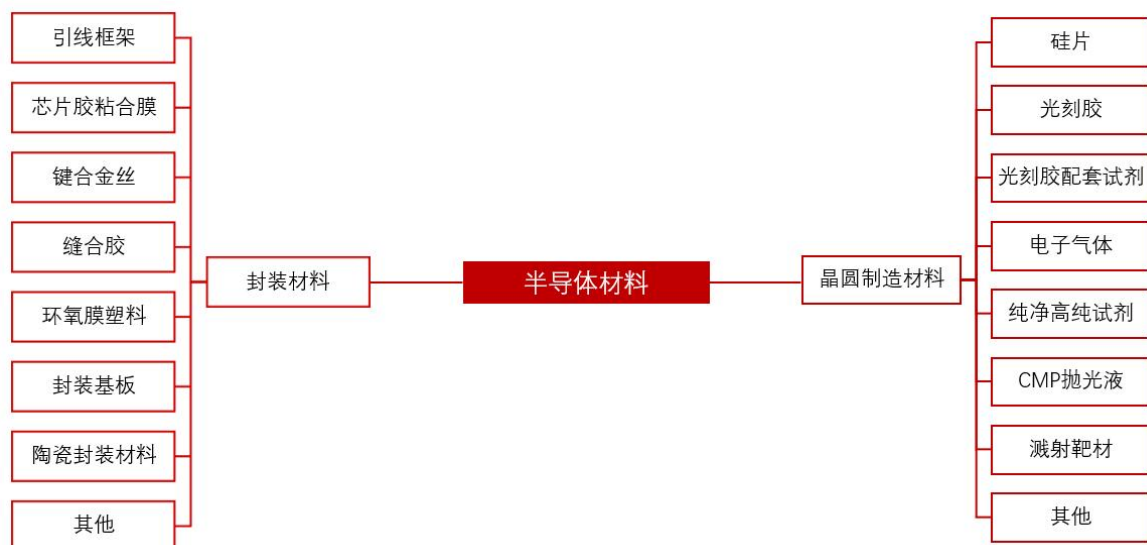


资料来源：天科合达招股说明书，东莞证券研究所

半导体材料细分种类众多，其中晶圆制造材料占据主要份额。半导体材料是半导体产业链中细分领域最多的环节，细分子行业多达上百个。其中，晶圆制造材料主要包括硅片、光刻胶、光刻胶配套试剂、电子气体、纯净高纯试剂、CMP 抛光液和溅射靶材等；封装材料则包括引线框架、芯片粘贴结膜、键合金丝、缝合胶、环氧膜塑料、封装基板、陶瓷封装材料和环氧膜塑料等。据 SEMI 数据，2021 年全球半导体材料销售额约为 643 亿美元，其中晶圆制造材料销售额为 404 亿美元，占比 63%，多年来始终占据半导体材料

的主要份额，封装材料 2021 年销售额为 239 亿元，占比 37%。

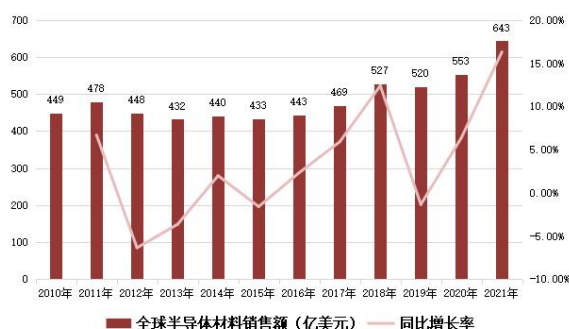
图 4：半导体材料分类



数据来源：公开资料整理，东莞证券研究所

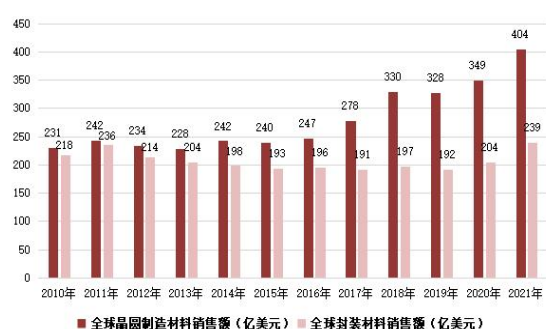
全球半导体材料市场规模稳健增长，未来晶圆制造材料占比有望继续提升。近年来，全球半导体材料市场规模稳健增长，总销售额从 2010 年的 449 亿美元增长至 2021 年的 643 亿美元，2010-2021 年复合增长率为 3.33%。其中，全球晶圆制造材料销售规模从 2010 年的 231 亿美元增长至 2021 年的 404 亿美元，2010-2021 年复合增速达 5.23%；封装材料市场则维持相对平稳，2021 年市场规模为 239 亿美元，2010-2021 年复合增速为 0.84%。大陆市场方面，2021 年半导体材料销售额达到 119 亿美元，同比大幅增长 21.89%，2010-2021 年复合增速达到 9.67%，增速高于全球平均水平。未来，随着半导体芯片工艺升级、芯片尺寸持续小型化，以及全球硅材料、化合物半导体材料的品种和性能不断迭代升级的影响下，晶圆制造材料占比有望继续提升。

图 5：2010-2021 年全球半导体材料销售额及同比增长率



数据来源：SEMI，东莞证券研究所

图 6：全球半导体晶圆制造材料、封装材料销售额情况



数据来源：SEMI，东莞证券研究所

图 7：中国大陆半导体材料销售额及同比增长率



数据来源：SEMI，东莞证券研究所

1.2 SiC 电气特性优越，有望成为半导体领域最具前景的材料之一

半导体材料发展至今已经历三个阶段。常见的半导体材料包括硅（Si）、锗（Ge）等元素半导体及砷化镓（GaAs）、碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）等化合物半导体材料，从被研究和规模化应用的时间先后顺序来看，上述半导体材料被业内通俗地划分为三代。

第一代半导体材料从 20 世纪 50 年代开始大规模应用，以硅（Si）、锗（Ge）为代表。该类材料产业链较为成熟，技术储备完善且制作成本较低，目前主要应用于大规模集成电路中，主要产品包括低压、低频、低功率的晶体管和探测器。硅基半导体材料是目前产量最大、应用最广的半导体材料，90%以上的半导体产品是用硅基材料制作。

第二代半导体材料从 20 世纪 90 年代开始大规模应用，以砷化镓（GaAs）和磷化铟（InP）为代表。随着半导体产业的发展，硅材料的物理瓶颈日益显现，其物理性质限制了在光电子和高频高功率器件上的应用。第二代半导体材料在物理结构上具备直接带隙的特点，相对于硅基材料具有光电性能佳、工作频率高，抗高温、抗辐射等优势，适用于制作高速高频、大功率及发光电子器件，是制作高性能微波、毫米波器件及发光器件的优良材料，广泛运用于移动通讯、卫星通讯、光通讯和 GPS 导航等领域。

第三代半导体是以氮化镓（GaN）、碳化硅（SiC）为代表的化合物半导体，该类半导体材料禁带宽度大于或等于 2.3eV，因此也被称为宽禁带半导体材料。第三代半导体在禁带宽度、击穿电场、热导率、电子饱和速率、抗辐射能力等关键参数方面具有显著优势，满足了现代工业对高功率、高电压、高频率的需求。因此，第三代半导体主要被用于制作高速、高频、大功率及发光电子器件，下游应用领域包括智能电网、新能源汽车、光伏风电、5G 通信等。

表 1：硅、氮化镓、SiC 物理特性对比

材料性能	Si	GaN	SiC
禁带结构	间接带隙	直接带隙	间接带隙
禁带宽度 (eV)	1.1	3.4	3.3
电子迁移率 (10cm/Vs)	1,350	2,000	1,000
电子饱和漂移速度 (10cm/s)	1	2.7	2.2
相对介电常数	11.9	8.9	9.7
热导率 (W/cmK)	1.49	1.3	1.3
击穿场强 (MV/cm)	0.3	3.3	3.3
对应器件理论最高 工作温度 (°C)	175	800	600

资料来源：互联网资料整理，东莞证券研究所

表 2：三代半导体代表性材料、主要特性及应用领域

发展历程	代表性材料	主要特点	应用领域
第一代半导体材料	硅 (Si)、锗 (Ge)	产业链十分成熟，技术完备，成本较低	硅 (Si) 主要应用于大规模集成电路中，目前 99% 以上的集成电路和 95% 以上的半导体器件都由 Si 材料制作； 锗 (Ge) 主要应用于低压、低频、中功率晶体管及光电探测器中
第二代半导体材料	砷化镓 (GaAs)、磷化铟 (InP)	在物理结构上具有直接带隙的特点，相对于 Si 材料具有更好的光电性能，工作频率更高，耐高温，抗辐射； GaAs、InP 材料资源较为稀缺，价格昂贵且具有毒性，能污染环境，InP 甚至被认为是可疑致癌物质，具有一定的局限性	适用于制作高速、高频、大功率以及发光电子器件，是制作高性能微波、毫米波器件及发光器件的优良材料，广泛应用于卫星通讯、移动通讯、光通信、GPS 导航等领域
第三代半导体材料	氮化镓 (GaN)、碳化硅 (SiC)	具备能够承受更高的电压、适合更高频率，可实现更高的功率密度，并具有耐高温、耐腐蚀、抗辐射、禁带宽度大等特性	具备应用于光电器件、微波器件和电子电力器件的先天性能优势，广泛应用于新能源汽车、消费电子、光伏、风电、半导体照明、导弹和卫星等领域。

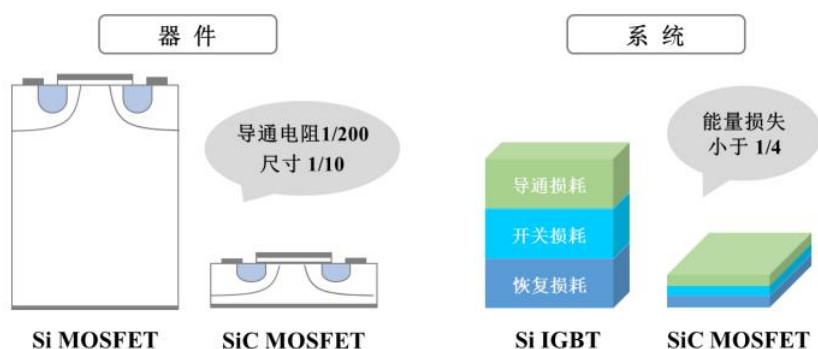
资料来源：互联网资料整理，东莞证券研究所

SiC 材料介绍。SiC，是一种无机物，化学式为 SiC，是用石英砂、石油焦（或煤焦）、木屑（生产绿色 SiC 时需要加食盐）等原料通过电阻炉高温冶炼而成。SiC 在大自然也存在罕见的矿物，莫桑石。在 C、N、B 等非氧化物高技术耐火原料中，SiC 为应用最广泛、最经济的一种，可以称为金刚砂或耐火砂。

SiC 有望成为半导体材料领域最具前景的材料之一。与硅器件相比，以 SiC 为衬底制成的功率器件具有耐高压、耐高温和低能量损耗等电气性能，是最具发展前景的半导体材料之一。SiC 优越的电气特性包括如下方面：

