

# 半导体

证券研究报告  
2019年06月29日

## 射频前端：从产业变革到价值增长

投资评级

行业评级 强于大市(维持评级)

上次评级 强于大市

作者

潘暕 分析师  
SAC 执业证书编号: S1110517070005  
panjian@tfzq.com

陈俊杰 分析师  
SAC 执业证书编号: S1110517070009  
chenjunjie@tfzq.com

行业走势图



资料来源: 贝格数据

相关报告

- 《半导体-行业研究周报:贸易摩擦不确定下 紧抓确定性的“国产替代”自主可控主线》 2019-06-23
- 《半导体-行业研究周报:博通指引下修,行业迎逆风/国内半导体投资主线逻辑》 2019-06-17
- 《半导体-行业研究周报:需求修正逐步消化/科创板临近板块积聚向上动能》 2019-06-09

### 射频前端：无线连接的核心，市场空间广阔

射频前端是无线连接的核心，是在天线和射频收发模块间实现信号发送和接收的基础器件。根据 QYR Electronics Research Center 的统计，2018 年全球射频前端市场达 149.1 亿美元，目前正是 4G 网络向 5G 网络转型升级的阶段，未来全球射频前端市场规模将迎来大规模扩张。预计 2023 年全球射频前端市场规模将增长至 313.10 亿美元。

### 射频前端产业链：IDM 主导，Fabless 兴起

射频前端产业是 IDM 模式最成功的领域。目前 IDM 模式主导整个射频前端行业。同时射频前端主要产品的市场均被几大国际巨头垄断：Broadcom (Avago)、Skyworks、Qorvo、Murata 四大厂商合计占据全球 85% 的市场。以高通为代表的 Fabless 厂商试图凭借基带技术切入射频前端领域；同时以华为为代表的设备商对于上游供应链的把控和“国产替代”需求也将重塑产业链格局，国内设计厂商有望迎来替代机遇，我们看好未来射频前端的国产替代逻辑

### 氮化镓：未来 5G 射频前端新秀

氮化镓是性能优异的第三代半导体材料。氮化镓同时可以满足高功率和高频率的特点，相比硅器件，氮化镓拥有全面的优势。

氮化镓主要有三种类型的衬底，我们预计硅基氮化镓 (GaN-on-Si) 将可以以价格为竞争优势替代现有硅和砷化镓技术，前景广阔。YOLE 预计，随着 5G 的不断发展，氮化镓射频器件的全球市场规模将在 2022 年达 7.55 亿美元，年复合增长率 CAGR 为 14%。

### SiP+Antenna 封装：未来 5G 新趋势

5G 毫米波射频模组将迈向高度整合的时代。其中射频元件将由离散型转向 FEMiD 和 PAMiD 形式(均为 SiP 封装技术)；而天线模组将由 Antenna on PCB 转向“SiP+Antenna”的封装天线 (AIP) 形式。

### 射频前端市场空间测算

根据我们的测算，我们得出 2019 年智能手机射频前端市场将达到 184.7 亿美元，2020 年将达到 242.6 亿美元，相比 2018 年 CAGR 达 18.79%。2021 年全球 5G 宏基站 PA 和滤波器市场将达到 243.1 亿元人民币，相比 2019 年 CAGR 为 162.31%，2021 年全球 4G 和 5G 小基站射频器件市场将达到 21.54 亿元人民币，相比 2019 年 CAGR 为 140.61%。

**风险提示：**未来 5G 技术推进不及预期；SiP 和 AIP 等封装技术推广进度不及预期；采用 GaN 等新材料射频器件推广进度不及预期；整个半导体行业不景气导致需求下降；中美贸易摩擦

### 重点标的推荐

股票代码	股票名称	收盘价 2019-06-28	投资 评级	EPS(元)				P/E			
				2018A/E	2019E	2020E	2021E	2018A/E	2019E	2020E	2021E
300782.SZ	卓胜微	108.92	买入	1.62	2.92	4.19	6.76	67.23	37.30	26.00	16.11
600584.SH	长电科技	12.85	买入	-0.59	0.13	0.45	0.68	-21.78	98.85	28.56	18.90
601231.SH	环旭电子	12.05	买入	0.54	0.71	0.98	1.36	22.31	16.97	12.30	8.86
600703.SH	三安光电	11.28	增持	0.80	1.03	1.25		14.10	10.95	9.02	

资料来源: 天风证券研究所, 注: PE=收盘价/EPS

## 投资要点

### 核心观点

科技进步永不停止，基于满足人类交互沟通需求的通信技术迭代在迎来 5G 之际，基础通信设施的建设无疑是未来几年拉动相关半导体行业成长的动能之一。射频前端是无线连接的核心，随着 5G 支持的频段数量的增多，单个移动终端射频前端的数量和价值量也会迎来显著增长，未来射频前端市场增长空间广阔。

本文试图阐述射频前端半导体相关产业链的投资机遇，从逻辑和数据上阐述清楚以下几个重要问题：

**1 射频前端半导体产业链生态将迎来新的变化，推动产业链公司迎新机遇。**目前射频前端半导体产业由 IDM 模式主导。射频前端主要产品的市场均被几大国际巨头垄断。随着 5G 到来，以高通为代表的 Fabless 厂商试图凭借基带技术切入射频前端领域；同时以华为为代表的设备商对于上游供应链的把控和“国产替代”需求也将重塑产业链格局，国内设计厂商有望迎来替代机遇，我们看好未来射频前端的国产替代逻辑。

**2 制造技术是射频前端半导体的关键，涉及到的工艺和材料都不同于以往硅基半导体的制造。**射频电路的技术升级主要依靠新设计、新工艺和新材料的结合。从手机端的 GaAs 二代化合物制造技术到基站端 GaN 三代化合物技术的演进，是我们关注的产业方向重点；同时，在封装端的高度整合以 SiP 形式展现，值得重点关注微缩化诉求下的产业机遇。

**3 我们详细拆解手机端和基站端射频前端器件的价值量增长。**根据我们的测算，我们得出 2019 年智能手机射频前端市场将达到 184.7 亿美元，2020 年将达到 242.6 亿美元，相比 2018 年 CAGR 达 18.79%。2021 年全球 5G 宏基站 PA 和滤波器市场将达到 243.1 亿元人民币，相比 2019 年 CAGR 为 162.31%，2021 年全球 4G 和 5G 小基站射频器件市场将达到 21.54 亿元人民币，相比 2019 年 CAGR 为 140.61%。

我们推荐重点关注国内射频前端芯片的龙头企业卓胜微和积极布局化合物射频前端芯片三安光电以及拥有 SiP 等先进封装技术龙头公司长电科技和环旭电子。

此外，我们建议关注海外的射频半导体技术领先的厂商：CREE、高通、Sumitomo、NXP、Macom，国内的公司我们建议关注在射频器件研发和生产方面具有潜力的 13 所、55 所、能讯半导体、远创达、Ampleon 等。

## 内容目录

1. 射频半导体行业现状.....	6
1.1. 射频前端芯片市场竞争格局有望改变.....	6
1.1.1. 射频前端：无线连接的核心.....	6
1.1.2. 滤波器：射频器件最大的细分市场.....	8
1.1.3. 射频 PA：国外巨头占据主导地位.....	12
1.1.4. 射频开关和 LNA：未来市场空间广阔.....	13
1.1.5. 射频前端市场：国外大厂垄断，国内厂商突围.....	14
1.2. 射频前端产业链日趋成熟.....	15
1.2.1. IDM 模式仍为行业主流.....	15
1.2.2. “基带供应商切入射频前端市场+整机商把控供应链国产替代”，Fabless 迎来发展机遇.....	17
2. 5G 赋能射频前端产业.....	18
2.1. 氮化镓：未来 5G 射频前端新秀.....	18
2.1.1. 氮化镓：性能优异的第三代半导体材料.....	19
2.1.2. 硅基氮化镓（GaN-on-Si）：最有前景的衬底技术.....	21
2.1.3. 氮化镓：未来市场空间广阔.....	23
2.2. SiP+Antenna 封装：未来 5G 新趋势.....	25
2.2.1. SiP 是超越摩尔定律的必然选择路径.....	25
2.2.2. SiP——为智能手机量身定制，已获广泛应用.....	27
2.2.3. SiP+Antenna：5G 应用广泛.....	31
2.3. 5G 时代下射频前端市场空间广阔.....	34
2.3.1. 手机射频前端市场潜力巨大.....	34
2.3.2. 基站射频前端增长空间巨大.....	35
3. 射频前端市场空间测算.....	36
4. 行业公司推荐.....	38
4.1. 卓胜微：国内射频前端芯片龙头企业.....	38
4.2. 长电科技：技术领先的国际封测龙头.....	40
4.3. 环旭电子：立足 SiP 重回增长通道.....	41
4.4. 三安光电：积极布局化合物射频前端.....	42
4.5. 其他建议关注的国内外公司.....	43
5. 风险提示.....	43

## 图表目录

图 1：智能手机通信系统结构示意图.....	6
图 2：2012 年以来全球移动终端出货量（百万台，含预测）.....	7
图 3：2010 年以来全球射频前端市场规模（亿美元，含预测）.....	7
图 4：2018 年全球 RF FEM 市场情况.....	7
图 5：2023 年全球 RF FEM 市场情况.....	7

图 6: 2018 年全球 RF FEM 市场情况 .....	8
图 7: 2023 年全球 RF FEM 市场情况 .....	8
图 8: 2017 年主要射频器件市场占比 .....	8
图 9: SAW 滤波器结构图 .....	9
图 10: BAW 滤波器结构图 .....	9
图 11: 不同频率下 SAW 和 BAW 滤波器的应用范围 .....	10
图 12: 滤波器在射频前端模块中的占比 .....	10
图 13: 全球滤波器市场规模预测 (亿美元) .....	10
图 14: SAW 滤波器全球市场份额情况 .....	11
图 15: BAW 滤波器全球市场份额情况 .....	11
图 16: 全球射频 PA 市场份额情况 .....	12
图 17: 2010 年以来全球射频开关市场规模 (亿美元, 含预测) .....	13
图 18: 2010 年以来全球射频低噪声放大器市场规模 (亿美元, 含预测) .....	13
图 19: 全球射频前端市场份额情况 .....	14
图 20: 行业模式示意图 .....	15
图 21: 集成了 PA, 开关, 多路器在同一模组上的 Skyworks 的 SkyOne 射频前端模组 ...	16
图 22: 高通 5G 毫米波天线模组 QTM052 .....	18
图 23: 氮化镓 (GaN) 器件同时具有高功率和高频率的特点 .....	19
图 24: 氮化镓 (GaN) 已经广泛应用于射频器件 (RF)、LED 和功率器件等 .....	20
图 25: 氮化镓 (GaN) 器件应用广泛 .....	20
图 26: 预计 2018 年开始 GaN 的出货量将超过 LDMOS .....	21
图 27: 不同衬底的 GaN 未来发展趋势 .....	22
图 28: GaN-on-SiC 和 GaN-on-Si 的不同应用领域 .....	22
图 29: 2015 年氮化镓射频器件市场情况 .....	23
图 30: 2022 年氮化镓射频器件市场情况 .....	23
图 31: 2012 年射频功放器件市场情况 .....	23
图 32: 2018 年射频功放器件市场情况 .....	23
图 33: 30 年来通信技术的演进时间轴 .....	24
图 34: 2018-2025 年 5G 智能手机出货量 (单位: 百万台) .....	24
图 35: 2017-2024 年全球及中国 GaN 基站市场规模 .....	25
图 36: SiP 示意图 .....	25
图 37: 遵从摩尔定律的英特尔处理器 .....	26
图 38: 过去主流的系统 .....	26
图 39: 现在的系统 .....	27
图 40: SiP 各应用领域产值占比 .....	27
图 41: iPhone 6s 中的触控芯片 SiP .....	28
图 42: 目前智能手机中关键组件使用 SiP 封装概况 .....	28
图 43: PAMiD 在 iPhone XS 中的应用 .....	29
图 44: 射频元件的集成化趋势 .....	30
图 45: Broadcom 8092 模块采用 PAMiD 封装技术 .....	30
图 46: 封装天线实物图 .....	31

图 47: AOC 与 AIP 集成形式 .....	31
图 48: 毫米波频段引关注 .....	32
图 49: 天线模组的微缩化趋势 .....	32
图 50: 封装天线 (AIP), 5G 天线封装主流形式 .....	33
图 51: 2G-5G 时代 RF FEM 封装技术趋势 .....	33
图 52: 不同网络制式下单部手机射频器件成本 (美元) 和相关器件数量 .....	34
图 53: 2017-2023 年手机射频器件市场规模概况 .....	34
图 54: 2017-2022 年手机射频前端市场规模 (十亿美元) .....	35
图 55: 2017-2022 年基站射频前端市场概况 .....	36
图 56: 2015-2018 年卓胜微分产品营业收入 (万元) .....	38
图 57: 2018 年公司各产品营收占比 .....	39
图 58: 2018 年各大客户营收占比 .....	39
图 59: 来自三星电子及其关联公司的收入占比 .....	39
图 60: 公司核心技术产品收入占总营收比例 .....	39
<b>图 61: 2013 年全球封测行业市场占比 .....</b>	<b>40</b>
<b>图 62: 2018 年全球封测行业市场占比 .....</b>	<b>40</b>
图 63: 2018 年公司各产品占主营业务收入比例 .....	41
图 64: 2015-2018 年三安集成营业收入及同比增长率 .....	42
表 1: 部分射频器件简介 .....	6
表 2: 国内布局 SAW 滤波器的企业情况 .....	12
表 3: 国内主要 PA 厂商概况 .....	12
表 4: 射频前端芯片国际大厂概况 .....	14
表 5: Fabless 模式下产业链分工 .....	17
表 6: 三代半导体材料主要参数的对比 .....	19
表 7: GaN 在不同层面的优点 .....	21
表 8: 3G/4G/5G 智能手机中射频器件成本拆分 (单位: 美元) .....	36
表 9: 2018-2020 智能手机射频前端总市场规模测算 .....	37
表 10: 全球 5G 宏基站 PA 和滤波器市场总规模 (亿元) 测算 .....	37
表 11: 全球 4G/5G 小基站 PA 市场规模 (亿元) 测算 .....	38
表 12: 卓胜微募投项目概况 (单位: 万元) .....	40
表 13: 其他国内外建议关注公司简介 .....	43

# 1. 射频半导体行业现状

## 1.1. 射频前端芯片市场竞争格局有望改变

### 1.1.1. 射频前端：无线连接的核心

终端设备的无线通信模块主要分为天线、射频前端模块（RF FEM）、射频收发模块、以及基带信号处理器四部分。其中射频前端是无线连接的核心，是在天线和射频收发模块间实现信号发送和接收的基础零件。

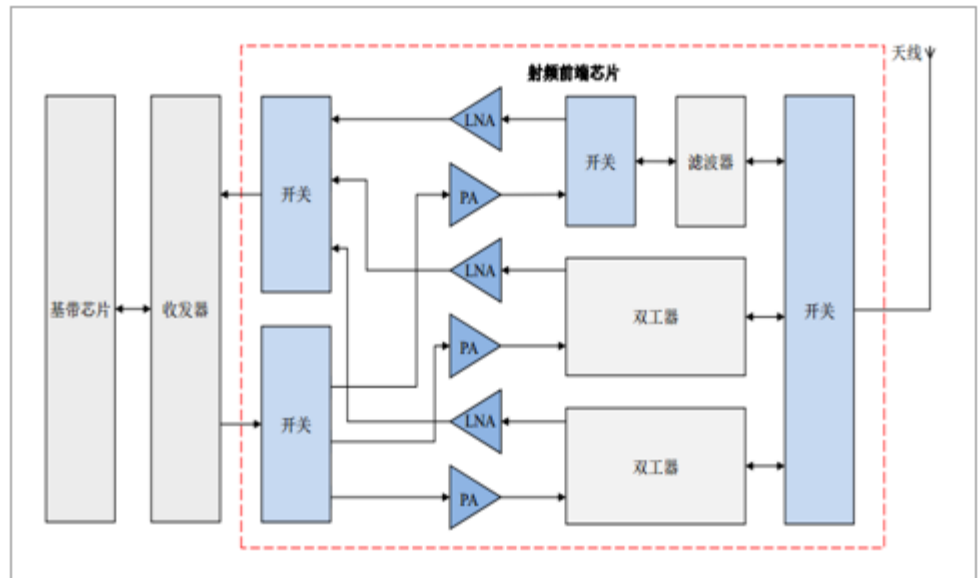
射频前端芯片主要是实现信号在不同频率下的收发，包括射频功率放大器（PA）、射频低噪声放大器（LNA）、射频开关、滤波器、双工器等。目前射频前端芯片主要应用于手机和通讯模块市场、WiFi 路由器市场和通讯基站市场等。

表 1：部分射频器件简介

射频器件名称	功能简介
射频开关	实现射频信号接收与发射的切换、不同频段间的切换
射频低噪声放大器（LNA）	实现接收通道的射频信号放大
射频功率放大器（PA）	实现发射通道的射频信号放大
双工器	将发射和接收信号的隔离，保证接收和发射在共用同一天线的情况下能正常工作
射频滤波器	保留特定频段内的信号，而将特定频段外的信号滤除

资料来源：中国产业信息网、天风证券研究所

图 1：智能手机通信系统结构示意图

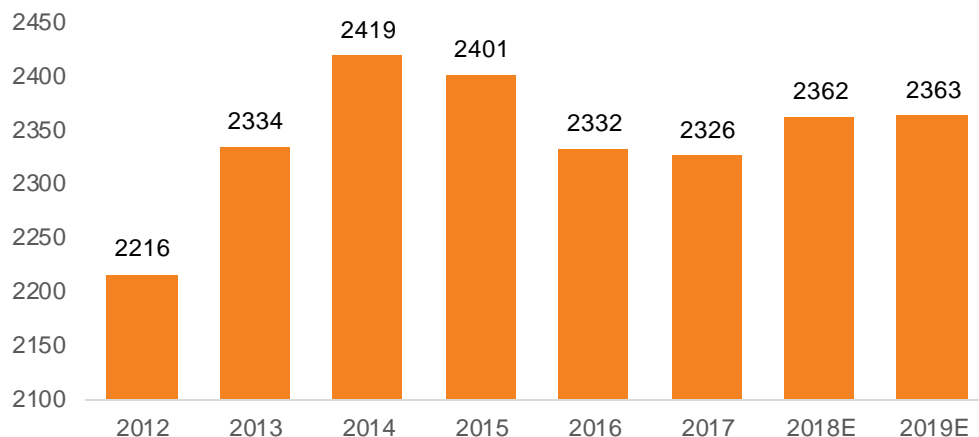


资料来源：中国产业信息网、天风证券研究所

射频前端芯片市场规模主要受移动终端需求的驱动。近年来，随着移动终端功能的逐渐完善，手机、平板电脑等移动终端的出货量持续上升，而射频前端的市场规模也随之上升。根据 Gartner 统计，包含手机、平板电脑、超极本等在内的移动终端的出货量从 2012 年的 22 亿台增长至 2017 年的 23 亿台，预计未来保持稳定。



图 2：2012 年以来全球移动终端出货量（百万台，含预测）



资料来源：Gartner、天风证券研究所

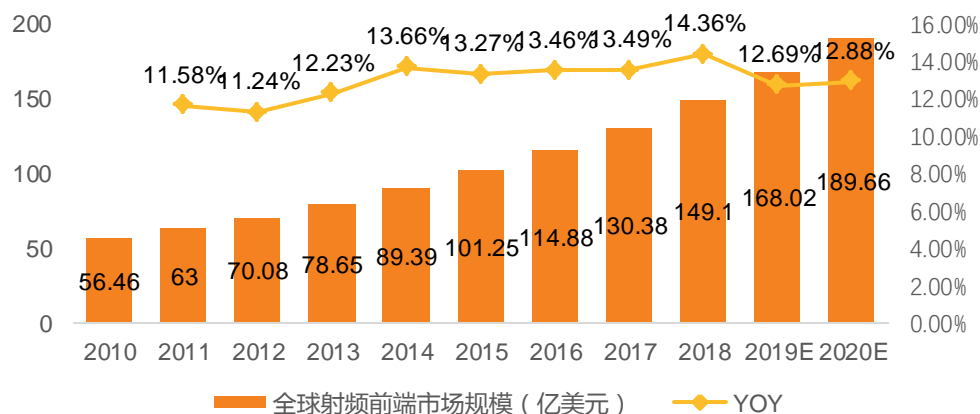
终端消费者对移动智能终端需求大幅上升的原因，主要是移动智能终端已经成为集丰富功能于一体的便携设备，通过操作系统以及各种应用软件满足终端用户网络视频通信、微博社交、新闻资讯、生活服务、线上游戏、线上视频、线上购物等绝大多数需求。

