



CASA

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

第三代半导体产业发展报告

2020



第三代半导体产业技术创新战略联盟

2021年4月

目 录

前 言.....	II
一、国际第三代半导体产业进展.....	1
（一）各经济体以前所未有的力度扶持半导体产业.....	1
（二）技术和产品商业化加速.....	3
（三）龙头企业不断完善全产业链布局.....	11
（四）市场规模持续增长.....	14
二、中国第三代半导体产业进展.....	21
（一）各级政策联动，扶持力度不断增强.....	21
（二）研发实力提升，与先进水平差距缩小.....	28
（三）政策市场双轮驱动，产业规模保持高速增长.....	38
（四）市场加速渗透，新应用逐步开启.....	52
三、总结与展望.....	64

前 言

当前，国际上第三代半导体材料、器件已实现了从研发到规模性量产的成功跨越，并进入产业化快速发展阶段，在新能源汽车、轨道交通、5G 通信、光伏并网、消费类电子等多个重点领域实现了应用突破。未来 5 年将是第三代半导体产业发展的关键期，全球资本加速进入第三代半导体材料、器件领域，产能大幅度提升，企业并购频发，正处于产业爆发前的“抢跑”阶段。第三代半导体是我国“十三五”时期重点布局的方向，产业化核心技术取得突破、产业布局较为全面、市场应用逐步开启，自主可控能力逐渐增强，整体竞争力不断提升。

2020 年，我国第三代半导体产业面临复杂的外部环境。全球新冠疫情持续蔓延，世界经济严重衰退，国际贸易投资萎缩，中国经济面临的不稳定、不确定因素显著增多；逆全球化思潮泛滥、贸易战频发，中美、日韩等贸易战给全球半导体和电子制造商带来了供应链安全风险；国际第三代半导体龙头企业显现领先优势，逐步建立行业壁垒，或对国内产业造成一定冲击。与此同时，多因素促成我国第三代半导体产业逆势上涨。提振信心的 5G、AI、物联网、大数据等市场提速，新能源汽车、PD 快充、5G 和新型显示时代的来临，应用市场对第三代半导体的需求已经开始呈现出前所未有的增长趋势。下游企业从供应链安全角度考虑，导入国产器件，国内产品获得了试用、改进的机会；政策支持力度更大、资本市场更活跃，推动第三代半导体产业链布局加快；新基建、“碳达峰、碳中和”的政策与规划密集推出，第

三代半导体材料和器件应用于清洁能源领域如光伏、风电等，以及提升能源使用效率领域如直流特高压输电、新能源汽车、轨道交通等，将对实现“碳达峰、碳中和”起到至关重要的作用。

在此背景下，我国第三代半导体产业持续稳定发展。**技术方面**，研发能力逐步提升，量产技术逐渐成熟。国际 SiC 商业化衬底以 6 英寸为主，逐步向 8 英寸过渡；国内 SiC 商业化衬底以 4 英寸为主，逐步向 6 英寸过渡；国内外 SiC 基 GaN 外延片主流尺寸为 4 英寸，并逐步向 6 英寸发展；Si 基 GaN 外延片主流尺寸为 6 英寸，并逐步向 8 英寸发展。SiC MOSFET 产品相继推出，车规级成为关注焦点，多家企业推出符合 AEC-Q101 标准的 SiC、GaN 量产产品。GaN 电力电子器件实现 650V 产品量产能力，主要应用于 PD 快充。商业化 GaN 射频器件供应上量，下游应用市场快速开启。黄光 LED 芯片发光效率达到 27.9%，世界领先；UVA 波段紫外 LED 已有成熟的商业化产品并能满足应用的需求，外量子效率已超过 40%；UVC 波段深紫外 LED 产品的外量子效率约 5%。Mini/Micro-LED 技术取得了较快速的进展，Mini-LED 背光产品密集发布，规模商业化应用已经开启；Micro-LED 巨量转移效率不断提升，多家厂商展出样机。**产业方面**，国际主要企业大力完善产业布局，通过调整业务领域、整合并购等方式，树立市场优势地位；国内企业强化布局，第三代半导体产业进入扩张期；产线陆续开通，大尺寸晶圆渐成主流；产能进一步增长，供给仍然不足。**市场方面**，SiC 功率器件价格持续下降，与 Si 器件价差进一步缩小；新能源汽车成为市场的主要拉动力，上下游合作趋势日益明显，

第三代半导体产品加速进入汽车供应链；5G 基站开始大规模建设，整体市场超千亿；快充市场爆发，对第三代半导体的需求呈现了前所未有的增长趋势；Mini/Micro-LED 以及紫外 LED 市场前景较为明确，产业化应用逐步开启。资本方面，整合并购频发，资本加速进入，国内投资金额超过 700 亿元。

我国第三代半导体产业已经开始由“导入期”向“成长期”过渡，自主可控能力不断增强，整体竞争实力不断提升。随着技术的逐步提升，产品体系日益完善，第三代半导体在能源互联网、5G 基站建设、新能源汽车及充电桩、大数据中心、消费类电子、特高压人工智能、城际高速铁路和城市轨道交通、特高压等新应用市场不断“开疆拓土”。

一、国际第三代半导体产业进展

（一）各经济体以前所未有的力度扶持半导体产业

随着全球贸易摩擦持续和以美国为主导的逆全球化浪潮加剧，半导体作为信息产业的基石，近两年来一直是各国贸易战的焦点。进入2020年，随着全球新冠疫情的爆发，美国技术封锁和贸易禁令的升级、日韩半导体产业之争的持续，欧洲、韩国半导体产业受到了直接的冲击，而与此同时，美国、日本也未能独善其身，从而意识到没有国家能在半导体技术和产业领域保持完全的自主可控。由此，2020年发达国家均不约而同将半导体技术和产业上升到国家安全战略层面，考虑以国家级力量进行技术研发、产业链发展、原材料、生产制造等多维度、全方位的部署抢占制高点。

据不完全统计，2002年-2019年，美国共计出台了23项第三代半导体相关的规划政策，总投入经费超过22亿美元。2020年全年，虽然美国并未正式出台相关政策，但对外持续阻断华为、中兴等企业的供应链，通过贸易禁令逼迫欧洲第三代半导体企业停止向中国供货，对内不断提升半导体和微电子领域的优先级，并提案以空前力度进行技术研发和产业化扶持，本年度相关提案涉及的经费超过480亿美元。美国参议院议员提出的《为芯片生产创造有益的激励措施法案》旨在资助美国政府机构运行的芯片制造项目，涉及经费超230亿美元，具体措施包含对产业化项目的资助、对研发的资金支持等。《2020美国晶圆代工法案（AFA，The American Foundries Act Of 2020）》提出了五项振兴美国本土芯片产业的措施，涉及经费250亿美元。美国

半导体行业协会（SIA）和半导体研究公司（SRC）联合发布《半导体十年计划》报告，呼吁美国政府在未来十年内增加两倍的联邦拨款（即每年增加 34 亿美元）用于半导体研究。

图表 1 美国 2020 年设立的部分第三代半导体相关研发项目

出资方	承担单位	项目金额	研发内容
美国能源部	纽约州立大学	62.5 万美元	研究降低用于高性能应用（例如汽车，工业，航空）的 SiC 功率器件的制造成本。
美国能源部	DELTA 公司	700 万美元	研发极速 EV 充电器的固态变压器
美国国防部	Qorvo 公司	7500 万美元	建造先进异质集成封装（SHIP）射频制造和原型设计中心，以满足下一代相控阵雷达系统、无人车、电子战平台和卫星通信的尺寸、重量、功率和成本要求。

数据来源：CASA Research 整理

2020 年，欧盟 24 个国家中有 17 个国家联合发布了《欧洲处理器和半导体科技计划联合声明》，宣布了未来 2-3 年内对半导体领域的投入将达到 1450 亿欧元。英国“脱欧”后也积极布局半导体技术和产业发展。英国国防部发布了《2020 年科技战略》报告，提出为了避免落后于竞争对手，英国必须通过发展科学技术，抓住机遇，先发制人，从根本上提高对当前和未来技术的认识，集中精力应对国防领域面临的重大且持久的挑战。随后英国学术界和工业界共同发布了《低损耗电子材料路线图》，为英国 SiC、GaN 等宽禁带半导体材料以及 Ga₂O₃、金刚石、AlN 等超宽禁带半导体材料的发展路径指明了方向。

图表 2 欧盟和英国 2020 年设立的部分第三代半导体相关研发项目

出资方	承担单位	项目金额	研发内容
欧盟 GaNext 项目	英国 Cambridge GaN Devices（CGD）公司牵头，13 个欧洲相关企业和研究机构参与	1030 万欧元	研发带有集成传感器和控制器的全球最紧凑、最具能效的 650V GaN 功率模块。

英国南威尔士州		2544 万英镑	CSconnected 项目启动了化合物半导体产业集群建设重大项目，使英国能够在 5G 通信、电动汽车、医疗设备等关键领域保持全球影响力。
德国研究部		4500 万欧元	补充经济部现有的芯片生产供资计划，并扩大微电子研究计划。

数据来源: CASA Research 整理

日韩半导体产业之争刺激了韩国政府大力培育本土产业链。韩国于 2020 年 6 月，抛出万亿韩元半导体振兴计划，从 2020 年到 2029 年在系统级芯片（SoC）领域投资总计 1 万亿韩元（约 59 亿元人民币）。日本大力巩固第三代半导体领域技术优势，日本经济省准备资助日企和大学围绕 GaN 材料部署研发项目，预计 2021 年将拨款 2030 万美元，未来 5 年斥资 8560 万美元。

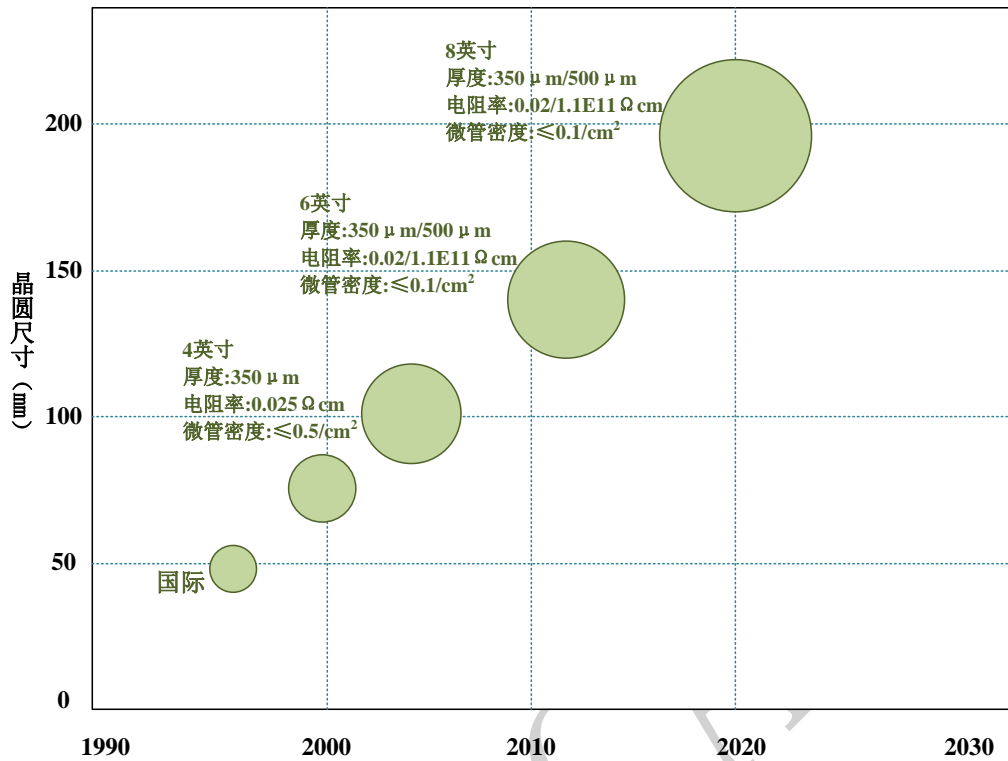
（二）技术和产品商业化加速

1.SiC 技术和产品进展

（1）衬底及外延

SiC 衬底方面，国际上 6 英寸 SiC 衬底产品实现商用化，主流几大厂家均推出 8 英寸衬底样品，微管密度达到 0.6cm^{-2} ，预计 5 年内 8 英寸将全面商用。目前国外从事 SiC 单晶生长研究的企业主要包括美国的 Cree | Wolfspeed, Dowcorning、II-VI；德国的 SiCrystal（被日本 ROHM 收购）；瑞典的 Okmetic；日本的 Showa Denko。Cree | Wolfspeed、II-VI 等国际龙头企业已开始投资建设 8 英寸 SiC 晶片生产线，Cree | Wolfspeed 预计将在 2022 年上半年开始量化生产。**SiC 外延方面**，6 英寸产品实现商用化，已经研制出 8 英寸产品，可满足中低压、高压、超高压功率器件制备要求。

图表3 国外 SiC 衬底技术进展



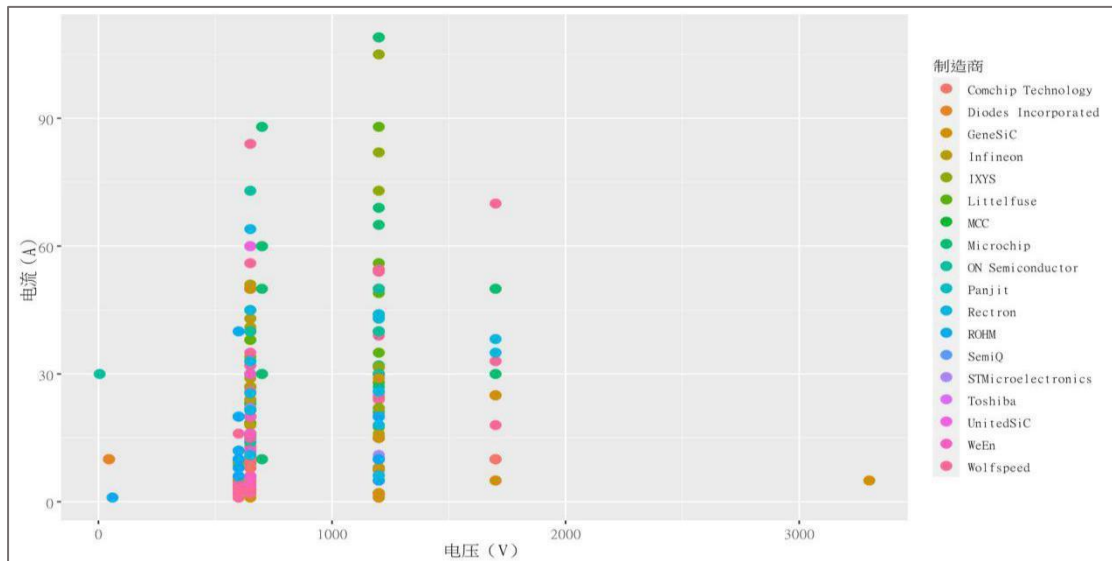
数据来源: CASA Research 整理

(2) 电力电子器件及模块

SiC 电力电子器件方面, 6 英寸产线工艺成熟, Cree | Wolfspeed、II-VI 正在投资建设 8 英寸生产线。SiC 二极管量产产品的击穿电压主要分布在 600V-3300V, 电流覆盖 2A-100A; SiC 晶体管量产产品的击穿电压主要分布在 650V-1700V, 导通电流超过 100A。

SiC 二极管方面, 2020 年, 国际上有超过 20 家公司量产 SiC 二极管系列产品, 击穿电压主要分布在 600V-3300V, 单芯片导通电流最高达 109A (Littelfuse, 1200V/109A)。Mouser 数据显示, 2020 年共有约 800 款 SiC SBD 产品在售, 较 2019 年新增 122 款, 中高压商业化产品逐年增多。其中, 80% 以上的产品耐压范围集中在 650V 和 1200V; 1700V 的 SiC SBD 产品达到 21 款, 与 2019 年相比新增 6 款, 3300V SiC SBD 产品约 3 款 (GeneSiC, 3300V/5A)。

图表 4 国际上已经商业化的 SiC SBD 的器件性能



数据来源: Mouser, CASA Research

SiC 晶体管方面，2020 年，国际上共有 10 余家公司推出 211 款 SiC MOSFET 系列产品，较 2019 年新增 70 款，击穿电压基本集中在 650V 和 1200V。商业化产品单芯片导通电流最高达 140A（Microchip/Microsemi，700V/19mΩ），较 2019 年（120A）有所提升；最高击穿电压达到 6500V（GeneSiC）。

图表 5 2020 年国际企业新推出的 SiC MOSFET 产品

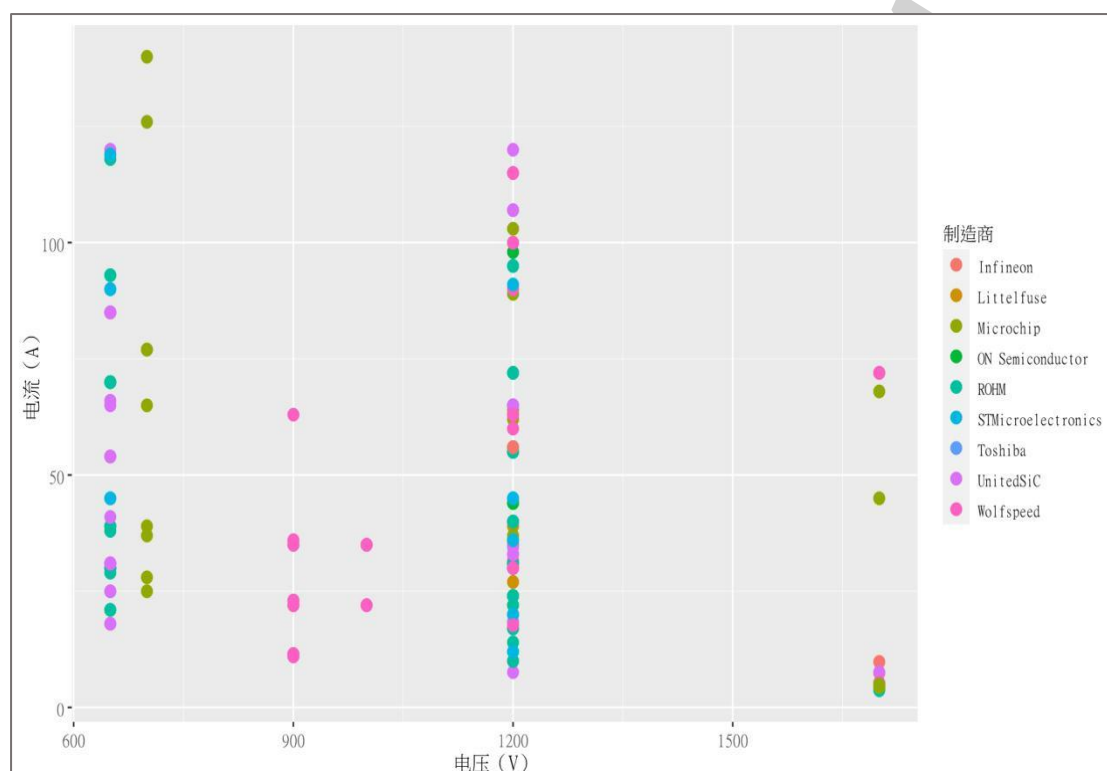
序号	厂商	参数	特点
1	ROHM	1200V	第四代产品；双沟槽结构；与上一代产品相比，开关损耗降低了约 50%，单位面积的导通电阻降低了约 40%。
2	Cree Wolfspeed	650V/15mΩ 650V/15mΩ	第三代产品；与同类 SiC MOSFET 相比，其开关损耗降低了 20%，并提供了最低的导通态电阻。
3	Infineon	1700V	SMD 封装；最高输入电压为 1000V DC。
4	UnitedSiC	750V/18mΩ 750V/60mΩ	第四代产品；市面上首款 750V SiC MOSFET 产品。
5	GeneSiC	6.5kV	量产 6.5kV SiC MOSFET；最高电压等级产品；采用 SiC 双注入 MOSFET 器件结构。

数据来源: CASA Research 整理

国际企业纷纷密集推出新一代的 SiC MOSFET。Cree | Wolfspeed 推出第三代 SiC MOSFET 新产品，击穿电压 650V，导通电阻降低到

15mΩ, 开关损耗降低了 20%; ROHM 推出 1200V 第 4 代 SiC MOSFET 产品, 与上一代产品相比导通电阻由 25mΩ 降低到 15mΩ; UnitedSiC 推出市面上首款 750V SiC MOSFET 产品。而 Cree | Wolfspeed、ROHM、Infineon 等均已推出车规级 SiC MOSFET 产品, 与国内产品相比, 其元胞尺寸更小、比导通电阻更低、阈值电压更高。

