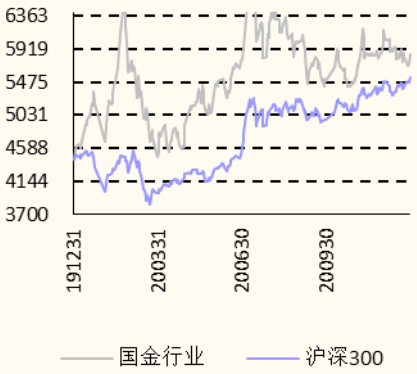
创新技术与企业服务研究中心

半导体行业研究　买入（维持评级）　　**行业深度研究**

市场数据(人民币)

市场优化平均市盈率	18.90
国金半导体指数	5856
沪深 300 指数	5114
上证指数	3414
深证成指	14202
中小板综指	12514



相关报告

1.《新技术催化景气上行，国产替代空间广阔-半导体硅片行业深度》，2020.12.26

2.《2021 年年度策略报告-2021－2022 年投资展望，六个...》，2020.11.26

3.《半导体行业 2020 年三季报综述-三季度半导体高度景气，盈利指...》，2020.11.5

4.《集成电路扶持政策点评-全产业链加大扶持力度，分级优惠鼓励做强》，2020.8.5

5.《半导体行业深度报告-服务器芯片逆疫情求生》，2020.4.20

樊志远　分析师 SAC 执业编号：S1130518070003
(8621)61038318
fanzhiyuan@gjzq.com.cn

邓小路　分析师 SAC 执业编号：S1130520080003
dengxiaolu@gjzq.com.cn

刘妍雪　分析师 SAC 执业编号：S1130520090004
liuyanxue@gjzq.com.cn

新能源车快速发展，碳化硅迎来发展良机

投资建议

- **性能优异，第三代半导体应运而生。**第三代半导体材料具有宽的禁带宽度，高击穿电场、高热导率及高电子饱和速率，因而更适合于制作高温、高频及大功率器件。2019 年中国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场中，消费电源是第一大应用，占比 28%，工业及商业电源次之，占比 26%，新能源汽车排第三，占比 11%，未来随着 SiC、GaN 产品的成本下降，性价比优势开始凸显，将会有更多的应用场景。预测 2027 年 SiC 器件的市场规模将从 2020 的 6 亿美元增长至 100 亿美元，呈现高速增长态势。

行业观点

- **新能源汽车快速发展，SiC 迎来发展良机。**SiC 应用于新能源车，可以降低损耗、减小模块体积重量、提升续航能力。Model 3 率先采用 SiC，开启了电动汽车使用 SiC 先河，2020 年比亚迪汉也采用了 SiC 模块，有效提升了加速性能、功率及续航能力，丰田燃料电池车 Mirai 车型搭载了 SiC，功率模块体积降低了 30%，损耗降低了 70%。新能源汽车迎来高速增长期，2020 年 11 月，新能源汽车产销分别完成 19.8 万辆和 20 万辆，同比分别增长 75.1%和 104.9%。预测 2025 年全球新能源汽车有望达到 1100 万辆，中国占 50%。新能源汽车需要新增大量的功率半导体，48V 轻混需要增加 90 美元以上，电动或者混动需要增加 330 美元以上，如果采用 SiC 器件，则单车价值量增加更多。目前有众多电动汽车品牌正在研发 SiC 方案，我们认为，随着成本下降和技术的逐步成熟，SiC 在新能源车中具有较大的应用空间。其他领域也有望快速渗透，预测 2025 年光伏逆变器 SiC 渗透率将由 2020 年的 10%提升到 50%；2030 年轨交 SiC 渗透率将由 2018 年的 2%提升到 30%。

- **碳化硅 6 英寸将成为主流，成本有望大幅下降。**SiC 晶片向大尺寸发展，以不断提高芯片利用率和生产效率。伴随 CREE 、 II VI 等企业 6 英寸 SiC 晶片制造技术的成熟， 6 英寸产品质量和稳定性逐渐提高，国外下游器件制造厂商对 SiC 晶片的采购需求逐渐由 4 英寸向 6 英寸转化，国内也正在积极向 6 寸方向发展。2018-2020 年，SiC 产品价格保持平稳，预计 2021 年在电动汽车需求拉动下，价格继续保持稳定；伴随大量扩产及产能不断释放，将会出现较大幅度成本下降，预测 2025 年 SiC 产品价格仅有目前的 1/5~1/4。

- **美、欧、日系企业优势明显，中国 SiC 产业链逐渐完善。**欧美日企业领先，其中美国优势最为明显，2019 年全球 SiC 产量的 70%~80%来自美国公司，其中 Cree 一家独大，2020 年上半年 SiC 晶片 Cree 占比 45%。国内 SiC 产业链逐渐完善，企业快速发展，市占率提升较快，天科合达的 SiC 晶片全球市占率从 2018 年的 1.7%提升到了 2020 年上半年的 5.3%，天科合达的 SiC 晶片全球市占率从 2018 年的 0.5%提升到了 2020 年上半年的 2.6%。预测 2025 年中国碳化硅晶片占全球比将从 2020 年的 8.6%提升至 16%。

- **推荐组合：科锐（Cree）、意法半导体（STMicro）、英飞凌（Infineon）、斯达半导、三安光电**

风险提示

- SiC 成本居高不下，各领域应用不达预期，新能源车发展低于预期。

内容目录

一、第三代半导体优势渐显，应用多点开花 4
1.1 性能优异，第三代半导体应运而生 4
1.2 碳化硅可降低能耗，缩小器件体积 5
1.3 碳化硅 6 英寸将成为主流，成本有望大幅下降 8
二、多领域需求驱动，碳化硅高速成长 8
2.1 碳化硅市场成长动力主要来自新能源汽车、光伏等 8
2.2 预测 2027 年碳化硅 功率器件的市场规模将 超过 100 亿 美元 9
2.3 预测 2025 年光伏发电逆变器 SiC 渗透率 50% 10
2.4 预测 2030 年轨道交通 SiC 渗透率 30% 10
三、 碳化硅在电动汽车领域有望大显身手 11
3.1 Model 3 率先采用 SiC MOSFET，开启了电动汽车使用 SiC 先河 12
3.2 电动汽车快速发展，碳化硅迎来发展良机 14
四、 碳化硅市场被国际巨头占领，国内企业大力布局，奋起直追 16
4.1 美国 CREE 一家独大，欧、美、日系企业优势明显 16
4.2 中国大力布局碳化硅，产业链逐步完善 18
五、看好行业细分龙头 19
5.1 投资建议 20
5.2 风险提示 20

图表目录

图表 1： SiC 和 GaN 适用范围 4
图表 2： SiC MOSFET 应用范围 5
图表 3： SiC MOSFET 与 Si IGBT 对比 5
图表 4： 碳化硅功率器件主要应用领域 5
图表 5： SiC 和 IGBT 导通损耗优势对比 6
图表 6： IGBT 模块的 FRD 具有较大的反向恢复电流 6
图表 7： HPDrive 封装 a)750V IGBT 模块 b)1200VCoolSiC™ 6
图表 8： 1200VCoolSiC 的节能效果 7
图表 9： SiC 器件在电动汽车中的应用 7
图表 10： SiC 在电动汽车应用中的优势 7
图表 11： 全球碳化硅晶片企业各尺寸发展情况 8
图表 12： 2017-2025 年 SiC 晶片价格趋势（4 英寸，元/片） 8
图表 13： 2019 年中国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场结构 9
图表 14： 全球 SIC 和 GaN 各应用领域预测 10
图表 15： 光伏逆变器中碳化硅功率器件占比预测 10
图表 16： 轨道交通中碳化硅功率器件占比预测 11
图表 17： SiC 在电动汽车中的应用 12
图表 18： Model 3 逆变器 PCB 板 12
图表 19： Model 3 逆变器 SiC MOSFET 12
图表 20： 比亚迪汉采用 SiC MOSFET 模块 13
图表 21： 电装应用于燃料电池）Mira 车型的 SiC 逆变器模块 14
图表 22： 搭载 SiC 功率模块的全新 MIRAI 与原 MIRAI 性能对比 14
图表 23： 2020 年各种电动汽车半导体价值量 15
图表 24： 2017-2020 年中国新能源汽车销量及同比变化情况 15
图表 25： 2025 年全球新能源汽车预测（万辆） 16
图表 26： 2025 年中国新能源汽车预测（万辆） 16
图表 27： 全球碳化硅产业链主要公司 16

图表 28：近三年 Mouser 在售的 SiC、GaN 器件及模块产品数量（款）.....17
图表 29：英飞凌 SiC 业务增长趋势.....17
图表 30：英飞凌沟槽式 SiC 竞争优势.....18
图表 31：2018 年导电型碳化硅厂商竞争格局.....18
图表 32：2019-2020H1 全球半导体 SiC 晶片市场份额.....18
图表 33：2019 年国内部分重点第三代半导体领域投资项目.....19
图表 34：2025 年碳化硅晶片出货量预测（万片）.....19

