



碳化硅半导体产业发展白皮书

(2021年)

中关村天合宽禁带半导体技术创新联盟

2021年12月

目 录

前 言.....	1
一、 碳化硅材料的特点与优势	2
二、 2021 年碳化硅半导体行业发展情况	4
三、 2021 年国内对第三代产业政策支持情况	5
四、 2021 年碳化硅全产业链发展情况	8
五、 2021 年下游市场发展情况	12
六、 2021 年 SiC 产业发展新思考	17



前 言

碳化硅是第三代化合物半导体的典型代表，具有耐高温、耐高压、高频率、大功率等优势，广泛应用于电力电子与射频等下游。根据 Wolfspeed 预测，2026 年碳化硅相关器件市场有望达到 89 亿美元，衬底市场有望达到 17 亿美元，合计市场超百亿。在过去十年中，全球碳化硅半导体行业通过收购、垂直整合、战略合作和投资扩产高速发展。2021 年，碳化硅半导体产业也保持着飞速的发展的态势，9 月 7 日，山东天岳先进科技股份有限公司科创板 IPO 成功过会，成为国内第一家上市的第三代半导体企业；10 月 4 日，碳化硅龙头企业 Cree 公司名称由 Cree,Inc. 更改为 Wolfspeed,Inc.，并于 10 月 4 日起在纽约证券交易所上市；10 月 25 日，全球首家采用全碳化硅功率模块的车企特斯拉市值首破万亿美元，从中也可以看出，目前，碳化硅半导体产业正处于爆发式增长前期，各国纷纷加速布局碳化硅半导体产业，抢占市场。

随着 2021 年以美国为主导的逆全球化浪潮逐渐加剧，我国产业链安全亟需摆脱关键技术和产品“卡脖子”以及 5G、新能源等发展提速的双重驱动下，2021 年国内碳化硅半导体产业发展迅速，成为碳化硅半导体产业化元年。

一、碳化硅材料的特点与优势

碳化硅（SiC）材料相比硅（Si）基材料具有宽禁带、电子饱和漂移速率高、热导系数高和熔点高等优势，如图 1，可有效突破传统硅基半导体器件及其材料的物理极限，作为衬底开发出更适应高温、高压、高频率和大功率等条件的半导体器件，广泛应用于新能源车、光伏及射频领域。

