华安证券
HUAAN RESEARCH

电子

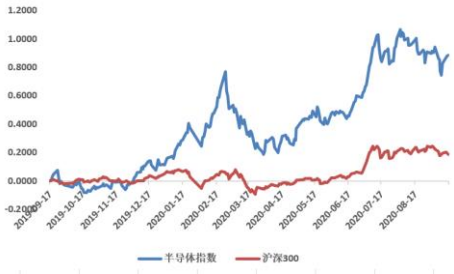
行业研究/深度报告

第三代半导体 SIC：爆发式增长的明日之星

行业评级：买　入

报告日期：　　2020-09-17

行业指数与沪深 300 走势比较



分析师：尹沿技

执业证书号：S0010520020001

联系人：刘体劲

执业证书号：S0010120070037

邮箱：liutj@hazq.com

相关报告

1.《华安证券_行业研究_行业深度_大国雄芯.半导体系列报告(一)：科技创“芯”，时代最强音》2020-05-13

2.《华安证券_行业深度_功率半导体系列报告(一)：IGBT：高壁垒和高景气的黄金赛道》2020-07-08

3.《华安证券_功率半导体系列报告（二）：斯达半导深度报告：乘风破浪的国产 IGBT 龙头》2020-07-30

主要观点：

SIC 功率器件：性能优异，10 年 20 倍增长

功率半导体的技术和材料创新都致力于提高能量转化效率（理想转化率 100%），基于 SIC 材料的功率器件相比传统的 Si 基功率器件效率高、损耗小，在新能源车、光伏风电、不间断电源、家电工控等有广阔的应用前景。目前**SIC 行业发展的瓶颈主要在于 SIC 衬底成本高**（是 Si 的 4-5 倍，预计未来 3-4 年价格会逐渐降为 Si 的 2 倍），同时 SIC MOS 为代表的 SIC 器件产品稳定性需要时间验证。我们认为国内外 SIC 产业链日趋成熟，成本也在持续下降，产业链爆发的拐点临近，Yole **预计 SIC 器件空间将从 2019 年 4.8 亿美金到 2025 年 30 亿美金 2030 年 100 亿美金，即 10 年 20 倍增长。**

SIC 晶片：国内外差距缩小，行业高增+国产替代同时进行

SIC 晶片主要用于 SIC 功率器件和 5G GaN 射频器件，未来 10 年市场空间随着下游 SIC 功率器件+GaN 高频射频器件的增长而增长，我们预计**SIC 晶片市场将从 2019 年 30 亿 RMB 到 2027 年超过 150 亿 RMB；**

行业高增长+国产替代，天科合达/山东天岳有望成为 SIC 晶片领域的沪硅产业：相比于普通硅片分布在日韩美五个巨头手中，SIC 晶片龙头 70%以上的份额都在美国 CREE 和 II-VI 等公司，国产化也更迫切；目前国内的 SIC 晶片龙头山东天岳、天科合达等已经初具规模，第三代半导体 SIC 国内外差距较之前传统半导体领域有所减小，这一次 SIC 晶片产业爆发和国产替代会同时进行，相关公司将充分受益这一波第三代半导体产业红利。

投资建议

SIC 产业链会有一些新的公司进入，但是原来的 IGBT 龙头以及其他传统功率器件公司也都会是 SIC 功率器件的重要玩家，并充分受益于这一波十年以上的产业趋势。

建议关注：

1）国内 IGBT 龙头顺势切入 SIC 领域，关注**斯达半导和**未上市的**比亚迪半导体/中车时代半导体**；

2）传统功率器件往 SIC 器件升级切入，包括**闻泰科技，华润微、捷捷微电、扬杰科技、新洁能**；以及较纯正 SIC 器件厂商**泰科天润**等；

3）布局 SIC 设备和材料的**露笑科技**，第三代半导体 SIC/GaN 全布局的**三安光电**；

4）SIC 晶片领域的**天科合达、山东天岳**。

风险提示

SIC 成本降低不达预期；
SIC 器件稳定性可靠性指标不及预期；
国内 SIC 产业链跟国外差距进一步拉大的风险；
宏观经济导致行业景气下降的风险。

推荐关注公司盈利预测与评级：

公 司	EPS（元）			PE		
	2020E	2021E	2022E	2020E	2021E	2022E
斯达半导	1.14	1.58	2.16	175.77	126.82	92.76
三安光电	0.40	0.55	0.72	64.95	47.23	36.08
露笑科技	0.22	0.26	0.29	38.86	31.61	28.90
华润微	0.59	0.71	087	87.78	73.28	59.68
捷捷微电	0.50	0.63	0.79	65.63	52.16	41.63
扬杰科技	0.64	0.81	1.05	66.52	52.10	40.51
天科合达	-	-	-	-	-	-
山东天岳	-	-	-	-	-	-

资料来源：wind 一致性预期，华安证券研究所

正文目录

1 第三代半导体 SIC：性能优异，爆发前夜 5

1.1 第三代半导体 SIC 材料的性能优势 5
1.2 第三代半导体 SIC 器件的性能优势 6
1.3 政策支持 VS 产业成熟度提升 7
1.4 SiC 产业链总结 9

2 SIC 器件：10 年 20 倍成长，国内全面布局 10

2.1 应用：新能源车充电桩和光伏等将率先采用 10
2.2 门槛：SIC 器件的壁垒和难点 13
2.3 空间&增速：SIC 器件未来 5-10 年复合 40%增长 13
2.4 格局：SIC 器件的竞争格局 14

3 SIC 晶片：高成长高壁垒，国产奋起直追 15

3.1 成长分析 15
3.2 壁垒分析 18
3.3 竞争分析 19
3.4 价值分析 20

4 投资建议 20

4.1 天科合达 20
4.2 山东天岳 25
4.3 斯达半导 26
4.4 三安光电 27
4.5 华润微 28
4.6 捷捷微电 28
4.7 扬杰科技 29
4.8 露笑科技 29

风险提示： 30

图表目录

图表 1 半导体产业链一览.....5
图表 2 SI 与 SIC 材料优缺点对比.....6
图表 3 SIC MOS 相比 SI 功率器件的对比.....6
图表 4 2019 年国际企业推出的部分经典 SIC 器件产品.....7
图表 5 2017-2019 年国家第三代半导体相关政策.....8
图表 6 SIC VS GAN VS SI 在电力电子器件中的渗透率.....9
图表 7 SIC 产业链以及国内外的主要玩家.....10
图表 8 SIC 器件的主要应用领域.....11
图表 9 SIC MOS 多种优势带动电动车续航力提升.....11
图表 10 2019 年各个领域的 SIC 模块产品推出情况.....12
图表 11 2018-2019 年不同制造商 SIC SBD 产品价格对比 单位（元/A）.....12
图表 12 SIC 功率器件市场规模预测.....13
图表 13 SIC 功率器件在电动车里的渗透时间预测.....14
图表 14 2017 年 SIC 器件和模块市场份额.....15
图表 15 SIC 晶片产业链.....16
图表 16 SIC 和 GAN 功率器件市场规模预测.....16
图表 17 射频器件整体市场规模增长预测.....17
图表 18 导电型碳化硅衬底市场规模（万片）.....17
图表 19 半绝缘碳化硅衬底市场规模（万片）.....18
图表 20 2018 年导电型碳化硅晶片厂商市场占有率.....19
图表 21 行业内各公司不同尺寸 SIC 晶片的推出对比.....20
图表 22 天科合达维持高增长.....21
图表 23 天科合达营收构成.....21
图表 24 天科合达主要产品间的关系.....22
图表 25 天科合达主要产品毛利率.....23
图表 26 天科合达产能与产量.....23
图表 27 天科合达 SIC 晶片的单价.....23
图表 28 天科合达在导电型碳化硅晶片市场占有率（2018 年）.....24
图表 29 天科合达前五大客户.....24
图表 30 斯达半导积极进行 SIC 布局.....26
图表 31 斯达官网中的 SIC 模块.....27

1 第三代半导体 SIC：性能优异，爆发前夜

1.1 第三代半导体 SIC 材料的性能优势

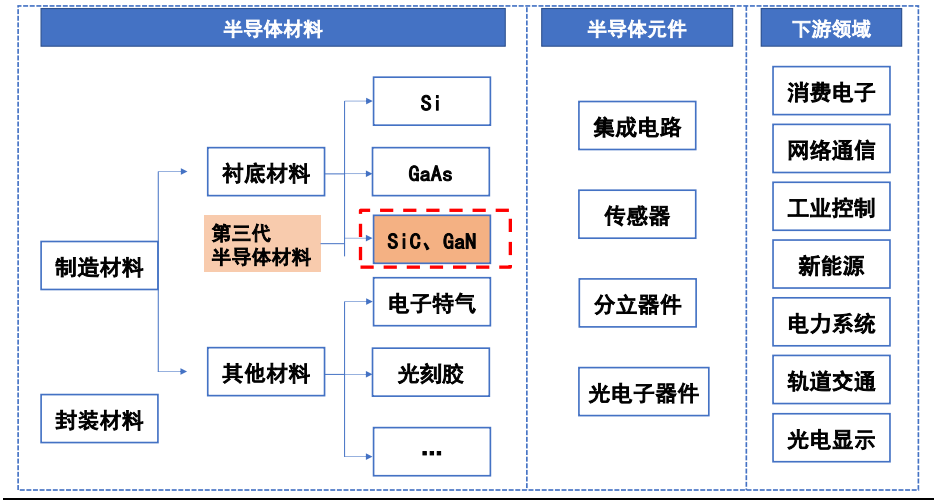
第一代半导体材料主要是指硅（Si）、锗元素（Ge）半导体材料，应用极为普遍，包括集成电路、电子信息网络工程、电脑、手机、电视、航空航天、各类军事工程和迅速发展的新能源、硅光伏产业中都得到了极为广泛的应用；

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），主要用于制作高速、高频、大功率以及发光电子器件（LED），是制作高性能微波、毫米波器件及发光器件的优良材料。

