

GaN 行业深度：5G、快充、UVC——第三代半导体潮起

射频 GaN 在 5G 基站和军用雷达的应用中独具优势

GaN 射频器件具有高频、高功率、宽带宽、低功耗、小尺寸的特点，能在 5G 时代节省宝贵的 PCB 空间，并达到良好的功耗控制。GaN-on-Si 有望挑战 BTS 和 RF 功率市场中现有的 LDMOS 解决方案。到 2024 年 GaN 射频市场空间可达 20 亿美元，CAGR 达 21%，主要由军用雷达和无线基础设施市场拉动。全球市场主要由以 Cree 和住友电工为代表的美日企业统治，国内厂商如三安光电、海特高新、华进创威在 GaN RF HEMT 领域有一定实力。

快充、汽车电子、消费电子推动功率 GaN 放量

GaN 在电源管理、发电和功率输出方面具有明显的技术优势。在 600 伏特左右电压下，其在芯片面积、电路效率和开关频率方面明显优于硅，这使电源产品更为轻薄、高效。并且，GaN 充电器体积小、功率高、支持 PD 协议，有望在未来统一笔电和手机的充电器市场，市场前景广阔。预计 2024 年 GaN 电源市场将超过 3.5 亿美元，CAGR 达 85%，GaN 快充是主要推动力量。全球市场由 Infineon、EPC、GaN Systems、Transphorm 和 Navitas 等公司主导，产品主要由 TSMC、Episil、X-FAB 代工。国内新兴代工厂中，三安光电和海特高新具有量产 GaN 功率器件的能力。

疫情中短期内刺激光电市场，基于 GaN 的深紫外 UVC 需求高涨

GaN 因其材料的高频特性是制备紫外光器件的良好材料，GaN 基紫外激光器在紫外固化、紫外杀菌等领域有重要的应用价值。疫情期间，中美都已启用基于 GaN 的 UVC 进行消毒杀菌。2018 年全球 UV LED 市场规模达 2.99 亿美金，预计到 2023 年市场规模将达 9.91 亿美金，2018-2023 年复合增长率达到 27%。目前市场上高端的深紫外 LED 产品仍以日本、韩国厂商为主，国内有布局深紫外芯片-封装-模组产业链的青岛杰生（圆融光电），深紫外 LED 芯片的三安光电、湖北深紫、中科潞安、华灿光电、鸿利秉一，以及高性能紫外传感芯片的镓敏光电。

投资建议

我们认为，5G 对高功率射频的需求，手机和笔电对高效轻小快充的需求将在 2020-2021 年爆发，疫情对深紫外 UVC 的需求将在 2020 年短期内集中爆发。中长期来看，三类需求面对的都是 GaN 器件的蓝海市场，具有可观的增长空间。我们建议关注三安光电（600703.SH）、海特高新（002023.SZ）、闻泰科技（600745.SH）、华灿光电（300323.SZ）、士兰微（600460.SH）等。

风险提示

技术创新进度缓慢、市场推广不及预期、消费市场需求疲软

电子

维持

买入

雷鸣

leiming@csc.com.cn

执业证书编号：S1440518030001

研究助理 刘双锋

liushuangfeng@csc.com.cn

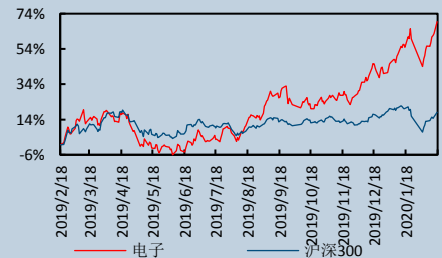
研究助理 朱立文

zhuliwen@csc.com.cn

13760275647

发布日期：2020 年 02 月 18 日

市场表现



相关研究报告

目录

一、第三代半导体 GaN：射频、电源、光电子广泛运用	1
1.1 5G 时代，第三代半导体优势明显	1
1.2 GaN 优势明显，5G 时代拥有丰富的应用场景	2
二、射频：5G 基站、雷达——GaN 射频器件大有可为	3
2.1 GaN 在高温、高频、大功率射频应用中独具优势	3
2.2 GaN 射频市场规模到 2024 年约为 20 亿美元，CAGR 达 21%	6
2.3 GaN 射频市场：美日统治，欧洲次之，中国新进	8
三、电力电子：GaN 推动快充、汽车电子进入小体积、高效率时代	10
3.1 GaN 在汽车电子上拥有多样的应用场景	10
3.2 GaN 可为下一代充电器市场提供更优选择	11
3.3 GaN 电源市场到 2024 年约 3.5 亿美元，CAGR 达 85%	12
3.4 Infineon 和 Transphorm 是功率 GaN 专利领域的领导者	13
四、光电子：GaN 低功耗、高发光效率为 LED、紫外激光器助力	15
4.1 GaN 是蓝光 LED 的基础材料，在 Micro LED、紫外激光器中有重要应用	15
4.2 GaN 光电子市场成长快速，市场规模增量可期	17
五、重要 GaN 企业及产业链梳理	18
5.1 CREE：全球最大的 SiC 和 GaN 器件制造商	18
5.2 Infineon：世界领先的半导体与系统解决方案提供商	19
5.3 住友电工：全球 GaN 射频器件第一大供应商	20
5.4 Navitas：世界领先的 GaN 功率 IC——GaNFast 技术的创造者	21
5.5 三安光电：全面布局 GaN 射频、功率器件、光电的国产龙头	21
5.6 海威华芯：中国纯晶圆代工（Foundry）厂商的新生力量	22
5.7 全球 GaN 产业链七大版块及代表厂商一览	23
六、投资建议	27

图目录

图 1: GaN 晶体结构.....	2
图 2: GaN 的下游应用.....	2
图 3: 5G 时代 GaN 的应用场景.....	2
图 4: 三代半导体工艺覆盖情况.....	3
图 5: 不同尺寸无线电最合适的技术.....	3
图 6: 4G LTE 远程无线电前端架构(a)与包含 192 个天线单元的 mMIMO 无线电前端 (b)	4
图 7: 典型的 mMIMO 无线电设备功能模块图	4
图 8: GaN 赋能 5G 单片前端解决方案	5
图 9: 大功率放大器技术的性能对比.....	5
图 10: GaN 在射频市场更关注高功率、高频率市场	6
图 11: GaN RF 器件市场规模预测	6
图 12: 2018-2024 GaN RF 器件市场规模预测	7
图 13: Doherty PA 在 8dB 的效率.....	7
图 14: GaN 在基站中大量使用	7
图 15: GaN-on-SiC、GaN-on-Si、GaN-on-Diamond 发展预测	7
图 16: GaN RF 玩家全球市场格局	8
图 17: GaN RF 市场重要玩家的专利实力	8
图 18: 与 GaN-on-SiC 和 GaN-on-Si 有关的专利出版的时间演变	9
图 19: GaN MMIC 的专利领导者	9
图 20: 电源开关的分类	10
图 21: GaN 在汽车电子中的应用	10
图 22: 智能手机屏幕尺寸与电池容量.....	11
图 23: 27w GaN 充电器 VS Apple30W 充电器.....	11
图 24: GaN 增加了功率和效率.....	11
图 25: Navitas 的 GaNFast 技术.....	12
图 26: 长期 GaN 功率市场演变.....	12
图 27: 2018-2024 年, 受大功率快充应用推动的功率 GaN 器件市场预测	13
图 28: GaN 行业格局演变, 拥有大量市场机会	13
图 29: 各领域主要专利受让人.....	14
图 30: 功率 GaN 的 IP 领导地位的演变 (2015-2019)	14
图 31: 基于 GaN-on-Si 技术的 Micro LED.....	16
图 32: 紫外激光器照到复印纸上形成的蓝色光斑.....	16
图 33: GermFalcon 系统	16
图 34: Micro LED 产业链情况.....	17
图 35: CREE 营收持续减少, 面临较大经营压力.....	18
图 36: Infineon 2019 财年分产品收入情况	19
图 37: Infineon 2015-2019 财年营业收入情况.....	19
图 38: 2017 年前十功率半导体器件企业市场占有率.....	19
图 39: Infineon 各业务市场地位	19

图 40: 2018 年 Security IC 前五大厂商	19
图 41: 2018 年汽车半导体前十大厂商 (总规模: \$37.7B)	19
图 42: 公司中期经营计划	20
图 43: 住友电工 2014-2018 财年营业收入情况	20
图 44: Navitas 的 GaN 功率 IC 效果图	21
图 45: 三安光电 2014-2019 年 Q3 营业收入情况	22
图 46: 母公司海特高新 2015-2019 年 Q3 营业收入情况 (亿元)	23
图 47: 海威华芯在产业链中的位置	23

表目录

表 1: 三代半导体材料概览	1
表 2: 主要半导体材料的性质	1
表 3: 高功率射频技术对比	5
表 4: 产生 LED 白光的几种方法及比较	15
表 5: CREE 主要业务概览	18
表 6: 三安集成技术平台介绍	22
表 7: 硅衬底供应商	23
表 8: 硅基 GaN 外延片供应商	24
表 9: 功率 GaN 器件代工厂 (外延+器件制造)	24
表 10: 器件设计+GaN 外延制造	24
表 11: 器件和外延设计	25
表 12: 纯代工厂	25
表 13: IDM	26

一、第三代半导体 GaN：射频、电源、光电子广泛运用

1.1 5G 时代，第三代半导体优势明显

第一代半导体材料主要是指硅（Si）、锗（Ge）元素半导体。它们在国际信息产业技术中的各类分立器件和集成电路、电子信息网络工程等领域得到了极为广泛的应用。

第二代半导体材料是指化合物半导体材料，如砷化镓（GaAs）、锑化铟（InSb）、磷化铟（InP），以及三元化合物半导体材料，如铝砷化镓（GaAsAl）、磷砷化镓（GaAsP）等。还有一些固溶体半导体材料，如锗硅（Ge-Si）、砷化镓-磷化镓（GaAs-GaP）等；玻璃半导体（又称非晶态半导体）材料，如非晶硅、玻璃态氧化物半导体等；有机半导体材料，如酞菁、酞菁铜、聚丙烯腈等。第二代半导体材料主要用于制作高速、高频、大功率以及发光电子器件，是制作高性能微波、毫米波器件及发光器件的优良材料。

第三代半导体材料主要是以碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）、氧化锌（ZnO）、金刚石、氮化铝（AlN）为代表的宽禁带（禁带宽度 $E_g > 2.3\text{eV}$ ）的半导体材料。

表 1：三代半导体材料概览

半导体	类型	代表性材料
第一代	元素半导体	硅（Si）、锗（Ge）等
第二代	普通化合物半导体	砷化镓（GaAs）、锑化铟（InSb）、磷化铟（InP）、铝砷化镓（GaAsAl）、磷砷化镓（GaAsP）等
第三代	宽禁带半导体	碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）等

资料来源：中国知网，中信建投证券研究发展部

宽禁带半导体是高温、高频、抗辐射及大功率器件的适合材料。与第一代和第二代半导体材料相比，第三代半导体材料具有更宽的禁带宽度、更高的击穿电场、更高的热导率、更大的电子饱和速度以及更高的抗辐射能力，更适合制作高温、高频、抗辐射及大功率器件。从目前第三代半导体材料及器件的研究来看，较为成熟的第三代半导体材料是 SiC 和 GaN，而 ZnO、金刚石、氮化铝等第三代半导体材料的研究尚属起步阶段。

表 2：主要半导体材料的性质

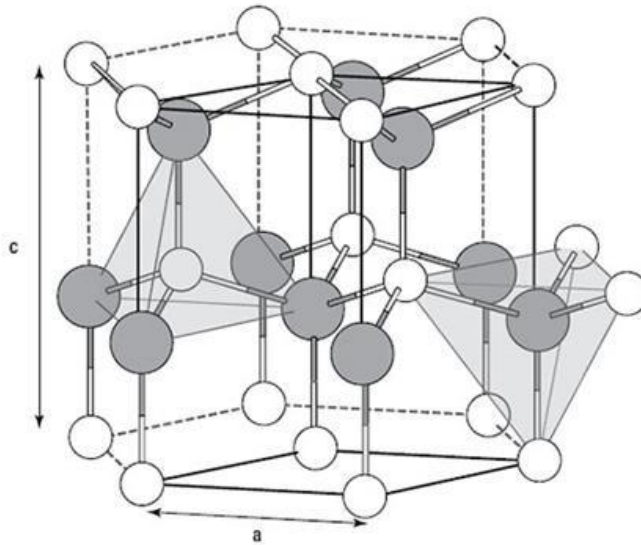
材质	Si	GaAs	GaN	SiC
禁带结构	间接带隙	直接带隙	间接带隙	直接带隙
禁带宽度（eV）	1.1	1.4	3.4	3.3
击穿场强（kV/cm）	0.3	0.4	3.3	2.8
热导率（W/cm·K）	1.5	0.5	1.3	4.9
电子迁移率（cm ² /Vs）	1350	8500	2000	1000
电子饱和漂移速率（10 ⁷ cm/s）	1	1	2.7	2.2
介电常数	11.9	13.1	9	10.1
器件理论最高工作温度（℃）	175	350	800	600

资料来源：中国知网，中信建投证券研究发展部

1.2 GaN 优势明显，5G 时代拥有丰富的应用场景

氮化镓（GaN）是极其稳定的化合物，又是坚硬和高熔点材料，熔点为 1700℃。GaN 具有高的电离度，在三五族化合物中是最高的（0.5 或 0.43）。在大气压下，GaN 晶体一般是六方纤锌矿结构，因为其硬度大，所以它又是一种良好的涂层保护材料。GaN 具有出色的击穿能力、更高的电子密度和电子速度以及更高的工作温度。GaN 的能隙很宽，为 3.4eV，且具有低导通损耗、高电流密度等优势。

