

碳化硅产业：已处于爆发前夜，有望引领中国半导体进入黄金时代

2021年07月02日

看好/维持

电子元器件 | 行业报告

分析师	吴昊 电话：010-66554130 邮箱：wuhao_yjs@dxzq.net.cn	执业证书编号：S1480521040001
分析师	陈宇哲 电话：021-25102909 邮箱：chenyzh@dxzq.net.cn	执业证书编号：S1480520040001
研究助理	吴天元 电话：021-25102895 邮箱：wuty@dxzq.net.cn	执业证书编号：S1480119070053

投资摘要：

传统硅材料难以满足新兴需求，碳化硅对硅的部分替代是顺应时代和科技趋势的必然。硅因其自然界储量大，制备相对简单等优点，成为了目前制造半导体芯片和器件最为主要的原材料，目前 90% 以上的半导体产品是以硅为衬底制成的。然而受材料本身特性的限制，硅基功率器件已经渐渐难以满足 5G 基站、新能源车及高铁等新兴应用对器件高功率及高频性能的需求。第三代半导体材料中的碳化硅（SiC）有望部分替代硅，成为制备高压及高频器件新的衬底材料。在新的时代背景下，市场对高压和高压器件的需求越来越高，碳化硅对硅的部分替代是顺应时代和科技趋势的必然。

碳化硅材料具备突出的性能优势，可以有效提高功率器件的功率密度和效率，降低系统成本。碳化硅作为宽禁带半导体材料的一种，与硅的主要差别在禁带宽度上，这让同性能的碳化硅器件尺寸缩小到硅基的十分之一，能量损失减少了四分之三。优异的性能也让碳化硅器件具备广阔的应用领域和市场空间，尤其是在电动车领域，碳化硅器件的应用已经成为提升电动车延长行驶里程、缩短充电时间及增大电池容量的重要手段，拥有着跟新能源车共成长的能力。2019 年全球碳化硅功率器件市场规模为 5.41 亿美元，预计 2025 年将增长至 25.62 亿美元，年化复合增速约 30%。

衬底制备是碳化硅产业链的核心环节，价值量占比也最高。碳化硅与硅基器件的原理相似，但碳化硅无论是材料还是器件的制造难度，都显著高于传统硅基。其中大部分的难度都是碳化硅材料高熔点和高硬度所需特殊工艺带来的，各步骤中难度和价值量最高的是衬底制备环节。衬底方面美国科锐布局最早，产能和市占率最高。国内以天科合达、山东天岳为首的衬底制造厂商正努力追赶。

碳化硅产业链上的主要玩家仍以海外龙头为主。碳化硅行业仍处于成长期，从企业和竞争格局的角度看，技术问题尚未完全解决，先行者和传统龙头依靠着先发优势和工艺的成熟度构筑了明显的壁垒。衬底方面以行业布局较早的科锐和贰陆较为领先，而器件制造领域传统的海外功率半导体龙头仍有较高份额，但领先优势相比于硅基器件有明显减小。

碳化硅除了器件本身，更对产业有着全方位的带动，有望引领中国半导体进入黄金时代。第三代半导体对我国而言意义非凡，是中国大陆半导体（尤其是功率和射频器件）追赶的极佳突破口，在第三代半导体追赶的路上，中国企业受到的阻碍将远小于传统硅基领域，发达国家可以用来制裁和控制中国第三代半导体发展的手段和技术也十分有限，中国企业正迎来追赶和发展的良机；碳化硅器件的意义不仅在于其本身的优异性能，其更是对产业带来全方位的带动，第三代半导体器件主要的应用领域如新能源车、光伏和高铁等，未来的主战场都集中在中国，国内企业也与部分车企和家电企业等进行了配套和产业合作，国产器件逐渐导入终端产品供应链，为国内企业带来更多试用、改进的机会。我们认为碳化硅有望引领中国半导体进入黄金时代。

投资建议：我们认为在新能源车等新增下游需求的带动下，碳化硅材料及相关器件需求有望迎来爆发式增长，建议关注提前布局碳化硅产业链上市公司三安光电、华润微、斯达半导、闻泰科技、露笑科技、新洁能等。

风险提示：新能源汽车销量不及预期，碳化硅量产进度不及预期，量产过程中遭遇技术难题导致不及预期等。

目 录

1. 性能突出+空间巨大，碳化硅材料成为市场焦点	4
1.1 碳化硅材料性能优势突出	4
1.2 应用领域广阔，5年5倍市场空间增长，替代空间巨大	5
1.3 海外龙头仍是产业中的主要玩家	9
2. 技术难度不容忽视，海外龙头占据较大份额	10
2.1 从器件生产流程看各环节难度和壁垒	10
2.1.1 衬底制备——碳化硅器件最为核心的工艺	10
2.1.2 外延——对器件性能影响很大	11
2.1.3 器件制造与封测——高温的特性带来新的技术难度	12
2.2 衬底和器件两大环节分别呈“一超”和“多强”格局	12
2.2.1 衬底呈“一超”格局，科锐一家独大	12
2.2.2 器件呈“多强”格局，海外衬底龙头和功率龙头占据主要市场	13
3. 碳化硅时代是中国半导体的黄金时代	14
3.1 物联网时代的新增需求是产业最重要的驱动力	14
3.2 碳化硅器件与硅基器件价差正在缩小	15
3.3 国内外大力布局，碳化硅有望引领中国半导体进入黄金时代	16
4. 投资建议	18
5. 风险提示	18

插图目录

图 1: 同规格碳化硅器件性能优于硅器件	5
图 2: 碳化硅器件优势总结	5
图 3: 碳化硅器件产业链	6
图 4: 碳化硅功率器件应用领域	7
图 5: 光伏逆变器中碳化硅渗透率有望在 2025 年达到 50%	7
图 6: 轨道交通中碳化硅渗透率将在 2050 年达到 90%	7
图 7: 2019-2025 年碳化硅功率器件市场规模将快速增长 (单位: 美元)	8
图 8: 不同材料射频器件应用范围对比	8
图 9: 不同类型射频器件市场份额预测 (功率 3W 以上)	8
图 10: 2019-2025 年氮化镓射频器件市场规模将持续增长 (单位: 美元)	9
图 11: 碳化硅器件产业链各环节主要参与者	10
图 12: 天岳先进碳化硅衬底制备流程	10
图 13: 2018 年导电型碳化硅衬底厂商市场占有率	13
图 14: 2020 年半绝缘型碳化硅晶片厂商市场占有率	13
图 15: 2019 年全球分立 IGBT 器件市场份额	14
图 16: 2019 年全球 IGBT 模块市场份额	14
图 17: 衬底占碳化硅器件成本的近一半	15

图 18: SiC MOSFET 2020 年平均价格 (元/A)15

表格目录

表 1: 常见半导体衬底材料性能对比4

表 2: 衬底制备各环节流程及难点 11

表 3: 外延层厚度越大，额定电压越高 11

表 4: 各企业在衬底尺寸方面的研发进度13

表 5: 2020 年国内碳化硅功率晶圆产线汇总14

表 6: 2020 年我国第三代半导体产能统计15

表 7: 国际龙头在碳化硅等第三代半导体领域持续扩产并进行产业链合作16

表 8: 部分国内上市公司第三代半导体布局情况17

表 9: 国内第三代半导体产业合作情况18

1. 性能突出+空间巨大，碳化硅材料成为市场焦点

1.1 碳化硅材料性能优势突出

硅是制造半导体芯片及器件最为主要的原材料，但其性能已经难以满足高功率及高频器件的需求，碳化硅材料有望在高功率和高频领域部分替代硅。硅因其自然界储量大，制备相对简单等优点，成为了目前制造半导体芯片和器件最为主要的原材料，目前 90% 以上的半导体产品是以硅为衬底制成的。然而受材料本身特性的限制，硅基功率器件已经渐渐难以满足 5G 基站、新能源车及高铁等新兴应用对器件高功率及高频性能的需求。第三代半导体材料中的碳化硅（SiC）有望部分替代硅，成为制备高压及高频器件新的衬底材料。而其他领域仍将以硅为主流，短期内不会被替代。