- ① **耐高压**。由于 SiC 的击穿电场强度是硅的 10 余倍，使用 SiC 制备器件能够进一步提升耐压容量、工作频率以及电流密度，同时大幅降低器件的导通损耗。
- ② **耐高温**。随着禁带宽度越大，器件的极限工作温度越高，由于 SiC 的禁带接近硅的 3 倍，SiC 的极限工作温度较硅将有明显的提升，可以达到 600℃ 以上。同时，SiC 的热导率比硅更高，有助于降低对散热系统的要求，使终端可以更加轻量化和小型化。
- ③ **低能量损耗**。SiC 具有 2 倍于硅的饱和电子漂移速率，相较于硅材料具有极低的导通电阻，导通损耗低；同时，SiC 具有接近 3 倍于硅的禁带宽度，泄漏电流比硅器件大幅减少，能够进一步降低功率损耗；此外，SiC 器件在关断过程中不存在电流拖尾现象，开关损耗低，大幅提高实际应用的开关频率。

图 8：同规格 SiC 器件与硅器件对比



数据来源：Rhom，东莞证券研究所

总体来看，SiC 具备耐高压、耐高温和低能量损耗等优越性能，可以满足电力电子技术对高温、高功率、高压、高频及抗辐射等恶劣工作条件的新要求，有望成为半导体材料领域最具前景的材料之一。

2. 碳化硅下游应用广泛，国内厂商份额较低

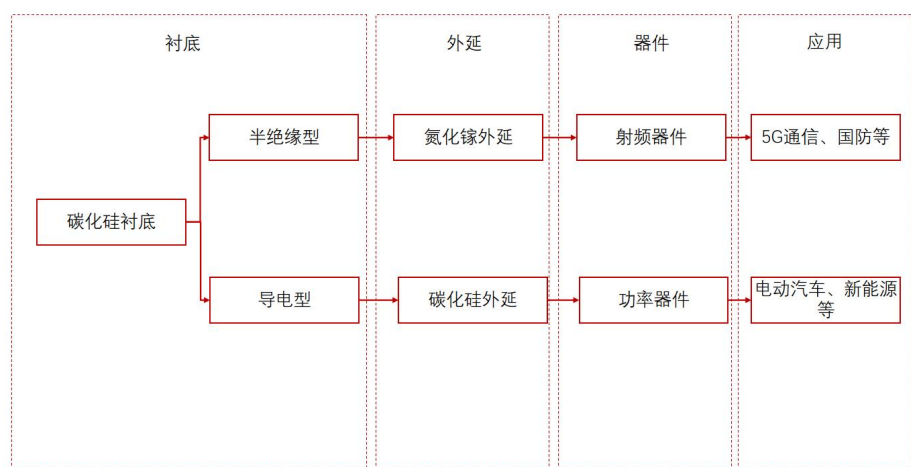
2.1 产业链各环节介绍

SiC 产业链介绍：上游衬底，中游外延片，下游器件与应用。以 SiC 材料为衬底的产业链主要包括 SiC 衬底材料的制备、外延层的生长、器件制造以及下游应用市场。SiC 产业上游通过原材料制成衬底材料然后制成外延材料；中游包括 SiC 器件、SiC 功率半导体、SiC 功率模块；下游应用于 5G 通信、新能源汽车、光伏、半导体、轨道交通、钢铁行业、建材行业等。

按照电学性能的不同，SiC 衬底可分为半绝缘型衬底和导电型衬底。SiC 衬底是 SiC 产业链的核心，其电学性能衬底电学性能决定了下游芯片功能与性能的优劣，为使材料能满足不同芯片的功能要求，需要制备电学性能不同的 SiC 衬底。按照电学性能的不同，SiC 衬底可分为两类：根据工信部发布的《重点新材料首批次应用示范指导目录（2019 年版）》，一类是具有高电阻率（电阻率 $\geq 105 \Omega \cdot \text{cm}$ ）的半绝缘型 SiC 衬底，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 SiC 衬底。

图 9：SiC 产业链



数据来源：天岳先进招股说明书，东莞证券研究所

SiC 衬底是第三代半导体材料中氮化镓、SiC 应用的基石。在 SiC 衬底上，主要使用化学气相沉积法（CVD 法）在衬底表面生成所需的薄膜材料，即形成外延片，进一步制成器件。其中，在导电型 SiC 衬底上生长 SiC 外延层制得 SiC 外延片，可进一步制成功率器件，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；在半绝缘型 SiC 衬底上生长氮化镓外延层制得 SiC 基氮化镓（GaN-on-SiC）外延片，可进一步制成微波射频器件，应用于 5G 通讯、雷达等领域。

表 3：SiC 半绝缘型衬底与导电型衬底对比

	半绝缘型衬底	导电型衬底
电阻率	电阻率 $\geq 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$	电阻率区间为 $15 \sim 30 \Omega \cdot \text{cm}$
外延	GaN 等异质外延	SiC 同质外延
器件	微波射频器件	功率器件（肖特基二极管，MOSFET）
适用	高频、高温环境	高温、高压
应用领域	5G 通讯、雷达军工	电动汽车/充电桩、光伏新能源、轨道交通、智能电网等

资料来源：天岳先进招股说明书，东莞证券研究所

外延片是指在 SiC 衬底上生长的一层或多层外延层。相比衬底，外延材料厚度、掺杂浓度均匀性好、片间一致性优、缺陷率低，有效提高了下游产品的一致性和良率。功率器件一般对缺陷密度、高电压及电流耐受度要求高，所以会使用外延片来进行芯片制造。

外延片对于提升器件的参数稳定性，具有重要意义。从生产工艺来看，目前外延常用工艺为化学气相沉积（CVD）法，即通过使用外延炉以及前驱气体来在 SiC 抛光片上生长外延层。外延中的核心技术包括对外延温度、气流、时间等参数的精确控制，以使得外延层的缺陷度小，从而提高器件的性能及可靠性。器件依据不同的设计，所需的外延参数也不同。一般而言，外延的厚度越大，器件能够承受的电压也就越高。针对 $600\text{V} \sim 6500\text{V}$ 的应用，SiC 外延层的厚度一般在 $1 \sim 40 \mu\text{m}$ 。由于 SiC 外延有一定难度，所以市场上有一些专门做 SiC 外延的厂商，如瀚天天成、东莞天域等。目前国产 6 英寸 SiC 外延产品

已经实现商用化，8 英寸产品在研制中。

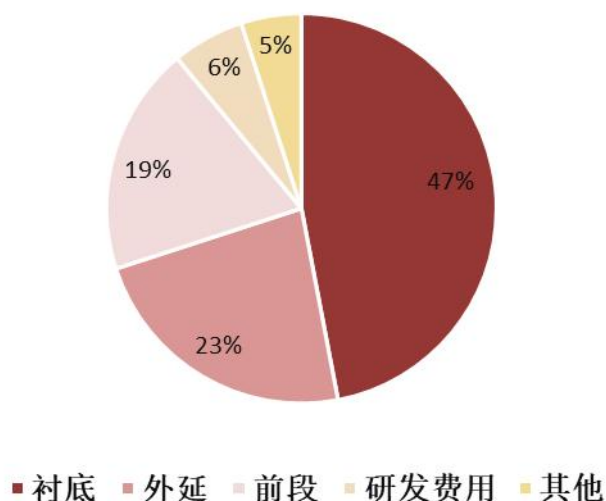
图 10: SiC 衬底与外延片示意图



数据来源：互联网资料整理，东莞证券研究所

SiC 产业链附加值向上游集中，衬底和外延片是 SiC 器件的重要组成部分。SiC 产业链从上游至下游包含 SiC 衬底、外延片生产、器件制造和封装测试等环节，其中衬底位于 SiC 产业链的最上游，成本占比达 47%，其次为外延片，占比 23%，这两大工序为 SiC 器件的重要组成部分。由于 SiC 衬底生产工艺壁垒高，生产良率较低，全球产量具有明显的瓶颈，因此其制造成本一直居高不下。此外，外延片的参数性能会受到 SiC 衬底质量的影响，其本身也会影响下游器件的性能。由此可见，SiC 衬底及外延片是 SiC 产业链的核心环节，行业的附加值向上游集中。

图 11: SiC 器件制造成本分布



数据来源：CASA，前瞻产业研究院，东莞证券研究所

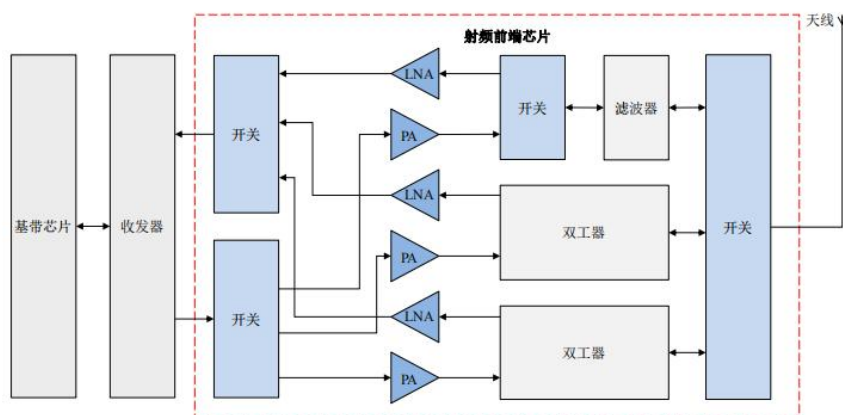
2.1.1 半绝缘型 SiC 衬底在射频器件上的应用

半绝缘型衬底 SiC 衬底具有高电阻率（电阻率 $\geq 105 \Omega \cdot \text{cm}$ ），在半绝缘型 SiC 衬底上生长 GaN 外延层制成 SiC 基氮化镓（GaN-on-SiC）外延片，可进一步制成微波射频器件，并运用于 5G 通讯和雷达领域，其中通信基站以及军事应用是 SiC 基氮化镓主要应用领

域，两者产值占整体产值约 9 成。

射频器件在无线通讯中扮演信号转换的角色。射频器件是无线通信的基础性零部件，在无线通讯中扮演信号转换的角色，主要由功率放大器（PA）、双工器、射频开关、滤波器（包括 SAW 滤波器和 BAW 滤波器）和低噪放大器（LNA）等组成。目前主流的射频器件有砷化镓、硅基 LDMOS 和 GaN-on-SiC 等不同类型，其中半绝缘型 SiC 衬底制备的 GaN 射频器件主要为面向通信基站以及雷达器件的功率放大器。

图 12：通信射频系统结构示意图（以智能手机为例）



数据来源：天岳先进招股说明书，东莞证券研究所

GaN 射频器件是理想的微波射频器件，有望逐步替代大部分硅基 LDMOS 份额。按材料分类，目前主流的射频器件包括砷化镓（GaAs）、硅基 LDMOS 和 SiC 基氮化镓（GaN-on-SiC）等不同类型，目前 GaAs 器件已在 PA 上得到广泛运用；硅基 LDMOS 器件在通讯领域已应用多年，但主要应用于小于 4GHz 的低频领域；而 GaN-on-SiC 射频器件拥有良好的导热性能，并具有高功率、高频率等优势，突破了市场上主流射频器件如砷化镓、硅基 LDMOS 器件的技术瓶颈，能够满足 5G 通信对于高频、高速、高功率处理能力的要求，已经逐步成为 5G 功率放大器的主流技术路线。随着全球特别是我国 5G 网络建设的大规模推进，预计 SiC 基氮化镓器件的需求将进一步增加，并逐步替代大部分硅基 LDMOS 份额。

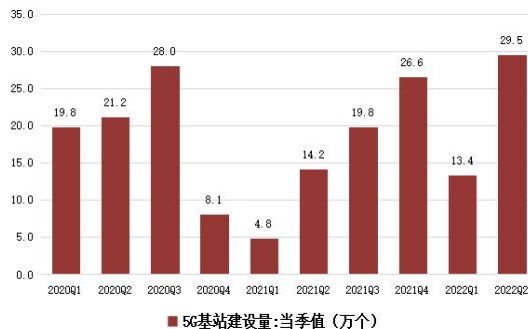
军事应用方面，SiC 基氮化镓器件已取代砷化镓、硅基 LDMOS 器件占据主要市场，对于高频高输出的卫星通信领域，SiC 基氮化镓射频器件的应用也有望逐步推广。

