



CASA

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

2022

第三代半导体产业发展报告

Third Generation Semiconductor Industry Development Report

北京第三代半导体产业技术创新战略联盟

2023年3月

目 录

前言	1
一、国际第三代半导体产业进展	4
（一）逆全球化竞争加剧，各国强化自主发展	4
（二）8 英寸 SiC 产业化加快，制备出 6 英寸 GaN 单晶	8
（三）增长超过预期，企业加速扩张	19
（四）新能源汽车及储能推动产业进入高速增长期	24
二、国内第三代半导体产业进展	28
（一）国际封锁倒逼国产替代加速	28
（二）器件装备产品进入应用	32
（三）功率电子与射频产值增长 11.7%	43
（四）市场加速渗透，新应用逐步开启	51
三、趋势与展望	60

前言

2022 年，全球零碳政策深入实施，清洁能源利用增加，带动第三代半导体技术和产业快速发展。为应对气候变化，控制温室气体排放，叠加欧洲能源危机，2022 年，各国纷纷加快清洁能源产业发展，推动经济绿色转型发展。中国也积极推进“双碳”目标实现，不断调整产业结构，加速低碳技术应用，提升能源使用效率，加快清洁能源开发。在此过程中，第三代半导体材料和技术在功率电子装置小型化和模块化，提高能源互联网可靠性、可控性，提升电动汽车和高速轨道交通电能转换效率，降低 5G 基站、数据中心等能耗等方面发挥关键作用，同时绿色低碳产业发展也带动了第三代半导体技术和产业进步。

2022 年，全球半导体产业终结连续高增长，进入调整周期，与此形成对比，在新能源汽车、光伏、储能等需求带动下，第三代半导体产业保持高速发展。技术方面，碳化硅（SiC）领域，8 英寸衬底开始产业化；车规级 SiC 功率器件是开发重点，多家厂商推出大功率模组及高温封装产品；整车及零部件厂商加快采用高压（800V 或 1200V）SiC 功率产品。氮化镓（GaN）领域，制备 6 英寸单晶衬底技术有新进展；小型化、高功率密度、耐辐照的 GaN 功率器件新品加快推出，耐压 1200V 的商业化产品和垂直型 GaN 功率器件实现小批量供货。GaN 射频方面，硅基 GaN 射频器件出货增加，多家企业推出 GaN 毫米波产品。GaN 光电子方面，Mini-LED 量产加速，Micro-LED 技术不断进步。超宽禁带方面，氧化镓(Ga_2O_3)是研究热点，衬底、外延、器件及装备各环节技术均有突破，产业化技术加快推进。设备和辅

材方面，8 英寸 SiC 设备推出，散热辅材持续改进。市场及产业方面，新能源汽车，光伏与储能推动产业进入高速增长期，2022 年全球 SiC、GaN 功率半导体市场约 23.7 亿美元，GaN 微波射频市场约为 12.4 亿美元。上市公司产品供不应求、订单充分饱和、企业加速产能扩张，第三代半导体业务高增长、高毛利成为业绩亮点。随着龙头企业通过联合、绑定、并购等方式积极进入，第三代半导体全球化供应链正在形成，竞争格局逐步确立，先发企业的优势进一步稳固。总体来看，国际第三代半导体产业步入快速成长期。

国内第三代半导体产业经过前期产能部署和产线建设，国产第三代半导体产品相继开发成功并通过验证，进入产业成长期。技术方面，SiC 商业化衬底外延主流仍为 6 英寸，8 英寸处于研发和小批量试产阶段，液相法生长 SiC 单晶开始试生产；SiC 二极管产品基本成熟，量产增加；多家企业加速推出 SiC MOSFET 商业化产品；国产 SiC 器件及模块在光伏及储能领域开始小批量应用。GaN 方面，制备出 6 英寸 GaN 单晶，GaN 消费电子产品价格下跌，GaN 射频产品供应增加。国产长晶、外延、工艺装备加速推出，标准生态逐步搭建。产业方面，2022 年我国第三代半导体功率电子和微波射频两个领域实现总产值 141.7 亿元¹，较 2021 年增长 11.7%，产能不断释放。其中，SiC 产能高速增长，GaN 产能增加超 30%；新增投资扩产计划较上年同比增长 36.7%；资本市场活跃，并购金额超 45 亿元，66 家企业融资超 64 亿元。市场方面，随着电动汽车市场快速增长，光伏、储能需求拉动，

¹ 无特别说明，“元”均代指“人民币”。

我国第三代半导体功率电子和微波射频市场总规模达到 194.2 亿元，较 2021 年增长 34.5%，其中功率半导体市场超过 105.5 亿元，微波射频市场约 88.6 亿元。

总体来看，我国第三代半导体产业已进入成长期，技术稳步提升，产能不断释放，国产 SiC 器件及模块开始“上机”，生态体系逐渐完善，自主可控能力不断增强，整体竞争实力日益提升。

CASA Research

一、 国际第三代半导体产业进展

（一）逆全球化竞争加剧，各国强化自主发展

1. 逆全球化叠加市场疲软，欧美加大对华打压

（1）半导体从全球合作走向区域分裂

发达经济体出台法案，大举投入吸引半导体产业回流，全球产业链、供应链受到冲击。2022 年 8 月 9 日，美国总统拜登签署《2022 芯片与科学法案》，明确将投入 520 亿美元支持本土半导体生产制造。加之此前，欧盟的 430 亿欧元《欧洲芯片法案》，以及日本 184 亿美元半导体资金，韩国 510 万亿韩元（约 4000 亿美元，含企业投资）的“K-半导体战略”，印度 100 亿美元半导体激励计划等举措，机构预测，未来五至十年全球或将有 1.5 万亿美元资金投向半导体领域。巨额投资吸引产业回流，半导体产业链、供应链或从全球合作走向区域分裂。美国力邀全球半导体龙头在美建厂，并承诺提供巨大优惠政策，如 Intel（200 亿美元，美国俄亥俄州）、Samsung（170 亿美元，德克萨斯州）、TSMC（加码至 400 亿美元，亚利桑那州等）、NXP（26 亿美元，德克萨斯州）等先后宣布在美建厂。欧盟“芯片战略”和“2030 数字罗盘”计划，目标是到本世纪 20 年代末，将欧洲在全球尖端半导体芯片制造比例从 10%提升至 20%。日本政府通过《经济安全保障推进法案》，强化对半导体、医药品等战略物资的供应链安全调查，减轻本土企业对海外供应商的依赖，同时通过“改革供应链”项目资助日本制造商将产线撤出中国(迁回本土或东南亚)。由美国挑起的逆全球化潮流，将加剧全球半导体产业供应链的分裂与混乱，也将增加半导体

企业生产经营成本和风险，掣肘全球半导体行业创新发展。

（2）市场需求疲软，产业进入调整期

2022 年全球半导体市场需求疲软，产业进入调整期。在财政和货币政策紧缩、能源格局改变、通胀攀升等多重压力下，全球经济增速急剧放缓，衰退风险日益增加。在此背景下，全球半导体行业市场需求减弱。根据 Gartner 预测，2022 年全球半导体收入预计增长 7.4%，远低于 2021 年的 26.3%。世界半导体贸易统计协会（WSTS）数据也显示，受内存芯片市场急剧紧缩所累，2023 年全球半导体市场规模将萎缩 4.1%至 5570 亿美元。曾因“缺芯潮”和产能紧缺蔓延到产业链各环节的紧张情绪逐渐消弭，随着市场供需关系的转变，产能饱和、芯片价格下跌、市值蒸发腰斩、订单削减、营收预期下调、裁员等现象开始出现。2022 年全球半导体产业进入周期性调整期。

（3）美国为首加码对华半导体打压

美国为首加码对华半导体打压。2022 年 7 月，美国向荷兰政府施压，要求 ASML 在禁止向中国出售最先进的极紫外线光刻机(EUV)基础上，将禁售范围进一步扩大到上一代技术深紫外线光刻机(DUV)。2022 年 8 月又针对设计 GAAFET（全栅场效应晶体管）结构集成电路所必须的 EDA 软件、金刚石和 Ga_2O_3 为代表的超宽禁带半导体材料等技术实施新的出口管制。美国《2022 芯片与科技法案》除了激励本土产业之外，还禁止接受资助的公司 10 年内不得在中国和其他特别关切国家扩建先进制程半导体芯片。欧洲各国也跟随美国步伐封锁中国，如德国政府禁止赛微电子收购德国汽车芯片制造产线、英国强

制安世半导体至少剥离 NWF 86%的股权，以色列半导体公司因美国出口管制新规而丧失中国市场等。此外，美国还拉拢日韩台组建芯片联盟（CHIP4），强行捆绑和虹吸东亚半导体产业成果以打压中国大陆。美国系列举措旨在打破原有半导体制造全球分布格局，遏制中国半导体产业发展，重新形成以美国为龙头的全球格局。

2. 第三代半导体相关项目支持近 88 亿元

项目方面，公开的第三代半导体项目支持 21 项。各国家和地区持续支持第三代半导体研发项目。据不完全统计，2022 年美国、英国、意大利、新加坡、日本、法国政府及公共部门在第三代半导体上新布局 21 个公共研发项目，涉及材料、外延、器件、系统等各环节，项目金额超 12.6 亿美元。支持方向上，突出 8 英寸 SiC 衬底和晶圆制造、车用 800V SiC 逆变器等；项目来源上，美国多来自于能源部（DOE）和国防部（DARPA）；英国则主要在研究与创新署（UKRI）支持下开展；日本通过新能源和工业技术开发组织（NEDO）部署；新加坡支持机构为科技研究局（A*STAR）。

图表1. 国际上第三代半导体相关项目支持情况

国家	资助机构	被支持单位	金额	项目内容
欧盟	欧盟	英国卡迪夫大学创新学院化合物半导体研究所（ICS）	1300 万英镑	支持 ICS 建设超净间、购买设备
英国	英国研究与创新署（UKRI）	—	253.7842 万英镑	P3EP 项目（GaN 器件预封装项目）
		—	247.3 万英镑	SCIENZE 项目（800V SiC 自动化项目）
		—	109.3 万英镑	ASSIST 项目（SiC 固态变压器项目）
		—	52.4 万英镑	PE2M 项目（快速成型的模块项目）

		谢菲尔德大学、剑桥大学和伦敦大学学院	1200 万英镑	外延设施项目
	英国研究合作投资基金（UKRPIF）、威尔士政府	英国卡迪夫大学创新学院化合物半导体研究所（ICS）	2930 万英镑	用于支持 ICS 基础设施建设
	英国研究合作投资基金（UKRPIF）、威尔士政府、威尔士欧洲资助办公室（WEFO）、威尔士高等教育资助委员会（HEFCW）	英国转化研究中心（TRH）（化合物半导体研究所（ICS）和卡迪夫催化研究所（CCI））	4510 万英镑	—
美国	美国能源部高级能源研究计划局（ARPA-E）	Transphorm	—	供应基于 GaN 的四象限开关（FQS）
	国防高级研究计划局（DARPA）	Coherent	—	开发相干光收发器技术
	美国能源部（DOE）	阿肯色大学	1030 万美元	建立能源前沿研究中心
		Ricardo、Meritor、Silicon Power、北卡罗来纳州立大学 FREEDM 中心、Poly Charge America	—	基于 800V SiC 逆变器的 8 级电动卡车项目
		麻省理工学院	450 万美元	开发基于垂直 GaN 超结二极管和晶体管
		宾夕法尼亚州立大学	750 万美元	GaN 辐射效应研究
		Qorvo	—	GaN 射频计划（STARRY NITE）
		MACOM	—	大功率 GaN 45kW 射频（RF）发射机
		ComEd	20 万美元	提高电动汽车（EV）极速充电（XFC）的效率并降低成本
	联邦政府	Global Foundries	3000 万美元	推动佛蒙特州伯灵顿工厂的 8 英寸 GaN-on-Si 技术开发和生产
法国	法国政府	ZADIENT Technologies	—	SiC 项目
意大利	国家复兴和复原力计划（OPEN PNRR）	—	3.4 亿欧元	SiC 衬底
	意大利政府	STMicroelectronics	7.3 亿欧元	SiC 衬底
新加坡	新加坡科技研究局（A*STAR）微电子研究所（IME）	Toray	—	开发用于 SiC 功率半导体的高散热胶粘片的实际应用

日本	日本新能源和工业技术开发组织（NEDO）	Showa Denko	—	8 英寸 SiC 晶片开发
中国台湾地区	中国台湾地区“行政院”《2022 年化合物半导体科技研究发展项目计划》	—	—	8 英寸 SiC 长晶及磊晶设备自主、8 英寸 SiC 晶圆制造关键设备与材料自主；完善本地供应链

数据来源：CASA Research 整理

（二）8 英寸 SiC 产业化加快，制备出 6 英寸 GaN 单晶

1. SiC 技术进展

（1）8 英寸 SiC 晶圆量产，新工艺助力降本增效

8 英寸 SiC 晶圆开始商业化量产。2022 年 4 月 Wolfspeed 莫霍克谷工厂 8 英寸 SiC 衬底正式投产，9 月又宣布再次投资 13 亿美元，在北卡罗来纳州建设 8 英寸 SiC 衬底工厂；Onsemi 8 英寸 SiC 晶圆衬底样品面世，预计在 2024 年实现样品认证，2025 年实现规模出货；Soitec 发布首款 8 英寸 SiC 衬底产品；Sumitomo Metal 子公司 Sicoxs 开建 8 英寸 SiC 复合衬底产线。此外，SiC 外延供应商 Showa Denko 宣布 8 英寸 SiC 外延片样品开始供货。晶圆代工领域除汉磊、X-Fab 外，韩国 DB HiTek 和联电也在加快 8 英寸晶圆制造布局。

8 英寸 SiC 晶圆加快推进的主要原因：一是为大幅降低 SiC 晶圆成本。8 英寸 SiC 晶圆优质裸片的产量是 6 英寸 SiC 晶圆的 1.8-1.9 倍，可使衬底成本降低 30%左右，6 英寸 SiC 晶圆约 750-900 美元/片，而 8 英寸晶圆预计价格达到 1300-1800 美元/片；二是由于下游需求爆发，全球 SiC 供不应求，各大厂商加速推进 8 英寸以扩大供给；三是从大半导体市场看，由于近期消费电子需求下滑，晶圆代工成熟制程产能松动，避免产能利用率大幅滑落，代工企业加快开发化合物

半导体工艺。

图表2. 2022 年部分国际 SiC 代表企业进展情况

序号	企业	产业环节	主要进展
1	Wolfspeed	衬底	4 月莫霍克谷 8 英寸工厂正式投产； 9 月宣布再次投资 13 亿美元，在北卡建设最大的 8 英寸 SiC 衬底工厂，主要生产 8 英寸 SiC 衬底。
2	Onsemi	衬底	1 季度，8 英寸 SiC 晶圆衬底已有样品面世； 预计在 2024 年实现尺寸样品认证，2025 年实现规模出货。
3	Soitec	衬底	5 月发布首款 8 英寸 SiC 衬底，衬底基于 Soitec 专有的 SmartSiC™工艺技术，该技术是将高质量 SiC 超薄层键合在超低电阻的多晶 SiC（poly-SiC）晶圆上。
4	Sicoxs	衬底	8 英寸 SiC 衬底线，计划于 2024 年 3 月竣工； Sicoxs 制造并销售的键合 SiC 基板（商品名"SiCkrest"）通过应用独特的键合技术形成两层晶圆，实现了性能和成本并重的产品。
5	Showa Denko	外延	9 月宣布单晶 SiC 衬底生产的 8 英寸 SiC 外延片样品已经开始出货。
6	DB HiTek	代工	宣布 2023 年启动 8 英寸工艺平台开发。
7	联电	代工	5 月宣布加速 8 英寸晶圆宽禁带半导体制布局，大举购置新设备，2022 年下半年进驻厂区。
8	Oxford Instruments	设备	开发出等离子干法刻蚀（PPDE）衬底加工工艺以替代现有 CMP 工艺，实现效率、环保。

数据来源：CASA Research

工艺改良新技术持续推出。利用再生 SiC 原料提升长晶速度，韩国陶瓷技术研究院将 SiC 废料回收作为长晶原料，仅用 4 个小时长出 2 英寸(位错密度为 $3\times10^3/\text{cm}^2$)的单晶，长晶速率达到 1.3-1.7 mm/h，比传统 PVT 法快 4 倍。复合衬底技术降低 SiC 晶圆制造成本，日本住友金属子公司 Sicoxs 将 SiC 单晶衬底键合在 SiC 多晶衬底或者 Si 衬底上，既可减少 SiC 单晶衬底使用量，又可获得与单晶衬底相同的器件特性，该技术有望降低 SiC 晶圆制造成本。Oxford Instruments 开发出等离子干法刻蚀（PPDE）衬底加工工艺，该工艺采用无接触技术，可减少衬底加工损耗，提高出品率，并可直接取代 CMP，兼容/

集成现有工艺制程，有助于实现更薄、翘曲度更低的晶圆，同时实现效率、环保和开盒即用（Epi-ready）。

（2）MOSFET 耐压升至 2000V，车规产品是主流

车规产品是主流，SiC 器件继续向大电流、高耐压、高功率密度方向发展。目前主要厂商均已量产第三代或第四代 SiC MOSFET 产品（ROHM 第五代产品正在开发，计划于 2025 年量产），新产品在结构、工艺方面不断优化，以实现更高功率密度；此外，高效互联和直接水冷等封装技术，也拓展了 SiC 器件的应用场景，除车用以外，面向光伏、储能等应用的产品品类也不断丰富。目前，商业化的 SiC MOSFET 产品的电压集中在 650V、1200V、1700V，部分新品耐压等级提高到 2000V；同时，20A、50A、80A 等大电流产品增多，体积不断缩小，电阻性能优化，功率密度不断提高。

封装方面，通过减小高频开关电流回路的面积实现低杂散电感，开发适宜高温工作的连接材料，匹配封装中不同材料的热性能，采用多功能集成封装技术以及先进的散热技术是 SiC 近两年的技术趋势，此外，新产品也都在积极推进与标准 IGBT 的兼容。