图表 6 国际已经商业化的 SiC 晶体管器件性能



数据来源: Mouser, CASA Research

SiC 功率模块方面, 当前产品最高电压等级为 3300V, 最大电流 700A, 最高工作温度为 175℃, 功率范围为 10kW-350kW, 代表企业有 Cree | Wolfspeed、Infineon、ROHM、安森美、三菱电机、富士电机、日立、Semikron 等。在研发领域, SiC 功率模块最大电流容量达到 1200A, 最高工作温度达到 250℃, 通过采用芯片双面焊接、新型互联和紧凑型封装等技术来提高模块性能。

图表 7 2020 年国际企业新推出的 SiC 功率模块产品

序号	企业	参数	特点
1	安森美	1200V	该模块集成了一个 1200V, 40mΩ 的碳化硅 MOSFET 和 1200V, 40A 的碳化硅双升压二极管。用于太阳能逆变器应用, 解决了太阳能逆变器在高功率水平下对更高系统效率的需求。
2	Infineon	1200V 6mΩ/250A 3mΩ/357A 2mΩ/500A	采用成熟的 62mm 器件半桥拓扑设计, 以及沟槽栅芯片技术, 达到 250kW 中等功率以上应用, 超过硅 IGBT 技术在 62mm 封装的功率密度极限。
3	CISSOID	1200V/450A	提供了一种一体化解决方案, 即整合了内置栅极驱动器的三相水冷式碳化硅 MOSFET 模块。相比最先进的 IGBT 功率模块, 其将损耗降低了至少三倍。
4	三菱电机	——	第二代产品; JFET 掺杂技术; 与第一代相比导通电阻降低了约 15%
5	日本电装	——	量产搭载了高品质 SiC(碳化硅)功率半导体的新一代升压用功率模块。

数据来源: CASA Research 整理

2. GaN 技术和产品进展

(1) 衬底及外延

GaN 单晶衬底方面, 美、日、欧均已量产 2 英寸 GaN 单晶的制备, 位错密度到 10^6cm^{-2} , 日本成功研制了 4 英寸 GaN 衬底, 并突破了 6 英寸关键技术, 代表企业有住友电工、三菱化学、古河机械等。

GaN 异质外延方面, 各技术路线均有较大进展, 关键驱动因素是技术稳定性和成本。**GaN 电力电子应用**方面, Si 基 GaN 外延片主流尺寸为 6 英寸, 代表企业有 IQE、EpiGaN 等; 蓝宝石基 GaN 外延片尺寸为 4 英寸, 代表企业有 Power Intergrations; GaN 基 GaN 外延片主流尺寸 2 英寸, NexGen Power Systems 和 Odyssey Semiconductor 已经推出了商业化外延产品以及沟槽型电力电子器件。**GaN 射频应用**方面, SiC 基 GaN 外延片 4 英寸和 6 英寸并存, 6 英寸代表企业有

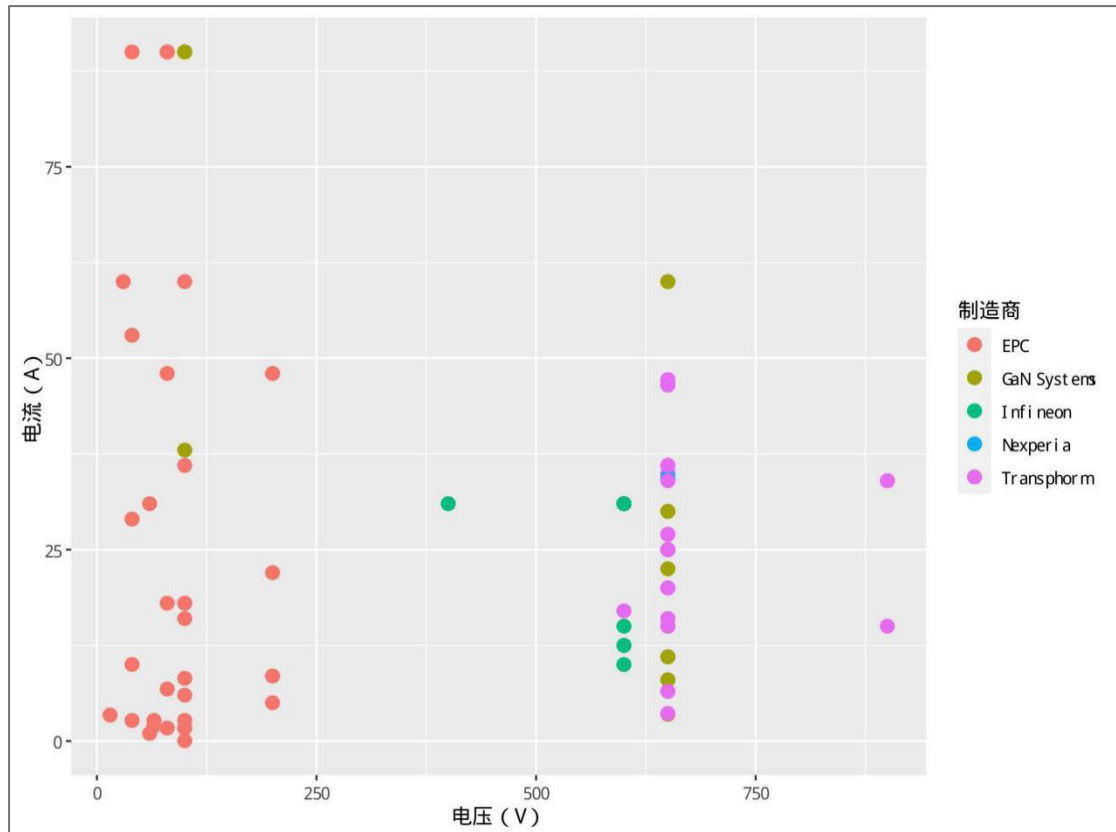
Cree | Wolfspeed、Qorvo、NXP，4 英寸代表企业有住友电工；Si 基 GaN 射频应用属于非主流路线，但其成本优势在未来有较大竞争力，外延尺寸 4 英寸和 6 英寸并存，代表企业有 OMMIC（被四川益丰收购）和 MACOM。GaN 光电子应用方面，LED 照明以及 UVA 紫外 LED 用蓝宝石基 GaN 外延片主流尺寸为 4 英寸，UVB/UVC 紫外 LED 用蓝宝石基 GaN 外延片主流尺寸为 2 英寸；Mini/Micro-LED 市场主推 Si 基 GaN 技术，实现 8 英寸外延产品的产业化；蓝/绿光激光器 GaN 基 GaN 外延片主流尺寸 2 英寸，代表企业有日本 Nichia、德国 Osram 等。

（2）电力电子器件及模块

GaN 电力电子器件方面，已经形成批量的 GaN 电力电子产品供货能力。国际上 6 英寸工艺产线成熟，Infineon 正在投资建设 8 英寸生产线。面向消费类应用的低压器件（300V 以下）、中压器件（600-900V）均具有量产能力，但高压器件仍然较少。

2020 年，国际上有超过 10 家公司量产 GaN 电力电子产品。击穿电压主要集中在 300V 以下和 650V，导通电流最高 90A（EPC，40V/80V；GaN System，100V）。Mouser 数据显示，2020 年共有约 150 款 GaN HEMT 系列产品在售，较 2019 年新增 30 款左右。EPC 推出的产品最多（61 款），Transphorm 的产品最高耐压值达到 900V，GaN Systems 的产品耐压集中在 100V 和 650V。安世在推出了 650V 工业级的 GaN 产品后，也将 GaN 芯片引入散热更好、寄生电感更低的新型封装，打造完全符合车规要求的产品。

图表 8 国际上已经商业化的 GaN 电力电子器件性能



数据来源: Mouser, CASA Research

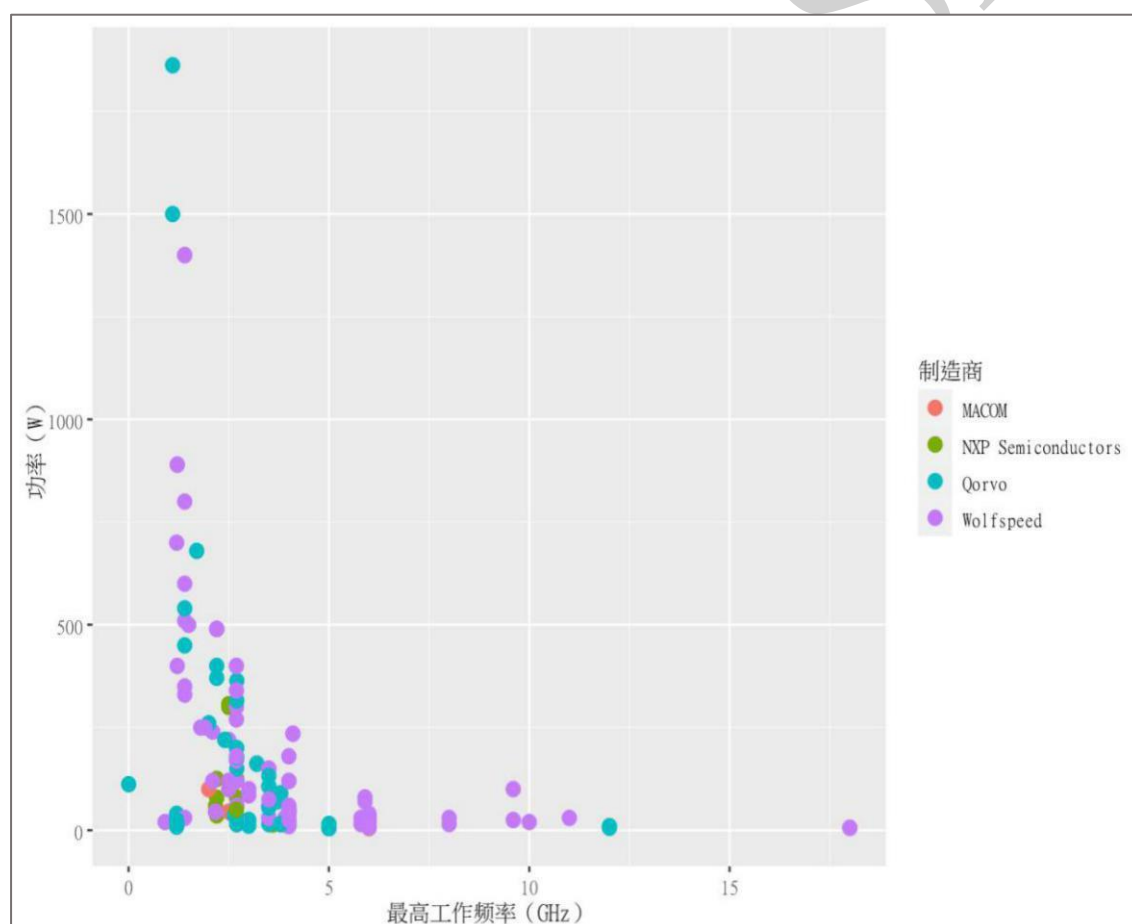
(3) 射频器件/模块

GaN 射频器件/模块方面，产品线持续扩充完善，各类技术并行发展。据 Mouser 和 Dikey 数据显示，截至 2020 年底，在售 GaN 射频器件和功率放大器共计 519 款，较 2019 年增加 70 款。GaN 射频器件最高工作频率 18GHz(Cree | Wolfspeed)，输出功率最高达到 1862W (Qorvo, 1.0-1.1GHz)；GaN 功率放大器最大功率达到 800W，最大工作频率为 38GHz。

SiC 基 GaN 器件是射频市场主流产品和技术解决方案。国际主流尺寸 4-6 英寸，4 英寸产线代表企业为日本住友 (Sumitomo) 和台湾稳懋，在 6GHz 以内各频段都有标准产品，输出功率 40W-400W。

6 英寸产线主要集中在美国，代表企业 Cree | Wolfspeed、Qorvo 和 NXP，在 0.5GHz-6GHz 工作频段内输出功率为 10W-1400W。Si 基 GaN 射频器件并非主流方案，但考虑其成本优势，也有不少企业在布局，产线主要为 4 英寸/6 英寸。国际代表企业为美国 Macom 公司，有 4、6、8 英寸 Si 基射频 GaN 器件工艺，其 0.5 μ m 工艺提供 6GHz 及以下频率分立器件与放大器模块，5W 6GHz 的分立器件效率>50% (@5.8GHz)。

图表 9 国际上商业化的 GaN 射频产品性能



数据来源: Mouser, CASA Research

图表 10 2020 年国际企业推出的 GaN 射频产品

序号	厂商	产品	参数	特点
1	三菱电机	PA	工作频率 3.4-3.8GHz, 功率效率超过 43%	5G 应用。实现了紧凑型(6mm x 10mm)的组合。
2	Qorvo	PA	工作频率 2.9-3.5 GHz; 功率	国防和商用雷达应用。表面贴装封装

			150W; 功率附加效率 (PAE) 58%	工艺, 进一步减小芯片尺寸 7x7x0.85mm。该产品已向客户提供。
3	MACOM	PA	MAPC-A1000: 工作频率 30MHz-2.7GHz; MAPC-A1100: 工作频率 3.5GHz	这两种新通用放大器产品适用于航空电子, 大功率移动无线电, 无线系统和测试仪器。
4	Empower	PA	最大功率 10kW, 占空比 6%	主要用于国防雷达和干扰系统。

数据来源: *CASA Research* 整理

(4) 光电器件

国际 Mini/Micro-LED 技术取得了较快速的进展。巨量转移效率不断提升, 产品持续创新, 市场发展迅速, 使 2020 年成为了 Mini/Micro LED 元年。ALLOS 开发出 200mm 及 300mm 的 GaN-on-Si Micro-LED 晶圆、X-Display 与 Daktronics 合作, 加速巨量转移及显示应用技术开发、Plessey 与 Facebook 合作打造 Micro-LED AR/VR 显示应用, 联手 Compound Photonics 开发 0.26 英寸 Micro-LED 显示器、索尼推出 219 吋 4K Micro-LED 显示器、首尔半导体推出 40 μ m RGB LED 封装、三星推出多款 Micro-LED 显示器、我国台湾地区鏖创携手友達开发 9.4 吋 30 μ m 的 Micro LED 柔性显示器。但当前 Micro-LED 距离实现产业化, 仍需解决高度一致性的外延技术、微米级的芯片制造工艺、超高效的巨量转移技术、全彩实现技术、TFT、驱动及背板设计、高效的坏点检测修复技术等难点。

(三) 龙头企业不断完善全产业链布局

全球第三代半导体仍然由美日欧企业主导。据 Yole 数据显示, Cree | Wolfspeed、ROHM、Infineon、Mitsubishi 和 ST 五家企业合计占有 SiC 功率半导体 80% 的市场份额, EPC、Transphorm、GaN system、Infineon 四家企业合计占有 GaN 功率半导体 90% 的市场份额, 住友

电工、Cree | Wolfspeed 和 Qorvo 三家企业合计占有 GaN 射频 85% 的市场份额。

国际龙头企业大力完善产业布局，强化竞争优势。第一，国际企业上下游延伸趋势日益明显，全产业链布局进一步提升竞争优势。Cree | Wolfspeed 收购 Infineon 射频（RF）功率业务，强化了其在 RF 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；ROHM 收购 SiCrystal，上游延伸至 SiC 衬底；II-VI 收购 Ascatron AB 和 INNOViON Corporation 建立 SiC 垂直集成平台，同时计划建立射频 GaN-on-SiC 技术平台；ST 收购 Norstel，上游延伸至 SiC 衬底。第二，国际企业已经完成大规模扩产，2020 年-2022 年产能将逐步释放。Cree | Wolfspeed 在 2024 年前产能扩充 30 倍；ROHM 在 2024 年前产能扩充 16 倍；II-VI 计划产能扩充 5-10 倍；住友电工 2020 年产能较 2017 年扩大 10 倍。Cree | Wolfspeed、Infineon、ROHM、ST、X-Fab 等大厂均已实现 6 英寸产线量产，预计 2022 年升级到 8 英寸产线。

图表 11 国际主要企业布局情况

企业	布局情况
Cree Wolfspeed	<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。
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。
II-VI	<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。
ST	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。
Infineon	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；
三菱电机	1.SiC 晶圆产线从 4 英寸过渡到 6 英寸，并完成了第二代生产线部署； 2.日本广岛的功率半导体晶圆厂将于 2021 年正式启用； 3.在变频家电和轨道牵引领域市场占有率较高。
X-Fab	1.拉伯克工厂 SiC 芯片制造产能翻了一番，达到 26000 片/月； 2.上游延伸，增加外延服务能力。
住友	1.在山梨事业所扩大 4 英寸 GaN-on-SiC 产线，2020 年产能较 2017 年扩大 10 倍； 2.华为 GaN 射频器件/模块主要供应商。
NXP	美国亚利桑那州钱德勒（Chandler）的 6 英寸射频氮化镓（GaN）晶圆厂投产。
SK Siltron	收购杜邦(DuPont)碳化硅晶圆(SiC)事业部。

数据来源: CASA Research 整理

国际企业上下游深化战略合作扩大自身优势，抢占市场份额。主要表现为：Cree | Wolfspeed、ROHM、II-VI 等上游材料厂商产能呈大幅增长；中游 Cree | Wolfspeed、ROHM、Infineon、ST 等不断推出新的产品，并与上游企业合作，锁定货源，确保供应链稳定，提高市场竞争力；而下游方面，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。例如，Cree | Wolfspeed 分别与 Infineon、ST、Onsemi 等中游企业签订长期供货协议，保证 SiC 衬底供给；特斯拉在其 model3 电机控制器的逆变器中采用了 ST 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；Cree Wolfspeed 和 Infineon 分别与大众汽车合作，成为其 FAST 项目 SiC 合作伙伴。

图表 12 国外企业产业链合作情况

企业	产业合作情况
Cree Wolfspeed	<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。
ROHM	<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。
II-VI	<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。
ST	<ol style="list-style-type: none"> 1.与 Cree Wolfspeed 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（Renault）、日产汽车、三菱汽车联盟（Alliance）旗下的电动汽车搭载的 OBC 提供 SiC 器件，2021 年批量生产。
Infineon	<ol style="list-style-type: none"> 1.与 Cree Wolfspeed 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，成为全球第一大车用半导体供应商； 3.与大众汽车集团合作，成为 FAST 项目合作伙伴。

数据来源：CASA Research 整理

（四）市场规模持续增长

1.电力电子市场近 9 亿美元，价差进一步缩小

2020 年，尽管新冠疫情对全球产业造成冲击，但半导体市场实现了强劲的增长。据美国半导体行业协会数据显示，全球半导体 2020 年市场规模达到 4400 亿美元，同比增长 6.8%。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，拉动半导体市场增长。但同时，新冠疫情给汽车半导体带来消极影响，汽车半导体产能不足叠加汽车电动化对半导体需求增加的双重影响，造成全球汽车半导体芯片短缺。以 SiC 和 GaN 为代表的第三代半导体在新能源汽车、5G、

光伏发电、PD 快充等领域不断取得突破，2020 年全球第三代半导体市场总体保持增长态势。

(1) 第三代半导体电力电子市场规模近 9 亿美元

根据 Yole 和 Omdia 数据显示，到 2020 年底，碳化硅（SiC）和氮化镓（GaN）功率半导体的全球市场将增长到 8.54 亿美元，SiC 电力电子市场规模约为 7.03 亿美元，GaN 电力电子市场规模约为 1.51 亿美元。到 2025 年 SiC 电力电子市场规模将超过 30 亿美元，GaN 电力电子器件市场规模将超过 6.8 亿美元。综合 Yole、IHS、Gartner 等多家分析机构数据及调研反馈，2020 年全球功率半导体器件市场规模约为 180~200 亿美元，SiC、GaN 电力电子器件渗透率约为 4.2%~4.5%，较 2019 年提升一个百分点。

新能源汽车是最大的应用领域。由于新冠疫情的大流行，2020 年上半年电动汽车/混合动力汽车（EV / HEV）领域的 SiC 器件和材料市场增长放缓。尽管如此，SiC 的市场前景仍然乐观。丰田、大众、宝马等汽车制造商继续为其下一代车型的逆变器、车载充电器（OBC）和 DC/DC 转换器中的 SiC 分立器件或模块进行合格鉴定。在这种背景下，新能源汽车中 SiC 功率半导体市场预计将以 38% 的年复合增长率增长，到 2025 年将超过 15 亿美元。

随着新能源汽车的应用，SiC 引起了充电基础设施市场极大的兴趣。受益于 SiC 的更高效率和更高频率，大功率充电器可以通过提供比 Si 基绝缘栅双极晶体管（IGBT）更紧凑的解决方案来。Yole

