

扫码进 化合物半导体交流群
免费领取更多产业报告

SEMIBAY
湾芯展



【麦肯锡观点】碳化硅厂商顺应新能源汽车市场趋势的战略思考和对策

[编译者按]深芯盟分析师团队挑选优质的英文版半导体产业分析文章和报告，进行准确地翻译和编辑后再形成完整版报告，分享给业界专业人士。

湾区半导体产业
生态博览会（深圳）

SEMIBAY
SEMICONDUCTOR
ECOSYSTEM EXPO

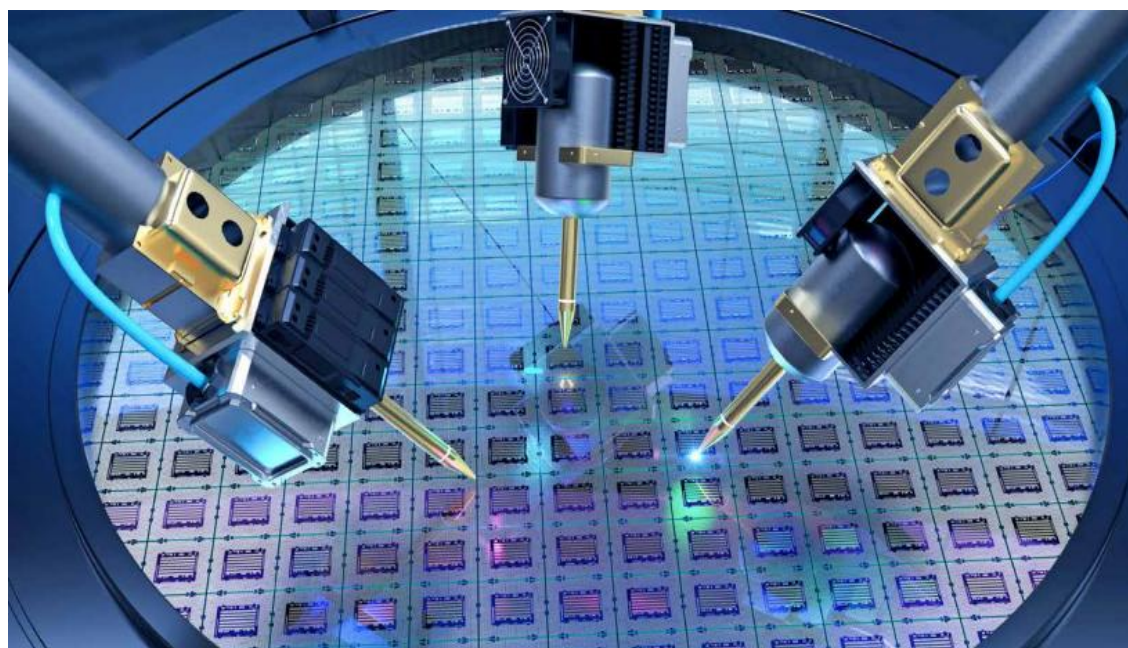
SEMIBAY 湾芯展

2024.9.9^{NOV} - 9.11^{Q3M} 深圳会展中心(福田)



扫码填写
提交参展意向

电动汽车的普及带动了碳化硅（SiC）产业的快速发展，碳化硅衬底和外延供应商、碳化硅器件和模组制造商、半导体设备厂商、汽车零部件 Tier 1 供应商、整车 OEM 厂商，以及新兴的电驱和电控系统开发商如何在这场颠覆性变革中创造价值，抢占生态链关键节点？



扫码进 化合物半导体交流群
免费领取更多产业报告

SEMIBAY
湾芯展





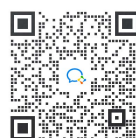
据麦肯锡未来出行研究中心的统计预测，到 2030 年各种电动汽车类型（xEV）的销售量将达到 6400 万辆，是 2022 年的四倍，这期间的复合年增长率（CAGR）为 20%。xEV 包括四种类型：**电池驱动的纯电动(BEV)、混合电动(HEV)、插电混动(PHEV)、燃料电池电动(FCEV)**。确保电动汽车零部件的供应足以满足这个快速增长的市场需求是至关重要的，其中碳化硅（SiC）值得特别关注。技术分析表明，在电动汽车动力总成系统（主要是逆变器，但也包括 DC-DC 转换器和板载充电器 OBC）应用中，与硅基功率器件（比如 IGBT）相比，基于碳化硅的金属氧化物半导体场效应晶体管（MOSFET）具有更高的开关频率、热阻和击穿电压。这些属性差异带来的益处是获得更高的电能转换效率（更长的续航里程）和系统总成本的降低（降低电池容量和热管理要求）。此外，预期到 2030 年大部分电动车都会采用更高的供电电压（比如 800V），碳化硅器件所带来的益处更为明显。