随着 5G 商业化的逐步临近，5G 标准下现有的移动通信、物联网通信标准将进行统一，因此未来在统一标准下射频前端芯片产品的应用领域会被进一步放大。同时，5G 下单个智能手机的射频前端芯片价值亦将继续上升，**预计未来射频前端市场也会继续保持增长。**

根据 QYR Electronics Research Center 的统计，从 2010 年至 2018 年全球射频前端市场规模以每年约 13% 的速度增长，2018 年达 149.10 亿美元，未来将以 13% 以上的增长率持续高速增长，2020 年接近 190 亿美元。

目前正是 4G 网络向 5G 网络转型升级的阶段，未来全球射频前端市场规模将迎来大规模扩张。预计 2023 年全球射频前端市场规模将增长至 313.10 亿美元。

图 3：2010 年以来全球射频前端市场规模（亿美元，含预测）

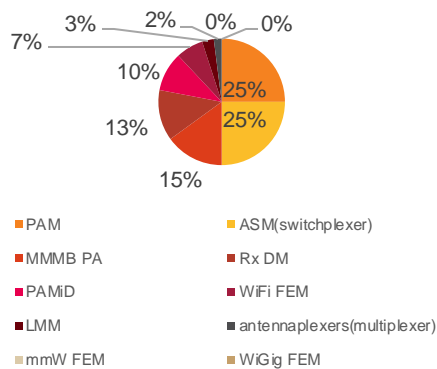


资料来源：QYR Electronics Research Center、天风证券研究所

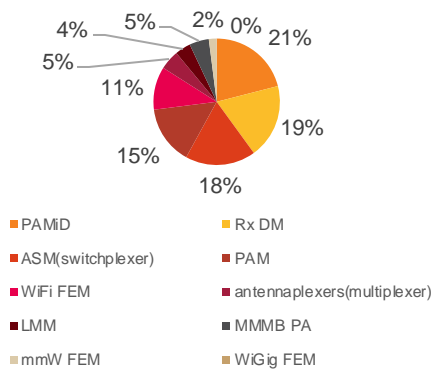
根据 YOLE 的统计数据，2018 年全球 RF FEM（射频前端模块）消费量为 96 亿个，预计未来随着 5G 的不断发展，2023 年全球 RF FEM 消费量将增长至 135 亿个。

图 4：2018 年全球 RFFEM 市场情况

图 5：2023 年全球 RFFEM 市场情况



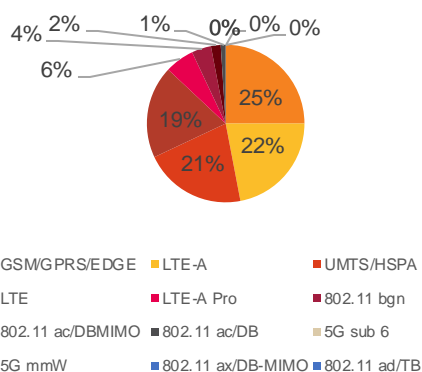
资料来源: YOLE、天风证券研究所



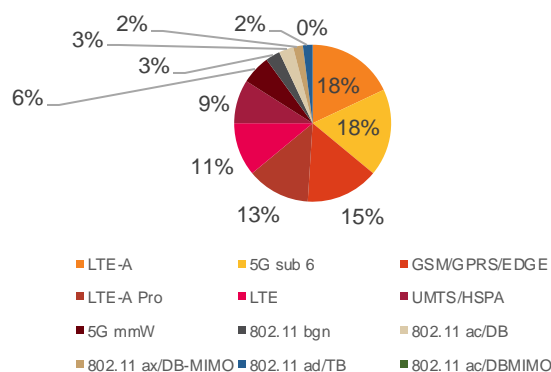
资料来源: YOLE、天风证券研究所

图 6: 2018 年全球 RF FEM 市场情况

图 7: 2023 年全球 RF FEM 市场情况



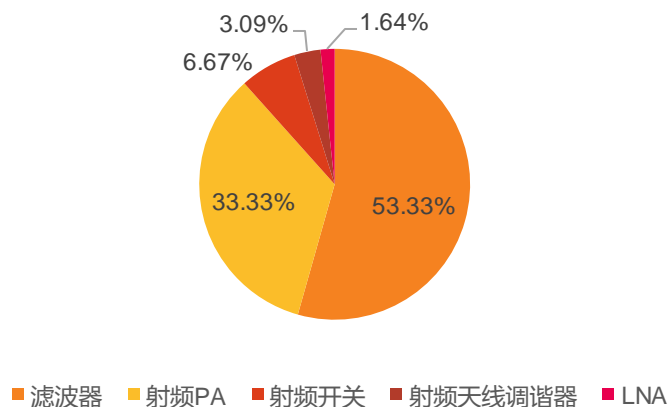
资料来源: YOLE、天风证券研究所



资料来源: YOLE、天风证券研究所

射频器件主要包括射频开关和 LNA, 射频 PA, 滤波器, 射频天线调谐器和毫米波 FEM 等。根据 YOLE 的统计数据, 2017 年全球射频器件市场中, 滤波器市场占比约 53.3%, 射频 PA 市场占比约为 33.3%, 而射频开关约为 6.7%, 射频天线调谐器约为 3.1%, LNA 约为 1.6%。

图 8: 2017 年主要射频器件市场占比



资料来源: YOLE、天风证券研究所

### 1.1.2. 滤波器: 射频器件最大的细分市场

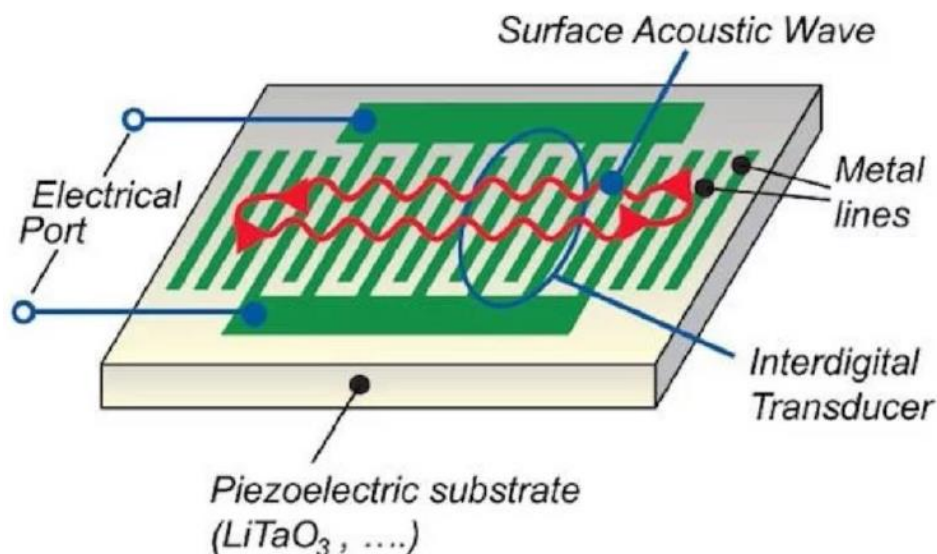


射频滤波器包括声表面滤波器 (SAW, Surface Acoustic Wave)、体声波滤波器 (BAW, Bulk Acoustic Wave)、MEMS 滤波器、IPD (Integrated Passive Devices) 等。**SAW 和 BAW 滤波器是目前手机应用的主流滤波器。**

SAW 滤波器的基本结构由压电材料衬底和 2 个 IDT (Interdigital Transducer) 组成。IDT 是叉指换能器——交叉排列的金属电极。下图中左边的 IDT 把电信号转成声波，右边 IDT 把声波转成电信号。

SAW 滤波器频率上限为 2.5~3GHz。频率高于 1.5GHz 时，其选择性降低。在约 2.5GHz 处，其仅限于对性能要求不高的应用，而且 SAW 滤波器易受温度变化的影响。未来 SAW 滤波器的发展趋势是小型片式化、高频宽带化、降低插入损耗以及降低成本。

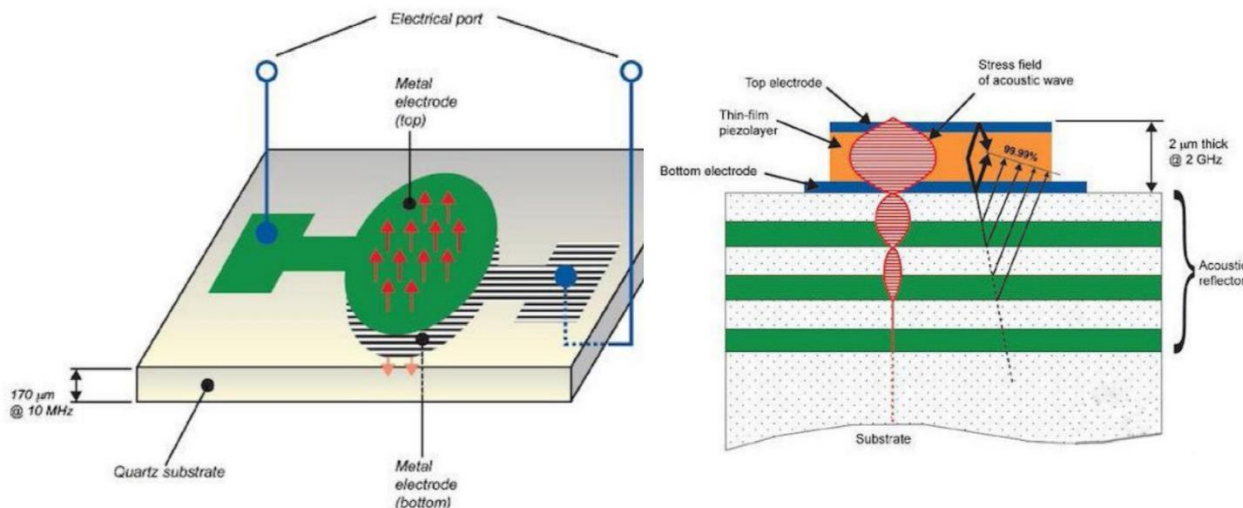
图 9：SAW 滤波器结构图



资料来源：工研院、天风证券研究所

BAW 滤波器更适合于高频，同时对温度变化不敏感，具有插入损耗小、带外衰减大等优点。BAW 是 3D 腔体结构，能量损失小，Q 值高，滤波效果更好，尤其适用于 2GHz 以上之频段，对于 5G sub-6G U 有明显优势。

图 10：BAW 滤波器结构图

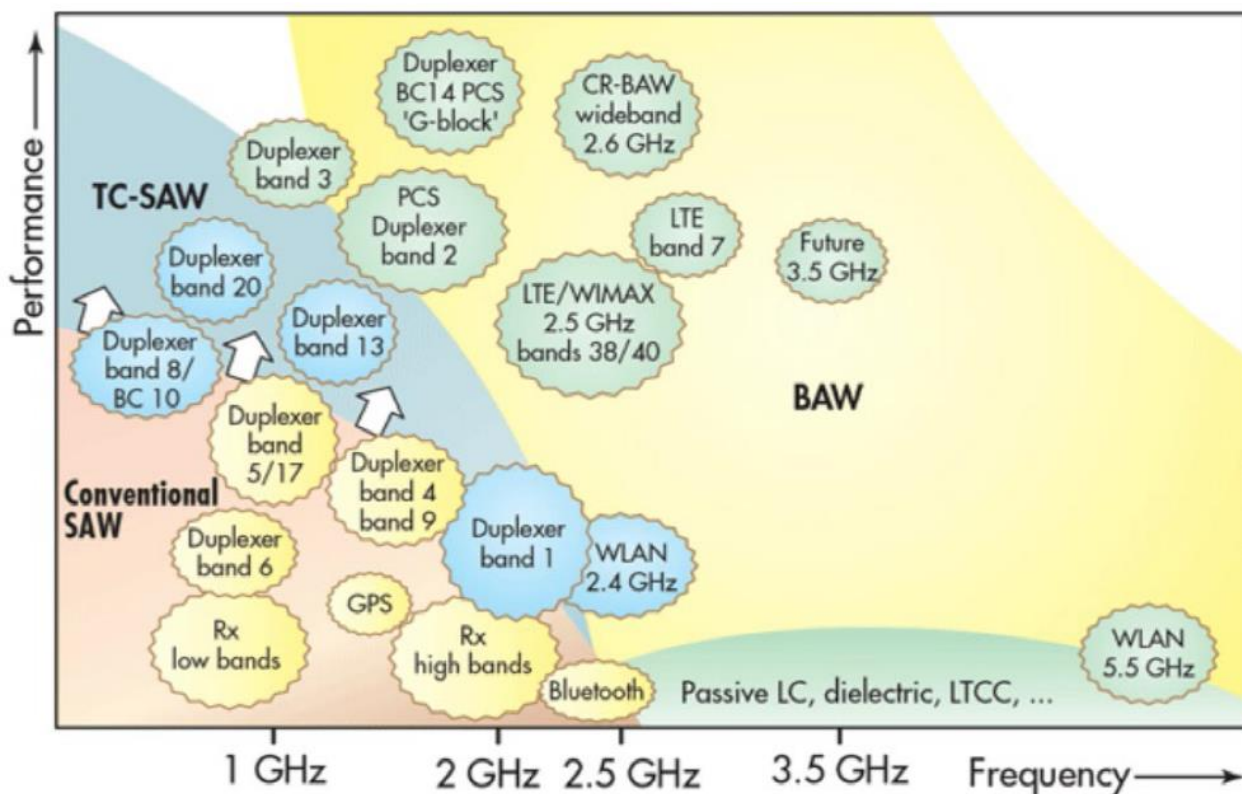


资料来源：工研院、天风证券研究所

BAW 滤波器制造工艺步骤是 SAW 的 10 倍，但因其更大晶圆上制造的，每片晶圆产出的 BAW 器件也多了约 4 倍。尽管如此，BAW 的成本仍高于 SAW。

BAW 滤波器一般工作在 1.5~6.0GHz，因此在 3G/4G 智能手机内所占的份额迅速增长。但并不意味着 SAW 滤波器完全失去市场。二者会分别在中高频和低频发挥各自优势并在一段时间并存。2GHz 以下 SAW 的市场占有率仍比较大，2GHz 以上 BAW 的市场占有率会比较高。

图 11：不同频率下 SAW 和 BAW 滤波器的应用范围



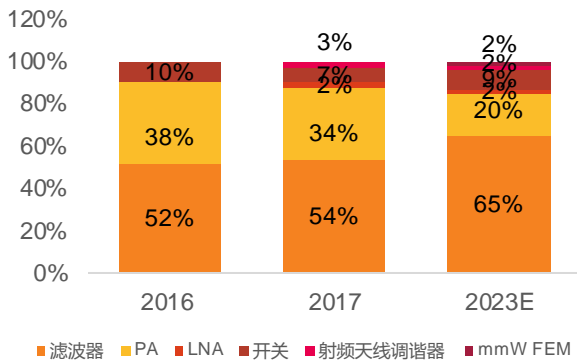
资料来源：工研院、天风证券研究所

滤波器是射频前端市场中最大的业务板块。根据 YOLE 的报告显示，滤波器全球市场规模将从 2017 年的约 80 亿美元增长至 2023 年的 225 亿美元，CAGR 达 19%，市场空间广阔。

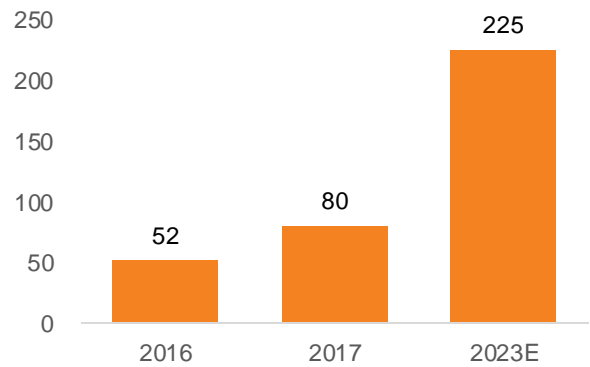
滤波器是射频器件潜力最大的市场之一，滤波器的市场的驱动力来自于新型天线对额外滤波的需求，以及多载波聚合 (CA) 对更多的体声波 (BAW) 滤波器的需求。根据观研天下的预测，在 3G 向 5G 演进的过程中，滤波器的单机价值量将成倍增长。3G 设备的滤波器单机价值为 1.25 美元，4G 设备为 4 美元，而到了 5G 时代预计将达到 10 美元以上。

图 12：滤波器在射频前端模块中的占比

图 13：全球滤波器市场规模预测 (亿美元)



资料来源：SIMIT、天风证券研究所



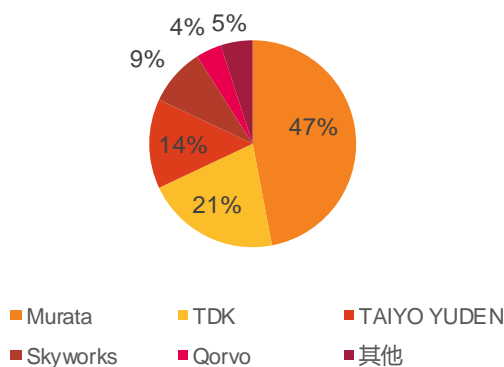
资料来源：YOLO、天风证券研究所

随着手机的频段不断增加，所需滤波器的需求量也成正比上升。Skyworks 预计 2020 年 5G 应用支持的频段数量将翻番，新增 50 个以上通信频段，全球 2G/3G/4G/5G 网络合计支持的频段将达到 91 个以上。频段数上升将带来射频滤波器使用数量增多。理论上每增加一个频段需增加 2 个滤波器。由于滤波器集成于模组，二者并不是简单的线性增加的关系。

在 5G 时代为了实现高带宽，载波聚合技术的路数必须上升。载波聚合技术是指使用多个不相邻的载波频段，每个频段各承载一部分的带宽，这样总带宽就是多个载波带宽之和。目前载波聚合技术在 4G 已经得到了广泛应用。载波聚合路数的上升也意味着频带数量的上升，从而催生出对更多滤波器的需求。

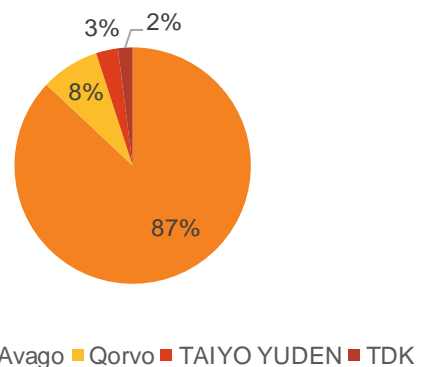
目前全球 SAW 和 BAW 滤波器市场均被国际巨头垄断。在 SAW 滤波器市场，前五大厂商（Murata、TDK、TAIYO YUDEN、Skyworks、Qorvo）占据了 95% 的全球市场；而在 BAW 滤波器市场中，仅 Broadcom-Avago 一家就占据了 87% 的全球市场份额，而且全球市场均被国外大厂垄断。目前国内尚无大批量生产和出货的射频滤波器的企业。

图 14：SAW 滤波器全球市场份额情况



资料来源：新材料在线、天风证券研究所

图 15：BAW 滤波器全球市场份额情况



资料来源：新材料在线、天风证券研究所

SAW 滤波器可满足约 1.5GHz 以内的频率使用，BAW 滤波器则可应用于更高频率。SAW 滤波器无法满足高频段的使用条件，因此 BAW 滤波器成为市场新焦点，是未来 5G 时代发展的主要方向，但是技术难度也较大，因此国内厂商目前主要布局还是在 SAW 滤波器，BAW 滤波器还处于研发阶段。

目前国内布局 SAW 滤波器的企业有麦捷科技、瑞宏科技、信维通信、中电德清华莹、华远微电、无锡好达电子等，虽取得一定进展，但在大批量生产和出货能力方面仍有追赶空间。但是由于射频芯片市场的投入相对较小，因此是一个很好的尝试点和突破口，国产滤

