

三安光电 (600703.SH)

化合物半导体龙头崛起, Mini LED 助力主业增长

深度布局化合物半导体, 氮化镓、碳化硅、砷化镓同步发力迈入收获期:

1. 氮化镓 (三代): GaN 适用高频、高功率且电压小于 600V 的场景。由于在高效率及小型化领域的优异性能, 氮化镓在射频、充电等多方面的优势明显。GaN 市场具有较高增速, 在射频、电力电子领域有广泛的潜在需求。从现在 5G 基站的加速建设角度来看, GaN 由于性能的优越, 以及 5G 基站对于射频爆发式增长的需求, GaN 有望实现快速渗透, 且随着规模化效应, 成本有望进一步下降, 再次助力全下游领域的渗透率提高。

2. 砷化镓 (二代): GaAs 由于高频、抗辐射、耐高温及发光效率高的特性被广泛应用消费电子射频领域 (PA 和 Switch) 以及光电子 Vcsel 等领域。随着 5G 拉动消费电子射频端对于 PA 和 Switch 价量的提升, 以及 GaAs 在 PA 等领域的占比不断提高, GaAs 将在射频领域进一步提高市场规模; 在 Vcsel 方面随着 3D 感应渗透率提高以及 5G 带动对于高速大容量光通讯的需求, GaAs 将会受到 Vcsel 这一新成长推手的帮助继续增长。

3. 碳化硅 (三代): SiC 在电压 600V 及以上的高功率领域具有优势。目前已被用于新能源汽车及风力等行业。根据 Yole, 2018 年 SiC 电力电子器件市场规模约 4 亿美元, 2023 年成长至 14 亿美元。SiC 目前在新能源汽车主要用于充电桩, 预计未来在汽车器件上将有更广阔的潜在用途。

定增募资继续深度布局 Mini LED 和 Micro LED。我们认为在 LED 行业 Mini 以及 Micro LED 具备清晰度、画质、厚度、反应速度等方面的优点, 渗透率将持续提高, 带来潜在需求空间。公司在 2019 年公告非公开募集 70 亿元, 用于投入总投资金额约 138 亿元的半导体研发与产业化项目 (一期), 主要投资于氮化镓、砷化镓、特种封装业务、以及公共配套板块。预计后续项目达产后预计实现年销售收入 82.44 亿元, 对应净利润 19.92 亿元, 将显著增厚公司业绩。

盈利预测与投资建议: 三安光电作为化合物半导体龙头企业, LED 主业逐渐触底回暖, 且格局优化、强者恒强; 公司砷化镓、氮化镓、碳化硅及滤波器等器件积极布局, 卡位下一代半导体制造领域, 率先迎来产品突破和放量。预计公司 2020~2022 年将实现归母净利润 20.55/29.20/37.00 亿元, 首次覆盖, 给予“买入”评级。

风险提示: LED 行业需求不达预期, 化合物半导体进展不达预期。

财务指标	2018A	2019A	2020E	2021E	2022E
营业收入 (百万元)	8,364	7,460	9,125	11,450	13,150
增长率 yoy (%)	-0.3	-10.8	22.3	25.5	14.8
归母净利润 (百万元)	2,830	1,298	2,055	2,920	3,700
增长率 yoy (%)	-10.6	-54.1	58.3	42.1	26.7
EPS 最新摊薄 (元/股)	0.69	0.32	0.50	0.72	0.91
净资产收益率 (%)	13.3	6.0	8.8	11.4	12.9
P/E (倍)	31.6	69.0	43.6	30.7	24.2
P/B (倍)	4.2	4.1	3.8	3.5	3.1

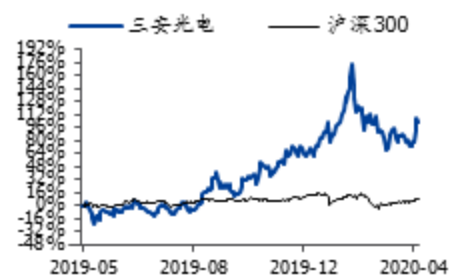
资料来源: 贝格数据, 国盛证券研究所

买入 (首次)

股票信息

行业	光学光电子
前次评级	
最新收盘价	23.28
总市值(百万元)	94,945.73
总股本(百万股)	4,078.42
其中自由流通股(%)	100.00
30 日日均成交量(百万股)	51.98

股价走势



作者

分析师 郑震湘

执业证书编号: S0680518120002

邮箱: zhengzhenxiang@gszq.com

分析师 余凌星

执业证书编号: S0680520010001

邮箱: shelingxing@gszq.com

研究助理 陈永亮

邮箱: chen Yongliang@gszq.com

相关研究

- 1、《三安光电 (600703.SH): LED 龙头地位稳固, 化合物布局再下一城》2019-02-18



财务报表和主要财务比率

资产负债表 (百万元)						利润表 (百万元)					
会计年度	2018A	2019A	2020E	2021E	2022E	会计年度	2018A	2019A	2020E	2021E	2022E
流动资产	13135	10263	17071	16607	21029	营业收入	8364	7460	9125	11450	13150
现金	4406	2318	3622	4545	5220	营业成本	4625	5269	6114	7440	7820
应收票据及应收账款	5099	2355	6763	4679	8462	营业税金及附加	105	107	124	154	182
其他应收款	56	43	79	74	101	营业费用	113	109	110	115	132
预付账款	666	290	880	588	1098	管理费用	501	504	538	458	658
存货	2680	3142	3613	4606	4033	研发费用	144	197	133	115	132
其他流动资产	228	2115	2115	2115	2115	财务费用	56	114	252	307	385
非流动资产	17654	19417	20926	23002	23775	资产减值损失	202	-175	27	34	39
长期投资	124	121	121	125	128	其他收益	612	658	584	618	620
固定资产	8912	9265	10966	12958	13848	公允价值变动收益	0	0	0	0	0
无形资产	3430	3889	4096	4328	4535	投资净收益	9	12	45	22	27
其他非流动资产	5188	6143	5743	5592	5265	资产处置收益	1	1	0	1	1
资产总计	30789	29681	37997	39609	44804	营业利润	3241	1592	2456	3469	4450
流动负债	5420	4604	11233	10643	12832	营业外收入	10	5	8	8	7
短期借款	2900	914	8089	5900	9299	营业外支出	3	5	7	5	6
应付票据及应付账款	1767	2536	2457	3618	2768	利润总额	3248	1591	2457	3471	4451
其他流动负债	753	1154	686	1125	765	所得税	418	292	403	551	751
非流动负债	4120	3332	3372	3401	3364	净利润	2830	1298	2055	2920	3700
长期借款	302	120	160	189	153	少数股东损益	0	0	0	0	0
其他非流动负债	3818	3212	3212	3212	3212	归属母公司净利润	2830	1298	2055	2920	3700
负债合计	9540	7935	14605	14044	16197	EBITDA	4791	3260	4245	5805	7225
少数股东权益	0	0	0	0	0	EPS (元)	0.69	0.32	0.50	0.72	0.91
股本	4078	4078	4078	4078	4078	主要财务比率					
资本公积	7079	7080	7080	7080	7080	会计年度	2018A	2019A	2020E	2021E	2022E
留存收益	10420	10907	12329	14363	16921	成长能力					
归属母公司股东权益	21249	21745	23392	25565	28608	营业收入(%)	-0.3	-10.8	22.3	25.5	14.8
负债和股东权益	30789	29681	37997	39609	44804	营业利润(%)	-15.9	-50.9	54.3	41.2	28.3
						归属于母公司净利润(%)	-10.6	-54.1	58.3	42.1	26.7
						获利能力					
						毛利率(%)	44.7	29.4	33.0	35.0	40.5
						净利率(%)	33.8	17.4	22.5	25.5	28.1
						ROE(%)	13.3	6.0	8.8	11.4	12.9
						ROIC(%)	10.1	4.9	6.3	9.1	9.6
						偿债能力					
						资产负债率(%)	31.0	26.7	38.4	35.5	36.1
						净负债比率(%)	13.5	10.1	33.6	18.8	26.2
						流动比率	2.4	2.2	1.5	1.6	1.6
						速动比率	1.8	1.0	0.9	0.9	1.1
						营运能力					
						总资产周转率	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
						应收账款周转率	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0
						应付账款周转率	3.5	2.4	2.4	2.4	2.4
						每股指标 (元)					
						每股收益(最新摊薄)	0.69	0.32	0.50	0.72	0.91
						每股经营现金流(最新摊薄)	0.82	0.68	-0.48	2.01	0.38
						每股净资产(最新摊薄)	5.21	5.33	5.74	6.27	7.01
						估值比率					
						P/E	31.6	69.0	43.6	30.7	24.2
						P/B	4.2	4.1	3.8	3.5	3.1
						EV/EBITDA	19.3	28.2	23.0	16.3	13.4

资料来源：贝格数据，国盛证券研究所

内容目录

一、LED龙头突进半导体领域	7
1.1 携手产业基金，从LED向半导体迈进	7
1.2 LED逐渐见底企稳，行业出清加速	9
二、向外拓展，深度布局化合物半导体	11
2.1 化合物半导体优势无数，下游应用渗透不间断	11
2.2 布局化合物半导体，进入收获期	14
三、氮化镓：高频率、高功率，面向射频及电力电子领域	16
3.1、GaN适用于高频、高功率、低压，硅基 GaN 快速兴起	16
3.2、射频领域：5G 基站、军工是 GaN 重要成长驱动	20
3.3、电力电子：快充应用快速增长，汽车潜在空间大	26
四、砷化镓：扎根消费电子射频领域，Vcsel 带动更大增长	32
4.1 射频：GaAs 未来高速发展之基石	34
4.2 Vcsel：光电子领域对 GaAs 的新推动力	37
五、碳化硅：高压、大功率器件核心材料，新能源汽车驱动成长	40
六、向下游布局 SAW 滤波器，直指终端应用	48
6.1 受益 5G，需求爆发	48
6.2 多年布局，蓄势待发	51
七、LED 渗透率有望持续提高，Mini/Micro 推动新成长	52
7.1 应用场景巨大，国内产能出清静待渗透率逐步提高	52
7.2 Mini/Micro LED 新型显示技术打开长期成长空间	53
7.3 行业库存下降，LED 行业逐渐筑底企稳	55
7.4 定增募资，加大砷码布局	56
八、盈利预测与投资建议	58
九、风险提示	59

图表目录

图表 1: 公司产业链垂直整合布局	7
图表 2: 三安光电股权结构	8
图表 3: 三安光电营业收入	9
图表 4: 三安光电归母净利润	9
图表 5: 三安光电利润率	9
图表 6: 三安光电研发费用	9
图表 7: LED 板块标的存货 (亿元)	10
图表 8: LED 板块标的 2020Q1 收入增速	10
图表 9: LED 板块标的毛利率表现	10
图表 10: 不同化合物半导体应用领域	11
图表 11: 化合物半导体材料性能更为优异	11
图表 12: 半导体材料演进图	12
图表 13: 不同化合物半导体的优势领域	12
图表 14: 2017 年我国 SiC、GaN 电力电子及射频产业产值 (亿元)	13
图表 15: 2018 年我国 SiC、GaN 电力电子及射频产业产值 (亿元)	13
图表 16: 我国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场规模预估 (亿元)	13

图表 17: 2018 年我国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场分布.....	14
图表 18: 公司产业布局示意图.....	15
图表 19: 三安集成全面布局化合物制造工艺平台.....	15
图表 20: 氮化镓性能对比.....	16
图表 21: 氮化镓器件结构示意图.....	16
图表 22: 氮化镓的下游应用.....	17
图表 23: GaN 不同衬底的比较.....	17
图表 24: 硅基 GaN 市场快速增长.....	18
图表 25: RF GaN 新增专利数量 (个), 硅基 GaN 技术专利更为活跃.....	18
图表 26: GaN 不同衬底路径布局概览图.....	19
图表 27: GaN 产业链整合.....	19
图表 28: 6 寸 GaN 单片成本下降趋势.....	20
图表 29: GaN 功率器件功率密度 (W/in).....	20
图表 30: 不同 GaN 器件的应用范围.....	20
图表 31: RF GaN 市场规模预期.....	21
图表 32: 氮化镓射频器件市场结构 (百万美元, 2019 至 2023 年为 Yole 预测值).....	21
图表 33: 我国 GaN 射频器件应用市场规模预估 (亿元).....	22
图表 34: 2018 年我国 GaN 射频器件应用市场分布.....	22
图表 35: GaN 较 GaAs 大幅减少体积.....	23
图表 36: GaN 在基站侧的应用.....	23
图表 37: 基站 GaN、GaAs、LDMOS 的比重.....	24
图表 38: 国际上已经商业化的 RF GaN 工作频率范围.....	24
图表 39: 全球 GaN 市场份额.....	25
图表 40: 海外 RF GaN 厂商布局.....	25
图表 41: 国内 GaN 厂商布局.....	26
图表 42: 2018 年全球 GaN 功率器件市场快速增长.....	26
图表 43: 2018 年全球 GaN 功率器件市场划分.....	27
图表 44: 快充行业功率芯片公司.....	27
图表 45: 纳微产品列表.....	28
图表 46: anker 采用了 PI 的 SC1933 氮化镓功率产品.....	28
图表 47: anker 另一款产品采用纳微的 GaN 功率芯片和驱动.....	28
图表 48: 主流氮化镓快充芯片方案.....	29
图表 49: 国内功率 GaN 器件布局.....	30
图表 50: 芯片封装形式发展趋势.....	31
图表 51: 国内功率 GaN 器件布局.....	31
图表 52: GaAs 和 Si 材料比较.....	32
图表 53: GaAs 衬底出货量.....	32
图表 54: GaAs 外延片出货量.....	32
图表 55: 中国砷化镓元件市场规模 (亿元).....	33
图表 56: 全球砷化镓外延片市场竞争格局.....	33
图表 57: 全球砷化镓晶圆制造市场竞争格局.....	33
图表 58: 目前 PA 产品市场占比.....	34
图表 59: PA 产品代工厂营收占比情况.....	34
图表 60: GaAs 在射频器件中的应用.....	34
图表 61: GaAs 在各下游领域占比情况.....	35
图表 62: 消费电子终端 GaAs 材质 PA 渗透率逐步提升.....	35
图表 63: 全球射频前端市场规模预测 (亿美元).....	35

图表 64: 全球射频开关销售收入 (亿美元)	36
图表 65: PA 价值量明显受益 4G 发展趋势 (美元)	36
图表 66: Qorvo 氮化镓射频器件工艺制程	36
图表 67: GaAs 晶圆和外延片的主要应用	37
图表 68: 用于光电子领域的砷化镓出货量预计	37
图表 69: Vcsel 工作原理示意图	38
图表 70: 三星 Galaxy Note 10+ ToF 结构中的 VCSEL	38
图表 71: 采用氮化铝 (AlN) 腔体封装的 Finisar 大功率 VCSEL	38
图表 72: 3D Image 和 Sensing 收入按市场类别划分 (百万美元)	39
图表 73: 2019 至 2025 各领域 3D 感知市场占比 (内 2019, 外 2025)	39
图表 74: 2017 至 2027 年 GaAs 产业演进过程: 从手机到汽车	39
图表 75: SiC 特性和优势	40
图表 76: SiC 应用领域	40
图表 77: SiC 下游应用比例	40
图表 78: 碳化硅市场空间 (百万美元)	41
图表 79: SiC 较 Si 基产品能够大幅减少 Die Size	42
图表 80: 目前的主流 SiC 和 Si 基 IGBT 产品	42
图表 81: 硅基 IGBT 与碳化硅基 MOSFET wafer cost 对比	42
图表 82: SiC 衬底尺寸发展趋势	43
图表 83: SiC 衬底价格 (元/cm ²)	43
图表 84: SiC 外延片成本结构	43
图表 85: SiC 外延片价格 (元/cm ²)	43
图表 86: SiC 肖特基器件的耐压分布	44
图表 87: 集成 SiC MOSFET 和 SBD 器件的 SiC 模块性能	44
图表 88: SiC 在 MOSFET 里占比不断提升	45
图表 89: SiC MOSFET 器件未来市场分布	45
图表 90: 车用电机控制器逆变装置中功率模块的器件材料用量份额趋势	45
图表 91: DC-DC 转换器中功率器件的应用趋势	45
图表 92: SiC 衬底市场份额	46
图表 93: SiC 器件市场份额	46
图表 94: 海外 SiC 产业链	46
图表 95: 国内 SiC 产业链	47
图表 96: 手机通信模块主要构成	48
图表 97: 移动通讯技术的变革路线图	48
图表 98: 不同机型 滤波器种类及数量情况 (个)	49
图表 99: 智能手机单机所用滤波器价值量 (美元)	49
图表 100: 全球滤波器市场规模测算 (2023 年数据为预测值)	49
图表 101: 全球手机用滤波器测算	50
图表 102: SAW 滤波器在手机内价值量变化及其 CAGR (2023 年数据为预测值)	51
图表 103: LED 行业应用领域占比分布情况	52
图表 104: 2010-2018 年 LED 在通用照明领域的渗透率统计情况	52
图表 105: 2006-2018 年中国 LED 行业市场规模统计及增长情况	52
图表 106: 中国 LED 市占率情况	53
图表 107: 2017/2018 年全球 LED 芯片市占率对比 (内 2017, 外 2018)	53
图表 108: TFT-LCD、OLED、Micro-LED、Mini LED 结构对比图	53
图表 109: LCD、OLED、Micro-LED 优势对比	54
图表 110: Micro LED 预期商业化进程	54

图表 111: Micro-LED、Mini-LED、传统 LED 的性能对比.....	55
图表 112: 华灿光电库存及库存水位 (亿元)	56
图表 113: 华灿光电存货周转天数.....	56
图表 114: 聚灿光电库存及库存水位 (亿元)	56
图表 115: 聚灿光电存货周转天数.....	56
图表 116: 公司募集资金用途 (亿元)	56
图表 117: 半导体研发与产业化项目 (一期) 具体规划 (亿元)	57
图表 118: 公司业绩拆分	59
图表 119: 可比公司估值比较 (三安光电盈利预测为国盛电子测算; 可比标的盈利预测取 wind 一致预期)	59

一、LED 龙头突进半导体领域

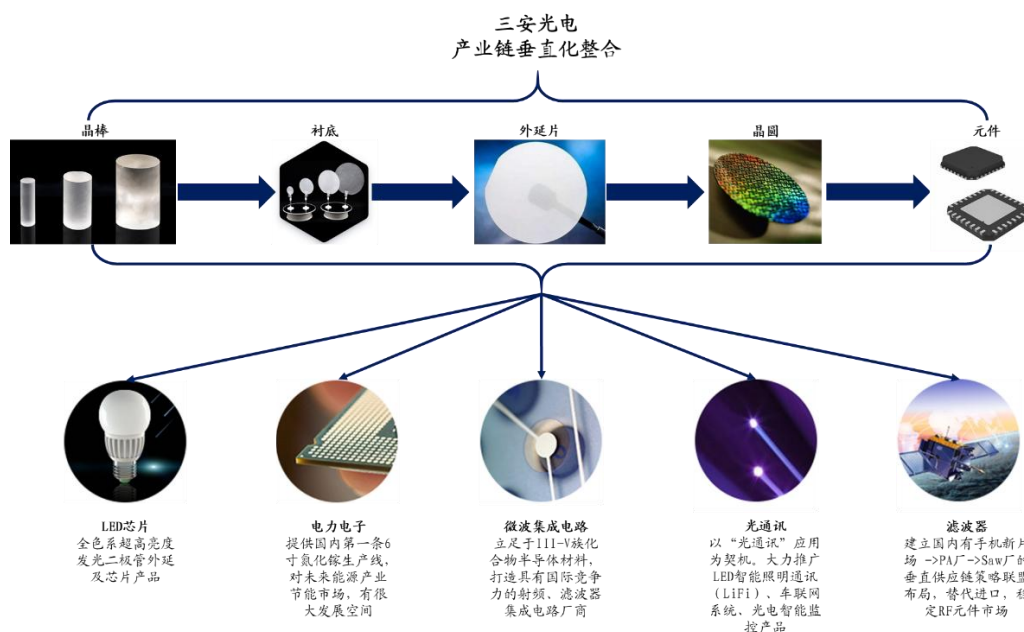
三安光电主要从事全色系超高亮度 LED 外延片、芯片、III-V 族化合物半导体材料、微波通讯集成电路与功率器件、光通讯元器件等的研发、生产与销售，产品性能指标居国际先进水平。公司凭借强大的企业实力，继 2014 年扩大 LED 外延芯片研发与制造产业化规模、同时投资集成电路产业，建设砷化镓高速半导体与氮化镓高功率半导体项目之后，2018 年三安光电在福建泉州南安高新技术产业园区，斥资 333 亿元投资 III-V 族化合物半导体材料、LED 外延、芯片、微波集成电路、光通讯、射频滤波器、电力电子、SIC 材料及器件、特种封装等产业。

1.1 携手产业基金，从 LED 向半导体迈进

三安光电主要从事全色系超高亮度 LED 外延片、芯片、化合物太阳能电池及 III-V 族化合物半导体等的研发、生产与销售，总部及产业基地布局在厦门、天津、安徽、福建等多地。

从 LED 到化合物半导体，产业链垂直化整合布局。公司从 III-V 族化合物半导体材料应用开始，以芯片为核心主业，分为可见光、不可见光、通讯以及功率转换等领域。一方面，公司传统的可见光业务迅速发展，LED 产能不断扩张，并紧随行业发展趋势，积极布局新应用领域 Mini LED、Micro-LED 等；一方面，公司积极推进不可见光业务布局，稳步推进砷化镓 PA 和氮化镓电力电子集成芯片国内外客户验证，进一步推进光通讯和滤波器业务布局。传统业务与新型业务齐头并进，巩固公司行业龙头地位。

图表 1：公司产业链垂直整合布局



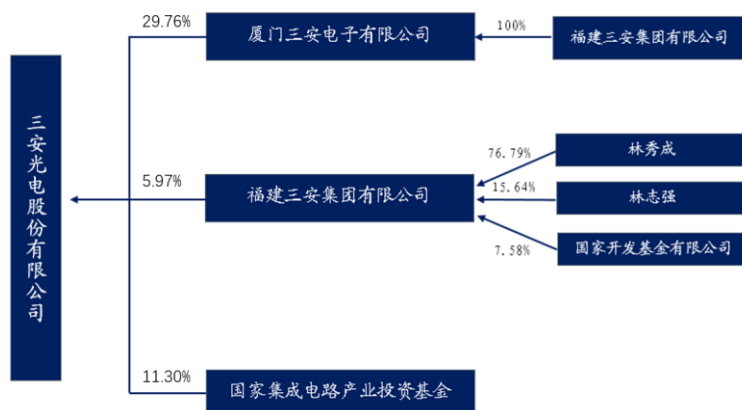
资料来源：国盛电子根据公司官网绘制，国盛证券研究所

联合产业基金战略布局 III-V 族化合物，未来成长动能充沛。三安光电同时与华芯投资管理有限责任公司（大基金的唯一管理机构）、国家开发银行、福建三安集团有限公司约

定四方建立战略合作关系，大力支持公司发展以 III-V 族化合物半导体为重点的集成电路业务。

继续引入战略投资者，有望顺利改善控股股东财报结构。根据 2019 年 1 月 21 日公告，兴业信托、泉州金控、安芯基金与三安集团签署《战略合作框架协议》。兴业信托、泉州金控、安芯基金向三安集团增资和提供流动性不低于 60 亿元，我们认为方案顺利实施后，可以大幅增加公司控股股东的现金流，改善财务结构，降低控股股东股权质押比例。

图表 2: 三安光电股权结构

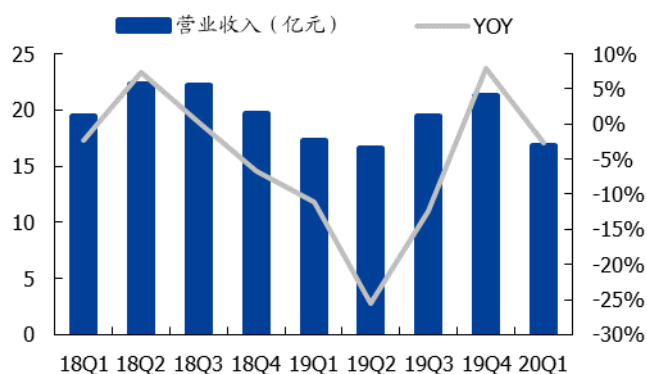


资料来源: Wind, 国盛证券研究所

1.2 LED 逐渐见底企稳，行业出清加速

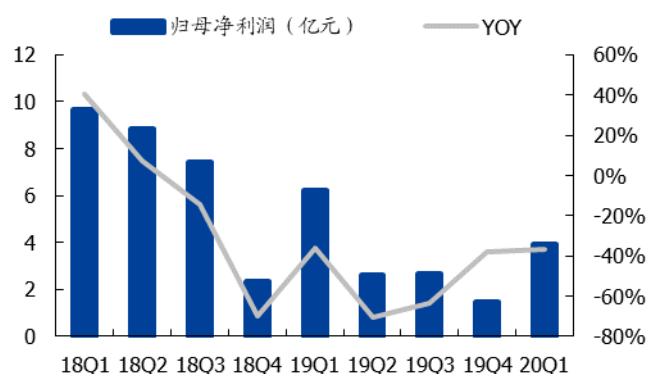
2019 年，公司实现营业收入 74.60 亿元，同比下降 10.81%；归母净利润为 12.98 亿元，同比下降 54.12%。2020Q1，公司实现营业收入 16.82 亿元，同比下降 2.74%；归母净利润为 3.92 亿元，同比下降 36.95%。2020Q1，LED 主业受疫情影响较大，3 月份销售收入才得到有效提升，化合物半导体进展顺利。