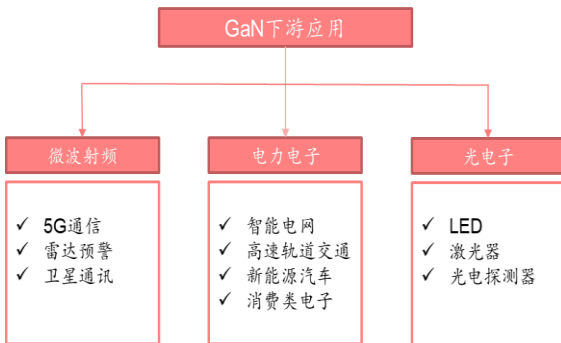
图 1：GaN 晶体结构



资料来源：IEEE，中信建投证券研究发展部

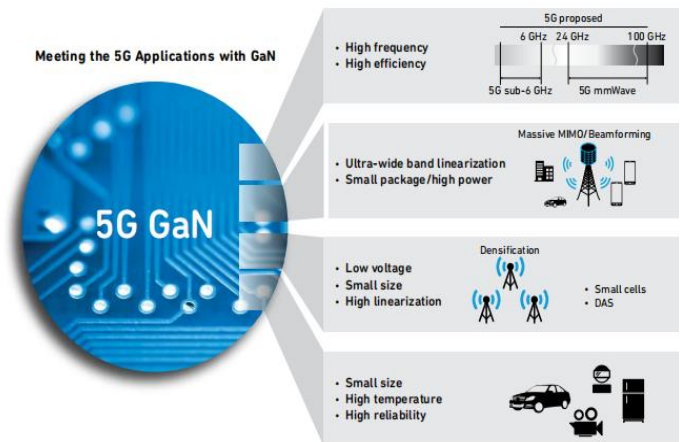
GaN 是一种 III/V 直接带隙半导体，通常用于微波射频、电力电子和光电子三大领域。具体而言，微波射频方向包含了 5G 通信、雷达预警、卫星通讯等应用；电力电子方向包括了智能电网、高速轨道交通、新能源汽车、消费电子等应用；光电子方向包括了 LED、激光器、光电探测器等应用。

图 2：GaN 的下游应用



资料来源：集微网，中信建投证券研究发展部

图 3：5G 时代 GaN 的应用场景



资料来源：Qorvo，中信建投证券研究发展部

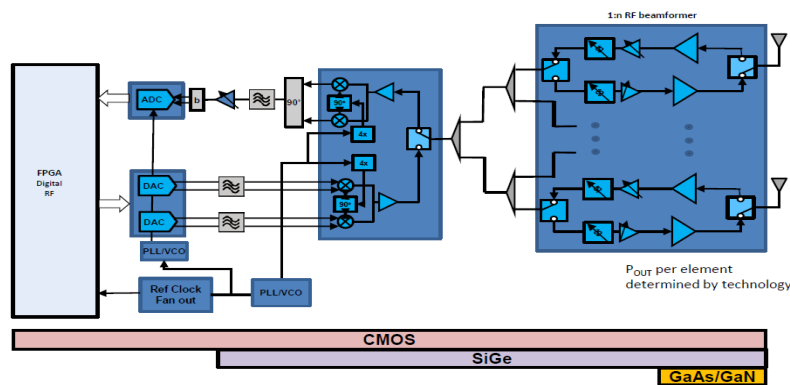
二、射频：5G 基站、雷达——GaN 射频器件大有可为

2.1 GaN 在高温、高频、大功率射频应用中独具优势

自 20 年前出现首批商业产品以来，GaN 已成为射频功率应用中 LDMOS 和 GaAs 的重要竞争对手，其性能和可靠性不断提高且成本不断降低。第一批 GaN-on-SiC 和 GaN-on-Si 器件几乎同时出现，但 GaN-on-SiC 技术更加成熟。目前在射频 GaN 市场上占主导地位的 GaN-on-SiC 突破了 4G LTE 无线基础设施市场，并有望在 5G 的 Sub-6GHz 实施方案的 RRH（Remote Radio Head）中进行部署。

在常用半导体工艺中，CMOS 低功耗、高集成度、低成本等优势显著。SiGe 工艺兼容性优势突出，几乎能与硅半导体超大规模集成电路行业中的所有新工艺技术兼容。GaAs 在高功率传输领域具有优异的物理性能。**GaN 在高温、高频、大功率射频组件应用独具优势。**基于功耗和成本等因素，消费终端产品明显更多采用 CMOS 技术；CPE 采用 CMOS 和 SiGe BiCMOS；低功耗接入点则采用 CMOS、SiGe BiCMOS 和 GaAs；而**高功率基站领域则是 GaAs 和 GaN 的天下。**

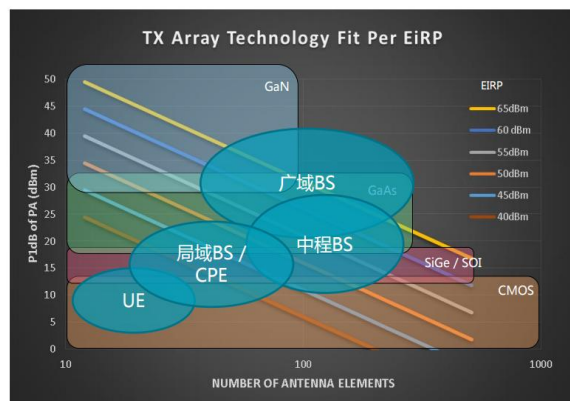
图 4：三代半导体工艺覆盖情况



资料来源：《微波杂志》，中信建投证券研究发展部

图 5：不同尺寸无线电最合适的技术

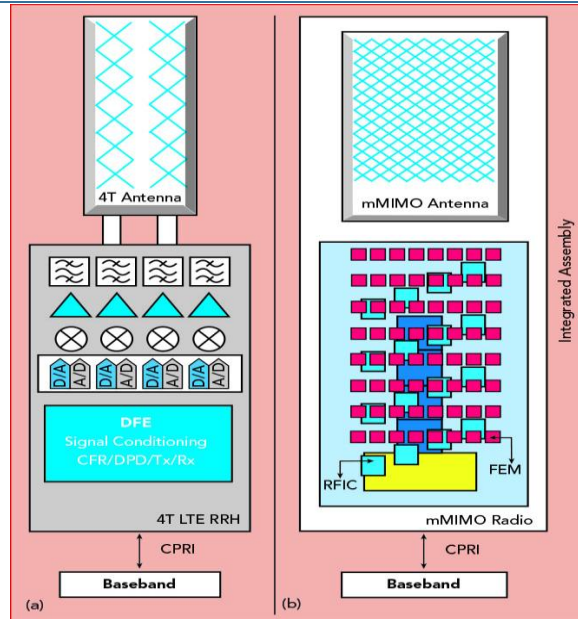
- UE 明显处于 CMOS 技术领域
- CPE 横跨 CMOS 和 SiGe BiCMOS
- 低功耗接入点横跨 CMOS、SiGe BiCMOS 和 GaAs
- 高功率基站横跨 GaAs 和 GaN



资料来源：《微波杂志》，中信建投证券研究发展部

与 4G 系统相比，5G mMIMO 具有更多收发器和天线单元，使用波束赋形信号处理将射频能量传递给用户。mMIMO 系统可将 192 个天线单元连接到 64 个发送/接收 (TRx) FEM，这些 TRx FEM 具有 16 个收发器 RFIC 和 4 个数字前端 (DFE)，与典型的 LTE 4T MIMO 中的 4 个收发器相比，数字信号处理性能可提高 16 倍。5G mMIMO 设计下，急剧增加的信号处理硬件极大影响了系统尺寸，信号处理的功耗也在逼近板载功率放大器的功耗，在某些情况下，甚至已经超过了板载功率放大器的功耗。

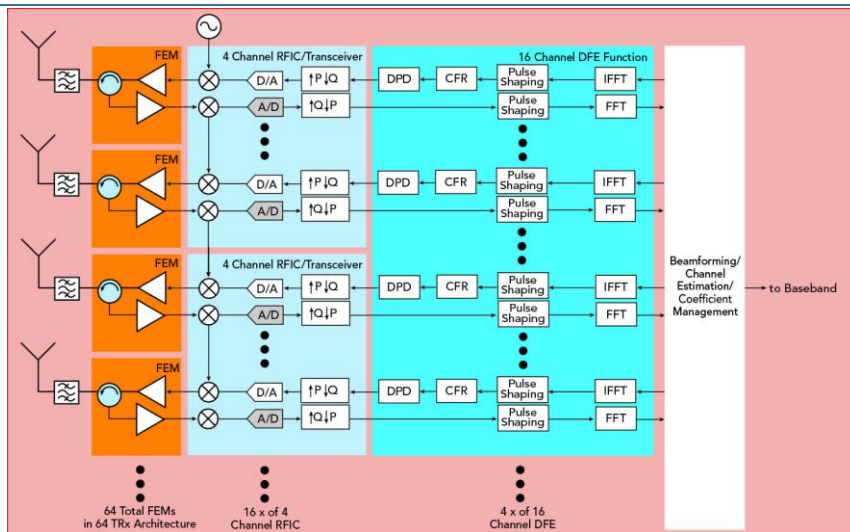
图 6: 4G LTE 远程无线电前端架构(a)与包含 192 个天线单元的 mMIMO 无线电前端 (b)



资料来源:《微波杂志》，中信建投证券研究发展部

mMIMO 设计有助于减少传统收发器架构中模数、数模转换所需的步骤，从而缩小 5G 天线的尺寸和重量。与 LDMOS 器件相比，硅基 GaN 提供了良好的宽带性能和卓越的功率密度和效率，能满足严格的热规范，同时为紧密集成的 mMIMO 天线阵列节省了宝贵的 PCB 空间。

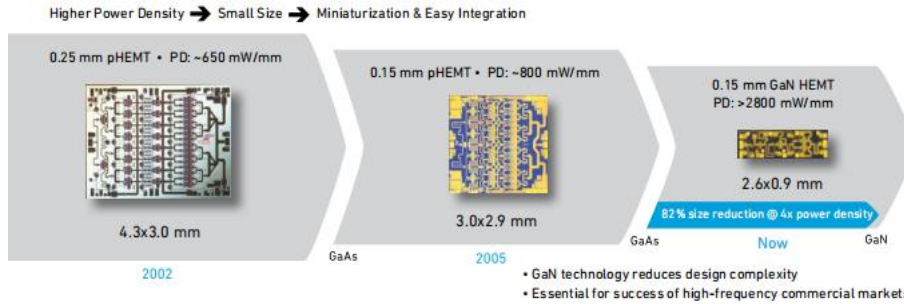
图 7: 典型的 mMIMO 无线电设备功能模块图



资料来源:《微波杂志》，中信建投证券研究发展部

GaN 非常适合毫米波领域所需的高频和宽带宽，可满足性能和小尺寸要求。使用 mmWave 频段的应用将需要高度定向的波束成形技术，这意味着射频子系统将需要大量有源元件来驱动相对紧凑的孔径。GaN 非常适合这些应用，因为小尺寸封装的强大性能是 GaN 最显著的特征之一。

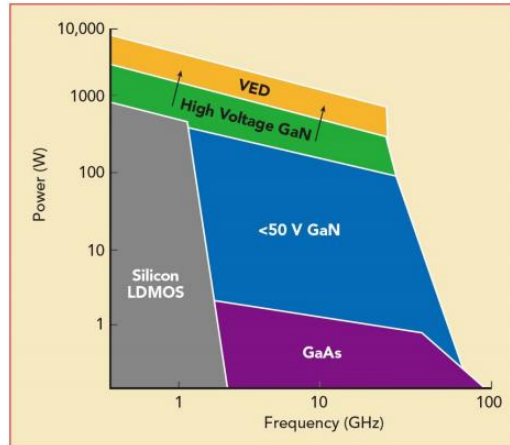
图 8：GaN 赋能 5G 单片前端解决方案



资料来源: Qorvo, 中信建投证券研究发展部

在高功率放大器方面，LDMOS 技术由于其低频限制只在高射频功率方面取得了很小进展。GaAs 技术能够在 100GHz 以上工作，但其低导热率和工作电压限制了其输出功率水平。50V GaN/SiC 技术在高频下可提供数百瓦的输出功率，并能提供雷达系统所需的坚固性和可靠性。HV GaN/SiC 能够实现更高的功率，同时可显著降低射频功率晶体管的数量、系统复杂性和总成本。