图表3. 2022 年部分国际企业新推出的 SiC MOSFET 产品

序号	企业	产品型号	产品指标	备注
1	SemiQ	GP2T080A120U (TO-247-3L)	1200V/80mΩ	——
		GP2T080A120H (TO-247-4L)	1200V/40mΩ	提供 TO-247-4L 和 TO-247-3L 封装。
2	Coherent	——	1200V	完成 AEC-Q101 标准的认证，封装样品于 2022 年年中上市。
3	Power Integrations	InnoSwitch™3-AQ	额定电压 1700V，70W 的输出功率	业界首款采用 SiC 初级开关 MOSFET 的汽车级开关电源 IC，符合 AEC-Q100 标准。

4	Infineon	CoolSiC	650V	沟槽技术为基础，紧凑型 D2 PAK SMD 7 引脚封装，采用 .XT 互连技术。
			2kV	TO247-PLUS 封装形式。
			1200V M1H	使用 .XT 互连技术的分立封装，应用到 Easy 1B、2B 和 3B 模块中，最大临时结温为 175° C。
5	Microchip	——	3.3kV/25mΩ	低导通电阻。
6	KEC	——	1200V	车规级沟槽型 SiC MOSFET 器件。
7	Onsemi	Top Cool	650V	全球首款 TOLL 封装，尺寸仅为 9.90 mm x 11.68 mm，比 D2PAK 封装的 PCB 面积节省 30%。而且，外形只有 2.30 mm，比 D2PAK 封装的体积小 60%。
8	Qorvo/Unit edSiC	UF4C/SC 1200V 系列，第 4 代 SiC FET	1.35mΩ-cm ² R _{DS(on)} x A; 0.78Ω - μ J R _{DS(on)} x Eoss; 4.5Ω-pFR _{DS(on)} x Coss,tr; 和 0.9 Ω -nC R _{DS(on)} x Qg。	R _{DS(on)} (23mΩ、30mΩ、53mΩ 和 70mΩ) 均采用行业标准的 4 引线开尔文源极 TO-247 封装，其中 30mΩ 和 70mΩ 器件也采用 TO-247 三引线封装；主要用于需要高效率和低损耗的产品，如：直流转换器、快速直流充电器、车载充电器、工业充电器和 IT 服务器电源等。
			750V	采用表面贴装 D2PAK-7L 封装。
9	Toshib	TWxxNxxx C 系列	650V/1200V	(R _{DS(ON)}) 下降约 43%，开关损耗减少约 20%。
10	Wolfspeed	E3M 系列	650V/60 mΩ	采用 Wolfspeed 第三代 SiC MOSFET 技术，通过 AEC-Q101(Rev.E) 认证。
11	ST	第 4 代 SiC MOSFET	——	包括牵引逆变器项目基于 1200V SiC MOSFET 的驱动电源模块。

数据来源：CASA Research 整理

(3) 大功率和双面散热型模块产品增多

SiC 大功率、双面散热模块产品增多。Wolfspeed、Infineon、ST、Onsemi、Toshiba、TDSC 等纷纷推出新款 SiC 功率模组，产品额定电压多在 1200V、1700V。为解决功率模块运行中 SiC 器件面临的电压应力、电磁干扰、损耗增加等问题，业界积极探索通过优化封装布局、选择新型材料、改善封装工艺等方式进行改进。此外，2022 年业界还推出多款双面散热型模块产品。

图表4. 2022 年部分国际企业推出 SiC 模块产品

序号	企业	产品	指标	备注
1	Wolfspeed	WolfPACK SiC 功率模块	内置 1200V SiC MOSFET	大电流额定拓扑; 内置 NTC; 压配连接; 易于布局和组装; 系统可扩展性和可靠性; 分立设计整合到单个封装中; 功率密度增加/系统尺寸缩小。
2	TDSC	MG600Q2YMS3 和 MG400V2YMS3	MG600Q2YMS3 1200V/600A; MG400V2YMS3 1700V/400A	与之前发布的 MG800FXF2YMS3 共同组成了 1200V、1700V 和 3300V 器件产品线; 新模块 2-153A1A 封装与 IGBT 模块具有安装兼容性。
3	Infineon	XHP 2 CoolSiC 功率模块	采用 CoolSiC MOSFET 和 XT 技术的 XHP 2 封装功率模块	XHP 2 封装具有低杂散电感、对称且可扩展的设计及高电流容量; 适用于有轨电车。
		Sixpack 三相桥 SiC 模块	推荐的 $V_{GS(on)}$ 为 15-18V, $V_{GS(off)}$ 为 0-5V, 最大栅极电压扩展至 +23V 和 -10V	采用增强型 CoolSiC™ MOSFET (MIH), 首发型号为 EasyPACK™ 和 EasyDUAL™ 封装。
4	MITSUBISHI	FMF400DY-24B 功率模块	1200V/400A SiC 功率器件模块	包括一个反并联、低 V_f 、零恢复损耗 SiC SBD, 和 MITSUBISHI 的第二代 SiC MOSFET 芯片技术(适用于需要高开关频率的应用), 与同等额定值的 Si IGBT 相比, 新的 SiC 模块预计可降低约 70% 的功率损耗。该模块与标准 IGBT 栅极驱动器兼容。
5	Onsemi	SiC 汽车电源模块	采用 transfer-molded 封装	符合汽车用 AEC-Q101 和 AQG324 标准。
6	ST	SiC MOSFET 功率模块	采用 ACEPACK DRIVE 封装, 烧结技术	内部主要功率半导体是 ST 的第三代 (Gen3) STPOWER SiC MOSFET 功率晶体管。

数据来源: CASA Research 整理

多家企业推出“SiC+800V”电动汽车逆变器方案。2022 年, Semikron、BorgWarner、McLaren Applied、Equipmake、Marelli 等汽车 Tier1 供应商加入战局, 纷纷推出平台电压 800V 的 SiC 电驱解决方案。Rhombus 在充电基础设施上也开始应用 1200V 的 SiC 产品。整车企业如 Toyota、Lexus、Ford、Volkswagen、Mercedes-Benz 等也加快 SiC 电驱应用。

图表5. 2022 年部分国际企业 SiC 功率产品应用情况

厂商	产品	应用部件	技术指标 1	技术指标 2	供应商	阶段
Semikron	EV 电源模块	电驱电控	750V 和 1200V eMPack 平台, 可满足 100kW 至 750kW 的应用和 400V 至 800V 的电池系统的需求。	控制电源开关的 SiC MOSFET 与 Semikron 的全烧结直压芯片 (DPD) 装配工艺集成在主要的电动汽车牵引逆变器	ST	商业化产品
Equipmake	车用逆变器	电驱电控	400KW	40kHz, 电池体积减少 10%	—	
Rhombus	充电桩/站	充电桩/站	采用 Wolfspeed 的 1200V SiC MOSFET	—	Wolfspeed	
Lucid Air EV	汽车逆变器	电驱电控	XM3 电源模块具有低开关损耗、最小电阻和高功率密度	采用 Wolfspeed 的汽车级 1200V SiC XM3 半桥电源模块	—	
	车载充电	车载充电	集成了 DC-DC 转换器和双向车载充电器 (OBC)	OBC 提供 19.2KW 交流充电, 22 分钟 300 公里	ROHM	
Toyota	车载充电器 /DC-DC	车载充电	—	—	自主研发	
Lexus	RZ 逆变器	电驱电控	230kW	—	—	工程验证
McLaren	第 5 代逆变器	电驱电控	重量和体积分别为 5.5kg 和 3.79L	350kW 的峰值功率 (连续 250kW); IPG5 重量和体积分别为 5.5kg 和 3.79L	—	
Ford	SiC 电机控制器	电驱电控	SiC 单管集成	双电机控制器	英博尔	样机
Vitesco Technologies	汽车逆变器	电驱电控	800V, 2025 年开始生产	北美某汽车制造商的大订单, 订单价值超过 10 亿欧元	—	研发阶段

数据来源: CASA Research 整理

2. GaN 技术进展

(1) 制备出 6 英寸 GaN 单晶

Toyoda Gosei 与大阪大学合作, 采用钠助溶剂液相法, 在蓝宝石衬底上生长出高质量籽晶, 然后再经过 HVPE 法生长出 6 英寸 GaN

单晶。GaN 衬底激光剥离技术取得进展，包括诺贝尔物理学奖获得者天野浩在内的日本研究团队发表 GaN 衬底激光减薄新技术，通过背面激光照射法来剥离器件层，最大幅度减少 GaN 衬底的消耗；该技术可在器件制造之后开展，将 GaN 衬底生产效率提升 3 倍，同时省去衬底抛光工艺，有助于帮助降低 GaN 晶圆制造成本，也有望应用于 SiC 单晶切割。韩国 IVworks 与美国 Applied Materials 合作，利用 MBE 方法制备适用 1200V 的 6 英寸和 8 英寸 GaN 外延片，并通过混合 MBE 设备监测 GaN 薄膜层的厚度，以此提高产量。

(2) 1200V GaN 功率产品相继推出

GaN 功率器件追求小型化、高功率密度、耐辐照。随着应用领域从消费向光伏、储能、IDC 乃至航空航天应用扩展，小型化、高功率密度、耐辐照是 GaN 功率电子新品特点。2022 年，EPC、ROHM、Transphorm、Cambridge GaN Devices、Teledyne e2v HiRel、Odyssey Semiconductor 等企业均推出了 GaNFET 或 HEMT 产品。其中，EPC 推出超小型面积 (13.9mm^2) 的 40V/1.1m Ω GaNFET 和适用于航空航天耐辐射应用的 100V/3.9m Ω 、345A GaN FET。

1200V GaN 功率产品相继推出。Transphorm 在其 900V GaNFET 基础上，进一步将产品耐压提高到 1200V；Odyssey 是业界少数可以提供 GaN 垂直器件的企业，其最近推出的产品耐压 700V，导通电阻为 1m Ω/cm^2 的垂直器件，且 Odyssey 在 2022 年开始为少数客户提供 1200 V 垂直 GaN FET。

图表6. 2022 年部分国际企业推出的 GaN 功率产品

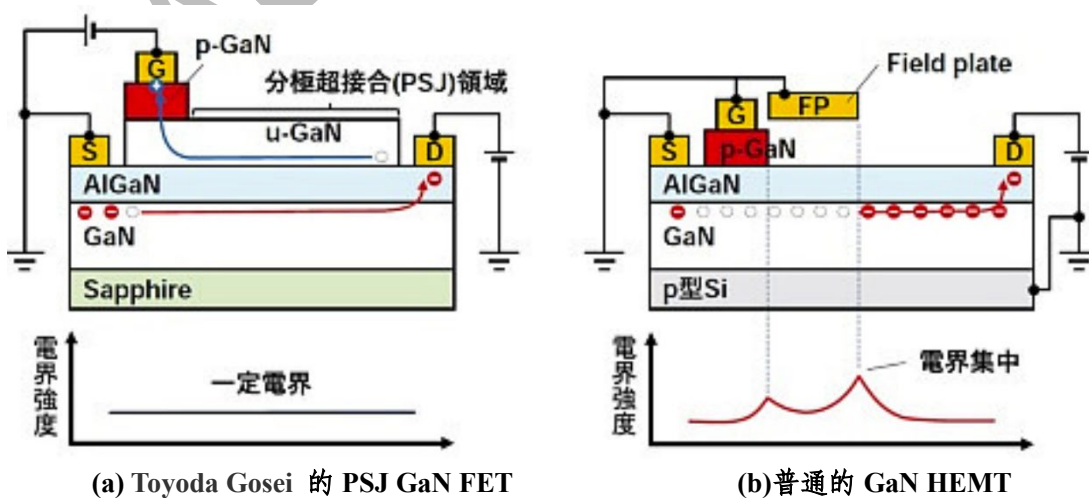
企业	产品	指标	备注
EPC	EPC7007 GaN FET	200V/25 mΩ/80A	—
	EPC2066 GaN FET	40V/0.8mΩ	—
	EPC7018 GaN FET	100V/3.9mΩ/345A	—
	EPC2050 GaN FET	350V /80mΩ/26A	—
	EPC9166 升压转换器	12V 输入、48V 输出、500W 输出功率	采用 EPC2218 eGaN FET
	EPC9165 双向转换器	2kW、两相 48V-14V	采用 EPC2302 GaN FET, QFN 封装
	EPC9167 三相 BLDC 电机驱动逆变器	14V-60V (标称 48V)	采用 EPC2065 eGaN FET, 有标准单元和大电流版本两种配置
	EPC9160 DC/DC 转换器	开关频率为 2MHz, 可将 9V-24V 的输入电压转换为 3.3V 或 5V 的输出电压, 两个输出的连续电流可高达 15A	—
	EPC9176 GaN 三相 BLDC 电机驱动逆变器	20V-80V, 28A _{pk} (20A _{RMS})	使用 EPC23102 ePower Stage GaN IC 和两个具有 5.2mΩ 典型 R _{DS(on)} 的 GaN FET
	EPC23102 GaN ePower Stage IC	100V/35A	QFN 封装、占位面积仅为 3.5mm*5mm
	EPC7018G EPC7007B GaN MOSFET	100V/200V (R _{DS(on)})分别为 6mΩ/28mΩ	采用密封封装, 尺寸非常小 (分别为 8.0mm*5.6mm 和 5.7mm*3.9mm)
	EPC2308	150V/4.9mΩ	QFN 封装, 占位面积仅为 3mm*5mm
Transphorm	EPC9171 电源	48V 输出电压和 5A 负载电流下提供 240W 的最大输出功率, 实现了约 1.1W/cm ³ 的功率密度	实现 90-265V 交流输入到 15-48V 直流输出, 专为 USB PD3.1 超快充电器设计
	GaN FET	1200V	2023 年推出样品, 效率为 99%
Teledyne e2v HiRel	TP65H050G4BS SuperGaN FET	50mΩ/650V	采用 TO-263(D2PAK)封装
	TDG650E601TSP TDG650E602TSP GaN HEMT	650V/60A GaN HEMT	航天级应用

Cambridge GaN Devices	四款 ICeGaN 650V H1	650V GaN、3V 阈值电压、栅极电压可以扩展到大约 20V	结合 Cascode 和 eModeGaN 优势，降低功耗的产品组合损失达 50%
Odyssey	700V 垂直 GaN 器件	1mΩ/cm ² 的极低导通电阻	—
	1200V 垂直 GaN 器件	—	2022 年第四季度推出样品
ROHM	GNE10xxTB GaNHEMT	150V、栅源电压 8V	—

数据来源：CASA Research 整理

此外，2023 年 2 月，Toyoda Gosei 开发出 10kV GaN 器件技术，或将量产。该项 GaN 技术采用了全新结构-极性超结 PSJ GaN FET，该结构同时具有二维电子气（2DEG）和二维空穴气（2DHG），既可以实现高速开关操作，又可以实现高耐压，解决了传统 GaN HEMT 电场集中的难题。PSJ GaN FET 可以实现超过 10kV 的击穿耐压，单颗 PSJ GaN FET 的功率容量上限可达约 10kW。在该器件中，Toyoda Gosei 正在采用高质量 GaN-on-GaN 衬底，使薄层电阻降低约 40%、2DEG 的迁移率提高约 1.5 倍，2DHG 的迁移率提高约 2 倍。2023 年 1 月，POWDEC 宣布已经开发了基于 PSJ GaN 的 8kW 功率模块。

图表7. Toyoda Gosei 的 PSJ GaN FET



数据来源：Toyoda Gosei Co., Ltd.

(3) 大功率高频段 GaN 射频开始出货

Integra 宣布其 100V GaN 射频开始出货，单个晶体管功率等级高达 5kW。ST 和 Macom 宣布生产出射频 Si 基 GaN 原型。毫米波方面，Qorvo 开始售卖 Ku/K 波段 GaN 功率放大器，产品功率可达同类 PA 的两倍。代工方面，中国台湾稳懋公司宣布推出全新的 0.12 μ m GaN-on-SiC 技术，该工艺适用于 28V 操作，并在 29GHz 频段产生超过 4W/mm 的饱和输出功率，线性增益为 13.5dB，效率接近 50%。工艺方面，美国 Finwave Semiconductor 获得美国政府 430 万美元补贴，用于开发 3D 鳍式晶体管（GaN FinFET），解决毫米波频率所面临的上行链路更高线性度和效率问题。

(4) MicroLED、深紫外激光管取得进展

Micro-LED、深紫外激光管取得进展。Porotech 宣布成功开发出 InGaN 基红光的 Micro-LED 显示器，显示面积为 0.55 英寸(对角线)，分辨率为 960 $\times$ 540，此技术在降低成本的同时，可最大限度地将波长提升至 640nm 或更高，从而更好地改善产品性能。日本名古屋大学材料与系统可持续发展研究所的研究团队与旭化成株式会社合作，成功地对深紫外激光二极管（波长低至 UV-C 区）进行世界上第一个室温连续波激光发射，将激光器在室温下运行所需的驱动功率降低至仅 1.1W。

3. 超宽禁带研究进展

Ga₂O₃ 研究热度高，装备、器件加快发展。关于 Ga₂O₃ 的多个研究成果基本都来自于日本。其中，Novel、Nippon Sanso 及东京农工大

学联合开发出 6 英寸叶片式 HVPE 设备，并首次成功地在 6 英寸测试晶圆（使用蓝宝石衬底）上进行了 β -Ga₂O₃ 成膜，用 HVPE 法制造的 β -Ga₂O₃ 外延片主要用于 SBD 和 FET。此外，Nippon Sanso 首台 Ga₂O₃ MOCVD（型号为 FR2000-OX）设备也在东京农工大学安装落地并通过验证，该设备拥有 1×2 英寸晶圆的加工能力。值得关注的是，Novel 还宣布成功开发出全球首款沟槽型安培级 1200V 耐压 Ga₂O₃ SBD（ $I_F=2\text{ A/V}_F=2\text{ V}$ ，耐压 1200V，时漏电流 $<10^{-9}\text{ A}$ ）。目前，Novel 已实现 2 英寸 Ga₂O₃ SBD 批量生产，上述成果使得其基于 4 英寸工艺线、大规模生产 1200V Ga₂O₃ SBD 成为可能。

