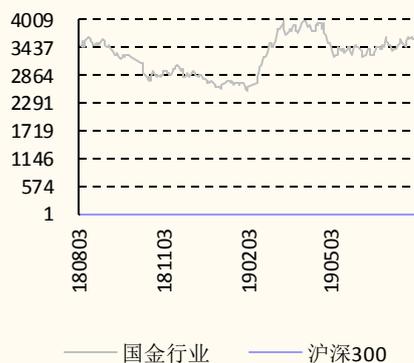


市场数据(人民币)

| | |
|-----------|---------|
| 市场优化平均市盈率 | 18.90 |
| 国金半导体指数 | 3528.46 |
| 沪深300指数 | 3747.44 |
| 上证指数 | 2867.84 |
| 深证成指 | 9136.46 |
| 中小板综指 | 8647.97 |



相关报告

- 1.《科创板半导体研究：扼住半导体咽喉的抛光液材料龙头安集微电子...》，2019.7.10
- 2.《科创板半导体研究：华兴源创的新一轮增长高峰将至-科创板半导体...》，2019.7.2
- 3.《科创板半导体研究：浪起于微澜之间-科创板半导体研究：浪起于微...》，2019.6.18
- 4.《库存减损压力浮现，行业进入亏损时期-存储芯片行业研究报告》，2019.6.10
- 5.《智能手机 AMOLED 大势所趋，显示面板行业触底回升-显示面板...》，2019.4.22

张纯 联系人
zhang_chun@gjzq.com.cn

樊志远 分析师 SAC 执业编号：S1130518070003
(8621)61038318
fanzhiyuan@gjzq.com.cn

5G 终端射频前端半导体行业：

变化中的机会，结构性的增长

投资建议

- 在本报告中，我们深入探讨了三大问题：① 5G 技术将如何影响智能手机射频前端？② 这些变化对不同器件的潜在价值变化如何？③ 这些变化会对竞争格局带来怎样的影响？
- 为什么看好 2020 年 5G 加速渗透？需求端：2019 年换机需求部分递延到明年。供给端：2019 年下半年的去库存和明年补库存。价格端：5G 手机售价往中低端渗透推动 5G 手机加速渗透。在中性假设下：假设 5G 手机渗透率与 4G 同步，2020 年全球的 5G 手机销量 1.8-1.9 亿部，国内至少 8000 万以上。乐观假设下：参考目前国内各厂商的 forecast 和假设苹果三款 5G 手机，国产品牌 2020 年 5G 手机加总超过 1.5 亿部，乐观情况下，2020 年全球的 5G 手机销量将接近 2.5 亿部，5G baseband/ap 和 射频前端半导体，有可能准备 2.8-3.0 亿颗。
- 5G 对射频前端的影响：Sub 6 器件数量增加，复杂度提升，更多的模块；毫米波颠覆性的变化。① Sub 6：5G 核心技术三大核心技术 CA、MIMO、更高阶的调制方案都会对射频前端器件数量，线性度等性能带来了新的挑战。② 射频前端模组化是趋势，5G 新增的射频前端将大部分是模块形式。③ 毫米波带来工艺和材料升级，物理形态的变化。
- 5G 射频前端：整体高增长，不同器件增长具有结构性。① 全球射频前端市场将由 2017 年的 151 亿美元，增加到 2023 年的 352 亿美元，年复合增速高达 14%。② 不同器件增加具有结构性：滤波器>LNA/开关/调谐>PA；③ 射频前端单机价值量测算：4G 高端机旗舰机目前射频前端 ASP 是 12-20 美元。5G 智能手机的射频成本最初很高，按目前价格，5G sub 6 的 2T4R 旗舰机射频前端 ASP 将高达 37 美金，预计到 2020 年年中中高端手机有望降到 28 美金，到 2020 年底或 2021 年，5G 渗透率持续下沉，射频前端 ASP 有望降到 20 美元出头。
- 竞争格局：海外寡头垄断，国内厂商迎来发展机会。射频前端当前竞争格局以美日企业寡头垄断，占据 90% 份额。第一梯队：美系厂商为主 Broadcom、Qorvo、Skyworks，村田，中高端市场；第二梯队：日系厂商 TDK、Taiyo Yuden；第三梯队：韩台陆厂，低端市场。对于未来格局判断，我们认为模组优于分立式，毫米波带来新玩家，看好持续国产替代，看好在特定领域产品做到国内龙头，具有模组化能力，或者与模组化能力的厂商合作厂商。

投资建议

- 1、全球来看：由于 5G 带来的射频前端行业增长，看好全球射频前端龙头公司以及新进入者，其中重点推荐：综合性射频前端厂商 AVGO (Broadcom) 和化合物半导体代工龙头稳懋，同时专注其实龙头厂商。
- 2、国内来看：看好国产化进程中各个细分领域龙头：开关/LNA 龙头卓胜微电子，PA 龙头 vanchip (联发科入股，未上市)，SAW 滤波器龙头无锡好达 (未上市)，同时关注其他未上市的细分领域龙头。

风险提示

- 5G 发展进度不及预期；厂商 5G 射频前端相关进展不及预期。

内容目录

| | |
|--|----|
| 一、终端射频前端：5G 手机加速渗透，带动射频前端高增长 | 5 |
| 1、射频前端：终端通信核心组成 | 5 |
| 2、通信技术升级，射频前端价值量倍增 | 5 |
| 3、5G 网络分步演进，终端芯片走向集成 | 7 |
| 4、2019 年是 5G 手机元年，2020 年有望加速渗透 | 8 |
| 二、5G 射频前端：变化中的机会 | 9 |
| 1、5G 核心技术：CA、MIMO、调制方案 | 9 |
| 2、sub 6G：核心技术给射频前端带来的变化 | 10 |
| (1) MIMO：增加独立射频通道，增加天线调谐和天线开关 | 10 |
| (2) 更多的 CA 和更高的频段：频段数不断增加 | 11 |
| (3) 更高阶的 QAM 调制：射频前端性能提升 | 14 |
| 3、毫米波：革命性的变化 | 14 |
| 4、射频前端半导体：模块化是必然趋势 | 16 |
| 三、4G 到 5G 射频前端空间测算：结构性的增长 | 20 |
| 1、整体高增长：元件数量+复杂度大增，市场空间翻倍增长 | 20 |
| 2、结构性：滤波器>LNA/开关/调谐>PA | 21 |
| (1) 滤波器：增速最快，贡献了射频前端 70%的增量 | 22 |
| (2) PA：整体增长相对平缓 | 24 |
| (3) 开关：快速增长，SOI 是首选技术 | 25 |
| (4) 天线调谐：随着天线数量和复杂度提升高速增长 | 27 |
| (5) LNA：随着接收通路增加稳定增长 | 28 |
| 3、5G 手机射频前端半导体价值量拆分以及测算 | 29 |
| 四、竞争格局：海外寡头垄断，国内厂商迎来发展机会 | 31 |
| 1、并购不断：射频前端模块化趋势+基带厂商向前端延伸 | 31 |
| 2、当前竞争格局：美日企业寡头垄断，占据 90%份额 | 32 |
| 3、未来格局判断：模组优于分立式，毫米波带来新玩家，国内厂商迎来机会 | 32 |
| 五、投资建议 | 33 |
| 六、风险提示 | 33 |
| 附录：国内外射频前端公司介绍 | 34 |
| 1、博通 (Avago)：产品多元化，BAW 滤波器全球龙头 | 34 |
| 2、Skyworks：模组化厂商，苹果是第一大客户 | 34 |
| 3、Qorvo：实力雄厚的射频前端精品公司 | 35 |
| 4、村田：积极布局射频前端 | 36 |
| 5、高通：射频前端新玩家，从基带到射频全产业链布局 | 37 |
| 6、国内射频前端厂商一览 | 37 |

图表目录

| | |
|--|----|
| 图表 1: 手机通信基本原理..... | 5 |
| 图表 2: 每一代蜂窝技术升级带来新技术和射频前端价值量提升..... | 6 |
| 图表 3: 手机中射频前端单机用量和价值量..... | 6 |
| 图表 4: 5G 的 NSA 和 SA..... | 7 |
| 图表 5: 5G 手机三个阶段的演进..... | 8 |
| 图表 6: 手机销量预测..... | 8 |
| 图表 7: 5G 手机销量中性预测..... | 9 |
| 图表 8: 5G 核心技术..... | 10 |
| 图表 9: MIMO 原理..... | 10 |
| 图表 10: RF 器件增加智能手机中可用天线容量和天线数量会受限..... | 11 |
| 图表 11: 载波聚合的原理和分类..... | 12 |
| 图表 12: 更多的载波聚合使得 5G 频段数激增..... | 12 |
| 图表 13: 网络升级, 频率不断升高..... | 13 |
| 图表 14: 不同的调制..... | 14 |
| 图表 15: 更高阶的 QAM 调制可以提升传输速率..... | 14 |
| 图表 16: LCP 封装整合射频前端模组, 高通 QTM052 天线模组..... | 15 |
| 图表 17: 毫米波带来工艺和材料升级..... | 16 |
| 图表 18: 射频前端模块化程度不断提升..... | 16 |
| 图表 19: 不同的射频前端模块..... | 17 |
| 图表 20: 手机射频前端的复杂度不断增加..... | 17 |
| 图表 21: 模块化趋势下射频功能的 PCB 密度不断提升..... | 18 |
| 图表 22: 射频前端模块化趋势..... | 18 |
| 图表 23: 模块化趋势下射频功能的 PCB 密度不断提升..... | 18 |
| 图表 24: 射频前端模块化趋势..... | 18 |
| 图表 25: 不同手机模块化程度..... | 19 |
| 图表 26: 射频模块的 BOM 占比越来越高..... | 19 |
| 图表 27: 射频前端模块化趋势..... | 20 |
| 图表 28: 不同手机模块化程度..... | 20 |
| 图表 29: 射频模块的 BOM 占比越来越高..... | 20 |
| 图表 30: 手机射频前端的复杂度不断增加..... | 21 |
| 图表 31: 射频前端结构性增长..... | 21 |
| 图表 32: 不同滤波器占比以及性能对比情况..... | 22 |
| 图表 33: BAW 滤波器市场份额..... | 22 |
| 图表 34: SAW 滤波器市场份额..... | 22 |
| 图表 35: 5G 射频滤波器发展路径..... | 23 |
| 图表 36: 射频滤波器市场空间..... | 23 |
| 图表 37: 滤波器出货量预测..... | 23 |

| | |
|---|----|
| 图表 38: 毫米波时代的滤波器技术..... | 24 |
| 图表 39: PA 市场空间..... | 24 |
| 图表 40: PA 出货量预测..... | 24 |
| 图表 41: 全球 PA 市场份额..... | 25 |
| 图表 42: 不同 PA 技术的占比变化..... | 25 |
| 图表 43: 射频前端中的开关..... | 26 |
| 图表 44: 开关市场空间..... | 26 |
| 图表 45: 开关出货量预测..... | 26 |
| 图表 46: 射频前端中的开关材料的变化..... | 27 |
| 图表 47: 5G 天线设计面临的挑战..... | 27 |
| 图表 48: 通过天线调谐和更小的天线解决天线设计难题..... | 27 |
| 图表 49: 天线调谐开关市场空间..... | 28 |
| 图表 50: 天线调谐开关出货量预测..... | 28 |
| 图表 51: 射频前端中的天线调谐开关技术的变化..... | 28 |
| 图表 52: LNA 市场空间..... | 29 |
| 图表 53: LNA 出货量预测..... | 29 |
| 图表 54: 射频前端中的 LNA 材料的变化..... | 29 |
| 图表 55: 5G 对射频前端的变化..... | 30 |
| 图表 56: 不同手机射频前端价值量测算 (3G/4G), 2018..... | 30 |
| 图表 57: 5G 射频前端价值量测算..... | 31 |
| 图表 58: 射频前端厂商收并购不断..... | 32 |
| 图表 59: 射频前端目前以 IDM 为主..... | 32 |
| 图表 60: 射频前端厂商产品线分布..... | 33 |
| 图表 61: 博通历史沿革..... | 34 |
| 图表 62: 博通收入构成..... | 34 |
| 图表 63: 博通营收和净利率..... | 34 |
| 图表 64: 博通毛利率和净利率..... | 34 |
| 图表 65: skyworks 营收和净利率..... | 35 |
| 图表 66: skyworks 毛利率和净利率..... | 35 |
| 图表 67: 苹果是 skyworks 第一大客户..... | 35 |
| 图表 68: skyworks 的 SAW 滤波器客户构成..... | 35 |
| 图表 69: Qorvo 营收和净利率..... | 36 |
| 图表 70: Qorvo 毛利率和净利率..... | 36 |
| 图表 71: 村田营收和净利率..... | 36 |
| 图表 72: 村田毛利率和净利率..... | 36 |
| 图表 73: 村田产品结构..... | 37 |
| 图表 74: 村田产品下游分布..... | 37 |
| 图表 75: 高通的 5G 方案..... | 37 |
| 图表 76: 国内射频前端公司一览..... | 38 |

一、终端射频前端：5G 手机加速渗透，带动射频前端高增长

1、射频前端：终端通信核心组成

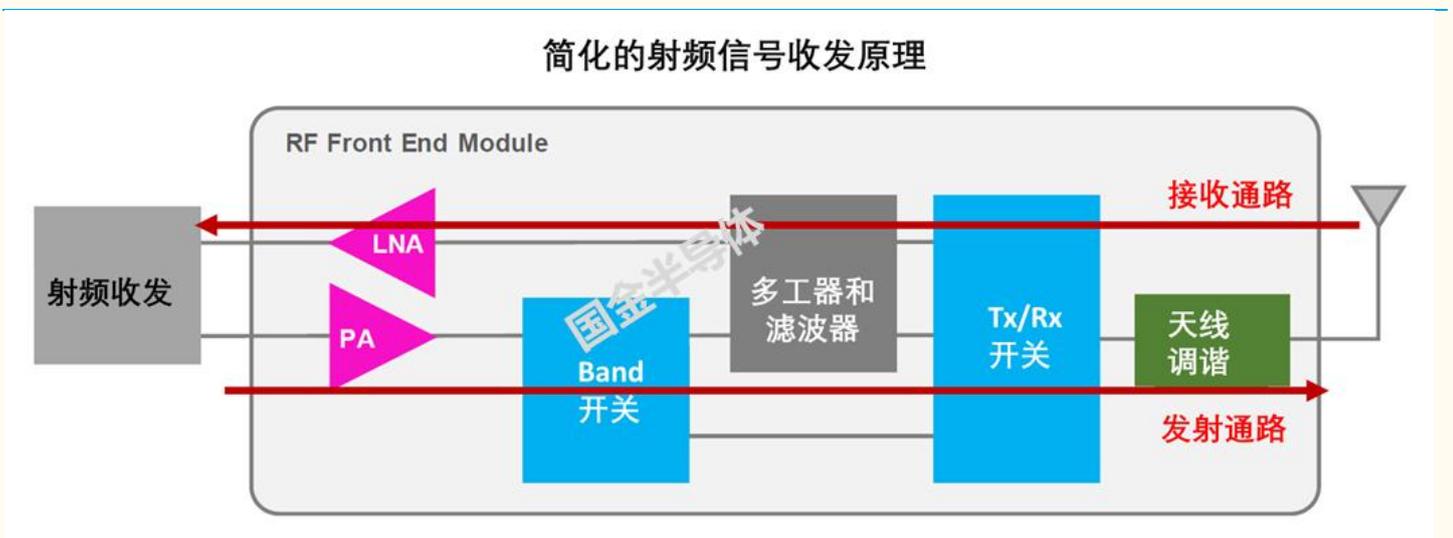
射频前端介于天线和射频收发之间，是终端通信的核心组成器件。手机通信模块主要由天线、射频前端、射频收发、基带构成，其中射频前端是指介于天线与射频收发之间的通信元件，包括：滤波器、LNA（低噪声放大器，Low Noise Amplifier）、PA（功率放大器，Power Amplifier）、开关、天线调谐。

- ✓ **滤波器：**用来滤除消除噪声，干扰和不需要的信号，从而只留下所需频率范围内的信号。双工器，三工器，四工器和多路复用器通常采用多个滤波器的组合，手机中使用的滤波器主要采用 SAW（表面声波）和 BAW（体声波）两种技术制造。
- ✓ **PA：**在发射信号时通过 PA 放大输入信号，使得输出信号的幅度足够大以便后续处理。PA 质量和效率因此对手机的信号完整性和电池寿命至关重要。用于放大接收信号的称为低噪声放大器（LNA）。
- ✓ **开关：**开关在打开和关闭之间切换，允许信号通过或不通过。可分为：单刀单掷、单刀双掷、多刀多掷开关。
- ✓ **天线调谐器：**天线调谐器位于天线之后但在信号路径的末端之前，使得两侧的电特性彼此匹配以改善它们之间的功率传输。由于实现匹配的方式因信号频率而异，因此该设备必须是可调的。

从具体信号传输路径来说：

- ✓ **信号接收路径：**天线（接收信号）→开关&滤波器→ LNA（小信号放大）→射频收发→基带。
- ✓ **信号发射路径：**基带→射频收发→PA（功率放大器）→开关&滤波器→天线（发射信号）。

图表 1：手机通信基本原理

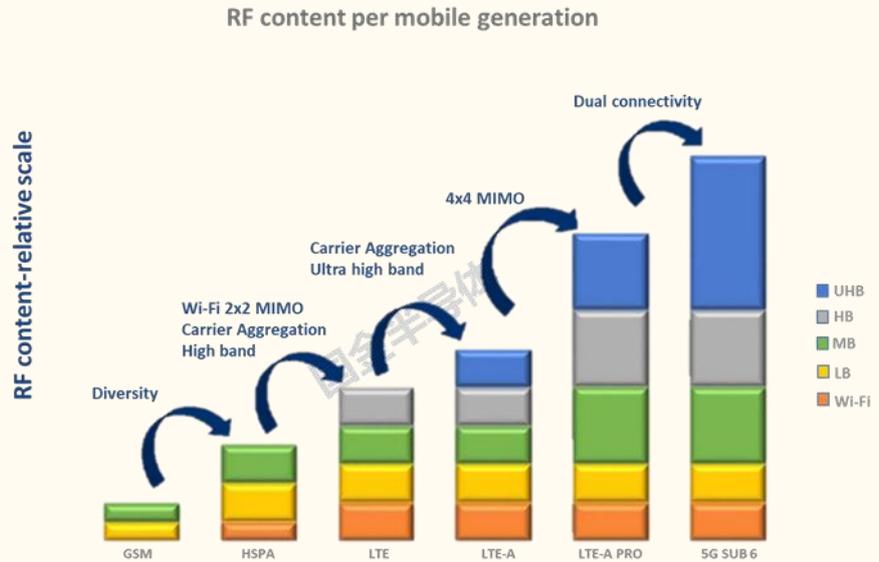


来源：yole，国金证券研究所

2、通信技术升级，射频前端价值量倍增

每一代蜂窝技术都会带来新技术和新的射频前端价值量。回顾从 2G 到 4G 技术的发展，每一代蜂窝都带来了新的技术，从 2G 到 3G 增加了接收分集，3G 到 4G 增加了载波聚合，更高的频段和 wifi 的 2x2 MIMO（Multi-input Multi-output），4.5G 的进一步升级由增加了超高频，4x4 MIMO，更多的载波聚合。更多的频段，更多的技术带来了相应的射频前端元器件的价值量不断增加。