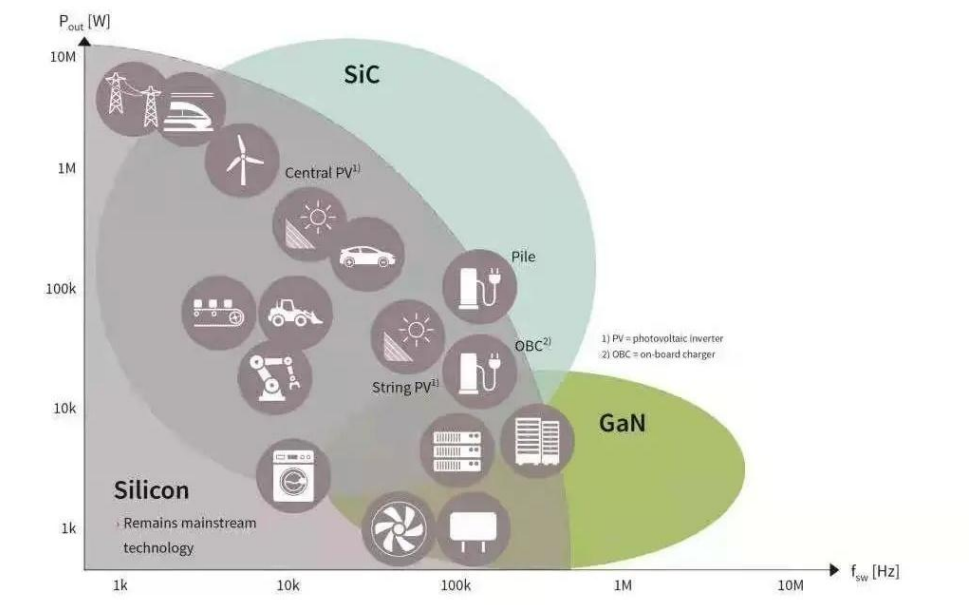
一、第三代半导体优势渐显，应用多点开花

1.1 性能优异，第三代半导体应运而生

- 半导体经过近百年的发展后，目前已经形成了三代半导体材料。第一代半导体材料主要是指硅、锗元素等单质半导体材料；第二代半导体材料主要是指化合物半导体材料，如砷化镓(GaAs)、锑化铟（InSb）；01 三元化合物半导体，如 GaAsAl、GaAsP； 第三代半导体材料主要以碳化硅(SiC) 、氮化镓(GaN)、氧化锌(ZnO)、金刚石、氮化铝（AlN）为代表的宽禁带半导体材料，其中最为重要的就是 SiC 和 GaN。

- **SiC 和 GaN 基 MOSFETs 突破性能极限，技术升级势在必行：**和第一代、第二代半导体材料相比，第三代半导体材料具有宽的禁带宽度，高的击穿电场、高的热导率、高的电子饱和速率及更高的抗辐射能力，因而更适合于制作高温、高频、抗辐射及大功率器件。为了追求更小的器件体积以及更好的性能，功率器件厂商逐渐推进下一代技术方案的 SiC 和 GaN 基 MOSFETs。举例来讲，1）SiC 基 MOSFETs 相较于硅基 MOSFETs 拥有高度稳定的晶体结构，工作温度可达 600 ℃；2）SiC 的击穿场强是硅的十倍多，因此 SiC 基 MOSFETs 阻断电压更高；3）SiC 的导通损耗比硅器件小很多，而且随温度变化很小；4）SiC 的热导系数几乎是 Si 材料的 2.5 倍，饱和电子漂移率是 Si 的 2 倍，所以 SiC 器件能在更高的频率下工作。

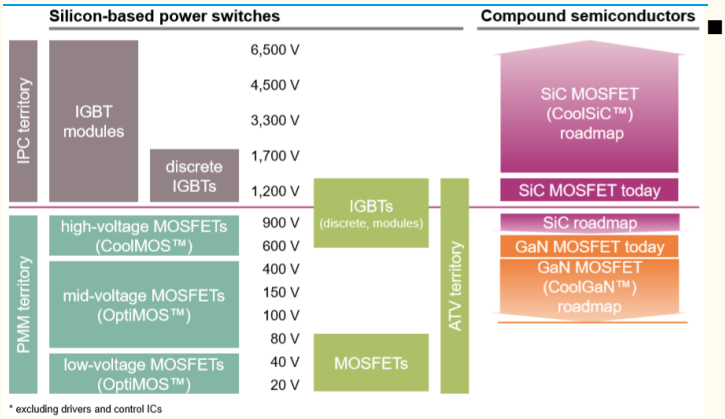
图表 1：SiC 和 GaN 适用范围



来源：宽禁带半导体技术创新联盟、国金证券研究所

- SiC MOSFET 在 600V 以上具有较强的优势，最高可应用于 6500V 高压。相对于传统的 Si 基 IGBT，SiC MOSFET 在电流密度、工作频率、可靠性、漏电流等性能指标方面优势明显。

图表 2：SiC MOSFET 应用范围



来源：Infineon、国金证券研究所

图表 3：SiC MOSFET 与 Si IGBT 对比

项目	Si IGBT	SiC MOSFET	说明
最高结温	150℃，175℃	175℃+，受限于封装	SiC MOS占优
电流密度	200A/cm2~300A/cm2	300A/cm2~400A/cm2	SiC MOS占优
工作频率	~50KHz，主流<20KHz	~200KHz	SiC MOS占优
漏电流	1	0.1	SiC MOSFET占优
短路能力	>5us	<5us	Si IGBT占优
可靠性	成熟，完美	栅氧可靠性短板	Si IGBT占优
其他	需要额外FRD续流	体二极管续流	SiC MOSFET占优

来源：旺材电动车、国金证券研究所

- SiC 主要应用于白色家电、新能源（电动汽车、风电、光伏）、工业应用等。

图表 4：碳化硅功率器件主要应用领域



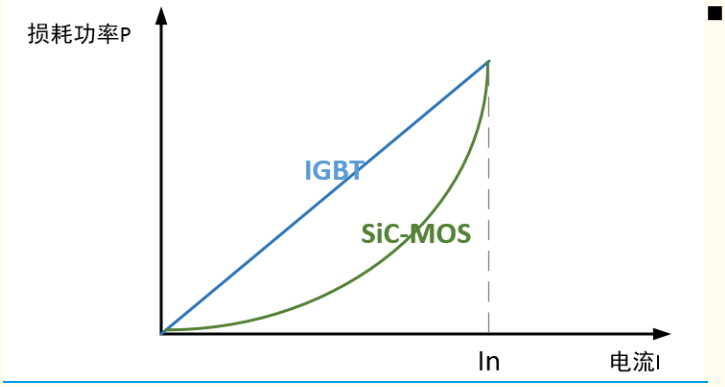
来源：旺材电动车、国金证券研究所

1.2 碳化硅可降低能耗，缩小器件体积

- **碳化硅导通损耗和开关损耗优势明显。**就电动汽车逆变器而言，功率器件是核心能量转换单元，其损耗包含两部分，导通损耗 Econ 和开关损耗 Esw。碳化硅在电流比较小也就是轻载的工况下导通损耗优势是比较明显的，再结合轻载工况开关损耗占比更大（碳化硅开关损耗也低），这也印证了为什么碳化硅更适合城市工况。因此逆变器应用碳化硅 MOS 体现在效率 Map 上就是高效区面积比较大。另外，碳化硅 MOS 打开时双向导通，又规避了 IGBT 模块在续流时，FRD 的导通压降比 IGBT 大的问题，进一步降低导通损耗。

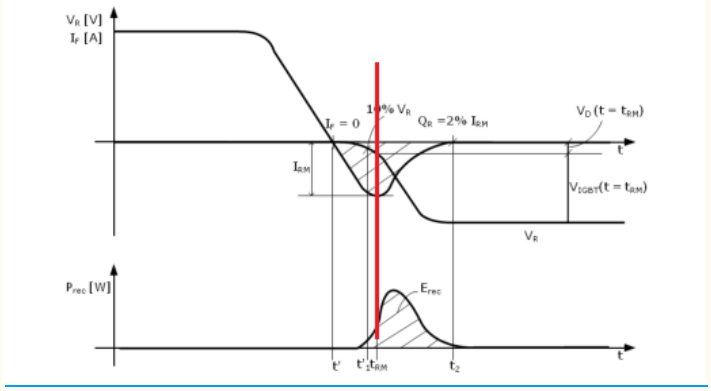
- IGBT 模块的 FRD 在开关过程中存在反向恢复电流，反向恢复电流一方面会给系统带来安全工作区、电磁兼容等负面影响，另外也额外增加了反向恢复损耗；而碳化硅 MOS 则从材料及结构本身的特性上决定其非常小的反向恢复电流；功率器件开关损耗很大程度上是由于其开关速度决定的，IGBT 本身由于开通时 FRD 的反向恢复过程，以及关断时存在拖尾电流，导致其开关速度受到限制，开关损耗相对较高；而碳化硅 MOS 更像是一个刚性开关，极快的开关速度带来更低的开关损耗。

图表 5：SiC 和 IGBT 导通损耗优势对比



来源： NE 时代、国金证券研究所

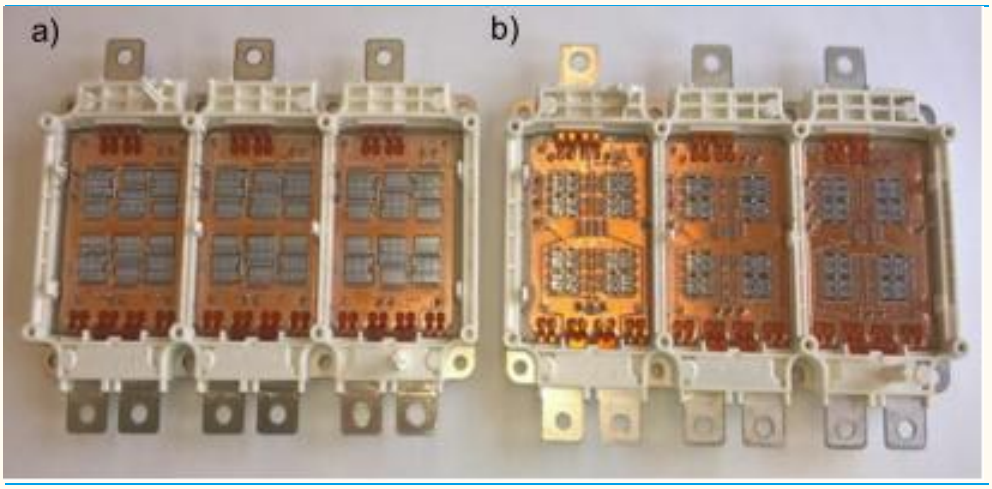
图表 6：IGBT 模块的 FRD 具有较大的反向恢复电流



来源： NE 时代、国金证券研究所

- **碳化硅可降低整车能耗。**根据海外机构试验数据，按照 WLTC 工况（更接近实际城市工况）续航能力的提升，基于 750V IGBT 模块及 1200V 碳化硅模块仿真显示，400V 母线电压下，由 750V IGBT 模块替换为 1200V 碳化硅模块，整车能耗降低 6.9%；如果电压提升至 800V，整车能耗将进一步降低 7.6%。