图 9：高功率放大器技术的性能对比



资料来源: 《微波杂志》，中信建投证券研究发展部

表 3：高功率射频技术对比

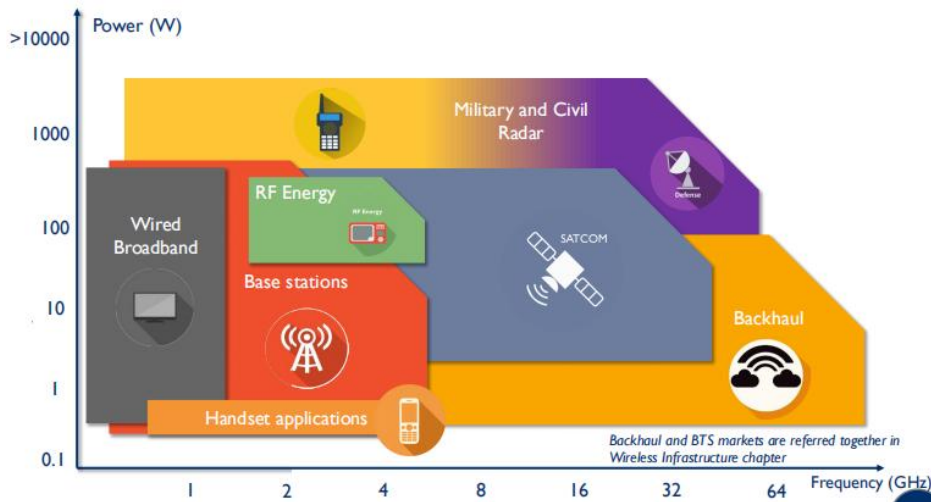
技术	TWTA	50V GaN/SiC	HV GaN/SiC	GaN/Diamond
性能	高	中	高	高
可靠性	低	高	高	高
成本	\$\$\$	\$\$	\$\$	\$\$\$
是否量产	量产	量产	样品	样品

资料来源: 《微波杂志》，中信建投证券研究发展部

2.2 GaN 射频市场规模到 2024 年约为 20 亿美元，CAGR 达 21%

GaN 在射频市场更关注高功率、高频率场景。由于 GaN 在高频下具有较高的功率输出和较小的面积，GaN 已被射频行业广泛采用。随着 5G 到来，GaN 在 Sub-6GHz 宏基站和毫米波（24GHz 以上）小基站中找到一席之地。GaN 射频市场将从 2018 年的 6.45 亿美元增长到 2024 年的约 20 亿美元，这主要受电信基础设施和国防两个方向应用推动，卫星通信、有线宽带和射频功率也做出了一定贡献。

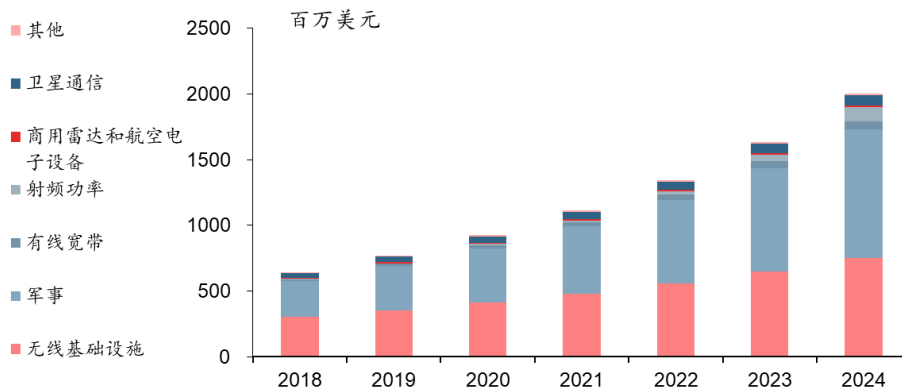
图 10：GaN 在射频市场更关注高功率、高频率市场



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

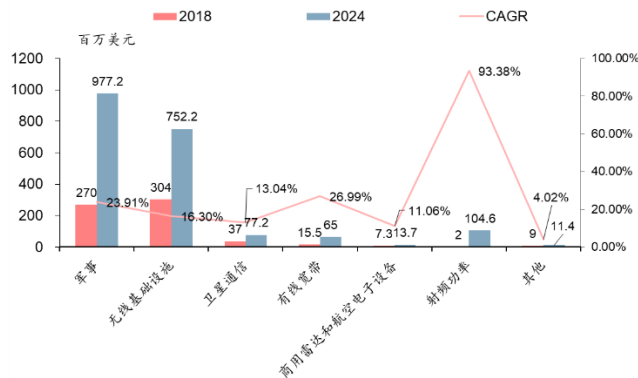
随着新的基于 GaN 的有源电子扫描阵列 (AESA) 雷达系统的实施，基于 GaN 的军用雷达预计将主导 GaN 军事市场，从 2018 年的 2.7 亿美元增长至 2024 年的 9.77 亿美元，CAGR 达 23.91%，具有很大的增长潜力。GaN 无线基础设施的市场规模将从 2018 年的 3.04 亿美元增长至 2024 年的 7.52 亿美元，CAGR 达 16.3%。GaN 有线宽带市场规模从 2018 年的 1,550 万美元增长至 2024 年的 6,500 万美元，CAGR 达 26.99%。GaN 射频功率市场规模从 2018 年的 200 万美元增长至 2024 年的 10,460 万美元，CAGR 达 93.38%，具有很大的成长空间。

图 11：GaN RF 器件市场规模预测



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

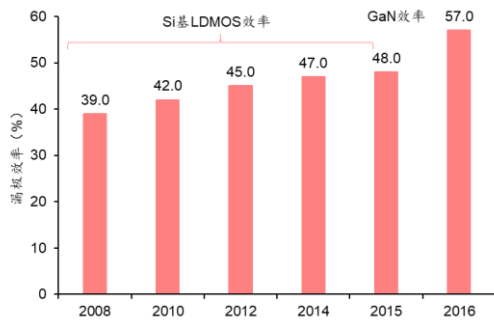
图 12: 2018-2024 GaN RF 器件市场规模预测



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

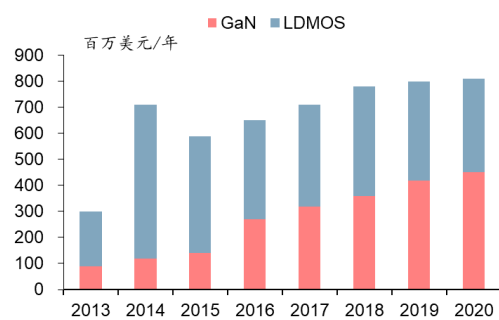
在基站收发器 (BTS) 生态系统中引入 GaN 可大幅提高前端效率, 使其成为适用于高功率和低功耗应用的新技术, GaN-on-Si 有望挑战基站收发器 (BTS) 和射频功率市场中现有的 LDMOS 方案。为了满足多样化的 5G 要求, GaN 制造商需要提供涵盖多种频率和功率水平的选择。

图 13: Doherty PA 在 8dB 的效率



资料来源: Qorvo, 中信建投证券研究发展部

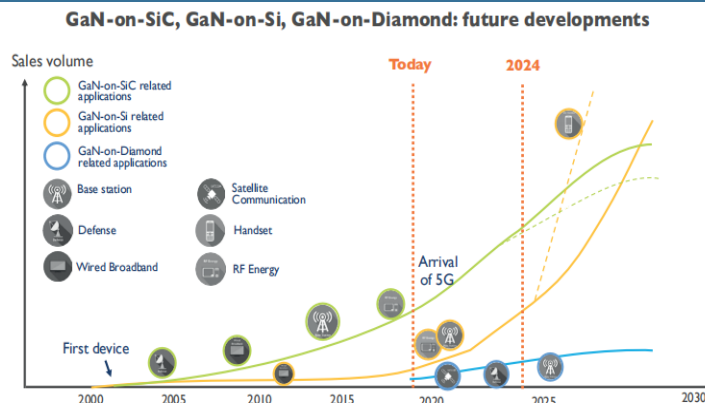
图 14: GaN 在基站中大量使用



资料来源: Qorvo, 中信建投证券研究发展部

在要求高频高功率输出的卫星通信中, 预计 GaN 将逐渐取代 GaAs 解决方案。在有线电视 (CATV) 和民用雷达市场, 与 LDMOS 或 GaAs 相比 GaN 的成本仍然较高, 但其附加值显而易见。对于代表 GaN 巨大的消费级射频功率传输市场, GaN-on-Si 可提供更具成本效益的解决方案。

图 15: GaN-on-SiC、GaN-on-Si、GaN-on-Diamond 发展预测



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

2.3 GaN 射频市场：美日统治，欧洲次之，中国新进

据 Yole 统计，2019 年全球 3750 多项专利一共可分为 1700 多个专利家族。这些专利涉及 RF GaN 外延、RF 半导体器件、集成电路和封装等。Cree (Wolfspeed) 拥有最强的专利实力，在 RF 应用的 GaN HEMT 专利竞争中，尤其在 GaN-on-SiC 技术方面处于领先地位，远远领先于其主要专利竞争对手住友电工和富士通。英特尔和 MACOM 是目前最活跃的 RF GaN 专利申请者，主要聚焦在 GaN-on-Si 技术领域。GaN RF HEMT 相关专利领域的新进入者主要是中国厂商，例如 HiWafer (海威华芯)，三安集成、华进创威。

图 16: GaN RF 玩家全球市场格局



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

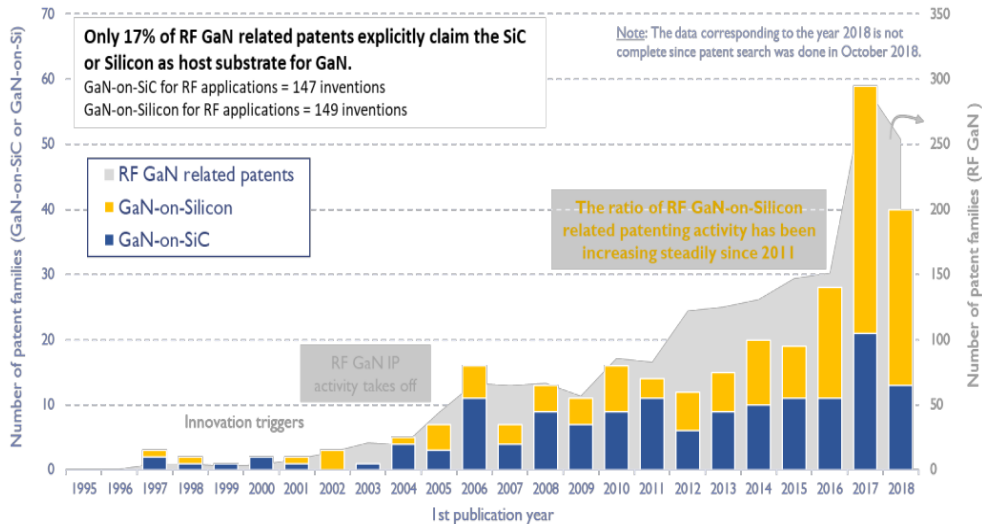
图 17: GaN RF 市场重要玩家的专利实力



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

与 RF GaN-on-Si 相关的专利自 2011 年以来一直稳定增长，与 GaN-onSiC 相关的专利则一直在波动。RF GaN-on-Si 专利中，17% 的 RF GaN 专利明确声明用于 GaN 衬底。主要专利受让人是英特尔和 MACOM，其次是住友电工、英飞凌、松下、HiWafer、CETC、富士通和三菱电机。

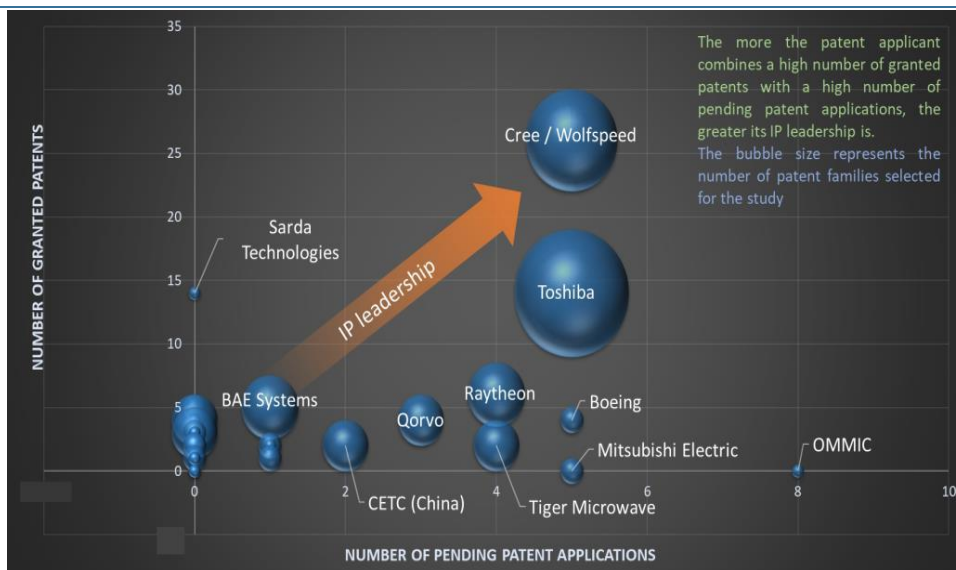
图 18：与 GaN-on-SiC 和 GaN-on-Si 有关的专利出版的时间演变



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

GaN MMIC 领域，Toshiba 和 Cree (Wolfspeed) 拥有最重要的专利组合。Cree 在该领域的 IP 地位最强，但是东芝目前是最活跃的专利申请人，在未来几年中将进一步巩固其 IP 地位。主要新进入者是 Tiger Microwave (泰格微波) 和华进创威。在 RF GaN PA 领域，Cree (Wolfspeed) 处于领先地位。其他主要的 IP 厂商是东芝、富士通、三菱电机、Qorvo、雷神公司和住友电机，新进者有 MACOM。GaN RF 开关领域，英特尔表现最活跃，新进者有 Tagore Technology。Intel 是 GaN RF 滤波器的主要专利请人。

