



CASA

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

2024

第三代半导体产业发展报告

第三代半导体产业技术创新战略联盟

2025年4月

摘要

2024 年，全球半导体产业销售额实现 19% 的增长，达到 6280 亿美元。在新能源汽车、消费电子、人工智能、5G-A 等需求拉动下，国内第三代半导体产业保持高速增长态势。

市场方面，2024 年国内第三代半导体功率器件市场规模为 176 亿元，同比增长 14.8%。其中，新能源车用市场突破 120 亿元，消费电子市场突破 21 亿元，两者是市场主要驱动力量。2024 年国内氮化镓（GaN）射频器件市场规模为 108 亿元，同比增长 4.5%，其中，无线基础设施市场为 51 亿元，安防与航天市场为 50 亿元，无人机等新应用开始渗透。光电子 LED 器件市场 784 亿元，同比微增 0.2%。其中，通用照明应用平稳微降，车用 LED、Mini 背光、非视觉应用等实现较快增长。

供给方面，2024 年国内第三代半导体产业（衬底、外延、芯片器件、模块）功率电子产值 202 亿元，射频电子产值 45 亿元，光电子领域 LED 产值 1108 亿元。国内碳化硅（SiC）衬底产能快速扩张，同比增长 150% 左右，价格快速下滑。晶圆制造能力大幅提高，国产 SiC MOSFET 器件开始应用于新能源汽车主驱系统，SiC 模块实现大批量供应。GaN 功率电子产能利用率和产量快速提升，龙头企业出货量翻倍增长。射频电子产能基本保持平稳，国产化率进一步提升。光电子 LED 企业加大在新型显示及超越照明市场布局。龙头企业加大整合并购力度，供应链间合作更加广泛。

产业格局方面，SiC 材料龙头天岳先进、天科合达、瀚天天成、

东莞天域市场占有率进一步提高，进入全球第一梯队，以芯联集成为代表的一批国内 SiC 芯片制造企业产品批量供给能力显著提升。GaN 功率器件企业英诺赛科市场占有率成为全球第一。GaN 射频电子竞争格局保持基本稳定。光电子 LED 领域，大陆芯片企业营收占全球的近 60%，全球 LED 封装营收前十企业中，大陆企业占据四席。

技术方面，功率电子领域，国内 SiC 衬底 6 英寸规模化供货，8 英寸开始量产，12 英寸研发成功。沟槽型 SiC MOSFET 芯片工艺流程贯通。6 英寸 GaN 单晶衬底完成工艺开发，开始小批量生产，8 英寸蓝宝石基 GaN 单晶实现厚膜生长。GaN 功率器件耐压水平拓展至 1200V-10kV，双面散热、驱动集成封装产品持续推出。射频电子领域，GaN 射频异质集成技术成为热点，面向移动终端的 GaN 解决方案启动部署。光电子领域，Micro-LED 红光亮度提升，全彩化技术路线快速演进，紫外光源与探测、大功率激光器产业化能力提升。

总体来说，2024 年第三代半导体市场需求稳步增长，新能源汽车、消费电子、无线基础设施等仍是市场主要驱动力，人工智能、AR 眼镜、无人机、机器人等新应用也逐渐开启，大尺寸单晶生长取得突破，芯片和器件制造工艺等不断改进，规模化制造能力日益提升，装备国产化率大幅提高，龙头企业进入全球领先梯队。在全球市场复苏和国家“两新”、“两重”、“双碳”等政策助力下，第三代半导体产业将催生更多新增长点，预计 2025 年相关功率及射频电子产值增速有望达到 20%以上。

目 录

一、 形势与政策	1
(一) 半导体市场呈现高速增长态势	1
(二) 国际贸易摩擦影响供应链稳定	2
(三) 各国持续布局第三代半导体	3
二、 市场应用	4
(一) 功率电子	5
(二) 射频电子	14
(三) 光电子	18
三、 生产供给	18
(一) 功率电子	19
(二) 射频电子	28
(三) 光电子	30
四、 产业格局	33
(一) 功率电子	34
(二) 射频电子	38
(三) 光电子	39
五、 产品/技术进展	40
(一) 功率电子	40
(二) 射频电子	44
(三) 光电子	46
六、 其他	49
(一) 装备及原材料进展	50
(二) 超宽禁带半导体进展	52
(三) 标准进展	55
七、 2025 年展望	58
附件：2024 年第三代半导体产业大事记 (Top10)	62

一、形势与政策

2024年，全球半导体市场呈现出强劲增长态势。生成式人工智能需求、汽车行业增长、物联网设备扩展和5G+技术部署成为主要市场驱动。伴随地缘政治影响，经贸格局变革，全球半导体供应链格局加快重构。国内半导体行业国产替代加速，集成电路出口突破万亿大关。第三代半导体作为半导体领域的国际竞争焦点之一，在美欧日韩之外，更多经济体加快战略布局，抢占发展机遇。

（一）半导体市场呈现高速增长态势

全球半导体产业销售额同比增长19%。2024年全球消费电子市场回暖，人工智能技术落地进程提速，智能驾驶、人形机器人等领域不断创新。在上述需求带动下，电子元器件市场呈现增长态势。据SEMI数据显示，2024年全球半导体产业销售额同比增长19%，达到6280亿美元。2025年预计持续这一增长势头，并在2030年提前达成万亿美元的里程碑。

国内半导体产业持续快速增长。2024年，国内半导体产业在消费电子需求增长、生成式人工智能和智能汽车产业发展等多重因素推动下，自主创新能力与产业韧性显著增强。2024年中国集成电路出口额1595亿美元，同比增长17.4%，创历史新高。大基金三期成立，注册资本3440亿元，为产业发展提供强大资金支持。《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》政策发布，进一步利好半导体材料及零部件市场，助力产业持续拓展。

（二）国际贸易摩擦影响供应链稳定

美国“实体清单”波及第三代半导体装备与原材料。以美国为首的西方国家针对中国半导体产业持续出台多项限制措施，其中与第三代半导体直接相关是 2024 年 12 月美国商务部工业与安全局（BIS）针对中国半导体行业发布的“实体清单”中新增了 140 家单位，其中涉及多家第三代半导体装备零部件、原辅材料企业。短期内，该限制措施可能对第三代半导体上游装备、材料供应链的稳定性产生一定干扰，但长期来看，上游零部件及辅材的国产化替代进程或将加速。

美国、欧盟对中国的新能源汽车、光伏、半导体等产品上调关税。海外市场波动使国内行业价格竞争进一步加剧，并进一步延伸至上游供应链，导致功率器件、半导体材料行业不确定性增加。

图表 1、各国关税政策调整情况

国家 / 地区	关税调整时间	涉及产品	税率
美国	2024 年 5 月 14 日宣布，9 月 27 日起执行	新能源汽车	从 25%调整到 100%
		太阳能电池	从 25%调整到 50%
		锂电池、电池零件	从 0-7.5%调整到 25%
		半导体	从 25%调整到 50%
美国	2025 年 2 月宣布	所有进入美国消费或从仓库提取消费的原产于中国及中国香港商品	在现有基础上，加征 10%关税
	2025 年 3 月宣布		在现有基础上，加征 10%关税
欧盟	2024 年 10 月 29 日宣布	新能源汽车（EV）	比亚迪：7.0%
			吉利：18.8%
			上汽集团：35.3%
			其他合作公司：21.3%
			其他所有非合作公司：35.3%
			对特斯拉作为中国出口商实施单独关税税率，现阶段定为 7.8%

数据来源：CASA Research 整理

作为反制措施，中国对镓、锗、锑、超硬材料、石墨等相关两用物项实行出口管制，并将雷神等 28 家美国实体列入出口管控名单，产业上游部分原辅材料企业，如 GaN 材料、LED 外延、高纯镓、石

墨件等企业出口受到一定影响。

（三）各国持续布局第三代半导体

欧美日韩等国持续加大支持力度，印度、西班牙、越南等国开始布局第三代半导体。美国通过“芯片和科学法案”支持第三代半导体企业在本土扩产，资助大学、企业合作研发产品技术；日、韩、欧盟、英国、西班牙等强化资助本地产业链、供应链建设。各国通过研发项目支持、产线建设补贴等政策，持续支持第三代半导体技术创新与产业化。印度、越南等国也加入第三代半导体赛道，吸引相关项目落地建设。

图表 2、各经济体资助的第三代半导体公开项目情况

国家地区	项目主体	承担单位	资助金额	项目简介
美国	美国政府	Microchip 等	1.62 亿美元	《芯片和科学法案》资助 Microchip 用于 SiC 芯片产能扩张及工厂建设等
	美国国家科学基金会 (NSF)	阿肯色大学电气工程与计算机科学系	30 万美元	氧化镓封装功率模块集成研究项目
	美国能源部 (DOE)	BAESystem 公司等	225 万美元 (封装奖)、1200 万美元 (THREADS 项目)	“美国制造 SiC 封装奖”项目及“THREADS”项目
日本	日本经济产业省	ROHM 子公司 LAPIS 半导体	最高 1294 亿日元 (约合人民币 63.91 亿元)	ROHM 子公司 LAPIS 半导体的 SiC 项目—官崎第二工厂
		Toshiba D&S		Toshiba D&S (器件与存储) 新建的硅基半导体项目
	日本新能源和工业技术开发组织 (NEDO)	日本中央玻璃股份有限公司 (Central Glass)	未提及	高质量 8 英寸 SiC 单晶/晶片制造技术开发项目
韩国	韩国政府	—	135 亿韩元 (约合 7236 万人民币)	化合物半导体研发支持项目
	韩国釜山市政府	—	400 亿韩元 (约合人民币 2.2 亿)	釜山 8 英寸 SiC/GaN 功率半导体生产设施建设项目
	韩国产业技	SKSiltron、AboveSemicondu	1385 亿韩元 (约 7.23 亿)	化合物功率半导体先

	术规划和评估研究院 (KITIE)	ctor、DB Hi - Tech、韩国半导体研究协会等	人民币)	进技术开发项目
欧盟	欧盟委员会	美尔森公司	超过 1200 万欧元	微电子和通信技术欧洲共同利益重要项目 (IPCEI ME/CT) 相关项目
	欧盟	法雷奥法国公司等	2300 万欧元 (资助金额), 总预算 9600 万欧元	FastLane 半导体项目
英国	英国政府	EMPELSystems 等	7150 万英镑 (政府和行业联合投资), EMPELSystems 项目获 373 万英镑拨款	汽车研发项目
	英国政府、英国创新机构 (Innovate UK) 等	—	13 亿欧元 (地平线欧洲合作研究资金)、500 万英镑 (初始资金)、3000 万英镑 (后续研究资金)	半导体技术研究项目
	英国工程与物理科学研究委员会 (EPSRC)	卡迪夫大学等	1100 万美元	节能光电子产品研发项目
	英国政府	英国半导体研究所	10 亿英镑	英国半导体研究所支持项目
西班牙	西班牙政府	Hiperbaric、Nanoker、Fagor Electrónica 等	约 200 万欧元 (约 1565 万人民币, 占投资资金 68%)	DioSiC 联盟项目
印度	印度政府	Zoho、SiCSem 等	152 亿美元 (预算)	印度半导体工厂建设相关项目
越南	越南同奈工业园区	Coherent	约 9.2 亿美元	同奈工业园 SiC 项目

数据来源: CASA Research 整理

二、市场应用

在新能源汽车、消费电子等需求拉动下, 2024 我国第三代半导体功率电子市场总规模 176 亿元, 较 2023 年增长 14.8%; GaN 射频电子市场规模 108 亿元, 较上年微增 4.5%; LED 器件市场规模为 784 亿元, 基本与去年持平。

（一）功率电子

1、总体市场规模

在新能源汽车、消费电子等应用带动下，2024年，我国第三代半导体功率电子市场规模约176亿元，较上年增长14.8%。综合不同来源数据，2024年我国SiC、GaN功率电子器件的渗透率约14%。预计到2029年，国内SiC、GaN功率电子应用市场规模将超过460亿元，年均复合增长率约21%。

图表 3、2019-2029年我国第三代半导体功率电子应用市场规模（亿元）¹



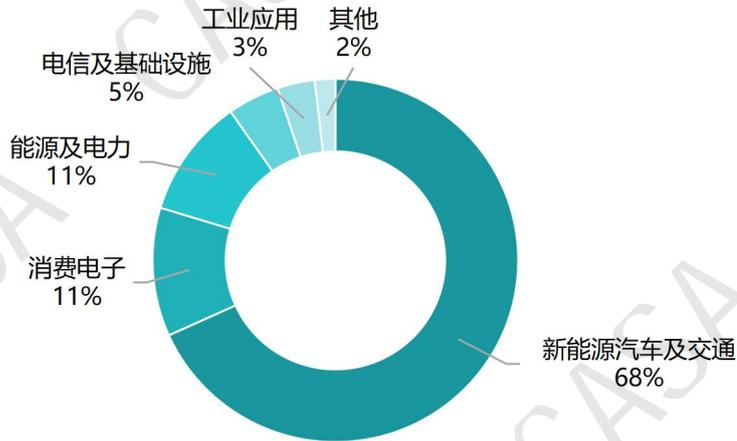
数据来源：CASA Research

前四大应用市场为新能源汽车及交通、消费电子、能源及电力、电信及基础设施，分别占整体市场的68%、11%、11%、5%。此外，一些新的领域值得关注，如人形机器人，由于关节所需的低压高速电

¹ 在2023年基础上，2024年功率电子市场的应用领域合并整理成新能源汽车及交通、消费电子、能源及电力、电信及基础设施、工业应用及其他共6个细分领域。1) 新能源汽车及交通涵盖：新能源汽车、充电基础设施、轨道交通及其他交通工具应用；2) 消费电子主要涵盖：手机、平板电脑、个人PC、家电、充电工具等；3) 能源及电力涵盖：光伏、储能、PFC、风电、电网等；4) 电信及基础设施涵盖：数据中心、其他服务器、基站等；5) 工业应用涵盖：UPS、工业电机；6) 其他涵盖：医疗、航天航空、船舶、科研等。

机驱动频率高，GaN 功率电子应用被看好。Texas Instruments、EPC 等已有相关产品推出，机器人企业也已开始应用。

图表 4、2024 年我国 SiC、GaN 功率电子应用市场结构



数据来源：CASA Research

2、重点应用领域

(1) 新能源汽车领域 SiC 功率市场近 120 亿元

据 CASA Research 数据，2024 年我国第三代半导体功率电子在新能源汽车（含充电桩）领域的市场规模约 120 亿元，增速 19.2%，折算成 6 英寸 SiC 晶圆需求量约 50 万片。预计 2029 年车用 SiC 功率市场将增长至 300 亿元，未来五年年均复合增长率约 20%。

SiC 在新能源汽车的渗透率持续提升。根据中国汽车工业协会数据，2024 年我国新能源汽车产销量分别达 1288.8 万辆和 1286.6 万辆，同比分别增长 34.4%和 35.5%。据 CASA Research 统计，2024 年大陆市场搭载 SiC 模块的乘用车销量渗透率近 15%，且几乎所有车企的在开发车型中均列入 SiC 电机控制器项目。

从车型来看，纯电乘用车方面，800V 平台与 SiC 技术的结合加速普及，400V 平台对 SiC 的采用率提高，混合动力汽车开始导入 SiC

功率电子。15 万左右的车型已开始在主驱搭载 SiC 产品。商用车方面，电动巴士、电动旅游车都开始采用 SiC 功率电子，重卡、轻卡及牵引、装卸车等开始引入 SiC 电机控制器。