## 波器有望实现突破。

表 2：国内布局 SAW 滤波器的企业情况

企业名称	主营业务	布局 SAW 滤波器时间
信维通信	射频元器件	2017 年
麦捷科技	片式功率电感、射频元器件、LCM 显示屏模组组件等	2015 年
华远微电	表面波滤波器、声表面波谐振器、声表器件模组	2012 年
好达电子	表面波滤波器、双工器、谐振器等	1999 年
天通控股	滤波器	2017 年
卓胜微	射频开关、LNA 等	2016 年

资料来源：Wind、新材料在线、天风证券研究所

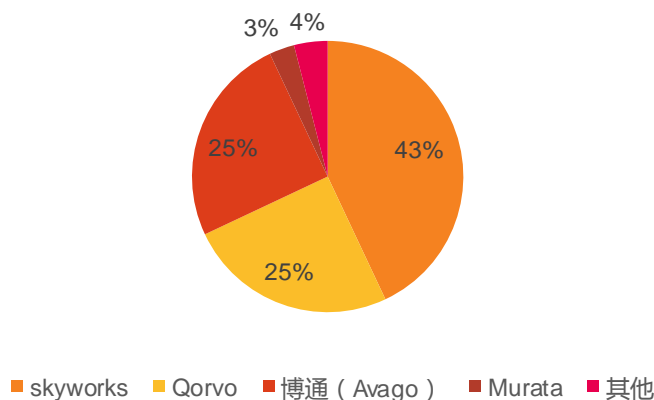
### 1.1.3. 射频 PA：国外巨头占据主导地位

射频功率放大器（PA）是射频系统的关键模块，它需要把发射机的低功率信号放大到足够大，才能满足通讯协议的要求。PA 直接决定了手机无线通信的距离、信号质量，甚至待机时间，是射频系统中的重要部分。

随着无线通讯协议的发展，数据率越来越高，同时无线调制方式也越来越复杂，手机频段持续增加，PA 的数量也随之增加。根据 StrategyAnalytics 的数据，4G 多模多频手机所需 PA 芯片 5~7 颗，预计 5G 时代手机内的 PA 或多达 16 颗。而根据 YOLE 的报告显示，2017 年全球射频 PA 市场为 50 亿美元，预计随着 5G 的推广，2023 年射频 PA 全球市场将达到 70 亿美元，CAGR 为 7%。

全球 PA 市场绝大部分份额被 Skyworks、Qorvo、Broadcom、Murata 占据，合计市场份额为 96%。

图 16：全球射频 PA 市场份额情况



资料来源：ittbank、天风证券研究所

国内的射频 PA 厂商也正在兴起。国内的射频 PA 设计公司（Fabless）有近 20 家，主要有汉天下、唯捷创芯、紫光展锐等。国内晶圆代工厂商主要有三安光电、海特高新等，国产射频 PA 有望实现突破。

表 3：国内主要 PA 厂商概况

PA 厂商名称	基本情况
唯捷创芯	2010 年由前 RFMD 公司人员成立，以主流的 GaAs 工艺切入 PA 市场，4G PA 出货量国内企业中最大
广州智慧微电子	2012 年由前 Skyworks 技术人员创立，采用可重构的 SOI+GaAs 混合工艺
国民飞骧	2010 年开始开发射频 PA 和射频开关
汉天下	成立于 2012 年，2.4G 系列芯片单月销量曾达 300 万颗，3G 芯片单月销量 800 万套，2G PA 占有率国内

第一（70%）	
锐迪科	已经并入紫光展锐，多款 2G/3G 芯片实现销售
中普微	产品涵盖 GSM、W-CDMA、TD-SCDMA、CDMA2000 以及快速演变的 TD-LTE，提供 2G/3G/4G 全面的射频 PA 解决方案

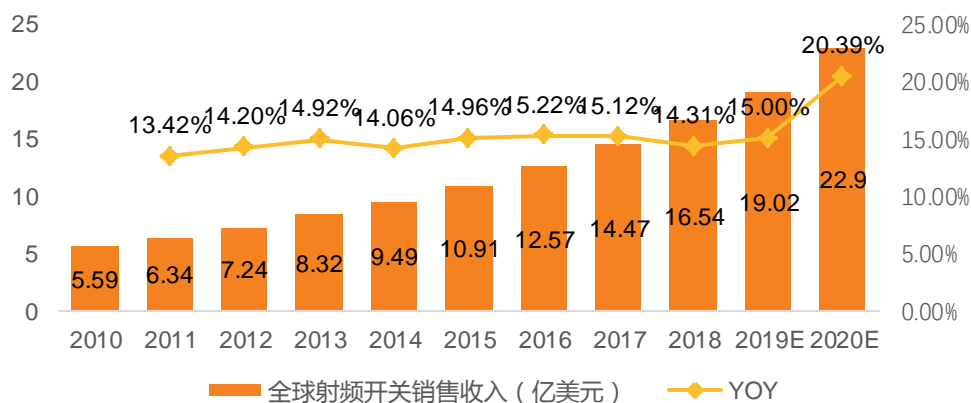
资料来源：公司官网、Wind、天风证券研究所

#### 1.1.4. 射频开关和 LNA：未来市场空间广阔

由于移动通讯技术的变革，智能手机需要接收更多频段的射频信号，**对于射频开关的需求也随之提升**。根据 Yole Development 的总结，2011 年及之前智能手机支持的频段数不超过 10 个，而随着 4G 通讯技术的普及，至 2016 年智能手机支持的频段数已经接近 40 个；因此，移动智能终端中需要不断增加射频开关的数量以满足对不同频段信号接收、发射的需求。

根据 QYR Electronics Research Center 的统计，2010 年以来全球射频开关市场经历了持续快速增长，2018 年全球市场规模达到 16.54 亿美元，随着 5G 商业化的推进，预计 2020 年市场规模将达到 22.90 亿美元。2018-2023 年间，全球射频开关市场规模的年复合增长率预计达 16.55%。

图 17：2010 年以来全球射频开关市场规模（亿美元，含预测）



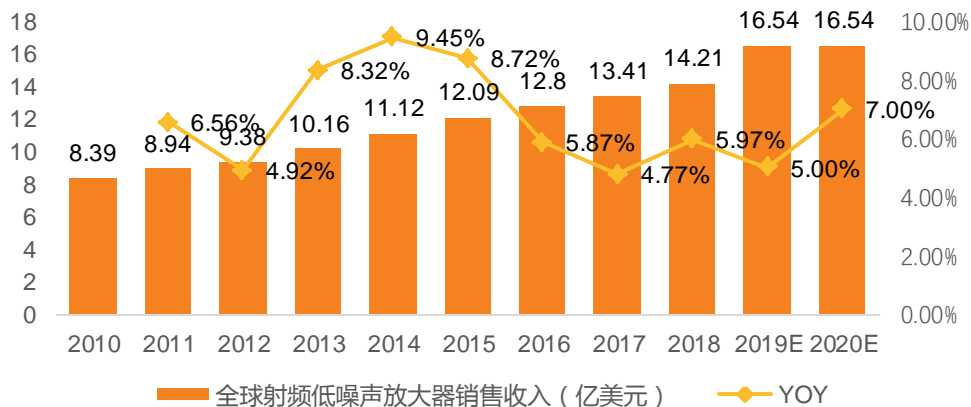
资料来源：QYR Electronics Research Center、天风证券研究所

随着移动通讯技术的变革，移动智能终端对信号接收质量提出更高要求，需要对天线接收的信号放大以进行后续处理。一般的放大器在放大信号的同时会引入噪声，而射频低噪声放大器能最大限度地抑制噪声，因此得到广泛的应用。

根据 QYR Electronics Research Center 的统计，2018 年，全球射频低噪声放大器（LNA）市场规模已达 14.21 亿美元。随着 4G 的普及，**智能手机中天线和射频通路的数量增多，对射频低噪声放大器的数量需求迅速增加**，因此预计在未来几年将持续增长，到 2020 年，其市场规模将在 5G 商业化建设迎来发展高峰，在 2023 年达 17.94 亿美元。

图 18：2010 年以来全球射频低噪声放大器市场规模（亿美元，含预测）



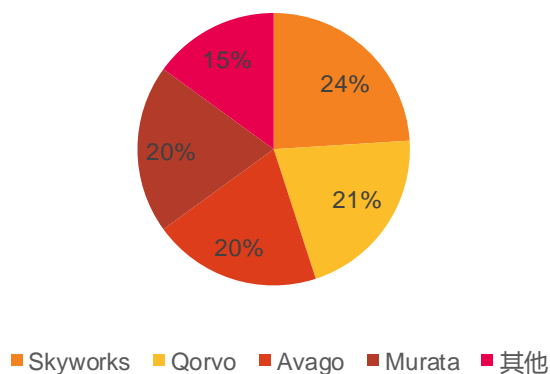


资料来源: QYR Electronics Research Center、天风证券研究所

### 1.1.5. 射频前端市场: 国外大厂垄断, 国内厂商突围

现阶段, 全球射频前端芯片市场主要被国外大厂占据。射频前端芯片的主要欧美日传统大厂包括 Broadcom、Skyworks、Qorvo、Murata 等。全球射频前端市场集中度较高, 前四大厂商合计占据全球 85% 的市场。

图 19: 全球射频前端市场份额情况



资料来源: YOLE、天风证券研究所

从国际竞争力来讲, 国内的射频设计水平还处在中低端。例如国内的 PA 和射频开关相关厂商, 射频芯片厂商销售额大约 3 亿美金。全球 PA 和开关射频产品需求金额大约 60 亿美金。可见, 国内厂商依然在起步阶段, 市场话语权有限; 滤波器方面, 国内厂商销售总额不到 1 亿美金, 全球市场需求在 90 亿美金。

表 4: 射频前端芯片国际大厂概况

公司名称	基本情况	2018 年收入 (亿美元)	2018 年射频前端产品收入 (亿美元)
Broadcom	纳斯达克上市公司 (股票代码: AVGO), 2016 年 Avago 收购 Broadcom 后沿用了后者的公司名称。该公司设计、研发和销售模拟和数字芯片方案	208	65
Skyworks	纳斯达克上市公司 (股票代码: SWKS), 该公司提供无线集成电路解决方案及放大器、衰减器、前端模块等产品	39	39



Qorvo	纳斯达克上市公司（股票代码：QRVO），该公司为手机、基础设施、航天国防领域提供核心技术及射频解决方案	30	22
Murate	东京证券交易所、新加坡证券交易所上市，主营先进的电子元件及多功能高密度模块的设计和制造。2014年8月收购 Peregrine 半导体公司，拓展射频前端业务	129	37

资料来源：Wind、天风证券研究所

国内射频芯片产业链已经基本成熟，从设计到晶圆代工，再到封测，已经形成完整的产业链。而行业内也涌现出了一批射频前端新兴企业，例如锐迪科、国民飞骧、唯捷创芯、韦尔股份、卓胜微等。

## 1.2. 射频前端产业链日趋成熟

**射频前端半导体产业链生态将迎来新的变化，推动产业链公司迎新机遇。**目前射频前端半导体产业由 IDM 模式主导。射频前端主要产品的市场均被几大国际巨头垄断。随着 5G 到来，以高通为代表的 Fabless 厂商试图凭借基带技术切入射频前端领域；同时以华为为代表的设备商对于上游供应链的把控和“国产替代”需求也将重塑产业链格局，国内设计厂商有望迎来替代机遇，**我们看好未来射频前端的国产替代逻辑。**

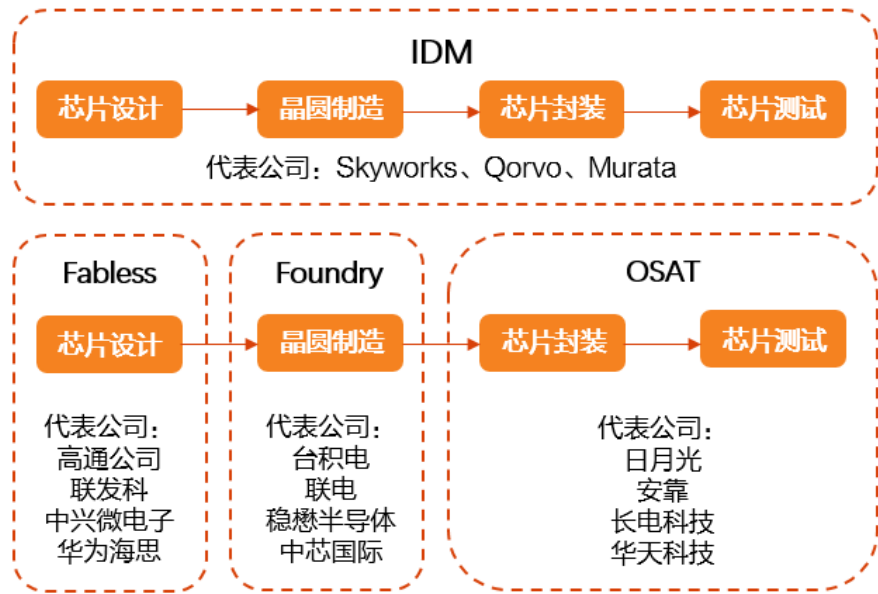
### 1.2.1. IDM 模式仍为行业主流

射频前端产业链根据分工的不同可以分为芯片设计、晶圆制造和封装测试三个环节。而 IDM（Integrated Device Manufacturing，垂直整合制造）模式是指垂直整合制造商独立完成集成电路设计、晶圆制造、封测的所有环节，因此该模式对技术和资金实力均有很高的要求，所以目前只有国际上成功的大型企业采纳 IDM 模式，如 Skyworks、Qorvo、Murata、Broadcom 等。

1987 年台湾积体电路公司（TSMC）成立以前，集成电路产业只有 IDM 一种模式，此后，半导体产业的专业化分工成为一种趋势。出现垂直分工模式的根本原因是半导体制造业的规模经济性。**但是现今 IDM 厂商仍然占据主要地位，主要是因为 IDM 企业具有资源的内部整合优势、技术优势以及较高的利润率：**

1. 资源的内部整合优势。在 IDM 企业内部，从 IC 设计到完成 IC 制造所需的时间较短，主要的原因是不需要进行硅验证（Silicon Proven），不存在工艺流程对接问题，所以新产品从开发到面市的时间较短。而在垂直分工模式中，由于 Fabless 在开发新产品时，难以及时与 Foundry 的工艺流程对接，造成一个芯片从设计公司到代工企业的流片（晶圆光刻的工艺流程）完成往往需要 6-9 个月，延缓了产品的上市时间。
2. 技术优势。大多数 IDM 都有自己的 IP（Intellectual Property，知识产权）开发部门，经过长期的研发与积累，企业技术储备比较充足，技术开发能力很强，具有技术领先优势。
3. 较高的利润率。根据“微笑曲线”原理，最前端的产品设计、开发与最末端的品牌、营销具有最高的利润率，中间的制造、封装测试环节利润率较低。

图 20：行业模式示意图



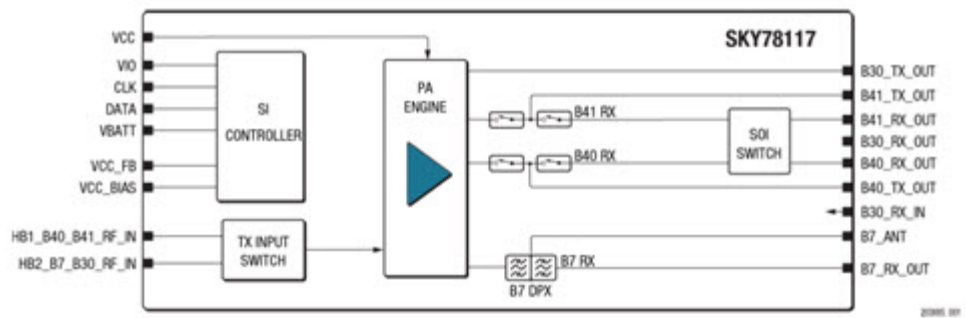
资料来源：Wind、天风证券研究所

目前射频前端行业仍然以 IDM 模式为主导。射频与功率器件集成度不高，设计变化不多，设计环节附加值较低，而且材料结构与工艺密切相关，而工艺又决定了产品最终的电学性能，材料、设计、制造与封测一体相关，这几个因素是射频器件竞争的主导性因素。所以全球成功的射频或功率器件公司，多数都采用 IDM 模式。

随着通信技术的不断发展，手机等移动终端对于射频前端的要求也越来越高。一方面，手机等终端需要的射频前端的数量在上升，射频前端在手机成本的比重也越加上升；另一方面，随着对便携性和轻薄化的要求越来越高，而需求的射频前端数量也在不断增长，这时射频前端厂商只能增加集成度以把整个射频系统的实际尺寸控制在合适的范围内。

目前，已经有一些厂商在研发把低噪声放大器和开关模组集成在一起的方案，例如 Skyworks 的 SkyOne 模组（集成了 PA，开关，多路器在同一模组上）。未来随着通信技术和生产工艺的不断发展，我们可望看到集成度更高的射频前端。

图 21：集成了 PA，开关，多路器在同一模组上的 Skyworks 的 SkyOne 射频前端模组



资料来源：Skyworks 公司官网、天风证券研究所

射频前端行业兼并收购不断，巨头不断扩大业务版图。越来越多的厂商也在纷纷加大在射频前端方面的投入，希望在未来的 5G 浪潮中分一杯羹。例如联发科计划收购络达科技布局射频 PA，紫光展讯整合锐迪科买入射频 PA 行业，而国际巨头 Skyworks 联手松下组建合资公司开发 SAW 滤波器，而巨头 Qorvo 则由主营滤波器的 RFMD 和主营射频 PA 的 Triquint 合并而成。

有很多特殊的半导体产品适用 IDM 而不是代工模式，例如模拟器件。模拟器件和数字器件不一样。数字器件的敏感度一般来说不那么高，它追求摩尔定律，要求线宽越来越小、功耗越来越少、成本越来越低，而单位面积上晶体管的数目要越来越多，它需要最先进的工艺和技术。

模拟器件则非常敏感，只要一个参数有变化，整体功能就会改变很多。譬如模拟器件里面的一个电容或电感的尺寸，稍微大一点或者小一点效果就会差很多。所以模拟器件更需要有一条专门为它服务的生产线。

混合信号、模拟和功率半导体器件都不需要使用 7 纳米、14 纳米的工艺，它需要的是稳定性和可靠性，需要对它的工艺流程进行量身定做，因此很多模拟器件是没有代工工厂（Foundry）的，譬如 5G 通讯中用到的氮化镓（GaN），目前这种高功率芯片的大企业有 Skyworks（思佳讯）、Qorvo、Sumitomo（住友）、Murata（村田）、NXP（恩智浦）、AVAGO（安华高）等，都是 IDM 公司。

射频前端产业目前是 IDM 模式最成功的领域。就在其它半导体芯片市场（如处理器、SoC 等）Fabless 模式占据大半江山的时候，在射频前端市场仍然是 IDM 独大，这是因为射频前端设计需要仔细结合器件制造工艺，有时候甚至会为了设计而调整工艺。目前射频前端领域的巨头 Skyworks，Qorvo 等都有自己的生产线，随着未来 5G 时代对射频前端器件的要求越来越高，制造工艺越来越复杂，预计 IDM 模式仍然将在未来的射频前端行业占据主导地位。

### 1.2.2. “基带供应商切入射频前端市场+整机商把控供应链国产替代”，Fabless 迎来发展机遇

IDM 模式虽然有这么多的好处，但是 IDM 模式最大的局限就在于对市场的反应不够迅速。由于 IDM 企业的“质量”较大，所以“惯性”也大，因此对市场的反应速度会比较慢。其次，半导体产业所需的投资十分巨大，沉没成本高。晶圆生产线投资较大，而且每年的运行保养、设备更新与新技术开发等成本占总投资的比例较高。这意味着除了少数实力强大的 IDM 厂商有能力扩张外，其他的厂商根本无力扩张，因此便催生出了 Fabless 模式。

在 Fabless 模式下，集成电路设计、晶圆制造、封测分别由专业化的公司分工完成，此模式中主要参与的企业类型有芯片设计厂商、晶圆制造商、外包封测企业。采用 Fabless 模式的公司处于产业链上游，技术密集程度高，芯片设计厂商在该种模式下起到龙头作用，统一协调芯片设计后的生产、封测与销售。