图 13：不同材料微波射频器件的应用范围对比



数据来源：Analog Dialogue，东莞证券研究所

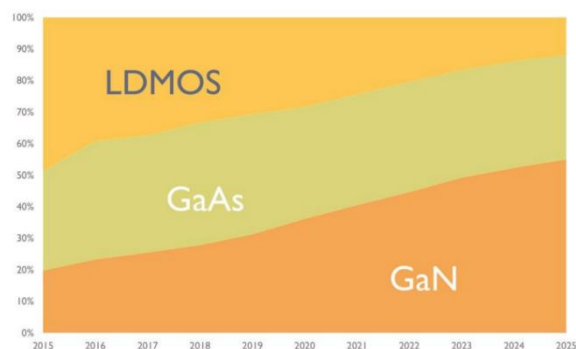
图 14：我国 5G 基站建设进展



数据来源：工信部，东莞证券研究所

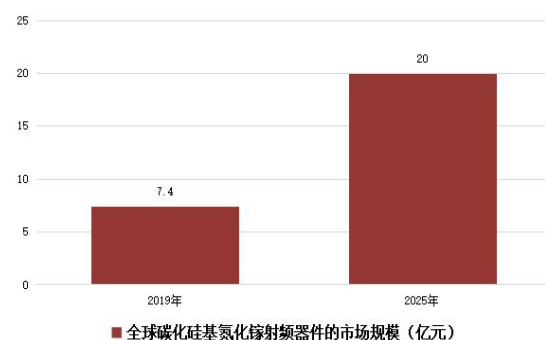
下游需求驱动增长，GaN-on-SiC 市场规模有望打开。在 5G 通信以及军事应用等下游驱动之下，SiC 基氮化镓射频器件的市场空间不断打开。据 Yole 预测，到 2025 年，功率在 3W 以上的射频器件市场中，砷化镓器件市场份额基本维持不变的情况下，氮化镓射频器件有望替代大部分硅基 LDMOS 份额，占据射频器件市场约 50% 的份额。Yole 预计全球 SiC 基氮化镓射频器件的市场规模将从 2019 年的 7.4 亿美元增长至 2025 年的 20 亿美元，19-25 年复合增速达到 18.02%。

图 15：不同类型射频器件市场份额预测（功率在 3W 以上的射频功率器件，不含手机功率放大器）



数据来源：Yole，天岳先进招股说明书，东莞证券研究所

图 16：全球 SiC 基氮化镓射频器件的市场规模



数据来源：Yole，天岳先进招股说明书，东莞证券研究所

绝大部分氮化镓射频器件采用 SiC 衬底制备，预计将拉动 SiC 衬底需求。从衬底选择来看，目前氮化镓射频器件主要基于硅、SiC 等异质衬底外延材料制备而成，且预计未来一段时间也是 GaN 衬底材料的主要选择。与硅基氮化镓相比，SiC 氮化镓主要优势在于其材料缺陷和错位密度低。SiC 基氮化镓材料外延生长技术相对成熟，且 SiC 衬底导热性好，适合于大功率应用，同时衬底电阻率高降低了射频损耗，因此 SiC 基氮化镓射频器件成为目前市场的主流。根据 Yole 报告，90% 左右的氮化镓射频器件采用 SiC 衬底制备，GaN 射频器件的广泛应用也将有效拉动 SiC 衬底需求。

《瓦森纳协定》限制部分材料出口，半绝缘型衬底国产替代可期。2008 年的《瓦森纳协定》将半绝缘型 SiC 衬底等材料对我国等部分国家实现出口限制，国内 SiC 产业的持续发展对核心技术国产自主化、实现供应链安全可控提出了迫切的需求。自主可控趋势加速了宽禁带半导体器件的国产化替代进程，为宽禁带半导体行业带来了发展新机遇。在宽禁带半导体领域，下游应用企业已在调整供应链，支持国内企业。数家国内宽禁带半导体企业的上中游产品陆续获得了下游用户验证机会，进入了多个关键厂商供应链，逐步开始了以销促产的良性发展。

2.1.2 导电型 SiC 衬底在功率器件领域的应用

导电型 SiC 衬底主要应用于制造功率器件。与传统硅功率器件制作工艺不同，SiC 功率器件不能直接制作在 SiC 衬底上，需在导电型衬底上生长 SiC 外延层得到 SiC 外延片，并在外延层上制造各类功率器件。

功率半导体是电能转换与电路控制的核心，应用功能场景日益丰富。功率器件又被称为

电力电子器件，是构成电力电子变换装置的核心器件，主要包括功率二极管、功率三极管、晶闸管、MOSFET、IGBT 等。作为构成电力电子转换装置的核心组件，功率半导体几乎进入国民经济各个工业部门和社会生活的各个方面，电子设备应用场景日益丰富，功率半导体的市场需求也与日俱增。随着新应用场景的出现和发展，功率半导体的应用范围已从传统的消费电子、工业控制、电力传输、计算机、轨道交通、新能源等领域，扩展至物联网、电动汽车、云计算和大数据等新兴应用领域。

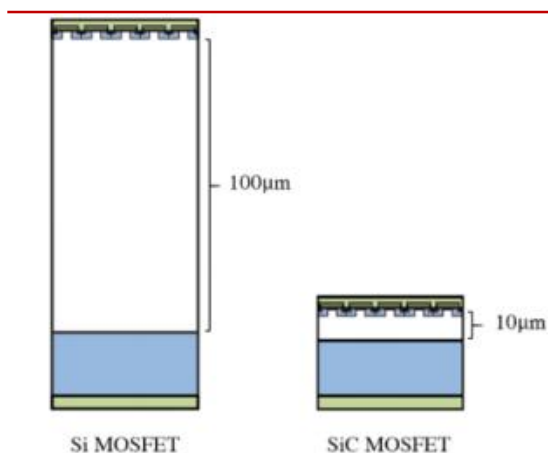
表 4：功率半导体的应用场景日益丰富

应用领域	应用场景
消费电子	电子装置的电源及充电系统、功率半导体照明电源、消费电子变频器。
工业控制	可控整流电源或直流斩波电源、电机变频驱动系统的核心器件。
电力传输	直流输电、柔性交流输电、无功补偿技术、谐波抑制技术以及防止电网瞬时停电、瞬时电压跌落、闪变等提高供电质量的技术。
计算机	电源适配器、电源管理 IC 等将大电流转化为集成电路可以处理的小电流。
轨道交通	直流机车中的整流装置，交流机车中的变频装置，高铁、动车、磁悬浮列车等交通的直流斩波器。
新能源发电	光伏逆变、风力发电、太阳能发电、地热能发电、生物能和燃料电池发电系统中的逆变器、变流器等装置中。
物联网	物联网设备对高精密度和低功率有更高的要求，出于节能的考虑，需要通过加装负载开关等功率半导体原件来实现每一用电端的单独控制，从而降低设备功耗。
电动汽车	电源、照明等系统：新能源汽车充电桩（器）、电力变换系统、驱动控制系统与电池充电系统。
数据中心和服务器	数据中心的主要成本为电能，功率半导体在优化数据中心的能效方面发挥着核心作用，用于整流，电池充电和 DC/AC 逆变。

资料来源：黄山芯微招股说明书，东莞证券研究所

与硅功率器件相比，SiC 基功率器件具备明显的性能优势。SiC 功率器件与硅功率器件的性能对比如下图所示。

图 17：硅基与 SiC 基 MOSFET 对比（100V 电压）



资料来源：科锐公司官网，东莞证券研究所

图 18：硅基 IGBT 与 SiCMOSFET 对比（40kHz 开关频率）



资料来源：应用材料官网，东莞证券研究所

由上图可知，相同规格的 SiC 基 MOSFET 与硅基 MOSFET 相比，其尺寸可大幅减小至原来

的 1/10，导通电阻可至少降低至原来的 1/100。相同规格的 SiC 基 MOSFET 较硅基 IGBT 的总能量损耗可大大降低 70%。

由于 SiC 功率器件具有高电压、大电流、高温、高频率、低损耗等独特优势，将极大地提高现有使用硅基功率器件的能源转换效率，对高效能源转换领域产生重大而深远的影响，主要应用领域有电动汽车/充电桩、光伏新能源、轨道交通、智能电网等。

2.2 竞争格局：海外企业垄断，国内份额较低

从生产经营角度看，SiC 行业的业内生态可分为两种商业模式。从生产经营角度看，SiC 行业的企业业态可分为两种商业模式：第一类企业覆盖多个产业链环节，例如同时从事衬底、外延及 SiC 器件的制作，如美国科锐公司（现已更名为 Wolfspeed）；第二类企业只从事产业链的单个或者部分环节，例如贰陆公司等。国内方面，目前国内绝大多数企业只聚焦于 SiC 产业链的某一个环节，如山东天岳、天科合达聚焦于 SiC 衬底材料的研发、生产和销售，东莞天域和瀚天天成聚焦 SiC 外延片环节，下游 SiC 器件领域则包括泰科天润、中车时代、上海瞻芯等。

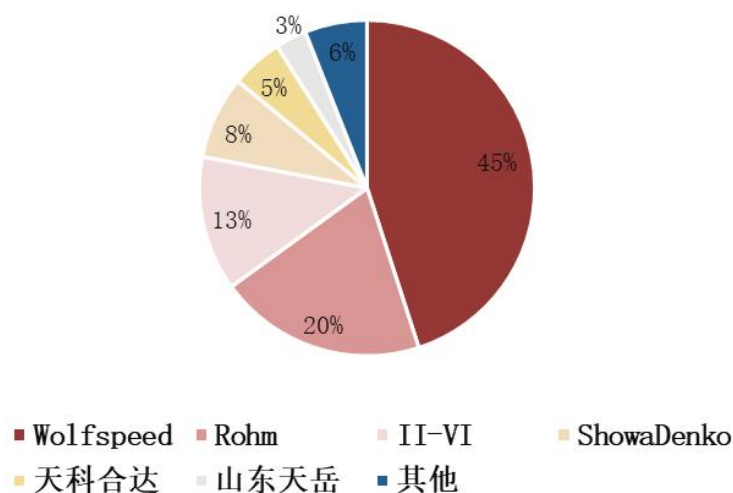
图 19：SiC 行业主要企业的产业链覆盖情况



数据来源：天岳先进招股说明书，公开资料整理，东莞证券研究所

行业格局：SiC 衬底市场被海外企业主导，国内厂商份额较小。SiC 衬底是 SiC 产业链中技术壁垒较高的环节，涉及设备研制与生产、原料合成、晶体生长与切割、晶片加工和清洗检测等众多环节，因此需要长期的工艺技术积累，存在较高的技术及人才壁垒。目前 SiC 衬底市场被海外厂商主导，2020 年上半年 Wolfspeed 在全球 SiC 衬底市场（包含半绝缘和导电型）的市占率高达 45%，国内公司总体处于发展初期，目前以 4 英寸小尺寸产能为主，并向 6 英寸进军。目前国内 SiC 衬底市场份额较小，国产 SiC 衬底的市占率约为 10%。