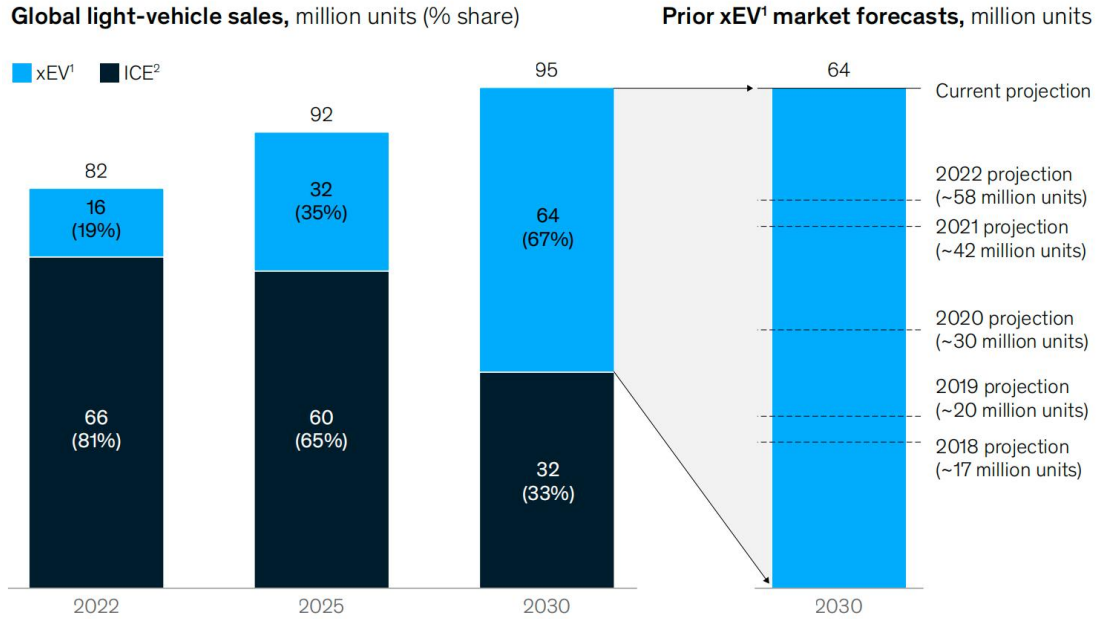
本报告将关注碳化硅衬底和外延供应商、碳化硅器件和模组制造商、半导体设备厂商、汽车零部件 Tier 1 供应商、整车 OEM 厂商，以及新兴的电驱和电控系统开发商，探讨如何在这个百年难遇的汽车产业变革中把握商机、创造价值，并获取市场竞争优势。

从现在到 2030 年，电动汽车和碳化硅的市场增长十分可观

从 2018 年到 2022 年，对 2030 年全球电动车销量的预测从 1700 万辆增加到 6400 万辆（见图表一）。这一预测的调整是由多个因素造成的，比如预计到 2024 年或 2025 年，许多国家的电动汽车总成本将与传统燃油汽车（ICE）持平（不算政府对电动车的补贴）；各国政府为满足达碳目标而对传统汽车的法规限制；大量投资推动电动汽车研发和制造的扩张；以及电动车充电基础设施的规划和建设。

图表一：为达成零碳目标而加速电动车普及，多次调整未来增长预测





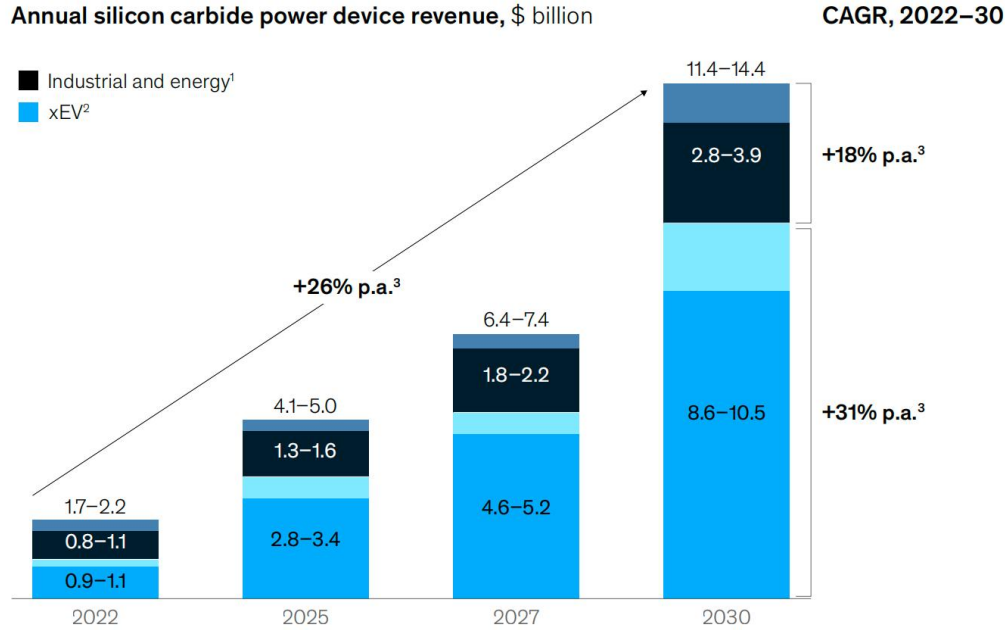
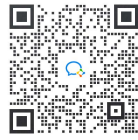
Note: Figures may not sum, because of rounding.
¹xEV includes battery electric vehicles (BEVs), hybrid electric vehicles (HEVs), plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs), and fuel-cell electric vehicles (FCEVs).
²Internal-combustion engine.
Source: McKinsey Center for Future Mobility