4. 装备及辅材进展

8 英寸 SiC 设备有望带动产业链成本下降。2022 年 Aixtron 发布了 8 英寸 SiC 外延设备，结合了 C2C 自动卡匣晶圆传输技术，支持 6 英寸和 4 英寸配置，该设备相比竞争对手有 10-15% 的成本优势，预计 2023 年 Aixtron 还将推动成本下降 25%。Nippon Sanso 推出 Ga₂O₃ MOCVD，能实现高速和高纯度 Ga₂O₃ 外延生长，提升商业化量产的进程。

图表8. 2022 年部分国际企业推出的第三代半导体相关装备

厂商	产品	技术指标	阶段
Aixtron	6/8 英寸 SiC 外延设备	结合了 C2C 自动卡匣晶圆传输技术，支持 6 英寸和 4 英寸配置，其解决方案相比竞争对手有 10-15% 的成本优势，预计 2023 年还能继续推动成本下降 25%。	商业化产品
Nippon Sanso	Ga ₂ O ₃ MOCVD	最新设计的 Ga ₂ O ₃ MOCVD 设备（型号为 FR2000-OX）拥有 1x2 英寸晶圆的加工能力，能够帮助制备复杂的器件结构，并进一步推动相关材料的研发。	商业化产品
	GaN MOCVD	北卡罗来纳州立大学将使用 TNSC SR2000 MOCVD 进行研发，并得到 TNSC 的支持和专业知识的。	研发阶段

数据来源：CASA Research 整理

耐高温材料、高效散热材料加快开发。日本 Tamura 公司已开发出一种用于 SiC、GaN 和 Ga₂O₃ 等第三代半导体器件的无铅焊料接合材料,于 2022 年 3 月开始提供样品,2023 年量产。日本 Toray Industries 与新加坡科学技术研究局 (A*STAR) 微电子研究所 (Institute of Microelectronics, IME) 合作推动 SiC 功率半导体用高散热胶粘片的实际应用。Toshiba 推出新型“透明”荧光粉,可用于 Micro-LED、检测紫外光、残留农药及文件钞票防伪。

图表9. 2022 年部分国际企业推出的第三代半导体新材料

厂商	产品	具体情况	阶段
Tamura	耐热焊锡	Tamura 公司已开发出一种用于 SiC、GaN 和 Ga ₂ O ₃ 等第三代半导体器件的无铅焊料接合材料,即使贴装后焊料周围的温度升至 200℃,接合状态也不会恶化。田村于 2022 年 3 月开始提供样品, 2023 年后量产。	样品
Toshiba	荧光粉	推出新的光学材料,新组成的有机物,其制品在可见光下无色透明,以紫外光照射后会发光,其中能发红光的材料,发光强度达既有材料的 6 倍,可以用来制造效能更高的 Micro-LED,以及检测紫外光、残留农药、或文件钞票防伪,目标是 2025 年量产上市。	样品
Toray	高散热胶粘片	日本东丽工业公司(Toray Industries)与新加坡科学技术研究局(A*STAR)微电子研究所达成联合研究,双方拟合作推动 SiC 功率半导体用高散热胶粘片的实际应用,适用的场景包括汽车、智能电网及数据中心。	研发

数据来源: CASA Research 整理

(三) 增长超过预期, 企业加速扩张

2022 年, 国际第三代半导体产业增长超预期, 整个产业基本跨过导入期, 进入高速成长期; 伴随龙头企业通过产能绑定、战略合作、整合并购等举动, 行业供应链结构基本形成, 全球竞争格局逐步确立, 先发企业的优势进一步稳固。

1. 高增长高毛利业绩骄人

第三代半导体成为上市公司的业绩亮点，SiC、GaN 板块营收增长和利润远超其他板块。从营收来看，各公司 SiC 或 GaN 业务的业绩收入均实现了超高增长，许多公司实现历史最高增长，Wolfspeed (+120%)、X-FAB (+76%)、Onsemi (+200%)、Coherent (+69%)、Infineon (+38%)、ST (+55%)、Qorvo (+47%)、Navitas (+82%)、Transphorm(+38%)。高增长同时伴随着高毛利，Wolfspeed、Onsemi、Infineon、ST 的 SiC 毛利率都超过 35%，甚至接近 50%，从材料、器件到装置，产业链各环节均呈现较高盈利水平。汽车半导体是各企业业绩增长最大推动力，如 Onsemi 90%的 Design-in 来自汽车，并已经锁定 93 亿美元订单，新能源、工控、5G 基站也是重要增长领域，前期的导入已经有效果，订单开始增加。同时，各家企业均对于 2023 年的业绩保持乐观信心，如 Onsemi 预计 2023 年有望实现 10 亿美元 SiC 收入；Infineon、ROHM 目标是在未来 10 年占据三成以上市场份额。

图表10. 国际主要上市企业业绩

企业	最新财报季	业绩简介
Navitas	2022 年 Q3	报告期内，该公司净收入增至 1020 万美元，同比增长 82%，预计今年 Q4 净收入在 1100 万美元-1300 万美元之间。
Transphorm ²	2023 财年 Q2	报告期内，该公司收入为 370 万美元，这主要得益于 GaN 产品出货量的增加——产品收入比 2022 财年第二季度增长了 38%。公司高功率 GaN 的收入占第二财季收入的 65%以上。
X-FAB	2022 年 Q3	报告期内，该公司实现营收 1.883 亿美元，同比增长 19%。SiC 收入创历史新高——达到 1740 万美元，同比增长 76%。
Wolfspeed ³	2023 财年 Q2	报告期内，营收 2.16 亿美元，同比增长 24.84%，季度增长主要来自于功率器件的推动。2023 财年上半年累计实现营业收入 4.574 亿美元，同比增长 38.73%。

² Transphorm 财年为每年的 4 月 1 日至第二年的 3 月 31 日，最新披露财报所属 2023 财年

³ Wolfspeed 财年为每年的 7 月 1 日至第二年的 6 月 30 日，最新披露财报所属 2023 财年

Onsemi	2022 年 Q3	报告期内, Onsemi 营收 21.926 亿美元, 同比增长 26%, 创历史新高。GAAP 毛利率 48.3%, 预计其 2022 年第四季度营业收入为 20.1-21.4 亿美元。2022 年的 SiC 收入将比去年增加两倍。 过去两年里, Onsemi 汽车业务增长是市场增速的 2 倍, 电动车的主驱逆变器业务, 今年实现了 3 倍增长。
Coherent	2023 财年 Q1	总营收达到创纪录的 13.4 亿美元, 同比增长 69%。来自材料 (Materials) 部门的销售收入为 3.56 亿美元, 占比 26.4%; 本季度 Coherent 在手订单达 30.5 亿美元, 同比增长 119%; 预计在 2023 财年第二季度销售收入将在 13.4~14 亿美元之间, 全年营收在 54.5 亿美元左右。
Infineon	2022 财年 Q4	营收 41.43 亿欧元, 同比+38%/环比+15%; 毛利率 44.4%, 预计 2023 年营收为 155 亿欧元, 增长 9%。公司目标 2030 年实现 30% 的 SiC 市场份额。
ROHM	2023 财年 Q1	报告期内, 销售额为 1251.12 亿日元, 同比增长 12%; 净利润为 261.05 亿日元, 同比增长 125%。
ST	2022 年 Q3	季度净营收为 43.21 亿美元, 同比增长 35.2%, 净利润为 10.99 亿美元, 同比增长 131.8%。毛利率达到 47.6%, ADG (汽车、分立器件) 业务增长 55.5%。2022 年 SiC 收入为正, 预计在 2023 年实现 10 亿美元的 SiC 收入。
Odyssey	2022 年 Q3	前三季度, Odyssey 实现收入约为 75 万美元, 主要来自代工服务。第三季度, Odyssey 收入约为 21 万美元 (约 150 万元人民币), 较 2022 年 Q2 有增长。预计将于 2023 年在纳斯达克 IPO。
Qorvo	2022 年 Q3	2022 年 Q3 营收 11.5 亿美元, 同比-7.7%; 净利润 1.89 亿美元, 同比-40.7%。高性能模拟实现收入 2.28 亿美元, 环比+8%, 同比+47%。主要受益于国防和非消费类电源产品 (如 SiC) 的强势表现。

数据来源: CASA Research 整理

大企业多措并举抢占市场优势地位, 确认先发优势。国际龙头企业通过产能锁定, 保证端到端的供应能力, 并通过高研发投入保持技术领先优势, 维护其高毛利护城河。此外, 通过高强度的资本效益型投资、可扩展的产能和不断丰富的产品线确保其先发优势。

2.17 起扩产项目金额超 105 亿美元

第三代半导体扩产热度不减。据 CASA Research 不完全统计, 2022 年度国外共有 17 个第三代半导体相关重点企业扩产扩建项目, 其中 11 个项目明确披露投资规模, 涉及金额达约 105.2 亿美元, 项目数量及金额较前几年大增。扩产地涉及法国、韩国、捷克、马来西亚、美国、日本、摩洛哥、意大利、俄罗斯多个地区。其中美国与日本凭

借自身的产业优势和先进的技术研发共吸引了 9 个世界主流厂商项目落地扩产、新建，占比分别为 35%、17%。从环节来看，外延和器件模组环节扩产项目最多，投资最大，占到 7 成左右，而前几年衬底等材料项目热度更高。

图表11. 2022 年部分国际企业 SiC 扩产项目

国家	公司名称	项目情况	金额
法国	Soitec	SmartSiC 晶圆制造项目	23 亿元人民币
韩国	Onsemi	研究中心及晶圆制造工厂	10 亿美元
	DB HiTek	下一代功率半导体生产线	——
捷克	Onsemi	扩建捷克罗兹诺夫工厂	4.5 亿美元
马来西亚	Infineon	马来西亚的第三个厂区	20 亿欧元
美国	Coherent	6 英寸、8 英寸 SiC 衬底和外延片扩产项目	——
	GTAT	哈德逊 SiC 新工厂	——
	SK Siltron	密歇根州贝城 SiC 衬底新工厂	3 亿美元
	SK Siltron	美国 SK Siltron CSS SiC 晶圆扩产项目	1400 亿韩元
	Wolfspeed	北卡罗来纳州新 SiC 衬底工厂	13 亿美元
	Onsemi	新罕布什尔州哈德逊 SiC 工厂建成投产	——
日本	Fuji Electric	SiC 功率半导体扩产项目	38 亿元人民币
	ROHM	阿波罗筑后工厂正式量产 SiC 功率半导体	计划到 2025 财年最高投资 2200 亿日元
	Sumitomo	日本 8 英寸 SiC 生产线	——
摩洛哥	ST	Bouskoura 工厂的 SiC 模块扩产项目	——
意大利	ST	意大利卡塔尼亚新建 SiC 衬底工厂	7.3 亿欧元

数据来源：CASA Research 整理

3. 10 家企业融资约 28 亿美元

第三代半导体仍备受资本青睐。据不完全统计，2022 年国外共有 10 家企业进行 12 起融资，以扩大企业规模，涉及金额约 27.9 亿美元。其中 SiC 领域融资项目数占 33%，金额占比 95%。国外许多初创企业也都纷纷获得 A 轮、B 轮等融资，融资热度居高不下。从资金来源来看，除了商业基金外，值得关注的是，具有政府机构背景的资本

也是重要的资金来源。

图表12. 2022 年部分国际企业第三代半导体融资项目

时间	融资方	金额	投资方
2022 年 1 月	Voyant Photonics	1540 万美元 A 轮融资	UP.Partners 领投, LDV Capital 和 Contour Ventures 跟投
2022 年 2 月	Wolfspeed	6.5 亿美元可转换优先票据	——
2022 年 5 月	Eridan	4600 万美元融资	——
2022 年 7 月	IV Works	100 亿韩元 D 轮融资	——
2022 年 7 月	Impedans	350 万欧元 B 轮融资	SOSV、爱尔兰政府机构 Enterprise Ireland
2022 年 7 月	Finwave	1220 万美元 A 轮融资	Fine Structure Ventures, Citta Capital、Soitec、Safar Partners、Alumni Ventures
2022 年 9 月	KISAB	750 万欧元融资	Fairpoint Capital, Industrifonden、LPE 等
2022 年 9 月	Ancora	4.56 亿新台币融资	ROHM、SAS、uPI、Delta
2022 年 10 月	SweGaN	1200 万欧元 A 轮融资	Intertech Ventures、Mount Wilson Ventures、Atlantic Bridge 领投 STOAF、联发科跟投
2022 年 11 月	Cambridge GaN Devices	1900 万美元 B 轮融资	Parkwalk Advisors、BGF 领投, IQ Capital、CIC、Foresight Williams Technology、Martlet Capital 跟投
2022 年 11 月	Wolfspeed	15.25 亿美元私募融资	——
2022 年 11 月	Wolfspeed	5 亿美元融资	BorgWarner

数据来源: CASA Research 整理

4.8 起并购案涉及金额超 9 亿美元

整合并购热度稍有下降。据 CASA Research 不完全统计, 2022 年国外发生了 8 起并购案, 披露的涉及金额达 9.18 亿美元。其中, Navitas 贡献 2 笔收购, 一是收购比利时电源转换数字隔离器制造商 VDD Tech, 拥有了 VDD Tech 的数字隔离技术, 以壮大其在大功率市场的系统技术。二是 Navitas 完成对 GeneSiC 公司的收购, 业务拓展至 SiC 领域, 使得 Navitas 同时具备 GaN 和 SiC 业务能力。此外, 还有 2 起设备收购案(ASM 收购 SiC 外延设备制造商 LPE; 日本 Advantes

收购意大利测试设备供应商 CREA)。2 起材料收购案(韩国 IVWorks 收购法国 Saint-Gobain 的 GaN 晶圆业务,韩国 SK Siltron 收购 Theraon 散热技术,进军电动汽车领域),1 起器件收购案(模拟和功率芯片公司 Vishay 宣布以 5000 万美元现金收购一家小型半导体企业 MaxPower); BelGaN Group BV 也收购了 Onsemi 位于比利时 Oudenaarde 的 6 英寸晶圆厂,改造为 6 英寸、8 英寸的 GaN 代工厂。从过往来看,2021 年是第三代半导体领域的整合并购高峰期,并购数量和并购金额均达到历年最高,而 2022 年全球第三代半导体的整合并购案例稍微有所下滑。

图表13. 2022 年部分国际第三代半导体并购案

序号	并购方	被并购方	金额
1	IVWorks	Saint-Gobain 的 GaN 晶圆业务	——
2	SK Siltron	Theraon	370 亿韩元
3	Advantest	CREA	——
4	ASM	LPE	5.25 亿欧元
5	Navitas	VDD Tech	——
6	Navitas	GeneSiC	2.78 亿美元
7	BelGaN Group BV	安森美比利时 Oudenaarde6 寸晶圆厂,改造为 6 寸、8 寸的氮化镓(GaN)代工厂	——
8	Vishay	MaxPower	5000 万美元

数据来源: CASA Research 整理

相较于扩产热度创历史新高,并购热度明显下降,一方面是因为优质项目标的资源已经较少,基本被几大巨头收入囊中;同时,随着技术开始成熟,产能成为竞争关键要素,国际企业竞争卡位格局已经逐步成型。

(四) 新能源汽车及储能推动产业进入高速增长长期

1. 功率电子市场约 24 亿美元,价差继续缩小

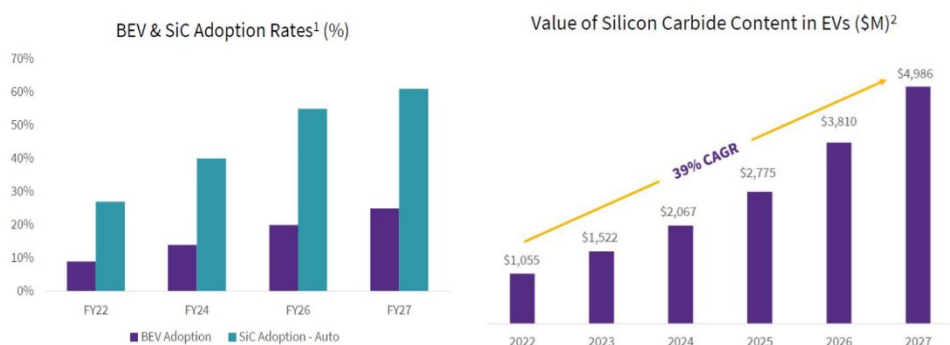
2022 年日益严峻的气候问题叠加欧洲能源危机影响,市场对新

能源汽车、光伏、储能产品的需求大增，全球功率电子市场高速增长。第三代半导体功率电子深受市场青睐，保持高速增长。

全球 SiC、GaN 功率电子市场约 23.7 亿美元。综合 Grand View Research、Future Markets Insight、Omida 及大西洋市场研究公司等公司数据，2022 年 SiC、GaN 功率半导体的全球市场增长到约 23.7 亿美元，其中 SiC 功率电子市场规模约为 21.2 亿美元，GaN 功率电子市场规模约为 2.5 亿美元。预计到 2027 年 SiC 功率电子市场规模将接近 80 亿美元，GaN 功率电子器件市场规模将超过 20 亿美元。据 Omida 数据，2021 年全球功率半导体的市场规模约为 441 亿美元，据此推算，2022 年 SiC、GaN 功率电子器件渗透率约为 5%-6.5%。

受益于汽车电气化的持续推进，汽车电子成为半导体领域逆势增长的代表。800V 平台架构下对 SiC 功率电子器件需求增长明显。从燃油车到纯电动汽车，未来随着纯电动车渗透率的稳步提升，以及充电桩设施的持续布局，预计 2026 年全球车用 SiC 功率电子渗透率将超过 50%。根据 Wolfspeed 数据，车用 SiC 市场规模有望从 2022 年的 10.6 亿美元增长至 2027 年的 49.9 亿美元，这其中 90% 的价值来源于驱动逆变器，10% 来源于 OBC。

图表14. 2022-2027 年车用 SiC 市场



数据来源：Wolfspeed, 2022 年, CASA Research 整理

除汽车应用外，光伏和储能成为第二大推动力。受欧洲能源危机以及绿色低碳发展趋势影响，多国加速出台减碳政策，全球光伏行业受益于高景气度运行，2022 年全球光伏新增装机量达到 222GW，预计 2030 年将增长到 334GW，年均增长率达 7%，增长空间广阔。2025 年全球储能容量需求将达到 402GWh，年均增长率超过 98%，有望带来第三代半导体市场新需求。