第三代半导体材料又称宽禁带半导体材料，和传统硅材料主要的区别在禁带宽度上。禁带宽度是判断一种半导体材料击穿电压高低的重要指标，禁带宽度数值越大，则该种材料制成器件的耐高压能力越强。以碳化硅为代表的第三代半导体材料往往具备更宽的禁带宽度，因此也被称为宽禁带半导体材料（大于 2.3eV）。由于氮化镓在材料制备环节仍有技术难度，当前具备大规模量产条件的可用于制备功率器件的第三代半导体材料仅有碳化硅。根据天科合达招股书数据，4H 型碳化硅的禁带宽度为 3.2eV，是硅材料禁带宽度 1.1eV 的约 3 倍，这使得其击穿电场强度达到了硅的约 7 倍，非常适合用来制备功率器件。

表1：常见半导体衬底材料性能对比

项目	Si	GaAs	4H-SiC	GaN	备注
禁带宽度 (eV)	1.12	1.43	3.2	3.4	数值越大，耐高压性能越好
饱和电子漂移速率 (cm/s)	1.0×10^7	1.0×10^7	2.0×10^7	2.5×10^7	数值越大，高频性能越好
热导率 ($W \cdot cm^{-1} \cdot K^{-1}$)	1.5	0.54	4.0	1.3	数值越大，散热性能越好
击穿电场强度 (MV/cm)	0.3	0.4	3.5	3.3	数值越大，耐高压性能越好

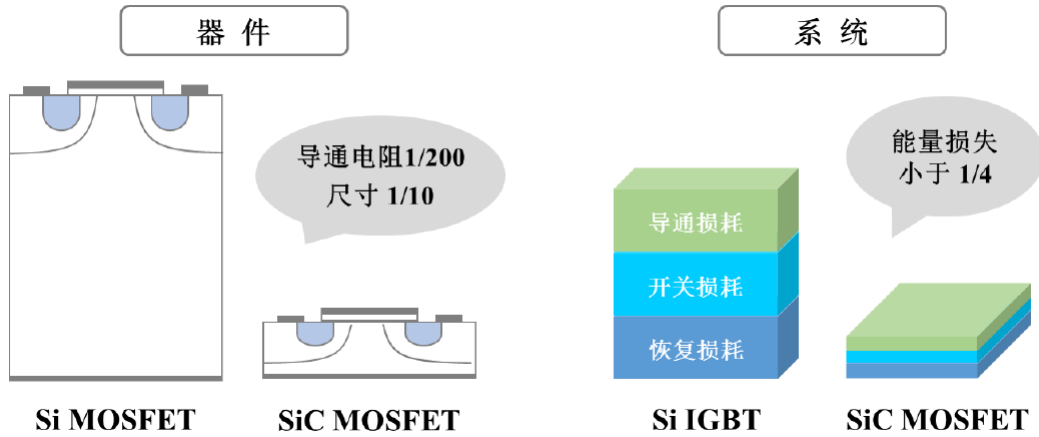
资料来源：《宽禁带半导体高频及微波功率器件与电路》，天科合达招股书，东兴证券研究所整理

除了更耐高压，碳化硅基功率器件在开关频率、散热能力和损耗等指标上也远好于硅基器件。除了禁带宽度更宽，碳化硅材料还具有更高的饱和电子迁移速度、更高的热导率和更低的导通阻抗，碳化硅器件相比于硅基器件的优势体现在：

- (1) 阻抗更低，可以缩小产品体积，提高转换效率；
- (2) 频率更高，碳化硅器件的工作频率可达硅基器件的 10 倍，而且效率不随着频率的升高而降低，可以降低能量损耗；
- (3) 能在更高的温度下运行，同时冷却系统可以做的更简单。碳化硅功率器件工作温度可达 600℃ 以上，是同等硅器件的 4 倍，可以承受更加极端的工作环境。

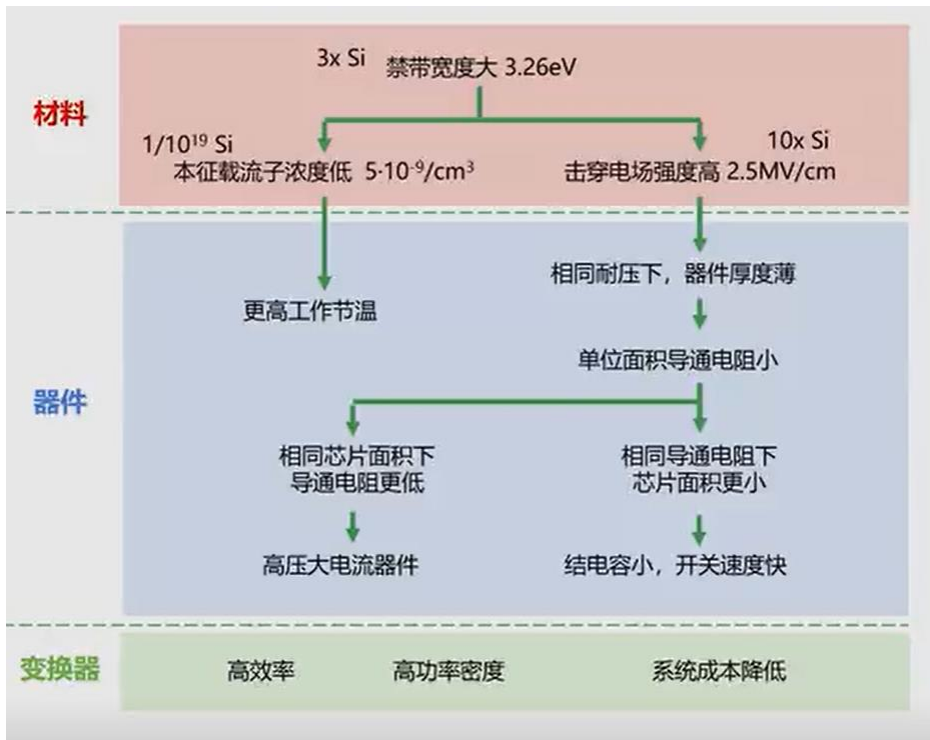
碳化硅材料能够把器件体积做的越来越小，能量密度越来越大，这也是为什么几乎全球的半导体巨头都在不断研发碳化硅器件的原因。根据 ROHM 的数据，一款 5kW 的 LLC DC/DC 转换器，其电源控制板由碳化硅替代硅基器件后，重量从 7kg 减少到 0.9kg，体积从 8755cc 降低到 1350cc。碳化硅器件尺寸仅为同规格硅器件的 1/10，碳化硅 MOSFET 系统能量损失小于硅基 IGBT 的 1/4，这些优势也能够为终端产品带来显著的性能提升。根据 CREE 的数据，相同的电池下搭载了碳化硅 MOSFET 的电动车比使用硅基 IGBT 的电动车续航里程增加了 5%~10%。

