CASA
第三代半导体产业技术创新战略联盟
China advanced semiconductor industry innovation alliance

2021

第三代半导体产业发展报告

第三代半导体产业技术创新战略联盟

2022年3月

目 录

前言 **1**

一、国际第三代半导体产业进展 **4**

（一）全球半导体竞争愈加激烈 4

（二）技术和产品进展 7

（三）垂直整合加快，企业陆续上市，SIC 扩产持续 15

（四）市场高速增长，价差逐步缩小 19

二、国内第三代半导体产业进展 **25**

(一) “十四五”规划支持第三代半导体 25

(二) 技术和产品进展 27

(三) 产线相继投产，上下游合作加强，投融资热情不减 38

(四) 市场加速渗透，新应用逐步开启 43

展望：奋进正当时，风劲好扬帆 **52**

前言

2021 年，全球半导体产业进入重大调整期。全球疫情形势总体向好但局部恶化，世界经济在缓慢复苏中出现明显分化，国际贸易形势更加复杂多变，全球半导体供应链面临严峻挑战，芯片短缺问题持续加剧，各大经济体纷纷通过加大资金投入，组建产业联盟，吸引外商投资、强化技术和产业封锁等措施，确保本国/地区半导体产业链、供应链自主发展，全球半导体产业进入重大调整期。

2021 年，第三代半导体产业驶入发展“快车道”。尽管面临疫情反复、经济不稳定、投资贸易萎缩、供应链风险等诸多问题，但在新能源汽车、工业互联、5G 通信、消费类电子等多重需求的强力拉动下，第三代半导体材料、器件正在快速实现从技术研发到规模化量产。**技术方面：**SiC 领域：国际上 8 英寸 SiC 衬底做好量产准备，大幅降低器件成本成为可能；冷切割、快速抛光等新工艺有望进一步提升产品良率；SiC 器件持续迭代，车用 SiC MOSFET 成各企业主推产品；SiC 电驱控制器实现批量应用，800V 电驱平台的部署为 SiC 发挥优势创造良机；充电桩和 V2G（电动汽车入网）领域，SiC 产品在大功率充电、无线充电系统实现示范应用。GaN 领域：GaN PD 快充促进 GaN 功率集成 IC 产品相继出现；采用 PFC+LLC 拓扑结构的大功率 GaN 快充产品最高功率可达 140W；6 英寸 SiC 基 GaN HEMT 实现量产；Mini-LED 背光产品增多，全彩 Micro-LED 显示芯片成功制备。**产业方面**，以 Wolfspeed、Navitas 为代表的第三代半导

体企业登陆资本市场，对行业形成积极鼓励；企业间 16 起并购案例，垂直整合超过一半；SiC 仍是扩产重点，II-VI、Showa Denko、ROHM、SK 等先后宣布扩大产能。

2021 年，国内第三代半导体产业进入快速“成长期”。面对国际社会在半导体领域的巨额投入、联合发展和技术产业封锁，国内各级政府从产业政策、发展规划、技术研发、平台建设、应用推广、税收优惠等各方面对半导体产业进行全面支持，在政策驱动及应用需求升级带动下，国内第三代半导体产业取得积极进展。**技术方面：**SiC 领域，国产 6 英寸 SiC 衬底外延实现量产，液相法生长 SiC 晶体项目开始中试；6 英寸 SiC 芯片工艺技术开发完成，SiC 二极管实现批量应用，SiC MOSFET 初步量产，开始车规级可靠性验证；SiC 电驱产品开启“上车”模式。GaN 领域，12 英寸 Si 基 GaN HEMT 外延技术的突破有望大幅降低器件和系统成本；5G 通信基站用 GaN 射频国产化率超过 30%；Mini-LED 显示产业化水平已突破 P0.4 间距；UVC LED（280 nm）的深紫外 LED 产品的产业化外量子效率超过 6%。装备领域：SiC 半导体设备方面，除高温氧化、高温退火等个别设备外，大部分设备均有国产化样机，部分产品开始验证并销售；氮化物半导体设备方面，高温 MOCVD 实现产业化应用。目前国产装备仍急需加快在量产产线的应用推广，同时仍需提升晶圆尺寸、精度、均匀性和生产效率。标准领域：目前国内外标准化工作主要围绕与原有 Si 标准体系的差异点展开。第三代半导体联盟围绕产业空白领域，先后制定发布 10 项团体标准，为产业规范健

康发展提供标准支撑。**产业方面，**SiC 成为投资热点，2021 年企业宣称规划达成产能超过 57 万片，北汽、广汽、上汽、小鹏、吉利等车企直接或战投进入第三代半导体行业。国内首家以 SiC 衬底为主营业务的天岳先进成功闯关 IPO，为行业带来“强芯剂”，但资本市场的“过度热情”，也为行业敲响警钟。**市场方面，**2021 年，国内第三代半导体电力电子市场规模约 71.1 亿元，未来五年 CAGR 将近 45%。新能源汽车（含充电桩）是未来 5 年最大驱力，消费电子、PV 光伏市场也保持高速增长。2021 年，国内 GaN 微波射频市场规模为 73.3 亿元，较上年同比增长近 11%。无线基础设施建设是 GaN 微波射频最大的民用市场，国防军工、汽车雷达也是重要增长市场。

一、国际第三代半导体产业进展

（一）全球半导体竞争愈加激烈

1.美欧立法对半导体进行巨额投入

2021 年，全球半导体芯片缺货涨价潮搅动市场，美欧纷纷宣布加大资金投入，确保半导体产业链、供应链自主和安全。2022 年 2 月，美国参众两院先后通过《2021 年美国创新和竞争法案》和《2022 年美国竞争法案》,同意拨款 520 亿美元支持半导体生产。欧盟委员会同期公布了《欧洲芯片法案》，提出到 2030 年欧洲计划投入超 430 亿欧元用以提振芯片产业，力争在 2030 年欧洲的芯片市场份额达到 20%。此外，法国也宣布将投资近 60 亿欧元，应对半导体短缺并确保法国工业在该领域的独立性。

2.组建产业联盟推进本土产业发展

2021 年欧盟、美国等国家与地区相继出台半导体产业激励政策，各方均将“成立半导体产业联盟”、“吸引外国半导体企业投资”作为落脚点，希望以此来实现产业落地。欧盟成立半导体技术联盟，推动本土供应链合作，同时大力吸引英特尔和三星等外国厂商在欧建厂；美国组建半导体联盟，以促进美国的半导体制造和研究，同时宣布对赴美设厂的半导体企业提供补贴，三星、台积电等亚洲企业均在列。

图表1.　2021 年发达经济体关于半导体产业的支持政策和措施（不完全统计）

国家/地区	举措	主要内容	发布时间
欧盟	成立半导体联盟	已有 22 个欧盟成员国联合成立新的半导体联盟，以支持欧洲半导体研发制造，减少欧盟对其他国家供应商的依赖。除了 22 个成员国外，新半导体联盟成员还包括 STMicroelectronics、ASML、NXP、Infineon。	2021 年 4 月
	法国公布 60 亿欧元计划	法国将投资近 60 亿欧元，应对半导体短缺并确保法国工业在该领域的独立性。	2021 年 10 月
美国	打造供应链体系	美国拟联合日、韩、中国台湾，打造以半导体、EV 电池、稀土和医疗品为中心的牢固、有弹性的供应链，摆脱对中国大陆的依赖。	2021 年 2 月
	美国拨款组建半导体联盟	美国半导体联盟（SIAC）成立，成员包括苹果、高通、英特尔、SML、ARM、台积电和联发科等。SIAC 的任务是促进美国的半导体制造和研究，以加强美国经济、国家安全和关键基础设施。	2021 年 5 月
	美国将 59 家中企列入黑名单	美国总统以“应对中国军工企业威胁”为由签署行政命令，将华为公司、中芯国际、中国航天科技集团有限公司等 59 家中企列入投资“黑名单”，禁止美国人与名单所列公司进行投资交易。	2021 年 6 月
	《2021 年美国创新和竞争法案》	520 亿美元用于支持美国半导体制造、研究和设计。	2021 年 6 月
	强制半导体供应链信息共享	美国政府要求半导体企业供应链信息共享，包括英特尔、台积电、苹果、微软、三星和福特等企业。	2021 年 9 月
美欧合作	芯片供应链合作	打造美欧伙伴关系，设计和制造功能更加强大、更加有效利用资源的半导体。	2021 年 9 月
韩国	将半导体电池等纳入国家战略	韩国将半导体、新能源电池和疫苗三大领域列为“国家战略技术”，对其研发投资给予最大 50%减税优惠，同时提供巨额融资支持。	2021 年 6 月

数据来源：CASA Research 整理

第三代半导体领域研发项目支持近 2 亿美元。据 CASA Research 不完全统计，2021 年美国、欧盟、英国等经济体共资助第三代半导体研发项目 11 项，已披露的支持资金总额近 2 亿美元。

图表2. 2021 年欧美国家设立的部分第三代半导体相关研发项目

国家	机构	合作单位	金额	项目内容
美国	国防部高级研究计划局	Transphorm	140 万美元	蓝宝石衬底的 GaN 外延片
	国家科学基金会	阿肯色大学	1800 万美元	SiC 研究和制造设施
	美国陆军	阿肯色大学	500 万美元	SiC 研究和制造设施
	美国海军陆战队	雷神	6300 万美元	氮化镓 AESA 雷达
欧盟	TRANSFROM 项目	博世、Aixtron、意法半导体等	8900 万欧元	围绕 SiC 功率半导体，建立弹性的欧洲供应链
	YESvGaN 项目	博世、Aixtron、X-FAB、Fraunhofer Institute 等	/	硅基 GaN 功率器件大规模量产技术研究
英国	Innovate UK、英国研究与创新中心（UKRI）	SPTS Technologies、Newport Wafer Fab、Compound Semiconductor Center、CSconnected	13.74 万英镑	SOCRATES（碳化硅转换器沟槽工艺）
	英国研究与创新中心(UKRI)	Compound Semiconductor Center、Newport Wafer Fab	/	200mm GaN HEMT 工艺
	英国政府	斯旺西大学	480 万英镑	6 英寸和 8 英寸碳化硅功率器件试验线
	威尔士政府	卡迪夫大学物理与天文学院	180 万英镑	ATLAS 激光项目
	威尔士政府	IQE、化合物半导体中心(CSC)、Biovici、BioMEMS、斯旺西和卡迪夫大学等	173 万英镑	ASSET（应用特定半导体蚀刻技术）

数据来源：CASA Research 整理

3.美国继续强化对中国技术和产业封锁

继 2020 年美国对中国科技产业实施半导体设备出口管制政策之后，2021 年，美国先后胁迫相关半导体企业上交供应链核心信息；将 59 家中企列入投资“黑名单”；以安全为由拒绝 Intel 在中国的芯片扩产计划；以对美国构成“国家安全风险”为由，终止中国私募股

权收购韩国半导体公司。此外，美国除了宣布与欧盟进行芯片供应链合作以外，还拟围绕半导体、稀土等领域，联合日、韩、中国台湾，打造不含中国的、有弹性的供应链，摆脱对中国大陆的依赖。

（二）技术和产品进展

1.SiC 技术和产品进展

2021 年，第三代半导体行业技术进步的关键仍是围绕降低成本和提高产品性能展开。

（1） 8 英寸 SiC 衬底产业化，冷切割、高速抛光等晶圆加工技术推动降本增效

8 英寸 SiC 衬底开始产业化。2021 年 ST（收购 Norstel）宣布成功制造出首批 8 英寸 SiC 晶圆，至此国际上已有 Wolfspeed，II-VI、Rohm（SiCrystal）、Infineon 等先后宣布于 2025 年前后量产 8 英寸 SiC 衬底。伴随 8 英寸 SiC 晶圆时代的到来，SiC 衬底价格有望大幅下降，加快更多应用市场启动。**SiC 冷切割技术、高速抛光工艺提高晶圆加工效率**。2021 年 Infineon 宣布其首款采用“冷切割”技术的 SiC 获得生产资格，该技术将使得单片晶圆切割的芯片数量翻倍，从而降低成本；日本产业技术综合研究所（AIST）开发出高速抛光技术，该技术的镜面抛光速度比以往快 12 倍，可大幅缩减 SiC 晶圆加工时间。应用材料公司推出用于 8 英寸 SiC 晶圆生产的化学机械抛光（CMP）和热离子注入系统，使每片晶圆芯片产量大约翻一倍。

产品方面，国际上商用的 SiC 衬底仍以 6 英寸为主，8 英寸逐步

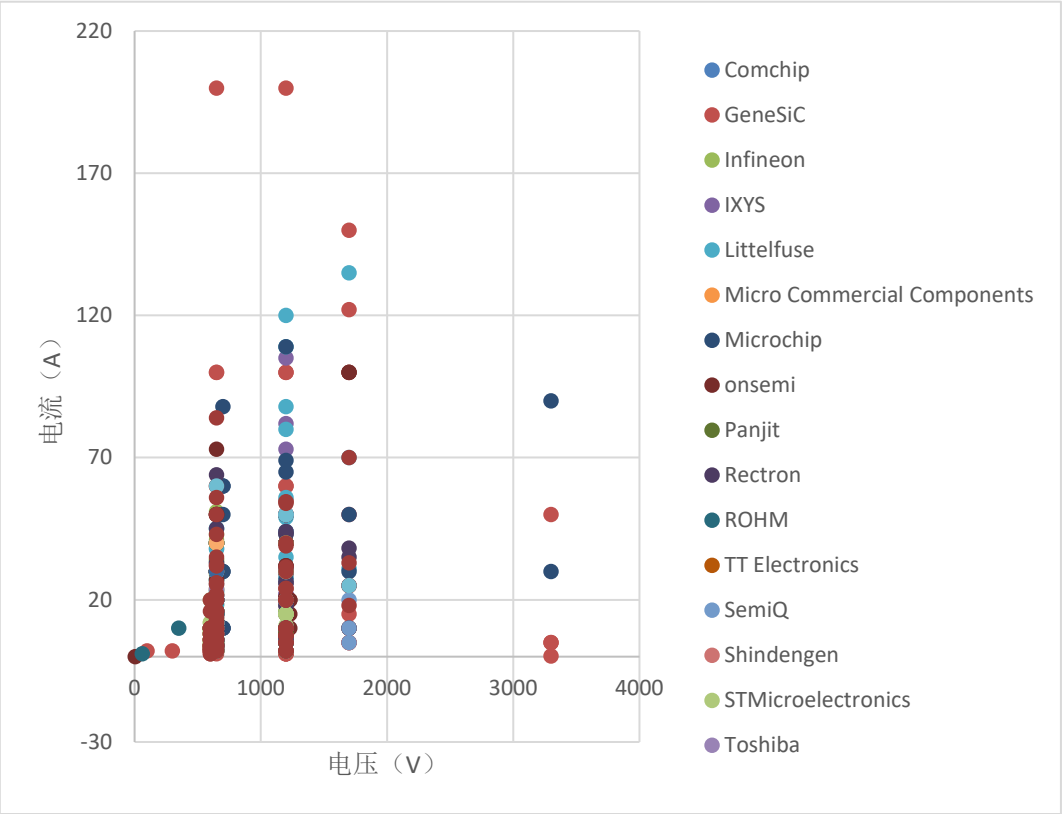
开始量产。主要供应商有 Wolfspeed、II-VI、SiCrystal、Dowcorning、Norstel、SK Siltron 等。外延方面，满足 600V-1200V SBD 和 MOSFET 器件制作所需的 6 英寸 SiC 外延片批量生产，1700V-3300V SiC 外延小批量供货，8 英寸 SiC 外延形成样品。主要供应商除 Wolfspeed、Rohm 等 IDM 企业外，最大的 SiC 外延片供应商为日本 Showa Denko。