表 5：Fabless 模式下产业链分工

类型	特征	代表企业
Fabless 芯片设计厂商	主要从事集成电路的设计和研发，并将晶圆制造、封测环节通过委外方式进行。该模式下，芯片设计厂商可以专注于集成电路的研发，而不必投资大量资金建设晶圆生产线、封测工厂等	高通、华为海思、卓胜微、紫光展锐
晶圆制造商	受芯片设计厂商的委托，为其提供晶圆制造服务。由于晶圆生产线的投入较大，且工艺水平要求较高，这类企业一般具有较强的资金实力和工艺水平	台积电、稳懋半导体、中芯国际
外包封测企业	受芯片设计厂商的委托，为其提供封装、测试服务。该模式也要求较高的资金投入进行生产线的建设	日月光、长电科技

资料来源：卓胜微招股说明书、天风证券研究所

高通借助基带技术优势，涉足 5G 射频模组，产业秩序面临改变。RFIC 巨头高通和射频前端大厂 TDK 合资成立了 RF 360，使得高通拥有了提供从基带 Modem SoC，RFIC 到射频前端完整解决方案的能力。

高通于 2018 年推出全球首款 5G 毫米波天线模组 QTM052，该模组包含毫米波 IC、1x4 天线阵列、射频收发器(transceiver)、电源管理 IC、射频前端元件(放大器、滤波器、低杂讯放大器.等)，并采用 AiP(Antenna in Package)封装技术，使得模组宽度仅约 1 美分硬币的 1/3 宽，其搭配高通 5G Modem(X50)晶片，获得优异的射频性能表现，可大幅简化手机系统厂商需面对的复杂射频通讯设计问题，预计此模组将用在三星(S10)、Sony、LG、小米、OPPO、Google 等 2019 年的 5G 手机上。

目前 Qorvo、Broadcom、Skyworks 主要占据 4G LTE/Sub-6G 领域，而高通则选择深耕 5G 毫米波市场，并不断拉大与竞争对手的差距。预计高通的进入将深刻地改变射频前端产业秩序。

图 22：高通 5G 毫米波天线模组 QTM052



资料来源：高通公司官网、天风证券研究所

同时，以华为为代表的设备商对于上游供应链的把控和“国产替代”需求也将重塑产业链格局，国内设计厂商有望迎来替代机遇，我们看好未来射频前端的国产替代逻辑。国内射频器件的生产厂商以 Fabless 为主，在代工厂工艺的挹注下，产业链将迎来加速国产替代的机遇。目前国内代表公司有海思半导体，卓胜微，VanChip，Ampleon，慧智微等。

## 2. 5G 赋能射频前端产业

射频前端芯片是移动智能终端产品的核心组成部分，追求低功耗、高性能、低成本是其技术升级的主要驱动力，也是芯片设计研发的主要方向。

射频前端芯片与处理器芯片不同，后者依靠不断缩小制程实现技术升级，而作为模拟电路中应用于高频领域的一个重要分支，射频电路的技术升级主要依靠新设计、新工艺和新材料的结合。

由于 5G 时代对用户体验速率、连接数密度、端到端时延、流量密度、移动性和峰值速率等提出了更高的要求，所以对射频前端芯片也提出了更高的要求，只有抓住了新工艺和新材料等关键升级路线，才能享受 5G 时代带来的高速增长红利。因此我们应该重点关注射频前端的新材料氮化镓（GaN）和前沿的封装技术 SiP/AiP。

### 2.1. 氮化镓：未来 5G 射频前端新秀

### 2.1.1. 氮化镓：性能优异的第三代半导体材料

半导体材料共经历了三个发展阶段：

1. 第一阶段是以 Si、Ge 为代表的第一代半导体材料
2. 第二阶段是以 GaAs、InP 等化合物为代表的第二代半导体材料
3. 第三阶段是以 GaN、SiC、ZnSe 等宽禁带半导体材料为主的第三代半导体材料

其中，第三代半导体材料具有很多优异于第一和第二代半导体材料的性能特点：第一，具有较大的禁带宽度，较高的击穿电压，耐压性能较好，更适合应用大功率领域；第二电子饱和速率较高，弥补了电子迁移率的缺陷；第三高温性能良好，减少了附加散热系统的设计成本；第四，发展前景广阔，在高频、高温、大功率等领域有很大发展潜力。因此氮化镓（GaN）凭借其优异的性能而成为目前研究的热点内容。

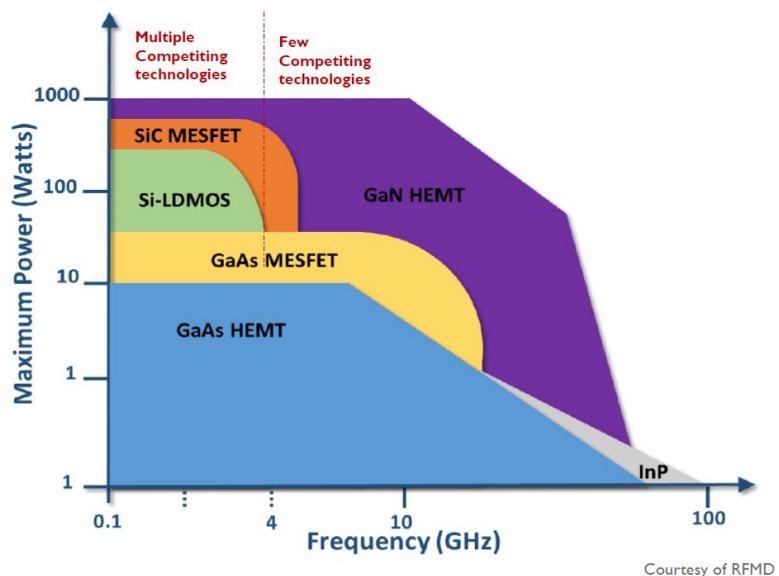
表 6：三代半导体材料主要参数的对比

	Si	GaAs	GaN
禁带宽度 (eV)	1.1	1.4	3.4
击穿电场 (V/cm)	$6.0 \times 10^5$	$6.5 \times 10^5$	$3.5 \times 10^6$
电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)	1500	8500	900
电子饱和速度 (cm/s)	$1.0 \times 10^7$	$2.1 \times 10^7$	$2.7 \times 10^7$
抗辐射能力 (rap)	$10^{4-5}$	$10^6$	$10^{10}$
高频性能	差	好	好
高温性能	中	差	好
发展状况	成熟	发展中	初期

资料来源：GaN 基 HEMT 性能分析、天风证券研究所

正是由于氮化镓优异的性能，目前氮化镓已经成为射频器件（RF）、LED 和功率器件等的应用热点，尤其是氮化镓同时可以满足高功率和高频率的特点，并且在高频下拥有更高的功率输出和更小的占位面积，目前已经成为射频器件应用的热点和最优选择之一。

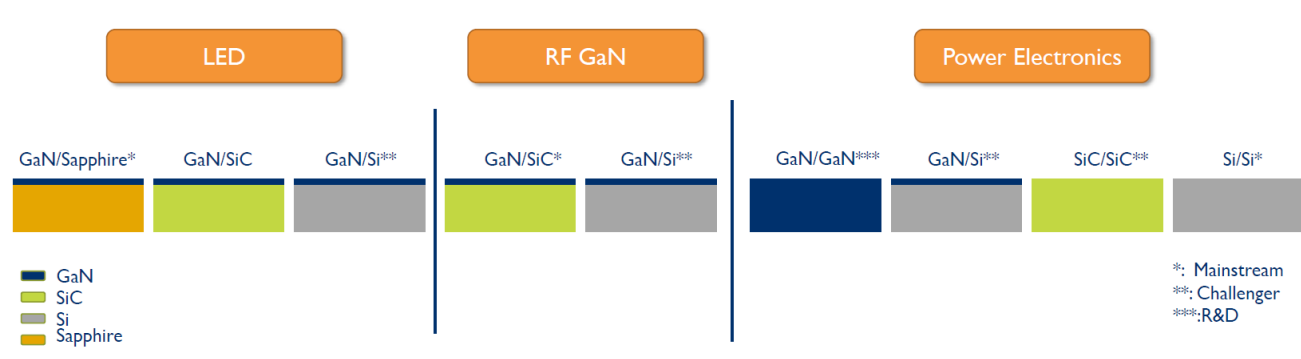
图 23：氮化镓（GaN）器件同时具有高功率和高频率的特点



资料来源：YOLE、天风证券研究所



图 24：氮化镓（GaN）已经广泛应用于射频器件（RF）、LED 和功率器件等

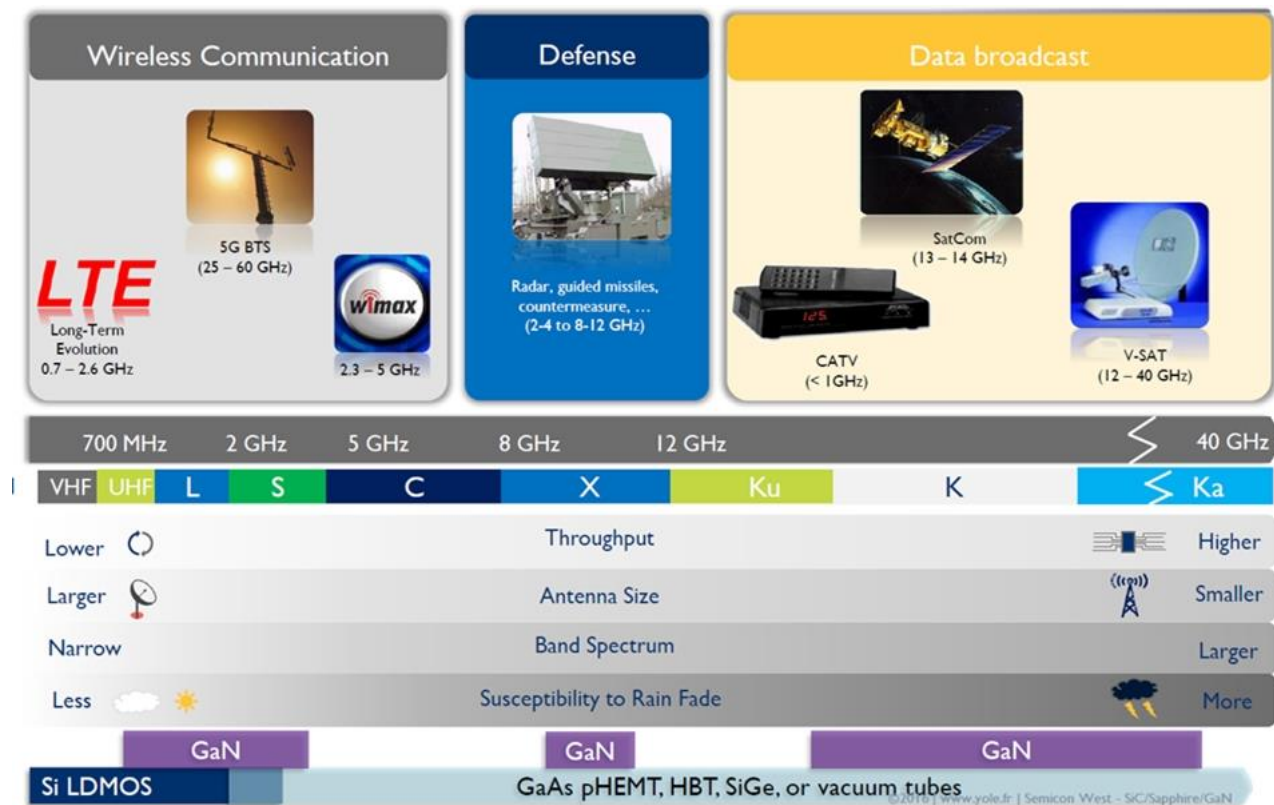


资料来源：YOLE、天风证券研究所

当前基站与无线回传系统中使用的大功率射频器件（功率大于 3 瓦），主要有基于三种材料生产的器件，即传统的 LDMOS（横向扩散 MOS）、砷化镓（GaAs），以及新兴的氮化镓（GaN）。

根据 Yole 的预测，未来 5 到 10 年，砷化镓在大功率射频器件市场上所占比例基本维持稳定，但 LDMOS 与氮化镓将呈现出此消彼长的关系。2025 年，LDMOS 占比将由现在的 40% 左右下降到 15%，而氮化镓将超越 LDMOS 和砷化镓，成为大功率射频器件的主导工艺，占比到 2025 年可达 45% 左右。

图 25：氮化镓（GaN）器件应用广泛



资料来源：YOLE、天风证券研究所

氮化镓是拥有宽禁带的材料，其禁带宽度（3.4eV）是普通硅（1.1eV）的 3 倍，击穿电场是硅材料的 10 倍，功率密度高，可以提供更高的工作频率、更大的带宽、更高的效率，

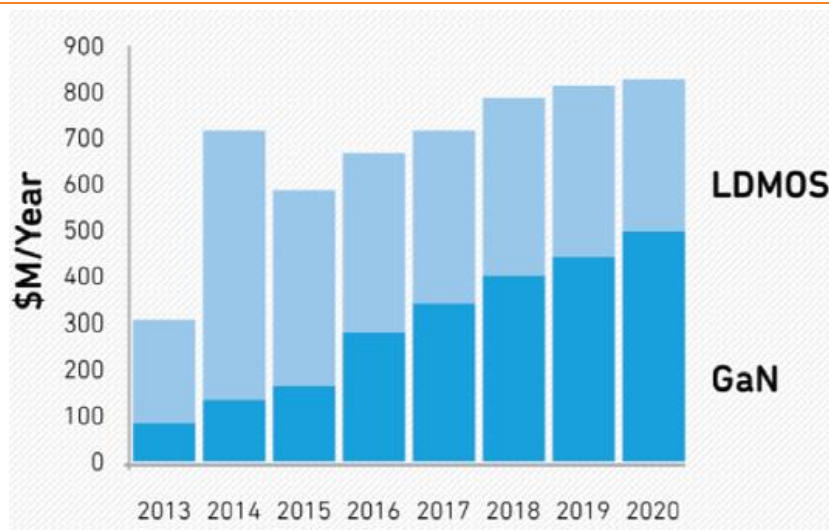


可工作环境温度也更高。由于成本优势，LDMOS 在低频仍有生存空间，但氮化镓已经在向低频渗透，例如在 2.6GHz 频段，也开始出现氮化镓方案。

由于工艺输出功率特性限制，LDMOS 在 3.5GHz 及以上频率不能提供足够大的功率，所以从 3.5GHz 到未来的毫米波，高频应用中氮化镓不是去替代 LDMOS，而是开辟全新的市场空间。**氮化镓拥有全面的优势，无论是带宽、线性度、增益还是效率，硅器件都无法与氮化镓竞争。**

根据 Compound Semiconductor 的预测，**预计 2018 年开始 GaN 的出货量将超过 LDMOS**，通信市场氮化镓的应用前景广阔。

图 26：预计 2018 年开始 GaN 的出货量将超过 LDMOS



资料来源：Compound Semiconductor、天风证券研究所

**随着通信技术不断向高频演进，氮化镓是必然的选择。**因为需要更大的带宽，更好的线性度，5G 和 5G+ 应用，让氮化镓大有用武之地。在 5G 时代，未来一台基站里面就要用几百个 PA (功率放大器)，而 5G 的基站部署数量将呈指数形式增长，所以在 5G 时代，射频器件产业将比以往大得多。

表 7：GaN 在不同层面的优点

	优点
材料层面	较大的禁带宽度，较高的击穿电压、电子饱和率高、高温性能良好
HEMT 层面	高运行电压、高电流密度、高频率、较高阻抗、更低的电容
射频系统层面	高效率、高功率、更小尺寸、高带宽、耐久性更高、更低噪音水平

资料来源：YOLE、天风证券研究所

### 2.1.2. 硅基氮化镓 (GaN-on-Si)：最有前景的衬底技术

目前来看，GaN 主要有三种类型的衬底，分别是硅基、碳化硅 (SiC) 衬底和金刚石衬底。

**金刚石衬底氮化镓 (GaN-on-Diamond)：**制造较为困难，但是优势明显：在世界上所有材料中金刚石的热导率最高 (因此最好能够用来散热)。使用金刚石代替硅、碳化硅、或者其他基底材料可以把金刚石高导热率优势发挥出来，可以实现非常接近芯片的有效导热面。

**碳化硅衬底氮化镓 (GaN-on-SiC)：**这是射频氮化镓的“高端”版本，SiC 衬底氮化镓可以提供最高功率级别的氮化镓产品，可提供其他出色特性，可确保其在最苛刻的环境下使用，但是成本相对较高。

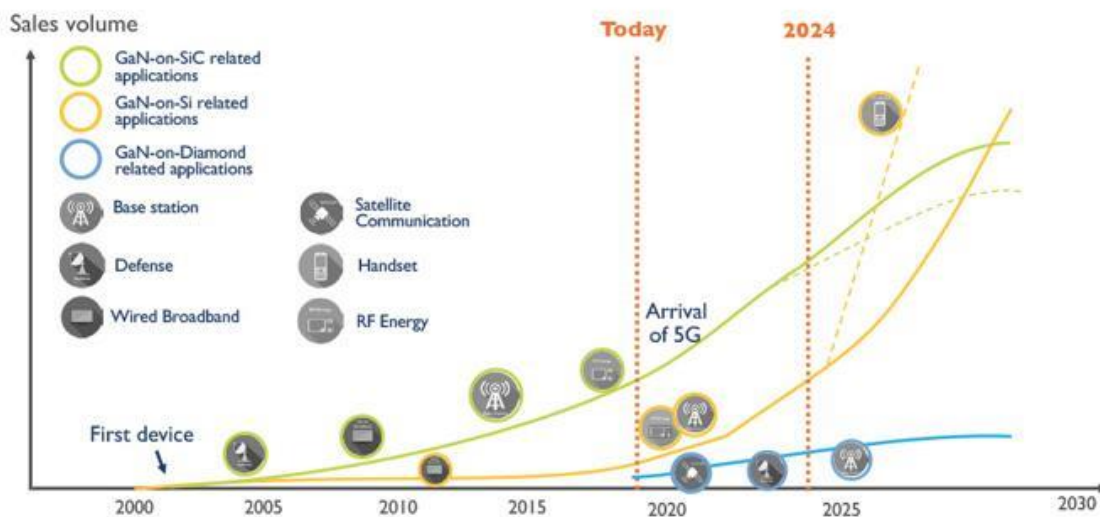
**硅基氮化镓 (GaN-on-Si)：**这种方法比另外两种良率都低，不过它的优势是可以使用全球

低成本、大尺寸 CMOS 硅晶圆和大量射频硅代工厂。因此，它可以以价格为竞争优势对抗现有硅和砷化镓技术，从而实现对现有市场份额的替代。

图 27：不同衬底的 GaN 未来发展趋势

### GaN-on-SiC, GaN-on-Si, GaN-on-Diamond: future developments

(Source: RF GaN Market: Applications, Players, Technology and Substrates 2019, Yole Développement, May 2019)



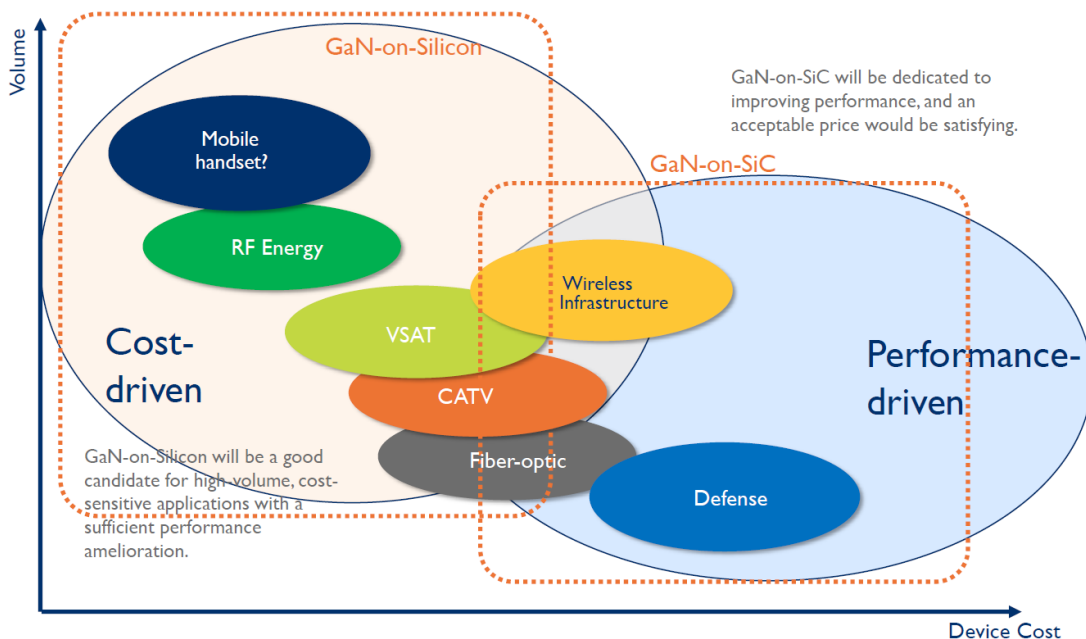
资料来源：YOLE、天风证券研究所

GaN-on-SiC 目前主导了 RF GaN 行业，已渗透到 4G LTE 无线基础设施市场，预计将部署在 5G sub-6GHz 的 RRH 架构中。与此同时，经济高效的 LDMOS 技术也取得了显著进步，可能会对 5G sub-6GHz 有源天线和大规模多输入多输出 (MIMO) 应用中的 GaN 解决方案发起挑战。不过，这可能需要以降低效率为代价，从而带来功耗的增加，对于 5G 的大规模部署来说是不可持续的。