从上图可以看出，全球轻型车辆到 2030 年总销售量将达到 9500 万辆，其中电动车为 6400 万，占比为 67%，而传统燃油车占比将下降到 33%。

我们来看碳化硅器件市场，今天的市场规模约为 20 亿美元，预计到 2030 年将达到 110 亿至 140 亿美元，CAGR 约为 26%（见图表二）。鉴于电动车销量的飙升和电动车逆变器对碳化硅的需求，预计 70% 的碳化硅应用将来自电动车市场。电动车需求最高的中国市场预计将会占据碳化硅总需求量的 40%。

图表二：2022 至 2030 年间，预计碳化硅器件市场的 CAGR 将达到 26%





Note: Data is as of November 2022.

¹Other applications as a share of industrial and energy include power supplies (23%), industrial applications (14%), commercial vehicles (12%), uninterruptible power supplies (12%), and military and aerospace (12%).

²xEV includes battery electric vehicles (BEVs), hybrid electric vehicles (HEVs), plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs), and fuel-cell electric vehicles (FCEVs).

³Per annum.

Source: McKinsey Center for Future Mobility, Current Trajectory Scenario

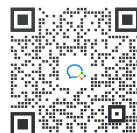
除电动车需求外，碳化硅器件还可用于工业和能源领域。到 2030 年，电动车对碳化硅器件的需求将达到 86-105 亿美元，其年增长率高达 31%。

不同的电动车类型和动力总成电压（400V 或 800V）对碳化硅器件的需求也不尽相同，800V BEV 动力总成系统最有可能采用基于碳化硅的逆变器，因为其转换效率更高。根据我们的分析，2030 年 BEV 类型的车辆将占据 75%（2022 年为 50%），而 HEV 和 PHEV 等类型占 25%。此外，我们预测到 2030 年 800V 动力总成系统的市场渗透率将超过 50%（2022 年只有 5%）。由此可以预测，未来 5-10 年碳化硅将进入爆发期，成为电动车主驱系统的核心部件。

垂直整合：碳化硅产业的优选模式

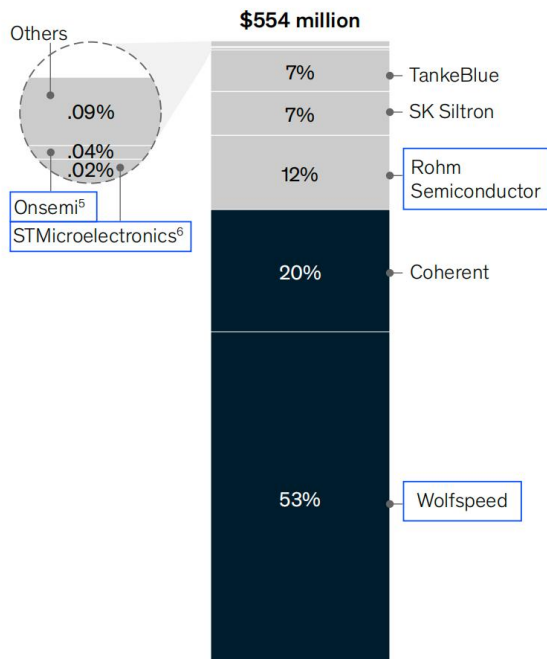
目前的全球碳化硅市场高度集中在少数几个大玩家手中。事实上，碳化硅晶圆和器件市场的 Top 2 玩家控制了大约 60-65% 的碳化硅市场（见图表三）。从高度集成的大玩家主导这一市场的事实来看，碳化硅行业偏爱垂直整合模式。

