电子

半导体深度系列：化合物：5G+电动车驱动产业高速发展

化合物半导体性能优异，发展前景广阔。化合物半导体主要指砷化镓（GaAs）、氮化镓（GaN）和碳化硅（SiC）等第二、第三代半导体，相比第一代单质半导体，在高频性能、高温性能方面优异很多。**砷化镓**：具有高频、抗辐射、耐高温的特性，大规模应用于无线通讯领域，目前已经成为 PA 和 Switch 的主流材料；**氮化镓**：主要被应用于通讯基站、功率器件等领域，功放效率高、功率密度大，因而能节省大量电能，同时减少基站体积和质量；**碳化硅**：主要用于大功率高频功率器件，IHS 预测到 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，近期碳化硅产业化进度开始加速，意法、英飞凌等中游厂商开始锁定上游晶圆货源。

5G 提速，射频市场有望高速成长。4 月初，美、韩率先宣布 5G 商用，日本向四大运营商分配 5G 频段，预计明年春正式商用。在海外 5G 积极推进商用的节奏下，全球 5G 推进提速预期强烈，从基站端到终端射频需求都有望加速增长。在射频器件领域，目前 LDMOS、GaAs、GaN 三者占比相差不大，预计到 2025 年，在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，占据射频器件市场半壁江山。

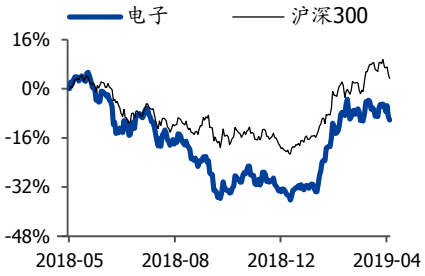
汽车电气化推动碳化硅市场快速成长。据 IC insights 预测，2021 年汽车 IC 市场将会增长到 436 亿美元，2017 年到 2021 年之间的复合增长率为 12.5%，为 IC 领域复合增长率最高的下游应用。同时，随着汽车电气化进程不断推进，尤其是电动车等新能源汽车的逐渐普及，使汽车硅含量不断提升，电动车以及由此带动的各类基础设施建设将成为碳化硅市场的主要驱动力。

建议关注：【三安光电】全工艺平台布局，持续加码化合物半导体，III-V 族化合物半导体是三安光电下一个十年的核心成长驱动力；【CREE】碳化硅基氮化镓龙头，专利护城河全球第一，Wolfspeed 持续高增长。

风险提示：下游需求不及预期、5G 进展不及预期、汽车电气化进展不及预期。

增持（首次）

行业走势



作者

分析师 郑震湘
执业证书编号：S0680518120002
邮箱：zhengzhenxiang@gszq.com
研究助理 佘凌星
邮箱：shelingxing@gszq.com
研究助理 徐斌毅
邮箱：xubinyi@gszq.com

相关研究

1、《电子：又闻歌韵尚悠扬——TWS 耳机系列研究之二》2019-04-23
2、《电子：华为系列一：不一样的华为手机》2019-04-22
3、《电子：本周专题：从华为入局汽车领域看电子器件成长新机遇》2019-04-14

"慧博资讯"：是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

内容目录

化合物半导体 4
什么是化合物半导体？ 4
超越摩尔：光学、射频、功率等模拟 IC 持续发展 5
砷化镓（GaAs）：无线通信核心材料，受益 5G 大趋势 7
氮化镓&碳化硅：高压高频优势显著 9
氮化镓：5G 时代来临，射频应用前景广阔 10
碳化硅：功率器件核心材料，新能源汽车驱动成长 11
两大驱动力：5G 提速+汽车电气化 14
5G 加速推进，射频市场有望高速成长 14
海外率先商用，5G 提速预期强烈 14
氮化镓将占射频器件市场半壁江山 15
汽车电气化推动碳化硅市场快速成长 16
汽车半导体市场快速增长 16
环保需求持续驱动汽车电气化进程 17
汽车硅含量持续提升，碳化硅市场显著受益 18
相关标的 21
三安光电：全工艺平台布局，持续加码化合物半导体，III-V 族龙头正式起航 21
CREE：碳化硅基氮化镓龙头，Wolfspeed 持续高增长 22
风险提示 25

图表目录

图表 1：不同化合物半导体应用领域 4
图表 2：化合物半导体材料性能更为优异 5
图表 3：摩尔定律失效（DRAM 供应链） 5
图表 4：超越摩尔示意 5
图表 5：第三代半导体应用场景 6
图表 6：模拟 IC 与数字 IC 的区别 7
图表 7：模拟 IC 工艺介绍 7
图表 8：PA 价值量明显受益 4G 发展趋势 8
图表 9：目前 PA 产品市场占比 9
图表 10：PA 产品代工厂营收占比情况 9
图表 11：Qorvo 氮化镓射频器件工艺制程 9
图表 12：GaN HEMT 禁带宽度表现优异 10
图表 13：GaN 较 GaAs 大幅减少体积 10
图表 14：氮化镓性能对比 10
图表 15：氮化镓射频器件产业结构变化 11
图表 16：氮化镓射频器件下游结构 11
图表 17：SiC 应用领域 12
图表 18：SiC 特性和优势 12
图表 19：SiC 较 Si 基产品能够大幅减少 Die Size 12
图表 20：目前的主流 SiC 和 Si 基 IGBT 产品 12

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

图表 21：硅基 IGBT 与碳化硅基 MOSFET wafer cost 对比.....13
图表 22：碳化硅市场空间（百万美元）.....13
图表 23：碳化硅产业链.....13
图表 24：全球 5G 落地时间.....14
图表 25：宏基站年建设数量预测.....14
图表 26：5G 基站分结构市场规模.....15
图表 27：氮化镓射频器件市场结构.....16
图表 28：射频器件市场结构.....16
图表 29：汽车集成电路市场规模（十亿美元）.....17
图表 30：模拟电路下游结构.....17
图表 31：汽车模拟 IC 市场增速超过手机（亿美元）.....17
图表 32：新能源燃油消耗对比.....18
图表 33：汽车电气化分类.....18
图表 34：新能源汽车半导体价值量提升.....19
图表 35：氮化镓功率器件市场空间.....19
图表 36：碳化硅功率器件市场结构.....20
图表 37：汽车电动化需要多种模拟 IC 产品.....20
图表 38：三安集成全面布局化合物制造工艺平台.....22
图表 39：氮化镓射频领域专利实力.....23
图表 40：CREE 于 2018 年 2 月提出的 5 年转型计划.....23
图表 41：CREE 各业务收入（百万美元）.....24
图表 42：CREE 收入结构.....24
图表 43：CREE 各业务毛利率.....24
图表 44：CREE 2022 年 SAM（百万美元）.....24
图表 45：碳化硅功率分立器件市场份额.....25
图表 46：碳化硅晶圆市场份额.....25

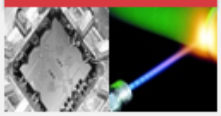
“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

化合物半导体

什么是化合物半导体？

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。半导体在过去主要经历了三代变化，。**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，制造成本更为高昂，可谓是半导体中的新贵。**

图表 1：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。

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

图表 2：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

超越摩尔：光学、射频、功率等模拟 IC 持续发展

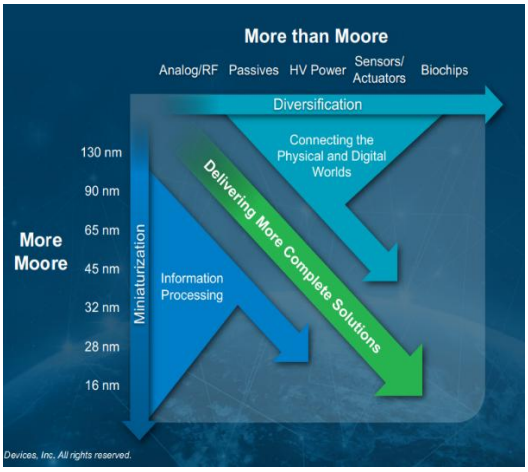
摩尔定律放缓，集成电路发展分化。现在集成电路的发展主要有两个反向：More Moore（深度摩尔）和 More than Moore （超越摩尔）。摩尔定律是指集成电路大概 18 个月的时间里，在同样的面积上，晶体管数量会增加一倍，但是价格下降一半。但是在 28nm 时遇到了阻碍，其晶体管数量虽然增加一倍，但是价格没有下降一半。More Moore （深度摩尔）是指继续提升制程节点技术，进入后摩尔时期。与此同时，More than Moore（超越摩尔）被人们提出，此方案以实现更多应用为导向，专注于在单片 IC 上加入越来越多的功能。

图表 3：摩尔定律失效（DRAM 供应链）

	过去（摩尔定律）	现在（后摩尔时代）
每代位元增速	50%	30%
代际间隔	1 年	2 年以上
晶圆生产效率下滑	几乎没有	5%
单位晶圆位元增速	50%	10-20%
成本减幅（不考虑晶圆扩产）	30%	5-10%
每万片新建产能 CapEx	5 亿美元	10 亿美元
每万片扩建产能 CapEx	1 亿美元	2 亿美元