图表 5、部分搭载 SiC 功率电子的 400V 新能源汽车

项目	广汽埃安 AION RT	吉利银河 E8	小米 SU7	红旗 EH7
电压平台	400V	400V 和 800V (部分车型为 400V)	400V	400V
动力系统	520 智享版、520 激光雷达版搭载的单电机最大功率为 150 千瓦；650 智豪版、650 激光雷达版搭载的 SiC 电机最大功率为 165 千瓦	单电机版功率 200kW；双电机版功率 475kW	单电机后驱，电驱供应商为联合电子，搭载 BOSCH 的 SiC 芯片	单电机后置后驱 / 双电机四驱，单电机最大功率 253kW，双电机最大功率 455kW
电池及续航	520 智享版、520 激光雷达版匹配的弹匣电池容量为 55.1 千瓦时，纯电续航里程为 520 公里；650 智豪版、650 激光雷达版匹配的弹匣电池容量为 68.1 千瓦时，纯电续航里程为 650 公里	单电机版 CLTC 纯电续航提供 550km、665km 两种；双电机版 CLTC 纯电续航 620km	CLTC 工况下标配起步续航为 700 公里	换电版续航为 600km，长续航快充版的续航里程为 800km
价格区间	11.98 万-16.98 万元	17.58 万-22.88 万元	21.59 万-29.99 万元	22.98 万-30.98 万元

数据来源：新出行，盖世汽车网，CASA Research 整理

图表 6、部分商用新能源汽车采用 SiC 功率电子的情况

品牌	车型	车的种类	SiC 技术应用情况
宇通客车	宇通 C8E 跨界版	电动巴士	搭载睿控 E 平台，应用多合一 SiC 控制器、集成式电驱桥 E 驱技术。SiC 多合一控制器由宇通和苏州汇川联合开发，基于先进 SiC 模组等设计，最高效率≥99.5%，实现 200kWh 电量 350km 以上续航，能耗较同类降低 25%
	电动客车 U18	电动客车	基于搭载 SiC 技术的 yea 睿控 E 平台打造，适用于多种电量电池，支持不同充电方式，载容量可达 120 人
	迷你巴士 E7S	迷你巴士	基于 yea 睿控 E 平台，适合欧洲狭窄街道，车身小但轴距长，转弯半径 < 8.5m，灵活适应城市路况
	豪华旅游车 Ti5e	豪华旅游车	基于 yea 睿控 E 平台，电池容量 630kWh，单次充电行驶里程可达 550km，采用高强度材料减轻重量，能耗 0.7kWh/km
比亚迪	比亚迪 eBus B12	电动巴士	采用刀片式磷酸铁锂电池和新型六合一控制器（基于 SiC 技术），以及两个轮毂发夹电机
	比亚迪 B10	电动巴士	采用 900VSiC 六合一电控系统，可将电控重量降低 22%，提升了效率，基于此平台打造的 B10 整车能耗降低 15%，操稳性能提升 20%，标配独立悬架，转弯半径减小 8%
	BD11 型 双层电动客车	双层电动客车	使用带 SiC 芯片的“6 合 1”电控系统，集成了 2 组轮毂电机电控单元、1 组转向电机电控单元、1 组空气压缩机电控单元，以及 DC-DC 和 PTC，提高效率（99%）降低自重（15%）
福田汽车	欧曼重卡	重卡	电驱动桥模块采用了 SiC 模块
	49t 氢燃料电池重卡	氢燃料电池重卡	搭载了精进电动的 SiC 控制器
江铃	乐行 E 路达	纯电轻卡	采用全球首发 SiC 多合一控制器技术，可减小功率损耗，最高效率达 99.5%，能耗优化 2%；控制器集成度高，具有轻量化优势，且散热好，能在更高温度环境下工作
庆铃	EVM600	纯电轻卡	采用全球首发双级减速器+扁线电机+SiC 控制器的高效电驱动桥。SiCSiC 控制器具有高效、高耐压、高开关频率、低损耗的特点，可有效提升车辆实际续航里程，实现更好的制动能量回收效率

	覆盖 2.5-49T 车型	牵引车、载货、自卸等	采用高速油冷扁线电机 SiC 控制器，系统传动效率提升 10%以上
东风	基于 T1 平台的车型	牵引、载货、自卸、专用车等	采用 800VSiC 高效率集成式电驱桥和中央电驱动，能提高充电速度，提升整车的效率和性能，降低能耗，增加续航里程
江淮	格尔发星耀 X5 新能源牵引车	新能源牵引车	采用高效率扁线电机、集成式热管理和 SiC 控制器，减少了能耗损失，整车能耗相比“油改电”车型降低 30%，最低能耗可达百公里 1.2 度电左右
	江淮 1 卡星链 1 号	轻卡	应用 SiC 功率器件，使国六 b 车型与同级车型相比百公里平均油耗低 0.9L 以上
速豹	黑金刚	电动卡车	采用行业首个准 900VSiC 平台，最高电压达到 876V，实现了更快的充电速度，在速豹超级充电桩及特来电 1000V 通用充电桩上只需 36 分钟，节省约 40%的充电时间，持续功率达 540 马力，峰值功率可达 1175 马力
波兰 Solaris	Urbino 电动巴士	电动巴士	12 米长的车辆（13 辆）和铰接式车辆（7 辆）的推进系统采用 SiC 技术，12 米长单元总容量接近 300 千瓦时，铰接式车辆总容量超过 400 千瓦时
加拿大 Nova Bus	LFSe+ 全电动巴士	电动巴士	采用 SiC 电驱，搭载高达 564kWh 车载能源，一次充电运行 340-470 公里，集成 BAESystems 电力驱动电机和下一代功率电子设备，利用 SiC 改善热管理，电驱系统更轻、功率密度更高
德国曼恩	eTGX 与 eTGS	电动重卡	暂未明确是否在其电动重卡 eTGX 与 eTGS 上采用 SiC 技术，但精进电动已将 SiC 供货给德国曼恩，未来可能有采用 SiC 技术的车型
瑞典斯堪尼亚	/	未明确具体车型	暂未明确具体采用 SiC 技术的车型，但精进电动已将 SiC 供货给斯堪尼亚，后续可能会有相关应用

数据来源：新出行，盖世汽车网，CASA Research 整理

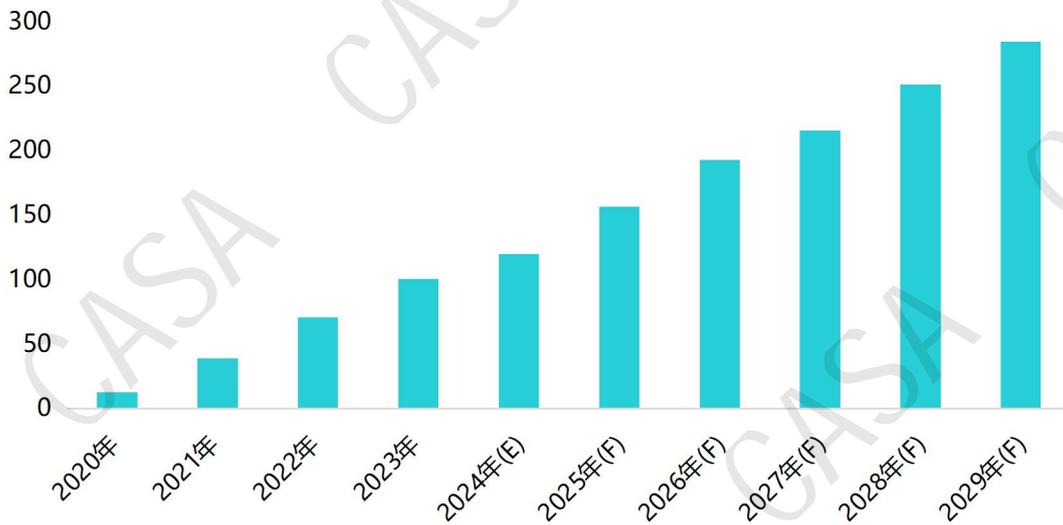
从应用场景来看，除电机控制器外，空调压缩机、辅助加热器（PTC）、预充继电器和保险丝等高压部件中开始采用 SiC MOSFET。如蔚来乐道 L60，蔚来 ET9、智己 L6、智界 S7、阿尔法 S5、腾势 N7 等车型在热泵空调、PTC 也开始搭载 SiC 产品。

充电基础设施方面，快充、超充系统建设提速，SiC 在大功率直流充电桩中的渗透加速。根据充电联盟数据，2024 年新增直流公共桩 43.9 万台，SiC 功率电子在大功率直流充电桩中渗透率约 26%。“SiC+高压”组合成为新能源车企和充电桩桩企的布局热点。比亚迪推出兆瓦闪充技术，充电峰值功率可达 1000kW，5 分钟充电补充 407 公里续航；小鹏和理想均推出 5C 超充技术，充电峰值功率超过 500kW；华为推出液冷超充架构，超充终端充电功率最大可达 600kW。

2024 年国产 SiC 功率器件在新能源汽车主驱系统的应用取得了

突破进展。已有多家国产 SiC 企业的产品已经或即将在新能源汽车主驱逆变器上的搭载，实现了从测试验证到实际上车的跨越。

图表 7、新能源汽车领域（含充电基础设施）第三代半导体功率电子市场规模（亿元）



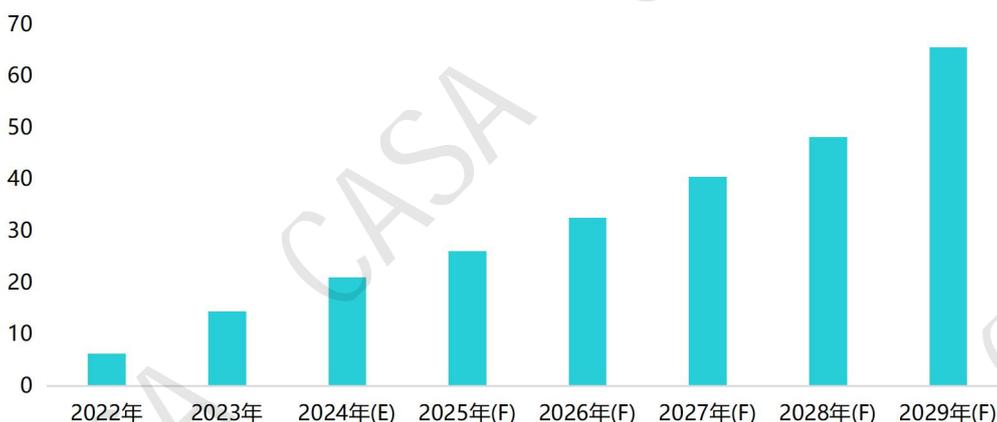
数据来源：CASA Research

(2) GaN 在消费电子应用领域持续拓宽

据 CASA Research 估算，2024 年国内消费电子领域 GaN 功率电子市场规模约 21 亿元，同比增长 42%，折合 6 英寸 GaN 晶圆需求量约为 30 万片，预计 2029 年将增长到 66 亿元，年均复合增长率约 24%。其中，GaN 功率器件在手机快充市场的渗透率已经超过 35%，在平板、笔记本电源适配器市场的渗透率约 10%。

GaN 功率器件在消费电子领域的应用正在从传统充电器、适配器市场，拓展至手机、笔记本、电视、空调、音讯系统、厨房电器等细分市场，并在新能源汽车激光雷达电源、AI 及数据中心服务器电源等新兴领域取得进展。

图表 8、2022-2029 年 GaN 消费类功率电子应用市场规模（亿元）



数据来源：CASA Research

手机快充市场：手机快充功率从 65W 向 100W 及以上提升，加速了 GaN 功率电子的应用。据 CASA Research 估算，2024 年国内手机快充应用中，GaN 功率器件市场约为 20 亿元，预计 2029 年将达到 58 亿元，年均复合增长率约 23.7%。

平板及笔记本电源适配器市场：GaN 功率器件在平板及笔记本电源适配器市场主要用于轻薄商用本和高端游戏本。CASA Research 估算，2024 年国内该市场超 1000 万元，未来 5 年年均复合增长率约 27.2%。

图表 9、部分笔记本原装电源适配器中采用 GaN 功率电子的情况

品牌	产品名称	功率 (W)	适配设备	特点
联想	小新 14Pro、Tinkbook14+ 等 2024 年新型笔记本原装适配器电源 ADL100UDGC3A	100	小新 14Pro、Tinkbook14+ 等 2024 年新型笔记本	采用镓未来集成型 Cascode 技术 GaN 功率器件，设三脚国标插脚，支持 100-240Vac 宽电压输入、20V5APD 快充及 5-21V3APPS 快充
	拯救者 R9000、Y9000、Y9000P2023 款笔记本原装 330WGaN 电源适配器	330	联想拯救者 R9000、Y9000、Y9000P2023 款笔记本	满足高性能游戏本高负载运行电力需求
	拯救者 C170WGaN 方口电源适配器 PD 快充	170	相应的拯救者系列笔记本	为笔记本提供快速充电支持
	拯救者 C140WGaN 适配器	140	相应的拯救者系列笔记本	适配对应拯救者笔记本实现快充功能
	拯救者 c135WGaN 充电器	135	相应的拯救者系列笔记本	提供稳定电源支持，助力笔记本运行
	thinkplusNanoGaN65W 笔记本口红电源适配器 type-c 快充 PD 充电头	65	多种 ThinkPad 笔记本及其他支持 Type-C 接口的设备	外观类似口红，小巧便携，支持 type-c 接口 PD 快充

	thinkplus 原装口红电源 GaNGaNtype-c100W 适配器	100	多种 ThinkPad 笔记本及其他支持 Type-C 接口的设备	高功率，适配多设备，便于携带，支持 type-c 快充
联想	thinkplus GaN Pro GaN 原装 65W 双接口笔记本口红电源 快充 PD thinkpad USB-C/USB-A 折叠便携充电器	65	多种 ThinkPad 笔记本及其他支持 Type-C 接口的设备	双接口，折叠便携，支持 PD 快充，满足多设备同时充电需求
戴尔外星人	戴尔外星人笔记本 GaNx15、m15、X17 等型号原装 240W 或 330W GaN 国标充电器（如 Dell 戴尔原装 Alienware 外星人 GaNM15M17X15X17M18 240W、330W 适配器）	240、330	戴尔外星人笔记本 x15、m15、X17 等型号	为高性能游戏本提供稳定高效电源支持，确保游戏流畅运行
LG	LG Gram 系列超薄笔记本原装电源	65	LG Gram 系列超薄笔记本	采用纳微的 GaNFast 功率 ICNV6125 作为主开关管，输出支持 20V3.25A，通体白色，自带 1.5 米长输出线缆，外壳磨砂处理，外观简约美观
华为	华为 66w GaN 超级快充原装正品充电器	66	华为荣耀手机、平板以及部分支持 65W PD 充电的笔记本	饼干超薄设计，便于商旅出行携带，通用性强，满足多种设备充电需求
苹果	MacBook Pro 16 英寸原装 140W GaN 充电器 A2452	140	16 英寸 MacBook Pro	苹果首款 GaN 充电器，采用 GaN 技术，体积更小、重量更轻、效率更高，支持 USB-C Power Delivery 3.1 标准

数据来源：CASA Research 整理

电动工具及小家电市场：GaN 功率器件还应用于充电钻、电锯、打磨机等电动工具电源，电视、冰箱电源，以及变频空调、洗衣机等家电电机驱动市场，由于上述市场的价格敏感度高，GaN 功率器件目前渗透率较低但正在拓展。

图表 10、部分电动工具电源情况

功率范围	品牌影响	功能特性	价格区间（元）
30W-60W	可能为低端品牌或新进入市场品牌	充电效率提高，可能有基本保护功能，体积较小	80-150
60W-100W	中等知名品牌或部分新兴品牌	具备较好充电稳定性和较完善保护功能，支持多种电池充电规格	150-300
100W 以上（可至 200W-300W+）	知名高端品牌	高功率快速充电，智能充电算法，多方位保护功能，可能有远程控制功能	300 以上（可至 500-1000+）