Si 基器件在 600V 以上高电压以及高功率场合达到其性能的极限；**为了提升在高压/高功率下器件的性能，第三代半导体材料 SiC （宽禁带）应运而生；**

第三代半导体主要是 SIC 和 GaN，第二代和第三代也称作化合物半导体，即两种元素组成的半导体材料，区别于硅/锗等单质半导体：

图表 1 半导体产业链一览



数据来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

SIC 材料具有明显的性能优势。SiC 和 GaN 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、更高的击穿电场、更高的热导率等性能优势，所以又叫宽禁带半导体材料，特别适用于 5G 射频器件和高电压功率器件。

图表 2 Si 与 SiC 材料优缺点对比

材料	Si 材料		SiC 材料
优点	制程稳定，技术成熟，成本低，可靠度高	1)高禁带宽度	禁带宽度越宽，临界击穿电压越大，**高压下可以减少所需器件数目**
		2)高饱和电子漂移速度	**高元件开关速度（大约是 Si 的 3-10 倍）**，高压条件下能高频操作，所需要驱动功率就小，驱动电路能量损耗低
		3)高热导率	**可减少所需冷却系统**，也更适用于高功率场景下的使用
		4)单位面积的导通阻抗更小	**有效减少功耗**
		5)混合 SiC 器件体积更小	得益于工作损耗的降低以及工作温度的上升使得**集成度提高**，体积减小

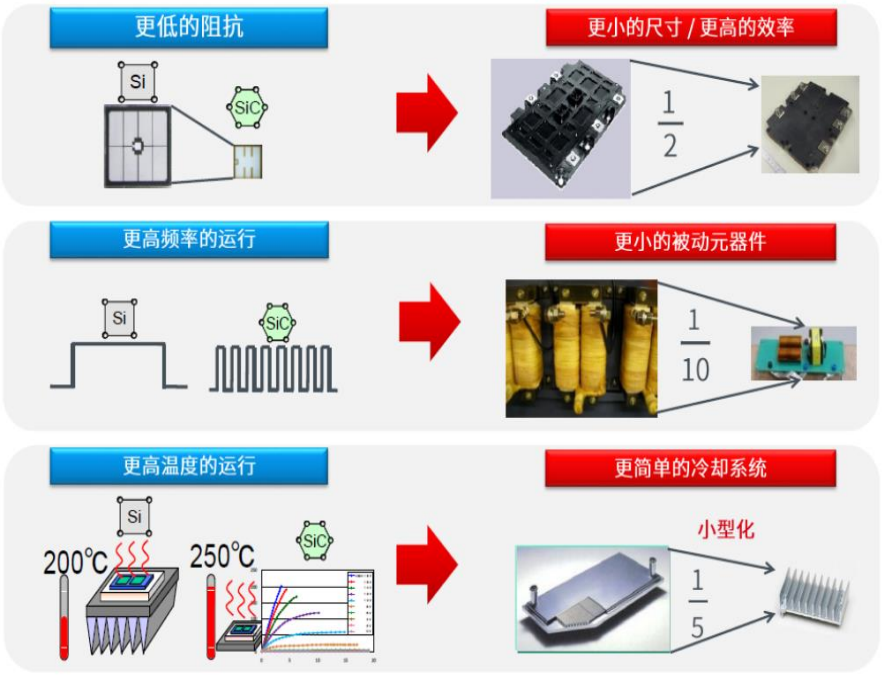
数据来源：华安证券研究所整理

1.2 第三代半导体 SIC 器件的性能优势

SIC 的功率器件如 SIC MOS，相比于 Si 基的 IGBT，其导通电阻可以做的更低，体现在产品上面，就是尺寸降低，从而缩小体积，并且开关速度快，功耗相比于传统功率器件要大大降低。

在电动车领域，电池重量大且价值量高，如果在 SIC 器件的使用中可以降低功耗，减小体积，那么在电池的安排上就更游刃有余；同时在高压直流充电桩中应用 SIC 会使得充电时间大大缩短，带来的巨大社会效益。

图表 3 SiC MOS 相比 Si 功率器件的对比



数据来源：罗姆半导体，华安证券研究所

根据 Cree 提供的测算：将纯电动车 BEV 逆变器中的功率组件改成 SIC 时，大概可以减少整车功耗 5%-10%；这样可以提升续航能力，或者减少动力电池成本。

总结来说，SiC 器件具备的多种优势将带动电动车续航能力的提升：

- 1). **高电能转换效率**：SiC 属于宽能隙材料，击穿场强度大比 Si 基半导体材料更适用在高功率的应用场景；
- 2). **高电能利用效率**：SiC 属于宽能隙材料，击穿场强度大比 Si 基半导体材料更适用在高功率的应用场景；
- 3). **低无效热耗**：开关频率高，速度快，所产生无效的热耗减少，使的电路、散热系统得以简化。

2019 年国际上的功率半导体巨头不断推出新的基于 SIC 材料的功率器件，且推出的几款 SiC SBD 及 MOSFET 均符合车规级（AEC-Q101）标准，这些产品应用于新能源车或者光伏领域等功率器件需求场景，将显著减少功耗，提高转化效率。

图表 4　2019 年国际企业推出的部分经典 SiC 器件产品

时间	厂商	产品	参数	特点
2019.2	Littelfuse	SiC SBD	650V/6A，8A，10A，16A，20A	**符合汽车行业 AEC-Q101 标准，**可为电力电子系统设计提供各种性能优势，包括可忽略不计的反向恢复电流，高浪涌保护能力以及 175℃ 最高运行结温。
2019.3	罗姆	SiC MOSFET	650V 及 1200V	“SCT3xxxxxHR 系列”共 10 个型号，该系列产品**支持汽车电子产品可靠性标准 AEC-Q101，**而且产品阵容丰富，拥有 13 个机型。
2019.3	安森美	SiC MOSFET	1200V/80mΩ	**符合工业级和 AEC-Q101 的汽车级标准，**终端应用领域如汽车 DC-DC、电动汽车车载充电机、太阳能、不间断电源及服务器电源。
2019.4	三菱	SiC SBD	1200V	**该产品有利于降低太阳能发电系统、EV 充电器等系统的损耗和体积。**2019 年 6 月提供样品，2020 年 1 月开始发售。

数据来源：CASA，华安证券研究所

1.3 政策支持 VS 产业成熟度提升

1.3.1 全球对第三代半导体均展开全面战略部署

2014 年初，美国宣布成立“下一代功率电子技术国家制造业创新中心”，期望通过加强第三代半导体技术的研发和产业化，使美国占领下一代功率电子产业这个正出现的规模最大、发展最快的新兴市场，并为美国创造出一大批高收入就业岗位。

日本建立了“下一代功率半导体封装技术开发联盟”由大阪大学牵头，协同罗姆、三菱电机、松下电器等 18 家从事 SiC 和 GaN 材料、器件以及应用技术开发及产业化的知名企业、大学和研究中心；

欧洲启动了产学研项目“LAST POWER”，由意法半导体公司牵头，协同来自意大利、德国等六个欧洲国家的私营企业、大学和公共研究中心，联合攻关 SiC 和 GaN 的关键技术。

1.3.2 国内政策支持持续加强

我国的“中国制造 2025”计划中明确提出要大力发展第三代半导体产业。2015 年 5 月，中国建立第三代半导体材料及应用联合创新基地，抢占第三代半导体战略新高地；国家科技部、工信部、北京市科委牵头成立第三代半导体产业技术创新战略联盟（CASA），对推动我国第三代半导体材料及器件研发和相关产业发展具有重要意义。

图表 5 2017-2019 年国家第三代半导体相关政策

颁布时间	颁布机构	名称	内容
2017/4/14	科学技术部	“十三五”材料领域科技创新专项规划	在总体目标、指标体系、发展重点等各方面均提出要大力发展第三代半导体材料
2017/5/2	科学技术部 交通运输部	“十三五”交通领域科技创新专项规划	提出开展汽车整车、动力系统、底盘电子控制系统以及 IGBT、碳化硅、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研究与测试评价技术规范体系研究
2017/9/5	工信部 国家开发银行	“关于组织开展 2017 年工业强基工程重点产品、工艺'一条龙'应用计划工作的通知”	提出以城市轨道交通应用为源头，实现 3.3kV 和 6.5kV 高频高压回合 SiC IGBT 及 SiC MOSFET 器件、驱动和变流装置的技术突破
2019/6/30	国家发改委	鼓励外商投资产业目录（2019 年版）	支持引进 SiC 超细粉体（纯度>99%）、高纯超细氧化铝微粉（纯度>99.9%）、高纯氮化铝(AlN)粉体（纯度>99%，平均粒径<1μm）等精密高性能陶瓷原料外资生产企业
2019/11/25	工业和信息化部	关于印发重点新材料首批次应用示范指导目录（2019 年版）的通告	对重点新材料首批次应用给予保险补偿，GaN 单晶衬底、功率器件用 GaN 外延片、SiC 外延片、SiC 单晶衬底等第三代半导体产品进入目录
2019/12/1	中共中央 国务院	长江三角洲区域一体化发展规划纲要	纲要明确要求长三角区域加快培育布局第三代半导体产业，推动制造业高质量发展

数据来源：华安证券研究所整理

1.3.3 制约产业发展的主要瓶颈在于成本和可靠性验证

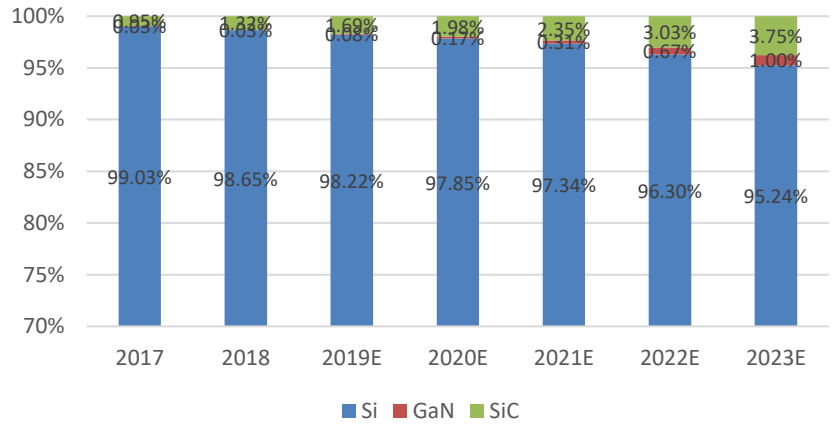
行业发展的瓶颈目前在于 SIC 衬底成本高：目前 SIC 的成本是 Si 的 4-5 倍，预计未来 3-5 年价格会逐渐降为 Si 的 2 倍左右，SIC 行业的增速取决于 SIC 产业链成熟的速度，目前成本较高，且 SIC 器件产品参数和质量还未经足够验证；