图表 2：每一代蜂窝技术升级带来新技术和射频前端价值量提升

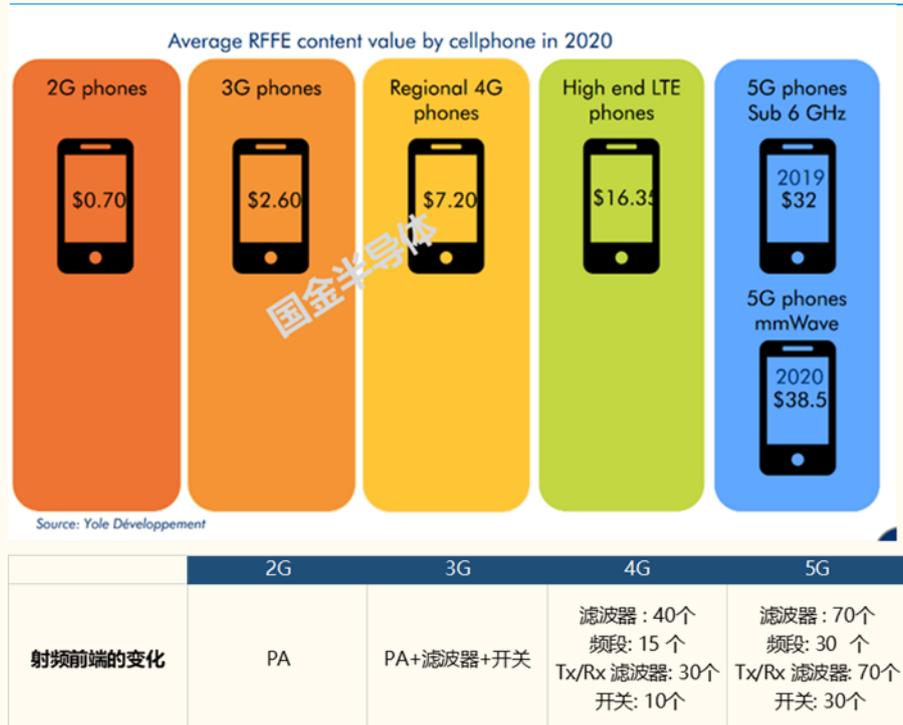


来源：yole，国金证券研究所

价值量来看：① 2G 到 4G，射频前端单机价值量增长超 10 倍，② 4G 到 5G，射频前端单机价值量增长有望超三倍。

- ✓ **2G**：平均成本 < 1 美金，结构简单，只需要 1 个 PA 搭配一组滤波器及天线开关就可运行；**3G**：平均成本 2.6 美金，增加了接收线路，相应的元件用量增加。
- ✓ **4G**：平均成本 7.2 美金，频段数量不断增加，元件数量与复杂度远较 2G/3G 终端更大。
- ✓ **4.5G**：平均成本 16.35 美金，更多载波聚合增加了更多的元件。
- ✓ **5G**：平均成本 > 50 美金，频段更提升至 6GHz 及毫米波段，带来更多射频元件以及更多高价值量的射频元件。

图表 3：手机中射频前端单机用量和价值量

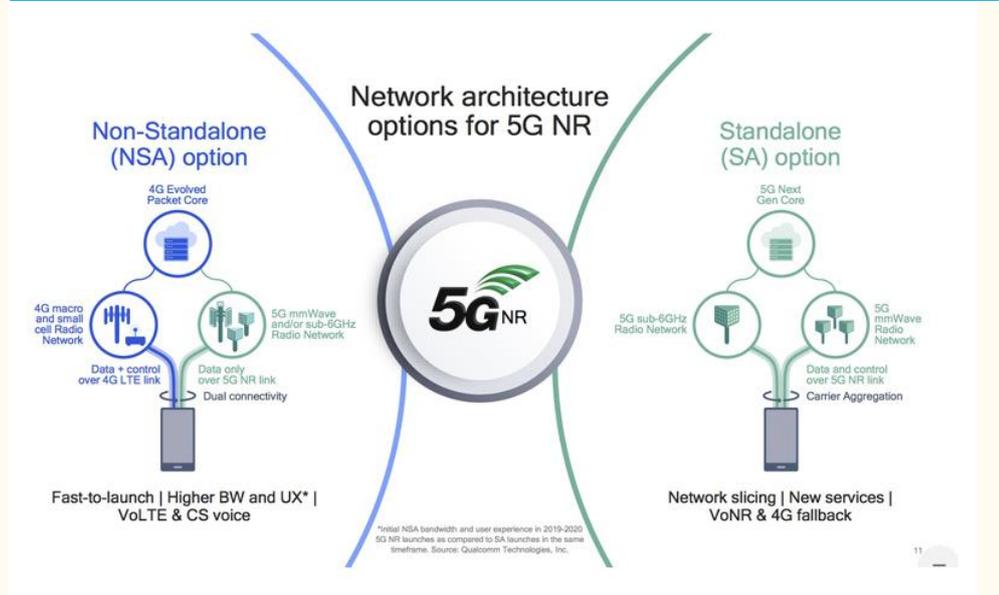


来源: yole, 国金证券研究所

3、5G 网络分步演进，终端芯片走向集成

网络端，从 NSA（非独立组网）到独立组网（SA）。5G 网络建设分两步，早期 5G 部署将会使用非独立组网的方式，即利用 4G 的核心网络进行 5G 的覆盖，同时兼容 4G，该架构将逐渐升级到独立组网（SA）。

图表 4：5G 的 NSA 和 SA

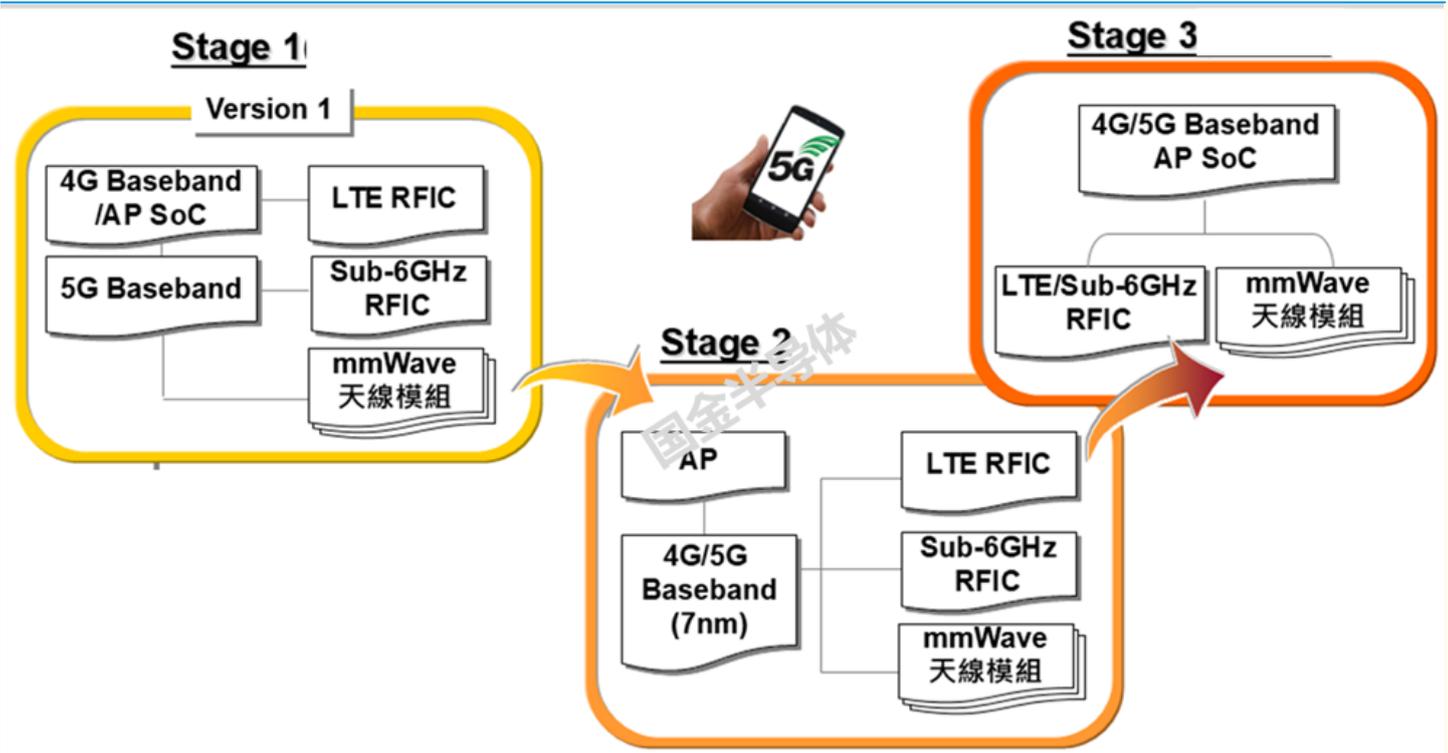


来源: 高通, 国金证券研究所

为了节省成本、空间和功耗，5G SoC 和 5G 射频芯片的集成将会是趋势，而 5G 智能型手机设计有三个演进阶段：

- ✓ **第一阶段：**初期 5G 与 4G LTE 数据的传输将以各自独立的方式存在。5G 技术多来自 LTE-Advanced Pro 的演进发展，但 4G 和 5G 两者的编码方式不同，且使用的频段各异，因此，初期 5G 与 4G 数据的传输将以各自独立的方式存在。智能型手机部分将是 1 个 7 纳米(nm)制程的 AP 与 4G LTE(包含 2G/3G)基频芯片的 SoC，并配置一组射频芯片(RFIC)。而支持 5G 数据 传输端则完全是另一个独立配置存在，包括一个 10nm 制程、能同时支持 Sub-6GHz 及毫米波段的 5G 基频芯片，前端配置 2 个独立的射频元件，包括一个支持 5G Sub-6GHz 射频 IC，另一个支持毫米波射频前端天线模块。
- ✓ **第二阶段：**5G 智能型手机市场仍处于早期阶段，加上制程良率与成本等考量，主流配置仍会是一颗独立 AP 与一个体积更小的 4G/5G 基带芯片。
- ✓ **第三阶段：**将会实现 AP 与 4G/5G 基频芯片 SoC 的解决方案，LTE 与 Sub-6GHz 射频 IC 也可望进一步集成。而毫米波射频前端仍必须以独立模块存在。

图表 5: 5G 手机三个阶段的演进

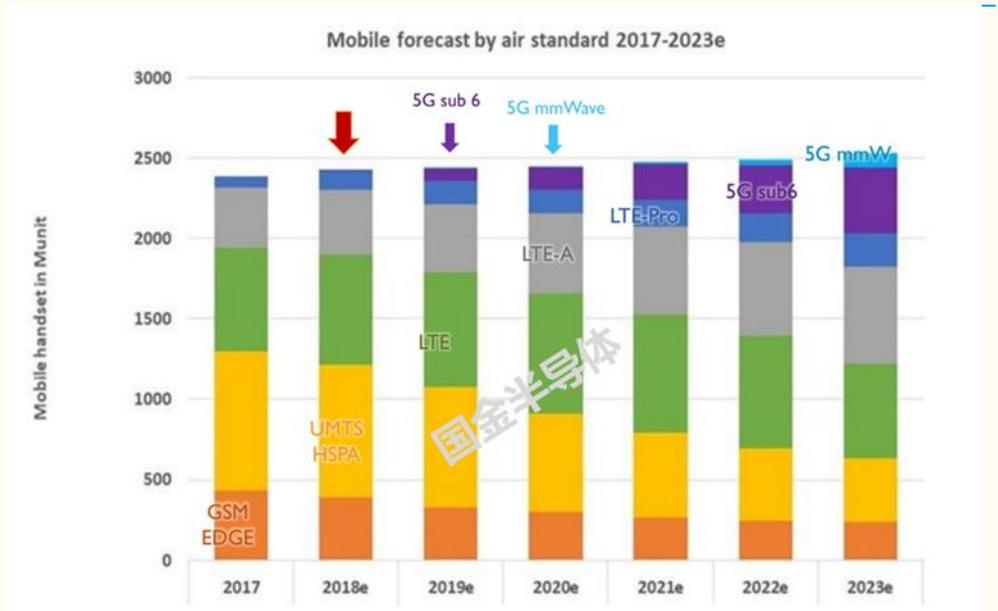


来源: digitimes, 国金证券研究所

4、2019 年是 5G 手机元年，2020 年有望加速渗透

2019 年是 5G 手机元年，sub 6G 手机 2020 年开始加速渗透。在运营商网络部署初期，毫米波手机使用效益相对较低，同时由于成本与体积问题的存在，预计 2019-2022 年将以 Sub 6G 为主。

图表 6: 手机销量预测



来源: yole, 国金证券研究所

为什么看好 2020 年 5G 加速渗透？

需求端：2019 年下半年的换机需求有一部分会递延到明年购买 5G 手机；

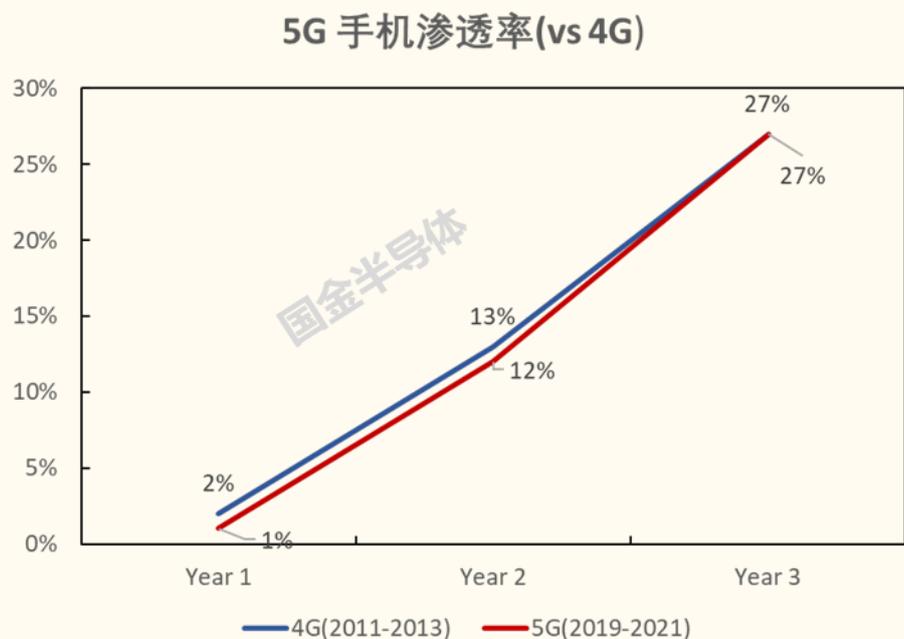
供给端：2019 年下半年的去库存和明年补库存。2019 年下半年手机厂商一定会大规模的去 4G 手机的库存，因为到明后年这部分机型很难卖出去了；同时，到明后年，5G 手机相对成熟，又要开始一波补库存。

价格端：5G 手机售价往中低端渗透推动 5G 手机加速渗透，华为 Mate 20 X 5G 手机售价六千多价格低于预期，我们认为这是一个很好的信号，预计国内 5G 手机的渗透到 2020 年中有望到 3000 元以上的机型，到 2020 年底 2021 年将渗透到 2000 元以上的机型。

尽管手机整体市场增长放缓，但由于射频元件随着网络升级是累加的，随着 LTE-A Pro 复杂度的提升和 5G 射频元件的增加，射频前端市场仍然会持续高增长。

在中性假设下，假设 5G 手机渗透率与 4G 同步，2020 年全球的 5G 手机销量 1.8-1.9 亿部，国内至少 8000 万以上。**乐观假设下：**参考目前国内各厂商的 forecast 和假设苹果三款 5G 手机，国产品牌 2020 年 5G 手机加总超过 1.5 亿部，乐观情况下，2020 年全球的 5G 手机销量将接近 2.5 亿部，5G baseband/ap 和射频前端半导体，有可能准备 2.8-3.0 亿颗。