图 19：GaN MMIC 的专利领导者



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

三、电力电子：GaN 推动快充、汽车电子进入小体积、高效率时代

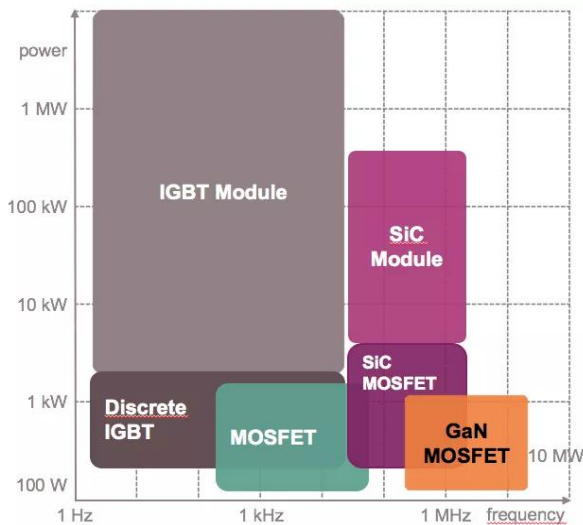
3.1 GaN 在汽车电子上拥有多样的应用场景

GaN 技术有望大幅改进电源管理、发电和功率输出等应用。2005 年电力电子领域管理了约 30% 的能源，预计到 2030 年，这一数字将达到 80%。这相当于节约了 30 亿千瓦时以上的电能，这些电能可支持 30 多万个家庭使用一年。从智能手机充电器到数据中心，所有直接从电网获得电力的设备均可受益于 GaN 技术，从而提高电源管理系统的效率和规模。

硅电源开关成功解决了低电压 (<100 伏) 或高电压容差 (IGBT 和超结器件) 中的效率和开关频率问题。然而，由于硅的限制，单个硅功率 FET 中无法提供全部功能。宽带隙功率晶体管 (如 GaN 和 SiC) 可以在高压和高开关频率条件下提供高功率效率，从而远远超过硅 MOSFET 产品。

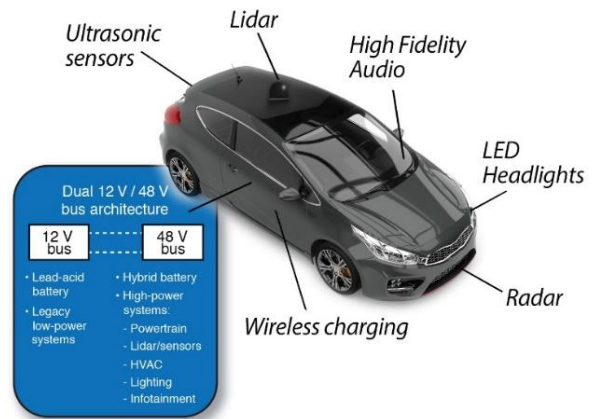
由于材料特性的差异，SiC 在高于 1200V 的高电压、大功率应用具有优势，而 GaN 器件更适合 40-1200V 的高频应用，尤其是在 600V/3KW 以下的应用场合。因此，在微型逆变器、伺服器、马达驱动、UPS 等领域，GaN 可以挑战传统 MOSFET 或 IGBT 器件的地位。GaN 让电源产品更为轻薄、高效。

图 20：电源开关的分类



资料来源: Infineon, 中信建投证券研究发展部

图 21：GaN 在汽车电子中的应用



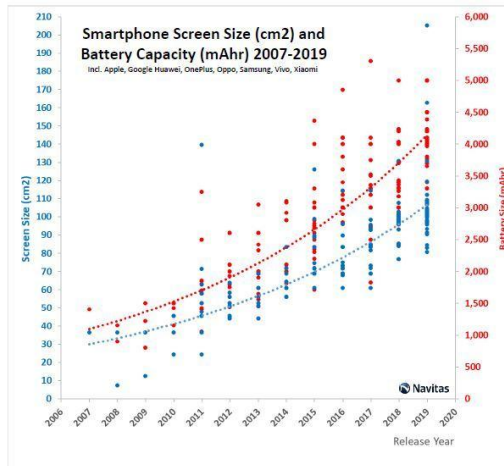
资料来源: EPC, 中信建投证券研究发展部

现行汽车的特点和功能是耗电和电子驱动，给传统的 12V 配电总线带来了额外负担。对于 48V 总线系统，GaN 技术可提高效率、缩小尺寸并降低系统成本。而光线式距离保持和测量功能 (激光雷达) 使用脉冲激光快速提供车辆周围环境的高分辨率 360° 三维图像，GaN 技术可使激光信号发送速度远高于同类硅 MOSFET 器件。基于 GaN 的激光雷达使自动驾驶车辆能够看得更远、更快、更好，从而成为车辆眼睛。此外，GaN FET 工作效率高，能以低成本实现最大的无线电源系统效率。用于高强度 LED 前照灯时，GaN 技术可提高效率，改善热管理并降低系统成本。而更高的开关频率允许在 AM 波段以上工作并降低 EMI。综合来看，GaN 在汽车电子方面拥有丰富的应用场景。

3.2 GaN 可为下一代充电器市场提供更优选择

GaN 在未来几年将在许多应用中取代硅，其中，快充是第一个可以大规模生产的应用。在 600 伏特左右的电压下，GaN 在芯片面积、电路效率和开关频率方面的表现明显好于硅，因此在壁式充电器中可以用 GaN 来替代硅。5G 智能手机的屏幕越来越大，与之对应的是手机续航的需求越来越高，这意味着电池容量的增加。GaN 快充技术可以很好地解决大电池带来的充电时长问题。

图 22：智能手机屏幕尺寸与电池容量



资料来源: etimes, 中信建投证券研究发展部

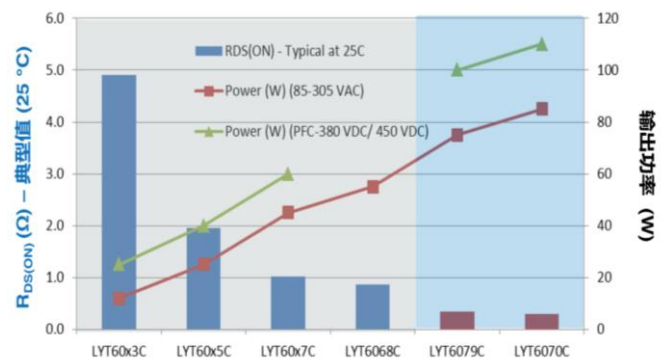
硅正在逐渐达到其物理极限，特别是在功率密度方面。这反过来限制了配备硅功率组件的设备的紧凑程度。在非常高的电压、温度和开关频率下，GaN 与硅相比具有优越的性能，可显著提高能源效率。功率 GaN 于 2018 年中后期在售后市场中出现，主要是 Anker、Aukey 和 RAVpower 的 24 至 65 瓦充电器。

图 23：27w GaN 充电器 VS Apple30W 充电器



资料来源: 充电头网, 中信建投证券研究发展部

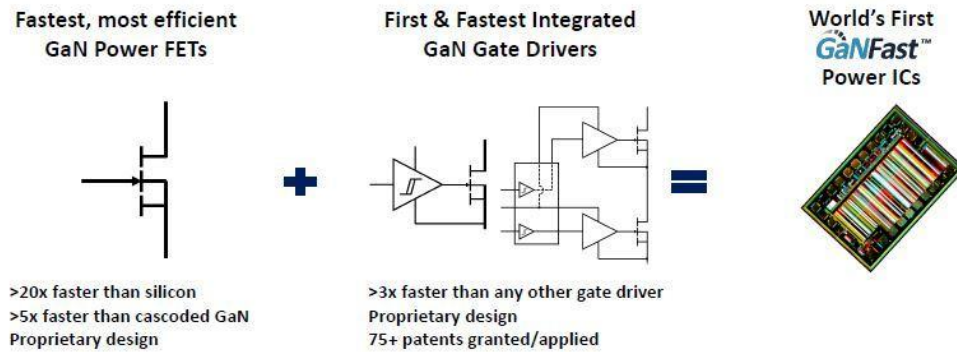
图 24：GaN 增加了功率和效率



资料来源: 半导体行业观察, 中信建投证券研究发展部

在 1990 年代对分立 GaN 及 2000 年代对集成 GaN 进行了多年学术研究之后，Navitas 的 GaNFast 源集成电路现已成为业界公认的，具有商业吸引力的下一代解决方案。它可以用来设计更小、更轻、更快的充电器和电源适配器。单桥和半桥的 GaNFast 电源 IC 是由驱动器和逻辑单片集成的 650V 硅基 GaN FET，采用四方扁平无引线（QFN）封装。GaNFast 技术允许高达 10 MHz 的开关频率，从而允许使用更小、更轻的无源元件。此外，寄生电感限制了 Si 和较早的分立 GaN 电路的开关速度，而集成可以最大限度地减少延迟和消除寄生电感。

图 25: Navitas 的 GaNFast 技术



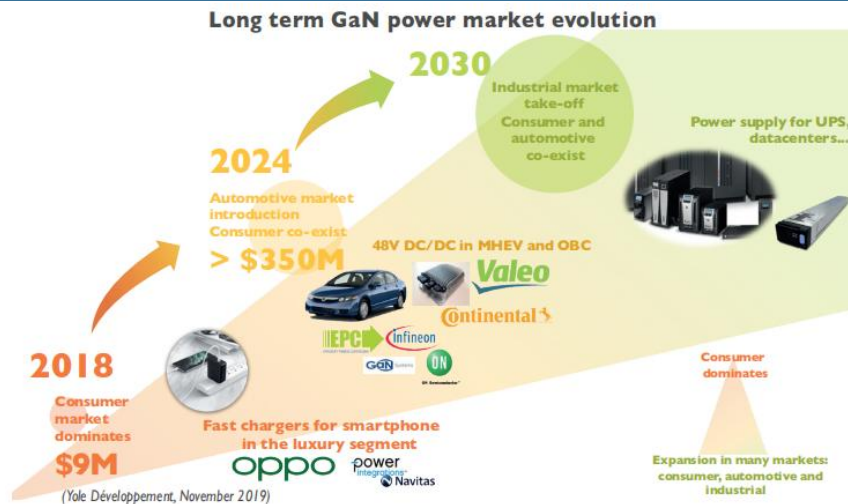
资料来源: Navitas, 中信建投证券研究发展部

3.3 GaN 电源市场到 2024 年约 3.5 亿美元，CAGR 达 85%

2019 年 9 月，OPPO 宣布在其 65W 内置快速充电器中采 GaN HEMT 器件，GaN 在 2019 年首次进入主流消费应用。2020 年 2 月，小米公司在小米 10 发布会上也宣布使用 65W 的 GaN 快充，引起了市场极大的关注，GaN 功率器件在 2020 年预计将会加速普及。由于 GaN 充电器具有体积小、发热低、功率高、支持 PD 协议的特点，GaN 充电器有望在未来统一笔记本电脑和手机的充电器市场。

据 Yole 预测，受消费者快速充电器应用推动，到 2024 年 GaN 电源市场规模将超过 3.5 亿美元，CAGR 为 85%，有极大增长空间。此外，GaN 还有望进入汽车及工业和电信电源应用中。从生产端看，GaN 功率半导体已开始批量出货，但其价格仍然昂贵。制造成本是阻碍市场增长的主要障碍，因为到今天 GaN 仍主要使用 6 英寸及以下晶圆生产。一旦成本可降低到一定门槛，市场就会爆发。

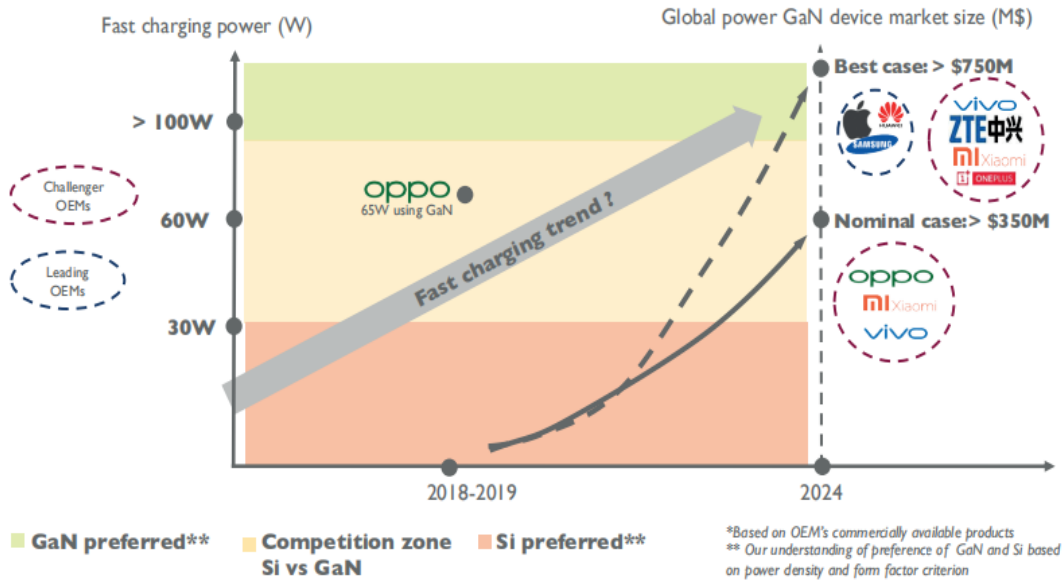
图 26: 长期 GaN 功率市场演变



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

基于手机快充的激烈竞争，OPPO、vivo、小米等中国手机厂商将带动 GaN 功率市场快速增长。GaN 功率器件领域一直由 EPC, GaN Systems, Transphorm 和 Navitas 等纯 GaN 初创公司主导，他们的产品主要是 TSMC, Epasil 或 X-FAB 代工生产。国内新兴代工厂中，三安集成和海威华芯具有量产 GaN 功率器件的能力。