图 20：2020 年上半年全球 SiC 衬底市场份额占比

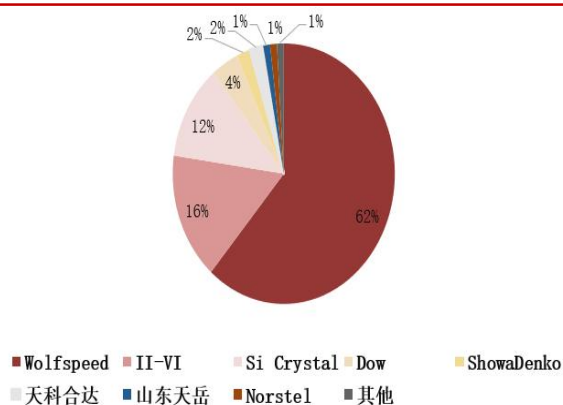


数据来源：CASA，华经产业研究院，东莞证券研究所

导电型 SiC 衬底：根据 Yole 数据，美国 Wolf speed 一家独大，占据全球 60% 以上的市场份额，基本控制行业的市场价格和市场标准。行业内其他公司包括：美国贰陆（II-VI）、德国 Si Crystal、Dow，日本 ShowaDenko 等。前三大企业占据行业 90% 以上份额。

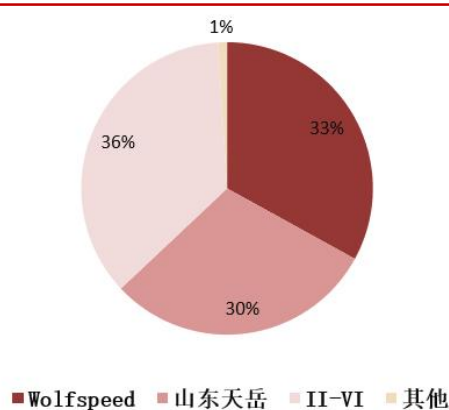
半绝缘型 SiC 衬底：全球市场美国 Wolf speed，贰陆（II-IV）合计占据接近 70% 市场份额，国内山东天岳份额在半绝缘型 SiC 衬底份额保持领先，2020 年市占率为 30%。

图 21：2020 年导电型 SiC 衬底市场竞争格局



资料来源：Yole，东莞证券研究所

图 22：2020 年半绝缘型 SiC 衬底竞争格局



资料来源：Yole，东莞证券研究所

SiC 外延设备：市场被四家海外企业垄断。目前，全球 SiC 外延设备被行业四大龙头企业 Axitron、LPE、TEL 和 Nuflare 所垄断，行业前四名企业市占率接近 100%。目前全球四大企业的 SiC 外延设备各有优势，其中 Axitron 的外延设备生长能力最强，因此其产能相对更大；LPE 的外延设备生长速度最高；日企 TEL 的设备为双腔体，有助于提高产量；而 Nuflare 的旋转速率更高，每分钟可达到 1,000 转，因此产品具有更强的均匀性。

表 5：全球 SiC 外延设备主要厂商（2020 年）

厂商	型号	生长速率	生长能力	墙体类型	优点	市占率
Axitron	G5WW	>30um/h	10*100mm	B	产能大	33%

表 5：全球 SiC 外延设备主要厂商（2020 年）

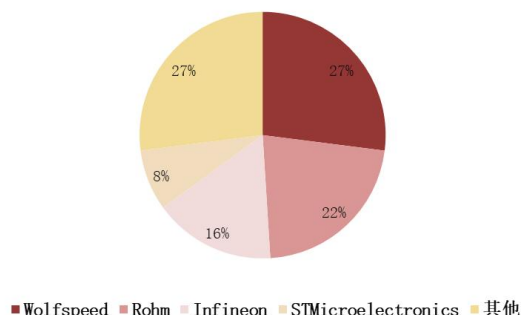
厂商	型号	生长速率	生长能力	墙体类型	优点	市占率
			6*150mm			
LPE（意大利）	PE1o6	>90um/h	1*100mm 1*150mm	A	生长速率大	34%
TEL（日本）	Probus	>30um/h	7*100mm 3*150mm	A	双腔体	13%
Nuflare（日本）	S6	>30um/h	1*100mm 1*150mm	C	气流方式不易产生缺陷	20%

资料来源：公开资料整理，东莞证券研究所

SiC 功率器件：验证周期较长，国内厂商切入缓慢。在下游的 SiC 功率器件领域，全球主要市场份额掌握在美国的 Wolfspeed 和日本的 Rohm 两大龙头企业手中，市场份额分别为 27%和 22%，行业前四企业市占率合计 73%。由于 SiC 器件对稳定性要求较高，并且验证周期较长，因此国内厂商切入较为缓慢。

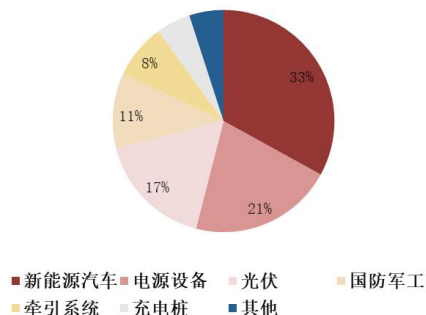
从 SiC 功率器件的应用来看，由于 SiC 功率器件能够显著提升新能源汽车的性能，如提升续航能力和充电速率，以及实现汽车的轻量化，因此 SiC 功率器件在新能源汽车领域的应用比例最高，其次为电源设备、光伏发电和国防军工领域，占比分别为 21%、17%和 11%。

图 23：SiC 功率器件的行业竞争格局（2020 年）



资料来源：头豹研究院，东莞证券研究所

图 24：SiC 功率器件的下游应用领域分布情况



资料来源：头豹研究院，东莞证券研究所

国内方面，国内 SiC 器件厂商以 IDM 企业为主，少量为纯设计企业。其中上市公司包括三安光电、中车时代电气、华润微等。

表 6：中国主要的本土 SiC 器件厂商（2020 年）

企业名称	是否上市	产业类型	主要 SiC 器件产品
基本半导体	否	设计	以 SBD、MOSFET、全 SiC 功率模块为主
瞻芯电子	否	设计	以 6 英寸 SiC MOSFET 晶圆为主
爱仕特科技	否	设计+模组	以汽车用及电源用的 SiC MOSFET 芯片为主
芯光润泽	否	IDM	以 SiC IPM 为主，年产能约 360 万颗
世纪金光	否	IDM	以 SBD、MOSFET、全 SiC 功率模块为主
泰科天润	否	IDM	以 SiC、SBD 为主
华润微	是	IDM	1,200V 和 650V SiC SBD、6 英寸 MOSFET 晶圆

表 6：中国主要的本土 SiC 器件厂商（2020 年）

企业名称	是否上市	产业类型	主要 SiC 器件产品
三安光电	是	IDM	以 SiC 器件封装二极管和 MOSFET 为主
瑞能半导体	否	IDM	47 种 SiC 不同型号的 SiC 二极管
中车时代	否	IDM	以 SiC、SBD 为主
中电所 55 所	否	IDM	以 SBD、MOSFET 为主

资料来源：头豹研究院，东莞证券研究所

3. 下游应用：新能源汽车、光伏驱动行业成长

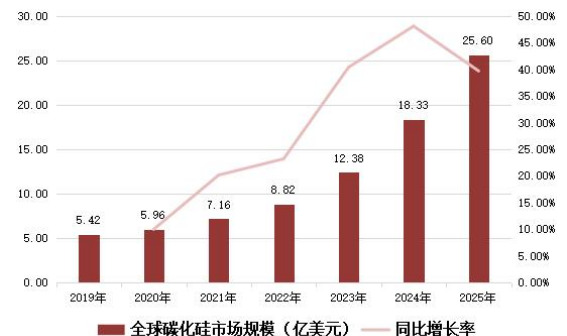
SiC 功率器件在下游应用中崭露头角。功率器件是电力电子行业的重要基础元器件之一，能够实现对电能的处理、转换及控制，主要包括功率二极管、晶闸管、IGBT、MOSFET 等产品。随着新应用场景的出现和发展，功率器件的应用范围已从传统的消费电子、工业控制、电力传输、计算机、轨道交通等领域，扩展至新能源汽车、风光储、物联网、云计算和大数据等新兴应用领域。以 SiC 为衬底制造的功率器件，具备耐高压、耐高温和低能量损耗等优越性能，可以满足电力电子技术对高温、高功率、高压、高频及抗辐射等恶劣工作条件的新要求，与硅基功率器件相比，能够极大提高能源转换效率，在新能源汽车、充电桩、光伏新能源、轨道交通、智能电网的应用上逐渐崭露头角。据 Yole 预测，到 2025 年，全球 SiC 市场规模将达到 25.60 亿美元，2019-2025 年复合增速高达 29.53%。

图 25：SiC 器件下游应用领域



数据来源：互联网公开资料，东莞证券研究所

图 26：SiC 市场规模



数据来源：Yole，东莞证券研究所

3.1 新能源汽车：渗透率不断提升，SiC 器件需求有望逐步放量

新能源汽车消费兴起，渗透率不断提升。2019 年及之前，国内新能源车消费的主要驱动力来自于补贴政策和 B 端需求。2020 年以来，随着特斯拉、比亚迪、蔚来等终端车厂陆续推出高性价比车型，在外形、续航、智能化等方面的产品竞争力不断提升，消费者对于电动汽车的接受程度进一步提升，新能源汽车的产品竞争力也逐步成为驱动新能源汽车消费的主导因素。此外，为了应对气候问题，近年来全球主要国家陆续提出实现“碳中和”的日程表，其中我国在 2020 年提出 2030 年碳达峰、2060 年碳中和的目标，在目

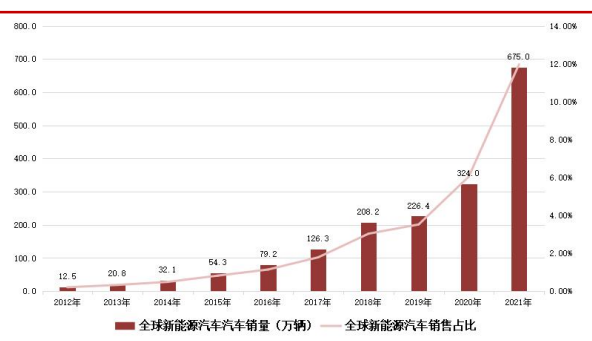
标的约束下，各国加快可再生能源的投资力度，积极推动新能源汽车销售。在需求以及“双碳”政策的驱动之下，全球新能源汽车销售高速增长，2021 年全球新能源汽车销量为 675 万辆，同比增长 108%，其中我国新能源车销量 352 万辆，同比增长 157%；从占比来看，2021 年全球新能源车的渗透率为 8.16%，而我国已经达到 13.40%。

表 7：主要国家碳中和时间表

国家	时间
中国	2060 年前
美国	2050 年
欧盟	2050 年
英国	2050 年
德国	2045 年
法国	2050 年
日本	2050 年
俄罗斯	2060 年