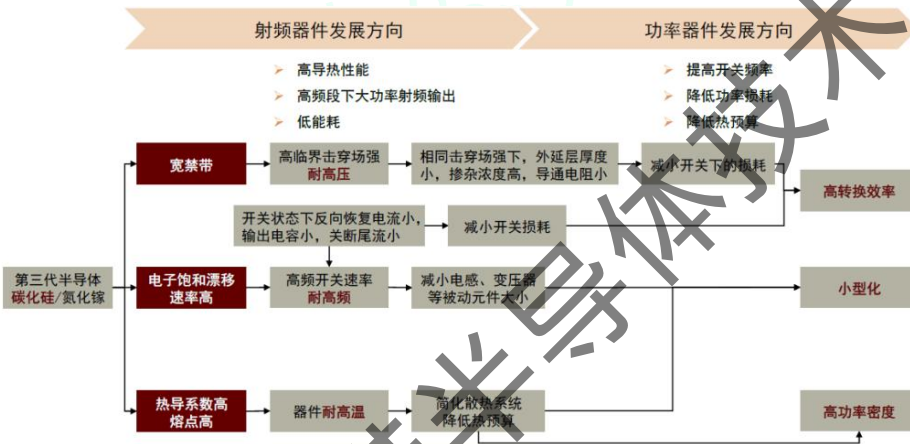


图 1 SiC 材料特点与优势

（来源：中科院上海微系统与信息技术研究所，中金公司研究部）

SiC 半导体产业链环节包括衬底、外延、器件制造封装、下游市场应用，其中 SiC 衬底环节是整个产业链发展最基础也是最关键的环节。

按照电学性能不同，SiC 单晶衬底可分为导电型衬底和半绝缘型衬底两种，分别对应不同的制作工艺、用于制作不同的器件、适用于不同的场景，见图 2：

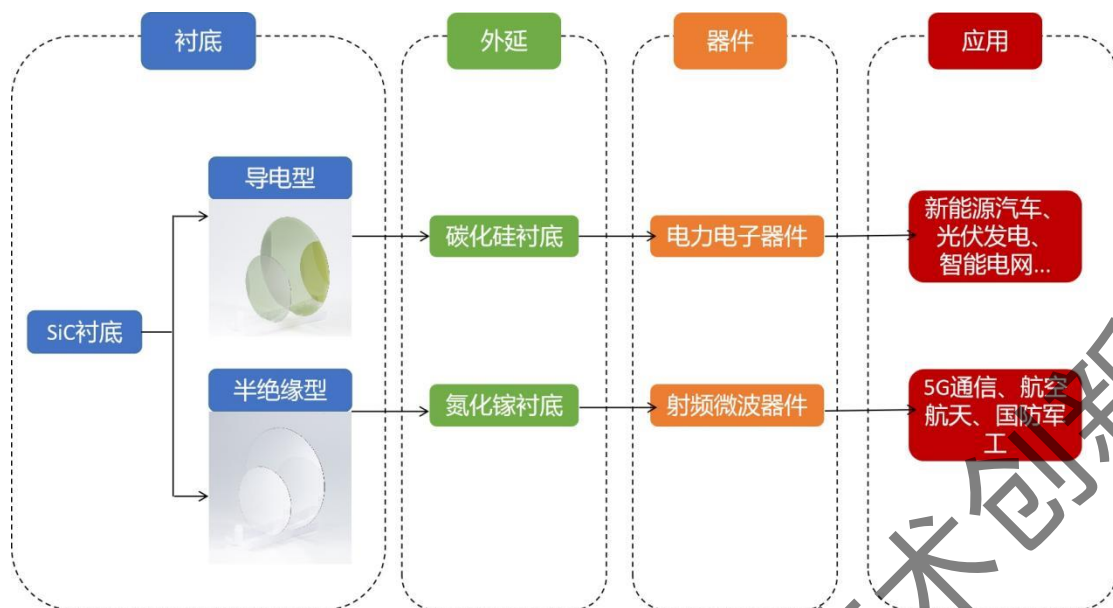


图 2 不同类型碳化硅材料应用场景

(1) 导电型衬底（目标应用为 SiC-on-SiC）：电阻率为 $15\text{-}30\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ ，注重微管密度和低电阻，相对容易获得，但需要对掺杂有较好的控制。通过在导电型 SiC 衬底上生长 SiC 外延层制得 SiC 同质外延片，可进一步制成 SBD、MOSFET 等功率器件。适用于高温、高压工作环境，且损耗低，主要应用于电子电力领域，例如新能源汽车中的逆变器、转换器、电机驱动器和车载充电机，光伏发电中的二极管、逆变器和变换器，轨道交通中的牵引变流器、辅助变流器、主辅一体变流器、电力电子变压器和电源充电机，智能电网中的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、高压直流断路器和电力电子变压器等。

(2) 半绝缘型衬底（目标应用为 GaN-on-SiC）：电阻率不低于 $10^5\Omega\cdot\text{cm}$ ，注重纯度和晶体质量，对原材料 SiC 粉末纯净度要求高，同时需要在生长过程中加入钒杂质，掺杂工艺难度大。通过在半绝缘型 SiC 衬底上生长氮化镓外延层制得 SiC 基氮化镓外延片，可进一步

制成 HEMT 等微波射频器件。适用于高频、高温工作环境，主要应用于射频领域，例如 5G 通讯中的功率放大器和国防中的无线电探测器。

二、2021 年碳化硅半导体行业发展情况

目前，全球 SiC 半导体产业格局仍呈现美国、欧洲、日本三足鼎立的态势，其中美国占据主导地位，SiC 材料约占全球产量的 70-80%，主要企业有 Wolfspeed, II-VI 等。欧洲拥有完整的 SiC 产业链，在全球电力电子市场拥有强大的话语权，在 SiC 器件设计开发方面领先，主要企业有意法半导体，英飞凌等。日本的技术力量雄厚，在设备和模块开发方面领先，主要企业有罗姆，三菱，富士电机，住友电气等。由于中美贸易战升级，国家越来越重视芯片、高端设备等领域的国产化，而 SiC 材料和器件在军工国防领域的重要作用也越来越突出，国内各厂商加速布局，发展迅速。预计到 2026 年，亚太地区将占据 SiC 市场的重要份额。

2021 年，随着“碳中和”政策和新能源汽车的深入，SiC 产业崛起趋势愈发明显，在此背景下，Wolfspeed、II-VI、意法半导体、英飞凌等国际大厂积极布局 SiC 研发、推广新产品以及扩产。国内 SiC 厂商也在政策和市场双重刺激下，也纷纷加速布局扩产。相关数据显示，仅 2021 年一季度，国内便新增 SiC 项目 12 个，合计投资金额达到 630 亿元，超过 2020 年全年水平（560 亿元），是 2012 至 2019 年累计投资额的 5 倍以上。已投资扩产及并购具体情况见表 1 和表 2。