图表 7：5G 手机销量中性预测



来源：yole，国金证券研究所

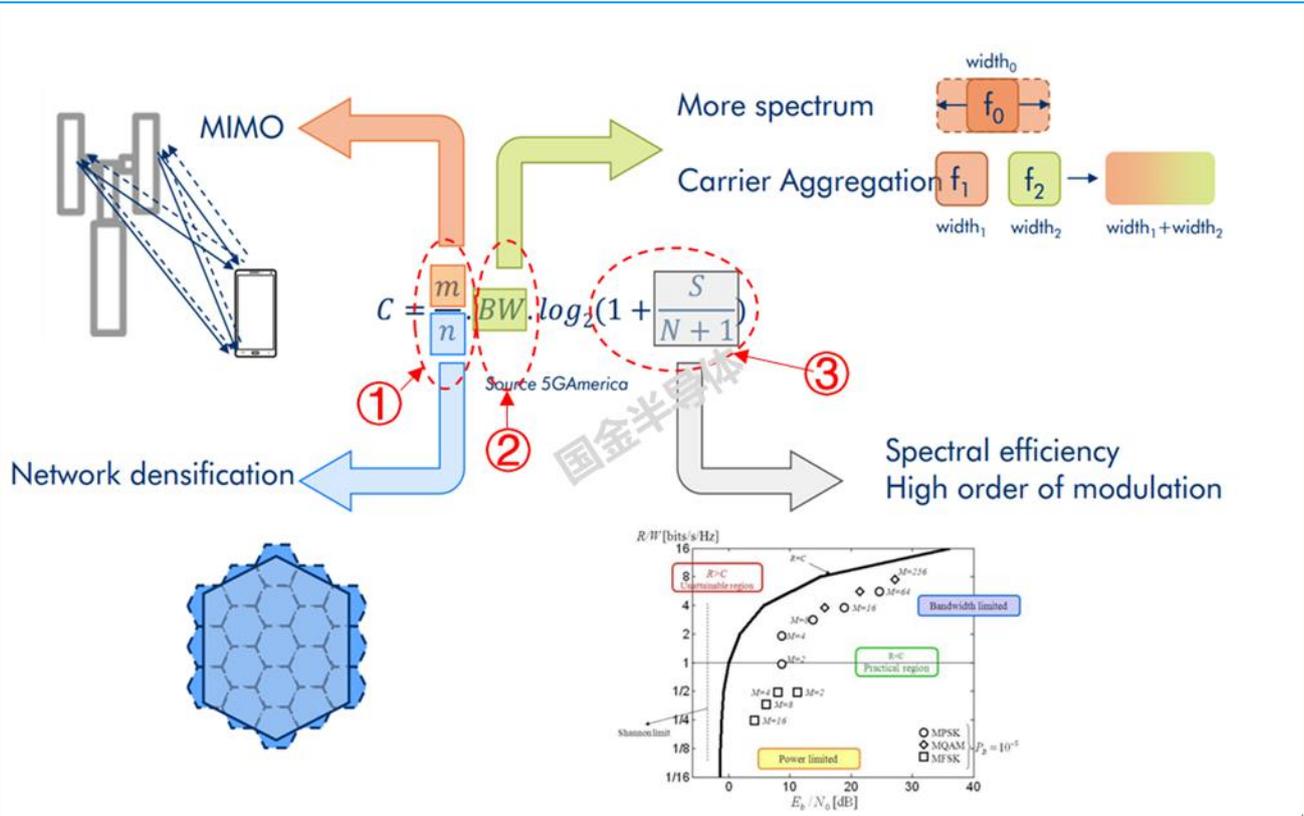
二、5G 射频前端：变化中的机会

1、5G 核心技术：CA、MIMO、调制方案

5G 技术变化比较多，我们会听到很多相关名词，比如载波聚合、massive MIMO，高阶 QAM（正交振幅调制，ature Amplitude Modulation）等等。事实上整个通信技术的升级都是围绕着香农定理，而相关的技术升级也是围绕是香农公式提高系数①②③信道容量 C，具体来说：

- ✓ 增加系数①的物理含义是：增加 MIMO 数和增加基站密度（超密集组网）；
- ✓ 增加系数②的物理含义是：增加频谱宽度，一种是使用新的频段，比如增加 sub6 G 和毫米波段的新频谱，或者是 CA（载波聚合） 的方式提升频谱使用效率。
- ✓ 增加系数③的物理含义是：提高信噪比，主要是通过 更高阶的 QAM 调制方式。

图表 8: 5G 核心技术



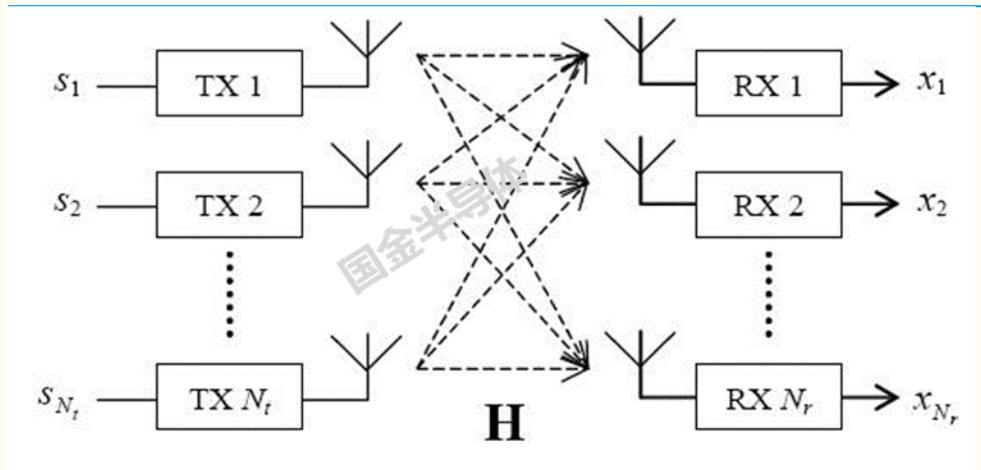
来源: yole, 国金证券研究所

2、sub 6G: 核心技术给射频前端带来的变化

(1) MIMO: 增加独立射频通道, 增加天线调谐和天线开关

MIMO: 是一种使用多根天线发送信号和多根天线来接收信号的传输技术。实现在相同频带内的同一载波上传输不同的信息。这种技术又被称为空间复用, 每个天线单独馈点。5G-Sub 6G 将增加更多的 MIMO, 4x4 下行链路 MIMO 将是 5G 的强制要求。

图表 9: MIMO 原理



来源: 微波射频网, 国金证券研究所

对射频器件的影响:

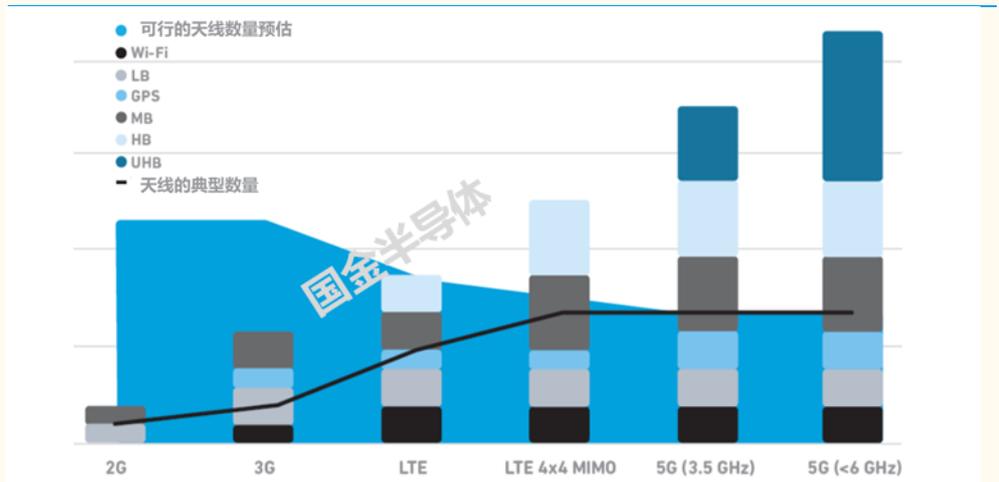
- ✓ 需要更多的天线和更多的独立射频通道, 相应射频前端元件同步增加。

5G sub 6G 手机端，4x4 下行链路 MIMO 将是强制要求，可能会是 1T4R (NSA) 或者 2T4R (SA)，这对已经支持可选下行 4x4 LTE MIMO 的手机设计，这种改变并不明显，对于其他许多手机需要大幅增加射频器件 (LNA, 开关、滤波器等)、信号路由复杂性和天线带宽，需要 4 根天线和 4 个独立的射频通道。如果考虑上行 MIMO，增加的元器件更多 (PA, 开关, 滤波器等)。

✓ 高性能的天线调谐 (antenna tuner) 和天线转换开关用量增加。

更多的 MIMO 需要增加更多的天线，但是由于手机空间有限，单台手机可装载的天线数量有限，因此需要使每根天线能够高效地支持更宽的频率范围，将天线数量保持在可承受范围内。①更多的 antenna tuner 来提高辐射效率；②由于增加的天线数量有限，需要高性能天线转换开关能够最大化信号连接的数量，因此天线开关的数量也会增加。

图表 10: RF 器件增加智能手机中可用天线容量和天线数量会受限



来源: Qorvo, 国金证券研究所

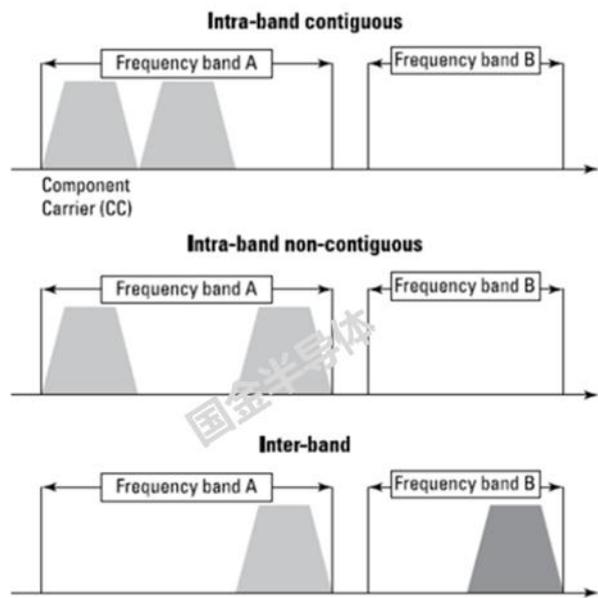
(2) 更多的 CA 和更高的频段: 频段数不断增加

根据本章第一小节的分析，提升频谱宽度能提高信道容量，进而提升传输速率。而提升频谱宽度有两种方式，一种是通过载波聚合 (CA) 提高频谱使用效率；另一种是发展新的频谱。

■ 载波聚合 (CA)

载波聚合 (CA) 提升频谱使用效率。CA 是将多个载波聚合成一个更宽的频谱，同时可以把不连续的频谱碎片聚合到一起，提高传输速率和频谱使用效率。可分为：带间载波聚合、带内载波聚合 (连续/不连续)。

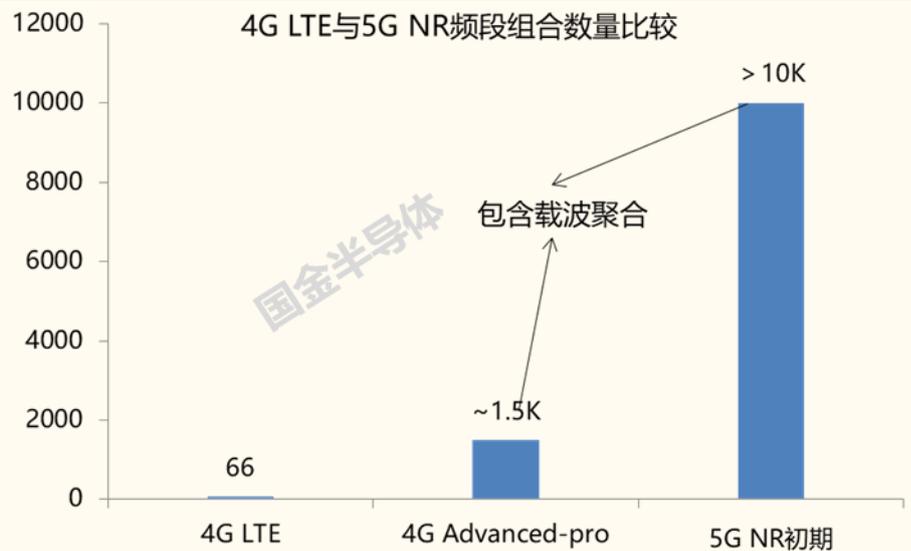
图表 11：载波聚合的原理和分类



来源：3GPP，国金证券研究所

载波聚合带来频段数的大幅增加。从 4G LTE 到 4G LTE-Advanced Pro，载波聚合组合的数量呈指数级增长，频段数也快速增加，从 4G LTE 的 66 个增加到 4G LTE-Advanced Pro 1000 多个，5G 将带来更多的载波聚合，预计总频段数将超过 1 万个。

图表 12：更多的载波聚合使得 5G 频段数激增



来源：digitimes，国金证券研究所

载波聚合对射频前端的影响：

✓ 天线开关数增加；

由于载波聚合带来了频段数量的大幅度增加，但是不会带来天线数量的增加，因此天线开关数量会增加。

✓ 滤波器数量大幅增加；

滤波器的数量会大幅增加，因为载波聚合会带来频段数的增加，而增加一个频段需要增加至少 2-3 个滤波器。

✓ PA 和 LNA 不一定会增加，其他开关数也会增加。

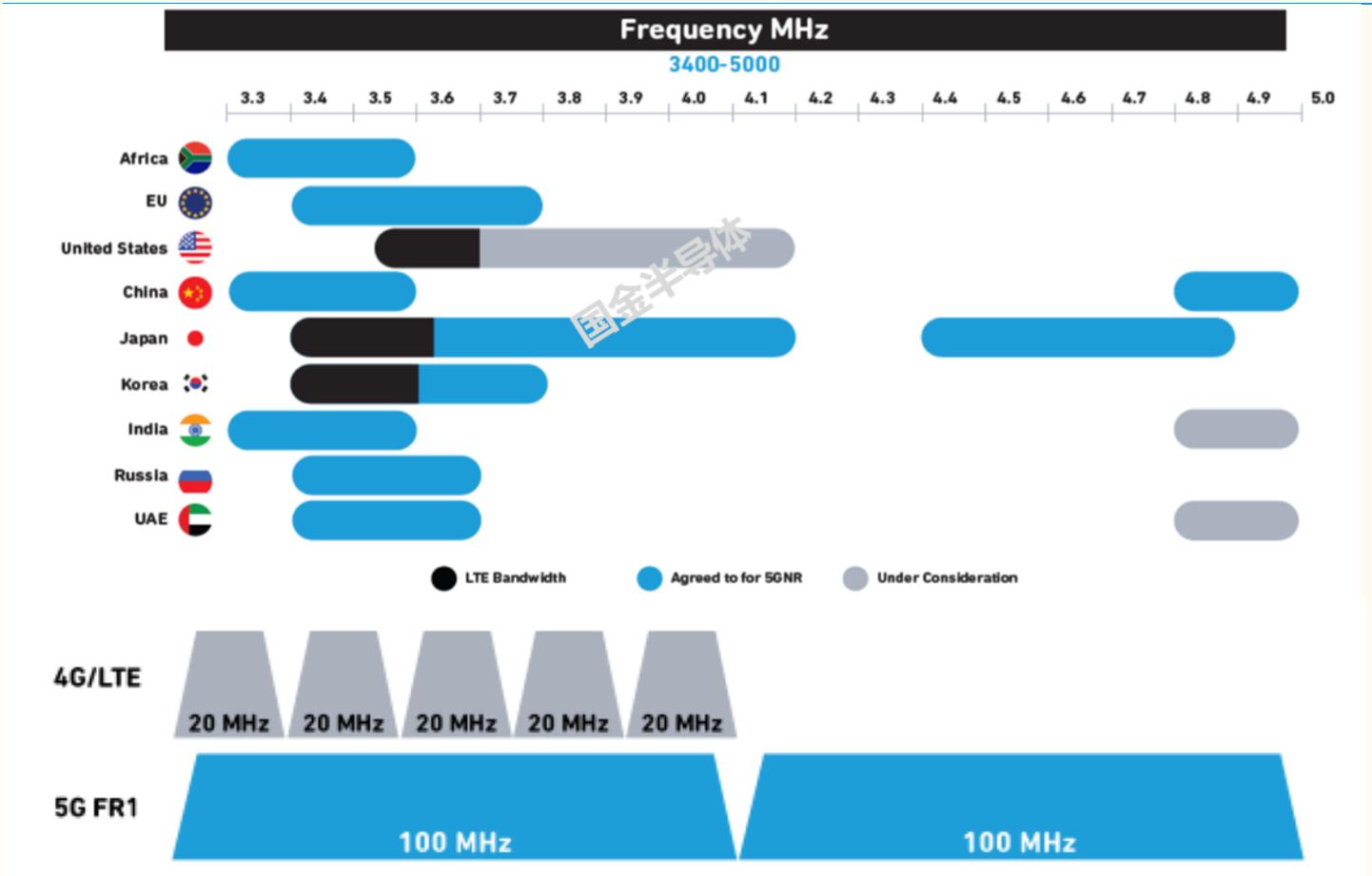
因为 PA 和 LNA 带宽比较宽，可以多个频段共用，用开关切换，因此相应的 PA、LNA 的开关数也会增加。

■ 发展新频谱使用资源

发展新频谱使用资源是通信技术发展的持续推动的方向。例如 2G 仅使用 900MHz、1800MHz 两个频段，3G 新增 1.9GHz、2.1GHz、2.6GHz 等几个主要频段，而 4G 通讯发展至今已定义多达 60 多个频段。5G NR 已定义的频谱范围则提高至 6GHz(FR1)，及过去蜂巢式行动网络从未使用过的毫米波段 (FR2)。

新的频谱资源开发有朝更高频段、更大频谱使用范围发展的趋势，5G 通讯使用更高的频段，一方面是寻求更多可作为全球通讯使用的频段，二方面是高频段拥有更宽广的频谱资源，能提供 Gbps 级传输应用服务。如 4G LTE 移动通信技术使用频段从 700MHz 横跨至 3.5GHz，而在 Rel.15 版本的 5G NR 已定义的频谱范围则提高至 6GHz(FR1)，及过去蜂巢式行动网络从未使用过的毫米波段(FR2)。

图表 13：网络升级，频率不断升高



来源: digitimes, yole, qorvo, 国金证券研究所

5G 新频谱对射频前端的影响:

① 更多更高的频段:

- ✓ 更多的频段带来射频元件的同步增加。
- ✓ 滤波器: BAW/FBAR 用量的增加。

由于 SAW 只支持 2G 以内的频段，因此 5G-sub 6G 将带来适合 2G 以上高频段的 BAW/FBAR 用量的增加；

② **更大的带宽：**最大单通道带宽由 4G 的 20 MHz 变为 5G sub6 的 100 MHz。

✓ 在一定情况下需要使用适合大带宽的 LTCC（低温共烧陶瓷，Low Temperature Co-fired Ceramic）陶瓷滤波器。

带宽变得越宽，滤波器的一致性难度提升，温漂问题难度增大，在一定情况下需要使用适合大带宽的 LTCC 陶瓷滤波器。

✓ PA 性能提升，需要覆盖更大的带宽。

(3) 更高阶的 QAM 调制：射频前端性能提升

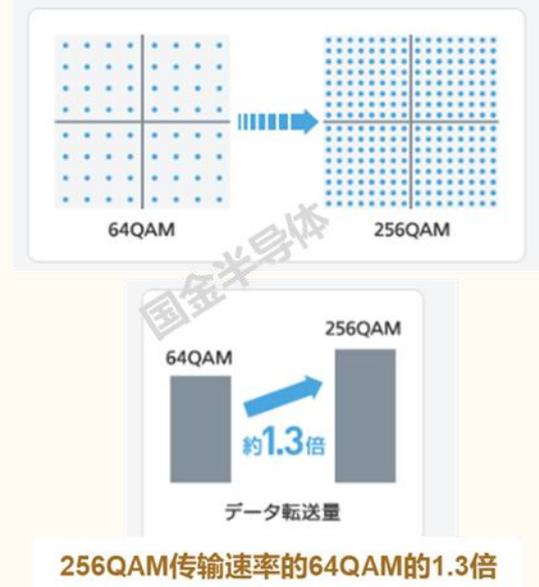
QAM 调制又叫正交幅度调制，把多进位与正交载波技术结合起来，进一步提高频带利用率。更高阶的 QAM 调制可以提升传输速率，256QAM 调制的速度是 64QAM 调制的 1.3 倍。5G 将会使用更高阶的 QAM 调制。