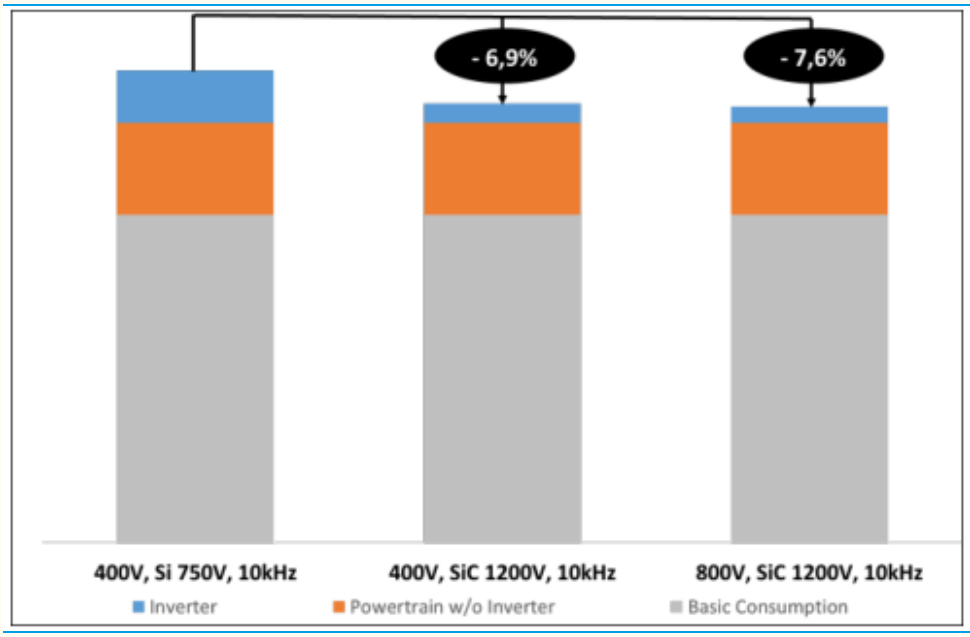
图表 7：HPDrive 封装 a)750V IGBT 模块 b)1200VCoolSiC™



来源：NE 时代、国金证券研究所

- 碳化硅除了有效率优势外，还具有以下优势：
  - 相同电压、电流等级情况下，碳化硅 MOS 芯片面积比 IGBT 芯片要小，设计出的功率模块功率密度更大，更小巧；
  - 碳化硅芯片耐更高的温度，理论上远超 175℃；
  - 高频电源设计能够缩小系统储能器件的体积，例如大电感及大容量电容等。

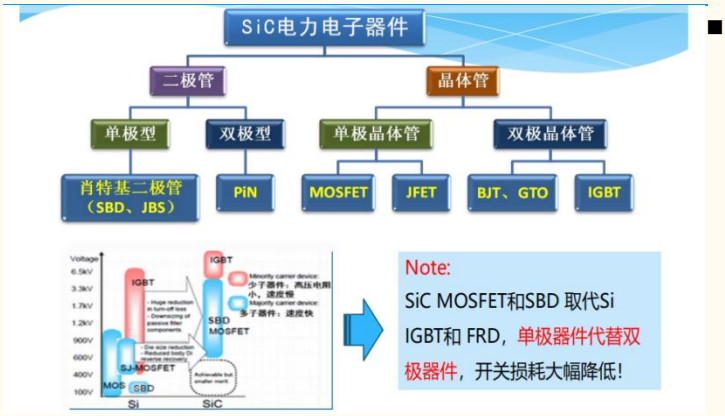
图表 8：1200VCoolSiC 的节能效果



来源：旺材电动车、国金证券研究所

- SiC 电力电子器件经历了与 Si 器件类似的发展历程，目前以 SBD 与 MOSFET 技术最为成熟。
- 特斯拉 Model3 及比亚迪汉已采用 SiC 模块，SiC 模块优势明显，随着成本的进一步下降，未来将越来越多的电动汽车采用 SiC 模块，车用将是 SiC 模块最大的增长动力。
- 在车用方面，SiC MOSFET 在性能方面明显占优，可以降低损耗，减小模块体积重量，IGBT 在可靠性鲁棒性方面占优。碳化硅器件应用于车载充电系统和电源转换系统，能够有效降低开关损耗、提高极限工作温度 、 提升系统效率。目前全球已有超过 20 家汽车厂商在车载充电系统中使用碳化硅功率器件；碳化硅器件应用于新能源汽车充电桩，可以减小充电桩体积，提高充电速度。

图表 9：SiC 器件在电动汽车中的应用



来源：旺材电动车、国金证券研究所

图表 10：SiC 在电动汽车应用中的优势



来源：旺材电动车、国金证券研究所

- **SiC 虽好，但良率低、成本较高是制约发展因素。**虽然 SiC 是长期趋势，但是 SiCMOSFET 短期内难以取代 IGBT。SiC 在磊晶制作上有材料应力的不一致性，造成晶圆尺寸在放大时磊晶层接合面应力会超出拉伸极限，导致晶格损坏，降低了产品良率，故目前 SiC 芯片成品率低，晶圆尺寸主流

仍维持 4 寸或 6 寸，无法取得大尺寸晶圆成本优势，生产成本过高。当前制约 SiC 器件发展的主要因素在于其高昂的价格，而成本的主要决定因素是衬底和晶圆尺寸。随着未来 SiC 向大尺寸方向发展，良率有望进一步提升，成本有望进一步下降，应用空间有望进一步打开。

1.3 碳化硅 6 英寸将成为主流，成本有望大幅下降

- **碳化硅晶片尺寸向大尺寸方向发展，6 英寸晶片将成为主流。**与硅片类似，第三代半导体碳化硅晶片向大尺寸方向发展，以不断提高下游对碳化硅晶片的利用率和生产效率。伴随 CREE 、 II VI 等企业 6 英寸碳化硅晶片制造技术的成熟完善， 6 英寸产品质量和稳定性逐渐提高，国外下游器件制造厂商对碳化硅 晶片的采购需求逐渐由 4 英寸向 6 英寸转化。国内也正在积极向 6 寸方向发展，在 8 英寸碳化硅晶片尚未实现产业化的情况下，6 英寸碳化硅晶片将成为市场主流产品。

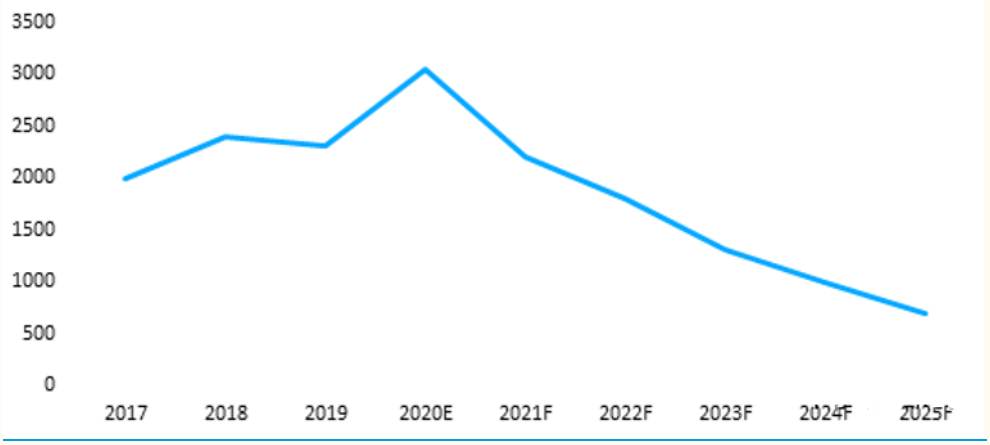
图表 11：全球碳化硅晶片企业各尺寸发展情况

项目	CREE	II-VI	SiCrystal	山东天岳	天科合达
4 英寸晶片	成功研制并规模化生产	成功研制并规模化生产	成功研制并规模化生产	成功研制并规模化生产	成功研制并规模化生产
6 英寸晶片	2012 年全球首次成功研制并规模化生产	成功研制并规模化生产	成功研制并规模化生产	成功研制，2019 年宣布产线建设计划	2014 年国内首次成功研制，已规模化生产
8 英寸晶片	成功研制，2019 年宣布产线建设计划	2015 年全球首次成功研制，2019 年宣布产线建设计划			2020 年启动研发

来源：天科合达、国金证券研究所

- **预测 SiC 晶片大幅下降。**2018-2020 年期间，SiC 产品价格一直平稳，预计 2021 年价格依然会保持稳定；随着产能不断释放，半导体时代产业数据中心预计，将会出现较大幅度价格下跌，预测 2025 年 SiC 产品价格仅有目前的 1/5~1/4。