（2） SiC 二极管相对成熟，车规级 MOSFET 是开发重点

目前，SiC 二极管技术相对成熟，产品基本稳定；SiC MOSFET 提升的关键仍是减小元胞尺寸、降低比导通电阻、提高功率密度和可靠性。受新能源汽车应用需求拉动，国际大厂纷纷将车规级 MOSFET 作为产品开发重点。SiC 功率器件封装形式更加多元化，市场产品已涵盖 TO247-3、TO247-4、TO263-7、TOLL、TOP SIDE COOLING 等多种封装形式，650V-1200V-1700V-3.3kV 等标准电压等级产品形成，并朝着耐受更高电压、更高电流密度、更低导通压降、更高开关频率方向发展。

产品方面，Mouser 数据显示，2021 年共有 828 款 SiC SBD 产品在售，较 2019 年新增约 30 款，其中，产品耐压范围集中在 650V、1200V 和 1700V，单芯片导通电流最高达 200A（GeneSiC，1200V/200A）；1700V 的 SiC SBD 产品达到 31 款，相比于 2020 年增加 10 款。在高压范围，Microchip 和 Gene SiC 拥有 3300V 的耐压产品共 6 款，单芯片导通电流最高达 90A（Microchip，3300V/90A）。

图表3.　国际上已经商业化的 SiC SBD 的器件性能



数据来源：Mouser，CASA Research

车规级 SiC MOSFET 产品增加。ROHM 推出新的符合 AEC-Q101 标准的车规级 1200V SiC MOSFET；Infineon 推出采用了 CoolSiC™ MOSFET 技术的 1200V/35mΩ SiC MOSFET 的产品，可用于混合动力纯电动汽车的车载充电器 OBC 和 DC-DC；Wolfspeed 第三代 1200V/40mΩ SiC MOSFET 用于电动汽车充电和高压 DC/DC 转换器等；GeneSiC 推出的 3300V 产品，采用 TO-247-4 封装，有更好的功率密度和系统效率，更低的损耗和更快的开关性能。

图表4.　2021 年部分国际企业新推出的 SiC MOSFET 产品

序号	厂商	参数	封装形式	特点
1	GeneSiC	3300V/50mΩ	TO-247-4	具有更好的功率密度和系统效率，更低的损耗和更快的开关性能。
2	Infineon	1200V/35mΩ	TO247-3	具有 CoolSiC™ MOSFET 技术。用于混合动力纯电动汽车的车载充电器 OBC 和 DC-DC 应用。

3	Onsemi	1200V/20mΩ	D2PAK−7L	提供了优越的开关性能和更高的可靠性。保证了低电容和栅电荷，有最高效率、更快的操作频率、增加了功率密度、减少电磁干扰。
4	Rohm	1200V/280mΩ	TO-247N	新 SiC 平面 MOSFET 具有耐压高、导通电阻低、开关速度快的特点，符合 AEC-Q101 标准的车规级产品。
5	UnitedSiC	750V/5.9mΩ	TO-247-4L	第四代产品，具有超低栅极电荷和出色的反向恢复特性。
6	Wolfspeed	1200V/40mΩ	TO-263-7	基于第三代技术，与同类 SiC MOSFET 相比，其开关损耗降低了 20%，并提供了最低的导通态电阻。适用于电动汽车充电；高压 DC/DC 转换器等。

数据来源：CASA Research 整理

（3） SiC 电驱批量上车，车企布局 800V 高压平台，SiC 在充电桩领域示范应用

SiC 模块环节，各厂商在封装结构、材料、封装形式等方面不断改进提升，如采用陶瓷覆铜基板材料、银烧结技术、无引线互连和双面散热技术、高密度三维封装技术等，以最大程度实现高功率密度、简约设计、低损耗、高可靠、高集成和多功能。2021 推出 SiC 模块产品的代表企业有 Wolfspeed、Infineon、Onsemi、Toshiba 等，除车用外，Infineon 和 Onsemi 还分别推出基于 SiC 器件的 30kW、25kW 充电模块。

应用方面，基于 SiC 的电驱控制器实现批量应用；不少于 10 家车企开始布局 800V 高压平台，以便实现充电性能和整车运行效率的大幅提升；在充电桩和 V2G（电动汽车入网）领域，采用全 SiC 器件开发的大功率充电系统、无线充电系统实现示范应用。

图表5. 2021 年部分国际企业新推出的 SiC 功率模块产品

序号	企业	参数	特点
1	CISSOID	1200V 340A/4.19mΩ 450A/3.25mΩ 550A/2.53mΩ 340A/3.25mΩ	该模块是三相 1200V SiC MOSFET 智能功率模块平台，集成了基于 CISSOID HADES2®芯片组的功率开关和栅极驱动器，适用于高功率密度转换器，专为高结温（高达 175°C）下运行而设计。
2	Infineon	1200V/11.3mΩ	该模块是 EasyPACK™2B 1200V、11.3mΩ、3 电平模块，采用有源 NPC(ANPC)拓扑，具有 CoolSiC™ MOSFET,TRENCHSTOP™ IGBT7，NTC 温度传感器和 PressFIT 接触技术。
3	Mitsubishi Electric	1200V/1200A 1700V/300A	该模块通过在模块中使用短路监控电路，可以将短路检测信号传输到系统侧；与传统产品相比，功率损耗减少了约 70%；采用低电感封装以提供完整的 SiC 性能。
4	Onsemi	1200V/400A/2.6mΩ	用于混合动力和电动汽车牵引逆变器，采用 OnsemiM1 SiC 技术提供高电流密度、高阻断电压和高工作温度。
5	Wolfpeed	WolfPACK 系列 SiC 无基板功率模块	WolfPACK 模块将 SiC MOSFET 内置于可重新配置的封装中，该封装采用 PressFIT 无焊引脚连接外部 PCB，支持多种 SiC 器件拓扑，例如半桥或六管集成。
		1200V/400A/4mΩ	XM3 封装电源模块可最大限度地提高功率密度，同时最大限度地减少环路电感并实现简单的电源总线；可实现 175°C 连续结操作；适用于电动汽车充电器。
6	Toshiba	3.3kV	通过一种全新的银（Ag）烧结技术（iXPLV）进行芯片焊接，来实现有效提高封装可靠性。

数据来源：CASA Research 整理

2.GaN 技术和产品进展

（1） 衬底以 4 英寸为主，新生长方法取得进步

量产 GaN 衬底以 4 英寸为主，采用 HVPE 法制备，6 英寸技术在推进中。供应商主要有 Sumitomo Electric、Mitsubishi Chemical、Hitachi Cable 等。此外，Mitsubishi Chemical 联合日本东北大学、

日本制钢所，探索采用低压酸性氨热法（LPAAT），开发出 4 英寸 GaN 单晶衬底，且晶体缺陷仅为普通 GaN 衬底的 1/100-1/1000，宣称 2022 年 4 月推出量产产品。

不同终端应用促进 GaN 外延进步。商业化的 8 英寸 Si 基 GaN 外延实现量产，主要应用于消费类电子、电动汽车、数据中心等民用功率电子市场；SiC 基 GaN 外延以 6 英寸为主，主要应用于国防和军事微波射频市场；蓝宝石基的 GaN 外延以 4 英寸为主，广泛应用于 LED。商业化的 GaN 同质外延仍以 2 英寸为主，3 英寸仍处于研发阶段，位错密度为 10^4-10^6cm^{-2}。国际上代表企业有 IQE、EpiGaN、Allos、Odyssey Semiconductor 等。

（2） GaN 功率集成 IC 产品相继推出

GaN 功率器件朝高功率密度、高频、高集成化方向发展。驱动和功率器件集成的 GaN 功率集成 IC 技术被采用，单片集成的全 GaN 功率 IC 成重要方向，封装形式从 TO 向 QFN 演变。

百瓦级大功率 GaN 快充产品持续推出，最高功率可达 140W。主流产品采用 PFC+LLC 拓扑结构，以 SiC 二极管搭配 GaN 开关管，同时实现提高使用效率和缩减体积。此外，2021 年 GaN 在快充主控芯片、同步整流芯片、协议芯片等方面实现批量应用。

图表6. 国际上部分重点企业推出的 GaN 功率 IC 产品

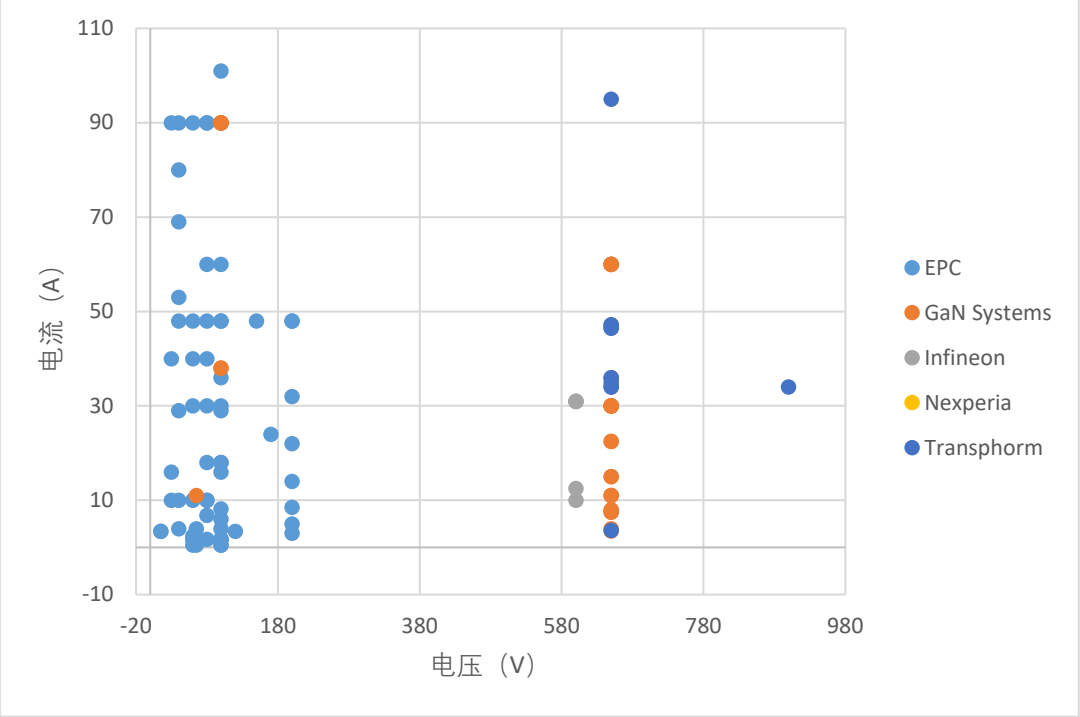
企业	产品	特点
Navitas	GaNFast 功率 IC	集成了对电流和温度等系统参数的实时、准确和快速感知、智能待机降低功耗功能，部分 GaNFast 功率 IC 额定电压已从 650V 升级到 700V。
ST	STi2 GaN 功率 IC	将单片功率级、GaN 技术的驱动器和保护器以及用于特定应用程序的 IC 与附加的处理和控制电路相结合，使用新型无粘结封装技术提供高鲁棒性、可靠性

		和性能。
TI	GaN FET 功率 IC	集成了快速开关驱动器，以及内部保护和温度感测功能，能够更好地在有限的电路板空间内实现高性能。

数据来源：Mouser，CASA Research

此外，Mouser 数据显示，2021 年共有 119 款 GaN HEMT 系列产品在售，产品主要集中在 650V 和 200V 及以下。

图表7. 国际上商业化的 GaN 功率电子器件性能

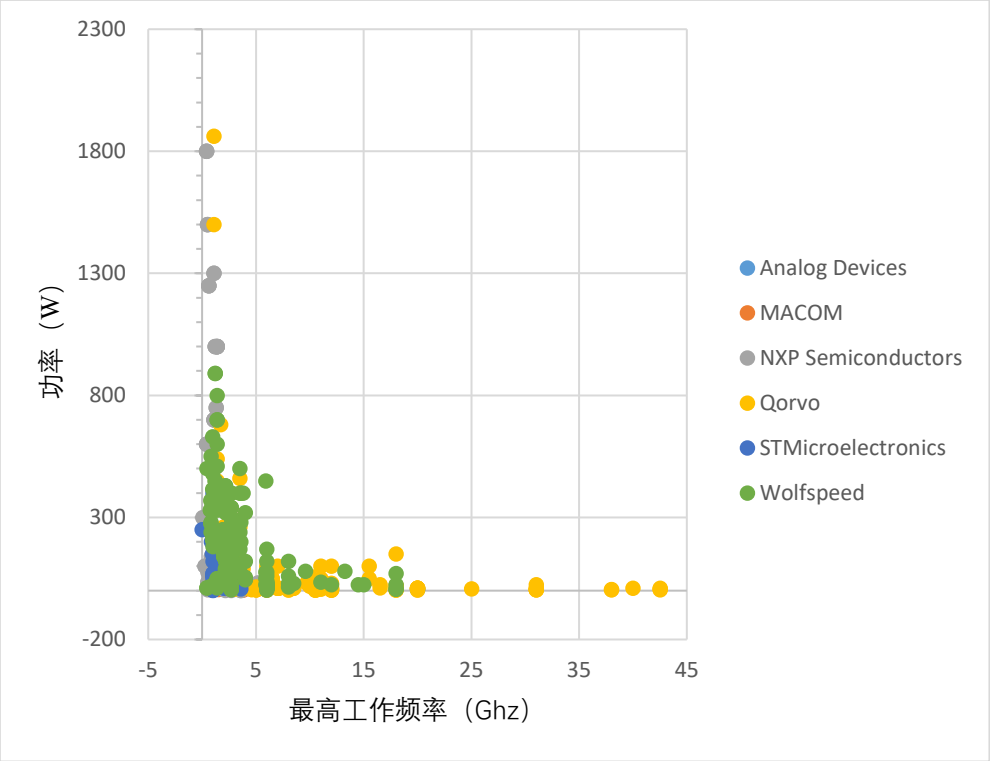


数据来源：Mouser，CASA Research

（3） 6 英寸 SiC 基 GaN HEMT 实现量产

面向 Sub 6G 应用的 SiC 基 GaN HEMT 在 6 英寸产线实现量产。SiC 基 GaN 射频是国际主流技术路线，IDM 企业如 Wolfspeed、Sumitomo Electric、Qorvo、NXP 等纷纷将产线转向 6 英寸；代工企业方面，台湾地区的稳懋开始提供 6 英寸的 GaN-on-SiC 代工服务，环宇 6 英寸 GaN-on-SiC 代工产能已通过认证。