GaN-on-SiC 是以性能为导向的，而 GaN-on-Si 作为潜在的挑战者是以成本为导向的，并且可以满足更大的出货量需求。根据 YOLE 的报告预计，GaN-on-Si 可以基于全球现有的低成本、大尺寸 CMOS 硅晶圆和大量射频硅代工厂实现更快的大规模量产，硅基氮化镓器件工艺能量密度高、可靠性高，晶圆可以做得很大，目前在 8 英寸，未来可以做到 10 英寸、12 英寸，晶圆的长度可以拉长至 2 米。

硅基氮化镓器件具有击穿电压高、导通电阻低、开关速度快、零反向恢复电荷、体积小和能耗低、抗辐射等优势。针对 RF 产品更易于扩展，未来 GaN-on-Si 将广泛应用于手机、射频器件、VSAT 等领域。随着 5G 技术的不断推进和渗透率的不断提升，YOLE 预计未来 GaN-on-Si 的市场份额将超过 GaN-on-SiC。

图 28：GaN-on-SiC 和 GaN-on-Si 的不同应用领域

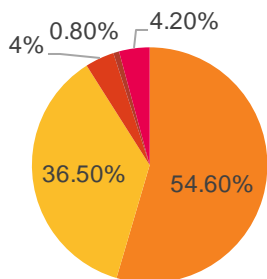


资料来源：YOLE、天风证券研究所

### 2.1.3. 氮化镓：未来市场空间广阔

根据 YOLE 的统计数据显示，2015 年氮化镓射频器件的市场规模为 2.98 亿美元，主要应用领域为无线终端，占比为 54.6%，YOLE 预计，随着 5G 的不断发展，氮化镓射频器件的市场规模也会随之增长，预计在 2022 年氮化镓射频器件的全球市场规模为 7.55 亿美元，年复合增长率 CAGR 为 14%，其中无线终端的占比将进一步上升至 59.6%。

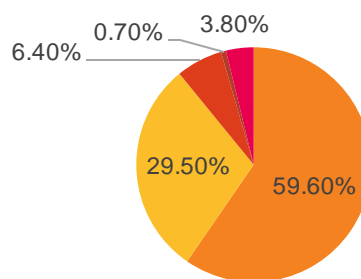
图 29：2015 年氮化镓射频器件市场情况



■ 无线终端 ■ 国防 ■ 有线电视网 ■ 卫星 ■ 其他

资料来源：YOLE、天风证券研究所

图 30：2022 年氮化镓射频器件市场情况



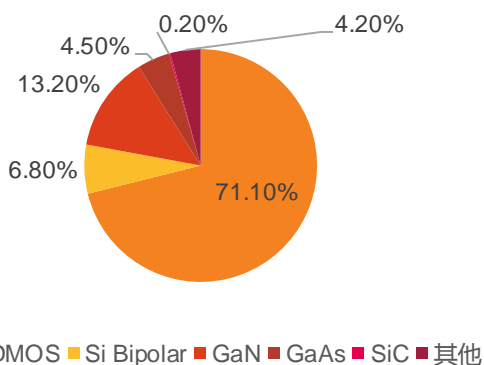
■ 无线终端 ■ 国防 ■ 有线电视网 ■ 卫星 ■ 其他

资料来源：YOLE、天风证券研究所

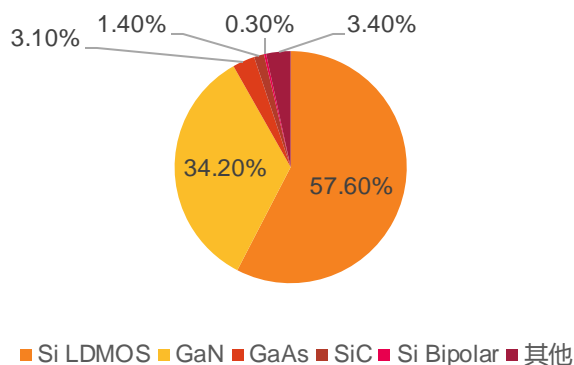
根据 ABI research 的数据，2012 年射频功率放大器市场中，LDMOS 市场有率为第一，占比为 71%，而 GaN 为 13.2%，到了 2018 年，LDMOS 市场占有率下降为 57.6%，GaN 上升至第二名，占比为 34.2%，GaN 发展势头良好，我们预计在 5G 时代 GaN 的市场占比将进一步上升。

图 31：2012 年射频功率放大器市场情况

图 32：2018 年射频功率放大器市场情况



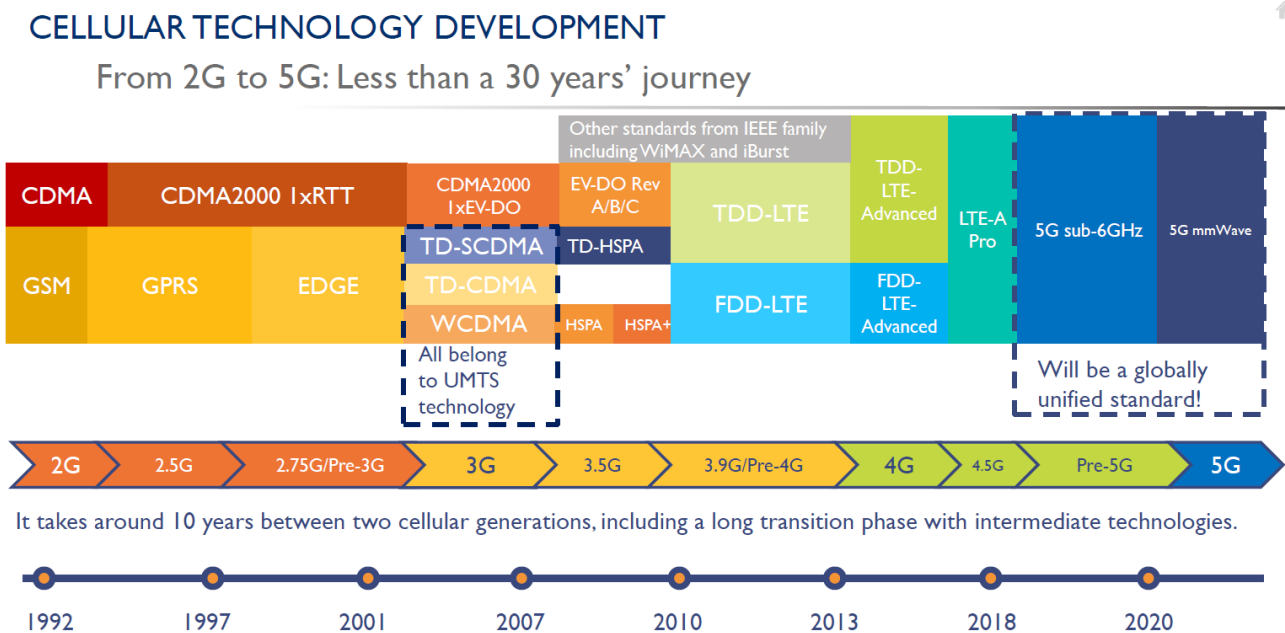
资料来源: ABI research、天风证券研究所



资料来源: ABI research、天风证券研究所

未来射频前端市场,尤其是 GaN 射频前端市场的应用主要是无线终端,包括 5G 智能手机和基站。而根据过去 30 年从 2G 到 5G 的发展历程来看,一般一代通信技术需要 10 年的时间来演进,这包括了两代通信技术之间较长的转换期,而目前正处于 Pre-5G 的阶段,预计 5G 时代的真正到来将在 2020 年之后,那个时候将迎来市场的高峰。

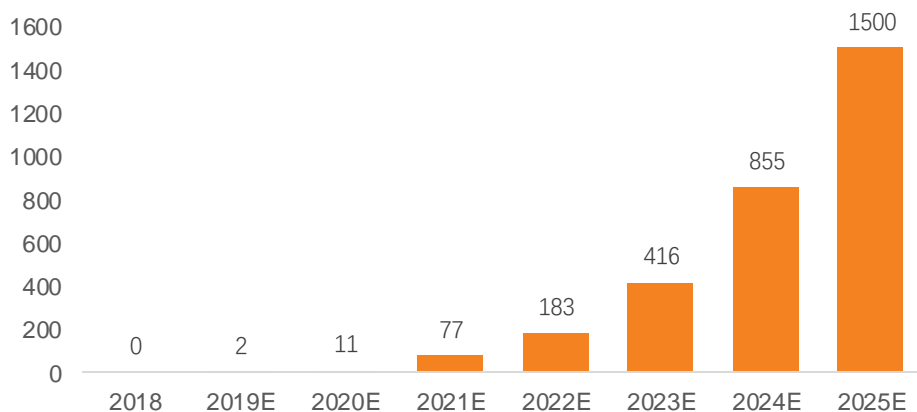
图 33: 30 年来通信技术的演进时间轴



资料来源: YOLE、天风证券研究所

根据 Business Wire 的预测,2019 年将会有第一批 5G 智能手机上市,随后 5G 智能手机市场出货量将迅速上升,预计将在 2025 年达到 15 亿台,而射频前端市场尤其是 GaN 射频前端市场也会随之迅速增长。

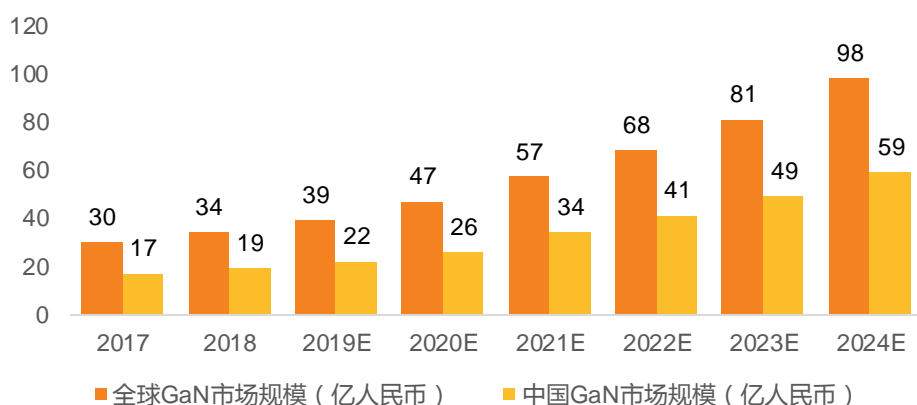
图 34: 2018-2025 年 5G 智能手机出货量 (单位: 百万台)



资料来源：Business Wire、天风证券研究所

基站市场方面，根据 ABI research 和 YOLE 的数据，2018 年全球 GaN 基站市场为 34 亿元人民币，而中国 GaN 基站市场为 17 亿元人民币；预计到 2024 年，全球 GaN 基站市场将增长至 98 亿元人民币，而中国 GaN 基站市场将达到 59 亿元人民币。

图 35：2017-2024 年全球及中国 GaN 基站市场规模



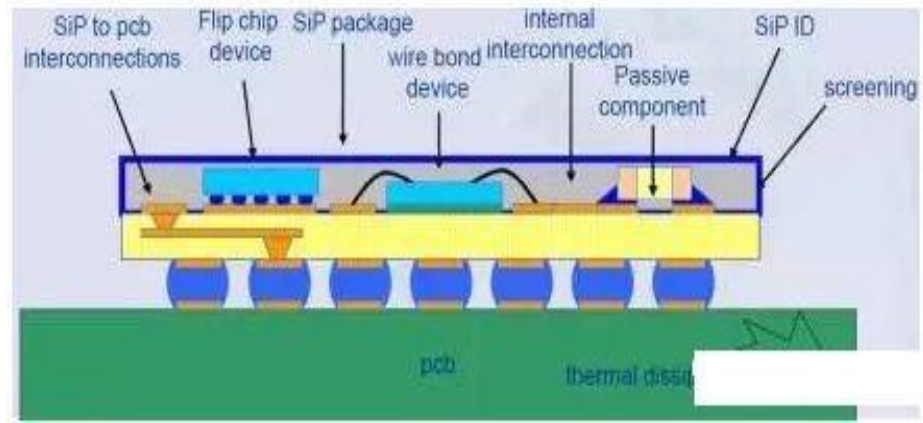
资料来源：ABI research、YOLE、天风证券研究所

## 2.2. SiP+Antenna 封装：未来 5G 新趋势

### 2.2.1. SiP 是超越摩尔定律的必然选择路径

根据国际半导体路线组织 (ITRS) 的定义：SiP 为将多个具有不同功能的有源电子元件与可选无源器件，以及诸如 MEMS 或者光学器件等其他器件优先组装到一起，实现一定功能的单个标准封装件，形成一个系统或者子系统。

图 36：SiP 示意图

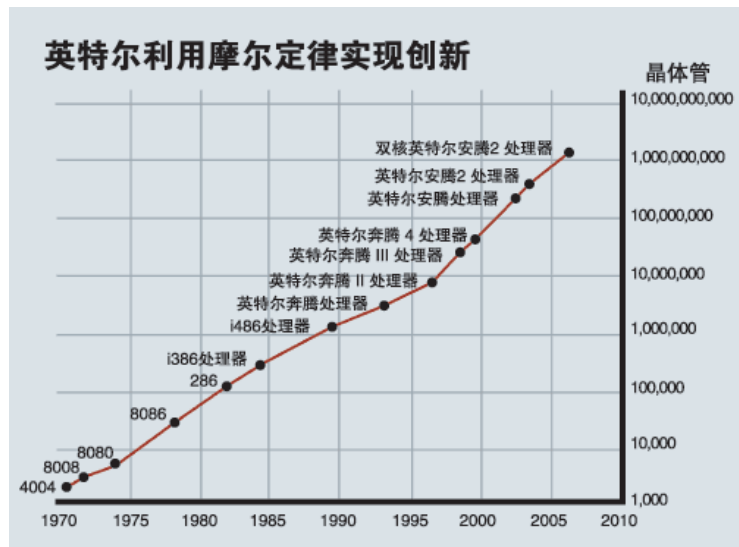


资料来源：半导体行业观察、天风证券研究所

从架构上来讲，SiP 是将多种功能芯片，包括处理器、存储器等功能芯片集成在一个封装内，从而实现一个基本完整的功能。与 SOC（片上系统）相对应。不同的是系统级封装是采用不同芯片进行并排或叠加的封装方式，而 SOC 则是高度集成的芯片产品。

摩尔定律确保了芯片性能的不不断提升。众所周知，摩尔定律是半导体行业发展的“圣经”。在硅基半导体上，每 18 个月实现晶体管的特征尺寸缩小一半，性能提升一倍。在性能提升的同时，带来成本的下降，这使得半导体厂商有足够的动力去实现半导体特征尺寸的缩小。这其中，处理器芯片和存储芯片是最遵从摩尔定律的两类芯片。以 Intel 为例，每一代的产品完美地遵循摩尔定律。在芯片层面上，摩尔定律促进了性能的不断往前推进。

图 37：遵从摩尔定律的英特尔处理器



资料来源：CNW、天风证券研究所

PCB 板并不遵从摩尔定律，是整个系统性能提升的瓶颈。与芯片规模不断缩小相对应的是，PCB 板这些年并没有发生太大变化。因为 PCB 的限制，使得整个系统的性能提升遇到了瓶颈。例如内存输出位宽等于处理器和内存之间的连线数量，在十年间受到 PCB 板工艺的限制一直是 64bit 没有发生变化。所以想提升内存带宽只有提高内存接口操作频率。这就限制了整个系统的性能提升。

图 38：过去主流的系统

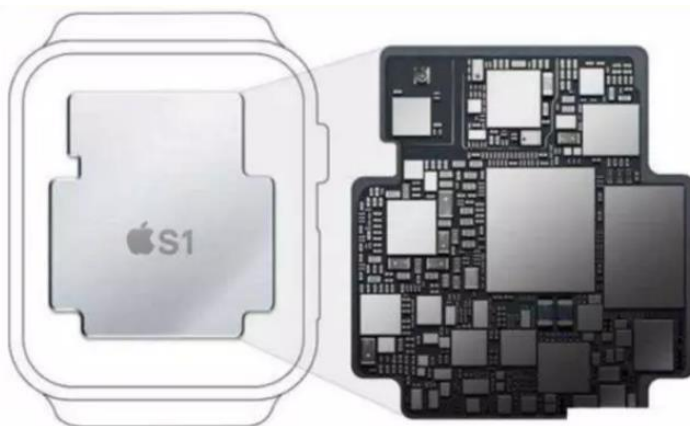




资料来源：猎芯网、天风证券研究所

**SiP 是解决系统桎梏的胜负手。**把多个半导体芯片和无源器件封装在同一个芯片内，组成一个系统级的芯片，而不再用 PCB 板来作为承载芯片连接之间的载体，可以解决因为 PCB 自身的先天不足带来系统性能遇到瓶颈的问题。

图 39：现在的系统



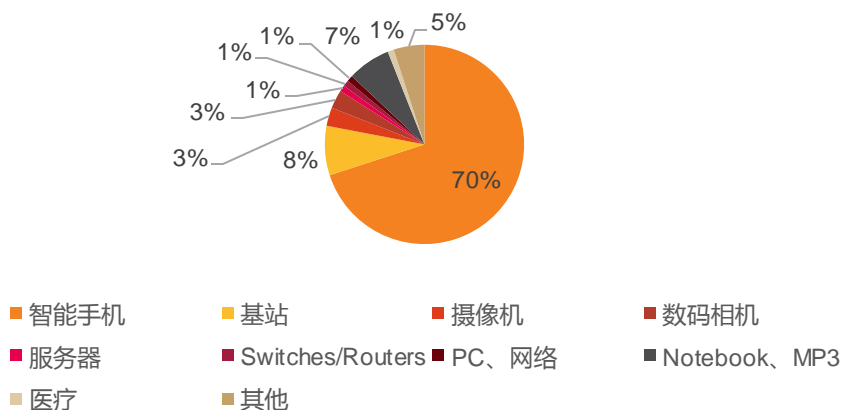
资料来源：猎芯网、天风证券研究所

我们认为，SiP 不仅是简单地将芯片集成在一起。SiP 还具有开发周期短；功能更多；功耗更低，性能更优良、成本价格更低，体积更小，质量更轻等优点，代表了未来的发展方向。

### 2.2.2. SiP——为智能手机量身定制，已获广泛应用

SiP 的应用非常广泛，主要包括：无线通讯、汽车电子、医疗电子、计算机、军用电子等。应用最为广泛是无线通讯领域。

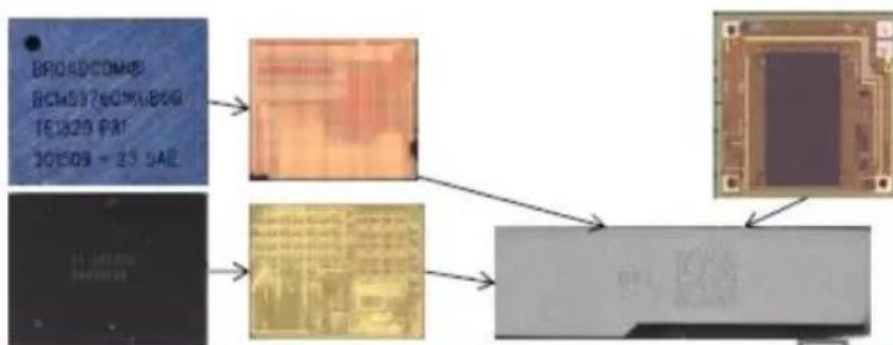
图 40：SiP 各应用领域产值占比



资料来源：前瞻产业研究院、天风证券研究所

**手机轻薄化带来 SiP 需求增长。**手机是 SiP 封装最大的市场。随着智能手机越做越轻薄，对于 SiP 的需求自然水涨船高。因为 SiP 技术本身并不会造成成本的上升，反而可使 PCB 组装更简单，降低封装成本，进而降低整体手机 BOM 成本，所以不管是高端的 iPhone X/8、Huawei Mate10，还是低端的小米 5、华为荣耀系列手机都采用了 SiP 系统级封装。