图表 12：2017-2025 年 SiC 晶片价格趋势（4 英寸，元/片）



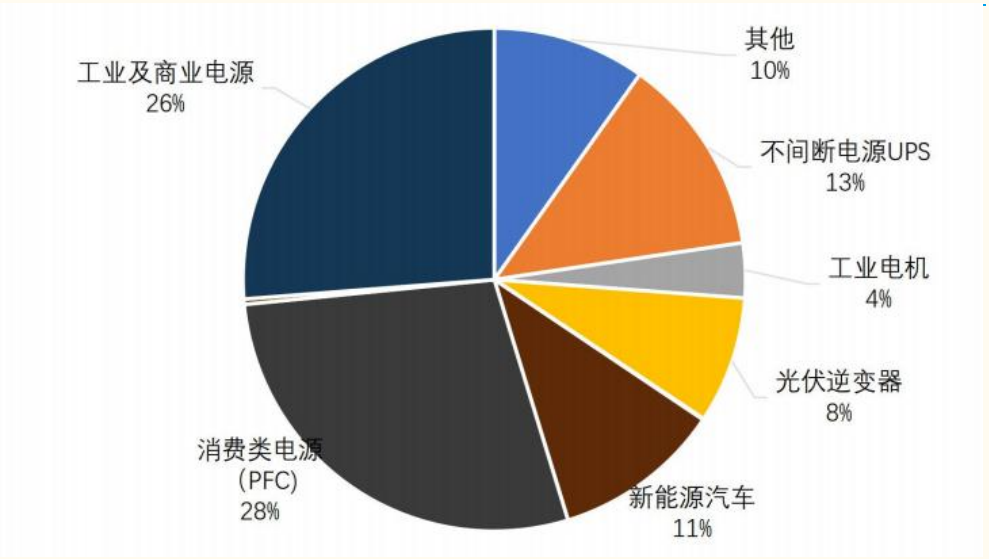
来源：半导体时代产业数据中心、国金证券研究所

二、多领域需求驱动，碳化硅高速成长

2.1 碳化硅市场成长动力主要来自新能源汽车、光伏等

- 我国作为全球最大的新能源汽车市场，随着特斯拉等品牌开始大量推进 SiC 解决方案，国内的厂商也快速跟进，以比亚迪为代表的整车厂商开始全方位布局，推动第三代半导体器件的在汽车领域加速。第三代半导体器件在充电桩领域的渗透快于整车市场，主要应用是直流充电。2019 年，新能源汽车细分市场的 SiC 器件应用规模（含整车和充电设施）约为 4.2 亿元，较上年增长了 70%，未来五年预计将保持超过 30%的年均增长。2019 年，第三代半导体电力电子器件在工业及商业电源的市场规模接近 9 亿元，增速超过 30%。受 5G 浪潮、汽车电气化、物联网、智慧城市、军用雷达等宏观要素推动，终端的消费电子、汽车电子带来更新换代需求；而云端数据中心催化了服务器市场的高速增长；同时 5G 基站新浪潮带来了通讯电源市场的爆发。一方面受通讯电源、服务器电源的市场高速增长影响，另一方面在工商业电源中成本敏感度稍低，随着 SiC、GaN 产品的成本下降，大量解决方案的出台，第三代半导体产品的性价比开始凸显，因此工商业领域，特别是毛利较高的高端市场，新技术的渗透较预期的快。

图表 13：2019 年中国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场结构

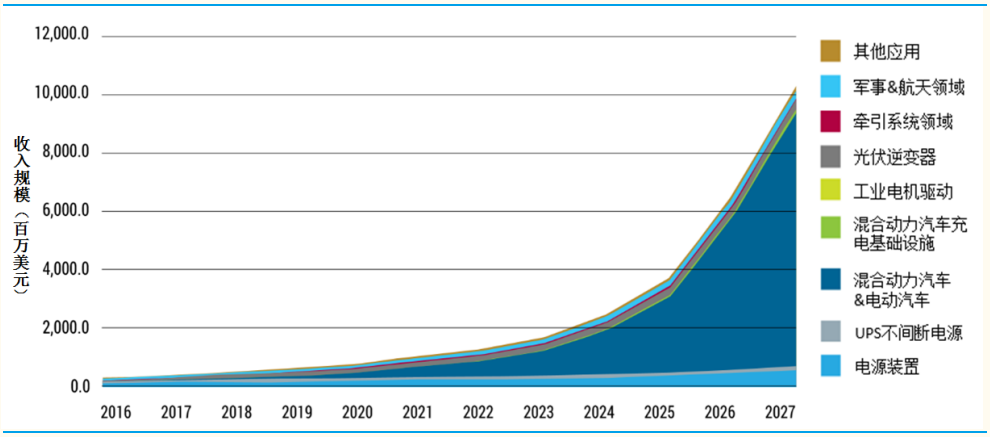


来源：CASA Research、国金证券研究所

2.2 预测 2027 年碳化硅功率器件的市场规模将超过 100 亿美元

- 2018 年碳化硅功率器件市场规模约 3.9 亿美元，受新能源汽车庞大需求的驱动以及电力设备等领域的带动，IHS 预测到 2027 年碳化硅功率器件的市场规模将超过 100 亿美元。2021 年起，受益电动汽车拉动，SiC MOSFET 将保持较快的速度增长，成为最畅销的分立 SiC 功率器件。

图表 14：全球 SIC 和 GaN 各应用领域预测

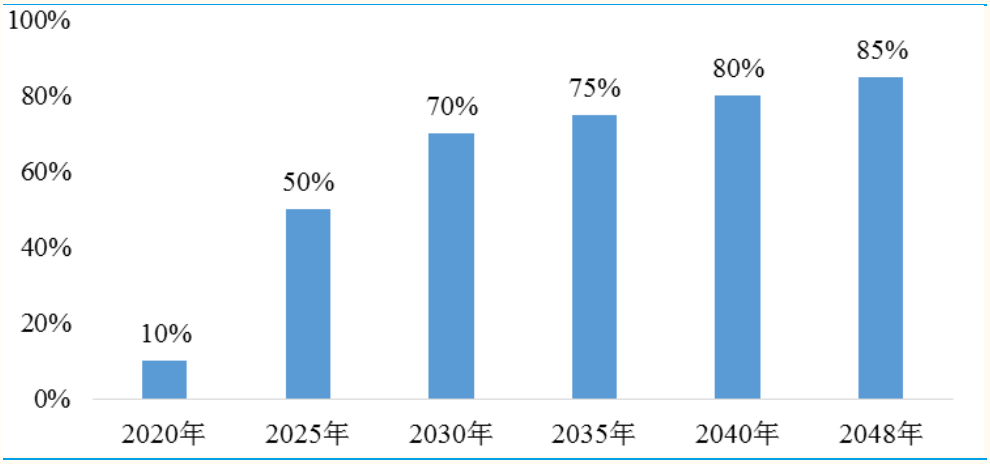


来源：Omdia、国金证券研究所

2.3 预测 2025 年光伏发电逆变器 SiC 渗透率 50%

- 在光伏发电应用中，基于硅基器件的传统逆变器成本约占系统 10%左右，却是系统能量损耗的主要来源之一。使用碳化硅 MOSFET 或碳化硅 MOSFET 与碳化硅 SBD 结合的功率模块的光伏逆变器，转换效率可从 96%提升至 99%以上，能量损耗降低 50%以上，设备循环寿命提升 50 倍，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。高效、高功率密度、高可靠和低成本是光伏逆变器的未来发展趋势。在组串式和集中式光伏逆变器中，碳化硅产品预计会逐渐替代硅基器件。

图表 15：光伏逆变器中碳化硅功率器件占比预测



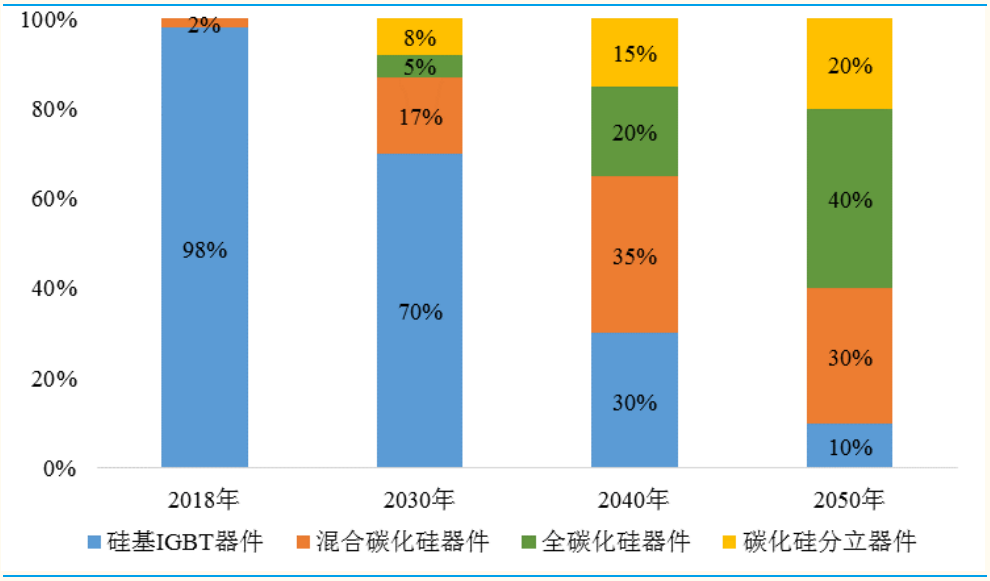
来源：CASA、国金证券研究所

2.4 预测 2030 年轨道交通 SiC 渗透率 30%

- 城市轨道车辆和高速列车是轨道交通未来发展的主要动力。轨道交通车辆中大量应用功率半导体器件，其牵引变流器、辅助变流器、主辅一体变流器、电力电子变压器、电源充电机都有使用碳化硅器件的需求。其中牵引变流器是机车大功率交流传动系统的核心装备，将碳化硅器件应用于轨道交通牵引变流器能极大发挥碳化硅器件高温、高频和低损耗特性，提高牵引变流器装置效率，符合轨道交通大容量、轻量化和节能型牵引变流装置的应用需求提升系统的体效能。2012 年包含碳化硅 SBD 的混合碳化硅功率模块在东京地铁银座线 37 列车辆中商业化应用，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，2014 年日本小田急电铁新型通勤车辆配备了三菱电机 3300V/1500A 全碳化硅功率模块逆变器，开关损耗降低 55%、体积和重量减少 65 %，电能损耗降低 20%~36%。2018 年碳化硅器件在轨道交通总占比约为 2%，CASA 预测，2030 年轨道交通碳化硅器件占比将达到 30%。