数据来源：CASA Research 整理

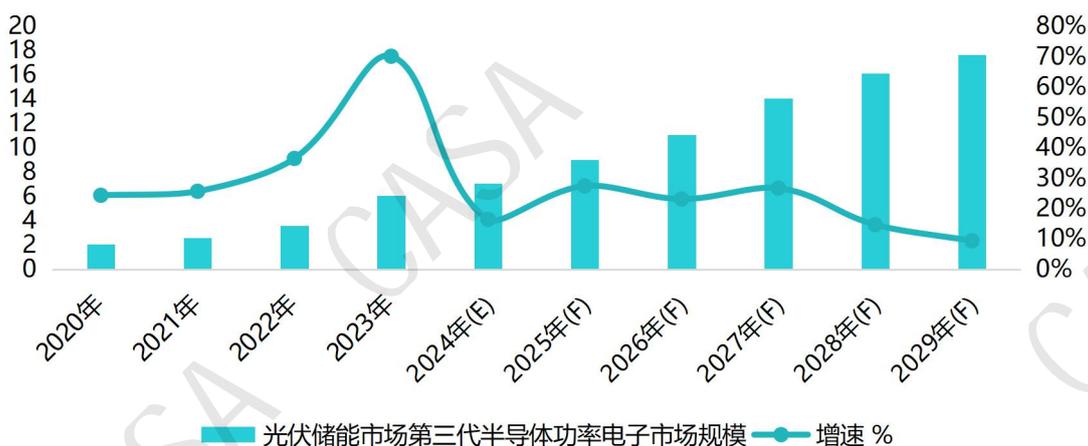
(3) 能源与电力领域中光伏与储能市场近 7 亿元

能源与电力领域的应用目前主要是光伏和储能。2024 年 SiC 功率电子在光伏和储能领域的市场规模近 7 亿元,其中光伏领域 5 亿元,储能领域 1.9 亿元。预计到 2029 年渗透率约 17%,整体市场规模达到 18 亿,未来五年年均复合增长率约 20%。

SiC 功率器件在光伏领域市场规模较去年微增 7.34%。根据国家能源局数据,2024 年我国国内光伏新增装机容量为 2.77 亿千瓦,创历史新高,同比增速分别为 28%。随着光伏装机容量的不断攀升,光伏逆变器领域持续迎来发展机遇,并带动 SiC 功率器件的需求不断增长。2024 年, SiC 功率器件在光伏领域的市场规模较去年微增 7.34%,接近 5 亿元。

SiC 功率器件在储能领域的市场增长 53.2%。据国家能源局数据,全国已建成投运新型储能项目累计装机规模达 73.76GW/168GWh,同比增长超过 130%,出口规模超 100GWh。SiC 功率器件目前主要应用于工商业储能变流器,应用场景从光储充一体化、微电网模式,到工业、产业园区大规模应用。2024 年, SiC 功率器件在上述市场的应用规模达到 1.9 亿元,同比增长 53.2%。此外,在大功率储能变流器、分布式能源微网、沙漠储能电站,以及空间受限项目,如船舶、轨道交通储能系统中, SiC 功率器件展现出巨大应用潜力。

图表 11、光伏及储能领域第三代半导体功率电子市场规模（亿元）



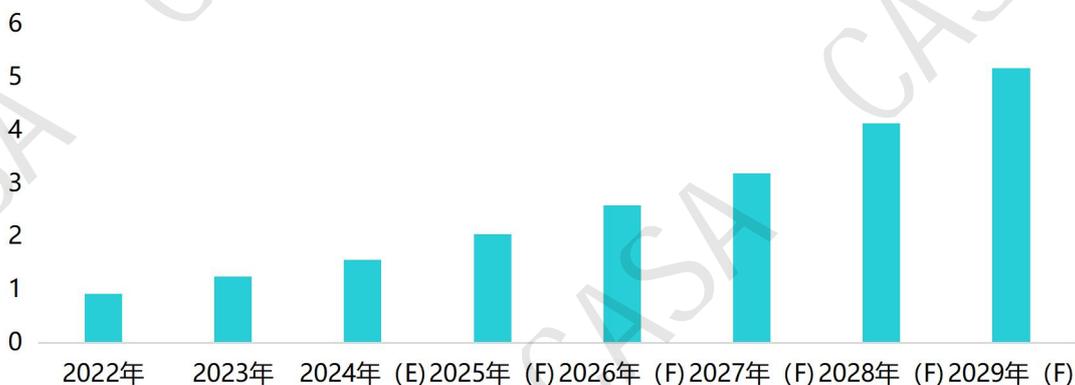
数据来源：CASA Research

(4) 数据中心有望成为 GaN 功率新增长点

根据 IDC 数据,2024 年中国数据中心服务器市场规模约为 2235.7 亿元,较上年增长 8.78%,带动服务器电源市场规模约为 78 亿元。2024 年该领域 GaN 功率器件市场规模约 1.6 亿元,同比增长 25%,预计到 2029 年将达到 5.2 亿元,未来五年年均复合增长率约 27%。

未来,随着数据中心绿色化、节能化需求不断提升,以及 AI 技术的蓬勃发展,算力需求呈爆发式增长态势,由此带动数据中心基础设施建设加快,有望为 GaN 功率器件带来广阔市场空间。

图表 12、数据中心服务器领域第三代半导体功率电子市场规模（亿元）



数据来源：CASA Research

（二）射频电子

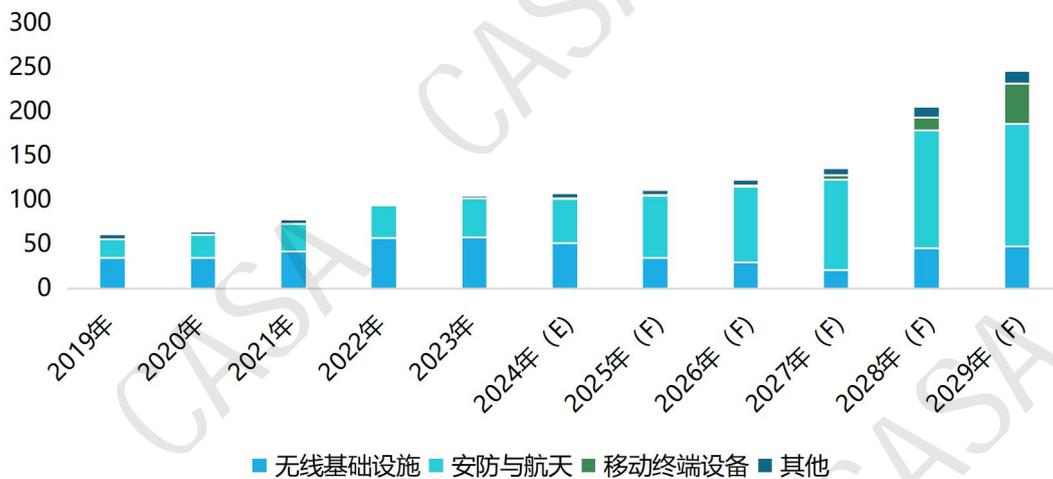
1、总体市场规模

2024 年国内 GaN 射频电子市场规模 108 亿元，同比增长 4.5%。

其中最大的应用领域仍然是无线基础设施，市场规模约 51 亿元，市场占比达 47.3%；安防与航天应用市场约 50 亿元，占比 46.8%；移动终端设备市场约 7.7 亿元，占比 5.9%。

未来，随着 5G-A 的发展，智能手机、AR/VR 眼镜、智能手表、智能耳机等多形态终端将更加普及，工业机器人、无人机等通讯模块的升级也为 GaN 射频电子带来更多机遇。预计到 2029 年，GaN 射频电子市场规模约 240 亿元。

图表 13、2019-2029 年我国 GaN 射频电子应用市场规模（亿元）



数据来源：CASA Research

2、重点应用领域

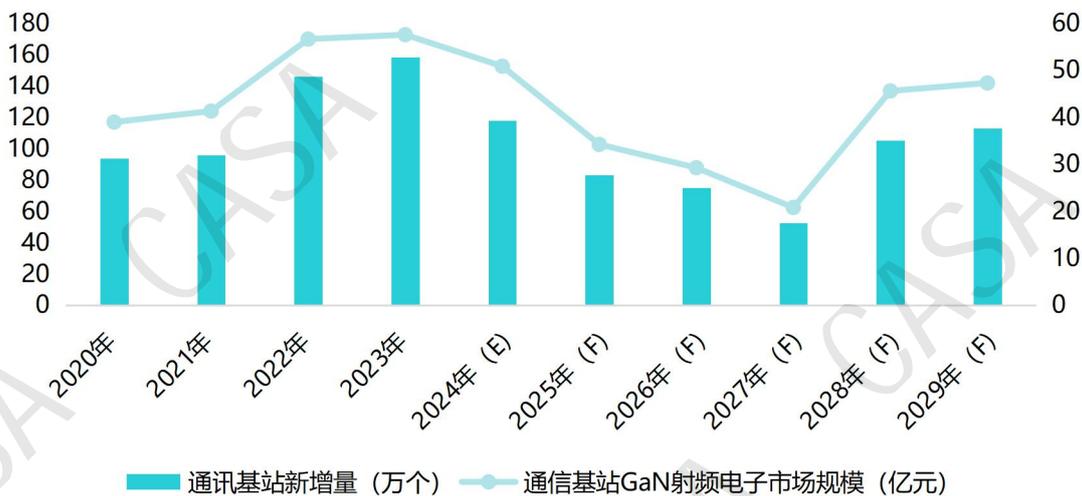
（1）无线基础设施市场规模 51 亿元

2024 年全球 5G 基站中，Sub-6GHz 仍占主导，但毫米波部署加速，覆盖城市热点区域。2024 年成为 5G-A 商用元年，R18 标准正式冻结，标志着 5G 技术进入全新发展阶段。5G-A 被视为拓展 5G 能力

边界、推动产业向 6G 演进的关键技术，具有承前启后的重要作用。毫米波和 6GHz 频段成为扩展无线网络带宽的新选择。Sub-6GHz 频段可以实现更远的传输距离，实现 5G 网络更广的覆盖，而毫米波频段则适合对于高上下行速率、低时延、海量连接场等特性要求较高的场景需求。我国预计 2025 年 6 月启动 6G 技术标准研究，2025-2027 年完成技术研究阶段，2029 年 3 月完成第一个版本的技术规范。当前阶段主要验证单站单点技术性能，2027 年开展系统组网试验，6G 的商业化时间表预计将在 2029 年以后。

根据工信部数据，2024 年我国 5G 基站净增 87.4 万个，较上年增量 106.5 万个有所下降。据此测算，GaN 射频电子在该领域的市场规模约 51 亿元，较上年下降 11.7%，5G-A 的建设缓和了市场下降幅度。

图表 14、2020 年至 2029 年通信基站用 GaN 射频电子市场规模



数据来源：CASA Research

5G-A 技术的规模部署给 GaN 射频带来增量市场。除了实现更高传输速率和更低时延之外，5G-A 在 5G 基站上将增加通感一体等模

块，为自动驾驶车辆提供路况信息，为无人机提供飞行指导，从而带来更多的 GaN 功率放大器用量。

(2) 安防与航天应用市场约 50 亿元

2024 年 GaN 射频电子在安防与航天领域的市场规模约 50 亿元，其中，国防军工是主要应用，卫星通信和商业航天也取得突破。

2024 年，中国卫星通信和商业航天领域取得了显著进展。在商业航天领域，2024 年中国航天全年发射运载火箭 68 次，其中民营火箭公司发射 12 次，占比 18%。2024 年中国全年累计入轨各类航天器共计 257 颗，其中商业卫星 201 颗，占比 78.2%。

GaN 射频芯片已应用于低轨商业卫星的通信模块、卫星射频前端器件、商业航天器的通信与导航。2024 年我国首次将商业航天写入政府工作报告，标志着商业航天进入快速发展期，未来 GaN 射频器件在该领域将拥有更大的市场空间。

(3) 低空经济等将成为 GaN 射频应用新亮点

2024 年，应用于无人机通讯领域的 GaN 射频电子市场为 2.5 亿元，预计 2029 年该市场规模将增长到 19 亿元，年均增速高达 49%。GaN 射频器件在智能手机、智能手表、机器人等的射频前端模块中也有较大应用潜力。

图表 15、无人机领域各通讯技术应用情况

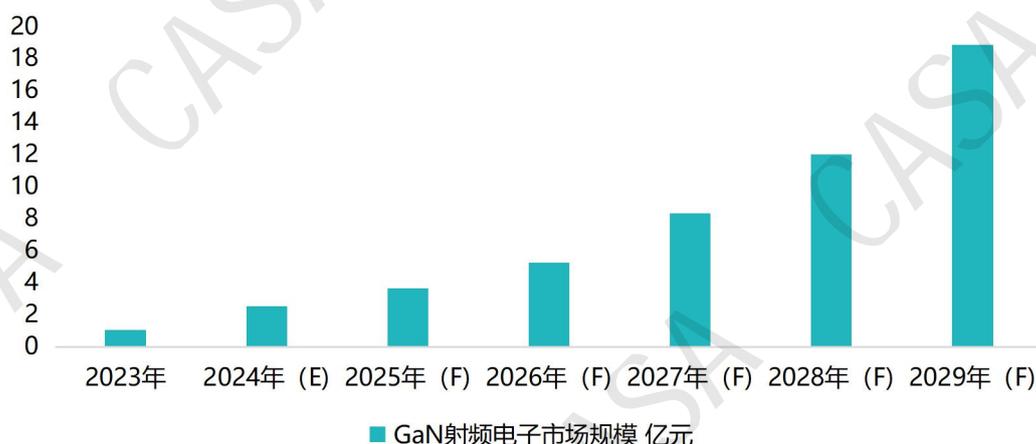
通讯模块类型	特点	应用场景	传输距离	传输速率	抗干扰能力	功耗	安全性
Wi-Fi 模块	2.4GHz 或 5GHz 频段，传输速率较高，成本低、易集成	消费级无人机短距图像与控制指令传输（航拍、娱乐）	几十米 - 几百米	高（满足高清及大数据传输）	较弱（可改进）	较高	采用 AES、SSL/TLS 等加密
蓝牙模块	2.4GHz 频段，短距（约 10 米），功耗低、成本低、连	小型无人机近距控制与数据传输（室内、	约 10 米	低	较弱（可改进）	低	采用 AES、SSL/TLS 等加密

	接方便	玩具无人机)					
4G/5G 模块	依托 4G/5G 网络, 覆盖广、速率高、稳定性强	工业级无人机、远程监控 (物流、电力、农业)	远程 (依网络)	高 (满足高清及大数据传输)	较强	较高 (需大电池或外电)	采用 AES、SSL/TLS 等加密
数传电台模块	特定频段, 传输距离远 (数公里-数十公里), 抗干扰强	专业级无人机组长距数据与控制 (测绘、地质、军事)	数公里-数十公里	适中	强	相对较低 (适合电池)	采用 AES、SSL/TLS 等加密
卫星通信模块	卫星链路, 全球覆盖, 成本高	海洋监测、极地考察、军事作战	全球	受卫星带宽限制	强	高 (成本与功耗)	采用 AES、SSL/TLS 等加密

数据来源: CASA Research 整理

民用无人机市场带动 GaN 射频应用。在通讯模块方面, 4G/5G 是无人机的主要通讯技术之一。《民用无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》鼓励无人机与通信网络融合应用, 对通信网络的高带宽和低时延提出了更为苛刻的要求, 将加速 5G-A 通感一体基站的建设, 促进 GaN 射频电子市场发展。无线能量传输方面, GaN 射频还为无人机的动态无线充电提供了新的可能性。基于 GaN 射频的动态远距微波无线传能系统能够支持多个终端设备在移动过程中进行高效的非接触式无线充电, 例如运动中的无人机、智能机器人等。

图表 16、我国无人机领域 GaN 射频电子市场规模预测

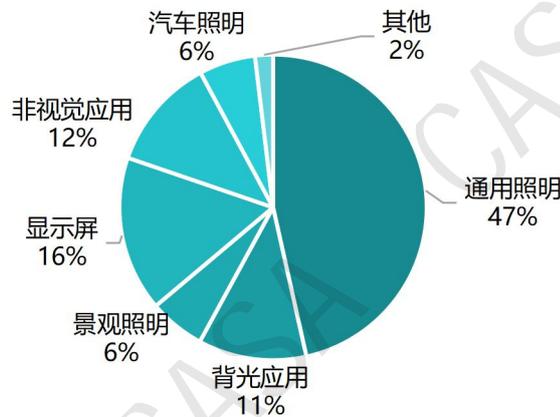


数据来源: CASA Research 整理

（三）光电子

第三代半导体光电子市场主要为 LED 应用。2024 年，由于国内外市场需求疲软，LED 下游应用环节复苏不及预期，中国大陆 LED 器件市场规模约 784 亿元，同比微增 0.2%。通用照明平稳微降，细分领域如车用 LED、Mini 背光领域、非视觉应用等展现出较强的增长潜力。