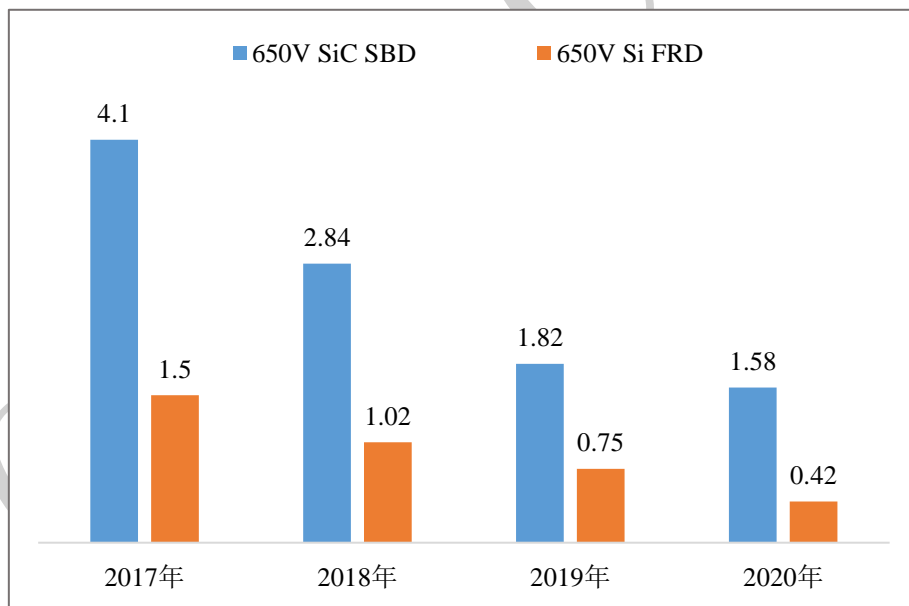
估计，这个市场的复合年增长率为 90%，从 2019 年的 500 万美元增长到 2025 年的 2.25 亿美元。

除汽车领域外，光伏技术（PVs）、铁路和电机驱动器等应用在 2019-2025 年期间还将以两位数的年复合增长率增长。

（2）与传统产品价差持续缩小，应用渗透加速

2020 年，受疫情影响，产品供货周期延长，但从全年情况来看，SiC 器件价格有所下降，GaN 器件价格基本维持平稳，与传统产品的价差持续缩小¹。Mouser 和 Digi-Key 公开报价普遍高于实际成交价，但两者的变化趋势较为一致。

图表 13 2017 年-2020 年 650V 的 SiC SBD 价格（元/A）



数据来源: Mouser, Digi-Key, CASA Research

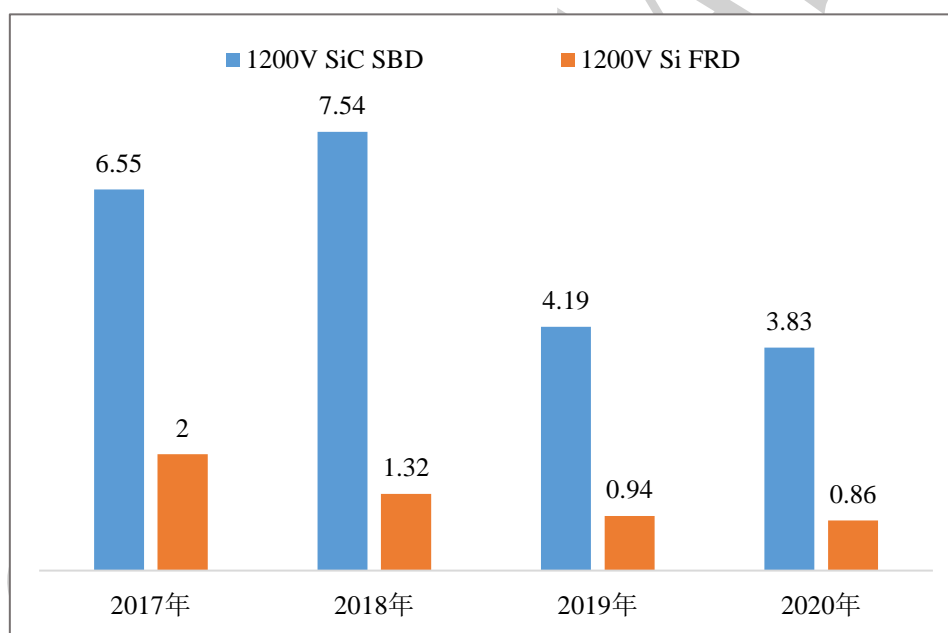
SiC 电力电子器件价格进一步下降，与同类型 Si 器件价差缩小。

从全年来看，上半年价格基本持平，而下半年价格下降，但随着经济逐步恢复，年底产品供货周期延长，价格稍有上涨。SiC SBD 产品价

¹ CASA Research 持续跟踪了近几年 Mouser 和 Digi-Key 公开报价，同时对企业的实际成交价进行调研，供业内参考。

格略有下降，降幅较前两年有所收窄。据 Mouser 数据显示，公开报价方面，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%，与 Si 器件的价差在 3.8 倍左右。1200V 的 SiC SBD 的平均价是 3.83 元/A，较 2019 年下降了 8.6%，与 Si 器件的差距在 4.5 倍左右。据 CASA Research 调研，实际成交价低于公开报价。650V 的 SiC SBD 的实际成交价格约 0.7 元/A，1200V 的 SiC SBD 价格约 1.2 元/A，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。

图表 14 2017年-2020年 1200V 的 SiC SBD 价格（元/A）

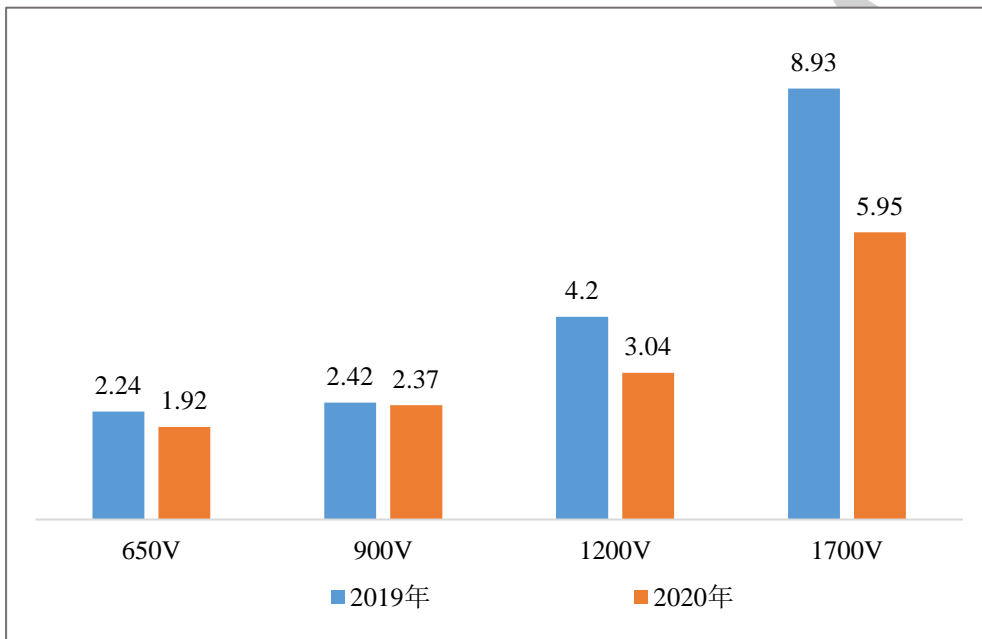


数据来源: Mouser, Digi-Key, CASA Research

SiC MOSFET 价格下降幅度达 30%-40%，与 Si 器件价差收窄到 2.5-3 倍之间。整体来看，国产器件价格低于进口价格 15%左右。据 Mouser 数据显示，公开报价方面，650V SiC MOSFET 在 2020 年底的平均价格约 1.92 元/A，900V 的器件平均价格为 2.37 元/A，1200V 器件平均价格为 3.04 元/A，1700V 器件的平均价格为 5.95 元/A，与

去年相比均处于下降趋势，分别下降了 13%、2%、27.62%、33.4%。而从实际成交价格来看，650V 的 SiC MOSFET 价格 0.9 元/A，1200V 的 SiC MOSFET 价格 1.4 元/A，较 2019 年下降幅度达 30%-40%，与 Si 器件价也缩小至 2.5-3 倍之间，已经基本达到甜蜜点，将加速 MOS 器件的市场渗透。

图表 15 SiC MOSFET 2020 年平均价格（元/A）

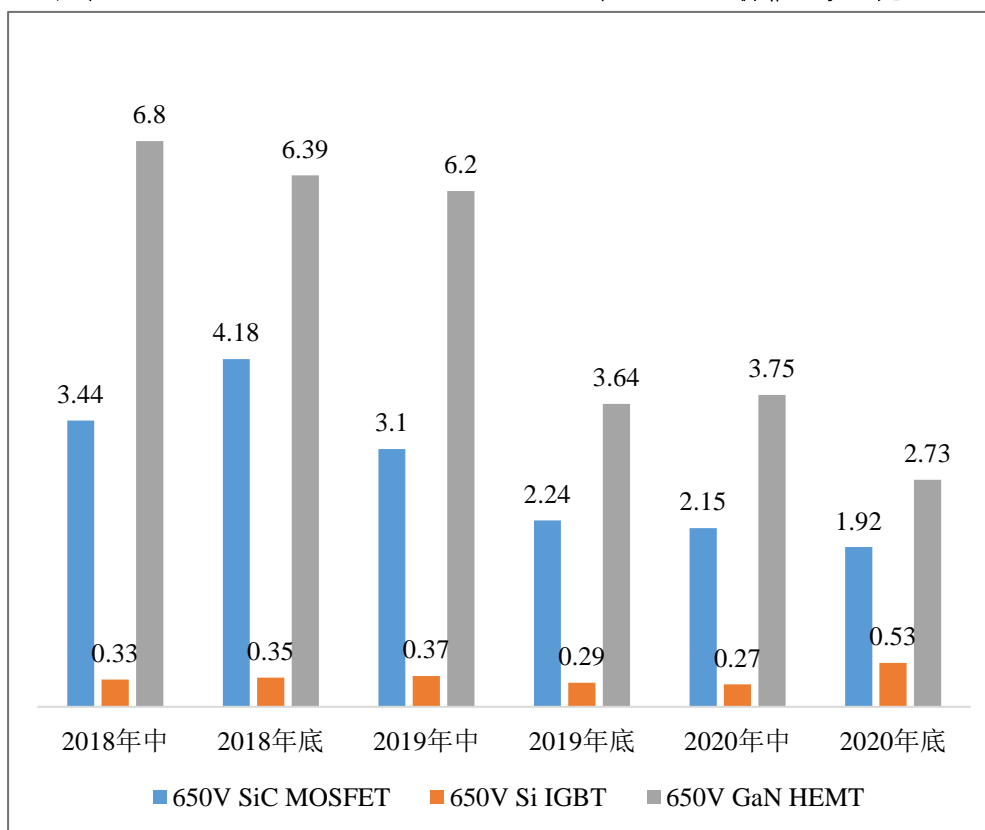


数据来源: Mouser, Digi-Key, CASA Research

GaN 主流功率产品的价格下降超 20%。从 Mouser 数据来看，80% 的在售 GaN HEMT 产品为耐压 650V，而 100V、900V 仅有零星几个产品在售，技术和价格均不稳定。以 650V 产品来看，2020 年的平均价格约为 2.73 元/A，较 2019 年下降 23.5%。事实上，由于疫情影响以及需求持续旺盛，导致原材料价格上涨；下游 PD 快充市场爆发，GaN 芯片供不应求，尽管如此，价格仍然有所下降。据调研，2020 年底，面向 PD 快充 650V 的 GaN HEMT 实际成交价格区间已经下落到 0.5 元/A 以内，与 Si 器件的价差已经缩小到 1.5 倍

以内，具有较强的竞争力。

图表 16 650V SiC MOSFET、GaN HEMT 和 Si IGBT 价格比较 (元/A)



数据来源: Mouser, Digi-Key, CASA Research

影响 SiC、GaN 功率器件价格下降的原因有以下四个方面: 第一, 上游衬底产能持续释放, 供货能力提升, 材料端衬底价格下降, 器件制造成本降低; 第二, 量产技术趋于稳定, 良品率提升, 产能持续扩张, 拉动市场价格下降; 第三, 器件的产线规格由 4 英寸转向 6 英寸, 制造技术进一步提升, 单片晶圆产芯片量大幅提升, 导致成本大幅下降; 第四, 随着更多量产企业加入, 竞争加剧, 导致价格进一步下降。

整体来看, 根据 CASA 的跟踪, SiC、GaN 产品的价格近几年来快速下降, 较 2017 年下降了 50% 以上, 而主流产品与 Si 产品的价差也在持续缩小, 已经基本达到 4 倍以内, 部分产品已经缩小至 2 倍, 已经达到了甜蜜点。加上考虑系统成本 (包括周边的散热、基板等成

本)和能耗等因素, SiC、GaN 的模组已经有一定竞争力。随着产业链技术的稳步提升和过去几年的产能积累, 在电动汽车、光伏逆变、消费类电子等细分市场的渗透速度或将高于预期。

2. 微波射频市场超过 8 亿美元, 价格略有上涨

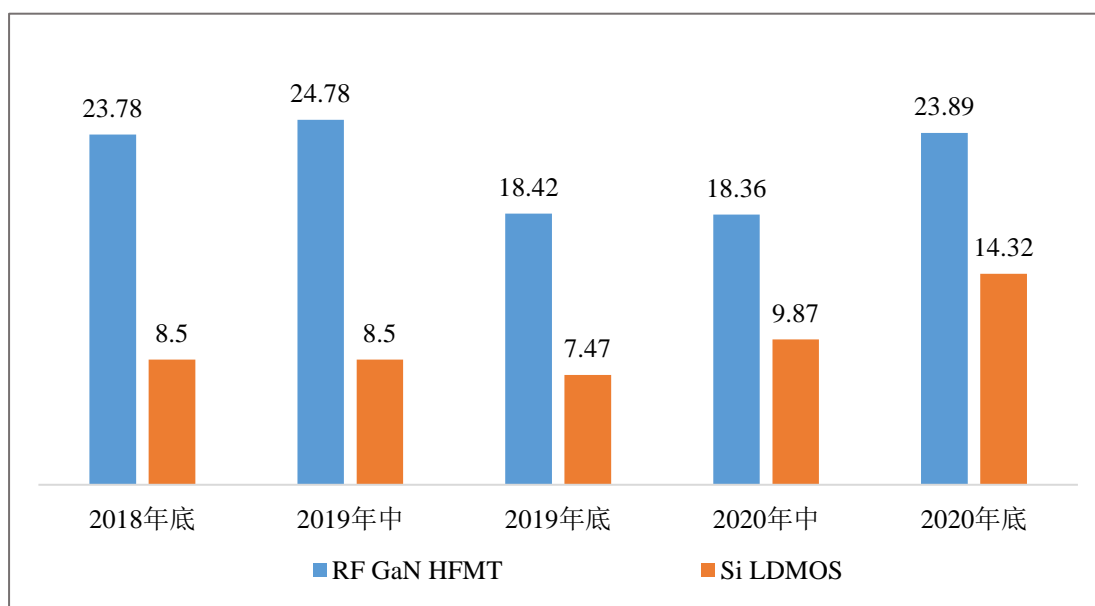
(1) 第三代半导体微波射频市场规模超过 8 亿美元

Yole 2020 年数据显示, 2020-2025 年全球 GaN 射频器件的总体市场将以 12% 的年均复合增长率 (CAGR) 从 8.3 亿美元增长至超过 20 亿美元。其中, 国防应用是 GaN 射频器件市场的最重要驱动力量, 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; 5G 基站建设是 GaN 射频器件市场的另一关键驱动力量, 2020-2025 年将以 15% 的年均复合增长率 (CAGR) 从 3.7 亿美元增长至超过 7.3 亿美元; 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。

(2) 价格略有上涨, 但价差缩小

GaN 射频器件价格略有上涨。从 Mouser 数据来看, RF GaN HEMT 的价格微涨, 产品平均价格为 23.89 元/W, 较去年增长约 3.44%。从 2018 年底至今, RF GaN HEMT 与 Si LDMOS 的价差持续缩小, 到 2020 年两者均价的价差已经缩小到 2 倍以内。而从实际成交价来看, 据调研, 以工作频率在 3.3-3.6GHz 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 17 2018 年-2020 年 RF GaN HEMT 和 Si LDMOS 平均价格 (元/W)



数据来源: Mouser, Digi-Key, CASA Research

二、中国第三代半导体产业进展

(一) 各级政策联动，扶持力度不断增强

1. 国家推出新举措引导和扶持半导体产业

2020 年 7 月 27 日，国务院发布《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策的通知》（国发〔2020〕8 号），在财税、投融资、研究开发、进出口、人才、知识产权、市场应用、国际合作等八个方面出台鼓励引导性政策。为进一步优化我国集成电路产业和软件产业发展环境，深化产业国际合作，提升产业创新能力和发展质量。政策突出强调了关键核心技术攻关新型举国体制，同时也强调了构建全链条覆盖的关键核心技术研发布局。第三代半导体企业均可享受相关政策优惠。

为了配套衔接国务院对于半导体产业的政策要求，国家发展改革委、科学技术部、工业和信息化部、财政部、国家税务总局等部委形

成合力，联合发布了关于扩大战略性新兴产业投资以及集成电路和软件产业所得税优惠政策。《关于扩大战略性新兴产业投资 培育壮大新增长点增长极的指导意见》(发改高技〔2020〕1409号)明确指出，加大 5G 建设投资，加快 5G 商用发展步伐，将各级政府机关、企事业单位、公共机构优先向基站建设开放，研究推动将 5G 基站纳入商业楼宇、居民住宅建设规范。《关于促进集成电路产业和软件产业高质量发展企业所得税政策的公告》(2020 年第 45 号)，指出国家鼓励的集成电路设计、装备、材料、封装、测试企业和软件企业，自获利年度起，第一年至第二年免征企业所得税，第三年至第五年按照 25% 的法定税率减半征收企业所得税。国家鼓励的重点集成电路设计企业和软件企业，自获利年度起，第一年至第五年免征企业所得税，接续年度将按 10% 的税率征收企业所得税。

国家布局“新基建”，第三代半导体是关键核心器件。早在 2018 年底召开的中央经济工作会议上就明确了 5G、人工智能、工业互联网、物联网等“新型基础设施建设”的定位，随后“加强新一代信息基础设施建设”被纳入 2019 年政府工作报告。2020 年，在国务院常务会议、中央全面深化改革委员会第十二次会议等重要会议上多次提出推进新型基础设施建设，我国新型基础设施建设进入高层布局。“新基建”包含 5G 基建、特高压、城际高速铁路和城际轨道交通、新能源汽车充电桩、大数据中心、人工智能和工业互联网等七大领域，涉及到通信、电力、交通、数字等多个社会民生重点行业。以 SiC 和 GaN 第三代半导体材料为基础制备的电子器件是支撑“新基建”建设的关键

核心器件。GaN 基射频器件及其模块是 5G 基站核心装备之一，GaN 基 LED 可见光通信是 5G 通信的重要组成部分，5G 基建将直接促进 Mini/Micro-LED 4K/8K 高清显示及 VR/AR 等数据大容量存储、大流量传输和快速度响应有强烈需求的相关产业的发展。SiC 基 SBD、MOSFET 及 GaN 基 HEMT 功率器件是特高压输电、轨道交通和新能源汽车、大数据中心的核心器件。

第三代半导体助力“碳达峰、碳中和”目标的实现。当前能源技术革命已经从电力高端装备的发展逐步向由材料革命的发展来带动和引领。习近平总书记提出了“四个革命、一个合作”的能源安全战略，承诺中国在 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和。国家电网“碳达峰、碳中和”行动方案提出了“两个 50%”的目标，2050 年清洁能源占电能生产的比例将超过 50%，电能在终端能源消费中的占比将超过 50%。实现“碳达峰、碳中和”关键在于加快推进能源开发清洁替代和能源消费电能替代，实现能源生产清洁主导、能源使用电能主导。第三代半导体材料和技术对于建成可循环的高效、高可靠性的能源网络起到至关重要的作用，可助力实现光伏、风电（电能生产），直流特高压输电（电能传输），新能源汽车、工业电源、机车牵引、消费电源（电能使用）等领域的电能高效转换，推动能源绿色低碳发展。

图表 18 2020 年度国家发布的半导体相关政策列表

序号	政策名称	发布部门	发布时间
1	新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策	国务院	2020 年 7 月
2	关于扩大战略性新兴产业投资 培育壮大新增长点增长极的指导意见	国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、财政部	2020 年 9 月

3	《关于促进集成电路产业和软件产业高质量发展企业所得税政策的公告》	财政部、国家税务总局、国家发展改革委、工信部	2020年12月
---	----------------------------------	------------------------	----------

数据来源: CASA Research 整理

2.国家重点研发计划滚动支持第三代半导体

“十三五”期间,国家重点研发计划项目部署涵盖了电力电子、微波射频和光电子三大方向,紧贴产业发展实际需求和进程。对新能源汽车应用、电网应用前沿研究、光伏逆变器、小型化电源、农业应用、健康医疗应用、光通讯、紫外应用、激光应用、智慧照明等多个领域发挥了引导作用。2020年,科技部发布了年度重点研发计划部署安排,其中与第三代半导体材料相关的立项项目如下表所示。