图1：同规格碳化硅器件性能优于硅器件



资料来源：ROHM，天科合达招股书，东兴证券研究所整理

图2：碳化硅器件优势总结



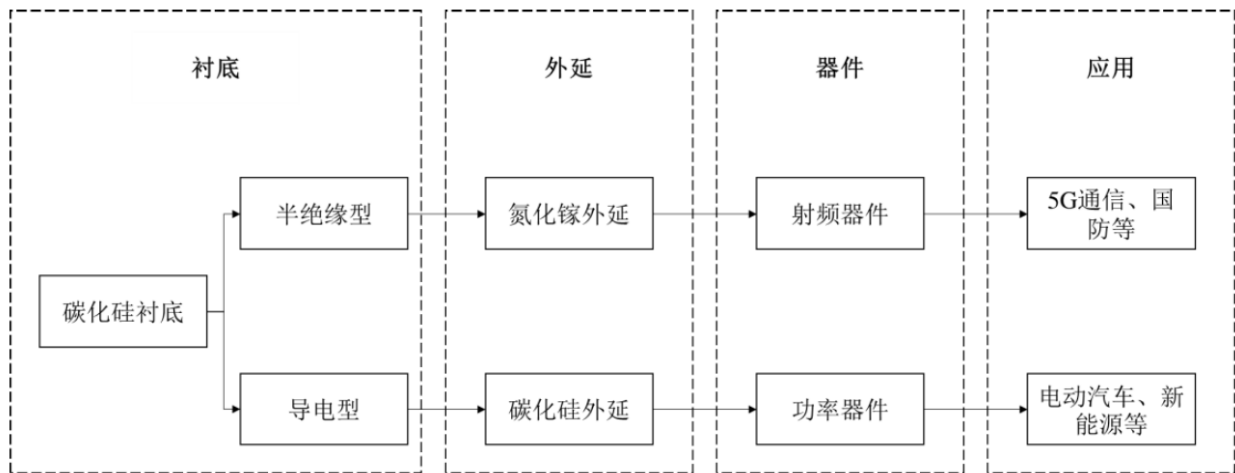
资料来源：泰科天润，东兴证券研究所

1.2 应用领域广阔，5年5倍市场空间增长，替代空间巨大

碳化硅衬底依电阻率不同分为导电型和半绝缘型两类，分别外延沉积碳化硅和氮化镓后，用于功率器件和射频器件的制作。

- (1) **导电型衬底**：具有低电阻率（ $15\sim 30\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ ）的碳化硅衬底。通过在导电型碳化硅衬底上生长碳化硅外延层，制得碳化硅同质外延片，可进一步制成肖特基二极管、MOSFET、IGBT 等功率器件。
- (2) **半绝缘型衬底**：具有高电阻率（ $\geq 10^5\Omega\cdot\text{cm}$ ）的碳化硅衬底。通过在半绝缘型碳化硅衬底上生长氮化镓外延层，制得碳化硅基氮化镓外延片，可进一步制成微波射频器件。

图3：碳化硅器件产业链



资料来源：天岳先进招股书，东兴证券研究所

优异的性能使得碳化硅材料应用领域广阔，目前主流的器件种类为功率器件（碳化硅基碳化硅）和射频器件（碳化硅基氮化镓），可以说需要高压和高频器件的应用场景，都是碳化硅潜在替代的市场。尤其是对电力转换需求频繁、使用条件苛刻及对模块体积和重量等有要求的场景，碳化硅器件优势明显：

(1) 功率器件（电力电子领域）

- a) **应用一：电动车逆变器及充电桩。**电动车逆变器是碳化硅功率器件最为主要的市场，在相同功率下，碳化硅模块封装尺寸更小，损耗更低。在动力电池性能提升已经有限的情况下，碳化硅功率器件将成为提升电动车延长行驶里程、缩短充电时间及增大电池容量的重要手段。

国内外知名车企也在积极推动碳化硅器件的应用。特斯拉是全球第一家将碳化硅 MOSFET 应用于商用车主逆变器的厂商，Model 3 的主逆变器采用了意法半导体生产的 24 个碳化硅 MOSFET 功率模块。随后国内厂商比亚迪也迅速跟进，在汉 EV 上搭载了自主研发的碳化硅功率模块。未来随着碳化硅材料成本的不断下降，未来将有更多车型使用碳化硅器件。碳化硅器件也可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。

- b) **应用二：光伏逆变器。**光伏发电系统中，硅基逆变器成本占系统的 10%，但却是系统能量损耗的主要来源。使用碳化硅 MOSFET 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。
- c) **应用三：轨道交通。**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

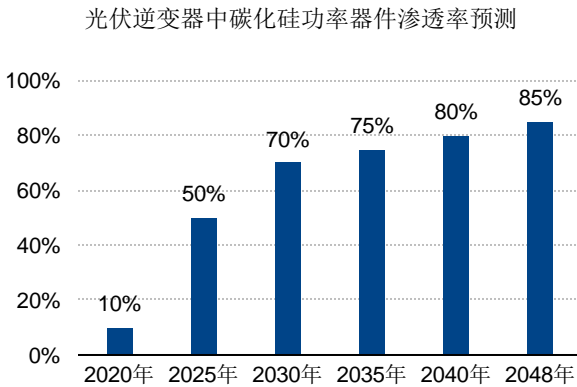
是机车大功率交流传动系统的核心装备，碳化硅器件的应用可以提高牵引变流器装置效率，提升系统整体效能。2014年，日本小田急电铁新型通勤车辆配备了三菱电机 3300V/1500A 全碳化硅功率模块逆变器，开关损耗降低 55%、体积和重量减少 65%，电能损耗降低 20%至 36%。

图4：碳化硅功率器件应用领域



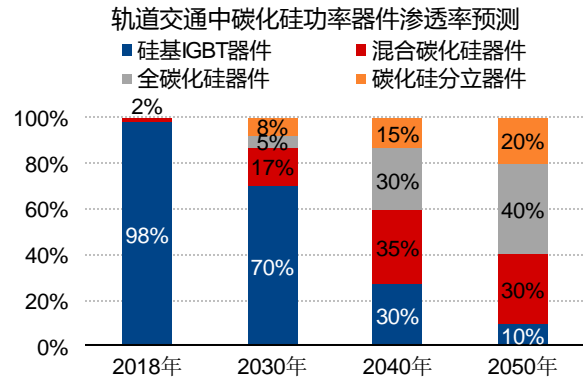
资料来源：Yole Development，天科合达招股书，东兴证券研究所

图5：光伏逆变器中碳化硅渗透率有望在 2025 年达到 50%



资料来源：CASA，天科合达招股书，东兴证券研究所

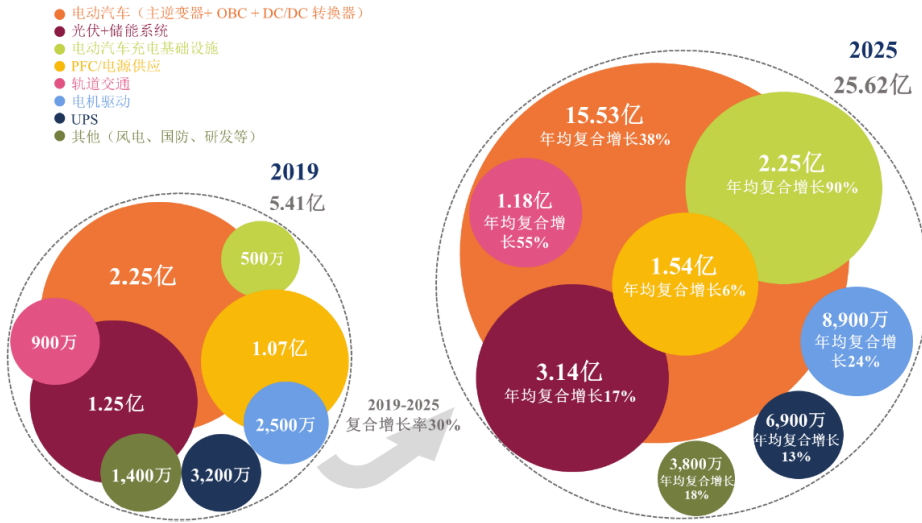
图6：轨道交通中碳化硅渗透率将在 2050 年达到 90%



资料来源：CASA，天科合达招股书，东兴证券研究所

碳化硅使功率器件突破了传统硅基器件性能的上限，未来具备广阔的市场空间。根据 Yole 报告，2019 年全球碳化硅功率器件市场规模为 5.41 亿美元，预计 2025 年将增长至 25.62 亿美元，年化复合增速约 30%。

图7：2019-2025 年碳化硅功率器件市场规模将快速增长（单位：美元）



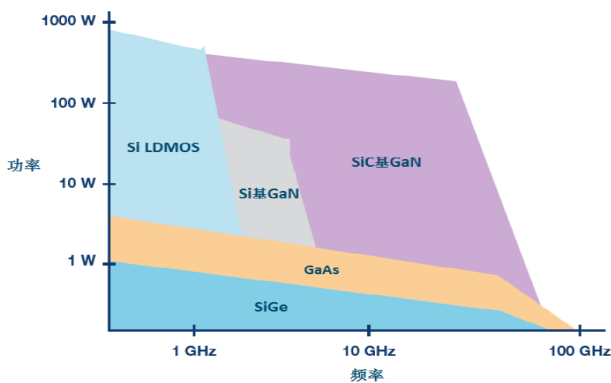
资料来源：Yole Development, 天岳先进招股书, 东兴证券研究所整理

(2) 射频器件 (军工及通讯领域)

射频器件是无线通信的核心部件，包括射频开关、LNA、功率放大器和滤波器等。其中功率放大器是对信号进行放大的器件，直接影响着基站信号传输距离及信号质量。硅基 LDMOS 器件已经应用多年，但主要应用于 4GHz 以下的低频领域。