图表 14：不同的调制

| 3G | 4G LTE | 5G NR |
|----------------|--------------------------|---|
| QPSK 16 QAM | QPSK 16 QAM 64 QAM | $\pi/2$ -BPSK QPSK 16 QAM 64 QAM 256QAM |

来源：3GPP，国金证券研究所

图表 15：更高阶的 QAM 调制可以提升传输速率



来源：digitimes，国金证券研究所

更高阶的 QAM 调制对射频前端的影响：

✓ PA 等射频器件需要更高线性度等性能。

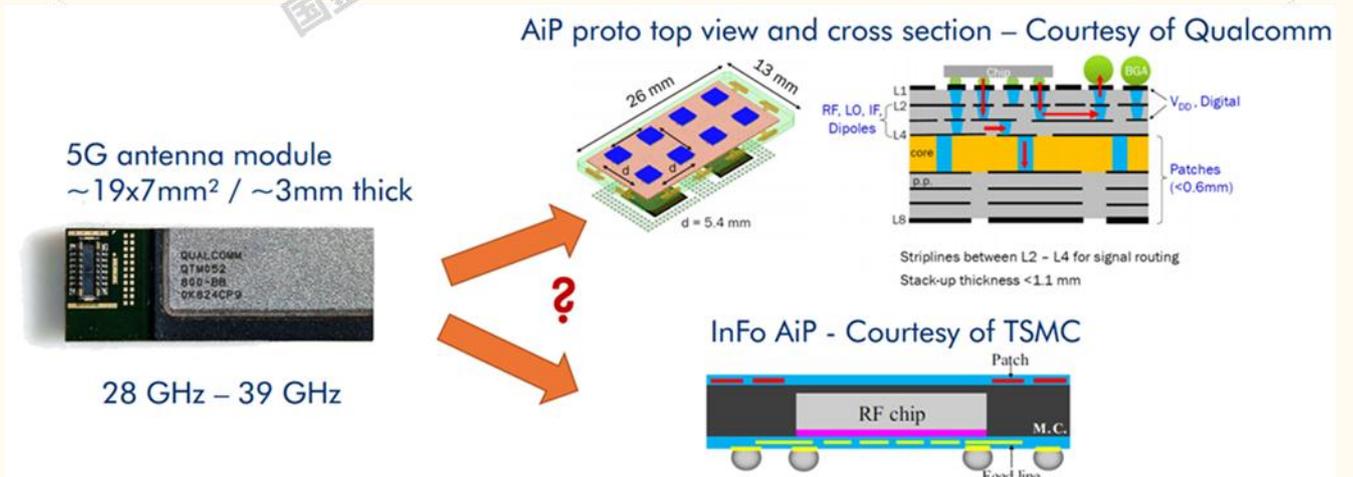
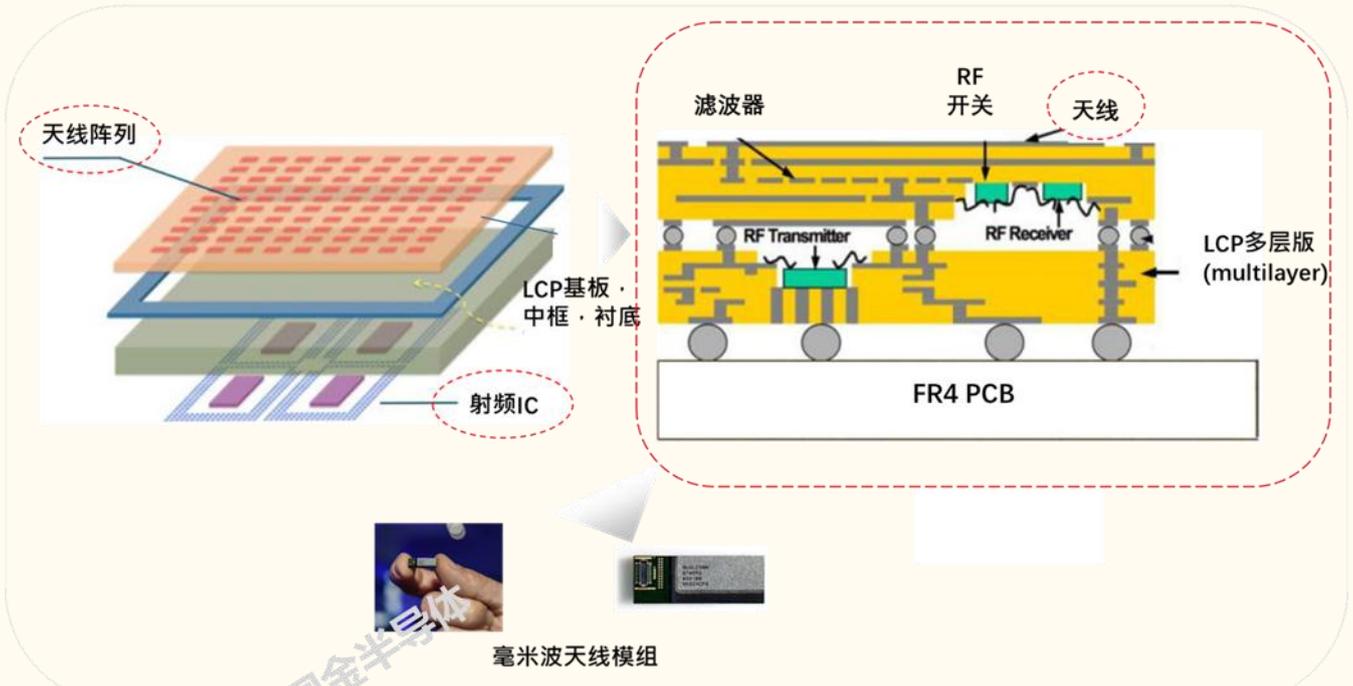
QAM 调制点的数量越多，发送的信息越多，频谱效率越高。但点数越多，它们在载波上的幅度越接近，信号越可能受到噪音或干扰。RF 组件的性能必须提高。比如 QAM256 调制将需要更高的 PA 线性度。此外满足这些 PA 性能要求可能会带来功耗上的挑战。

3、毫米波：革命性的变化

毫米波射频前端和天线整合成毫米波（mmWave）天线模块。毫米波射频模块不仅可以集成 PA，滤波器，开关和 LNA，还可以集成天线和天线调谐器，最终通过 AiP 或 AoP 技术封装成毫米波天线模组，在这个模组内把天线预先整合好，提前做好天线的调整工作，让所有器件都能更智能地协同工作，从而很容易形成波束，保障信息传输质量。

图表 16: LCP 封装整合射频前端模组, 高通 QTM052 天线模组

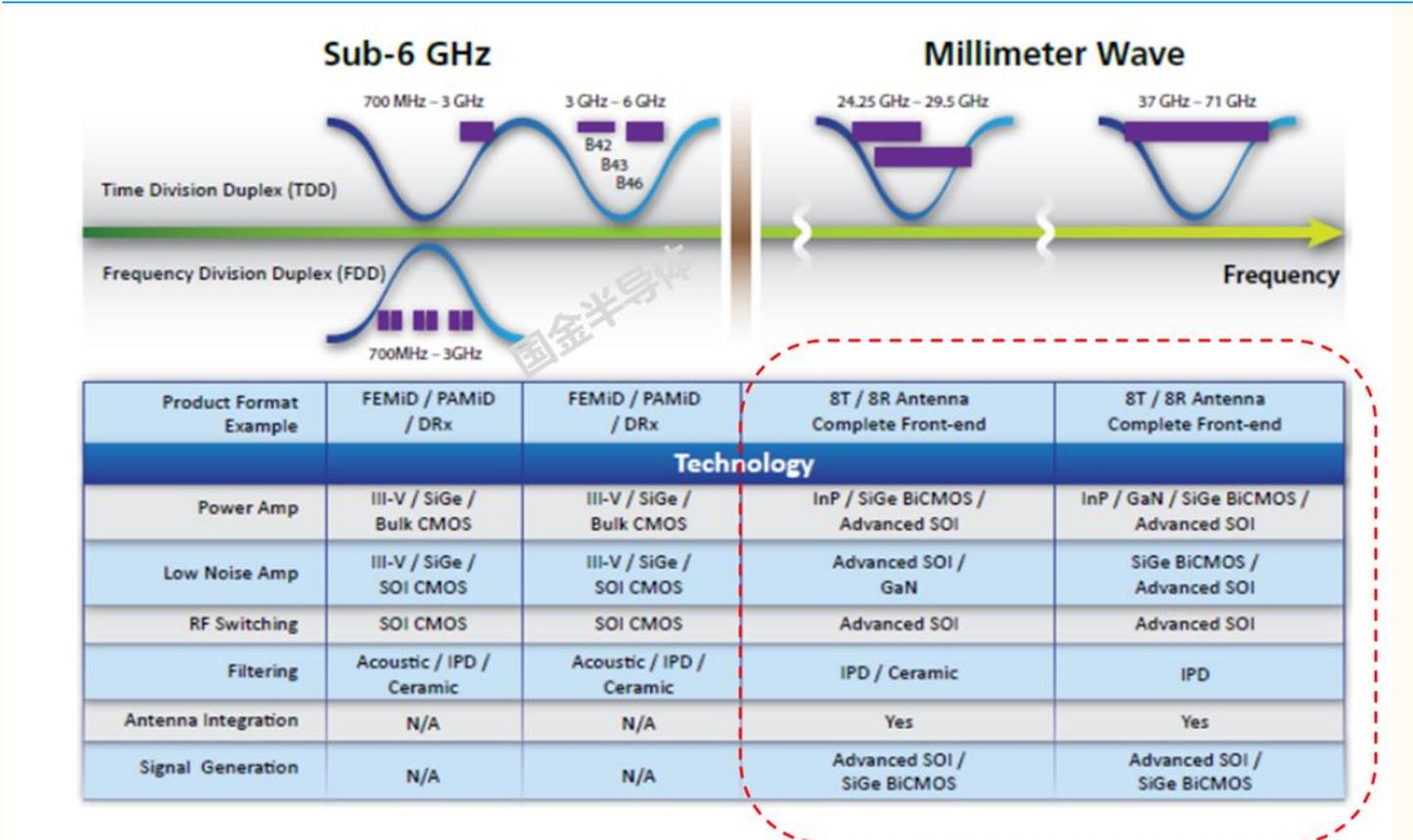
LCP封装整合射频前端模组·实现用户终端轻薄化需求



来源: digitimes, yole, 国金证券研究所

毫米波带来工艺和材料升级。滤波器：由于 BAW 目前一般支持频段 6G 以内，因此毫米波段有望使用 IPD 或者陶瓷等技术；PA&LNA&开关：毫米波段的应用将会采用更多 advanced SOI 技术。

图表 17: 毫米波带来工艺和材料升级

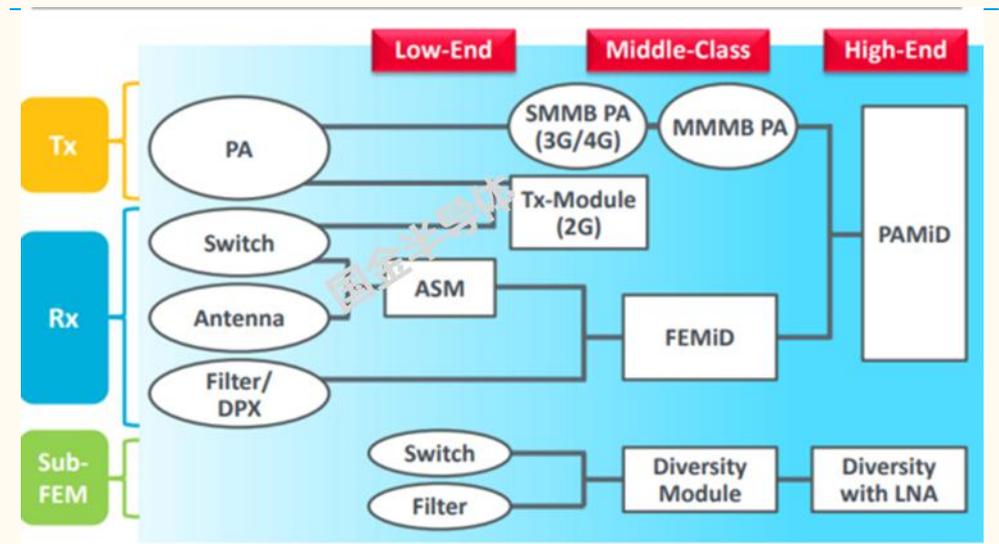


来源: GTI, 国金证券研究所

4、射频前端半导体：模块化是必然趋势

射频前端半导体模块化是趋势。由于智能型手机空间有限，而元件增加，射频前端元件模块化是必然趋势。4G 时代集成度不同的射频前端模组种类较多，比如 ASM, FEMiD, PAMiD 等等。目前模组化程度最高的是 PAMiD，由于 PA 使用 GaAs HBT, LNA 和射频开关使用的 RFSOI 等，滤波器采用 MEMS 工艺，因此滤波器的集成是难点。

图表 18: 射频前端模块化程度不断提升



来源: murata,, 国金证券研究所

图表 19: 不同的射频前端模块

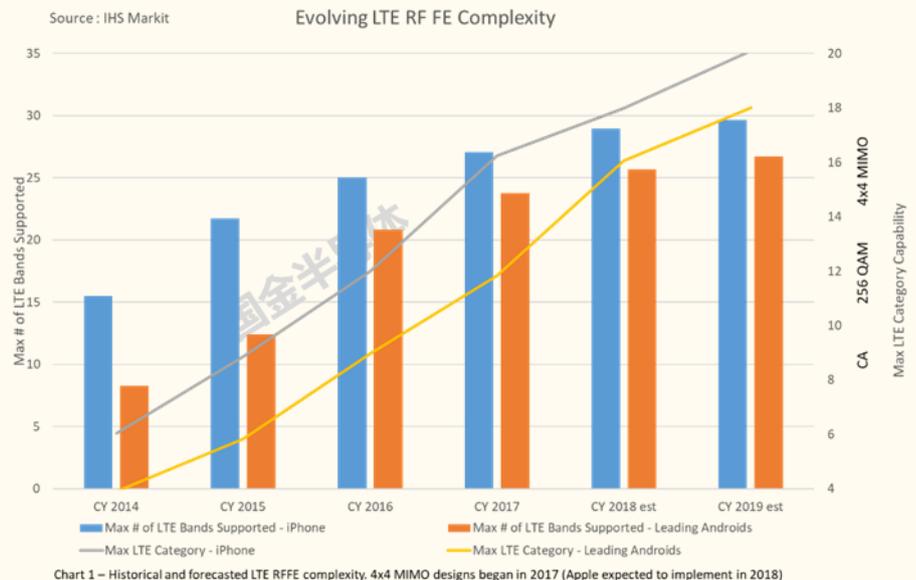
| 不同的射频前端模组 | |
|------------------|---|
| ASM | Antenna Switch Module = Antenna Switch + Filter |
| Div FEM | Diversity Front-End Module |
| Diversity Module | Switch + Filter |
| DPX | Duplexer |
| DRx | Diversity Receive |
| FEM | Rx-Module=Front-End Module=ASM+Filter |
| FEMiD | Front-End Module+Duplexer=ASM+Duplexer |
| LNA Div FEM | Div FEM+LNA |
| LPAMiD | Low-noise Power Amplifier Module+Duplexer |
| LPAMiF | Low-noise Power Amplifier Module+Filter |
| MMMB PA | MMPA=Multi-mode Multi-band Power Amplifier |
| PAD | PAiD=PAM+Duplexer |
| PAM | PA Module |
| PAMiD | Power Amplifier Module+Duplexer |
| PAMiF | Power Amplifier Module+Filter |
| Rx-Module | FEM=Front-End Module=ASM+Filter |
| SMMB PA | Single-mode Multi-band Power Amplifier |
| S-PAD | Switch+PAD |
| Tx-Module | PAM+ASM |

来源: murata,, 国金证券研究所

■ 复杂度提升, 空间有限, 促进模块化趋势

随着通信技术的升级, 手机射频前端的复杂度不断提升。如下图 iPhone 和 Android LTE RFFE 的设计演变。LTE 演进的下一步功能更高设备中引入更高阶调制 (256QAM), 将 3x20MHz 系统的最大理论吞吐量推至 600mbps 或速度提高 33%。此外, 不久之后实施了 4x4 MIMO 天线布局。同样, 这些进步增加了 RFFE 整体的复杂性。

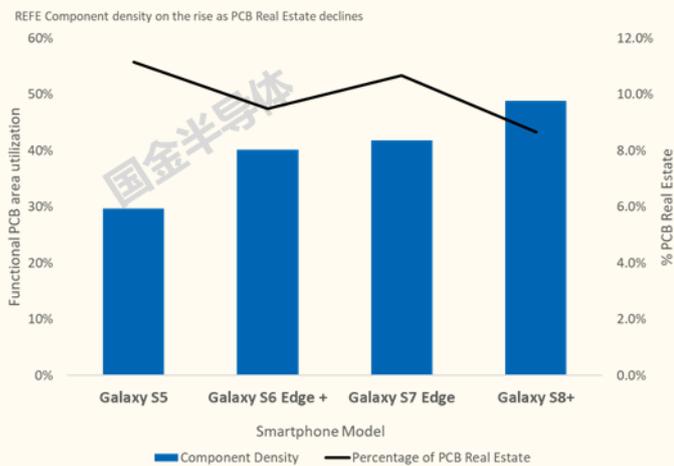
图表 20: 手机射频前端的复杂度不断增加



来源：IHS，国金证券研究所

分配给射频前端的 PCB 板面积没有增加，模块化成必然趋势。尽管射频前端的用量和复杂性急剧增加，但分配给该功能的 PCB 空间量却不断下降，通过模块化提高前端器件的密度成为趋势。