SIC MOS 的产品稳定性需要时间验证：根据英飞凌 2020 年功率半导体应用大会上专家披露，目前 SiC MOSFET 真正落地的时间还非常短，在车载领域才刚开始商用（Model 3 中率先使用了 SIC MOS 的功率模块），一些诸如短路耐受时间等技术指标没有提供足够多的验证，SIC MOS 在车载和工控等领域验证自己的稳定性和寿命等指标需要较长时间；

根据 Yole 预测，SIC 和 GaN 电力电子器件（注意是 GaN 在电力电子中的应用，不包括在高频射频器件）2023 年在整体功率器件渗透率分别为 3.75%和 1%；驱动因素是新能源汽车新能源发电以及快充。

我们认为目前**国内外 SIC 产业链日趋成熟，成本持续下降，下游接受度也开始提升，目前整个产业链处于行业爆发的前夜。**

图表 6　SiC vs GaN vs Si 在电力电子器件中的渗透率



数据来源：Yole，华安证券研究所

1.4 SiC 产业链总结

1.4.1 SIC 产业链三大环节：

SIC 产业链分为三大环节：**上游的 SIC 晶片和外延→中间的功率器件的制造（包含经典的 IC 设计→制造→封装三个小环节）→下游工控、新能源车、光伏风电等应用。目前上游的**晶片基本被美国 CREE 和 II-VI 等美国厂商垄断；国内方面，SiC 晶片商山东天岳和天科合达已经能供应 2 英寸~6 英寸的单晶衬底，且营收都达到了一定的规模（今年均会超过 2 亿元 RMB）；SiC 外延片：厦门瀚天天成与东莞天域可生产 2 英寸~6 英寸 SiC 外延片。

国外 SIC 功率器件玩家：

传统的功率器件厂商包括英飞凌、意法半导体、三菱电机、富士电机；借助 SIC 材料介入 SIC 器件的 CREE；

国内 SIC 功率器件玩家：泰科天润，中电科 55 所，基本半导体，三安集成，华润微等。

SIC 晶片、外延和设备：国外 CREE 和 II-VI 占据了 SIC 片 70%以上的份额，国内**山东天岳**和**天科合达**已经初具规模；**露笑科技** 2019 年 11 月公告，露笑科技将为中科钢研、国宏中宇主导的碳化硅产业化项目定制约 200 台碳化硅长晶

炉，设备总采购金额约 3 亿元，同时露笑科技另外 2020 年 8 月公告计划与合肥合作投资 100 亿元建设第三代半导体产业园，从 SIC 设备切入衬底和外延等环节。

图表 7 SIC 产业链以及国内外的主要玩家



数据来源：华安证券研究所整理

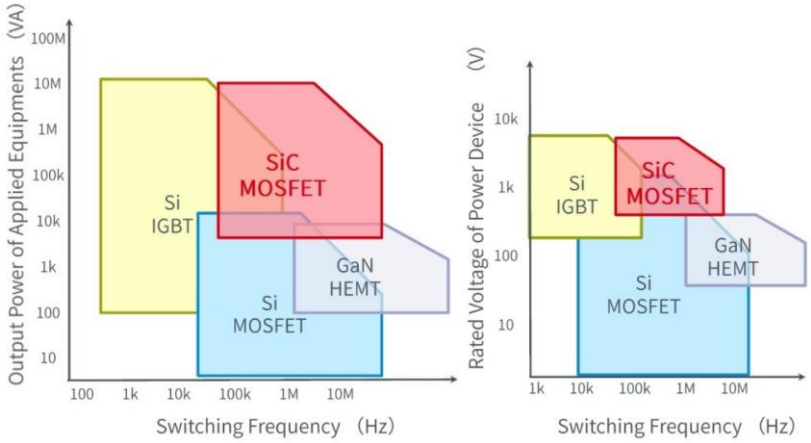
2 SIC 器件：10 年 20 倍成长，国内全面布局

2.1 应用：新能源车充电桩和光伏等将率先采用

SiC 具有前述所说的各种优势，是高压/高功率/高频的功率器件相对理想的材料，所以 SiC 功率器件在新能源车、充电桩、新能源发电的光伏风电等这些对效率、节能和损耗等指标比较看重的领域，具有明显的发展前景。

高频低压用 Si-IGBT,高频高压用 SiC MOS,电压功率不大但是高频则用 GaN。当低频、高压的情况下用 Si 的 IGBT 是最好，如果稍稍高频但是电压不是很高，功率不是很高的情况下，用 Si 的 MOSFET 是最好。如果既是高频又是高压的情况下，用 SiC 的 MOSFET 最好。电压不需要很大，功率不需要很大，但是频率需要很高，这种情况下用 GaN 效果最佳。

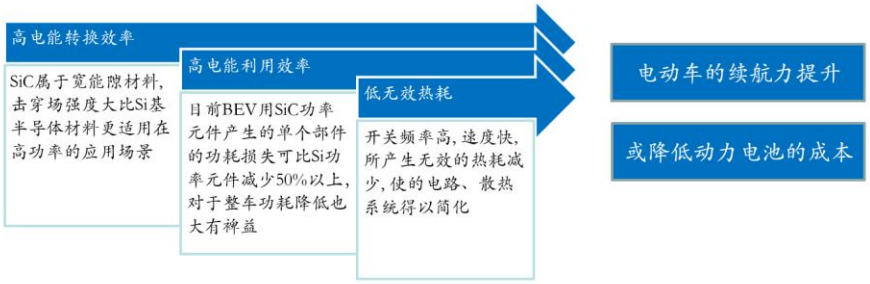
图表 8 SIC 器件的主要应用领域



数据来源：罗姆半导体，华安证券研究所

以新能源车中应用 SIC MOS 为例，根据 Cree 提供的测算：将纯电动车 BEV 逆变器中的功率组件改成 SIC 时，大概可以减少整车功耗 5%-10%；这样可以提升续航能力，或者减少动力电池成本。

图表 9 SIC MOS 多种优势带动电动车续航力提升



数据来源：华安证券研究所整理

同时 SIC MOS 在快充充电桩等领域也将大有可为。快速充电桩是将外部交流电,透过 IGBT 或者 SIC MOS 转变为直流电，然后直接对新能源汽车电池进行充电，对于损耗和其自身占用体积问题也很敏感，因此不考虑成本，SIC MOS 比 IGBT 更有前景和需求，由于目前 SIC 的成本目前是 Si 的 4-5 倍，因此会在高功率规格的快速充电桩首先导入。在光伏领域，**高效、高功率密度、高可靠和低成本是光伏逆变器未来的发展趋势，**因此基于性能更优异的 SIC 材料的光伏逆变器也将是未来重要的应用趋势。

图表 10 2019 年各个领域的 SiC 模块产品推出情况

时间	厂商	产品	参数	特点
2019.6	三菱	SiC 模块	3.3kV/750A	**全 SiC 高压半桥模块，其内部包含 SiC MOSFET 及反并联 SiC SBD**，模块采用全新 LV100 封装，采用交直流分开的主端子布局，利于并联应用并实现极低内部杂散电感。
2019.7	英飞凌	SiC 模块（混合）	1200V	采用先进**中性点钳位拓扑结构，将混合 SiC 和 IGBT 功率模块** Easy PACK2B 提升到 1200V。该模块分别针对 Cool SiC MOSFET 和 TRENCHSTOP IGBT4 芯片组的最佳损耗点进行了优化，具有更高的功率密度和高达 48kHz 的开关频率，**适用于新一代 1500V 光伏和储能应用。**
2019.10	Wolfspeed	SiC 模块	1200V/450A	**全 SiC 半桥模块 CAB450M12XM3**，该产品可最大限度地提高功率密度，其重量和体积仅为 62mm 标准模块的一半，同时最大限度地降低环路电感并实现简单的功率总线，**该产品适用于电动车充电器，牵引驱动器和不间断电源（UPS）等应用。**

数据来源：CASA，华安证券研究所

SIC 肖特基二极管的应用比传统的肖特基二极管同样有优势。碳化硅肖特基二极管相比于传统的硅快恢复二极管（SiFRD），具有理想的反向恢复特性。在器件从正向导通向反向阻断转换时，几乎没有反向恢复电流，反向恢复时间小于 20ns，因此碳化硅肖特基二极管可以工作在更高的频率，在相同频率下具有更高的效率。另一个重要的特点是碳化硅肖特基二极管具有正的温度系数，随着温度的上升电阻也逐渐上升，这使得 SIC 肖特基二极管非常适合并联实用，增加了系统的安全性和可靠性。总结来看，SIC 肖特基二极管具有的特点如下：1）几乎无开关损耗；2）更高的开关频率；3）更高的效率；4）更高的工作温度；5）正的温度系数，适合于并联工作；6）开关特性几乎与温度无关。

根据 CASA 的统计，业内反应 SiC SBD 实际的批量采购成交价已经降至 1 元/A 以下，耐压 600-650V 的产品业内批量采购价约为 0.6 元/A，而耐压 1200V 的产品业内批量采购价约为 1 元/A。