资料来源：infineon、国盛证券研究所

图表 4：超越摩尔示意



资料来源：ADI、国盛证券研究所

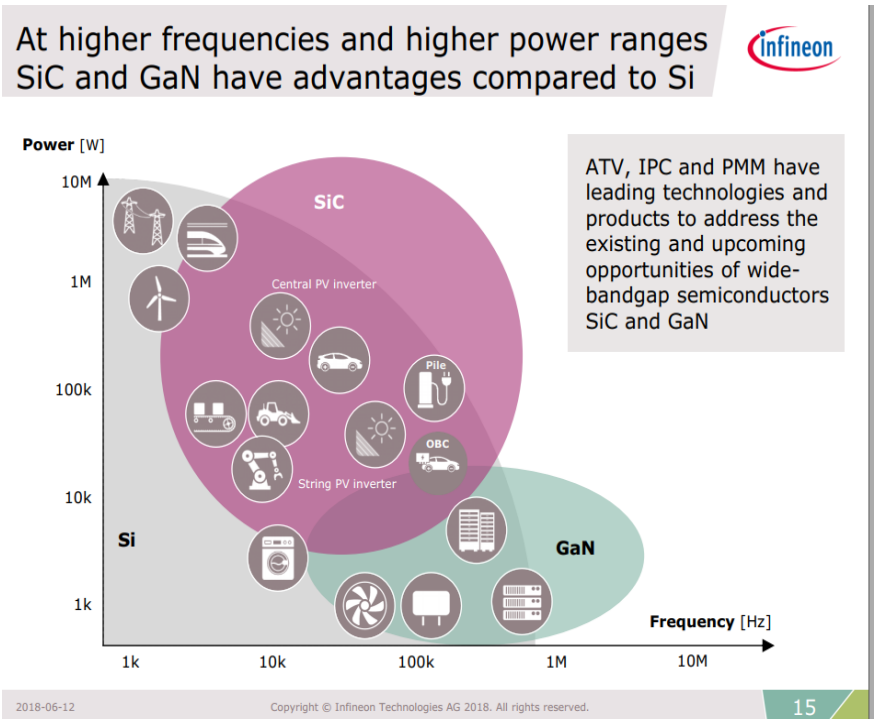
模拟 IC 更适合在 More than Moore （超越摩尔）道路。先进制程与高集成度可以使数字 IC 具有更好的性能和更低的成本，但是这不适用于模拟 IC。射频电路等模拟电路往往需要使用大尺寸电感，先进制程的集成度影响并不大，同时还会使得成本升高；先进制程往往用于低功耗环境，但是射频、电源等模拟 IC 会用于高频、高功耗领域，先进制程对性能甚至有负面影响；低电源和电压下模拟电路的线性度也难以保证。PA 主要技术是 GaAs，而开关主要技术是 SOI，More than Moore （超越摩尔）可以实现使用不同技术和工艺的组合，为模拟 IC 的进一步发展提供了道路。

第三代半导体适应更多应用场景。硅基半导体具有耐高温、抗辐射性能好、制作方便、稳定性好。可靠度高等特点，使得 99%以上集成电路都是以硅为材料制作的。但是硅基半导体不适合在高频、高功率领域使用。2G、3G 和 4G 等时代 PA 主要材料是 GaAs，

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

但是进入 5G 时代以后，主要材料是 GaN。5G 的频率较高，其跳跃式的反射特性使其传输距离较短。由于毫米波对于功率的要求非常高，而 GaN 具有体积小功率大的特性，是目前最适合 5G 时代的 PA 材料。SiC 和 GaN 等第三代半导体将更能适应未来的应用需求。

图表 5：第三代半导体应用场景



资料来源：Infineon、国盛证券研究所

模拟 IC 关注电压电流控制、失真率、功耗、可靠性和稳定性，设计者需要考虑各种元器件对模拟电路性能的影响，设计难度较高。数字电路追求运算速度与成本，多采用 CMOS 工艺，多年来一直沿着摩尔定律发展，不断采用地更高效率的算法来处理数字信号，或者利用新工艺提高集成度降低成本。而过高的工艺节点技术往往不利于实现模拟 IC 实现低失真和高信噪比或者输出高电压或者大电流来驱动其他元件的要求，因此模拟 IC 对节点演进需求相对较低远大于数字 IC。**模拟芯片的生命周期也较长，一般长达 10 年及以上**，如仙童公司在 1968 年推出的运放 μA741 卖了近五十年还有客户在用。

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

图表 6：模拟 IC 与数字 IC 的区别

IC 种类	模拟 IC	数字 IC
处理信号	连续函数形式模拟信号（如声音、光线、温度等）	离散的数字信号
技术难度	设计门槛高，学习曲线 10-15 年	电脑辅助设计，学习曲线 3~5 年
设计难点	非理想效应过多，需要扎实的基础知识和丰富的经验。例如，小信号分析，时域频域分析。	芯片规模大，工具运行时间长，工艺要求复杂，需要多团队共同协作
工艺制程	目前业界仍大量使用 0.18um/0.13um，最先进工艺达 28nm。	按照摩尔定律的发展，使用最先进的工艺。目前已经达到 10nm
产品应用	放大器、信号接口、数据转换、比较器等	CPU、微处理器、微控制器、数字信号处理单元、存储器等
产品特点	数量少，种类多	数量多，种类少
生命周期	10 年，甚至几十年	1-2 年
ASP	价格低，稳定	初期高，后期低
替代性	低	高（多数为标准产品，可替代）

资料来源：ADI、国盛证券研究所

目前数字 IC 多采用 CMOS 工艺，而模拟 IC 采用的工艺种类较多，不受摩尔定律束缚。模拟 IC 的制造工艺有 Bipolar 工艺、CMOS 工艺和 BiCMOS 工艺。在高频领域，SiGe 工艺、GaAs 工艺和 SOI 工艺还可以与 Bipolar 和 BiCMOS 工艺结合，实现更优异的性能。而在功率领域，SOI 工艺和 BCD（BiCMOS 基础上集成 DMOS 等功率器件）工艺也有更好的表现。模拟 IC 应用广泛，使用环节也各不相同，因此制造工艺也会相应变化。

图表 7：模拟 IC 工艺介绍

工艺	优点	缺点	应用领域	应用 IC
Bipolar	频率高、功率大、驱动能力强	集成度低，不能满足无刷电机驱动、LED 驱动控制等芯片的要求	电源管理芯片、电动机驱动芯片、RF、高精度、高压等应用领域	模拟 IC
CMOS	功耗低、度集成高、噪声低、抗干扰能力强	频率低、驱动性能差，只能满足数字集成电路和小功率模拟集成电路的需要。	CPU、MCU、低功耗模拟 IC、低电流运放等	数字 IC、小功率模拟 IC
BiCMOS	驱动能力强、功耗低、度集成度高	-	无刷电机驱动、RF 电路、LED 控制驱动、IGBT 控制驱动、A/D、D/A、RF 混合信号芯片等	模拟 IC、数模混合 IC

资料来源：ADI、国盛证券研究所

砷化镓（GaAs）：无线通信核心材料，受益 5G 大趋势

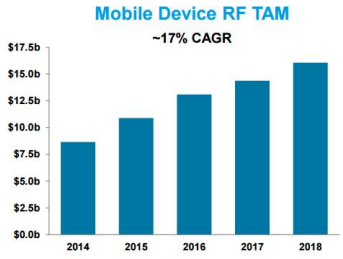
“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

相较于第一代硅半导体，砷化镓具有高频、抗辐射、耐高温的特性，因此广泛应用在主流的商用无线通信、光通讯以及国防军工用途上。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，在无线通讯领域得到大规模应用。

基带和射频模块是完成 3/4/5G 蜂窝通讯功能的核心部件。射频模块一般由收发器和前端模组（PA、Switch、Filter）组成。其中砷化镓目前已经成为 PA 和 Switch 的主流材料。

4G/5G 频段持续提升，驱动 PA 用量增长。由于单颗 PA 芯片仅能处理固定频段的信号，所以蜂窝通讯频段的增加会显著提升智能手机单机 PA 消耗量。随着 4G 通讯的普及，移动通讯的频段由 2010 年的 6 个急速扩张到 43 个，5G 时代更有有望提升至 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 8：PA 价值量明显受益 4G 发展趋势



	Typical 2G	Typical 3G	Typical LTE	Global LTE
Filter Content	$0.25	$1.25	$2.50	$8.00
Switching / Tuning	$0.00	$0.25	$1.25	$3.75
Power Amplifiers	$0.30	$1.25	$2.00	$3.25
Other	$0.00	$0.00	$0.25	$0.50
Total RF content	$0.55	$2.75	$6.00	$15.50 +

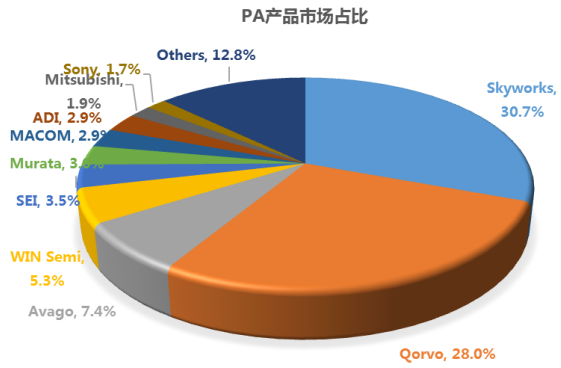
资料来源：QORVO，国盛证券研究所

目前砷化镓龙头企业仍以 IDM 模式为主，包括美国 Skyworks、Qorvo、Broadcom/Avago、Cree、德国 Infineon 等。同时我们也注意到产业发展模式开始逐渐由 IDM 模式转为设计+代工生产，典型事件为代工比例持续提升、avago 去年将科罗拉多厂出售给稳懋等。**我们认为 GaAs 衬底和器件技术不断成熟和标准化，产品多样化、器件设计的价值显著，设计+制造的分工模式开始增加。**