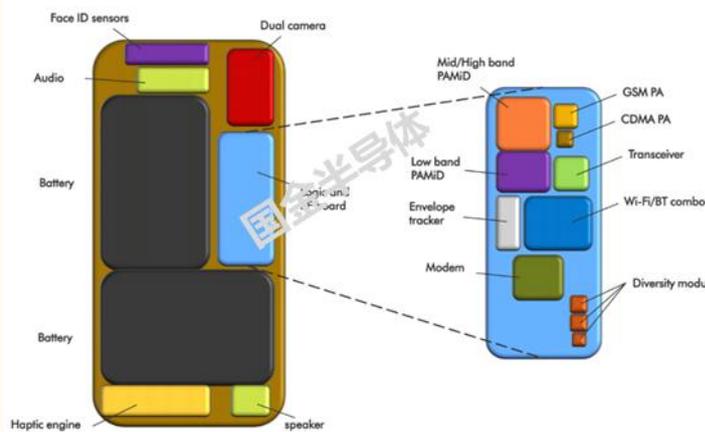
图表 21：模块化趋势下射频功能的 PCB 密度不断提升



Notes: RFFE includes RF Transceiver, PA, PAM, PAD, Tx module, switch and switch module, duplexer and duplexer module, discrete RF filters, and other passive devices

来源：IHS，国金证券研究所

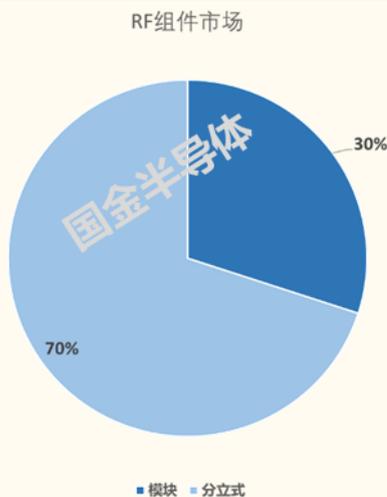
图表 22：射频前端模块化趋势



来源：yole，国金证券研究所

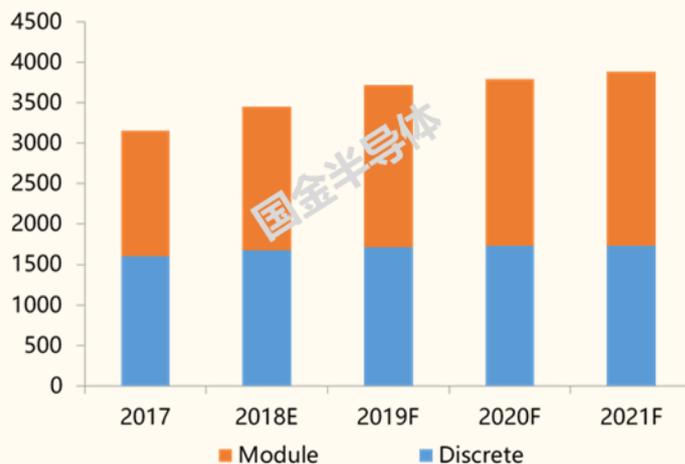
目前射频组件中模块占市场的 30%，未来比例会逐渐上升。根据 Navian 估计模块现在占 RF 组件市场的约 30%，在模块化趋势下，该比率将在未来逐渐上升。从村田滤波器出货来看，模块中滤波器出货占比目前超过了 50%，预计未来比例也将逐步增加。

图表 23：模块化趋势下射频功能的 PCB 密度不断提升



来源：Navian，国金证券研究所

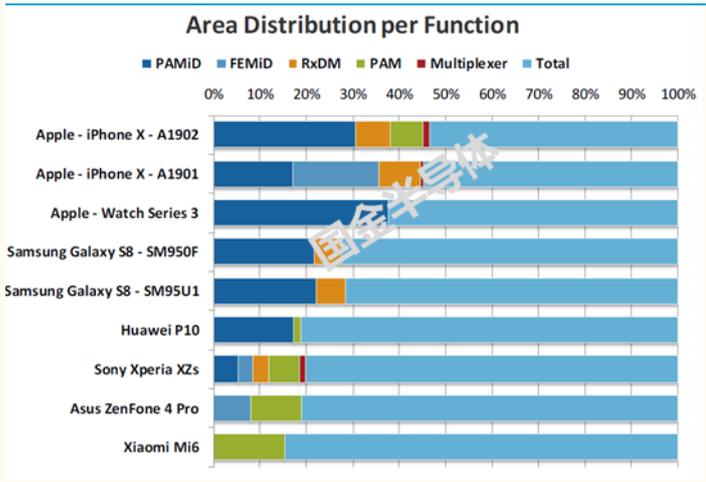
图表 24：射频前端模块化趋势



来源：murata，国金证券研究所

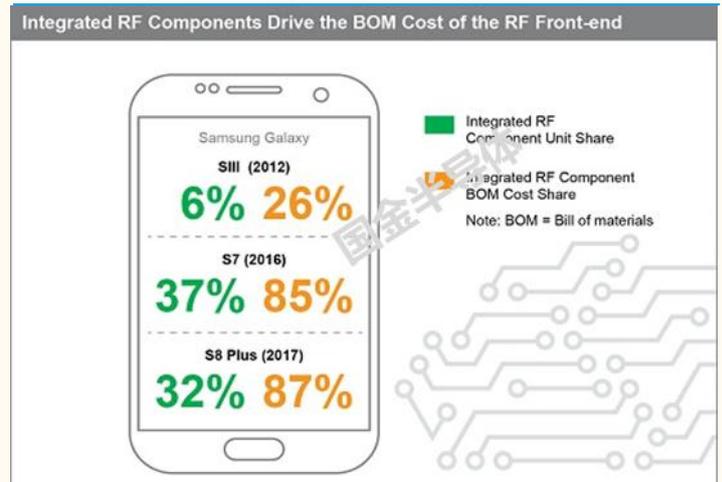
苹果，三星，华为，小米等大部分手机都有不同程度的模块化。按面积来看，以 iPhone X 为例，模块化射频器件的面积占比接近了百分之五十。以三星为例，2012 年三星 Galaxy SIII 中只有 6% 的主要射频元件集成在模块中，而这些元件占射频前端 BOM 成本的 26%（不包括 RF 收发器）。相比之下，模块化组件占三星 Galaxy S8 Plus 中射频前端 BOM 的 87%。

图表 25：不同手机模块化程度



来源：yole, 国金证券研究所

图表 26：射频模块的 BOM 占比越来越高



来源：IHS, 国金证券研究所

不同材料的模块化以及减少射频器件之间的干扰是难点。射频前端器件总体分为两种工艺，一种是半导体工艺（PA/LNA/开关），另一种是 MEMS 工艺（滤波器）。由于 PA 使用 GaAs HBT，LNA 使用 GaAs/SiGe，射频开关使用 RF SOI 都是属于半导体工艺，而滤波器采用 MEMS 工艺，因此滤波器的集成是难点。

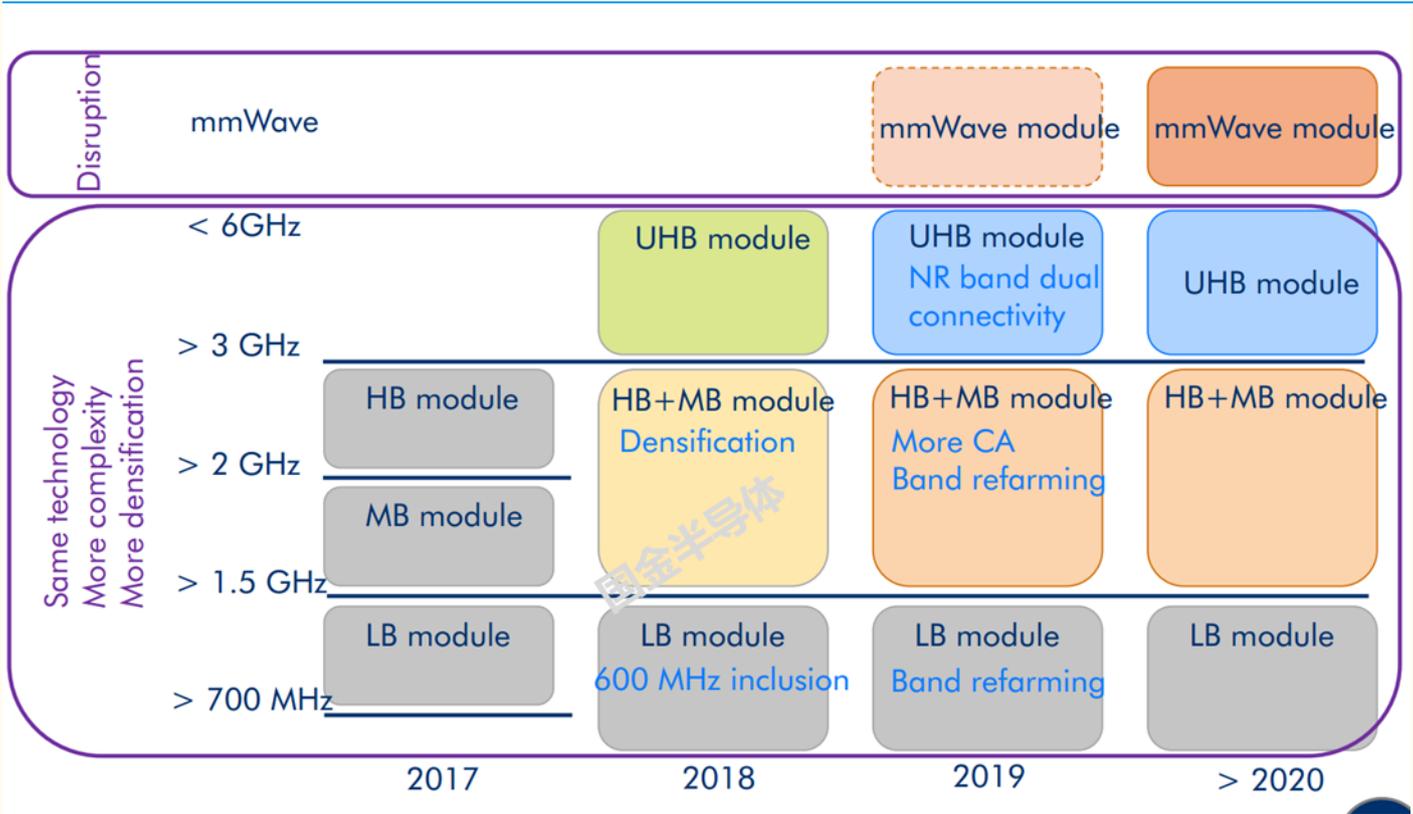
■ 3G/4G 会是分立式和模块式并存，5G 增量部分大部分都是模块

3G/4G 时代射频前端集成度取决于设计和性价比，分立式和模块并存。出于空间的考虑，4G 高端机需要部分射频器件采取模块形式，但是射频前端模块成本相对会高，因此低端机主要是分立式的。一般来说射频集成度与其他类似设计和定价的智能手机中的射频部分的成本是直接相关的。

5G 时代新增的大部分是模块，且集成度将不断提升。

- ✓ 模块化趋势，5G 新增大部分是 PAMiD、PA+FEMiD、DRM 模块。由于手机空间有限，而 5G 需要增加大量的射频前端器件，因此，对于 5G 频段新增的射频前端器件，主要是模块形式，除了一部分 antenna plexer，小开关，天线调谐开关等之外，大部分的增量都是模块。
- ✓ 射频模块里的集成度也在不断提升。最开始用于低（大约<1GHz），中（~1-2GHz）和高频（~2-3GHz）频率的射频器件被封装在三个单独的模块中。之后低频段模块扩展到 600MHz，中频和高频模块合二为一。模块中集成的器件也越来越多，超高频（~3-6GHz）模块将会支持现有的 LTE 频段和 5G 带来的新频段。毫米波将是颠覆性的变化，将天线和射频前端集成在一个模块当中。

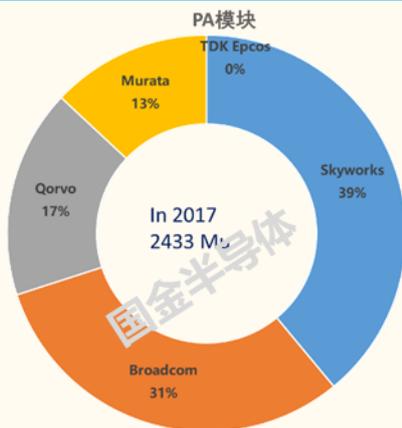
图表 27: 射频前端模块化趋势



来源: yole, 国金证券研究所

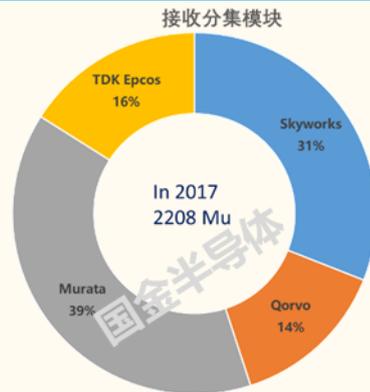
PA 模块 skyworks 占领先, avago 在高端 PA 模块中保持着强势地位, 接收分集模块村田出货最大。由于 PA 市场主要是由 Qorvo, Avago, skyworks 占据, 因此 PA 模块这三家占比最高, 其中 skyworks 中低频模块出货量较大, 而 avago 则在中高频高端 PA 模块市场占据强势地位, 而接收分集模块村田出货最大。

图表 28: 不同手机模块化程度



来源: yole, 国金证券研究所

图表 29: 射频模块的 BOM 占比越来越高



来源: IHS, 国金证券研究所

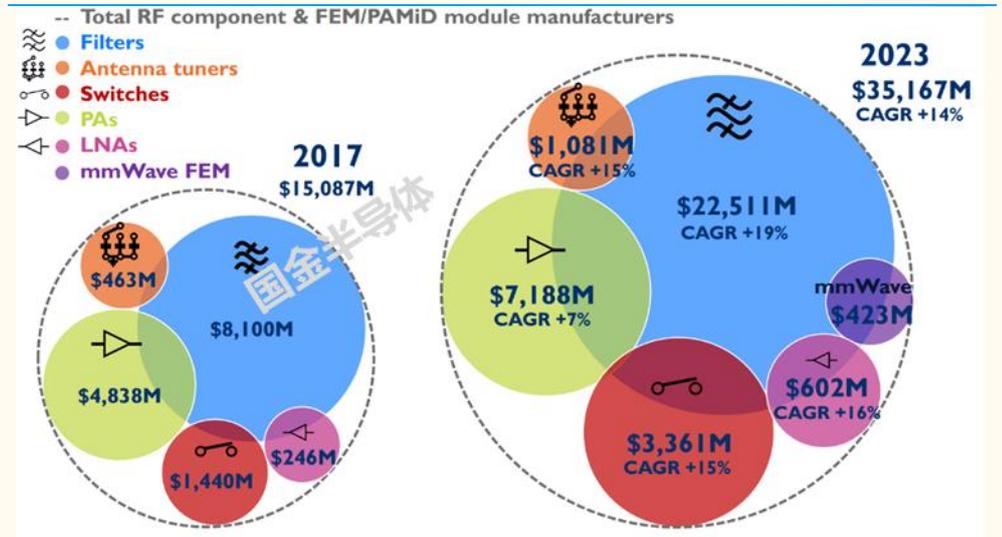
三、4G 到 5G 射频前端空间测算: 结构性的增长

1、整体高增长: 元件数量+复杂度大增, 市场空间翻倍增长

全球射频前端市场空间到 2022 年将超 300 亿美元, 复合增速高达 14%。正如我们前一章讨论的, 5G 技术的升级和变化带来射频前端行器件数量和价值

量的提升，全球射频前端市场将由 2017 年的 151 亿美元，增加到 2023 年的 352 亿美元，年复合增速高达 14%。

图表 30：手机射频前端的复杂度不断增加

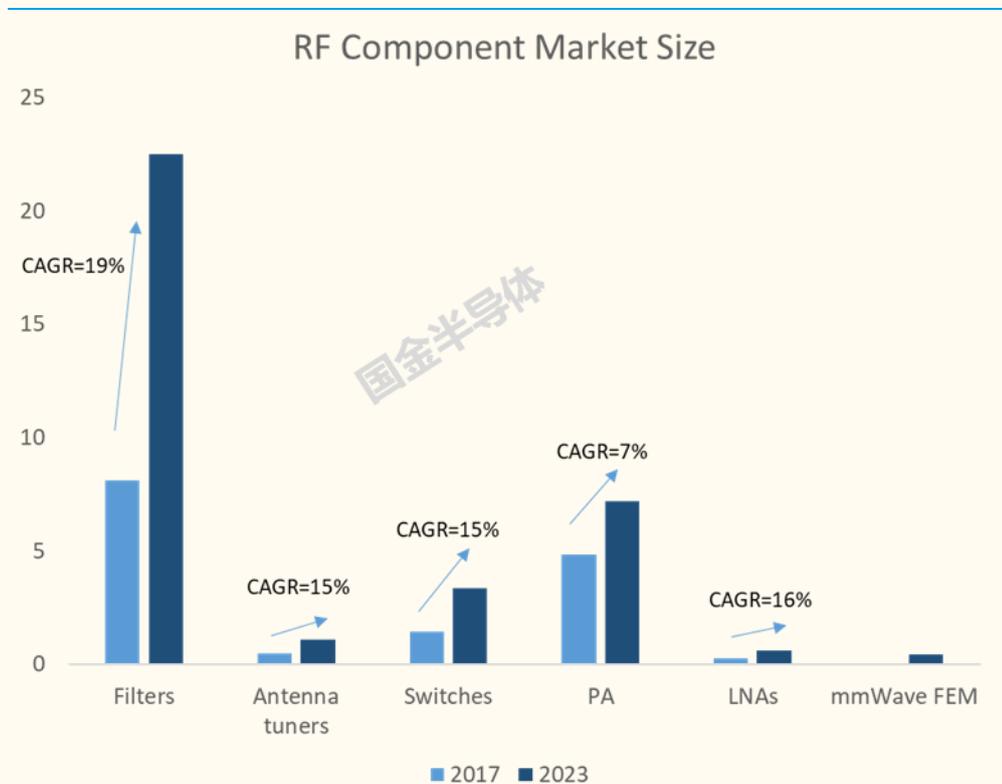


来源：yole, 国金证券研究所

2、结构性：滤波器>LNA/开关/调谐>PA

射频前端价值量增长具有结构性，滤波器、开关等未来增速最快。射频前端器件虽然整体是高增长的，但是不同的射频前端器件增长也是结构性的。其中滤波器由于跟频段数相关，增加频段就要增加滤波器，因此滤波器未来几年复合增速高达 19%，而 PA 由于是化合物半导体工艺，带宽较宽，因此可以多个频段共用一个 PA，数量上增速相对缓慢。