图表 11 2018-2019 年不同制造商 SiC SBD 产品价格对比 单位（元/A）

厂家	600V			1200V		
年份/降幅	2019	2018	降幅	2019	2018	降幅
安森美	-	-	-	2.69	-	-
罗姆	4.5	4.73	-5%	6.73	10.39	-35%
英飞凌	2.4	3.42	-30%	2.94	6.84	-57%
意法半导体	1.49	2.19	-32%	3.04	4.03	-25%
科锐	2.55	4.13	-38%	6.18	9.46	-35%
平均降幅	-26%			-38%		

数据来源：CASA，华安证券研究所

如上表所示，**2019 年部分 SIC 肖特基二极管产品价格实现了 20%-35%的降幅**，SIC 二极管价格的持续降低以及和 Si 二极管价差的缩小将进一步促进 SIC 二极管的应用。

2.2 门槛：SIC 器件的壁垒和难点

SIC 难度大部分集中在 SIC 晶片的长晶和衬底制作方面，但是要做成器件，也有一些自身的难点，主要包括：

1、外延工艺效率低：碳化硅的气相同质外延一般要在 1500℃以上的高温下进行。由于有升华的问题，温度不能太高，一般不能超过 1800℃，因而生长速率较低。液相外延温度较低、速率较高，但产量较低。

2. 欧姆接触的制作：欧姆接触是器件器件制作中十分重要的工艺之一，要形成好的碳化硅的欧姆接触在实际中还是有较大难度；

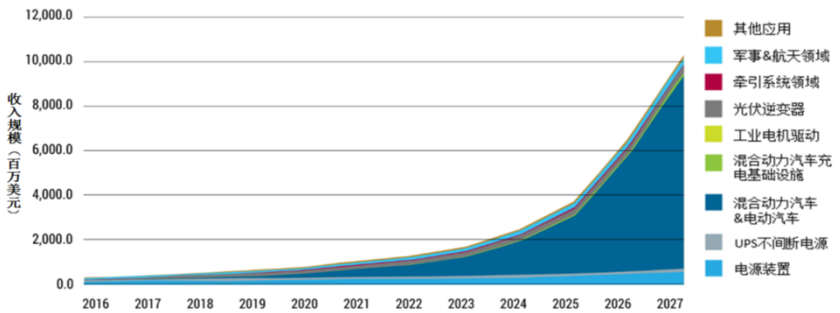
3. 配套材料的耐高温：碳化硅芯片本身是耐高温的，但与其配套的材料就不见得能够耐得住 600℃以上的温度。所以整体工作温度的提高，需要不断的进行配套材料方面创新。

SIC 的优异性能大家认识的较早，之所以最近几年才有较好的进展主要是因为 SIC 片和 SIC 器件两个方面相比传统的功率器件均有一些难点，器件生产的高难度高成本加上碳化硅片制造的高难度（后面会提及），两者互为循环，一定程度上制约了过去几年 SIC 应用的推广速度，**我们认为随着产业链逐渐成熟，SIC 正处于爆发的前夜，拐点渐行渐近。**

2.3 空间&增速：SIC 器件未来 5-10 年复合 40%增长

IHS 预计未来 5-10 年 SIC 器件复合增速 40%：根据 IHSMarkit 数据，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，以及光伏风电和充电桩等领域对于效率和功耗要求提升，**预计到 2027 年碳化硅功率器件的市场规模将超过 100 亿美元，18-27 年 9 年的复合增速接近 40%。**

图表 12 SiC 功率器件市场规模预测

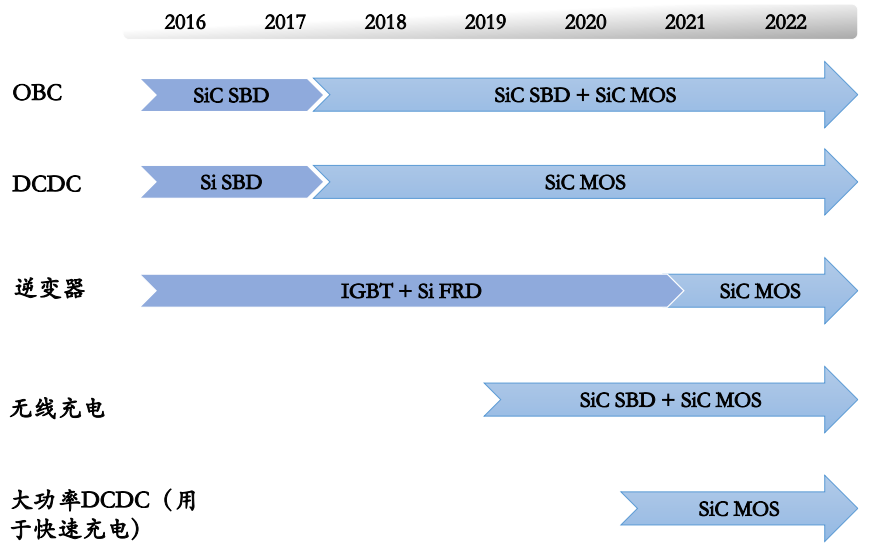


数据来源：IHS，华安证券研究所

渗透率角度测算 SIC MOS 器件市场空间：（SIC MOS 只是 SIC 器件的一种）SIC MOS 器件的下游和 IGBT 重合度较大，因此，驱动 IGBT 行业空间高成长驱动因素如车载、充电桩、工控、光伏风电以及家电市场，也都是 SIC MOS 功率器件将来要涉足的领域；根据我们之前系列行业报告的大致测算，2019 年 IGBT 全

球 58 亿美金，中国 22 亿美金空间，在车载和充电桩和工控光伏风电等的带动下，预计 2025 年 IGBT 全球 120 亿美金，中国 60 亿美金。

图表 13 SiC 功率器件在电动车里的渗透时间预测



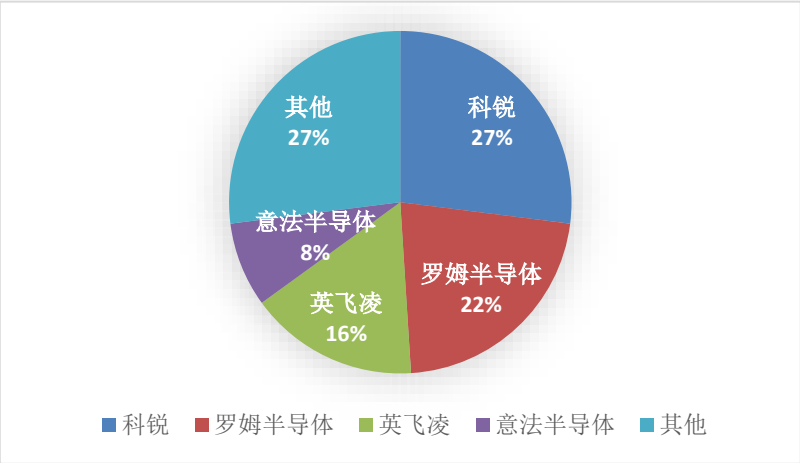
数据来源：Rohm，华安证券研究所

SIC MOS 器件的渗透率取决于其成本下降和产业链成熟的速度，根据英飞凌和国内相关公司调研和产业里的专家的判断来看，SIC MOS 渗透 IGBT 的拐点可能在 2024 年附近。预计 2025 年全球渗透率 25%，则全球有 30 亿美金 SIC MOS 器件市场，中国按照 20%渗透率 2025 年则有 12 亿美金的 SIC MOS 空间。**即不考虑 SIC SBD 和其他 SIC 功率器件，仅测算替代 IGBT 那部分的 SIC MOS 市场预计 2025 年全球 30 亿美金，相对 2019 年不到 4 亿美金有超过 7 倍成长，且 2025-2030 年增速延续。**

2.4 格局：SIC 器件的竞争格局

目前，碳化硅器件市场还是以国外的传统功率龙头公司为主，2017 年全球市场份额占比前三的是科锐，罗姆和意法半导体，其中 CREE 从 SIC 上游材料切入到了 SIC 器件，相当于其拥有了从上游 SIC 片到下游 SIC 器件的产业链一体化能力。

图表 14 2017 年 SIC 器件和模块市场份额



数据来源：Rohm，华安证券研究所

国内的企业均处于初创期或者刚刚介入 SIC 领域，包括传统的功率器件厂商华润微、捷捷微电、扬杰科技，从传统的硅基 MOSFET、晶闸管、二极管等切入 SIC 领域，IGBT 厂商斯达半导、比亚迪半导体等，但国内**当前的 SIC 器件营收规模都比较小**（扬杰科技最新披露 SIC 营收 2020 年上半年 19.28 万元左右）；

未上市公司和单位中做的较好的有前面产业链总结中提到的一些，包括：

泰科天润：可以量产 SiC SBD，产品涵盖 600V/5A～50A、1200V/5A～50A 和 1700V/10A 系列；并且早在 2015 年，泰科天润就宣布推出了一款高功率碳化硅肖特基二极管产品，是从事 SIC 器件的较纯正的公司；

中电科 55 所：国内从 4-6 寸碳化硅外延生长、芯片设计与制造、模块封装实现全产业链的单位；

深圳基本半导体：成立于 2016 年，由清华大学、浙江大学、剑桥大学等国内外知名高校博士团队创立，专注于 SIC 功率器件，也是深圳第三代半导体研究院发起单位之一，目前已经开始推出其 1200V 的 SiC MOSFET 产品。

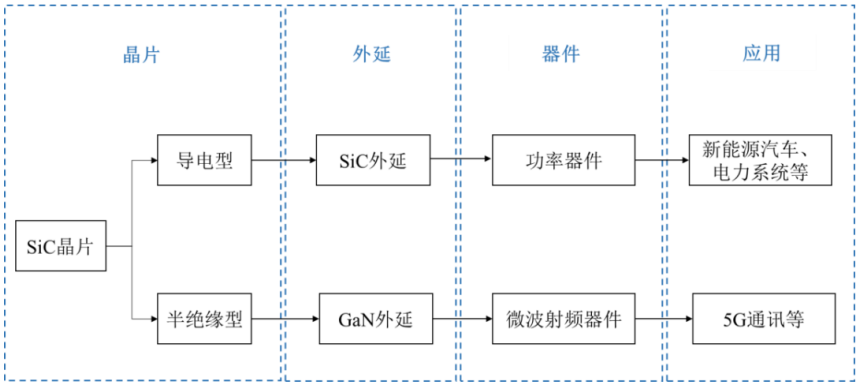
3 SIC 晶片：高成长高壁垒，国产奋起直追

3.1 成长分析

3.1.1 SIC 晶片对应的下游器件

如前分析所述，碳化硅晶片主要用来做成高压功率器件和高频功率器件：SIC 片主要分为两种类型：导电型的 SIC 晶片经过 SIC 外延后制作高压功率器件；半绝缘型的 SIC 晶片经过 GaN 外延后制 5G 射频器件（特别是 PA）；