表 1 2021 年国外企业扩产情况

2021年国外企业扩产、并购情况		
1月	Rohm	宫崎新工厂竣工，计划2025年3月底前累计投资35.8亿人民币，提升SiC芯片产能16倍。
7月	意法半导体	其瑞典雪平工厂成功制造出8英寸SiC晶圆；并于8月与wolfspeed扩大SiC长期供应协议，合同金额超51.9亿人民币
8月	昭和电工	融资3.4亿人民币，进行SiC扩产，此前六次扩产产能提升6倍；同时与东芝、罗姆、英飞凌签订长期供应合同。
8月	安森美	完成碳化硅衬底生产商GT-Advanced收购，交易金额4.15亿美元
9月	II-VI	投资1.3亿人民币用于SiC扩产，一年内第三次扩产
9月	SK集团	2025年前投资37亿人民币，以扩大SiC晶圆业务
9月	英飞凌	启用奥地利功率半导体新厂，并计划在2022年投资约24亿欧元，扩大现有芯片厂产能
11月	博世	计划在2022年追加超4亿欧元投资，扩建芯片厂

表 2 2021 年国内企业扩产情况

2021年国内企业扩产情况		
4月	台湾汉磊	宣布将投资12亿人民币全力发展氮化镓和碳化硅外延和器件代工。
4月	东尼电子	募资5亿人民币主要用于年产12万片碳化硅半导体材料项目
5月	瀚天天成	碳化硅产业园二期封顶，项目拟建设6英寸SiC外延片，年产值将达30亿元人民币
6月	天科合达	投资深圳SiC衬底和外延片生产线项目，项目投资额22亿元人民币
6月	三安光电	总投资160亿元湖南半导体基地项目投产，是国内首条、全球第三条碳化硅垂直整合产业链
9月	同光科技	年产10万片4-6英寸碳化硅单晶衬底项目宣布投产

三、2021 年国内对第三代产业政策支持情况

2021 年，作为“十四五”开局之年，中央及各地方政府继续高度重视国内第三代半导体产业发展，各级政策持续跟进，纷纷出台各类利好政策，护航产业发展。其中 2021 年 3 月，第十三届全国人大四次会议审议通过的《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 远景目标纲要》在“科技前沿领域攻关——集成电路”领域专栏提出要取得“碳化硅、氮化镓等半导体的发展”。同时在科技部发布的“十四五”国家重点研发计划“新型显示与战略性电子材料”重点专项 2021 年度项目申报指南中碳化硅涉及到多个项目，加速推动碳化硅半导体产业高质量、快速、健康发展。

同时 2021 年其他各省市也陆续出台“十四五”规划纲要，都提出要大力支持碳化硅等第三代半导体产业的发展，不完全统计情况见表 3。

表 3 各省市“十四五”规划纲要

地区	政策名称
北京	《北京十四五纲要》聚焦高端芯片、基础元器件、新材料等短板，集中力量突破一批“卡脖子”技术
石家庄	《关于新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的实施意见》——扩大氮化镓、砷化镓、碳化硅晶圆加工能力，加快6英寸碳化硅外延、氮化镓外延等量产化进程
湖南	《湖南省十四五纲要》——大力培育新兴和未来产业，加快6英寸碳化硅材料及芯片、中低压功率半导体产业化发展...
广东	《广东省十四五纲要》——前瞻布局战略性新兴产业：积极发展第三代半导体
广西	《广西省十四五纲要》——瞄准人工智能、集成电路等前沿领域，谋划布局第三代半导体
安徽	《安徽省十四五纲要》——聚焦人工智能、集成电路、新材料等重点领域，实施省科技重大专项
浙江	《浙江省十四五纲要》——超前布局发展第三代半导体等未来产业
辽宁	《辽宁省十四五纲要》——壮大集成电路产业，加快布局柔性电子、第三代半导体等领域
上海	《上海市先进制造业发展“十四五”规划》——加快第三代化合物半导体发展

另外，2021 年国家将“推进绿色低碳发展，努力做好‘碳达峰、碳中和’工作”正式在《政府工作报告》和《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》中提出，碳化硅材料因其宽禁带、电子饱和漂移速率高、热导系数高和熔点高等优势，将成为“碳中和”时代的一匹黑马，进而促进碳化硅半导体行业飞速发展。