图表 16：轨道交通中碳化硅功率器件占比预测

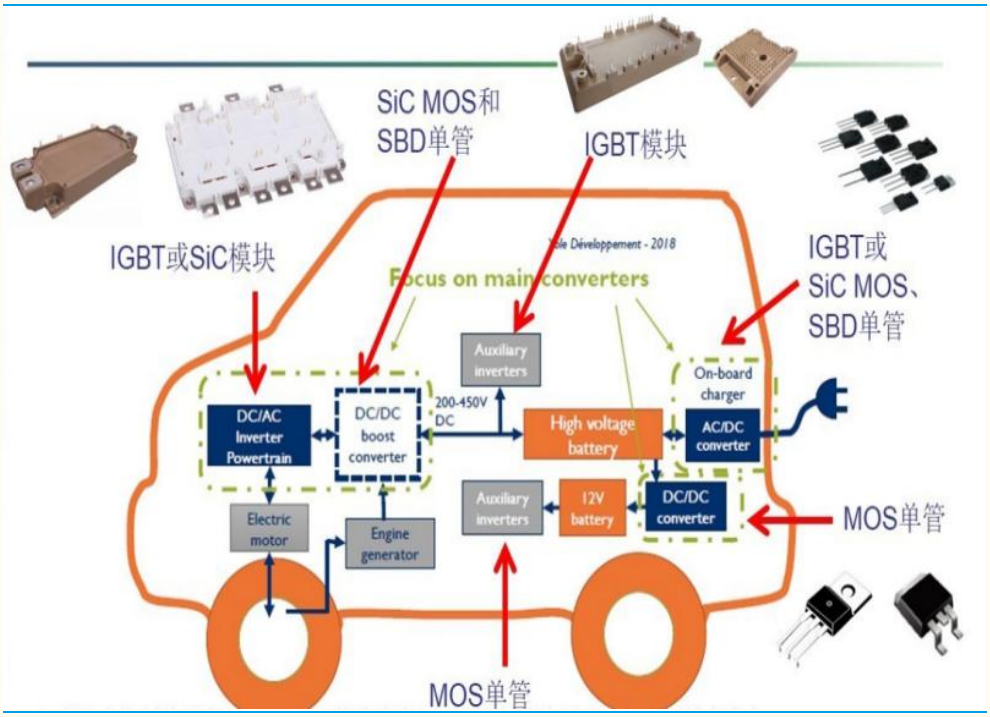


来源：CASA、国金证券研究所

三、碳化硅在电动汽车领域有望大显身手

- **新能源车功率半导体价值量大幅增加：**新增功率器件价值量主要来自于汽车的“三电”系统，包括电力控制，电力驱动和电池系统。在动力控制单元中，IGBT 或者 SiC 模块将高压直流电转换为驱动三相电机的交流电；在车载充电器 AC/DC 和 DC/DC 直流转换器中，都会用到 IGBT 或者 SiC、MOS、SBD 单管；在电动助力转向、水泵、油泵、PTC、空调压缩机等高压辅助控制器中都会用到 IGBT 单管或者模块；在 ISG 启停系统、电动车窗雨刮等低压控制器中都会用到 MOS 单管。

图表 17：SiC 在电动汽车中的应用

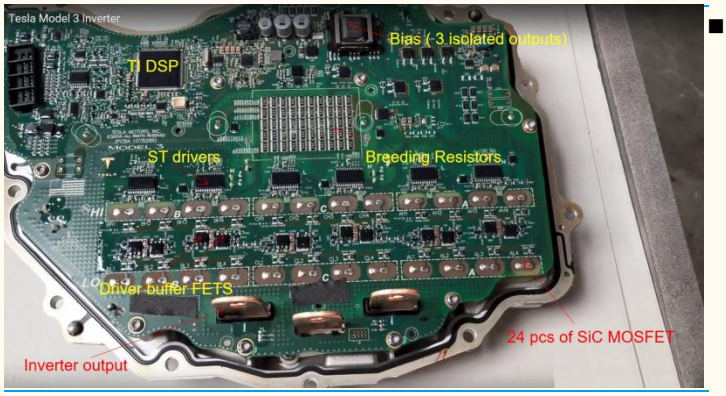


来源：电力电子网、国金证券研究所

3.1 Model 3 率先采用 SiC MOSFET，开启了电动汽车使用 SiC 先河

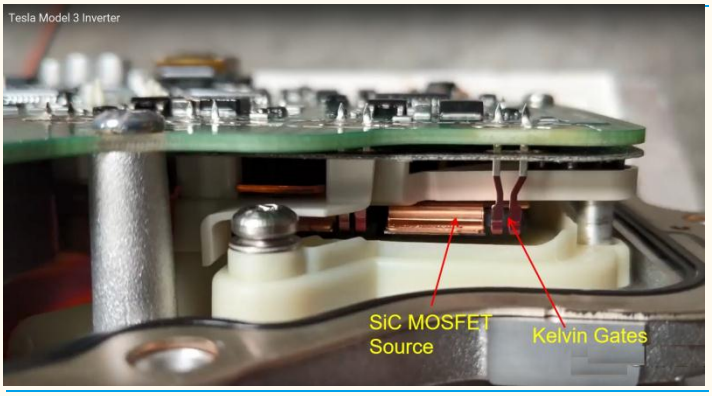
- 特斯拉逆变器模组上率先采用了 24 颗碳化硅 SiC MOSFET，该产品由意法半导体提供，随后英飞凌也成为了特斯拉的 SiC 功率半导体供应商。整个功率模块单元由单管模块组成，采用标准 6-switches 逆变器拓扑，每个 switch 由 4 颗单管模块组成，共 24 颗单管模块，器件耐压为 650V。Model 3 的 SiC 单管模块设计与 Model S/X 采用 Infineon IGBT 单管思路一致，好处是实现不同功率等级的可扩展，同时还能提升模块封装良率，降低半导体器件成本。

图表 18：Model 3 逆变器 PCB 板



来源：旺材电动车、国金证券研究所

图表 19：Model 3 逆变器 SiC MOSFET



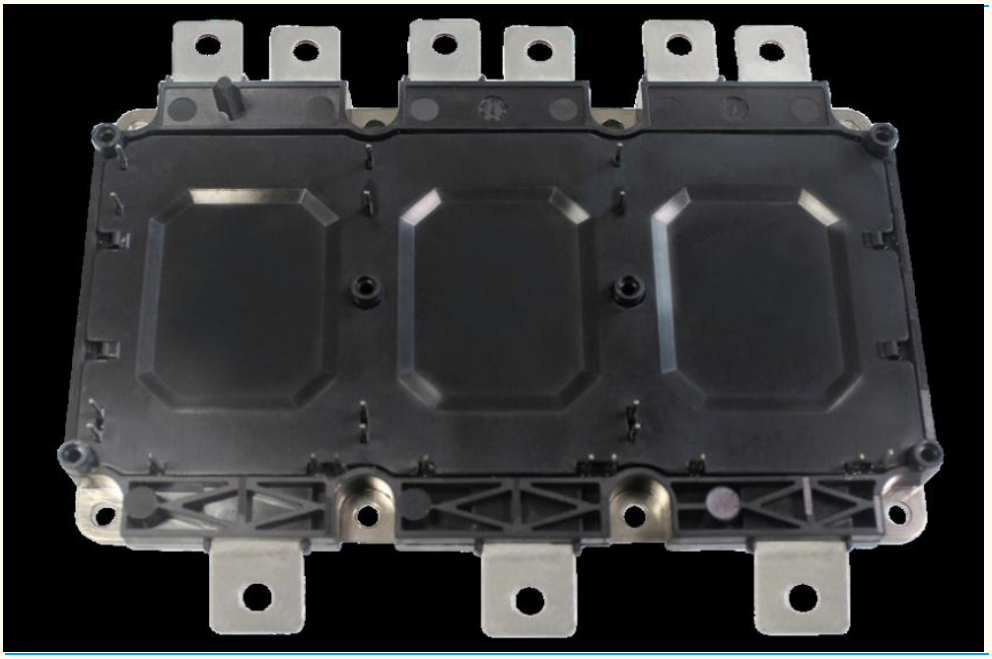
来源：旺材电动车、国金证券研究所

- **比亚迪汉采用 SiC MOSFET 提升加速性能、功率及续航能力。**
- 2020 年，比亚迪汉 EV 车型电机控制器首次使用了比亚迪自主研发并制造的 SiC MOSFET 控制模块，大大提高了电机性能。
- **碳化硅加速性能好。**宽禁带最直接的好处，有更高的击穿场强，也就是耐高压，即是可以控制更高的系统电压。比亚迪汉能够使用 650V 电压平

台，也有碳化硅的功劳。高电压意味着低电流，能减少设备电阻的损耗。对电机设计来说，也更容易在小体积下实现更高功率，也因此，比亚迪汉可以轻松实现 3.9S 的 0－100 加速性能。

- **碳化硅可实现大概率及高续航。**除了宽禁带带来的优势外，碳化硅还有两大优势，一个是饱和电子速度更高，一个是导热率更高、耐温性能更高。饱和电子速度快，也就是可以通过更大的电流。碳化硅材料的电子饱和速度是硅材料的两倍，因此在设备设计时，匹配的电流强度更容易远离设备的饱和电流，也就能实现在导通状态下更低的电阻。这能减少电能的损耗，也有助于降低设备发热，简化散热设计。特别是在瞬时大电流情况下，设备温度积累减少，再加上耐温性增加与材料本身更强的导热率，也让设备散热更容易。车辆也就能爆发出更大的功率。这是比亚迪汉能实现 363Kw 功率的原因。使用磷酸铁锂的情况下能达到 605 公里的续航里程，显然也有碳化硅的功劳。

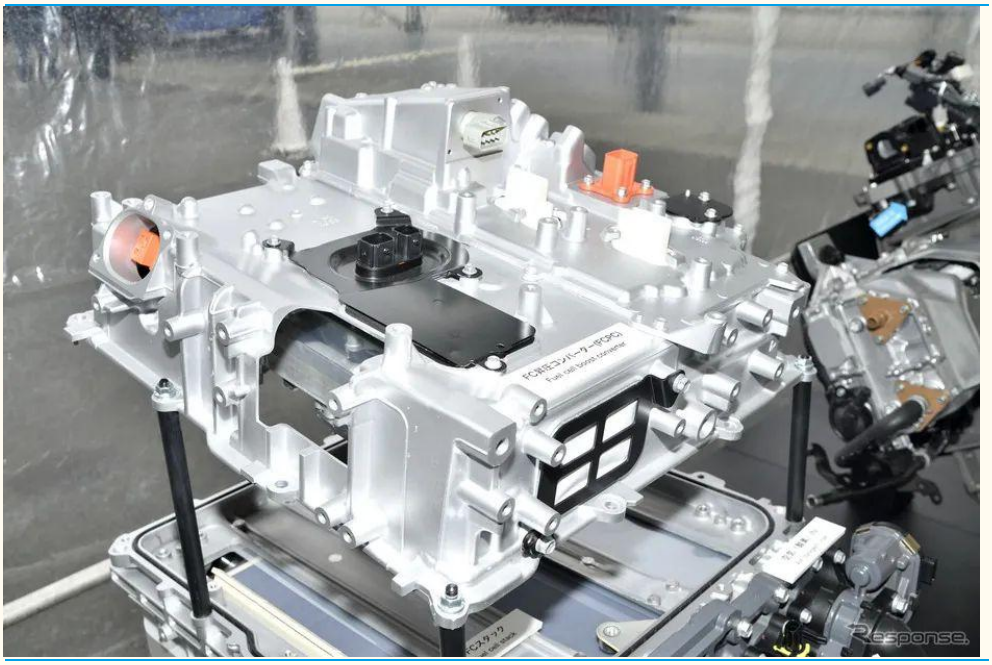
图表 20：比亚迪汉采用 SiC MOSFET 模块



来源：Omdia、国金证券研究所

- **丰田燃料电池车 Mirai 车型采用碳化硅模块**
- 电装已经开始批量生产搭载了 SiC（碳化硅）功率半导体的新一代升压功率模块，该模块将应用于丰田燃料电池车 Mirai 车型。电装与丰田的 SiC 功率模块的应用历经 HEV、燃料电池巴士和燃料电池乘用车。新 Mirai 的新一代固态燃料电池核心组件 Toyota FC Stack 搭配了使用多个 SiC 功率半导体的 FC 升压变换器。升压变换器作用是输出高于输入电压的电压。