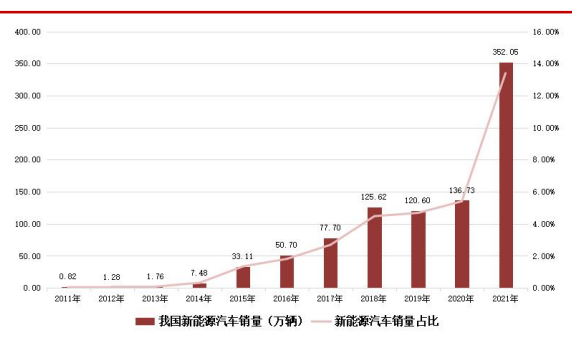
资料来源：维基百科，东莞证券研究所

图 27：全球新能源汽车销量及占比情况



数据来源：EV Sales, wind, 东莞证券研究所

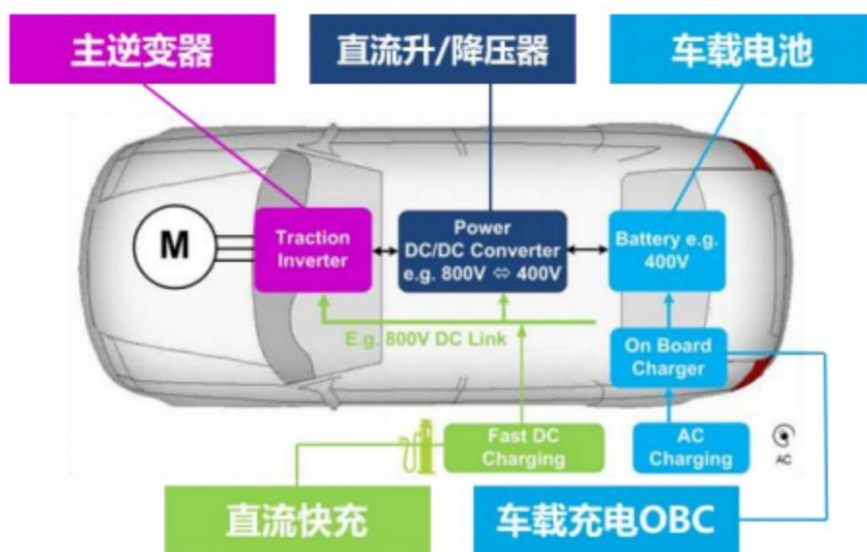
图 28：中国新能源汽车销量及占比情况



数据来源：wind, 东莞证券研究所

SiC 器件应用广泛，性能优势明显。在新能源汽车中，SiC 器件主要应用在电机驱动系统、车载充电系统（OBC）、电源转换系统（车载 DC/DC）、以及非车载充电桩。其中，电机驱动系统中，SiC 器件主要应用在主逆变器上，与 IGBT 相比，能够显著降低电力电子系统的体积、重量和成本，据 ST 预计，SiCMOSFET 的逆变器封装尺寸较硅基 IGBT 减少 50%以上；同时，在电动车平均运行状态之下，SiC 逆变器的效率也较 IGBT 高。据 Wolfspeed 预测，SiC 逆变器能够提升电动车 5%-10%的续航能力，同时节省 400-800 美元的电池成本。OBC 以及电源转换系统方面，SiC 的应用能够有效降低开关损耗、提高极限工作温度，进而提升系统效率。

图 29: SiC 器件在新能源车的应用



资料来源: ST, 东莞证券研究所

下游厂商积极采用 SiC 方案，需求有望逐步放量。2021 年 9 月，特斯拉宣布 Model 3 将搭载 STSiC 器件，全车共有 48 个 SiCMOSFET 用于主逆变器中。通过搭载 SiC 器件，特斯拉的逆变器效率从 Model S 的 82% 提升至 Model 3 的 90%，同时降低了开关损耗，实现了续航能力的提升。随着特斯拉率先导入 SiC 器件后，比亚迪、小鹏、蔚来、现代等多个终端厂商积极跟进，其中比亚迪预计在 2023 年全面采用 SiC 器件替代 IGBT。随着终端车厂陆续采用 SiC 方案，SiC 的需求有望逐步放量。

表 8: 新能源汽车应用 SiC 器件情况

厂商	车型	发布时间	首批交付时间	SiC 应用场景
特斯拉	Model 3	2016 年 4 月	2017 年 7 月	后驱逆变器
特斯拉	Model Y	2019 年 3 月	2020 年 3 月	后驱逆变器
比亚迪	汉 EV 四驱高性能版	2020 年 7 月	/	电驱逆变器
Lucid	Lucid Air	2020 年 9 月	/	逆变器、OBC
蔚来	ET7	2021 年 1 月	2022 年 3 月	电驱逆变器
现代	IONIQ 5	2021 年 2 月	/	电驱逆变器
小鹏	G9	2021 年 11 月	2022 年下半年	电驱逆变器
蔚来	ET5	2021 年 12 月	预计 2022 年 9 月	电驱逆变器
丰田	bZ4X	2021 年 4 月	预计 2022 年中旬	OBC 和 DC/DC
奔驰	Vision EQXX	2022 年 1 月	预计 2024 年	电驱逆变器
雷克萨斯	LEXUS RZ	2022 年 4 月	/	后驱逆变器
蔚来	ES7	2022 年 6 月	预计 2022 年 8 月	前驱逆变器
现代	IONIQ 6	2022 年 7 月	预计 2022 年 Q3	电驱逆变器

资料来源: 互联网公开资料, 东莞证券研究所

预计 2025 年国内车用 SiC 器件市场规模约为 166.98 亿元，对应外延片市场规模约为 38.41 亿元。我们对 2022-2025 年国内汽车销量、新能源汽车销量、以及 SiC 在新能源

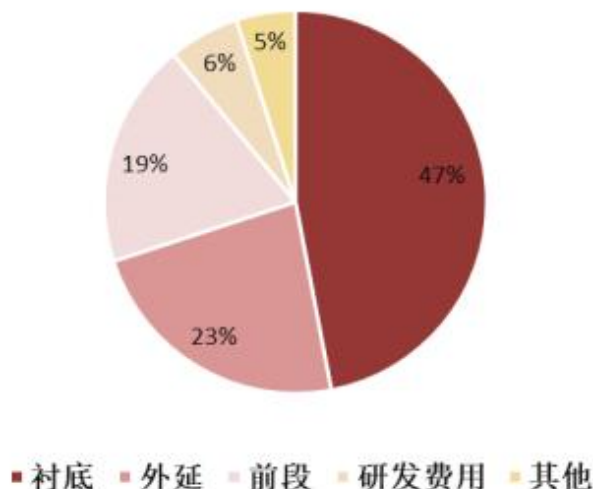
汽车的渗透率进行谨慎预测，得出到 2025 年，采用 SiC 的新能源车将达到 461 万辆。以 Model 3 为参考，谨慎假设 2021 年单车 SiC 使用量为 48 个，并预计到 2025 年取代 IGBT 用量，达到 150 个，由于单片 6 寸 SiC 衬底制备的芯片数量为 448 颗，照此换算，单车使用 SiC 衬底数量从 2021 年的 0.10 片增长至 2025 年的 0.31 片。目前单片 6 英寸 SiC 衬底约为 1,000 美元，按 6.8 汇率换算成人民币 6,800 元，参考天岳先进衬底价格下降速度，同时规模效应的显现，谨慎预计衬底价格每年下降 5%，即到 2025 年，单片 6 英寸衬底价格为 5,539 元。综上，SiC 衬底市场规模将从 2021 年的 2.35 亿元增长至 2025 年的 78.48 亿元。由于衬底占 SiC 器件 47% 成本，我们倒推出 SiC 器件市场规模，2025 年为 166.98 亿元。同时外延片占 SiC 器件 23% 成本，我们得出，到 2025 年，外延片市场规模约为 38.41 亿元。

表 9：SiC 衬底、SiC 器件、SiC 外延片市场规模预测

参数	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年
汽车销量（万）	2628	2700	2781	2864	2950
同比增速	——	3%	3%	3%	3%
新能源车渗透率	13%	24%	33%	43%	52%
新能源车销量（万）	352	650	929	1224	1537
SiC 渗透率	10%	15%	20%	25%	30%
采用 SiC 新能源车数量（万）	35	98	186	306	461
单车 SiC 数量（个）	48	73.5	99	124.5	150
换算单车 SiC 衬底数量（片）	0.10	0.15	0.20	0.26	0.31
SiC 衬底需求量（片）	34,628.31	146,849.39	376,984.85	780,951.65	1,416,956.76
SiC 衬底价格（元）	6,800	6,460	6,137	5,830	5,539
同比增速	——	-5%	-5%	-5%	-5%
SiC 衬底市场规模（亿元）	2.35	9.49	23.14	45.53	78.48
衬底占 SiC 器件 47% 成本，倒推 SiC 器件市场规模（亿元）	5.01	20.18	49.22	96.87	166.98
外延片占 SiC 器件 23% 成本，倒推外延片市场规模（亿元）	1.15	4.64	11.32	22.28	38.41

资料来源：互联网公开资料，东莞证券研究所

图 30: SiC 器件成本构成图

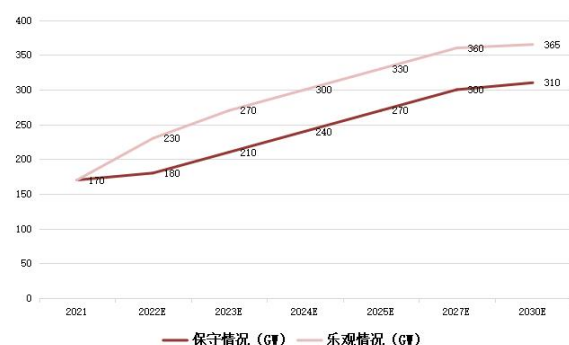


资料来源: ST, 东莞证券研究所

3.2 光伏：光伏新增装机持续增长，逆变器用 SiC 市场规模巨大

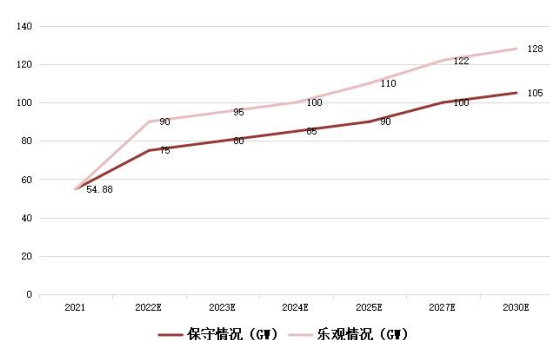
积极推进可再生能源建设，光伏新增装机持续高增长。在“双碳”目标约束下，全球主要国家积极推进可再生能源建设，提高可再生能源在能源消费结构中的占比，2021 年全球光伏新增装机规模为 170GW，同比大幅增长 30.77%，其中我国光伏新增装机 55GW，同比增长 13.86%。据 CPIA 预计，到 2030 年，乐观情况下，全球光伏新增装机 365GW，2021-2030 复合增速为 13.58%；我国光伏新增装机有望达 128GW，2021-2030 复合增速为 15.16%。

图 31: 全球光伏新增装机规模



数据来源: CPIA, 东莞证券研究所

图 32: 中国光伏新增装机规模



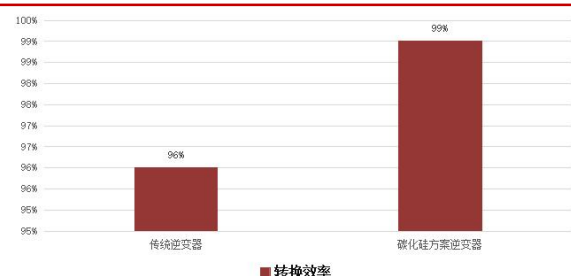
数据来源: CPIA, 东莞证券研究所

逆变器是光伏发电重要设备，目前多采用 IGBT 方案。光伏逆变器作为光伏电站的转换设备，主要作用是将太阳能电池组件产生的直流电转化为交流电。光伏逆变器主要由功率模块、控制电路板、断路器、滤波器、电抗器、变压器及机箱等组成。过去逆变器的功率器件多采用 MOSFET 器件，但由于 MOSFET 不适合用于高压大容量的系统中，IGBT 凭借其中、高压容量中的优势，已经逐步取代 MOSFET 成为逆变器的核心器件。在光伏逆变器的应用场景中，多采用 IGBT 单管或 IGBT 模块方案。