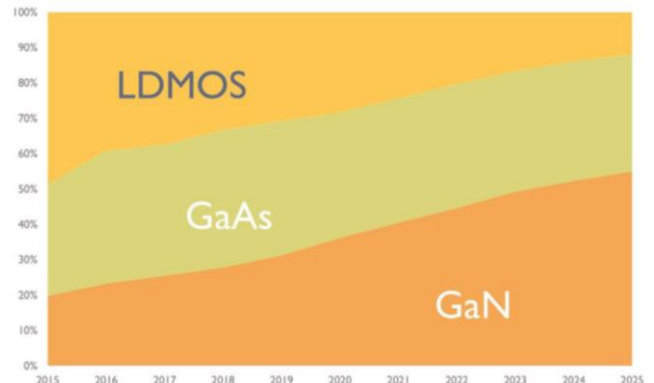
5G 通讯高频、高速和高功率的特点对功率放大器性能也提出了更高的要求，碳化硅基氮化镓具有良好的导热性能、高频率、高功率等优势，成为 5G 移动通讯系统、新一代有源相控阵雷达等系统的核心射频器件，有望替代硅基 LDMOS。根据 Yole 的预测，2025 年功率在 3W 以上的射频器件中，碳化硅器件市场份额保持不变，碳化硅氮化镓将替代大部分硅基 LDMOS，占市场 50%左右的份额。

图8：不同材料射频器件应用范围对比



资料来源：Analog Dialogue, 天科合达招股书, 东兴证券研究所整理

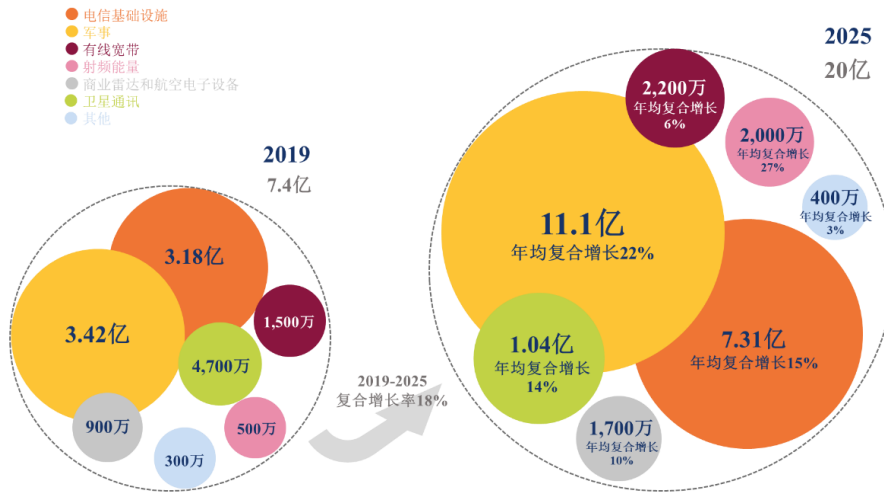
图9：不同类型射频器件市场份额预测 (功率 3W 以上)



资料来源：Yole Development, 天岳先进招股书, 东兴证券研究所整理

根据 Yole 的报告，预计全球氮化镓射频器件市场规模将持续增长，预计从 2019 年的 7.4 亿美元增长至 2025 年的 20 亿美元，年化复合增速达 18%。半绝缘型碳化硅衬底需求有望受益。

图10：2019-2025 年氮化镓射频器件市场规模将持续增长（单位：美元）



资料来源：Yole Development, 天岳先进招股书, 东兴证券研究所整理

1.3 海外龙头仍是产业中的主要玩家

碳化硅器件的产业链主要由上游衬底材料及外延、中游器件制造和下游应用，以及各环节所用设备构成。目前产业的参与者主要以两类海外厂商为主：

- **传统功率半导体龙头：**英飞凌（欧洲）、意法半导体（欧洲）、三菱电机（日本）、安森美（美国）、瑞萨电子（日本）、罗姆（日本）等。这些公司凭借着在硅基功率器件制造中积累的经验，提前布局碳化硅器件的制造。目前这些厂商是碳化硅功率器件制造的主力。
- **具备光电子和光通信材料技术的公司：**CREE（科锐，美国）、道康宁（美国）、II-VI（贰陆公司，美国）、昭和电工（日本）等。化合物半导体材料在光电子和光通信领域有着广泛的应用，这些公司依靠着在材料领域积累的优势，从材料端切入了碳化硅产业链，并基本实现从衬底到外延的连续布局。

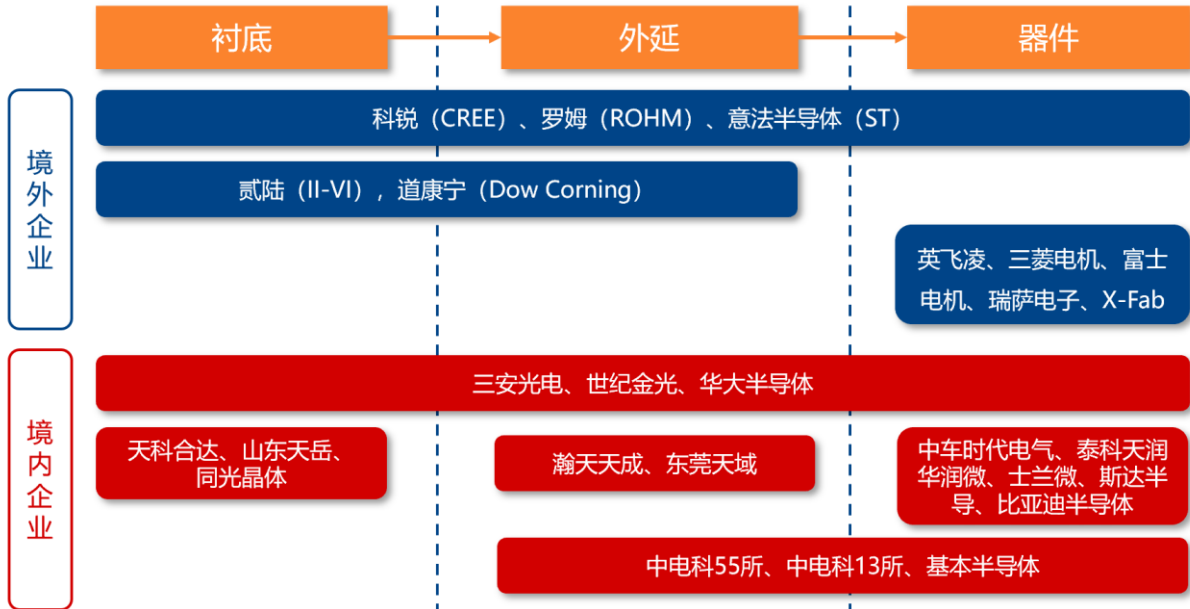
其中，科锐和罗姆两家厂商已经具备了从材料端到器件生产端的全流程覆盖，具备产业链中最强的实力。其他厂商大多专注于其中的1~2个环节。

近年来，国内厂商追赶进度明显，产业链布局完善，各个环节也都出现了大量的国内参与者：

- **衬底环节：**天科合达、山东天岳和同光晶体等，已经实现4英寸衬底商业化，逐步向6英寸发展；
- **外延环节：**瀚天天成、东莞天域等；
- **器件环节：**泰科天润、华润微、基本半导体等。