图表 21：电装应用于燃料电池）Mira 车型的SiC 逆变器模块



来源：NE 时代、国金证券研究所

- **功率模块体积缩小了 30%，损耗降低了 70%。**根据电装的测算，与采用 Si 基功率半导体的产品相比，搭载了 SiC 功率半导体（含二极管和晶体管）的新型升压功率模块体积缩小了约 30%，损耗降低了约 70%，在实现功率模块小型化的同时提升了车辆的燃油效率。

图表 22：搭载 SiC 功率模块的全新 MIRAI 与原 MIRAI 性能对比

		全新MIRAI	原MIRAI
车辆	续航里程（km）	最高约850 (WTLC工况)	约650 (JC08工况)
	最高车速（km/h）	175	175
燃料电池电堆	输出功率密度（kw/L）	5.4 (4.4：含链接部件)	3.5 (3.1：含链接部件)
	最高输出功率（kW）	128	114
储氢罐	储氢方式	高压气罐3个	高压气罐2个
	充填压力（MPa）	70	70
电机	最高输出功率（kW）	134	113

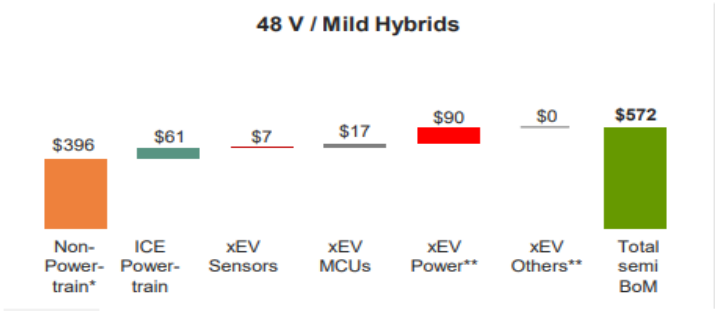
来源：NE 时代、国金证券研究所

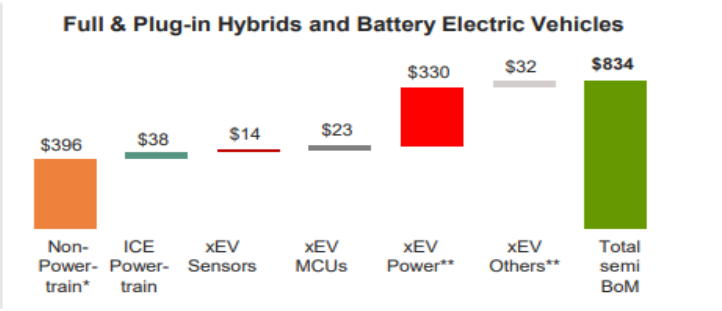
- **搭载 SiC 模块的新 Mirai 续航里程提升 30%。**丰田表示，通过在 FC 升压变压器中使用 SiC 半导体，采用锂离子低压蓄电池等方式，降低系统能耗损失。同时，在提升 FC 电堆性能的基础上，通过采用触媒活性再生控制技术，提升发电效率。从而丰田实现了新 Mirai WLTC 工况最高续航里程约 850km，较上一代车型提升约 30%。

3.2 电动汽车快速发展，碳化硅迎来发展良机

- 根据 Infineon 数据，2020 年，48V 轻混汽车需要增加 90 美元功率半导体，电动汽车或者混动需要增加 330 美元功率半导体。如果要采用碳化硅器件，单车价值量则更高。

图表 23：2020 年各种电动汽车半导体价值量



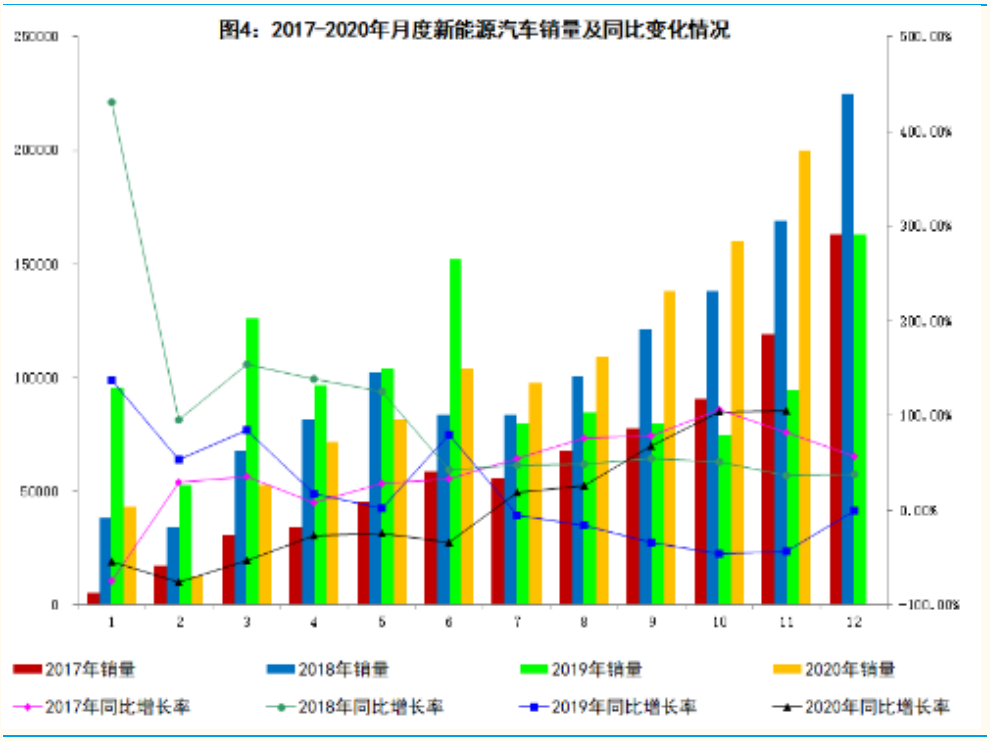


2020	2.1m vehicles	5.8m vehicles
2022	5.8m vehicles	12.2m vehicles
2025	18.8m vehicles	21.0m vehicles
2030	27.3m vehicles	32.0m vehicles

来源：Infineon、国金证券研究所

- 2019 年，全球电动汽车达到 221 万辆，同比增长 10%，中国新能源汽车销售 120.6 万辆，同比下降了 4.0%。
- 2020 年 11 月，新能源汽车产销分别完成 19.8 万辆和 20 万辆，同比分别增长 75.1%和 104.9%。2020 年 1-11 月，新能源汽车产销分别完成 111.9 万辆和 110.9 万辆，其中产量同比下降 0.1%，销量同比增长 3.9%。

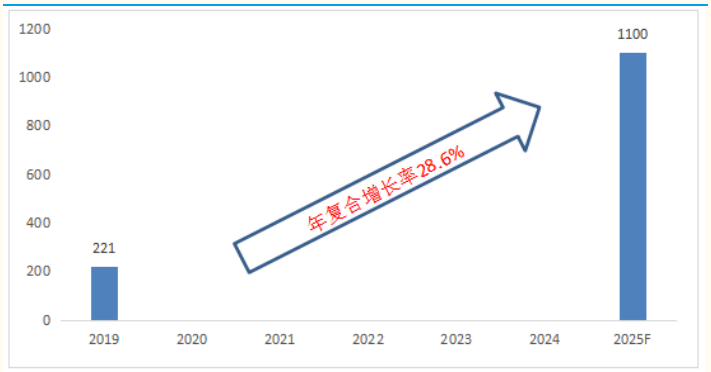
图表 24：2017-2020 年中国新能源汽车销量及同比变化情况



来源：工信部、国金证券研究所

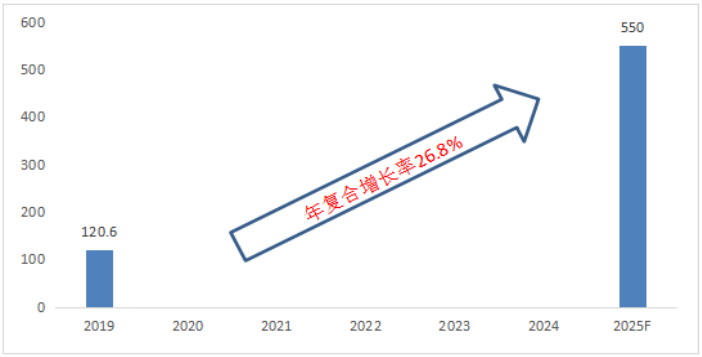
- 彭博新能源财经（BloombergNEF）预测，2025 年全球新能源汽车有望达到 1100 万辆，中国占 50%，2030 年有望达到 2800 万辆，2040 年将达到 5600 万辆。届时，电动汽车销量将占到全部新车销量的 57%。