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。

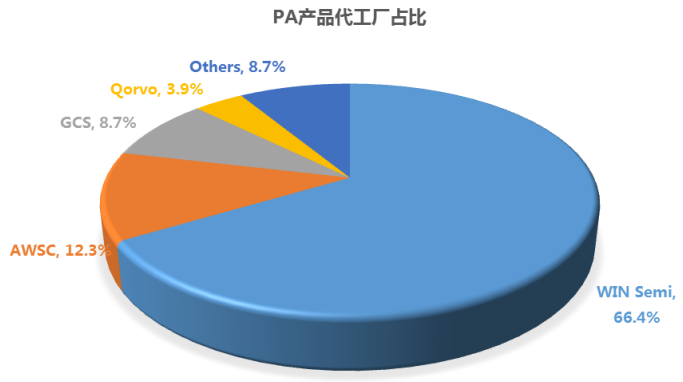
“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

图表 9：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 10：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

同时应用市场决定无需 60 nm 线宽以下先进制程工艺，不追求最先进制程工艺是另外一个特点。化合物半导体面向射频、高电压大功率、光电子等领域，无需先进工艺。GaAs 和 GaN 器件以 0.13、0.18μm 以上工艺为主。Qorvo 正在进行 90nm 工艺研发。此外由于受 GaAs 和 SiC 衬底尺寸限制，目前生产线基本全为 4 英寸和 6 英寸。以 Qorvo 为例，我们统计下来氮化镓制程基本线宽在 0.25-0.50um，生产线以 4 英寸为主。

图表 11：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

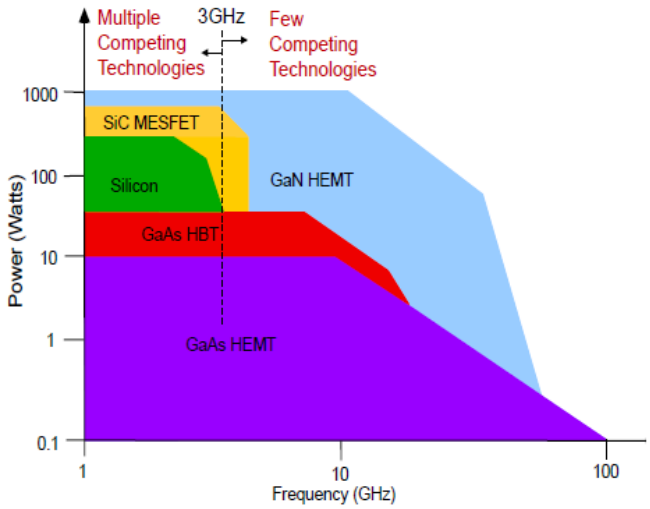
资料来源：qorvo，国盛证券研究所

氮化镓&碳化硅：高压高频优势显著

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。

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

图表 12：GaN HEMT 禁带宽度表现优异



资料来源：英飞凌，国盛证券研究所

氮化镓：5G 时代来临，射频应用前景广阔

目前氮化镓器件有三分之二应用于军工电子，如军事通讯、电子干扰、雷达等领域；在民用领域，**氮化镓主要被应用于通讯基站、功率器件等领域。氮化镓基站 PA 的功放效率较其他材料更高，因而能节省大量电能，且其可以几乎覆盖无线通讯的所有频段，功率密度大，能够减少基站体积和质量。**

图表 13：GaN 较 GaAs 大幅减少体积

资料来源：RFMD，国盛证券研究所

图表 14：氮化镓性能对比

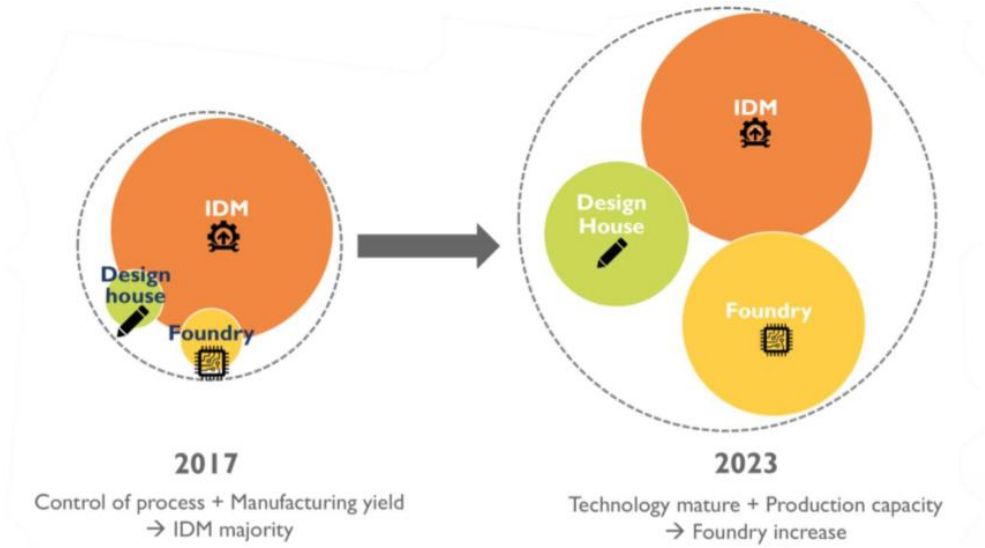
Properties (at 300 K)	Units	Si	GaAs	4H-SiC	GaN
Bandgap Eg	eV	1.12	1.42	3.26	3.425
Breakdown electric field Ec	MV/cm	0.3	0.4	3	3.3
Intrinsic carrier concentration ni	cm^{-3}	9.6×10^{9}	1.5×10^{6}	8.2×10^{-9}	1.9×10^{-10}
Electron mobility μ_N	$cm^2/V/s$	1500 (bulk) 300 (inv)	8500	1000	1250 (bulk) 2000 (2DEG)
Saturation velocity vsat	$x10^7$ cm/s	1	2.5	2	2.2
Relative permittivity εr		11.8	13.1	10	9
Thermal conductivity λ	W*K/cm	1.5	0.43	4.9	1.3
Maximum working temperature Tmax	°C	150		760	800

资料来源：KEYSIGHT、国盛证券研究所

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

特色工艺代工厂崛起，分工大势所趋。全球半导体分为 IDM(Integrated Device Manufacture，集成电路制造)模式和垂直分工模式两种商业模式，老牌大厂由于历史原因，多为 IDM 模式。随着集成电路技术演进，摩尔定律逼近极限，各环节技术、资金壁垒日渐提高，传统 IDM 模式弊端凸显，新锐厂商多选择 Fabless（无晶圆厂）模式，轻装追赶。同时英飞凌、TI、AMD 等老牌大厂也逐渐将全部或部分制造、封测环节外包，转向 Fab-Lite（轻晶圆厂）甚至 Fabless 模式。

图表 15：氮化镓射频器件产业结构变化



资料来源：Yole、国盛证券研究所

氮化镓射频器件高速成长，复合增速 23%，下游市场结构整体保持稳定。研究机构 Yole Development 数据显示，2017 年氮化镓射频市场规模为 3.8 亿美元，将于 2023 年增长至 13 亿美元，复合增速为 22.9%。下游应用结构整体保持稳定，以通讯与军工为主，二者合计占比约为 80%。

图表 16：氮化镓射频器件下游结构

资料来源：Yole、国盛证券研究所

碳化硅：功率器件核心材料，新能源汽车驱动成长

SiC 主要用于大功率高频功率器件。以 SiC 为材料的二极管、MOSFET、IGBT 等器件未来有望在汽车电子领域取代 Si。目前 SiC 半导体仍处于发展初期，晶圆生长过程中易出

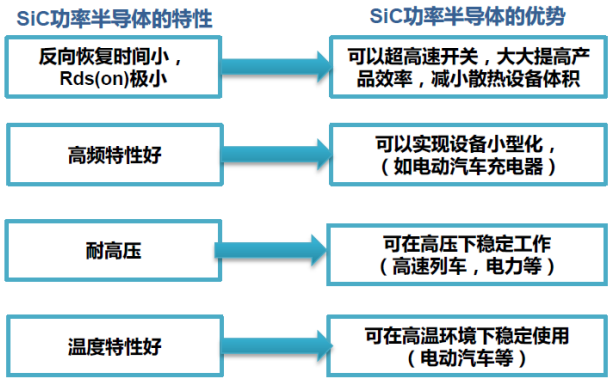
“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

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。

图表 17：SiC 应用领域

资料来源：ROHM，国盛证券研究所

图表 18：SiC 特性和优势



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 19：SiC 较 Si 基产品能够大幅减少 Die Size

Transistor	Techno	Manufacturer	Current at 100°C	Current density	Die area
IXGP30N120B3	PT planar	IXYS	30A	0.98	30.6 mm²
IHW40N120R3	FS trench	Infineon	40A	1.37	29.16 mm²
C2M0040120D	SiC planar	Cree	40A	2.19	18.29 mm²
BSM180D12P3C007	SiC trench	Rohm	36A	2.79	12.9 mm²