图表 15 SiC 晶片产业链



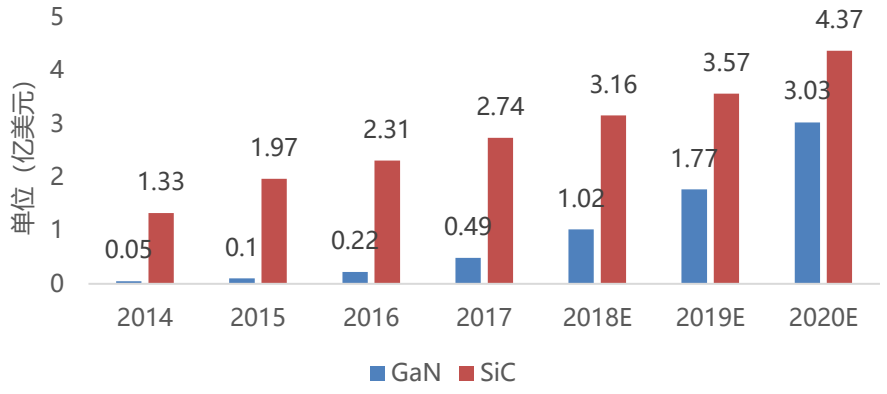
数据来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

3.1.2 SIC 晶片的下游器件未来市场空间及增长

碳化硅晶片主要用于大功率和高频功率器件：2018 年氮化镓射频器件全球市场规模约 4.2 亿美元（约 28 亿元人民币），随着 5G 通讯网络的推进，氮化镓射频器件市场将迅速扩大，Yole 预计到 2023 年，全球射频氮化镓器件市场规模将达到 13 亿美元（约 91 亿元人民币）；继续引用前面 IHS 的预测，则 SIC 功率器件将由 2019 年的 4.5 亿美元到 2025 年接近 30 亿美元。

第三代半导体在功率器件领域的市场规模：（这里的 GaN 是用于功率器件）

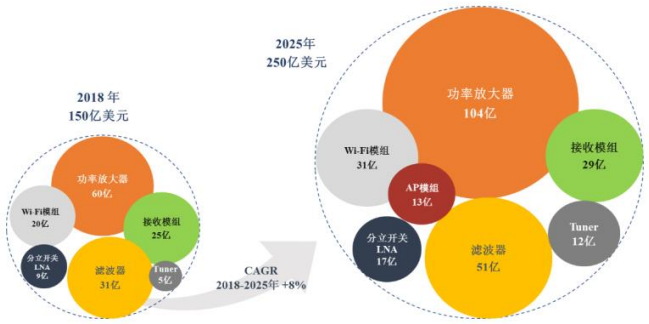
图表 16 SIC 和 GaN 功率器件市场规模预测



数据来源：Yole，华安证券研究所

第三代半导体 GaN 在高频射频领域的市场规模：根据 Yole 的数据，2017 年氮化镓射频市场规模为 4 亿美元，将于 2023 年增长至接近 13 亿美元，复合增速为 22%，下游应用结构整体保持稳定，以通讯与军工为主，二者合计占比约为 80%。而整体射频器件的市场空间在 2018-2025 在 8%左右，GaN 射频器件增速远远高于射频器件整体市场的增长。

图表 17 射频器件整体市场规模增长预测



数据来源：Yole，华安证券研究所

3.1.3 SIC 晶片本身的市场空间及增速

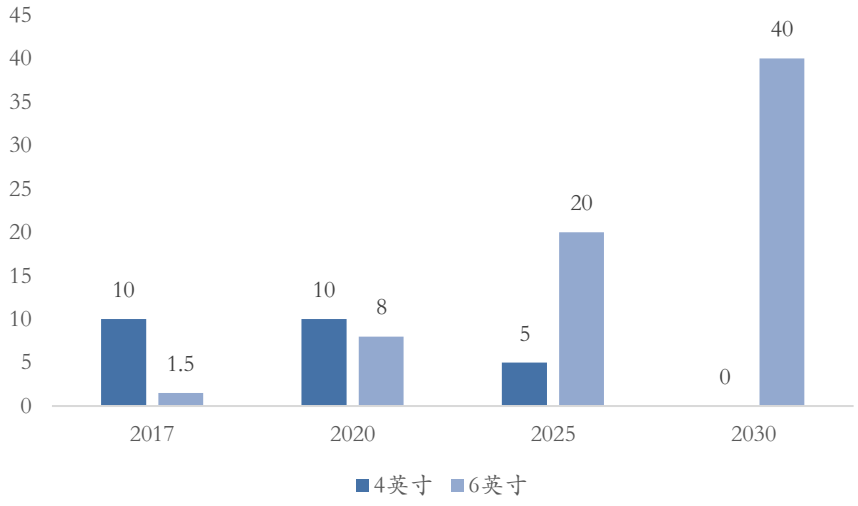
导电型碳化硅单晶衬底材料是制造碳化硅功率半导体器件的基材，根据中国宽禁带功率半导体及应用产业联盟的测算：

2017-2020 年市场需求：2017 年 4 英寸 10 万片、6 英寸 1.5 万片→预计到 2020 年 4 英寸保持 10 万片、6 英寸超过 8 万片。

2020-2025 年市场需求：4 英寸逐步从 10 万片市场减少到 5 万片，6 英寸晶圆将从 8 万片增长到 20 万片；

2025~2030 年：4 英寸晶圆逐渐退出市场，6 英寸晶圆将增长至 40 万片。

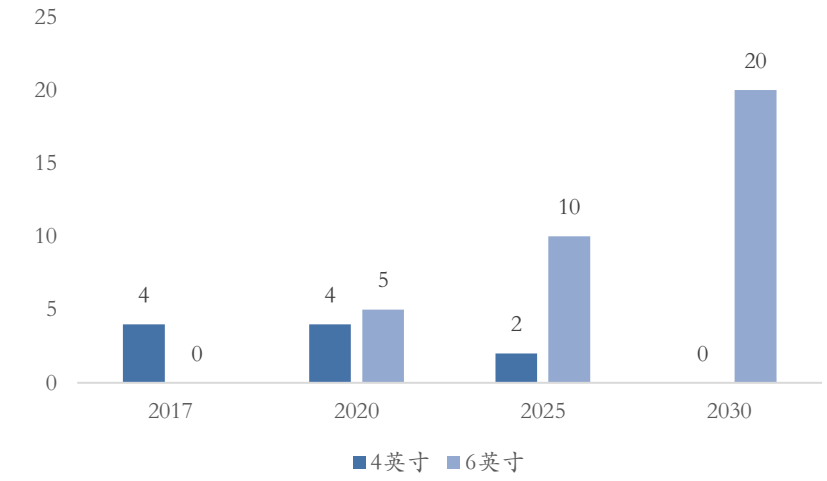
图表 18 导电型碳化硅衬底市场规模（万片）



数据来源：中国宽禁带功率半导体及应用产业联盟，华安证券研究所

半绝缘碳化硅具备高电阻的同时可以承受更高的频率，主要应用在高频射频器件；同样根据中国宽禁带功率半导体及应用产业联盟的测算：

图表 19 半绝缘碳化硅衬底市场规模（万片）



数据来源：中国宽禁带功率半导体及应用产业联盟，华安证券研究所

2017 年市场需求：全球半绝缘碳化硅晶片的市场需求约 4 万片；2020 年：4 英寸半绝缘 SIC 维持 4 万片、6 英寸半绝缘 SIC 晶片 5 万片；

2025 年市场需求：预计 4 英寸半绝缘到 2 万片、6 英寸到 10 万片；

2025-2030 年市场需求：4 英寸半绝缘衬底逐渐退出市场，而 6 英寸需求到 20 万片。

我们预计，**整体 SIC 晶片全球市场空间预计从 2020 的 30 亿 RMB 增长至 2027 年 150 亿元 RMB，**作为对比，2018 年全球硅片市场 90 亿美元，国内硅片市场约 130 亿元（近 8 年复合增长 5%-7%）。

3.2 壁垒分析

SIC 晶片的壁垒较高，主要体现在：

SIC 晶片的核心参数包括微管密度、位错密度、电阻率、翘曲度、表面粗糙度等。在密闭高温腔体内进行原子有序排列并完成晶体生长、同时控制参数指标是复杂的系统工程，将生长好的晶体加工成可以满足半导体器件制造所需晶片又涉及一系列高难度工艺调控；随着碳化硅晶体尺寸的增大及产品参数要求的提高，生产参数的定制化设定和动态控制难度会进一步提升。因此，稳定量产各项性能参数指标波动幅度较低的高品质碳化硅晶片的技术难度很大，主要体现在下面几个方面：

1.精确调控温度：碳化硅晶体需要在 2,000℃以上的高温环境中生长，且在生产中需要精确调控生长温度，控制难度极大；

2.容易产生多晶型杂质：碳化硅存在 200 多种晶体结构类型，其中六方结构的 4H 型（4H-SiC） 等少数几种晶体结构的单晶型碳化硅才是所需的半导体材料，在晶体生长过程中需要精确控制硅碳比、生长温度梯度、晶体生长速率以及气流气压等参数，否则容易产生多晶型夹杂，导致产出的晶体不合格；