图表三：2022 年全球 SiC 晶圆片和器件市场规模及主要厂商的份额

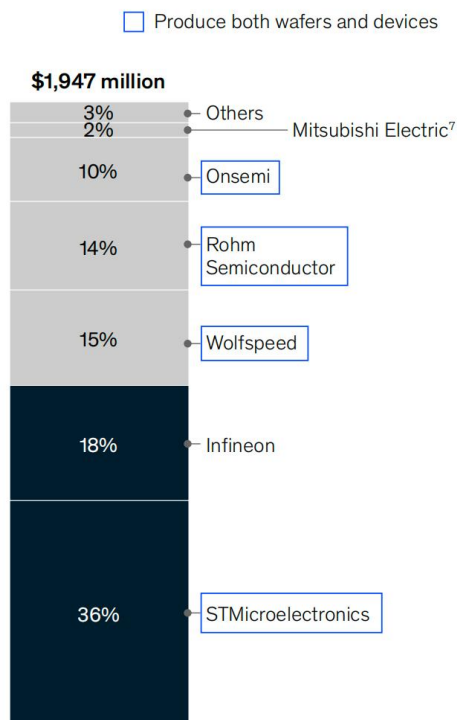




Silicon carbide (SiC) wafer¹: 2022 revenue and market share²



SiC device³: 2022 revenue and market share⁴

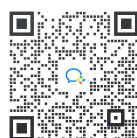


Note: Figures do not sum to 100%, because of rounding.
¹Includes only finished raw SiC wafers.
²Revenues and market shares of Rohm Semiconductor, SK Siltron, TankeBlue, STMicroelectronics, and Onsemi estimated based on 2021 market shares as a proxy.
³Discreted and modules.
⁴Revenues and market shares of Mitsubishi Electric estimated based on 2021 market shares as a proxy.
⁵Approximate revenue equivalent for GT Advanced Technologies.
⁶Market share for Norstel.
⁷Fully integrated end to end, but captive.
Source: Power SiC 2023, Yole Group, August 2023; McKinsey analysis

从上图左半部分可以看出，2022 年全球 SiC 晶圆片销售额为 5.54 亿美元，其中 WolfSpeed 占据 53%、Coherent 占 20%、罗姆半导体占 12%、SK Siltron 和天科合达各占 7%，剩余部分由安森美、ST 和国内一些碳化硅材料厂商瓜分。SiC 晶圆片市场由两家美国公司主导，而国内最大的供应商天科合达也仅占 7% 的份额。

从上图右半部分可以看出，2022 年全球 SiC 器件销售额为 19.47 亿美元，其中 ST 占 36%、英飞凌占 18%、WolfSpeed 占 15%、罗姆半导体占 14%、安森美占 10%。这几家厂商除英飞凌外，都是同时提供 SiC 晶圆片和器件的 IDM 厂商。

根据产业统计分析，SiC 晶圆和器件制造的垂直整合可以将良率提升 5-10%，而毛利提升 10-15%。因为从材料、设计到制造的一体化闭环流程可以更好地控制每个环节，从而提升良率、更快地度过试验和产能爬坡阶段，减少每一独立环节的良率下降和毛利摊派现象（见图表四）。