图 41：iPhone 6s 中的触控芯片 SiP



资料来源：chipworks、天风证券研究所

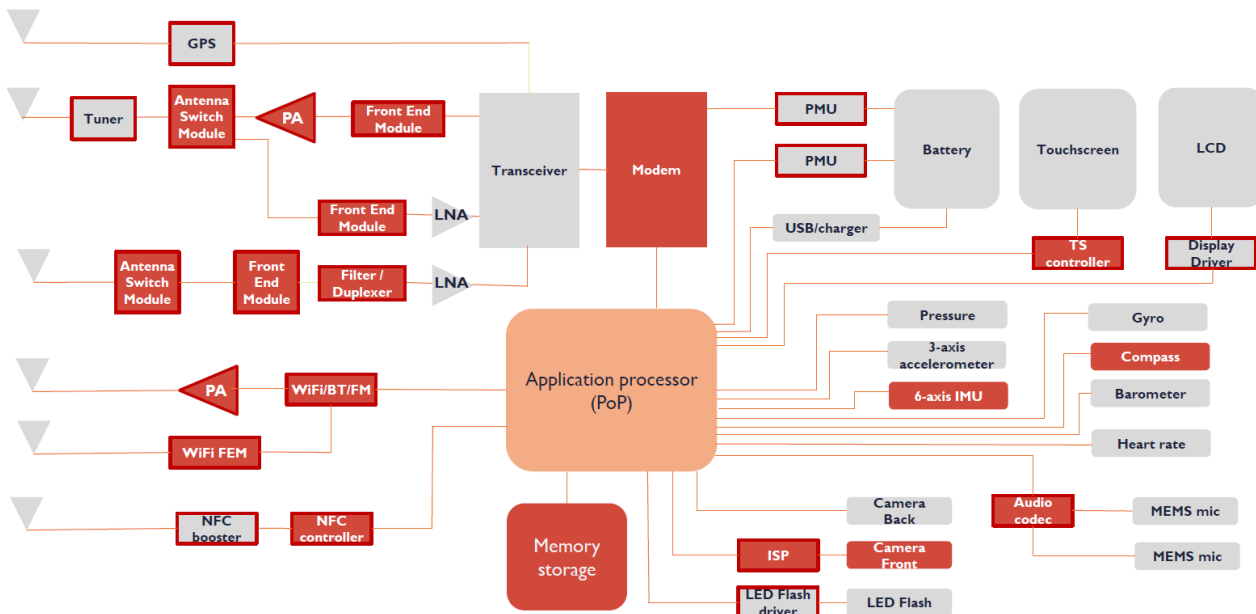
目前 SiP 应用比较普遍的是在 CPU 处理器和 DDR 存储器集成上，例如苹果 A11 处理器+海力士 LPDDR4 内存，华为麒麟 950 处理器+美光 LPDDR4 内存等，其它诸如触控芯片、指纹识别芯片、射频前端芯片等也开始采用 SiP 技术。根据天水华天技术总监于大全的数据，在 iPhone8 中，SiP 系统级封装已经占有所有封装比例的 40%以上，主要用于 PA 和射频模块。

而根据 YOLE 发布的研究报告中智能手机组件的拆解图可以看到，目前射频前端器件包括 PA、天线开关、滤波器、WiFi FEM 等均已经使用了 SiP 封装，SiP 封装在射频模块的应用广泛。

图 42：目前智能手机关键组件使用 SiP 封装概况

### SMARTPHONE COMPONENTS FOUND IN SiP

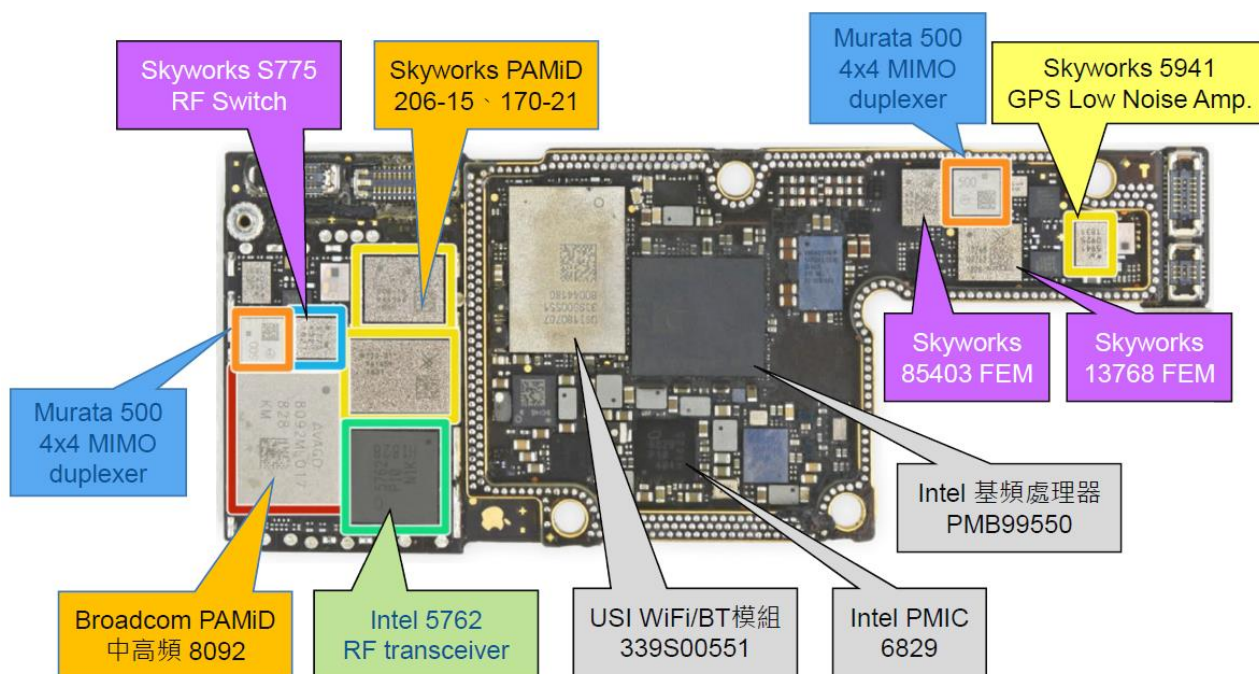
In SiP    Not in SiP



资料来源：YOLO、天风证券研究所

5G 使用的芯片和元器件数量增加，通过集成可降低成本、提升性能、缩小体积。SiP 技术 (FEMiD、PAMiD 等) 可以将 10~15 个器件(开关、滤波器、PA、LNA 等)封装在一起，连接可能采用引线(Wirebond)、倒装(FlipChip)、Cu 柱(Cupillar)等。

图 43：PAMiD 在 iPhone XS 中的应用

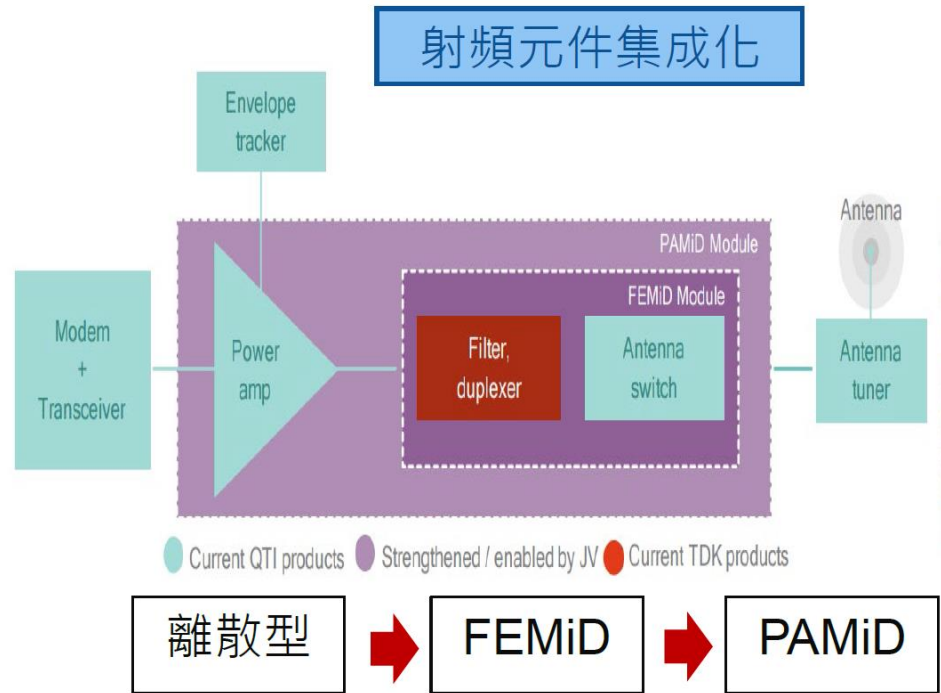


资料来源：工研院、天风证券研究所

射频前端的集成度越来越高。4G 射频模组是由 SiP 方式整合不同制程技术来制作功率放大器(PA)、低杂讯放大器(LNA)、滤波器(Filter)、开关(Switch)和被动元件(Passive)等，5GmmWave 射频模组将走向高度整合趋势。射频前端模块的发展趋势将逐渐由离散型的 RF 元件，朝向整合型模组的 FEMiD 与 PAMiD 形式。



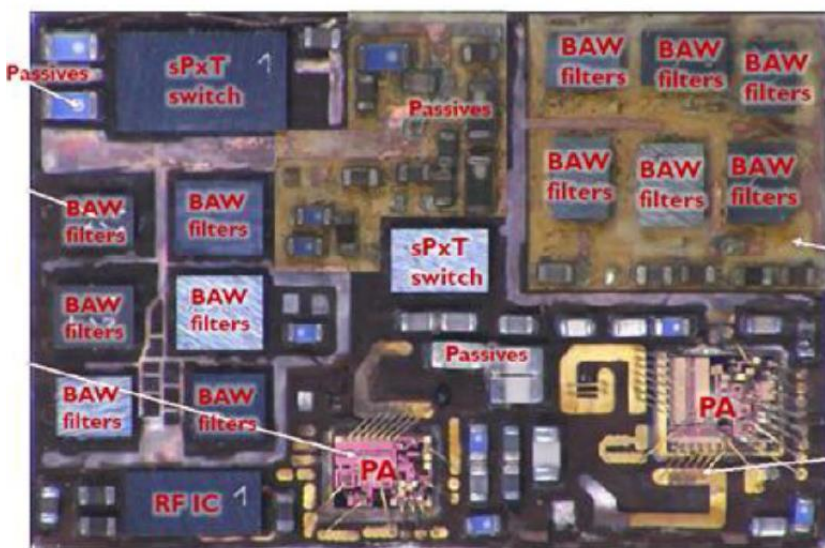
图 44：射频元件的集成化趋势



资料来源：工研院、天风证券研究所

例如 iPhone XS 中采用的 Broadcom 8092 模块便采用了 PAMiD 封装技术，整个模块集成了多达 29 个器件，包括 18 个 BAW 滤波器、5 个射频开关、4 个射频 PA 等。PAMiD 整合了 Tx 和 Rx 模组，能够同时满足信号质量的改善和模块体积的小型化。

图 45：Broadcom 8092 模块采用 PAMiD 封装技术



- With 29 dies
  - BAW Filter: 18
  - Switch: 5
  - PA: 4
  - RFIC: 1
  - Matching Die: 1

资料来源：工研院、天风证券研究所

在 4G 时代，智能手机射频前端 SiP 封装供应链由 Qorvo、博通、Skyworks、Murata、TDK-Epcos 等 IDM 厂商领导。同时他们也会把部分生产外包至部分国际封测大厂厂商，例如日月光、安靠、长电科技等。而这几家 IDM 厂商主要集中于 Sub6GHz 解决方案。

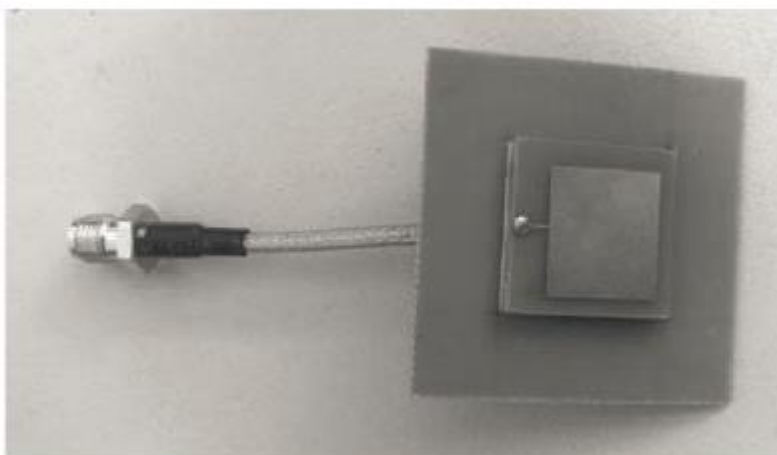
而根据 YOLE 的数据，2017 年全球射频前端 SiP 封装市场规模为 25 亿美元，预计将在 2023 年达到 49 亿美元，CAGR 为 11%，SiP 封装市场将在 5G 时代快速增长。

### 2.2.3. SiP+Antenna：5G 应用广泛

SiP+Antenna，由 SiP 进阶到 AiP

封装天线（Antenna in Package，简称 AiP）是基于封装材料与工艺，将天线与芯片集成在封装内，实现系统级无线功能的一门技术。AiP 技术顺应了硅基半导体工艺集成度提高的潮流，为系统级无线芯片提供了良好的天线与封装解决方案。

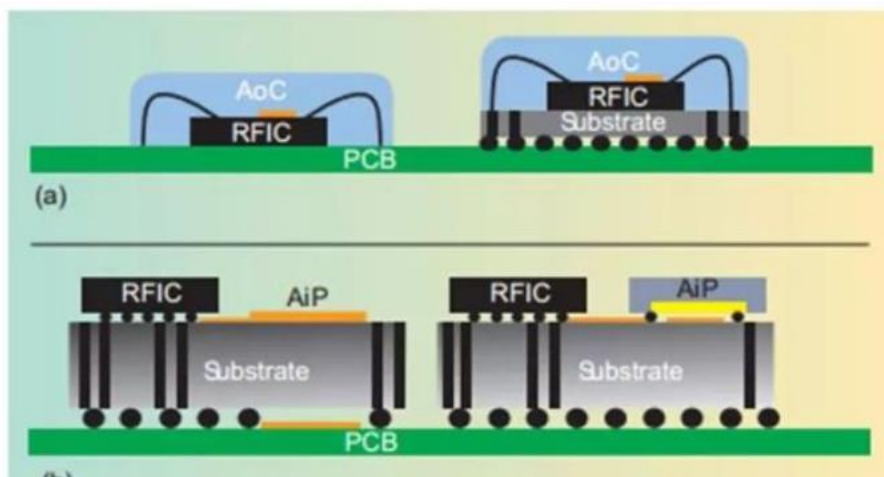
图 46：封装天线实物图



资料来源：微波射频网、天风证券研究所

**片上天线和封装天线，AiP 技术广受青睐。** AoC 和 AiP 分别属于 SoC 和 SiP 概念的范畴，分别了它们独有的辐射特性。AoC 技术更适用于太赫兹频段，而 AiP 技术很好地兼顾了天线性能、成本及体积，几乎所有的 60GHz 无线通信和手势雷达芯片都采用了 AiP 技术。除此之外，在 79GHz 汽车雷达 94GHz 相控阵天线，122GHz、145GHz 和 160GHz 传感器以及 300GHz 无线连接芯片中都可以找到 AiP 技术的身影。

图 47：AoC 与 AiP 集成形式



资料来源：Technicalfeature、天风证券研究所

5G 在毫米波频段的应用，由于毫米波本身频率较高，天线通过馈线相连的损耗会非常大，为了减少互联的损耗，必须要把前端做成模组化，减少在毫米波频段的损耗。催生出毫米波天线和射频前端封装在一起的“SiP+Antenna”的形式，由 SiP 进阶到 AiP。

AIP 核心应用，5G 毫米波天线封装

5G 时代频段资源有限，毫米波频段备受关注。常用的 6GHz 以下的频段已经基本没有更多的资源可利用了（4G 时代已经非常拥挤）。5G 时代毫米波频段高安全性、高速率引起众多厂商关注。

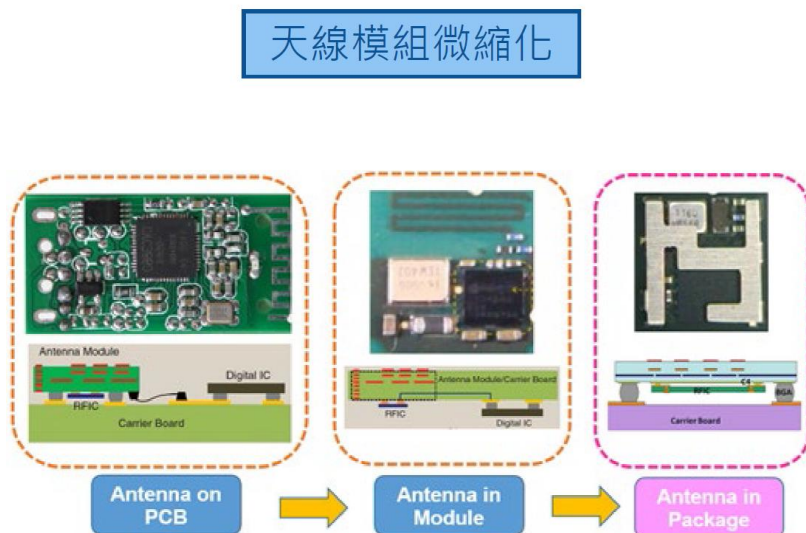
图 48：毫米波频段引关注



资料来源：半导体行业观察、天风证券研究所

**封装天线 (AIP), 5G 天线封装主流形式。**5G IoT 和 5G Sub-6GHz 预计将继续维持 3G 和 4G 时代结构模组，也就是分为天线、射频前端、收发器和数据机等四个主要的系统级封装(SiP)和模组，而更高频段的 5G 毫米波，则采用将天线、射频前端和收发器整合成单一系统级封装。在天线的整合封装方面，由于频段越高、天线越小，5G 时代的天线或将以 AiP(Antenna in Package)技术将其与其他零件共同整合到单一封装内。

图 49：天线模组的微缩化趋势



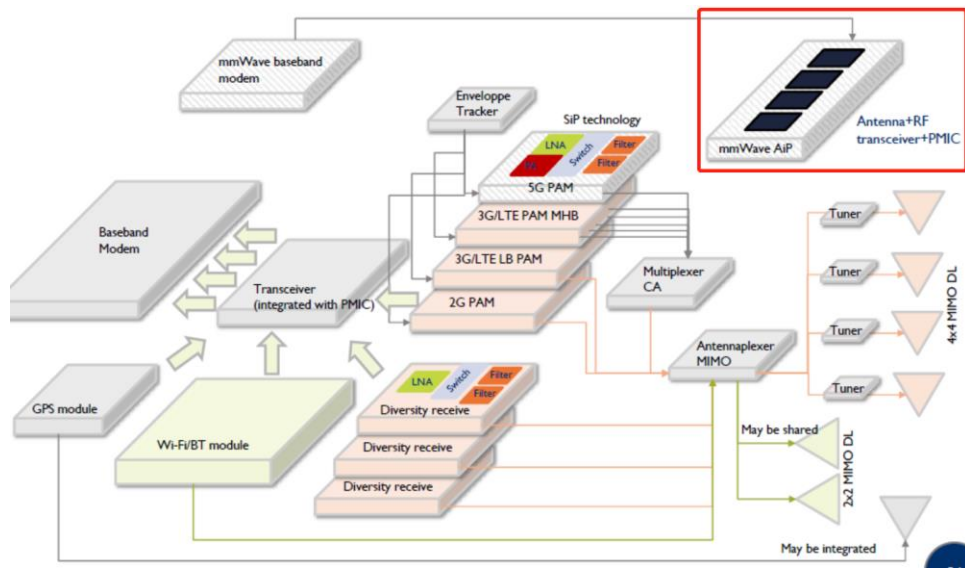
资料来源：工研院、天风证券研究所



5G 毫米波射频前端模块将走向高度整合的趋势，天线模组也将走向微缩化的趋势，预计未来将由 Antenna on PCB 转向 Antenna in Module 及“SiP+ Antenna”的封装天线( AIP )形式。