图表 19 国家重点研发计划 2020 年度立项项目清单 (与第三代半导体相关)

战略性先进电子材料			
序号	项目名称	牵头承担单位	周期 (年)
1	封装基板材料在新能源汽车电驱模块上的应用	株洲中车时代半导体有限公司	2
2	功率碳化硅芯片和器件在移动储能装置中的应用	西安电子科技大学	2
3	在设施农业中紫外 LED 应用模组和系统技术应用	中国科学院半导体研究所	2
4	高性能 Micro-LED 芯片与显示关键技术研究	厦门市三安光电科技有限公司	2
国家质量基础的共性技术研究与应用			
序号	项目名称	牵头承担单位	周期 (年)
1	新一代碳化硅电力电子器件共性技术标准研究	中国电子科技集团公司第五十五研究所	2

数据来源: CASA Research 整理

SiC 材料与功率器件研发、紫外 LED 光电材料及器件研制等方向均是“十三五”期间重点研发计划重要的部署内容,2020 年度项目是在前期项目材料制备和器件研制取得重要进展的基础上,重点研发计

划又进行了滚动布局，如 2016 年重点研发计划布局了 SiC 材料与功率器件研制，并在汽车充电桩实现示范应用，2020 年在 SiC 功率模块封装材料以及在移动储能装置领域进一步部署了示范应用内容。

面向“十四五”，国家重点研发计划启动实施 2021 年“新型显示与战略性电子材料”重点专项，第三代半导体是其重要内容。预计“十四五”规划期间，国家和地方政府将在教育、科研、人才、融资等各方面出台政策支持第三代半导体，产业将迎来蓬勃发展期。

图表 20 国家重点研发计划 2021 年度项目申报计划（第三代半导体）

序号	项目名称	预期指标
第三代半导体及前沿电子材料与器件		
1	面向新能源汽车应用的 SiC 功率电子材料与器件	1.实现车规级 SiC 功率电子外延材料、芯片产业化； 2.开发出 1200V 电压等级的大电流高可靠性 SiC 功率电子芯片； 3.开发出 1200V 电压等级大电流、低热阻 SiC 功率模块，电流 $\geq 800\text{A}$ ； 4.开发出基于 SiC 模块的电机驱动系统，实现示范应用； 5.申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。
2	面向大数据中心应用的 GaN 基高效功率电子材料与器件	1.实现 650V 电压等级国产 GaN 材料和功率器件规模化生产； 2.实现 650V 的 GaN 基平面结构器件比导通电阻 $< 4\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，导通电阻 $< 30\text{m}\Omega$ ； 3.实现整机功率 $\geq 1.5\text{kW}$ 的 GaN 基 AC-DC (220V-48V) 系统，实现示范应用； 4.申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。
3	5G 移动通讯基站用 GaN 基 Sub-6 GHz 及毫米波材料与器件研发	1.突破大尺寸半绝缘 SiC 衬底上 GaN 基异质结构外延的工程化研究； 2.实现 Sub-6 GHz 功放模块 2515-2675 MHz、3.4-3.6 GHz、4.8-5.0 GHz 产业化； 3.突破高效率、高线性度和高集成度等技术瓶颈，研制 26GHz 和 39GHz 频段射频前端芯片； 4.申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 5 项。
4	InGaN 基长波段 LED 关键材料与器件技术	1.突破高 In 组分 InGaN 基材料的外延生长、高效率量子结构设计 with 高光效绿光 LED 芯片关键技术； 2.实现高 In 组分 InGaN 基材料的外延生长、高效率量子结构设计 with 高光效黄光 LED 芯片批量生产能力； 3.推出无荧光粉纯 LED 健康照明新产品； 4.申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。
5	新结构、新功能微小尺寸 LED 材料	1.突破高亮度、高复合速率、高调制带宽、高灵敏度的蓝、绿光微小尺寸 LED 材料和器件制备技术；

	与器件及其在通信/传感领域的应用	2.突破 LED 通信芯片制备技术并实现示范应用; 3.突破医疗健康用柔性 LED 芯片制备技术并实现示范应用; 4.攻克国产化车规级高功率、高亮度微小尺寸 LED 材料、芯片及光源模组的产业化技术并实现示范应用; 5.申请发明专利≥10 件, 制定国家/行业/团体标准≥2 项。
6	镓系宽禁带半导体新型异质结构高灵敏信息感知材料和器件	1.开发出信息感知材料高效设计筛选技术和计算软件; 2.发现镓系宽禁带半导体新型异质结构材料≥3 种, 研制出超高灵敏度半导体信息感知新型原型器件≥2 种; 3.在高通量材料设计和复合结构制备领域发展出具有自主知识产权的新技术≥2 项; 4.申请发明专利或软件著作权登记≥10 件。
7	大尺寸 SiC 单晶衬底制备产业化技术	1.实现 6 英寸 SiC 衬底材料规模化生产; 2.突破 8 英寸 SiC 单晶关键技术; 3.申请发明专利≥10 件, 制定国家/行业/团体标准≥2 项。
新型显示材料与器件		
1	Micro-LED 显示外延与芯片关键技术	1.开发高均匀性、高效率的 Micro-LED 外延片和 Micro-LED 芯片; 2.发展驱动芯片与 Micro-LED 芯片集成技术, 开发单色 Micro-LED 显示样机; 3.申请发明专利 25 项, 其中 PCT 专利 5 件。
2	高亮度高对比度全彩 Micro-LED 显示关键技术	1.开展针对 Micro-LED 显示需求的高效芯片制备工艺研究; 2.发展适用于 Micro-LED 显示的低温共晶金属键合材料和工艺, 突破无衬底 Micro-LED 芯片巨量转移和玻璃基驱动背板键合技术; 3.开展非接触 EL 方式实现 Micro-LED 器件高效缺陷检测技术研究, 突破高亮度和高对比度的驱动技术, 开发高性能全彩化 Micro-LED 显示屏, 并实现工程化应用。
青年项目		
1	中高压 SiC 超级结电荷平衡理论研究及器件研制	1.建立起 SiC 超级结器件的电荷平衡基础理论; 2.突破低比导通电阻的 SiC 中高压超级结器件关键技术。
2	GaN 单晶新生长技术研究	1.GaN 单晶直径≥2 英寸、厚度≥1 cm, 在 2 英寸面积范围内位错密度 $< 1 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$; n 型 GaN 单晶衬底电阻率 $< 20 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$, 半绝缘 GaN 单晶衬底电阻率 $\geq 1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$; 2.申请发明专利≥5 件。
3	GaN 基宽禁带半导体与 Si 半导体的单片异质集成方法与技术	1.突破单片集成的 GaN 基器件和 Si 器件的关键技术; 2.申请发明专利≥5 件。
高性能制造技术与重大装备		
1	Micro-LED 用新型 MOCVD 技术	1.研制 Micro-LED 量产的高可靠性 MOCVD 外延设备; 2.研制 6 英寸蓝宝石或硅衬底上氮化镓基 Micro-LED 外延生长工艺及装备;

		3.制定相关团体、行业或国家技术标准≥2项，申请发明专利≥5项。
2	第三代半导体高性能碳化硅单晶制备和外延工艺及成套装备	1.实现6英寸碳化硅单晶生长和外延装备的国产化和批量应用； 2.技术成熟度达到8级以上；申请发明专利≥10项，制定装备相关标准≥4项； 3.形成在5G通信、新能源汽车、空间抗辐射等领域应用≥10台套。

数据来源：CASA Research 整理

3.地方政府积极出台政策支持第三代半导体

2020年，我国各地方发布的第三代半导体相关政策16条，覆盖了12个省（含直辖市）。从区域分布结构来看，2020年第三代半导体在中国可谓是炙手可热、遍地开花。从2020年各省市发布的相关政策来看，虽然本年度没有颁布关于第三代半导体产业的专项政策，但第三代半导体作为半导体产业的重点方向，得到了各省市的系统布局和重视。广东省提出大力发展氮化镓、碳化硅、氧化锌、氧化镓、氮化铝、金刚石等第三代半导体材料，支持氮化镓、碳化硅、砷化镓、磷化铟等化合物半导体器件和模块的研发制造；安徽省、天津市、福建省、云南省、青海省、西安市提出建设以5G为核心的氮化镓射频产业；河北省、山东省、湖南省、山西省、福建省侧重第三代半导体全产业链布局。

图表 21 2020 年度各省市第三代半导体相关政策列表

区域	政策名称	地区	政策领域
珠三角区域	广东省加快半导体及集成电路产业发展若干意见	广东省	半导体，全产业链
	培育发展战略性支柱产业集群和战略性新兴产业集群的意见	广东省	全产业链
	广东省培育前沿新材料战略性新兴产业集群行动计划（2021-2025年）	广东省	新材料，全产业链
	珠海高新区集成电路产业发展规划（2020-2025年）	珠海市	集成电路，全产业链
	珠海市大力支持集成电路产业发展的意见 关于促进珠海市集成电路产业发展的若干政策措施	珠海市	集成电路，全产业链

	广州市加快发展集成电路产业的若干措施的通知(2020)	广州市	集成电路, 全产业链
长三角区域	关于印发支持 5G 发展若干政策的通知	安徽省	5G
	关于加快集成电路产业发展的若干意见	苏州高新区	集成电路, 设计、封测
	中国(上海)自由贸易试验区临港新片区软件和集成电路企业设计人员、核心团队专项奖励办法	上海临港新片区	集成电路, 设计、
京津冀鲁区域	关于落实国务院《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》的工作方案	河北省	SiC 和 GaN 衬底、外延、器件
	加快推进 5G 发展的实施意见	天津市	5G
	关于加快省会经济圈一体化发展的指导意见	山东省	宽禁带半导体, 全产业链
闽三角区域	关于进一步支持 5G 网络建设和产业发展若干措施	福建省	5G
	泉州市新材料产业六大重点领域发展实施方案	福建省	新材料, 第三代半导体
中西部区域	云南省 5G 产业发展实施方案	云南省	5G
	印发西安市加快 5G 系统建设与产业发展实施意见	西安市	5G
	长沙市关于加快新一代半导体和集成电路产业发展的若干政策实施细则	长沙市	半导体, 全产业链
	关于加快推动 5G 产业发展的实施意见	青海省	5G
	山西省新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策	山西省	集成电路, 全产业链

数据来源: CASA Research 整理

(二) 研发实力提升, 与先进水平差距缩小

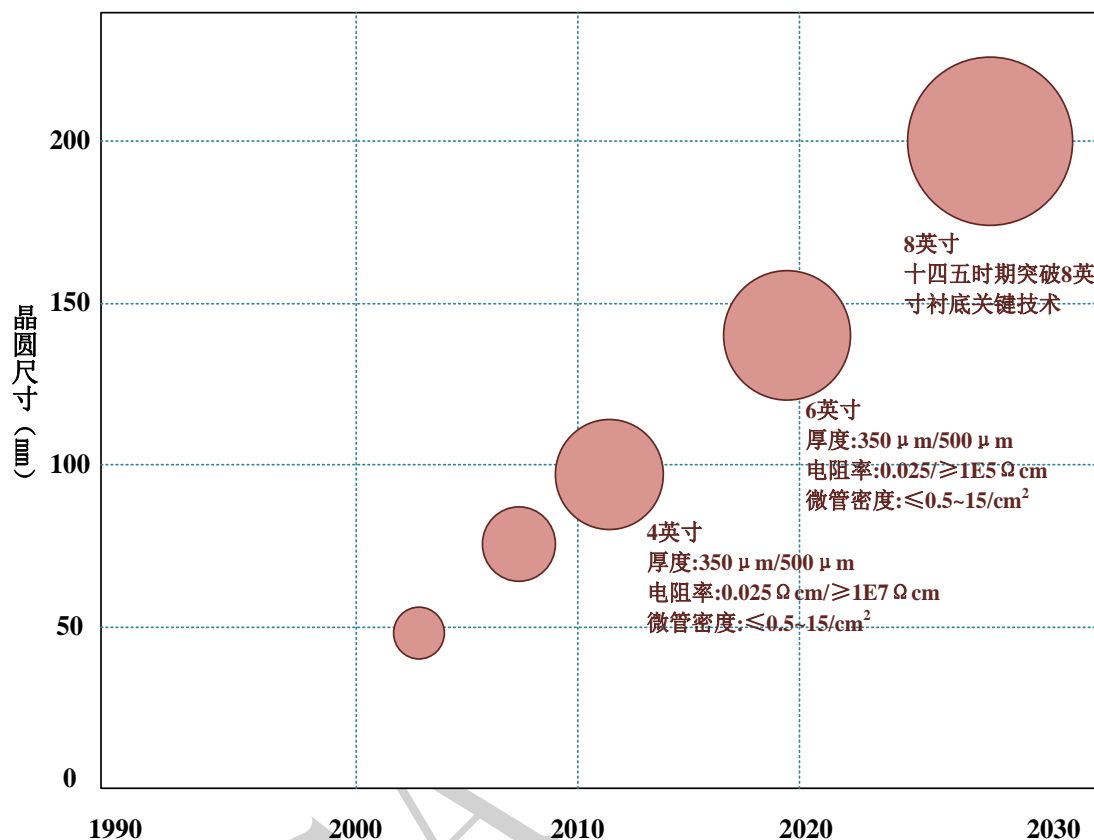
1.SiC 技术和产品进展

(1) SiC 衬底

国内 SiC 商业化衬底以 4 英寸为主, 逐步向 6 英寸过渡, 微管密度小于 1 个/cm², 实现 95%的衬底可用面积, 位错约在 1×10³/cm², 较上年有所进步。研发水平上, 实现了高质量 6 英寸 SiC 衬底材料的制备, 微管密度为 0.5 个/cm², 螺位错密度为 1200 个/cm²。但也要认识到, 国内 SiC 衬底单晶质量与国外差距明显, 存在单晶性能一致性

差、成品率低、成本高等问题，国产高性能衬底自给率仍然较低，占全球的市场份额不到 5%。

图表 22 国内 SiC 衬底技术指标进展



数据来源: CASA Research 整理

衬底尺寸成为影响器件成本的重要因素，其技术进展将直接影响器件商业化进程。在降低成本和市场需求等多重因素影响下，SiC衬底尺寸将持续扩大，“十四五”时期我国将推进6英寸衬底规模化量产，突破8英寸衬底关键技术，降低成本，提高自给率。国内能批量生产SiC单晶衬底的公司包括天科合达、山东天岳、烁科晶体、同光晶体、中科钢研、南砂晶圆、福建北电新材料、世纪金光、中电化合物、江苏超芯星等公司。

(2) SiC 外延

SiC 外延方面，国内已实现 4-6 英寸商业化产品供给，可以满足 3.3kV 及以下功率器件制备需求，而超高压 ($> 10\text{kV}$) SiC 功率器件所需的 N 型 SiC 外延片以及双极型 SiC 功率器件所需的 P 型 SiC 外延片等方面还处于研究阶段。研发水平方面，已经实现厚度大于 $200\mu\text{m}$ 外延生长，掺杂浓度小于 $1\times 10^{13}/\text{cm}^3$ ，在 $5\times 10^{18}/\text{cm}^3$ 量级掺杂浓度均匀性 $<6\%$ 。瀚天天成、东莞天域是专注于 SiC 外延片生产销售的企业，其产品除满足国内市场需求外，还有部分外销能力。中电科 55 所、中电科 13 所具备 SiC 外延生产能力，但主要是自用。

(3) SiC 电力电子器件

现阶段已商业化的 SiC 产品主要集中在 650V-1700V 电压等级，3300V 以上电压等级器件尚处于工程样品阶段，主要产品是 SiC 二极管和晶体管，SiC IGBT 器件还在研发当中。国内以 4/6 英寸小规模量产线/中试线为主。

SiC 二极管实现 650V-1700V 全系列批量供货能力，导通电流最高 50A。泰科天润已经发布 3300V/0.6A-50A SiC 二极管系列产品。

SiC MOSFET 实现 650V ($120\text{-}17\text{m}\Omega$)、1200V ($80\text{-}25\text{m}\Omega$)、1700V ($80\text{-}45\text{m}\Omega$) 产品小批量生产，尚处于应用推广阶段，代表企业有中电科 55 所、三安集成、中车时代半导体、全球能源互联网研究院、基本半导体、瞻芯电子等。已经研制出 $6.5\text{kV}(25\text{A}, 45\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2)$ ， $10\text{kV}(10\text{A}, 114\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2)$ ， $15\text{kV}(10\text{A}, 204\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2)$ ， $20\text{kV}(4\text{A}, 443\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2)$ SiC MOSFET 样品。

图表 23 2020 年国内企业推出的 SiC 器件

序号	厂商	产品	参数	特点
1	华润微	SiC 二极管	1200V/2A-40A 650V/4A-16A	6 英寸 SiC 晶圆生产线；工业级产品；主要应用于太阳能、UPS(不间断电源)、充电桩、储能、车载电源等领域。
2	泰科天润	SiC 二极管	1200V	通过 AEC-Q101 认证。
3	三安集成	SiC MOSFET	1200V/80mΩ	6 英寸 SiC 晶圆生产线；工业级产品。
4	瞻芯电子	SiC MOSFET	1200V/80mΩ	国内流片；工业级产品。
5	晟芯半导体	SiC MOSFET	1200V/70mΩ	工业级产品。
6	派恩杰	SiC MOSFET	1200V	工业级产品。
7	基本半导体	SiC MOSFET SiC 二极管	1200V/18mΩ 650V	单芯片电流超过 100A，用于工业电源；通过 AEC-Q101 认证。

数据来源：CASA Research 整理

(4) SiC 功率模块

国内 SiC 功率模块量产产品电压等级 650V-1700V，其中比亚迪产品已经开始实现上车应用。CASA Research 据公开发布消息统计，目前正在推进布局的企业包括华微电子、士兰微、江苏宏微、斯达半导体、中恒微等。

2. GaN 技术和产品进展

(1) GaN 衬底

国内商业化的 GaN 衬底尺寸以 2 英寸为主，4 英寸实现小批量出货，预计 2025 年前完成 6 英寸衬底的批量生产并进入市场。主要企业包括苏州纳维和东莞中镓等公司，苏州纳维 2 英寸 GaN 单晶衬底厚度 $300 \pm 15 \mu\text{m}$ ，位错密度 $10^4 \text{cm}^{-2} - 5 \times 10^6 \text{cm}^{-2}$ ，电阻率 $0.01 - 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ ，综合指标达到国际先进水平。

(2) GaN 外延

GaN 电力电子应用方面，Si 基 GaN 外延片主流尺寸为 6 英寸，英诺赛科率先实现 8 英寸 GaN-on-Si 外延材料及晶圆制造大规模量产，外延材料的均匀性小于 1%。**GaN 射频应用方面**，SiC 基 GaN 外延片主流尺寸为 4 英寸，并逐步向 6 英寸发展，代表企业中电科 13 所、55 所、三安集成、苏州能讯等。**GaN 光电子应用方面**，LED 照明市场以及 UVA 紫外 LED 用蓝宝石基 GaN 外延片主流尺寸为 4 英寸，主要企业有三安光电、华灿光电、乾照光电等，UVB/UVC 紫外 LED 用蓝宝石基 GaN 外延片主流尺寸为 2 英寸，主要企业有中科瀚安、圆融光电等；Mini/Micro-LED 用 Si 基 GaN 外延片实现 8 英寸材料产业化，代表企业有晶湛半导体、晶能光电等；蓝/绿光激光器 GaN 基 GaN 外延片主流尺寸 2 英寸，国内企业目前还未实现产业化。

(3) GaN 电力电子器件/模块

国内实现 650V 产品，主要为分立器件，已经开始批量应用，但导通电阻较高、系统集成度较低，与国际水平存在一定差距；低压产品处于应用推广阶段。代表企业有英诺赛科、赛微电子、能华微电子等。

2020 年，GaN 电力电子器件在 PD 快充领域的应用具有战略性意义，说明 GaN 电力电子器件得到 PD 快充领域的认可，相关器件产品快速渗透。国内企业如英诺赛科、氮矽科技、芯冠科技、东科半导体、苏州量微、聚能创芯、能华微电子相继推出用于 PD 快充的 GaN 模块产品。但 GaN 电力电子器件尚未在新能源汽车领域取得实质进

展。相比较而言，国内 GaN 企业可参考国外企业的市场策略，先选择准入门槛较低的消费类领域，对材料、器件和工艺、封装等产业链进行充分的验证，循序渐进推进 GaN 在更广阔范围的应用市场。因此，建议首先布局消费类电源市场，如 PD 快充、LED 驱动电源等；然后切入工业类电源，如数据中心；最后进入可靠性要求较高的新能源汽车市场。

(4) GaN 射频器件/模块

对于 SiC 基 GaN 工艺，国内主流尺寸为 4 英寸，工作频段 DC-6GHz，输出功率 10-700W，代表企业主要有中电科 13 所、中电科 55 所、苏州能讯、三安集成等。