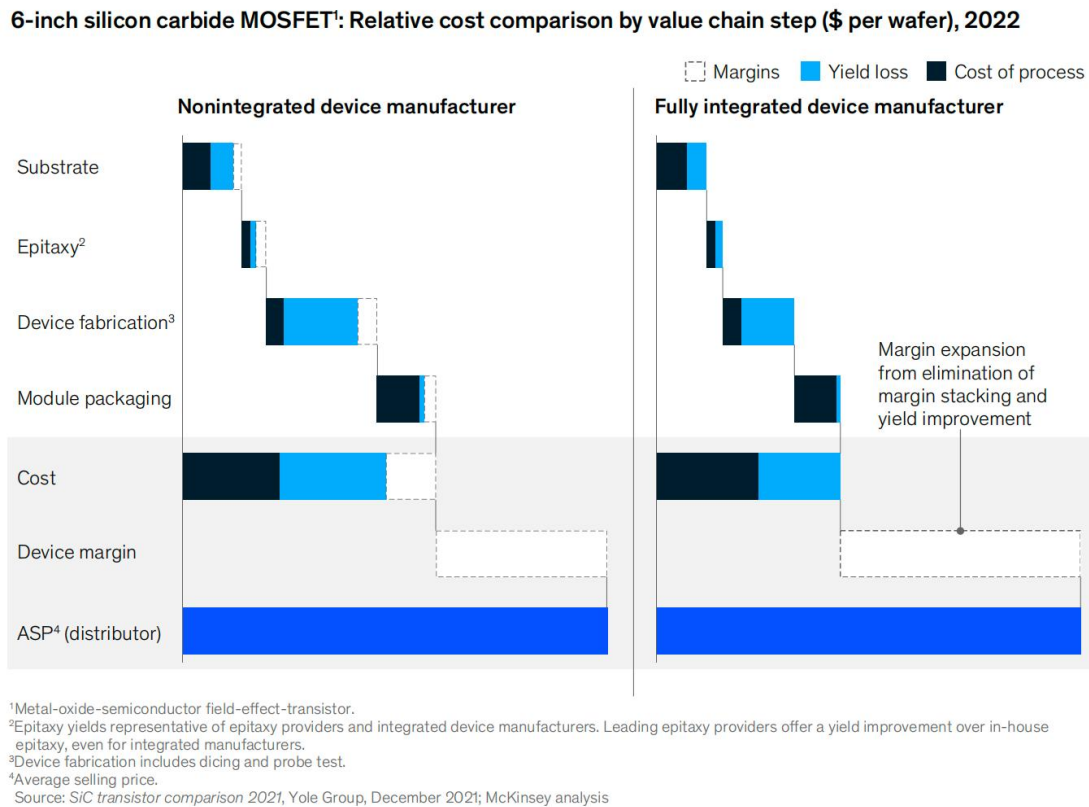




从战略上讲，垂直集成的制造商也可以为汽车整机厂商提供更可靠的芯片和零部件供应。同样，垂直整合也有助于晶圆制造厂商保持市场竞争力。

几家领导厂商已经开始通过并购和合作转向垂直整合模式，尤其是 SiC 半导体器件制造商向上游晶圆材料领域渗透。例如，ST 意法半导体收购 Norstel、安森美收购 GT 先进技术公司（GTAT）、罗姆收购 SiCrystal。这些收购进一步证明垂直整合模式在运营、财务和战略规划方面的优势。

图表四：碳化硅器件制造流程的垂直整合有助于提高利润和良率

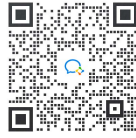


上图展示出了 2022 年 6 英寸碳化硅 MOSFET 按制造流程价值链步骤划分的相对成本比较（每片晶圆价格）。相对完全集成的 IDM 厂商而言，非垂直整合的器件厂商利润明显偏低。

8 英寸晶圆具有明显的价格、利润和市场竞争优势

根据我们的分析，碳化硅产业正从 6 英寸转向 8 英寸晶圆制造，上游材料厂商将从 2024 年或 2025 年开始转移，到 2030 年 8 英寸晶圆的市场渗透率将达到 50%。一旦技术和工艺挑战被克服，8 英寸晶圆将为制造商提供诸多好处，包括减少晶圆片边缘切割裸片的损失、更





高的制造流程自动化水平，以及充分利用硅基器件制造设备的产能（减少设备折旧损失）。我们的分析预测表明，依垂直整合的程度不同，从 6 英寸转到 8 英寸晶圆的毛利率收益约有 5-10%的提升。

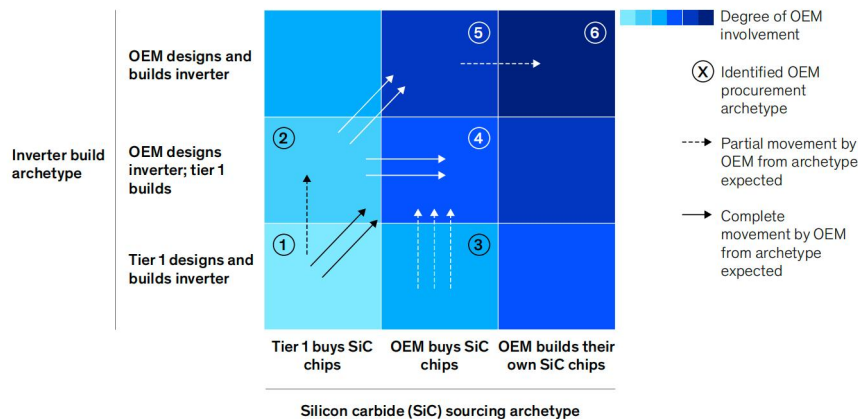
美国厂商的 8 英寸晶圆产线将于 2024 年和 2025 年进入量产阶段，随后全球范围内 8 英寸晶圆产线就会快速上量，以应对快速增长的市场需求、来自中等规模电动车 OEM 厂商的价格压力，同时也获得了转到 8 英寸晶圆的成本效益。

当前 8 英寸晶圆的成本仍比 6 英寸晶圆贵很多，因为良率和产能较低。然而，预计未来十年领导厂商的成本差距将大大缩小，这要归功于工艺改进和良率的提升。我们发现，与传统的多线锯晶圆切割设备相比，采用激光切割技术可以从一个单晶棒切割出双倍的晶圆片数量。而像氢气切割等更为先进的技术还可以进一步提升产量。