图表8.　国际上商业化的 GaN 射频产品性能



数据来源：Mouser，CASA Research

产品方面，国际上产业化的 **GaN HEMT 射频器件**在 1805-1880 MHz 频段内，功率实现 460W@P3dB，效率达到 60%；2110-2170 MHz 频段内，功率实现 490W@P3dB，效率为 59%；2500-2700 MHz 频段内，功率实现 400W @P3dB，效率为 50%；**GaN MMIC 方面**，基于 0.25μm 工艺的 6 GHz -12GHz MMIC 器件产品出现，功率达到 50W@8.5GHz -10.5GHz；开发出基于 0.1μm 工艺的 13GHz-16GHz MMIC 器件产品，功率为 12.6W @13.4GHz -16.5GHz。另据 Mouser 数据，截至 2021 年底，市场在售 GaN 射频器件和功率放大器共计 805 款，较 2020 年增加 286 款，产品最高工作频率集中在 15Ghz 以下。

（4）　Mini-LED 背光产品增多，全彩 Micro-LED 显示芯片成功制备

国际上，2021 年 Mini 背光终端产品电视、显示器、笔记本产品加速面世，在背光器件模组环节上 POB、COB、COG、NCSP 多条技术路线并行，未来两年在电视上具有高性价比的 POB 技术将率先得到大部分电视厂家的规模化使用，COB 技术将在部分高端机型和笔电，PAD 等部分机型中得到应用。Mini RGB 直显量产间距持续缩小。面向 100 英寸及以上大尺寸 4K/8K 显示市场，Mini RGB 直显微间距器件已可覆盖 P0.9-P0.4 Mini 显示产品，其中量产产品点间距达到了 P0.9-P0.5。全彩 Micro-LED 显示芯片成功制备，搭载 1μm 的 Micro-LED 投影模组的 AR 眼镜产品推出；UVC LED（280 nm）LED 产品的产业化外量子效率超过 6%。

（三）垂直整合加快，企业陆续上市，SiC 扩产持续

1.产业链垂直整合热度不减

根据 CASA 不完全统计，2021 年，国际上有 16 起并购案例，披露的交易金额近 80 亿美元。其中金额最大的为日本 Renesas 以 49 亿欧元（约 59 亿美元）收购 IC 供应商 Dialog，推动双方在 GaN 技术领域的深度融合。从被收购企业所在产业链环节来看，2021 年的并购及股权交易主要以材料生产加工为主，其次是器件环节；从并购类型来看，以产业链垂直并购为主，扩展完善自己的产业链，探索新的产品方向。Transphorm、Navitas、Onsemi 等企业基于各自产品、市场和业务体系，加强在材料、晶圆制造等上中游产业布局，谋求自身业务向深度、精度发展。

图表9. 国际主要龙头企业产业链整合并购情况

并购方	被并购方	交易金额	主要事件
Key ASIC	某 Foundry	——	Key ASIC 专门为无晶圆厂设计公司和系统公司开发 IP，并提供 ASIC/SoC 设计服务。此次被收购的工厂是一家拥有 SiC 和 GaN 开发技术的晶圆厂。目前该公司为美国汽车模块制造商、汽车制造商和电网设备生产商提供芯片。Key ASIC 借此收购进军电动汽车和快速充电桩市场。
LX Semicon	LG Innotek	——	韩国 LX Semicon 收购了 LG Innotek 的 SiC 半导体及其设备设施专利资产，将开发 SiC 半导体进入汽车半导体市场。
Navitas	Live Oak Acquisition Corp. II	14 亿美元	9 月 21 日，Navitas 与 Live Oak Acquisition Corp. II 的合并生效。纳微半导体为 GaN 功率芯片制造企业，合并后的公司将在美国纳斯达克上市。
Onsemi	GTAT	4.15 亿美元	GTAT 在 SiC 等晶体生长领域具有丰富的经验，此次收购完成，进一步完善公司 SiC 垂直产业链条。
Qorvo	UnitedSiC	——	United Silicon Carbide 的产品组合现已涵盖 80 多种 SiC FET、JFET 和肖特基二极管器件。该收购将使 Qorvo 的影响力延伸至电动汽车 (EV)、工业电源、电路保护、可再生能源和数据中心电源市场，进一步扩大 Qorvo 市场竞争力。
Renesas	Dialog	49 亿欧元（59 亿美元）	日本瑞萨电子是全球最大的车用半导体供应商之一。Dialog 当前市值约为 50 亿美元，是一家老牌芯片公司。此次收购属于强强联合，有助于两家公司在 GaN 技术领域的深度融合，有利于技术资产的互补，助力于公司进军高增长细分市场。
Soitec	NOVASiC	——	NOVASiC 专门从事 SiC 晶圆的抛光。Soitec 此次收购为了推动电动汽车和工业应用电源系统半导体的开发。
Sino-American Silicon	Transphorm	1500 万美元	获得 5.84%股权，并希望通过与 Transphorm 战略联盟，进一步深化在氮化镓（GaN）领域的布局。
Transphorm	AFSW	——	此次收购是由 Transphorm 与 JCP Capital 合资公司 GaNovation 完成，收购完成后富士通半导体正式从 AFSW 晶圆厂退出。Transphorm 可借此拓展垂直轻资产的强大 IP 优势。
Yaskawa	Transphorm	1560 万美元	Transphorm 为高可靠性、高性能 GaN 电源转换产品的先驱和全球供应商。通过债转股

			方式，加强在工业和白色家电应用的 GaN 产品市场的拓展。
韩国恒诺微	PMS	6000 万—6500 万美元	PMS 为碳化硅器件生产商，已向中国和韩国汽车送样测试，恒诺微借此次投资建设 Si 和 SiC 电源管理器件生产线，并计划在 2022 第三季度推出 SiC MOSFET，通过此次投资弥补公司在晶圆制造方面的不足，提升市场竞争力。

数据来源：CASA Research 整理

2.代表企业登陆资本市场

根据 CASA Research 不完全统计，2021 年国际融资事件共计 11 笔，涉及披露金额超过 12 亿美元。特别是龙头企业开始借助资本市场力量，拓展资金渠道。SiC IDM 全球领导企业 CREE 于 2021 年 10 月登录纽交所并更名为 Wolfspeed。截至 2021 年底，Wolfspeed 市值达 130 亿美元，2021 财年实现营收 5.26 亿美元。GaN 功率芯片领导企业 Navitas 2021 年 5 月完成与 Live Oak II 的合并后，正式登陆纳达克，企业估值超过 10 亿美元，并成为全球首家在 7 年内完成上市的功率半导体企业。此外，设计企业 GaN Systems 融资 1.5 亿美元，加速 GaN 技术在汽车、消费、工业等领域的市场开发。

图表10. 国际主要龙头企业产业链融资情况

融资方	投资方	事件及影响
Cambridge GaN Devices	IQ Capital、Parkwalk Advisors 和 BGF 领投	CGD 是以开发使用 GaN-on-Silicon 衬底的功率半导体企业，在 A 轮融资中获得 950 万美元。
GaN Systems	富达投资领投	筹集了 1.5 亿美元融资，此次融资将加速 GaN 技术在其汽车、消费、工业和企业市场的创新和采用，有助于发展成为公司新的增长点。
Guerrilla RF	——	Guerrilla RF 融资 1150 万美元。该公司是面向无线基础设施应用（包括 5G 和汽车）的单片微波集成电路(MMIC)供应商。借此次融资加快高性能射频(RF)和微波半导体器件等业务发展。

II-VI	5N Plus	5N Plus 投资 II-VI 850 万美元，用以扩大用于 II-VI 半导体化合物和工程设计的关键和战略材料（包括含碲的材料）的开发和制造。
IVWorks	YG Investment、Korea Investment & Securities 等	在 C 轮融资中筹集了 1740 万美元。韩国 IVWorks 公司，生产用于射频和电力电子应用的 100-200 毫米氮化镓（GaN）外延晶片，借融资之机推动业务发展。
MACOM	——	MACOM 发行 4 亿美元可转换优先票据，这些票据将是 MACOM 的高级无抵押债务，将于 2026 年 3 月 15 日到期此次发行的净收益用于部分偿还未偿还的定期贷款。
Navitas	——	来自投资者集团的超额认购和超额发行的 1.45 亿美元用于资助 Navitas 的未来增长计划。
Odyssey Semiconductor Technologies	——	筹集 500 万美元用于生产垂直导电 GaN 器件。
Transphorm	KKR Phorm、Investors LP、MCM Investment 等	完成 3590 万美元私募，Transphorm 是少数几个垂直集成的高压 GaN 制造商之一，控制着 FET 设计本身、外延起始材料和制造工艺的开发。
VisIC	GoldenSand 领投	获得 3500 万美元融资。VisIC 是一家基于 GaN) 晶体管的功率转换器件的无晶圆供应商。VisIC 为电动交通（xEV）应用提供 GaN 电子器件，专注于大功率汽车解决方案。

数据来源：CASA Research 整理

3.SiC 扩产持续，供给竞争激烈

根据不完全统计，2021 年国际上第三代半导体领域至少有 9 起重点扩产计划，其中涉及 SiC 产业链的 7 起，披露的扩产金额超过 80 亿元人民币。美国 II- VI 计划在五年内将 SiC 衬底（含 8 英寸）生产能力提高 5 至 10 倍；日本 Showa Denko 宣布投资 58 亿日元（3.4 亿人民币）用于 SiC 晶圆和锂离子电池材料扩产，项目预计 2023 年 12 月完工；ROHM、韩国 SK 集团、Silicon Works、Yes Power Technix 等近期均宣布 SiC 相关扩产计划。此外，国际汽车零部件供应商 Bosch 集团加强自主生产 SiC 芯片，其第二代产品预计明年投入量产。

图表11. 2021 国际上第三代半导体领域主要扩产事件

扩产领域	国家	企业	事件
SiC	美国	II-VI	在位于中国福州的亚洲区域总部建立了用于 SiC 导电衬底的后段加工线，该生产线的面积超过 4645 平方米。并计划将在五年内将 SiC 衬底生产能力提高 5 至 10 倍，其中包括 8 英寸衬底。
	欧洲	Bosch	Bosch 宣布开始生产 SiC 半导体芯片，开始研发功率密度更高的第二代 SiC 芯片，预计明年投入量产。
	日本	Showa Denko	投资 58 亿日元（3.4 亿元人民币）扩产 SiC 晶圆，扩产项目预计 2023 年 12 月完工。此前昭和电工已经通过 6 次扩产，将产能提升了 6 倍。
		Rohm	罗姆的宫崎新工厂竣工，将于 2022 年正式投入运营。未来它将投资超过 38 亿人民币，将 SiC 产能扩大 5 倍。2021 年 5 月份，罗姆宣布了一项中期管理计划，提出了要抢占全球 30%的 SiC 市场目标。
	韩国	SK Systems	SK 集团计划在 SiC 半导体晶圆业务上投资 7000 亿韩元(约 38.22 亿元人民币)。
		Silicon Works	LG 集团旗下子公司 Silicon Works 宣布扩大其半导体业务，重点押注 SiC PMIC 以及 MCU。
		Yes Power Technix	Yes Power 宣布在釜山建设新的工厂，用于批量生产 6 英寸 SiC 功率芯片，这次扩产将使其产能翻番。
GaN	新加坡	IGaN	投资 7300 万美元（约 4.7 亿元人民币）进行扩张，扩大 GaN 外延生产能力和量产 8 英寸制造技术，并于 2021 年中期投入运营。
	韩国	SKC	SK 集团子公司 SKC 与美国应用材料公司合资建设 GaN 公司合资企业，进入 GaN 电力半导体市场。

数据来源：CASA Research 整理

（四）市场高速增长，价差逐步缩小

2021 年，“新冠”和“缺芯”的影响贯穿全年，但全球半导体行业总体上保持着高速发展态势。根据 Gartner 数据，2021 年全球半导体收入增长 25.1%，达到 5835 亿美元（WSTS 数据为 5530 亿美元），首次突破 5000 亿美元的门槛。以 SiC 和 GaN 为代表的第三代半导体在新能源汽车、5G、PV 光伏、PD 快充等领域不断取得突破，2021 年全球第三代半导体市场总体保持增长态势。

市场主要推动力表现在两方面：一是随着全球经济在 2021 年反弹，整个半导体供应链都出现了短缺，特别是在汽车行业。强劲的需求叠加物流和原材料价格上涨共同推动了半导体平均售价上涨，带动整体收入增长。另一方面，新冠疫情居家办公推动了对手机、计算机、云基础设施的需求，以 5G 手机为例，2021 年的单位产量增加了一倍以上，市场达到 5.55 亿美元。

1.功率半导体市场超 12 亿美元，渗透加速

（1） 市场超过 12 亿美元，渗透近 5%

以 SiC、GaN 为代表的第三代半导体在功率半导体领域深受市场青睐，保持高速增长。综合 Yole、Omida、WSTS 及大西洋市场研究公司等公司数据，2021 年全球 SiC、GaN 功率半导体市场约 13.66 亿美元，其中 SiC 约为 10.9 亿美元，GaN 约为 2.76 亿美元，市场渗透率约为 4.6%-7.3%，较 2020 年提升 2 个多百分点。综合各机构数据，预计到 2026 年 SiC 电力电子市场规模将达 48 亿美元，GaN 电力电子器件市场规模将超过 20 亿美元。

从细分应用来看，新能源汽车快速爆发，驱动 SiC 功率器件市场提速增长，ICT、光伏应用市场空间增大。全球已有超过 20 家汽车厂商在车辆充电系统中使用第三代半导体功率器件，预计到 2026 年，车用主逆变器市场将达到 195 亿美元，渗透率达 20%-30%。同时，ICT、光伏、铁路和电机驱动器等应用在未来几年保持两位数的增长。据大西洋市场研究公司数据，ICT 为 GaN 最大的市场，数据中心和

基站是目前主要应用场景，未来几年增速约 23%；此外，PD 快充、无线充电需求不断增加，GaN 渗透加速。值得关注的新增长点是无线充电，已开始应用于智能手机和电动汽车，并开始在全球范围内推广，未来有望成为 GaN 功率半导体的主要市场驱动力之一。

从产品形态来看，当前 SiC、GaN 功率半导体以器件为主，但未来几年模块的份额将显著增加。因为分立器件易于制造，设计灵活，公司众多，生态相对完善，目前第三代半导体市场产品仍以分立器件为主，但未来在新能源汽车、工业电机高质量、高标准要求的领域，功率模块市场将强劲增长。Yole 预测，到 2026 年，电动汽车、工业电机和家用电器将推动功率模块市场达到 100 亿美元。消费电子电源方面，合封 GaN 集成化的技术路线被越来越多的厂商采用和推广。

从地区市场情况来看，亚太地区是最大的 SiC 地区市场。中国、日本、韩国和印度新能源汽车销量的高速增长，使得亚太区域成为全球 SiC 的主导市场。据大西洋调研公司数据，GaN 方面，北美是最大的市场，2021 年占比为 37.22%；而亚太地区 GaN 增长最快，2022-2030 年将保持约 24.3%的复合年增长率。