随着 5G 时代的即将到来，预计未来 AiP 技术的应用及市场空间广阔。

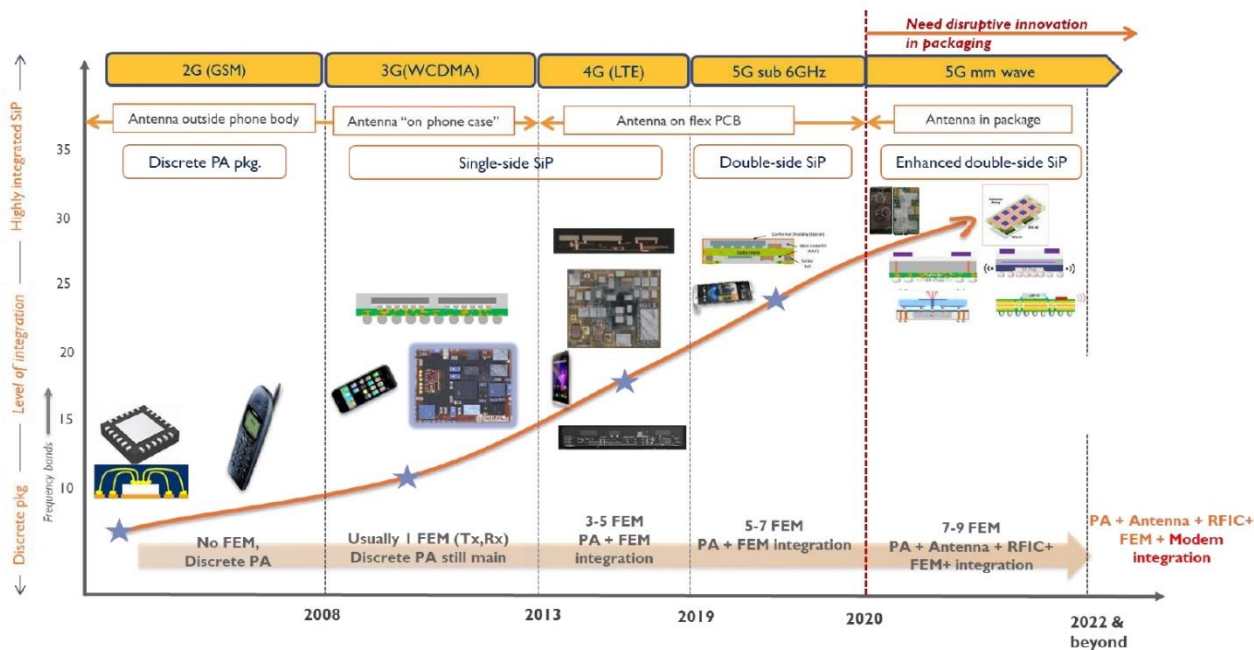
图 50：封装天线 (AIP)，5G 天线封装主流形式



资料来源：YOLE、天风证券研究所

图 51：2G-5G 时代 RF FEM 封装技术趋势

### MOBILE RF FEM PACKAGE TREND



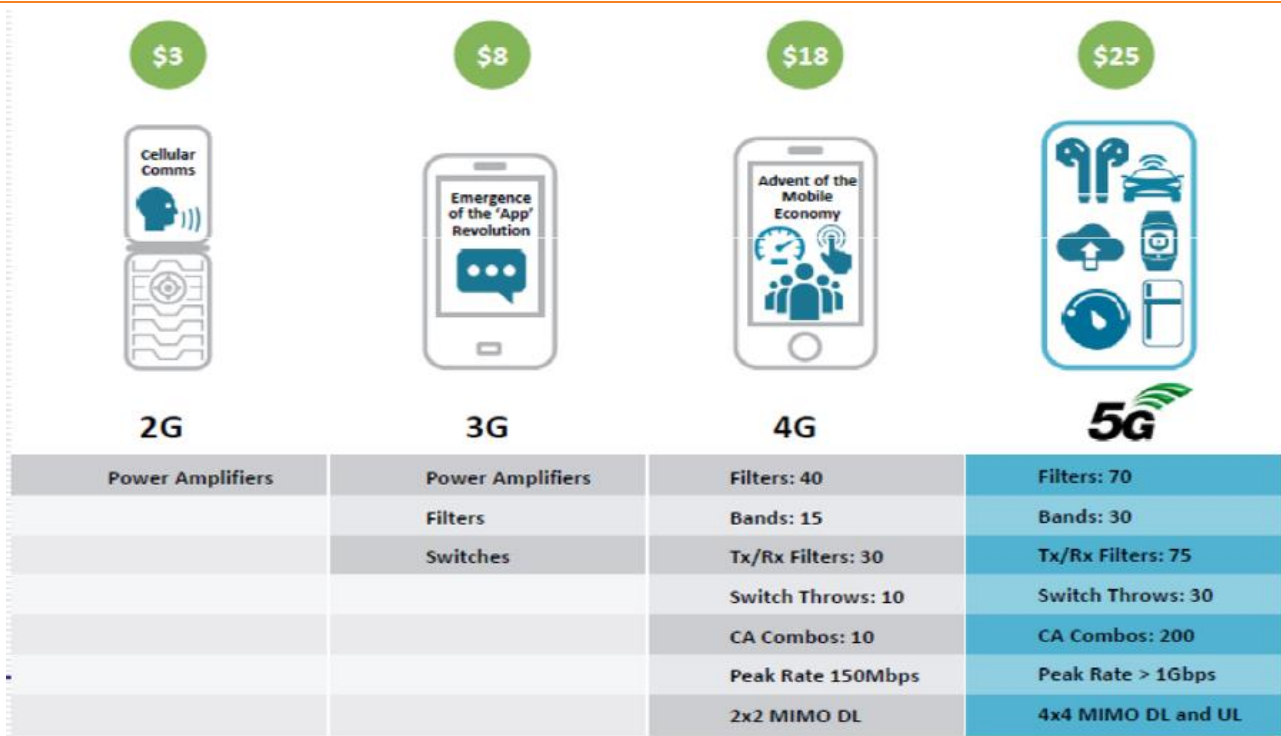
资料来源：YOLE、天风证券研究所

## 2.3. 5G 时代下射频前端市场空间广阔

### 2.3.1. 手机射频前端市场潜力巨大

5G 时代对于设备的性能提出了更高的要求,因此射频器件的成本和所需数量都会得到提升。根据 Skyworks 的数据显示,5G 时代单部手机的射频器件成本将由 4G 时期的 18 美元上升至 25 美元;而射频器件的数量方面都有较大提高,例如单部手机滤波器数量从 4G 时代的 40 个上升至 5G 时代的 70 个左右,频带从 15 个增加至 30 个,接收机发射机滤波器从 30 个增加至 75 个,射频开关从 10 个增加至 30 个,载波聚合从 5 个增加至 200 个等等。

图 52: 不同网络制式下单部手机射频器件成本(美元)和相关器件数量



资料来源: Skyworks、天风证券研究所

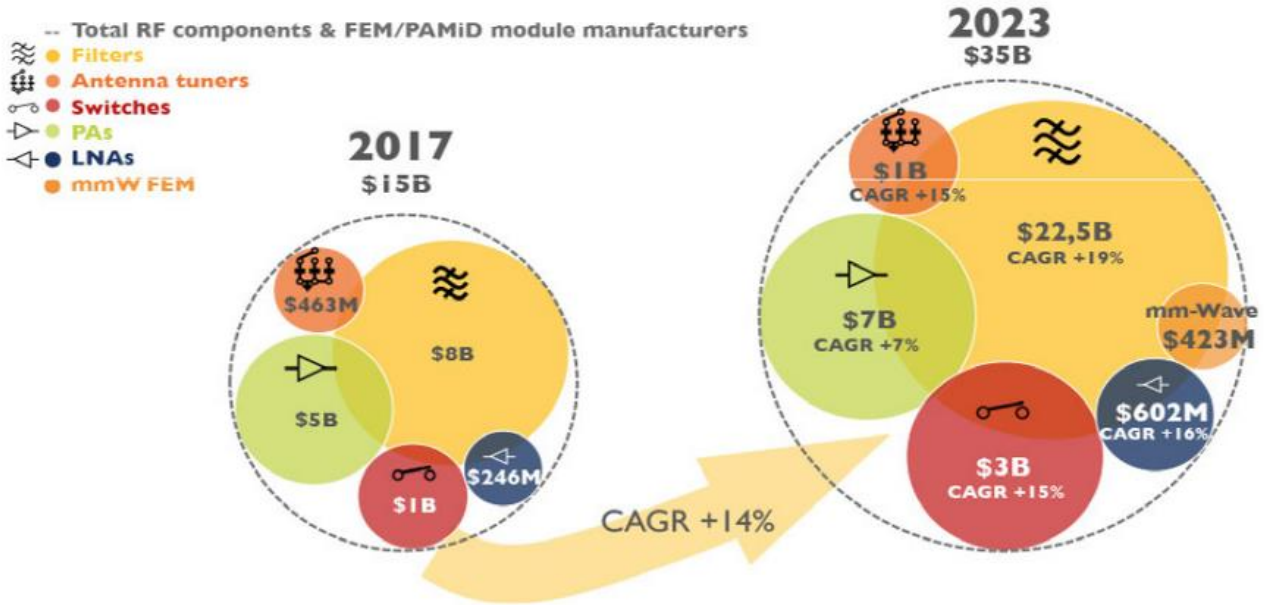
根据 YOLE 的报告显示,2017 年手机射频器件全球总市场为 150 亿美元,随着 5G 的发展,将在 2023 年达到 350 亿美元,年复合增长率 CAGR 预计为 14%。

其中射频滤波器 (Filters) 全球市场将在 2023 年达到 225 亿美元, CAGR 为 19%; 射频天线调谐器 (Antenna tuners) 将达到 10 亿美元, CAGR 为 15%; 射频开关 (Switches) 将达到 30 亿美元, CAGR 为 15%; 射频功率放大器 (PA) 将达到 70 亿美元, CAGR 为 7%; 射频低噪声放大器 (LNAs) 将达到 6.02 亿美元, CAGR 为 16%; 而随着 5G 时代的到来, 5G 毫米波射频前端 (mmW FEM) 将从 0 增长至 4.23 亿美元。

图 53: 2017-2023 年手机射频器件市场规模概况

## 2017-2023 market outlook

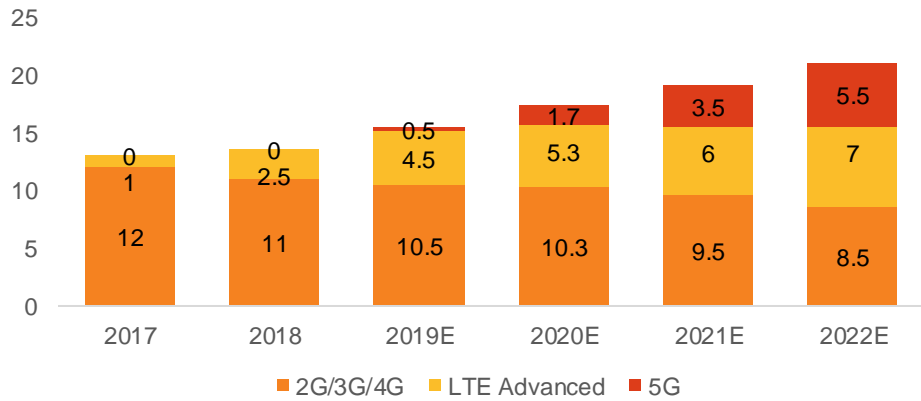
(Source: 5G's Impact on RF Front-End Module and Connectivity for Cell Phones 2018, Yole Développement, July 2018)



资料来源: YOLE 天风证券研究所

而按照不同网络制式拆分来看, 根据 Qorvo 的数据显示, 5G 射频前端全球市场规模将会从 2018 年的 0 增长至 2022 年的 55 亿美元, 而 LTE Advanced 射频前端市场规模将会从 2018 年的 25 亿美元增长至 2022 年的 70 亿美元, 2G/3G/4G 的射频前端市场规模将会从 2018 年的 110 亿美元下降至 2022 年的 85 亿美元。

图 54: 2017-2022 年手机射频前端市场规模 (十亿美元)



资料来源: Qorvo、天风证券研究所

### 2.3.2. 基站射频前端增长空间巨大

从 5G 的建设需求来看, 5G 将会采取“宏站+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 基站达到 328 万个。

5G 基站将包括中低频段(6GHz 以下)的宏站和高频段(6GHz 以上)的小站:

1. 宏站数量方面, 中低频段的宏站可实现与 4G 基站相当的覆盖范围, 到 2017 年 4G 基站

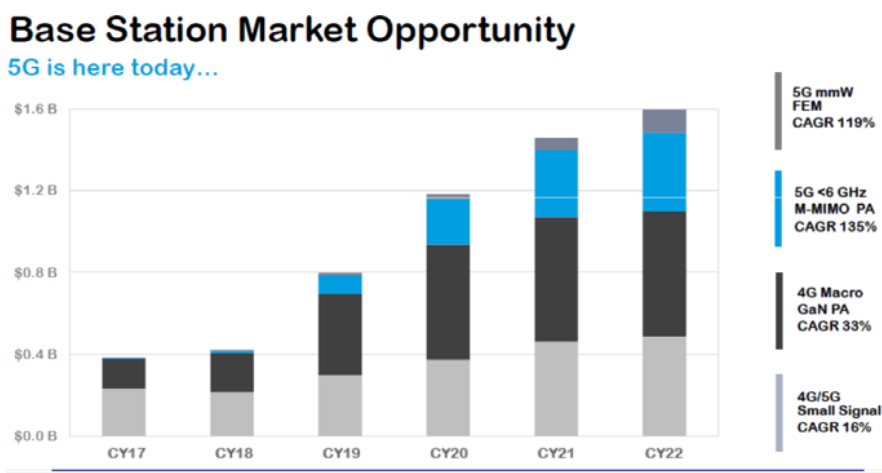
约为 328 万个(覆盖 99%人口), 如实现相同的覆盖, 预计 5G 宏站将达 475 万个。

2. 小站数量方面, 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, 由此预计 5G 小站将达到 950 万个。

因此在基站数量方面, 5G 基站的数量将大幅超过 4G 时代基站数量, 因此基站的射频器件需求量也会大幅增长。由于单个 5G 基站对于滤波器、PA 等射频器件需求数量的提升, 再加上更高的性能要求导致其他射频器件成本的上涨, 我们预计单个 5G 基站的 BoM (物料成本) 也将相较 4G 基站有所增加。

因此, 5G 时代将会迎来基站数量和单个基站成本的双双上涨, 叠加起来 5G 时代基站市场空间将会有巨大的增幅。根据 Qorvo 的报告显示, 预计 2022 年基站射频前端全球市场将由 2018 年的约 5 亿美元增长至 2022 年的 16 亿美元, 增幅达 220%, 基站射频前端市场增长空间巨大。

图 55: 2017-2022 年基站射频前端市场概况



资料来源: Qorvo、天风证券研究所

### 3. 射频前端市场空间测算

5G 时代射频前端市场主要分为两部分: 智能手机和基站。我们将分别测算两个部分的射频器件市场空间。

根据 IHS、Gartner、相关信息等的综合数据我们估计, 单部 5G 手机的 PA 价值为 9 美元、滤波器价值为 15 美元, 其他器件价值为 10 美元, 我们预计单部 5G 智能手机的射频前端成本为 34 美元, 单部旗舰 4G LTE 智能手机的射频前端成本为 19 美元。其他智能手机方面, 我们估计射频前端成本平均约为 8.7 美元/部。

出货量方面, 我们预计 2019 年将有第一批 5G 智能手机出货, 而 2020 年将达到 2.13 亿部, 综合单机射频前端成本我们计算得出 2019 年智能手机射频前端市场将达到 184.7 亿美元, 2020 年将达到 242.6 亿美元, CAGR 达 18.79%。

表 8: 3G/4G/5G 智能手机中射频器件成本拆分 (单位: 美元)

	3G	4G LTE	5G
平均单部手机滤波器数量 (个)	6	30	75
单部手机滤波器价值 (美元)	1.2	8.7	15
平均单部手机射频 PA 数量 (个)	4	5	9
单部手机射频 PA 价值 (美元)	0.88	4.4	9
单部手机其他射频器件价值 (美元)	0.93	5.90	10.00
合计	3	19	34

资料来源：IHS、Gartner、相关信息、天风证券研究所

表 9：2018-2020 智能手机射频前端总市场规模测算

	RF FEM	2018	2019	2020	CAGR
高端旗舰	单价 (4G LTE)	19	19	19	
	出货量 (百万部)	300	350	300	
	合计 (亿美元)	57	68.2	125	48.09%
其余智能手机	单价 (5G)	34	34	34	
	出货量 (百万部)	0	5	200	
	合计 (亿美元)	114.9	116.5	117.6	1.16%
RF FEM 合计 (亿美元)		171.9	184.7	242.6	18.79%

资料来源：IHS、Gartner、电子工程专辑、Skyworks、天风证券研究所

根据工信部数据，截至 2017 年 12 月底，中国 4G 宏基站数量为 328 万座，依据蜂窝通信理论计算，要达到相同的覆盖率，我们估计中国 5G 宏基站数量约为 500 万座，达 4G 基站数量的 1.5 倍。

根据三大运营商的资本支出计划，预计中国 5G 宏基站建设计划将于 2019 年正式开始，约为 10 万站，2023 年预计将达到建设顶峰，年建设数量达 115.2 万座。

**射频 PA 方面**，参考目前设备商展开试验 5G 基站的上游采购价格，目前用于 3.5GHz 频段的 5G 基站，采用 LDMOS 工艺的功率放大器单扇区的价格超过了 400 美元，采用 GaN 工艺的功率放大器价格超过了 700 美元，假设 LDMOS 和 GaN 射频价格均以 5% 的比例递减。

5G 基站数量方面，中国移动占比超过 50%，前期建设情况下，LDMOS 放大器拥有一定比例的市场，推测 GaN 射频器件约占 50%，预计到 2025 年，GaN 射频器件占比 85% 以上。

5G 宏基站天线采用 Massive MIMO 技术，天线和 RRU (射频拉远单元) 合设，组成 AAU。Massive MIMO 天线假设为 64T64R，则单个宏基站天线数量为 192 个，放大器数量为 192 个。

**滤波器方面**，我们假设同样 5G 宏基站采用 64 通道，则一个基站需要 64 个滤波器，我们估计目前单个 5G 滤波器价格为 100 元左右，且随着技术成熟和出货量上升，价格逐渐下降。

5G 小基站方面，我们估计单个 5G 小基站的射频 PA 成本为约 4 美元。而 4G 基站方面，包括 LDMOS 和 GaN 综合测算在内，我们预计 4G 基站的射频 PA 成本是 2.4 美元。

基于以上关键假设，我们可以计算得出 2021 年全球 5G 宏基站 PA 和滤波器市场将达到 243.1 亿元人民币，CAGR 为 162.31%，2021 年全球 4G 和 5G 小基站射频器件市场将达到 21.54 亿元人民币，CAGR 为 140.61%。

表 10：全球 5G 宏基站 PA 和滤波器市场总规模 (亿元) 测算

	2019E	2020E	2021E	CAGR
我国 5G 宏基站建设规划 (万站)	9.6	38.4	72	
我国 5G 宏基站 PA 数量 (万)	1843.2	7372.8	13824	
GaN 占比	50%	58%	66%	
LDMOS 占比	50%	42%	34%	
单扇 GaN 器件价格 (元)	5000	4750	4513	
单扇 LDMOS 器件价格 (元)	3000	2850	2708	
PA 单扇区平均价格 (元)	4000	3800	3610	
我国 5G 宏基站 PA 市场规模 (亿元)	11.5	45.5	84.2	