图表 17、2024 年我国半导体照明应用领域分布



数据来源：CSA Research

三、生产供给

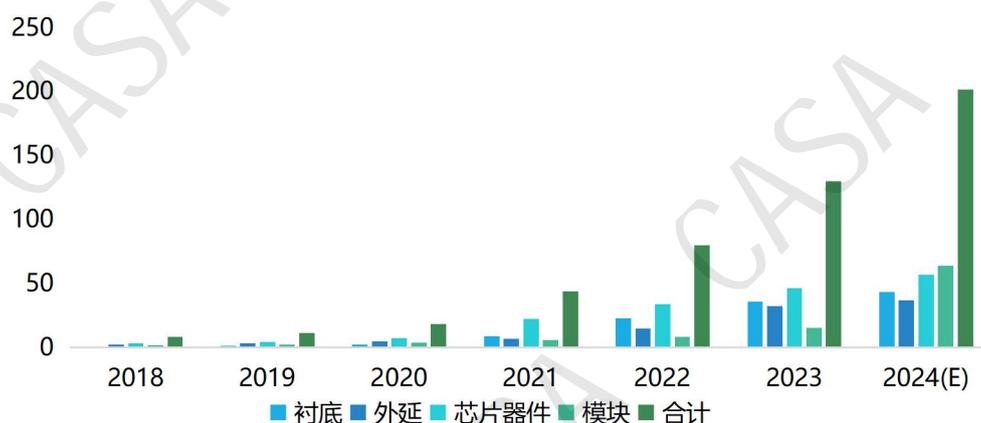
2024 年国内第三代半导体产业（衬底、外延、芯片器件、模块）功率电子产值 202 亿元，射频电子产值 45 亿元，光电子领域 LED 产值 1108 亿元。功率电子方面，SiC 衬底和芯片产能快速释放，8 英寸衬底产业化速度加快，衬底性价比进一步提升，市场渗透加速，SiC MOSFET 芯片供货能力显著提升，国产 SiC 模块批量上车。功率 GaN 产能保持平稳，产量快速提升，龙头企业竞争力国际领先。射频电子方向，产能相对稳定，企业稳步发展。光电子 LED 方向，产业规模微降，各环节企业加快转型升级。

（一）功率电子

1、总体产值

2024 年，第三代半导体产业整体保持向上增长态势，国内 SiC 与 GaN 功率电子总产值达 202 亿元²，同比增长 55%。其中，衬底约 44 亿元，外延约 37 亿元，芯片器件约 57 亿元，模块约 64 亿元。

图表 18、我国 SiC、GaN 功率电子产值规模（亿元）



资料来源：CASA Research

（1）SiC 全链条实现国产化替代

从产能来看，按已通线的产能计算，折合 6 英寸，2024 年衬底产能 350 万片，同比增长 170%，其中 n 型 335 万片；外延 215 万片，同比增长 75%；晶圆 188 万片，同比增长 143%。

从实际产量来看，折合成 6 英寸，2024 年 SiC 衬底产量 120 万片，同比增长 60%，其中 n 型 110 万片；外延产量 65 万片，同比增长 7.5%；晶圆产量 45 万片，同比增长 29%。

² 2024 年，第三代半导体功率电子产值的统计口径进行修正，在此前基础上，不再计入装置产值。

图表 19、2024 年国内 SiC 产业各环节产能及产量（万片，折六英寸）



资料来源：CASA Research

国际上材料芯片全面转向 8 英寸，国内出货以 6 英寸为主，正在加快 8 英寸产线升级。从出货量来看，2024 年国内 8 英寸衬底产量占比还较小，预计未来两年将提升到 10% 以上；从已通线产能来看，8 英寸衬底产能占比已超过 26%。

随着产能释放的加快，国内 6 英寸 SiC 衬底价格持续下降，促使终端应用市场渗透加速。2024 年第二季度，6 英寸 SiC 衬底价格跌破 4000 元，第四季度进一步降至 2500-3000 元。价格方面呈现几个特点：一是车规级 SiC 产品价格高、价格波动小，供应相对稳定。二是衬底快速降价，进一步缩小了 SiC 与 Si 器件的价差，有利于提升 SiC 的市场渗透率。

SiC 衬底企业积极开拓 AR 眼镜镜片等新兴应用市场。随着 AR 技术的不断发展，对高性能、轻薄镜片的需求日益增加，SiC 材料因其优异的光学和热学性能，逐渐成为 AR 眼镜镜片的理想选择。在开拓新能源汽车等市场外，国内企业开始积极研发和生产适用于 AR 眼镜的 SiC 镜片，部署新的应用方向。

2024 年国内 SiC 产业化能力迅速提升，其中材料环节进展最快，SiC 衬底已经具有很强的国际竞争力，中国企业占全球供给的三分之一，进入全球第一梯队。器件产业化水平取得突破性进展，国产 SiC MOSFET 首次在新能源汽车主驱控制器中获得应用。我国在 SiC 领域基本实现全链条国产化替代。

(2) GaN 功率器件出货量翻倍增长

产能方面，2024 年面向功率应用的 GaN 外延片，折合 6 英寸产能 66 万片，晶圆产能 53 万片，两者较与上年基本持平。

产量方面，随着应用领域的拓展，2024 年 GaN 功率龙头企业通过优化生产工艺、提升良率，单位晶圆芯片产出量提升 30%以上，实现了出货量翻倍增长。

价格方面，本年度 GaN 功率产品价格总体稳定。根据贸泽、得捷等数据，2024 年多种型号的 GaN 晶体管产品公开报价较 2023 年基本持平。

2、投融资与扩产

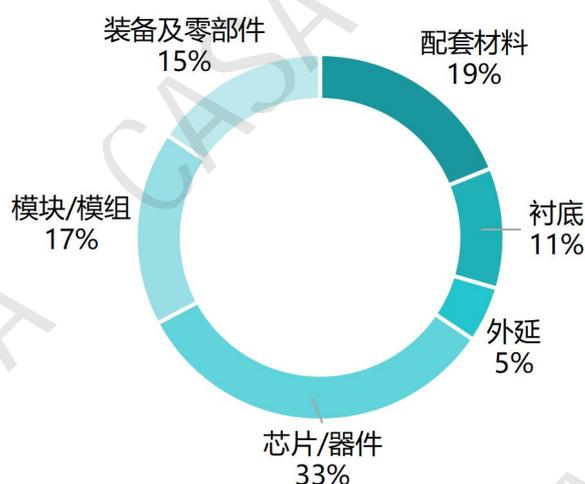
(1) SiC 进入建设投产高峰期，材料装备项目增加较多

SiC 新建项目数大幅增加，但大项目减少。据 CASA Research 不完全统计，2024 年 SiC 领域新增投资项目数 114 起，2023 年-2025 年 SiC 处于建设投产高峰期。

从环节来看，随着下游应用市场逐步开启，2024 年布局芯片器件和模块项目较多，两者合计占新增投资项目总量的 50%。上游衬底、外延环节主流企业已完成产能布局，新建项目减少。装备零部件与配

套材料项目增加较多，两者分别占项目总量的 15%和 19%。

图表 20、2024 年 SiC 拟投项目各环节占比



数据来源：CASA Research 整理

从项目规模来看，单个 SiC 项目规模较去年有所下降，大项目较少，其中值得关注的有士兰微子公司士兰集宏将在厦门新建 8 英寸 SiC 功率器件芯片制造生产线，一期二期总投资将达 120 亿元。

据 CASA Research 不完全统计，2024 年新投产项目达 22 起，其中披露产能的有 12 起，预计所有项目达产后，新增产能 277 万片；从环节来看，衬底 164 万片，其中投产项目有重庆三安、重投天科、烁科晶体、中晶芯源、合盛新材料等；外延 27 万片、芯片 86 万片。安意法半导体芯片项目 2025 年将建成并逐步投产。

图表 21、2024 年国内部分新拟建 SiC 功率电子扩产项目

序号	单位	产线情况	地区	环节	投入 (亿元)
1	新华锦	新华锦第三代半导体碳材料产业园项目 (石墨材料)	平度	配套材料	20
2	房芯科技	陶瓷基板项目	河南	配套材料	20
3	罡丰科技	年产 40 万片第三代半导体衬底外延建设项目 (一期)	上饶	衬底	45
4	宇海电子材料科技 (内蒙古)	年产能 70 万片 6-8 英寸 SiC 单晶衬底项目	内蒙古	衬底	35
5	浙江晶瑞电子材料	SiC 衬底晶片生产基地项目	宁夏	衬底	33.6

6	天科合达	天科合达半导体 SiC 生产基地二期项目	北京	衬底	20
7	安徽晶隆半导体	半导体外延材料产业化项目	滁州	外延	55
8	赛达半导体	SiC 外延项目	保定	外延	14.7
9	士兰集宏	8 英寸 SiC 功率器件芯片制造生产线项目（一期）	厦门	芯片/器件	70
10	士兰集宏	8 英寸 SiC 功率器件芯片制造生产线项目（二期）	厦门	芯片/器件	50
11	浙江芯晟半导体	6 英寸半导体特色工艺研发及产业化项目	嘉兴	芯片/器件	31.77
12	华瑞微半导体	8 英寸功率芯片项目二期	滁州	芯片/器件	30
13	浙江瀚薪芯昊半导体	SiC 器件及模块研发和封装项目	丽水	芯片/器件	12
14	大江半导体	功率器件封装模块制造项目	杭州	模块/模组	38
15	美林电子	功率半导体模块智能化生产线建设项目	淄博	模块/模组	10.5
16	锐盈芯	第三代半导体器件及模组设计项目	杭州	芯片/器件/模块/模组	50.18

数据来源：CASA Research 整理

（2）GaN 功率电子项目减少，投资热度降低

GaN 扩产投入稍有放缓。据 CASA Research 不完全统计，国内拟新建项目 8 起，其中 6 起披露投资金额，共计 46.1 亿元，项目数量与金额较 2023 年均有所下降。GaN 新投产项目产能建设满产后，预计将新增产能 44 万片；从环节来看，外延 24 万片，晶圆 20 万片。

图表 22、2024 年国内新拟建 GaN 功率电子扩产项目

序号	公司名称	产线情况	地区	产品	投入（亿元）
1	中博芯	AlGaIn 基紫外 LED 芯片和 Si 基 GaN 外延材料和器件新建项目	北京	外延	1.09
2	新微半导体	上海临港化合物半导体 4 英寸及 6 英寸量产线项目二期项目	上海	芯片/器件	30
3	中国电子科技集团、绿投集团国宇电子	GaN 功率芯片项目（一期）	扬州	芯片/器件	11
4	冠鼎半导体	第三代 GaN 功率半导体生产新建项目	江门	芯片/器件	1.055
5	芯睿半导体	芯睿半导体 GaN 晶圆厂项目	福州	芯片/器件	——
6	圆融光电	GaN 功率 HEMT 器件项目	马鞍山	芯片/器件	——
7	厦门新镓能半导体	GaN 功率芯片项目	无锡	芯片/器件	——

8	麻省光子技术(香港) (MassPhoton)	第三代半导体 GaN 外延工艺 全球研发中心	香港	外延	1.85
---	----------------------------	---------------------------	----	----	------

数据来源: CASA Research 整理

(3) 融资金额较去年缩减, 企业寻求港股上市

据 CASA Research 统计, 2024 年国内第三代半导体功率电子领域融资事件 71 起, 其中, 披露金额的融资项目有 42 起, 融资总金额约 110 亿元, 相较 2023 年融资总额有明显缩减。从融资规模来看, 前两年有多个 50-100 亿的融资项目, 而今年缺少大项目融资(仅有 4 个项目超 10 亿)。从融资环节来看, 材料装备环节占比最大, 达到 62%。

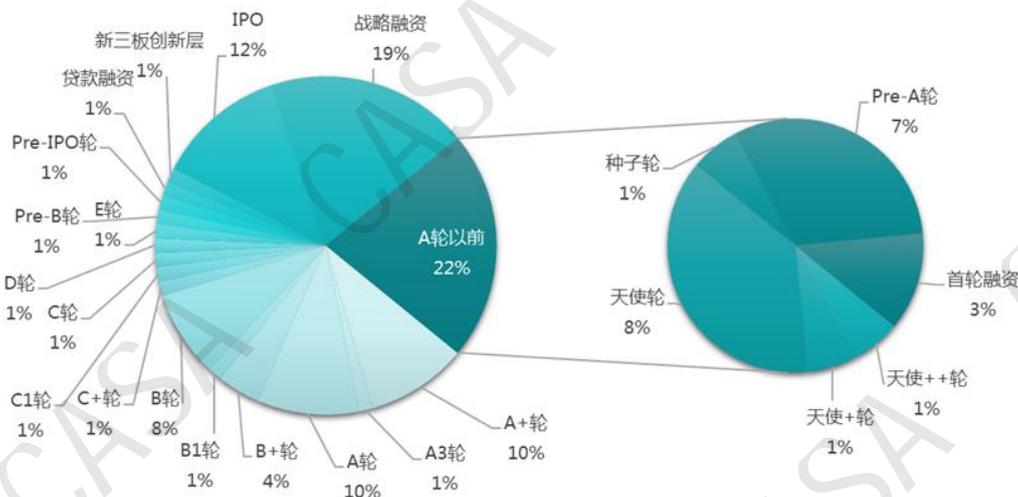
图表 23、2020-2024 年 SiC 功率电子融资项目数与金额



数据来源: CASA Research 整理

从融资阶段来看, 初创期的 Pre-A 轮及以前融资占比最大, 为 22%。公司 IPO 上市成功 2 起, 融资金额 31 亿元。由于内地上市难度增加, 部分企业转向港股上市, 英诺赛科成功上市 H 股后, 天域半导体、晶能微电子等拟在港股 IPO。

图表 24、2024 年第三代半导体功率电子企业融资分部情况



数据来源：CASA Research 整理

图表 25、2024 年国内以第三代功率电子为主营业务的公司 IPO 情况

环节	企业	IPO 进程	上市地点
衬底	博雅新材	上市辅导	A 股
	瀚天天成	撤回	A 股
外延	天域半导体	提交申请	H 股
	英诺赛科	已上市	H 股
芯片/器件/模块	芯长征微电子	上市辅导	A 股
	华太电子	上市辅导	A 股
	芯科半导体	拟上市	A 股
	晶能微电子	拟上市	H 股
	谱析光晶	拟上市	A 股

数据来源：CASA Research 整理

3、整并与合作

(1) 国际上整合并购活跃，集中度进一步提升

2024 年 Infineon 完成收购 GaN Systems，Renesas 完成收购 Transphorm；DENSO、ROHM、Toshiba 与 Fuji Electric 通过交叉持股、共建产线、互用现有产能等方式，避免重建设。另外，小企业谋求退出，资源进一步向头部集中，如 Power Integrations 收购 Odyssey。