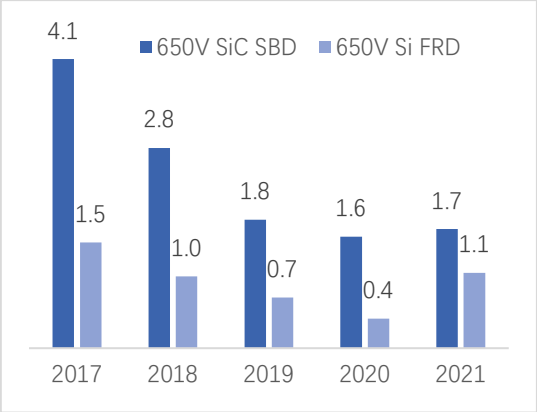
（2） 与传统产品价差持续缩小

2021 年，“新冠”疫情影响持续发酵，半导体供应链遭受挑战，行业“缺芯”贯穿全年，市场基本处于供不应求状态，反映在价格上则表现为两点：一是，相较前几年 SiC、GaN 功率器件、模块价格保持年均 10%左右的降幅，2021 年 SiC、GaN 价格均有所回升。二是，结合公开网站信息和线下调研反馈来看，产品的供货周期较此前有所

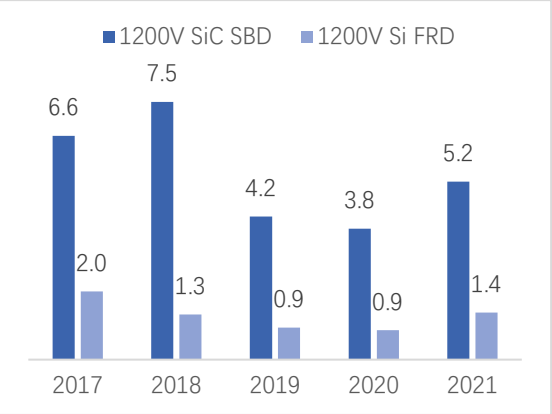
延长。

二极管方面，SiC 产品价格小幅上涨，但与同类型 Si 器件价差持续缩小。Mouser 数据显示，650V、1200V 的 SiC SBD 均价分别为 1.69 元/A、5.21 元/A，较上年分别上涨了 6.9%、36.1%。**据 CASA Research 调研，实际成交价低于公开报价，**650V 的 SiC SBD 的实际成交平均价格约 0.6 元-0.9 元/A，1200V 的 SiC SBD 平均价格约 1.1 元-1.4 元/A。

图表 12　2017-2021 年 650V 的 SiC SBD 价格（元/A）



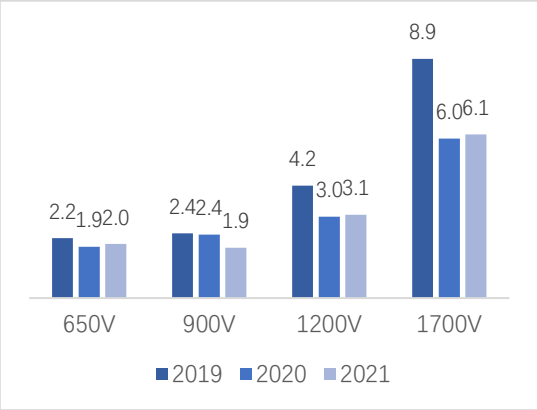
图表 13　2017-2021 年 1200V 的 SiC SBD 价格（元/A）



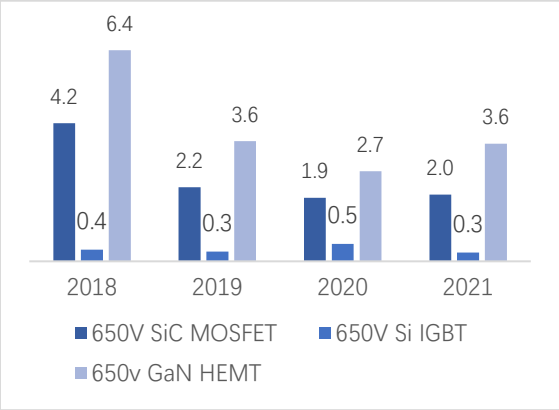
数据来源：Mouser，Digi-Key，CASA Research

SiC MOSFET 受到供应短缺的影响，价格微涨，与 Si 器件价差有所扩大。Mouser 数据显示，650V、1200V、1700V 的 SiC MOSFET 公开报价分别上涨了 5%、2%、2%，均价为 2.02 元/A、3.11 元/A 和 6.11 元/A；而 900V 产品公开报价下降 2%，均价为 1.88 元/A。从与 Si 的对比来看，650V 的 SiC MOSFET 与 Si 的价差拉大到 6 倍。**从实际成交价格来看，**650V 的 SiC MOSFET 价格 0.8 元-1 元/A，1200V 的 SiC MOSFET 价格 1.2 元-1.7 元/A，较上年基本持平或略涨。

图表 14　2019-2021 年 SiC MOSFET 均价



图表 15　650V SiC MOSFET、GaN HEMT 和 Si IGBT 价格比较



数据来源：Mouser，Digi-Key，CASA Research

GaN 主流功率产品的价格回升 30%。Mouser 数据显示，GaN 功率产品，击穿电压集中在低压（200V）以下和中压（600 V /650V），600 V /650V 的产品均价约为 3.6 元/A，较 2020 年上涨了 30.4%。而实际成交价格约为 0.5 元/A，基本与上年持平，与 Si 的价差缩小到 1.5 倍以内。随着近年来 GaN 技术方案愈趋成熟，以及 8 英寸 Si 基 GaN 产能的开出，预计在未来两年 GaN 功率晶体管价格不断下降，2023 年将与硅晶体管市场价格交叉。

2.微波射频市场超过 10 亿美元，价格略有上涨

（1） 第三代半导体微波射频市场规模超过 10 亿美元

综合 Yole 及 Trendforce 数据，2021 年全球 GaN 射频器件及模组市场规模约为 10.5 亿美元，未来几年将保持 18%的增速，到 2026 年市场规模约为 24 亿美元，其中 GaN-on-SiC 占九成的市场，在军事雷达和电信通讯渗透较高。

受疫情以及运营商寻找合适商业模式等因素影响，除了东亚以外，欧美等国家 5G 进度明显落后原先规划，因此**预期 2023 年后移动通**

信领域全球 GaN 射频需求将呈现较大增长。全球 Sub 6GHz 高频段与毫米波频段基础建设将自 2023 年起大规模开展。

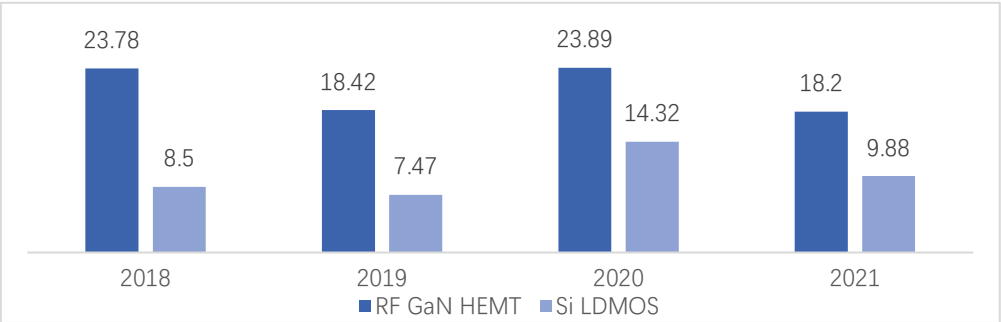
同时，GaN PA 已经开始在具有毫米波讯号接收功能的手机中试用，随着技术、生态发展，成本及价格下降，移动终端市场也在逐步开启，手机领域或将成为下一波增长的新引擎。

GaN 射频器件在无线宽带、射频能量、商业雷达等市场均呈现增长态势，2020-2025 年将以 22％的年均复合增长率（CAGR）从 3.4 亿美元增长至超过 11.1 亿美元。

（2） 价格略有上涨，但价差缩小

GaN 射频器件随着技术进步价格下降。从 Mouser 数据来看，RF GaN HEMT 的价格较上年显著下降，产品平均价格为 18.2 元/W，下降了约 23.82%。从 2018 年底至今，RF GaN HEMT 与 Si LDMOS 的价差持续缩小，但受到疫情影响，价差比例和 2020 保持相同水平。而从实际成交价来看，据调研，以工作频率在 3.3GHz-3.6GHz 的主流产品来看，均价在 10 元/W 以内，在同等功率条件下，目前 GaN PA 价格比 Si 器件价格高 30-40%。

图表 16　2018 年-2021 年 RF GaN HEMT 和 Si LDMOS 平均价格（元/W）



数据来源：Mouser，Digi-Key，CASA Research

二、国内第三代半导体产业进展

(一) “十四五”规划支持第三代半导体

1.国家“十四五”规划布局第三代半导体

“十四五”布局第三代半导体。2021 年 3 月，《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》(以下简称“《纲要》”)公布。《纲要》明确指出推动集成电路领域要取得“集成电路设计工具、重点装备和高纯靶材等关键材料研发，集成电路先进工艺和绝缘栅双极型晶体管(IGBT)、微机电系统(MEMS)等特色工艺突破，先进储存技术升级，碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)等宽禁带半导体发展”。

第三代半导体支撑“双碳”目标实现。2021 年中共中央、国务院印发了《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见，明确提出，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现“碳中和”。第三代半导体器件相比硅器件可降低 50%以上的能量损失，并减小 75%以上的装备体积，可显著提升能源转换效率，是助力节能减排并实现“碳中和”目标的重要支撑。

2.各部委部署研发及产业化支持政策

科技部从研发项目到平台建设支持第三代半导体发展。全面部署“十四五”重点研发计划。2021 年，科技部“十四五”重点研

发计划在 SiC 单晶等第三代半导体材料、Micro-LED、车用 SiC 功率器件、第三代半导体核心装备制造等方面进行了布局。。

工信部继“强基计划”后，再推电子元器件产业发展。在前期实施“强基计划”的基础上，2021 年 1 月，工信部印发《基础电子元器件产业发展行动计划(2021-2023 年)》，并指出要“重点发展高频率、高精度频率元器件，耐高温、耐高压、低损耗、高可靠半导体分立器件及模块等电路类元器件”，“面向智能终端、5G、工业互联网等重要行业，推动基础电子元器件实现突破，增强关键材料、设备仪器等供应链保障能力，提升产业链供应链现代化水平”。

3.地方政府积极推动技术创新及产业化

地方政府积极推动第三代半导体产业发展。据 CASA Research 统计，2021 年我国各地发布的第三代半导体相关政策 22 条，覆盖了 10 个省/直辖市。政策内容涵盖了“十四五”顶层设计到具体行动计划和财政补贴细则。**在规划层面，**多省市“十四五”规划纲要中提到促进半导体行业发展，其中，广东省和湖南省的“十四五”规划中明确提出发展集成电路、第三代半导体、碳化硅产业；北京、广东、福建、陕西、重庆则在先进制造业“十四五”规划中，将第三代半导体、新型显示、5G 等领域纳入了先进制造业的范畴进行支持。**在执行层面，**湖南和山西出台了半导体领域专项行动计划和指导意见，推动碳化硅、砷化镓等化合物半导体产

业发展，山东发布了集成电路产业财政补贴细则，明确提出对集成电路流片给予补贴，且对第三代半导体流片的补贴比例适当上浮。

(二) 技术和产品进展

1.SiC 技术和产品进展

（1） 6 英寸 SiC 材料实现量产，液相法制备 SiC 晶体中试

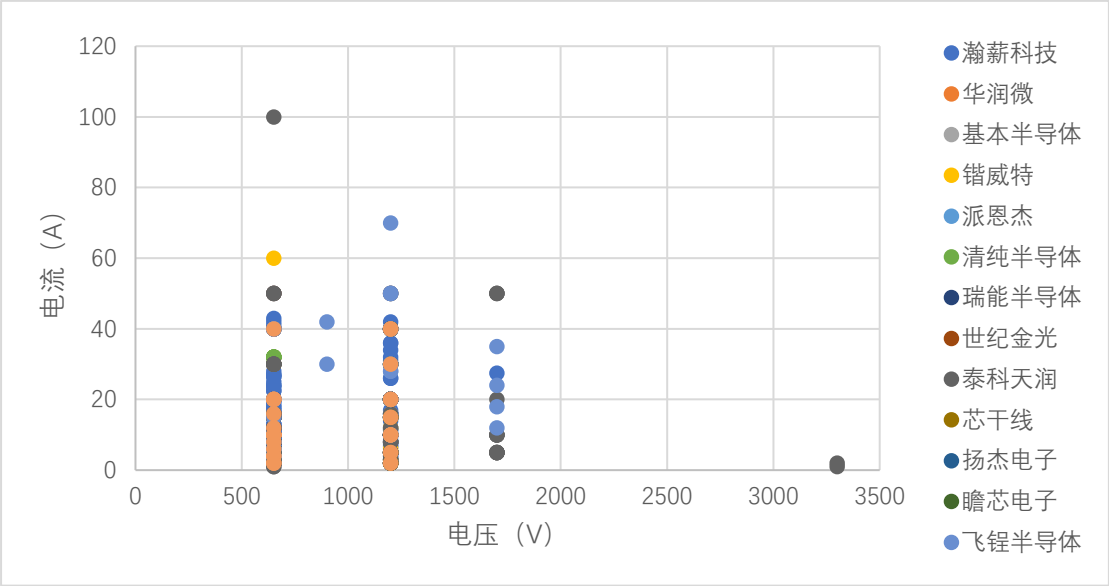
国产 6 英寸 SiC 衬底外延开始量产。国内量产的 6 英寸 n 型 SiC 衬底微管密度<0.1 个/cm^2，螺位错密度 500 个/ cm^2；量产的 6 英寸半绝缘 SiC 衬底微管密度<0.5 个/ cm^2，基平面位错密度为 1500 个/cm^2，螺位错密度 500 个/cm^2，电阻率>10^10Ω•cm。用于 600V-1200V SBD 器件制作的 6 英寸 SiC 外延开始量产；开发出满足 600V-1200V MOSFET 器件制作所需 6 英寸外延片。**液相法生长 SiC 晶体项目开始中试。**PVT 是目前制备 SiC 单晶衬底的主流技术，其他技术也在发展。其中高温溶液法具有生长的晶体质量高、成本低、易扩径、易实现稳定的 p 型掺杂等优势，2021 年国内溶液法生长 SiC 晶体的中试线开始试产。国内从事 SiC 衬底生产的企业持续增加，主要有山东天岳、天科合达、山西烁科、同光晶体、露笑科技、北电新材、南砂晶圆、国宏中宇等；SiC 外延供应商主要是瀚天天成、东莞天域、中电化合物等，中电科 55 所、13 所 SiC 外延自用为主。

（2） 6 寸 SiC 芯片工艺开发完成，初步量产 MOSFET

国内 6 英寸 SiC 二极管和 MOSFET 芯片工艺产线初步贯通。SiC

二极管产品实现规模化量产，产品覆盖 650V-3300V，1A-100A 等多款规格，产品包括 TO220、TO247-2、TO247-3、TO247-4、TO252、TO263、DFN、SOD、SMA 等多种塑封和高温封装形式。据 CASA Research 不完全统计，国内至少有 15 家企业（详见下表）可以提供 SiC 二极管产品。