GaN 功率电子器件继续拓展新市场，但消费电子应用增长不及预期。据调研，以手机快充为主要市场的 GaN 主要厂商业绩均未达到 2022 年初设定目标。一是由于全球经济受通胀影响，消费电子设备需求低迷，2022 年全球智能手机、个人 PC、平板电脑出货量都出现下滑。另一方面，第三代半导体器件价格发生分化。PD 快充领域，由于需求下滑，加之众多竞争者加入，导致 2022 年 GaN 功率电子产品价格下降了 10%-30%不等。综合预计，GaN PD 快充市场将较去年下降 5%-10%。

2. 微波射频市场超过 12 亿美元，价格基本平稳

微波射频市场规模 12.4 亿美元。综合 Yole 及 Trendforce 数据，2022 年全球 GaN 微波射频器件市场规模约为 12.4 亿美元，未来几年

将保持 18% 的增速，到 2027 年市场规模约为 28.3 亿美元。其中 GaN-on-SiC 器件占据了九成的市场份额。安防航天应用仍然是 GaN 微波射频器件市场发展的最重要驱动力量之一，GaN 微波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。

CASA Research

二、国内第三代半导体产业进展

（一）国际封锁倒逼国产替代加速

在半导体产业“逆全球化”趋势下，我国半导体产业一方面面临国际技术、设备封锁和限制，全球分工、全球合作的发展模式受到挑战；另一方面也使得国内用户对供应链安全性更加重视，客观上倒逼半导体国产化替代进程加速。特别是 2022 年我国半导体设备、材料的国产替代率继续增高，从设备类型来看，去胶、清洗、热处理、刻蚀及 CMP 的领域国产替代率超过 30%，但在价值量较高的光刻、离子注入、涂胶显影等领域国产化率较低。在硅片、CMP 材料、光刻胶、电子特气、湿电子化学品、靶材等关键材料领域，已出现具备较强竞争力的半导体材料公司。虽然部分核心技术尚未达到世界领先水平，但较以往完全受制于人的窘迫局面，国内半导体产业正在逐步走向自立自强。

1. 国家层面科技研发与应用驱动两端推进

中央层面，应用产业政策出台，第三代半导体获益发展。2022 年 8 月，工信部、财政部、商务部、国资委、国家市场监督管理总局印发了《加快电力装备绿色低碳创新发展行动计划》（工信部联重装〔2022〕105 号），提出重点发展 2 级及以上能效电机、直驱与集成式永磁/磁阻电驱动系统、超高效大转矩机电系统总成、智能电机、微电网与第三代半导体变频供电的高效电机系统及电驱动装备。9 月，工信部发布《关于推动能源电子产业发展的指导意见（征求意见稿）》提出，加快能源电子技术及产品在工业、通信、能源、交通、建筑、农业等领域应用，包括：加快功率半导体器件等面向光伏发电、风力

发电、电力传输、电动汽车、轨道交通推广；提高长寿命、高效率的 LED 技术水平，推动新型半导体照明产品在智慧城市、智能家居等领域应用；提升能源电子产品在 5G 基站、电动汽车充电桩等新型基础设施领域的应用水平；探索开展源网荷储一体化、多能互补的智慧能源系统、智能微电网、虚拟电厂建设。10 月，财政部、住建部、工信部发布的《关于扩大政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升政策实施范围的通知》指出，加大绿色低碳产品采购力度，全面推广绿色建筑和绿色建材，着力打造宜居、绿色、低碳城市，绿色照明被纳入其中。上述政策的实施，为第三代半导体技术和产品应用创造机会。

税收优惠政策助力集成电路企业发展。2022 年 3 月，国家发改委等 5 部门联合发布《关于做好 2022 年享受税收优惠政策的集成电路企业或项目、软件企业清单制定工作有关要求的通知》。这项优惠政策自 2020 年 7 月开始实施，每年重新制定一次清单，今年是第三年。今年的清单制定工作呈现出两大趋势：一是重视研发投入，对申报企业的高学历比例、研发人员比例、研发费用占比等均提出要求；二是芯片制造及相关企业的申报门槛相对较低。

2022 年，国家重点研发计划“新型显示与战略性电子材料”重点专项中布局了 22 项第三代半导体相关项目，其中 LED 相关 9 项，包含 3 项 Micro-LED 关键技术研究项目以及 6 项 LED 关键技术项目；功率电子相关 5 项；氧化镓、金刚石等超宽禁带相关布局 3 项。

图表15. “新型显示与战略性电子材料”重点专项相关项目

类型	项目名称
定向项目 共性关键技术	InGaN 基长波段 LED 关键技术
基础研究	GaN 基纵向功率电子
基础研究	GaN 基互补型逻辑集成电路技术的基础研究
基础研究	镓系宽禁带半导体异质结构材料基因工程和信息感知器件
基础研究	面向器件研制的大尺寸金刚石半导体材料制备和高效掺杂
基础研究	氮化物宽禁带半导体强耦合量子结构材料和器件
共性关键技术	面向 AR 应用的高像素密度 Micro-LED 微显示关键技术
共性关键技术	高亮度 Micro-LED 投影显示关键技术
共性关键技术 省部联动	柔性 Micro-LED 显示关键技术
共性关键技术	抗辐射 SiC 基功率电子器件及其在航天电源中的应用
共性关键技术	面向工业电机应用的 GaN 基功率电子材料与器件
共性关键技术	高灵敏度宽禁带半导体紫外探测器及多元丞相技术
共性关键技术	波长短于 250 纳米的 AlGaIn 基深紫外 LED、紫外激光材料与器件 关键技术
共性关键技术	GaN 单晶衬底材料制备产业化技术
共性关键技术	AlN 单晶衬底制备和同质外延关键技术
共性关键技术	大尺寸氧化镓半导体材料与高性能器件研究
应用示范	面向轨道交通和智能电网应用的高压 SiC 基功率电子材料和器件
应用示范	高频宽带移动通信滤波器关键技术研究
应用示范/省部联动	面向现代农业高效种植需求的 LED 技术及其示范应用
应用示范	面向生殖健康医疗需求的 LED 技术及专用系统研制
应用示范	大功率深紫外 AlGaIn 基 LED 发光材料与器件产业化关键技术
应用示范	面向公共卫生等领域的深紫外 LED 模组和装备开发及应用示范

资料来源：CASA Research 整理

2. 第三代半导体是产业转型升级的重要抓手

地方层面，多地将第三代半导体作为重点发展方向。2022 年，地方政府从研发项目布局、公共平台搭建、产业集群建设等方面出台政策，推动第三代半导体技术和产业发展。据不完全统计，2022 年 14 个省市各级政府共发布涉及第三代半导体的政策 28 项，其中半导体与集成电路产业专项政策 8 项，第三代半导体专项政策 1 项。

山东省、广州市、深圳市、苏州市、杭州市、长沙市、武汉市

等主要产业集聚区围绕第三代半导体全产业链进行布局，推动技术研发、吸引产业化项目落地。其中山东省发布了第三代半导体专项规划，依托山东省内主要城市的基础和特色，有重点地进行了差异化布局，以形成省内协同发展。长沙高新区和广州南沙新区则是发布了具体的支持政策措施，不同于以往集成电路政策门槛较高的特点，该政策针对第三代半导体企业做了较为精准的政策设计，如针对第三代半导体企业现有规模较集成电路企业较小的特点，长沙高新区的十六条支持政策降低了支持门槛，对于企业租赁和购置办公场地、企业营收上台阶、引进产业高端人才、博士和硕士均有相应的支持政策；广州南沙新区围绕生产制造企业需求进行生产性用电补贴，针对企业需求进行贷款贴息和融资支持，针对应用推广支持企业开展车规级认证，并支持区域内产业链协作。通过一系列更为精准的支持政策，长沙高新区和广州南沙新区第三代半导体产业有望加速集聚。

图表16. 2022 年第三代半导体领域部分专项政策

颁布机构	法规名称	内容
山东省工信厅	《山东省第三代半导体产业发展“十四五”规划》	提出构建“5+N”区域布局：济南打造基于 SiC 基功率半导体器件生产集聚区，建成国内领先的第三代半导体产业基地；青岛以发展第三代半导体材料、芯片及器件设计、制造、封测为重点；济宁发展上游 SiC、GaN 衬底、外延材料生产制造产业，中游发展第三代半导体分立器件、功率器件及功能芯片产业，延链发展下游芯片封装测试产业，打造第三代半导体产业生产制造基地；潍坊布局第三代半导体材料、器件的研发；淄博围绕工业控制、电动汽车、光伏发电、储能等领域重点加快车用、充电桩用、新能源用芯片制造的产业化，促进 SiC 模块封装规模化；其他市依托本地产业发展基础和特色，突出差异化发展，加强同重点市的协调联动。
广州市工业和信息化局	《广州市半导体与集成电路产业发展行动计划（2022-2024 年）》	布局发展宽禁带半导体，支持碳化硅、氮化镓等宽禁带半导体衬底、外延、设计及制造全产业链发展，支持龙头企业发展 IDM（垂直整合）模式。布局 4-6 英寸碳化硅衬底片、外延片生产线，加速 8 英寸项目研发及产业化，建设 6-8 英寸及以上碳化硅芯片生产线，支持建设硅基/碳化硅基氮化镓功率/射频器件生产线，实现工业级、车规级的 IGBT（绝缘栅双极型晶体管）、MOSFET（金属-氧化物半导体场效应晶体管）电力电子器件及面向雷达、基站等应用的射频器件研发和量产。

武汉市人民政府	《关于促进半导体产业创新发展的意见》	布局第三代半导体衬底及外延制备。在设备环节，支持物理气相传输法（PVT）设备、金属有机化合物气相沉积（MOCVD）、分子束外延（MBE）等工艺设备的研发及产业化；在材料环节，引进 SiC 衬底、SiC 外延、GaN 衬底生产线，布局 GaN 外延晶片产线。围绕电力电子器件、射频器件、光电器件等 3 个应用方向，引入 SiC 功率晶体管、GaN 充电模块、GaN 功率放大器、高光效 LED、MiniLED 等器件项目；支持中高压 SiC 功率模块、GaN 5G 射频开关、紫外 LED 的研发及产业化，突破 SiC 绝缘栅双极型晶体管（IGBT）、毫米波射频器件、MicroLED 关键技术，建设产业链。
苏州工业园区管理委员会	《苏州工业园区全面推进集成电路产业创新集群发展行动计划（2022-2025）》	实施产业发展领航、创新主体培育等集群创新十大工程，晶圆制造业产能有序提升，在第三代半导体领域培育出 10 家以上核心企业。
杭州市经信局	《杭州市促进集成电路产业高质量发展的实施意见（征求意见稿）》	支持氮化镓、碳化硅、砷化镓、磷化铟、氮化铝等化合物半导体项目建设。
长沙高新区管委会	《关于促进长沙高新区功率半导体及集成电路发展的若干政策》	将以总额高达 5000 万元的扶持资金、16 条惠企政策，重点关注从事功率半导体及集成电路产业的各类企业和组织，支持集成电路设计和设备、功率半导体、第三代半导体及集成电路的行业融合应用。包含招商支持、企业落地支持、租房购房支持、企业规模化支持、流片支持、研发平台支持、高层次人才以及硕士博士引进支持、示范应用推广支持等。
深圳市发改委	《深圳市培育发展半导体与集成电路产业集群行动计划（2022-2025 年）》	提升氮化镓和碳化硅等化合物半导体材料与设备研发生产水平，加速器件制造技术开发、转化和首批次应用。面向 5G 通信、电动汽车、智能终端等新兴应用市场，大力引进技术领先的化合物半导体企业。引导企业参与关键环节技术标准制定，抢占产业制高点，提升产品市场主导权和话语权。加速产品验证应用，鼓励企业推广试用化合物半导体产品，提升系统和整机产品的竞争力。
广州市南沙区工信局	《广州南沙新区（自贸片区）促进半导体与集成电路产业发展扶持办法》	“强芯九条”从引进和培育集成电路优质企业、支持企业建设公共服务平台、支持企业流片、支持企业使用 EDA 工具和 IP、补贴企业生产性用电、贷款贴息、支持企业融资、支持企业开展车规级认证、支持产业链联动发展等 9 个方面进行扶持。具体政策条款如：对新引进的集成电路制造类企业给予总投入 10%、最高 3 亿元落户支持；按照企业建设公共服务平台的实际投资额 30%，给予最高 3000 万元一次性补贴；按照企业实际流片费用 50%，给予最高 2000 万元补贴等。
杭州市人民政府办公厅	《关于促进集成电路产业高质量发展的实施意见》	构建特色工艺芯片制造产线，培育百亿级链主企业。支持采取 CMOS、MOSFET 等工艺技术，发展 IGBT、智能传感器、MEMS、FinFET、半导体激光器、光电器件等产品。支持氮化镓、碳化硅、砷化镓、磷化铟、氮化铝等化合物半导体项目建设。

资料来源：CASA Research 整理

（二）器件装备产品进入应用

1. SiC 技术和产品进展

（1）8 英寸 SiC 衬底加快突破

国内 6 英寸 SiC 衬底供应增加，8 英寸突破步伐加快。2022 年，烁科晶体、中科院物理所、晶盛机电、天岳先进、南砂晶圆、同光晶体、天科合达、科友半导体等单位先后宣布开发出 8 英寸

SiC 单晶/衬底，小规模量产也被提上日程。在紧跟国际先进水平的同时，国内在量产的 6 英寸衬底方面还需进一步提升缺陷控制能力和良品率。

图表17. 2022 年国内 8 英寸技术进展

时间	企业	主要进展
2022 年 1 月	山西烁科晶体	2022 年 1 月实现 8 英寸 N 型 SiC 抛光片的小批量生产。
2022 年 4 月	中科院物理所	相关指标：4H 晶型、直径达 210mm，晶坯厚度接近 19.6mm、加工出了厚度约 2mm 的 8 英寸 SiC 晶片，(0004)面的半高宽平均值为 46.8arcsec。
2022 年 8 月	晶盛机电	研发出 8 英寸 N 型 SiC 晶体，晶坯厚度 25mm，直径 214mm，解决了 8 英寸 SiC 晶体生长过程中温场不均、晶体开裂、气相原料分布等难点问题。
2022 年 9 月	天岳先进	8 寸 SiC 研发成功，在籽晶生长、粉料合成、热场设计、工艺固化、过程控制、加工检测等全流程实现技术自主可控，将投资 1 亿元推进量产化。
2022 年 10 月	南砂晶圆	采用物理气相传输法（PVT）扩径获得了 8 英寸 4H-SiC 籽晶，用于 8 英寸导电型 4H-SiC 晶体生长，并加工出厚度 520μm 的 8 英寸 4H-SiC 衬底。
2022 年 11 月	同光晶体	宣称已经成功做出 8 英寸 SiC 衬底样片。
2022 年 11 月	天科合达	发布了 8 英寸导电型 SiC 衬底，小规模量产时间定在 2023 年。
2022 年 12 月	科友半导体	通过自主设计制造的电阻长晶炉产出直径超过 8 英寸的 SiC 单晶，晶体表面光滑无缺陷，最大直径超过 204 毫米。

数据来源：CASA Research 整理

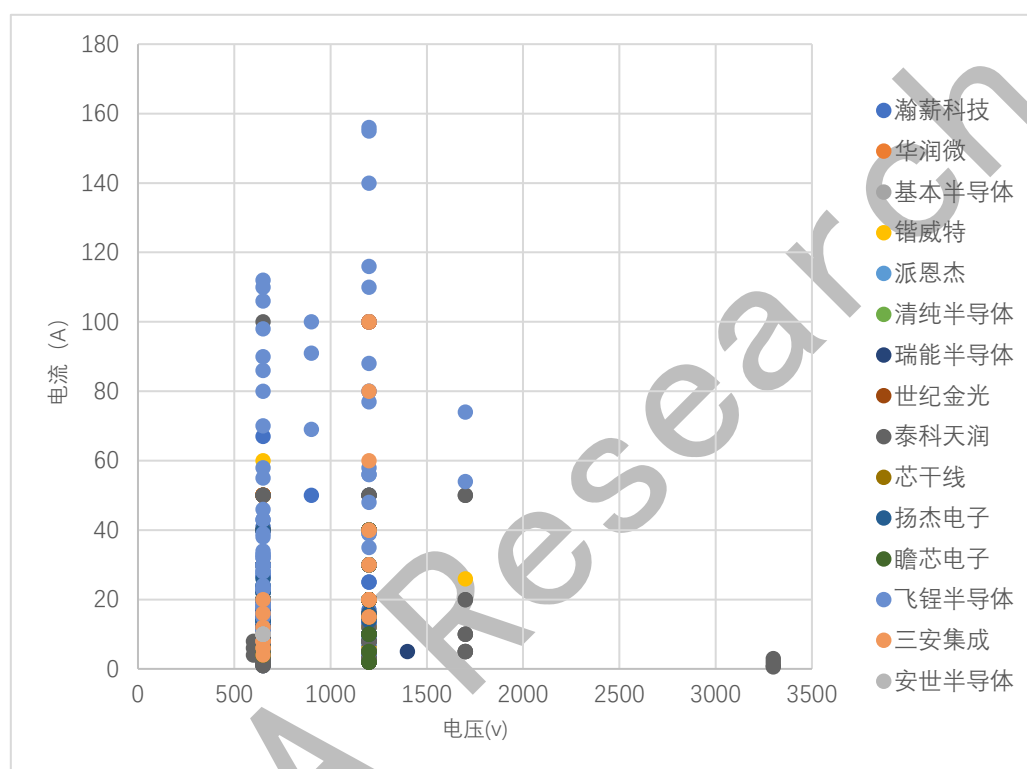
6 英寸 SiC 外延批量供货。国内 4 英寸 600V-1200V SiC 外延片已规模生产，产品质量与国际水平基本持平；满足 600V-1200V SBD 器件制作需求的 6 英寸 SiC 外延开始量产，并开发出满足于 600V-1200V MOSFET 器件制作所需的 6 英寸外延片，多款产品通过客户的车规级审核。