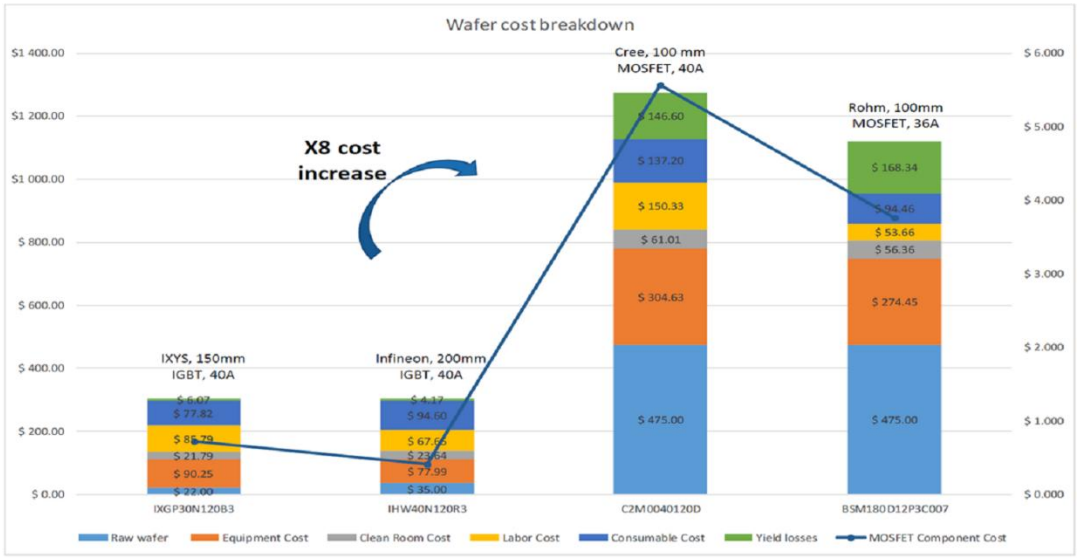
资料来源：yole development，国盛证券研究所

图表 20：目前的主流 SiC 和 Si 基 IGBT 产品

资料来源：yole development，国盛证券研究所

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

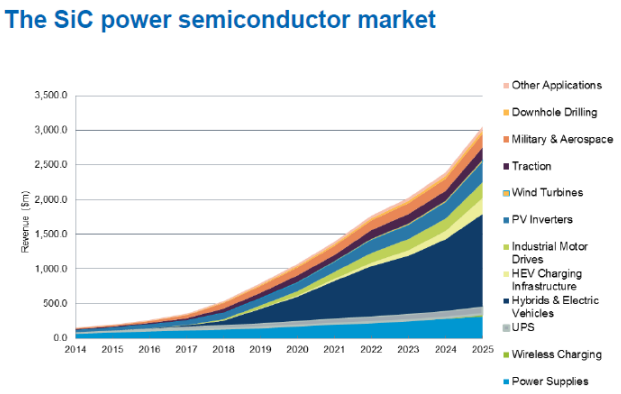
图表 21：硅基 IGBT 与碳化硅基 MOSFET wafer cost 对比



资料来源：yole development，国盛证券研究所

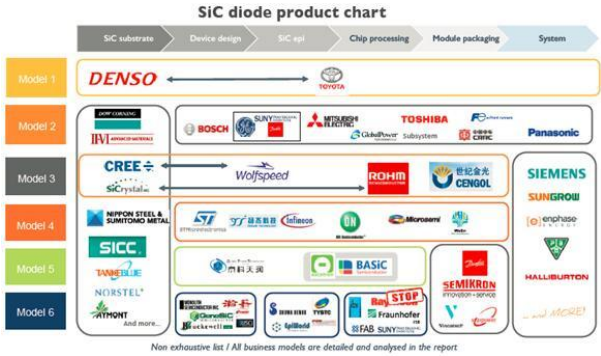
研究机构 IHS 预测到 2025 年 SiC 功率半导体的市场规模有望达到 30 亿美元。在未来的 10 年内，SiC 器件将开始大范围地应用于工业及电动汽车领域。纵观全球 SiC 主要市场，电力电子占据了 2016-2017 年最大的市场份额。该市场增长的主要驱动因素是由于电源供应和逆变器应用越来越多地使用 SiC 器件。

图表 22：碳化硅市场空间（百万美元）



资料来源：yole development，国盛证券研究所

图表 23：碳化硅产业链



资料来源：yole development，国盛证券研究所

SiC 近期产业化进度加速，上游产业链开始扩大规模和锁定货源。我们根据整理 CREE 公告，可以发现近期碳化硅产业化进度开始加速，ST、英飞凌等中游厂商开始锁定上游晶圆货源：

- 2019 年 1 月公告：CREE 与 ST 签署一项为期多年的 2.5 亿美元规模的生产供应协议，Wolfspeed 将会向 ST 供应 150 ㎜ SiC 晶圆。
- 2018 年 10 月公告：CREE 宣布了一项价值 8,500 万美元的长期协议，将为一家未公布名称的“领先电力设备公司”生产和供应 SiC 晶圆。
- 2018 年 2 月公告：Cree 与英飞凌签订了 1 亿美元的长期供应协议，为其光伏逆变器、机器人、充电基础设施、工业电源、牵引和变速驱动器等产品提供 SiC 晶圆。

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

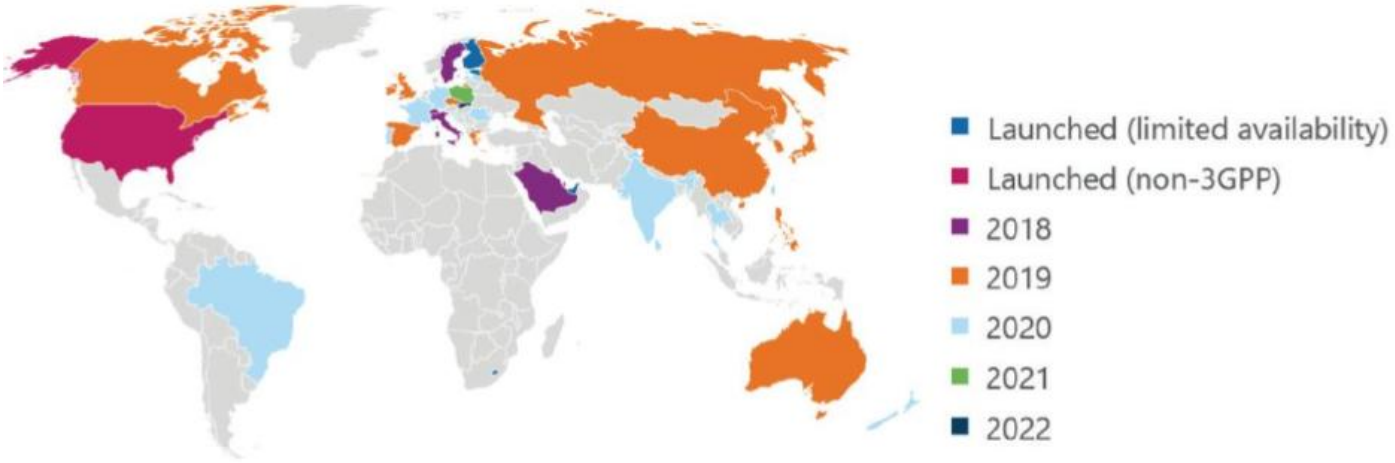
两大驱动力：5G 提速+汽车电气化

5G 加速推进，射频市场有望高速成长

海外率先商用，5G 提速预期强烈

海外 5G 率先商用，国内 5G 推进有望加速！4 月 3 日，美国运营商 Verizon 宣布在部分地区推出 5G 服务;4 月 5 日,韩国三大运营商宣布开始针对普通消费者的 5G 商用服务;4 月 10 日，日本政府向四大运营商分配 5G 频段，预计明年春正式商用；我们认为，在海外 5G 积极推进商用的节奏下，国内 5G 有望加速。

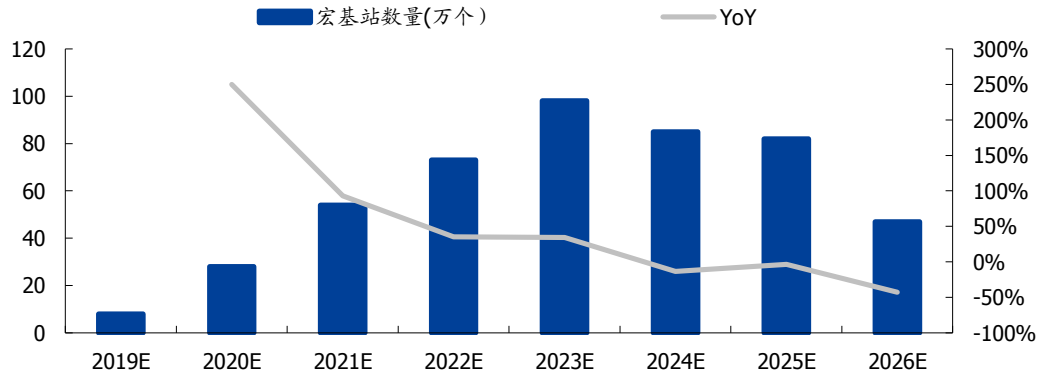
图表 24：全球 5G 落地时间



资料来源：ROHDE&SCHWARZ、国盛证券研究所

随着 5G 的推广，从 5G 的建设需求来看，5G 将会采取"宏站加小站"组网覆盖的模式，历次基站的升级，都会带来一轮原有基站改造和新基站建设潮。2017 年我国 4G 广覆盖阶段基本结束，4G 宏基站达到 328 万个。根据赛迪顾问预测，5G 宏基站总数量将会是 4G 宏基站 1.1~1.5 倍，对应 360 万至 492 万 5G 宏基站。

图表 25：宏基站年建设数量预测



资料来源：赛迪顾问，国国盛证券研究所

于此同时在小站方面，毫米波高频段的小站覆盖范围是 10~20m，应用于热点区域或更高容量业务场景，其数量保守估计将是宏站的 2 倍，由此我们预计 5G 小站将达到 950