对于 Si 基 GaN 工艺，国内代表企业为四川益丰(OMMIC)，其 Si 基工艺线为 6 英寸线，D01GH 工艺器件栅长 100nm，功率达 3.3W/mm (@30GHz)，截止频率达 110/160GHz (f_T/f_{max})。英诺赛科正在开发 8 英寸 Si 基 GaN 射频器件工艺。

(5) GaN 光电子器件

LED 芯片国产化率已经超过 80%；南昌大学江风益团队利用 V 坑解决黄光鸿沟难题，黄光 LED 芯片发光效率达到 27.9%，世界领先；发光波长在 UVA 波段 (320nm-400 nm) 的紫外 LED 已有成熟的商业化产品并能满足应用的需求，外量子效率已超过 40%；发光波长在 UVC 波段 (280 nm) 的深紫外 LED 产品的外量子效率约 5%，研发水平在 350 mA 下光输出功率达到 89.6 mW；紫外单光子探测器探测效率和暗计数噪音达到国际领先水平。随着 Mini-LED 技术快速突

破，成本迅速下降，在超高清电视、高阶显示器等市场需求拉动下，Mini-LED 背光和显示市场开始起量，其中 Mini 背光产业链上中下游协作成果斐然，2020 年 Mini-LED 背光产品密集发布，如海信、康佳、华硕、TCL 等，规模商业化已经开启；Mini 直显芯片技术基本成熟，器件性价比不断提升，全面推动了 Mini-LED 显示在专业显示、商业显示和租赁市场的产业化进程。Micro-LED 作为下一代显示技术的重要技术路线，因其在消费类电子市场的广阔应用空间，得到 LED 行业以及显示行业的高度重视，从关键装备到芯片、封装、驱动、应用系统，国内企业也进行了全面布局。

3.标准加快推出，保障商业应用

第三代半导体材料和器件已经成为全球半导体技术研究前沿和各国半导体产业竞争的新焦点，国际电工委员会 IEC 已经发布并正在制定第三代半导体相关的国际标准。目前，IEC 分别在第三代半导体材料的缺陷检测和第三代半导体器件的可靠性评价方面制定标准，其中 2 项标准已经发布，5 项标准正在制定中。

图表 24 国际电工委员会（IEC）第三代半导体标准

序号	标准号	标准名称	状态
1	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	已发布
2	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	已发布
3	IEC 63068-3	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	制定中
4	IEC 63229	半导体器件-SiC 基 GaN 外延层的缺陷分类	制定中
5	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	制定中
6	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	制定中

7	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	制定中
8	——	基于 GaN HEMT 的功率转换器动态导通电阻测试方法指南	提案中

数据来源: CASA Research 整理

固态技术标准协会 JEDEC 是一家全球性微电子产业的领导标准机构, 其于 2017 年成立宽禁带功率电子转换半导体委员会 JC-70, 下设氮化镓 (GaN) 和碳化硅 (SiC) 两个分委会。目前, JEDEC 共发布 4 项第三代半导体标准, 聚焦于第三代半导体器件的可靠性、测试方法和认证评价等方面。

图表 25 固态技术标准协会 (JEDEC) 第三代半导体标准

序号	标准号	标准名称	状态
1	JEP183	SiC MOSFET 阈值电压 (VT) 的测量准则	已发布
2	JEP180.01	氮化镓功率转换装置的开关可靠性评估程序指南	已发布
3	JEP182	氮化镓功率转换装置连续开关评估的测试方法	已发布
4	JEP173	基于 GaN HEMT 的功率转换器件版本 1.0 的动态导通电阻测试方法指南	已发布

数据来源: CASA Research 整理

国际车用功率器件标准主要依据国际汽车电子协会 (AEC) 发布的 AEC-Q101 (汽车业基于失效机制的分立半导体应用测试认证规范) 作为车规验证标准, 规定了车规功率器件应完成的试验项目及条件, 用于验证功率器件能否达到 AEC 的要求。国际车用功率模块标准主要依据欧洲电力电子中心 (ECPE) “汽车电力电子模块认证” 工作组颁布的 AQG-324 (汽车电力电子转换单元 (PCUs) 用功率模块认证规范), 标准所列测试条件、测试要求以及测试项目适用于 Si 基功率半导体模块, 后续发行版本将涉及第三代半导体技术, 如 SiC 或 GaN, 以及新的组装和互连技术。

图表 26 国际部分汽车电子标准

序号	标准号	标准名称	状态
1	AEC-Q101	汽车业基于失效机制的分立半导体应用测试认证规范	已发布
2	AQG-324	汽车电力电子转换单元(PCUs)用功率模块试认证规范	已发布

数据来源: CASA Research 整理

我国在 SiC、GaN 等第三代半导体功率器件方面紧跟世界前沿，其相关标准的研究和制定也是近几年半导体材料领域的热点。第三代半导体现行国家标准和行业标准共 18 项（产品标准 3 项），SiC 材料现行 6 项国家标准和 7 项行业标准；GaN 材料现行 5 项国家标准。

图表 27 我国第三代半导体现行国家标准和行业标准

序号	标准号	标准名
1	GB/T 30854-2014	LED 发光用氮化镓基外延片
2	GB/T 32188-2015	氮化镓单晶衬底片 x 射线双晶摇摆曲线半高宽测试方法
3	GB/T 32189-2015	氮化镓单晶衬底表面粗糙度的原子力显微镜检验法
4	GB/T 32282-2015	氮化镓单晶位错密度的测量 阴极荧光显微镜法
5	GB/T 36705-2018	氮化镓衬底片载流子浓度的测试 拉曼光谱法
6	GB/T 30656-2014	碳化硅单晶抛光片
7	GB/T 30866-2014	碳化硅单晶片直径测试方法
8	GB/T 30867-2014	碳化硅单晶片厚度和总厚度变化测试方法
9	GB/T 30868-2014	碳化硅单晶片微管密度的测定 化学腐蚀法
10	GB/T 31351-2014	碳化硅单晶抛光片微管密度无损检测方法
11	GB/T 32278-2015	碳化硅单晶片平整度测试方法
12	SJ/T 11499-2015	碳化硅单晶电学性能的测试方法
13	SJ/T 11500-2015	碳化硅单晶晶向的测试方法
14	SJ/T 11501-2015	碳化硅单晶晶型的测试方法
15	SJ/T 11502-2015	碳化硅单晶抛光片规范
16	SJ/T 11503-2015	碳化硅单晶抛光片表面粗糙度的测试方法
17	SJ/T 11504-2015	碳化硅单晶抛光片表面质量的测试方法
18	SJ 20858-2002	碳化硅单晶材料电学参数测试方法

第三代半导体产业技术创新战略联盟（CASA）、中国宽禁带功率半导体及应用产业联盟和中关村天合宽禁带半导体技术创新联盟（WBS）等多个团体组织开展第三代半导体标准的编制工作。2020 年，

CASA 发布 2 项团体标准，完成 1 项团体标准征求意见稿编写工作。针对新能源汽车对于车规级第三代半导体的需求日益增加，CASA 联合芯片制造企业和新能源汽车企业完成 5 项标准的立项工作，解决汽车行业对车规半导体的共性需求，打通自主上车的路径，助推国产半导体产业化验证和规模商用。

图表 28 CASA 联盟第三代半导体团体标准

序号	联盟标准号	标准名称	状态
1	CASA 001-2018	碳化硅肖特基势垒二极管通用技术规范	已发布
2	CASA 002-20XX	宽禁带半导体术语定义	委员会草案
3	CASA 003-2018	p-IGBT 器件用 4H-SiC 外延晶片	已发布
4	CASA 004.1-2018	4H-SiC 衬底及外延层缺陷 术语	已发布
5	CASA 004.2-2018	4H-SiC 衬底及外延层缺陷 图谱	已发布
6	CASA 005-20XX	GaN HEMT 电力电子器件测试方法	征求意见稿
7	CASA 006-2020	碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管通用技术规范	已发布
8	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	已发布
9	CASA 008-2019	地铁再生制动能量回收系统技术规范	已发布
10	CASA 009-2019	半绝缘 SiC 材料中痕量杂质浓度及分布的二次离子质谱检测方法	已发布
11	CASA 010-2019	GaN 材料中痕量杂质浓度及分布的二次离子质谱检测方法	已发布
12	CASA 011.1-20XX	车规级半导体功率器件测试方法	立项
13	CASA 011.2-20XX	车规级半导体功率模块测试方法	立项
14	CASA 011.3-20XX	车规级半导体功率 IPM 测试方法	立项
15	CASA 012-20XX	电动汽车用碳化硅（SiC）电机控制器评测规范	立项
16	CASA 013-20XX	导电型 4H 碳化硅衬底及外延晶片基平面位错密度的测定 化学腐蚀法	立项

数据来源：CASA Research 整理

（三）政策市场双轮驱动，产业规模保持高速增长

1.总产值超 7100 亿，电力电子及微波射频持续增长

新冠疫情对国内半导体产业的影响总体可控，但产业增速有所放缓。而国际情况不容乐观，国外疫情对国内半导体产业的影响可能后续会逐渐显现，国际供应链的影响间接导致国内出现供应不足情况，尽管出现内部供应链需求增加，整个产业可以借此维持继续扩张，但半导体产业增速普遍放缓。

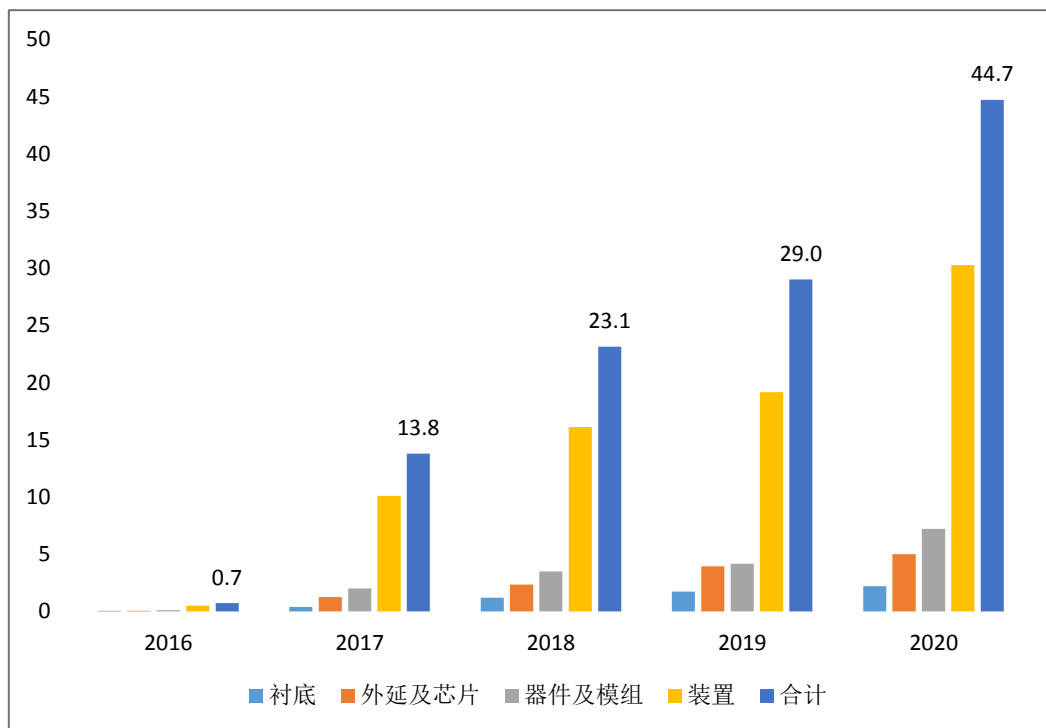
第三代半导体方面，受益国内疫情防控得力，经济全面回暖，政策市场双重利好，以及国际贸易摩擦带来的替代机遇，电力电子和射频电子维持增长趋势，但半导体照明受国内外环境影响，整体略有下滑。2020 年，我国第三代半导体产业整体总产值超过 7098.6 亿元。

尽管受 COVID-19 及国际贸易战影响，但国内疫情在第二季度开始逐步缓解，企业复工复产步入正轨，半导体鼓励政策频出，5G、新能源汽车等市场加速开启，第三代半导体电力电子和微波射频方向保持高速增长态势。此外，中美贸易战、日韩贸易战引发了国内应用龙头企业对供应链安全风险思考，给国产第三代半导体材料器件带来了试用、验证、替代的良机，进一步推动了国内第三代半导体产业的发展。

在此背景下，2020 年我国第三代半导体产业电力电子和射频电子总产值超过 100 亿元，较 2019 年增长 69.5%。其中，SiC、GaN 电力电子产值规模达 44.7 亿元，同比增长 54%，衬底材料约 2.2 亿元，外延及芯片约 5 亿元，器件及模组约 7.2 亿元，装置约 30 亿元，相

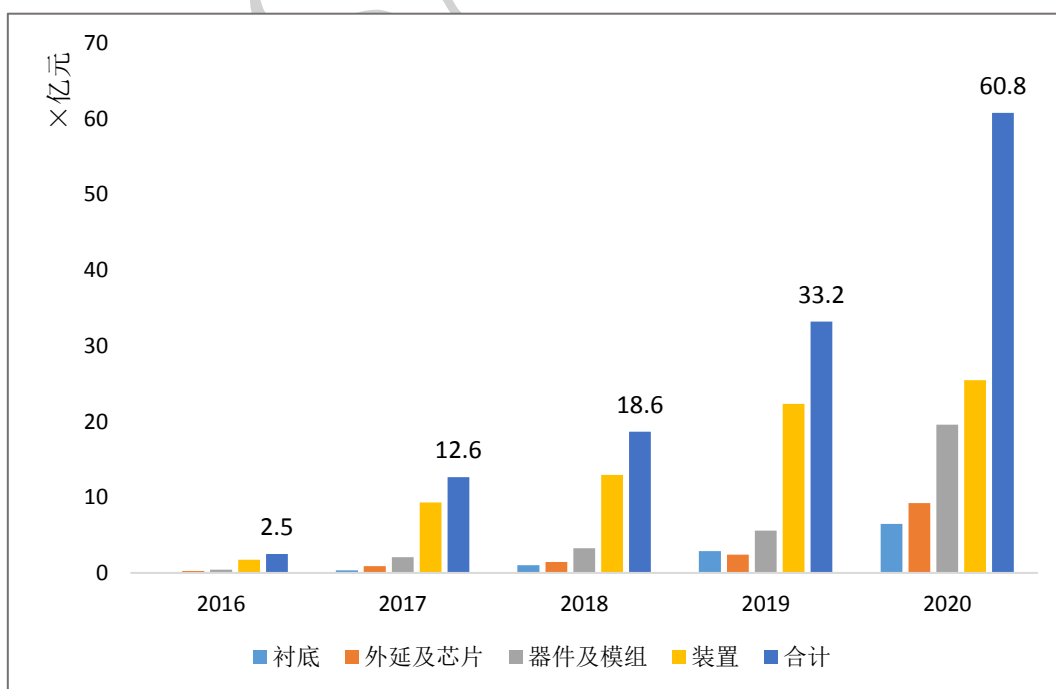
较前几年，中下游的增长速度加快。而 GaN 微波射频产值达到 60.8 亿元，同比增长 80.3%。其中，衬底约 6.5 亿元，外延及芯片 9.2 亿元，器件及模组 19.6 亿元，装置约 25.5 亿元。

图表 29 2016-2020 年我国 SiC、GaN 电力电子产值规模（亿元）



数据来源: CASA Research

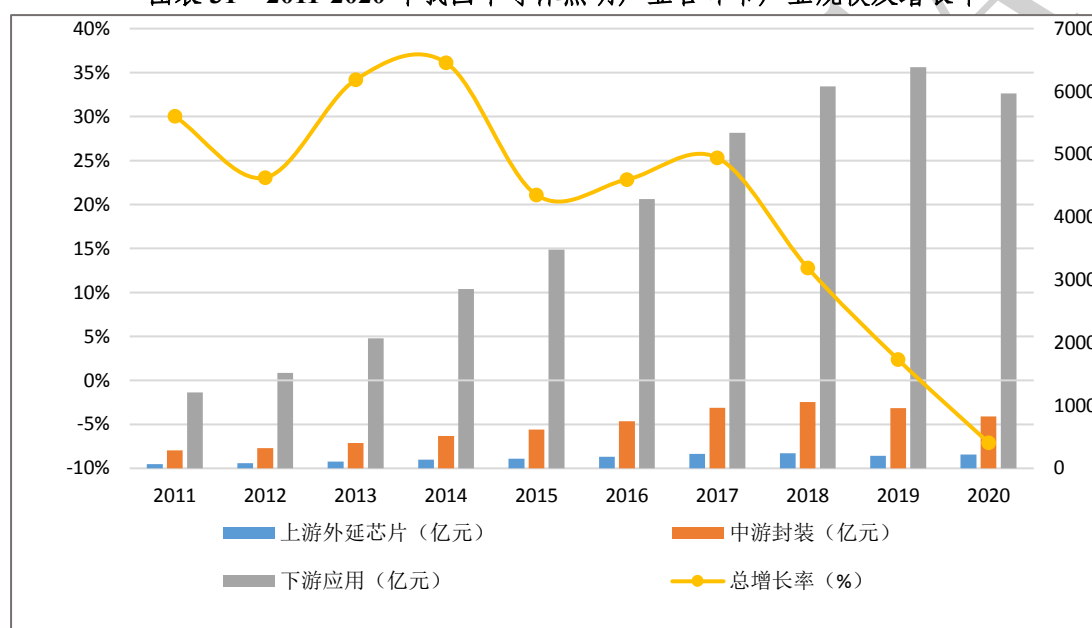
图表 30 2016-2020 年我国 GaN 微波射频产值规模（亿元）



数据来源: CASA Research

在半导体照明方向，受 COVID-19 和内需不振影响，增速持续下调。2020 年中国大陆整体产值预计 7013 亿元，较 2019 年下降 7.1%。但在出口市场，2020 年我国 LED 照明产品累计出口额为 355.94 亿美元，同比增长率达 17.9%，这体现了照明产品的刚需属性，也体现了我国已经牢固树立了 LED 照明行业供应链、产业链优势，在疫情带来的出口替代效应下，吸引了全球半导体照明产品订单。

图表 31 2011-2020 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

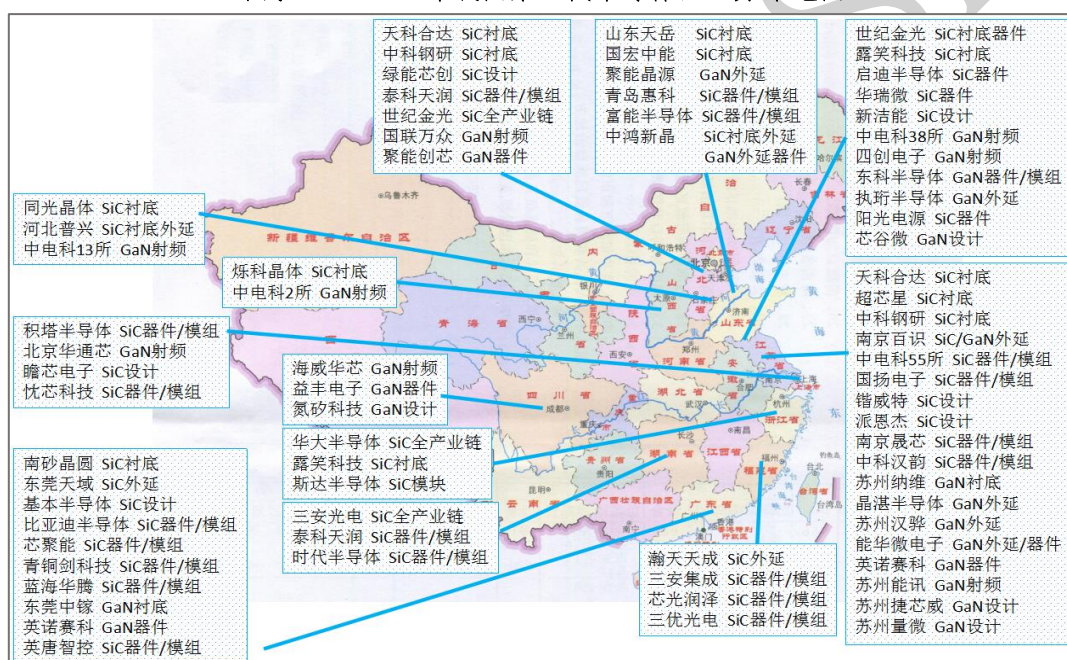
中国拥有第三代半导体材料最大的应用市场，受益于新能源汽车、5G、消费电子领域需求强劲，未来几年国内 SiC 和 GaN 功率半导体市场将迎来高速增长。在政策和市场的双重驱动下，国内第三代半导体电力电子和射频方向行情呈现明显上升态势。