（2）SiC MOSFET 量产提速

SiC 二极管和 MOSFET 量产提速。SiC 二极管方面，产品工艺成熟，价格竞争加剧。国内量产的 SiC 二极管产品覆盖 600V-3300V，

1A-155A 等多款规格。据 CASA Research 不完全统计，国内至少有 15 家企业提供 954 款 SiC 二极管产品，品种相较于 2021 年增加 17%。其中，1200V SiC 二极管最高电流达到 155A（飞镭半导体，1200V/155A），最高电压达到 3300V（飞镭半导体，3300V/3A）。

图表18. 2022 年部分国内企业 SiC 二极管产品进展



注：以上数据来自企业网站或公开资料

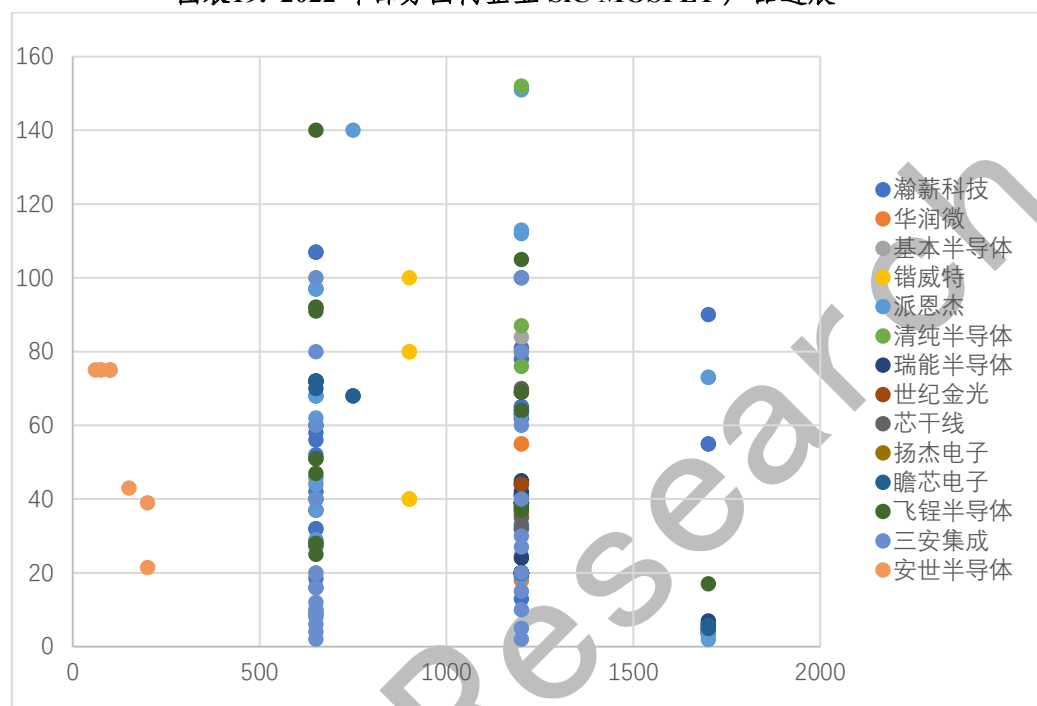
数据来源：CASA Research 整理

多家产品通过车规级验证，如三安集成 650V 20A SiC 二极管首批入选《汽车芯片推广应用推荐目录》。随着供给增加，SiC 二极管产品价格下降（以 1200V/20A 产品为例，价格下降到 8 元/只）。

SiC MOSFET 加快推出，产品多样化。根据不完全统计，2022 年，国内至少有 14 家企业推出超过 217 款 SiC MOSFET，相较于 2021 年增加 70%，产品开始多样化，耐压水平也提高到 1700V。SiC MOSFET 加快推出主要基于以下原因：一是以三安、积塔等为代表的

IDM 和代工企业，经过前几年积累，逐步攻克 SiC MOSFET 制造工艺；二是二极管价格竞争激烈，企业利润空间压缩，纷纷加快 MOSFET 进程；三是市场渗透加快，国外产品供给不足，为国产替代赢得机会。

图表19. 2022 年部分国内企业 SiC MOSFET 产品进展



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 SiC 模块开始量产装机

在国内新能源汽车快速发展带动下，国产 SiC 模块加速应用。2022 年，比亚迪推出 1200V/1040A SiC 模块，功率再创新高。该模块采用了双面烧结工艺，可靠性提升、工艺优势明显，大量应用于比亚迪热销车型；芯聚能 1200V APD 系列 SiC 模块已搭载主驱逆变器上车过万台；臻驱科技 SiC 模块产品应用于上汽通用五菱；广汽埃安自研的“四合一”电驱，采用 800V SiC 逆变器，兼容高低压平台。此外，在特高压输变电方面，18 家科研院所、高校及产业单位合作研制的 6.5kV/400A SiC MOSFET 模块应用于雄安新区柔性变电站。

图表20. 2022 年部分国内企业 SiC 应用进展

序号	企业	产品进展
1	国网智研院功率半导体研究所联合中科院半导体所、天科合达、中国电科 55 所等	18 家科研院所、高校及产业单位，经历了 6 年的自主攻关，实现了 6.5kV 级 SiC 材料-芯片-器件-测试-驱动-装置应用全链条技术突破；研制了同电压等级国际上电流最大的 6.5kV/400A SiC MOSFET 模块，应用于 35kV/5MW 全 SiC 功率电子变压器并在雄安智慧驿站柔性变电站成功投运。
2	比亚迪半导体	1200V/1040A SiC 功率模块在不改变原有模块封装尺寸的基础上将模块功率大幅提升了近 30%。
3	臻驱科技	臻驱科技车规级 SiC 模块和双电控用于上海通用五菱的银标旗舰车型五菱凯捷混合动力版、战略型 SUV 五菱星辰混动版。
4	芯聚能	芯聚能 APD 系列 SiC 模块产品用于 smart 精灵#1 量产车型。
5	国星光电	最新推出的 SiC 功率模块产品包括有 NS34m、NS62m、NSECO 以及 NSEAS 系列的封装，拓扑结构涵盖半桥、全桥、三相桥以及 CIB 产品规格覆盖 1200V 电压等级，20A-80A 的电流范围。
6	南方电网	推出了第四代充电桩产品，采用 SiC 技术，其充电桩充电峰值效率达 96%，充电场站能耗下降 11%。
7	广汽埃安	广汽埃安自研的“四合一”电驱正式生产下线，采用了 SiC 逆变器，兼容高低压平台。

数据来源：CASA Research 整理

2. GaN 领域进展情况

（1）制备出 6 英寸 GaN 单晶

GaN 衬底方面，6 英寸关键技术获得突破，制备出 6 英寸 GaN 单晶，4 英寸 GaN 衬底逐步商业化。**GaN 外延方面**，面向微显示产业应用的全彩系列 GaN 外延片产品问世，并将 LED 外延片尺寸成功拓展至 12 英寸；面向功率电子应用的 6 英寸和 8 英寸 Si 基 GaN 外延量产供应商增多，除了晶湛半导体、苏州汉骅、北京中博芯、聚能晶源外，新进入的有宏光半导体、长平时代等。

图表21. 2022 年部分国内企业 GaN 外延产品进展

序号	厂商	产品进展
1	晶湛半导体	12 英寸外延、更好质量、更高良率；通过采用 8/12 英寸 FAB 中最先进的 Si 基芯片工艺制程，可以制备高性能的微型（ $5\mu\text{m}^2$ ）Micro-LED 像素阵列，并与 Si CMOS 驱动进行高良率的混合集成。
2	宏光半导体	6 英寸 GaN 外延片进入量产。
3	长平时代	6 英寸 900V Si 基 GaN 外延片开始送样；基于国产设备开发，产品不均匀性小于 2%，10 年寿命下外推工作电压达到 991V，电流崩塌量有效控制在 $\pm 5\%$ 以内，翘曲量控制在 $\pm 30\mu\text{m}$ 以内。

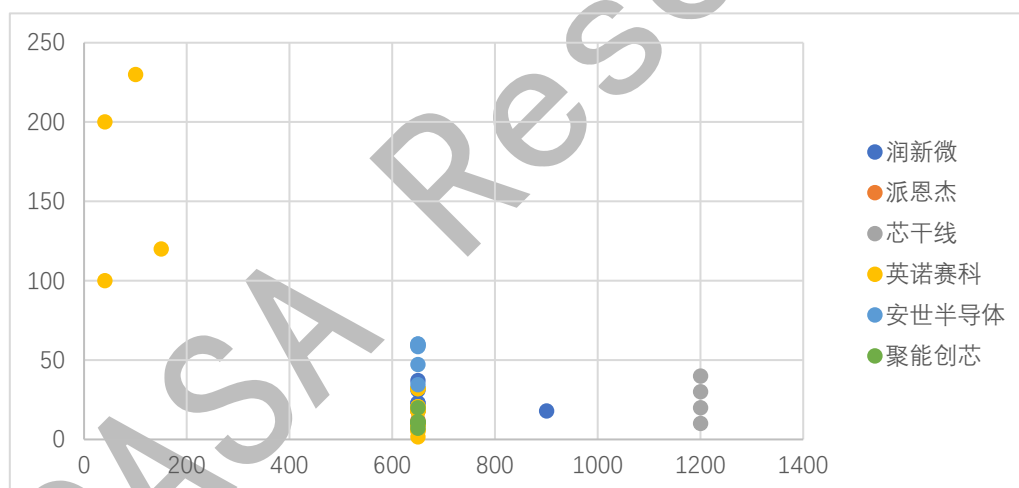
4	聚能晶源/聚能创芯	可量产提供 8 英寸 Si 基 GaN 外延片、GaN 功率器件及相应的 GaN 快充应用方案。
---	-----------	--

数据来源：CASA Research 整理

(2) GaN 功率电子发展平稳

受消费电子市场需求不振影响，2022 年国内 GaN 功率产品推出速度相对平缓。据 CASA Research 不完全统计，2022 年国内已经商业化的 GaN 功率器件达到 47 款，同比变化不大。其中，英诺赛科与安世半导体产品种类丰富。产品主要集中在 650V，最大的击穿电压可以达到 1200V(芯干线, 1200V/40A)。应用方面，联想、Vivo、Realme 等消费类电子厂商快充新品均使用了 GaN 功率器件。

图表22. 2022 年部分国内企业 GaN 功率电子器件产品进展



数据来源：CASA Research

图表23. 2022 年国内 GaN 消费电源应用进展

厂商	产品	技术指标 1	技术指标 2	供应商
联想	笔记本电脑快充	采用 GaNSense 技术的 GaNFast 功率 IC，将电源、驱动和控制与额外的自主保护和无损电流检测集成在一起	135w ; 66mm*65mm*31mm (133cc); 采用联想的专有协议，达到 135W 的额定功率，0-100%充电时间仅为 65 分钟。功率密度超过 1W/cc	Navitas

杭州博科电子	加密矿机电源供电	3.6KW, 采用符合 JEDEC 标准的常关型 650V 器件, 导通电阻为 35mΩ	12V AC-to-DC 电源的峰值效率超过 96%, 设计用于由超苛刻应用引起的恶劣环境, 例如作为加密采矿设备和高性能数据中心系统	Transphorm
OPPO	充电器	采用两颗额定频率为 2MHz 的 NV6115 GaNFast IC, 采用有源钳位反激(ACF)架构, 具有零电压和零电流开关	82mm*39mm*10.5mm (33cc), 55 克, 50W	Navitas 和 Powerland
vivo	X Fold 80W 闪充充电器	80W 折叠针式内置充电器的尺寸仅为 60mm*41mm*31mm (76cc), 功率密度超过 1W/cc, 重量仅为 125g	两个输出端口共享完整的 80W 额定功率。应用于首款 8 英寸屏幕可折叠智能手机	Navitas
	超快速充电器	120W, 用于 iQOO 9 Pro 手机	60.5mm*52.5mm*28.8mm (92cc), 充电器比上一代小 26%, 达到 1.3W/cc 的功率密度, 仅重 135g	—
Realme	UltraDart 充电器	5 分钟内将手机的 4500mAh 电池从 0% 充电至 50%; GT Neo3 150W UltraDart 充电器	充电器尺寸为 58mm*58mm*30mm (101cc), 功率密度达到 1.5W/cc。	—

数据来源: CASA Research 整理

(3) GaN 射频供应增加

民用方面, 鸿铭科技 5G 微基站用 GaN 芯片预计 2023 年第一季度完成客户验证, 开始量产。易达通推出 GaN 射频器件, 2023 年开始对外销售。气派科技在 5G MIMO 基站 GaN 微波射频功放塑封封装产品稳定量产的基础上, 延伸立项了 5G 宏基站超大功率超高频 GaN 功放塑封装项目, 并开始小批量生产。军工方面, 铖昌科技研发了多倍频 CMOS 多通道波束赋形芯片和 GaN 功率放大器芯片为代表的超宽带相控阵套片产品, 列装于大型地面相控阵雷达装备。

(4) LED 光电开拓新应用

Mini/Micro-LED 微显示领域采用蓝光 Micro-LED 结合量子点色

转换阵列的全彩化方案取得进展，巨量转移技术效率和良率大幅提升，封装环节 IMD、倒装 COB、COG 和 MIP 多条技术路线并行融合，有助于降本增效，加快应用市场导入。2022 年至少有超过 70 款 Mini-LED 电视、显示器、笔记本电脑及车载显示新品发布，覆盖高性能和高性价比产品。Mini-LED 直显也逐渐渗透至元宇宙、裸眼 3D、XR 虚拟拍摄、影院屏、创意显示等多个新兴场景。

大功率深紫外 LED 器件辐射通量在 $22.9\text{mW}@40\text{mA}$ (电流密度 $16\text{A}/\text{cm}^2$)、 $53.7\text{mW}@100\text{mA}$ (电流密度 $40\text{A}/\text{cm}^2$)，光电转换效率 (WPE) 分别达到了 10.1% 和 8.8%，效率的提升助力深紫外 LED 在市政工业用水、大型公共场所、国际赛事、冷链物流等应用场景推广使用。

3. 国产长晶、外延等装备加快推出

伴随产业快速成长，国产装备也不断进步。北方华创 SiC 长晶设备 2022 年出货预超 1000 台；恒普科技推出新一代优化版 SiC 电阻晶体生长炉；季华实验室、深圳纳设智能先后发布 6 英寸 SiC 高温外延设备；大族半导体首次发布激光切片技术 (QCB)，并同期发布了 SiC 晶锭激光切片机 (HSET-S-LS6200)、SiC 超薄晶圆激光切片机 (HSET-S-LS6210) 两款全新设备，大幅提到生产效率。中晟光电推出既可外延高质量的 AlN 基板，又能扩大产能 (至少 15×2)、降低生产成本的新型 MOCVD。盛美上海推出适用 6 英寸和 8 英寸的 SiC 衬底制造的新型化学机械研磨后 (Post-CMP) 清洗设备。中国电科 45 所研制的双 8 英寸全线自动化湿法整线设备进入国内主流 FAB 厂。此外，晶盛机电推出全自动 MPCVD 法生长金刚石设备 (型号 XJL200A)，成

功生长出高品质宝石级的金刚石晶体。

目前，国外厂商设备产品更新节奏较国内领先至少一代，且产品结构丰富、价格也在随行调整，对国内形成一定压制。国内设备厂商要加快布局 and 研发，依托价格、服务优势，加快进入产线。

4. 提高标准供给，支撑创新发展

IEC/TC 47 发布 9 项相关标准。国际电工委员会（IEC）半导体器件技术委员会（IEC/TC47）在第三代半导体的材料缺陷检测和器件可靠性测试方法方面至 2022 年 12 月共发布 9 项相关标准。

图表24. IEC/TC 47 制定的第三代半导体相关标准列表

序号	标准号	标准名称
1	IEC 63068-1:2019	半导体器件 功率器件用碳化硅同质外延片缺陷的无损检测识别判据 第 1 部分：缺陷分类
2	IEC 63068-2:2019	半导体器件 功率器件用碳化硅同质外延片缺陷的无损检测识别判据 第 2 部分：缺陷的光学检测方法
3	IEC 63068-3:2020	半导体器件 功率器件用碳化硅同质外延片缺陷的无损检测识别判据 第 3 部分：缺陷的光致发光检测方法
4	IEC 63229:2021	半导体器件 碳化硅基氮化镓外延层的缺陷分类
5	IEC 63068-4:2022	半导体器件-功率器件用碳化硅同质外延片缺陷的无损检测识别判据 第 4 部分：光学检测和光致发光联合方法识别和评价缺陷的程序
6	IEC 63284-2022	半导体器件-氮化镓晶体管用电感负载切换的可靠性试验方法
7	IEC 63275-1:2022	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
8	IEC 63275-2:2022	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 2 部分：体二极管工作引起的双极退化试验方法
9	IEC 63373:2022	GaN-HEMT 功率转换器件动态导通电阻测试方法指南

数据来源：CASA Research 整理

JEDEC 共发布 9 项相关标准（至 2023 年 1 月）。JEDEC 主要聚焦于功率器件的测试方法，如阈值电压测试、栅电荷测试以及开关可

靠性等方面。

图表25. JEDEC 制定的 SiC/GaN 相关标准

时间	标准号	标准名称	状态
2019 年 1 月	JEP173	基于 GaN HEMT 的功率转换器件的动态导通电阻测试方法指南	发布
2021 年 1 月	JEP180.01	GaN 功率器件开关可靠性评估测试指南	发布
2021 年 1 月	JEP182	氮化镓功率转换器件连续切换评估的测试方法	发布
2021 年 3 月	JEP184	电力电子转换用碳化硅金属氧化物半导体器件偏压温度不稳定性评估指南	发布
2021 年 12 月	JEP186	在横向 GaN 功率转换器件的数据表中指定瞬态断态耐受电压鲁棒性指标的指南	发布
2021 年 12 月	JEP187	SiC MOSFET 开关损耗规格书表征指南	发布
2022 年 8 月	JEP190	SiC 功率器件的 dv/dt 鲁棒性评估指南	发布
2023 年 1 月	JEP192	SiC MOSFET 栅电荷 (QG) 测试方法指南	发布
2023 年 1 月	JEP183A	SiC MOSFET 阈值电压 (VT) 测试方法指南	发布