图 27：2018-2024 年，受大功率快充应用推动的功率 GaN 器件市场预测



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

图 28：GaN 行业格局演变，拥有大量市场机会



资料来源: Yole Développement, 中信建投证券研究发展部

3.4 Infineon 和 Transphorm 是功率 GaN 专利领域的领导者

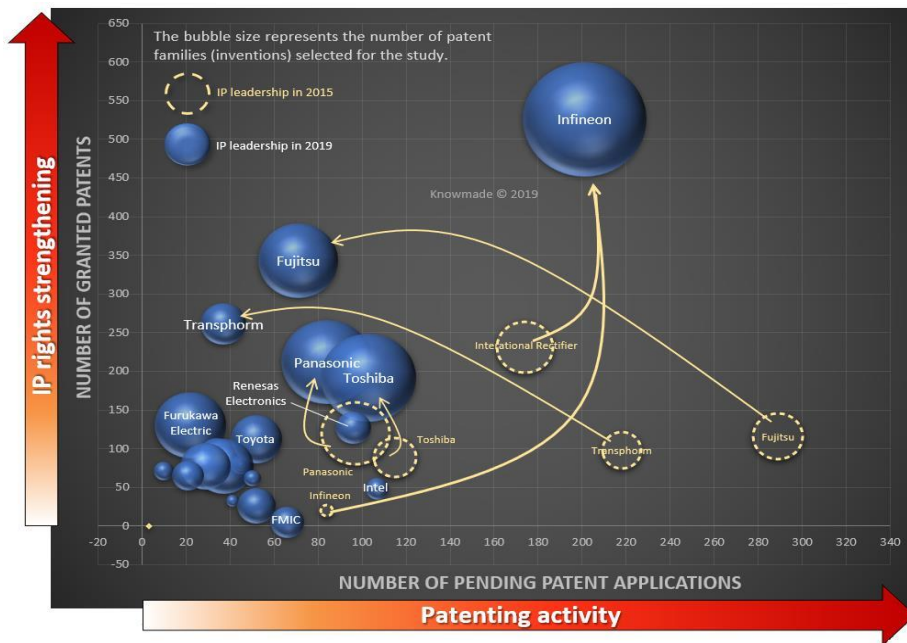
随着中国 OEM 厂商 OPPO 在其 65W 快速充电器中采用 GaN HEMT，功率 GaN 正在进入主流消费应用。到 2024 年，GaN 电源市场的价值将超过 3.5 亿美元，CAGR 为 85%。在近几年的激烈竞争中，Infineon 和 Transphorm 掌握了最顶级的功率 GaN 专利。Infineon 的专利最全面，可在各个 GaN 应用场景进行商业活动。而 Transphorm 则主攻功率 GaN，暂时领先其他竞争厂商。

图 29：各领域主要专利受让人

	E型晶体管	串叠组态 (基于 Noff电路 的方法)	单片集成E /D型晶体 管	功率IC (SoC)	垂直晶体 管	垂直二极 管	选择性P区 掺杂	GaN-on- Si的功率 应用
专利活动减少或不再活跃的厂商	FUJITSU, Sanken, Panasonic, transpherm, FUJIKAWA ELECTRIC, TOYODA GOSEI, UCSB, Dynax 威视半导体	transpherm, nexperia	Infineon, transpherm, FUJIKAWA ELECTRIC, power integrations	Sanken, Panasonic	SUMITOMO ELECTRIC, NEXGEN, ROHM, Wolfspeed, SEUL	NEXGEN, FUJIKAWA ELECTRIC, ALPHEA & ONCEGA TECHNOLOGIES LTD, HITACHI	NEXGEN, power integrations, GE, ALPHEA & ONCEGA TECHNOLOGIES LTD	FURUKAWA ELECTRIC, FUJITSU, transpherm, Sanken, imec, DOWA, CooSick, EpigAN, suitec, EPC
专利活动稳定或增加的厂商	EPC, Infineon, TOYOTA, RENESAS, TOSHIBA	Infineon, TOSHIBA, SHARP, power integrations	No key IP player showing increasing IP activity	Navitas, Infineon, intel, power integrations, 香港科技大学 THE HONG KONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	TOYOTA, FUJIKAWA ELECTRIC, Infineon, FUJITSU, TOYODA GOSEI, UCSB, Fe, RENESAS, TOSHIBA, Panasonic, HRL	SUMITOMO ELECTRIC, FUJITSU, HRL, SUNITOMO ELECTRIC	UCSB, Fe, SUNITOMO ELECTRIC	Infineon, TOSHIBA, TEXAS INSTRUMENTS, intel, Panasonic, TSITC 睿芯, ON, GAN systems
专利领域的新入厂商	中国科学院深圳先进技术研究院 SINANO, SUSTech, Sanan IC, ON, 威视半导体 HIWIPER, CETIC 中电电子科技集团	ON, EAGAN, ETRI, GaNPOWER, SIEMENS	intel, QORVO, EAGAN	GaN systems, TEXAS INSTRUMENTS, EPC, tsmc, Massachusetts Institute of Technology, ETRI	东南大学 NANJING UNIVERSITY, GPOWER, S.P., M, transpherm, ETRI	TOYODA GOSEI, SUMITOMO CHEMICAL, SOCCS, TOYODA GOSEI, MITSUBISHI ELECTRIC, 电子科技大学 SICHUAN UNIVERSITY	TOYODA GOSEI, 电子科技大学 SICHUAN UNIVERSITY	Visic, FOUNDER 邦德, 深圳正微电子技术有限公司, Innoscience 英诺赛科, RENALTY, AIR WATER INC., DELTA, EPSTAR, MYTHOS, WOHAE, NUFLORE, 深圳市晶创技术有限公司 Shenzhen Jing Chuang Technologies

资料来源：Yole Développement，中信建投证券研究发展部

图 30：功率 GaN 的 IP 领导地位的演变（2015-2019）



资料来源：Yole Développement，中信建投证券研究发展部

英飞凌凭借其在 2014 年获得的国际整流器（International Rectifier）专利引领串叠组态（cascode topology）相关领域。富士通和 Transphorm 则拥有与 E 型 GaN 晶体管相关的重要专利。英飞凌，EPC 和瑞萨目前在积极地进行功率 GaN 专利的研发和申请。并且，英飞凌和英特尔都在研发将 GaN 功率器件与其他类型的器件（例如射频电路和 LED 和/或 Si CMOS 技术）进行单片集成的技术。

四、光电子：GaN 低功耗、高发光效率为 LED、紫外激光器助力

4.1 GaN 是蓝光 LED 的基础材料，在 Micro LED、紫外激光器中有重要应用

1993 年，Nichia 公司中村修二推出了第一只高亮度 GaN 蓝光 LED，解决了自 1962 年 LED 问世以来高效蓝光缺失的问题，1996 年又首次在蓝光 LED 上涂覆黄色荧光粉从而实现白光发射，开启了 LED 白光照明的新时代。目前实现白光 LED 有三种主要方法：（1）采用蓝色 LED 激发黄光荧光粉，实现二元混色白光；（2）利用紫外 LED 激发三基色荧光粉，由荧光粉发出的光合成白光；（3）基于三基色原理，利用红、绿、蓝三基色 LED 芯片合成白光。这几种获得白光 LED 照明的方法各有自己的优缺点。

表 4：产生 LED 白光的几种方法及比较

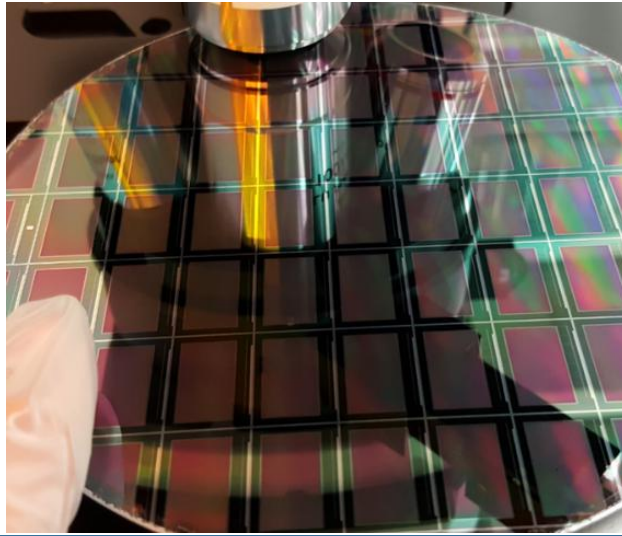
产生白光的方式	发光原理	优点	缺点
蓝光 LED 激发黄光荧光粉	以功率 GaN 基蓝光 LED 芯片为泵浦源，激发黄色荧光粉，发出黄光与原有蓝光混合产生视觉效果的白光	结构简单，成本相对较低，荧光粉工艺成熟	存在能量损耗，显色指数不高（70-80），色温偏高且漂移，空间色度均匀性不理想
紫外 LED 激发三基色荧光粉	在高亮度紫外 LED 芯片上涂敷三基色荧光粉，利用紫外线激发荧光粉产生三基色光，调整三色配比形成白光	颜色均匀性好，显色指数高（>90）	较难获得高效功率型紫外 LED，封装材料在紫外线照射下易老化，寿命缩短，效率低
红、绿、蓝三基色 LED 合成白光	将 R、G、B 三色功率型芯片封装在单个器件内，调节三基色配比可获得宽频带白光	颜色可任意调整，发光效率高，显色指数高（>95）	驱动电路复杂，颜色不均匀，成本较高，色稳定性差，出现色漂移

资料来源：中国知网，中信建投证券研究发展部

Micro LED 是新一代显示技术，比现有的 OLED 技术亮度更高、发光效率更好，但功耗更低。2017 年 5 月，苹果已经开始新一代显示技术的开发。2018 年 2 月，三星在 CES 2018 上推出了 Micro LED 电视。Micro LED 显示技术可以将 LED 结构设计薄膜化、微小化与阵列化，尺寸仅约 1~100 μm 等级，但精准度可达传统 LED 的 1 万倍。此外，Micro LED 在显示特性上与 OLED 类似，无需背光源且能自发光，唯一区别是 OLED 为有机材料自发光。目前 OLED 受各大厂商青睐，是因为在反应时间、视角、可挠性、显色性与能耗等方面均优于 TFT-LCD，但 Micro LED 更容易准确调校色彩，且有更长发光寿命和更高亮度。Micro LED 有望继 OLED 之后，成为另一项推动显示品质的技术。

晶能光电目前硅衬底 GaN 基 LED 实现了 8 英寸量产，并且在单片 MOCVD 腔体中取得了 8 英寸外延片内波长离散度小于 1nm 的优异均匀性，这对于 Micro LED 来说至关重要。商用的 12 英寸及以上的硅圆晶已经完全成熟，随着高均匀度 MOCVD 外延大腔体的推出，硅衬底 LED 外延升级到更大圆晶尺寸不存在本质困难。因此，硅衬底 GaN 基技术的特性是制造 Micro LED 芯片的天然选择。

图 31：基于 GaN-on-Si 技术的 Micro LED



资料来源：Plessey 官网，中信建投证券研究发展部

氮化镓（GaN）因其材料的高频特性是制备紫外光器件的良好材料，紫外光电芯片具备广泛的军民两用前景。在军事领域，典型的军事应用有：灭火抑爆系统（地面坦克装甲车辆、舰船和飞机）、紫外制导、紫外告警、紫外通信、紫外搜救定位、飞机着舰（陆）导引、空间探测、核辐射和生物战剂监测、爆炸物检测等。在民用领域，典型的应用有：火焰探测、电晕放电检测、医学监测诊断、水质监测、大气监测、刑事生物检测等。由此可见，GaN 在光电子学和微电子学领域有广泛的应用，其中 GaN 基紫外激光器在紫外固化、紫外杀菌等领域有重要的应用价值，也是国际上的研究热点。

图 32：紫外激光器照到复印纸上形成的蓝色光斑



资料来源：中科院之声，中信建投证券研究发展部

图 33：GermFalcon 系统



资料来源：Dimer UVC Innovations 官网，中信建投证券研究发展部

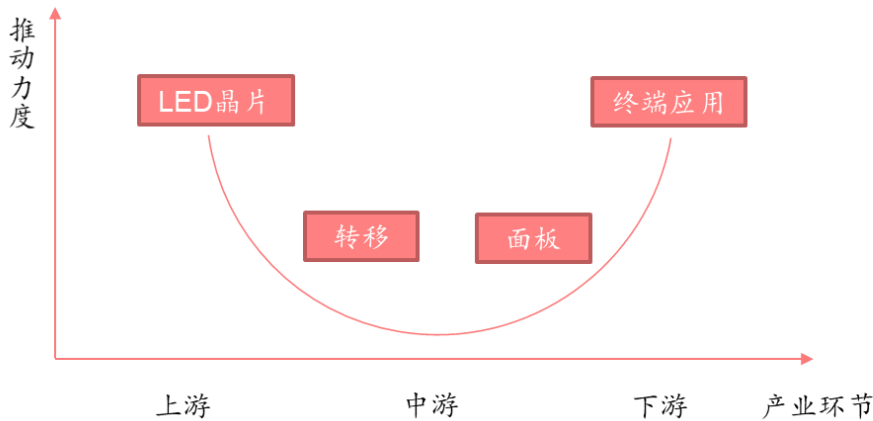
根据美国航空权威媒体《Airport-technology》报道，为遏制新型冠状病毒（2019-nCov）的快速传播，美国洛杉矶国际机场（LAX）、旧金山国际机场（SFO）和纽约约翰·肯尼迪国际机场（JFK）已经启用了美国 Dimer UVC Innovations 公司的 UVC 紫外线杀菌机器人对所有进出港的飞机内舱进行全面杀菌消毒，以有效预防新型冠状病毒（2019-nCov）传播。其 GermFalcon 系统使用 UVC 紫外线消灭飞机内舱表面上和空气中的病毒、细菌和超级细菌，该系统的整体设计使飞机机舱的所有表面暴露在杀菌的 UVC 下。其核心光源采用了 GaN 紫外 LED 技术，使得机器人具备整体重量轻、功耗低、发光波段可控可调（对人体无害）的优点。