图表 25：2025 年全球新能源汽车预测（万辆）



来源：BloombergNEF、国金证券研究所

图表 26：2025 年中国新能源汽车预测（万辆）



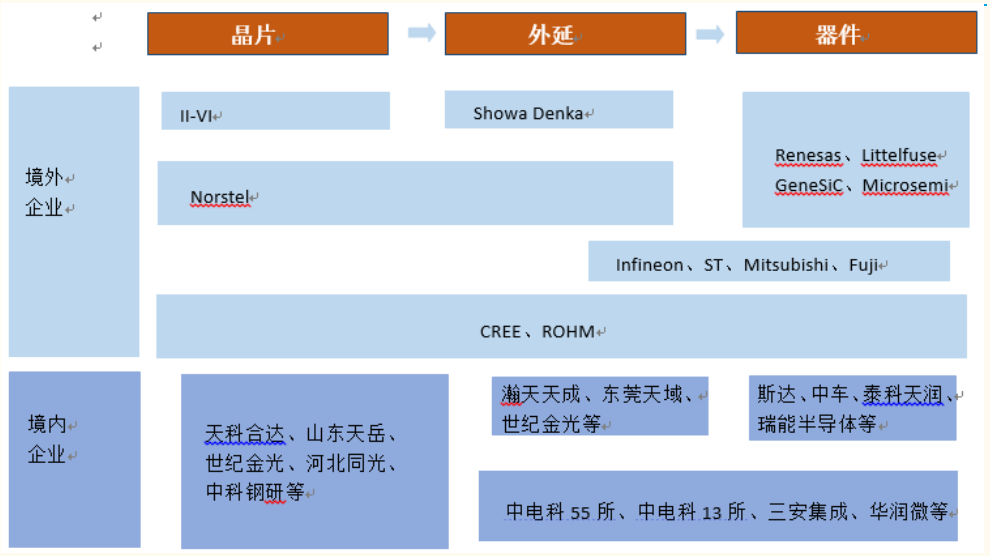
来源：BloombergNEF、国金证券研究所

四、碳化硅市场被国际巨头占领，国内企业大力布局，奋起直追

4.1 美国 CREE 一家独大，欧、美、日系企业优势明显

- **美国公司占全球 SiC 产量的 70%~80%。**在 SiC 领域，欧美日企业领先，其中美国优势最为明显。全球 SiC 产量的 70%~80%来自美国公司，海外 SiC 单晶衬底企业主要有 Cree、DowCorning、SiCrystal、II-VI、新日铁住金、Norstel 等；外延片企业主要有 DowCorning、II-VI、Norstel、Cree、罗姆、三菱电机、Infineon 等；器件方面相关主要企业包括 Infineon、Cree、罗姆、意法半导体等。

图表 27：全球碳化硅产业链主要公司



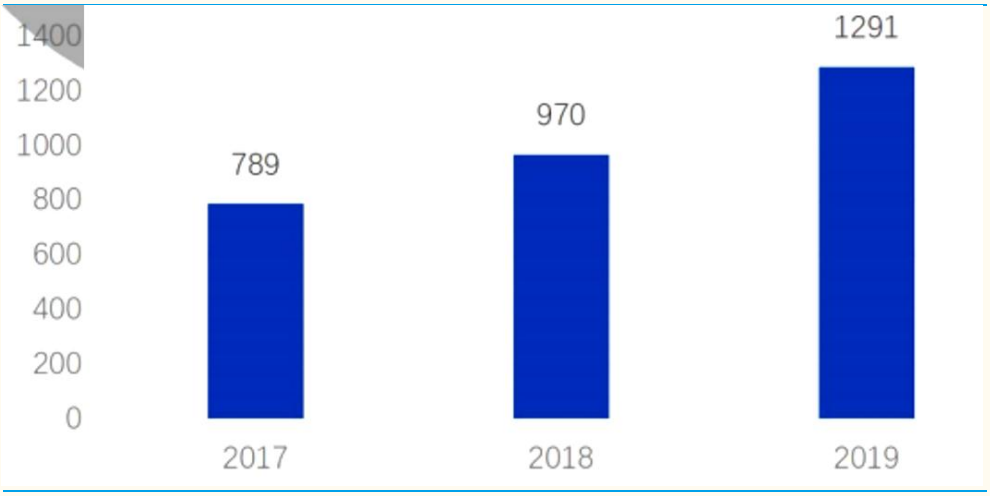
来源：电子发烧友、国金证券研究所

- **国际大厂纷纷布局 SiC。**2019 年 9 月，科锐与德尔福科技宣布开展汽车碳化硅器件合作；2020 年 12 月，科锐成为大众汽车集团 FAST（未来汽车供应链）项目 SiC 独家合作伙伴。博世也正在研发碳化硅产品。其他国际大厂如 ROHM、英飞凌、ST、安森美等均已积极推广 SiC 新器件，聚焦在高工艺、定制化、稳供应上。国内厂商也在积极布局，奋起直追。
- **Cree（科锐）10 亿美元加码碳化硅业务。**2019 年，碳化硅大厂 Cree（科锐）宣布将投资 10 亿美元扩大碳化硅产能，在美国总部北卡罗莱纳州达勒姆市建造一座采用最先进技术的自动化 200mm SiC 碳化硅生产工厂和一座

材料超级工厂。这是 Cree 有史以来最大的生产投资，将为 Wolfspeed 碳化硅和碳化硅基氮化镓（GaN-on-SiC）业务提供动能。

- **全球功率半导体领域排名第二的安森美半导体，在 SiC MOSFET 布局上也成绩斐然。**2020 年第一季度安森美发布了 900V SiC MOSFET 技术，并将于下半年发布 650V SiC MOSFET 技术。其中，安森美与客户合作的碳化硅应用范围已经从常见的汽车牵引逆变器、电动汽车(EV)车载充电、电动汽车充电桩(EVC)、光伏和云计算等，逐步推向专业音频、专业照明、医疗、电动工具、电器、辅助电机等应用领域。
- **ROHM 早于 2010 年开始量产 SiC MOSFET**，2012 年开始供应符合 AEC-Q101 标准的车载级产品，与国内外汽车企业深度合作，2020 年 ROHM 推出的“1200V 第四代 SiC MOSFET”通过大幅减少寄生电容来降低约 50%的开关损耗，兼具了低导通电阻和高速开关性能，适用于包括主机逆变器在内的汽车动力总成系统和工业设备的电源。
- **多款 SiC 器件新品推出，器件供应迅速上量。**Mouser 数据显示，2019 年各厂家在售的各类 SiC、GaN 产品（含功率电子和微波射频，不含 LED）已经接近 1300 款，较 2017 年增加了 6 成，仅 2019 年就新增了 321 款新品。

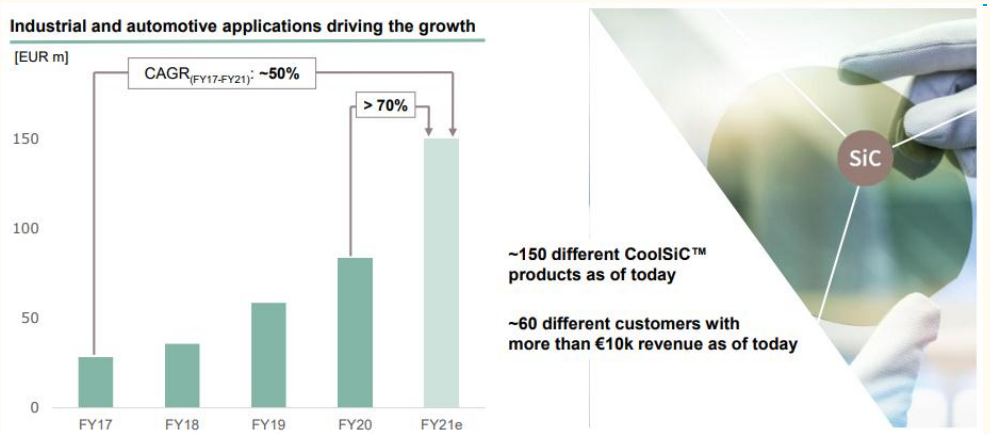
图表 28：近三年 Mouser 在售的 SiC、GaN 器件及模块产品数量（款）



来源：CASA Research、Mouser、国金证券研究所

- **英飞凌预计 2021 财年 SiC 销售额达到 1.5 亿欧元。**英飞凌的目标是将 SiC 的销售额从 2020 财年的 8000 万欧元增长至 2021 财年的 1.5 亿欧元，其中一半将来自汽车业。

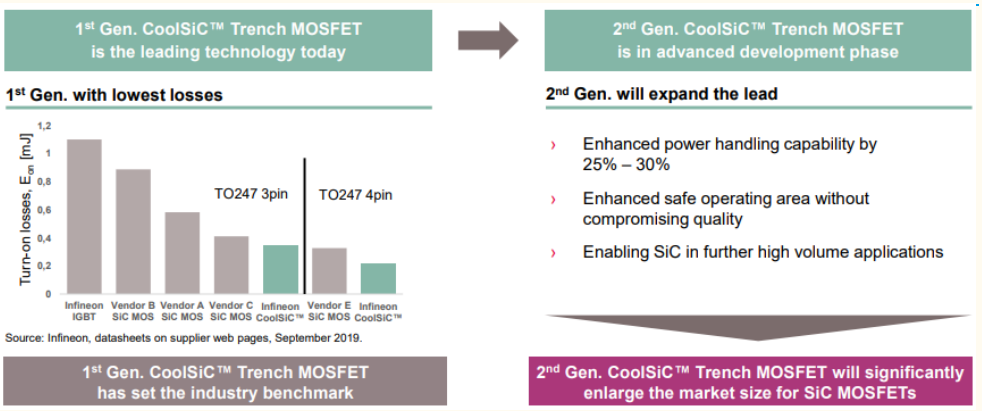
图表 29：英飞凌 SiC 业务增长趋势



来源：Infineon、国金证券研究所

- **英飞凌看好沟槽式 SiC 发展。**有关平面与沟槽的争论，英飞凌看好**沟槽式 SiC 的市场前景，**虽然一些客户仍然对特定应用更喜欢平面，但不断增长的成本优势和沟槽技术的出色表现意味着行业势头最终将转向沟槽。英飞凌的第一代沟槽解决方案不仅在目前主要使用平面技术的竞争对手中损失最少，而且还是唯一在 Rohm 以外使用沟槽解决方案的公司。英飞凌已经在其第二代解决方案的高级开发中（功率能力提高了 25-30%），进一步巩固了其前进的优势。