除制定专项政策外，各地方还通过成立共建试验区、技术创新中心、高校成立集成电路学院等形式，进一步促进国内第三代半导体产业发展。

2021 年 4 月，保定市政府与北京大学宽禁带半导体研究中心、中创燕园半导体科技有限公司签署协议，共建北京大学宽禁带半导体研究中心保定实验区。

2021 年 6 月，在南京创新周上，国家第三代半导体技术创新中心（南京）正式揭牌，落地江宁开发区，将致力于实现我国半导体技术的自主可控，重塑全球半导体产业格局。

2021 年 11 月，国家第三代半导体技术创新中心（湖南）（简称“国创湖南中心”）揭牌仪式在长沙举行，将突破第三代半导体装备领域关键共性技术，打通“科学变技术、技术变产品、产品变产业”创新链，助推我国第三代半导体产业创新能力整体跃升。

截至 2021 年底，全国共有 12 所高校成立集成电路学院，具体见表 4，构建支撑集成电路产业高速发展的创新人才培养体系，通过产学研齐发力助推“中国芯”更好地发展。

表 4 2021 年国内高校成立集成电路学院信息表

月份	学校	学院名称
2月	安徽大学	集成电路学院
2月	中山大学	集成电路学院
3月	杭州电子科技大学	集成电路科学与工程学院
3月	深圳职业技术学院	集成电路学院
4月	清华大学	集成电路学院
6月	深圳技术大学	集成电路学院
7月	北京理工大学珠海学院	集成电路技术现代产业学院
7月	华中科技大学	集成电路学院
7月	北京大学	集成电路学院
10月	天津理工大学	集成电路科学与工程学院
11月	广东工业大学	集成电路学院
11月	南京邮电大学	集成电路科学与工程学院

四、2021 年碳化硅全产业链发展情况

(1) SiC 衬底:

SiC 衬底经多道加工工序制成，技术壁垒较高。相比半导体级 Si 片，SiC 衬底的制造工艺更为复杂，壁垒较高，需要长时间的技术积累。不同于硅及砷化镓的拉晶工艺，SiC 衬底制备通常需要先高纯硅粉与碳粉化合以制成高纯碳化硅微粉原料，然后在单晶炉中生长，成为晶锭，随后经过一系列切片、研磨、抛光等步骤制成衬底。

目前，SiC 衬底主流尺寸是 4-6 英寸，部分国际厂商已完成 8 英寸 SiC 衬底研发工作。考虑到成本以及整个 SiC 产业的发展，衬底将向着更大尺寸发展。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。根据 Wolfspeed 数据，对于同一规格的芯片，随着晶圆尺寸由 6 英寸进入 8 英寸，单位衬底可制造的芯片总数提升了近一倍，边缘芯片数量的占比则缩小了 50%，晶圆利用率大幅增加。受益于晶圆尺寸扩张，芯片产出扩大会带来规模效益，同时随着自动化产线建设推进，人工成本将减少、生产效率将提升。因此，相较于 6 英寸衬底，使用 8 英寸衬底生产单位芯片所需成本更低，结合技术路线和布局情况预估，2026 年衬底价格有望下降到 500 美元/片左右，届时使用 SiC 基的制造成本与 Si 基相比，成本差距将缩减到 2-3 倍，所以从 6 英寸衬底过渡到 8 英寸或更大尺寸有望是 SiC 产业链发展的趋势。

但与此同时，随着尺寸的扩大，对 SiC 晶体生长过程中热场控制、晶型控制和掺杂控制以及加工过程中的表面控制带来更大的难度，需要避免在晶体生长过程中缺陷和杂质的产生以及晶体在加工过程中开裂、翘曲度大等问题。

市场方面，根据新思界产业研究中心的数据，随着下游行业对 SiC 材料的需求的迅速增长，预计到 2025 年，全球 SiC 衬底材料市场规模将达到 100 亿元左右。市场格局来看，一段时间内，仍将以美国为主导，国内衬底龙头企业如天科合达，山东天岳的市场规模也在逐步上升，如天科合达市场占有率由 2019 年的 4% 上升至 2020 年的 5.3%，具体见图 3。