相较国际龙头的频繁动作，国内产业尚未全面进入整并阶段，相关案例较少。

图表 26、2024 年功率电子主流厂商并购事件

序号	并购方	被并购方	材料	领域	环节	金额
1	Kymera	Fiven ASA	SiC	功率电子	材料	——
2	Renesas	Transphorm	GaN	功率电子	芯片/器件	约为 3.39 亿美元 (约合人民币 24.27 亿元)
4	Power Integrations	Odyssey	GaN	功率电子	芯片/器件	952 万美元 (约合 人民币 0.67 亿)
5	Vishay Intertechnology	Nexperia B.V. 英国晶圆厂	——	功率电子	芯片/器件	1.77 亿美元
6	Greenbridge	EpinovaTech AB	GaN	功率电子	芯片/器件	超过 50%的股份约 为 3.5 亿瑞典克朗 (约合人民币 2.32 亿)
7	Advanced Energy	Airity Technologies	GaN	功率电子	芯片/器件	——
8	GlobalFoundries	Tagore 的 GaN 知识产权组合	GaN	功率、微波 射频	芯片/器件	——
9	Artificial Electronics Intelligent Materials	Nisene Technology	SiC	功率电子	芯片/器件	——
10	DENSO	ROHM	SiC	功率电子	芯片/器件	部分股份
11	MinebeaMitsumi	Hitachi 功率半 导体	SiC	功率电子	芯片/器件	约为 400 亿日元 (约 18.46 亿人民 币)
13	Archean Chemical Industries Limited	Clas-SiC	SiC	功率电子	芯片/器件	21.33%的股份
14	PVA TePla AG	Scientific Visual	SiC	功率电子	装备	25%股份
15	Microtest	ipTEST	SiC/GaN	功率电子	装备	——

数据来源: CASA Research 整理

(2) 上下游合作拓展新应用

国内外企业加强供应链合作。2024 年,国内各大整车企业及 Tier1 厂商继续加强与头部功率电子供应商如 ST、Infineon、Wolfspeed、Onsemi、ROHM 等的合作。在国际大厂之外,国产 SiC 器件模块在 2024 年正式进入主流车企、消费电子大厂供应链,并开始批量供货。产学研上下游合作开发新应用。SiC 产业链重点关注在新能源汽车领域的合作, GaN 功率产业界则积极拓展电源驱动、机器人等新应用。

图表 27、2024 年部分第三代半导体供应链合作项目

企业 1	企业 2	环节	内容
ROHM	联合汽车电子	芯片/器件	签订 SiC 功率器件长期供应协议
芯联集成	比亚迪	芯片/器件	供应 SiC 芯片
	蔚来	模块	签署 SiC 模块产品的生产供货协议
Onsemi	理想汽车	芯片/器件	签署战略合作框架协议
		芯片/器件	续签长期供货协议
Infineon	羲和未来科技	芯片/器件	SiC 等功率半导体器件合作
	盛弘电气	芯片/器件	为盛弘电气提供的 1200V CoolSiC MOSFET 功率半导体器件
	麦田能源	模块	SiC 储能产品使用 Infineon 器件
阿基米德半导体	小米	模块	供应包括 SiC 模块在内的多款产品
		模块	SiC 先进半导体等相关业务的合作
ST	芯动半导体	芯片/器件	就 SiC 芯片业务展开合作
派恩杰	SKSignet	模块	供应 SiC 模块

数据来源：CASA Research 整理

图表 28、2024 年功率电子国内主流厂商技术合作情况

企业 1	企业 2	环节	材料	内容
中宜创芯	乾晶半导体	材料/衬底	SiC	SiC 材料合作
有研半导体	粤海金	材料/衬底	SiC	深化 SiC 业务合作
科友半导体	俄罗斯公司	材料/衬底	SiC	“八英寸 SiC 完美籽晶”的项目合作
南砂晶圆	中机新材	材料/衬底	SiC	签订了战略合作框架协议
苏州晶湛半导体	比利时 Incize	外延	GaN	就 GaN 外延的建模、仿真和测试展开战略合作
香港科技园公司 (HKSTP)	麻省光子技术 (香港)有限公司 (MassPhoton)	外延	GaN	设立第三代半导体 GaN 外延工艺全球研发中心
长光华芯半导体激光创新研究院	清纯半导体	芯片/器件	SiC	成立惟清半导体
芯塔电子	中科海奥	芯片/器件	SiC	就 SiC 技术达成战略合作
致瞻科技	ST	芯片/器件	SiC	就 SiC 空调压缩机达成合作
芯联动力	南瑞半导体	芯片/器件	SiC	在 SiC 芯片等产品的科技研发、供应链保障、市场拓展等方面合作
三安光电	维谛技术	芯片/器件	SiC	推动数据中心、通信网络和工商业等领域的创新发展
杰平方	珠海云充科技	芯片/器件	SiC	推动国产 SiC 功率器件在光储充领域的应用
吉利汽车	ST	芯片/器件	SiC	围绕 SiC 器件、智能汽车等领域达成合作
长飞先进	怀柔实验室	芯片/器件	SiC	加速 SiC 功率器件成果转化
钧联电子	BOSCH	芯片/器件	SiC	推动 SiC 功率芯片在新能源汽车电驱动系统等领域的应用
澜芯半导体	无锡华腾新能	芯片/器件	SiC	在商用车 DCDC、热泵控制器等领

				域的应用展开深度合作
悉智科技	大众汽车	器件/模块	SiC	开发 SiC 功率与电源产品
	清纯半导体	器件/模块	SiC	车载电驱功率模块&供电电源模块用 SiC 芯片定制开发战略合作
国内车企		器件/模块	SiC	获得车企研发定点,拿到供应商代码
金冠电气	豫科物理	器件/模块	SiC	合作共建新能源 SiC 应用中心项目
环旭电子	中科意创	器件/模块	SiC	汽车电力系统解决方案
芯聚能	泰克科技	器件/模块	SiC	共同研发 SiC 功率模块
汉源微电子	天津工业大学	器件/模块	SiC/GaN	成立功率半导体模块封装关键材料与工艺联合实验室
基本半导体	Heraeus	器件/模块	SiC	加强车规 SiC 模块封装合作
三安光电	虹安徽电子	器件/模块	SiC	加强 SiC 产能与技术合作
昕感科技	浪潮智能终端	器件/模块	SiC	签署战略合作协议
芯塔电子	杰华特	器件/模块	SiC	开发更高性能和高可靠性的车规级 SiC 功率模块
能华半导体	芯赛威	芯片/器件	GaN	电源驱动芯片和 GaN 器件技术合作
杭州东渐 GaN	海神机器人	芯片/器件	GaN	研发适用于海、陆、空机器人的新一代高性能芯片
京创先进	仙湖半导体	装备	SiC/GaN	联合研发 SiC&GaN 划片机
季华恒一	广西华南芯半导体	装备	SiC	SiC 装备制造合作
芯合半导体	深圳市东瑞焊接设备	装备	SiC	共同成立“SiC 焊机联合实验室”

数据来源: CASA Research 整理

(二) 射频电子

1、总体产值

2024 年,国内 GaN 射频电子总产值达到 45 亿元,较上年增长 8%。其中,衬底约 4.1 亿元,外延 3.5 亿元,芯片器件近 13 亿元,模块约 25 亿元。

国内 GaN 射频电子产能保持平稳。2024 年射频领域国内 GaN 外延产能达到 15 万片;芯片器件产能约 12 万片。

图表 29、2018-2024 年我国 GaN 射频电子产值规模（亿元）³



资料来源：CASA Research

2、投融资与扩产

伴随着 5G 建设热潮逐渐消退，企业扩产动作放缓。2024 年，据 CASA Research 不完全统计，国内 GaN 射频电子扩产项目共 14 起。相关新拟建扩产项目共 10 起，其中 4 起项目披露扩产金额，共计约 7 亿元，投入金额相较于 2023 年有较大放缓。

图表 30、2024 年 GaN 射频电子相关新拟建扩产项目

序号	公司名称	产品	产线情况	地区	金额
1	国稼芯科（池州）半导体	衬底	2 寸 GaN 单晶项目	池州	—
2	山东晶镓半导体	衬底	GaN 单晶项目	济南	—
3	方唯成半导体	衬底	GaN 自支撑衬底项目	珠海	0.5
4	—	外延	GaN 半导体外延片项目	桐乡	—
5	—	芯片/器件	第三代半导体晶圆项目	衢州	—
7	苏州能讯高能	芯片/器件	5G 基站 GaN 射频多芯片模组生产线技术改造项目	苏州	2.5
8	重庆平伟实业股份有限公司	芯片/器件	射频（5G）前端芯片及模组产业化配套建设项目	重庆	1.5
9	通富微电	封装	先进封装项目	南通	—
10	嘉盛半导体	封装	集成电路封装测试生产项目	苏州	—
11	瑶华半导体	封装	封测产线	长沙	2.7

数据来源：CASA Research 整理

³ 2024 年，第三代半导体射频电子产值的统计口径进行修正，在此前基础上，不再计入装置产值。

3、整并与合作

2024 年国际企业整合并购较为频繁，国防安全领域项目较多。

Qorvo 收购 Anokiwave 以丰富其国防射频方案；英国国防部收购 Coherent 的 Newton Aycliffe 工厂，确保国防供应链安全；MACOM 收购 ENGIN-IC，增强其在 GaN 射频市场的竞争力。

图表 31、2024 年 GaN 射频电子相关企业整合并购情况

编号	并购方	被并购方	材料	领域	环节	金额
1	Qorvo	Anokiwave	GaN	微波射频	芯片/器件	—
2	Guerrilla RF	Gallium Semiconductor GaN 器件/模块产品	GaN	微波射频	芯片/器件	—
3	GlobalFoundries	Tagore 的 GaN 知识产权组合	GaN	功率、微波射频	芯片/器件	—
4	英国国防部	Coherent 的 Newton Aycliffe 工厂	GaN	微波射频、光电子	芯片/器件	—
5	MACOM	ENGIN-IC	GaN	微波射频	芯片/器件	—

数据来源：CASA Research 整理

（三）光电子

1、总体产值

2024 年，由于国内外经济增长放缓，国际供应链重组，LED 行业整体规模呈现微降态势，全年 LED 总产值约 1108 亿元，较去年微增 2.9%，其中上游外延芯片规模 324 亿元，中游封装规模 784 亿元。随着产业逐渐步入成熟期，LED 产业增长从供应端扩产带动的周期性波动转为由需求端驱动的平稳波动。

图表 32、2014-2024 年我国 LED 产业规模及增长率



数据来源：CSA Research

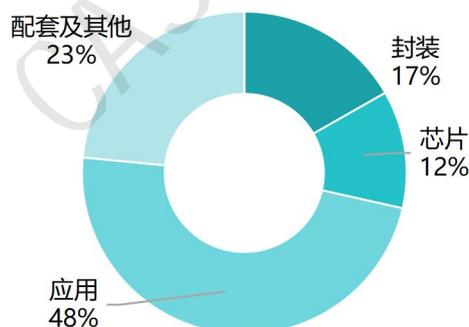
2、投融资与扩产

投融资交易金额超过 900 亿元。根据 CSA Research 不完全统计，2024 年半导体照明行业产线建设、增资扩产、融资并购等投资项目共计 140 余起，累计披露的交易金额超 900 亿元，其中扩产项目超 240 亿元。从投资方向来看，2024 年芯片封装领域占比约为 29%，应用环节投资占比 48%，其中，Mini/Micro-LED、车用 LED、智能照明、特种照明等细分领域仍成为企业及资本关注焦点。

2024 年，多个 Micro-LED 产业化项目投产。辰显光电在成都投资 30 亿元的 TFT 基 Micro-LED 量产线点亮，包含转移工艺、背板工艺及模组工艺全制程自动化智能生产线，并发布了 135 英寸 Micro-LED 拼接屏新品，以及 Micro-LED 透明拼接屏和 Micro-LED 光场裸眼 3D 屏。TCL 华星与三安合资的芯颖显示 Micro-LED 中试线已经建成，预计 2025 年实现小批量试产。京东方华灿 6 英寸 Micro-LED 量产线在珠海正式投产。该项目是全球首个实现规模化量产的 Micro-LED 生产线，也是全球首条 6 英寸 Micro-LED 生产线，

全部达产后将实现年产 Micro-LED 晶圆 2.4 万片组（6 英寸片）、Micro-LED 像素器件 45000kk 颗的生产能力。

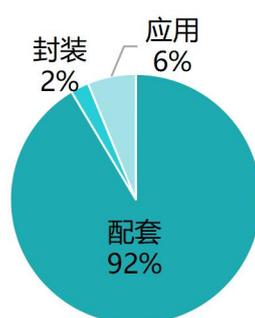
图表 33、2024 年 LED 产业链各环节投资规模占比



数据来源：CSA Research 整理

LED 企业上市热潮减退，配套环节占募资的一半以上。根据 CSA Research 不完全统计，2024 年新增三十余家企业步入 IPO 阶段，其中，晶科电子、珂玛科技、强达电路、成电光信、欧莱新材、戈碧迦、诺瓦星云等 LED 相关企业在港股或 A 股挂牌上市。根据已公开披露数据显示，募资金额超 140 亿元，其中配套环节拟募资金额居首位，占披露总金额的 92%。

图表 34、2024 年 LED 各环节 IPO 募资比例



数据来源：CSA Research 整理

3、整并与合作

半导体照明企业通过并购利基市场标的进行转型升级。2024 年 LED 厂商纷纷通过并购手段加速战略布局调整与转型，显示和特种

照明继续作为并购活动的主要舞台。企业聚焦海洋、船舶照明、智能照明等细分领域的同时，拓展业务边界，探索不同的发展路径，寻找新的利润增长点。

图表 35、2024 年光电子 LED 企业部分并购事件

收购方	标的	交易金额 (亿元)	状态
TCL	收购乐金显示(中国)有限公司 80%股权、乐金显示(广州)有限公司 100%股权	108	完成
罗曼股份	PREDAPTIVE	2.07	完成
晶华微	购买芯邦智芯微电子有限公司 60%至 70%的股份	不超过 1.4	进行中
佛山照明	对船舶照明企业沪乐电气 66%股权	/	完成
星光股份	收购锐丰科技(景观照明)部分股权或资产	/	进行中
浩洋股份	收购丹麦 SGM Light A/S 的经营性资产	/	完成
鸿利智汇	收购鸿利显示 5%股权	/	进行中
佛山照明	拟收购易来智能 50%以上的股权	/	进行中
晶丰明源	拟购买四川易冲科技有限公司控制权	/	进行中
朗特智能	收购龙之源股权, 拓展智能设备整机业务	/	进行中

资料来源: CSA Research 整理

四、产业格局

2024 年行业竞争更加激烈, 中国厂商凭借规模效应和本土化优势, 国际竞争能力进一步提升。功率电子领域, SiC 材料龙头天岳先进、天科合达、瀚天天成、东莞天域市场占有率进一步提高, 进入全球第一梯队, 全球前五家市场占有率达 80%。SiC 芯片制造环节, 产业格局变化不大, 国内以芯联集成、三安光电等为代表的企业产品批量供给能力大幅提升。GaN 功率芯片器件头部企业加速整并, 市场集中度进一步提升; 国内龙头英诺赛科实现港股上市, 市场占有率升至全球第一, 全球前五家市场占有率超过 70%。射频电子领域, 半绝缘 SiC 衬底市场竞争格局稳定; 器件环节, 国际企业依然占据主导, 头部企业市场占有率达 80%。光电子 LED 领域, 国际龙头退出或分拆 LED 业务, 中国企业市场份额持续增大。

(一) 功率电子

1、重点企业

全球有近 150 余家企业活跃在第三代功率半导体领域，国内 SiC 功率半导体企业超过 50 家。

图表 36、SiC 功率电子重点企业



数据来源：CASA Research 整理

国内有超 20 家公司从事 GaN 功率电子业务，伴随着数据中心、AI、新能源汽车的应用市场兴起，龙头企业加速扩张。

图表 37、GaN 功率电子重点企业

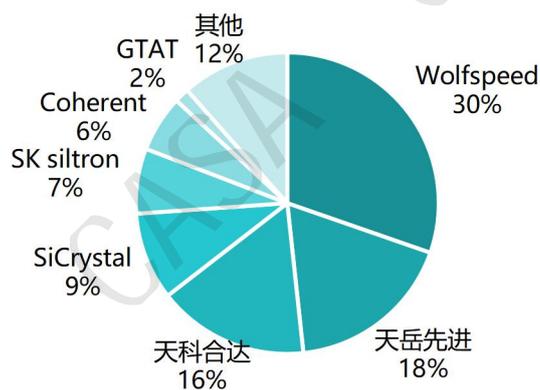


数据来源：CASA Research 整理

2、竞争格局

SiC 衬底环节，国内头部企业市场占有率进入全球第一梯队。据公开数据，Wolfspeed 市场占比依然是全球最大，国内天科合达与天岳先进市场份额快速提高，进入前三，前五家市场占比达 80%。根据 CASA Research 对各企业公开信息与财报数据跟踪，2024 年国内外重点 SiC 衬底企业营收较 2023 年保持稳定增长，其中天岳先进营收增幅达 35%。