4.2 GaN 光电子市场成长快速，市场规模增量可期

根据 LEDinside 分析，LED 照明市场规模 2018-2023 年的 CAGR 为 6%。在物联网和 5G 新时代，智慧化产品渗透率更加迅速提升，智能家居照明的商机即将爆发。此外，2022 年 Micro LED 以及 Mini LED 的市场产值预计将会达到 13.8 亿美元。下一代 Mini LED 背光技术将是各家厂商的开发重点，至 2023 年 Mini LED 市场规模预计会达到 10 亿美元。其中显示屏应用成长速度最快，2018 年至 2023 年 CAGR 预计超过 50%。

Micro LED 产业链大致分为 LED 芯片、转移、面板与终端应用四大环节，目前以芯片和应用端推动力度最大，中端环节较为薄弱。已布局的上游厂商分别有 Osram、Nichia、晶电、臻创(PlayNitride)与三安等；中游有 LuxVue、mLED 与工研院；下游有 Apple、Sony 与 Lumiode 等。从区域来看，欧美厂商偏重下游终端应用开发，亚太厂商聚焦关键零组件的发展。

图 34：Micro LED 产业链情况



资料来源：拓璞产业研究院，中信建投证券研究发展部

根据 LEDinside 发布的《2019 深紫外线 LED 应用市场报告》显示，2018 年全球 UV LED 市场规模达 2.99 亿美金，预计到 2023 年市场规模将达 9.91 亿美金，2018-2023 年 CAGR 达到 27%。UV LED 广阔的发展前景正吸引越来越多的厂商进入。

基于氮化镓半导体的深紫外发光二极管(LED)是紫外消毒光源的主流发展方向，其光源体积小、效率高、寿命长，仅仅是拇指盖大小的芯片模组，就可以发出比汞灯还要强的紫外光。由于其具备 LED 冷光源的全部潜在优势，深紫外 LED 是公认的未来替代紫外汞灯的绿色节能环保产品。但深紫外 LED 技术门槛很高，目前还是处于发展阶段，在光功率、光效、寿命、成本等方面还有待提升。近年来，深紫外 LED 的技术水平和芯片性能进步很快，在一些高端领域已经得到批量应用，未来预计会得到更加广泛的应用。

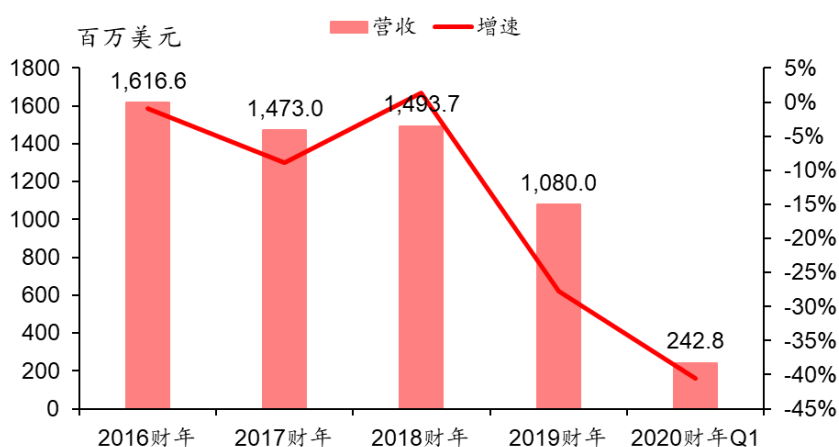
目前市场上高端的深紫外 LED 产品仍主要以日本、韩国厂商为主，不过越来越多的国内半导体公司开始关注深紫外行业，进行了深度布局。如布局深紫外芯片-封装-模组产业链的青岛杰生(圆融光电)，深紫外 LED 芯片的三安光电、湖北深紫、中科瀚安、华灿光电、鸿利秉一，以及高性能紫外传感芯片的镓敏光电。目前，镓敏光电是国内唯一拥有紫外传感芯片技术的公司，其所开发的高端氮化镓和碳化硅紫外传感芯片已投入大批量生产，在饮用水、空气、食品、衣物和医疗器械等紫外净化领域得到了规模应用。

五、重要 GaN 企业及产业链梳理

5.1 CREE：全球最大的 SiC 和 GaN 器件制造商

Cree (Wolfspeed) 在全球 LED 芯片、LED 组件、照明产品、电源转换和无线通信设备市场中处于领导地位。Cree 具备 SiC 功率器件及 GaN 射频器件生产能力，其中 SiC 功率器件市场，Wolfspeed 拥有全球最大的份额，公司也引领了 SiC 晶圆尺寸的变化浪潮。在 GaN 射频市场，Wolfspeed 位居第二。公司的 GaN HEMT 出货量超过 1500 万只，并进一步拓展了 GaN-on-SiC 代工服务。

图 35：CREE 营收持续减少，面临较大经营压力



资料来源：Wind，中信建投证券研究发展部

表 5：CREE 主要业务概览

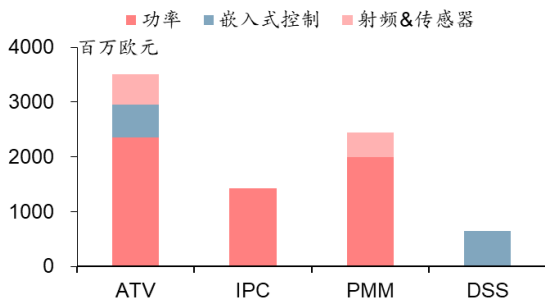
系列	产品	产品介绍
Wolfspeed	功率器件	Wolfspeed 在碳化硅肖特基二极管，MOSFET 和功率模块的制造领域处于领先地位，公司的栅极驱动器板可以直接实现最佳电能转换。这些先进的组件可在各种应用中提供更高的效率，更高的开关频率以及减小的系统尺寸和重量。
	射频产品	Wolfspeed 射频组件的核心是 GaN HEMT，其性能远超其他技术，可多方适用，且具备世界一流的带宽，效率和操作频率。
	半导体材料	Wolfspeed 是一家完全集成的材料供应商，拥有最大，最多样化的产品组合，可为全球客户群提供广泛的应用。公司是技术商业化的领导者，具有将大直径圆批量生产投放市场的能力和规模。 Wolfspeed 在 SiC 和 GaN 材料技术发展方面拥有久经考验的专业知识，专注并致力于在所有应用中带来高质量的解决方案平台。
LED	LED 组件	Cree XLamp LED 提供业界最佳的照明级性能，并且经过应用优化，以实现最低的系统成本。Cree XLamp LED 易于选择，易于使用，并且旨在提供美观、持久、节能的光。
	LED 芯片	公司的 LED 芯片结合了高效的 InGaN 材料和专有的 G•SiC 衬底，使其具备优越的性能和低廉的价格。

资料来源：公司官网，中信建投证券研究发展部

5.2 Infineon: 世界领先的半导体与系统解决方案提供商

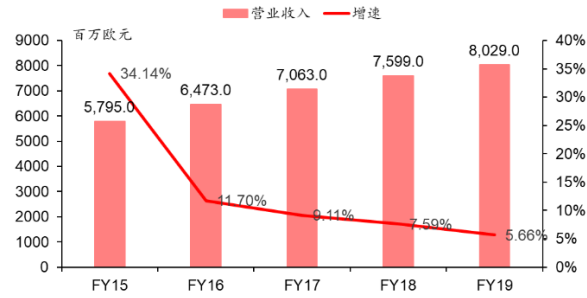
Infineon (英飞凌) 提供各种半导体解决方案, 包括微控制器, LED 驱动器, 传感器以及汽车和电源管理 IC 等。在 2019 年 6 月宣布收购赛普拉斯 (Cypress) 之后, Infineon 成为全球第八大芯片制造商。英飞凌在包含功率 IC 的整个市场保持领先地位, 并实现了整个行业最大的自然增长。截至 2018 年, 英飞凌在分立 IGBT 细分市场市场份额达 37.4%, 位列第一; 在 MOSFET 细分市场市场份额达 26.4%, 位列第一。

图 36: Infineon 2019 财年分产品收入情况



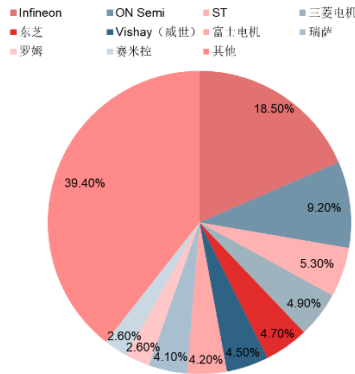
资料来源: Infineon 财报, 中信建投证券研究发展部

图 37: Infineon 2015-2019 财年营业收入情况



资料来源: Infineon 财报, 中信建投证券研究发展部

图 38: 2017 年前十功率半导体器件企业市场占有率



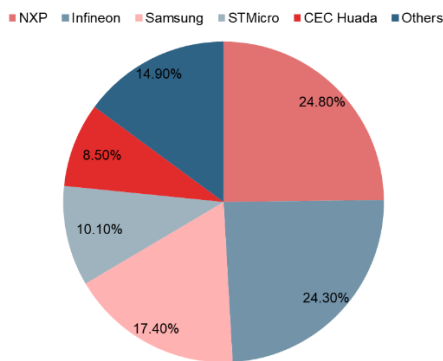
资料来源: IHS, 中信建投证券研究发展部

图 39: Infineon 各业务市场地位



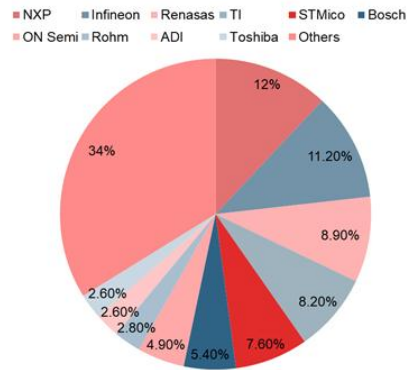
资料来源: Infineon 财报, 中信建投证券研究发展部

图 40: 2018 年 Security IC 前五大厂商



资料来源: IHS, 中信建投证券研究发展部

图 41: 2018 年汽车半导体前十大厂商 (总规模: \$37.7B)



资料来源: Infineon 财报, 中信建投证券研究发展部

5.3 住友电工：全球 GaN 射频器件第一大供应商

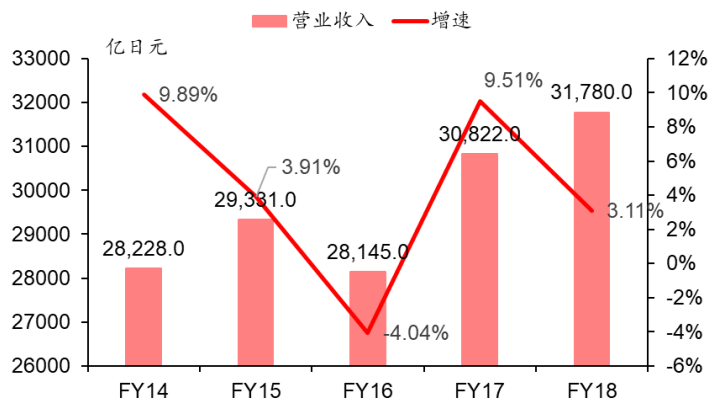
住友集团具有 400 年渊源历史，旗下住友电工（Sumitomo Electric）主要生产 GaAs 低噪声放大器（LNA）、GaN 放大器、光收发器及模块。住友电工为全球 GaN 射频器件第一大供应商，同时也是华为 GaN 射频器件第一大供应商，住友电工还向华为供应大量的光收发器及模块，位列华为 50 大核心供应商之列。住友电工垄断全球 GaN 衬底市场，其技术在业内处于领先地位。

图 42：公司中期经营计划



资料来源：住友电工官网，中信建投证券研究发展部

图 43：住友电工 2014-2018 财年营业收入情况



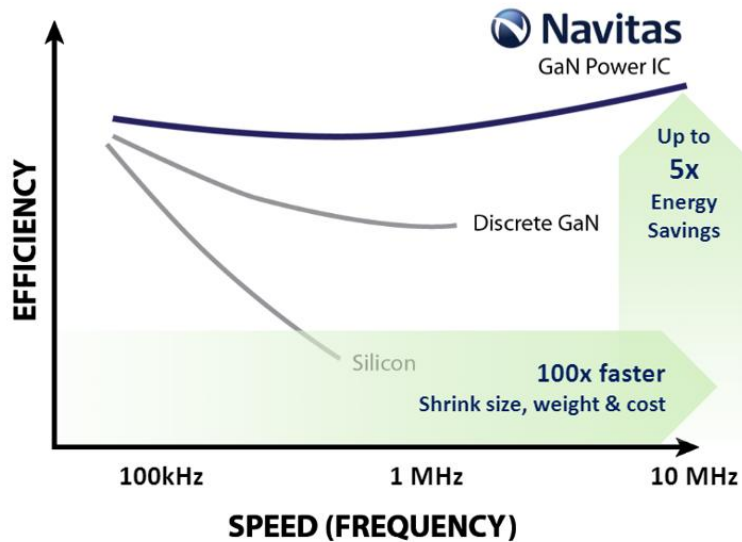
资料来源：住友电工财报，中信建投证券研究发展部

5.4 Navitas: 世界领先的 GaN 功率 IC——GaNFast 技术的创造者

Navitas 半导体成立于 2014 年，旨在推动电力电子领域的高速革命。Navitas 认为，将高开关频率与高效率相结合可以使电源系统大幅提高充电速度和功率密度，并降低成本。Navitas 发明了业界首个 GaN 功率 IC，该技术使开关速度提高了 100 倍，同时节省了 40% 及以上的能源。