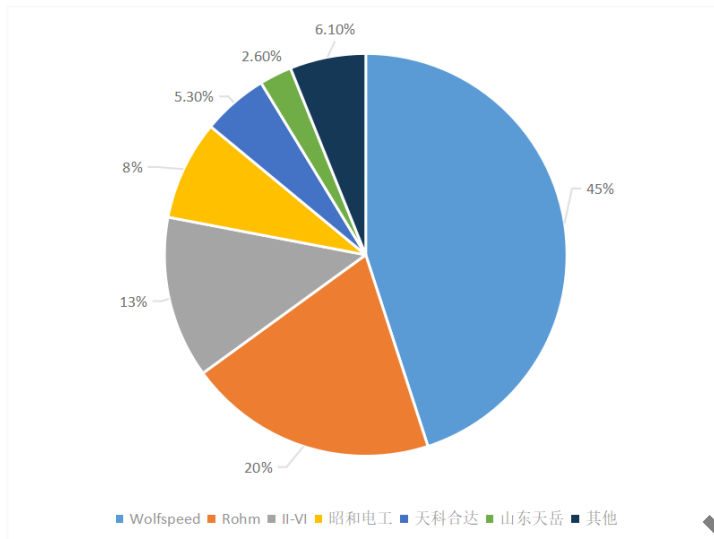


图 3 2020 年全球 SiC 衬底市场占有率

(2) SiC 外延:

与传统 Si 基器件不同, SiC 器件不能直接制作在 SiC 单晶材料上, 需要对 SiC 衬底进行外延。外延是指在 SiC 衬底的基础上, 经过外延工艺生长出特定单晶薄膜, 衬底晶圆和外延薄膜合称外延片, SiC 器件只能在 SiC 外延片的基础上进行制作, 因此对外延层质量要求非常高。随着耐压能力的增加, 外延厚度随之增加, 高质量外延片的制备难度也随之增加。电压在 600V 左右时, 所需要的外延层厚度约 6 μm ; 电压在 1200-1700V 之间时, 所需要的外延层厚度达到 10-15 μm ; 若电压达到一万伏以上时, 需要 100 μm 以上的外延层厚度。

技术难度方面, 外延环节技术壁垒相对较低, 目前在低、中压领域, SiC 外延技术相对成熟; 但在高压领域, SiC 材料需要攻克的难关还很多, 主要参数指标包括厚度、掺杂浓度的均匀性、三角缺陷等。但外延环节发展存在对第三方厂商的成熟设备依赖程度高的问题。目前外延设备主要有意大利 LPE 公司、德国 Aixtron 公司、日本 TEL

和 Nuflare 公司垄断，国内外延设备厂商尚未完成设备验证。

市场方面，根据 Industry Research 数据，2027 年，全球 SiC 外延片市场规模将达到 75 亿元。市场格局来看，目前分别由 Wolfspeed、II-VI、昭和电工占据市场份额的前三。国内主要企业东莞天域和瀚天天成可以批量供应 4-6 英寸外延片。

(3) SiC 器件

1) SiC 电力电子器件：

SiC 电力电子器件主要应用于对高电压、大电流、高温、高频率、低损耗有高度要求的领域中。相同规格的 SiC-MOSFET 与 Si-MOSFET 相比，其尺寸可大幅减小至原来的 1/10，导通电阻可降低至原来的 1/100，总电能损耗可大大降低 70%，主要应用领域包含电动汽车、电力供应、光伏、UPS 通信、轨道交通等领域。

根据 Yole 数据，2025 年 SiC 电力电子器件市场规模预计到达 25.6 亿美元，具体见图 4。考虑到 2021 年 SiC 产业的迅猛发展，2021 年第二季度报告中，Yole 大幅提高 SiC 器件的营收预期，预计 2026 年 SiC 电力电子器件市场规模预计将达到 45 亿美元。

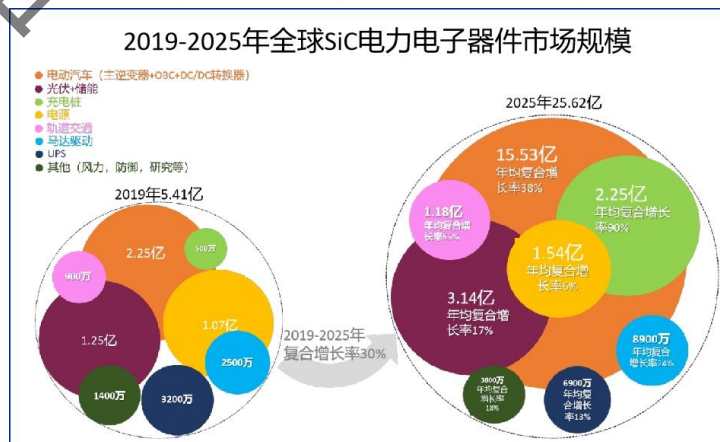


图 4 2019-2025 年全球 SiC 电力电子器件市场规模

2) GaN-on-SiC 射频微波器件:

GaN-on-SiC 射频器件具有良好的导热性能、高频率、高功率等优势,正在取代 LDMOS 在通信宏基站、雷达及其他宽频领域的应用,是 5G 移动通讯系统、新一代有源相控阵雷达等系统的核心微波射频器件。

据预测,到 2025 年 GaN-on-SiC 射频器件市场规模将达到 20 亿美元,具体见图 5。



图 5 2019-2025 年全球 GaN 射频微波器件市场规模

五、2021 年下游市场发展情况

2021 年,随着“双碳”目标的提出,以及全球对新能源应用渗透加速,SiC 半导体需求前景广阔。根据 Wolfspeed 预计,2026 年 SiC 相关器件市场有望达到 89 亿美元,衬底市场有望达到 17 亿美元,合计市场超百亿。其中新能源汽车预计在 2023 年快速爆发,将驱动 SiC 功率器件市场提速增长,同时光伏应用市场空间也较大。

(1) 新能源汽车市场：

新能源车全球普及加速，功率密度标准持续提升为 SiC 产业落地提供契机。使用 SiC 基器件有望从以下三个方面解决 Si 基器件的痛点问题：

1) 续航里程。根据英飞凌数据，SiC 器件整体损耗相比 Si 基器件降低 80%以上，导通及开关损耗减小，有助于增加电动车续航里程；

2) 轻量化的实现。SiC 器件具备高饱和速率、高电流密度、高热导率的特点，有利于实现电控模块小型化、周边系统小型化、冷却系统简单化，从而减轻整车重量；

3) 满足 800V 高电平要求。为配合快充应用，车内电平向更高的 800V 提高是大势所趋，在 1200V IGBT 车规产品难以普及的背景下，使用 SiC MOSFET 是良好的解决方案。

SiC 在电动汽车车载充电器、电机驱动器、车载电源转换系统（DC/DC）等均具有应用需求。据相关测算，以新能源车出货量为基准，配合渗透率、SiC 模块/器件单车价值等假设测算，得出 2025 年中国新能源车及周边应用将带来 62 亿元的 SiC 器件市场空间，78 亿元的 SiC 模块市场空间（包含器件成本）。

从车企角度来看，目前国际整车龙头企业已经引入 SiC，国内新能源汽车企业首先在 OBC 和 DC-DC 中应用 SiC 器件，正逐步渗透到可靠性要求更高的电机控制器。据了解，比亚迪、北汽新能源、吉利汽车、上海大众、尼桑在其部分车型中的 OBC 和 DC-DC 中使用了 SiC 器件；比亚迪、特斯拉上海工厂、宇通客车、吉利汽车在电机

控制器中使用了 SiC 器件；传统车企北汽新能源、江淮汽车、红旗、现代、本田、宝马、奥迪以及造车新势力如蔚来、小鹏、理想等企业即将在其主驱逆变器中采用 SiC。

另外根据汽车电子设计朱玉龙估算，下面数据为各车企 2022 年新能源汽车交付数量估算：

- **Tesla**：随着德州和柏林工厂的提升，采用 SiC 模块的新能源汽车交付数量预计可以从 2021 年的 90 万辆，提升到 2022 年的 140-150 万；

- **GM**：按照通用的发展特点，预计 2022 年 800V 的系统销售可达到 1-2 万台；

- **现代**：2022 年可能有 16 万辆 800V 的使用 SiC 模块的汽车；
- **起亚**：2022 年能有 8-10 万辆 800V 的使用 SiC 模块的汽车；
- **蔚来**：2022 年 ET7（该型号采用了具备 SiC 功率模块的第二代高效电驱平台）预计交付 1-1.5 万辆；

- **比亚迪**：根据网传规划，2022 年销售量可达到 10 万辆；

- **小鹏**：2022 年 Q4 交付的 800V，预计交付量在 1-2 万辆。

按照我现在的了解，目前开发大功率快充在新造车浪潮里处在一个加速状态，后面这一波 SiC 属于强需求，2022 年这些加总的量不多，到了 2023 年基本是国内大爆发的状态，基于此，汽车产业对 6 寸和 8 寸 SiC 衬底的需求也在逐年增长，具体见图 6。