图表 3: 三安光电营业收入



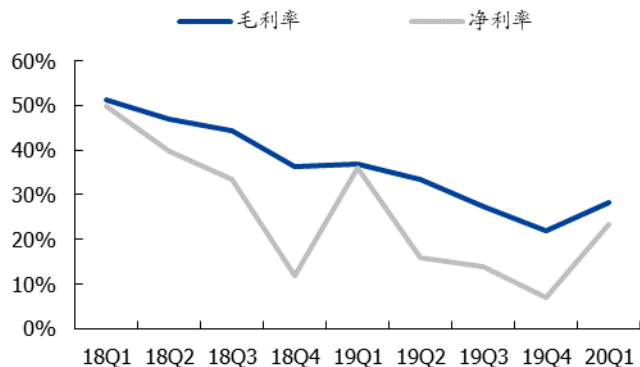
资料来源: wind、国盛证券研究所

图表 4: 三安光电归母净利润



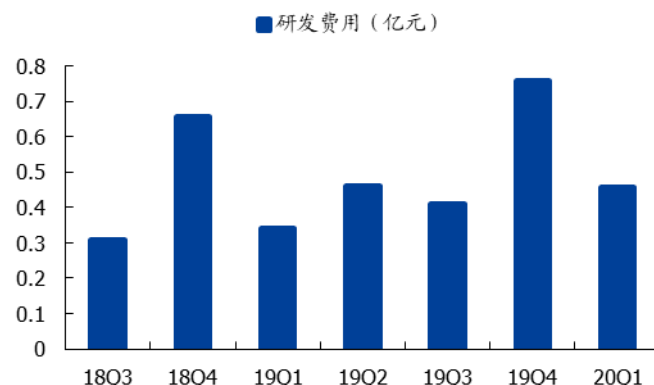
资料来源: wind、国盛证券研究所

图表 5: 三安光电利润率



资料来源: wind、国盛证券研究所

图表 6: 三安光电研发费用



资料来源: wind、国盛证券研究所

研发强度继续增强，针对化合物半导体及高端 LED 做重点投入。2019 年，公司研发费用为 1.97 亿元，同比增长 36.44%。公司聚集了一批国内外一流的半导体研发技术专家，2019 年公司研发人员数量为 2099 人，占公司总人数的 17.33%，同比增长 347 人。

三安集成认可度和行业趋势已现，各产品线取得明显进展。三安集成在 2019 年全年实现收入 2.41 亿元，同比增长 40.67%；2020Q1 实现收入 1.66 亿元。2019 年，砷化镓出货客户累计超过 90 家；氮化镓产品重要客户实现批量生产，产能爬坡；电力电子客户累计超过 60 家；光通讯向高附加值产品突破；滤波器产品有望在 2020 年实现销售。

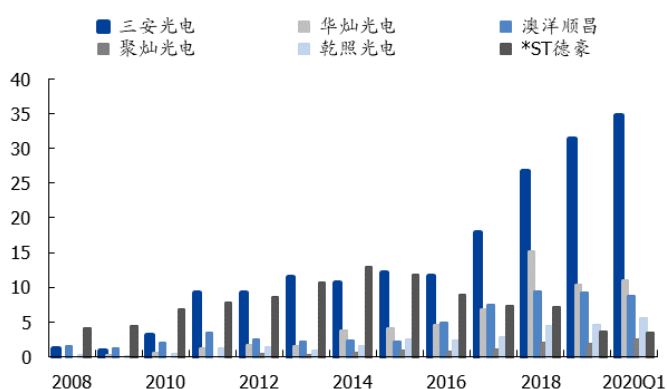
LED 处于底部，价格趋于相对稳定。LED 供需结构阶段性失衡，产品价格下降。经过一段时间调整，中低端产品单价目前相对稳定。公司持续优化产品结构、实现差异化竞争，

现有产线基础上，积极布局 Mini/Micro LED、高光效 LED、车用 LED、紫外/红外 LED 等新兴应用领域。

三安光电作为化合物半导体龙头企业，LED 主业逐渐趋稳，格局优化、产能出清，在砷化镓、氮化镓、碳化硅及滤波器等领域积极布局，预计公司的化合物半导体业务将逐步起量。

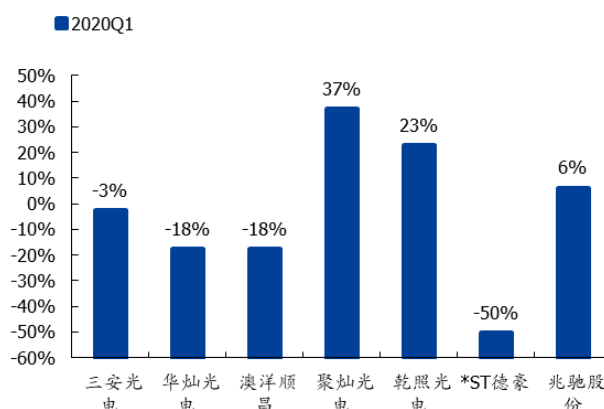
LED 板块存货绝对值增长放缓，行业逐渐触底。2019 年低端 LED 降幅已收敛，高端还有部分下降，整个 LED 的价格底部逐渐出现。2019 年，存货增速已经放缓，随着行业回暖，报表压力有望逐渐下降。

图表 7: LED 板块标的的存货 (亿元)



资料来源: Wind, 国盛证券研究所

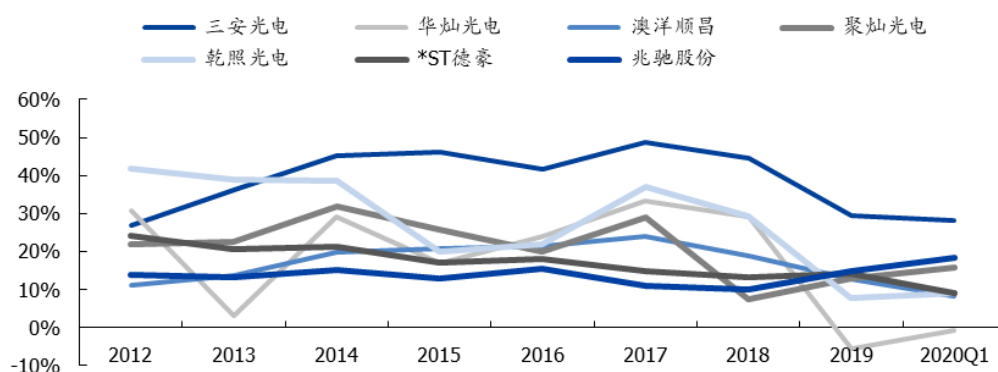
图表 8: LED 板块标的的 2020Q1 收入增速



资料来源: Wind, 国盛证券研究所

三安光电作为行业龙头，毛利率一直领先于同行。三安在技术、规模等方面具有优势，随着 LED 产能的出清，三安光电在 LED 行业有望进一步巩固其行业龙头地位。三安光电保持一定的扩产速度，在相对竞争优势下，份额还有望进一步提升。等 LED 行业触底回暖，利润弹性将进一步增加。

图表 9: LED 板块标的的毛利率表现



资料来源: wind, 国盛证券研究所

二、向外拓展，深度布局化合物半导体

2.1 化合物半导体优势无数，下游应用渗透不间断

第二代化合物半导体典型代表为 **GaAs**，第三代化合物半导体典型代表为 **GaN**、**SiC**。半导体材料可分为单质半导体及化合物半导体两类，前者如硅（Si）、锗（Ge）等所形成的半导体，后者为砷化镓（GaAs）、氮化镓（GaN）、碳化硅（SiC）等化合物形成。砷化镓（GaAs）、氮化镓（GaN）和碳化硅（SiC）半导体分别作为第二代和第三代半导体的代表，相比第一代半导体高频性能、高温性能优异很多。

化合物半导体主要应用于（1）光电子，如 **LED**、激光器等；（2）射频通信，如 **PA**、**LNA**。开关、滤波器等；（3）电力电子，如二极管、**MOSFET**、**IGBT** 等。

图表 10: 不同化合物半导体应用领域

产业分类	器件	材料	应用领域
光电子	光子集成电路、激光器、LED、光探测器、光伏器件等	GaAs, InP, GaN	光纤通信、光无线通信、数据中心、通用照明、大尺寸显示屏、光伏电池等
射频通信	功率放大器（PA），LNA、射频开关、滤波器、混频器、振荡器、单片微波集成电路等	GaAs, InP, GaN	移动通信设备和基站、军用/民用雷达、WiFi/蓝牙模组、卫星通信、CATV等
电力电子	肖特基势垒二极管（SBD）、MOSFET、IGBT	GaN, SiC, Si	家用电器、新能源汽车、UPS、光伏/风能电站、智能电网、高速列车等
量子高端集成电路	—	GaAs, InP等	高性能计算机、服务器、光子计算机、量子计算机等

资料来源：国盛证券研究所根据三安集成官网整理

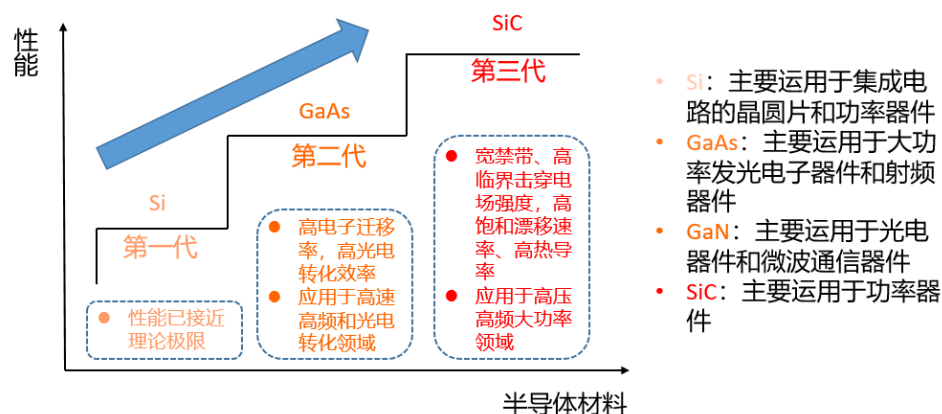
三大化合物半导体材料中，**GaAs** 占大头，主要用于通讯领域，全球市场容量接近百亿美元，主要受益通信射频芯片尤其是 PA 升级驱动；**GaN** 大功率、高频性能更出色，主要应用于军事领域，目前市场容量不到 10 亿美元，随着成本下降有望迎来广泛应用；**SiC** 主要作为高功率半导体材料应用于汽车以及工业电力电子，在大功率转换应用中具有巨大的优势。

图表 11: 化合物半导体材料性能更为优异

材料	Si	GaAs	GaN
高频性能	差	好	好
高温性能	差	好	好
发展阶段	成熟	发展中	初期
制造成本	低	高	很高
应用领域	超大规模集成电路与器件	微薄集成电路与器件	大功率器件

资料来源：yole development，国盛证券研究所整理

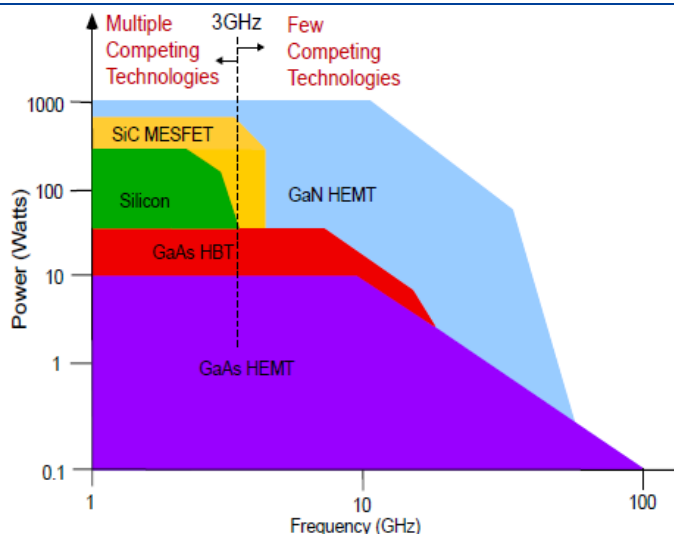
图表 12: 半导体材料演进图



资料来源: yole development, 国盛证券研究所

氮化镓(GaN)和碳化硅(SiC)并称为第三代半导体材料的双雄, 由于性能不同, 二者的应用领域也不相同。由于氮化镓具有禁带宽度大、击穿电场高、饱和电子速率大、热导率高、化学性质稳定和抗辐射能力强等优点, 成为高温、高频、大功率微波器件的首选材料之一。

图表 13: 不同化合物半导体的优势领域



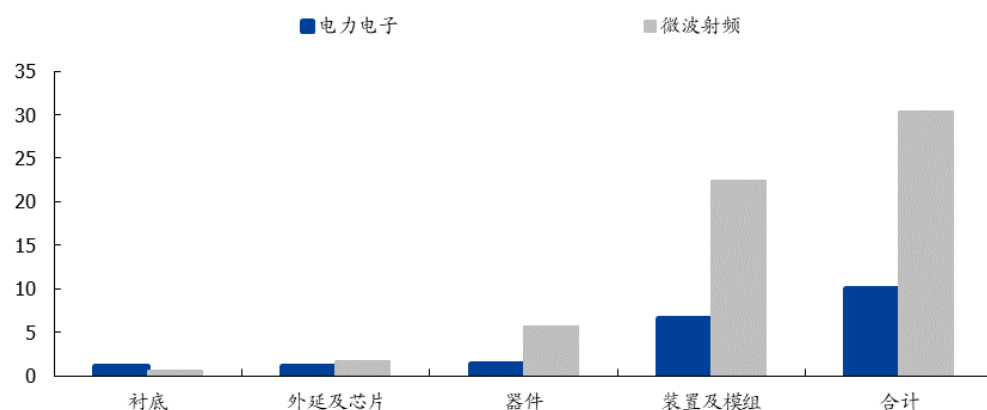
资料来源: 英飞凌, 国盛证券研究所

根据 CASA, 我国第三代半导体总产值约 7423 亿元 (包含半导体照明)。2018 年我国第三代化合物半导体电力电子产值近 12.3 亿元, 同比增长 13%; 微波射频产值 36.7 亿元, 同比增长 20%; 光电 (主要为半导体照明) 产值约 7374 亿元, 同比增长 13%。

根据 CASA 统计, 2018 年国内市场 SiC 和 GaN 电力电子器件的规模约为 28 亿元, 同比增长 56%, 预计未来五年复合增速为 38%。GaN 微波射频应用市场规模约为 24.49 亿元, 未来 5 年复合增速有望达 60%

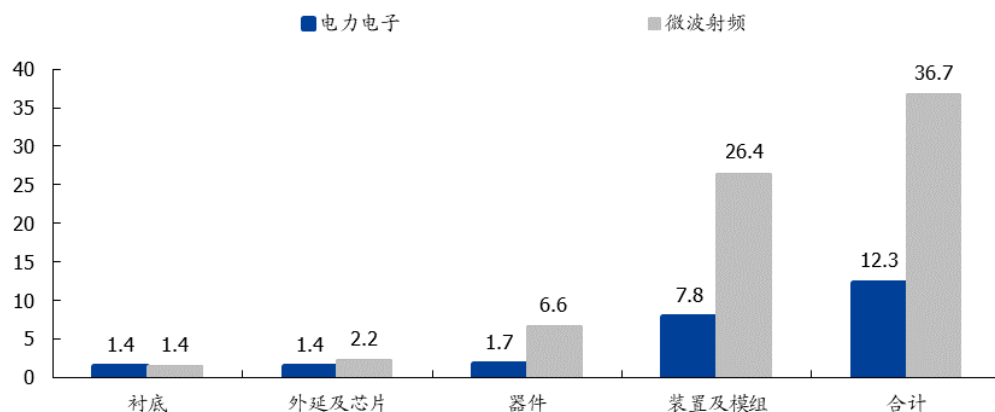
根据 CASA, 我国功率半导体市场国产化程度低, 其中 IGBT 约 90% 依靠进口。SiC、GaN 在电力电子领域渗透率约 1.5~1.9%, SiC、GaN 电力电子同样 90% 依赖于进口, 主要为 Cree、英飞凌、Rohm, 国产的功率器件目前仅在 SiC 二极管有量产销售突破。

图表 14: 2017 年我国 SiC、GaN 电力电子及射频产业产值 (亿元)



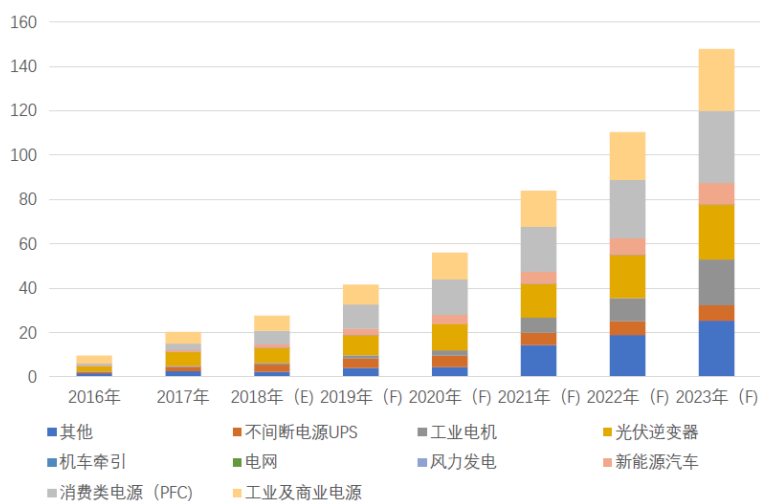
资料来源: CASA, 国盛证券研究所

图表 15: 2018 年我国 SiC、GaN 电力电子及射频产业产值 (亿元)



资料来源: CASA, 国盛证券研究所

图表 16: 我国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场规模预估 (亿元)



资料来源: CASA, 国盛证券研究所

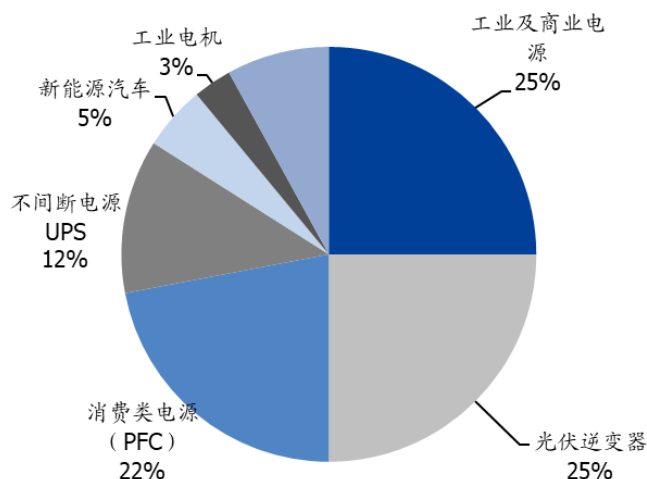
第三代半导体材料器件在太阳能光伏、新能源汽车和工业及商业应用三个领域取得较大进展。我国第三代半导体电力电子器件领域主要应用于工业及商业电源、消费类电源（PFC）、光伏逆变器、不间断电源（UPS）、新能源汽车和工业电机等。

其中，电源领域是第三代半导体电力电子器件领域最大的市场，规模约为 16.2 亿元，占到整个第三代半导体电力电子器件市场规模的近 58%。

光伏逆变器中 SiC 渗透率也逐年提升，目前规模达到 6.8 亿元，渗透率有望到 20%。

新能源汽车领域第三代电力电子器件市场规模目前 1.5 亿元，同比增长 87%，主要来自于充电桩贡献，新能源整车市场仍未起航，器件的渗透率有待进一步提升。据 CASA 测算，2018 年新能源汽车上功率电子器件的市场规模高达 6 亿元，而第三代半导体电力电子器件的市场规模仅 1700 万元。直流充电桩为例，电动汽车充电桩中的 SiC 器件的平均渗透率达到 10%。

图表 17: 2018 年我国 SiC、GaN 电力电子器件应用市场分布

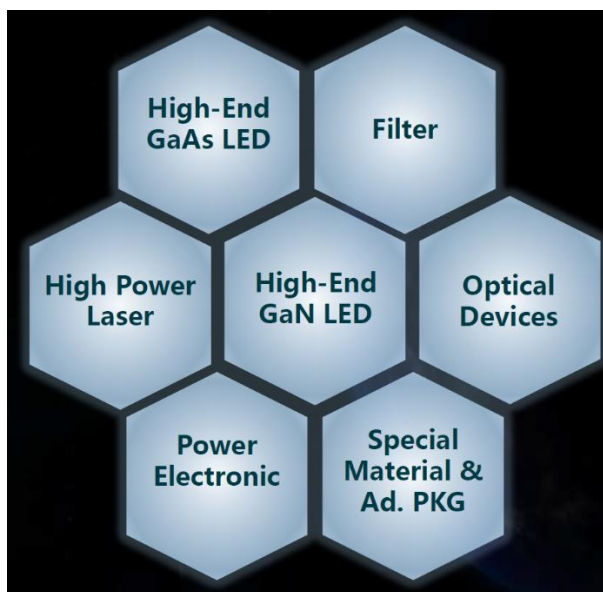


资料来源: CASA, 国盛证券研究所

2.2 布局化合物半导体，进入收获期

由三安光电研发的 III-V 族化合物半导体材料的应用领域从原有的 LED 外延片、芯片，延伸到了光通讯器件、射频与滤波器、功率型半导体三个新领域，基本涵盖了今后 III-V 族化合物半导体材料应用的重要领域。这一布局，除了将为三安光电每年在营收上带来贡献，进一步扩大公司体量。

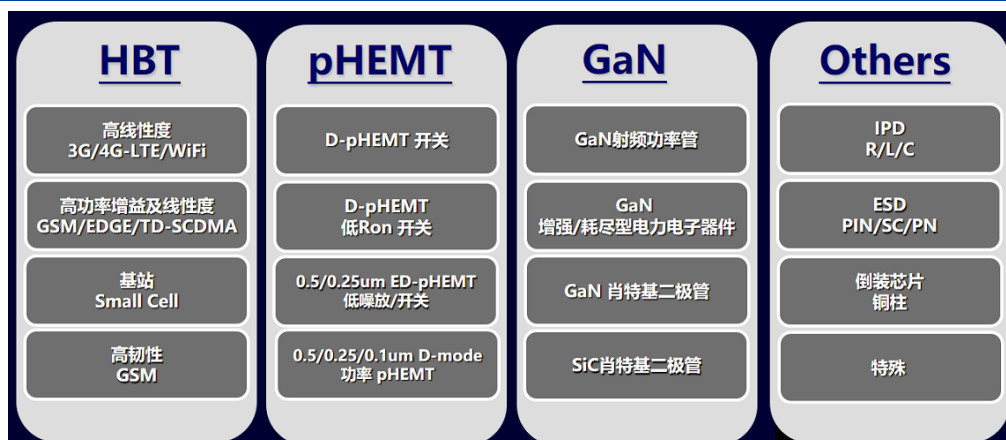
图表 18: 公司产业布局示意图



资料来源: 手机光纤在线, 国盛证券研究所

目前三安集成全工艺平台布局, 在 HBT、pHEMT、GaN 以及碳化硅领域均进行工艺开发及工艺鉴定试验:

图表 19: 三安集成全面布局化合物制造工艺平台



资料来源: 国盛证券研究所根据公司官网整理

根据三安集成官网所示, 三安公布商业版本的 6 英寸碳化硅晶圆制造流程, 宣布完成全部工艺鉴定试验, 并将其加入到代工服务组合中。公司目前生产的碳化硅晶圆, 是用于电力电子中电路设计的最成熟的宽禁带 (WBG) 半导体, 可以为 650V、1200V 和更高额定肖特基势垒二极管 (SBD) 提供器件结构, 不久后会推出针对 900V、1200V 和更高额定肖特基势垒二极管的碳化硅 MOS 场效应晶体管工艺 (SiC MOSFETs)。

另外在近日三安集成宣布推出针对应用于数据中心 AOC、光模块基于其 GaAs 技术平台的高速 25G VCSEL 芯片组及阵列系列, 可以结合三安集成的 25G 850nm PD 芯片, 为客户提供全套的低功耗、极具成本效益的 25G 收发组合芯片。以及同时宣布, 应用于高速宽带接入网络的 10G APD 芯片系列完成开发并进入批量生产阶段, 进一步丰富三安集成的光电产品系列。