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

万个。

图表 26：5G 基站分结构市场规模

5G 产业链环节	预算依据（宏站 475 万个，小站 950 万个）	市场规模（亿元）
基站天线	每个基站 3 副天线，宏站每副天线预计 3000-5000 元，小站每副天线 500-1000 元	855
基站射频	每个基站 3 副天线对应 3 套射频模块，宏站每套射频模块预计 2000-5000 元，小站每套射频模块预计 500-1000 元。	641.25
小微基站与室内分布	小微基站整体价格预计为 5000-10000 元，其数量 950 万；室内分布系统分为企业级和家庭级，预计我国 5G 企业级室内分布将成为主流，总数量保守估计为 1000 万左右，每个价格 500-1000 元	1050
通信网络设备（SDN/NFV 解决方案）	通信网络设备主要包括无线、传输、核心网及业务承载支撑等系统设备。一句运营商统计，在 4G 系统中通信网络设备的投资超过 2000 亿元，我们预计 5G 基于 SDN/NFV 重购的网络架构将形成硬件设备和软件定义化解决方案的两大部分，预计整体投资将同比增长 30%。	2600
光纤光缆	基于 C—RAN 部署方式，RRU 到 BBU 及其到汇聚点的前传回传网络，预计平均每个宏站所需光纤 2KM，每小时所需光纤 0.5KM，采用大芯数光缆（144 芯），宏站现有基站光纤复用率为 50%。 宏站：475 万*2KM*50%=6.84 亿芯公里。 小站：950 万*0.5KM*144=6.84 亿芯公里。 共 13.68 亿芯公里，光纤价格预计 50-100 元芯公里	889.2
光模块	前传：每个基站覆盖三个扇区，每个扇区一个 BBU 和 RRU，每个基站需要 6 个光模块，故前传所需： （475 万+950 万）*6=8550 万个。 回转：基站 BBU 回转需要 1 个光模块，基于 C-RAN，每个 BBU 对应 3 个 RRU，每个基站需要 1 个回转光模块，故所需： 475 万+950 万=1425 万个。 总计所需光模块：9975 万个，25G/100G 光模块量产后（达到运营商能承受规模替换的价格）500-1000 元/个	997.5
网络规划运维	网络规划运维主要包括规划设计、网优和运维，一句运营商测算，投资规模约为 1200 亿元，5G 网络架构重构和集中化运维，虽然基站总数增多，业务复杂度提高，但集中化、智能化的趋势明显。预计总投资规模将小幅增长，达到 1300 亿元。	1300
系统集成与应用服务	5G 面向物联网、远程医疗、工业网互联等场景的系统集成与应用服务，将不同于 4G 网络，包括行业解决方案、物联网平台、大数据应用等，一句运营商的测算，我们保守估计在 5G 网络主建设时期，其投资金额将达到 1600 亿元。	1600
其他（配套和工程建设等）	4G 网络的配套设施与工程建设投资超过 1350 亿元， 5G 将同比增长 15%至 20%，预计达 1600 亿元	1600
总计		**11532.95**

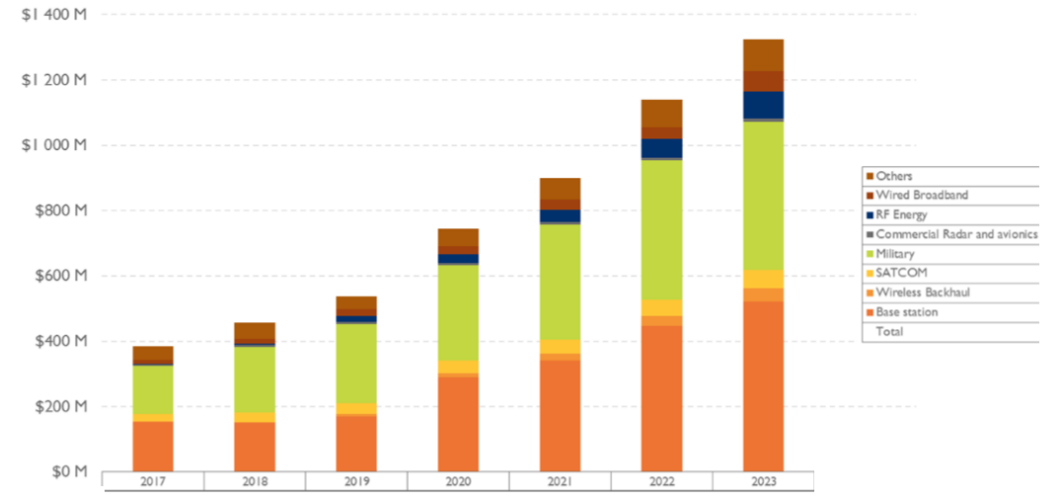
资料来源：赛迪顾问，国盛证券研究所

氮化镓将占射频器件市场半壁江山

基站建设将是氮化镓市场成长的主要驱动力之一。Yole development 数据显示，2018 年，基站端氮化镓射频器件市场规模不足 2 亿美元，预计到 2023 年，基站端氮化镓市场规模将超 5 亿美元。氮化镓射频器件市场整体将保持 23%的复合增速，2023 年市场规模有望达 13 亿美元。

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

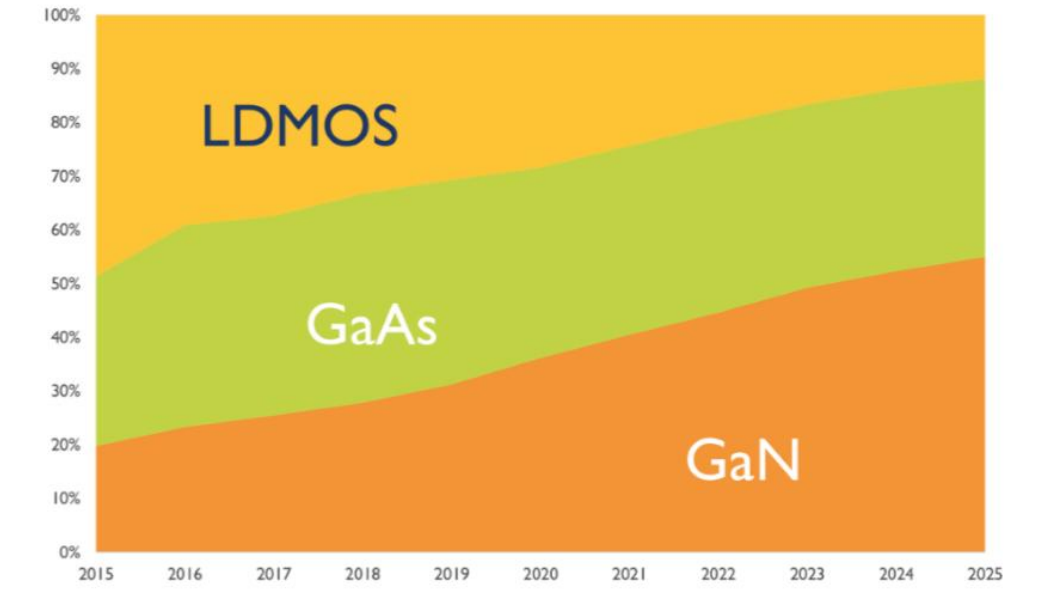
图表 27：氮化镓射频器件市场结构



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。在射频器件领域，目前 LDMOS（横向扩散金属氧化物半导体）、GaAs（砷化镓）、GaN（氮化镓）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 28：射频器件市场结构



资料来源：Yole、国盛证券研究所

汽车电气化推动碳化硅市场快速成长

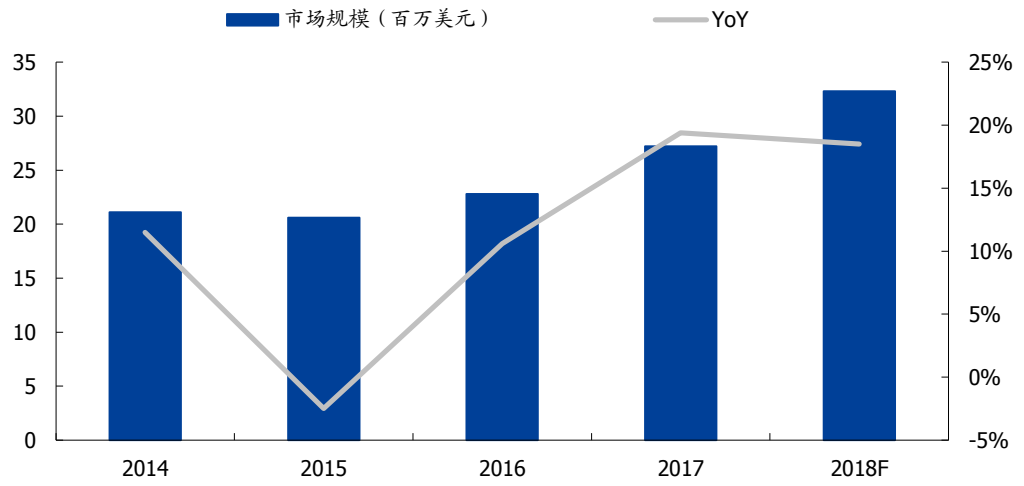
汽车半导体市场快速增长

汽车 IC 快速增长，成半导体增长亮点。根据 IC Insights 数据，预计 2018 年汽车 IC 增速可达 18.5%，规模可达 323 亿美元。到 2021 年，汽车 IC 市场将会增长到 436 亿美元，2017 年到 2021 年之间的复合增长率为 12.5%，为复合增长率最高的细分市场