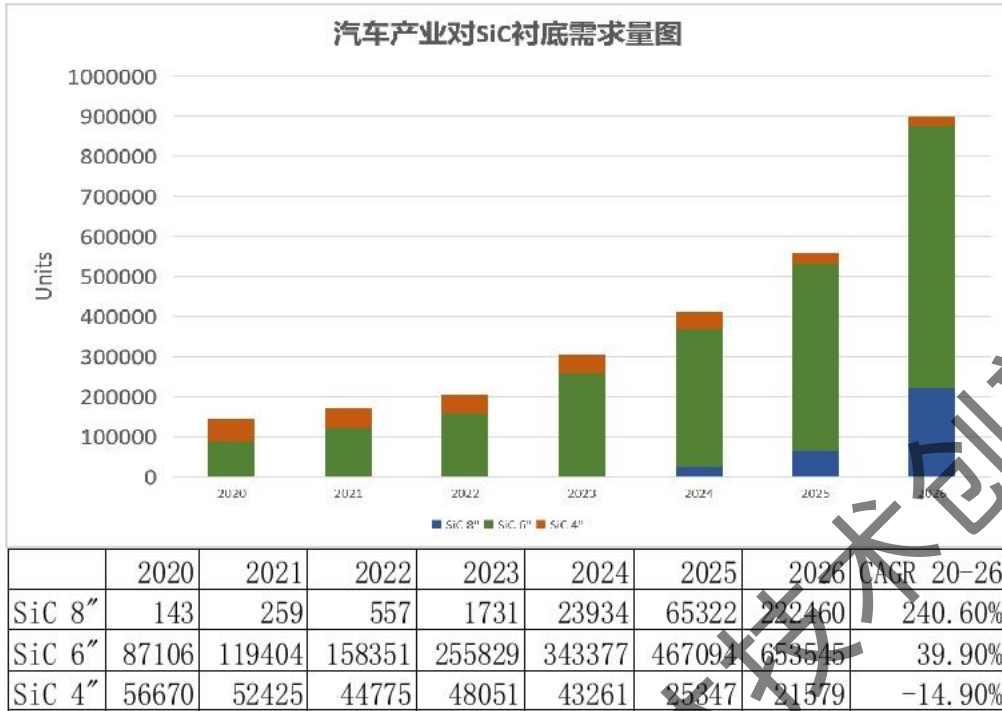


图 6 汽车产业对 SiC 衬底需求量预测

(数据来源: Yole)

(2) 光伏逆变器:

光伏逆变器通过切换直流输入电流的极性来工作,使其接近交流输出。为了提高效率、工作电压和功率容量,逆变器需要平衡开关频率。根据中商情报网数据,光伏发电中,基于 Si 基器件的传统逆变器成本约占整体的 10%,却产生了大量系统能量损耗。

另根据中国汽车工业信息网数据,搭载 SiC MOSFET 或相关功率模块的光伏逆变器,转换效率可由 96%提高到超过 99%,能量损耗将降低 50%以上,设备使用寿命延长 50 倍,有利于缩小系统体积、提高功率密度和降低生产成本。由于功率转换效率与开关频率直接相关, SiC 既可以处理比硅更高的电压,又可以确保转换效率所需的超高转换频率,更适用于光伏发电。据预测,光伏逆变器中 SiC 功率器件占比将于 2025 年达 50%,2048 年突破 85%,具体见图 7。

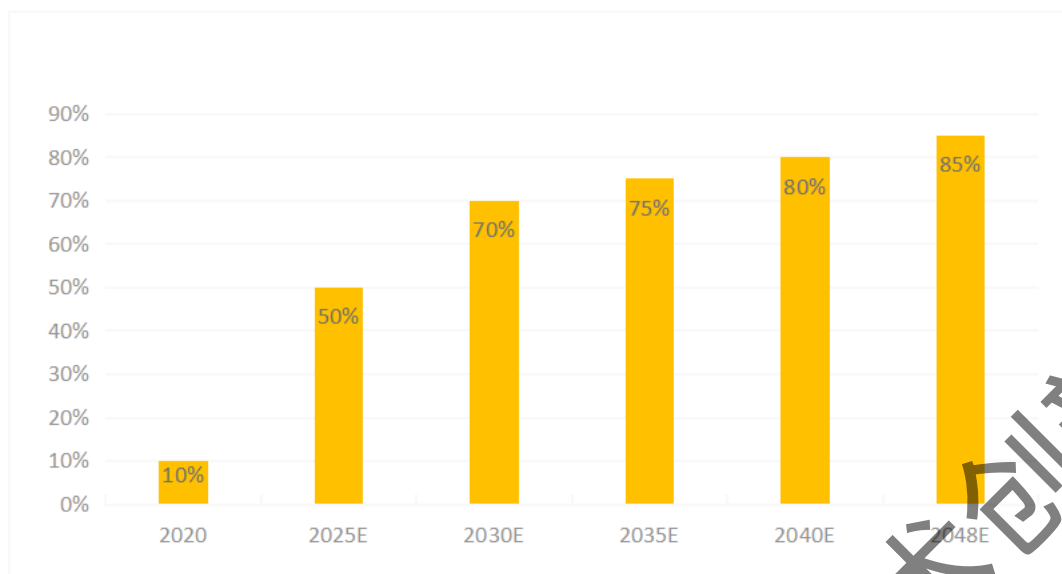


图 7 光伏逆变器中碳化硅功率器件占比预测

(数据来源：方正证券)