三、氮化镓：高频率、高功率，面向射频及电力电子领域

3.1、GaN 适用于高频、高功率、低压，硅基 GaN 快速兴起

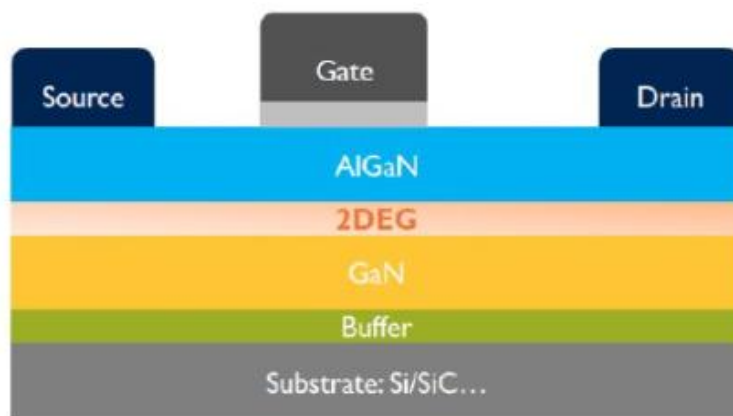
GaN 开关器件在理论上至少有 10 倍于 Si MOSFET 器件的开关速度。在一些高频领域具备很好的性能优势。GaN 器件的开关延时很短，导通损耗和开关损耗低，工作频率高。因而在软开关状态下比 Si MOSFET 优势器件优势明显。

图表 20: 氮化镓性能对比

Properties (at 300 K)	Units	Si	GaAs	4H-SiC	GaN
Bandgap E_g	eV	1.12	1.42	3.26	3.425
Breakdown electric field E_c	MV/cm	0.3	0.4	3	3.3
Intrinsic carrier concentration n_i	cm^{-3}	9.6×10^9	1.5×10^6	8.2×10^{-9}	1.9×10^{-10}
Electron mobility μ_N	$\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$	1500 (bulk) 300 (inv)	8500	1000	1250 (bulk) 2000 (2DEG)
Saturation velocity v_{sat}	$\times 10^7 \text{ cm/s}$	1	2.5	2	2.2
Relative permittivity ϵ_r		11.8	13.1	10	9
Thermal conductivity λ	$\text{W}\cdot\text{K}/\text{cm}$	1.5	0.43	4.9	1.3
Maximum working temperature T_{max}	$^{\circ}\text{C}$	150		760	800

资料来源: KEYSIGHT、国盛证券研究所

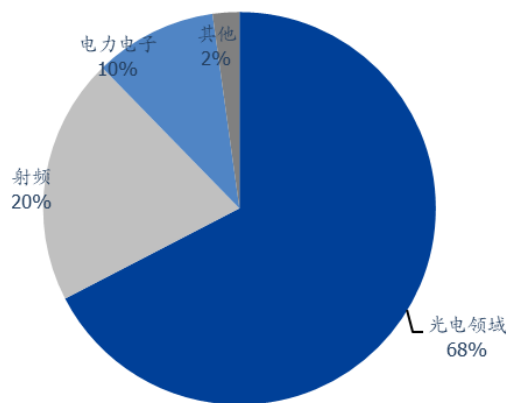
图表 21: 氮化镓器件结构示意图



资料来源: 第三代半导体联合创新孵化中心、国盛证券研究所

GaN 主要在低压 (0~400V)、高频应用，以及一些要求高效率或者小型化的领域具有竞争优势，比如 ITC 电源，笔记本电脑适配器，以及高频应用，如激光雷达驱动，高频无线充电，包络跟踪等。

图表 22: 氮化镓的下游应用



资料来源: 赛迪顾问、国盛证券研究所

目前, GaN 元器件衬底种类较多, 包括蓝宝石、SiC、Si、ZnO、GaN 等。

GaN 衬底: 主流产品 2~3 英寸为主, 日本住友电工占据寡头垄断地位。GaN 衬底产品主要应用于激光器, 诸如激光显示、激光存储、激光照明。随着大功率蓝绿激光二极管技术的逐渐成熟, GaN 衬底需求在增加。

SiC 衬底: 主流产品 4~6 寸为主, SiC 具有优良的导热性, 因此适用于 RF 领域。更高尺寸的 SiC 良率较低, 经济效益无法提升。

硅衬底: Si 衬底直径大、易于加工, 且生长速度较快, 能扩到 8 寸晶圆厂, 且现有 Si 晶圆产线成熟, 潜在的成本降低空间较大。主要问题是 Si 与 GaN 晶格失配率大, GaN 生长质量低, 目前良率较低, 因此一般用于较小的功率器件。比利时微电子研究中心 (IMEC) 已经展示了 8 英寸 GaN on Si 产品, 英飞凌也计划将 GaN 器件转移至 8 寸硅产线上。

蓝宝石衬底: 主流产品是 4 寸片。蓝宝石衬底化学稳定性和热稳定性好, 价格便宜, 但导电、导热性差, 因而不适用于大功率器件, 主要应用于 LED 市场, 蓝宝石衬底 GaN LED 比重较高。

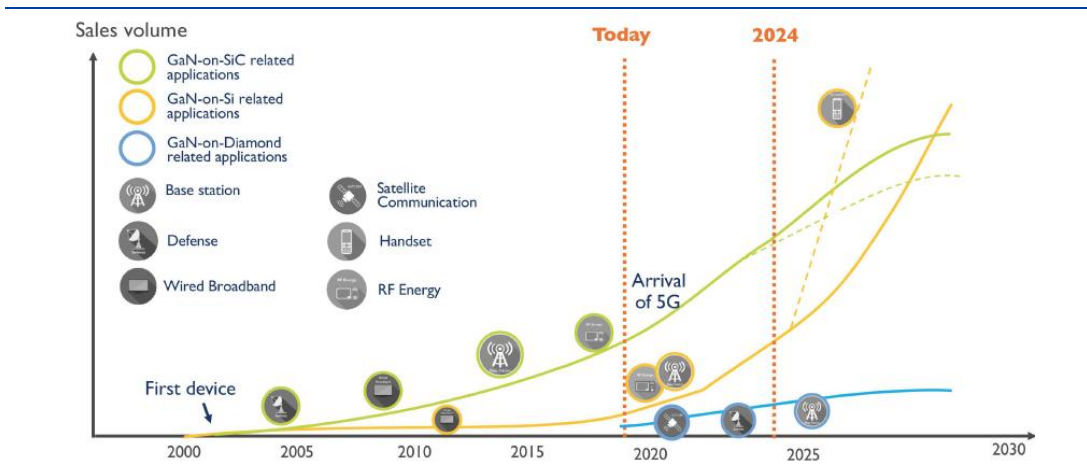
图表 23: GaN 不同衬底的比较

衬底材料	蓝宝石	SiC	Si	ZnO	GaN
晶格失配度	差	中	差	良	优
界面特性	良	良	良	良	优
化学稳定性	优	优	良	差	优
导热性能	差	优	优	优	优
热失配度	差	中	差	差	优
导电性	差	优	优	优	优
光学性能	优	优	差	优	优
机械性能	差	差	优	良	中
价格	中	高	低	高	高
尺寸	中	中	大	中	小

资料来源: 赛瑞研究、国盛证券研究所

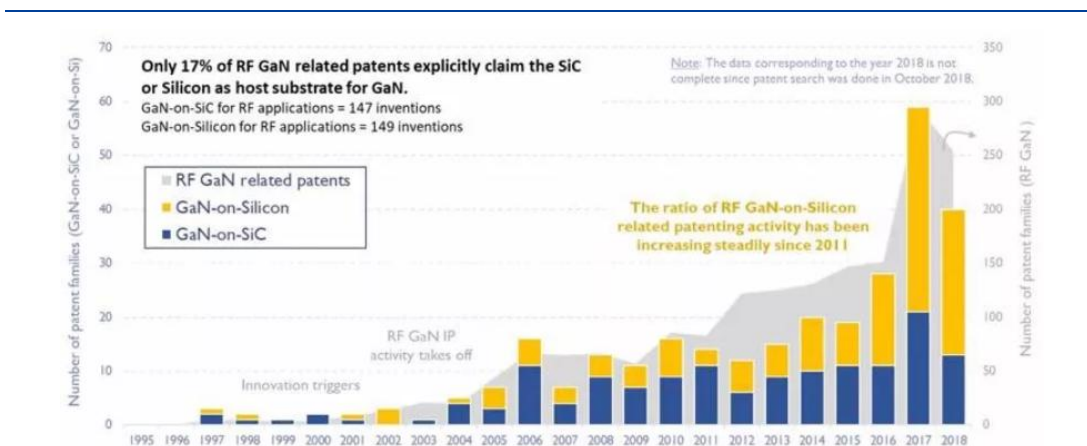
硅基 GaN 即将进入快速发展阶段。虽然 GaN 自支撑衬底缺陷密度较低，但由于成本高居不下，因此业界常以蓝宝石、SiC、硅作为衬底。现行 GaN 功率元件以 GaN on SiC 及 GaN on Si 两种晶圆进行制造。SiC 衬底虽然和 GaN 匹配更好，但是具有较高成本，因此众多厂商在积极推进 GaN on Si 布局。2016 年之后，GaN on Si 技术逐渐成熟，GaN 器件进入快速成长期，新增专利布局大多集中于硅基 GaN，即可以看到 GaN 目前也是众厂商持续投入的领域。未来随着硅基 GaN 的应用成熟，可以进一步降低成本。

图表 24: 硅基 GaN 市场快速增长



资料来源: Yole、国盛证券研究所

图表 25: RF GaN 新增专利数量 (个)，硅基 GaN 技术专利更为活跃

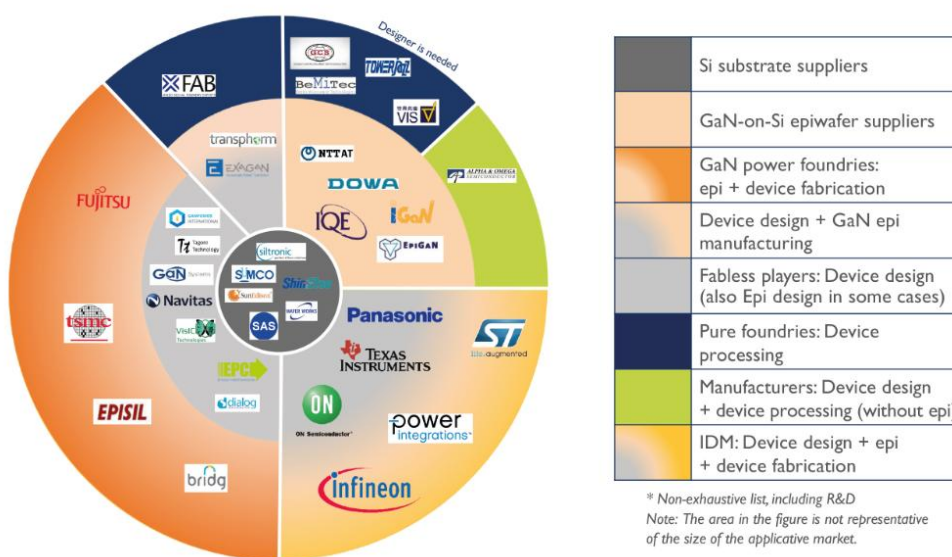


资料来源: Yole、国盛证券研究所

GaN 市场方兴未艾，众多厂商纷纷布局。IDM 厂商包括 Cree、Qorvo、住友电工等。代工厂商包括台湾稳懋、Cree。外延片厂商包括英国 IQE。SiC 衬底包括 Cree、II-VI 等。国内制造及 IDM 主要由三安集成（三安光电）、海威华芯、苏州通讯、中电科；国内设计包括远创达、Ampleon；国内 SiC 衬底有天科合达、天岳、中电科。

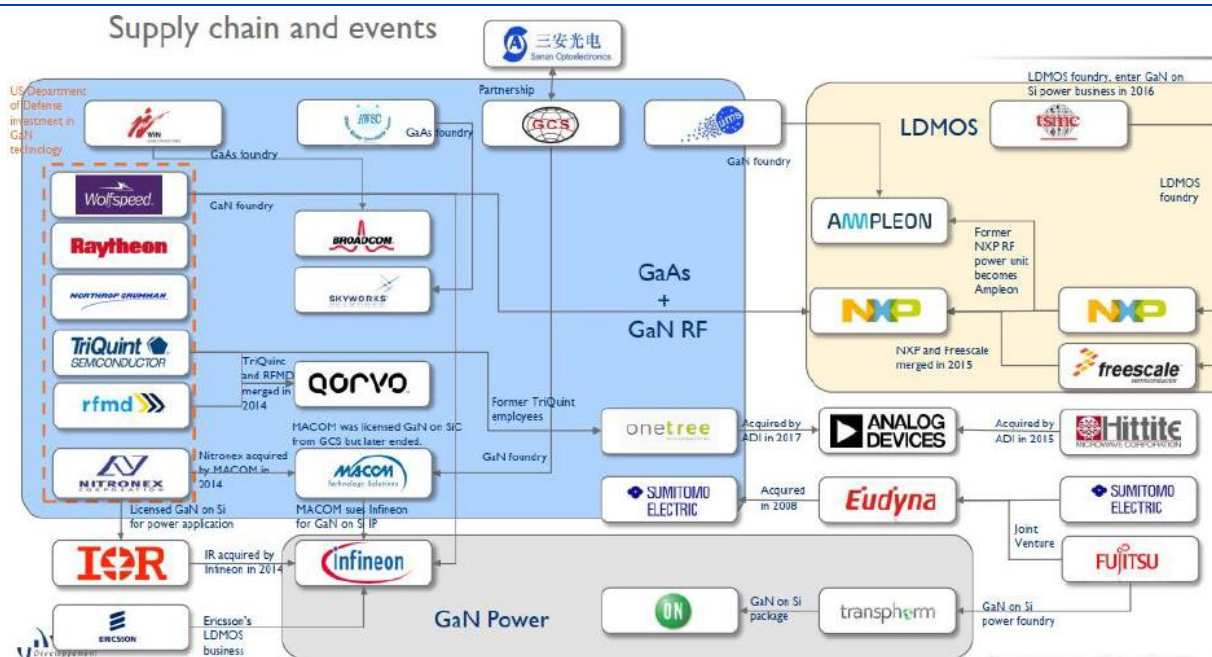
GaN 衬底及外延片均受海外厂商主导。GaN 产业链包括衬底、外延、芯片设计、芯片制造、封测、应用等垂直分布环节。日本厂商在 GaN 衬底占据领先地位，以 2~3 英寸为主，GaN 衬底单价较高，主要面向科研、激光显示、射频、电力电子等高端市场。在外延片方面，4~6 英寸 Si 基 GaN 外延片已经实现量产，目前市场份额最高的是住友电工、Cree、Qorvo 等三家厂商。Cree 收购整合 wolfspeed，在基于 SiC 衬底的 GaN 具有较强技术优势，具有较高电子迁移率。住友电工也是 RF GaN 器件的市场领导者。Qorvo 的 GaN 产品在国防和航天领域市占率第一名。富士通、东芝、三菱电机等也在积极布局。

图表 26: GaN 不同衬底路径布局概览图



资料来源: Yole, 国盛证券研究所

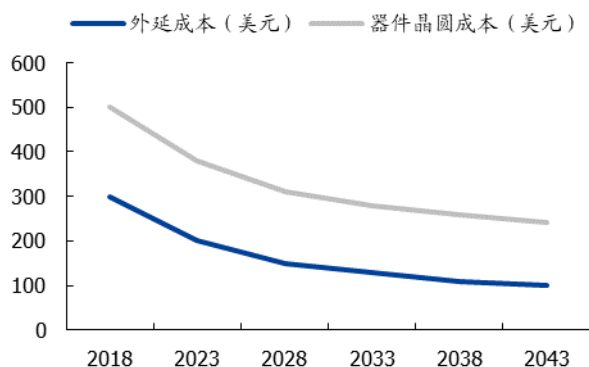
图表 27: GaN 产业链整合



资料来源: Yole, 国盛证券研究所

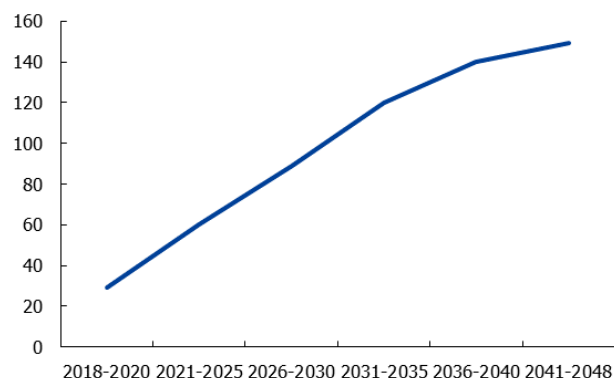
GaN 器件成本外延占比高, 未来有较大下降空间。目前, GaN 器件的售价还比较高, 是同电压等级的 Si 器件的 4~5 倍。GaN 器件的成本主要来源于外延部分。根据 CASA, 2017 年底 6 寸硅片的价格在 30~35 美元, 外延成本每片大约在 300 美元, 器件工艺成本接近 150 美元。由此原材料和能源和工艺成本在 500 美元左右, 其中外延占据接近 2/3 的成本。2017 年底每片 6 寸器件晶圆的售价接近 1500 美元, 未来有较大下降空间。

图表 28: 6 寸 GaN 单片成本下降趋势



资料来源: CASA、国盛证券研究所

图表 29: GaN 功率器件功率密度 (W/in)



资料来源: CASA、国盛证券研究所

GaN 在射频和电力电子均有较大发展潜力。GaN 目前主要应用于光电子、射频、电力电子。随着未来 GaN 技术的发展,更大尺寸、更低成本以及更成熟的硅基 GaN、增强热导性能的金钢石基 GaN 发展会越来越成熟, GaN 也将被应用到 PA 以外的射频器件,诸如 LNA、Switch 等。电力电子随着新能源汽车、光伏产业发展,也具有较大发展潜力。

图表 30: 不同 GaN 器件的应用范围

器件类型	器件产品	应用领域	制造工艺	外延片	工艺制程
射频器件	PA、LNA、开关器、MMIC 等	基站、卫星、雷达等	HEMT、HBT	GaN-on-SiC , GaN-on-Si	0.5 μ m-0.25 μ m 向 0.15 μ m-0.1 μ m 过渡
电子电力器件	SBD、常关型 FET、常开型 FET、Cascode FET 等	无线充电、电源开关、包络跟踪、逆变器、换流器等	SBD、PowerFET	GaN-on-Si	0.5 μ m-0.25 μ m

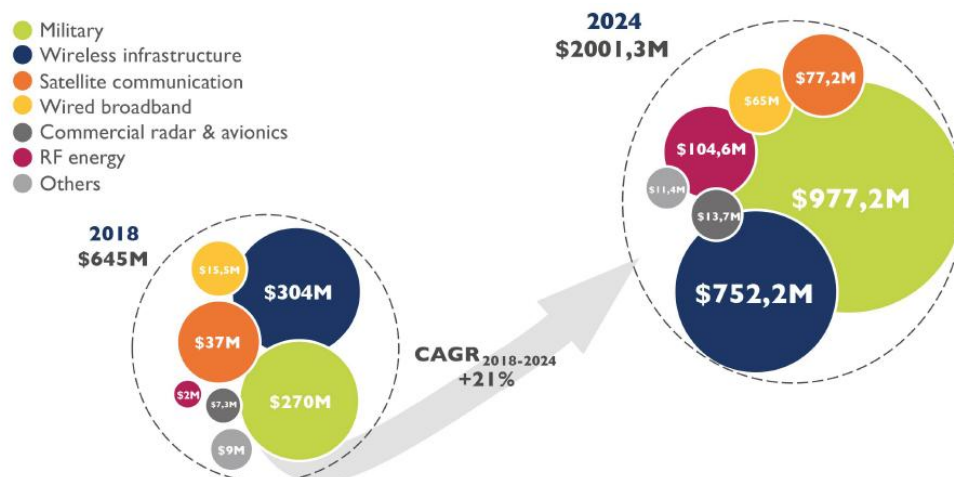
资料来源: 赛迪顾问、国盛证券研究所

3.2、射频领域: 5G 基站、军工是 GaN 重要成长驱动

氮化镓作为一种宽禁带半导体,具有高功率密度、低能耗、适合高频率、支持宽带宽等特点,是实现 **5G** 的关键材料。GaN 的禁带宽度是 Si 的 3 倍,击穿电压是 Si 的 10 倍,因而在电力电子领域用于替代 Si 作为化合物半导体器件。同时, GaN 拥有更高效率、更大带宽、更高功率,可以输出更高的频率,因而广泛应用于射频领域。

RF GaN 复合增速为 22%,下游应用领域以军工、基站为主。根据 Yole, RF GaN 市场会从 2018 年的 6.45 亿美元增长至 2024 年的 20.01 亿美元,复合增速为 21%。从应用结构上看,2018 年分别为基站 3.04 亿美元、军工 2.70 亿美元、卫星通信 0.37 亿美元。

图表 31: RF GaN 市场规模预期

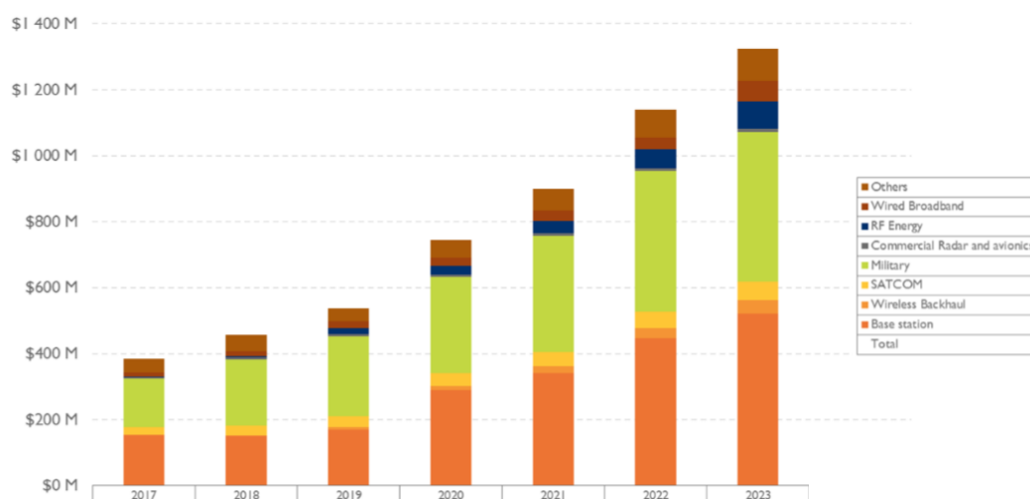


资料来源: Yole、国盛证券研究所

RF GaN 器件应用广泛，渗透率为 25%。RF GaN 器件已成功应用于众多领域，广泛应用于基站、雷达和航空中，对 LDMOS 形成较强替代相应。据 Yole 统计，2018 年全球 3W 以上 GaN 射频器件（不含手机 PA）市场规模达到 4.57 亿美元，在射频器件市场（包含 SiLDMOS、GaAs 和 GaN）的渗透率超过 25%，同比提升 5 个百分点。未来 5~10 年，GaN 有望取代 LDMOS，成为 3W 以上的 RF 功率应用主流技术。

基站建设将是 RF GaN 市场成长的主要驱动力之一。根据 Yole，2018 年基站端氮化镓射频器件市场规模需求 3.04 亿美元，到 2023 年达到 7.52 亿美元。根据 CASA 预估，全球移动通信基站射频功率器件市场规模约 10 亿美元，国内中兴、华为、大唐总需求约 3~4 亿美元，GaN 渗透率目前约 8~12%。空间巨大且正在快速渗透。

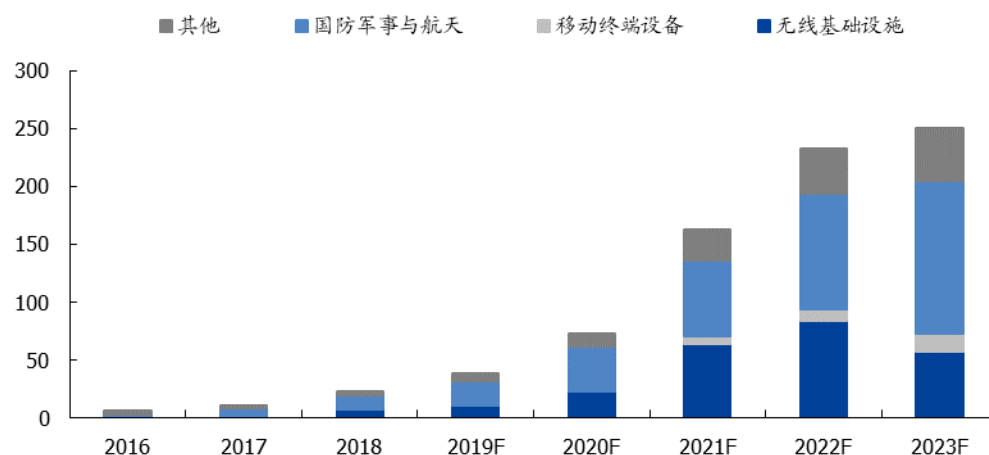
图表 32: 氮化镓射频器件市场结构（百万美元，2019 至 2023 年为 Yole 预测值）