全球 5G 宏基站 PA 市场规模 (亿元)	23.0	91.1	168.4	170.37%
我国 5G 宏基站滤波器数量 (万)	614.4	2457.6	4608	
单个滤波器价格 (元)	100	90	81	
我国 5G 宏基站滤波器市场规模 (亿元)	6.1	22.1	37.3	
全球 5G 宏基站滤波器市场规模 (亿元)	12.3	44.2	74.6	146.48%
全球 5G 宏基站 PA 和滤波器市场规模 (亿元)	35.3	135.3	243.1	162.31%

资料来源: 拓璞产业研究院、天风证券研究所

表 11: 全球 4G/5G 小基站 PA 市场规模 (亿元) 测算

	2019E	2020E	2021E	CAGR
全球 5G 小站模块数 (千)	325	2438	5850	
全球 5G 小站 PA 数量 (百万个)	4.2	31.2	74.9	
全球 5G 小站 PA 市场规模 (亿元)	1.15	8.56	20.55	
全球 4G 小站模块数 (千)	2600	2000	1000	
全球 4G 小站 PA 数量 (百万个)	15.6	12	6	
全球 4G 小站 PA 市场规模 (亿元)	2.57	1.98	0.99	
全球 4G 和 5G 小站 PA 市场规模 (亿元)	3.72	10.54	21.54	140.61%

资料来源: 拓璞产业研究院、天风证券研究所

## 4. 行业公司推荐

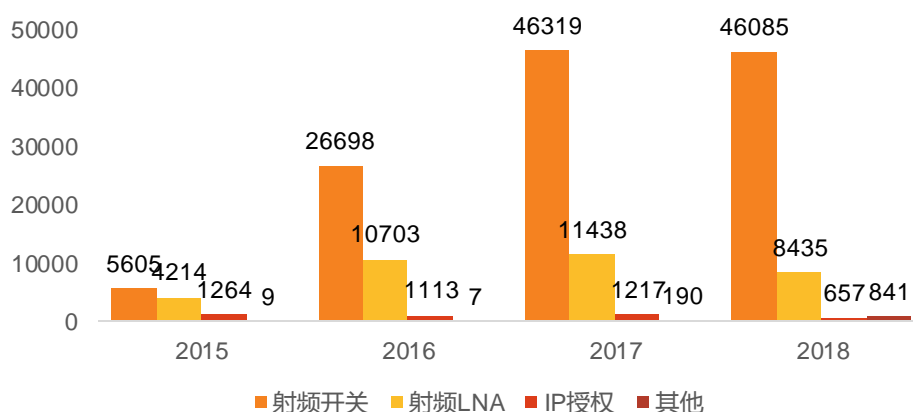
5G 时代的到来会为射频前端市场带来广阔的空间, 而只有抓住了新工艺和新材料等关键升级路线, 才能享受 5G 时代带来的高速增长红利。目前射频前端的新工艺主要体现在 AiP 和 SiP 封装工艺上, 而射频前端的新材料主要体现在 GaN 等材料的运用上, 因此我们推荐国内射频前端芯片的龙头企业卓胜微和积极布局化合物射频前端的三安光电, 以及深耕 SiP 封装行业的长电科技和环旭电子。

### 4.1. 卓胜微: 国内射频前端芯片龙头企业

公司早期由硅谷留学人员创办, 已经迅速成长为一家在射频器件及无线连接专业方向上具有顶尖的技术实力和不凡市场竞争力的 Fabless 芯片设计公司。

公司专注于射频前端芯片的研究、开发与销售, 主要产品包括射频开关和射频低噪声放大器, 并提供 IP 授权, 应用于智能手机等移动智能终端。公司目前的战略为发力智能手机市场, 定位为基于射频为核心的覆盖移动通信和物联网的芯片产品。

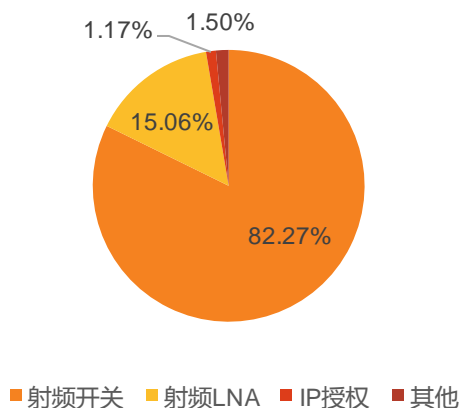
图 56: 2015-2018 年卓胜微分产品营业收入 (万元)



资料来源：Wind、天风证券研究所

公司目前的核心产品为射频开关。收入结构上，射频开关贡献了82%的收入，射频LNA贡献了15%的收入。

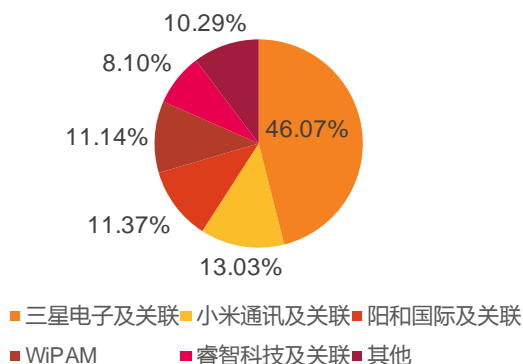
图 57：2018 年公司各产品营收占比



资料来源：Wind、天风证券研究所

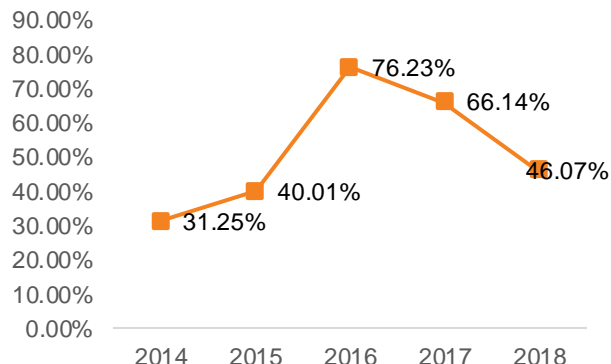
公司打入三星及小米供应链，合计营收占比约 60%。三星电子是公司的第一大客户，2016-2018 年三星分别贡献了公司营收的 76%、66%和 46%，呈现下降趋势，公司对单一大客户的依赖逐渐下降，客户逐渐多元化。

图 58：2018 年各大客户营收占比



资料来源：Wind、天风证券研究所

图 59：来自三星电子及其关联公司的收入占比

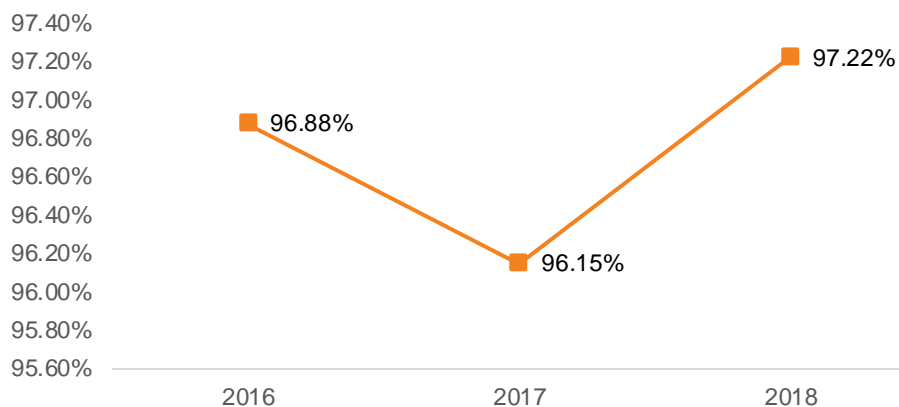


资料来源：Wind、天风证券研究所

公司控制人为核心研发人员，能准确把握行业趋势。截至 2018 年 12 月 31 日，公司研发人员达到 70 人，占员工总数的 53.86%；其中核心技术人员 3 人，分别为许志翰、冯晨晖、唐壮，为公司的控制人。

公司掌握核心技术，已经取得 56 项专利、9 项集成电路布图设计，2016-2018 年核心技术产品占营收比重均高于 96%。

图 60：公司核心技术产品收入占总营收比例



资料来源：卓胜微招股说明书、天风证券研究所

募投项目把握国产化替代趋势，迎接 5G 时代到来。公司募集资金将用于射频前端新产品包括射频滤波器（用于 LTE 和 5G）、射频功率放大器（GaN 材料，用于 5G 微基站）、射频开关技术（用于 LTE 和 5G）、微波毫米波技术（用于 5G）等的研究和开发，以及物联网领域的蓝牙芯片，预计募投项目将进一步完善公司现有产品线，助力公司抓住 5G 和物联网的新机遇。

表 12：卓胜微募投项目概况（单位：万元）

项目名称	项目投资总额	建设周期
射频滤波器芯片及模组研发及产业化项目	46627	48 个月
射频功率放大器芯片及模组研发及产业化项目	25499	48 个月
射频开关和 LNA 技术升级及产业化项目	16865	48 个月
面向 IoT 方向的 Connectivity MCU 研发及产业化项目	17639	48 个月
研发中心建设项目	13946	48 个月

资料来源：卓胜微招股说明书、天风证券研究所

## 4.2. 长电科技：技术领先的国际封测龙头

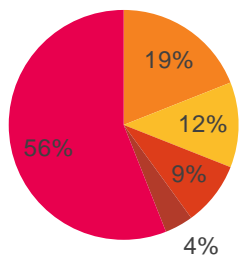
公司专注于集成电路的封装测试，是封测行业的龙头公司。公司面向全球提供封装设计、产品开发及认证，以及从芯片中测、封装到成品测试及出货的全套专业生产服务。

公司具有广泛的技术积累和产品解决方案，包括有自主知识产权的 Fan-out eWLB、WLCSP、Bump、PoP、fcBGA、SiP、PA 等封装技术。

并购助力公司跻身全球封测第一梯队。2015 年 8 月，公司与产业基金、芯电半导体共同完成要约收购封测行业排名第四的星科金朋。根据 Gartner 和芯思想的数据，公司作为 2013 年全球排名第六位的封测企业，一举收购了全球排名第四位的星科金朋，公司的全球排名也一举跃升至 2018 年的第三位。

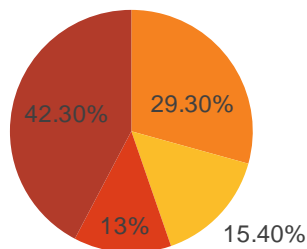
图 61：2013 年全球封测行业市场占比

图 62：2018 年全球封测行业市场占比



■ 日月光 ■ 安靠 ■ 矽品 ■ 长电科技 (第六大) ■ 其他

资料来源: Gartner、天风证券研究所



■ 日月光矽品 ■ 安靠 ■ 长电科技 (第三大) ■ 其他

资料来源: 芯思想、天风证券研究所

目前先进封装有两种发展方向,一种方向是增加封装内部的集成度,将多个 Die 封到一个封装内,以实现超越摩尔定律,即 SiP 封装。另一种方向是减小封装面积,使其接近芯片大小。主要的封装类型包括倒装封装 (Flip-Chip),扇入型 (Fan-In),扇外型 (Fan-Out) 封装。公司目前在两种方向的先进封装均有布局。

长电科技拥有的 SiP 和 Flip-chip 等封装工艺是提高射频前端芯片集成度的核心技术。我们看好在 5G 时代以及射频器件国产化趋势下带来封测行业尤其是先进封装的高弹性。

公司旗下各子公司主要产品没有太多重叠,长电本部主要覆盖中低端产品,而星科金朋(韩国厂、新加坡厂以及江阴厂)、长电先进以及长电韩国 (JSCK),这三个子公司都以布局全球领先的封装技术为主,是公司未来发展先进封装的核心。

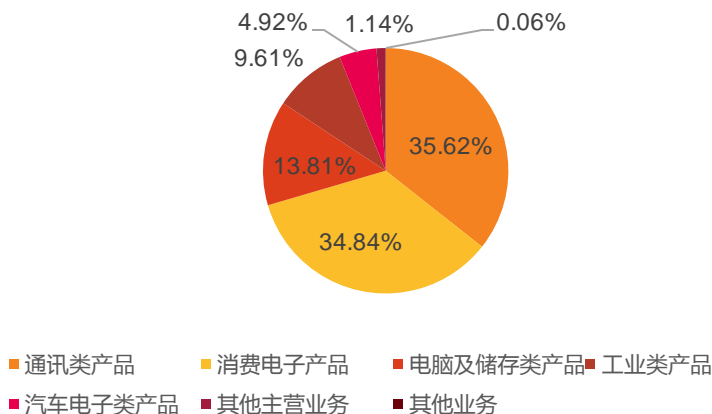
2019 年 4 月 27 日,根据公司公告,公司选举出了第七届董事会成员,中芯国际董事长周子学、中芯国际首席财务官高勇岗、产业基金副总裁张春生等当选公司非独立董事。公司第二大股东芯电半导体是中芯国际的全资子公司,本次董事会换届使得公司董事会结构更加符合公司股东结构,有利于公司与中芯国际协同发展,同时我们也看好公司未来整合进度,有望加速公司利润释放。

### 4.3. 环旭电子: 立足 SiP 重回增长通道

环旭电子是电子制造服务 (EMS) 领域的大型设计制造服务商,主营业务主要为国内外的品牌厂商提供通讯类、消费电子类、电脑类、存储类、工业类、汽车电子类等产品的开发设计、物料采购、生产制造、物料、维修等专业服务。

公司的两大营收来源主要是通讯类产品和消费电子类产品,2018 年营收占比分别为 35.62% 和 34.84%。其中,通讯类业务以 iPhone 无线通讯模组为主,消费电子业务以 iWatch SiP 模组为主。

图 63: 2018 年公司各产品占主营业务收入比例



资料来源: Wind、天风证券研究所

公司深耕 SiP 产业，业务涉及智能手机的轻薄化封装，无线通信的 SiP 封装及其他消费电子方面。公司在 2018 年与高通合作，在巴西合资成立子公司，发展智能手机方面的 SiP 业务，主要包括触控芯片 SiP、指纹识别 SiP 等。

公司的客户苹果公司坚定看好 SiP 的应用，已经在 Apple watch 和 iPhone 上使用了 SiP 封装，预计未来随着 5G 的到来以及智能手机的轻薄化，智能手机中的 SiP 颗数也会不断增加，我们看好公司未来借力 5G 实现业绩的持续增长。

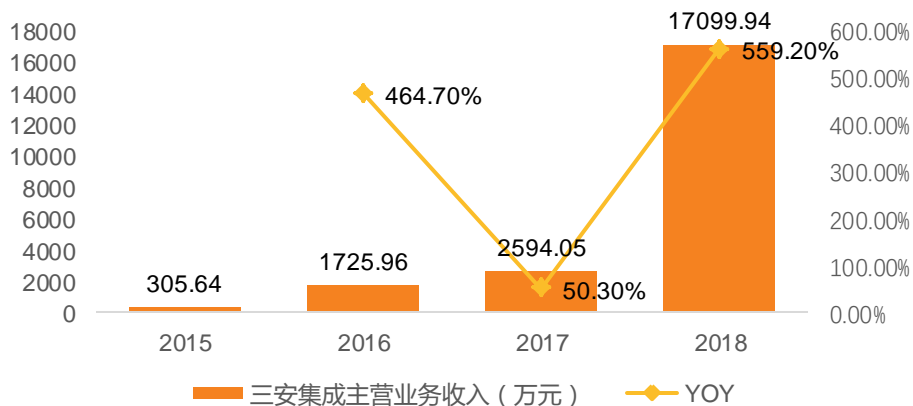
#### 4.4. 三安光电：积极布局化合物射频前端

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。公司是国内 LED 芯片龙头企业，但是也积极布局投资集成电路行业。

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 年公司斥资 333 亿元投资 III-V 族化合物半导体材料、芯片、微波集成电路、射频滤波器、SiC 材料及器件、特种封装等产业。

公司旗下子公司三安集成是化合物半导体专业制造的领导公司，目前业务进展顺利。三安集成主要从事生产砷化镓射频芯片及氮化镓射频芯片，包含第二代半导体材料砷化镓和磷化铟、第三代半导体材料碳化硅和氮化镓。根据公司 2018 年年报显示，三安集成 2018 年营收为 1.71 亿元，同比增长 559.2%，公司运营状况良好，业务进展顺利。

图 64：2015-2018 年三安集成营业收入及同比增长率



资料来源: 公司年报、天风证券研究所



根据公司 2018 年年报，三安集成**砷化镓射频**销售持续成长，出货客户累计至 73 家，达 270 种产品，客户范围已扩展至包括日本、韩国、台湾在内的泛亚太国家和地区；**氮化镓射频**已给几家客户送样，**产品已阶段性通过电应力可靠性测试，实现小批量供货；滤波器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。在射频代工领域，三安集成在国内市场已崭露头角，随着工艺及客户端产品认证的不断成熟，市场占有率逐步提升。我们看好公司的化合物射频前端半导体业务，公司未来有望实现射频前端产品的国产化替代，迎接 5G 新时代。**

#### 4.5. 其他建议关注的国内外公司

其他公司方面，我们建议关注海外的射频半导体技术领先的厂商例如 CREE、高通、Sumitomo、NXP、Macom，国内的公司我们建议关注在射频器件研发和生产方面具有潜力的 13 所、55 所、能讯半导体、远创达、Ampleon 等。

表 13：其他国内外建议关注公司简介

	公司名称	公司简介
海外公司	CREE (科锐)	科锐是美国上市公司(纳斯达克: CREE), 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。
	高通	高通公司是全球 3G、4G 与 5G 技术研发的领先企业, 全球最大的无线半导体供应商, 业务涉及了世界上所有电信设备和消费电子设备的品牌。目前高通已经涉足 5G 射频模组。
	Sumitomo (住友集团)	日本最古老的企业集团之一, 旗下三大核心之一的住友化学和住友电工等涉及半导体的制造以及化合物半导体器件例如智能手机功放与开关、LED 等
	NXP (恩智浦半导体)	NXP 由飞利浦创立, 2016 年被高通收购, 在射频、模拟、电源管理、接口、安全和数字处理方面技术领先
	MACOM	MACOM 是一家总部位于美国的高性能模拟射频、微波、毫米波和光电解决方案的领先供应商, 拥有超过 60 年的历史。
国内公司	Ampleon	Ampleon 承接了 NXP 剥离出来的射频功率芯片业务, 具有全球领先的技术优势。其生产的 LDMOS 和 GaN 射频功率芯片产品主要供应各大通讯基站设备制造商。
	中国电子科技集团公司第十三研究所	13 所主要从事 MEMS、量子器件与纳电子、宽禁带半导体材料与器件和有机半导体与分子电子学等四个前沿高技术领域的研究。并先后创造了 36 项国内第一, 如中国第一只晶体管、第一块硅集成电路、第一块砷化镓集成电路等
	中国电子科技集团公司第五十五研究所	55 所的主要专业方向为固态功率器件与射频微系统、微波毫米波模块电路、封装外壳与基板等技术领域。民品主导产业为射频电子、功率电子两大产业。
	能讯半导体	拥有国内首家 GaN 电子器件工厂, 采用 IDM 模式, 致力于宽禁带半导体氮化镓电子器件技术与产业化, 为 5G 移动通讯、宽频带通信等射频微波领域和工业控制、领域提供高效率的半导体产品与服务
	远创达	专注于提供包括 LDMOS、GaN、GaAs、VDMOS 等射频功率半导体器件

资料来源：各公司官网、天风证券研究所

## 5. 风险提示

1. 未来 5G 技术推进不及预期；
2. SiP 和 AiP 等封装技术推广进度不及预期；
3. 采用 GaN 等新材料射频器件推广进度不及预期；
4. 整个半导体行业不景气导致需求下降；

5. 中美贸易摩擦。

## 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，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将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。

## 一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

## 特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司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。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

## 投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

## 天风证券研究

北京	武汉	上海	深圳
北京市西城区佟麟阁路 36 号 邮编：100031 邮箱：research@tfzq.com	湖北武汉市武昌区中南路 99 号保利广场 A 座 37 楼 邮编：430071 电话：(8627)-87618889 传真：(8627)-87618863 邮箱：research@tfzq.com	上海市浦东新区兰花路 333 号 333 世纪大厦 20 楼 邮编：201204 电话：(8621)-68815388 传真：(8621)-68812910 邮箱：research@tfzq.com	深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 71 楼 邮编：518000 电话：(86755)-23915663 传真：(86755)-82571995 邮箱：research@tfzq.com