图表 31：射频前端结构性增长

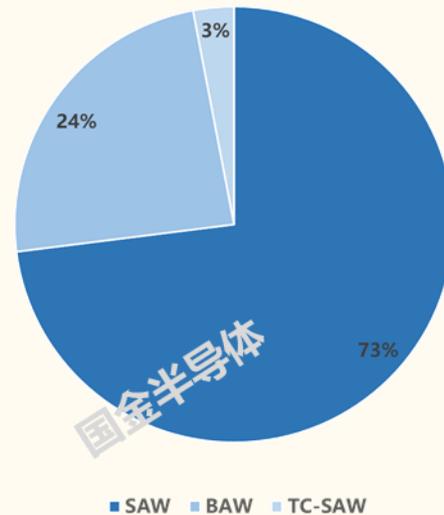


来源：yole, 国金证券研究所

(1) 滤波器：增速最快，贡献了射频前端70%的增量

声学滤波器 SAW 和 BAW 滤波器目前是主流，SAW 成本低占据 73% 市场，BAW 更高频率。手机端的滤波器主要以声学滤波器为主，包括 SAW，TC-SAW（温度性能改进的 SAW），BAW/FBAR 等。在 SAW 和 BAW 之间，成本和高频性能是两个主要参考因素，BAW 因为在高频下具有更好的隔离度和插损，因此高频性能较好，SAW 由于成本更低价格更便宜，目前仍然占据滤波器市场的大部分，根据 Resonant 的预测数据，SAW 滤波器目前占终端滤波器市场高达 73%。

图表 32：不同滤波器占比以及性能对比情况



| | 成本 | 频率 | 损耗 | 性能 |
|-----|----|-------------|-----|----|
| SAW | 低 | < 2.5GHz | 低 | 好 |
| BAW | 高 | Up to 20GHz | 非常低 | 更好 |

来源：yole，国金证券研究所

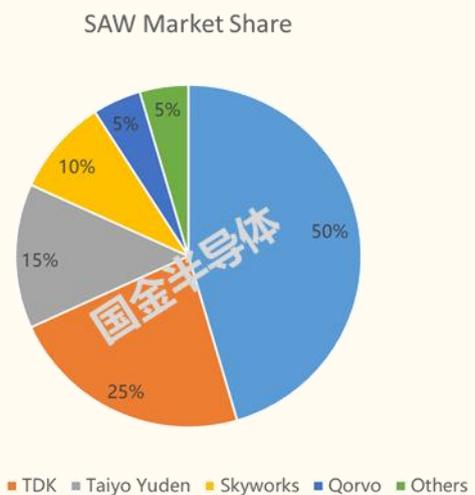
Avago 等美系厂商占比 90% 以上 BAW 的市场，SAW 则由村田为代表的日系厂商主导。在供应格局方面，BAW 滤波器领域 Avago 是龙头，市占率 60% 左右，其次是 Qorvo 占比 30%。而 SAW 滤波器领域，村田是龙头占据了 50% 的份额，另外两家日本供应商 Taiyo Yuden 和 TDK 紧随其后。

图表 33：BAW 滤波器市场份额



来源：qorvo，国金证券研究所

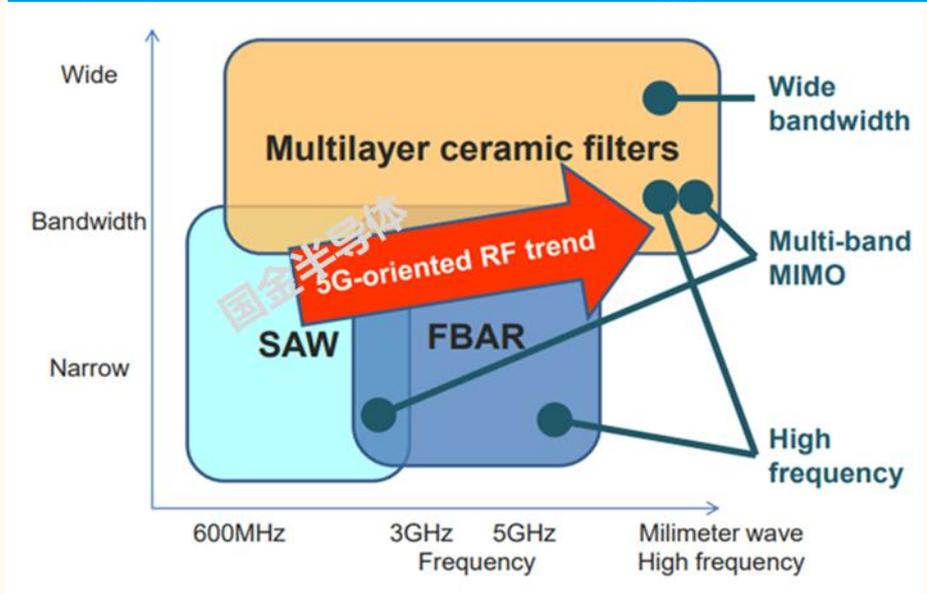
图表 34：SAW 滤波器市场份额



来源：qorvo，国金证券研究所

5G sub 6G 增量：sub 6G 主要以 LTCC 和 BAW 为主要的增量。5G 新频段有两个特点，一个频率更高，另一个带宽更宽，因此对于 5G 新增滤波器，BAW / FBAR 滤波器可以处理高达 6GHz 的频率，具有低损耗特性，带外抑制好，适用于相邻的频谱之间的滤波。而传统的声学滤波器目前不适应极宽的带宽，需要更宽带宽的情况下 LTCC 滤波器将会是选择方案。

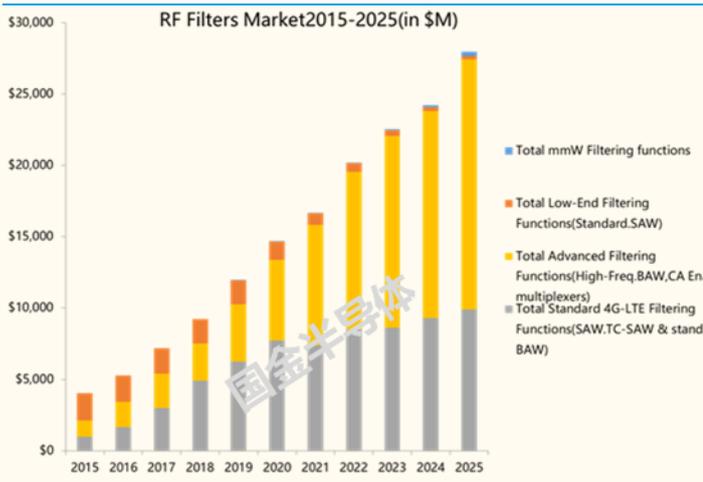
图表 35：5G 射频滤波器发展路径



来源：murata, 国金证券研究所

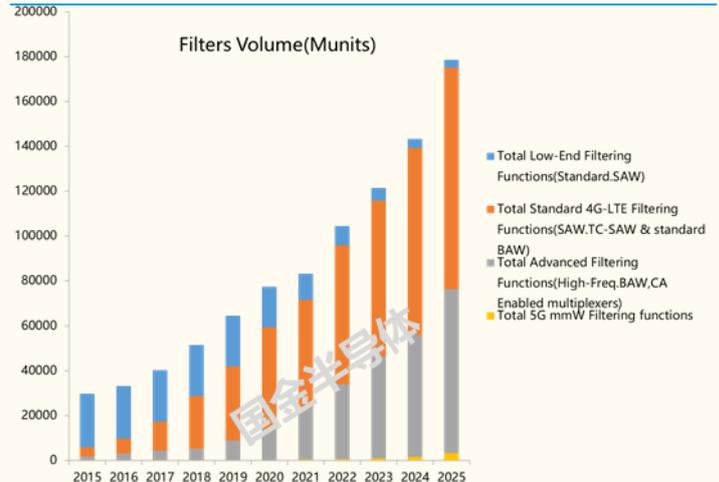
核心驱动：CA+ 频段增加，滤波器用量跟频段线性相关，一个频段对应至少 1-2 个以上的滤波器。滤波器不论从数量和价值量上来看都是增长最快的。
①从价值量上来看，滤波器增长强劲，双工器和多工器占比提升，整个滤波器价值量将由 2018 年的 92 亿美金增加到 2025 年的 280 亿美金，2025 年将占射频市场的 70%。
②从量上来看，增长也非常快，出货量将占 2025 年射频市场的 72%。

图表 36：射频滤波器市场空间



来源：yole, 国金证券研究所

图表 37：滤波器出货量预测



来源：yole, 国金证券研究所

5G 毫米波增量：IPD 和陶瓷滤波器将可能会是选择。Skyworks 在其 5G 白皮书中有提到类似观点，并不认为声学滤波器也可以解决毫米波的问题，将无源器件集成到硅，玻璃或陶瓷衬底中的 IPD（集成无源器件）滤波器将会是选择。

图表 38: 毫米波时代的滤波器技术

| 5G不同频段的滤波器技术 | | | | |
|--------------|-----------------------|-----------------------|---------------|----------|
| | Sub-6GHz | | mmWave | |
| | 700MHz-3GHz | 3-6GHz | 24.25-29.5GHz | 37-71GHz |
| 滤波器 | Acoustic/IPD /Ceramic | Acoustic/IPD /Ceramic | IPD/Ceramic | IPD |

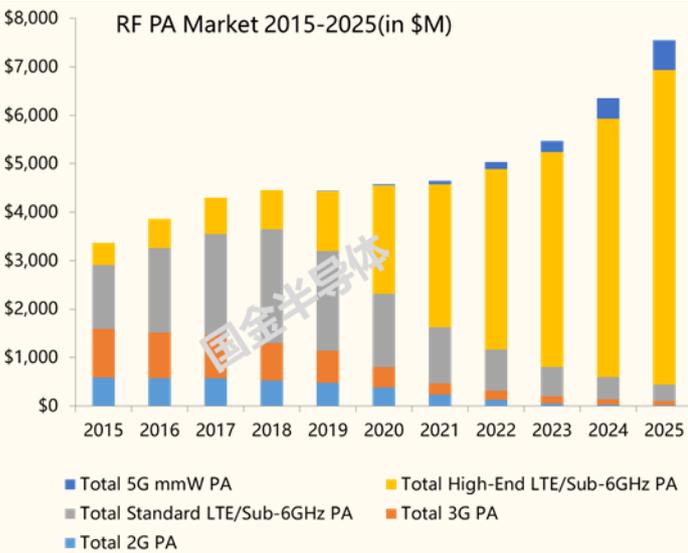
IPD:integrated passive device

来源: skyworks, 国金证券研究所

(2) PA: 整体增长相对平缓

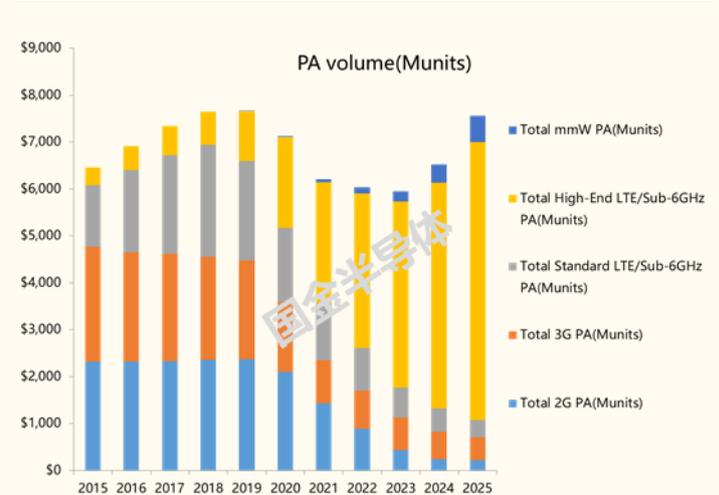
PA 数量增加有限, 价值量有提升。PA 主要是对发射的射频信号进行功率放大, 因此 5G 增加信号发射链路就需要增加 PA, 但是因为 PA 带宽较宽, 可以多个频段共用, 比如采用多模多频的 PA, 因此, ①从量上来看, PA 没有什么增长, 主要多模多频 PA 的整合程度提高以及低端手机市场 (2G 手机) 的减少。②整体价值量有一定增长, 因为多模多频 PA 价值量更高, PA 的价值量将由 2018 年的 44.5 亿美金增加到 2022 年的 50 亿美金。

图表 39: PA 市场空间



来源: yole, 国金证券研究所

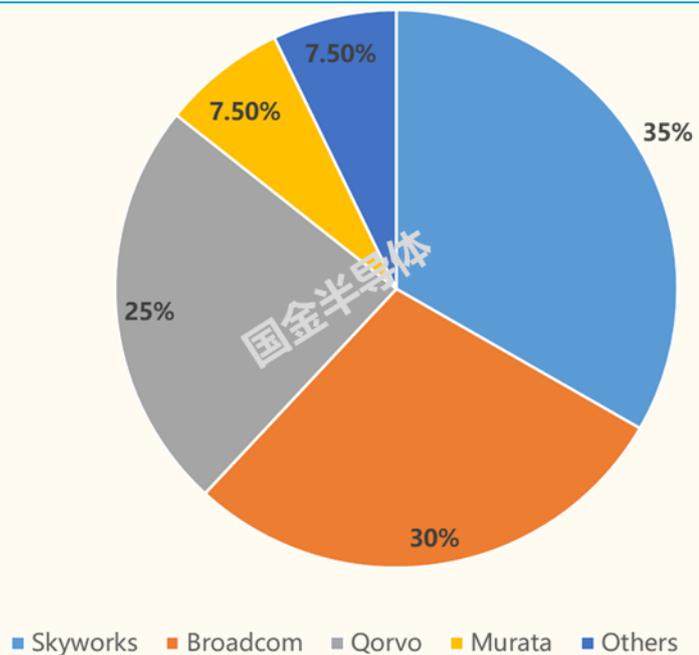
图表 40: PA 出货量预测



来源: yole, 国金证券研究所

Skyworks, Avago, Qorvo 是 PA 的三大玩家。PA 是属于射频前端中的有源器件, 设计制造难度较大, 目前 skyworks 是全球第一大供应商, Avago 和 Qorvo 位列二三, 三家公司占据了全球手机 PA 市场的 80-90%, 成为寡头垄断。

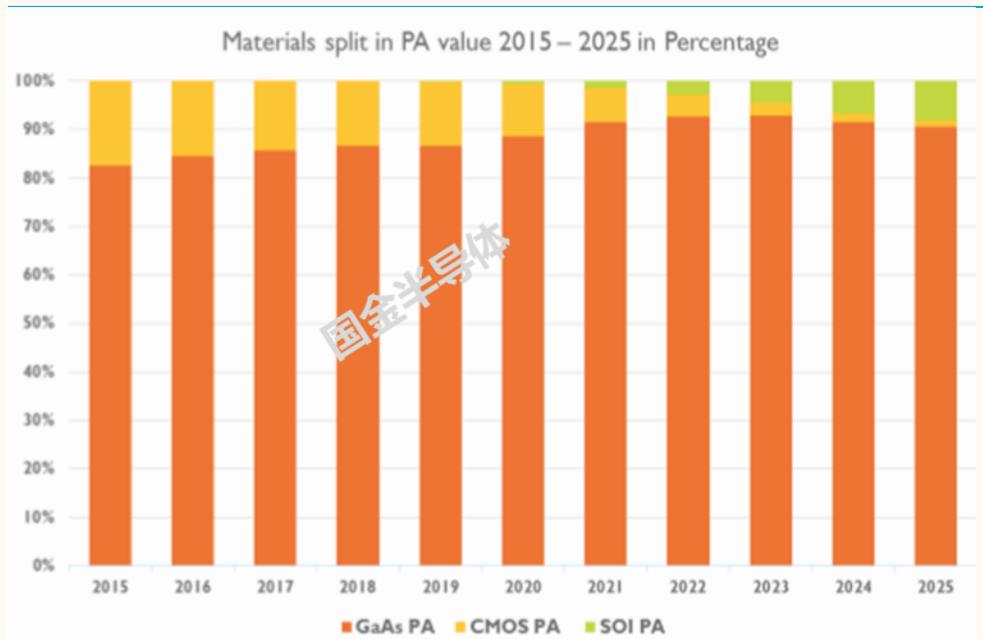
图表 41：全球 PA 市场份额



来源：skyworks, qorvo, 国金证券研究所

GaAs 将仍然是高端 PA 的首选技术，毫米波可能采用 SOI PA。目前砷化镓 PA 依然是主流，随着 LTE Pro 和 5G Sub 6G 的要求的提升，GaAs 渗透率也将提升。虽然 CMOS PA 越来越成熟并有集成的优势但是因为参数性能的影响，它只适用于低端市场，而毫米波可能会采用 SOI PA。