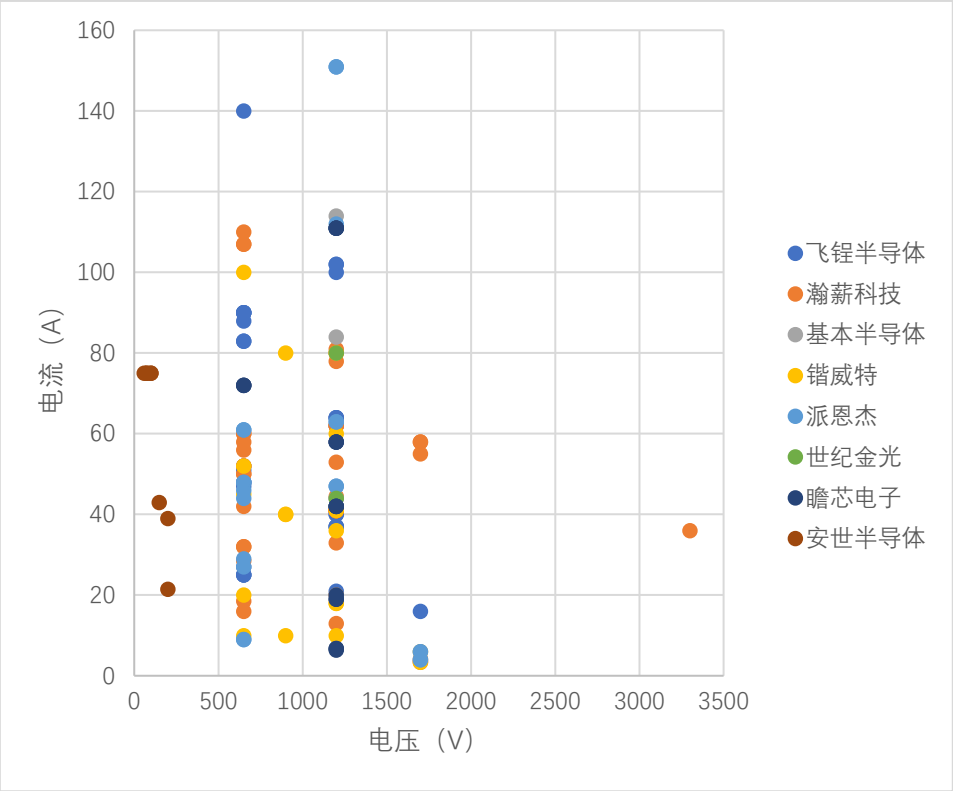
图表 17　国内商业化的 SiC SBD 的器件性能



数据来源：　CASA Research

据 CASA Research 不完全统计，2021 年，国内超过 10 家企业可提供 SiC MOSFET，产品型号超过 130 种，已经逐步形成商品供给。击穿电压覆盖 650V、900V、1200V、1700V。SiC MOSFET 的击穿电压最高达到 3300V（瀚薪科技 3300V/36A），最高导通电流达到 151A（派恩杰，1200V/151A）。三安集成、中电科 55 所、瀚薪科技、锴威特等推出相关产品。

图表 18　国内商业化的 SiC MOSFET 的器件性能



注：以上数据来自企业网站或公开资料　　***数据来源：CASA Research***

（3） SiC 器件模块开启“上车”模式

2021 年，超过 10 万辆比亚迪汉首次使用其自主研发制造的高性能 SiC 三相全桥模块。比亚迪预计到 2023 年，将采用 SiC 半导体全面替代 IGBT 半导体。中车时代基于自主 SiC 器件的大功率电驱产品 C-Power 220s 发布，C-Power 220s 系统功率密度≥2.75kW/kg，在 CLTC（中国轻型汽车行驶）工况下，产品系统效率最高可达 94%，可将整车续航能力提升 5%。该产品的 SiC 器件、电流传感器分别来自中车时代半导体、宁波中车时代。此外，精进电动推出 250kW SiC 复合冷却三合一电驱动总成，实现了高输出功率（350V 条件下半轴机械输出功率 250kW）和超过 95%的高系统效率。此外，精进电动表示该系

统已经获得大众商用车集团 TRATON 的订单；派恩杰宣称拿下新能源汽车龙头企业 OBC 数千万订单，并开始供货；基本半导体无锡汽车级 SiC 功率模块产品下线，通过国内头部车企选型和测试；湖南三安也在 2022 年 1 月份宣布其 SiC 二极管量产并获得车企订单。

2.GaN 技术和产品进展

（1） 12 英寸 Si 基 GaN HEMT 外延技术获得突破

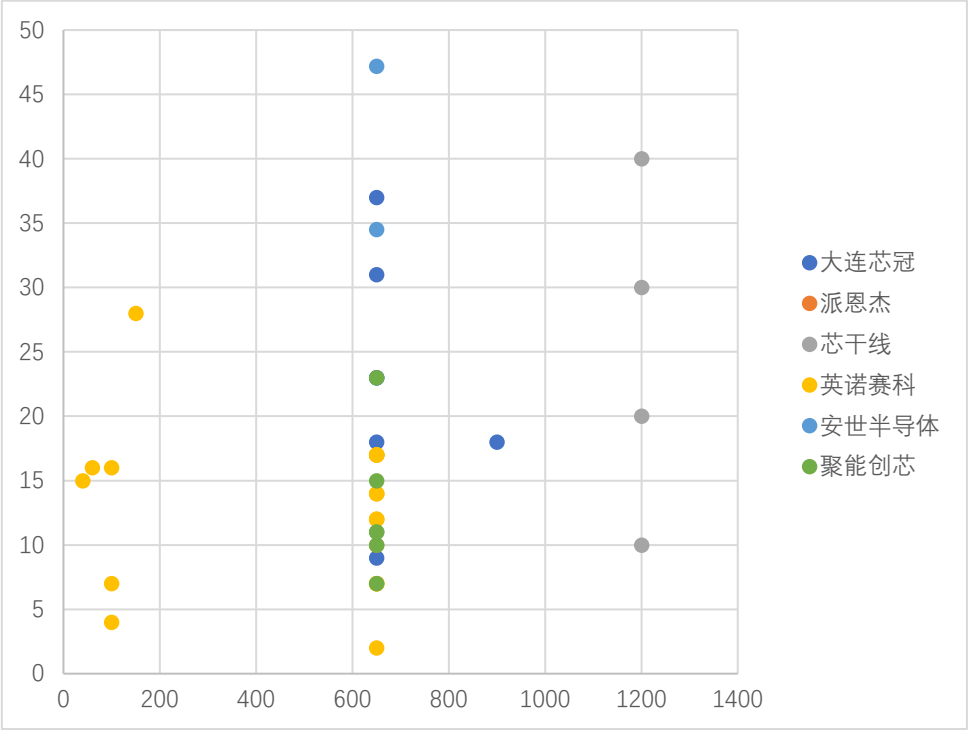
晶湛半导体通过优化 AlN 成核层和材料应力控制技术，率先在全球发布一系列用于功率半导体器件的高质量 12 英寸 GaN-on-Si HEMT 外延片，在满足大规模量产和应用所需的漏电要求前提下，成功覆盖 200V、650V、1200V 等不同击穿电压应用场景需求，厚度不均匀度减小至 0.3%，晶圆翘曲 Bow<50μm。该技术突破充分融合 Si 基 GaN 与硅 CMOS 工艺优势，有望进一步提高 GaN 功率芯片性能，大幅降低器件和系统成本。**产品方面，**商业化 Si 基 GaN 外延向 8 英寸过渡；SiC 基 GaN 外延向 6 英寸过渡；蓝宝石基 GaN 外延主流尺寸为 4 英寸；深紫外 LED 用蓝宝石基高 Al 组份 GaN 外延仍以 2 英寸为主。国内 GaN 外延主要供应商有晶湛半导体、中博芯、聚能晶源、苏州汉骅等。

（2） 国内最大规模 8 英寸 Si 基 GaN 芯片产线投产

英诺赛科位于江苏的 8 英寸 Si 基 GaN 芯片产线量产，该项目 2021 年实现产能可达 6000 片/月，全部达产后预计将实现年产 78 万

片 8 英寸 Si 基 GaN 晶圆。该项目的投产将为即将到来的 GaN 功率半导体时代提供足够产能保障。**产品方面**，受益于 PD 快充市场的发展，GaN 功率器件产品快速推出。据 CASA Research 不完全统计，2021 年，国内商业化的 GaN 功率器件达到 43 款。其中最大的击穿电压可以达到 1200V，最高导通电流达到 47.2A（安世半导体，650V/47.2A）。英诺赛科的产品种类最多达到 23 款，主要集中在 650V 和 100V 左右。

图表 19　国内商业化的 GaN 电力电子器件性能



注：以上数据来自企业网站或公开资料　　***数据来源：CASA Research***

（3） 国产 GaN 射频产品加快向民用市场渗透

在国防和军用市场，采用国产 GaN 射频芯片的军用雷达性能处于国际先进水平。民用市场，华为、中兴已采用国产 GaN 射频芯片进行基站研发和批量生产，国产化率超过 30%。**产品方面**，产业化的 GaN HEMT 射频器件在 1805MHz-1880MHz 频段内，功

率实现 520W，效率 61%；1800MHz-2200MHz 频段内，功率实现 120W，效率 47%；2500MHz-2700MHz 频段内，功率实现 420W，效率 51%；GaN MMIC 方面，基于 0.25μm 工艺的 6GHz-12GHz MMIC 器件产品出现，实现 32W@7GHz-13GHz；基于 0.15μm 工艺的 GaN MMIC 产品，实现 15.8W@14GHz-18GHz。

（4） Mini/Micro LED、深紫外 LED 等光电技术取得进步

国内 Micro-LED 外量子效率研发水平为蓝光约 52%，绿光约 36%，红光约 20%（35μm@2.5A/cm^2）。Si 基全彩 Micro-LED 显示技术也取得突破，Mini-LED 显示产业化水平已突破 P0.4 间距。大功率深紫外 LED 器件光输出功率分别达到 42.67 mW@100 mA 和 124.23 mW@350 mA；UVC LED（280 nm）的深紫外 LED 产品的产业化外量子效率超过 6%。

3.专用装备研发和产业化加速

第三代半导体晶圆和器件的制备基本工艺流程同 Si 基半导体基本一致，大致可分为以下几个阶段：晶体生长、晶片加工、器件制备（包括有源层制备、欧姆接触、钝化层沉积等工艺段）、器件封装等。很多工艺段设备可以与硅基半导体工艺兼容，但由于第三代半导体材料熔点较高、硬度较大、热导率较高、键能较强的特殊性质，使得部分工艺段需要使用专用设备、部分需要在硅设备基础上加以改进。SiC 半导体装备方面：SiC 单晶生长需使用耐高温、真空大尺寸单晶炉采用 PVT 法制备；晶圆加工的多线切割机、研磨机和抛光机均须针对

SiC 脆硬的特性进行改进；器件制备过程中需使用分步投影光刻机、专用的 SiC 外延炉、高温离子注入机、高温退火和高温氧化设备；干法刻蚀设备需更高的刻蚀功率；器件封装过程中的减薄机需针对 SiC 材料脆硬特性改进，划片机需针对 SiC 导热性好的特点使用激光隐形划切方法。其余工艺段设备与 Si 基半导体设备可兼容。GaN 半导体设备方面：GaN 单晶材料生长主要使用 HVPE 设备制备；GaN 薄膜材料和有源层制备需要使用 MOCVD 设备，目前国内已经量产深紫外 LED 外延所需的高温 MOCVD，适用 Micro-LED 外延的 MOCVD 正在开发中。其余工艺段设备如薄膜、图形化、蚀刻等大部分设备基本与 Si、GaAs 兼容。

在国家科技计划的大力支持下，我国在第三代半导体设备领域取得了一系列成果，部分设备关键技术取得突破，部分设备已经生产应用，逐步缩小了与国外先进设备的技术差距。SiC 半导体设备方面，除高温氧化、高温退火等个别设备外，大部分设备均有国产化样机，部分产品开始验证并销售。其中，SiC 单晶炉除了 IDM 企业自己开发外，中电科集团、北方华创也有相关产品；中电科集团、北方华创、晶盛机电 SiC 外延炉也相继获得客户验证，并逐步实现销售；氮化物半导体设备方面，常规 MOCVD 规模应用，高温 MOCVD 实现产业化应用。中微半导体是国内 MOCVD 最大的供应商。目前国产装备仍急需加快在量产产线的应用推广，同时在晶圆尺寸、精度、均匀性和生产效率等方面仍需提升。

图表 20　国内外第三代半导体相关设备供应商

分类	设备名称	国外供应商	国内供应商
材料生长与加工	SiC 单晶炉	美国 Cree、美国 Aymont、德国 Aixtron、LHT	中电科、北方华创、上海中微
	SiC 晶圆加工	日本高鸟、MeyerBuger、NTC 的金刚石多线切割机；日本不二越、美国斯德堡的 SiC 研磨抛光设备	华海清科、特思迪（抛光）
	SiC 外延炉	德国 Aixtron、意大利 LPE、日本 TEL	中电科、北方华创、晶盛机电
	GaN 单晶炉	三菱化学、住友电工、日立电线	中镓，纳维
	MOCVD	德国 Aixtron、美国 Veeco	中微
	高温 MOCVD	德国 Aixtron、韩国 TES	中微
芯片器件	高温离子注入机	美国应用材料，日本日新，日本 ULVAC	中电科
	高温退火炉	德国 Centrotherm，日本 ULVAC	
	高温氧化炉	德国 Centrotherm、日本 ULVAC	北方华创、中电科、青岛福润德
	碳膜溅射仪	美国应用材料，日本 ULVAC	
	PVD	美国应用材料、美国 PVD、美国 Vaportech、英国 Teer、瑞士 Platit、德国 Cemecon	北方华创、沈阳中科仪器、科睿设备、中电科
	PECVD	美国 Proto Flex、美国泛林、日本 Tokki、日本岛津、荷兰 Tempress Systems	北方华创、中电科、大族光伏、沈阳科仪、青岛华旗、拓荆科技
	光刻机	荷兰阿斯麦、日本尼康、日本佳能、美国 ABM	中电科、上海微电装备、成都光机所
	干法刻蚀机	德国 SENTECH、TOXFORD、美国 Plasma-Therm	中微半导体、北方华创、中电科
	减薄机	日本 Disco、OKAMOTO、Camtek	中电科、特思迪
	划片机	日本 Disco、东京精密	中电科、大族激光
	贴片机	荷兰 ASM Pacific、日本佳能电子、荷兰 BE 半导体	

数据来源：CASA Research

4.标准供给增加，支撑创新发展

目前标准工作主要围绕与原有 Si 标准体系的差异点展开。Si 器件的很多方法可以直接用于第三代半导体器件，但相较于

Si，SiC、GaN 材料缺陷、界面陷阱等密度更大，同时高温度、高电场强度、高功率密度、高开关速度的应用要求，给第三代半导体器件的测试与应用带来新的挑战。目前各标准标准化组织工作主要围绕与原有 Si 标准体系的差异点展开。