数据来源: CASA Research 整理

目前,全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分技术委员会 (SAC/TC203/SC2) 已经制定了 14 项 SiC/GaN 材料方面的标准,另有 8 项标准制定中,其中产品标准有 SiC 单晶抛光片、SiC 外延片等,测试方法标准有 SiC 单晶位错密度的测试方法等。第三代半导体产业技术创新战略联盟紧跟产业发展步伐,加快标准体系布局,全力支撑产业高质量发展。截止 2022 年底, CASA 共发布了相关标准及技术报告 25 项, 13 项标准及技术报告制定中, 多项技术标准填补领域空白。

图表26. CASA 制定的第三代半导体相关标准及技术报告列表

序号	联盟标准号	标准名称	状态
1	T/CASAS 001-2018	碳化硅肖特基势垒二极管通用技术规范	发布
2	T/CASAS 002-2021	宽禁带半导体术语	发布
3	T/CASAS 003-2018	p-IGBT 器件用 4H-SiC 外延晶片	发布
4	T/CASAS 004.1-2018	4H-SiC 衬底及外延层缺陷 术语	发布
5	T/CASAS 004.2-2018	4H-SiC 衬底及外延层缺陷 图谱	发布
6	T/CASAS 005-2022	用于硬开关电路的 GaN HEMT 动态导通电阻测试方法	发布
7	T/CASAS 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	发布

8	T/CASAS 007-2020	电动汽车用碳化硅（SiC）场效应晶体管（MOSFET）模块评测规范	发布
9	T/CASAS 008-2019	地铁再生制动能量回收系统技术规范	发布
10	T/CASAS 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	发布
11	T/CASAS 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	发布
12	T/CASAS 011.1-2021	车规级半导体功率器件测试认证规范	发布
13	T/CASAS 011.2-2021	车规级半导体功率模块测试认证规范	发布
14	T/CASAS 011.3-2021	车规级智能功率模块（IPM）测试认证规范	发布
15	T/CASAS 012-202X	电动汽车用碳化硅（SiC）电机控制器评测规范	制定中
16	T/CASAS 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	发布
17	T/CASAS 014-2021	碳化硅衬底基平面弯曲的测定 高分辨 X 射线衍射法	发布
18	T/CASAS 015-2022	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	发布
19	T/CASAS 016-2022	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	发布
20	T/CASAS 017-2021	第三代半导体微纳金属烧结技术 术语	发布
21	T/CASAS 018-2021	微纳金属烧结件剪切强度测试方法	发布
22	T/CASAS 019-2021	微纳金属烧结体电阻率试验方法 四探针法	发布
23	T/CASAS 020-2021	微纳金属烧结体热导率试验方法 闪光法	发布
24	T/CASAS 021-202X	SiC MOSFET 阈值电压测试方法	制定中
25	T/CASAS 022-2022	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	发布
26	T/CASAS 023-202X	宽禁带半导体封装用烧结银膏	制定中
27	T/CASAS 024-202X	碳化硅 MOSFET 开关运行条件下阈值稳定性测试方法	制定中
28	T/CASAS 025-202X	8 英寸碳化硅晶片基准标记及尺寸	制定中
29	T/CASAS 026-202X	碳化硅少数载流子寿命测定 微波光电导法	制定中
30	T/CASAS 027-202X	射频 GaN HEMT 结构的迁移率非接触霍尔测量方法	制定中
31	T/CASAS 028-202X	Sub-6GHz GaN 射频产品可靠性筛选和验收方法	制定中
32	T/CASAS 029-202X	Sub-6GHz GaN 射频器件微波特性测试方法	制定中
33	T/CASAS 030-202X	GaN 毫米波前端芯片测试方法	制定中
34	T/CASAS 031-202X	面向 5G 基站应用的 Sub-6GHz 氮化镓功放模块测试方法	制定中
35	T/CASAS 032-202X	碳化硅晶片表面金属元素含量的测定电感耦合等离子体质谱法	制定中
36	T/CASAS/TR 001-2018	SiC 器件在 DC/DC 充电模块应用技术报告	发布
37	T/CASAS/TR 002-20XX	SiC MOSFET 功率器件的应用可靠性评价技术体系报告	制定中
38	T/CASAS/TR 003-2022	分立 GaN HEMT 功率器件动态电阻评估	发布

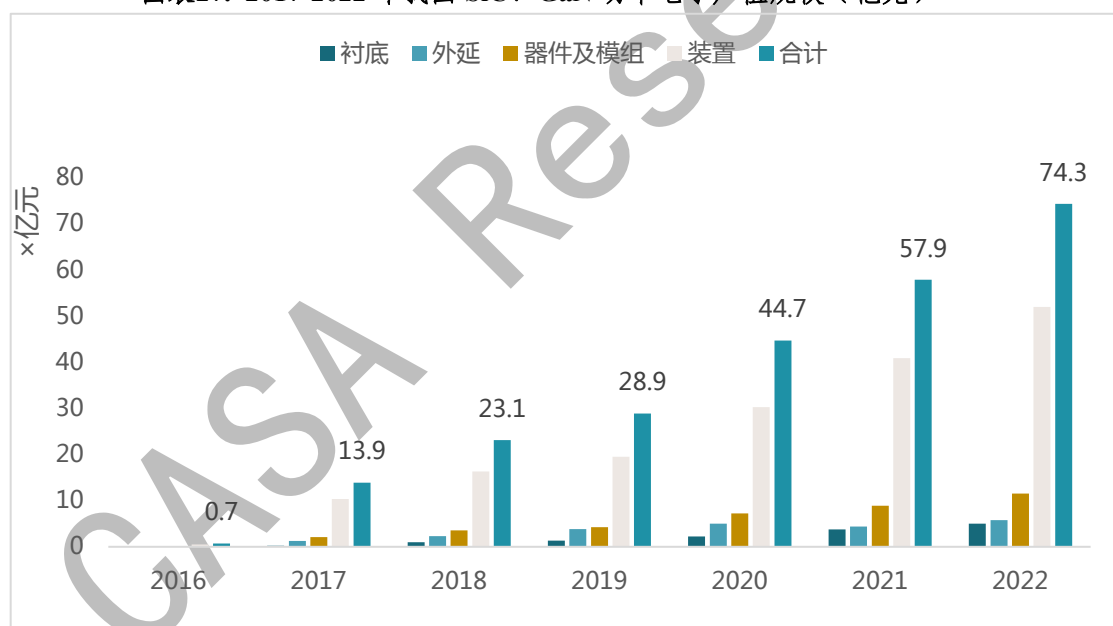
数据来源：CASA Research 整理

（三）功率电子与射频产值增长 11.7%

1. 功率电子和射频总产值超 140 亿元

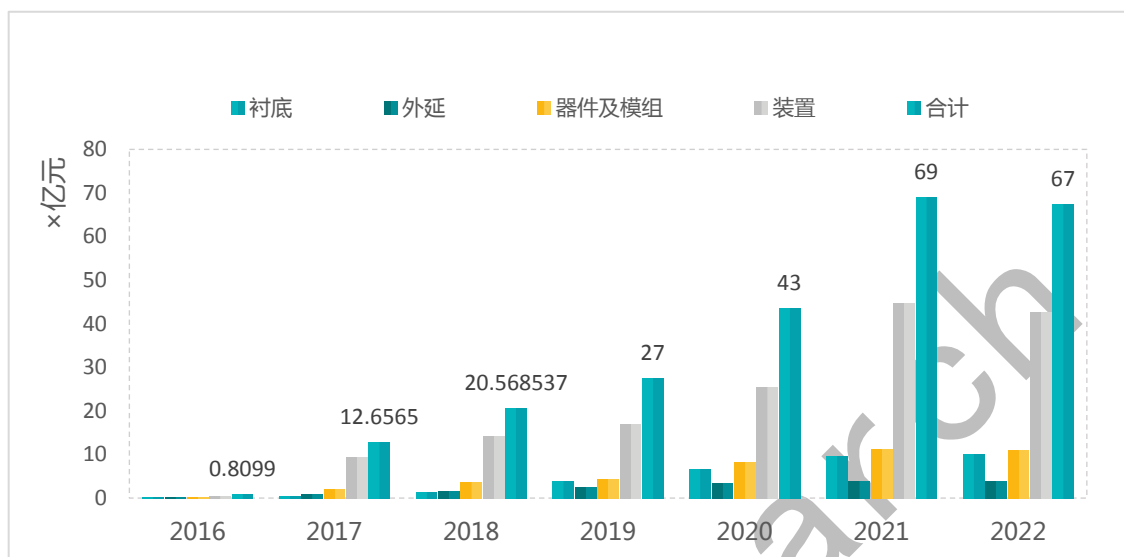
2022 年我国第三代半导体功率电子和微波射频两个领域实现总产值 141.7 亿元，较 2021 年增长 11.7%。其中，SiC、GaN 功率电子产值规模达 74.3 亿元，同比增长 28.33%，衬底材料约 5 亿元，外延约 5.8 亿元，器件及模组约 11.6 亿元，装置约 51.9 亿元，其中衬底环节增速最快，达到 35%。GaN 微波射频产值达到 67.4 亿元，较上年持平，其中衬底约 9.9 亿元，外延 3.9 亿元，器件及模组 11 亿元，装置约 42.6 亿元。

图表27. 2017-2022 年我国 SiC、GaN 功率电子产值规模（亿元）



数据来源：CASA Research

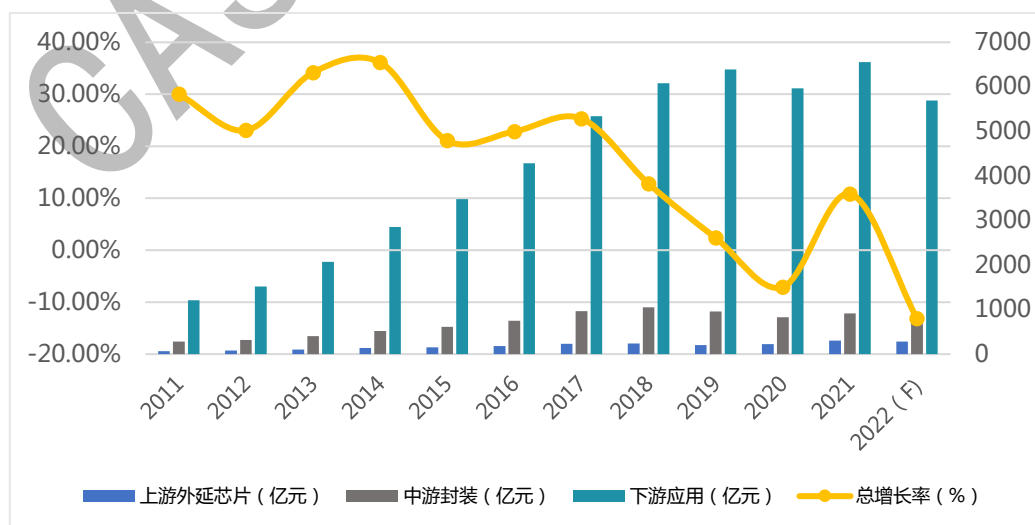
图表28. 2016-2022 年我国 GaN 微波射频产值规模（亿元）



数据来源：CASA Research

在半导体照明方向，2022 年在复杂严峻的国内外形势和多重超预期因素冲击下，我国半导体照明行业需求不振、成本攀升，行业整体规模呈现下滑态势。2022 年总体产值约 6750 亿元，较去年下滑 13.2%，其中上游外延芯片规模约 281 亿元，中游封装规模 778 亿元，下游应用规模 5691 亿元。

图表29. 2011-2022 年我国半导体照明产业各环节产业规模及增长率



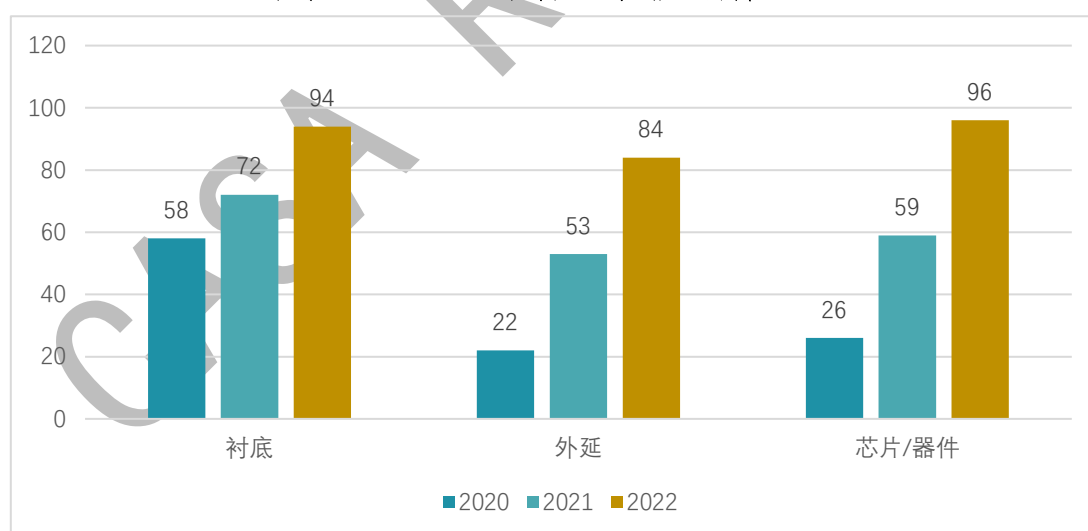
数据来源：CSA Research

近年来在国家政策与资本市场支持下，我国第三代半导体产业高速发展，但 2022 年受宏观经济环境、疫情、地缘政治及半导体供应链调整等超预期因素影响，产业初步进入调整期，整体固定资产投入减缓，开始向着高质量发展的方向转变，少数真正掌握核心技术的公司逐渐得到产业界认可，个别企业则被市场淘汰，产业内部开始分化、调整。

2. SiC 产能供给高速增长，GaN 产能增加超 30%

在电动汽车等应用拉动下，国内 SiC 产能高速增长。2022 年，SiC 衬底产能达到 94 万片/年（折合 6 英寸），相较于 2021 年增加 30.6%；外延产能达到 84 万片/年（折合 6 英寸），相较于 2021 年增加 58.5%；芯片/器件产能达到 96 万片/年，相较于 2021 年增加 62.7%。

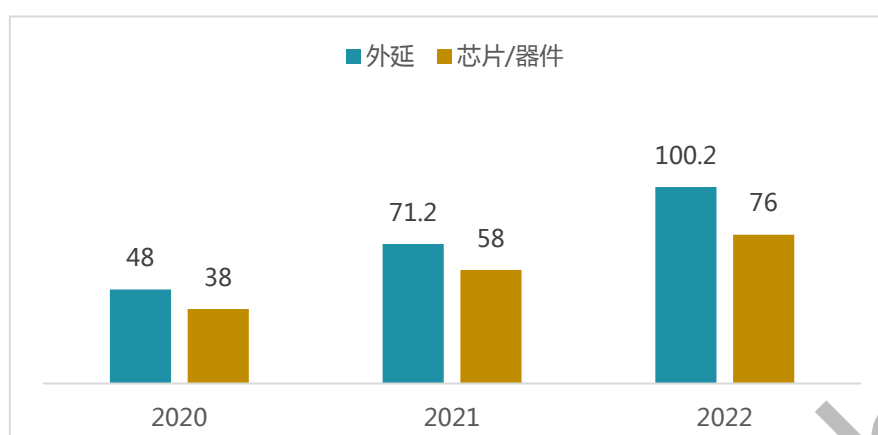
图表30. 2020-2022 国内 SiC 产能（万片）



数据来源：CASA Research

2022 年，GaN 产能增加 31%。2022 年，国内 GaN 外延产能达到 100.2 万片/年（折合 4 英寸），相较于 2021 年增加 40.7%；芯片/器件产能达到 76 万片/年，相较于 2021 年增加 31%。

图表31. 2020-2022 国内 GaN 产能（万片）



数据来源：CASA Research

3. 上市公司态度乐观，业绩兑现可期

国内第三代半导体上市企业发展迅速，产品出货、渠道拓展、供应链强化、应用端合作、市场推广等均取得新进展。A 股相关产业链企业加大在电动汽车、光伏及储能等领域布局力度，加快产品验证和市场导入，营收兑现可期。材料环节：天岳先进收获 13.93 亿长期协议；晶盛机电获得不低于 23 万片 SiC 衬底合同；湖南三安收到价值 38 亿元的 SiC 芯片意向订单。器件模组环节：设计方面，瞻芯、派恩杰设计的 SiC 产品实现批量出货；IDM 方面，华润微 SiC 功率器件销售额增长约 3 倍；三安集成的 SiC MOSFET 批量出货并开始在下游搭载应用；积塔、中芯绍兴的 6 寸 SiC 代工线产能稳定。模块方面，斯达半导体车规级 SiC 模块在电动汽车行业开始大批量装车应用；比亚迪 SiC 模块产能加快爬升，预计在 2023 年四季度能满足“汉”车型的需求；芯聚能 SiC MOSFET 模块开始规模化量产，搭载主驱逆变器超 10000 台。湖南三安与北京车和家共同设立合资公司苏州斯科半