公司技术包括业界首个商用平面功率 MOSFET，首个高压功率 IC，首个驱动器+MOSFET 集成，首个专用功率 MOS 芯片组，首个级联 GaN 功率 FET 以及所有主要功率电子市场中的其他产品。Navitas 团队创建了超过 40 亿美元的新功率半导体业务。小米在 2020 年 2 月发布的 65W GaN 快充即采用了 Navitas 提供的 IC 芯片。

图 44: Navitas 的 GaN 功率 IC 效果图



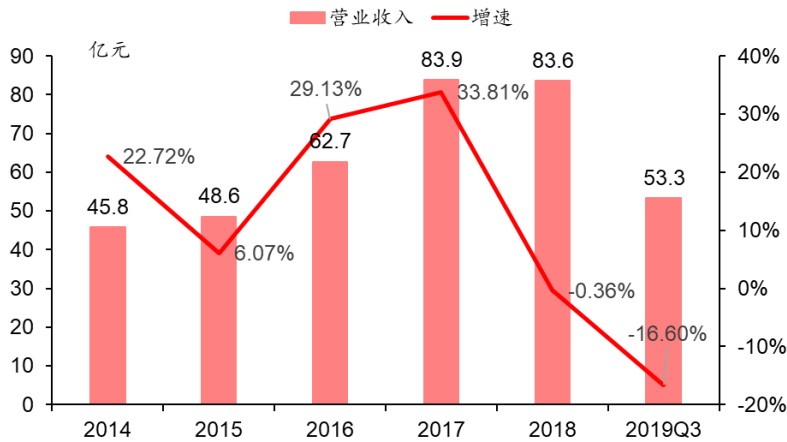
资料来源: Navitas 官网, 中信建投证券研究发展部

5.5 三安光电: 全面布局 GaN 射频、功率器件、光电的国产龙头

三安光电是传统照明 LED 芯片巨头，其于 2019 年实现了深紫外 LED 芯片量产，处于整个行业产品链的上游。作为国内领先的深紫外 LED 芯片供应商，公司深紫外 UVC LED 芯片广泛应用于对空气、水和物体表面消毒等终端消杀产品和应用场景。光功率方面，三安光电 UVC 性能已经是国际同等水平，可以达到 2-4% 光效。自今年疫情以来，三安光电已接收到多家客户和政府的急增需求，公司 UVC 芯片已处满产状态。公司 260~280nm 波段的深紫外 UVC 产品已累计客户百余家。

三安光电目前正在中部地区建设一个 Mini/Micro LED 研发基地，投资额为 120 亿元人民币（17 亿美元）。三安将在该研发基地展开 GaN 和 GaAs Mini/Micro LED 芯片以及 4K 显示器的研发。与此同时，三安还计划在该基地建立 161 万个 GaN Mini/Micro LED 芯片、750,000 个 GaAs Mini/Micro LED 芯片以及 84,000 个 4K 显示器的年生产能力。GaN 业务部门年产能将包括 720,000 个蓝光 Mini LED 芯片、90,000 个蓝光 Micro LED 芯片、720,000 个绿光 Mini LED 芯片和 80,000 个绿光 Micro LED 芯片，而 GaAs 业务部分年产能将包括 660,000 个红光 Mini LED 芯片和 90,000 个红光 Micro LED 芯片。此外，三安光电已经正式与三星电子开展合作，共同开发 Mini/Micro LED 技术。

图 45：三安光电 2014-2019 年 Q3 营业收入情况



资料来源：Wind，中信建投证券研究发展部

三安集成成立于 2014 年，是 LED 芯片制造公司三安光电（600703）下属子公司，基于氮化镓和砷化镓技术经营业务，是一家专门从事化合物半导体制造的代工厂，服务于射频、毫米波、功率电子和光学市场，具备衬底材料、外延生长以及芯片制造的产业整合能力。

三安集成项目总规划用地 281 亩，总投资额 30 亿元，规划产能为 30 万片/年 GaAs 高速半导体外延片、30 万片/年 GaAs 高速半导体芯片、6 万片/年 GaN 高功率半导体外延片、6 万片/年 GaN 高功率半导体芯片。官网显示，三安集成在微波射频领域已建成专业化、规模化的 4 英寸、6 英寸化合物晶圆制造产线，在电子电路领域已推出高可靠性、高功率密度的 SiC 功率二极管及硅基氮化镓功率器件。

表 6：三安集成技术平台介绍

技术平台	技术介绍
微波射频	已推出具有国际竞争力的 GaAs HBT、pHemt 等面向射频应用的先进制程工艺，已建成专业化、规模化的 4 吋、6 吋化合物晶圆制造产线
电力电子	已推出高可靠性、高功率密度的 SiC 功率二极管及 GaN-on-Si 功率器件
光通讯	已具备生产 DFB、VCSEL、PD APD 等数通产品的能力，并面向 3D Sensing，红外 LiDAR 等消费应用领域开发出高功率可见波段、红外波段 VCSEL，及端面发光激光器（EEL）等应用产品

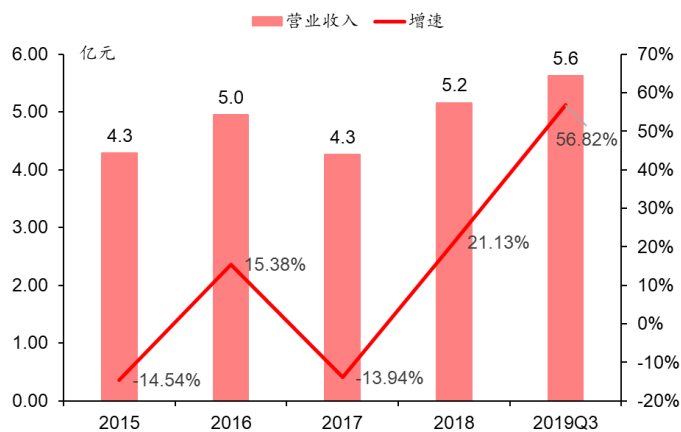
资料来源：公司官网，中信建投证券研究发展部

5.6 海威华芯：中国纯晶圆代工（Foundry）厂商的新生力量

海威华芯是民营航空装备与技术公司海特高新（002023）下属子公司，提供晶圆代工、设计、测试服务。公司积极拓展化合物半导体业务，已建成 6 寸化合物半导体商用生产线，并完成包括砷化镓、氮化镓、碳化硅及磷化铟在内的 6 项工艺产品的开发，可支持制造功率放大器、混频器、低噪声放大器、开关、光电探测器、激光器、电力电子等产品，业务涵盖航空、航天、卫星、消费电子等领域，产品广泛应用于 5G 移动通信、电力电子、光纤通讯、3D 感知等领域。

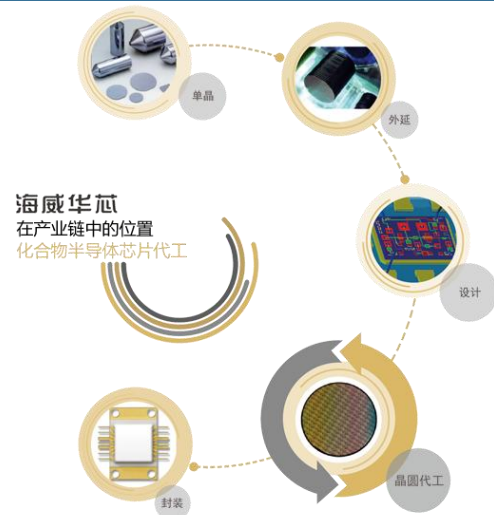
年报显示，2018 年海特高新为 100 家客户提供产品和技术服务，其中砷化镓已经实现订单 37 项，氮化镓已经引入 6 家客户。其中部分产品实现批量出货和代工实现量产；5G 基站产品通过性能验证，目前处于可靠性验证阶段；氮化镓功率元器件已经小规模量产，随着 5G 商用部署进程的不断推进，在 5G 射频方面将催生大量的氮化镓元器件需求，具有广阔的市场前景。

图 46：母公司海特高新 2015-2019 年 Q3 营业收入情况（亿元）



资料来源：Wind，中信建投证券研究发展部

图 47：海威华芯在产业链中的位置



资料来源：公司官网，中信建投证券研究发展部

5.7 全球 GaN 产业链七大版块及代表厂商一览

表 7：硅衬底供应商

公司	国家	简介
Siltronic (世创)	德国	全球第四大硅晶圆厂商，总部位于德国慕尼黑，该公司在德国拥有 150/200/300mm 晶圆产线，在美国有一座 200mm 的晶圆厂，在新加坡则拥有 200mm 和 300mm 产线。
Shin-Etsu (信越化学)	日本	全球集成电路用硅片制造商巨头。信越化学工业株式会社作为一家原材料生产商，从 50 年前推出有机硅制造和销售以来，“信越有机硅”在全世界所开展的最高品质有机硅产品的研究和生产业务取得了良好业绩。
Sumco (胜高)	日本	Sumco 集团是世界第二大硅晶圆供应商，其硅衬底产能会直接影响未来的 GaN 晶圆市场走势。
SunEdison	美国	SunEdison 前身是始创于 1959 年的美商休斯电子材料公司(MEMC Electronic Materials Inc.)，是全球光伏行业硅材料鼻祖之一，也是全球最大洁净能源开发商，2016 年 8 月，被保利协鑫能源控股有限公司收购
台湾合晶 (Wafer Works)	中国台湾	该晶圆厂通过垂直整合的单晶锭，抛光和 Epi 晶圆生产线，为客户提供各种晶圆解决方案。主要产品为半导体硅晶圆材料、太阳能电池用硅晶圆材料与 LED 产业用的蓝宝石基板。

资料来源：公司官网，半导体行业观察，中信建投证券研究发展部

表 8：硅基 GaN 外延片供应商

公司	国家	简介
NTT AT (日本电信公司研究所)	日本	NTT-AT 可提供高质量的 GaN 外延片，确保与 IC 制造商的设计理念保持一致。此外，该公司通过精确控制外延生长条件，并根据 NTT 实验室继承的专有技术和多年积累的技术保持稳定工艺，不断致力于减少漏电流和减少塌陷。
DOWA	日本	化合物半导体供应商，提供用于激光器与传感器的镓系列半导体材料、红光及红外发光二极管 (LED) 等产品，并在用于高功率半导体的氮化物半导体，以及用于杀菌设备的深紫外 LED 等发展潜力较大的领域开发新的产品。
IQE (Integrity, quality and expertise)	英国	总部位于英国威尔士加的夫的半导体晶圆产品和经营服务供应商
EpiGaN	比利时	EpiGaN 成立于 2010 年，总部位于比利时东部哈瑟尔特市，是全球知名的微电子产学研中心 IMEC 的衍生公司，拥有顶尖的团队和强大的自主研发能力。该公司已经实现了 8 英寸硅基氮化镓晶圆工业量产，与主流的 6 英寸产线相比，其生产工艺处于行业先进水平。EpiGaN 的主要产品为硅基氮化镓 (GaN-on-Si) 和碳化硅基氮化镓 (GaN-on SiC) 外延片，广泛应用于 5G 通讯、高效电力电子、射频功率、传感器等领域。主要合作伙伴包括欧洲航天局、博世、英飞凌、IBM、艾默生、OMMIC 等知名机构和企业。

资料来源：公司官网，半导体行业观察，中信建投证券研究发展部

表 9：功率 GaN 器件代工厂（外延+器件制造）

公司	国家	简介
EPISIL (汉磊先进投资控股公司)	中国	前身为汉磊科技公司，主要业务为功率半导体的晶圆代工。为了强化在功率半导体领域的布局，于 2014 年 10 月转型成立投资控股公司，同时将磊晶及晶圆代工两个事业部，独立为两家子公司。 汉磊投控及其子公司全力投入创新技术及产品的开发，GaN 及 SiC 功率半导体元件的开发量产，即是该公司积极投入能源产业的证明。
BRIDG	美国	拥有 8 英寸晶圆制造能力，位于美国佛罗里达，专注于智能传感器，成像器，先进设备和 2.5D/3D 芯片集成的先进技术的开发和制造。
FUJITSU (富士通)	日本	提供功率 GaN 器件代工（外延+器件制造）服务。
台积电	中国台湾	提供功率 GaN 器件代工（外延+器件制造）服务。

资料来源：公司官网，半导体行业观察，中信建投证券研究发展部

表 10：器件设计+GaN 外延制造

公司	国家	简介
Transphorm	美国	美国 Transphorm 是一家设计、生产氮化镓功率转换器和模块的企业。Transphorm 一直专注于将高压 GaN FET 推向市场。致力于为电力电子市场（数据中心服务器、PV 转换器、感应/伺服电机、工业及汽车等商业供电市场）设计、制造和销售 GaN 产品。
Exagan	法国	Exagan 于 2014 年创立，致力于加速电力电子产业，从硅为基础的技术转移至硅上氮化镓的技术 (GaN on-silicon technology)，以使电能转换器体积更小、更有效率。Exagan 的氮化镓电源开关设计能在标准 200mm 晶圆厂制造，透过强大的供应链提供高效能、高可靠度的产品。