2.企业强化布局，卡位争夺日趋激烈

经过几年的发展，国内第三代半导体产业已经开始由“导入期”向“成长期”过渡，商业技术逐步稳定、价格接近甜蜜点、应用示范

效应拉动，各市场渐次开启，带来需求高速增长。而供给方面，企业数量持续增加，产线加快建设，供应链开始逐步成型，产业链自主可控能力增强。据 CASA Research 不完全统计，截至 2020 年底，国内有超过 170 家从事第三代半导体电力电子和微波射频的企业，而 2018 年尚不足 100 家，覆盖了从上游材料的制备（衬底、外延）、中游器件设计、制造、封测到下游的应用，基本形成完整的产业链结构。

图表 32 2020 年我国第三代半导体企业分布地图



数据来源: CASA Research

国内主流企业积极扩产布局，产业进入扩张期。经过几年发展，第三代半导体器件已经迅速进入了新能源汽车、光伏逆变、5G基站、PD 快充等应用领域，市场迅猛增长，行业竞争日趋激烈。为了迎合市场需求，争夺未来几年的关键竞争位置，国内主流企业在产业、产品和市场等多方面加强布局。其中尤以产能扩充为主要特征，天科合达、同光晶体、纳维科技、泰科天润、中电科 55 所、三

安光电、世纪金光、基本半导体、英诺赛科等纷纷扩产，预示着国内第三代半导体产业开始进入扩张期。

图表 33 国内主流企业布局情况（部分）

企业	布局情况
三安光电	<ol style="list-style-type: none"> 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 1200V 80mΩ 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 650VGaN HEMT 电力电子器件代工服务； 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。
中电科 55 所	<ol style="list-style-type: none"> 1.建立了 4、6 英寸 SiC 外延技术，供货能力大于 1 万片/年； 2.6 英寸 SiC 功率器件生产线，实现了 600V~1700V 全系列的 SiC 二极管批量供货能力，建立了 1200V SiC MOSFET 器件的产品供货能力； 3.下属国扬电子 SiC 混合模块和全 SiC 功率模块产能达到 30 万块/年。
泰科天润	<ol style="list-style-type: none"> 1.北京建有 4 英寸 SiC 晶圆生产线，产能 0.8 万片/年；湖南浏阳建设 6 英寸 SiC 晶圆生产线，产能 6 万片/年； 2.量产 650V 到 9000V，1A 到 100A 不等的 SiC 二极管产品，其中 1200V SiC 二极管产品通过 AEC-Q101 标准认证。
世纪金光	<ol style="list-style-type: none"> 1.北京总部基地：6 英寸 SiC 研发与中试线一条，产能 6000 片/年； 2.合肥产业化基地（建设中）：6 英寸 SiC 产业化量产线一条，产能 30000 片/年。
华大半导体	<ol style="list-style-type: none"> 1.SiC 全产业链布局； 2.华大半导体控股的上海积塔半导体建有 6 英寸 SiC 晶圆制造产线，产能 6 万片/年； 3.控股公司中电化合物 SiC 材料：6 英寸 SiC 晶体已实现厚度 10~15mm P 级晶体的生产，达到 SBD 器件制造要求；自制 SiC 外延片测试量产中。 4.投资 SiC 设计公司：已完成 SiC SBD650V、1200V、1700V 三大产品系列量产，并通过 AEC-Q101 测试；平面 SiC MOSFET 1200V、650V 产品正在给客户送样，同时正在进行 JEDE 和 AEC-Q101 认证。 5.产学研合作：和复旦大学成立 SiC 工程技术中心。
基本半导体	<ol style="list-style-type: none"> 1.建设深圳研发中心以及封装产业基地；基本半导体南京外延制造基地开工建设，一期年产能 1.2 万片；基本半导体株式会社在日本名古屋正式注册成立，主要开展车规级 SiC 产品的研发； 2.针对新能源汽车推出 HPD 1200V/700A 车规级碳化硅功率模块新品；推出单芯片电流超过 100A 的 1200V 碳化硅 MOSFET，其额定导通电阻为 18mΩ；推出第二代碳化硅肖特基二极管系列产品实现批量出货，650V 二极管产品通过 AEC-Q101 标准认证；推出内绝缘型碳化硅肖特基二极管产品，改善

	传统器件安装工艺问题；推出 DFN8*8 碳化硅肖特基二极管产品，满足部分行业对超薄器件的需求。
英诺赛科	1.珠海拥有 8 英寸 GaN-on-Si 量产生产线，产能 4000 片/月；江苏苏州在建 8 英寸 GaN-on-Si 量产生产线，产能 65000 片/月； 2.GaN 电力电子：高压技术团队来源于台积电，推出 650V GaN 电力电子产品，批量应用于 PD 快充；低压技术团队来源于 EPC，产品在小功率电源领域获得初步应用； 3.GaN 射频：布局 GaN-on-Si 射频产线，处于开发阶段。
能讯半导体	1.GaN 射频：建设有 4 英寸 GaN-on-SiC 晶圆制造生产线，产能 25000 片/年； 2.GaN 电力电子：全资子公司苏州捷芯威致力于第三代半导体氮化镓(GaN)电力电子器件设计和工艺制造以及应用开发，公司主要设计产品为 200V-650V 及 900V Si 基 GaN 三极管，600V Si 基 GaN 二极管。

龙头企业紧抓国产替代机遇，产业链合作水平不断提升。贸易战加速了国产替代的进程，以华为为代表的企业调整供应链，国内企业获得了试用、改进的机会，国产器件逐渐导入终端产品供应链。国内第三代半导体企业抓住发展机遇，主动与下游应用企业开展合作，推动国产器件的快速应用。

图表 34 国内产业合作情况

序号	企业	合作企业	基本情况
1	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。
2	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。
3	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。
4	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。
5	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。
6	斯达半导体 Cree Wolfspeed	宇通客车	宇通客车正在采用斯达半导体和 Cree Wolfspeed 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。

数据来源：CASA Research

与此同时，传统半导体企业依托资金、技术、渠道以及商业模式

的优势，积极布局第三代半导体，谋求更多的利润增长点，代表企业有华润微、闻泰科技、斯达半导体、比亚迪、赛微电子、露笑科技、新洁能等。据 CASA Research 不完全统计，2020 年有 17 家半导体企业陆续登陆科创板，其中有 5 家企业计划布局第三代半导体，分别为芯朋微、中车时代电气、芯愿景、银河微电、新洁能。布局方向较为明确，直指以新能源汽车、PD 快充、5G 射频应用等为代表的第三代半导体新技术领域。

图表 35 上市企业第三代半导体布局情况

数据来源: CASA Research

上市企业	2020 年第三代半导体产业布局及经营情况
华润微	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。
闻泰科技	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协议，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。
斯达半导体	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	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。
赛微电子	1.聚能晶源主要从事 GaN 外延； 2.聚能创芯主要开发 GaN 功率及射频器件，成功开发 650V 系列氮化镓(GaN)功率器件产品，应用于 PD 快充。
露笑科技	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	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。

Mini/Micro-LED 和紫外 LED 成为企业重点布局方向。随着超高清视频产业时代到来，液晶电视产品向大屏化、高清化及高动态范围（HDR）、宽色域方向发展，Mini-LED 背光成为面板企业和 LED

企业关注的焦点，2020 年 **Mini-LED** 背光产业链上中下游协作成果斐然，全年 **Mini-LED** 背光产品密集发布，如海信、康佳、华硕、TCL 等，规模商业化已经开启。**Micro-LED** 作为下一代显示技术的重要技术路线，因其在消费类电子市场的广阔应用空间，得到半导体照明行业以及显示行业的高度重视，从关键装备到芯片、封装、驱动、应用系统，均吸引国内外企业争相部署。**深紫外 LED** 杀菌消毒应用市场爆发，吸引企业大举投入。2020 年上半年，深紫外 LED 得到了空前关注，原有紫外 LED 产线满负荷运转，行业内一度出现供不应求的局面。很多持观望态度的企业，纷纷加入紫外 LED 大军，企业积极性空前高涨。

整体来看，我国第三代半导体供应链的自主保障能力得到增强，但国内企业的市场竞争力较国际巨头仍有差距。一方面，与国际企业相比，我国第三代半导体产业规模仍然较小，企业优势不明显。各细分应用市场的核心器件均由 Cree | Wolfspeed、ROHM、Infineon 等国外企业占据，国产产品市占率不足 10%。同时，国际企业从产品数量、技术指标、企业规模等各方面都超过国内企业，如 Cree | Wolfspeed 2020 财年实现营收约 30 亿元，规模远大于国内企业。另一方面，国内同类企业之间在技术、产品、市场等方面的差距在加大，但仍未出现具有绝对优势的龙头企业，竞争格局仍未成型。以中电科 13 所、中电科 55 所、三安集成等为代表的领先企业，经过几年摸索沉淀已经完成了技术、产品和市场经营的初期积累，在资本助力下进入加速发展期，在 2020 年前后实现了规模迅速上量。但从整体来看，前几

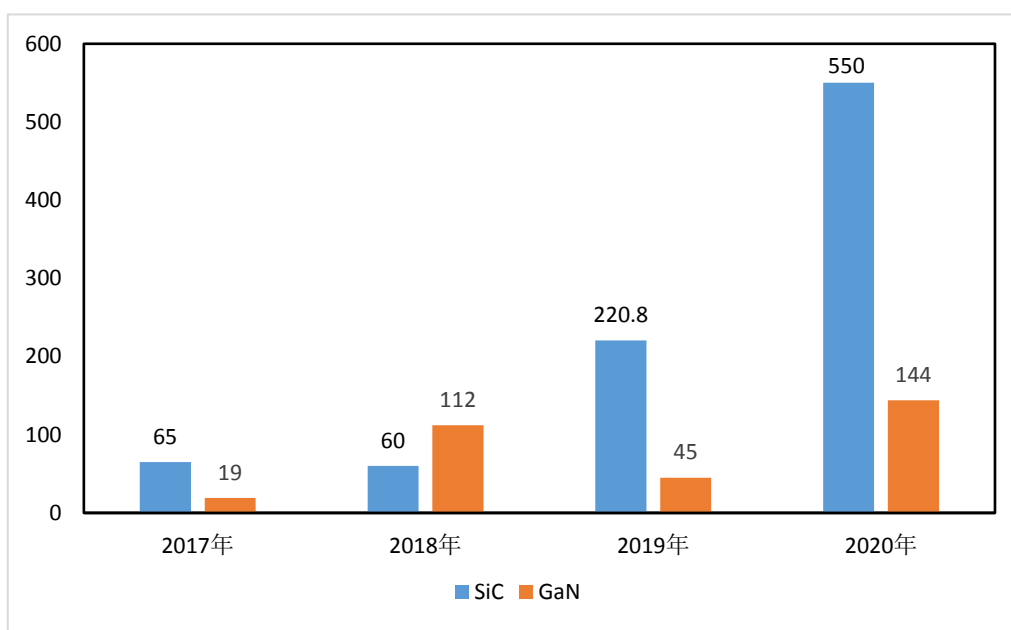
家的市场占比仍然较小，而领先企业的 SiC、GaN 产品的单独销售规模也未超过 10 亿元，并未形成具有绝对优势的龙头企业。随着越来越多的资本和竞争者进入该领域，预计未来几年，行业内的兼并、重组事件将增多，产业链的聚集与融合将成为常态。为此，全行业要进一步加强协作，统筹推进补齐短板和锻造长板，针对产业薄弱环节，实施好关键核心技术攻关工程，尽快解决一批‘卡脖子’问题，强化我国第三代半导体产业链自主可控能力。

3. 资本市场持续活跃，第三代半导体受关注

经过多年的发展，第三代半导体材料和器件在电力电子、微波射频和光电子等三大领域的应用均获得了不同程度的进展。由于第三代半导体材料属于国家战略性先进材料方向，具有技术创新和拉动经济新增点的双重优势，近年来，得到了国家大基金、地方政府、民间资本的高度关注。

扩产金额近 700 亿元。据 CASA Research 不完全统计，2020 年共 24 笔投资扩产项目（2019 年 17 笔），已披露的投资扩产金额达到 694 亿元（不含 GaN 光电子），较 2019 年同比增长 161%。分材料看，SiC 投资 17 笔，涉及金额 550 亿元；GaN 投资 7 笔，涉及金额 144 亿元。分环节看，衬底环节投资 12 笔（主要为 SiC 衬底），涉及金额 175 亿元；器件/模块环节投资 15 笔，涉及金额 520 亿元。分区域看，长三角地区投资 11 笔，涉及金额 263.3 亿元；中西部地区投资 6 笔，涉及金额 229 亿元；京津冀鲁投资 5 笔，涉及金额 188.5 亿元。

图表 36 2017-2020 年第三代半导体投资扩产情况 (亿元)



数据来源: CASA Research

图表 37 2020 年国内主要第三代半导体投资扩产情况 (亿元)

企业	地区	主要产品及方向	投资金额
天科合达	北京大兴	SiC 衬底	9.5 亿元
同光晶体	河北涞源	SiC 衬底	15 亿元
南砂晶圆	广东南沙	SiC 衬底	9 亿元
江苏超芯星	江苏仪征	SiC 衬底	0.8 亿元
博蓝特	浙江金华	SiC 衬底、蓝宝石衬底	10 亿元
中科钢研	陕西西安	SiC 衬底	18 亿元
露笑科技	安徽合肥	SiC 衬底	100 亿元
泰科天润	湖南浏阳	SiC 器件/模块	15 亿元
华瑞微	安徽滁州	SiC 器件/模块	10 亿元
西安西为电气	江苏徐州	SiC 模块	3 亿元
斯达半导体	浙江嘉兴	SiC 模块	2.3 亿元
世纪金光	安徽合肥	SiC 衬底、器件/模块	2.5 亿元
三安光电	湖南长沙	SiC 全产业链	160 亿元
安徽微芯长江半导体	安徽铜陵	SiC 全产业链	13.5 亿元
吴越半导体	江苏无锡	GaN 衬底及芯片	37 亿元
大连芯冠	江西南昌	GaN 电力电子	——
欣忆电子	广西桂林	GaN 电力电子	16 亿元
赛微电子	北京	GaN 射频及电力电子	1 亿元
北京华通芯	上海金山	GaN 射频	37 亿元
正威集团	辽宁沈阳	GaN 射频	——
立昂微	浙江海宁	GaN 射频	43 亿元
成都新兴中微科技	四川成都	GaN 射频	15 亿元

数据来源: CASA Research

此外，Mini/Micro-LED 和紫外 LED 领域投资热情高涨。据不完全统计，2020 年 LED 上下游企业以及显示终端企业纷纷入局，国内共有 16 笔 Mini/Micro-LED 投资项目，已披露的投资金额超过 180 亿元；国内 UV LED 项目投资企业数量超过 20 家，已披露的投资金额 50 亿元，新建产线项目占比超过 40%。

图表 38 2020 年国内主要 Mini/Micro-LED 和紫外 LED 投资扩产情况（亿元）

企业	主要事件	主要产品及方向	投资金额
三安光电	泉州三安与 TCL 华星光电技术有限公司共同成立联合实验室。	Micro-LED	1.35 亿元
华灿光电	Mini/Micro LED 的研发与制造项目和 GaN 基电力电子器件的研发与制造项目。	Mini/Micro LED GaN 电力电子	15 亿元
乾照光电	Mini/Micro、高光效 LED 芯片研发及制造项目。	Mini/Micro LED 高光效 LED	15 亿元
聚灿光电	在宿迁投建 Mini/Micro LED 扩产项目。	Mini/Micro LED	35 亿元
国星光电	拟 10 亿元-20 亿元投建封装器件及应用产品产线。	Mini LED	15 亿元
中科潞安	年产 3 亿颗紫外 LED 芯片。	紫外 LED	5.4 亿元
强力新材	拟公开发行人不超 9 亿元可转债 部分用于 UV LED 原材料。	紫外 LED	9 亿元
久日新材	分别投资 2.1 亿元和 5.5 亿元建设有关 UV 光固化材料和光引发剂的两大项目。	紫外 LED	7.6 亿元
木林森	设立全资项目公司木林森深紫外公司。	紫外 LED	6.66 亿元
紫霖科技	紫外 UVC 器件，计划建设 10 条外延、芯片生产线及 15 条封装线。	紫外 LED	6.6 亿元

数据来源：CSA Research

融资活跃度走高。国内第三代半导体产业处于发展初期，一系列政策“组合拳”的推出以及终端应用市场的加速渗透，资本市场有望从中受益，带动投资者信心增长。天科合达、山东天岳、瀚天天成、泰科天润、基本半导体、同光晶体等多家技术实力雄厚的企业获得了宝贵的资金支持，为企业的进一步发展注入新动力。据 CASA Research 统计，2020 年我国第三代半导体领域融资 14 笔，披露的融资额约为 15 亿元。

图表 39 2020 年重点企业融资情况

序号	企业	融资类型	融资金额	基本情况
1	泰科天润	新一轮融资	3 亿元	融资金额 3 亿元，投资方浏阳高创、三峡资本、遨问创投和谢诺辰途。泰科天润主要开展 SiC 功率器件的研发及应用。
2	基本半导体	B 轮融资 战略投资	数亿元 ——	由闻泰科技领投，深圳市投控资本、民和资本、屹唐长厚等机构跟投，原股东力合资本追加投资。用于车规级碳化硅功率模块的研发和量产；获得了博世的战略投资。
3	氮矽科技	天使轮融资	千万元级	由率然投资领投，鼎青投资跟投。分离式氮化镓栅极驱动芯片及增强型氮化镓晶体管。
4	超芯星半导体	天使轮融资	——	投资方为同创伟业、磊梅瑞斯资本；6 英寸碳化硅衬底的研发与产业化。
5	忱芯科技	天使轮融资	数千万元	由原子创投独家投资。
6	同光晶体	B 轮融资 C 轮融资	数亿元 ——	B 轮融资由昆仑资本独家投资，6 英寸碳化硅衬底项目；C 轮融资由 CPE 领投，资金将用于同光晶体新一轮的产能扩张计划。
7	瞻芯电子	B 轮融资	数亿元	投资方为临芯投资、金浦投资、青桐资本。
8	致瞻科技	Pre-A 轮	——	公司聚焦于碳化硅器件和先进电驱系统。
9	华瑞微	A 轮融资	近 2 亿元	本轮融资由普华资本、安振基金和毅达资本合投，势能资本担任独家财务顾问。
10	比亚迪	A+轮融资	8 亿元	小米长江产业基金等多家战投。推动比亚迪半导体独立上市。
11	新洁能	上市融资	1.2 亿元	其中约 1.2 亿元计划开展碳化硅宽禁带半导体功率器件研发及产业化项目。
12	瀚天天成	股权融资	——	哈勃投资入股瀚天天成，持股比例 4.64%。
13	山东天岳	股权融资	——	哈勃投资 2019 年底入股后又进行 3 次股权融资。
14	天科合达	股权融资	——	哈勃投资入股天科合达，成为为公司的第五大股东，持股比例为 4.82%。

数据来源: CASA Research

第三代半导体投资建设要借鉴传统半导体的投资经验，避免盲目投资和烂尾项目。国家发改委和工信部已经加强了第三代半导体重大项目的窗口指导，加大对新建项目的监管力度。国内第三代半导体企业要注重产品质量和关键技术水平的提升，在充分了解产业布局和市场需求的的情况下有序扩产，避免资源浪费。同时，地方政府在园区建设之前，要深入调查研究和强化规划指导，对园区定位、投资经费及

拟引进企业的情况等进行第三方评估，避免不符合地方发展需求和实际情况的项目落地。另外，鼓励优势企业通过兼并重组的方式整合创新资源，实现规模化发展和提升竞争力，避免重复建设和低水平扩张。

4.产线陆续开通，产能不断增加

产线陆续开通，大尺寸晶圆渐成主流。衬底方面：2020 年烁科晶体 SiC 衬底项目投产，同时天科合达、同光晶体、南砂晶圆等几大衬底生产商均在扩张 6 英寸衬底产能。器件方面：**SiC 产线从 4 英寸向 6 英寸发展**。据 CASA Research 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。

GaN 电力电子产线方面，已有 7 条 GaN-on-Si 晶圆制造产线，另有约 4 条 GaN 电力电子产线正在建设。**GaN 射频产线**方面，目前有 5 条 4 英寸 GaN-on-SiC 生产线，约有 5 条 GaN 射频产线正在建设。值得注意的是，大尺寸产线对材料技术和生产技术的要求更高，与国际相比，国内大尺寸晶圆制造技术尚未完全成熟，成本高昂、良率较低。企业要根据自身情况，综合考虑技术、成本、生产效率等多方面因素，选取最优的工艺路线。

图表 40 国内晶圆制造产线汇总

应用环节	产线状态	产线数量	主要企业（不完全）
SiC 电力电子	已有产线	7 条	泰科天润、三安集成、中电科 55 所、世纪金光、国家电网全球能源互联网研究院、中车时代半导体、华润微
	新增产线	3 条	上海积塔半导体、芜湖启迪半导体、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、南京百识电子、青岛惠科、华瑞微、英唐智控
GaN 电力	已有产线	7 条	英诺赛科、赛微电子、华润微、能华微电子、宁波