资料来源: Yole、国盛证券研究所

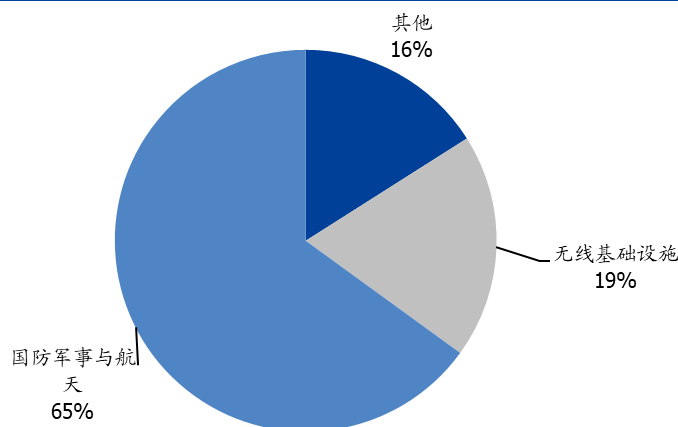
预计未来我国 GaN 器件市场保持高双位增长。根据 CASA 预计，2018 年我国第三代半导体微波射频电子市场规模约 24.5 亿元，同比增长 103%。预计 2018~2023 年未来五年我国 GaN 射频器件市场年均增长率达到 60%，2023 年市场规模将有望达到 250 亿元。国防、航天领域 GaN 器件市场规模持续放大，民用市场悄然兴起，2017 年达到 2.35 亿元。从细分领域，无线基础设施是最大也是未来发展最快的市场，我国 2018 年 GaN 射频市场需求达到 9 亿元，同比增长翻两番。除此在外，GaN 在汽车、无人机、无线专网、无线通讯配套直放站等领域也开始渗透。

图表 33: 我国 GaN 射频器件应用市场规模预估 (亿元)



资料来源: CASA、国盛证券研究所

图表 34: 2018 年我国 GaN 射频器件应用市场分布

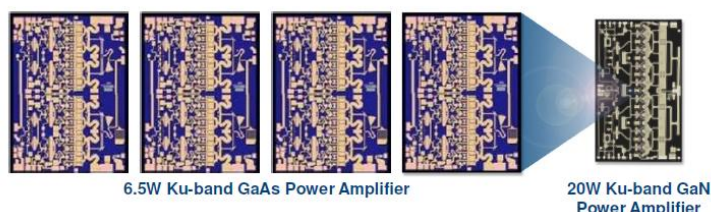


资料来源: CASA、国盛证券研究所

GaN 同时满足高频率、高功率，且体积较小，是 5G 宏基站射频器件材料的不二之选。终端 PA 以 GaAs HBT 工艺为主，基站端 PA 最初以 LDMOS 工艺为主，3G 时代开始导入 GaAs，4G 时代开始转向 GaN HEMT 工艺的，随着 5G 的到来，GaN 需求将进一步提升。一般而言，3.5GHz 以下可以使用 LDMOS，40GHz 以下可以使用 GaAs，并且 GaAs 器件功率通常低于 50W。GaN 同时满足高频率和高功率，同时，GaN 还可以减少器件尺寸和减少晶体管数量，因此成为 5G 宏基站射频器件材料的不二之选。

GaN 作为一种宽禁带半导体，可承受更高的工作电压，因而具有高功率密度、低能耗、适合高频率、支持宽带宽等特点。因为 GaN 具有更高的输出功率，所以适合于长距离通信的大功率应用。从电压角度上看，LDMOS 工作电压需要 6V 以内，GaAs 工作电压需要 10V 以内，GaN 可以适用于 28V 或更高电压。

图表 35: GaN 较 GaAs 大幅减少体积



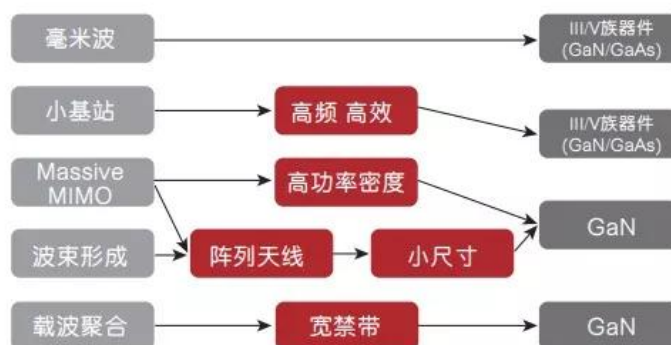
资料来源: RFMD, 国盛证券研究所

5G 技术需要使用更多化合物半导体，尤其是 GaN。同时，由于在基站领域，毫米波、小基站、Massive MIMO、波束成形、载波聚合等需求均需要使用 GaN 相关器件，随着这些 5G 新技术的推进，GaN 在整个基站所用半导体器件的比重也不断提升。

包络跟踪技术提升 GaN 需求。典型基站的主要电能大部分消耗于功率放大器（PA），随着 5G 基站部署密度提高，射频信号的峰值平均功率（PAPR）比也需要提高，从而 PA 效率会下降。因此需要通过包络跟踪技术使得 PA 工作时独立于 PAPR 从而保持较高效率，仅在 PA 工作时才为其供电，即在峰值时提供高电压，在谷值时提供低电压。当其中开关频率较高时，硅基功率开关具有损耗较高、能效较低的缺点，相比之下，GaN 具有高载流子迁移率，其导通电阻和寄生电容较低，适合应用在工作频率较高的场合。

宏基站单站用量需求高，小基站未来有望导入 GaN。5G 宏基站一般具有三个扇区，以 64 通道的大规模阵列天线为主，单基站 PA 需求量为 192 个，其中 GaN PA 渗透率不断提升，根据 Yole 预计到 2023 年达到 85%。此外，小基站（包括 Micro/Pico/Femto）主要采用 GaAs，随着对集成度需求的提升以及 GaN 成本降低，GaN 高功率、高频率、高效率的特性会使其渗透率逐渐增加。以 2T2R MIMO 的小进展为例，每个小基站需要 2 个 PA。

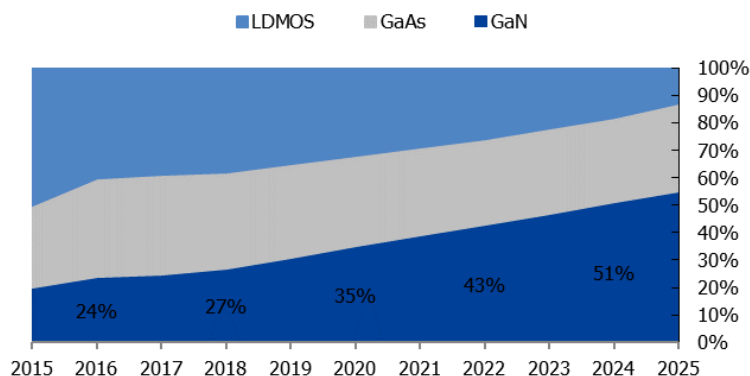
图表 36: GaN 在基站侧的应用



资料来源: Yole、国盛证券研究所

氮化镓将占射频器件市场半壁江山。现有的 GaAs 及硅基 LDMOS 晶圆工艺可以做到 8~12 英寸的晶圆产线，但主流的 GaN on SiC 仍然是 6 英寸，GaN 工艺相对前两者而言还处于发展阶段。目前射频器件领域 LDMOS、GaAs、GaN 三者占比相差不大，但据 Yole development 预测，至 2025 年，砷化镓市场份额基本维持不变的情况下，氮化镓有望替代大部分 LDMOS 份额，占据射频器件市场约 50% 的份额。

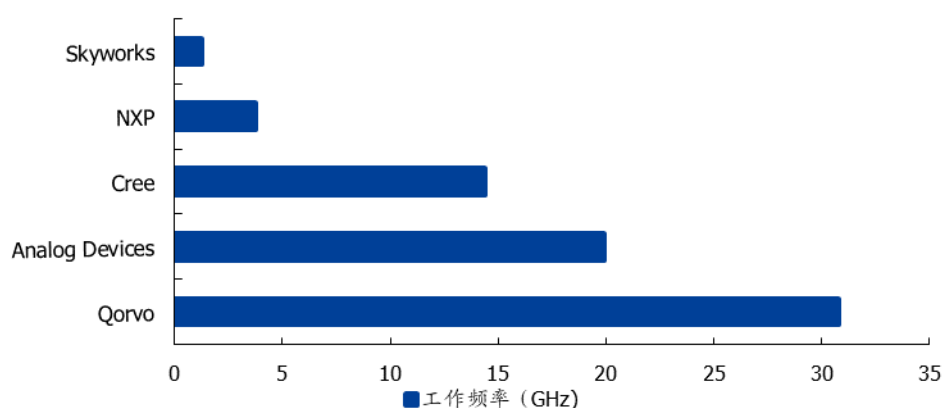
图表 37: 基站 GaN、GaAs、LDMOS 的比重



资料来源: Yole、国盛证券研究所

射频领域以 GaN on SiC 为主，商业化发展迅速。相对于电力电子领域，射频领域技术难度大、壁垒更高，因此集中度更高，目前销售 GaN PA 的厂商有 Qorvo、Analog、Cree、NXP、Skyworks。目前看 Qorvo 推出的 GaN PA 品类最多，工作频率覆盖范围最广。从价格上看，2018 年 GaN 射频器件报价 100~8000 元不等，均价约 1100 元/只，折算为 26 元/W。RF GaN HEMT 平均价格是 SiLDMOS 平均价格的 3 倍以内。从定价上看，Cree (Wolfspeed) 均价较高，Qorvo 均价较低。从产品供货角度看，目前 GaN 供不应求，Cree 交期约 6~10 周，Qorvo 交期高达 13 周。

图表 38: 国际上已经商业化的 RF GaN 工作频率范围



资料来源: CASA、国盛证券研究所

Supplier	Market Share (%)
Sumitomo	40.00%
Wolfspeed(CREE)	24.00%
Qorvo	20.00%
Raytheon	5.70%
UMS	5.20%
Others	5.10%

化合物半导体芯片性能与材料、结构设计和制造工艺之间的关联性较强，因此很多企业采用 IDM 模式。例如 Rohm 和 Cree 整合了 SiC 从衬底到模组的全产业链环节；Mitsubishi Electric 和 Fuji Electric 整合了芯片到终端应用系统。国内士兰微、世纪金光、泰科天润都是 IDM 模式为主。GaN 产业链也有许多 Fabless 企业，如 EPC、Dialog、GaN system 等，委托台积电等企业代工。

衬底		外延	设计	制造	封测	应用
射频领域	SiC衬底生产商	住友电气 (日本) 嘉晶电子 (中国台湾) EpiGaN (比利时) IQE (英国) ALLos (德国)	住友电气 (日本)		美国RFMD (航空航天和国防) 德国Infineon (智能卡与安全芯片) 荷兰NXP (军事应用、商用航天) 瑞迪Ericsson (通信解决方案)	
			Skyworks (美国) Qorvo (美国) MACOM (美国) Analog Device Inc.(美国) 联合单片半导体 (法国)			
	Si衬底生产商		环宇通讯 (美国) 日月光 (中国台湾)			

资料来源：赛迪顾问、国盛证券研究所

图表 41: 国内 GaN 厂商布局

GaN全链条			
衬底	外延	芯片	封装及模组
苏州纳维	CETC 13所		
东莞中镓	CETC 55所		
CETC 46所	厦门三安集团		木林森
	苏州能讯		鸿利智汇
	杭州士兰微		国星光电
	江苏能华		
	珠海英诺赛科		
	华功半导体		
	华灿光电		
	江西晶能		
	苏州晶湛		

资料来源: 赛迪顾问、国盛证券研究所

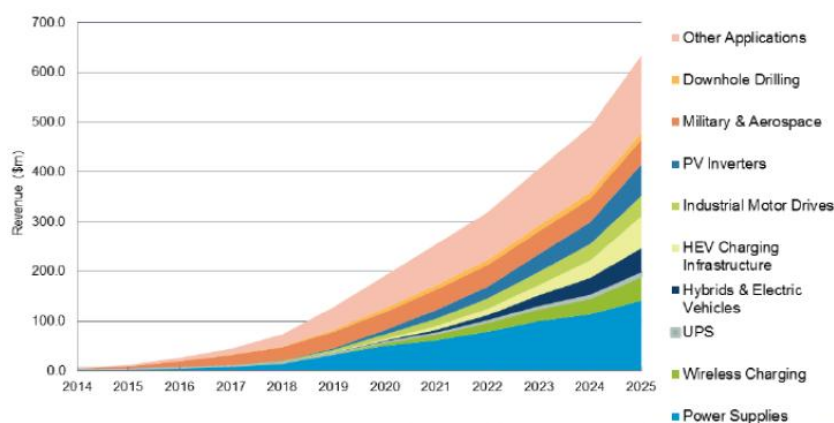
3.3、电力电子: 快充应用快速增长, 汽车潜在空间大

GaN 材料的功率器件在更高的电压、频率和温度下运行。GaN 具有禁带宽度大、击穿电场高、饱和电子速率大、热导率高、化学性质稳定和抗辐射能力强等优点, 成为高温、高频、大功率微波器件的首选材料之一。GaN 器件适用于高电压、高频率的开关, 可以做到更轻薄、功率密度更高。

根据 IHS 数据, **GaN 功率器件市场复合增速高达 30%, 到 2027 年预计超过 10 亿美元。**通信、汽车、工业市场是 GaN 功率器件的主要驱动力。具体而言, GaN 电力电子领域主要增长点在于快充、电源 PFC、高频激光雷达和无线充电领域。

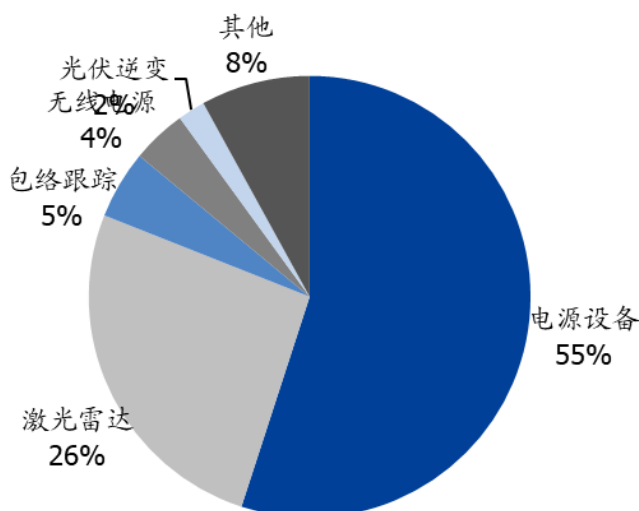
GaN 电力电子器件成本迅速下降, 将逐渐在性价比上具有优势。据 IHS Markit 预测, 到 2020 年 GaN 电力电子晶体管在同等性能的情况下, 将会达到与 Si MOSFET 和 IGBT 持平的价格, 到 2024 年 GaN 电力电子器件市场预计将达到 6 亿美元。GaN 电力电子器件有可能凭借成本优势, 取代价格较高的 SiC MOSFET 成为 2020 年代后期逆变器中的首选。

图表 42: 2018 年全球 GaN 功率器件市场快速增长



资料来源: IHS、国盛证券研究所

图表 43: 2018 年全球 GaN 功率器件市场划分



资料来源: 第三代半导体联合创新孵化中心、国盛证券研究所

在消费电子领域, GaN 器件是目前最快的功率开关器件, 并且可以在高速开关的情况下仍保持高效率水平, 能够应用于更小的元件, 应用于充电器时可以有效缩小产品尺寸

氮化镓快充好在哪? 小型便携式电子设备及电子电器的供电电压变换设备, 作用是将 220 伏市电压转换成这些电子产品 5 伏至 20 伏左右稳定的工作电压。目前氮化镓通过其高频开关速度特性, 提升电源转化效率, 降低充电头发热, 帮助充电器小型化。因此 GaN 充电器同等功率下体积更小, 同等体积下功率更大。用 GaN 开关替代硅 MOSFET, 可以降低开关损耗, 提高系统效率, 并使得工作频率从 50~60kHz 提升到 200~500kHz。

GaN 充电器的功率芯片主要由纳微半导体、Power integrations (PI)、英诺赛科三家供应。纳微成立专注于高压电源管理和控制领域, 在 2019 年 9 月正式推出其 GaN 产品。Power Integrations 是深耕于集成电路高能效功率转换领域的公司。英诺赛科主要生产 30~650V GaN 功率器件、功率模块和射频器件, 产品涵盖单管 GaN FET、半桥 GaN FET 和 GaN IC 三类, 是集设计、制造、封测一体的 IDM 公司。

图表 44: 快充行业功率芯片公司

类别 \ 公司	Power Integrations	纳微半导体 (Navitas)	英诺赛科 (Innosense)
成立时间	1988年	2014年	2015年
公司注册地	美国	美国	中国
商业模式	6英寸 IDM*	6英寸 Fabless**	8英寸 IDM
品牌	PowiGaN	GaNFast	InnoGaN
量产客户数量	50+	20+	10+
典型客户成品			

资料来源: 充电头网、国盛证券研究所

我们分析市面上已经发布的氮化镓快充拆解，核心芯片为 **GaN 功率器件**，主要供应商包括 PI 和 Navitas（纳微），其他重要芯片包括电源主控、氮化镓驱动、协议芯片以及整流器件。

根据纳微官网，小米 65W GaN 充电器 Type-C 65W 采用的是纳微半导体的 NV6115 和 NV6117 GaNFast 功率 IC，它们针对高频、软开关拓扑进行了优化，通过 FET、驱动器与逻辑的单片集成。使用了 GaNFast 技术，小米 65W GaN 充电器只有标准适配器的一半大小。

图表 45: 纳微产品列表

Part#	GaNFast Family	Package QFN(mm)	RDS(ON) (typ, mΩ)
NV6113	Single	5*6	300
NV6115	Single	5*6	170
NV6117	Single	5*6	120

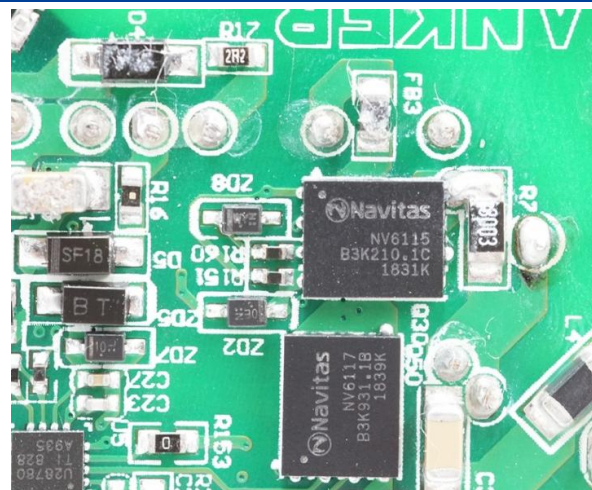
资料来源：纳微官网、国盛证券研究所

图表 46: anker 采用了 PI 的 SC1933 氮化镓功率产品



资料来源：充电头网、国盛证券研究所

图表 47: anker 另一款产品采用纳微的 GaN 功率芯片和驱动



资料来源：充电头网、国盛证券研究所

从芯片拆解来看，目前主流的氮化镓快充一般由 3-4 块 PCB 板、8-10 颗芯片构成，最核心的氮化镓功率芯片格局比较稳定，电源主控中德州仪器亦有份额，协议芯片供应商一般为伟诠、赛普拉斯，同步整流管一般由万国半导体和英飞凌供应。

图表 48: 主流氮化镓快充芯片方案

产品名称	ANKER PowerPort Atom PD2	AUKEY 27W USB PD Wall Charger	RAVPower 45W Ultrathin PD Charger	大陆相关有布局公司
输出功率	60W	27W	45W	
电源主控	PI SC1933C	TI UCC28780	TI UCC28780	圣邦股份（钰泰）、晶丰明源、士兰微、富满电子
氮化镓 MOS 管	PI 内置	纳微 NV6252	两颗纳微 NV6115	三安光电、士兰微、闻泰科技（安世半导体）
氮化镓驱动	PI 内置	纳微内置	芯科 SI8610	
协议芯片	赛普拉斯 CYPD4225	伟诠 WT6615	伟诠 WT6615	瑞芯微
整流控制器	PI 内置	MPS MP6908A	MPS MP6908A	闻泰科技（安世半导体）、士兰微、圣邦股份（钰泰）、富满电子
同步整流管	AOS AON6220	AOS AON62922	英飞凌 BSC098	闻泰科技（安世半导体）、士兰微、扬杰科技

资料来源：充电头网、国盛证券研究所

我们行业跟踪下来，目前氮化镓快充价格普遍在 150~200 元，BOM 预计不低于 40~60 元，其中氮化镓功率芯片+驱动芯片占 BOM 比重预计不会低于 10%，同时高端版本用量预计不少于两颗。

短期情况、中期及远期空间测算（暂不考虑降价）：

- 目前：1-2 亿只快充市场，30W 以上基本采用氮化镓方案 500-1000 万，对应整体市场空间 2.5-5 亿，氮化镓器件市场空间 2500 万-5000 万元；
- 中期：快充渗透率提升至 50%，对应 5 亿只左右市场容量，30W 以上成为标配，对应整体市场空间 250 亿元，氮化镓器件市场空间 25 亿元；
- 远期：快充渗透率提升至 100%，对应 12-15 亿只市场容量，60W 以上成为标配，氮化镓单机用量翻倍，**整体市场空间对应 600-750 亿元，氮化镓期间市场空间 60-75 亿元；**

因此我们认为氮化镓器件在消费电子领域的渗透成长还有相当大的空间，虽然目前供应链主要集中在美系和欧洲企业，但是我们判断随着国产供应链成熟和替代力度加大，国内相关公司也会有参与机会！

快充市场是 GaN 增长最快的领域之一。随着大功率的快充不断升级，传统硅材料受限于体积和功率密度，GaN 逐渐被应用。随着 5G 智能手机轻薄化发展，对于快速充电及无线充电需求提升，GaN 拥有了更多应用场景。

GaN 在电源 PFC 也有重要应用。除了手机充电器，一些小功率家用电器电源，照明与显示电源对小型化、高效率也有很强的需求。因数代表低电力效能。电源和用电设备中包含容性和感性器件，造成电流和电压之间的相位差，从而造成交换功率的损失。按照规定，75W 以上的电源都要求添加 PFC 功能。GaNFET 具备低 RDSON、低的寄生电容，快速的开关能力，使其能够用于开发高效的 PFC 电路。

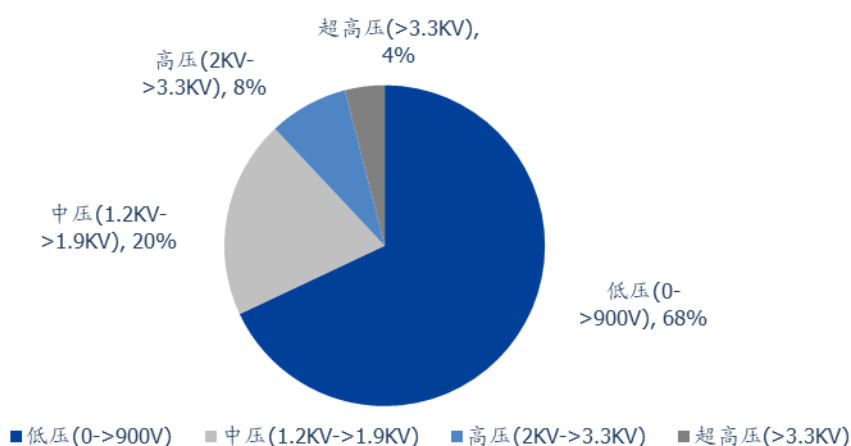
GaN 在高频激光雷达应用扮演重要角色。激光雷达通过发射高频激光脉冲，收集反射的激光信号，与参考信号对比，得到激光脉冲扫描点的许多信息，比如表面材料，距离、运动等等。高频功率器件作为激光器驱动的核心器件，应该具备快速，低寄生电容，大脉冲功率等特点。氮化镓器件更短的脉冲上升沿和下降沿，能够允许发射更短的脉冲，更高的扫描频率，进而实现更高清晰度的 3D 成像和更快的测量速度。美国 EPC 公司在激光雷达 GaN 驱动市场占据优势。