3.晶体扩径难度大：气相传输法下，碳化硅晶体生长的扩径技术难度极大，随着晶体尺寸的扩大，其生长难度工艺呈几何级增长；

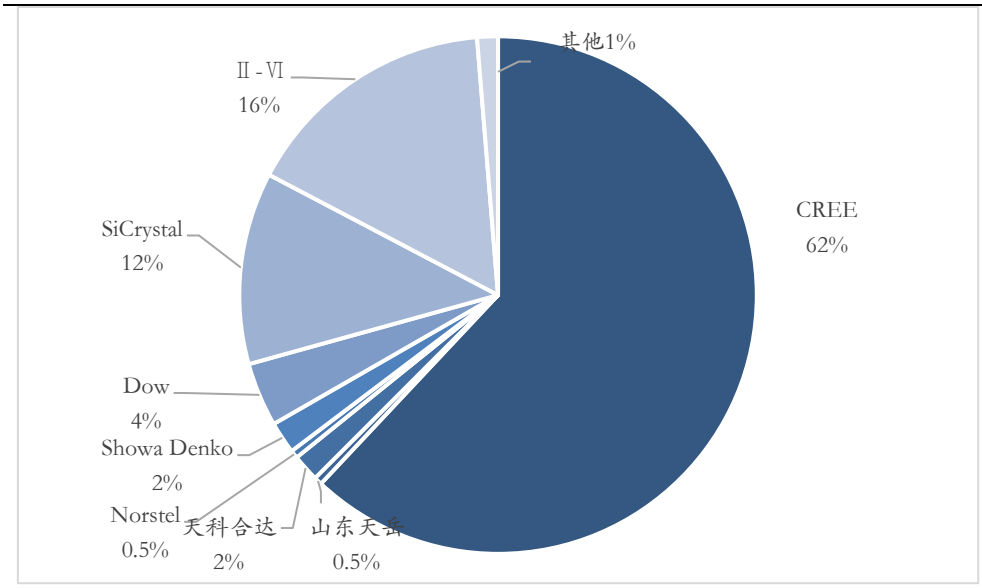
4.硬度极大难切割：碳化硅硬度与金刚石接近，切割、研磨、抛光技术难度大， 工艺水平的提高需要长期的研发积累；

3.3 竞争分析

3.3.1 海外基本垄断市场

目前，碳化硅晶片产业格局呈现美国全球独大的特点。以导电型产品为例，2018 年美国占有全球碳化硅晶片产量的 70%以上，**仅 CREE 公司就占据 60%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。

图表 20 2018 年导电型碳化硅晶片厂商市场占有率



数据来源：Yole Development，华安证券研究所

3.3.2 后进者难度较大

由于碳化硅材料特殊的物理性质，其晶体生长、晶体切割、 晶片加工等环节的技术和工艺要求高，**需要长期投入和深耕才能形成产业化生产能力，行业门槛很高。**

后进入的碳化硅晶片生产商在短期内形成规模化供应能力存在较大难度，**市场供给仍主要依靠现有晶片生产商扩大自身生产能力，国内碳化硅晶片供给不足的局面预计仍将维持一段时间。**

图表 21 行业内各公司不同尺寸 SIC 晶片的推出对比

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	未披露	未披露	2020 年启动研发

数据来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

3.4 价值分析

上游 SIC 晶片主要用于 SIC 功率器件和 5G 高频射频器件，未来 10 年市场空间随着下游 SIC 功率器件+高频射频器件的增长而增长，我们预计将从 2020 年 30 亿 RMB 到 2027 年接近 150 亿 RMB；

行业高增长+国产替代+高壁垒：天科合达/山东天岳可简单类比于 SIC 晶片领域的沪硅产业，而且传统硅片分布在日韩美五个巨头，而 SIC 晶片龙头 70%+的份额都在美国 CREE 和 II-VI 等公司，国产化也更迫切；在过去十年下游半导体的成长中，国内上游硅片商参与的有限；而这一次，未来 10 年的 SIC 器件和 5G 高频射频器件中，国内的 SIC 晶片龙头将积极参与其中，行业爆发增长和国产化同时进行，可持续享受较高估值。

4 投资建议

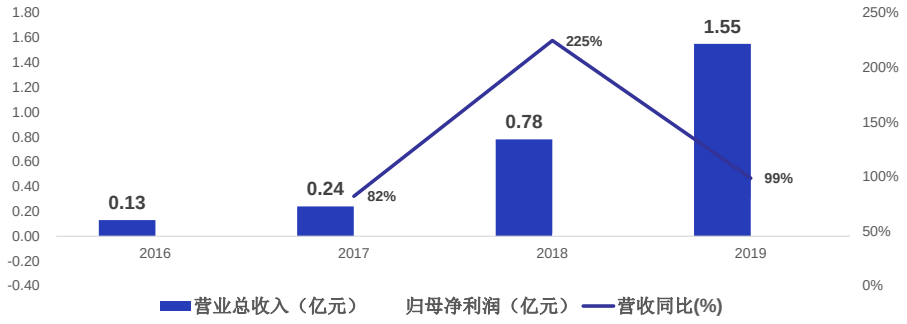
4.1 天科合达

4.1.1 公司概况：SIC 晶片领军企业，成长速度快

天科合达是国内第三代半导体材料 SIC 晶片的领军企业：公司成立于 2006 年 9 月 12 日，2017 年 4 月至 2019 年 8 月在全国股转系统挂牌转让，2020 年 7 月拟在科创板市场上市。

公司成长速度极快，2017-2019 年公司收入由 0.24 亿增长至 1.55 亿元，两年复合增长率 154%。

图表 22 天科合达维持高增长

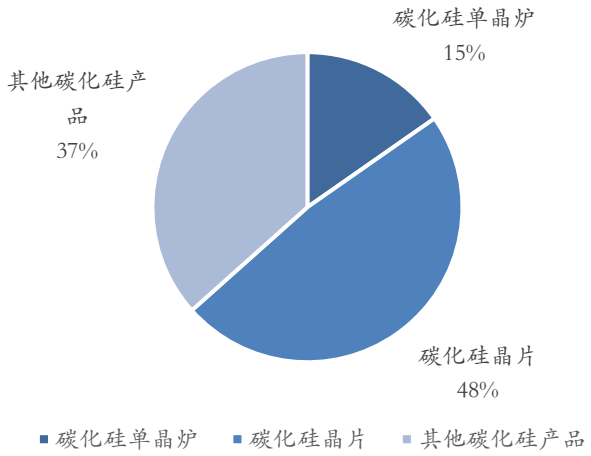


资料来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

4.1.2 营收构成：SIC 晶片占比约为一半

公司营收由三部分构成：碳化硅晶片占比 48.12%，宝石等其他碳化硅产品占比 36.65%，碳化硅单晶生长炉占比 15.23%。

图表 23 天科合达营收构成

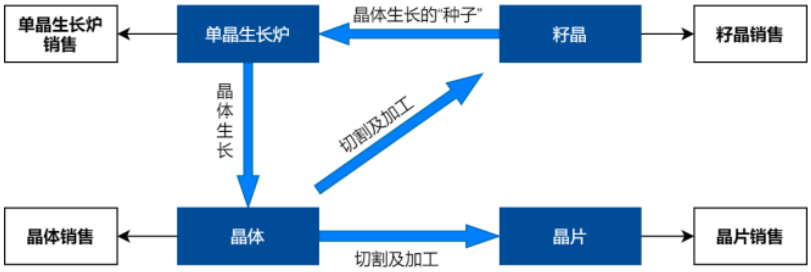


资料来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

4.1.3 设备自制：从设备到 SIC 片一体化布局

公司以高纯硅粉和高纯碳粉作为原材料，采用物理气相传输法（PVT）生长碳化硅晶体，加工制成碳化硅晶片；其中的碳化硅晶体的生长设备-碳化硅单晶生长炉公司也能完成自制并对外销售。

图表 24 天科合达主要产品间的关系



资料来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

4.1.4 管理层

（1）刘伟先生，出生于 1967 年 3 月，中国国籍，无境外永久居留权，正高级工程师，毕业于西安交通大学电气工程专业，硕士研究生。 1990 年 7 月至 2001 年 3 月，历任石河子热电厂生产技术科专工、锅炉分厂主任、检修分厂副主任、热力分公司经理、生产技术科科长、副厂长、厂长； 2001 年 3 月至 2008 年 12 月， 任天富热电副总经理兼热电厂厂长、东热电厂厂长、 南热电厂书记和厂长； 2008 年 12 月至 2019 年 6 月，历任天富集团党委委员兼天富热电党委副书记和南热电厂厂长、董事长，天富集团党委副书记、 党委书记、 董事长兼天富热电（天富能源）党委书记、副董事长；2019 年 6 月至今，任天富集团党委书记、董事长、天富能源党委书记、董事长。 2015 年 3 月至 2015 年 10 月，任天科合达有限董事长； 2015 年 10 月至今，任公司董事长。

（2） 杨建先生，出生于 1976 年 9 月，中国国籍，无境外永久居留权，毕业于中国科学院大学项目管理专业，硕士研究生。1999 年 7 月至 2001 年 12 月，任新疆众和股份有限公司财务部会计； 2002 年 1 月至 2006 年 12 月， 任北京天富科技有限公司财务部经理； 2007 年 1 月至 2011 年 9 月，任天科合达有限财务总监； 2012 年 1 月至 2013 年 8 月，任掌金科技（北京）有限公司副总经理。2013 年 9 月至 2015 年 10 月，历任天科合达有限副总经理、董事兼总经理；2015 年 10 月至今，任公司董事、总经理。

4.1.5 公司毛利率

公司产品毛利率随着规模增大而显著增加，从 2017 年度的-12%增长到 2020 年 Q1 的 29.45%。

图表 25 天科合达主要产品毛利率

项目	2020 年 1-3 月		2019 年度		2018 年度		2017 年度	
	毛利率	收入占比	毛利率	收入占比	毛利率	收入占比	毛利率	收入占比
碳化硅晶片	29.45%	62.83%	19.46%	48.12%	13.49%	52.71%	-12.09%	42.91%
其他碳化硅产品	43.66%	37.17%	44.43%	36.65%	32.35%	39.64%	-1.39%	52.31%
碳化硅单晶生长炉	-	-	61.52%	15.23%	68.95%	7.65%	50.67%	4.78%