汽车 OEM 厂商更多融入碳化硅产业链将产生新的供需格局

最近几年的供应链安全、地缘政治不稳定性、汽车供电系统转向 800V，以及对 SiC MOSFET 器件需求的增加，这些因素都在促使汽车 OEM 厂商更多参与到半导体和碳化硅采购供应链中。汽车 OEM 厂商正在积极地转向多渠道采购模式，尤其是基于 SiC 的电动车逆变器及其中的 SiC 芯片（见图表五）。我们的分析显示，随着行业渐趋成熟，OEM 厂商将更多参与到 SiC 芯片采购和逆变器设计中。最近几年公布的 SiC 制造商与汽车厂商之间的合作也见证了这一转变趋势。

图表五：OEM 参与 SiC 芯片采购和逆变器设计制造将搅动汽车功率半导体产业链格局。





从上图可以看出，左下角第一区域代表 Tier 1 零部件供应商负责电动车逆变器设计和 SiC 芯片采购，而汽车 OEM 厂商完全不参与；顶部第五区域表明 OEM 厂商自己采购 SiC 芯片和设计制造逆变器；而右上角第六区域表明 OEM 厂商自己制造 SiC 芯片，目前全球可能只有比亚迪一家公司做到了这一点。这也从侧面说明了为什么比亚迪能够成为全球第一大电动车制造商。

OEM 厂商达成多起 SiC 合作，但很少有独家协议

碳化硅制造商和汽车 OEM 厂商的合作从长期供应协议到战略和开发伙伴关系，甚至到共同投资和合资建厂生产 SiC 器件。我们对已经公告的 18 家汽车 OEM 制造商的合作案例来看，有 12 家厂商（将占 2030 年 BEV 总销售量的 60%以上）已经宣布与碳化硅制造商达成两次或两次以上的合作伙伴关系；有 5 家厂商宣布达成了一项合作伙伴关系；而只有一家 OEM 厂商目前还没有宣布与碳化硅制造商达成任何合作。虽然这一分析仅限于已宣布的合作协议，但可以看出汽车 OEM 有明显的 SiC 供应链多样化趋势，很少有独家排他性合作协议（见图表六）。

汽车 OEM 厂商的高度参与表明，已经与 OEM 厂商达成合作且拥有车规级半导体制造能力的碳化硅制造商将有机会把握住这一行业的快速增长商机。积极寻求商机的碳化硅制造商希望尽早获得汽车 OEM 厂商的采购合同，以构建后来者进入壁垒。另一方面，汽车 OEM 厂商可能希望与多家 SiC 供应商达成合作，以确保不被大的供应商锁定及保证供应链安全。