IEC/TC47 半导体器件标准化技术委员会目前围绕第三代半导体相关的标准的状态如图表 21 所示，主要围绕材料缺陷检测、可靠性试验方法等。

图表 21　IEC/TC47 制定与第三代半导体相关的标准文件状态

序号	标准号	标准名称	状态
1	IEC.60749-34-1	半导体器件 - 机械和气候测试方法 - 第 34-1 部分：功率半导体模块的功率循环测试	NP
2	IEC 63068-1:2019	半导体器件 SiC 功率器件用同质外延片的非破坏性缺陷识别判据-第 1 部分：缺陷的分类	2019 年发布
3	IEC 63068-2:2019	半导体器件 SiC 功率器件用同质外延片的非破坏性缺陷识别判据-第 2 部分：缺陷的光学检测方法	2019 年发布
4	IEC 63068-3：2020	半导体器件 SiC 功率器件用同质外延片的非破坏性缺陷识别判据-第 3 部分：缺陷的光致发光检测方法	2020 年 7 月发布
5	IEC 63068-4	半导体器件 功率器件用碳化硅同质外延片缺陷的无损识别标准 第 4 部分：使用光学检测和光致发光相结合的方法识别和评估缺陷的程序	CD
6	IEC 63229	半导体器件-SiC 基 GaN 外延层的缺陷分类	2021 年发布
7	IEC 63275-1	半导体器件　碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管（MOSFET）可靠性试验方法 第 1 部分：偏置温度不稳定试验方法	FDIS
8	IEC 63275-2	半导体器件　碳化硅分立金属氧化物半导体场效应晶体管（MOSFET）可靠性试验方法 第 2 部分：体二极管工作引起的双极退化试验方法	FDIS
9	IEC 63284	半导体器件氮化镓晶体管感性负载开关的应力可靠性试验方法	FDIS
10	IEC 63419	氮化镓功率转换器件的开关可靠性评估程序指南	CDV

数据来源：CASA Research

JC-70 宽禁带电力电子转换半导体是 JEDEC 最新成立的主要委员会，下设两个小组委员会：JC-70.1GaN 功率电子转换

半导体标准小组委员会和 JC-70.2 SiC 功率电子转换半导体标准小组委员会。JC-70 已经发布了 7 项第三代半导体相关的标准文件，多集中在测试方法的指导性技术文件。

图表 22　JEDEC 制定的与第三代半导体相关的技术文件

序号	标准号	标准名称	状态
1	JEP 173	GaN HEMT 功率转换器件的动态导通电阻测试方法指南	2019 年发布
2	JEP180.01	氮化镓功率转换设备的开关可靠性评估程序指南	2021 年 1 月发布
3	JEP182	氮化镓功率转换器件连续切换评估的测试方法	2021 年 1 月发布
4	JEP183	SiC MOSFET 阈值电压 (VT) 测试指南	2021 年 1 月发布
5	JEP184	用于电力电子转换的碳化硅金属氧化物半导体器件的偏置温度不稳定性评估指南	2021 年 3 月发布
6	JEP186	横向 GaN 功率转换器件规格书中瞬态关断耐受电压鲁棒性标称指标的指南	2021 年 12 月发布
7	JEP187	SiC MOSFET 规格书中开关损耗表征指南	2021 年 12 月发布

数据来源：CASA Research

全国半导体材料标准化分技术委员会(SAC/TC203/SC2)正在制定的与第三代半导体相关的标准如下表所示，主要集中在 SiC 材料方面。

图表 23　SAC/TC203/SC2 半导体材料正在制定的第三代半导体相关的标准

序号	标准（计划）号	标准名	状态
1	20193166-T-469	氮化镓单晶衬底片晶面曲率半径测试方法	正在批准
2	GB/T 41153-2021	碳化硅单晶中硼、铝、氮杂质含量的测定 二次离子质谱法	即将实施
3	20213238-T-469	碳化硅晶体材料缺陷图谱	起草
4	20210888-T-469	碳化硅抛光片表面质量和微管密度的测试 共焦点微分干涉法	起草
5	20204762-T-604	电热和电磁处理装置基本技术条件 第 XX 部分：碳化硅单晶生长装置	征求意见
6	20204893-T-469	碳化硅外延层厚度的测试 红外反射法	征求意见
7	20203728-T-469	碳化硅外延片表面缺陷的测试 显微可见光法	起草
8	20202829-T-469	半绝缘碳化硅单晶的电阻率非接触测试方法	征求意见
9	20202830-T-469	碳化硅单晶位错密度的测试方法	正在批准
10	20200799-T-469	碳化硅单晶抛光片	正在审查

数据来源：CASA Research

第三代半导体产业技术创新战略联盟标准化委员会（CASAS）在 2021 年发布了 T/CASA 002-2021《宽禁带半导体术语》等 10 项标准。2017 年成立至今，初步构建了从衬底、外延、器件到应用的标准体系框架，围绕 SiC 功率器件制定了 SiC SBD/MOSFET 通用技术规范、热阻、功率循环、阈值电压等测试方法。下一步围绕 SiC、GaN 器件的测试与应用，CASAS 将持续开展产业空白领域的技术标准制定工作，扩大标准有效供给，为产业协同创新发展提供支撑。

图表 24　2021 年 CASAS 制定的标准列表

序号	标准号	标准名	状态
1	CASA 002—2021	宽禁带半导体术语	已发布
2	CASA 011.1—2021	车规级半导体功率器件测试方法	已发布
3	CASA 011.2—2021	车规级半导体功率模块测试方法	已发布
4	CASA 011.3—2021	车规级半导体功率 IPM 测试方法	已发布
5	CASA 013—2021	碳化硅晶片位错密度检测方法 KOH 腐蚀结合图像识别法	已发布
6	CASA 014—2021	碳化硅衬底基平面弯曲的测定 高分辨 X 射线衍射法	已发布
7	CASA 017—2021	第三代半导体微纳米金属烧结技术 术语	已发布
8	CASA 018—2021	微纳米金属烧结件剪切强度测试方法	已发布
9	CASA 019—2021	微纳米金属烧结体电阻率试验方法 四探针法	已发布
10	CASA 020—2021	微纳米金属烧结体热导率试验方法 闪光法	已发布
11	CASA 005—202X	基于硬开关电路的 GaN HEMT 电力电子器件动态电阻测试方法	起草阶段
12	CASA 012—202X	电动汽车用碳化硅（SiC）电机控制器评测规范	起草阶段
13	CASA 015—202X	碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管（SiC MOSFET）功率循环试验方法	委员会草案阶段
14	CASA 016—202X	碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管（SiC MOSFET）结壳热阻瞬态双界面测试方法	委员会草案阶段
15	CASA 021—202X	SiC MOSFET 阈值电压测试方法	起草阶段
16	CASA 022—202X	三相智能电表及小型线路终端用氮化镓场效应管通用技术规范	起草阶段
17	CASA 023—202X	宽禁带半导体封装用烧结银膏	起草阶段

数据来源：CASA Research

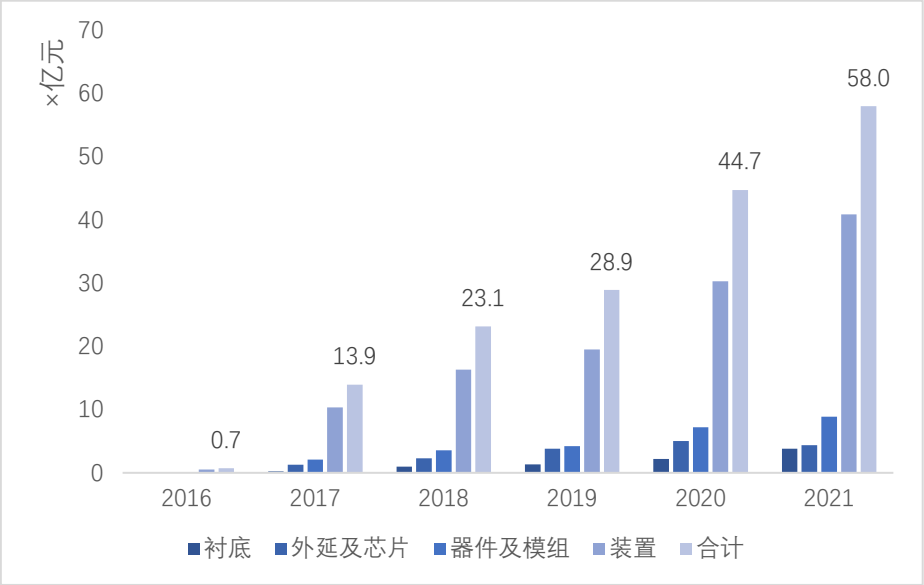
(三) 产线相继投产，上下游合作加强，投融资热情不减

1.各领域高速增长，推动产值超 7900 亿

随着“碳达峰、碳中和”战略的推进实施，绿色、低碳、清洁能源等技术将加速应用，第三代半导体材料作为实现高效电能转换技术的重要支撑获得快速发展，2021 年，我国第三代半导体产业整体总产值达到 7900 亿元（含 LED）。

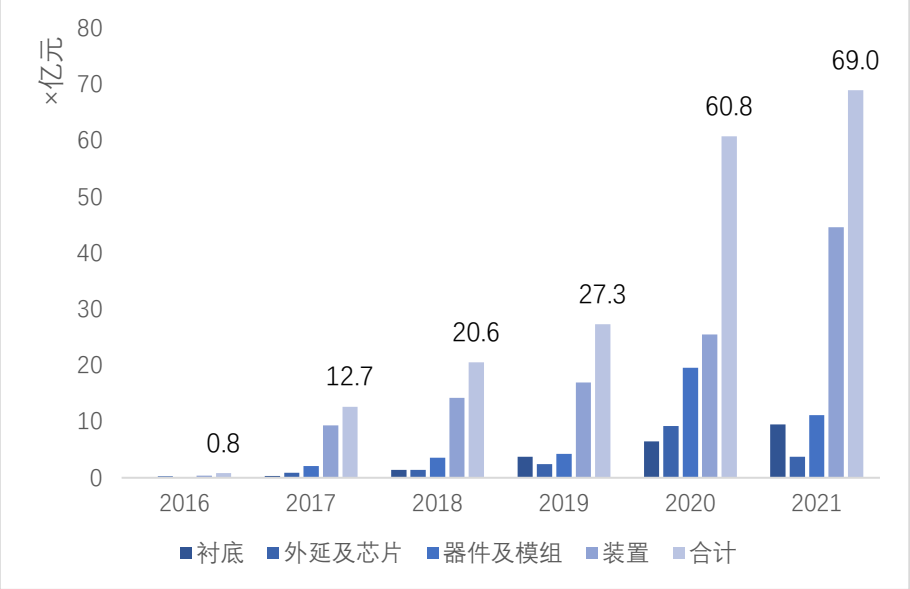
2021 年我国第三代半导体产业电力电子和射频电子两个领域实现总产值达 127 亿元，较 2020 年增长 20.4%。其中，SiC、GaN 电力电子产值规模达 58 亿元，同比增长 29.6%，衬底材料约 3.8 亿元，外延及芯片约 4.4 亿元，器件及模组约 8.9 亿元，装置约 40.9 亿元，其中衬底环节随着产能陆续开出，增长速度最快。而 GaN 微波射频产值达到 69 亿元，同比增长 13.5%，较前两年稍有放缓，近两年下游 5G 基础设施部署已经进入峰值，今年新部署量基本与去年持平。其中，衬底约 9.5 亿元，外延及芯片 3.7 亿元，器件及模组 11.2 亿元，装置约 44.6 亿元。

图表 25　2016-2021 年我国 SiC、GaN 电力电子产值规模（亿元）



数据来源：CASA Research

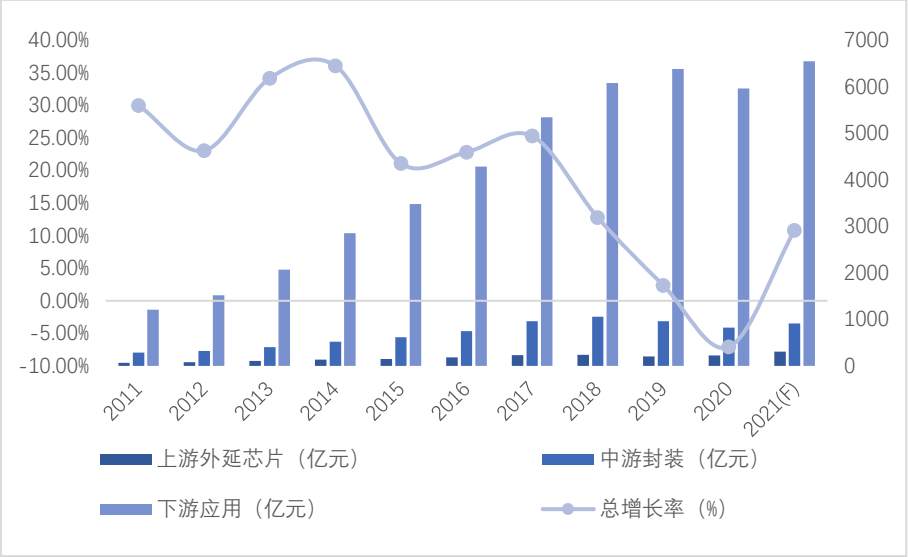
图表 26　2016-2021 年我国 GaN 微波射频产值规模（亿元）



数据来源：CASA Research

在半导体照明方向，2021 年，在通用照明出口强劲，显示市场回暖、Mini 背光渗透率提升等多因素带动下，我国半导体照明行业整体回温，2021 年总体产值为 7773 亿元，产值增速约 10.8%，其中上游外延芯片规模约 305 亿元，中游封装规模 916 亿元，下游应用规模 6552 亿元。

图表 27　2011-2021 年我国半导体照明产业各环节产业规模及增长率



数据来源：CSA Research

第三代半导体产业电力电子和射频领域各环节都呈现快速发展状态，衬底、外延及芯片产能加速扩张，成本持续降低，国内外主流厂家都制定了积极进取的市场策略。而中国拥有第三代半导体最大的应用市场，在新能源汽车、数据中心、5G、消费电子等强劲带动下，预计未来几年我国第三代半导体将继续保持高速增长。

2.SiC 为投资重点，披露达产产能超 57 万片

SiC 规划达产年产能超 57 万片（含 4/6 英寸）。根据 CASA Research 不完全统计，2021 年大陆地区 SiC 衬底环节新增投产项目 7 项，披露新增投产年产能超过 57 万片。三安半导体、国宏中能、同光科技、中科钢研、合肥露笑科技等企业相继宣布进入投产阶段。此外，微芯长江、南砂晶圆、泽华电子三家宣布 SiC 项目工程封顶。