图表 42：不同 PA 技术的占比变化



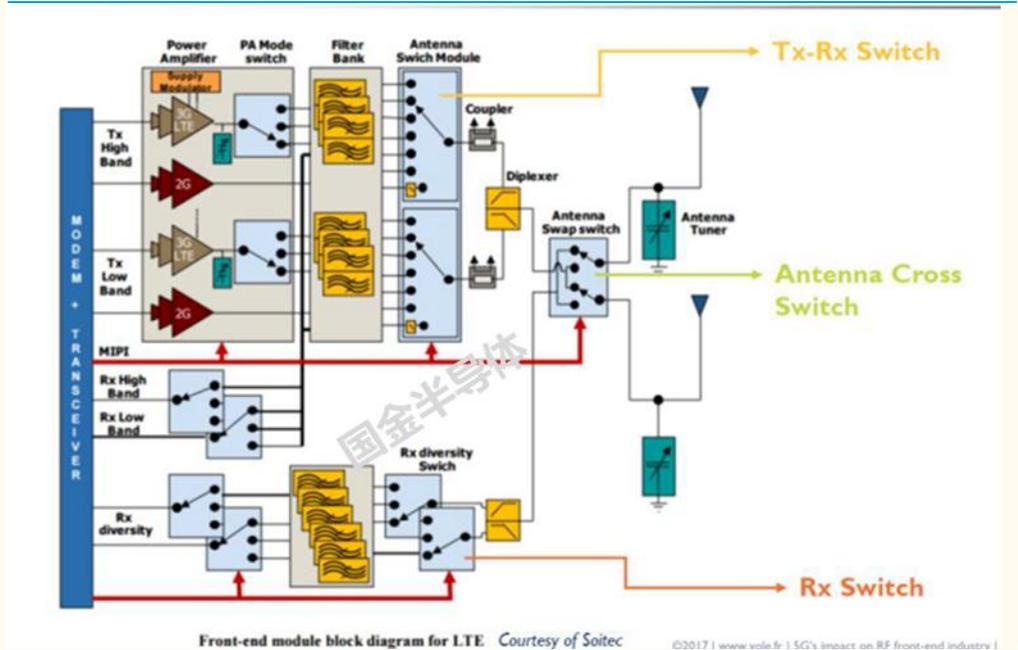
来源：yole, 国金证券研究所

5G 对 PA 提出了新的要求。为了支持 5G Sub 6G 新技术，需要新增超高频的 PA，比如 2T4R 中 2x2 的上行 MIMO 就需要增加额外的 PA，5G 更大的带宽对 PA 提出了新的功耗要求，同时需要更高的线性度，PA 的功耗控制，结构封装中的热管理也变得更加重要。

(3) 开关：快速增长，SOI 是首选技术

手机中天线开关用量非常多，种类也很多，按结构可以分为单刀双掷，单刀多掷，多刀多掷开关，按用途可以分为 Tx-Rx 开关，Antenna Cross 开关，Rx 开关等。

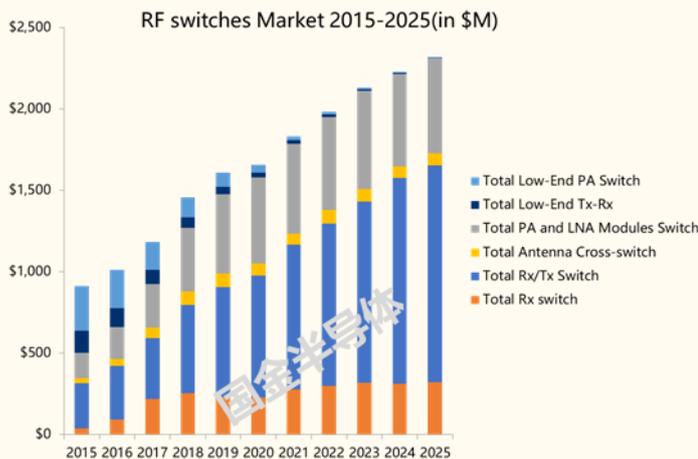
图表 43: 射频前端中的开关



来源: yole, 国金证券研究所

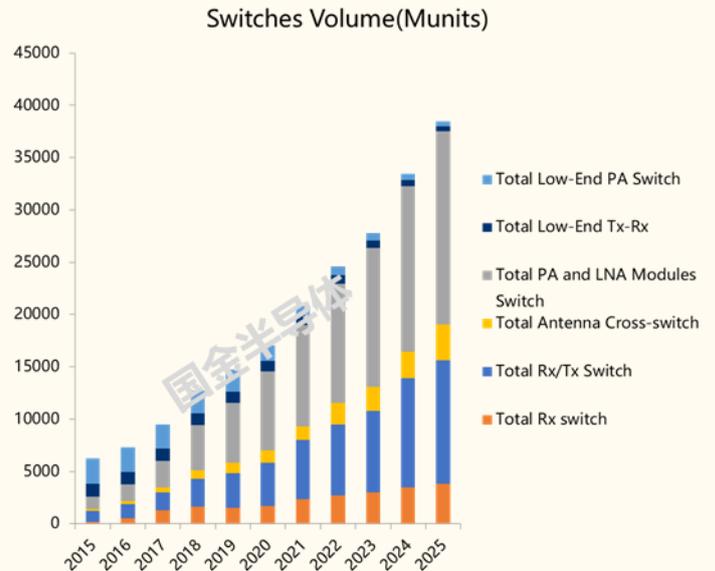
射频开关将迎来强劲的增长，无论是仅用于 Rx 还是用于 Rx / Tx。不论是价值量和数量，射频开关都将迎来高速增长，全球射频开关市场空间将由 2018 年的 14.5 亿美金增加到 2025 年 23 亿美金，其中 Rx / Tx 开关的增长将来自 MIMO 的分集天线处的 Tx 使用和由于 CA 和更多频段带来的天线切换数增加。

图表 44: 开关市场空间



来源: yole, 国金证券研究所

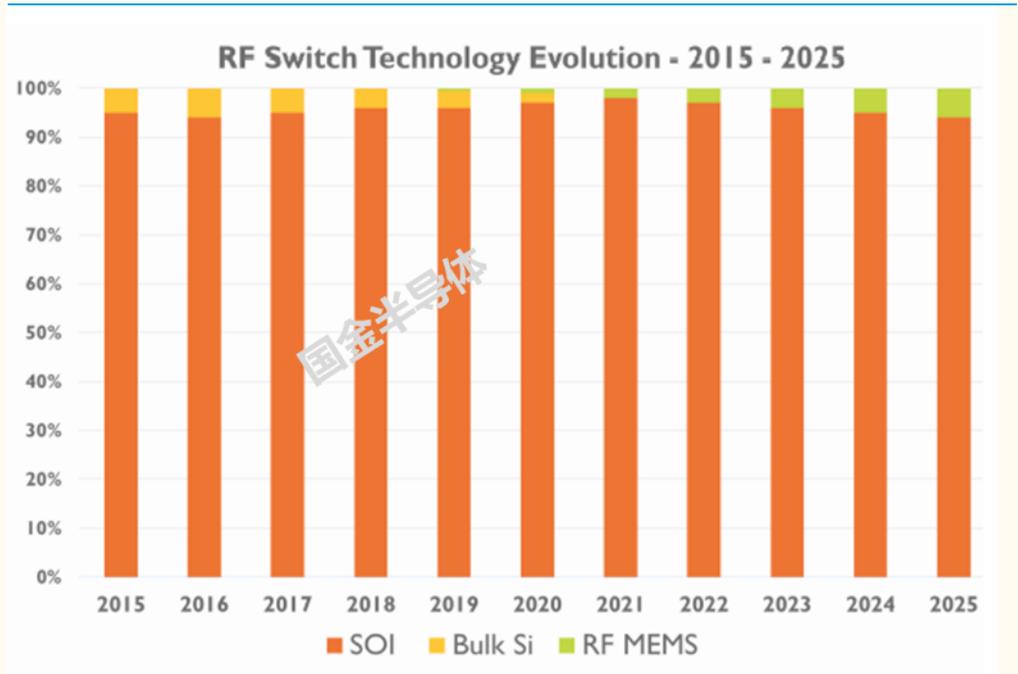
图表 45: 开关出货量预测



来源: yole, 国金证券研究所

SOI 仍然是射频开关的首选技术，RF MEMS 技术将进入高端天线开关市场。从技术上来看，目前 SOI 仍然是射频开关的首选技术，由于 Bulk-CMOS 为了可能会逐渐退出市场，而 RF MEMS 技术将在 2019 年开始渗透，并在高端天线开关市场稳步增长。

图表 46: 射频前端中的开关材料的变化

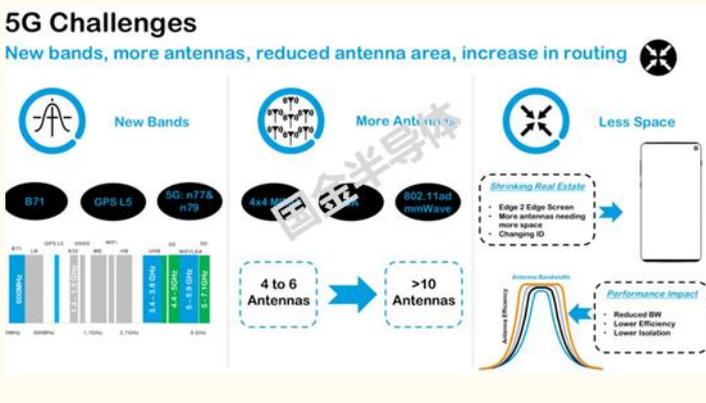


来源: yole, 国金证券研究所

(4) 天线调谐: 随着天线数量和复杂度提升高速增长

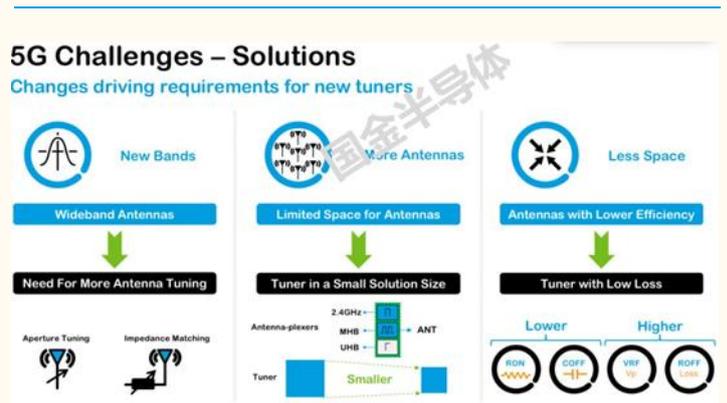
天线设计挑战增多, 天线调谐用量增加。①4G 时代由于全面屏的推广, 摄像头增多等, 使得天线净空变小, 天线设计难度增长效率变低, 需要越来越多的调谐开关提升天线性能。②5G 给天线设计带来更多的挑战, 从 4G 开始到现在的 5G, MIMO 逐渐增加, 频段也越来越多, 这就带来天线的增加, 在 Sub-6Ghz 的时候, 需要 8 到 10 个天线, 但到了毫米波时代, 手机天线会增加到 10 到 12 根甚至更多, 在天线数量增加的同时, 留给天线的空间却越来越小, 需要类似孔径调谐 (Aperture Tuning)、阻抗调谐 (Impedance Matching) 和更小的天线解决方案和低损耗的调谐来解决。

图表 47: 5G 天线设计面临的挑战



来源: Qorvo, 国金证券研究所

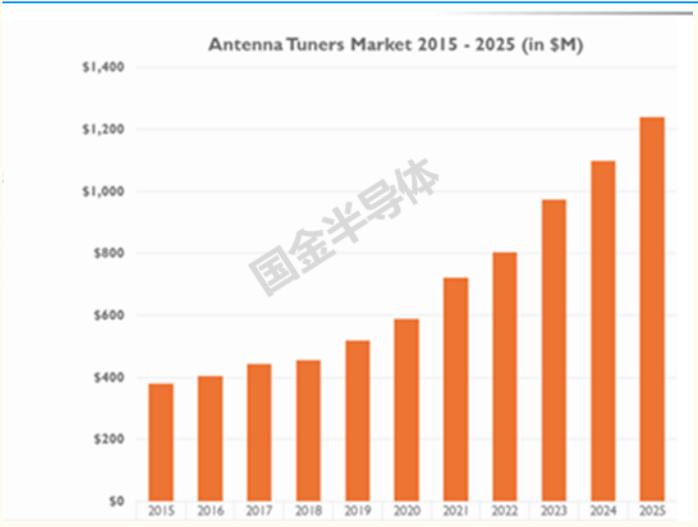
图表 48: 通过天线调谐和更小的天线解决天线设计难题



来源: Qorvo, 国金证券研究所

天线调谐用量快速增长。随着 5G 4x4 MIMO 和 8x8 MIMO 架构带来的更多的天线数量和天线设计难度增加, 天线调谐开关用量快速增长, 需要更多的孔径调谐提升天线带宽, 更多的阻抗调谐提升天线辐射效率。天线调谐开关市场将从 2018 年的 4.5 亿美金增加到 2025 年的 12.3 亿美金。目前孔径调谐器占总体积的 75% 以上, 但阻抗调谐市场将迅速增长, 2025 年将占整个天线调谐开关市场的 70%。

图表 49: 天线调谐开关市场空间



来源: yole, 国金证券研究所

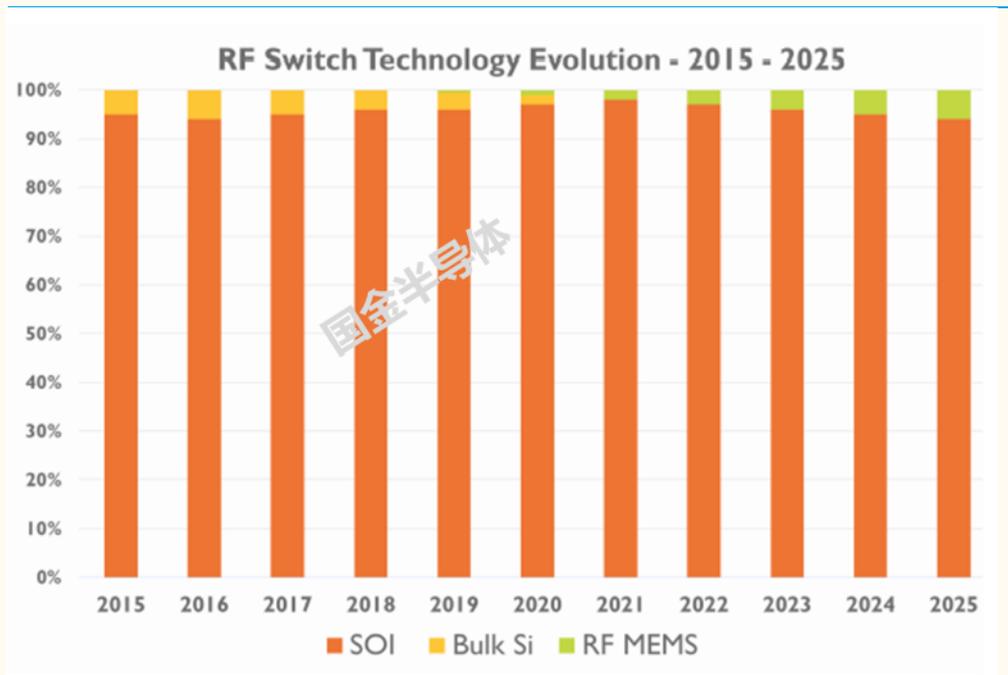
图表 50: 天线调谐开关出货量预测



来源: yole, 国金证券研究所

天线调谐开关技术路径 SOI 是主流, RF MEMS 份额也将逐渐提升。SOI 是主流技术, 被 Qorvo (Qorvo 占目前调谐市场 70%) 和 Skyworks 等大厂商所使用。Cavendish Kinetics (CK) 等厂商的 RF MEMS 工艺损耗非常低, 获得市场认可, 份额也在逐渐提升。

图表 51: 射频前端中的天线调谐开关技术的变化

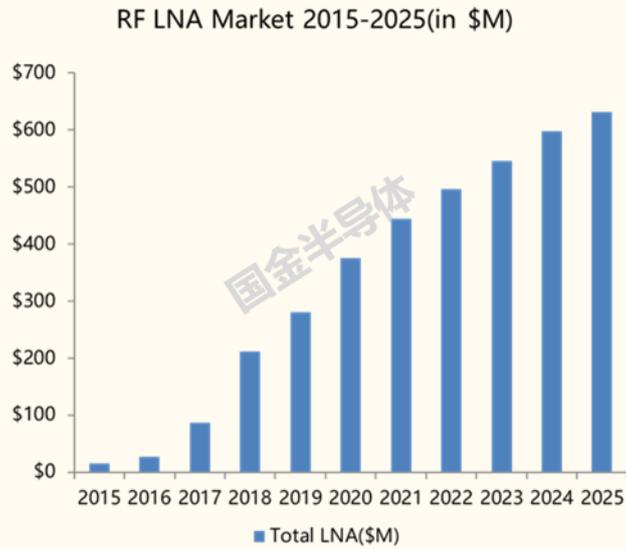


来源: yole, 国金证券研究所

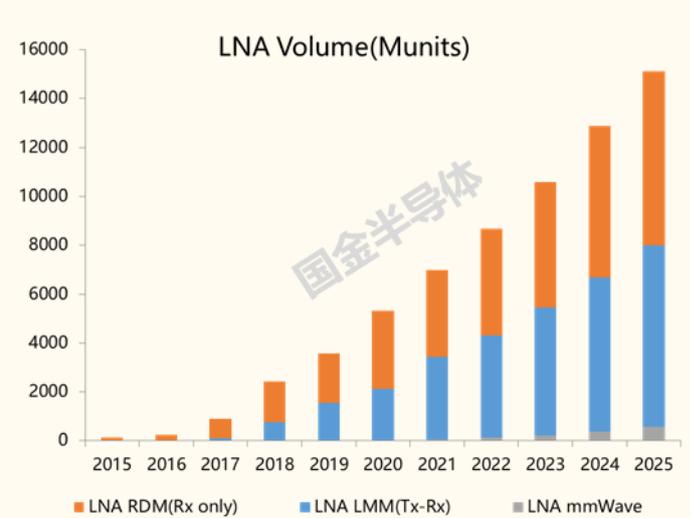
(5) LNA: 随着接收通路增加稳定增长

LNA 市场将稳步增长, 特别是因为新增了接收通路。LNA 主要是用于接收信号时进行小信号放大, 以便降低到收发器的线路上的 SNR。3G/4G 时, 有部分 LNA 是集成在射频收发里面的, 没有单独的 LNA, 因此 LNA 市场空间较小, 2017 年开始快速增长, 由于 LTE Adv Pro 和 5G Sub-6 GHz 更严高的要求, 主频段通信被要求具有 LNA。