图表 30：英飞凌沟槽式 SiC 竞争优势

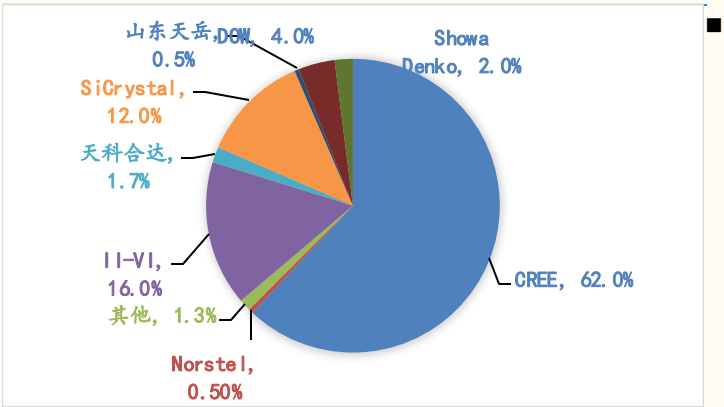


来源：Infineon、国金证券研究所

- **2020 年上半年 SiC 晶片 Cree 占比 45%。**根据半导体时代产业数据中心数据显示：2020 上半年全球半导体 SiC 晶片市场份额，美国 CREE 出货量占据全球 45%，日本罗姆子公司 SiCrystal 占据 20%，II-VI 占 13%；中国企业天科合达的市场占有率由 2019 年 3%上升至 2020 年上半年的 5.3%，山东天岳占比为 2.6%。目前国内出货量比较大或者比较知名的晶圆衬底企业有天科合达、山东天岳、河北同光、东莞天域、河北普兴、中科钢研、中电科二所和南砂晶圆等。

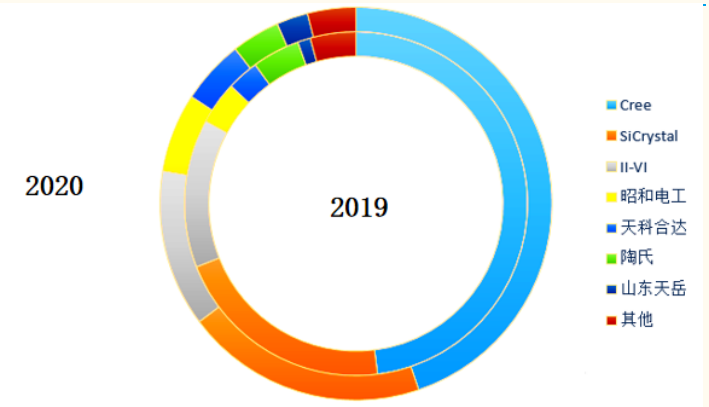
- **国内供应商市占率提升较快。**根据 Yole 数据，2018 年导电型 SiC 晶片，美国占有全球碳化硅晶片产量的 70%以上，仅 CREE 公司就占据一半以上市场份额，剩余份额大部分被日本和欧洲的其他碳化硅企业占据。从以上数据对比可知，国内以天科合达和山东天岳为主的 SiC 晶片厂商发展速度较快，市占率提升明显。

图表 31：2018 年导电型碳化硅厂商竞争格局



来源：Yole、国金证券研究所

图表 32：2019-2020H1 全球半导体 SiC 晶片市场份额



来源：半导体时代产业数据中心、国金证券研究所

4.2 中国大力布局碳化硅，产业链逐步完善

- **中国 SiC 产业链正在逐渐完善。**中国企业在单晶衬底方面以 4 英寸为主，目前已经开发出了 6 英寸导电性 SiC 衬底和高纯半绝缘 SiC 衬底。山东天岳、天科合达、河北同光、中科节能均已完成 6 英寸衬底的研发，中电科装备研制出 6 英寸半绝缘衬底。外延片方面，中国瀚天天成、东莞天域半导体、国民天成均可供应 4-6 英寸外延片。模块方面有斯达半导体、比亚迪电子、中车时代电气等公司。三安光电在 SiC 方面也在深度布局。

图表 33：2019 年国内部分重点第三代半导体领域投资项目

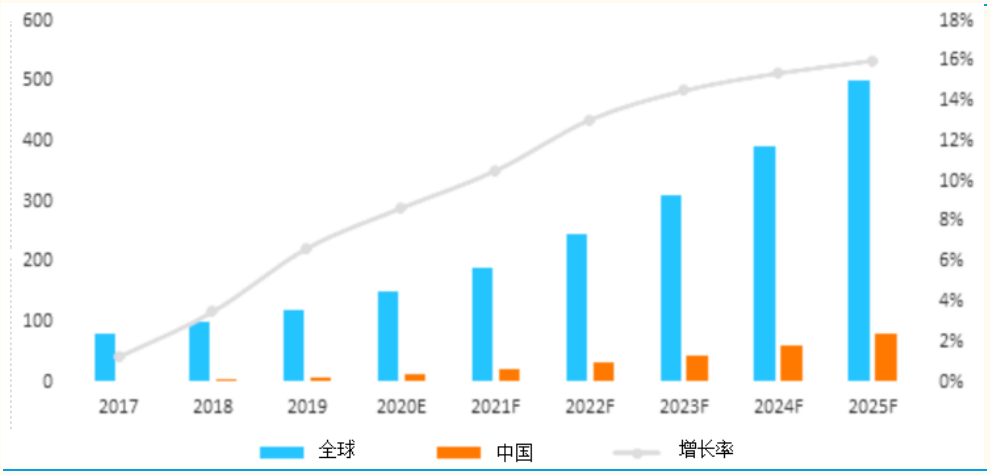
时间	企业	主要产品及方向	投资金额
2019.02	中科钢研节能有限公司	碳化硅晶体衬底片、碳化硅功率芯片	15.5 亿元
2019.02	山东天岳	碳化硅功率器件	6.5 亿元
2019.03	泰科天润	碳化硅功率器件	10 亿元
2019.07	北京绿能芯创电子科技有限公司	碳化硅功率器件、硅基 IGBT	4 亿元
2019.09	广东芯聚能半导体有限公司	新能源汽车的硅基 IGBT、碳化硅功率器件与模块	15 亿元
2019.12	济南富能半导体有限公司	8 英寸硅基器件、6 英寸碳化硅器件	/
2019.12	中电国基南方集团有限公司	化合物半导体晶圆、射频集成电路	20 亿元

来源：CASA、国金证券研究所

- **国内 IGBT 龙头斯达半导体布局 SiC。**2020 年 12 月 18 日，斯达半导体发布公告，计划投资建设全碳化硅功率模组产业化项目，总投资 2.29 亿元，建设年产 8 万颗车规级全碳化硅功率模组生产线和研发测试中心，项目将按照市场需求逐步投入。

- **预测 2025 年中国碳化硅晶片占全球比将从 2020 年的 8.6%提升至 16%。**根据半导体时代产业数据中心，预测 2020 年中国碳化硅晶片在半导体领域的出货量 13 万片，仅占全球 8.67%；预测 2025 年出货量 80 万片，2020-2025 年复合增长率为 43.8%，远高于全球 27.2%复合增长率，中国出货量占有率上升至 16%。

图表 34：2025 年碳化硅晶片出货量预测（万片）



来源：半导体时代产业数据中心、国金证券研究所

五、看好行业细分龙头

5.1 投资建议

- SiC 产业有望在新能源车、光伏、轨交等领域的需求拉动下迎来快速发展，预测 2027 年全球 SiC 器件市场规模达到 100 亿美元。目前欧美日企业占据主导地位，国内 SiC 产业链逐渐完善，企业快速发展，市占率提升较快，天科合达的 SiC 晶片全球市占率从 2018 年的 1.7%提升到了 2020 年上半年的 5.3%，天科合达的 SiC 晶片全球市占率从 2018 年的 0.5%提升到了 2020 年上半年的 2.6%。预测 2025 年中国碳化硅晶片占全球比将从 2020 年的 8.6%提升至 16%。
- **看好全球 SiC 优质公司：科锐（Cree）、意法半导体（STMicro）、英飞凌（Infineon）、斯达半导、三安光电、华润微、中车时代电气、天科合达（未上市）、山东天岳（未上市）、泰科天润（未上市）。**

5.2 风险提示

- SiC 技术难度较大，国内进展缓慢；
- SiC 成本居高不下，各领域应用进展不达预期；
- SiC 扩产项目较多，竞争激励，产能过剩；
- 新能源车发展不达预期、光伏、轨交等领域 SiC 渗透率不达预期；
- SiC 产业需要持续性投入。

公司投资评级的说明：

买入：预期未来 6—12 个月内上涨幅度在 15%以上；

增持：预期未来 6—12 个月内上涨幅度在 5%—15%；

中性：预期未来 6—12 个月内变动幅度在 -5%—5%；

减持：预期未来 6—12 个月内下跌幅度在 5%以上。

行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；

增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；

中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；

减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明：

国金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。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，对由于该等问题产生的一切责任，国金证券不作出任何担保。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整。

本报告中的信息、意见等均仅供参考，不作为或被视为出售及购买证券或其他投资标的邀请或要约。客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，且收件人亦不会因为收到本报告而成为国金证券的客户。

根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级(含 C3 级）的投资者使用；非国金证券 C3 级以上(含 C3 级）的投资者擅自使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

此报告仅限于中国大陆使用。

上海

电话：021-60753903

传真：021-61038200

邮箱：researchsh@gjzq.com.cn

邮编：201204

地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号紫竹国际大厦 7 楼

北京

电话：010-66216979

传真：010-66216793

邮箱：researchbj@gjzq.com.cn

邮编：100053

地址：中国北京西城区长椿街 3 号 4 层

深圳

电话：0755-83831378

传真：0755-83830558

邮箱：researchsz@gjzq.com.cn

邮编：518000

地址：中国深圳市福田区中心四路 1-1 号嘉里建设广场 T3-2402