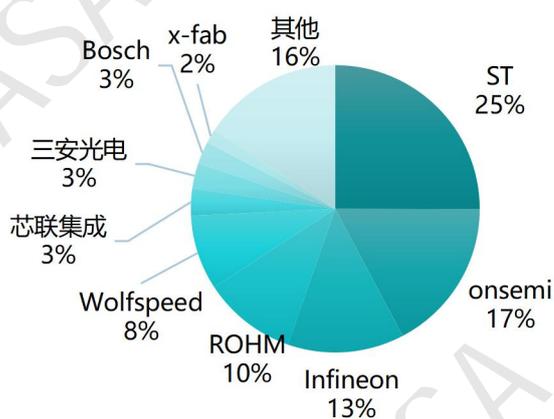
图表 38、2024 年主要 SiC 衬底企业市场占比



数据来源：CASA Research 整理

芯片器件环节，头部企业竞争格局基本稳定，国内企业芯片器件供给能力提升。据公开市场数据，2024 年，ST 仍处于行业市占率第一；Onsemi 和 Infineon SiC 器件市场占有率紧随其后，保持稳定增长；ROHM 由于产能释放，市占率达到第四。Wolfspeed 由于产能释放不及预期，2024 年营收下降至行业第五；国内企业芯联集成市场占有率快速上升；三安光电伴随着重庆产线的建成投产，市场占有率或将会进一步攀升。

图表 39、2024 年主要 SiC 功率器件企业市场占比

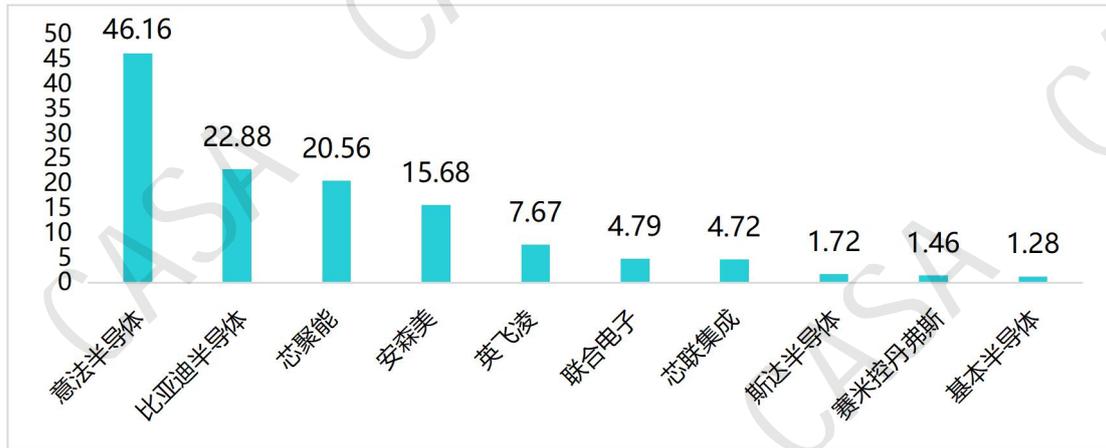


数据来源：CASA Research 整理

SiC 模块在新能源汽车上的装机量同比成倍增长。2024 年，SiC 模块在新能源汽车主驱中的渗透率加速，国产 SiC 模块厂商的市占率

快速提升。根据 NE 时代数据，2024 年前三季度，国内汽车主驱 SiC 功率模块供应商前十名中，国内企业占比超半数，比亚迪半导体、芯聚能进入前三。

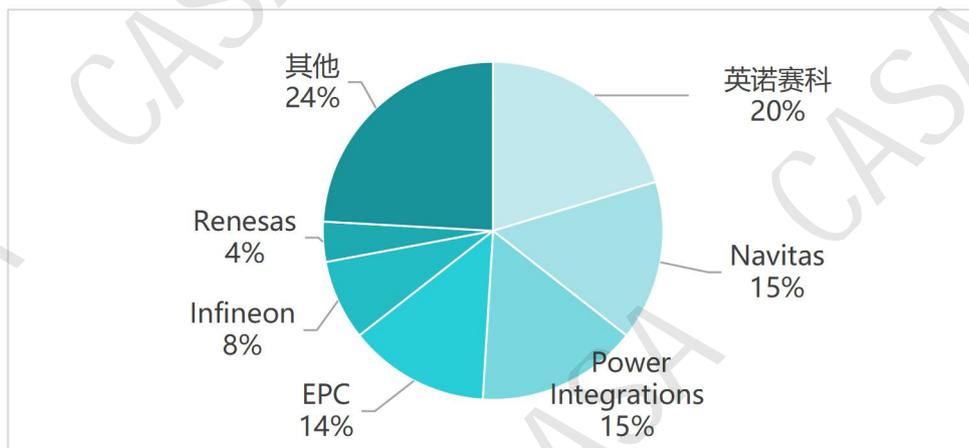
图表 40、2024 年 1-9 月 SiC 功率模块装机量前十企业（万套）



数据来源：NE 时代、CASA Research

GaN 功率电子芯片器件环节，全球前五家企业市占率超过 70%。英诺赛科市场占有率跃升为全球第一，市占率达到 20%，其次为 Navitas、PI。随着 Renesas 收购 Transphorm、Infineon 收购 GaNSystem，两家市场占有率也进一步提高。

图表 41、2024 年主要 GaN 功率器件企业市场占比



数据来源：CASA Research 整理

(二) 射频电子

1、重点企业

2024 年 GaN 射频领域，新增企业较少，总体企业数量保持稳定。

图表 42、GaN 射频电子重点企业



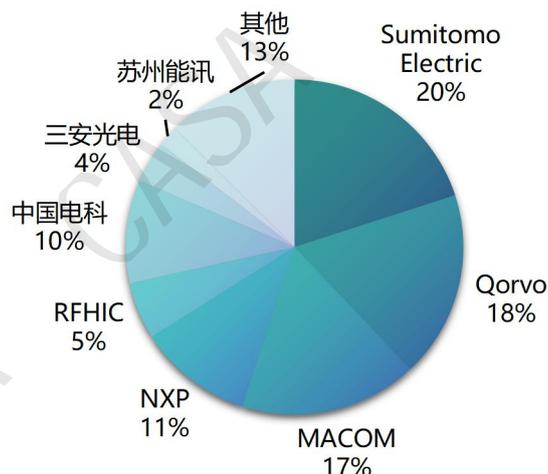
数据来源：CASA Research 整理

2、竞争格局

半绝缘 SiC 衬底供应高度集中，Wolfspeed、Coherent、天岳先进三家企业市场占比高达 87%。由于 2024 年射频应用渗透保持稳定，市场需求相对平衡，下游企业与上游材料厂商绑定紧密，总体市场竞争格局无太大变化。

射频芯片器件头部企业市场占有率达 80%。2024 年 MACOM、Qorvo 不断并购企业，拓展客户资源，市场占有率进一步上升。国内企业市场供给保持平稳，中国电科、三安光电、苏州能讯等器件供应商具备一定国际市场竞争力。

图表 43、2024 年主要 GaN 射频器件企业市场占比



数据来源：CASA Research 整理

(三) 光电子

国际企业退出或剥离 LED 业务，中国企业市场份额持续增大。

2024 年，三星宣布逐步退出 LED 照明和车用业务，专注于 Micro-LED 显示业务。Lumileds 出售传统汽车灯具及配件业务，ams OSRAM 宣布退出马来西亚居林 8 英寸 LED 晶圆厂。在国际龙头持续调整 LED 业务的同时，中国 LED 企业在大功率 LED、车用 LED、Mini-LED 背光等高附加值领域，市场占有率正在快速提升。大陆 LED 芯片营收占全球的近 60%、全球 LED 封装营收前十企业中，大陆企业占据四席。

五、产品/技术进展

2024 年，第三代半导体领域技术持续进步，推动产品性价比提升，国产化加速。SiC 功率领域，衬底产业化产品仍以 6 英寸为主，8 英寸开始进入产业化，12 英寸衬底产品已有样品发布，国产车规级 SiC MOSFET 器件开始应用于新能源汽车主驱系统。GaN 6 英寸单晶衬底完成工艺开发，开始小批量生产，8 英寸蓝宝石基 GaN 单晶实现厚膜生长。GaN 功率领域，中高压功率电子器件技术不断突破，产品良率可靠性提升，逐渐向工商业、汽车市场渗透。射频电子领域，GaN 射频异质集成技术成为热点，面向移动终端的解决方案开始部署。光电子领域，Micro-LED 红光亮度提升，全彩化技术路线快速演进，紫外光源与探测、大功率激光器产业化能力提升。

（一）功率电子

1、SiC 功率电子

（1）8 英寸 SiC 实现量产，12 英寸衬底产品首发

据不完全统计，2024 年国内布局 8 英寸 SiC 衬底/外延企业达 23 家，布局 8 英寸 SiC 芯片/器件企业达 10 家，天岳先进、天科合达、烁科晶体、同光晶体、晶盛机电等衬底企业已有 8 英寸衬底产品量产供应。瀚天天成已与全球 15 家公司建立 8 英寸 SiC 外延产品的合作伙伴关系。天岳先进全球首发 12 英寸 SiC 衬底产品，因 12 英寸在 AR/VR（增强现实/虚拟现实）眼镜等应用潜力而引发全球关注。

液相法长晶技术方面，晶格领域制备出满足应用要求的 6 英寸 4H-P 型及 3C-N 型 SiC 衬底，并实现小批量产品供货，8 英寸 P 型

SiC 取得突破,天岳先进推出 4 度偏角 P 型 SiC 衬底,电阻率低于 $200\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$ 。复合衬底方面,法国 Soitec 与日本 Resonac (原昭和电工) 共同开发用于 SiC 功率器件的 8 英寸 SiC 键合衬底;青禾晶元发布 8 英寸 SiC 键合衬底制备,并与中科院微电子所等合作,基于 6 英寸 SiC 复合衬底成功实现 1200V SiC MOSFET。

(2) SiC MOSFET 性能提升, 动态可靠性验证取得突破

国内外头部企业加速产品迭代。多家企业公布平面栅 SiC MOSFET 比导通电阻低于 $2.5\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ (1200V), 这将带来开关损耗进一步降低, 紧凑性、可靠性、经济性将进一步提升。

长期动态可靠性是新能源汽车主驱所需满足的必备条件, 经过不断技术迭代, 国产器件通过验证, 在汽车主驱实现小批量应用。清纯半导体 SiC MOSFET 动态栅偏 (+20V/-8V, 150°C @ $f=500\text{kHz}$)、动态反偏 (1200V/-4V, 175°C @ $f=80\text{kHz}$) 试验均可通过 CASA 标准验证, 支撑改善主驱多芯片并联的均流问题。

国内沟槽型 SiC MOSFET 芯片工艺流程获得突破, 较平面型提升导通性能 30% 左右。

(3) 器件电压由 1200V 向更低或更高双向拓展, 支撑更多样化应用

面向 AI 服务器电源, Infineon 推出 SiC 400V 系列产品, 通过采用多级 PFC 实现 AC/DC, 能够达到 99.5% 效率和 $100\text{W}/\text{in}^3$ 功率密度, 较 650V 方案提升 0.3 个百分点。同时, Infineon 推出适用于组串式光伏逆变器、储能系统和电动汽车充电的市面上第一款 2000V SiC 分立器件。国内多家企业如瞻芯、三安等纷纷推出 1700V、2000V 等规格

的 SiC MOSFET。

比亚迪推出全域 1000V 高压架构纯电技术平台，采用 1500V SiC 功率器件，使系统效率提升 5%以上，同时充电 5 分钟可达到 400 公里。SiC 模块推动 350kW+超充成为主流，15 分钟充电 80%或成标配，电动汽车平台架构向更高电压趋势发展，带动充电速度持续提升。

(4) 应用拓展，工业变频/储能变流等解决方案不断推出

ZeroAvia 设计出 800V 直流电氢电航空发动机的 200 kW SiC 功率逆变器，功率密度超过 20 kW/kg，将在 2025 年底前完成 ZA600 认证；BOSCH 推出船舶用 800V SiC 电驱动系统，效率达 99%以上，可实现排水量为 20-30 吨的大型船只和船舶的电气化。

禾望电气 350/385kW SiC 组串式逆变器实现量产，最大单路 MPPT 电流高达 65A；英飞源推出采用 SiC 储能变流器的全液冷储能系统，面向工地、矿山、海岛等极端恶劣环境，效率提升 2%以上。中国科学院微电子研究所研制的 400V 抗辐射 SiC 功率器件通过天舟八号货运飞船完成空间验证，为航天电源系统的高效化、轻量化提供了技术支撑。

2、GaN 功率电子

(1) GaN 大尺寸材料发展迅速

Sumitomo Chemical 4 寸 GaN 衬底实现量产，提供 GaN-on-GaN 垂直型外延产品，并宣布 2024 年后开始提供 6 英寸 GaN 样品；Toyoda Gosei、大阪大学等成功制备缺陷密度为 $10^4/\text{cm}^2$ 高质量 6 英寸 GaN

衬底，并开发兼容 8 英寸或更大尺寸晶体生长设备；Shin-Etsu Chemical 开发出与 GaN 相匹配的 12 英寸 QST 复合衬底；Infineon 首次展示 12 英寸 GaN 功率半导体晶圆。

国内苏州纳维、东莞中镓完成 6 英寸 GaN 单晶衬底产品开发，实现 8 英寸蓝宝石基 GaN 单晶厚膜生长。

(2) 高压范围拓展至 1200V-10kV，成为研究热点

西安电子科技大学团队攻克 6-8 英寸蓝宝石基 GaN HEMT 技术，实现 1200V 和 1700V 器件的中试生产，并通过 HTRB、HTGB 等可靠性测试；北京大学集成电路学院/物理学院团队研制出万伏级增强型 GaN 功率器件。

德国弗劳恩霍夫应用固态物理研究所（IAF）开展阻挡电压高于 1200V 横向和垂直 GaN 晶体管的新技术研究；PI 发布了 1700V GaN 开关 IC InnoMux™-2，其在 1000VDC 母线电压下效率高达 90%；Infineon 推出基于 CoolGaN 650V G5 的 Drive 产品系列，包括集成单开关和带集成驱动器的半桥。

(3) 双面散热、驱动集成封装产品持续推出，芯片集成研究是热点

Navitas 推出顶部增强散热封装产品，提高电流能力，该模块具有短路保护（最大延迟 350ns），所有引脚都有 2kV ESD 保护，并可编程转换速率控制。Transphorm 与 Weltrend 推出 2 款集成高频多模反馈式 PWM 控制器的 GaN 系统级封装(SiPs)。

英诺赛科推出 100V Si 基增强型 GaN HEMT 顶部散热的

En-FCLGA 封装,通过顶部与底部协同散热设计,热阻降至 $0.49^{\circ}\text{C}/\text{W}$,导热效率提升 65%。复旦大学首次开发出 4-6 英寸 Si CMOS+GaN 1P2M 单片异质集成芯片。

(4) 产品良率、可靠性提升,工商业、汽车市场逐渐拓展

英诺赛科 GaN HEMT 功率器件制造成本大幅下降,良率提升至 95%,用于人形机器人的 100W 关节电机驱动产品量产; VisIC& Heraeus &PINK 开发车规级 GaN 功率模块。

Texas Instruments 推出首款 650V 三相 GaN 智能功率模块(IPM),用于 250W 电机驱动应用; Navitas 围绕 GaN、SiC 功率芯片,发布 4.5kW AI 数据中心电源参考设计,达到 $137\text{W}/\text{in}^3$ 超高功率密度和 97% 的效率; EPC 推出采用 GaN 器件的激光驱动器电路板、输入 14-65V 的三相无刷直流电机驱动逆变器等的参考设计。