(3) 轨道交通

作为最具可持续性的交通运输模式，轨道交通具有较大的运输能力、较高的准时性、较高的安全性等特点，被列为国家新型基础设施建设的方向之一。其中，牵引逆变器是机车大功率交流传动系统的核心装备。随着国家对环境保护的日益重视，未来轨道交通将更符合绿色低碳的要求，而作为轨道交通大脑的牵引逆变器，也将向着更小体积、更轻质量的方向发展。SiC 能够有效提升开关频率，降低开关损耗，其高频化可以进一步降低无源器件的噪声、温度、体积与质量，提升装置应用的机动性、灵活性，近几年各国围绕 SiC 基功率模块的新一代牵引逆变器技术进行开发。

2021 年 3 月，中国中车正式交付国内首列 SiC 变流技术永磁直驱地铁列车，并于 6 月通过中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会专家评审；

2021 年 8 月，西门子和慕尼黑市政公司在慕尼黑电车上成功测

试了 SiC 技术，并于 12 月公布了 SiC 有轨电车的测试结果，即将正式批量投入使用；

2021 年 9 月，日本 E131 ics 500 系列列车亮相，并计划于 11 月投入商用运营，该列车的车载设备、主电路设备采用了 SiC 半导体，可降低功耗；

2021 年 11 月，日本 JR Central 宣布 2022 年 3 月将于在名古屋至中津川的中央干线上推出新的 315 系列通勤列车，该列车在牵引系统中配备了 SiC 装置。

六、2021 年 SiC 产业发展新思考

(1) 缩短技术差距，扩大龙头企业规模：目前国内技术水平与国外龙头企业相比，仍存在 5-8 年的差距。其中材料端缺乏产业级和规模化的先进材料研发；器件端，目前国内 SBD 器件已经实现量产，但 MOSFET 器件刚进入送样验证阶段，并且存在器件进入到应用供应链难度大、周期长。因此一方面需要企业自身加强同高校和科研院所的产学研合作，提高技术研发能力；一方面需要政府以及社会资本长期可持续、大投入的支持研发及成果转化。

(2) 把握机遇，注重本土化发展：虽然当前国际形势面临着中美贸易危机和新冠疫情带来的不良影响，但我国“双碳”战略的提出，新能源汽车和储能等新应用新市场的快速崛起以及全球“缺芯”的大环境下，我国半导体企业同时也存在着发展机遇。一方面，国外产品“禁运”，使得国内产品获得用户的试用验证机会，进而促进产品选

代研发，技术改进；另一方面，各级政府继续加大对第三代半导体产业的精准支持，引导国内相关企业快速成长，从而有望加速国产替代进程，进一步扩大国家安全范畴。

(3) 以标准促进市场发展：标准的发布与实施能够充分释放市场主体标准化活力，提高产品和服务竞争力，进而助推产业高质量发展。对比 Si 半导体行业，目前国际上已有 JESD47 集成电路工业标准，AEC Q-101 车规器件标准以及 AQG 324 车规级模块标准，但目前 SiC 半导体行业虽然有 SEMI M55 碳化硅单晶抛光片产品标准，但在应用领域如：汽车领域虽然国内已有几项车规级团体标准，具体见表 5，但尚没有国际影响力标准，企业普遍还是有条件的借用 AEC Q-101、AQG 324 标准，因此需要尽快建立车规级 SiC 应用的标准-检测-认证-品牌服务体系，自下而上带动 SiC 全产业链发展。

表 5 国内汽车领域团体标准统计表

标准号	标准名称
T/IAWBS 004-2021	电动汽车用功率半导体模块可靠性试验通用规范
T/CASA 007-2020	电动汽车用碳化硅 (SiC) 场效应晶体管 (MOSFET) 模块评测规范
T/CASA 011.1-2021	车规级半导体功率器件测试方法
T/CASA 011.2-2021	车规级半导体功率模块测试方法
T/CASA 011.3-2021	车规级半导体功率IPM测试方法