SiC 方案优势逐步凸显，渗透率有望加速提升。使用 SiC MOSFET 或 SiC MOSFET 与 SiC SBD

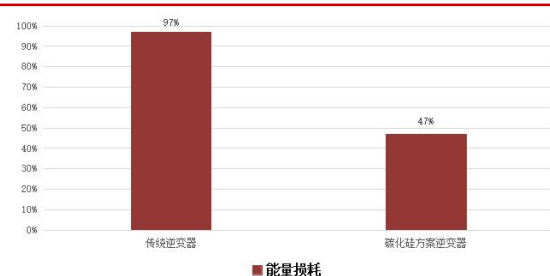
结合功率模块的光伏逆变器，转换效率有望从 96% 提升至 99% 以上，能量损耗降低 50% 以上，设备循环寿命提升 50 倍，从而能够缩小系统体积、增加功率密度、延长器件使用寿命、降低生产成本。据 Yole 数据，2020 年光伏逆变器中采用 SiC 方案的渗透率约为 10%，预计到 2025 年将达到 50%，行业前景可观。

图 33: SiC 方案逆变器转化效率



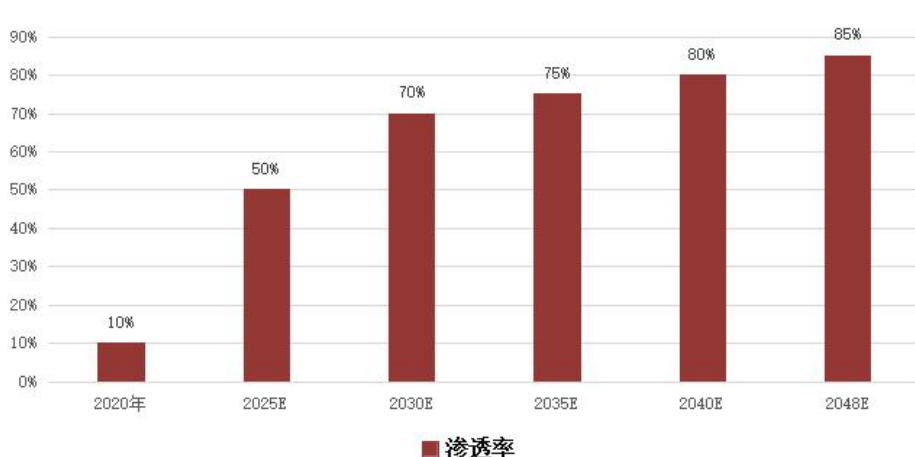
数据来源：互联网公开资料，东莞证券研究所

图 34: SiC 方案逆变器能力损耗



数据来源：互联网公开资料，东莞证券研究所

图 35: 光伏逆变器中采用 SiC 方案的渗透率



资料来源：Yole，东莞证券研究所

光伏逆变器用 SiC 市场规模巨大。2020 年我国光伏新增装机 48.2GW，CPIA 预测到 2025 年，保守、乐观情况下，国内新增装机分别为 90 和 110GW，取中值为 100GW，谨慎预计 2025 年国内光伏逆变器新增装机 100GW。结合 Yole 数据，SiC 在光伏逆变器中的渗透率从 2020 年的 10% 增长至 2025 年的 50%，即采用 SiC 方案的装机从 2020 年的 4.82GW 增长至 2025 年的 50GW。根据阳光电源 2020 年披露的光伏逆变器收入及销售量，得出逆变器的造价为 0.21 元/W，功率器件约占 11%，即功率器件的成本为 0.02 元，由于目前 SiC 方案成本约是 IGBT 的 2-3 倍，谨慎预计 2.5 倍，即 SiC 方案成本为 0.06 元/W。同时，随着技术推进以及规模优势的显现，预计 SiC 方案成本将出现逐年下降。综上，到 2025 年，光伏逆变器用 SiC 市场规模将达到 22.84 亿元，2020-2025 年复合增速高达 21.74%。

表 10: 光伏逆变器用 SiC 市场规模预测

参数	2020 年	2025 年
国内光伏新增装机 (GW)	48.2	100
国内光伏逆变器新增装机 (GW)	48.2	100
SiC 方案在光伏逆变器中的渗透率	10%	50%
采用 SiC 方案的光伏逆变器新增装机 (GW)	4.82	50.00
SiC 方案成本 (元/W)	0.06	0.05
光伏逆变器用 SiC 市场规模 (亿元)	2.85	22.84
注：以下为 SiC 方案成本预测过程		
阳光电源 2020 年光伏逆变器收入 (亿元)	75.15	
阳光电源 2020 年光伏逆变器销售量 (GW)	35.00	
光伏逆变器造价 (元/W)	0.21	
功率器件成本占比	11%	
IGBT 在光伏逆变器的成本 (元/W)	0.02	
SiC 方案是 IGBT 的 2-3 倍	取中值 2.5 倍，为 2.5	
SiC 方案成本 (元/W)	0.06	

资料来源：东莞证券研究所

3.3 轨道交通：SiC 器件特性优异，已在城轨系统中得到应用

常见的轨道交通场景包括传统铁路、城际轨道以及城市轨道三大类别。根据世界铁路联盟 UIC 统计，截至 2021 年 6 月中国在运营的高速铁路里程数达到 3.8 万公里，约占全球总数的 68%。全球在建设或者规划中的高速铁路里程 7.4 万公里，中国建设及规划里程为 2.6 万公里，约占 36%。截至 2020 年，我国机车保有量为 2.2 万辆，我国铁路动车组保有量共 3918 组，同比增长 6.9%。不断增长的轨道里程以及存量交通工具器件替代预期是 SiC 切入轨道交通的主要契机。

由于大型轨道交通工具对载货载客等乘运能力需求较高，对牵引变流器、电力电子电压器等提出了更高的要求。由于 SiC 器件具备禁带宽度大、热导率高、电子饱和迁移速率高和击穿电场高、能量损耗更低、耐高温的特性，并且 SiC 器件能有效减轻轨道交通的载重，推进更轻更快更高效的轨道交通系统建设，常用于牵引变流器中 SiC 功率器件正逐渐渗透过往以硅基器件为主的轨道交通市场。

目前 SiC 器件已在城市轨道交通系统中得以应用，在海外，日本在 2021 年下半年推出搭载 SiC 车载设备的 E131 Series 500 系列列车；德国搭载 SiC 牵引逆变器的 Avenio 有轨电车正式投入适用。在国内，2021 年中车株洲所与深圳地铁集团联合自主研发的国内首台地铁列车全 SiC 牵引逆变器；同年，时代电气公告称基于 3300V 全 SiC 器件的牵引变流器在深圳 1 号线载客运营，牵引能耗降低 10%。未来随着 SiC 器件容量的提升，SiC 模块将在轨道交通领域发挥更大的作用。

图 36: SiC 器件在轨道交通中渗透率预测



资料来源：互联网公开资料，东莞证券研究所

3.4 智能电网：SiC 器件可有效降低电力损失

电网是能源的传输、利用的主要载体，智能电网即电网的智能化，高电压、大容量是智能电网目前提升的主要方向，进一步提高柔性直流输电的电压等级和容量，实现大容量柔性直流输电技术是智能电网领域一大难题。

SiC 功率器件能够更有效地协助智能电网实现安全、无缝地容许各种不同类型的发电和储能系统接入系统并实现电网容量扩容，SiC 功率器件在智能电网的主要应用包括高压直流输电换流阀、柔性直流输电换流阀、灵活交流输电装置、高压直流断路器、电力电子变压器等装置中。

SiC 器件应用在超高压直流输电和智能电网领域，可使电力损失有效降低，同时提升电网供电效率。根据 GeneSiC 半导体的研究，与市售的 6.5kV/25 A Si IGBT 相比，SiC BJT 的开启能量损耗降低了 19 倍，关断能量损耗降低了 25 倍。SiC 器件在智能电网中的应用对实现节能减排、发展低碳经济愿景有着重要意义。

4. 政策支持+成本下降，碳化硅国产替代有望加速

国家政策大力支持第三代半导体发展，为企业提供良好的生产经营环境。近年来，中国 SiC 行业受到各级政府的高度重视和国家产业政策的重点支持。国家陆续出台了多项政策，鼓励 SiC 行业发展与创新，《关于做好 2022 年享受税收优惠政策的集成电路企业或项目、软件企业清单制定工作有关要求的通知》《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》《基础电子元器件产业发展行动计划（2021-2023 年）》等产业政策为 SiC 行业的发展提供了明确、广阔的市场前景，为企业提供了良好的生产经营环境。具体情况列示如下：

表 11：国家支持第三代半导体产业、SiC 行业发展相关政策

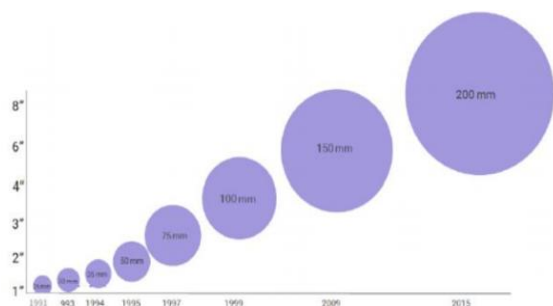
政策名称	发布部门	发布时间	相关内容
《关于做好 2022 年享受税收优惠政策的集成电路企业或项目、软件企业清单制定工作有关要求的通知》	发改委	2022. 03	重点集成电路设计领域；高性能处理器和 FPGA 芯片；储存芯片；智能传感器；工业、通信、汽车和安全芯片；EDA 和设计服务。销售（营业）收入占本企业集成电路设计销售（营业）收入比例不低于 50%可享受相应税收优惠政策。
《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》、《长三角 G60 科创走廊建设方案》	科技部、国家发展改革委等部门	2021. 06	推动产业结构升级，建设若干具有全球竞争力的国家级战略性新兴产业基地，在重点领域培育一批具有国际竞争力的龙头企业，加快培育布局量子信息、类脑芯片、第三代半导体、基因编辑等一批未来产业。
《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》	十三届全国人大四次会议审议通过	2021. 03	集中电路设计工具、重点装备和高纯靶材等关键材料研发，集中电路先进工艺和绝缘栅双极型晶体管（IGBT）、微机电系统（MEMS）等特色工艺突破，先进存储技术升级，SiC、氮化镓等宽禁带半导体发展
《基础电子元器件产业发展行动计划（2021-2023 年）》	工信部	2021. 01	面对百年未有之大变局和产业大升级、行业大融合的态势，加快电子元器件及配套材料和设备仪器等基础电子产业发展，对推进信息技术产业基础高级化、产业链现代化，乃至实现国民经济高质量发展具有重要意义
《“战略性先进电子材料”重点专项 2020 年度项目》	科技部	2020. 04	支持功率 SiC 芯片和器件在移动储能装置中的应用（应用示范类）
《重点新材料首批次应用示范指导目录（2019 年版）》	工信部	2019. 11	将 SiC 单晶衬底列入“先进半导体材料和新型显示材料”子目录
《产业结构调整指导目录（2019 年本）》	国家发改委	2019. 10	“第一类鼓励类”：半导体、光电子器件、新型电子元器件（片式元器件、电力电子器件、光电子器件、敏感元器件及传感器、新型机电元件、高频微波印制电路板、高速通信电路板、柔性电路板、高性能覆铜板等）等电子产品用材料；轨道车辆交流牵引传动系统、制动系统及核心元器件（含 IGCT、IGBT、SiC 元器件），网络控制系统，永磁牵引电机，直流高速开关、真空断路器（GIS）、新型智能开关器件
《战略性新兴产业分类（2018 年版）》	国家统计局	2018. 11	新材料行业内列明“3.4 先进无机非金属材料-3.4.3 人工晶体制造-3.4.3.1 半导体晶体制造-6 英寸、8 英寸及以上单晶硅片，硅外延片”。
《“十三五”交通领域科技创新专项规划》	科技部、交通运输部	2017. 05	建立汽车电子控制技术创新及测试评价平台，开展汽车整车、动力系统、底盘电子控制系统以及 IGBT、SiC、氮化镓等电力电子器件技术研发及产品开发和零部件、系统的软硬件测试技术与测试评价技术规范体系研究，支撑我国汽车电子控制系统产业的形成与发展，打破国外垄断。
《“十三五”材料领域科技创新专项规划》	科技部	2017. 04	加强我国材料体系的建设，大力发展高性能碳纤维与复合材料、高温合金、军工新材料、第三代半导体材料、新型显示技术、特种合金和稀土新材料等，满足我国重大工程与国防建设的材料需求
《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》	国家发改委	2017. 02	将集成电路材料，主要包括 6 英寸/8 英寸/12 英寸集成电路硅片、绝缘体上硅（SOI）、化合物半导体材料等列入战略性新兴产业重点产品目录。
《信息产业发展指南》	工信部、国家发改委	2017. 01	加紧布局超越“摩尔定律”相关领域，推动特色工艺生产线建设和第三代化合物半导体产品开发，加速新材料、新结构、新工艺创新
《新材料产业发展指南》	工信部、发改委、科技部、财政部	2016. 12	新一代信息技术产业用材料。加强大尺寸硅材料、大尺寸 SiC 单晶、高纯金属及合金溅射靶材生产技术研发。
《关于印发“十三五”国	国务院	2016. 11	启动集成电路重大生产力布局规划工程，实施一批带动作用强的项目，