图表六：多家汽车 OEM 厂商已经宣传与碳化硅制造商达成供应合作伙伴关系，但很少是独家的。

Number of announced silicon carbide (SiC) partnerships across automotive OEMs

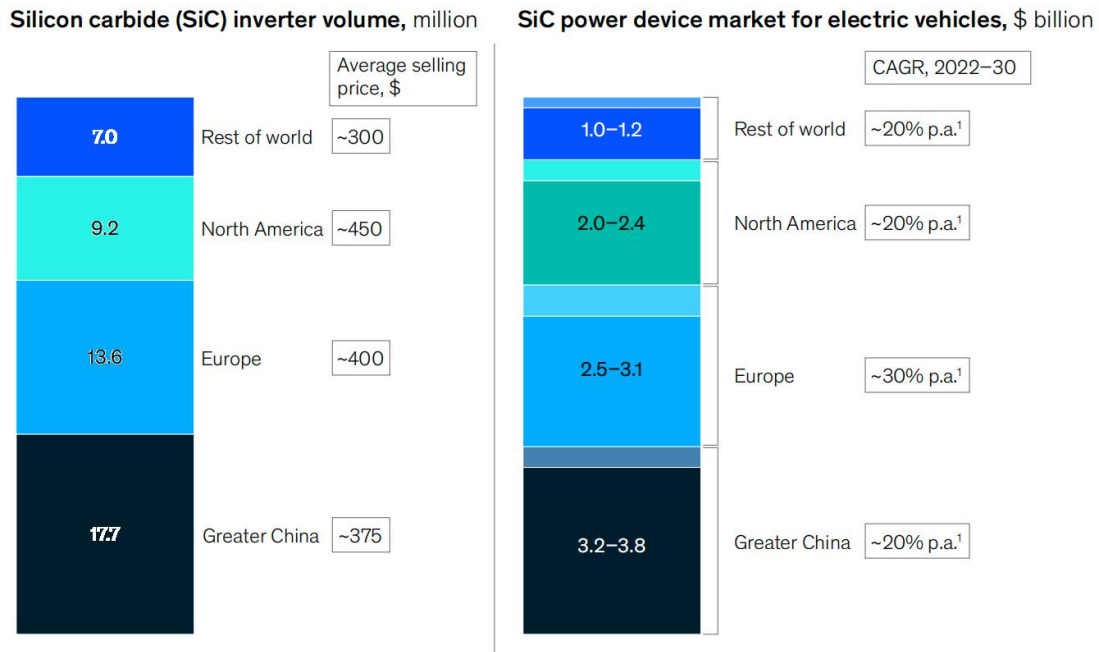




中国汽车 OEM 厂商更倾向于本地化采购，但本土 SiC 领导厂商尚不明朗

从现在到 2030 年，中国预计将一直保持全球最大的碳化硅市场（见图表七），其增长将主要由消费者需求和新能源激励措施所驱动（比如购买电动车无需摇号即可上牌）。根据麦肯锡的研究分析，目前中国市场上国产汽车 OEM 厂商大约占 1/3，而外国厂商占 2/3。预计到 2030 年这一比例将变为本土和国外厂商各占 50%。

图表七：可以预见的将来，中国将一直保持全球最大的碳化硅市场。



¹Per annum.

Source: McKinsey Center for Future Mobility, Current Trajectory Scenario; Yole Group component teardown tracks; McKinsey analysis

从上图左半部分可以看出，大中华区是目前全球基于 SiC 的电动车逆变器出货量最大的市场，约有 1770 万部，平均售价（ASP）为 375 美元；欧洲为 1360 万部，ASP 为 400 美元；北美为 920 万部，ASP 为 450 美元。

从上图右半部分可以看出，全球电动车用 SiC 功率器件市场中，大中华区约占 32-38 亿美元，2022-2030 年的 CAGR 为 20%；欧洲约占 25-31 亿美元，CAGR 为 30%；北美约占 20-24 亿美元，CAGR 为 20%。

目前，中国市场上大约 80% 的碳化硅晶圆片和 95% 的碳化硅器件是由非中国厂商提供。然而，我们的分析表明，出于地缘政治不确定性因素和供应链安全的考虑，中国汽车 OEM 厂

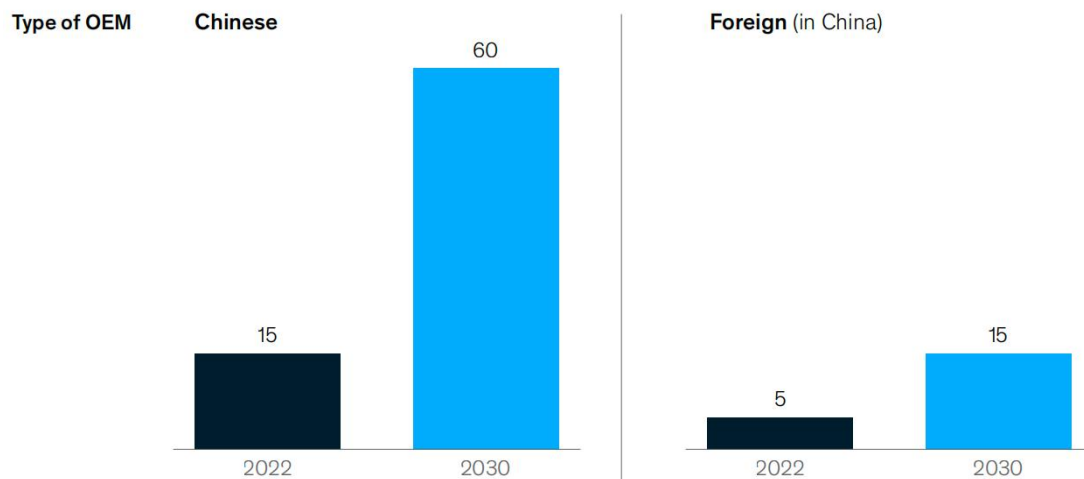




商正越来越多地寻求本地厂商供应碳化硅晶圆片和器件。随着本土碳化硅厂商的产能和技术水平不断提升，中国汽车 OEM 厂商将把采购更多地转向本土供应商，从目前的 15%本土采购比例提升到 2030 年的 60%左右（见图表八）。

图表八：中国汽车 OEM 厂商的本土碳化硅采购比例将从目前的 15%提升到 2030 年的 60%。

Expected silicon carbide device share of wallet procured locally within China, %



中国汽车厂商向本土供应商采购的转变是意料之中的，因为在整个碳化硅产业链中，从设备供应、晶圆和器件制造，到系统集成，中国本土的供应商正在迅速崛起。中国本土设备供应商已经涵盖了所有主要的碳化硅制造环节，并已宣布多项重大投资，预计将在 2027 年之前大幅增加产能。然而，中国碳化硅生态系统中目前尚未出现明显的市场主导者。