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

模块，也是未来的主要驱动力之一。

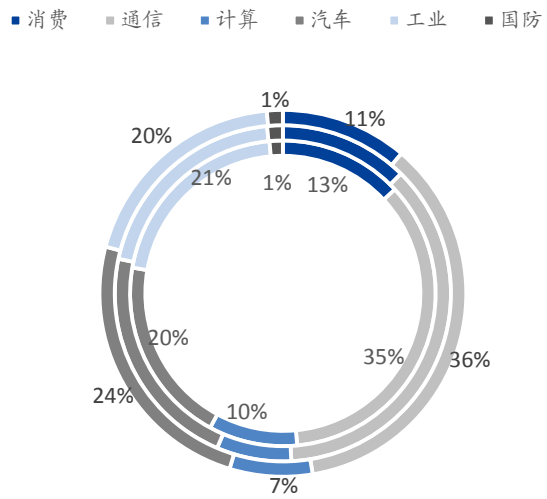
图表 29：汽车集成电路市场规模（十亿美元）



资料来源：IC Insights、国盛证券研究所

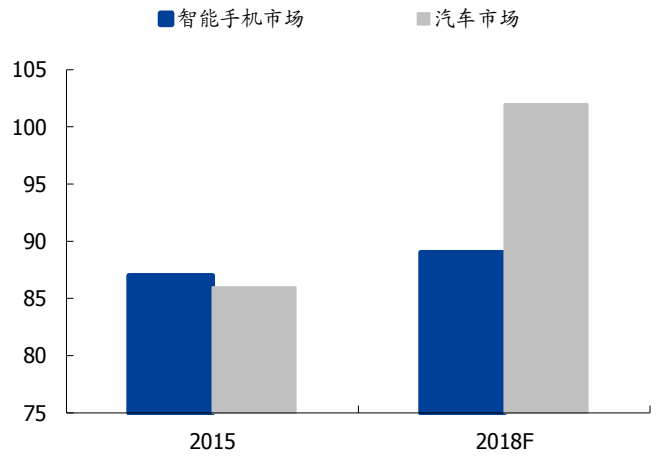
汽车模拟 IC 增长强劲，实现对智能手机的超越。智能手机的高速增长曾经是带动半导体市场增长的主要驱动力，如今汽车成为下一位选手。根据 HIS 数据，从体量上看，2015 年汽车模拟 IC 市场将已经超过的智能手机市场，预计 2018 年汽车模拟 IC 市场规模可达 102 亿美元。与此同时，由于汽车市场增速高于其他子行业，其模拟 IC 销售占比也逐年增加。

图表 30：模拟电路下游结构



资料来源：IC Insights、国盛证券研究所

图表 31：汽车模拟 IC 市场增速超过手机（亿美元）



资料来源：IHS 、国盛证券研究所

环保需求持续驱动汽车电气化进程

环保节能需求推动汽车电气化，新能源汽车快速增长。由于各国政府对能源和环境问题高度重视，纷纷提出禁售燃油车计划，汽车电气化几乎是必然趋势。Katusa Research 数据显示，中国，美国和德国将成为电动汽车的主要推广者，致使 2040 年电动汽车年均销售量可达 6 千万量。新能源汽车能够有效降低燃油消耗量，而新能源汽车需要用到

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

大量的电源类 IC（比如升降电压用的 DC/DC），模拟 IC 行业可从中受益。

图表 32：新能源燃油消耗对比

电动车技术	电机电压	节省燃油量
start/stop	12V	2~5%
Micro hybird	12V	3~10%
Mild hybird	48V	8~15%
Mild hybird	HV（~100V）	10~16%
Full hybird	200V~450V，some 48V	20~50%
Plug-in hybird	100V~800V	40~80%
Pure electric	100V~800V	100%

资料来源：TI、国盛证券研究所

汽车硅含量持续提升，碳化硅市场显著受益

汽车电气化程度逐步加深，硅价值量持续增长。各车企纷纷推出新能源车，以实现汽车电动化的软替代，常见的新能源汽车包括混合动力汽车、插电式混合动力汽车、增程式电动汽车、纯电动汽车。随着电气化程度的提升，汽车半导体价值量也水涨船高。2018 年中度混合动力汽车、插电式混合动力汽车和纯电动汽车单车半导体价值量分别达 475、740 和 750 美元，根据 Strategy Analytics 预测，2025 年度混合动力汽车、插电式混合动力汽车和纯电动汽车销量分别可达到 0.17 亿、0.13 亿、0.08 亿，合计半导体市场规模可达 237 亿美元。

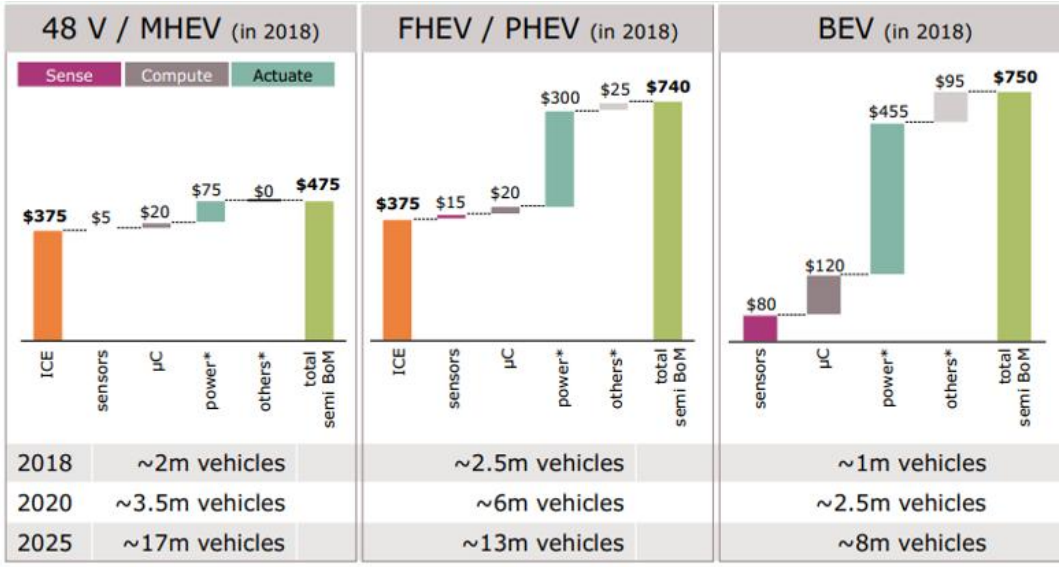
图表 33：汽车电气化分类

汽车类型	简称	动力来源及其他
纯电动汽车	BEV (Battery Electric Vehicle):	动力全部来源于电池
增程式电动汽车	REEV (Range Extend Electric Vehicle)	电动机提供动力，依靠车内发动机发电。
燃料电池汽车	FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle)	以氢气、甲醇等为燃料，通过化学反应产生电流，依靠电机驱动。
插电式混合动力汽车	PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)	能量提供由电池和燃油提供。动力提供由燃油发动机和电动机提供。车载动力电池可以通过外接电源进行充电。
混合动力汽车	HEV (Hybrid Electric Vehicle)	同时配有发动机和电动机，电机帮助汽车启停，能改善车辆的低速动力输出和降低油耗。电池能量通过汽车运行中的能量回收

资料来源：TI、国盛证券研究所

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

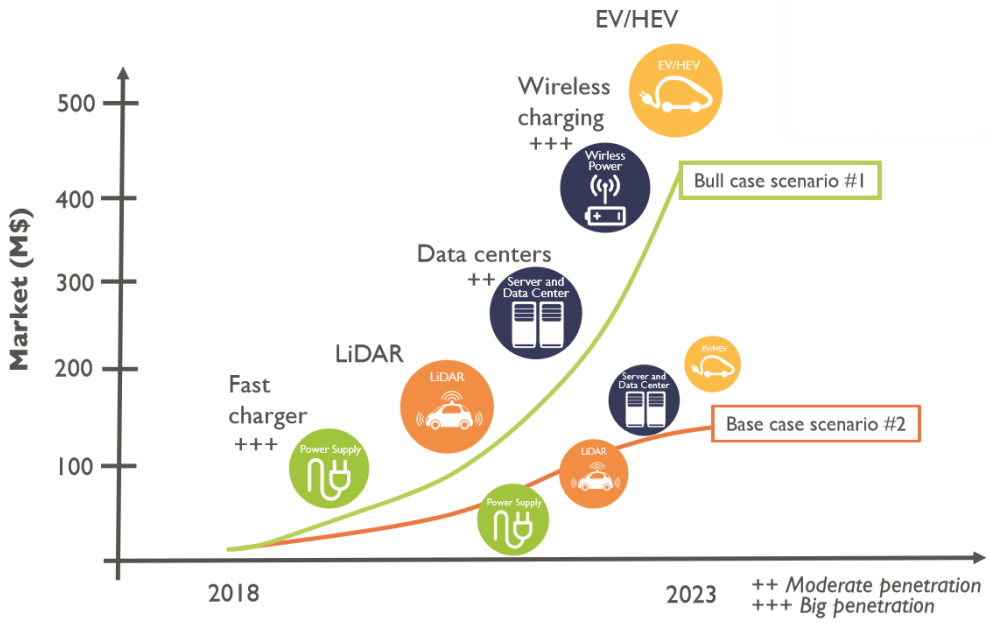
图表 34：新能源汽车半导体价值量提升



资料来源：Infineon、Strategy Analytics、国盛证券研究所

电动车市场将是碳化硅器件成长的主要驱动力。根据 Yole development 预测，未来几年新能源汽车、电机驱动、铁路对碳化硅市场增长影响较大，其中增量价值最高的为新能源汽车，包括汽车本身以及由此带动的各类基础设施建设。