资料来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

4.1.6 公司产能与产量

公司 2019 年 SIC 产能 37525 片，产量 36879 片，产能利用率超过 98%，过去两年产能利用率也都维持高位。

图表 26 天科合达产能与产量

产品类别	项目	2020 年 Q1	2019 年度	2018 年度	2017 年度
碳化硅晶片	产能（片）	11,484	37,525	16,640	5,374
	产量（片）	10,998	36,879	16,225	5,264
	产能利用率	95.77%	98.28%	97.69%	97.95%
碳化硅单晶生长炉	产能（台）	75	300	75	-
	产量（台）	16	280	40	-
	产能利用率	21.33%	93.33%	53.33%	-

资料来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

注：

1、碳化硅晶片产品产能和产量统一折合成 4 英寸产品的数量；

2、沈阳分公司成立于 2018 年 8 月 31 日，2018 年 10 月开始从事碳化硅单晶生长炉销售业务。产能为 25 台/月。

4.1.7 公司销量与单价

天科合达 SIC 片的销售均价 2017/2018/2019/2020Q1 分别为 2002.95 元/2420.57 元/2286.75 元/3042.96 元，均价呈现稳中有升的态势。

图表 27 天科合达 SIC 晶片的单价

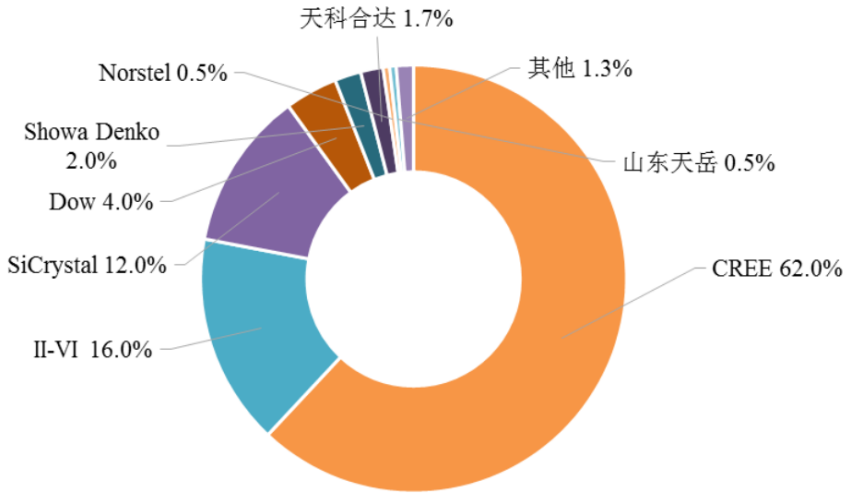
项目	2020 年 1-3 月	2019 年度	2018 年度	2017 年度
销售数量（万片）	0.67	3.25	1.70	0.51
销售均价（元/片）	3,042.96	2,286.75	2,420.57	2,002.95
销售金额（万元）	2,024.79	7,439.73	4,111.58	1,020.90

资料来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

4.1.8 行业格局与公司地位

公司地位：2018 年，以导电型的 SIC 来看，**天科合达以 1.7%的市场占有率排名全球第六，排名国内导电型碳化硅晶片第一。**

图表 28 天科合达在导电型碳化硅晶片市场占有率（2018 年）



资料来源：Yole Development，华安证券研究所

4.1.9 公司前五大客户

公司前五大客户，大多是国内 SIC 产业链公司，包括三安集成、中电化合物、东莞天域等。

图表 29 天科合达前五大客户

2019 年度	1	客户 A、客户 C	2,743.14	17.68%
	2	广西梧州星亿系公司	1,952.32	12.58%
	3	中电化合物半导体有限公司	1,946.02	12.54%
	4	三安集成	1,264.34	8.15%
	5	HONG KONG TOPGRADE 系公司	1,009.97	6.51%
	合计		**8,915.79**	**57.46%**
2018 年度	1	客户 A、客户 C	1,572.32	20.12%
	2	东莞天域	852.87	10.92%
	3	广西梧州星亿系公司	785.08	10.05%
	4	HONG KONG TOPGRADE 系公司	422.89	5.41%
	5	三安集成	417.37	5.34%
	合计		**4,050.53**	**51.84%**

资料来源：天科合达招股说明书，华安证券研究所

4.1.10 研发投入与技术水平

公司研发投入：2018 年研发投入：1262 万；2019 年研发投入：2919 万；2020 年 1-3 月：568 万；公司技术研发人员共 75 人，占公司员工总数的 13.7%，其中核心技术人员 5 名；公司拥有已获授权的专利 34 项，其中已获授权发明专利 33 项（含 6 项国际发明专利）；公司先后荣获“十一五” 国家科技计划执行优秀团队奖、新疆生产建设兵团科学技术进步奖一等奖等重要奖项；

公司产品和研发的阶段：阶段一：06-07 年：2 寸导电型、半绝缘型研发成功；08-11 年：3 英寸导电型、半绝缘型产品研发成功并少量销售；**阶段二：**12-16 年：4 英寸导电/半绝缘型研发成功并少量销售；**阶段三：**2017 年:4 英寸导电型规模化量产；2018 年:6 英寸半绝缘型研发成功；2019:4 英寸半绝缘型产品规模量产；2020 年：8 英寸的产品开始启动研发。

4.1.11 未来发展规划和募投产能：

募投项目：公司在现有产能的基础上，拟对主营业务碳化硅衬底材料进行扩产。内容包括主要建设一个包括晶体生长、晶片加工和清洗检测等全生产环节的生产基地。

- **项目目标：**项目投产后年产 12 万片 6 英寸碳化硅晶片，其中 6 英寸导电型碳化硅晶片约为 8.2 万片， 6 英寸半绝缘型碳化硅晶片约为 3.8 万片。
- **项目投资：**本项目总投资金额 95,706.00 万元，其中固定资产投资 88,438.00 万元，流动资金 7,268.00 万元。项目建设期 2 年。

4.2 山东天岳

1、半绝缘 SIC 片的领军企业：公司成立于 2010 年，专注于碳化硅晶体衬底材料的生产；公司产品主要在半绝缘型的 SIC 片。公司投资建成了第三代半导体材料产业化基地，具备研发、生产国际先进水平的半导体衬底材料的软硬件条件，是我国第三代半导体衬底材料行业的先进企业。

2、成长能力：据了解，公司收入从 2018 年收入 1.1 亿左右增加至 2019 年超过 2.5 亿总收入（其中也有约一半是 SIC 衍生产品宝石等），同比增长 100%以上。公司的 SIC 片主要集中在半绝缘型，而天科合达主要集中在导电型。

3、华为入股：华为旗下的哈勃科技投资持股山东天岳 8.17%。

4、生产能力（公司采用的是长晶炉的数量进行表征）：山东天岳的产能主要由长晶炉的数量决定，**2019 年产线上长晶炉接近 250 台，销售衬底约 2.5 万片，预计年底前再购置一批长晶炉，目标增加至 550 台以上；**

5、销售价格：2018 、2019 年公司衬底平均销售价格大数大约在 6300 元/片、8900 元/片，预计今年的平均价格将会突破 9000 元，**价格变动的主要原因是 2,3 寸小尺寸衬底、N 型等相对低价的衬底销售占比逐步降低，高值的 4 寸高纯半绝缘产品占比逐步提升导致单位售价提高。**

6、技术实力：山东天岳的碳化硅技术起源于**山东大学晶体国家重点实验室**，公司于 2011 年购买了该实验室蒋明华院士专利，并投入了大量研发，历经多年工艺积累，将碳化硅衬底从实验室的技术发展成为了产业化技术；山东天岳除 30 人的研发团队外，还在海外设有 6 个联合研发中心；公司拥有专利近

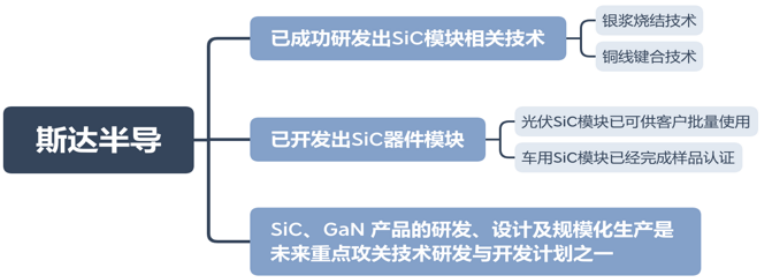
300 项，其中先进发明专利约 50 多项，先进实用性专利约 220 项，申请中的发明专利约 50 多项。

4.3 斯达半导

1、斯达半导 97.5%的收入均是 IGBT，是功率半导体已上市公司中最纯正的 IGBT 标的，**2019 收入 7.8 亿（yoy+15.4%），归母净利润 1.35（yoy+39.8%），IGBT 模块全球市占率 2%，排名全球第八；**

2、斯达半导在积极进行第三代半导体 SIC 的布局。公司 SiC 相关的产品和技术储备在紧锣密鼓的进行：

图表 30 斯达半导积极进行 SIC 布局



资料来源：斯达半导招股说明书，华安证券研究所

3、公司在未来重点攻关技术研发与开发计划：

主要提到三项重要产品开发：1、全系列 FS-Trench 型 IGBT 芯片的研发；2、新一代 IGBT 芯片的研发；**3、SiC、GaN 等前沿功率半导体产品的研发、设计及规模化生产：**公司将坚持科技创新，不断完善功率半导体产业布局，在大力推广常规 IGBT 模块的同时，依靠自身的专业技术，积极布局宽禁带半导体模块（SiC 模块、 GaN 模块），不断丰富自身产品种类，加强自身竞争力，进一步巩固自身行业地位。