其中三安集成、世纪金光等也成功实现了产业链贯通，进行了全流程布局。

图11：碳化硅器件产业链各环节主要参与者



资料来源：天岳科技招股书，东兴证券研究所整理

2. 技术难度不容忽视，海外龙头占据较大份额

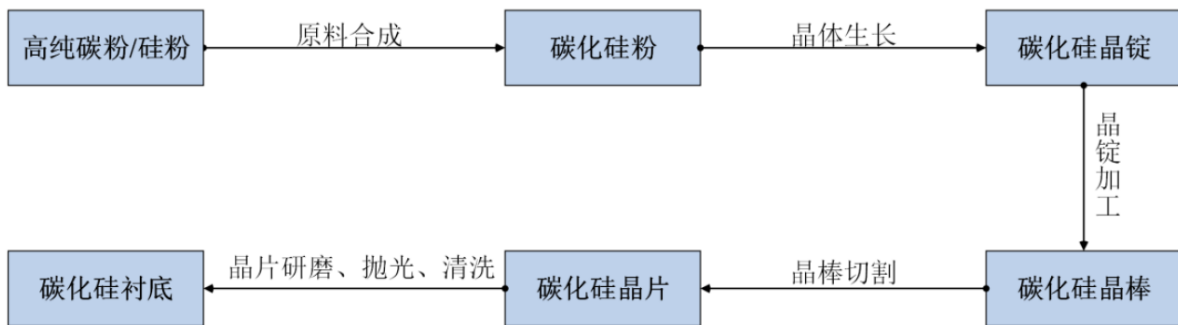
2.1 从器件生产流程看各环节难度和壁垒

碳化硅与硅基器件的原理相似，但碳化硅无论是材料还是器件的制造难度，都显著高于传统硅基。其中大部分难度都是碳化硅材料高熔点和高硬度所需特殊工艺带来的。碳化硅器件的生产环节主要包括衬底制备、外延和器件制造封测三大步骤。各步骤中难度和价值量最高的是衬底制备环节，而衬底制备环节中晶体生长是最困难的步骤。

2.1.1 衬底制备——碳化硅器件最为核心的工艺

碳化硅衬底的主要制备工序为，将高纯的碳化硅粉在特殊温度下，采用物理气相传输法 (PVT) 生长不同尺寸的碳化硅晶锭，再经过切割、研磨等多道工序产出碳化硅衬底。

图12：天岳先进碳化硅衬底制备流程



资料来源：天岳先进招股书，东兴证券研究所整理

碳化硅晶体生长难度高，工艺是核心。碳化硅性能有明显优势，却始终未能转换成市场规模，最主要的原因是碳化硅衬底制造困难。

与传统的单晶硅使用提拉法制备不同，碳化硅材料因为一般条件下无法液相生长，只能使用气相生长的方法，如物理气相传输法（PVT）。这也就带来了碳化硅晶体制备的两个难点：

- (1) **生长条件苛刻，需要在高温下进行。**一般而言，碳化硅气相生长温度在 2300°C 以上，压力 350MPa，而硅仅需 1600°C 左右。高温对设备和工艺控制带来了极高的要求，生产过程几乎是黑箱操作难以观测。如果温度和压力控制稍有失误，则会导致生长数天的产品失败。
- (2) **生长速度慢。**PVT 法生长碳化硅的速度缓慢，7 天才能生长 2cm 左右。而硅棒拉晶 2-3 天即可拉出约 2m 长的 8 英寸硅棒。

同时碳化硅材料本身的特性也让晶体生长难度较高，带来了另外两个难点：

- (3) **材料晶型多样。**碳化硅有超过 200 种相似的晶型，需要精确的材料配比、热场控制和经验积累，才能在高温下制备出无缺陷、皆为 4H 晶型的可用碳化硅衬底（其他晶型不可用）。
- (4) **材料硬度大，后加工困难。**碳化硅是硬度仅次于金刚石的材料，晶棒后续的切片、研磨、抛光等工艺的加工难度也显著增加。

在上述技术难点的影响下，能够稳定量产大尺寸碳化硅衬底的企业较少，这也使得碳化硅器件成本较高。

表2：衬底制备各环节流程及难点

环节	目的	难点	设备
晶体生长	生长碳化硅。无法使用提拉法	碳化硅沉积温度高，生长速度慢，PVT 技术不可监控。难点不在技术而在工艺上	长晶炉，国产化率较高
切割	将晶锭切成薄片	碳化硅是第二硬的材料，切割困难，对设备稳定性要求高	金刚线切割机，国产化率低
研磨、抛光、清洗等	消除晶圆表面的线痕和损伤	硬度大，加工难度更高	与硅片生产类似，研磨液和研磨盘有差别。

资料来源：天科合达招股书，天岳先进招股书等，东兴证券研究所整理

2.1.2 外延——对器件性能影响很大

碳化硅器件制造必须要经过外延步骤，外延质量对器件性能影响很大。碳化硅基器件与传统的硅器件不同，碳化硅衬底的质量和表面特性不能满足直接制造器件的要求，因此在制造大功率和高压高频器件时，不能直接在碳化硅衬底上制作器件，而必须在单晶衬底上额外沉积一层高质量的外延材料，并在外延层上制造各类器件。因此外延的质量对器件性能的影响非常大。

外延的质量又受到衬底质量的影响。在外延过程中产生的缺陷，很多都是从衬底中直接复制来的，因此衬底的质量和加工水平对于外延的缺陷控制也十分关键。

碳化硅材料外延主要是要控制外延的厚度和掺杂浓度两个参数。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。但外延层厚度越大，高质量外延片的制备就越困难，尤其是在高压领域，对缺陷的控制是非常大的挑战。

表3：外延层厚度越大，额定电压越高

额定电压	600V	1200V	1700V	3300V	6500V	10000V	15000V
击穿电压	750V	1500V	2125V	4125V	8125V	12500V	18750V
掺杂浓度 (cm ⁻³)	2.5×10 ¹⁶	1×10 ¹⁶	7×10 ¹⁵	3×10 ¹⁵	1.2×10 ¹⁵	7×10 ¹⁴	4×10 ¹⁴
外延厚度 (μm)	6	10	15	30	60	95	145

资料来源：启迪半导体，东兴证券研究所整理

2.1.3 器件制造与封测——高温的特性带来新的技术难度

碳化硅功率器件制造原理与传统硅基相似，但因为材料性质的改变，所需设备和技术难度有增加。碳化硅产业链大部分难点在衬底生长环节，不过在器件制造过程中的难度也有所增加，主要体现在部分工艺需要在高温下完成：

- (1) 掺杂步骤中，传统硅基材料可以用扩散的方式完成掺杂，但由于碳化硅扩散温度远高于硅，无法使用扩散工艺，只能采用**高温离子注入**的方式；
- (2) 高温离子注入后，材料原本的晶格结构被破坏，需要用**高温退火工艺**进行修复。碳化硅退火温度高达 1600℃，这对设备和工艺控制都带来了极大的挑战。

除了碳化硅器件自身，与其配套的其他材料的也要围绕着高温进行改变，例如：

- (3) 碳化硅器件工作温度可达 600℃以上，组成模块的其他材料，如绝缘材料、焊料、电极材料、外壳等也无法与硅基器件通用；
- (4) 器件的引出电极材料也需要同时保证耐高温和低接触电阻，大部分材料难以同时满足两条要求。

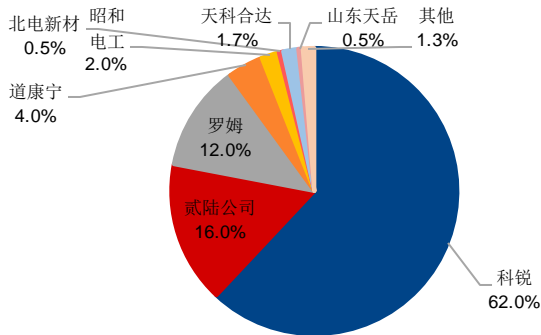
功率器件的稳定性和工艺成熟度十分重要，上述以“高温”为核心的难点构筑了较强的技术壁垒。上述工艺不成熟会导致碳化硅功率器件存在缺陷，从而影响其长期工作的可靠性。因此目前全球绝大部分器件制造产能仍掌握在具备衬底技术的巨头（科锐公司、罗姆公司）及具备较多功率半导体制造经验的 IDM 厂商（英飞凌、意法半导体等）手中。

2.2 衬底和器件两大环节分别呈“一超”和“多强”格局

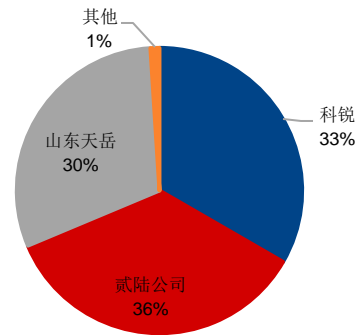
碳化硅行业仍处于成长期，从企业和竞争格局的角度看，技术问题尚未完全解决，先行者和传统龙头依靠着先发优势和工艺的成熟度构筑了明显的壁垒。这也使得产业的关键环节上呈现出“一超”和“多强”格局。