(二) 射频电子

随着 Sub-6GHz 频段基站建设的推进,以及更多频段和应用场景的拓展,GaN 材料和器件在射频前端中应用开始全面渗透。Sub-6 GHz 频段国内器件关键指标基本与国际同步,并已规模化生产。星链及卫星通信部署、低空经济应用推动国内外产品研发重点逐渐转向毫米波、太赫兹频段,同时国内开始布局面向手机等移动终端的低成本 GaN 解决方案。

(1) 毫米波、太赫兹频段产品快速迭代,异质集成技术成为热点

随着低空经济被列为国家战略性新兴产业,无人机、eVTOL(电动垂直起降飞行器)等低空飞行器对高频通信和感知网络的需求激增,

5G-A 通感一体网络需支持低空飞行器的高精度定位与实时数据传输，GaN 的高功率密度和效率优势显著推动 GaN 射频器件在低空通信基站、空管系统中的渗透率提升。我国加速低轨卫星星座建设，博威公司等企业已布局星链通信射频芯片，覆盖 5G 毫米波、6G 基站等高频段需求。

毫米波（30-300 GHz）和太赫兹（0.1-10THz）频段是未来 6G 通信、卫星通信及雷达系统的关键技术方向，但其高频率、高功率密度特性导致设备发热问题尤为突出，材料与工艺创新成为技术发展主要驱动力，金刚石基 GaN 及高导热材料、异质集成研发成为热点。日本 Sumitomo Electric 与大阪公立大学在直径两英寸的多晶金刚石基板上成功制作出 GaN 晶体管，将其热阻降至 Si 的 1/4、SiC 的 1/2，改善用于无线通信的高频半导体 GaN 晶体管的散热性能，从而实现更高的频率和输出。中国电科在金刚石基 GaN 射频器件领域取得了显著进展，采用等离子体活化键合技术，实现 4 英寸金刚石与 GaN 晶圆的低热阻集成，器件结温降低 50℃；在 38 GHz 下输出功率 8 W/mm，效率达 68%，适用于卫星通信和毫米波雷达，其技术指标已达到国际先进水平。

(2) 面向移动终端的 GaN 解决方案启动部署，无线传能进一步拓展新应用场景

伴随各个频谱在移动通信终端上普及应用，功放数量大幅增加，降低整机功耗，提高集成度成为射频前端的技术挑战点。另外 Wi-Fi 新制式应用导入，也对射频前端功率放大器提出了更严格的标准和技

术挑战。当前主流的 GaAs 器件射频性能提升已近边界，而 GaN 材料器件在射频性能上相对 GaAs 提升空间大，特别是硅基 GaN 射频器件同时具备高效率、低功耗、高功率密度、高频、高可靠性、低成本优势，更适配移动通信手机等终端射频应用，是未来终端射频功放的重要技术方向，国际上多个国家都在积极布局开展相关研究工作。九峰山实验室发布国内首个 100 nm 硅基 GaN 商用工艺设计套（PDK），可支撑高通量 Ku/Ka 频段低轨卫星通信，能够满足下一代移动通信、商用卫星通信与航天领域、车联网及工业物联网、手机终端等多领域对高频、高功率、高效率 GaN 器件的需求。

微波无线传能是一种无线能量传输方式，通过电磁波远距离传输能量，具备构建全域能源网络的巨大潜力。这项技术在多个领域具有潜在的应用价值，包括但不限于远程充电、工业 4.0、空间太阳能电站系统、通信、物联网、应急救援装备能源保障、医疗等领域。九峰山实验室基于自主研发的 GaN 器件，成功构建起动态远距微波无线传能系统，并在 20 米范围内实现对无人机的动态无线供能示范验证。

（三）光电子

（1）LED 核心技术水平持续提升，节能效果更好，应用领域更广

蓝光 LED 光效水平已接近理论光效，华普永明整灯光效超过 200lm/W，节能效率进一步提升；新一代多基色无荧光粉 LED 照明技术正加速产业化进程，并与物联网、人工智能等前沿技术深度融合。植物照明 LED 光合光量子效率达到 3.4 μ mol/J 以上，技术研发及应用领域由设施园艺拓展到主粮育种。

(2) Micro-LED 全彩化、亮度和效率等全面提升

Mini/Micro-LED 直显在一体机市场和家庭巨幕市场持续升温。目前大屏应用中量产产品芯片尺寸普遍在 $50\mu\text{m}$ 以上，显示间距在 P0.9 及以上，P0.7 产品开始有小批量应用。Mini/Micro-LED 领域 COB、MIP 封装技术快速发展，洲明科技实现了 $30\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ 无衬底技术的 MIP0202 封装，雷曼光电实现了 COB PM 驱动玻璃基 Mini/Micro-LED 显示面板小批量试产，兆驰晶显产品线全面覆盖 P0.5-P2.0 全间距段。

在近眼显示领域，Micro-LED 光引擎市场化应用开启。红光光效提升，南京大学、厦门大学、合肥工业大学和沙特阿卜杜拉国王科技大学联合攻关 GaN 基高铟组分红光材料及其 Micro-LED 器件技术，采用分子束外延制备出电注入效率超过 90% 的隧道结红光 Micro-LED 器件，为解决微小尺寸红光芯片光效瓶颈问题提出新的思路。AR 光引擎小型化，JBD 推出新一代光引擎，体积仅 0.15cc，有助于减小近眼显示设备的体积。多条全彩化技术路线同步发展，RGB 三色集成技术方面，JBD 实现绿光亮度 1000 万尼特，蓝光和红光亮度分别达 200 万尼特和 150 万尼特。垂直堆叠技术方面，诺视科技推出量产级单片全彩 Micro-LED 芯片，峰值亮度超过 50 万尼特；量子点色转换技术方面，镭昱推出 0.13 英寸全彩光引擎，体积仅为 0.18cc，亮度提升至 50 万尼特（白平衡下）；单片集成技术方面，晶能光电制备出 40 万尼特亮度、3300PPI 分辨率的 0.39 英寸全彩硅衬底 Micro-LED 芯片，1000 万尼特超高亮度绿光 Micro-LED 微显模组；TFT 基全彩化技术方面，厦门大学及厦门市未来显示技术研究院联合

研发团队成功制造出 403PPI 的超视网膜 TFT 基 Micro-LED 全彩显示屏。Micro-LED 微小尺寸的单片集成显示器的全彩化及综合光效提升带动产业化发展，2024 年已有 12 个品牌已发布了近 20 款搭载 Micro-LED 的 AR 眼镜。

(3) 紫外光源和探测产业化能力提升

紫外 LED 光电转换效率提升，应用领域拓展。2024 年国产 395nm UVA LED 量产芯片光电转换效率超过 70%；365nm 紫外 LED 量产产品光电转换效率达到 58%；308nm UVB 芯片产品光电转换效率达到 5%。UVC LED 产业化光电转换效率超过 5%，实验室数据超过 10%。器件的封装形式上，除了单一的单芯片封装，双芯串联或并联的使用越来越多，还有少量 COB 模组和 TO 灯管等形式。应用场景上，紫外 LED 在 3D 打印、涂布和高速印刷、工业用水杀菌消毒等领域快速发展，基于 UV LED 的可穿戴光疗设备在骨质疏松的预防和治疗中开始临床试验。

香港科技大学、南方科技大学、国家第三代半导体技术创新中心（苏州）、思坦科技等单位通过长期联合攻关，基于高功率密度、高像素密度、低功耗的深紫外 Micro-LED 显示芯片实现了深紫外 Micro-LED 无掩膜光刻技术，搭建了无掩膜光刻原型机平台并制备首个深紫外 Micro-LED 无掩膜曝光的 Micro-LED 器件，将紫外光源和掩模板图案融为一体，在短时间内为光刻胶曝光提供足够的辐照剂量，为产业发展开创了一条新路径。

在极紫外探测方面，已有 Si 基极紫外探测器抗辐照性与温度稳

定性较差、暗电流高，而基于宽禁带半导体 SiC 基 EUV 探测器性能优势明显。苏州镓敏光电科技有限公司 2024 年已向国内重点用户单位提供 SiC 基 EUV 探测器超 500 颗。

(4) 大功率、长寿命激光器取得突破

GaN 激光器主要涉及显示、照明、指示、工业加工和直写等多个应用领域。国际龙头企业（日亚、欧司朗、夏普）均采用 IDM 模式，整合外延生长、刻蚀、解理、镀膜全流程，核心工艺高度保密。

激光加工方面，不同材料要用不同波长的激光进行加工，国外蓝光激光芯片对我国禁运，我国在该领域亟待发展。照明方面，欧司朗主导 GaN 蓝绿激光的车载应用（如激光车灯、投影、HUD 抬头显示等）。激光指示主要用于激光传感器、电动工具、仪器仪表等，上述市场被夏普垄断，国产器件开始替代。405 纳米的紫光激光器主要用于激光雕刻、PCB 板的固化、树脂材料的 3D 打印。镓锐芯光研发了长寿命、高功率和高效率（电光转化效率 44%）GaN 蓝光激光器，实现 GaN 高功率激光器 60°C 下寿命大于 2 万小时；厦门大学与三安光电联合研发出超 8W 大功率 InGaN 蓝光激光器；颀芯科技推出量产 515nm@30mW 产品，并针对激光雕刻行业推出大功率 5W 蓝光激光二极管。

六、其他

2024 年第三代半导体装备国产化进一步加速，多家厂商开始提供 8 英寸 SiC 单晶生长和外延设备、液相长晶炉也开始进入市场，激光切片、减薄抛光设备、检测筛选等设备能不断提升，部分产品已通

过客户验证进入市场。国内衬底和晶圆制造产线加快建设和产能释放，进一步拉动了配套原辅材料的市场需求。2024 年国内在 CMP 抛光材料、封装材料国产化方面都取得一定提升。超宽禁带半导体领域，金刚石异质外延与拼接法并行发展，逐步从实验室走向商用，8 英寸氧化镓（ Ga_2O_3 ）衬底制备取得关键突破， AlN 单晶产品突破 2 英寸。

（一）装备及原材料进展

1、生产设备大尺寸趋势明显，企业产品体系化、精准化发展

北方华创、晶盛机电等企业实现 8 英寸 SiC 长晶设备批量销售。SiC 晶锭激光剥离方面，大族半导体等企业的激光切片技术已成功应用于 8 英寸 SiC 衬底的量产，西湖仪器开发出 12 英寸 SiC 衬底自动化激光剥离技术。荷兰 ASM 推出双室 PE208 单晶圆 8 英寸晶圆 SiC 外延系统；中电科 48 所已出货 30 台套 8 英寸 SiC 外延设备；芯三代研发 SiC 垂直外延生长设备可实现厚膜 100 微米，最厚 150 微米外延生长。成都莱普、华卓精科等推出 8 英寸 SiC 激光退火设备。

北方华创不断丰富 SiC、GaN 工艺设备产品线并提升设备技术能力。8 英寸 SiC 液相炉披露出货，SiC 外延 NH_3 掺杂工艺广泛应用，掺杂均匀性提高一倍，ICP 刻蚀 SiC 实现无缺陷超结器件高纵深比沟槽刻蚀（ $> 5:1$ ），实现圆角 SiC 沟槽刻蚀；发布 Si 基 GaN MOCVD 设备并通过龙头客户验收。

中微公司 LED 用 MOCVD 设备市场占有率持续领先，Mini-LED 显示外延生产应用深化，Micro-LED MOCVD 蓝宝石基外延实现量产，Si 基外延实现客户验证，蓝光峰值波长分布的标准差小于 0.5nm；8

英寸 SiC、Si 基 GaN 功率的外延设备交付客户验证并取得良好进展。

昂坤视觉设备覆盖衬底、外延和芯片的缺陷检测，支持本地化数据训练 AI 模型，优化 SiC 检测设备产能，6 英寸 SiC 外延检测每小时可达 25 片；GaN 衬底缺陷检测设备量产，出货超过 10 台；Ga₂O₃ 缺陷检测完成设备开发，算法模型覆盖目前 Ga₂O₃ 产品。

2、面向高可靠性产品的测试、筛选设备逐渐导入产线

华峰测控的量测设备走进国际市场，SiC、GaN 测试设备销往台湾、菲律宾、马来西亚、意大利等区域，其多工位高效率的晶圆 CP、芯片 KGD、分立器件到功率器件（IPM/PIM）全流程自动化量测设备实现量产。

面向新能源汽车高可靠应用场景，苏州联讯、上海忱芯、杭州飞仕得等企业推出的晶圆级老化、KGD 筛选、动态可靠性等设备陆续导入产线。封装设备方面，宝士曼半导体、快克芯装备等企业微纳金属烧结设备出货量不断增加，支持车规级功率模块的高可靠性封装需求。

3、原辅材料性价比持续提升，以期突破更多市场

产业的快速发展正带动上游原辅材料的技术升级与规模化生产。赛迈科生产的石墨部件已在主流衬底企业批量稳定使用，实现进口替代；有研稀土开发的用于 SiC 衬底用纳米氧化铈抛光材料，去除速率 4.0-5.5μm/h，表面粗糙度<0.1nm，可以减少精抛工序。SiC 晶圆 CMP 抛光液迅速国产化，如新安纳、安储等公司产品批量供应，实现进口替代。

微纳金属烧结互连技术因其优异的导电、导热、高温服役特性成为第三代半导体封装互连研发的热点。Heraeus Epurio 推出了 mAgic PE350 大面积烧结银，热导率超过 200 W/mK；有研粉末的高活性纳米铜粉制备关键技术实现突破，铜基浆料可在 200℃ 实现烧结，烧结后的剪切强度超过 50MPa、电阻率小于 $5\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 。

（二）超宽禁带半导体进展

1、异质外延与拼接法并行发展，推动金刚石从实验室走向商用

随着 5G、6G 通信技术的迅猛发展和国防对电子信息技术的迫切需求，金刚石材料的重要性日益凸显，在实现超精密加工、智能电网、智能制造、下一代通信技术、雷达、星地互联等国家重大战略中发挥着关键作用。用于热沉的金刚石多晶薄膜已开始产业化，单晶材料通过异质外延、拼接法同质外延并行研发，取得阶段性进展。

异质外延的核心在于选择合适的衬底材料。早期使用 Ir 衬底虽能实现高质量外延，但成本高昂且工艺复杂。近年来，低成本、高热匹配的 Si、 Al_2O_3 和 YAG 等材料成为主流。西安交通大学研究团队采用微波等离子体化学气相沉积技术，通过对成膜均匀性、温场及流场的有效调控，提高了异质外延单晶金刚石成品率，成功实现了 2 英寸异质外延单晶金刚石自支撑衬底的国产化。衬底表面具有台阶流生长模式，可降低衬底的缺陷密度，提高晶体质量，XRD (004)、(311) 摇摆曲线半峰宽分别小于 $91''$ 和 $111''$ ，为金刚石的半导体应用奠定了基础。另外，采用 MPCVD 技术，首次在 Ir (111)/蓝宝石表面实现单晶金刚石 (111) 面的外延生长，并成功实现 $20\text{ mm}\times 20\text{ mm}$ (111)

取向的异质外延单晶金刚石自支撑衬底。通过 SEM、XRD 以及 EBSD 表征，XRD (111) 摇摆曲线半峰宽小于 0.6° 。中国科学院半导体研究所团队在国际上首次采用激光切割图案化工艺缓解金刚石层异质外延生长过程中的巨大应力，实现了 2 英寸异质外延自支撑金刚石单晶的制备，位错密度为 $2.2 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 。

南方科技大学、北京大学东莞光电研究院、香港大学联合研究团队，在金刚石薄膜材料制备和应用方面取得重要进展，成功研发出能够批量生产大尺寸、超光滑且具备超柔性金刚石薄膜的制备方法，这一成果在材料科学领域具有里程碑意义，并为金刚石薄膜的商业化应用奠定了基础。拼接法又称马赛克法，即通过多个小面积的常规单晶金刚石籽晶紧密排列，在上方沉积生长为一片大面积的单晶金刚石，来实现大尺寸单晶的制备方法。宁波晶钻采用 MPCVD 拼接法同质外延尺寸达到 $60\text{mm} \times 60\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