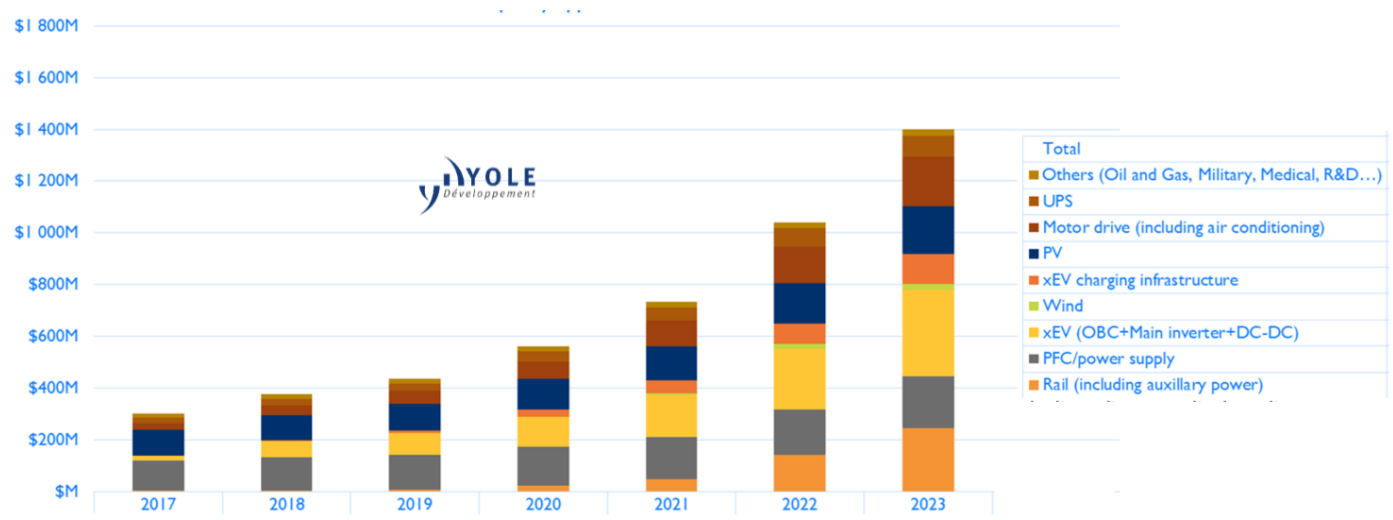
图表 35：氮化镓功率器件市场空间



资料来源：Yole、国盛证券研究所

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

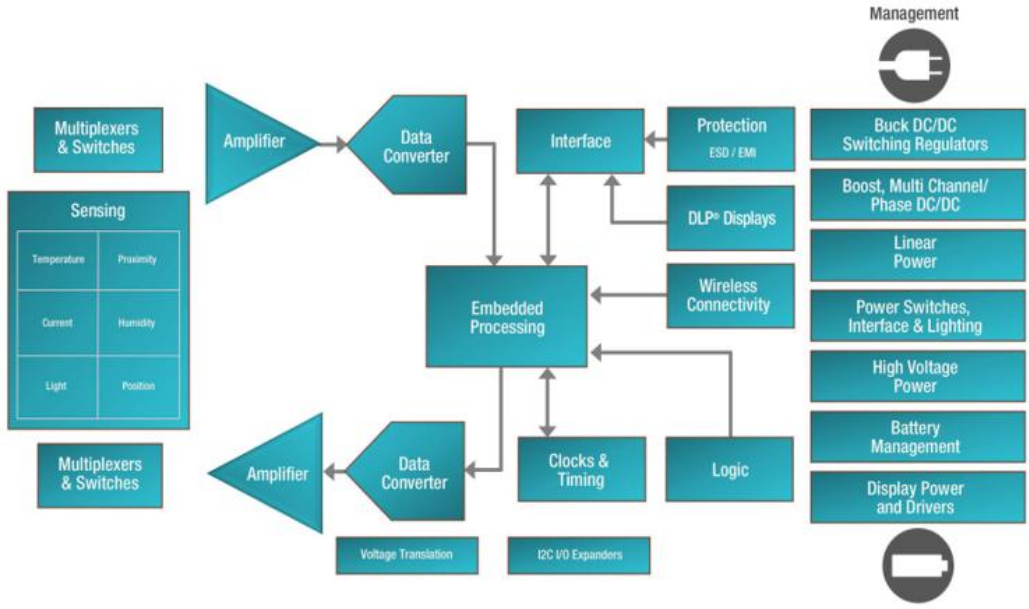
图表 36：碳化硅功率器件市场结构



资料来源：Yole、国盛证券研究所

汽车处于安全性考虑，需要包含各个子系统的稳压、静电保护、信号隔绝等需求，同时还需要众多与电力系统配套的功率半导体产品，包括充电器、电池管理、逆变器、次逆变器、DC/DC以及各种接口等。因此汽车电动化给功率半导体带来了更广阔的市场空间。

图表 37：汽车电动化需要多种模拟 IC 产品



资料来源：TI、国盛证券研究所

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

相关标的

三安光电：全工艺平台布局，持续加码化合物半导体，III-V 族龙头正式起航

我们认为 III-V 族化合物半导体是三安光电下一个十年的核心成长驱动及跟踪重点，5G 无线通讯基站、智能手机、WiFi 与光纤等高速数据传输、汽车/工业/太阳能等功率芯片，都将对化合物半导体产生强劲的需求。

继此前与华芯投资（集成电路产业大基金托管人）签署战略协议开展不超过 25 亿美元的合作，拟合资设立 III—V 族化合物集成电路发展专项基金，**公司 17 年 12 月再度公告加码，拟投资总额 333 亿元在福建泉州成立项目公司，全部项目五年内实现投产，七年内全部项目实现达产，**经营期限不少于 25 年。产业化项目包括:

- 高端氮化镓 LED 衬底、外延、芯片的研发与制造;
- 高端砷化镓 LED 外延、芯片的研发与制造;
- 大功率氮化镓激光器的研发与制造;
- 光通讯器件的研发与制造;
- 射频、滤波器的研发与制造;
- 功率型半导体（电力电子）的研发与制造;
- 特种衬底材料研发与制造、特种封装产品应用研发与制造。

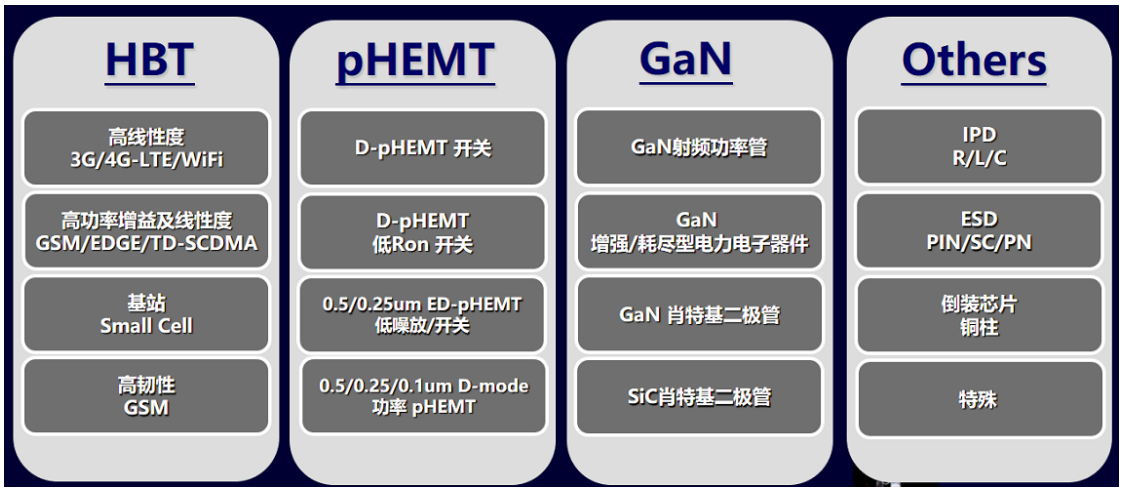
三安光电作为 LED 芯片国际龙头，依托 LED 外延、芯片工艺在 III-V 族化合物半导体布局深厚，成立时间、规模及品质均为国内领先。333 亿元议案再度加码彰显公司决心，未来将立足于Ⅲ-Ⅴ族化合物半导体材料的研发与应用，以砷化镓、氮化镓、碳化硅、磷化铟等半导体新材料所涉及到的核心主业做大做强！

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。

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:

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

图表 38：三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 12 月 19 日正式发布，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）。

CREE：碳化硅基氮化镓龙头，Wolfspeed 持续高增长

CREE 成立于 1987 年，1993 年上市，为全球 LED 外延、芯片、封装、LED 照明解决方案、化合物半导体材料、功率器件和射频于一体的著名制造商和行业领先者。

CREE 在氮化镓射频领域，专利护城河全球第一。根据专利研究机构 KnowMade 对 3750 项氮化镓射频领域专利的研究，基于数量与质量等多个维度的综合考量，**CREE 毫无疑问为全球第一，尤其在碳化硅基氮化镓领域。**

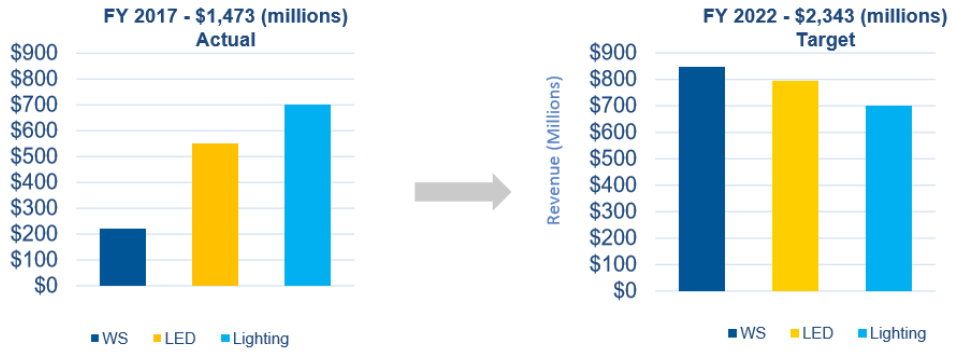
“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