2.2.1 衬底呈“一超”格局，科锐一家独大

从市占率角度来看，衬底环节呈现“一超”格局，美国企业科锐全球独大。用于制备功率器件的导电型衬底方面，2018 年美国占有全球碳化硅晶片产量的 70%以上，科锐作为行业先驱，独自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。前三家企业合计占 90%的份额。用于制备射频器件的半绝缘型衬底方面，2020 年美国的科锐和贰陆依旧合计占据近 70%的市场份额，但国内企业山东天岳市占率近年来大幅提升，已经以 30%的市占率位列第三，缩小了与国外巨头的差距。

图13：2018年导电型碳化硅衬底厂商市场占有率


资料来源：天科合达招股书，Yole，东兴证券研究所整理

图14：2020年半绝缘型碳化硅晶片厂商市场占有率


资料来源：天岳科技招股书，Yole，东兴证券研究所整理

技术方面，科锐和贰陆公司已经成功研发8寸衬底，国内企业产品集中在4寸和6寸。与硅晶圆类似，大尺寸的晶圆也是碳化硅衬底的发展方向。衬底尺寸越大，单位衬底可制造的芯片数量越多，边缘浪费越小，单位芯片成本越低。科锐和贰陆公司基于先发优势，率先完成8寸衬底的研发。

国内企业起步较晚，研发进度稍慢，衬底质量与国外差距明显，但也已经完成6寸产品的布局，与龙头的差距在不断缩小。

表4：各企业在衬底尺寸方面的研发进度

衬底尺寸	科锐	贰陆	罗姆	山东天岳	天科合达	三安光电
4寸	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	2020年启动建设
6寸	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	2020年启动建设
8寸	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	未披露

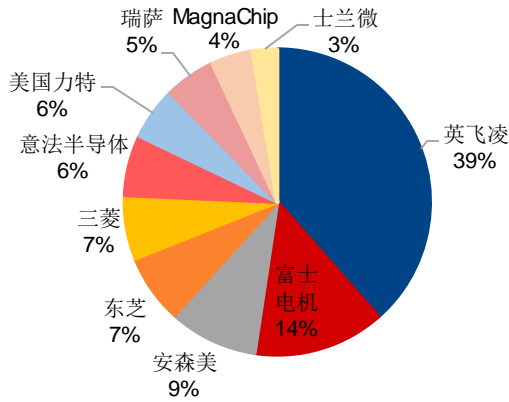
资料来源：天科合达招股书，三安光电公告，东兴证券研究所整理

2.2.2 器件呈“多强”格局，海外衬底龙头和功率龙头占据主要市场

碳化硅器件的市场也主要掌握在科锐、罗姆两大全产业链覆盖的龙头，以及英飞凌、意法半导体等功率龙头手中。因为碳化硅器件对稳定性要求较高，并有较长的验证周期，国内厂商切入较为缓慢。

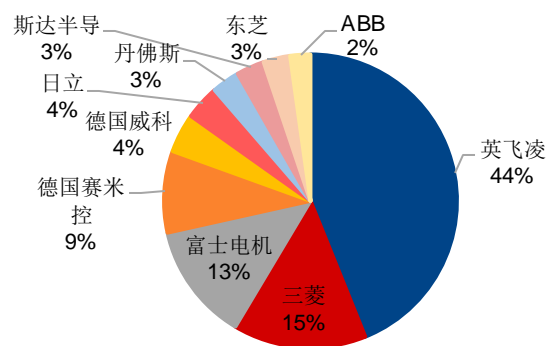
器件制造方面，碳化硅给了国内制造企业弯道赶超的机会。在传统IGBT领域，无论是分立器件还是模块，英飞凌、三菱电机、富士电机、东芝等巨头都占据了四分之三以上的市场，英飞凌优势明显，国内企业只有士兰微和斯达半导进入了全球前十，份额也仅有5%。在这样的竞争格局下，国内企业想要突围十分困难。而碳化硅的出现则有望颠覆传统的IGBT竞争格局。碳化硅器件虽与硅基器件制造原理类似，但仍需要提前的研发和布局，碳化硅时代英飞凌的优势不再那么明显，其碳化硅MOSFET开发进度明显落后于科锐、罗姆、意法半导体等提前布局的公司，而且由于英飞凌未向上游布局碳化硅衬底生产环节，使得在当前碳化硅衬底和器件供不应求的情况下，碳化硅功率器件行业第一变成了科锐。

图15：2019 年全球分立 IGBT 器件市场份额



资料来源：英飞凌，东兴证券研究所整理

图16：2019 年全球 IGBT 模块市场份额



资料来源：英飞凌，东兴证券研究所整理

可见在碳化硅这个新的赛道，后进入者是有机会弯道超车的。国内企业已经在抓紧布局碳化硅器件制造，据 CASA 不完全统计，2020 年国内投产 3 条 6 英寸 SiC 晶圆产线，截至 2020 年底，国内至少已有 8 条 6 英寸 SiC 晶圆制造产线（包括中试线），另有约 10 条 SiC 生产线正在建设。

表5：2020 年国内碳化硅功率晶圆产线汇总

产线状态	产线数量	主要企业
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、中车时代、华润微
新增产线	3 条	积塔半导体、启迪半导体、泰科天润
在建产线	10 条	三安光电、燕东微电子、中科汉韵、比亚迪、富能半导体、广东芯聚能、南京百微电子、青岛惠科、华瑞微、英唐智控

资料来源：CASA，东兴证券研究所整理

3. 碳化硅时代是中国半导体的黄金时代

3.1 物联网时代的新增需求是产业最重要的驱动力

从碳化硅本身来看，其对传统硅基功率器件的替代是顺应时代和科技趋势的必然。下游需求的热点已经逐步从智能手机和 4G 为代表的移动互联网时代，转向智能汽车和 5G 为代表的物联网时代，在新的时代背景下，功率器件大放异彩的机会已经来临。

碳化硅器件的爆发离不开下游需求的持续扩张，终端厂商正积极导入。碳化硅材料和器件的优异性能市场早有认识，但是近几年才逐步形成产业规模，除了因为技术的成熟外，下游应用端对更高性能器件有着迫切的需求，也促使各下游积极验证和导入碳化硅产品。

产业链各环节产能增长，但供给仍然不足。据 CASA 数据显示，SiC 电力电子方面，SiC 导电型衬底折算 4 英寸产能约为 40 万片/年，SiC-on-SiC 外延片（表示在碳化硅衬底上沉积碳化硅）折算 6 英寸产能约为 22 万片/年，SiC-on-SiC 器件/模块（4/6 英寸兼容）产能约 26 万片/年。微波射频方面，SiC 半绝缘衬底折算 4 英寸产能约为 18 万片/年。2020 年，新能源汽车、快充、5G 等下游应用市场增长超预期，国内现有产品商业化供给无法满足市场需求，SiC 电力电子和射频存在较大缺口。

我们认为供需错配下，供给端已成为碳化硅重要的制约因素，技术优势带来的稳定产能将是重要的竞争力。在旺盛的需求下，具备量产能力的厂商大都会受到市场的青睐和认可，尚无须忧虑产业出现充分的竞争，因此企业加强自身的研发和技术攻关，制造出高性能、高良率和可靠性的产品是当前的第一要义，更大的产能储备将是最为重要的竞争力。

表6：2020年我国第三代半导体产能统计

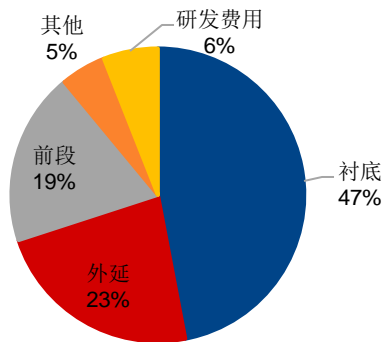
应用方向	产业环节	2019年产能(万片/年)	2020年产能(万片/年)	同比
电力电子	SiC 导电型衬底（折合 4 英寸）	16	40	+150%
	SiC-on-SiC 外延（折合 6 英寸）	20	22	+10%
	SiC-on-SiC 器件/模块（折合 6 英寸）	16	26	+63%
微波射频	SiC 半绝缘衬底（折合 4 英寸）	10	18	+80%
	GaN-on-SiC 外延（表示在碳化硅衬底上沉积氮化镓）（折合 4 英寸）	10	20	+100%
	GaN-on-SiC 器件/模块（折合 4 英寸）	8	16	+100%