SiC 产业链各环节利益方如何把握机会？

电动车的加速普及和碳化硅在电动车中日益重要的作用将对碳化硅产业链中的各个玩家产生深远影响。虽然没有什么秘密配方可以让厂家不断增加市场份额或创造价值，但要想在碳化硅市场占据主导地位有些策略性因素是必须要考虑的。

一、汽车 OEM 和 Tier 1 供应商

拥有正确战略定位的汽车 OEM 厂商和 Tier 1 供应商已经制定好针对电动车和碳化硅的战略计划，至少应该与市场发展趋势和同行友商保持一致才行。基于碳化硅的逆变器和汽车半导体供应链策略应该是为内部开发和未来增长目标而量身定制，例如，与碳化硅器件制造商共





同开发逆变器。随着技术的进步，比如沟槽型拓扑结构的晶体管、混合型硅-碳化硅逆变器设计等，汽车 OEM 厂商和 Tier 1 供应商应考虑到能够应对供应不确定性的完整采购策略。

二、半导体器件制造商

对半导体器件制造商来说，制定一个专门针对碳化硅的增长和投资策略以跟上电动车和其它不断增长的应用市场的发展步伐，对把握碳化硅和电动车市场增长商机尤其重要。在不断投入技术研发、制造产能提升和降低成本的同时，尽早与汽车 OEM 厂商和 Tier 1 供应商达成战略合作伙伴关系至关重要。在整个碳化硅产业链中，包括衬底、外延片和半导体设备厂商，各个玩家都在建造-购买-合作决策的循环往复中塑造和被造着。

三、碳化硅的潜在投资者

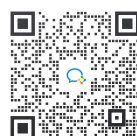
理想情况下，碳化硅的投资逻辑包含投资评估、市场成熟度、价值链和技术动态趋势。投资者应该能够判断哪些玩家可能会成为市场的领导者，已经宣布的战略合作是否如期执行，投资项目是否有机会为行业带来颠覆性创新，并创造巨大价值。

四、政府机构

政策激励和生态赋能者可以帮助政府机构支持本地厂商把握好碳化硅和电动车机会。能够支持产业链发展和保证国家安全的国际框架可以指导全球供应链的协作，同时满足本地化和供应链任性的要求。

结语

电动车的快速普及为碳化硅产业链的玩家创造了很好的机会，但只有那些能够及时制定合适的战略规划并快速作出市场响应的玩家才能获得竞争优势。碳化硅产业链是动态变化的，而且具有很大的不确定性。需求市场正在发生巨大的变化，比如逆变器设计、每个逆变器采用的 MOSFET 器件数量、电动车需求的不断加剧等。同时供应侧也在发生巨变，比如中国厂商的崛起、新兴玩家的加入、汽车 OEM 厂商的参与等。所有这些因素再加上快速变化的 SiC 技术和制造工艺，都会给这个产业链中的玩家带来巨大挑战。但是，那些在动态环境变化中能够灵活应对挑战和拿出可行解决方案的厂商将能够脱颖而出。



本文作者：

Albert Brothers is a consultant in McKinsey's New York office; Ondrej Burkacky is a senior partner in the Munich office; Julia Dragon is an associate partner in the Frankfurt office; Jo Kakarwada is a consultant in the Carolinas office; Abhijit Mahindroo is a senior partner in the Southern California office; Jwalit Patel is an associate partner in the Dallas office; and Anupama Suryanarayanan is an associate partner in the Silicon Valley office.

The authors wish to thank Michael Guggenheimer, Zachary Salyer, Dennis Schwedhelm, Brandon Strecker, Andreas Tschiesner, and members of the McKinsey Center for Future Mobility team for their contributions to this article.

英文原文链接：

https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/semiconductors/our%20insights/new%20silicon%20carbide%20prospects%20emerge%20as%20market%20adapts%20to%20ev%20expansion/new-silicon-carbide-prospects-emerge-as-market-adapts-to-ev-expansion.pdf?shouldIndex=false&utm_source=pocket_saves

编译者： Steve Gu

扫码进 化合物半导体交流群
免费领取更多产业报告



▼ 作者及深芯盟产业研究部简介



顾正书
Steve Gu

深芯盟首席分析师
Email: steve.gu@semibay.cn

顾正书拥有南京理工大学电子工程学士和美国德州大学(UT-Austin)商学院MBA学位，在中国电子/半导体行业和美国高科技行业从事多年行业分析和营销管理工作，目前担任深芯盟产业研究部首席分析师。

深芯盟产业研究部是深圳市半导体与集成电路产业联盟SICA的半导体产业研究和市场调研分析部门，依托半导体行业专家智库和精英分析师团队，为半导体行业相关企业、行业组织、投资和政府机构提供专业而全面的产业分析和咨询服务，包括半导体排行榜、产业分析报告、线上和线下会议论坛等。

扫码进 化合物半导体交流群
免费领取更多产业报告