资料来源：公司官网，半导体行业观察，中信建投证券研究发展部

表 11：器件和外延设计

公司	国家	简介
GaN Systems	加拿大	GaN Systems 可以设计更小，更低成本，更高效的功率 GaN 器件。该公司通过改变晶体管性能，可帮助电力转换客户企业改变其行业规则，实现共赢。
Navitas Semiconductor	美国	如果高开关频率可以与高能效相结合，则电力系统可以在充电速度，功率密度和成本降低方面实现显著改善。Navitas 通过业界首款 GaN 功率 IC 的发明实现了这一革命，该功率 IC 可将开关速度提高 100 倍，同时节能 40% 或更多。
VisiC Technologies	以色列	总部位于以色列耐斯兹教那，2010 年由一群 GaN 技术专家创立，旨在开发和销售基于氮化镓的先进功率转换产品。VisiC 已经成功开发了基于氮化镓的大功率晶体管和模块。VisiC 的独特专有技术是以氮化镓晶体管知识为基础，利用 GaN 模具设计高效和高级封装，制造性价比高、尺寸小、性能极佳的器件。
宜普电源转换公司 (EPC)	美国	EPC 是基于增强型氮化镓的功率管理器件供应商，是首家推出替代功率 MOSFET 器件的硅基增强型氮化镓(eGaN)场效应晶体管企业，其目标应用包括直流-直流转换器、无线电源传送、包络跟踪、射频传送、功率逆变器、激光雷达 (LiDAR) 及 D 类音频放大器等，器件性能比硅功率 MOSFET 器件高出很多。此外，EPC 正在扩大基于 eGaN 的产品线，可为客户提供进一步节省占板面积、节能及节省成本的解决方案。
Dialog	英国	总部位于英国伦敦的 Dialog 半导体公司，于 2016 年下半年，开始向快速充电电源适配器厂商提供 GaN 电源 IC。
GaNPower International	加拿大	该公司通过整合和利用其在 GaN HEMT 功率器件设计、控制器和驱动器 IC 设计，以及电力电子系统设计方面的优势，正在创建一个垂直整合的设计价值链，为客户提供先进的产品。

资料来源：公司官网，半导体行业观察，中信建投证券研究发展部

表 12：纯代工厂

公司	国家	简介
X-Fab	德国	X-Fab 的总部设在德国爱尔福特，主要代工生产模拟和混合信号集成电路，以及高压应用的 GaN 和 SiC 解决方案。
世界先进 (VIS)	中国台湾	于 1994 年 12 月在中国台湾新竹科学园成立。是特殊工艺 IC 制造服务的领先厂商。世界先进目前拥有三座八吋晶圆厂，2018 年平均月产能约十九万九千片晶圆。在功率器件方面，目前持续研发的制程技术包括高压制程 (High Voltage)、超高压制程 (Ultra High Voltage)、BCD (Bipolar CMOS DMOS) 制程、SOI (Silicon on Insulator) 等，而功率 GaN 和 SiC 也是公司重点开发的业务版块。
GCS (环宇通讯半导体)	美国	1997 年成立于美国加利福尼亚，是经过 ISO 认证的、提供 III-V 族化合物半导体 (砷化镓、磷化铟、氮化镓) 纯专业晶圆制造服务厂商，所制造的产品包括用于无线通讯市场的射频 IC 和毫米波电路，以及用于功率电子市场的功率元件等，其中就包括功率 GaN 代工服务。

资料来源：公司官网，半导体行业观察，中信建投证券研究发展部

表 13: IDM

公司	国家	简介
意法半导体 (STMicroelectronics, ST)	瑞士	<p>该公司正在将产品组合扩展至 GaN 领域。18 年 9 月，意法半导体展示了其在功率 GaN 方面的研发进展，并宣布将建设一条新产线，生产包括 GaN-on-Si 异质外延在内的产品。</p> <p>该公司于 2018 年与 CEA-Leti 展开功率 GaN 合作，主要涉及常关型 GaN HEMT 和 GaN 二极管设计及研发，这将充分发挥 CEA-Leti 的知识产权和意法半导体的专业知识 (Know-how)。ST 在位于法国格勒诺布尔的 CEA-Leti 中试线上研发产品，并在技术成熟后转移至意法半导体的 8 英寸量产线（也在法国）。</p>
英飞凌 (Infineon)	德国	<p>2014 年 9 月，英飞凌以 30 亿美元收购美国国际整流 (IR) 公司，通过此次并购，英飞凌取得了 IR 的 Si 基板 GaN 功率半导体制造技术。IR 于 2010 年推出了第一批商用化的 GaN 产品 iP2010 和 iP2011，用于多相和 POL 的 DC-DC 转换器、开关和服务器等。</p> <p>2013 年 5 月，IR 开始 Si 上 GaN 器件的商业化。</p> <p>2015 年 3 月，英飞凌和松下达成协议，联合开发采用松下电器的常闭式 Si 基板 GaN 晶体管，与英飞凌的表贴 (SMD) 封装的 GaN 器件，推出高能效 600V GaN 功率器件。松下向英飞凌授予了使用其常闭型 GaN 晶体管结构的许可。按照协议，两家公司均可生产高性能 GaN 器件。</p> <p>英飞凌于 2018 年底开始量产 CoolGaN 400V 和 600V 增强型 HEMT。</p>
安森美半导体 (ON Semiconductor)	美国	<p>在功率 GaN 研发方面，安森美正在与 Transphorm 合作，共同开发和推广基于 GaN 的产品和电源系统方案，用于工业、计算机、通信、LED 照明及网络的各种高压领域。基于同一导通电阻等级，该公司第一代 600 V 硅基 GaN 器件已比高压硅 MOSFET 提供好 4 倍以上的门极电荷、更好的输出电荷、差不多的输出电容和好 20 倍以上的反向恢复电荷，通过继续改进，未来 GaN 的优势将会越来越明显。</p>
德州仪器 (TI)	美国	<p>TI 的 GaN 系列解决方案集成了高速栅极驱动器、EMI 控制、过热和过流保护，同时具有 100ns 的响应时间。集成式器件使布局得以优化，能够最大限度地减少寄生电感、提高 dv/dt 抗扰性 (CMTI)，并缩小小电路板空间。</p>
松下 (Panasonic)	日本	<p>在 GaN 开发过程中，Panasonic 解决了很多课题。特别是其 X-GaN 系列，优点突出，主要体现在以下 3 个方面：安全（实现常关）；和 Si-MOSFET 相同的驱动方法（不容易坏的栅极）；易于设计（无电流崩塌）。X-GaN 采用 HD-GIT 结构，从小功率到大功率设备，可提供最合适的封装选择。小功率提供 DFN6x4，中大功率提供 DFN8x8，大功率提供 PSOP 封装。另外，其所有产品都可采用 Kelvin Source，可以把源极寄生电感降到最小，实现高频稳定工作。</p>

资料来源：公司官网，半导体行业观察，中信建投证券研究发展部

六、投资建议

5G 基站的大规模建设对于 GaN 射频有巨大需求，全球 GaN 射频市场主要由住友电工（第一）、Cree（第二）占据，其中住友电工是华为 GaN 射频器件的第一大供应商。国产厂商在 GaN 射频领域相对弱势，但已有不少厂商布局。

GaN 功率市场主要由快充带动，其增长强度主要与国产手机厂商在 GaN 快充方面的推进强度相关。目前来看，今年米 OV 及其部分附属品牌的旗舰机都将标配 GaN 快充，GaN 快充出货量有望在今年铺开。小米的 GaN 快充的电源 IC 由美国厂商 Navitas 供应，电源 IC 主要由国外厂商把控，国内厂商在 GaN 功率器件代工方面有所布局。

光电子方面，新冠肺炎疫情导致短期内对 GaN 基深紫外 UVC LED 需求高涨，且长期来看，该技术是新的环保、高效紫外光源的不二之选，短期需求和长期市场规模都很可观。国产厂商三安光电于 2019 年实现了深紫外 LED 芯片量产，处于整个行业产品链的上游，具有一定的技术壁垒。

投资建议：我们看好 GaN 射频、功率器件、深紫外 LED 芯片全布局的三安光电，看好 GaN 器件代工的海特高新，看好车规 GaN 电源供应商闻泰科技，建议关注华灿光电、士兰微等。

分析师介绍

雷鸣：电子行业分析师，执业证书编号：S1440518030001。中国人民大学经济学硕士、工学学士，2015 年加入中信建投通信团队，专注研究光通信、激光、云计算基础设施、5G 等领域。2016-2019 年《新财富》、《水晶球》通信行业最佳分析师第一名团队成员，2019 年 Wind 通信行业最佳分析师第一名团队成员。

研究助理 刘双锋：电子&TMT 海外牵头人及港深研究组长。3 年深南电路，5 年华为工作经验，从事市场洞察、战略规划工作，涉及通信服务、云计算及终端领域，专注于通信服务领域，2018 年加入中信建投通信团队。2018 年 IAMAC 最受欢迎卖方分析师通信行业第一名团队成员，2018《水晶球》最佳分析师通信行业第一名团队成员。

研究助理 朱立文：北京大学微电子学与固体电子学硕士，2018 年加入中信建投电子团队。专注于射频前端芯片、终端天线、高频材料、屏蔽与散热等 5G 电子领域研究。

研究服务

保险组

张博 010-85130905 zhangbo@csc.com.cn
郭洁 010-85130212 guojie@csc.com.cn
郭畅 010-65608482 guochang@csc.com.cn
张勇 010-86451312 zhangyongzgs@csc.com.cn
高思雨 010-8513 gaosiyu@csc.com.cn

北京公募组

朱燕 85156403- zhuyan@csc.com.cn
任师蕙 010-85159274 renshihui@csc.com.cn
黄杉 010-85156350 huangshan@csc.com.cn
李星星 021-68821600 lixingxing@csc.com.cn
杨济谦 010-86451442 yangjiqian@csc.com.cn
金婷 jinting@csc.com.cn
夏一然 xiayiran@csc.com.cn
杨洁 010-86451428 yangjiezs@csc.com.cn

社保组

吴桑 010-85159204 wusang@csc.com.cn
张宇 010-86451497 zhangyuyf@csc.com.cn

创新业务组

高雪 010-86451347 gaoxue@csc.com.cn
廖成涛 0755-22663051 liaochengtao@csc.com.cn
黄谦 010-86451493 huangqian@csc.com.cn
诺敏 010-85130616 nuomin@csc.com.cn

上海销售组

李祉瑶 010-85130464 lizhiyao@csc.com.cn
黄方禅 021-68821615 huangfangchan@csc.com.cn
戴悦放 021-68821617 daiyuefang@csc.com.cn
翁起帆 021-68821600 wengqifan@csc.com.cn
范亚楠 021-68821600 fanyanan@csc.com.cn
薛姣 021-68821600 xuejiao@csc.com.cn
章政 zhangzheng@csc.com.cn
李绮绮 021-68821867 liqiqi@csc.com.cn
王定润 021-68801600 wangdingrun@csc.com.cn

深广销售组

曹莹 0755-82521369 caoyingzgs@csc.com.cn
张苗苗 020-38381071 zhangmiaomiao@csc.com.cn
XU SHUFENG 0755-23953843
xushufeng@csc.com.cn
程一天 0755-82521369 chengyitian@csc.com.cn
陈培楷 020-38381989 chenpeikai@csc.com.cn

评级说明

以上证指数或者深证综指的涨跌幅为基准。

买入：未来 6 个月内相对超出市场表现 15% 以上；

增持：未来 6 个月内相对超出市场表现 5—15%；

中性：未来 6 个月内相对市场表现在-5—5%之间；

减持：未来 6 个月内相对弱于市场表现 5—15%；

卖出：未来 6 个月内相对弱于市场表现 15% 以上。

重要声明

本报告仅供本公司的客户使用，本公司不会仅因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证本报告所包含的信息或建议在本报告发出后不会发生任何变更，且本报告中的资料、意见和预测均仅反映本报告发布时的资料、意见和预测，可能在随后会作出调整。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不构成投资者在投资、法律、会计或税务等方面的最终操作建议。本公司不就报告中的内容对投资者作出的最终操作建议做任何担保，没有任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺。投资者应自主作出投资决策并自行承担投资风险，据本报告做出的任何决策与本公司和本报告作者无关。

在法律允许的情况下，本公司及其关联机构可能会持有本报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或类似的金融服务。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布本报告。任何机构和个人如引用、刊发本报告，须同时注明出处为中信建投证券研究发展部，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和/或修改。

本公司具备证券投资咨询业务资格，且本文作者为在中国证券业协会登记注册的证券分析师，以勤勉尽责的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了作者的研究观点。本文作者不曾也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

股市有风险，入市需谨慎。

中信建投证券研究发展部

北京

东城区朝内大街 2 号凯恒中心 B
座 12 层（邮编：100010）
电话：(8610) 8513-0588
传真：(8610) 6560-8446

上海

浦东新区浦东南路 528 号上海证券大厦北
塔 22 楼 2201 室（邮编：200120）
电话：(8621) 6882-1612
传真：(8621) 6882-1622

深圳

福田区益田路 6003 号荣超商务中心 B
座 22 层（邮编：518035）
电话：(0755) 8252-1369
传真：(0755) 2395-3859