GaN 领域，英诺赛科（苏州）8 英寸硅基 GaN 芯片量产；晶湛半导体 8 英寸年产 24 万片 GaN 外延项目开建；中博芯 6 英寸 Si 基

GaN 外延和 UV-LED 芯片项目投产。

图表 28　2021 年国内主要第三代半导体项目动态

领域	企业	发展动态
SiC	三安半导体	6 月，湖南三安半导体产业园一期项目 6 英寸 SiC 晶圆投产，全部达产后月产能可达 3 万片。
	国宏中能	6 月， SiC 衬底片项目投产，全部达产后预计年产 11 万片。
	微芯长江	8 月，主体工程封顶。
	同光科技	9 月， 4-6 寸 SiC 单晶衬底项目投产，全部达产后年产能 10 万片。
	南砂晶圆	9 月，南砂晶圆总部基地项目封顶。
	中科钢研	12 月，中科钢研 SiC 产业园项目年底投产。
	天科合达（北京）	11 月，“SiC 衬底产业化基地”一期项目完成封顶，预计 2022 年年初实现投产；二期项目已提上日程。
	合肥露笑	11 月，SiC 衬底一期项目进入正式投产阶段，另外，公司宣称 2021 年上半年开始陆续送样国内下游客户。
	泽华电子	12 月，SiC 封装项目厂房封顶。
GaN	英诺赛科（苏州）	6 月，8 英寸硅基 GaN 芯片量产。2021 年底产能达 6000 片/月，全部达产后将实现年产能 78 万片。
	晶湛半导体	11 月，8 英寸 GaN 项目开建，年产 GaN 外延片 24 万片。其中，6 英寸和 8 英寸 GaN 外延片年产能均为 12 万片，用于制造微波功率器件和电力电子功率器。
	中博芯	10 月，6 英寸 Si 基 GaN 外延和 UV-LED 芯片项目投产。

数据来源：CASA Research

3.强化战略合作确保供应链安全

在国际龙头企业战略合作、产能绑定，竞争日趋白热化背景下，国内企业在投资扩产，加快技术创新和产品开发的同时，更加注重上下游合作以完善产业链布局。一方面向上下游合作确保供应安全，如东莞天域跟露笑科技签订了战略合作协议。另一方面车企或配套企业强势进入第三代半导体领域，如吉利与芯聚能半导体、芯合科技合资成立了芯粤能，布局 SiC 芯片制造。此外瞻芯电子获得小鹏汽车战略融资，上汽集团、小鹏汽车、宁德时代等车企参与了天岳先进的配售，安世(闻泰)与上汽电驱动合作开发新能源汽车用 GaN 电机控制器。

4.第三代半导体受资本热捧，警惕投资过热

首家以第三代半导体为主营业务的企业成功 IPO。天岳先进作为国内 SiC 衬底龙头，以超千倍市盈率（TTM）的估值上市，市值一度超过 350 亿元，对国内其他第三代半导体企业形成积极鼓励。第三代半导体或将迎来上市潮。**上游材料成上市公司布局重点。**据不完全统计，截至 2021 年 12 月 31 日，已通过交易所互动平台或公告形式披露公司涉及第三代半导体产业链业务的 A 股公司共有 73 家，从上市公司募投项目看，上游材料是上市公司最为热衷的环节，不完全统计，上市企业（含 IPO 过会）募资超过 100 亿元集中于 SiC 材料环节，代表企业如晶盛机电、露笑科技、天岳先进等。**第三代半导体受风险投资青睐。**不完全统计，2021 年 60 家与第三代半导体有关的企业获得了 80 笔风险投资，有 43 笔披露的交易金额，披露的总金额合计约 139.76 亿元[1]。其中，21 家企业的 28 笔融资超亿元，积塔半导体战略融资 80 亿元高居榜首。分领域看，60 家获得融资的企业中，33 家涉足 SiC，26 家布局 GaN，大部分企业从事功率电子方向产品开发，仅有 7 家有射频电子相关业务。此外，在其他材料方向如 Ga_2O_3领域的铭镓半导体也获得了两轮融资。诚然，资本对行业的发展至关重要，但第三代半导体行业对技术、人才、资金都有较高要求，须防止资本过热一定程度上带来的无序发展和恶性竞争等负面影响。

1 披露为“数亿元”、“约亿元”、“超亿元”均按 1 亿元计，依此类推。

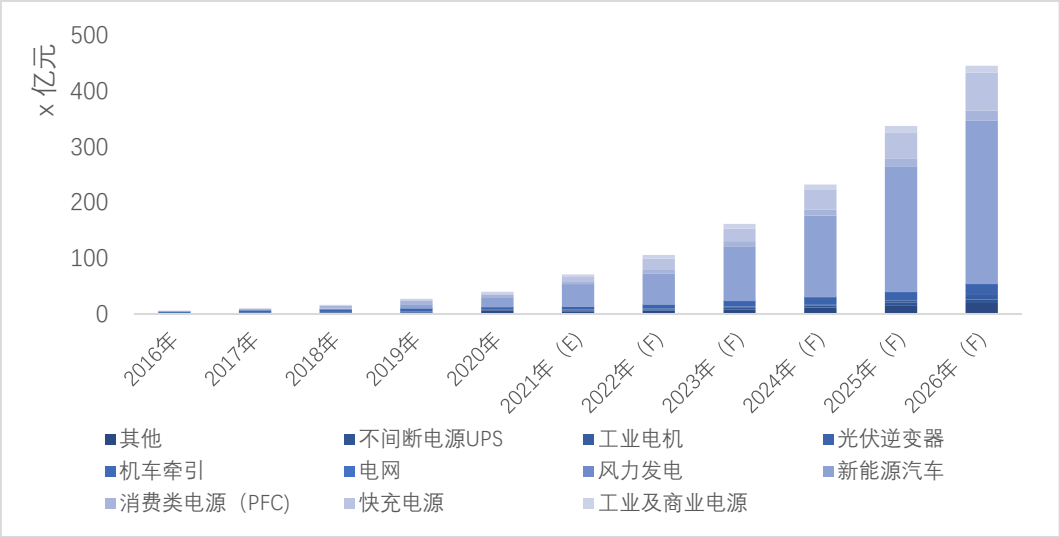
(四) 市场加速渗透，新应用逐步开启

2021 年，随着新能源汽车、PV 光伏、PD 快充市场爆方等原因拉动，我国第三代半导体 SiC、GaN 电力电子和 GaN 微波射频市场总规模达到 144.4 亿元，较 2020 年增长 28%。另一方面，尽管国内市场仍主要被国际大厂占有，但国内企业较前两年在新能源汽车、PD 快充等领域都有所突破，未来几年国产化率将有所提升。

1.第三代半导体功率市场规模超过 70 亿元

据 CASA Research 统计，2021 年国内 SiC、GaN 功率半导体市场规模约为 71.1 亿元，第三代半导体在电力电子领域渗透率超过 2.3%，较上年提高了 0.7 个百分点。市场增长的最大动力来自于新能源汽车市场（含充电桩），同时 PV 光伏、消费电子市场的爆发也是重要因素。

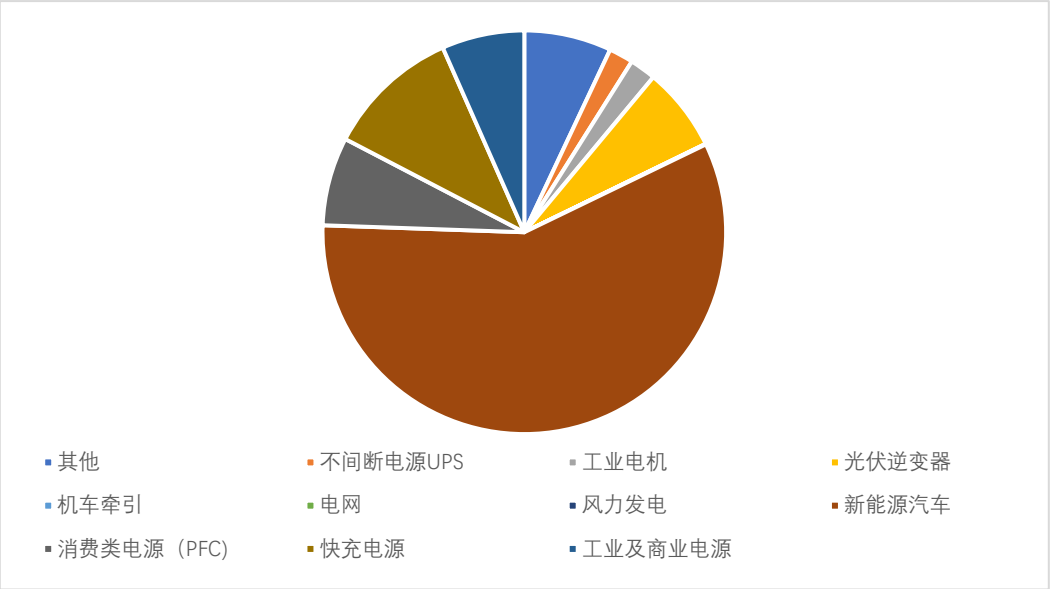
图表 29　2017-2026 年我国第三代半导体电力电子应用市场规模（亿元）



数据来源：CASA Research

未来五年，第三代半导体电力电子市场将保持 40%年均增速，到 2026 年市场规模有望达 500 亿元。其中，在中高压领域，新能源汽车及充电基础设施将是最大的应用领域，未来几年占整体市场比重将保持在 50%以上。

图表 30　2021 年我国第三代半导体电力电子应用市场结构



数据来源：CASA Research

在中压领域，PV 光伏、数据中心应用前景看好，年度增幅将超过 30%。在中低压、小功率电源领域，GaN 电力电子器件借助手机快充作为突破口，完成技术、生态和产业链的搭建，开始向其他消费电子市场进入，这个细分市场已经度过产品导入期，未来几年将进入高速成长期。

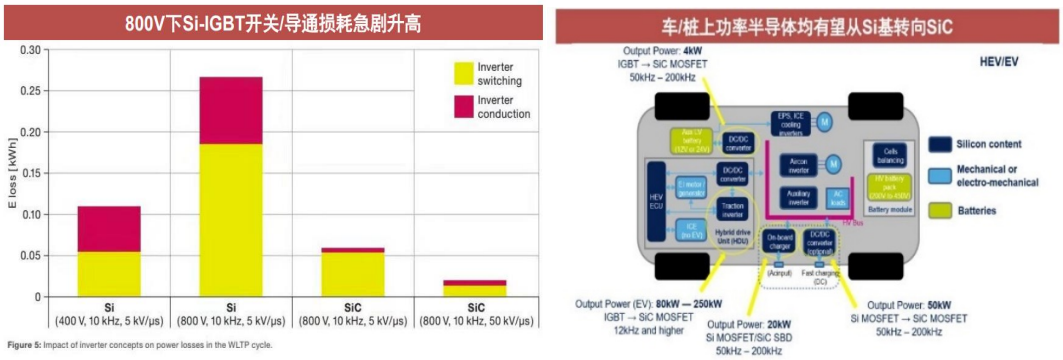
（1） 新能源汽车市场成为 SiC 半导体应用的主要驱动力

1）800V 高压平台发展趋势推动第三代半导体渗透提速

“SiC” + “800V” 组合逐步成为新能源汽车行业的布局热点，加快推动第三代半导体渗透提速。第三代半导体电力电子器件在耐压等级、耐高温、开关频率、开关损耗等方面的性能优势，使其成为 800V

趋势下最大受益元器件。目前业界已有至少 10 家车企（大众 PPE 平台、奔驰 EVA、现代 E-GMP、通用奥特能、小鹏、比亚迪 e 平台 3.0、东风岚图、吉利 SEA 浩瀚、广汽埃安、理想）宣传布局 800V 高压平台，从量产时间来看，各大车企基于 800V 系统的新车将于近两年陆续上市，但真正 800V 的产品进入市场预计要到 2024 年左右。从车型看，高端电动车或电动跑车将采用 800V 架构，而 400V 架构仍将是大众化市场的标准。

图表 31　SiC 与 IGBT 器件在电动汽车不同工况情况下的比较



数据来源：英飞凌，CASA Research

车企对半导体供应链重视程度加深，不少车企开始通过自主研发、投资参股或者建立联盟的方式，沿产业链向上布局 SiC、GaN，绑定产能并加快研发进展。广汽、上汽、小鹏、长城、北汽、奇瑞等众多车企参投功率半导体，而比亚迪、吉利、零跑均通过收购开始自主生产 SiC 功率产品。未来几年，SiC 产业将在电动汽车市场需求推动和产业链厂商积极入局下，不断取得突破性进展。此外，多家企业开始推动 GaN 在新能源汽车领域的应用，Nexperia、Transphorm、GaN Systems 等推出车规级 GaN HEMT 商业化产品。而 GaN 无线感应高频充电方案具有发展潜力，未来将更多地配备在高端电动车上。

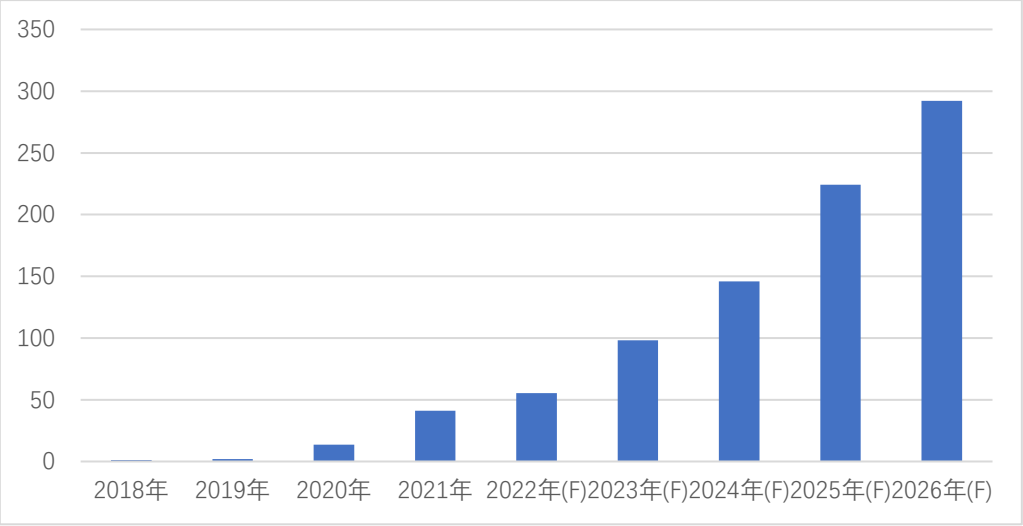
2）新能源汽车市场超过 40 亿

新能源汽车进入高速成长期。据中汽协数据，2021 年中国新能源汽车产量达到354.5万辆，同比增长约159.52%，市场渗透率达13.59%（2020 年为 5.42%）。市场普遍预期 2025 年我国新能源汽车销量将在 600 万辆- 900 万辆之间，我国新能源汽车产业进入高速成长期。

SiC 在新能源汽车渗透提速。据调研，续航里程 500km 以上车型的电机控制器 SiC 渗透率到 2023 年将到 100%；续航里程 400km-500km 新能源汽车车型电机控制器将在 2023 年左右开始使用 SiC 功率半导体，整体渗透率在 40%左右；续航里程 400km 以下车型电机控制器将在2025年以后使用SiC功率半导体，整体渗透率小于10%。而 OBC/DCDC 的市场渗透进度要远远高于电控。车型应用范围开始从高端车型往下探，如比亚迪新推出的 9 万-12 万元的经济车型中采用 SiC 平台，且支持 800V 的高压快充。