图表 39：氮化镓射频领域专利实力

资料来源：knowmade、国盛证券研究所

公司在 2018 年 2 月的投资者日提出了未来的发展规划，**推动 Wolfspeed 成为增长引擎，将 LED 聚焦于更加差异化的市场**。Wolfspeed 专注于碳化硅与氮化镓领域，产品包括碳化硅材料、射频器件、功率器件。下游包括电动车、通讯、工业、国防、航天航空。

图表 40：CREE 于 2018 年 2 月提出的 5 年转型计划

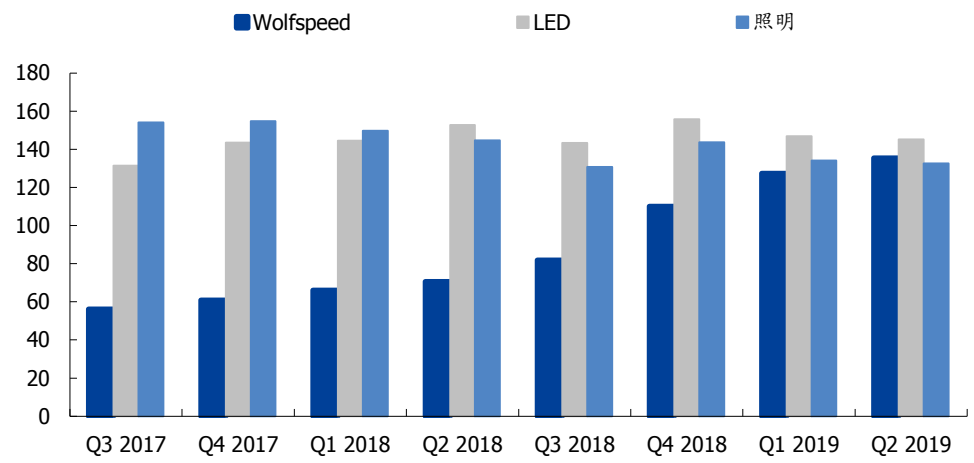


资料来源：CREE、国盛证券研究所

Wolfspeed 收入规模高速增长，毛利率维持高位。2019 财年第二财季，对应公历 18Q4，Wolfspeed 收入同比增长 92%，环比增长 6%至 1.35 亿美元；不计入收购英飞凌部分业务时，同比增长超过 50%；毛利率为 47.8%，环比增加 40 个基点；预计 FQ3 收入将环比继续增长几个百分点，利润率目标为 48%。

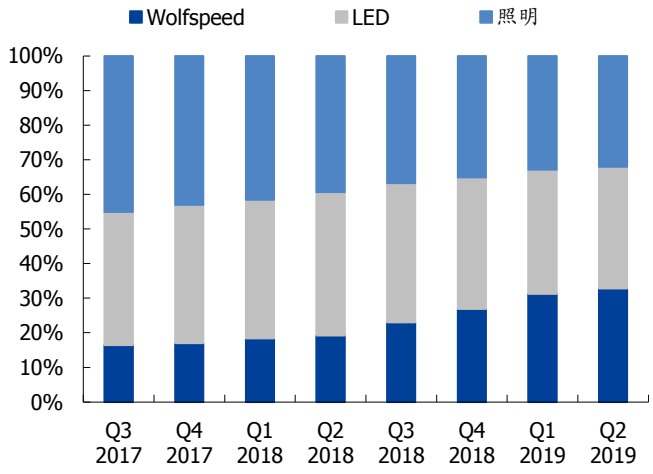
"慧博资讯"是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

图表 41：CREE 各业务收入（百万美元）



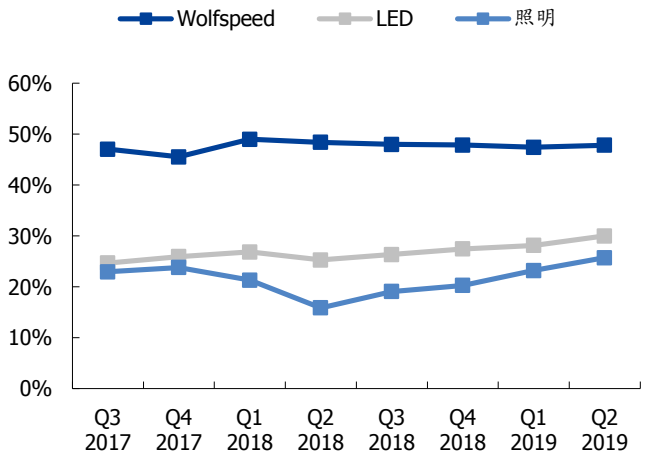
资料来源：Bloomberg、国盛证券研究所

图表 42：CREE 收入结构



资料来源：Bloomberg、国盛证券研究所

图表 43：CREE 各业务毛利率



资料来源：Bloomberg、国盛证券研究所

从市场空间看，CREE 碳化硅、氮化镓下游目标市场均有高速成长的趋势，根据 CREE 在 2018 年 2 月投资者日公布的相关数据，在碳化硅功率、氮化镓射频、碳化硅材料三大市场，2017 年合计规模为 7.42 亿美元，2022 年 CREE 可服务市场规模为 73.22 美元，5 年有望增长近乎 10 倍。

图表 44：CREE 2022 年 SAM（百万美元）

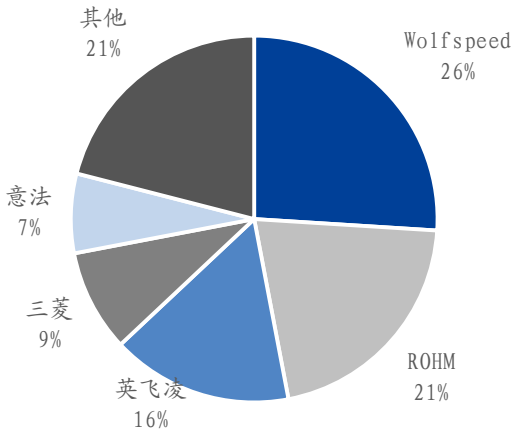
	碳化硅功率市场			氮化镓射频	碳化硅材料	合计
	光伏及其他	电动车	快充			
2017 行业规模	284	17	2	384	56	742
CREE 2022 SAM	2100	2400	522	1100	1200	7322

资料来源：CREE、国盛证券研究所，注：SAM 指的是 Serviceable Available Market“可服务市场范围”，即产品可以覆盖的市场规模。

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

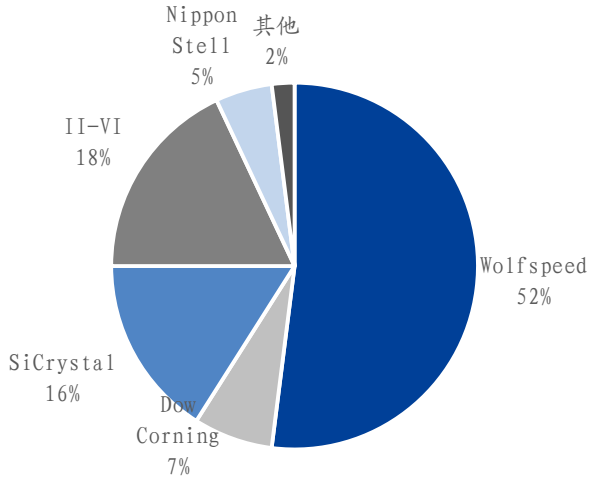
从市场份额看，CREE 均占据领先地位，2017 年，碳化硅功率分立器件市场规模约为 3 亿美元，CREE 占比 26%；碳化硅晶圆市场规模约为 8000 万美元，CREE 占比 52%。两大领域份额均居首位。

图表 45：碳化硅功率分立器件市场份额



资料来源：Yole、国盛证券研究所

图表 46：碳化硅晶圆市场份额



资料来源：Yole、国盛证券研究所

2019 年 3 月 15 日，CREE 宣布出售其照明产品业务部门（Cree Lighting）给 IDEAL INDUSTRIES，其中包括面向商业、工业及消费者的 LED 照明灯具、光源和照明解决方案业务。该交易税前价约为 3.1 亿美元（约合人民币 20.8 亿元）。出售照明业务部门符合公司战略，有助于为 Wolfspeed 半导体业务提供增长资本，预计公司资本配置将优先用于 wolfspeed 业务，进一步增强公司在碳化硅、氮化镓领域的竞争力。

风险提示

下游需求不及预期：化合物半导体主要应用于各类射频、功率类器件中，下游包括通讯、消费电子、汽车等多个领域，应用面较广，受下游需求影响较大，如下游需求出现波动，或将对行业增长产生一定风险。

5G 进展不及预期：射频器件是化合物半导体的主要应用之一，未来数年，5G 推动的通讯基站等基础设施建设，以及由此带来的智能手机等终端的更新换代，将是射频器件市场成长的主要驱动力之一，如 5G 进展不急预期，或将对射频相关化合物市场增长产生一定风险。

汽车电气化进展不及预期：功率器件是化合物半导体的主要应用之一，随着各国逐步推进电动车等新能源汽车，同时智能驾驶、车联网带动汽车硅含量提升，将是车规级功率、射频器件的主要驱动力，如汽车电气化进展不及预期，或将对相关化合物市场增长产生一定风险。

“慧博资讯”是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn

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中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：北京市西城区锦什坊街 35 号南楼
邮编：100033
传真：010-57671718
邮箱：gsresearch@gszq.com

上海
地址：上海市浦明路 868 号保利 One56 10 层
邮编：200120
电话：021-38934111
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

深圳
地址：深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 101 层
邮编：518033
邮箱：gsresearch@gszq.com

"慧博资讯"是中国领先的投资研究大数据分享平台
点击进入 http://www.hibor.com.cn