GaN 在无线充电领域也具有应用潜力。无线充电未来发展方向是不断提高系统工作频率。传统硅功率器件的工作频率一般在几百 kHz，达不到较高频率的无线充电标准要求，例如 Airfuel 的 rezence 无线充电技术，包含 6.78MHz 的无线充电应用。

随着电动汽车的发展，功率电子器件在汽车领域的应用越来越广泛。利用 GaN 器件做车载充电器，能够有效减少功率器件的使用数量，简化电路。如果使用 GaN 功率器件，预计 OBC 系统中功率器件数量由硅器件的 76 颗（包含晶体管和二极管）减少到 24 颗。工作频率由硅器件的 100kHz 以下提高到 GaN 情况下的 300kHz-1MHz。这样能够减小系统体积 20%-30%。效率预计由 93% 提高到 95%。

以电压来区分，GaN 的优势在于 300~600V，更高电压的范围一般使用 SiC。600/650V 产品在电力电子领域对应的市场份额最大，CASA 预测在市场成熟后 600/650V 产品会占据 GaN 市场份额的 80%，而 900/1200V 器件和 200V 器件的各占 10%。根据 CASA，未来 5~10 年内，硅基 GaN 电力电子器件的耐压水平预计目前的 600/650V 提升至 1200V，随后将处于平稳状态。

图表 49: 国内功率 GaN 器件布局

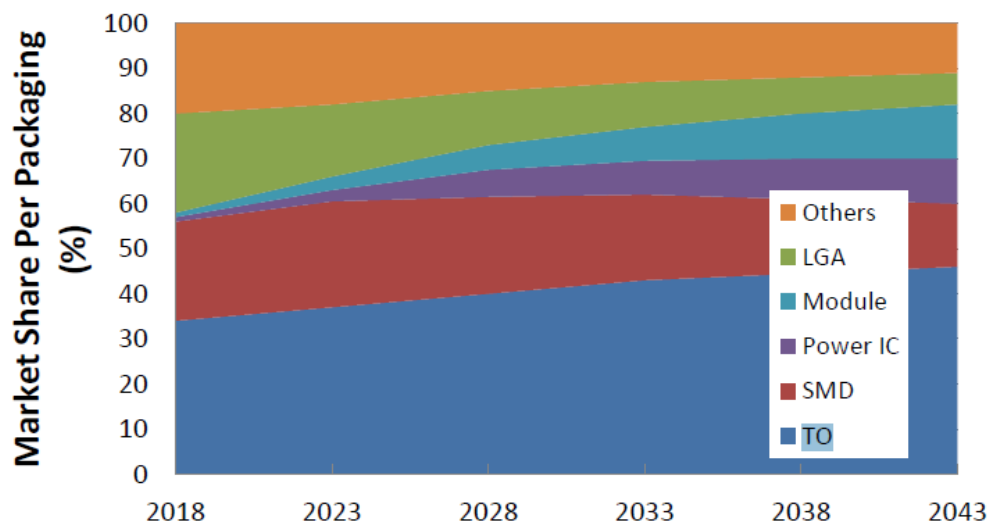


资料来源: Yole、国盛证券研究所

Si 基 GaN HEMT 的耐压在 650V 以下，其中，GaN Systems 的产品耐压为 650V 和 100V，而 EPC 的产品耐压集中在 200V 以下。国内已经推出了 650V 的硅基 GaN 功率器件。

电力电子主流的封装形式为 TO 系列（包括 TO220/247 等，主要厂商为 Transphorm、Panasonic 等）、SMD 系列（包括 QFN/DFN 等，主要厂商为 Transphorm、Panasonic 等）和模块封装。目前市面上 GaN 芯片的封装形式除了上述传统形式外，还有低压器件 LGA 封装（EPC）、集成驱动及其他元件的 Power IC 封装（TI、Navitas 等）及其他（如 GaN Systems 的嵌入式）。

图表 50: 芯片封装形式发展趋势



资料来源: CASA、国盛证券研究所

目前, GaN 功率器件主要由 EPC、GaN Systems、Transphorm 和 Navitas 等纯 GaN 初创公司主导的, 并通过 TSMC、Episil 和 X-FAB 代工生产的。国内的新兴代工厂中, 三安集成和海威华芯具有量产 GaN 功率器件的能力。

安世半导体主要生产 Si 分立器件、逻辑芯片和 Power Mos 芯片等产品, 此外也开始布局第三代半导体电力电子器件产品。2018 年 4 月 19 日, Cree 宣布与安世半导体签署非排他性、全球性的付费专利许可协议。通过这一协议, 安世半导体将有权使用 Cree 的 GaN 电力电子器件专利组合, 包括了超过 300 项已授权美国和国外专利, 涵盖了 HEMT (高电子迁移率场效应晶体管) 和 GaN 氮化镓肖特基二极管的诸多创新。

图表 51: 国内功率 GaN 器件布局

衬底		外延	设计	制造	封测	应用
电力电子	纳维科技	能华微电子	华功半导体 能华微电子 英诺赛科 能讯高能 大连芯冠 稼能半导体 宁波海特创电控 捷芯威半导体			
	中稼半导体	晶湛半导体				
	氮化晶科	聚能晶源 华功半导体				
	稼特半导体	英诺赛科	三安集成 海威华芯 方正微电子	华天科技		
	科恒晶体	能讯高能 大连芯冠		长电科技		
	铝镓光电	凝慧电子				

资料来源: 赛迪顾问、国盛证券研究所

四、砷化镓：扎根消费电子射频领域，Vcsel 带动更大增长

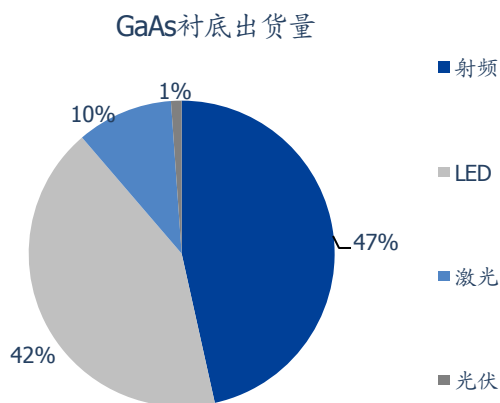
相较于第一代硅半导体，作为第二代化合物半导体的砷化镓具有高频、抗辐射、耐高温、发光效率高等特性，因此广泛应用于主流的商用无线通信、射频、光电子光通信以及国防军工用途上。

图表 52: GaAs 和 Si 材料比较

指标	GaAs	Si
电子的有效质量	自由电子质量的 1/15	自由电子质量的 1/5
禁带宽度	大	小
高频下使用	噪声小	噪声多，不易克服
最大频率范围	2-300GHz，极具远程通讯需求	1GHz 以下
功率耗损	小	高
最大操作温度	摄氏 200 度	摄氏 120 度
抗辐射性	高	低
电子迁移率	高	低
电子饱和漂移速度	高	低
IC 组件大小	小	大
IC 组件特性	高	低
IC 组件整合度	低	高

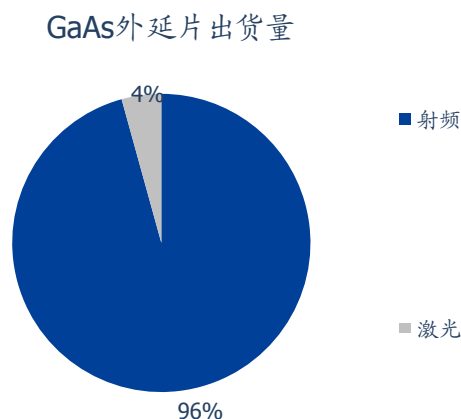
资料来源：中国电子材料行业协会，国盛证券研究所

图表 53: GaAs 衬底出货量



资料来源：Yole，国盛证券研究所

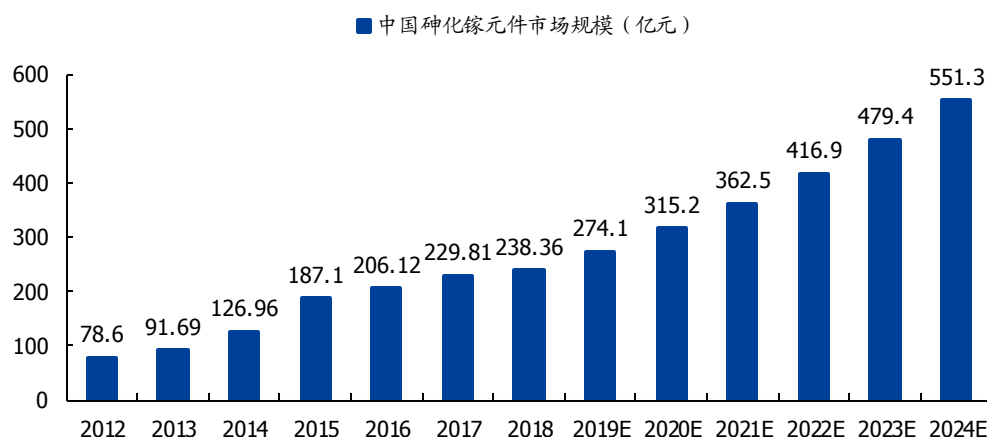
图表 54: GaAs 外延片出货量



资料来源：Yole，国盛证券研究所

GaAs 也同样受益于优越的电性能及下游多方应用渗透率的不断提高，以及中国最为最大的下游应用区域。根据中国产业信息网，中国砷化镓元件的市场规模也从 2012 年的约 79 亿人民币增长至 2018 年 238 亿元，且根据预测至 2024 年的市场规模也有望实现年均 15% 的增长。

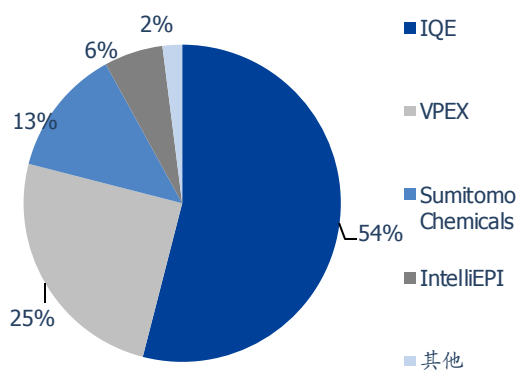
图表 55: 中国砷化镓元件市场规模 (亿元)



资料来源: 中国产业信息网, 国盛证券研究所

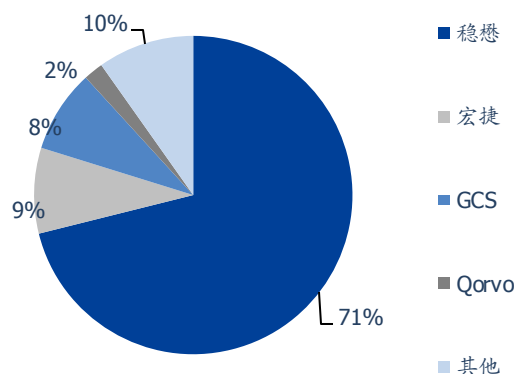
从砷化镓的制作工序上来看, 由于海外在该领域的提前布局, 目前砷化镓无论是外延片又或是晶圆制造环节均以海外为主。根据 Strategy Analytics 统计, 在 2018 年外延片方面以 IQE 公司市场占有率最高, 达 54%; 其次是 VPEC 市占率达 25%; Sumitomo Chemicals 排第三, 市占率达 13%。而在砷化镓的晶圆制造环节也同样以欧美国家为主, 目前稳懋在砷化镓晶圆制造领域占据了 71% 的市场规模, 其次为宏捷与环宇。

图表 56: 全球砷化镓外延片市场竞争格局



资料来源: Strategy Analytics, 国盛证券研究所

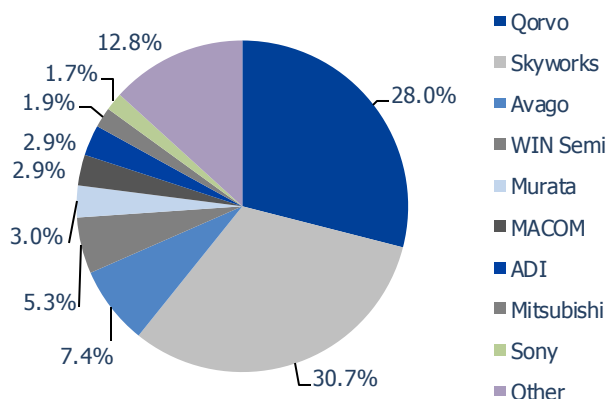
图表 57: 全球砷化镓晶圆制造市场竞争格局



资料来源: Strategy Analytics, 国盛证券研究所

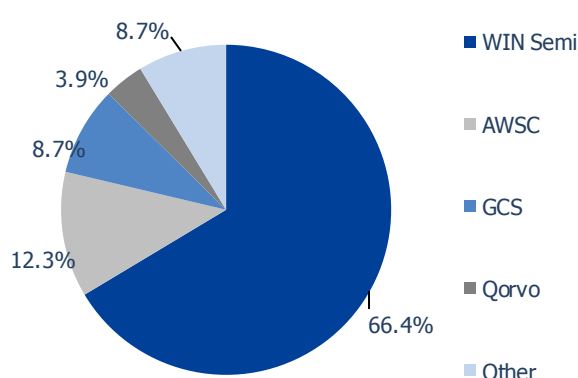
砷化镓的制造过程中, 代工厂壁垒高筑, 新晋者较少。由于代工厂方面需要漫长且严谨复杂的客户验证环节, 再加上对于砷化镓制作工艺的复杂, 砷化镓行业长期以来市场较为集中。而同样已在该行业内的领先厂商由于长时间沉浸于中, 更具备成本以及效率的生产模式, 因此对于新晋者而言, 想要进入该行业将会极具挑战。

图表 58: 目前 PA 产品市场占比



资料来源: yole、skyworks 等厂商年报, 国盛证券研究所

图表 59: PA 产品代工厂营收占比情况

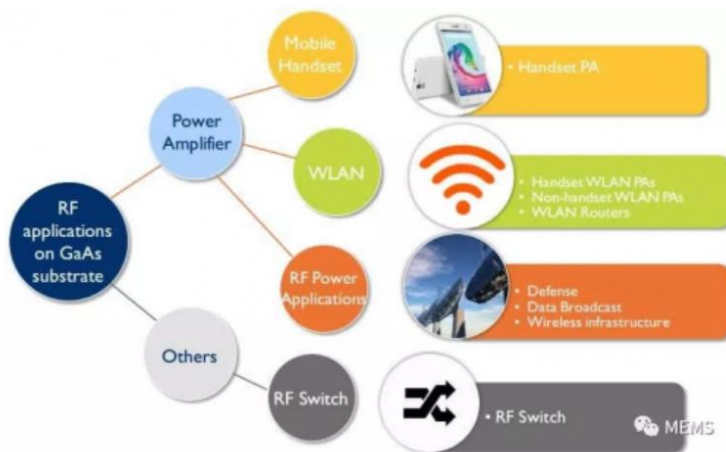


资料来源: yole、skyworks 等厂商年报, 国盛证券研究所

4.1 射频: GaAs 未来高速发展之基石

作为目前最为成熟的化合物半导体之一, 无线通信的普及与硅在高频特性上的限制共同催生砷化镓材料脱颖而出, 所以可以看到砷化镓的应用几乎无处不在, 同时智能手机中的射频前端模组的功率放大器、开关的主流材料也依然成为了砷化镓, 在无线通讯领域得到大规模应用。

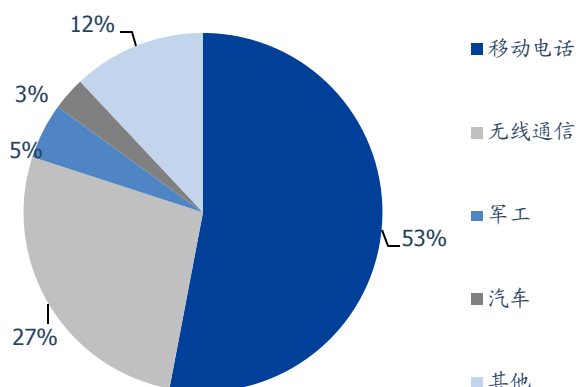
图表 60: GaAs 在射频器件中的应用



资料来源: Mems, 国盛证券研究所

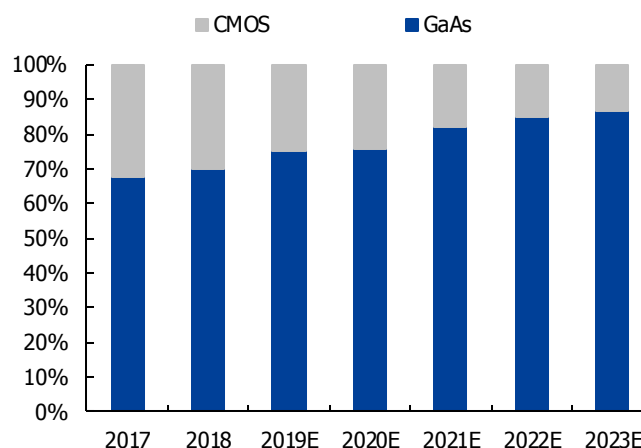
得益于砷化镓材质, 我们同样也可以看到砷化镓在移动终端中的广泛应用以及渗透率的不断提升。从统计来看砷化镓在移动电话领域的使用占比已经高达 53%, 在消费电子终端 PA 的渗透率在 2018 年也已经达到了 70% 左右, CMOS 的市场占比一路下降。根据预测在 2023 年之时 CMOS 的占比或将低于 15%, 而砷化镓地位及渗透率将进一步的提高。从 Yole Development 等第三方研究机构估算来看, 2017 年全球用于 PA 的 GaAs 器件市场规模达到 80-90 亿美元, 大部分的市场份额集中于 Skyworks、Qorvo、Avago 三大巨头。预计随着通信升级未来两年有望正式超过 100 亿美元。

图表 61: GaAs 在各下游领域占比情况



资料来源: 中国产业信息网, 国盛证券研究所

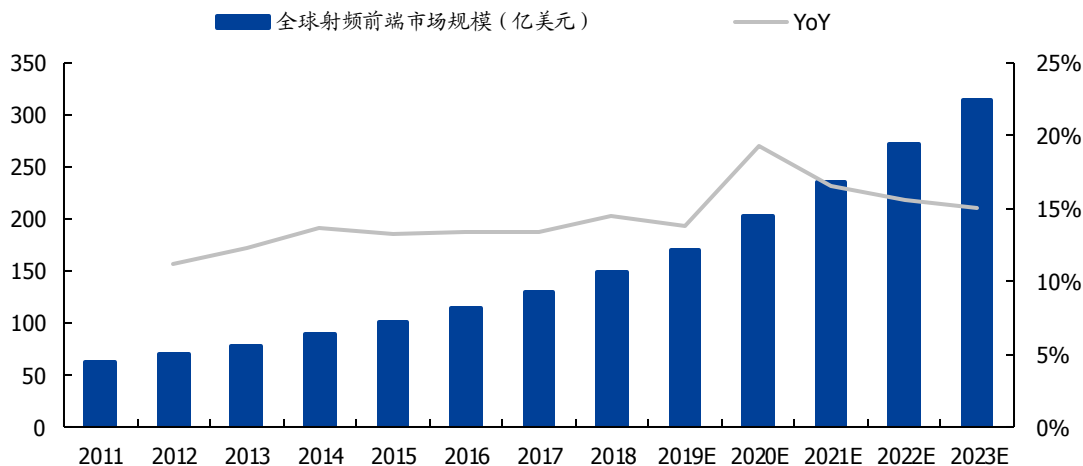
图表 62: 消费电子终端 GaAs 材质 PA 渗透率逐步提升



资料来源: 中国产业信息网, 国盛证券研究所

根据 Global Radio Frequency Front-end Module Market Research Report 2019 报告中的统计, 从 2011 年至 2018 年全球射频前端市场规模以年复合增长率 13.10% 的速度增长, 2018 年达 149.10 亿美元。受到 5G 网络商业化建设的影响, 自 2020 年起, 全球射频前端市场将迎来快速增长。2018 年至 2023 年全球射频前端市场规模预计将以年复合增长率 16.00% 持续高速增长, 2023 年接近 313.10 亿美元。

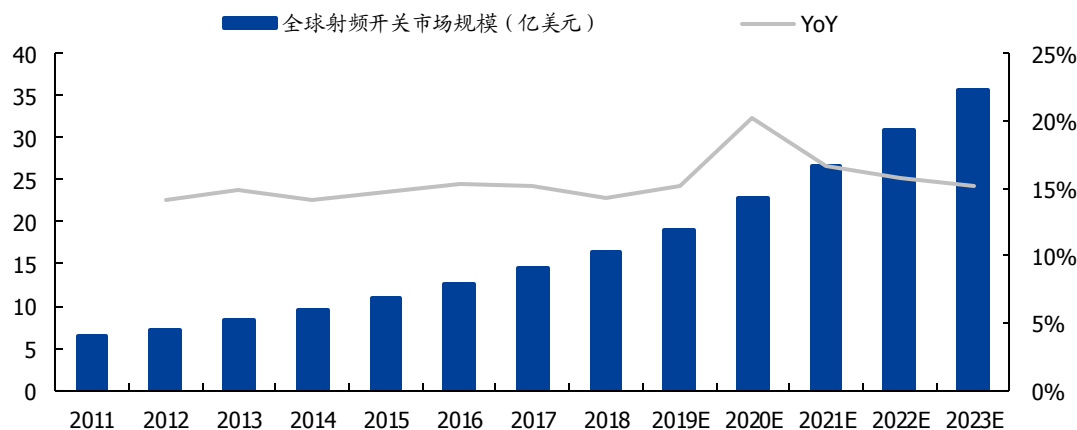
图表 63: 全球射频前端市场规模预测 (亿美元)



资料来源: Global Radio Frequency Front-end Module Market Research Report 2019、国盛证券研究所

根据 Global Radio Frequency Front-end Module Market Research Report 2019 报告中的统计, 2011 年以来全球射频开关市场经历了持续的快速增长, 2018 年全球市场规模达到 16.54 亿美元, 根据 QYR Electronics Research Center 的预测, 2020 年射频开关市场规模将达到 22.90 亿美元, 并随着 5G 的商业化建设迎来增速的高峰, 此后增长速度将逐渐放缓。2018 年至 2023 年, 全球市场规模的年复合增长率预计将达到 16.55%。

图表 64: 全球射频开关销售收入 (亿美元)



资料来源: 招股说明书、Global Radio Frequency Front-end Module Market Research Report 2019、国盛证券研究所

随着通讯技术的不断提高, 全球的通讯网络也从 2G、3G、以及目前最为广泛地 4G, 逐步进入正处于基站铺设的 5G 时代。而随着通讯的升级, 频段的增加, 智能手机射频前端的 PA 等期间都将进一步的提高自身价值量。以 3G 向 4G 升级为例, 移动通讯的频段数量由 2010 年的 6 个急速扩张到 43 个, 5G 时代更有望提升至 60 以上。目前主流 4G 通信采用 5 频 13 模, 平均使用 7 颗 PA, 4 个射频开关器。

图表 65: PA 价值量明显受益 4G 发展趋势 (美元)

	3G	区域 LTE	全网通 LTE
全部滤波器	1.25	4	7.25
Switch/Tuning	0.25	1.25	3.75
PA	1.25	2	3.25

资料来源: QORVO, 国盛证券研究所

而对于 5G 对智能手机射频前端的改变, 根据 Qorvo 的预计, 5G 手机在 PA 端的用量将会出现翻倍增长, 在 4G 时 PA 用量将达到 7 个, 而至 5G 时 PA 的使用数量将超过 15 个; 而对应的 PA 的 ASP 也将会显著提高。全模 4G 带来的 PA 价值量约为 3.25 美元, 而预计 5G 的 PA 价值量将达到 7.5 美元之上, ASP 和用量同步提升。

根据 Yole 以及麦姆斯咨询的报告, GaAs 射频业务依然占据了当下 GaAs 晶圆市场超过 50% 的占比, 而随着 4G 到 5G 的升级, 我们认为 GaAs 对应的射频市场或将呈现翻倍的增长。

图表 66: Qorvo 氮化镓射频器件工艺制程

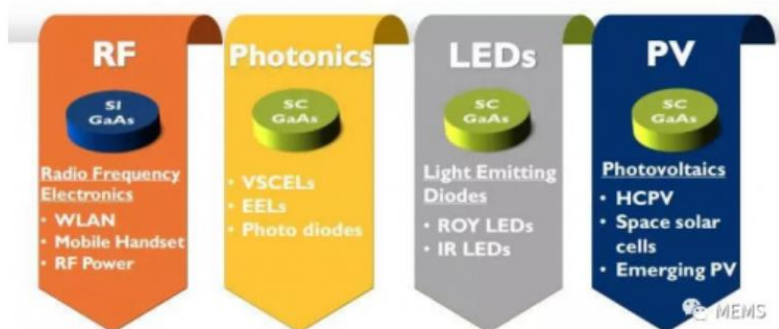
工艺名称	QGaN25	QGaN25HV	QGaN15	QGaN50
工艺技术	0.25μm GaN on SiC	0.25μm GaN on SiC	0.15μm GaN on SiC	0.50μm GaN on SiC
沟道偏压	40V	48V	28V	65V
晶圆尺寸	4英寸, 即将升级至6英寸			
工作频率	DC-18GHz	DC-12GHz	DC-40GHz	DC-10GHz
功率附加效率	>60% @10GHz	>78% @3.5GHz	>50% @30GHz	>70% @3.5GHz
功率密度	6W/mm @10GHz	6.5W/mm @3.5GHz	4.5W/mm @30GHz	9W/mm @3.5GHz