资料来源：CASA，东兴证券研究所整理

3.2 碳化硅器件与硅基器件价差正在缩小

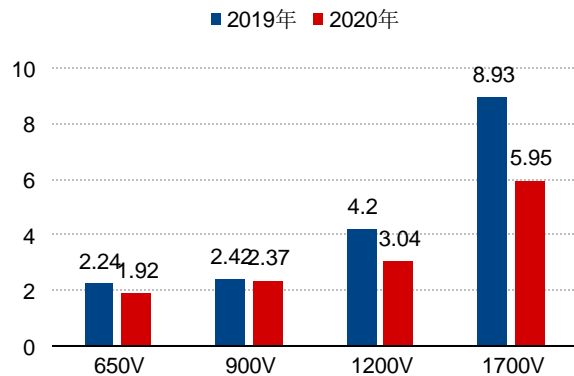
碳化硅器件具备足够多的优势，但价格相较于传统硅基器件仍然偏高。从衬底角度来看，受碳化硅生长速度较慢的影响，一片 6 寸的碳化硅晶圆价格在 1000 美元以上，是同尺寸硅晶圆价格的 20 倍以上。因此衬底占据了碳化硅器件近一半的成本。因此碳化硅价格下降的幅度也会显著影响碳化硅器件替代的速度。

图17：衬底占碳化硅器件成本的近一半



资料来源：CASA，前瞻产业研究院，东兴证券研究所整理

图18：SiC MOSFET 2020年平均价格（元/A）



资料来源：Mouser，Digi-Key，CASA，东兴证券研究所整理

碳化硅器件与传统产品价差正在持续缩小。第三代半导体产业技术创新战略联盟表示，2020年受疫情影响产品交期有所延长，但碳化硅器件的价格有所下降：

- SiC SBD 实际成交价与硅器件价差已经缩小至 2~2.5 倍之间。根据 Mouser 的公开报价，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%。1200V 的 SiC SBD 的平均价是 3.83 元/A，较 2019 年下降了 8.6%。据 CASA 调研，实际成交价低于公开报价，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。

- **SiC MOSFET 降价明显，与硅器件价差收窄到 2.5~3 倍之间。**根据 Mouser 的公开报价，650V、900V、1200V、1700V 的 SiC MOSFET 在 2020 年底的平均价格分别同比下降了 13%、2%、27.62%、33.4%。而从实际成交价格来看，650V、1200V 的 SiC MOSFET 价格较 2019 年下降幅度达 30%-40%，与 Si 器件价差也缩小至 2.5~3 倍之间。

价格下降幅度会显著提高碳化硅器件的替代速度，从而反向刺激需求，形成正向循环。目前碳化硅器件价格已经下降到高端新能源车型可以接受的程度，随着晶圆尺寸做大和良率不断提升，未来仍有降本空间，碳化硅功率器件有望逐步向中低端车型渗透。

3.3 国内外大力布局，碳化硅有望引领中国半导体进入黄金时代

国际龙头正完善产业链布局，强化竞争优势。国际企业上下游延伸及全产业链布局趋势日益明显，科锐收购英飞凌射频业务，强化了其在射频 GaN-on-SiC 技术领域的领导地位，出售 LED 照明业务，专注第三代半导体；罗姆整合 SiCrystal，上游延伸至 SiC 衬底；贰陆收购 Ascatron AB 和 INNOVION 建立 SiC 垂直集成平台，同时计划建立射频 GaN-on-SiC 技术平台；意法半导体收购 Norstel，上游延伸至 SiC 衬底。

表7：国际龙头在碳化硅等第三代半导体领域持续扩产并进行产业链合作

企业	布局情况	产业合作情况
科锐 CREE	<ol style="list-style-type: none"> 1. 出售 LED 照明业务，专注 SiC 电力电子和 GaN 射频； 2. 收购了 Infineon 射频 (RF) 功率业务，巩固射频市场优势地位； 3. 北卡罗来纳州总部建设超级材料工厂 (8 英寸 SiC 衬底)，在纽约州建设 8 英寸 SiC 电力电子和 GaN 射频产线； 4. 2024 年前，共投资 10 亿美元，产能扩充 30 倍。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与大众汽车合作，成为 FAST 项目 SiC 独家合作伙伴； 2. 与德尔福合作，开展汽车 SiC 器件研究； 3. 与 ABB 合作，推动 SiC 器件进入电力、机车牵引、新能源汽车领域； 4. 与宇通合作，推动 SiC 在大巴车的应用。
罗姆 ROHM	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2009 年收购 SiCrystal，上游延伸至 SiC 衬底； 2. 2018 年筑后工厂新建 6 英寸 SiC 晶圆产线，2020 年投产，产能约 15 万片/年； 3. 2024 财年前进行约 600 亿日元投资，产能扩充 16 倍。2025 年在 SiC 功率半导体市场能获得 30% 左右的市场份额。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与联合汽车电子合作，进入中国新能源汽车供应链；并与联合汽车电子共同成立“SiC 技术联合实验室”； 2. 与大陆集团旗下 Vitesco 合作，共同开发 SiC 在电动汽车中的应用技术； 3. 与臻驱科技合作建立“SiC 技术联合实验室”，开发 SiC 车载应用。
贰陆公司	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2018 年，SiC 外延产能扩充为原来 4 倍； 2. 2020 年，计划将 6 英寸 SiC 衬底产能扩大 5-10 倍； 3. 2020 年，计划建立 6 英寸 SiC 垂直集成平台：与通用电气合作，获得 SiC 器件和模块制造技术；收购 Ascatron AB 和 INNOVION Corporation； 4. 建立射频 GaN-on-SiC 技术平台。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2020 年，计划建立 6 英寸 SiC 垂直集成平台：与通用电气合作，获得 SiC 器件和模块制造技术； 2. 收购 Ascatron AB 和 INNOVION Corporation。
意法半导体	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2019 年收购 Norstel，上游延伸至 SiC 衬底； 2. 意大利卡塔尼亚工厂布局 6 英寸 SiC 晶圆产线，同时新建 8 英寸 SiC 晶圆产线； 3. 新加坡工厂进行设备升级改造，建设 8 英寸 SiC 晶圆产线； 4. 收购法国 SOMOS，推进 GaN-on-Si 射频产线。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与 Cree 签订 5 亿美元合同，与 SiCrystal 签订 1.2 亿美元合同； 2. 与德国 Innoelectric 公司合作，推出 22kW SiC 车载充电器； 3. 与汇川技术合作，推动 SiC 在 DC-DC 转换器和中高压系统的应用； 4. 为雷诺、日产汽车、三菱汽车联盟旗下的电动汽车搭载的 OBC 提供 SiC 器件，2021 年批量生产。
英飞凌	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在建 8 英寸 GaN-on-Si 生产线； 2. 拥有 15 年 SiC 生产和研发经验；6 英寸 SiC 晶圆量产线，积累 8 英寸晶圆量产技术； 3. 投资 3500 万欧元做碳化硅的技术研发； 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与 Cree 签订 1 亿美元合同，锁定 6 英寸 SiC 晶圆；与 GTAT 签订 5 年期 SiC 晶棒供应协议； 2. 收购赛普拉斯，成为全球第一车用半导体供应商； 3. 与大众汽车集团合作，成为 FAST 项目合作伙伴。

资料来源：CASA，东兴证券研究所整理

国际企业已经完成大规模扩产，2020年-2022年产能将逐步释放。科锐预计在2024年前产能扩充30倍，罗姆在2024年前产能扩充16倍等。科锐、英飞凌、罗姆、X-Fab等均已实现6英寸产线量产，预计2022年升级到8英寸产线。

除了在供给端不断整合，各厂商也积极与下游厂商合作，绑定需求以抢占市场份额。终端应用企业与中游器件企业合作趋势明显，以汽车集团牵头的车用半导体推进迅猛，第三代半导体正式进入汽车供应链。科锐分别与英飞凌、意法半导体、安森美等中游企业签订长期供货协议，保证SiC衬底供给；特斯拉在model3电机控制器的逆变器中采用了意法半导体的SiC功率器件；德国大陆集团子公司Vitesco Technologies将为现代汽车提供800V碳化硅逆变器；科锐和英飞凌分别与大众汽车合作，成为其FAST项目SiC合作伙伴。