4、公司和宇通客车等客户合作研发 SIC 车用模块

2020 年 6 月 5 日，客车行业规模领先的宇通客车宣布，**其新能源技术团队正在采用斯达半导体和 CREE 合作开发的 1200V SiC 功率模块，开发业界领先的高效率电机控制系统，各方共同推进 SiC 逆变器在新能源大巴领域的商业化应用。**

宇通方面表示，“斯达和 CREE 在 SiC 方面的努力和创新，与宇通电机控制器高端化的产品发展路线不谋而合，同时也践行了宇通“为美好出行”的发展理念，相信三方在 SiC 方面的合作一定会硕果累累。”

图表 31 斯达官网中的 SiC 模块



数据来源：斯达半导官网，华安证券研究所

我们在之前发布的斯达半导深度报告中测算斯达在不同 SIC 渗透率和不同 SIC 市占率情境下 2025 年收入弹性，中性预计 2025 年斯达在国内的 SIC 器件市占率为 6-8%。**预计 2023-2024 年国内 SIC 产业链如山东天岳、三安光电等更加成熟后，SIC 将迎来替代 IGBT 拐点，但是 IGBT 和 SIC MOS 等也将长期共存，相信国内的技术领先优质的 IGBT 龙头斯达半导能够不断储备相关技术和产品，积极拥抱迎接这一行业创新。**

4.4 三安光电

1、公司主要从事化合物半导体材料的研发与应用，以砷化镓、氮化镓、碳化硅、磷化铟、氮化铝、蓝宝石等半导体新材料所涉及的外延片、芯片为核心主业，产品主要应用于照明、显示、背光、农业、医疗、微波射频、激光通讯、功率器件、光通讯、感应传感等领域；

2、公司主业 LED 芯片，占公司营收的 80%以上，LED 是基于化合物半导体的光电器件，在衬底、外延和器件环节具有技术互通性；

3、公司专注于化合物半导体的子公司三安集成，2019 年业务与同期相比呈现积极变化：

1）射频业务产品应用于 2G-5G 手机射频功放 WiFi、物联网、路由器、通信基站射频信号功放、卫星通讯等市场应用，砷化镓射频出货客户累计超过 90 家，客户地区涵盖国内外；氮化镓射频产品重要客户已实现批量。生产，产能正逐步爬坡；

2）2020 年 6 月 18 日公司公告，三安光电决定在长沙高新技术产业开发区管理委员会园区成立子公司投资建设包括但不限于**碳化硅等化合物第三代半导体的研发及产业化项目，包括长晶—衬底制作—外延生长—芯片制备—封装产业链，投资总额 160 亿元**，公司在用地各项手续和相关条件齐备后 24 个月内完

成一期项目建设并实现投产，48 个月内完成二期项目建设和固定资产投资并实现投产，72 个月内实现达产；

3）三安集成推出的高功率密度碳化硅功率二极管及 MOSFET 及硅基氮化镓功率器件主要应用于新能源汽车、充电桩、光伏逆变器等电源市场，客户累计超过 60 家， 27 种产品已进入批量量产阶段。

4）三安集成**19 年实现销售收入 2.41 亿元，同比增长 40.67%；** 三安集成产品的认可度和行业趋势已现，可以预见未来在第三代材料 SiC/GaN 的功率半导体中发展空间非常广阔。

4.5 华润微

1、公司是中国领先的拥有芯片设计、晶圆制造、封装测试等全产业链一体化经营能力的半导体企业，产品聚焦于功率半导体、智能传感器与智能控制领域；

2、产品与制造并行：公司 2019 年收入 57 亿元，其中产品与方案占比 43.8%，制造与服务占比 55%，制造与服务业务主要是晶圆制造和封测业务；产品与方案主体主要是功率半导体，占比 90%，包括 MOSFET、IGBT、SBD 和 FRD 等产品；

3、公司目前拥有 6 英寸晶圆制造产能约为 247 万片/年，8 英寸晶圆制造产能约为 133 万片/年，具备为客户提供全方位的规模化制造服务能力；

4、SIC 领域积极布局：在 2020 年 7 月 4 日，公司进行了 SIC 产品的发布会，发布了全系列的 1200V/650V 的 SIC 二极管产品，公司有望通过 IDM 模式在 SIC 材料的各个功率半导体产品领域深耕并持续受益于产品升级和国产替代。

4.6 捷捷微电

1、公司是国内晶闸管龙头，持续布局 MOSFET 和 IGBT 等高端功率半导体器件。按照公司年报口径，2019 年功率分立器件收入占比 75%，功率半导体芯片收入占比 23%；**公司的功率分立器件，50%左右业务是晶闸管**（用于电能变换与控制），还有部分二极管业务，其余是防护器件系列（主要作用是防浪涌冲击、防静电的电子产品内部，保护内部昂贵的电子电路）；

2、公司于 2020 年 2 月 27 日与中芯集成电路制造(绍兴)有限公司（简称“SMEC”）签订了《功率器件战略合作协议》，在 MOSFET、IGBT 等相关高端功率器件的研发和生产领域展开深度合作；公告披露，捷捷微电方保证把 SMEC 作为战略合作伙伴，最大化的填充 SMEC 产能，2020 年度总投片不低于 80000 片，月度投片不低于 7000 片/月。

3、公司长期深耕晶闸管和二极管等分立器件，这些客户和 MOSFET 和 IGBT 等相关高端功率器件有重叠，**公司从晶闸管领域切入到 MOS 后，在这两个产品大类上也将积极应用第三代半导体 SIC，为后续提升自身器件性能和产品竞争力做好准备。**

4.7 扬杰科技

1、公司是产品线较广的功率分立器件公司。公司产品主要包括功率二极管、整流桥、大功率模块、小信号二三极管，MOSFET，也有极少部分的 IGBT 产品。按照公司年报口径，2019 年功率分立器件收入占比 80%，功率半导体芯片收入占比 13.8%，半导体硅片业务占比 4.55%。

2、公司第三代半导体 SIC 器件目前收入较少。公司积极布局高端功率半导体，筹备建立无锡研发中心，和中芯国际（绍兴）签订保障供货协议，持续扩充 8 寸 MOS 产品专项设计研发团队，已形成批量销售的 Trench MOSFET 和 SGT MOS 系列产品。

3、SIC 产品目前占比小：公司 2020 年 9 月公告，目前主营产品仍以硅基功率半导体产品为主，**第三代半导体产品的销售收入占比较小，**2020 年 1-6 月，公司碳化硅产品的销售收入为 19.28 万元。

4、我们认为同捷捷微电一样，公司是中低端功率器件利基市场龙头，虽然目前 SIC 产品的占比较小，主要是由于国内产业链成熟度的拐点刚刚到来；未来公司将积极布局各种基于 SIC 材料的功率器件，从而提高其产品性能并实现市场占有率持续稳步提升，打开业务天花板和想象空间。

4.8 露笑科技

1、传统主业是**电磁线产品：**公司是专业的节能电机、电磁线、涡轮增压器、蓝宝长晶片研发、生产、销售于一体的企业，公司主要产品有各类铜、铝芯电磁线、超微细电磁线、小家电节能电机、无刷电机、数控电机、涡轮增压器和蓝宝石长晶设备等产品。**公司是国内主要电磁线产品供应商之一，也是国内最大的铝芯电磁线和超微细电磁线产品生产基地之一。**

2、SIC 长晶设备已经开始对外供货：露笑科技基于蓝宝石技术储备，经过多年研发已快速突破碳化硅工艺壁垒，在蓝宝石基础上布局碳化硅长晶炉和晶片生产。碳化硅跟蓝宝石从设备、工艺到衬底加工有较强的共同性和技术基础，例如精确的温场控制、精确的压力控制、精确的籽晶晶向生长以及基片加工等壁垒。**公司在多年蓝宝石生产技术支持下成功研发出碳化硅自主可控长晶设备，并在 2019 年开始对外供货 SIC 长晶设备。**

4、公司布局 SIC 的人才优势：公司引进具有二十多年碳化硅行业从业经验的技术团队，开展碳化硅衬底及外延技术研究，加码布局碳化硅产业。2020 年 4 月，公司发布非公开募集资金公告，拟募集资金总额不超过 10 亿元，用于新建碳化硅衬底片产业化项目、碳化硅研发中心项目和偿还银行贷款。**随着公司碳化硅产品研发并量产，公司有望取得一定的市场份额。**

5、与合肥合作打造第三代半导体 SIC 产业园：2020 年 8 月 8 日与合肥市长丰县人民政府在合肥市政府签署《合肥市长丰县与露笑科技股份有限公司共同投资建设第三代功率半导体（碳化硅）产业园的战略合作框架协议》。包括但不限于碳化硅等第三代半导体的研发及产业化项目，包括碳化硅晶体生长、衬底制作、外延生长等的研发生产，项目投资总规模预计 100 亿元。

同时建议关注其他未上市的 SIC 产业链相关厂商比亚迪半导体、中车时代半导体、泰科天润等优质功率半导体公司。

风险提示：

SIC 成本降低不达预期；
SIC 器件稳定性可靠性指标不及预期；
国内 SIC 产业链跟国外差距进一步拉大的风险；
宏观经济导致行业景气下降的风险。

分析师与研究助理简介

分析师：尹沿技，华安证券研究总监；华安证券研究所所长，TMT 首席分析师；新财富最佳分析师。
联系人：刘体劲，上海交通大学管理学硕士，四年买方研究经历，2020 年 6 月加入华安证券研究所。

重要声明

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

华安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。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证，据此投资，责任自负。本报告不构成个人投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。华安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。
本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

投资评级说明

以本报告发布之日起 6 个月内，证券（或行业指数）相对于同期沪深 300 指数的涨跌幅为标准，定义如下：

行业评级体系

增持—未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 5%以上；
中性—未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-5%至 5%；
减持—未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 5%以上；

公司评级体系

买入—未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15%以上；
增持—未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5%至 15%；
中性—未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至 5%；
减持—未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5%至 15%；
卖出—未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15%以上；
无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。 市场基准指数为沪深 300 指数。