资料来源: qorvo, 国盛证券研究所

4.2 Vcsel: 光电子领域对 GaAs 的新推动力

GaAs 除了在射频领域的应用外，在 LED、PC 以及光电子领域均有所应用，而根据 Yole 等第三方咨询机构所预测，未来 GaAs 在光电子领域或将有着巨大的增长，而其中 Vcsel 则是对该领域的增长的第一推动力。

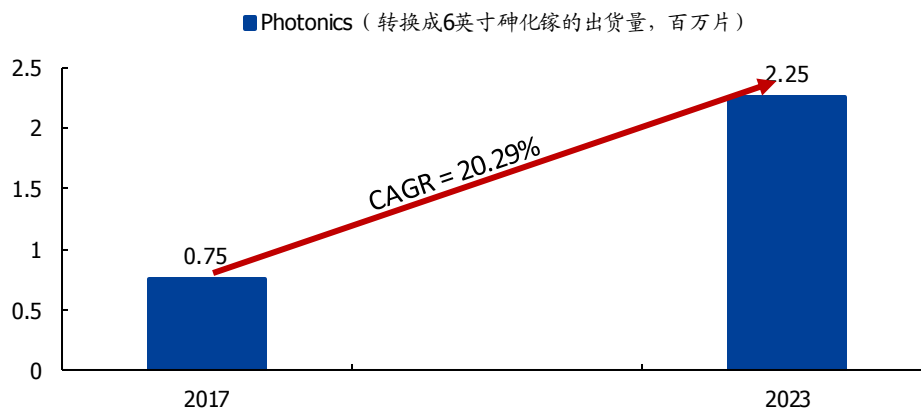
图表 67: GaAs 晶圆和外延片的主要应用



资料来源: Yole Development, Mems, 国盛证券研究所

根据 Yole Development 的预计，在 2017 年全球应用于光电子领域的氮化镓（6 英寸）出货量达到了超过 70 万片，而随着 Vcsel 的应用普及以及新应用领域的开发，至 2023 年光电子领域所需出货量或将超过 200 万片。

图表 68: 用于光电子领域的砷化镓出货量预计

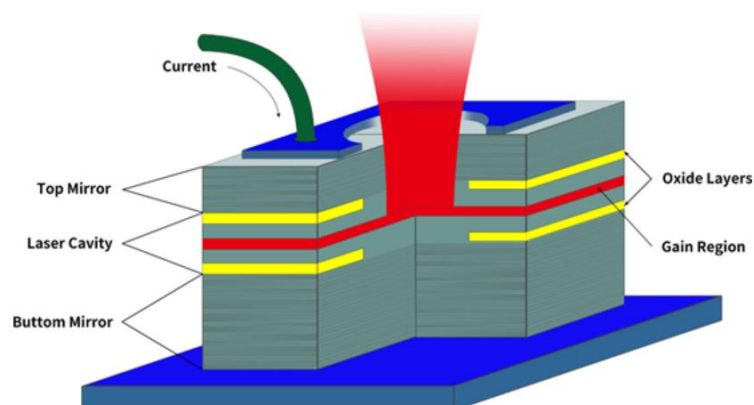


资料来源: Yole Development, 国盛证券研究所

Vcsel 是垂直共振腔表面放射激光器 (Vertical Cavity Surface Emitting Laser)，主要有上下两个 DBR 反射镜以及有源区组成，Vcsel 的原材料则是氮化镓等化合物半导体，因此 Vcsel 也具备了和氮化镓一样的体积小的特性，同时也具备圆形输出光斑、单纵模输出、阈值电流小、价格低廉、易集成为大面积阵列等优点。

1. 出射光束为圆形，发散角小，很容易与光纤及其他光学元件耦合且效率高。
2. 可以实现高速调制，能够应用于长距离、高速率的光纤通信系统。
3. 有源区体积小，容易实现单纵模、低阈值的工作。
4. 电光转换效率可大于 50%，可期待得到较长的器件寿命。
5. 容易实现二维阵列，应用于平行光学逻辑处理系统。
6. 实现高速巨量的数据处理，可应用于高功率器件。
6. 器件在封装前就可以对芯片进行检测，进行产品筛选，极大降低了产品的成本。
7. 可以应用到层叠式光集成电路上，可采用微机械等技术。

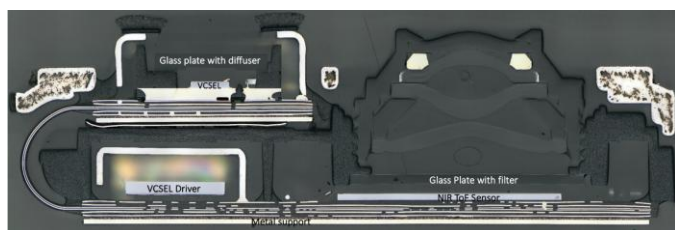
图表 69: VcseI 工作原理示意图



资料来源：赛迪顾问，国盛证券研究所

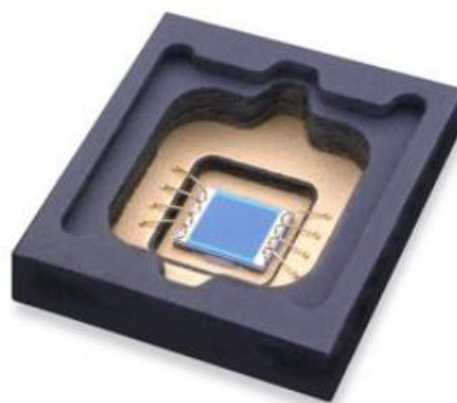
从应用方面来看，VcseI 从诞生初期就一直作为光并行处理、光识别、光互联网系统、以及光存储等领域的核心器件，而目前的 VcseI 则是在消费电子领域的 3D 感知上广泛地应用。

图表 70: 三星 Galaxy Note 10+ ToF 结构中的 VCSEL



资料来源：Yole Development，国盛证券研究所

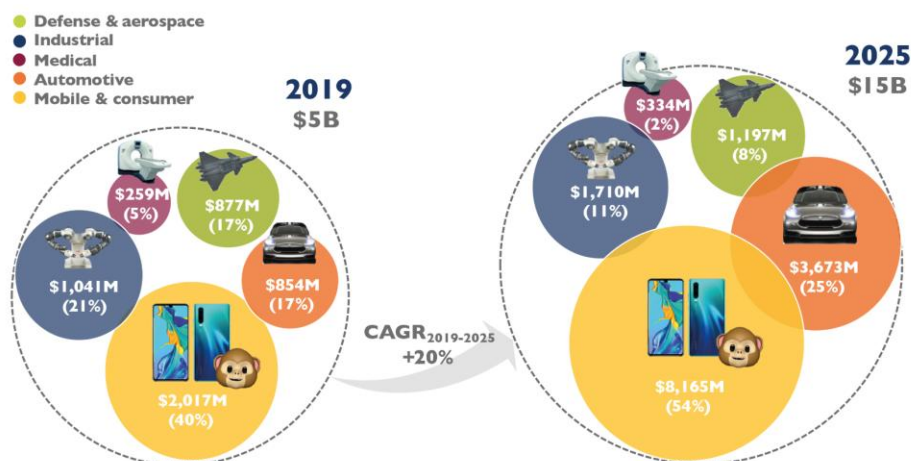
图表 71: 采用氮化铝(AlN)腔体封装的 Finisar 大功率 VCSEL



资料来源：电子产品世界，国盛证券研究所

随着消费电子端对于 3D 感知的渗透率的不断提高，Yole 也在 2019 年再次对其对 3D 感知的市场收入进行了调整，根据 Yole 的统计在 2019 年消费电子端的 3D 感知收入达到了 20.17 亿美元，而至 2025 年将达到 81.65 亿美元。

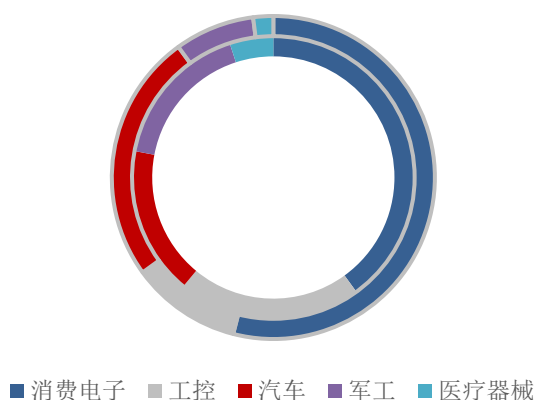
图表 72: 3DImage 和 Sensing 收入按市场类别划分 (百万美元)



资料来源: Yole Development, 国盛证券研究所

然而智能手机仅仅是 Vcsel 的其中一个应用场景。根据 Yole Development 的预计, 氮化镓的应用在目前虽然主要集中于手机端, 但是随着智能汽车的不断发展, 未来智能汽车将成为 GaAs 的主要应用领域。而这一现象也得益于 Vcsel 可以被应用与自动驾驶中的车身通讯、传感器等 3D 感知器件上, 至 2030 年, 智能汽车市场或将需求激光雷达的数量达到 3 亿枚。

图表 73: 2019 至 2025 各领域 3D 感知市场占比 (内 2019, 外 2025)



资料来源: Yole Development, 国盛证券研究所

图表 74: 2017 至 2027 年 GaAs 产业演进过程: 从手机到汽车



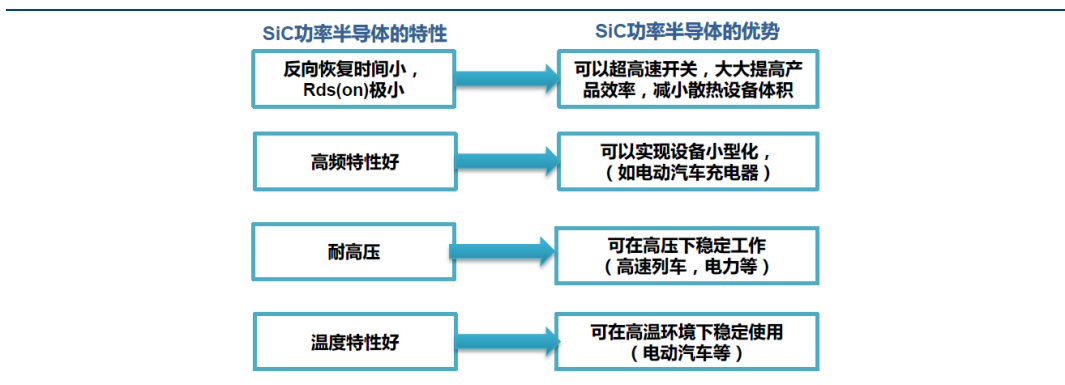
资料来源: Yole Development, Mems, 国盛证券研究所

另一方面在光通讯领域 Vcsel 的应用也逐步提高。目前随着 5G 所带动的超高清视频的趋势, 数据传输所要求的更高速、更大容量也带动着数据接口处光信号处理 Vcsel 的需求同步提高。同时随着 5G 所带动, 针对应用于数据中心 AOC、光模块基于其 GaAs 技术平台的高速 Vcsel 的市场也在急速增长中。

五、碳化硅：高压、大功率器件核心材料，新能源汽车驱动成长

SiC 衬底处于行业上游，1970 年代 SiC 单晶生长方法取得突破，1990 年代 SiC 衬底实现产业化。SiC 衬底制备技术一直处于高速发展阶段，近年来以 SiC 基 MOSFET 为代表的双极性器件制备技术的快速发展。但是，SiC 外延材料和 SiC 基电力电子器件电子器件性能及其可靠性仍然受到衬底结晶缺陷、表面加工质量的制约。此外，SiC 衬底成本占比较高也是重要限制因素。

图表 75: SiC 特性和优势



资料来源：ROHM，国盛证券研究所

目前 SiC 半导体仍处于发展初期。晶圆生长过程中易出现材料的基面位错，以致 SiC 器件可靠性下降。另一方面，晶圆生长难度导致 SiC 材料价格昂贵，预计想要大规模得到应用仍需一段时期的技术改进。

目前市场上 SiC 产品主要包括 SiC 二极管、SiC MOSFET、SiC 二极管与 SiC MOSFET 构成的全 SiC 模块、以及 SiC 二极管与 Si IGBT 构成的混合模块这四大类产品。SiC 裸片目前主要出售给大客户。SiC 二极管在挖矿机、数据中心电源、充电桩中有批量的商业应用。SiC MOSFET 应用于 PV 逆变器、充电桩、电动汽车充电与驱动、电力电子变压器等。

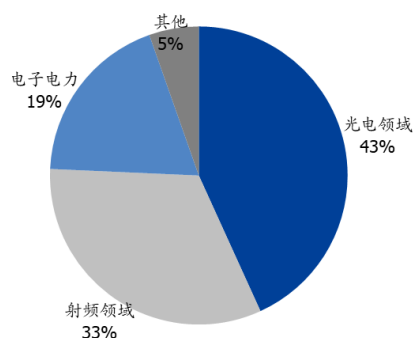
SiC 主要用于大功率高频功率器件。目前 SiC 基电力电子器件已经广泛应用于光伏、功率因子校正电源、汽车、风电及牵引机车行业。

图表 76: SiC 应用领域



资料来源：ROHM，国盛证券研究所

图表 77: SiC 下游应用比例



资料来源：ROHM，国盛证券研究所

SiC 的应用优势在于高压、超高压器件。目前 600V、1200V、1700V SiC 器件已实现商

业化，预期未来 3300V（三菱电机已经生产出来）和 6500V 级、甚至万伏级以上的应用需求将快速提升。SiC 混合模块的电流可以做到 1000A 以上，与相同电流电压等级的 Si 模块比较，性能优势较为明显，成本和可靠性方面相对于全 SiC 模块较易被用户接受，因此，在要求有高电能转换效率的领域具有较大的应用市场。随着 SiC 产品向高压大容量方向发展，SiC 产品的应用领域、应用量都会越来越多。但在 600V 及以下小容量换流器中，在面临现有 Si MOSFET 强有力竞争之外，还可能会受到 GaN 器件的冲击。

受益于电动车、光伏，第三代半导体电力电子器件快速增长。根据 Yole，2018 年全球电力电子分立器件市场规模约 390 亿美元，其中分立器件约 130 亿美元。全球 SiC 电力电子器件市场规模约 3.9 亿美元，GaN 电力电子市场规模约 0.5 亿美元，两者合计占全球电力电子市场规模分立器件比重约 3.4%。据 Yole 预测，在汽车等应用市场的带动下，到 2023 年 SiC 电力电子器件市场规模将增长至 14 亿美元，复合年增长率接近 30%。根据 IHS，SiC 和 GaN 电力电子器件在 2020 年预计将近 10 亿美元，主要受益于混合动力、电力、光伏逆变器等需求增长，在 2027 年有望达到 100 亿美元。

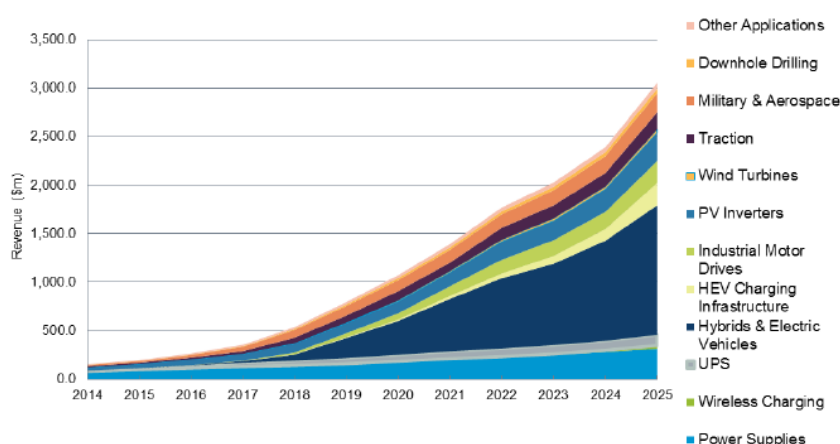
国内在电力电子应用领域的渗透率持续提升。根据 CASA 统计，2018 年国内市场 SiC、GaN 电力电子器件的市场规模约为 28 亿元，同比增长 56%。预计未来五年复合增速为 38%，到 2023 年 SiC、GaN 电力电子器件的市场规模将达到 148 亿元。

未来 5 年内驱动 SiC 器件市场增长的主要因素将由 SiC 二极管转变为 SiC MOSFET。目前，SiC 电力电子器件市场的主要驱动因素是功率因数校正（PFC）和光伏应用中大规模采用的 SiC 二极管。然而，得益于 SiC MOSFET 性能和可靠性的提高，3~5 年内，SiC MOSFET 有望在电动汽车传动系统主逆变器中获得广泛应用，未来 5 年内驱动 SiC 器件市场增长的主要因素将由 SiC 二极管转变为 SiC MOSFET。

根据研究机构 Rohm 预测，2025 年 SiC 功率半导体的市场规模有望达到 30 亿美元。在未来的 10 年内，SiC 器件将开始大范围地应用于工业及电动汽车领域。纵观全球 SiC 主要市场，电力电子占据了 2016-2017 年最大的市场份额。该市场增长的主要驱动因素是由于电源供应和逆变器应用越来越多地使用 SiC 器件。

图表 78: 碳化硅市场空间（百万美元）

The SiC power semiconductor market



资料来源: ROHM, 国盛证券研究所

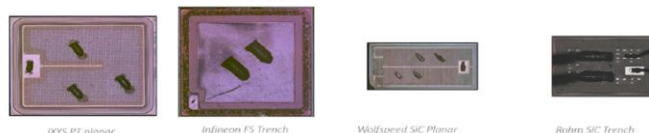
Die Size 和成本是碳化硅技术产业化的核心变量。我们比较目前市场主流 1200V 硅基

IGBT 及碳化硅基 MOSFET, 可以发现 SiC 基 MOSFET 产品较 Si 基产品能够大幅减少 Die Size, 且表现性能更好。但是目前最大阻碍仍在于 Wafer Cost, 根据 yole development 测算, 单片成本 SiC 比 Si 基产品高出 7~8 倍。

图表 79: SiC 较 Si 基产品能够大幅减少 Die Size

图表 80: 目前的主流 SiC 和 Si 基 IGBT 产品

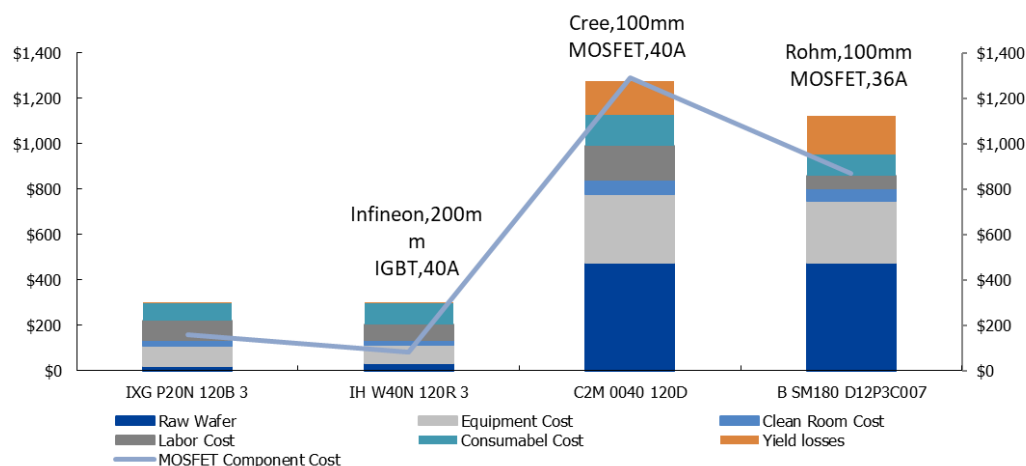
Transistor	Techno	Manufacturer	Current at 100°C	Current density	Die area
IXGP30N120B3	PT planar	IXYS	30A	0.98	30.6 mm ²
IHW40N120R3	FS trench	Infineon	40A	1.37	29.16 mm ²
C2M0040120D	SiC planar	Cree	40A	2.19	18.29 mm ²
BSM180D12P3C007	SiC trench	Rohm	36A	2.79	12.9 mm ²



资料来源: yole development, 国盛证券研究所

资料来源: yole development, 国盛证券研究所

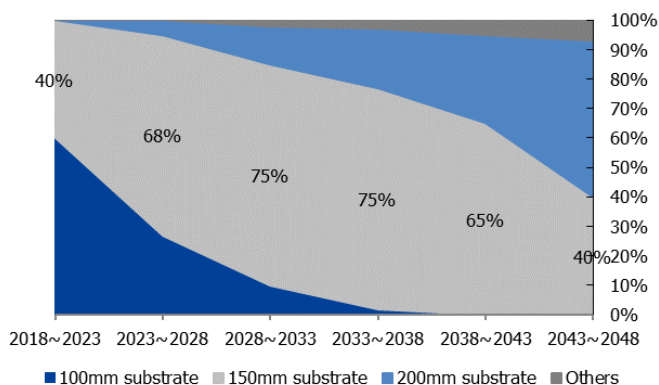
图表 81: 硅基 IGBT 与碳化硅基 MOSFET wafer cost 对比



资料来源: yole development, 国盛证券研究所

目前 SiC 主流尺寸处于 4 英寸向 6 英寸过渡阶段。单晶尺寸的增加往往会伴随结晶质量的下降, SiC 衬底从 1~8 英寸不等, 主流尺寸为 4~6 英寸。由于尺寸越大, 生产效率越高, 但生产品质控制难度越高, 因此目前 6 英寸主要用于二极管, 4 英寸主要用于 MOSFET。由于 6 英寸的硅晶圆产线可以升级改造用于生产 SiC 器件, 所以预计 6 英寸 SiC 衬底的高市占率会维持较长时间。

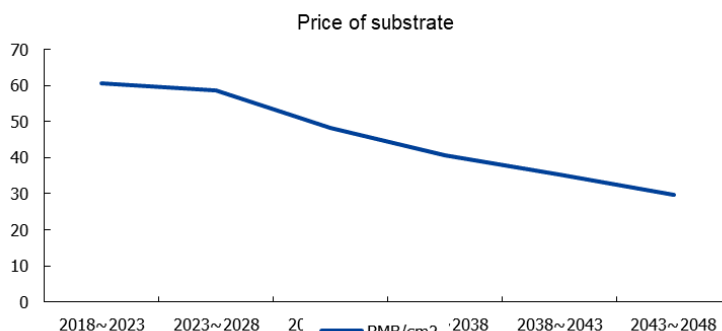
图表 82: SiC 衬底尺寸发展趋势



资料来源: CASA、国盛证券研究所

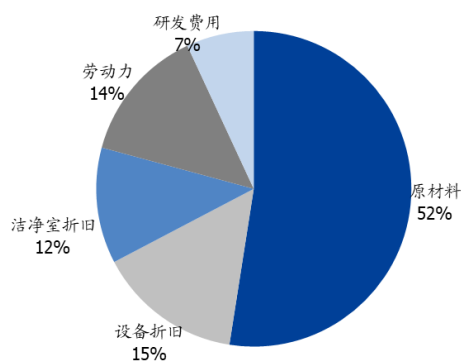
SiC 成本下降依赖于尺寸增加、可用厚度增加和缺陷密度下降。伴随大直径衬底占比不断提高,衬底单位面积生长成本下降。单晶可用厚度在不断增加。以直径 100mm 单晶为例,2015 年前大部分单晶厂商制备单晶平均可用厚度在 15mm 左右,2017 年底已经达到 20mm 左右。伴随衬底结晶缺陷密度下降的同时,工艺复杂程度增加。在大部分衬底提供商完成低缺陷密度单晶生长工艺及厚单晶生长工艺研发后,衬底单位面积价格会迎来相对快速的降低。

图表 83: SiC 衬底价格 (元/cm²)



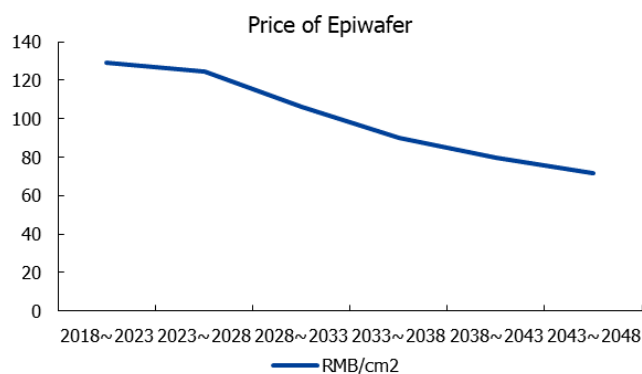
资料来源: CASA、国盛证券研究所

图表 84: SiC 外延片成本结构



资料来源: CASA、国盛证券研究所

图表 85: SiC 外延片价格 (元/cm²)