电子			海特创电控、三安集成
	在建产线	3 条	英诺赛科、大连芯冠、欣忆电子
GaN 射频	已有产线	5 条	中电科 13 所、中电科 55 所、三安集成、苏州能讯、海威华芯
	在建产线	5 条	北京华通芯、成都新兴中微科技、正威集团、吴越半导体、立昂微

数据来源: CASA Research

产业链各环节产能增长,但供给仍然不足。据 CASA Research 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。GaN 电力电子方面, GaN-on-Si 外延片折算 6 英寸产能约为 28 万片/年, GaN-on-Si 器件/模块折算 6 英寸产能约为 22 万片/年。GaN 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, GaN-on-SiC 外延片折算 4 英寸产能约为 20 万片/年, GaN-on-SiC 器件/模块折算 4 英寸产能约为 16 万片/年。2020 年,新能源汽车、PD 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,尤其是 SiC 电力电子和 GaN 射频存在较大缺口。这也导致我国第三代半导体各环节国产化率较低,超过八成的产品依赖进口。在这种情况下,希望国内有实力的企业在谋划扩产增加产能供给的同时,还要加强技术攻关,提升产品性能、良率和可靠性,并加速降低成本。

图表 41 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
SiC 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%

GaN 电力电子	GaN-on-Si 外延 (折合 6 英寸)	20	28	+40%
	GaN-on-Si 器件/模块 (折合 6 英寸)	19	22	+16%
GaN 微波射频	SiC 半绝缘衬底 (折合 4 英寸)	10	18	+80%
	GaN-on-SiC 外延 (折合 4 英寸)	10	20	+100%
	GaN-on-SiC 器件/模块 (折合 4 英寸)	8	16	+100%

数据来源: CASA Research

(四) 市场加速渗透, 新应用逐步开启

2020 年, 由于 5G 基站大规模部署、新能源汽车市场开启、PD 快充市场爆发等原因拉动, 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 113 亿元, 较 2019 年增长 85%。然而, 不断增长的市场规模并未对国内产业形成有效拉动, 国内企业规模仍然较小, 在新能源汽车、5G 基站等关键市场不具备话语权和影响力, 超过八成的国内市场份额主要被国际大厂占有。

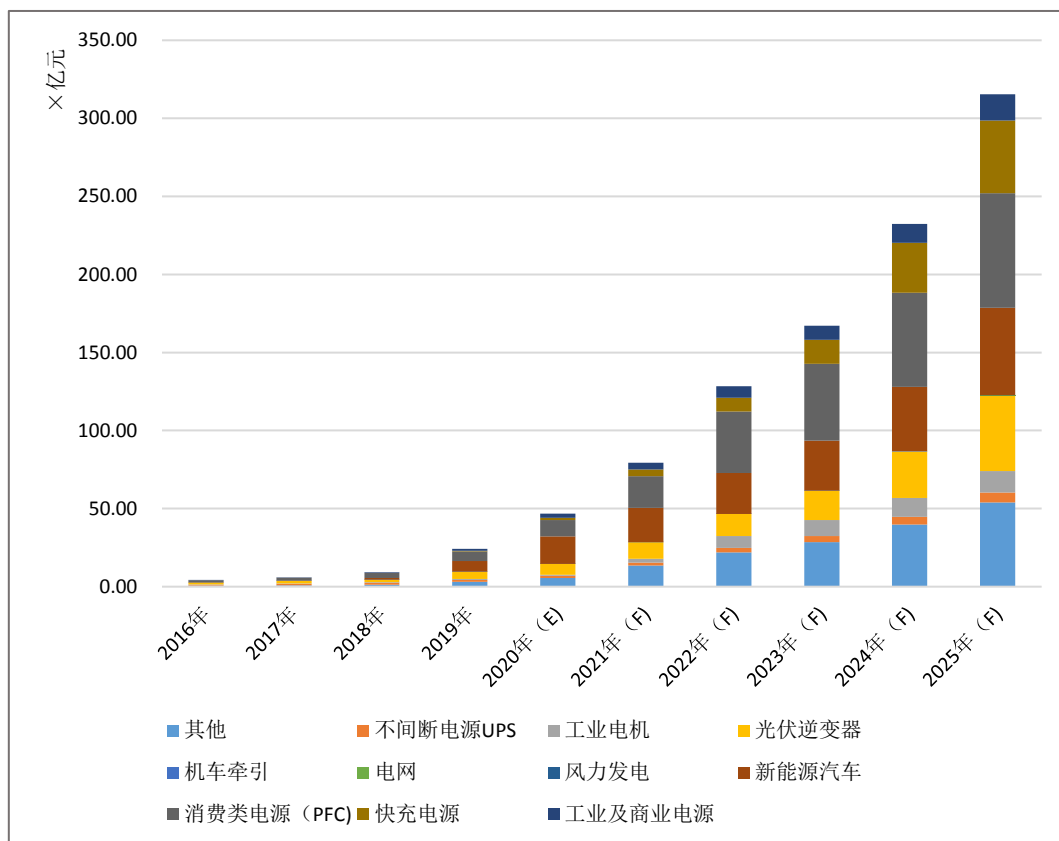
另外, 作为小间距延伸的 Mini LED 已实现小规模量产, 未来将进入家庭场景, LED 替代空间再次升级, 而未来 Micro LED 关键技术的突破还将带动 LED 显示走入消费电子领域。新冠疫情的爆发为紫外 LED 行业创造了动力, 根据 CSA Research 数据, 2025 年我国紫外 LED 器件和模组市场预计达到 57 亿元, “十四五”期间年均复合增长率 41%。

1. 电力电子器件市场规模近 50 亿元

据 CASA Research 统计, 2020 年国内 SiC、GaN 电力电子器件市场规模约为 46.8 亿元, 较上年同比增长 90%。据中国半导体行业

协会数据显示,2020年我国功率半导体分立器件市场规模约为3002.6亿元, SiC、GaN 电力电子器件整体渗透率约为 1.56%。

图表 42 2016-2025 年我国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场规模 (亿元)



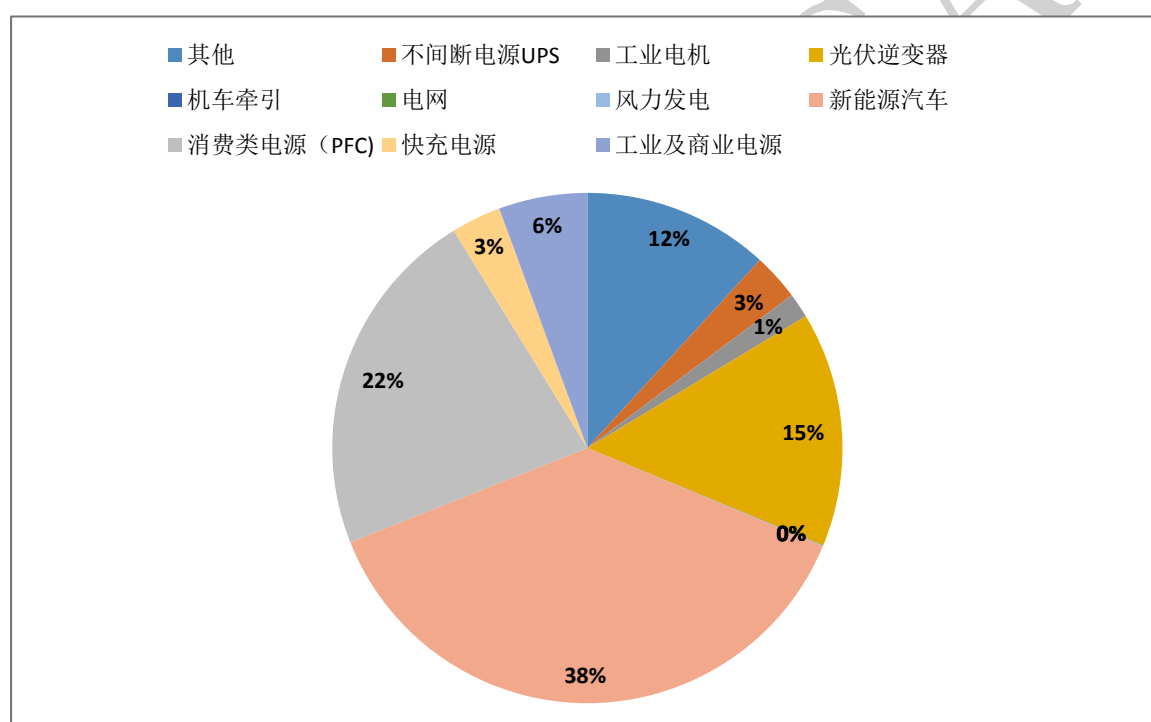
数据来源: CASA Research

市场规模增长的主要驱动因素是新能源汽车市场的快速渗透和PD快充市场的爆发;而2020年光伏市场是有国家补贴的最后一年,装机量出现恢复性增长。其中, SiC 器件占据的市场规模有所回升。

未来五年, SiC、GaN 电力电子器件应用市场将以 45% 的年复合增长率增长至近 300 亿元。在中高压领域, SiC 电力电子器件将继续渗透, 新能源汽车仍将是最大应用领域。在低压、小功率电源领域, 包括 LED 驱动电源、电动工具电源、消费电源、D 类音频, GaN 电力电子器件将是主角, 成为驱动市场的新力量; 在中压领域, GaN、SiC 电力电子器件在数据中心服务器、路由器和网络交换机中的应用

正呈现不断增长的趋势。我国在“十四五”科技计划中将建设“面向大数据中心应用的 GaN 基高效功率电子，应用于数据中心电源的 GaN 电力电子器件”提上日程。预计，未来这个市场复合年均增长率将达到 66.5%；以此为契机，有条件的企业要加快储备相关技术和完善专利布局，产业链相关的“政产学研用金”各方也加强协同，共同建立良好的产业生态。

图表 43 2020 年我国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场结构



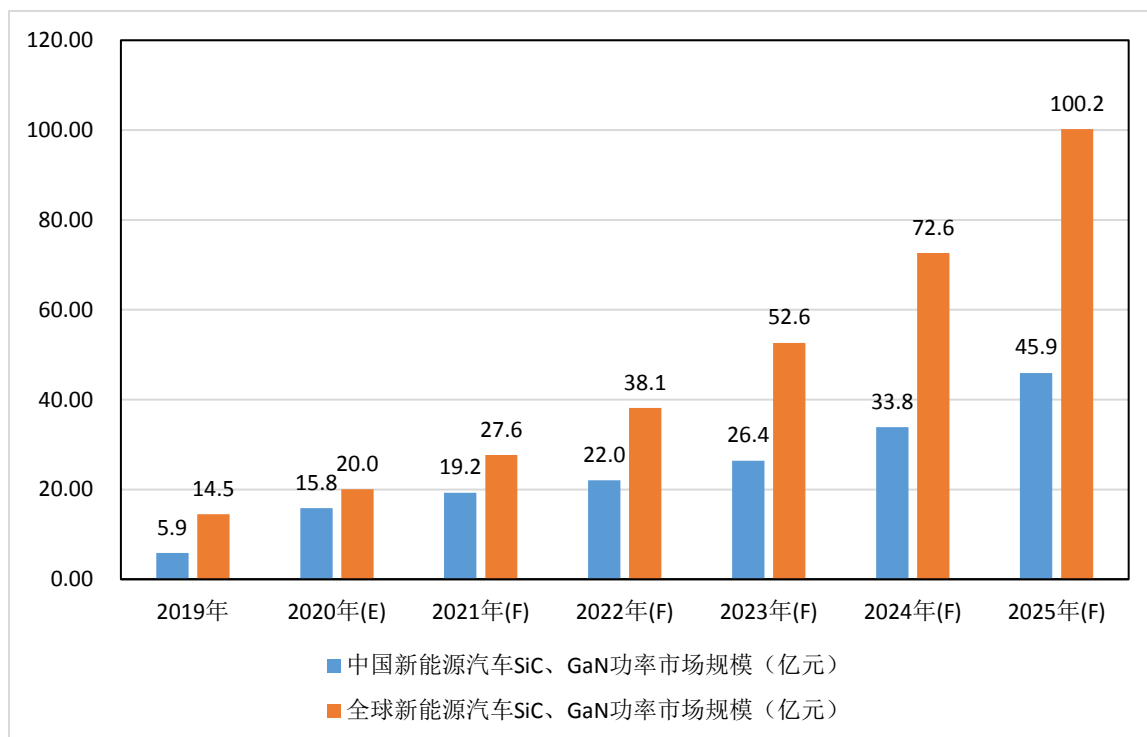
数据来源: CASA Research

(1) 新能源汽车市场成为 SiC 半导体应用的主要驱动力

由于新冠疫情，2020 年上半年，多家新能源汽车整车厂和 SiC 厂商宣布减产甚至停产，新能源汽车领域 SiC 材料和器件市场增长放缓。尽管如此，SiC 的市场前景仍然乐观。特斯拉上海工厂和比亚迪在其电机控制器的逆变器中已经采用了 SiC MOSFET 的芯片作为核心的功率器件，进一步引领 SiC 功率器件在新能源汽车领域的应用。

与此同时，丰田、大众、本田、宝马、奥迪等汽车企业也都将 SiC 功率器件作为未来新能源汽车电机驱动系统的首选解决方案。预计三到五年内，SiC 功率器件将成为新能源汽车中电机驱动器系统主流的技术方案，这将给全球 SiC 功率器件产业带来巨大发展机遇。

图表 44 新能源汽车市场 SiC、GaN 功率市场规模（亿元）



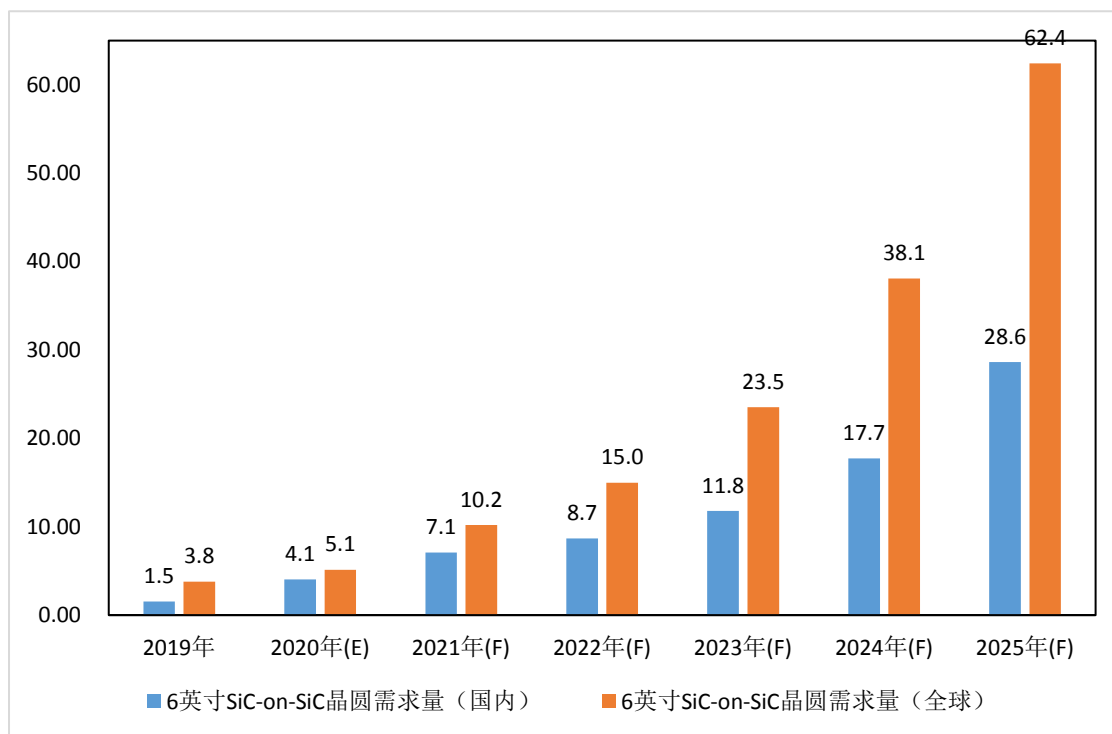
数据来源: CASA Research

CASA Research 预计国内 SiC 汽车市场将以 30.6% 的复合年增长率增长，2020 年市场规模 15.8 亿元，到 2025 年将超过 45 亿元。预计国际 SiC 汽车市场将以 38.0% 的复合年增长率增长，到 2025 年将超过 100 亿元（Yole 预计 SiC 汽车市场将以 38% 的复合年增长率增长，到 2025 年将超过 15 亿美元）。

折算成晶圆，国内 2020 年新能源汽车市场 6 英寸 SiC 晶圆需求量超过 4 万片，预计到 2025 年需求量将增长到近 30 万片。国际 2020 年新能源汽车市场 6 英寸 SiC 晶圆需求量超过 5 万片，到 2025 年需

求量超过 60 万片。

图表 45 新能源汽车市场 SiC 晶圆需求预测 (万片)



数据来源: CASA Research

目前, SiC MOSFET 在产品性能和技术成熟度方面处于快速的增长期, 用户市场应用的产品还没有得到固化和定型, 未来的三到五年, 是我国 SiC 功率器件产业发展突破的关键期。

另外, 国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。与 Si 技术相比, GaN 芯片具有以下优势: 开关速度最大提高 4 倍, 降低电压和电流交叉损耗; 功率密度最高增加 40%; 降低了整体系统重量和成本。GaN 芯片可应用于新能源汽车激光雷达(100V GaN)、DC-DC 48V/12V(100V GaN)、牵引逆变器(650V/900V GaN)、车载充电机(650V/900V GaN)、DC-DC HV(650V/900V GaN)。尽管相比较 SiC 产品, GaN 车用仍然处于早期阶段, 但丰田等厂商已经开始上

车测试，考虑其成本优势，未来市场前景被业内人士看好。国内 GaN 功率半导体研发及应用起步相对较晚，尚未在新能源汽车领域取得实质进展。

图表 46 应用于新能源汽车的 GaN 芯片

序号	企业	产品参数	特点
1	Nexperia	650V/35mΩ(TO-247 封装) 650V/33mΩ(铜夹片贴片封装 CCPAK)	两种封装的新器件均符合 AEC-Q101 标准，可满足汽车应用要求。新的氮化镓技术采用了贯穿外延层的过孔，减少了缺陷并且芯片尺寸可缩小约 24%。
2	Transphorm	650V/240mΩ, PQFN88 封装 650V/35mΩ, TO-247 封装	通过 AEC-Q101 认证
3	GaN Systems	650V/25mΩ	该产品已通过 AEC-Q101 认证，主要应用于车载电池充电器、DC-DC 转换器、EV 牵引逆变器、电子助力转向和电机驱动器等。

数据来源: CASA Research

(2) GaN 电力电子器件在消费电子 PD 快充市场爆发

GaN 电力电子器件在 PD 快充市场爆发。充电头网数据显示，2020 年有 10 家手机厂商推出了 18 款氮化镓快充，华为、小米、OPPO、联想、魅族、努比亚等主流厂商均位列其中，而小米、联想、OPPO、Realme、三星等品牌已经将氮化镓快充作为手机的标配。苹果 2021 年也将推出 GaN 快充产品。电商方面，目前也有 17 家品牌先后推出了数十款 GaN 快充新品。GaN 电力电子器件具有高开关频率、高能量密度和高能量转换效率的特点，能够使 GaN PD 快充实现更高功率、更小体积和更高转换效率，对于消费者而言能更加方便携带以及充电更快，随着 GaN 技术的革新升级，性能及成本优势加持下，GaN 未来有望成为主流快充技术。

为应对下游爆发的需求，全球范围内有十余家 GaN 芯片厂商推出了多达数十款 GaN 芯片，代表企业有 Navitas、PI、英诺赛科、Transphorm、GaNsystems、Infineon、ST、氮矽科技、芯冠科技、东科半导体、苏州量微、聚能创芯、能华微电子等，其中美国的 Navitas 和 PI 公司在业内处于绝对优势。技术路线方面，Navitas 推出单片集成式 GaN 芯片，合封驱动和 GaN 功率器件；PI 主要推出系统集成式解决方案，合封主控、GaN 功率器件、同步整流控制器等的高集成 GaN 芯片；英诺赛科、氮矽科技等以分离式芯片为主。同时，新的技术不断推进，Navitas、英飞凌、意法半导体等厂商布局合封两颗 GaN 功率器件以及驱动器的双管半桥产品；Navitas 近期推出了新一代氮化镓功率芯片 NV6128，集成 GaN FET、驱动器和逻辑保护器件。为了实现更高的效率，倍思、MOMAX、REMAX、尚巡等充电器厂商在大功率快充产品的前端 PFC 电路中采用了 GaN 电力电子器件。