国家战略性新兴产业发展规划的通知》			推动产业能力实现快速跃升。加快先进制造工艺、存储器、特色工艺等生产线建设，推动封装测试、关键装备和材料等产业快速发展。
《高新技术企业认定管理办法》	科技部、财政部、国家税务总局	2016.01	国家重点支持的高新技术领域：半导体新材料制备与应用技术中，大尺寸硅单晶生长、晶片抛光片、SOI 片及 SiGe/Si 外延片制备加工技术；大型 MOCVD 关键配套材料、硅衬底外延和 OLED 照明新材料制备技术；大尺寸砷化镓衬底、抛光及外延片、GaAs/Si 材料制备技术等

资料来源：公开资料整理，东莞证券研究所

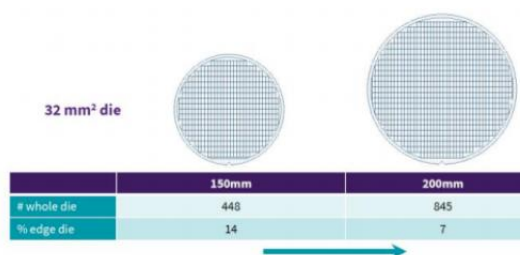
行业变革：SiC 向大尺寸演进是大势所趋，有效提升材料使用率。按直径计算，SiC 衬底的尺寸主要有 2 英寸（50mm）、3 英寸（75mm）、4 英寸（100mm）、6 英寸（150mm）、8 英寸（200mm）等规格。为提高生产效率并降低成本，大尺寸化是 SiC 衬底制备的重要发展方向，衬底尺寸越大，单位衬底可制造的芯片数量越多，边缘的浪费也越小，单位芯片的成本就越低。在半绝缘型市场，目前主流的衬底规格为 4 英寸，在导电机市场，目前主流的衬底规格为 6 英寸。但随着衬底尺寸的扩大，晶体生长难度工艺呈几何级增长，技术壁垒也越高。从行业先进水平来看，目前全球龙头 Wolfspeed 已研发出 8 英寸 SiC 衬底并成功量产，技术保持全球领先。

图 37: Wolfspeed 公司 SiC 衬底向大尺寸方向演进（2018 年）



资料来源：Wolfspeed，东莞证券研究所

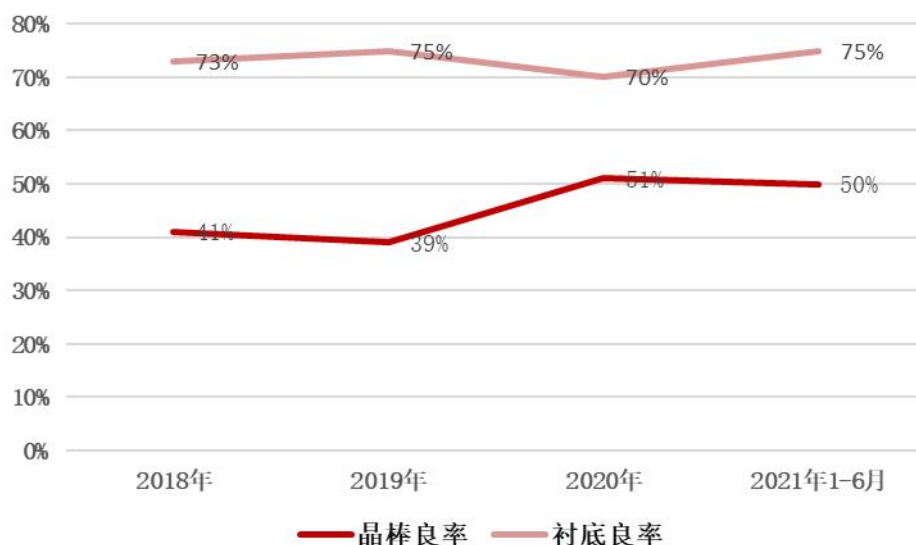
图 38: 8 吋晶圆相较 6 吋可多切近 90%数量芯片，边缘浪费降低 7%



资料来源：Wolfspeed，东莞证券研究所

晶棒、衬底良率部分仍有提升空间，未来制造成本有望继续下降。从 SiC 衬底的制造环节看，目前衬底的制造包括长晶端和机加工端，**长晶方面**，SiC 包含 200 多种同质异构结构的晶型，但只有 4H 型（4H-SiC）等少数几种是所需的晶型。而 PVT 长晶的整个反应处于 2300° C 高温、完整密闭的腔室内（类似黑匣子），极易发生不同晶型的转化，任意生长条件的波动都会影响晶体的生长、参数很难精确调控，很难从中找到最佳生长条件。目前行业主流良率在 50-60%左右（传统硅基在 90%以上），有较大提升空间；**机加工方面**，SiC 硬度与金刚石接近（莫氏硬度达 9.5），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。目前该环节行业主流良率在 70-80%左右，仍有提升空间。

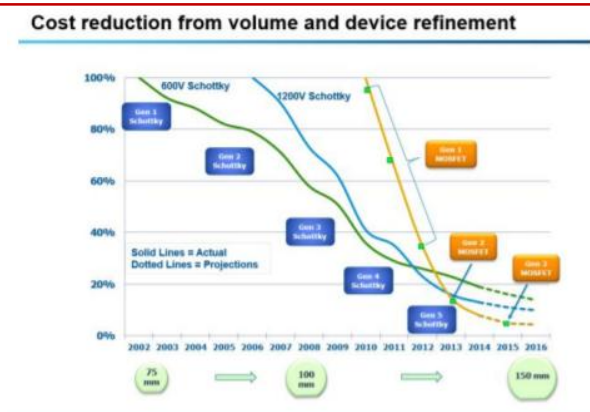
图 39：天岳先进 2018 年-2021 年上半年衬底和晶棒良率情况



数据来源：天岳先进招股说明书，东莞证券研究所

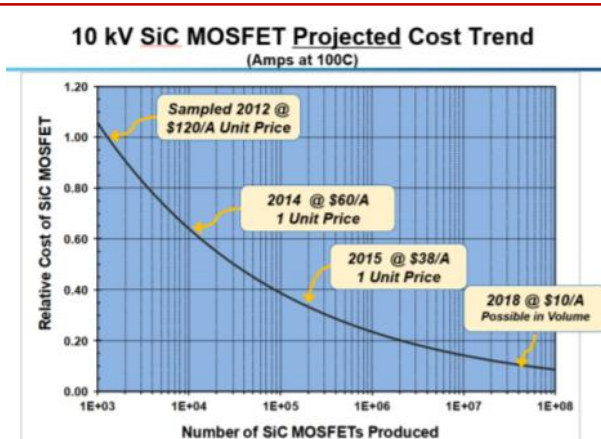
SiC 器件的报价在持续下降，并与硅基器件价差逐渐缩小。根据 CASA Research 统计的半导体器件经销商网上平均报价（元/安培）来看，SiC 肖特基二极管（SBD）以及 SiC MOSFET 器件近年来在逐步下降，其中 650V SiC SBD 报价在 2018-2020 年的复合降幅达到 25%，而 650V SiC MOSFET 的复合降幅为 32%。由于 SiC 器件价格的下降，其与硅基器件的价差也在逐渐缩小。根据 CASA 第三代半导体产业发展报告的数据显示，在公开报价方面，650V 的 SiC SBD 2020 年底的平均价格是 1.58 元/A，较 2019 年底下降了 13.2%，与 Si 器件的价差在 3.8 倍左右。1200V 的 SiC SBD 的平均价是 3.83 元/A，较 2019 年下降了 8.6%，与 Si 器件的差距在 4.5 倍左右。据 CASA 调研显示，实际成交价低于公开报价 650V 的 SiC SBD 的实际成交价格约 0.7 元/A，1200V 的 SiC SBD 价格约 1.2 元/A，基本约为公开报价的 60%-70%，较上年下降了 20%-30%，实际成交价与 Si 器件价差已经缩小至 2-2.5 倍之间。而 SiC MOSFET 价格下降幅度达 30%-40%，与 Si 器件价差收窄到 2.5-3 倍之间。

图 40：SiC 成本逐渐下降（一）



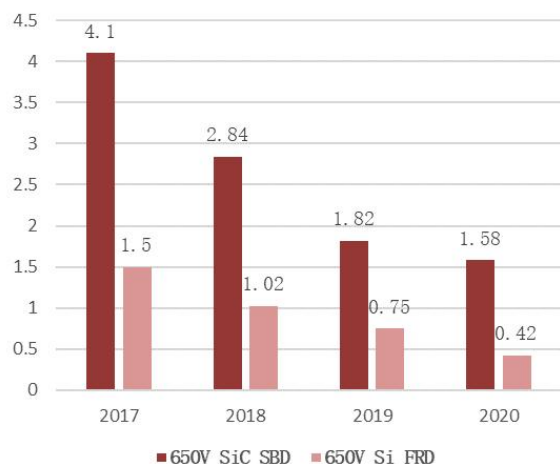
资料来源：Wolf speed，东莞证券研究所

图 41：SiC 成本逐渐下降（二）



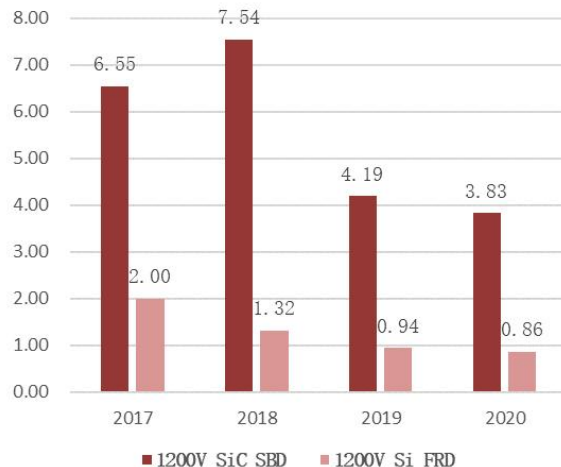
资料来源：Wolf speed，东莞证券研究所

图 42：2017-2020 年 650V 的 SiC SBD 价格持续下降（元/A）



资料来源：CASA，东莞证券研究所

图 43：2017-2020 年 1200V 的 SiC SBD 价格持续下降（元/A）



资料来源：CASA，东莞证券研究所

预计 SiC 器件在高电压场景中先具备替代优势。从安森美的功率器件原厂价格对比来看，目前其 650V SiC MOSFET 价格比同电压的硅基 IGBT 单管要贵 3.2 倍，而 1200V SiC MOSFET 比同电压的 IGBT 单管价格差距就缩小至 2.2 倍。这反映在高电压等级下，SiC 器件的价格与硅基的差距更小。考虑到 SiC 对系统成本的减少，例如减少散热组价和缩小体积，我们预计在高电压场景下，SiC 已出现替换硅基器件的优势。华为预计 2025 年前 SiC 价格逐渐于硅持平。华为在《数字能源 2030》中指出，以 SiC 为代表的第三代半导体功率芯片和器件能够大幅提升各类电力电子设备的能量密度，提高电能转换效率，降低损耗，渗透率将在未来全面提升；SiC 的瓶颈当前主要在于衬底成本高，预计未来 2025 年前，其价格会逐渐降为硅持平。