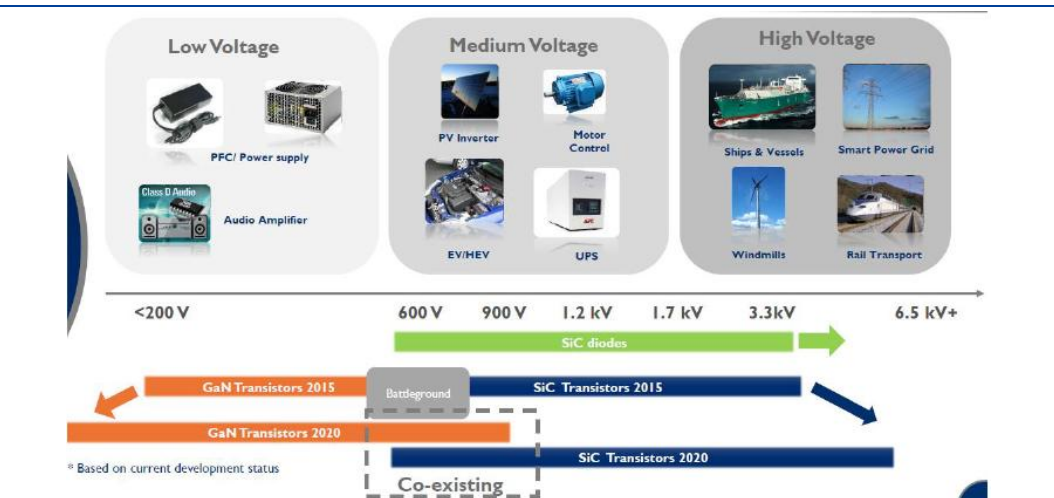


资料来源: CASA、国盛证券研究所

SiC 器件主要包括肖特基器件和 MOSFET。

SiC 肖特基器件在功率因素校正（PFC）中应用较广，是 SiC 器件主要的应用领域。当前的 SiC 器件主要包括纯肖特基接触的 SBD 器件和带有 p 型注入的结势垒型 JBS 器件。电压集中在 650V、1200V。

图表 86: SiC 肖特基器件的耐压分布



资料来源: CASA, 国盛证券研究所

当前主流的 SiC 三端器件是 MOSFET 器件。SiC MOSFET 基于栅极端子的控制，实现开关器件导通和关断，满足高频、高功率需求，在某些领域可以取代传统的 Si 基 IGBT 器件，并且器件性能不随工作温度改变发生严重漂移现象，正温度系数，适合并联工作。目前，国际上商业化的 SiC MOSFET 耐压在 1700V 以下，主要有 650V、900V、1200V 和 1700V。

集成化需求也在不断提升。由于 SiC 芯片电学性能的不断提升，人们对器件的集成制造的需求越来越多。所谓的 SiC MOSFET 集成器件指的是将 SiC MOSFET 与 SiCSBD 集成在一个元胞进行芯片布局与优化的技术。

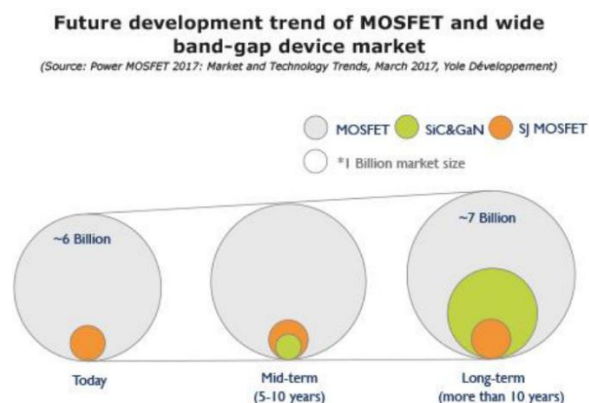
图表 87: 集成 SiC MOSFET 和 SBD 器件的 SiC 模块性能



资料来源: CASA, 国盛证券研究所

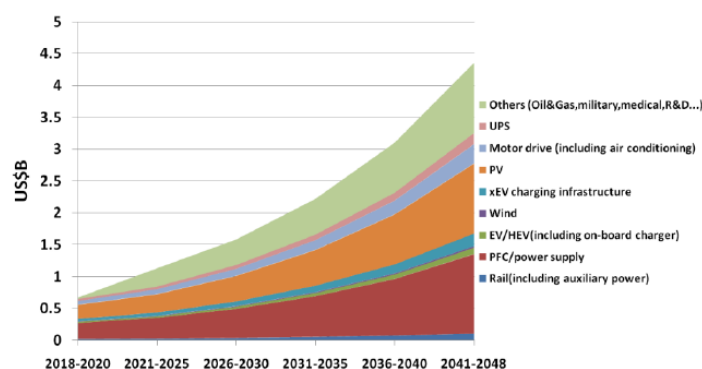
汽车领域已经较为广泛搭载 **SiC SBD** 和 **SiC MOSFET**。据 Yole 统计，2018 年，国际上有 20 多家汽车厂商已经在车载充电机（OBC）中使用 SiC SBD 或 SiC MOSFET。此外，特斯拉 Model 3 的逆变器采用了意法半导体生产的全 SiC 功率模块，该功率模块包含两个采用创新芯片贴装解决方案的 SiC MOSFET，并通过铜基板实现散热。目前针对车用电机控制器的 SiC 模块主要包括：650V、900V 和 1200V 三个电压等级，电流从几十安培到几百安培不等。

图表 88: SiC 在 MOSFET 里占比不断提升



资料来源: CASA, 国盛证券研究所

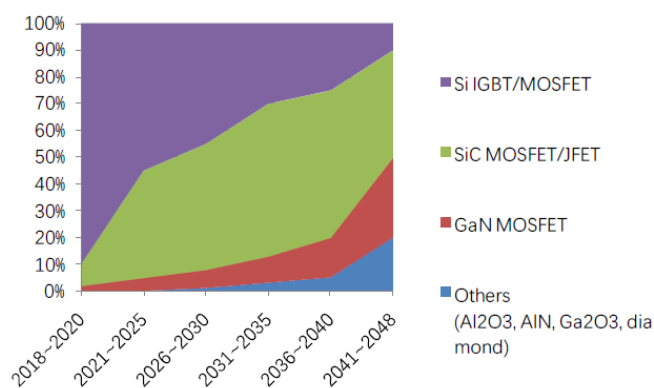
图表 89: SiC MOSFET 器件未来市场分布



资料来源: CASA, 国盛证券研究所

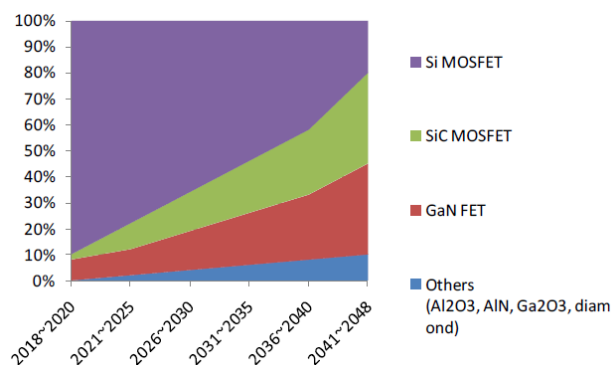
SiC 和 GaN 这两种第三代半导体材料均可作为 MOSFET 器件材料。基于其自身特性的差异，600~900V 应用采用 GaN 器件的居多，900V 以上应用采用 SiC 器件的居多。此外，当前已有较多的 GaN FET 器件应用在高端的 DC-DC 转化器中，SiC MOSFET 的使用也会逐渐增多，但分别应用在不同的场景和领域：SiC MOSFET 主要应用在高压大电流的模块，GaN FET 主要应用在高频的模块。

图表 90: 车用电机控制器逆变装置中功率模块的器件材料用量份额趋势



资料来源: CASA, 国盛证券研究所

图表 91: DC-DC 转换器中功率器件的应用趋势

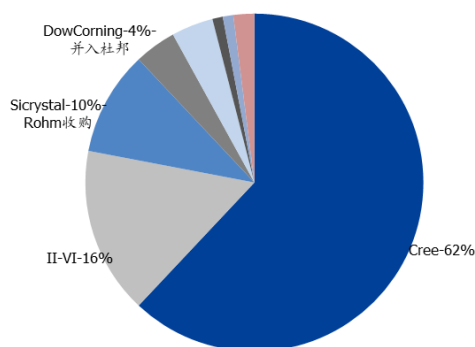


资料来源: CASA, 国盛证券研究所

SiC 上游处于供不应求阶段，诸多硅电力电子厂商积极参与。目前，国外已有超过 30 家公司具备 SiC 材料、器件制造能力，并从事相关商业活动。现有硅电力电子器件龙头制造商或多或少地活跃在 SiC 领域。目前有包括 Infineon、Rohm、Cree、STM 等 20 家企业提供 SiC 肖特基二极管产品。从上述 4 家产品对比来看，ROHM 和 Cree 产品价格较高，STM 产品价格最低。目前中国大陆外的代工厂包括台积电 6 寸厂。

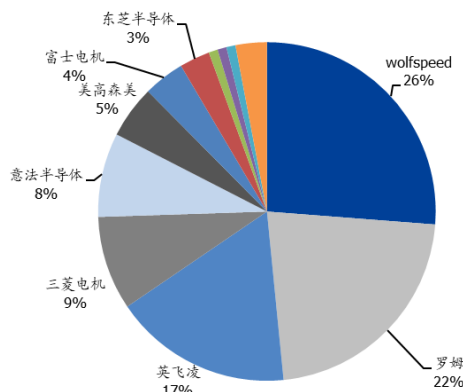
根据 CASA，我国国内至少有 5 条 SiC 产线，包括泰科天润、中电科 55 所的两条，2018 年新增 3 条 6 英寸产线，分别是三安光电、株洲中车时代和国家电网全球能源互联网研究院（中试线）。国内 600~3300V SiC SBD 的产业化初见成效，开始批量应用，面向电网的 6.5kV SiC SBD 正在研发。国内企业也已经研发出 1200V/50A SiC MOSFET。

图表 92: SiC 衬底市场份额



资料来源: CASA, 国盛证券研究所

图表 93: SiC 器件市场份额



资料来源: CASA, 国盛证券研究所

图表 94: 海外 SiC 产业链

衬底	外延	设计	制造	封装	应用
		Cree (美国) Rohm (日本)			
道康宁 (美国)			三菱电机 (日本) (电机控制、电源和白色家电等)		
昭和电工 (日本)			Microsemi (美国) (汽车、卫星、通讯及军用/航天)		
II-VI (美国)			英飞凌 (德国) (智能电网、汽车电子、太阳能与风能)		
	NOVA SiC (法国)	安森美 (美国) GeneSiC (美国) Littelfuse (美国) 东芝 (日本) 意法半导体 (意大利/法国) 松下 (日本) 瑞萨电子 (日本)			美国Powerex (不间断电源、电动汽车等)
	ETC (意大利)	UnitedSiC (美国)		安森美 (美国)	瑞士ABB (电力变压器和配电变压器)
	嘉晶电子 (中国台湾)	Bruckewell (美国)		日月光 (中国台湾)	美国GE (发电机、电气设备)
		CISSOID (比利时)			日本丰田 (电动汽车)
		瀚薪科技 (中国台湾)			日本Fuji Electric (中低压变频器、)

资料来源: 赛迪顾问、国盛证券研究所

图表 95: 国内 SiC 产业链

衬底	外延	设计	制造	封测	应用	
世纪金光						
Norstel		泰科天润 (充电桩、新能源汽车)				
天科合达 山东天岳 中电科2所 同光晶体 神州科技 中科钢研 德清州晶	瀚天天成	中车时代电气 (动车、电力机车、城市轨道交通)				
		国家电网全球能源互联网研究院 (电力系统)				
	东莞天域	中电科13所 中电科55所 瑞能半导体 芯光润泽 基本半导体 士兰微 扬杰科技 美林电子 意法半导体			比亚迪 (新能源汽车) 北京精进电动 (新能源汽车) 北京科诺伟业 (光伏、风力发电)	
		瞻芯电子	三安集成	华天科技		
		陆芯科技		长电科技		
		锴威特				

资料来源: 赛迪顾问、国盛证券研究所

六、向下游布局 SAW 滤波器，直指终端应用

射频前端模块是移动终端通信系统的核心组件，对它的理解可以从两方面考虑：

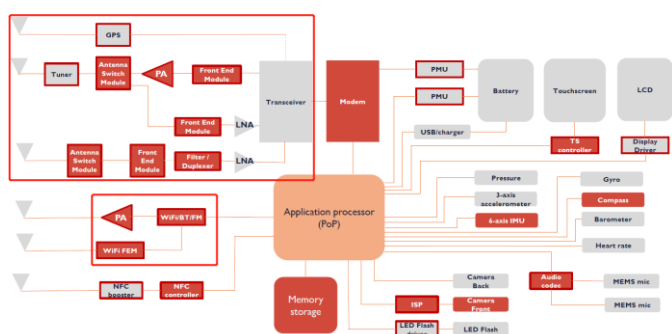
✓ 必要性：

它是连接通信收发器（transceiver）和天线的必经之路；

✓ 重要性：

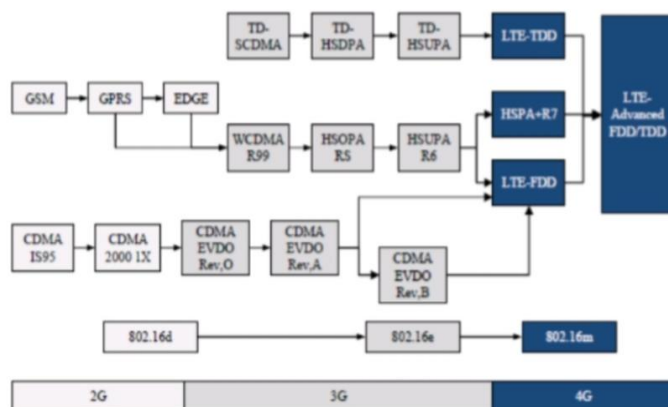
它的性能直接决定了移动终端可以支持的通信模式，以及接收信号强度、通话稳定性、发射功率等重要性能指标，直接影响终端用户体验。

图表 96：手机通信模块主要构成



资料来源：招股说明书，国盛证券研究所

图表 97：移动通讯技术的变革路线图



资料来源：招股说明书，国盛证券研究所

而射频前端芯片内包括多种器件，其在多模/多频终端中发挥着核心作用：

1. 功率放大器 - PA;
2. 滤波器 - Filter; (公司积极向 SAW 延伸布局)
3. 低噪声放大器 - LNA; (公司主营业务之一)
4. 天线开关 - Switch; (公司主营业务之一)
5. 双工器 - Duplexer 和 Diplexer。

6.1 受益 5G，需求爆发

滤波器行业受 4G 渗透率提高而稳定增长，5G 进一步促进滤波器的升级和放量。由于 4G 手机所需要的滤波器数量多于 2G/3G 时代，随着 4G 不断普及乃至 5G 的引入，滤波器的需求量提升。此外，载波聚合和 MIMO 都是基于多频谱技术，每个频谱需要新增两个滤波器，是滤波器数量增长的另一个推力。除智能手机，物联网将是滤波器行业重要的应用领域。2020 年预计超过 200 亿个的物联网终端设备，将带来大量的滤波器需求。

图表 98: 不同机型 滤波器种类及数量情况 (个)

	低端机型	中端机型	高端机型
双工类别	0-4	4-7	7-13
多工类别	-	-	0-2
滤波器总量	9-12	12-20	20-40

资料来源: Murata, 国盛证券研究所

图表 99: 智能手机单机所用滤波器价值量 (美元)

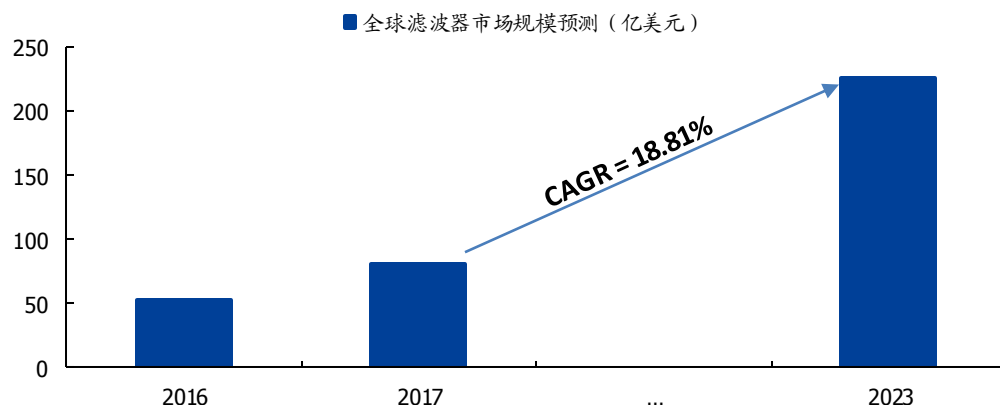
	3G	区域 LTE	全网通 LTE
SAW 滤波器	1.25	2	2.25
TC-SAW 滤波器	0	0.5	1.5
BAW 滤波器	0	1.5	3.5
全部滤波器	1.25	4	7.25
PA、天线开关及其他	2.5	3.5	5.5
射频前端	3.75	7.25	12.75+

资料来源: TriOunit, 国盛证券研究所

根据 Yole Development 对全球滤波器市场的预测, 在 2017 年滤波器的市场规模已经达到了 80 亿美元, 而至 2023 年全球滤波器的市场规模将会达到 225 亿美元, 达到年复合增长 18.81%。

而我们认为滤波器行业之所以会在未来呈现如此高增速的主要原因是因为 5G 带动的全电子行业的升级换代。

图表 100: 全球滤波器市场规模测算 (2023 年数据为预测值)



资料来源: Yole Development, 国盛证券研究所

以下我们将对手机端的 SAW 滤波器进行一个分析, 通过这一“点”, 来解释为何滤波器市场会这样高速增长。

我们根据 IDC 对全球手机出货量的过往总结以及未来预期做了基于手机端的 SAW 的价值量测算。测算中使用了 IDC 对于不通类型手机出货量的占比预计、手机总出货量、以及我们国盛电子对于 SAW 的单价、用量的假设:

图表 101: 全球手机用滤波器测算

假设 5G 手机用 SAW 滤波器数量约为 40~50 个，虽然接收端滤波器的价值量较低，但是考虑到发射端的高价值量，我们假设整体 SAW 的单价预计在 0.5 元人民币；

手机版本	用量（个）	单价（元）	单机价值量（元）	中值（元）
3G 手机	17-27	0.3	6~10	8
4G 手机	25-35	0.4	10~15	12.5
5G 手机	40-50	0.5	20~25	22.5

根据 IDC 对全球手机出货量的预测，2019 年将会同比 2018 年下滑 2.2%，2020 年将会同比增长 1.6%；即 2019 年预计手机出货量将会达到 13.74 亿部，2020 年将会达到 13.96 亿部；而我们结合 IDC 的数据及对产业的判断，对 2020 年 5G 手机出货量的预测，将会占到总量的 23.64%，即 3.3 亿部。

2020 年

	市场份额	出货量（亿部）	SAW 价值量（亿元）	SAW 总价值量（亿元）
3G 手机	3.50%	0.49	3.91	205
4G 手机	72.86%	10.17	127.13	
5G 手机	23.64%	3.30	74.25	

同样 IDC 在年初也对 2023 年的手机出货量进行了预测，将会达到 15.42 亿部；其中 3G 手机占比将会降低至 2.2%、4G 手机将占 69.7%、5G 手机将会占 54.1%；

而对应的我们假设在 2023 年 SAW 滤波器的单价较当下相比下降 6%

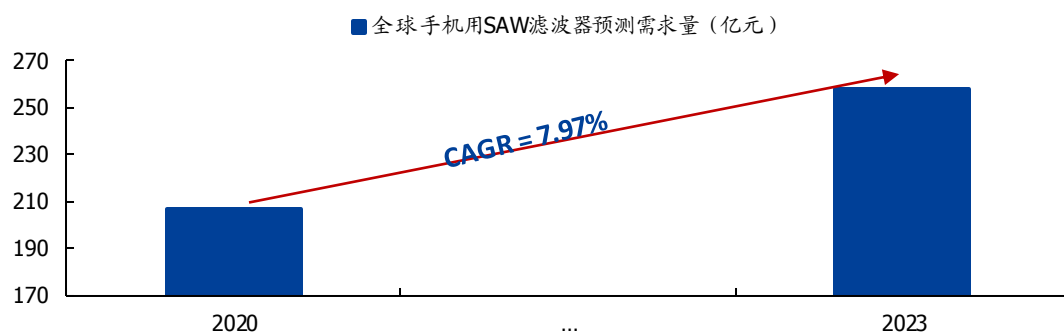
2023 年

	市场份额	出货量（亿部）	SAW 价值量（亿元）	SAW 总价值量（亿元）
3G 手机	2.35%	0.36	2.72	258
4G 手机	43.55%	6.71	78.85	
5G 手机	54.10%	8.34	176.32	

资料来源：国盛电子测算，国盛证券研究所

通过在上述表格对手机端 SAW 的测算，我们可以看到 SAW 价值量在 2020 年至 2023 年有着较大的变化，而此变化更多的是来自于随着通讯技术的升级带来的下游电子产品的更新换代，实现了手机端 SAW 在 2020 年~2023 年的 CAGR 7.97% 的增长。

图表 102: SAW 滤波器在手机内价值量变化及其 CAGR (2023 年数据为预测值)



资料来源: 国盛电子测算, 国盛证券研究所

6.2 多年布局，蓄势待发

早在 2016 年之前公司全资子公司三安集成就已经开拓了经营范围至滤波器等消费电子生产工艺, 与对方达成一致建立合资公司主要经营消费电子与移动装置生产工艺, 涵盖手机射频、滤波器、光通讯芯片、电源管理及新型技术开发等。后来, 公司又进一步加码在滤波器领域的投入。

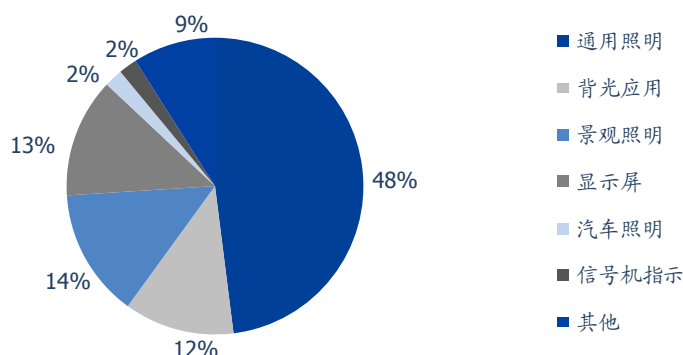
公司滤波器业务产线设备已到位并进入全面安装调试阶段, 与国内知名终端应用厂商都有业务对接, 产品的研发和可靠性验证已取得了实质性进展, 进入客户送样验证阶段, 客户反馈初步测试产品性能已优于业界同类产品。相信随着客户信赖度和范围逐步扩大, 销售体量也会逐渐增大, 前景广阔。

七、LED 行业逐渐触底，Mini/Micro 推动新成长

7.1 应用场景巨大，国内产能出清静待渗透率逐步提高

LED 应用市场保持高速发展，细分应用领域发展呈现不同的特点。LED 广泛应用于路灯照明、建筑景观照明、交通信号灯、显示屏、LCD 背光源、汽车照明、室内普通白光照明、农业生产用人工光源、医疗用光源、航空照明用光源等具体领域。其中通用照明、景观照明、显示等传统替代应用市场稳步增长，汽车照明、植物照明、医疗照明等细分市场快速增长，智慧路灯、小间距显示、灯丝灯、UV LED、IR LED 等成为等新兴应用逐步成为市场热点。