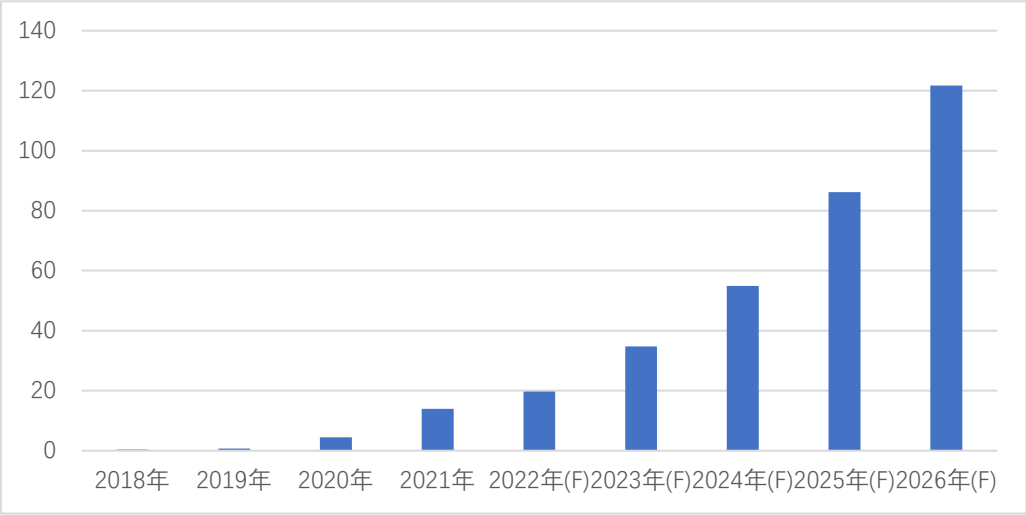
CASA Research 预计，2021 年车用 SiC、GaN 市场约为 40.5 亿元，到 2026 年将达到 267.3 亿元，年均增速约 45.9%；充电站/桩用第三代半导体电力电子市场约 5400 万元，2026 年约 24.9 亿元，年均增速 115%。折算成晶圆，国内 2021 年车用 SiC 晶圆需求量（折算 6 英寸）超过 15 万片，预计 2026 年需求量将超 100 万片。

图表 32　新能源汽车市场第三代半导体电力电子市场规模（亿元）



数据来源：CASA Research

图表 33　新能源汽车市场 SiC 晶圆需求预测（万片）



数据来源：CASA Research

（2） PV 光伏高速增长，消费电子持续爆发，

1）PV 光伏市场近 5 亿，未来五年增速将超过 30%

高效率、高功率密度，高可靠性和低成本是光伏逆变器的未来发展趋势。近年来光伏电站电压等级从 1000V 提升至 1500V，未来将进一步提升至 1700V 乃至 2000V，随着光伏行业迈入“后 1500V” 以及“20A 大电流”时代，要建成更大组串，进一步降低成本，需要降低组件工作电压和提高电站的电压等级，SiC、GaN 的性能优势凸显。据

Wolfspeed 数据，采用 SiC 后，光伏逆变器系统转化效率可从 96%提升到 99%以上，能量损耗降低 30%以上，功率密度增加 50%，能显著提高循环设备的使用寿命，降低系统的体积，节约系统成本 10%。

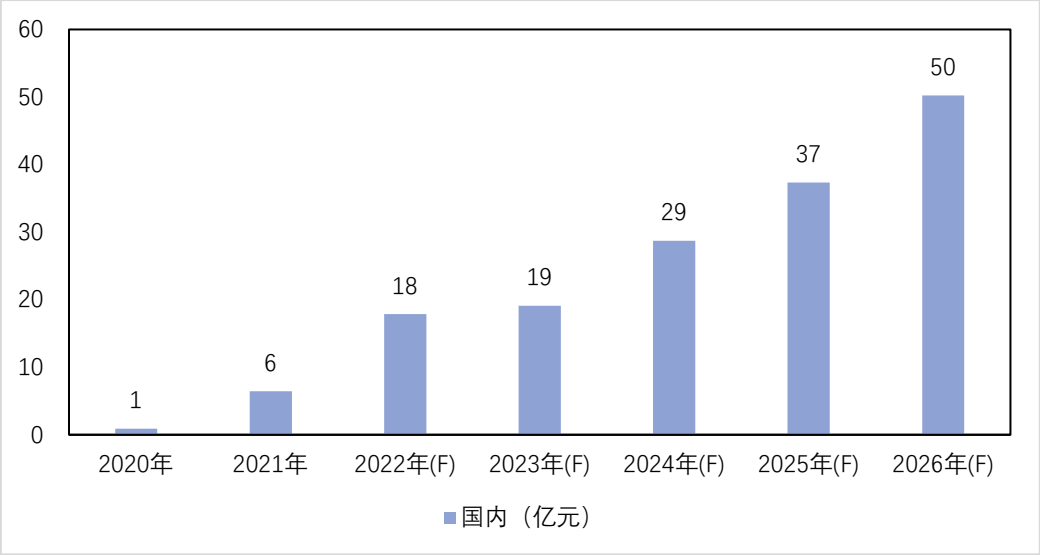
2021 年，整个光伏市场景气发展，光伏逆变器市场也迎来了发展风口。据中国光伏协会数据，2021 前 11 个月，中国大陆已新增光伏装机 34.83GW，增幅为 34.6％，预计全年将达 60GW，突破历史新高。在光伏领域，SiC、GaN 功率半导体的渗透率超过 13%，市场规模约 4.78 亿元，同比增长 56%。在“双碳”背景下，以光伏为代表的新能源未来几年将呈现高速增长，预计光伏用第三代半导体电力电子市场规模将接近 20 亿元，年均增速超过 30%。

2）GaN 快充渗透加速，从手机扩展至其他产品

随着 GaN 电力电子技术在手机、笔记本、平板、充电宝等消费电子快速普及，其在户外电源、新能源汽车、电动工具、汽车充气泵等产品领域也开始逐步突破。

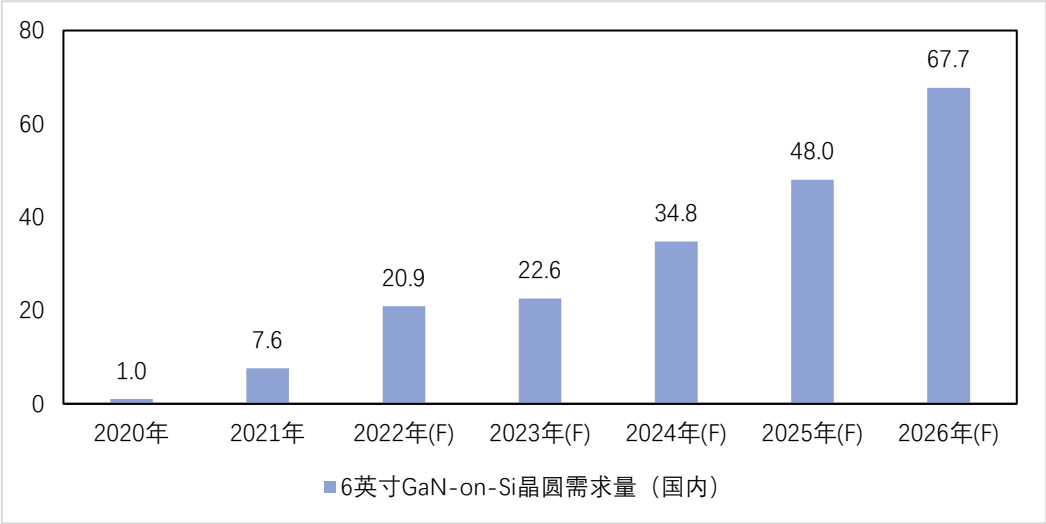
2021 年 GaN 快充作为手机的标配已经开始成为市场主流，百瓦级 GaN 快充产品增加。通过 PFC+LLC 拓扑结构，百瓦级 GaN 快充以 SiC 二极管搭配 GaN 开关管，同时实现提高使用效率和缩减体积，受到广大厂商推崇。**除 PD 快充以外，消费电子市场还有两个趋势值得关注**，一是大功率快充产品的前端PFC电路中采用了 GaN 电力电子器件，二是苹果、华为、三星等移动设备厂商在研发基于 GaN 的高频无线感应充电产品来提升移动产品的无线充电性能。这两个细分领域，有望成为之后 GaN 功率产品在消费电子领域的新增长点。

图表 34　PD 快充 GaN 电力电子器件市场规模（亿元）



数据来源：CASA Research 整理

图表 35　PD 快充 6 英寸 GaN-on-Si 晶圆需求量（万片）



数据来源：CASA Research 整理

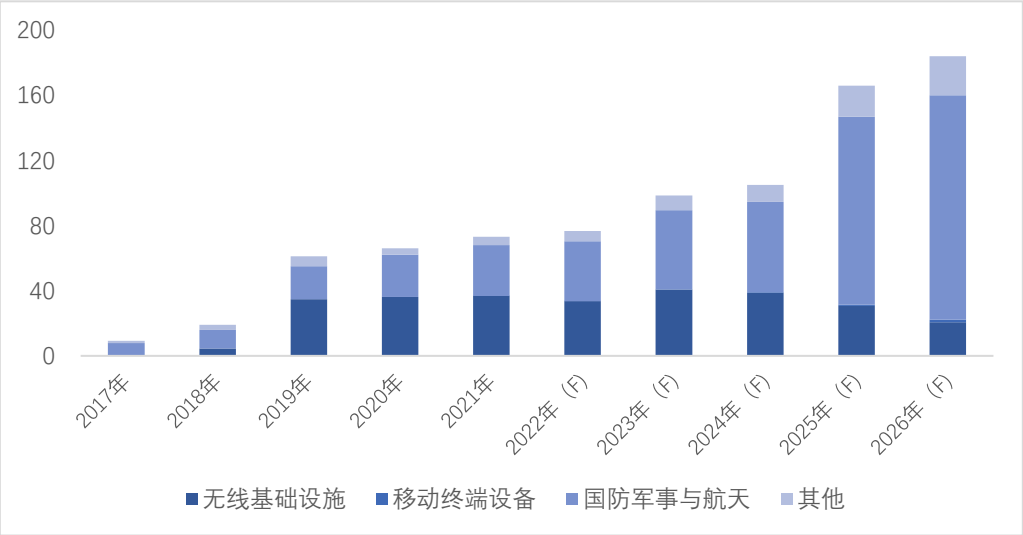
CASA Research 数据显示，2021 年国内 PD 快充用 GaN 电力电子器件市场规模约 6.5 亿元，预计 2026 年可达 50 亿元，年均增速约 50%，折算到上游晶圆需求量约为 68 万片。

2.GaN 微波射频市场规模达 73 亿元

据 CASA Research 统计，2021 年国内 GaN 微波射频市场规模为

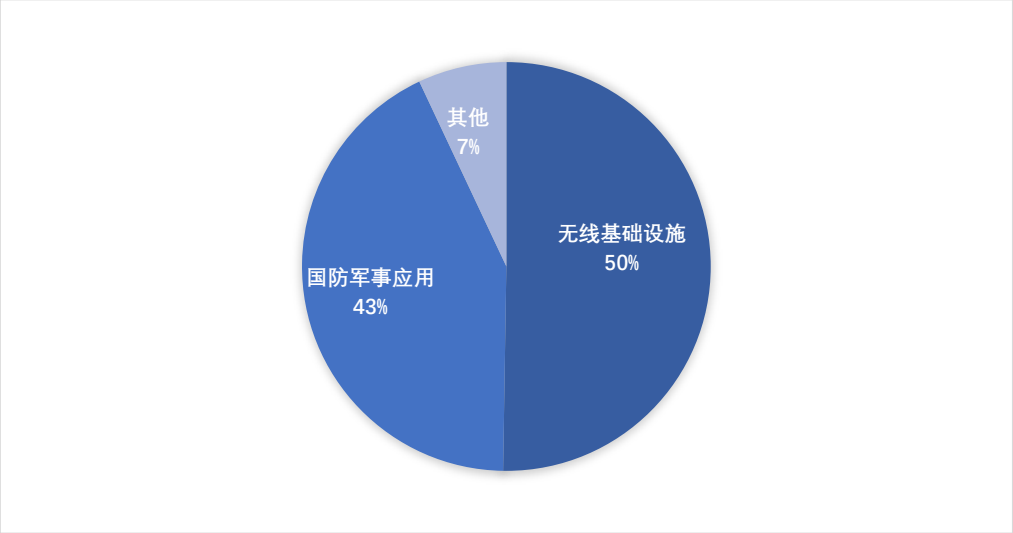
73.3 亿元，较上年同比增长近 11%。

图表 36　2017-2026 年我国 GaN 射频应用市场规模（亿元））



数据来源：CASA Research 整理

图表 37　2021 年我国 GaN 射频应用市场结构



数据来源：CASA Research 整理

无线基础设施建设是影响 GaN 微波射频器件市场规模变化的主要因素。全国各地 5G 宏基站建设在近几年达到高峰，过去两年均超过 60 万站。2021 年我国 5G 基站用 GaN 射频规模 36.8 亿元。2023 年以后，毫米波基站部署将成为拉动市场的主要力量，带动国内 GaN 微波射频器件市场规模成倍数增长。折算成晶圆来看，2021 年国内 5G 宏基站生产对 4 英寸 GaN 晶圆需求量约 8.4 万片，未来 5 年的总

需求将超过 60 万片。若毫米波基站开始部署，其 4 英寸 GaN 晶圆总需求约为 200-400 万片。

展望：奋进正当时，风劲好扬帆

2021 年，在新冠疫情反复和复杂多变的国际形势下，国内外第三代半导体产业均取得快速发展，下游应用市场相继爆发，上游晶圆供不应求，性能及成本即将达到产业化甜蜜点，产品进入高速导入期。同时，半导体产业的战略竞争进入白热化阶段，美欧日韩等通过投入巨额资金，组建产业联盟、针对性强化技术和产业封锁等措施，以确保自主发展和供应链安全，加快抢占竞争制高点。

“十四五”是我国第三代半导体产业从“有无”到解决“能用”和“卡脖子”问题，实现全产业链能力和水平提升，整体国际同步，局部实现超越的关键阶段。要实现这一目标，迫切需要政产学研用紧密合作，着力突破材料和器件关键技术、加快可靠性验证、完善标准体系、推动国产替代应用、强化人才培育和引进，构建要素齐全、创新活跃、开放协同的产业生态。

经过 20 多年发展，我国第三代半导体产业已取得长足进步，正处于从受制于人、跟跑到实现并跑、部分领跑的历史性转折阶段，重任在肩，更须砥砺奋进，要牢牢把握历史机遇，充分利用国内制造和市场优势，加快核心突破，实现跨越发展，重塑全球半导体竞争格局。

共创、共建、共享、共赢

第三代半导体产业技术创新战略联盟

CHINA ADVANCED SEMICONDUCTOR INDUSTRY INNOVATION ALLIANCE

010-82388680

北京海淀区清华东路甲35号中科院半导体所5号楼5层

casa@casa-china.cn