海外厂商在碳化硅领域占据先发优势，国内企业加速验证。海外企业由于占据先发优势，在技术进展与产能规模上具备一定垄断地位，在导电型 SiC 衬底市场中，海外龙头 Wolfspeed 占据 60% 以上市场份额，美国 II-VI 公司、德国 SiCrystal AG、道康宁（Dow Corning）、日本新日铁等紧随其后。国内企业仍在起步阶段，技术不断追赶同时产能尚在爬坡，天岳先进、天科合达等一众厂商初具规模，但随着国内企业产品得到验证进程加速，下游厂商认可程度不断提升，海外企业与国内企业差距相对缩小，国产替代具备广阔的市场空间。

表 12：海外龙头企业与天岳先进的 SiC 衬底量产时间对比

政策名称	4 英寸		6 英寸		8 英寸
	具备量产能力时间	早于天岳先进年数	具备量产能力时间	早于天岳先进年数	具备量产能力时间
科锐公司	1999 年	16 年	2009 年	10 年	2015 年
贰陆公司	2005 年	10 年	2012 年	7 年	2019 年

天岳先进	2015 年	-	2019 年	-	尚不具备量产能力
------	--------	---	--------	---	----------

资料来源：天岳先进招股说明书，东莞证券研究所

宽禁带半导体的军事用途使得国外对中国实行技术和产品禁运和封锁。《瓦森纳协定》是一项由 42 个国家签署，管制传统武器及军商两用货品出口的条约。宽禁带半导体是有源相控阵雷达、毫米波通信设备、激光武器、“航天级”固态探测器、耐超高辐射装置等军事装备中的核心组件，因而受到国际上《瓦森纳协定》的出口管制，并且对外收购相关企业也会受到西方发达国家的严格审查。国内行业通过外延式收购的方式进行发展的难度较大。

《瓦森纳协定》在 2008 年修订后，开始限制半绝缘 SiC 衬底等材料向中国等部分国家进行出口。此外，根据美国商务部工业与安全局（BIS）出口管制清单，SiC 晶片也被列为限制出口产品。虽然我国在新能源汽车、光伏等 SiC 应用的主要领域具备一定先发优势，但在 SiC 领域起步较晚，发展基础薄弱，且通过外延收购的方式进行发展的难度较大，因此只能以内生发展为主的方式实现国产替代。

海外技术禁运，加速宽禁带半导体器件的国产替代进程。由于宽禁带半导体的军事用途使得国外对中国实行技术禁运和封锁，国内 SiC 产业的持续发展对核心技术国产自主化、实现供应链安全可控提出了迫切的需求。自主可控趋势加速了宽禁带半导体器件的国产替代进程，为宽禁带半导体行业带来了发展新机遇。在宽禁带半导体领域，下游应用企业已在调整供应链，支持国内企业。数家国内宽禁带半导体企业的上中游产品陆续获得了下游用户验证机会，进入了多个关键厂商供应链，逐步开始了以销促产的良性发展。

受益 SiC 下游应用的旺盛需求，国内外企业积极扩产。随着近年 SiC 器件的应用场景日渐多元，在电动汽车、光伏发电、轨道交通和智能电网等下游领域的渗透率快速提升，下游需求实现快速增长。为了满足以电动汽车、光伏为代表的客户未来的增长需求，国内外企业纷纷扩产，密集加大资本投入以抢占市场先机。2022 年 4 月，全球 SiC 龙头企业 Wolfspeed 正式启用其位于美国纽约州马西的最先进的莫霍克谷 SiC 制造厂，这是全球首个 8 英寸 SiC 晶圆厂，现已正式启用并试产，预估 2023 年上半年可望贡献显著营收；2022 年 5 月，意法半导体宣布其 8 寸 SiC 衬底、外延片和 SiC MOSFET 都将达到完工达产状态，目标在 2024 年 SiC 衬底自给率达到 40%。随着下游市场的超预期发展，SiC 产业链的景气程度有望持续向好，各环节企业也将直接受益于行业发展。

图 44：Wolfspeed 美国纽约州莫霍克谷工厂

图 45：意法半导体新设 SiC 工厂



资料来源：Wolfspeed，东莞证券研究所



资料来源：意法半导体，东莞证券研究所

国内方面，2021 年国内累计投产 3 条 6 英寸 SiC 晶圆产线，总体来看国内至少已有 7 条 SiC 晶圆制造产线（包括中试线），另有约 10 条 SiC 产线正在建设中；GaN 射频产线方面，目前国内已有 5 条 4 英寸 GaN-on-SiC 生产线，约有 5 条 GaN 射频产线正在建设中。

表 13：中国 SiC 行业相关产线建设情况

应用环节	产线状态	产线数量（条）	主要企业
SiC 电力电子	已有产线	7 条	泰科天润、三安集成、中电科 55 所、世纪金光、国家电网、全球能源互联网研究院、中车时代半导体、华润微
	新增产线	3 条	上海积塔半导体、芜湖启迪半导体、泰科天润
	在建产线	10 条	三安光电、东微电子、中科汉韵、比亚迪、富能半导体、广东芯聚能、南京百识电子、青岛汇科、华瑞微、英唐智控
GaN-on-SiC 射频	已有产线	5 条	中电科 13 所、中电科 55 所、三安集成、苏州能讯、海威华芯
	在线产线	5 条	北京华通芯、成都新兴中微科技、正威集团、吴越半导体、立昂微

资料来源：CASA，东莞证券研究所

5. 投资建议

碳化硅电气特性优越，下游新能源汽车、光伏等领域驱动行业成长，目前海外龙头企业具备先发优势，国产厂商正加速验证，国产替代空间广阔。建议关注国内碳化硅产业链各环节布局领先的企业，如晶盛机电（300316）、天岳先进（688234）、三安光电（600703）、时代电气（688187）、斯达半导（603290）等。

注：国内碳化硅产业链的部分企业

设备：晶盛机电（300316）、北方华创（002371）等；

衬底：天岳先进（688234）、露笑科技（002617）、天科合达（未上市）；

外延片：东莞天域（未上市）、瀚天天成（未上市）；

器件：三安光电（600703）、时代电气（688187）、斯达半导（603290）、新洁能（605111）、士兰微（600460）、扬杰科技（300373）、捷捷微电（300623）等。

表 14: 重点公司盈利预测及投资评级 (2022/10/25)

股票代码	股票名称	股价(元)	EPS (元)			PE			评级	评级变动
			2021A	2022E	2023E	2021A	2022E	2023E		
300316.SZ	晶盛机电	70.18	1.33	2.05	2.76	52.77	34.27	25.43	推荐	首次
688234.SH	天岳先进	129.25	0.23	0.30	0.41	561.96	437.69	315.55	推荐	首次
600703.SH	三安光电	17.85	0.29	0.48	0.70	61.55	37.37	25.64	推荐	维持
688187.SH	时代电气	59.93	1.42	1.69	2.01	42.20	35.46	29.88	推荐	首次
603290.SH	斯达半导	332.00	2.47	4.43	6.32	134.41	74.91	52.55	推荐	维持

资料来源: iFind, 东莞证券研究所

注: 2022 年、2023 年预测 EPS 采用 iFind 一致预期

6. 风险提示

成本下降不及预期导致渗透放缓: 目前碳化硅器件的生产、制备成本仍然偏高, 若良率提升缓慢导致成本下降不及预期, 则将影响到碳化硅在下游应用领域的渗透;

行业竞争加剧: 受益日益旺盛的下游需求, 国内外 SiC 企业积极扩产, 若未来行业竞争加剧导致产能过剩, 则 SiC 产品面临降价的风险。

东莞证券研究报告评级体系：

公司投资评级	
推荐	预计未来 6 个月内，股价表现强于市场指数 15%以上
谨慎推荐	预计未来 6 个月内，股价表现强于市场指数 5%-15%之间
中性	预计未来 6 个月内，股价表现介于市场指数±5%之间
回避	预计未来 6 个月内，股价表现弱于市场指数 5%以上
行业投资评级	
推荐	预计未来 6 个月内，行业指数表现强于市场指数 10%以上
谨慎推荐	预计未来 6 个月内，行业指数表现强于市场指数 5%-10%之间
中性	预计未来 6 个月内，行业指数表现介于市场指数±5%之间
回避	预计未来 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 5%以上
风险等级评级	
低风险	宏观经济及政策、财经资讯、国债等方面的研究报告
中低风险	债券、货币市场基金、债券基金等方面的研究报告
中风险	主板股票及基金、可转债等方面的研究报告，市场策略研究报告
中高风险	创业板、科创板、北京证券交易所股票、新三板（含退市整理期）等板块的股票、基金、可转债等方面的研究报告，港股股票、基金研究报告以及非上市公司的研究报告
高风险	期货、期权等衍生品方面的研究报告

本评级体系“市场指数”参照标的为沪深 300 指数。

分析师承诺：

本人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，以勤勉的职业态度，独立、客观地在所知情的范围内出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点，不受本公司相关业务部门、证券发行人、上市公司、基金管理公司、资产管理公司等利益相关者的干涉和影响。本人保证与本报告所指的证券或投资标的无任何利害关系，没有利用发布本报告为自身及其利益相关者谋取不当利益，或者在发布证券研究报告前泄露证券研究报告的内容和观点。

声明：

东莞证券为全国性综合类证券公司，具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供东莞证券股份有限公司（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。本报告所载资料及观点均为合规合法来源且被本公司认为可靠，但本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，可随时更改。本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可跌可升。本公司可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与本公司其他业务部门或单位所给出的意见不同或者相反。在任何情况下，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，并不构成对任何人的投资建议。投资者需自主作出投资决策并自行承担投资风险，据此报告做出的任何投资决策与本公司和作者无关。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，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本公司及其所属关联机构在法律许可的情况下可能会持有本报告中提及公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、经纪、资产管理等服务。本报告版权归东莞证券股份有限公司及相关内容提供方所有，未经本公司事先书面许可，任何人不得以任何形式翻版、复制、刊登。如引用、刊发，需注明本报告的机构来源、作者和发布日期，并提示使用本报告的风险，不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权刊载或者转发本证券研究报告的，应当承担相应的法律责任。

东莞证券研究所

广东省东莞市可园南路 1 号金源中心 24 楼

邮政编码：523000

电话：（0769）22119430

传真：（0769）22119430

网址：www.dgzq.com.cn