导体，专注于 SiC 车规芯片模组的研发及生产。上市公司普遍对产业发展保持积极乐观态度，业绩兑现或可期。

图表32. 2022 年部分第三代半导体相关上市企业动态

企业	营收	同比	利润	同比	动态
长电科技	247.78	13.05%	24.52	15.92%	已具备 SiC、GaN 的封装和测试能力，已向光伏、充电桩行业出货第三代半导体产品。
闻泰科技	420.85	8.90%	19.44	-4.79%	安世半导体实现营收 119.48 亿元,同比增长 17.44%,实现归母净利润 27.36 亿元,同比增长 34.80%; GaN 产品特别针对电动汽车电驱及高压充电系统，目前已在全球范围内与众多行业头部 Tier1 展开合作；加强在中高压 MOSFET、SiC 和 GaN 产品、IGBT 及模拟类产品的研发投入，并投资 30 亿元扩建分立器件、模拟&逻辑 IC、MOS 封装产能。
晶盛机电	74.63	86.96%	20.09	80.92%	晶盛机电的首颗 8 英寸 N 型 SiC 晶体成功出炉，公司已组建原料合成+长晶+切磨抛的中试产线,完成 6-8 英寸长晶热场和设备开发；获得不低于 23 万片 SiC 衬底合同。
华润微	76.32	10.17%	20.57	22.18%	SiC 功率器件的产能有 1000 片/月，目前有扩产计划；SiC 销售额增长大约 3 倍，SiC MOS 已开始批量供应。功率半导体封测基地项目于 2022 年底前完成厂房建设，产线通线。
北方华创	100.12	62.19%	16.86	156.13%	北方华创发布 CCP 刻蚀设备，为 8 英寸工艺设计，应用于 Logic, BCD, Power(Si/SiC/GaN), MEMS 等多种领域，已在 5 家客户完成验证并实现量产，实现对刻蚀领域的全覆盖。
扬杰科技	44.18	36.32%	9.28	64.30%	已组建了第三代半导体相关设计、测试等人才，持续增加对该芯片行业的投入，并且公司成功开发出此领域的相关产品，目前已经得到国内知名光伏逆变器客户的认可，成功实现量产与批量出货。
士兰微	62.44	19.58%	7.74	6.43%	已建成 6 英寸的 Si 基 GaN 集成电路芯片生产线，涵盖多方面全技术链。目前公司拟定增募集资金用于 SiC 功率器件生产线建设项目，该项目在现有芯片生产线及配套设施的基础上提升 SiC 功率器件芯片的产能。
斯达半导	18.74	56.60%	5.9	121.43%	投资建设年产 8 万颗车规级全 SiC 功率模组生产线和研发测试中心；车规级 SiC 模块在电动汽车行业开始大批量装车应用。
三安光电	100.12	5.04%	9.87	-23.27%	湖南三安与电动汽车客户签署了价值 38 亿元的 SiC 芯片《战略采购意向协议》，采购产品将应用于新能源车主驱；湖南三安与北京车和家汽车科技有限公司，共同设立合资公司苏州斯科半导体有限公司，

					专注于 SiC 车规芯片模组的研发及生产，预计 2023 年 5 月启动样品试制，2024 正式投产后逐步形成年产 240 万只半桥生产能力。 三安光电目前 SiC 制程以 6 英寸为主，8 英寸 SiC 晶体在扩径中；2022 年 9 月，湖南三安发布了最新的 1200V SiC MOSFET 系列，包含 1200V 80mΩ/20mΩ/16mΩ，均来自其自身 6 英寸全链整合平台。据介绍，本次发布的 SiC MOSFET 系列旨在 2023 年实现整车和电动汽车零部件的全面突破。
天岳先进	2.69	-27.19%	-1.17	-319.17%	已研发出 8 英寸 SiC 衬底；签订价值 13.93 亿元的导电型 SiC 衬底订单合同，预计 2023 年开始供货。
露笑科技	25.91	-3.18%	-0.59	-135.81%	SiC 长晶良率提升至 50%。
东尼电子	14.32	55.90%	1.06	289.03%	SiC 长晶炉已经有 30 台启用进入生产，另有 40 台已经基本安装调试完毕，SiC 长晶炉规模有望达到 100 台，可充分检验公司设备、工艺在大规模量产状态下的良率。

数据来源：CASA Research 整理

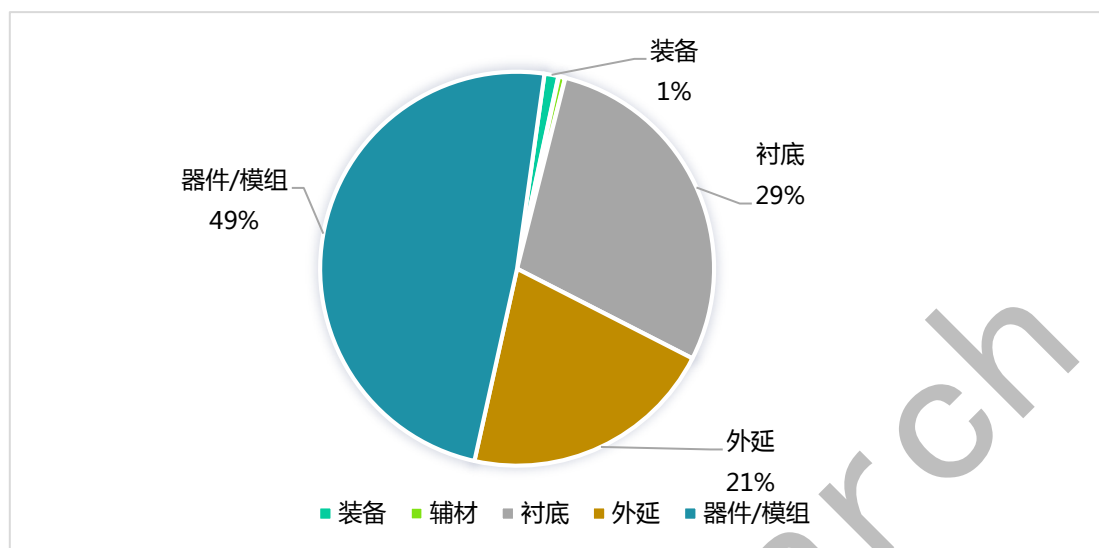
4. 投资增长 37%，并购金额超 45 亿元

2022 年国内第三代半导体产业投资扩产依然保持较高的增幅。

据 CASA Research 不完全统计，全年第三代半导体相关新拟建项目（含新建和扩产）共 53 起，封顶、通线项目达 34 个。已披露的投资扩产金额达到 1232.6 亿元（不含光电），较 2021 年（901.5 亿元）增长 36.7%。

分环节来看，器件、模组投资金额占比接近一半；其次为衬底，装备及辅材项目较少。值得关注的，汽车应用相关的第三代半导体项目投资大幅增长。

图表33. 2022 年国内第三代半导体各环节投资额占比



数据来源：CASA Research

2022 年并购方面，国内共发生 10 起并购案，金额超 45 亿元。国内涉及 SiC 相关并购项目共 4 起。GaN 涉及相关并购项目共 6 起。各企业在抢占第三代半导体上游供应资源的同时，也在强化内部垂直整合和业务拓展，提高市场竞争能力。如中瓷电子分别收购博威和国联万众多数股权，实现国企内部整合；长飞光纤以 14.3 亿元收购启迪半导体，更名长飞先进；国星光电收购广东风华芯电科技 99.88% 股权，壮大第三代半导体封测业务；鸿海为保证 SiC 供应收购盛新材料 10% 股权；晶方科技、无锡新洁能、晶盛机电等也为巩固供应链，展开并购。

图表34. 2022 年国内第三代半导体典型并购项目

时间	并购方	被并购方	投资规模
2022 年 1 月	雅创电子	怡海能达	55% 股权
2022 年 3 月	长飞光纤	启迪半导体	14.3 亿元
2022 年 7 月	鸿海	盛新材料	5 亿新台币
2022 年 8 月	国星光电	风华芯电	2.69 亿元

2022 年 9 月	协鑫集团	宏光半导体	认购 6000 万股认购股份及 6000 万份认股权证
2022 年 10 月	中瓷电子	博威公司	73.00%股权（估值约 19 亿元）
2022 年 10 月	中瓷电子	国联万众	94.6029%股权（估值约 4.16 亿元）
2022 年 10 月	晶方科技	VisIC	34%股权（约 3.6 亿人民币）
2022 年 11 月	无锡新洁能	臻晶半导体	11.1111%的股权（2500 万元）
2022 年 12 月	晶盛机电	昂坤视觉	持股 2.2363%

数据来源：CASA Research 整理

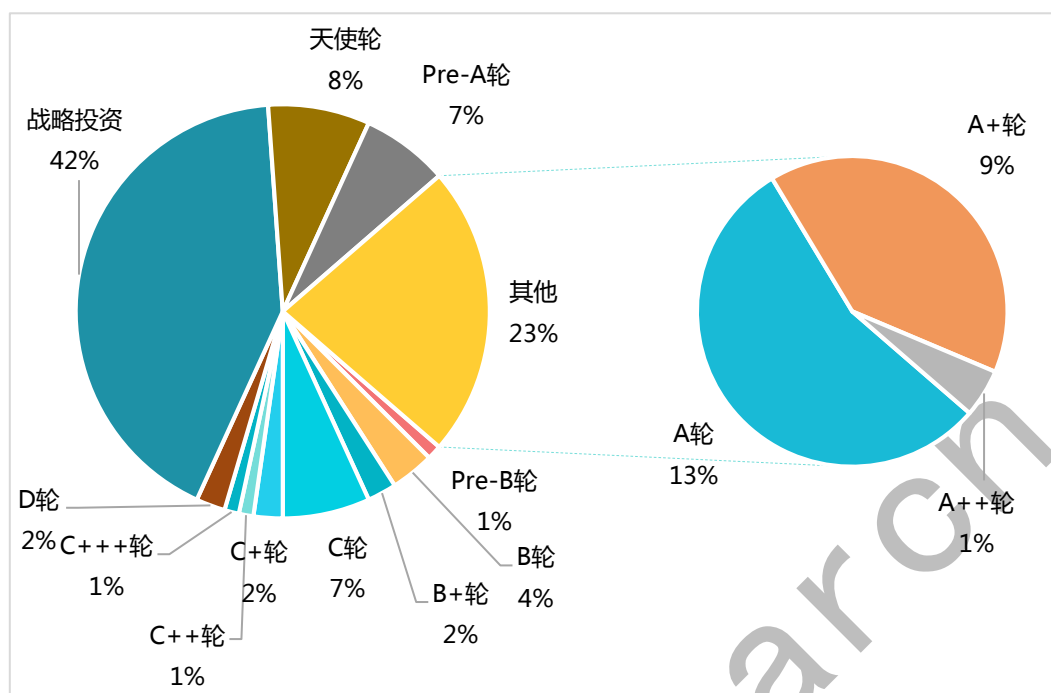
5.55 家企业融资，披露金额超 63 亿元

据不完全统计，2022 年 55 家与第三代半导体有关的企业获得了 87 笔风险投资，已披露的 38 笔交易总金额约 63.2 亿元⁴，融资事件数量较去年增长 10%，大部分企业融资金额较低，资本的早期介入利于行业新生力量的培育。从单笔融资金额看，百识电子、基本半导体、宽能半导体、瞻芯电子、中科汇珠等 24 家企业的 26 笔融资均超亿元，英诺赛科 D 轮融资 30 亿元高居榜首。部分企业融资频率明显加快，泰科天润、昕感科技、基本半导体、东莞天域、青禾晶元、英诺赛科 6 家企业本年融资次数均超过 3 次。从融资的轮次来看，A 轮前（含天使轮、Pre-A 轮、A 轮、A+轮、A++轮）融资、战略融资分别达到 33 起、37 起，两者占比分别为 38%⁵和 42%，合计占比达到八成。与去年 A 轮前融资占比超过 50%相比，企业融资整体趋势在向更高轮次融资移动，一方面说明风投机构以更加谨慎的态度布局早期轮次，另一方面也说明主要企业成长较快，企业成熟度不断提升。

⁴ 披露为“数亿元”、“约亿元”、“超亿元”均按 1 亿元计，依此类推。

⁵ 按融资事件次数统计。

图表35. 第三代半导体产业融资轮次分布



数据来源：CASA Research

分领域看，87起融资事件中，SiC和GaN领域发生的融资事件分别占比78.45%和28.41%。2022年SiC领域发生融资事件62起，涉及相关企业39家，披露交易金额的23起，交易金额20.8亿元。涉足GaN的融资事件25起，披露交易金额的15起，涉及交易金额42.4亿元。有24家企业融资布局新能源汽车用功率电子方向，涉及微波射频相关企业仅有少数几家。此外，在Ga₂O₃领域，铭镓半导体也获得了亿元级A轮融资。

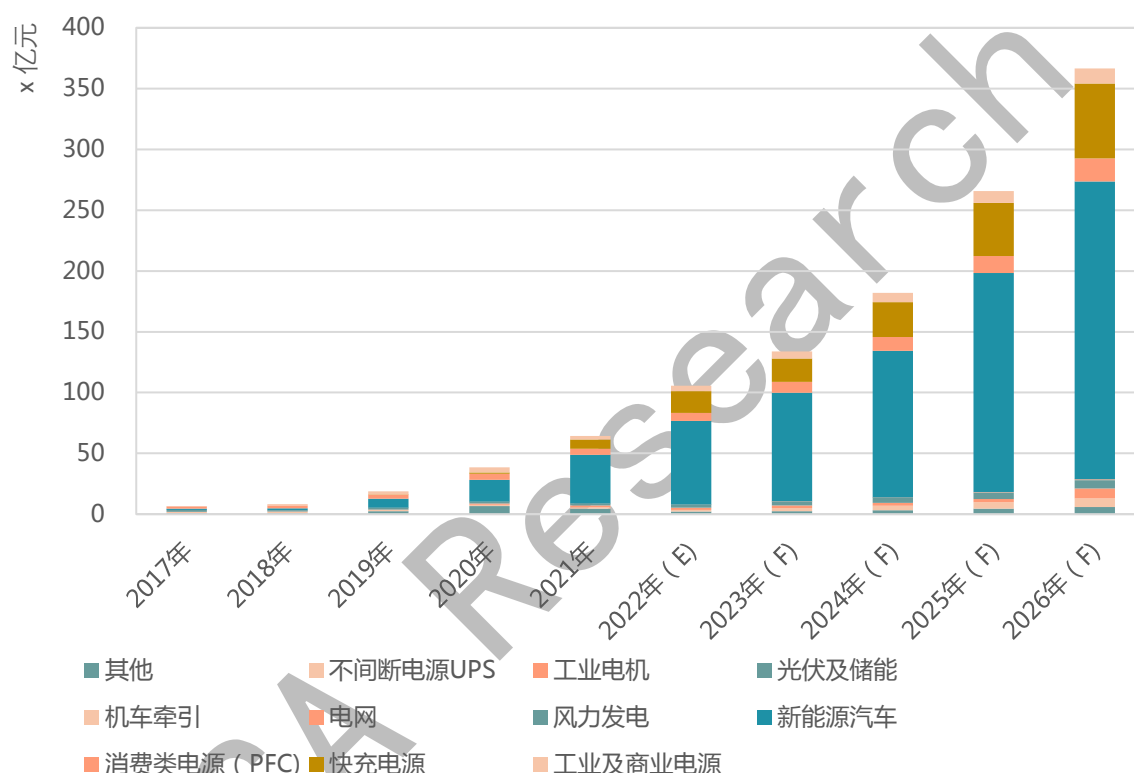
（四）市场加速渗透，新应用逐步开启

随着电动汽车市场快速增长，光伏、储能需求拉动，我国第三代半导体功率电子和微波射频市场总规模达到194.2亿元，较2021年增长34.5%，其中功率半导体市场超过105.5亿元，微波射频市场约88.6亿元。

1. 功率电子市场规模超105亿元

据 CASA Research 统计 2022 年国内 SiC、GaN 功率电子器件市场规模约为 105.5 亿元，较上年同比增长 48.4%。综合不同来源预测数据，2022 年我国 SiC、GaN 功率电子器件的渗透率约在 6%-8% 之间。

图表36. 2017-2026 年我国 SiC、GaN 功率电子应用市场规模（亿元）



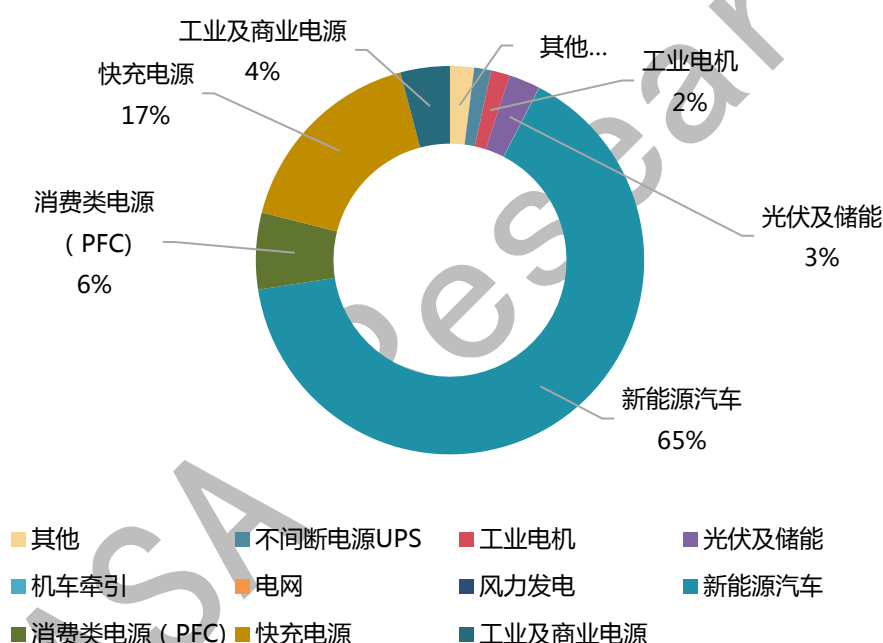
数据来源：CASA Research

2022 年国内市场增长的最大动力来自于新能源汽车市场（含充电桩）、光伏和储能。新能源汽车市场爆发带来车用半导体市场迅猛增长，“800V+SiC”高压平台的应用加速了 SiC 的渗透。另外两大增长动力来自于光伏和储能市场。

预计未来 4 年，SiC、GaN 功率电子器件应用市场将以 36.5% 的年复合增长率增长至 366 亿元。其中，在中高压领域，电动汽车及充电基础设施应用将是最大的市场，整体市场比重将保持在 65%。在中

压领域，GaN、SiC 功率电子器件在 PV 光伏、储能、数据中心的应用前景看好，年度增幅将超过 30%。而中低压、小功率电源领域，GaN 功率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，开始向平板、个人 PC、台式机及电动工具、IoT 设备等电子市场进入，但受整体经济环境影响，消费电子市场低迷，加上 GaN 快充产品前两年产能大幅开出，开始呈现供过于求的态势，价格下跌，需要时间去平衡消化。