国内半导体厂商也在积极发挥自身优势，大力布局第三代半导体行业。我们认为，第三代半导体对我国而言意义非凡，是中国大陆半导体（尤其是功率和射频器件）追赶的极佳突破口。碳化硅器件的意义不仅在于其本身的优异性能，其更是会对产业带来全方位的带动，碳化硅有望引领中国半导体进入黄金时代：

- (1) 在第三代半导体追赶的路上，中国企业受到的阻碍将小于传统硅基领域。在传统的硅基半导体领域，技术进步已经明显放缓，发达国家依靠着数十年的研发和布局，积累了足够多的专利，并掌控着上游关键材料和设备的技术和供应链，占据着对中国半导体进行制裁、发动科技战的主动权。在产业配套全面落后的情况下，中国在硅基半导体领域的替代进程缓慢。

而在第三代半导体产业中，中国企业与海外龙头的差距已经明显缩小，发达国家可以用来制裁和控制中国第三代半导体发展的手段和技术也十分有限，中国企业正迎来追赶和发展的良机。

表8：部分国内上市公司第三代半导体布局情况

上市公司简称	股票代码	2020年第三代半导体产业布局及经营情况
华润微	688396.SH	1.6英寸SiC晶圆生产线实现量产，发布1200V/2A-40A和650V/4A-16A工业级SiC肖特基二极管系列产品； 2.增资瀚天天成，持有3.2418%的股权，延伸产业链布局。
三安光电	600703.SH	1.业务重心发生转移，公司主营业务由LED调整为化合物半导体； 2.SiC电力电子：三安集成建设有6英寸SiC晶圆制造产线；全资收购北电新材料，获得SiC衬底量产技术；湖南投资160亿元，开展SiC全产业链布局；完成从650V到1700V SiC二极管的产品线布局，累计出货达百余万颗；发布1200V80mΩ SiC MOSFET产品； 3.GaN射频：建设有4英寸GaN-on-SiC晶圆制造生产线，未来计划大幅扩产； 4.GaN电力电子：建设有GaN HEMT量产线，提供650V GaN HEMT器件代工服务； 5.GaN光电子：LED照明龙头企业；高光效、红外、紫外LED产能在逐步增加；开始布局Mini/Micro-LED产业。
闻泰科技	600745.SH	1.收购安世半导体剩余股权，完成后持有安世集团98.23%的权益比例； 2.领投基本半导体； 3.安世与国内龙头汽车产业一级供应商联合汽车电子达成深度合作，推动GaN在中国汽车市场的研发和应用，提供高效的新能源汽车系统解决方案。
斯达半导	600745.SH	1.量产光伏应用的SiC器件及应用于新能源汽车的SiC模块产品； 2.投资建设全碳化硅功率模组产业化项目，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。
比亚迪	002594.SZ	1.在宁波投资建设6英寸SiC晶圆生产线； 2.内部重组，成立比亚迪半导体； 3.比亚迪汉成功搭载自主研发并制造的高性能SiC MOSFET控制模块。

上市公司简称	股票代码	2020 年第三代半导体产业布局及经营情况
露笑科技	002617.SZ	在浙江诸暨、浙江绍兴、安徽合肥等多地投资 SiC 衬底项目。
新洁能	605111.SH	1.设计企业，上市融资； 2.开展碳化硅宽禁带半导体功率器件研发及产业化项目。

资料来源：CASA，东兴证券研究所

- (2) 产业链的配套整合更加充分，为中国半导体企业带来以往不具备的发展机会。以往国内半导体厂商追赶困难另一个原因是没有足够多的试用和上线机会，难以用客户的反馈和问题来正向激励研发。目前来看第三代半导体器件主要的应用领域如新能源车、光伏和高铁等，未来的主战场都集中在中国，国内企业也与国内车企和家电企业等进行了配套和产业合作，国产器件逐渐导入终端产品供应链，为国内企业带来更多试用、改进的机会。

表9：国内第三代半导体产业合作情况

第三代半导体企业	合作企业	基本情况
三安集成	美的集团	共同成立第三代半导体联合实验室，聚焦 GaN、SiC 功率器件芯片与 IPM（智能功率模块）的应用电路相关研发，并逐步导入白色家电领域。
三安集成 芯光润泽	金龙客车	共同推进 SiC 功率器件和模块在电机控制器、辅驱控制器的样机试制以及批量应用，共同开拓国内外市场。
比亚迪	蓝海华腾	成立联合创新实验室，共同建设 SiC（碳化硅）、IGBT 功率半导体的开发与应用试验平台，开展新能源汽车用电机控制器的核心器件开发与应用研究，提高产品的可靠、安全与性价比。
芯光润泽 华南理工	美的集团	四方共建第三代半导体器件研发应用联合实验室。
基本半导体	金威源科技	成立联合实验室，针对第三代半导体在高效电源领域展开技术研发和产品创新等深度合作。
斯达半导体/科锐	宇通客车	宇通客车正在采用斯达半导体和 Cree 合作开发的 1200V SiC 功率模块开发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。

资料来源：CASA，东兴证券研究所整理

4. 投资建议

我们认为新能源车等新增下游需求的带动下，碳化硅材料及相关器件需求有望迎来爆发式增长，建议关注提前布局碳化硅产业链上市公司三安光电、华润微、斯达半导、闻泰科技、露笑科技、新洁能等。

5. 风险提示

新能源汽车销量不及预期，碳化硅量产进度不及预期，量产过程中遭遇技术难题导致不及预期等。

分析师简介

吴昊

北京航空航天大学材料工程硕士，2019 年加入东兴证券研究所，从事电子行业研究。

陈宇哲

电子行业分析师，曾任职东方证券，从事中小市值行业（TMT 方向）研究，2020 年加盟东兴证券研究所。曾获 2020 年 Wind 金牌分析师，2018/2019 年财新 II 最佳分析师中小市值第一名/第三名，2018 年第一财经最佳分析师新经济团队第二名。

研究助理简介

吴天元

山东大学金融硕士，本科毕业于哈尔滨工业大学，获工学学士，曾就职于中广核集团担任核电工程师，2019 年加入东兴证券从事电子行业研究。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告的观点、逻辑和论据均为分析师本人研究成果，引用的相关信息和文字均已注明出处。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示

本证券研究报告所载的信息、观点、结论等内容仅供投资者决策参考。在任何情况下，本公司证券研究报告均不构成对任何机构和个人的投资建议，市场有风险，投资者在决定投资前，务必要审慎。投资者应自主作出投资决策，自行承担投资风险。

免责声明

本研究报告由东兴证券股份有限公司研究所撰写，东兴证券股份有限公司是具有合法证券投资咨询业务资格的机构。本研究报告中所引用信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

我公司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头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本报告版权仅为我公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发，需注明出处为东兴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本研究报告仅供东兴证券股份有限公司客户和经本公司授权刊载机构的客户使用，未经授权私自刊载研究报告的机构以及其阅读和使用者应慎重使用报告、防止被误导，本公司不承担由于非授权机构私自刊发和非授权客户使用该报告所产生的相关风险和法律责任。

行业评级体系

公司投资评级（以沪深 300 指数为基准指数）：

以报告日后的 6 个月内，公司股价相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

强烈推荐：相对强于市场基准指数收益率 15% 以上；

推荐：相对强于市场基准指数收益率 5%~15% 之间；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5% 之间；

回避：相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。

行业投资评级（以沪深 300 指数为基准指数）：

以报告日后的 6 个月内，行业指数相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5% 以上；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5% 之间；

看淡：相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。

东兴证券研究所

北京

西城区金融大街 5 号新盛大厦 B 座 16 层

邮编：100033

电话：010-66554070

传真：010-66554008

上海

虹口区杨树浦路 248 号瑞丰国际大厦 5 层

邮编：200082

电话：021-25102800

传真：021-25102881

深圳

福田区益田路 6009 号新世界中心 46F

邮编：518038

电话：0755-83239601

传真：0755-23824526