2、 Ga_2O_3 大尺寸衬底制备取得关键突破

我国在 Ga_2O_3 材料领域的研究起步较晚，但近年来发展迅速。国内多家科研机构和企业已成功开发出 4-6 英寸 Ga_2O_3 单晶衬底，在垂直布里奇曼 (VB) 法、铸造法 (Casting Method) 等无铍法创新工艺方面均有突破。杭州镓仁半导体国内首创了适用于 Ga_2O_3 的铸造法技术，可将铍金用量减少至导模法的 $1/5$ ，大幅降低成本，尺寸进一步突破到 8 英寸，主要用于 (100) 面生长，其他晶面的制备仍有待进一步探索。杭州富加镓业、镓仁半导体在 VB 法 Ga_2O_3 单晶生长方面实现了直径 4 英寸的突破。在外延生长技术方面，国内基于分子束外

延（MBE）、MOCVD 等技术能够制备出高质量的 Ga₂O₃ 外延片。但与国际先进水平相比，我国在 Ga₂O₃ 材料的晶体质量、缺陷控制的均一性以及产业化规模方面仍存在差距。

Ga₂O₃ 单晶及外延的技术路线尚处于多种方法并存的状态，几种技术路线之间尚无明显的相对优劣，在晶面选择等方面也并未统一，整体成熟度不高。目前 Ga₂O₃ 材料的产业化程度较低，生产规模小，成本较高，且没有形成大规模产业集群，与下游联动不足。除了稳定的β相 Ga₂O₃ 之外，α相、ε相等几种亚稳相，也受到广泛关注。

图表 44、各企业 Ga₂O₃ 衬底技术进展

	< 2"	2/3"	4"	6"	8"
导模法			  	   	
提拉法		  			
VB法			 		
铸造法				 	 
冷坩埚法					
浮区法					

数据来源：CASA Research 整理

器件方面，中国科学技术大学团队针对 Ga₂O₃ 缺乏有效 p 型掺杂导致难以实现增强型垂直结构晶体管的难题，通过优化后退火工艺实现氮替位激活和晶格损伤修复，研制出千伏级 Ga₂O₃ 垂直槽栅晶体管，

为实现面向应用的高性能 Ga_2O_3 晶体管提供了新思路。

3、AlN 单晶产品突破 2 英寸，探索更多应用领域

AlN 单晶衬底及同质外延材料主要应用于制备高性能深紫外 LED、射频电子器件和功率电子器件。AlN 单晶 PVT 制备的主要技术路线为高质量单晶的扩径技术和等径 SiC 籽晶异质生长再迭代优化技术。

截至目前，全球实验室最大 AlN 单晶尺寸为 4 英寸，我国多家单位也陆续制备出了直径为 60-90mm 的 AlN 单晶衬底，AlN 2 英寸单晶逐步进入产业化，更大尺寸单晶技术处于发展阶段。AlN 衬底上可同质外延高质量 AlN、AlGaN 和 GaN，可充分发挥氮化物的特性以及衬底的高导热和低射频损耗的优势，实现更高性能的电子器件。AlN 衬底上 X 波段 HEMT 最高输出功率密度已达 $24.4\text{W}/\text{mm}$ ，且器件超高频 JOMF 因子达到 $6.22\text{Hz}\cdot\text{V}$ ，是 SiC 上器件的近 3 倍，同质衬底上 AlN 基 SBD 击穿电压超 3kV 。低位错密度的外延层使 APD(雪崩光电探测)器件的暗电流较蓝宝石上低 4 个数量级，在 200nm 波段探测量子效率达 68%。AlN 同质外延技术正推动高频功率电子器件向更高耐压、更高功率密度的极限性能演进。

ScAlN 兼具宽禁带氮化物半导体和铁电材料的优势，可赋予器件更丰富和优异的性能，对解决现有氮化物半导体瓶颈问题、实现低功耗、多功能器件具有重要意义，成为下一代信息技术的重要发展方向。

(三) 标准进展

国际方面，JEDEC JC70 新发布 2 项标准 SiC MOSFET 反向恢

复时间和电荷测试指南、半导体功率器件与输出电容滞后有关的开关能量损耗测试方法；IEC/TC47 半导体器件/WG8 正在探讨 JEDEC 宽禁带标准的路线图和工作计划；ECPE 即将发布包含 SiC、GaN 内容的新 AQG324 修订版。

国内方面，第三代半导体产业技术创新战略联盟(CASA)于 2024 年 11 月发布了 9 项 SiC MOSFET 测试与可靠性标准，系列标准旨在为 SiC MOSFET 功率器件提供一套科学、合理的测试与评估方法，支撑产品性能提升，推动产业高质量发展。

2024 年国内外标准化组织均积极布局标准化工作，具体进展见表 1。

图表 45、2024 年 SAC、IEC、JEDEC、CASA 标准进展

序号	标准化组织	标准号/计划号	标准名称	备注
1	全国半导体设备和材料	GB/T43885-2024	碳化硅外延片	已发布
2	标准化技术委员会材料分技术委员会	20240494-T-469	碳化硅单晶抛光片堆垛层错测试方法	制定中
3	会 (SAC/TC203/SC2)	20241932-T-469	碳化硅单晶	制定中
4	全国半导体器件标准化技术委员会 (SAC/TC78)	20242270-T-339	用于功率转化的氮化镓高电子迁移率晶体管 (GaN HEMT) 动态导通电阻测试方法指南	等同采用 IEC 63373:2022
5		20242719-T-339	半导体器件 碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管(SiCMOSFET)可靠性试验方法 第 2 部分: 体二极管工作引起的双极退化的试验方法	等同采用 IEC 63275-2:2022
6		20242747-T-339	半导体器件 碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管(SiCMOSFET)可靠性试验方法 第 1 部分: 偏置温度不稳定性试验方法	等同采用 IEC 63275-1:2022
7		20242751-T-339	半导体器件 基于感性负载开关应力的氮化镓 (GaN) 晶体管可靠性试验方法	等同采用 IEC 63284:2022
8	固态技术协会 (JEDEC)	JEP201	Guidelines for Reverse Recovery Time and Charge Measurement of SiCMOSFET Version 1.0	2024 年 8 月发布
9		JEP200	Test Methods for Switching Energy Loss	2024 年 6 月发

			Associated with Output Capacitance Hysteresis in Semiconductor Power Devices Volume 1	布
10		IEC 63068-5 ED1	Semiconductor devices - Non-destructive recognition criteria of defects in Silicon carbide homoepitaxial wafer for power devices - Part 5: Test method for defects using X-ray topography	ACD 2024-11
11	国际电工委员会半导体器件技术委员会 (IEC/TC47)	IEC 63419 ED1	Guideline for Switching Reliability Evaluation procedures for Gallium Nitride Power Conversion Devices(Fast track JEP 180)	AFDIS 2024-12
12		IEC 63512 ED1	Test method for continuous-switching evaluation of Gallium Nitride power conversion devices(Fast track JEP182)	AFDIS 2024-12
13		IEC 63601 ED1	Guideline for Evaluating Bias Temperature Instability of Silicon Carbide Metal-Oxide-Semiconductor Devices for Power Electronic Conversion (Fast track JEP 184)	PRVC 2024-12
14		IEC 63602 ED1	Guidelines for Representing Switching Losses of SiC MOSFETs in Datasheets (Fast track JEP187)	PRVC 2024-12
15		T/CASAS 021—2024	SiC MOSFET 阈值电压测试方法	2024年11月发布
16	T/CASAS 033—2024	SiC MOSFET 功率器件开关动态测试方法	2024年11月发布	
17	T/CASAS 034—2024	用于零电压软开通电路的氮化镓高电子迁移率晶体管动态导通电阻测试方法	2024年9月发布	
18	T/CASAS 035—2024	用于第三象限续流的氮化镓高电子迁移率晶体管动态导通电阻测试方法	2024年9月发布	
19	第三代半导体产业技术创新战略联盟 (CASA)	T/CASAS 037—2024	SiC MOSFET 栅极电荷测试方法	2024年11月发布
20		T/CASAS 042—2024	SiC MOSFET 高温栅偏试验方法	2024年11月发布
21		T/CASAS 043—2024	SiC MOSFET 高温反偏试验方法	2024年11月发布
22		T/CASAS 044—2024	SiC MOSFET 高温高湿反偏试验方法	2024年11月发布
23		T/CASAS 045—2024	SiC MOSFET 动态栅偏试验方法	2024年11月发布
24		T/CASAS 046—2024	SiC MOSFET 动态反偏(DRB)试验方法	2024年11月发布
25		T/CASAS 047—2024	SiC MOSFET 动态高温高湿反偏(DH3RB)试验方法	2024年11月发布

数据来源: CASA Research 整理

七、2025 年展望

展望 2025 年，全球半导体产业规模将持续增长，智能计算、智能电力、智能人工等推动半导体产业持续上行，SEMI 预测 2025 年全球半导体仍将保持两位数增长势头，并在 2030 年提前达成万亿美元里程碑。第三代半导体作为新质生产力的核心支撑，在新能源汽车、消费电子、5G/6G 通信、人工智能、低空经济等应用需求的带动下，将迎来更广阔的发展空间。

多领域需求增加，新场景加速拓展。新能源汽车产量将突破 1600 万辆，快充、超充系统建设提速，国产 SiC 模块 2025 年电驱上车装机量预计将超过 150 万辆。能源绿色低碳转型有力推进，SiC、GaN 在光伏储能渗透率提升将带动未来五年复合增长率达到 27%。消费电子市场加快复苏，在“以旧换新”等消费政策、AI 融合应用、产品加速迭代的推动下，GaN 在手机、平板、笔记本快充的渗透将在 2025 年达到 40%、18%、10%，将带动 GaN 用量增长 25%。AI 进一步渗透到更多应用场景，应用端技术门槛和成本降低，催生数据中心、服务器的电源需求倍增，有望带动该领域 GaN 实现 35% 增长。GaN 在射频前端中应用开始全面渗透，更多频段和应用场景持续拓展。5G-A 通算智融基站网络要求更高频谱及通信通道成倍放大，将催生 GaN 射频产品新生需求。低空飞行器、机器人、智能手机、智能汽车等高速增长，并推动 GaN 在移动终端的通讯模块及无线传能方面加速布局。星链及卫星通信部署、低空通信基站及空管系统应用推动国内外产品研发重点逐渐转向毫米波、太赫兹频段。2025 年政府工作报告

告首次明确 6G 培育目标，多地加快技术向商用转化。新的应用需求将推动未来五年 GaN 射频电子市场规模较 2024 年增长 150%。此外，AR/AI 眼镜、激光热沉、机器人关节等新兴应用快速起量，未来几年将成为 SiC、GaN 新的市场增长点。CASA Research 预估 2025 年我国第三代半导体功率电子市场增速将处于 20%~25% 区间，国内第三代半导体各环节产值也将继续保持两位数增长。

技术创新及产品迭代加速，产业向高质量发展转型。第三代半导体的技术创新正成为全球科技竞争的核心战场，其性能突破与产业化能力直接关系到能源、通信、人工智能等战略领域的主动权。国内外正加快研发与量产 8 英寸 SiC 衬底，材料的性能、均一性、良率、成本之间的优化仍面临挑战。新一代 SiC 功率器件技术持续创新发展，沿着“平面型—沟槽型—超结型”的路径发展，器件结构与材料的耦合技术方案和工艺突破成为降低成本和提升可靠性的重点。国际上已经开展了如 SiC FinFET、超结 MOSFET 等相关研究，需要材料、芯片、封装集成与应用协同研发，推动 SiC 材料和器件技术持续创新。基于 GaN 芯片的高密度集成化电源模块逐渐成为高算力、高性能芯片提供优化供电方案，推动人工智能、自动驾驶、人形机器人等领域高质量发展。当前 GaN 器件主要应用于快充等小功率高密度的场景，进一步提出新型材料和器件结构，提高器件可靠性与抗辐照等性能，实现面向更多应用的高密度集成，是国际上各研究机构与企业正在攻关的难题。6G 预计将于 2030 年正式启动，频谱未来将向高频毫米波和太赫兹频段推进，当前全球业界对 6G 关键技术仍在探索中，一些

潜在的关键材料需要加大投入。为满足日益增长的多功能、高效率应用需求，GaN、氧化镓、金刚石及其他功能材料跨体系的异质异构集成和功能融合，开发新型器件成为新的发展趋势。第三代半导体在光电融合中的优势日益凸显，正通过材料创新和架构革新，重塑光通信、传感、显示等领域的技术路线。随着6G、人工智能、量子信息等需求爆发，其光电融合应用将向“更高频段、更低功耗、更高集成度”演进，成为后摩尔时代的关键使能技术。

面对国内外不确定性，提升协同创新能力，增强供应链自主性和韧性，抢占在国际竞争中的有利地位。经过多年的产学研融合发展，我国第三代半导体产业取得了长足进步，构建了比较完整的产业链，攻克了多项核心关键技术，培育了一批全球领先的企业龙头，培养了一支优秀的科研和工程化人才队伍，技术成熟度和产业化制造能力大幅提升，装备和原辅材料国产化加速，产品市场占有率日益提高，具备了重塑第三代半导体国际竞争格局的基础。但另一方面，面对国内外不确定的环境，产业仍需应对各方面的挑战：一是技术能力创新不足，与国际仍然存在差距。仍需加强“产、学、研、用”合作及产业链协同，打通基础理论研究、关键技术攻关、科研成果转化、产业示范应用、用户需求反馈迭代等直通循环渠道，共同推进关键核心技术攻关，提升具有国际竞争力的规模化制造能力。二是仍需优化要素供给保障，推进产业生态体系建设，不断强化政策、资本、人才等要素支撑效能。避免中低端产能低水平重复建设，推进产业结构优化和高质量发展。三是随着关税壁垒与地缘政治风险持续加剧，面对国内外

复杂环境，加强我国第三代半导体供应链的韧性和自主能力。产业链自主仍需政府、企业、资本等各主体保持投入强度，加强对前沿基础技术、产业薄弱环节、核心装备及材料的支持，保持在激烈的国际竞争处于有利地势。支持企业探索灵活生产与供应链体系布局，建立全球多源采购和销售网络，在关键市场设立本地化生产基地，降低贸易风险，形成“多节点备份、全链条可控”的韧性网络。深度参与第三代半导体领域相关的国际贸易规则 and 标准制定，加强知识产权布局，在关键材料和设备上加快技术突破，增强自主可控能力。为强化新质生产力、畅通国际国内双循环提供核心支撑，为建设科技强国与制造强国贡献第三代半导体产业力量。

附件：2024 年第三代半导体产业大事记（Top10）

- ◆ 6-8英寸蓝宝石基氮化镓中高压电力电子器件技术实现重大突破
- ◆ 垂直注入铝镓氮基深紫外发光器件的晶圆级制备
- ◆ 基于铟镓氮红光Micro-LED芯片的全彩显示技术
- ◆ 高功率密度、高能效比深紫外Micro-LED显示芯片
- ◆ 氮化镓中缺陷引起的局域振动的原子尺度可视化
- ◆ 千伏级氧化镓垂直槽栅晶体管
- ◆ 2英寸单晶金刚石异质外延自支撑衬底实现国产化
- ◆ 8英寸碳化硅材料和晶圆制造实现产业化突破
- ◆ 国产车规级碳化硅MOSFET器件实现新能源汽车电驱应用
- ◆ 氮化镓基蓝光激光器关键技术取得产业化突破



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

中国·北京市海淀区清华东路甲35号中科院半导体研究所院内5号楼5层(100083)

No.A35, QingHua East Road, Haidian District, Beijing P R China(100083)

Tel: 86-10-82388680 / 82386580

E-mail: casa@casa-china.cn Web: www.casa-china.cn