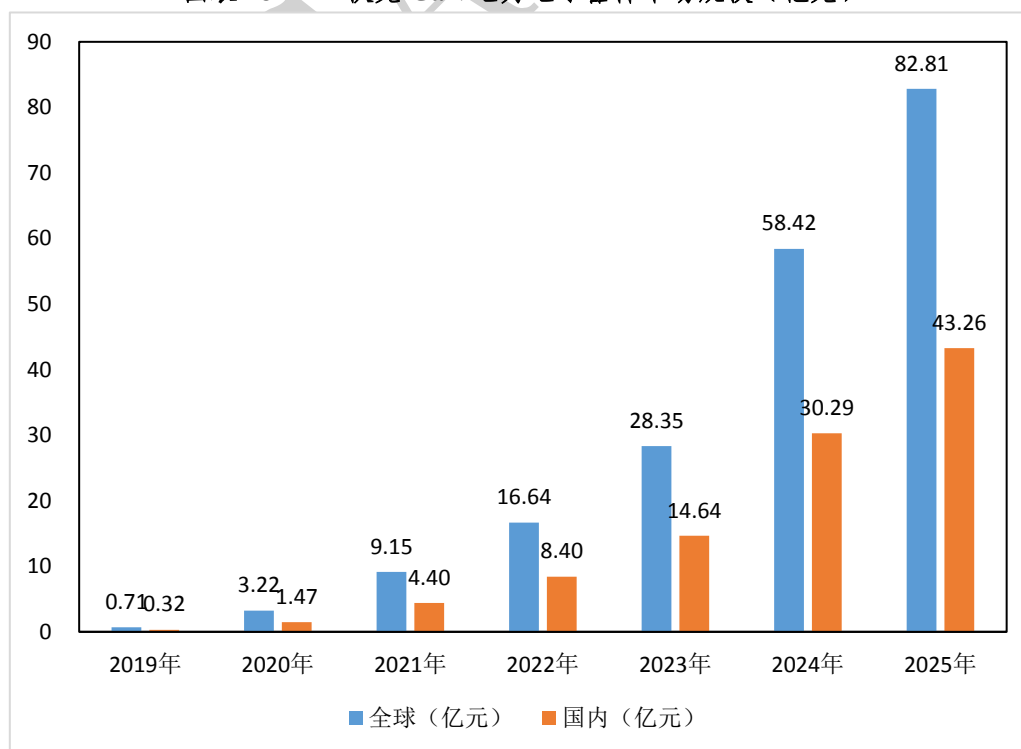
图表 47 应用于 PD 快充的 GaN 芯片

序号	企业	击穿电压	导通电阻
1	英诺赛科	650V	130mΩ/200mΩ
2	芯冠科技	650V	55mΩ-320mΩ
3	氮矽科技	650V	120mΩ/160mΩ/200mΩ
4	苏州量微	650V	25mΩ-180mΩ
5	聚能创芯	输入电压：90-264V，输出功率 65W/120W	
6	东科半导体	650V	200mΩ
7	Power Integrations	650V/725V/750V	——
8	Navitas	650 V	70mΩ-300mΩ
9	Transphorm	650V	35mΩ-480mΩ
10	GaN systems	650V	10mΩ-450mΩ

数据来源：CASA Research 整理

据调研，在以电商客户为主的充电器市场，2019年氮化镓功率器件出货量约为300万颗；随着在手机、平板及笔记本电脑等市场的渗透率逐步提升，2020年将实现10倍增长，总体出货3000万颗。苹果官宣不送充电器之后，三星、小米等厂商纷纷跟进，预期未来将有更多手机厂商加入这一行列，第三方充电器厂商需求暴涨，将带动GaN充电器指数级增长，2021年GaN器件的出货量有望达到1.5亿颗。而快充技术从手机出发，逐步覆盖到了平板电脑、笔记本电脑、显示器、新能源汽车、电动工具、IoT设备等七大市场。除了手机厂商之外，笔电厂商陆续进入GaN快充市场，联想、戴尔、LG等品牌均基于GaN功率器件推出高效的大功率快充配件，而新产品相较于传统的笔记本适配器体积大大缩小，一台65W以上容量的快充，可满足笔记本、手机和PAD的充电需求。可以预见，GaN快充将在未来几年迎来发展的巅峰，市场容量十分可观。

图表 48 PD 快充 GaN 电力电子器件市场规模（亿元）

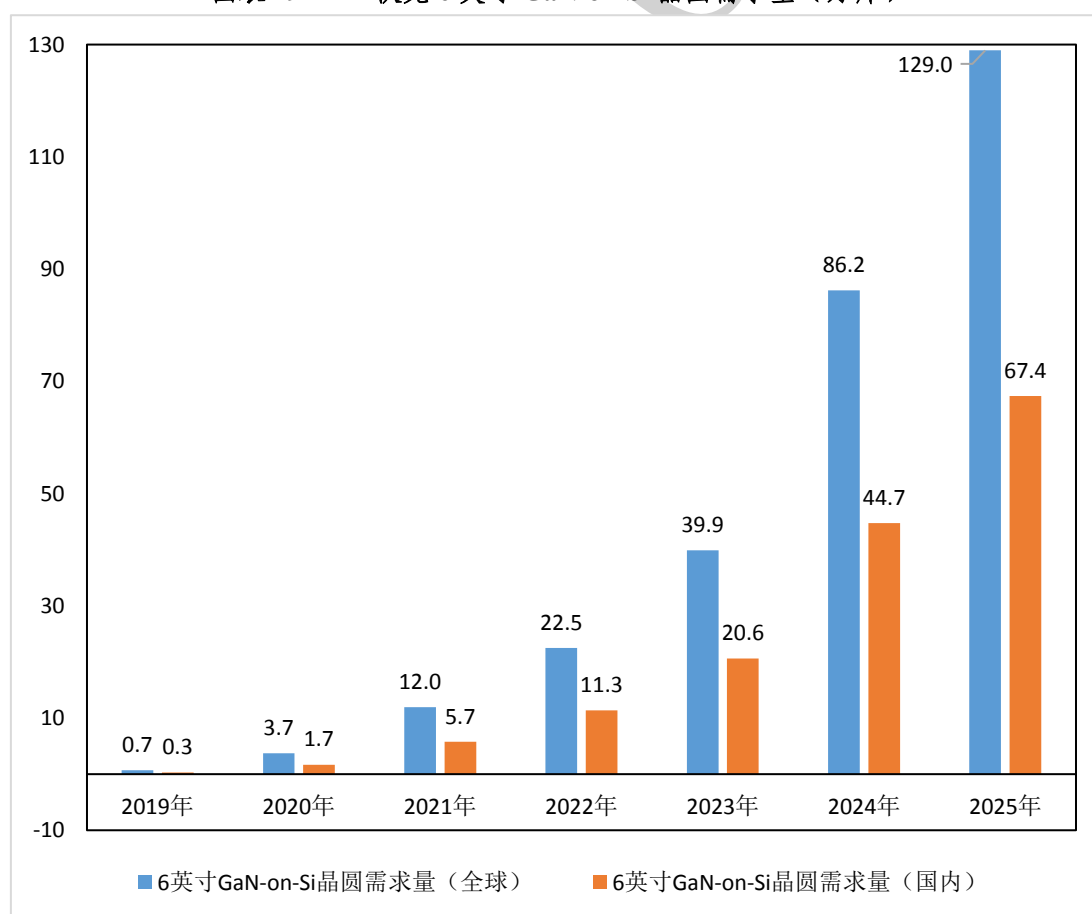


数据来源: CASA Research 整理

CASA Research 数据显示，2020 年国内 PD 快充 GaN 电力电子器件市场规模约 1.5 亿元，预计到 2025 年市场规模将超过 40 亿元，年均复合增长率 97%。而 2020 年全球 PD 快充 GaN 电力电子器件市场规模超过 3 亿元，预计到 2025 年市场规模达到 80 多亿元，年均复合增长率 90%。此前 Yole 预测，至 2024 年 GaN 电源市场 CAGR 可高达 85%，从当前的情况来看 GaN 电力电子器件在 PD 快充领域的实际渗透速度远远高于预期。

折算到上游晶圆需求来看，国内 2020 年 PD 快充市场 6 英寸 GaN 晶圆需求量为 1.7 万片，到 2025 年需求量约为 67.4 万片；国际 2020 年 PD 快充市场 6 英寸 GaN 晶圆需求量为 3.7 万片，到 2025 年需求量超过 120 万片。

图表 49 PD 快充 6 英寸 GaN-on-Si 晶圆需求量 (万片)



数据来源: CASA Research 整理

GaN 在 PD 快充市场的应用已经进入快车道,未来市场无可限量。但是,对于消费者来说,价格仍然是是市场中最核心的竞争力, GaN 器件也不例外。GaN 电力电子生产企业需加强研发投入,进一步改善生产工艺,提升良率,降低生产成本;进一步加强高频开关电路设计、热管理和 EMI 等技术研发,提升客户应用体验。综合当前已有企业和在建项目的信息来看,国内产能完全能够满足 PD 快充市场未来的需求,国内各企业当前主要工作是进一步扩大 PD 快充全球市场份额,加快推动 GaN 电力电子器件在小功率消费类电源、数据中心等工业电源以及新能源汽车等领域新应用领域的渗透。

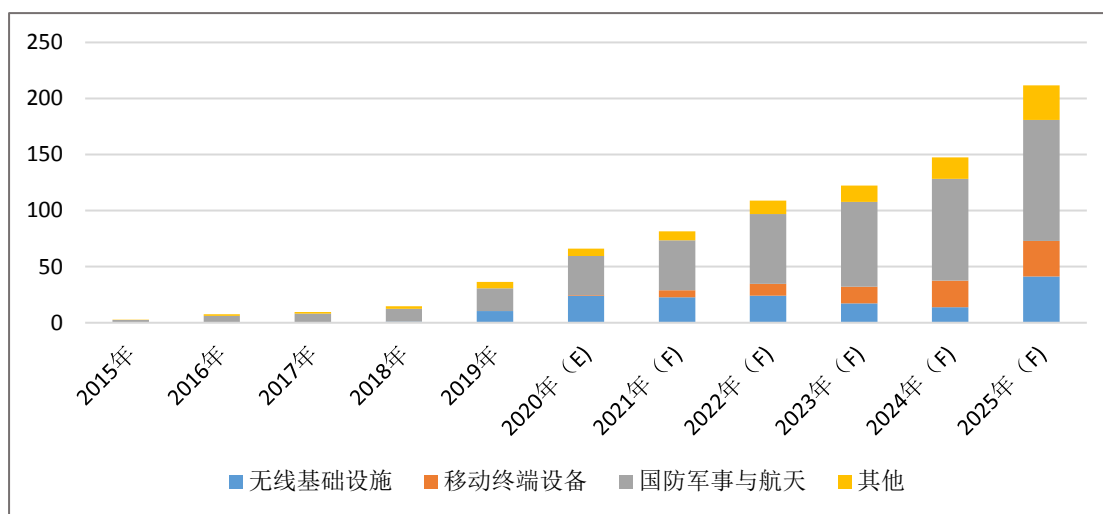
2.GaN 微波射频器件市场规模超过 60 亿元

据 CASA Research 统计,2020 年国内 GaN 微波射频器件市场规模为 66.1 亿元,较上年同比增 57.2%。

5G 基站建设是影响 GaN 微波射频器件市场规模变化的主要因素,预计 2022 年我国 5G 基站建设将达到高峰,带动国内 GaN 微波射频器件市场规模迅速扩张。而 2023 年以后,我国 5G 基站建设规模将有所回落,但 2023 年开始,毫米波基站将有望开始大规模部署,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。

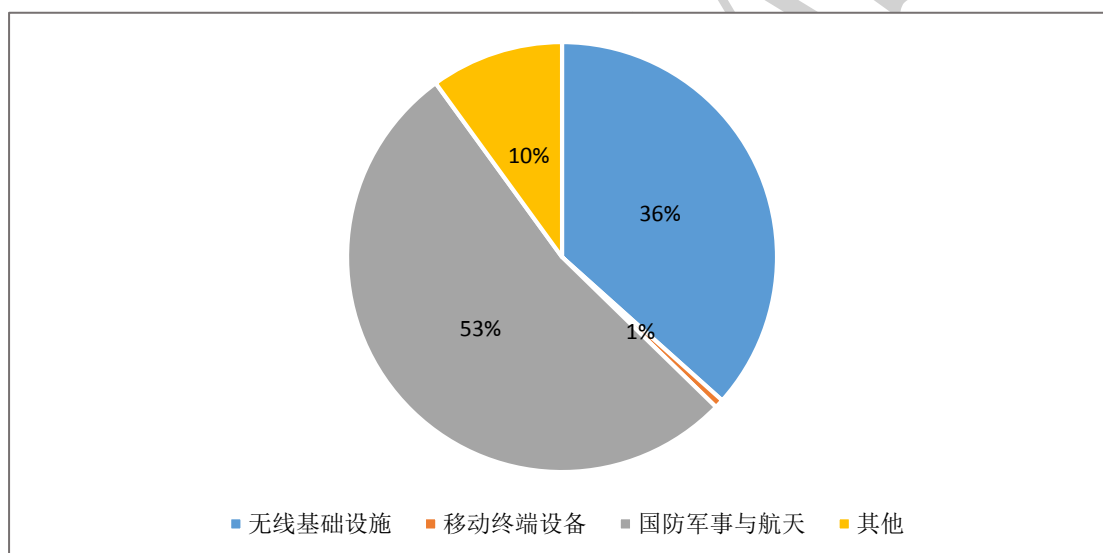
国防军事与航天应用市场仍然是拉动我国 GaN 微波射频器件市场规模的主要驱动力,2020 年市场规模为 34.8 亿元,未来 5 年将以 25.4%的年均复合增长率增长至 100 亿元。我国 GaN 微波射频器件在国防军事与航天应用市场已经 100%实现国产化。

图表 50 2016-2025 年我国 GaN 射频器件应用市场规模（亿元）



数据来源: CASA Research 整理

图表 51 2020 年我国 GaN 射频器件应用市场结构



数据来源: CASA Research 整理

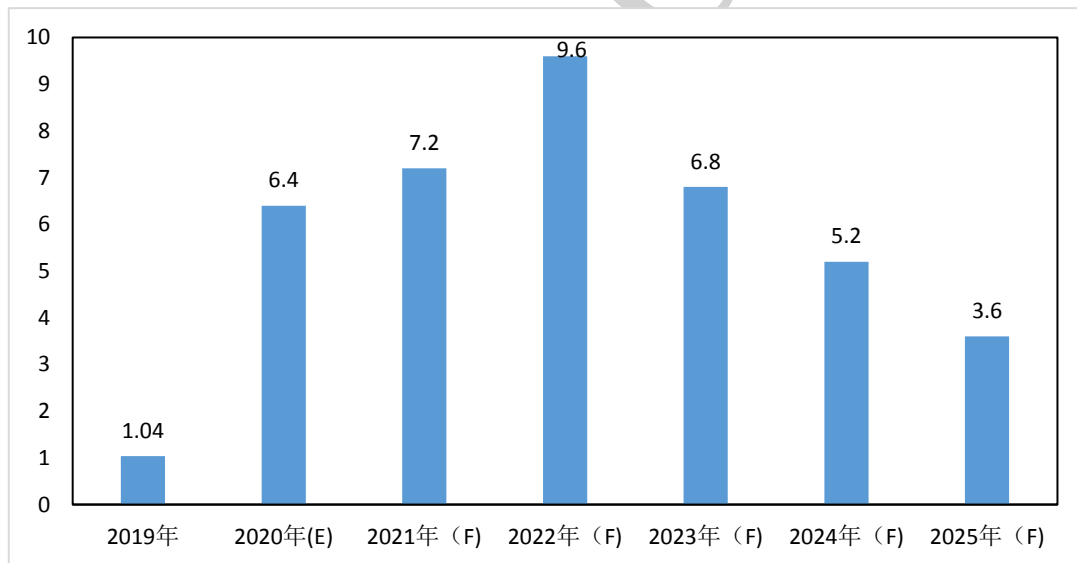
(1) 5G 带来 GaN PA 需求超千亿元

据公开数据显示, 2019 年我国共完成 13 万站 5G 基站建设, 2020 年三大运营商宣布共完成 80 万站 5G 基站建设, 2025 年前我国 5G 宏基站预计将建设超过 500 万站。国外 5G 基站建设情况慢于国内, 截至 2020 年底, 国外共完成 5G 基站建设 30-40 万站, 未来几年建设总量将超过 300 万站。而未来几年, GaN 射频器件在 5G 基站市场渗透

率逐步攀升到 70%。

2020-2022 年是我国 5G 主频段部署高峰。2020 年我国 5G 宏基站 GaN PA 市场规模 73 亿元，到 2022 年市场规模接近 100 亿元，复合增长率达到 17.5%。2023 年毫米波基站将开始部署，预计 PA 市场规模将有 5-10 倍的增长需求。整体来看，5G 宏基站、微基站及毫米波基站带来的 GaN PA 市场规模将超过 1000 亿元。折算成晶圆来看，我国 5G 宏基站 4 英寸 GaN 晶圆总需求量约为 40 万片，2020 年需求量为 6.4 万片，2022 年需求量进一步增长至 10 万片。若毫米波基站开始部署，其 4 英寸 GaN 晶圆总需求量约为 200-400 万片。

图表 52 我国 5G 宏基站 4 英寸 GaN 晶圆需求量（万片）



数据来源: *CASA Research*

全球射频器件市场由住友电工、Cree | Wolfspeed 和 Qorvo 三家企业占据，其中住友电工为华为主要供应商，国内企业尚处于导入阶段。另外，国内在毫米波领域处于空白，没有相关器件供应商。在基站、终端各厂商重新调整供应链的关键机遇期，国内企业迎来了产业

发展的机遇。5G 宏基站即将大规模部署，国内企业要在 2021 年掌握 Sub-6 GHz 功放模块大规模产业化生产关键技术和能力，并达到量产规模，在 2023 年前突破毫米波关键技术。

三、总结与展望

2020 年全球第三代半导体产业在美国的逆全球化举措下发生了巨大的波动，抢占半导体产业竞争格局的制高点成为全球各国的共同诉求和投入方向，由此可以预见未来几年，全球半导体领域的资源、人才竞争将进入白热化阶段。半导体产业是中美科技与经济战中对华技术封锁的重点领域，已经成为我国“短板”中的重灾区，目前汽车、高铁、电网等应用领域的功率半导体基本依靠进口，高端器件禁运、采购成本高、供货周期不稳定等问题突出。特别是核心材料和关键装备主要依靠美国、日本进口，在当前国际形势下，对我国产业链安全构成重大风险。以美国为主导的逆全球化浪潮加剧、贸易战频发，全球产业链供应链因非经济因素而面临冲击，我国亟需摆脱依赖；另一方面，5G、人工智能、新能源等发展提速，对半导体需求猛增，产业的关注度日益增高，国产化替代成为发展趋势。

未来几年，我国的第三代半导体产业将获得更加长足的发展，但要在国际日益严酷的竞争中占据一席之地，还需在以下两个方面加大力度，快速成长。**产业链建设方面**，要加速突破衬底材料、外延、芯片和封装测试瓶颈。不断开发新工艺和新技术，加速实现 6 英寸 SiC 衬底和外延材料的产业化转移，降低材料的缺陷密度、提高产品良率和降低成本；尽快推出满足光电子（Mini/Micro-LED）、电力电子、

微波射频应用需求，具备量产和成本优势的 SiC 和 GaN 器件及模组产品；推动建设国际一流的 SiC、GaN IDM 和 Foundry；加速建设能够充分发挥第三代半导体材料和器件性能的先进封装线；开展第三代半导体材料和器件在光电子、电力电子和微波射频等领域应用相关的驱动、控制、冷却、系统集成等共性技术研发。产业应用方面，重点推进第三代半导体在新能源汽车（车载充电器、主启动、充电桩）、5G、数据中心、工业电机、地铁轻轨以及轨道交通等重点领域规模化应用；技术方面，支持第三代半导体关键技术突破，打造核心技术自主安全掌控的第三代半导体体系；人才方面，促进产业和高校院所合作，加大高层次研发人才培养力度，为产业发展提供动力；公共平台方面，做实做强第三代半导体设计、芯片工艺、封装测试和应用验证等公共平台，服务产业发展；标准体系方面，建立碳化硅、氮化镓技术的标准体系和专利保护共享机制，支撑和保护产业健康发展。

“十四五”是我国第三代半导体产业发展的关键窗口期，能否建立长期战略优势至关重要。在国家科技计划的支持下，我国初步形成了从材料、器件到应用的全产业链，但整体产业竞争力不强，可持续发展的能力较弱，特别是核心技术上与国际差距在不断拉大。当前国际第三代半导体材料、器件实现了从研发到规模性量产的成功跨越，已进入产业化快速发展阶段，在新能源汽车、高速列车、5G 通信、光伏并网、消费类电子等多个重点应用领域实现了突破，未来 5 年将是第三代半导体产业发展的关键期，全球资本加速进入第三代半导体材料、器件领域，产能大幅度提升，企业并购频发，正处于产业爆发前

的“抢跑”阶段。我国在市场和应用领域有战略优势，正在形成完善的产业链条，国际巨头还未形成专利、标准和规模的完全垄断，有机会实现核心技术突破和产业战略引领，重塑全球半导体产业格局。

CASA CASA



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