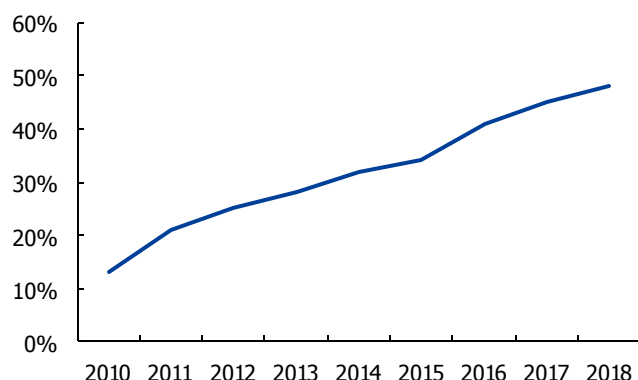
图表 103: LED 行业应用领域占比分布情况



资料来源：前瞻产业研究院，国盛证券研究所

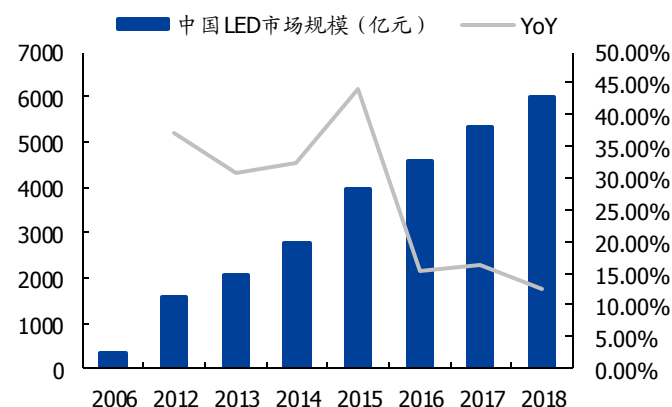
再看到 LED 在通用照明领域的渗透率情况，在 2012 年仅有 25% 的渗透率，但是至 2018 年已经达到了 48%。2012 年至 2018 年提高的 23% 的渗透率也一定程度帮助中国 LED 市场规模的提高，从 2012 年中国 LED 市场规模的 1590 亿元一路高速发展至 2018 年的 5985 亿元。作为最大的应用场景的通用照明我们认为后续由于 LED 的优势，其渗透率将会持续提高，帮助中国及全球市场的继续增长，一定程度上消化目前过剩产能的现状。

图表 104: 2010-2018 年 LED 在通用照明领域的渗透率统计情况



资料来源：前瞻产业研究院，国盛证券研究所

图表 105: 2006-2018 年中国 LED 行业市场规模统计及增长情况

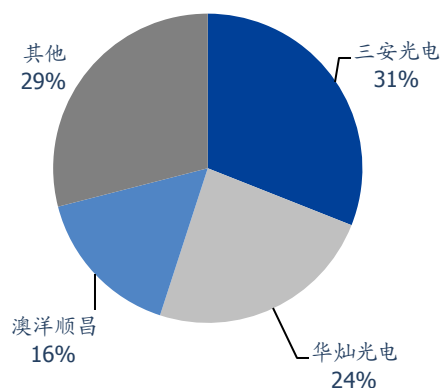


资料来源：前瞻产业研究院，国盛证券研究所

市场规模的不断增长，而三安光电同样也在不断扩大其市占率。根据前瞻和拓璞产业研究院的统计，在中国 LED 市场三安光电占据了第一的位置，市占率达到了 31%；而至全球 LED 芯片的市占率，三安光电则在 2018 年占据了 28%，较 2017 年进一步的提高。

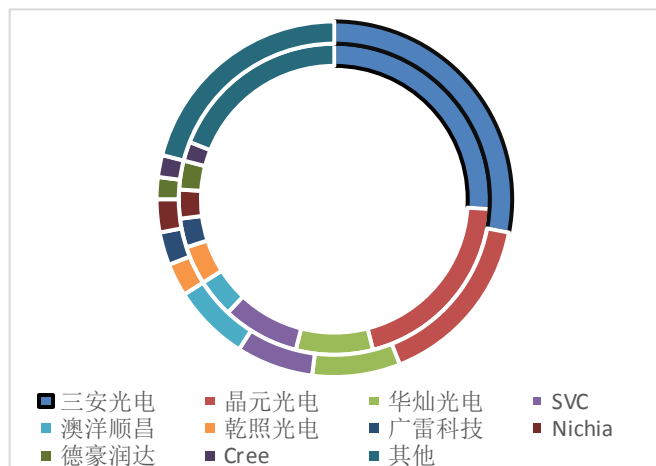
虽然当下时点 LED 产能有所过剩，但是得益于 LED 渗透率的持续提高以及市场规模的扩大，同时中小产能逐步出清，我们认为三安在这个正在冬季的行业将会撑到最后，成功突围迎接曙光。

图表 106: 中国 LED 市占率情况



资料来源: 前瞻产业研究院, 国盛证券研究所

图表 107: 2017/2018 年全球 LED 芯片市占率对比 (内 2017, 外 2018)

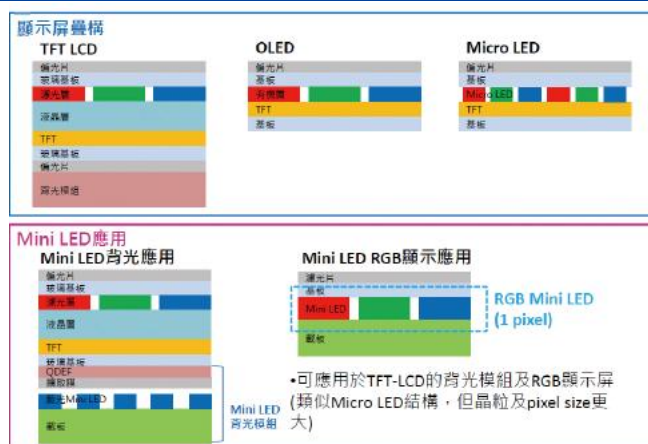


资料来源: 拓璞产业研究院, 国盛证券研究所

7.2 Mini/Micro LED 新型显示技术打开长期成长空间

三安光电于 2015 年初开始布局 MiniLED 及 Micro LED 的研发产业化项目，目前在国内外 LED 芯片厂商中处于领先地位。Micro LED 是小间距技术发展到现在一定阶段后的产品，代表 LED 的微缩化与矩阵化技术。为使 LED 显示屏在手机手表等小屏幕上仍能保持较高分辨率，其点间距为 1-100 微米，是目前最先进的 P0.7 小间距屏点间距的 1/700-1/7。其摒弃了传统的芯片封装结构，通过转移技术将裸 LED 芯片直接连接于 TFT 驱动基板上，每个 Micro LED 为一个像素，实现对每个芯片放光亮度的精确控制，进而实现图像显示。

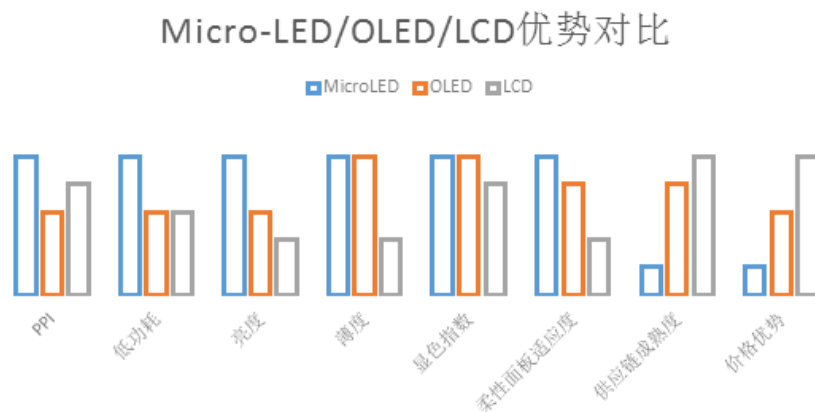
图表 108: TFT-LCD、OLED、Micro-LED、MiniLED 结构对比图



资料来源: LEDinside, 国盛证券研究所

相较于 LCD、OLED，Micro LED 性能优势明显。基于其微米等级间距的最大特点，相较于 LCD、OLED，Micro LED 亮度更高；拥有超高分辨率与色彩饱和度；寿命长，在需要使用寿命的应用领域，如汽车抬头显示、大型屏幕投影等方面 Micro LED 更具竞争力；能够适应各种尺寸应用范畴更广；更低功耗，据估计，在相同使用情况下，由于发光效率的提高，Micro LED 的耗电量将为 AMOLED 的一半，也就是 LCD 的 20%-40%。

图表 109: LCD、OLED、Micro-LED 优势对比



资料来源: LEDinside, 国盛证券研究所

从 Micro LED 的应用角度来看，考虑其特点，室内显示屏与可穿戴设备或将是首先渗透的领域。室内显示屏方面，Sony 率先发力，2012 年推出 Crystal LED Display 产品作为 Micro LED 技术雏形，接着 2016 年开发出 CLEDIS 等显示屏产品，并已发力开拓商业化市场。可穿戴设备方面，苹果通过收购台商 LuxVue Technology，取得多项 Micro LED 专利技术，与 Sony 相反，其点亮 6 英寸 FHD Micro LED 试点项目，计划首先将 Micro LED 运用于以 Apple Watch 为代表的智能手表，尝试通过可穿戴设备引领 Micro LED 需求热潮，同时，从 Micro LED 的技术特点及寿命优势出发，汽车显示可能是 Micro LED 下一个适合的应用领域，但由于其较长的认证周期，汽车领域的应用开展速度可能相对较慢。另外，考虑到技术进一步深化，VR/AR 设备、室内外大屏显示等也是相当具可行性和开发潜力的市场。

图表 110: Micro LED 预期商业化进程

	短期		中期			长期			
	室内显示屏	可穿戴设备	车用屏	HMD	智能手机	Tablet	TV		
应用	室内显示屏	智能手 机	智能手 表	汽车CID	汽车集 群	VR	智能手 机	Tablet	TV
亮度	1000~3000	500~1000	500~1000	600~800	600~800	N/A	300~500	300~500	400~1000
尺寸 (inch)	14~24	1~1.5	1~1.5	6~10	10~14	3~4	4~6	7~12	32~80
PPI	15	200	300	150~250	150~250	450~2000	300~800	200~300	40~100
LED大小 (微米)	55	20	10	15	15	2~4	5	10	30
像素容 量	300~500K	30K~50K	100K	800~1000 K	3M	6M~20M	4M~8M	3M~6M	8M~35M

资料来源: LEDinside, 国盛证券研究所

Micro LED 预期未来市场巨大。Micro LED 技术工艺复杂、良率、转移率要求高，研发技术核心—巨量转移技术瓶颈尚未突破，由此也导致其制造成本过高（约为 OLED 的 3-5 倍），另外还要考虑到设备、供应链整合及市场接受度等问题，预期其技术成熟并进入量产可能还需 3-5 年。但值得注意的是，从产业链的角度来说，LCD/OLED 的显示的全部技术有 7 成上下可以被 Micro LED 公用或者吸收，厂商转型难度较小，这就意味着，一旦 Micro LED 突破量产技术难关，其将很有潜力取代 OLED 成为下一代显示尤其是小尺寸智能穿戴等设备的核心，甚至全面取代液晶显示屏。

也正由于核心技术、成本等限制现阶段 **Micro LED 无法放量**，所以公司同时在大力布局作为 **LED 和 Micro LED 过渡方案的 Mini LED**。三安光电与显示巨头三星合作，根据公司 2018 年 2 月公告，三星电子与三安光电全资子公司厦门三安签订《预付款协议》，三星提前向三安光电支付 1683 万美金，建立长期商业合作关系，由三安向三星电子供应一定数量的显示屏 LED 芯片。三星在自有产品中使用其他公司的芯片，主要是看中三安的芯片产品质量稳定、可率先实现量产等因素。

MiniLED 又名次毫米发光二极管，意指晶粒尺寸约在 **100 微米以上的 LED**。Mini LED 是介于传统 LED 与 Micro LED 之间，简单来说传统 LED 背光基础上的改良版本。从制程上看，Mini LED 相较于 Micro LED 来说，良率高，具有异型切割特性，搭配软性基板亦可达成高曲面背光的形式，采用局部调光设计，拥有更好的演色性，能带给液晶面板更为精细的 HDR 分区，且厚度也趋近 OLED，同时具有省电功能。

图表 111: Micro-LED、Mini-LED、传统 LED 的性能对比

	Micro-LED	Mini-LED	Face up LED (COB)	SMD LED (Traditional LED)
LED 类型	Flip Chip	Flip Chip	Face up/Vertical	Face up/Vertical
LED 晶粒尺寸(μm)	<100	100~300	100~300	100~300
应用	各种尺寸显示器(穿戴式装置/大型广告牌); 显示器背光	小间距显示屏; 显示器背光	小间距显示屏	小间距显示屏
最小点间距	P0.06	P0.55	P0.8	P0.75
散热表现	佳	佳	中等	尚可
最大可视角 (垂直 / 水平)	178°/178°	178°/178°	170°/170°	160°/160°
打线方式	Direct Bond	Direct Bond/SMT	Wire Bond	Wire Bond
对比度	高	高	中等	尚可
耗电量	低	低	中等	高
可靠度	高	高	中等	尚可

资料来源: Digitimes, 国盛证券研究所

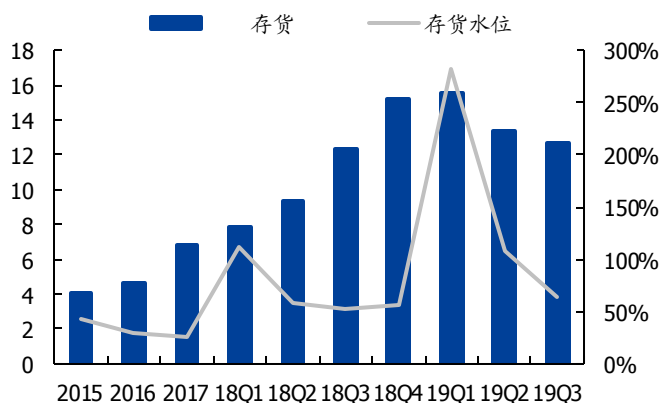
7.3 行业库存下降，LED 行业逐渐筑底企稳

犹如前文所述，LED 行业在过往的情况为产能过剩，进而带动了 LED 行业的价格战，因此我们也看到 LED 行业的企业盈利能力经历着一定的下滑。但是也因为随着 LED 价格跌至成本之后，中小厂商的产能也逐步的出清。

但更为重要的是 LED 行业中较为纯粹的华灿光电以及聚灿光电在 2019 年来库存及库存水位明显下降，与之同样下降的还有公司的库存周转天数。

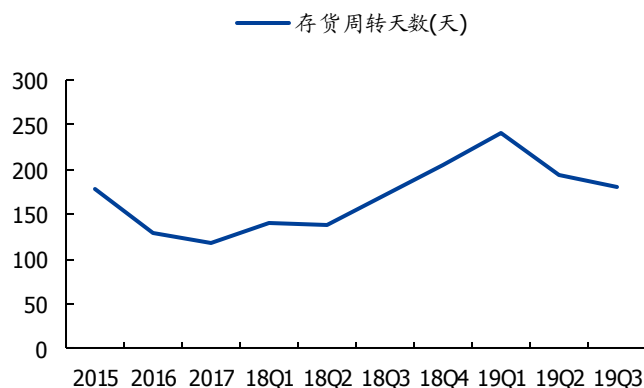
华灿光电在 19Q1 存货达到了近年历史的最高点后，已经呈现两个季度的下降，存货水位也从 19Q1 的 282.6%下降至 19Q3 的 64.6%，对应存货周转天数也从 19Q1 的 241 天下降至 19Q3 的 179 天。

图表 112: 华灿光电库存及库存水位 (亿元)



资料来源: Wind, 国盛证券研究所

图表 113: 华灿光电存货周转天数



资料来源: Wind, 国盛证券研究所

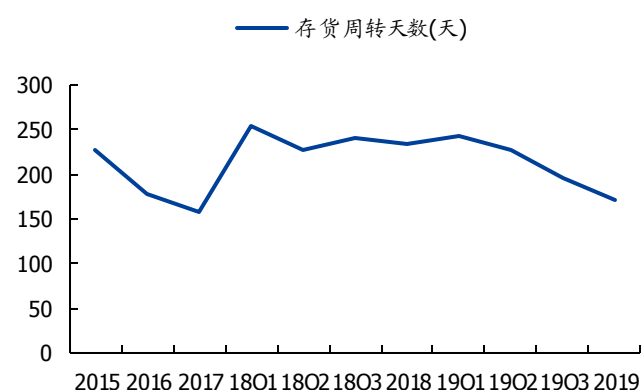
对于聚灿光电来看, 公司在 19Q2 存货达到了近年历史的最高点后, 也已经呈现两个季度的下降, 而库存水位也从 2018 全年的 37% 下降至 2019 年的 16%, 同比下滑较大。对于存货周转天数而言, 无论是环比又或是同比均下降明显。

图表 114: 聚灿光电库存及库存水位 (亿元)



资料来源: 国盛证券研究所

图表 115: 聚灿光电存货周转天数



资料来源: 国盛证券研究所

我们认为 LED 行业代表性公司的库存、库存水位以及存货周转天数的同步下降均代表了 LED 行业产能出清进入尾声, 行业底部已触及后, 后续有望向上反弹的希望。

7.4 定增募资, 加大砷码布局

公司于 2019 年 11 月公告将非公开发行 A 股股票预案预计将募集 70 亿元投资于半导体研发与产业化项目 (一期), 根据公司对项目的预测, 项目达产后预计实现年销售收入 82.44 亿元, 对应净利润 19.92 亿元, 将显著增厚公司业绩。

图表 116: 公司募集资金用途 (亿元)

序号	项目名称	项目总投资	募集资金拟投入金额
1	半导体研发与产业化项目 (一期)	138.05	70

资料来源: 公司公告, 国盛证券研究所

此次公司募投将主要用于氮化镓业务、砷化镓业务、以及特种封装业务:

图表 117: 半导体研发与产业化项目 (一期) 具体规划 (亿元)

序号	项目业务	拟投入资金总额
1	氮化镓业务	94.20
2	砷化镓业务	31.75
3	特种封装业务	8.83
4	公共配套板块	3.28
合计		138.05

资料来源: 公司公告, 国盛证券研究所

本次募投项目实施后, 将建成包括高端氮化镓 LED 衬底、外延、芯片; 高端砷化镓 LED 外延、芯片; 大功率氮化镓激光器; 特种封装产品应用四个产品方向的研究、生产基地。其中, 各业务板块具体的产能规划如下:

① 氮化镓业务板块:

- a) 年产氮化镓芯片 769.20 万片, 其中: 第五代显示芯片 (Mini 背光/MicroLED) 161.60 万片/年、超高效节能芯片 530.80 万片/年、紫外 (UV) 芯片 30.80 万片/年、大功率芯片 46.00 万片/年;
- b) PSS 衬底年产 923.40 万片;
- c) 大功率激光器年产 141.80 万颗。

② 砷化镓业务板块:

- a) 年产 GaAsLED 芯片 123.20 万片, 其中: 第五代显示芯片 (Mini/MicroLED) 17.60 万片/年、ITO 红光芯片 34.90 万片/年、RS 红光芯片 19.10 万片/年、高功率红外产品 14.20 万片/年、植物生长灯芯片 14.40 万片/年、大功率户外亮化芯片 7.20 万片/年、车用级芯片 7.00 万片/年、医疗健康芯片 8.80 万片/年;
- b) 年产太阳能电池芯片 40.50 万片, 其中: 商用卫星电池 13.50 万片/年、临近空间装置 27.00 万片/年。

③ 特种封装业务板块:

- a) UVLED 封装 81.40kk/年;
- b) MiniLED 芯片级封装 8,483.00kk/年;
- c) 车用级 LED 封装 57.80kk/年;
- d) 大功率 LED 封装 63.20kk/年; E、IRLED 封装 39.00kk/年。

八、盈利预测与投资建议

从 LED 板块而言，三安光电作为全球龙头占据第一市占率的同时，行业产能过剩带来的寒冬将会出清一批中小产能，从而帮助改善行业过剩的现状，以及让行业集中度进一步提高；同时随着 LED 渗透率的不断提高，市场规模的持续增长也将一定程度上缓解 LED 行业的过剩。再到 LED 行业未来的新发展：Mini LED 以及 Micro LED，三安光电具备产品技术的优势，另外公司也投入约 138 亿元继续深耕 LED 全产业链，我们认为公司将会在 LED 板块多维度受益。

而至化合物半导体及其他半导体领域，随着全球半导体市场的不断复苏以及射频领域的巨大新需求，公司积极卡位氮化镓、砷化镓、碳化硅、以及其他半导体器件领域，同时得益于目前中国国产替代大时代的推动之下，我们认为公司的化合物半导体业务将会在 2020 年开始逐步放量，真正进入半导体市场贡献利润。

基于上述对于公司及公司所在行业的分析，我们认为公司的传统 LED 业务、车灯、以及废料销售业务所在行业将会在 2020 年逐步进入上升通道，同时由于公司在行业的龙头地位，我们预计公司在 2020 年的市占率将会进一步扩大。与此同时公司在毛利率方面也会随着各业务的回升逐步恢复。

对于公司化合物半导体业务而言，随着化合物半导体市场的逐步渗透以及战略卡位，我们也预计公司此项业务将快速增长。化合物半导体业务具备着高毛利率水准，但是由于公司作为新晋者，初期毛利率相对会较低，但随着规模化效应以及技术能力的逐步突破，我们预计毛利率将在后续进一步的稳定提升。

三安光电作为化合物半导体龙头企业，LED 主业逐渐触底回暖，且格局优化、强者恒强；公司砷化镓、氮化镓、碳化硅及滤波器等器件积极布局，卡位下一代半导体制造领域，率先迎来产品突破和放量。预计公司 2020~2022 年将实现归母净利润 20.55/29.20/37.00 亿元。

图表 118: 公司业绩拆分

	2018	2019	2020E	2021E	2020E
LED 芯片	58.62	48.28	54.00	63.00	70.00
yoy	-6.9%	-17.6%	11.8%	16.7%	11.1%
毛利率	40.0%	12.3%	20.0%	25.0%	35.0%
车灯收入	7.00	6.50	6.50	6.50	6.50
yoy	-6.7%		0.0%	0.0%	0.0%
毛利率	20.0%	12.0%	15.0%	17.0%	20.0%
其他（材料、肥料、租金）收入	16.31	17.41	18.75	20.00	20.00
yoy	21.0%	6.7%	7.7%	6.7%	0.0%
毛利率	76.0%	85.4%	85.0%	85.0%	85.0%
化合物半导体收入	1.71	2.41	12.00	25.00	35.00
yoy		40.7%	397.9%	108.3%	40.0%
毛利率	10.0%	13.0%	20.0%	25.0%	30.0%
总营收	83.64	74.60	91.25	114.50	131.50
yoy	-0.3%	-10.8%	22.3%	25.5%	14.8%
综合毛利率	44.7%	29.4%	33.0%	35.0%	40.5%

资料来源: wind, 国盛电子测算, 国盛证券研究所

选取 A 股可比的半导体细分赛道龙头估值分析, 三安光电在 2020~2022 年具有相对估值优势。当前位置, 我们认为应该积极关注三安光电的投资机会。首次覆盖, 给予“买入”评级。

图表 119: 可比公司估值比较 (三安光电盈利预测为国盛电子测算; 可比标的盈利预测取 wind 一致预期)

	总市值	归母净利润 (百万元)				市盈率			
		2019	2020E	2021E	2022E	2019	2020E	2021E	2022E
三安光电	969	1,298	2,055	2,920	3,700	75	47	33	26
卓胜微	655	497	797	1,123	1,426	132	82	58	46
兆易创新	981	610	1,057	1,412	1,880	161	93	69	52
韦尔股份	1,808	466	2,321	3,218	3,820	388	78	56	47
圣邦股份	355	176	267	381	520	202	133	93	68

资料来源: wind, 国盛电子测算, 国盛证券研究所

九、风险提示

LED 行业需求不达预期: 宏观经济包括房地产周期下行可能会影响 LED 芯片的整体需求，需求下降进而可能引发产业降价竞争，对公司毛利率及盈利能力产生压力。

化合物半导体进展不达预期: 化合物半导体研发及量产工艺难度大，公司化合物半导体研发、产能提升可能低于预期，大客户导入可能低于预期。

免责声明

国盛证券有限责任公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及其研究人员对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，可能会随时调整。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告所涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。

本报告版权归“国盛证券有限责任公司”所有。未经事先本公司书面授权，任何机构或个人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。任何机构或个人如引用、刊发本报告，需注明出处为“国盛证券研究所”，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的任何观点均精准地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法，结论不受任何第三方的授意或影响。我们所得报酬的任何部分无论是在过去、现在及将来均不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
评级标准为报告发布日后的 6 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中 A 股市场以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准，美股市场以标普 500 指数或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	相对同期基准指数涨幅在 15%以上
		增持	相对同期基准指数涨幅在 5%~15%之间
		持有	相对同期基准指数涨幅在 -5%~+5%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在 5%以上
	行业评级	增持	相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		中性	相对同期基准指数涨幅在 -10%~+10%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在 10%以上

国盛证券研究所

北京

地址：北京市西城区平安里西大街 26 号楼 3 层

邮编：100032

传真：010-57671718

邮箱：gsresearch@gszq.com

南昌

地址：南昌市红谷滩新区凤凰中大道 1115 号北京银行大厦

邮编：330038

传真：0791-86281485

邮箱：gsresearch@gszq.com

上海

地址：上海市浦明路 868 号保利 One56 1 号楼 10 层

邮编：200120

电话：021-38934111

邮箱：gsresearch@gszq.com

深圳

地址：深圳市福田区福华三路 100 号鼎和大厦 24 楼

邮编：518033

邮箱：gsresearch@gszq.com