图表37. 2022 年我国 SiC、GaN 功率电子应用市场结构



数据来源：CASA Research

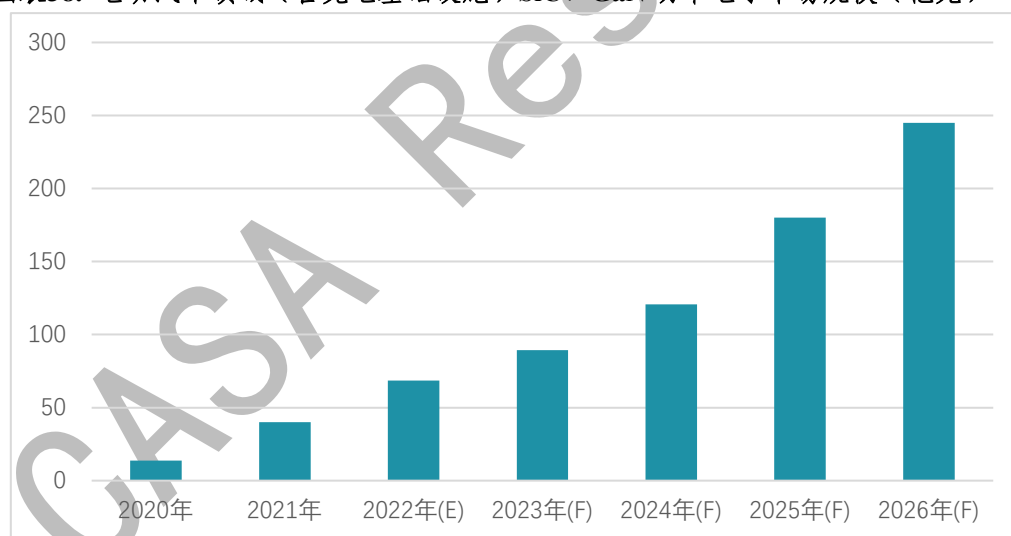
(1) 电动汽车市场爆发带动车用 SiC 突破 68.5 亿元

新能源汽车市场爆发带动车用 SiC 突破 68.5 亿元。CASA Research 数据显示，2022 年我国第三代半导体功率电子在电动汽车及充电桩市场规模约为 68.5 亿元，预计到 2026 年将增长至 245 亿元，年均增速接近 37.5%，是未来几年第三代半导体功率电子市场增长的主要驱动力。

近两年，我国新能源汽车市场进入爆发期，车用半导体价值也高速增长。据中汽协数据，2022 年新能源汽车产量同比增长 96.9%，达 705.8 万辆，新能源汽车渗透率从年初的 14% 迅速增加至 26.12%。当前我国新能源汽车消费正从政策驱动向内生驱动转变，随着国产新能源车性价比不断提升，市场有望保持快速发展势头。

800V 高压平台 2022-2023 年快速上量，将加速 SiC 在车用领域的渗透。国内外车企从 2021 年起掀起一轮 800V 高压平台车型发布潮，国内造车新势力及传统汽车厂商旗下的智能电动品牌纷纷入场。伴随高压平台逐渐落地，具有耐高压、低阻抗、无拖尾电流等优势 SiC 器件成为首选。

图表38. 电动汽车领域（含充电基础设施）SiC、GaN 功率电子市场规模（亿元）



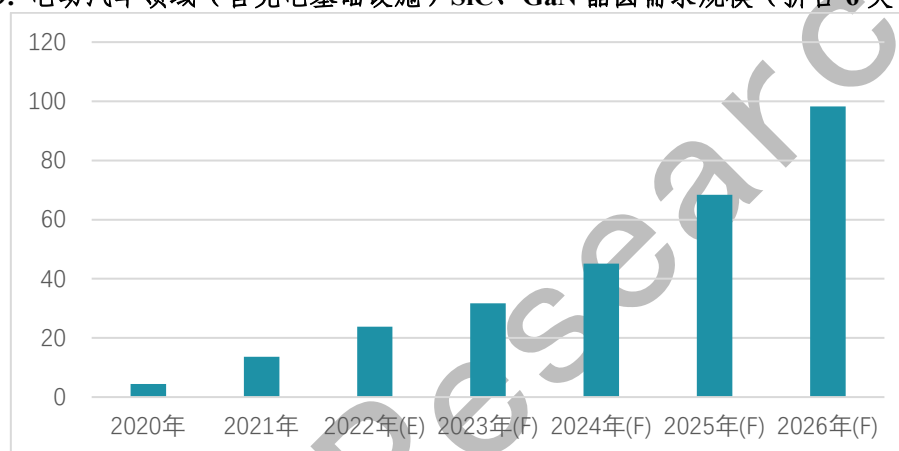
数据来源：CASA Research

原料降价叠加优异性能，SiC 有望突破成本障碍。SiC MOSFET 或将在 2023 年进入价格甜蜜点，带动更多车规逆变器应用。基于 SiC 电驱动系统可降低 4.43% 的典型城市工况行驶电耗的假设，相较于 Si 方案，等效 SiC 方案可以节约电池容量扩大所带来的成本提升。若 SiC 晶圆价格年降 10% 左右，则在 2023 年底获得正的成本节约值，

即 SiC MOSFET 6 英寸晶圆价格 3518 美元/片时整体效益达到平衡。

CASA Research 预计国内 SiC 车用市场将维持近 37.5% 的年均复合增长率，折算成晶圆，国内 2022 年新能源汽车市场 6 英寸 SiC 晶圆需求量近 25 万片，预计到 2026 年需求量将增长到近 100 万片。在当前 SiC 市场起量期间，国内厂商应紧抓市场机会，尽快完善 SiC 产业链，提升有效产能供给，形成稳定、高品质供货。

图表39. 电动汽车领域（含充电基础设施）SiC、GaN 晶圆需求规模（折合 6 英寸）



数据来源：CASA Research

（2）光伏市场高速增长，储能领域前景开阔

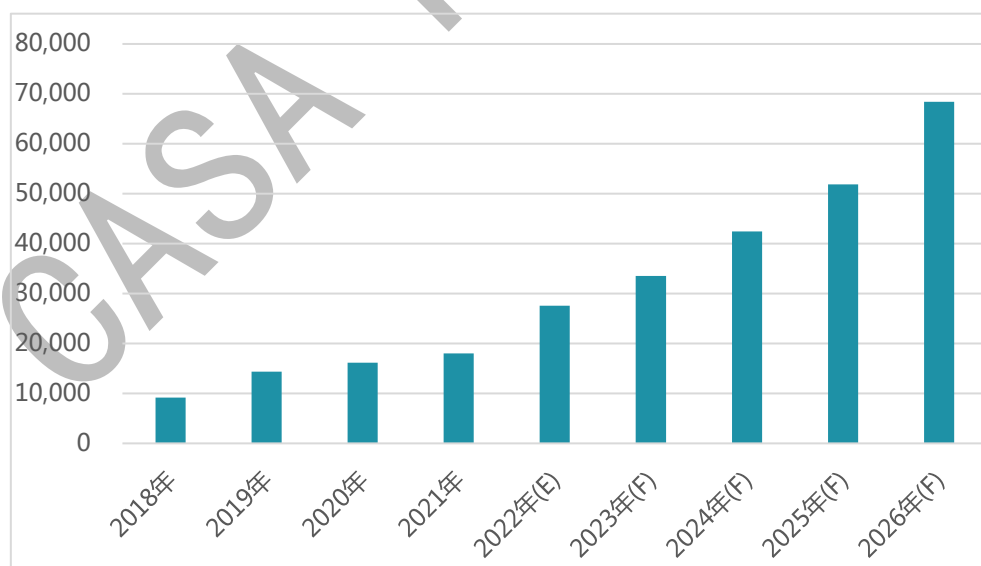
1）光伏市场近 3 亿，未来增速将超过 25%

目前，“光伏+储能”已成为多国光伏开发的标准配置，逆变器的新增及替换市场进入高速增长阶段。根据 CPIA 预测，全球光伏新增装机容量有望从 2021 年的 170GW 增长至 2025 年的 330GW。中国光伏行业协会数据也显示，2022 年我国光伏新增装机量 87.4GW，较上年同比增长 59.3%，其中集中式光伏电站 36.3GW、分布式光伏 51.1GW。随着《智能光伏产业创新发展行动计划（2021-2025 年）》的实施，我国光伏装机量将迎来更快增长。我国是光伏生产大国和出口大国，随着国内外市场爆发，光伏逆变器市场将高速增长。

随着光伏电站发展趋势电压等级从 1000V 提升至 1500V 以上，耐高压 SiC 功率元件成为组串式和集中式逆变器首选材料。而对功率较小的住宅用微型逆变器（一般不超过 5kW），GaN 功率器件在显著改善整体转换效率的同时，还能建构体积更小、重量更轻、更可靠的逆变器。据 Wolfspeed 数据，光伏逆变器采用 SiC 后，系统的转化效率可以从 96%提升到 99%以上，能量损耗能够降低 30%以上，功率密度增加 50%，可显著提高循环设备使用寿命，降低系统的体积，节约系统成本 10%。

CASA Research 预计，2022 年 SiC、GaN 功率器件在光伏市场规模约 2.8 亿元，伴随渗透加速，按照 2026 年渗透率达到 15%-23%左右，预计 2026 年我国 SiC、GaN 功率器件市场规模将接近 7 亿元，未来几年年均增速约 25.5%。

图表40. 2018-2026 年光伏领域 SiC、GaN 功率电子市场规模（万元）



数据来源：CASA Research

2) 储能市场前景开阔

储能行业迎来高速发展期，储能逆变器需求大增。储能电力系

统中的应用场景可以分为发电侧储能、电网侧储能和用电侧储能，各场景均需采用储能逆变器。据华金证券测算，根据对发电侧、用户侧、电网侧储能的需求测算，到 2025 年全球储能新增需求为 129.5GW，年化复合增速为 70%，成长空间巨大。据国家能源局数据，到 2025 年国内储能新增需求将达到 87GWh，年均增长 122.2%。

储能涉及到 DC/DC 和 DC/AC 两个环节，采用 SiC 替代传统 IGBT 能使得电化学储能的转换效率从 98%提升至 99%以上。目前，小功率家用/商用储能逆变器 DC-DC Boost 电路已经开始采用 SiC 器件。由于储能相较光伏逆变器价格敏感度稍高，预计 2025 年第三代半导体器件有望在该市场批量应用。电化学储能变流器每瓦成本 0.3 元，如果全用 SiC，成本占比 35%-40%，按照市场渗透率 8%计算，则 2025 年 SiC 在储能应用的全球市场规模将超过 10 亿元，而国内相应市场规模约 4 亿元。

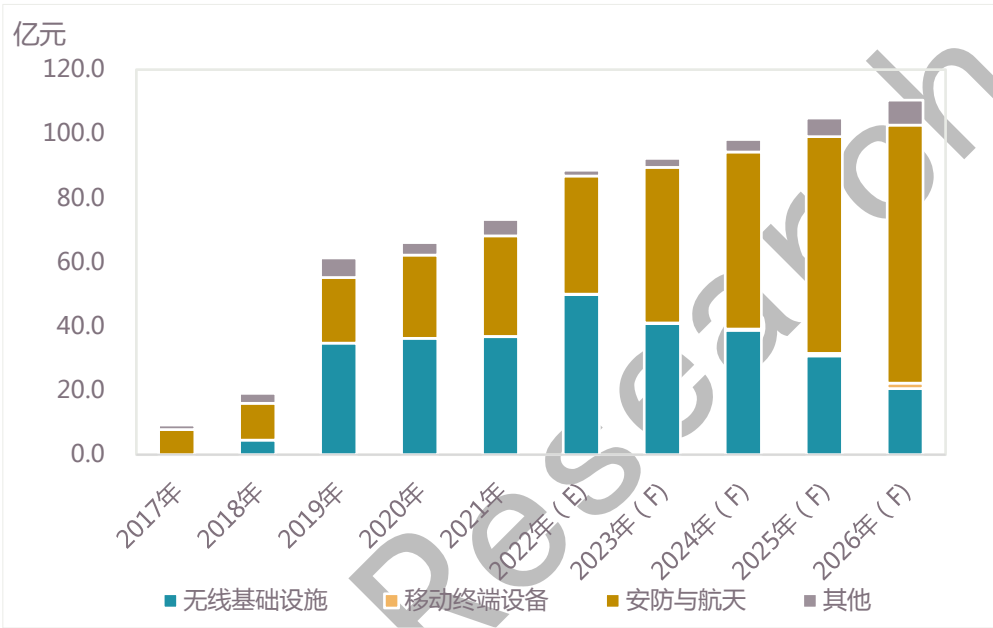
2. GaN 微波射频器件市场规模约 89 亿元

据 CASA Research 数据，2022 年国内 GaN 微波射频器件市场规模为 88.6 亿元，较上年同比增长 20.9%。

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。据工信部数据，2022 年我国全年新建 5G 基站 88.7 万个，加上海外出口，带动无线基础设施领域的 GaN 微波射频市场达 50 亿元。未来几年，随着毫米波频段使用许可的发放，中国有望成为全球最大的毫米波市场。中国联通发布《中国联通毫米波技术白皮书 V3.0》，更新 5G-A 时代毫米波总体规划，2023 年视频率政策情况，

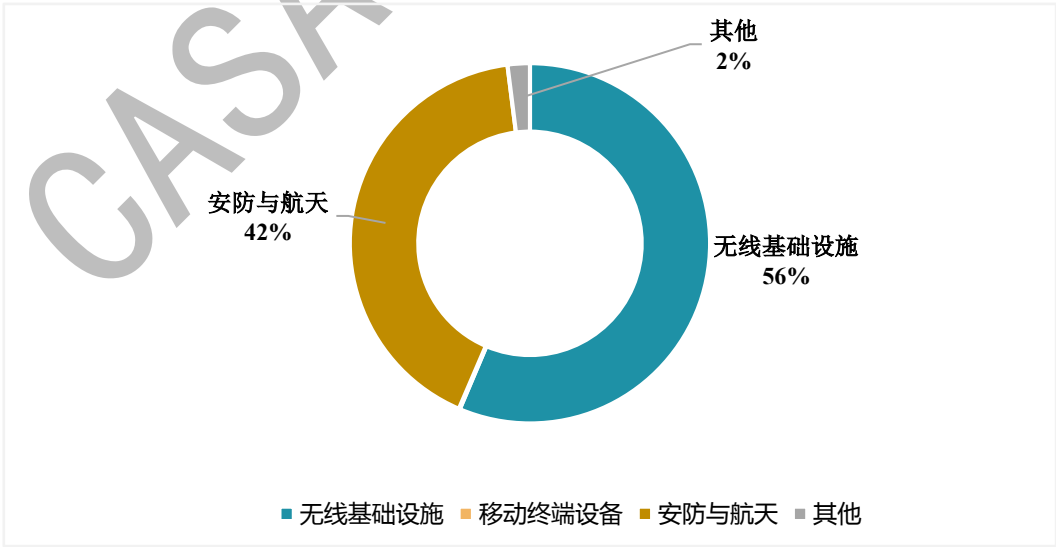
进行毫米波网络场景化部署试验；2024 年进行 R18 等关键能力试验验证；2025 年进行毫米波创新应用部署。5G 毫米波将发挥大带宽低延时优势，市场有望逐渐起量。毫米波基站部署将成为拉动市场的主要力量，带动国内 GaN 微波射频器件市场规模成倍数增长。

图表41. 2017-2026 年我国 GaN 微波射频应用市场规模（亿元）



数据来源：CASA Research

图表42. 2022 年我国 GaN 射频器件应用市场结构



数据来源：CASA Research

安防与航天应用市场是 GaN 微波射频重要的细分领域，2022 年

整体市场规模为 36.8 亿元，未来 4 年将以 21.6%的年均增速增长，预计 2026 年将超过 80.5 亿元。

CASA Research

三、趋势与展望

展望 2023 年，国际方面，摩根士丹利发布的《2023 全球宏观经济展望》认为，2023 年全球经济增长总体动力不足，俄乌冲突、通胀攀升和央行货币政策紧缩等也引发世界性的全面经济衰退。国内方面，宏观经济有所回升，但国内市场需求和信心的修复仍然影响着复苏程度。半导体行业作为充分反映全球经济的风向标，未来有可能将长期陷入缺乏宏观经济基本面支撑的困局，多数机构预测 2023 年全球半导体行业将可能迎来 4%-10% 的负增长，而以后 2-3 年也将维持在低于 8% 的低速区间徘徊运行。

相对于较为复杂且不确定的内外部环境，第三代半导体的高速发展趋势始终明确。以车用为首的下游市场将进入高速增长期，上游晶圆仍供不应求，8 英寸将推动性能及成本在未来几年逐步达到产业化甜蜜点，产品和技术将持续改进，国产材料和芯片在客户端的认可度不断提高，SiC、GaN 渗透率将有大幅度提升，2023 年将是第三代半导体大放异彩的一年，我们将见证一个“技术快速进步、产业快速增长、格局大洗牌”的“战国时代”。

面对即将到来的新时代，我国第三代半导体企业将面临内外部的激烈竞争。国际半导体企业急速扩张，力图迅速抢占市场，全球供应链格局正逐步成型，国际龙头企业卡位战即将结束。而国内企业技术和产业化水平依然落后，产线平台刚刚搭建，核心器件尚未进入汽车、手机等龙头企业供应链，整体国产化率偏低。要改变这样的局面，国内企业需要加倍努力，在技术创新、人才培养、产品可靠性和产能提

升、标准制定以及应用拓展等方面协同发力，共同打造良好的产业生态，促进产业良好、快速发展。

在当前战略机遇和风险挑战并存、不确定因素增多的情况下，我国第三代半导体产业需抓住市场爆发及国产化替代的机遇，利用好我国超大规模市场优势，继续突破材料和器件关键技术、完善标准体系、推动国产替代应用、强化人才培养和引进，构建要素齐全、创新活跃、开放协同的产业生态；不断优化资源配置，切实提升产业链供应链韧性和安全水平，全面提升产业体系现代化水平，逐步培育出龙头企业和创新型集群，引领行业高质量发展，支撑国家“双碳”战略实施。让我们把握机遇，砥砺前行，在新的赛道上实现跨越发展，共同打造自主可控的第三代半导体产业链。