图表 52: LNA 市场空间



图表 53: LNA 出货量预测

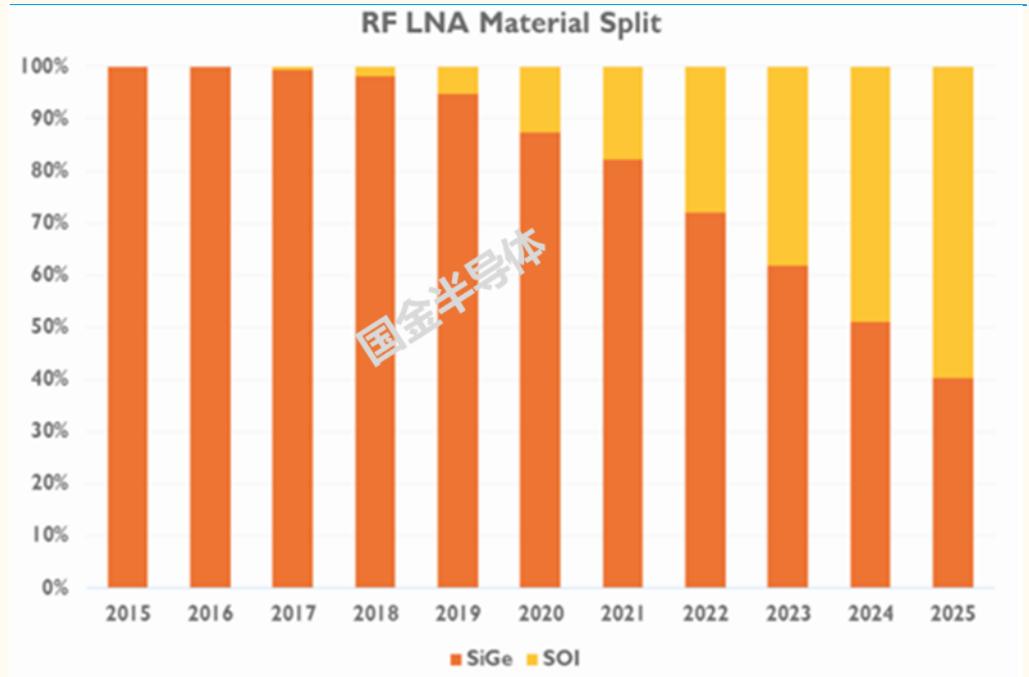


来源: yole, 国金证券研究所

来源: yole, 国金证券研究所

LNA 目前以 SiGe 为主, 长期来看, 特别是毫米波, 基于 SOI 的 LNA 将成为主流。目前 iPhone 等主流手机上的 LNA 主要来自英飞凌和 Skyworks, 并且由 SiGe 制成, SOI LNA 由于良好的性能和更低的成本, 并且更好整合, 将有可能成本 LNA 的趋势, 特别是毫米波。SOI LNA 与 SOI 开关的模组已于 2017 年开始使用。

图表 54: 射频前端中的 LNA 材料的变化



来源: yole, 国金证券研究所

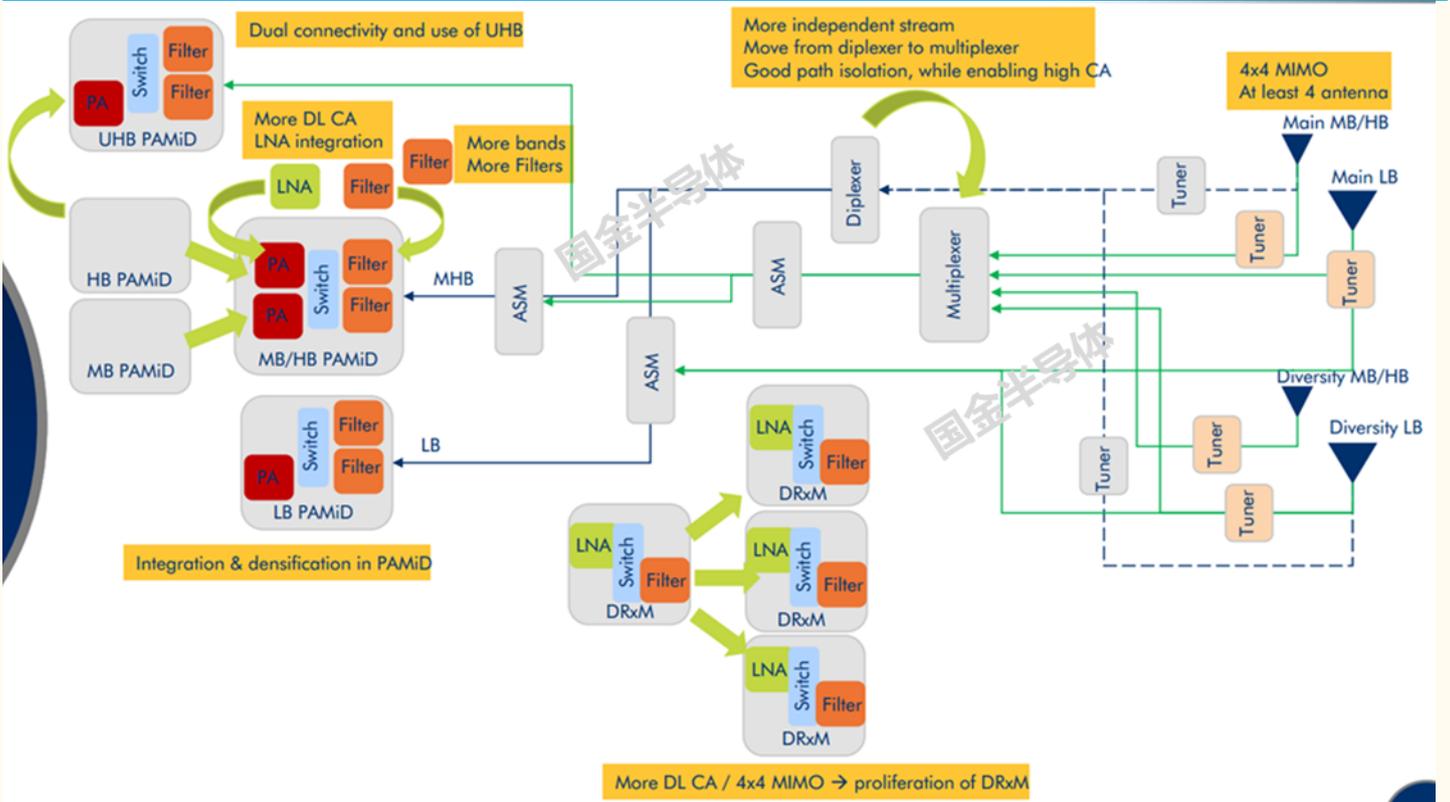
3、5G 手机射频前端半导体价值量拆分以及测算

■ 5G 射频端变化

- ✓ 5G 新增上行 4X4 的 MIMO 需要增加至少 4 根天线, 相应的天线调谐开关和其他开关数量增加。接收分集模块会增加。
- ✓ 更多的频段, 更多的 CA 需要更多的开关, 合路器, 多工器 (滤波器)。

- ✓ 5G Sub 6G 还需要 1 个或 2 个超高频的 PAMiD 模块（例如，支持 n77 / n78 和 n79, n41 需要额外的一个），DRx（接收分集模块）和其他一些开关、调谐等在 1T4R 的情况下也需要增加。在 2T4R 的情况下，需要再添加一组 6GHz 以下的超高频的 PAMiD 模块。
- ✓ 对于毫米波（mmWave），一般需要 3-4 个 mmWave 模块。
- ✓ 滤波器，开关和天线的数量也将增加。

图表 55：5G 对射频前端的变化



来源：yole, 国金证券研究所

4G 高端机和旗舰机目前射频前端价值量是 12-20 美元。据 Gartner 的数据，4G 高端手机射频前端价值量约 12.5 美元，4G 旗舰级的射频前端价值量约为 19.2 美元，LTE 旗舰/高端智能手机的 RF 前端美元总内容约为 12-20 美元

图表 56：不同手机射频前端价值量测算(3G/4G)，2018

| | 3G手机 | 4G中低端机 | 4G高端机 | 4G器件机 |
|-----------------|--------|--------|---------|---------|
| PA | \$0.85 | \$1.75 | \$3.25 | \$4.75 |
| 开关/调谐 | \$0.35 | \$1.50 | \$2.25 | \$4.50 |
| 滤波器 | \$0.95 | \$4.00 | \$6.50 | \$8.75 |
| 其他射频器件 (包括包络芯片) | \$0.35 | \$0.35 | \$0.50 | \$1.20 |
| 射频前端总价值量 | \$2.50 | \$7.60 | \$12.50 | \$19.20 |

来源：Gartner, 国金证券研究所

5G 智能手机的射频成本最初很高，明年有望降到 30 美金以下。5G 射频前端初期价格很高，按目前价格，5G sub 6 的 2T4R 旗舰机，射频前端价值量将高达 37 美金，根据测算，2020 年年中中高端手机有望降到 28 美金，到 2020 年底或 2021 年，5G 渗透率持续下沉，射频前端价值量有望降到 20 美元出头。

图表 57：5G 射频前端价值量测算

| 单位\$ | 现阶段不考虑cost down | | | | | 2020年中 | 2020年底或2021年 |
|-------------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|
| | LTE旗舰机 | 5G sub6 (1T4R)旗舰机 | 5G sub6(2T4R)旗舰机 | 5G mmW 旗舰机 | 5G sub 6+mmW 旗舰机 | 5G sub6 中高端机 | 5G sub6 低端机 |
| 毫米波天线模组(3-4个/台) | | | | 25.00 | 25.00 | | |
| 超高频5G sub 6 PAMiD | | 7.00 | 4.00 | | 7.00 | 6.00 | 6.00 |
| 其他 (开关/接受分集/调谐/plexers) | | 8.00 | 9.00 | 2.00 | 9.00 | 7.00 | 7.00 |
| 5G射频前端增量 | 0.00 | 15.00 | 20.00 | 27.00 | 41.00 | 13.00 | 13.00 |
| 中高频 PAMiD+LNA | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 6.00 | 10.00 |
| 低频 PAMiD+LNA | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 3.50 | |
| 其他 (DRx,ET,others) | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 5.50 | |
| 4G射频前端价值量 | 17.00 | 17.00 | 17.00 | 17.00 | 17.00 | 15.00 | 10.00 |
| 4G+5G(RF) | 17.00 | 32.00 | 37.00 | 44.00 | 58.00 | 28.00 | 23.00 |

来源：国金证券研究所

四、竞争格局：海外寡头垄断，国内厂商迎来发展机会

1、并购不断：射频前端模块化趋势+基带厂商向前端延伸

模块化趋势带动射频前端厂商产品品类扩张。模块化趋势下，各射频厂商通过各种收并购完善自己的产品线，比如 Murata 收购 Peregrine，Qorvo 由 RFMD 与 TriQuint 合并而成，Skyworks 收购 Panasonic 子公司及韩国 MEMS solution 获得 TC-SAW 及 FBAR 技术等。

高通、联发科、展讯等 AP / 基带芯片公司纷纷布局射频前端。高通 2014 年并购 PA 厂商 Black sand，2016 年与 TDK 成立合资公司 RF360；联发科早期曾成立射频 PA 子公司，2015 投资 PA 公司 Airoha，2019 年入股 vanchip，并解散 Airoha；展讯与锐迪科合并等。

图表 58: 射频前端厂商收并购不断



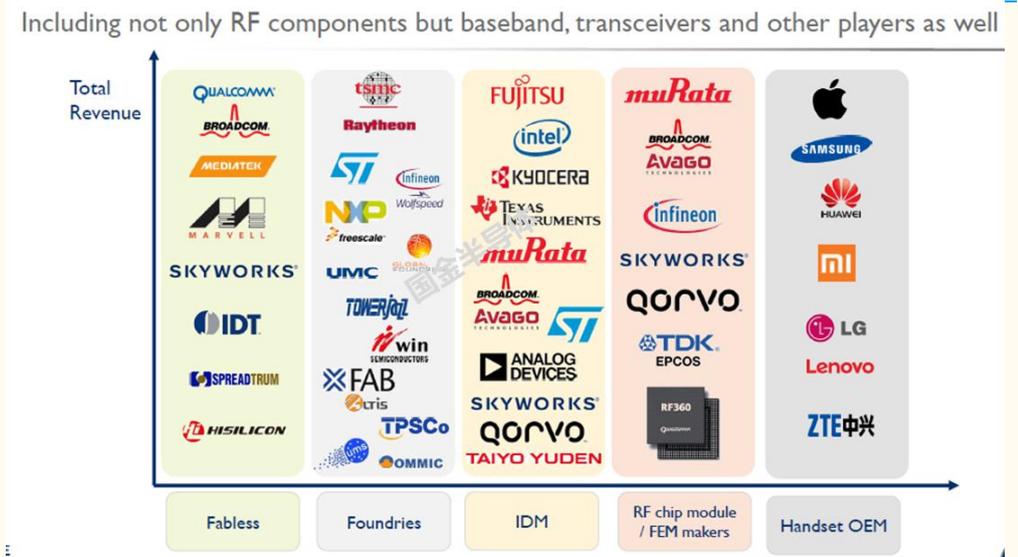
来源: yole, 国金证券研究所

2、当前竞争格局: 美日企业寡头垄断, 占据 90%份额

射频前端目前以 IDM 为主, 美系厂商占据主导。前五大: Murata (IDM)、Skyworks (IDM)、Qorvo (IDM)、Broadcom/Avago (Fabless, 除滤波器外)、Qualcomm/TDK Epcos (Fabless)。

- ✓ 第一梯队: 美系厂商为主 Broadcom、Qorvo、Skyworks, 村田, 中高端市场;
- ✓ 第二梯队: 日系厂商 TDK、Taiyo Yuden;
- ✓ 第三梯队: 韩台陆厂, 低端市场

图表 59: 射频前端目前以 IDM 为主



来源: yole, 国金证券研究所

3、未来格局判断: 模组优于分立式, 毫米波带来新玩家, 国内厂商迎来机会

5G 等技术升级带来射频前端难度增加，龙头厂商整体来说地位相对稳定。射频前端模组化趋势下，多产品品类布局厂商将具有更大优势，技术和客户壁垒更高。

- ✓ **5G 布局路径一**：从 advanced 4G→5G sub6G→5G mmwave；以 Broadcom / Avago, Skyworks, Qorvo 和 Murata 为代表。
- ✓ **5G 布局路径二**：直接切入 5G mmwave；以高通为代表。前文我们也讨论了，除了现在的开关，调谐之外，毫米波有望使用更多的硅基工艺（比如高端 SOI），毫米波硅基工艺有望使英特尔，三星和华为（海思）成为射频前端新玩家。
- ✓ **国内厂商**：看好持续国产替代，看好具有模组化能力，或者与模组化能力的厂商合作厂商。

图表 60：射频前端厂商产品线分布

| Company | Broadcom | Infineon | Kyocera | Murata | QORVO | RF360 |
|---------------|----------|----------|---------|--------|-------|-------|
| FBAR | × | | | | | |
| SMR BAW | | | | | × | × |
| SAW | × | | × | × | × | × |
| TC SAW | | | | × | × | × |
| SOI PA | | | | | | |
| CMOS PA | | | | × | | × |
| GaAs PA | × | | | × | × | × |
| Other PA | | | | | | |
| SOI Switch | | | | × | × | × |
| CMOS switch | | × | | | | |
| LNA | | × | | × | × | |
| Antenna Tuner | | × | | | × | × |

来源：yole, 国金证券研究所

五、投资建议

全球来看：由于 5G 带来的射频前端行业增长，看好传统前四大玩家：**Broadcom (AVGO)、Qorvo (QRVO), Skyworks (SWKS) 和 Murata (6981.JP)**，以及射频前端新进入者：**高通**。同时看到用于射频前端的化合物半导体代工龙头**稳懋**。

国内来看：看好国产化进程中各个细分领域龙头：开关和 LNA 龙头**卓胜微电子**，PA 龙头 **vanchip**（联发科入股，未上市）、SAW 滤波器龙头**无锡好达**（未上市），关注：国内化合物半导体代工三安光电，PA 厂商汉天下（未上市），紫光 FBAR 滤波器厂商天津诺斯。

六、风险提示

- **5G 发展进度不及预期**。5G 发展的进展将决定终端手机放量的节奏，如果 5G 发展不及预期，将对 5G 手机销量以及相关射频前端行业带来不利影响。
- **厂商 5G 射频前端相关进展不及预期**。5G 射频前端的变化将给行业带来机会，但是技术难度相对也比较高，国内相关供应链公司都在积极布局，公司 5G 产品具有进展不及预期的风险。

附录：国内外射频前端公司介绍

1、博通 (Avago)：产品多元化，BAW 滤波器全球龙头

Broadcom 是产品多元的全球领先半导体厂商，具有 50 多年创新历史和技术积累

- ✓ 射频布局：2015 年，Avago 以收购 Broadcom，并将母公司改名为 Broadcom，Avago 拥有 PA、前端模组和光通讯方案。
- ✓ 客户：苹果、三星等主流企业，苹果业务在博通收入中占比 15-20%。

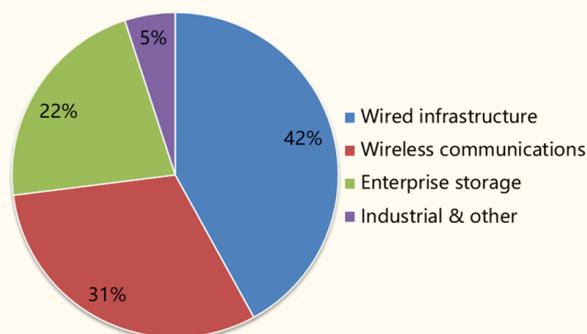
图表 61：博通历史沿革



来源：博通官网，国金证券研究所

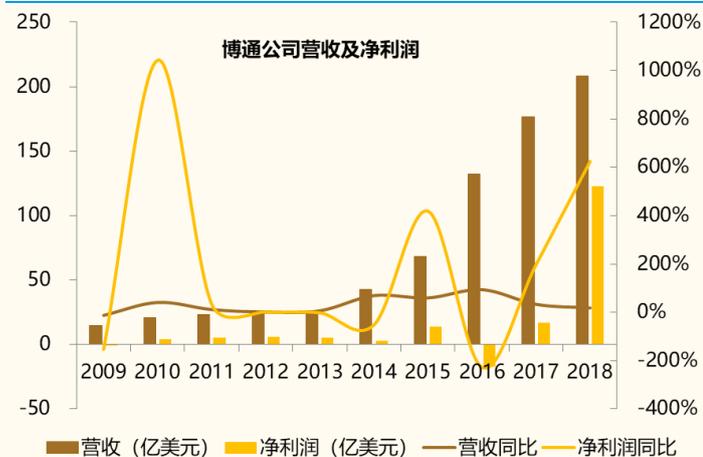
图表 62：博通收入构成

Net Revenue by Segment for 2018



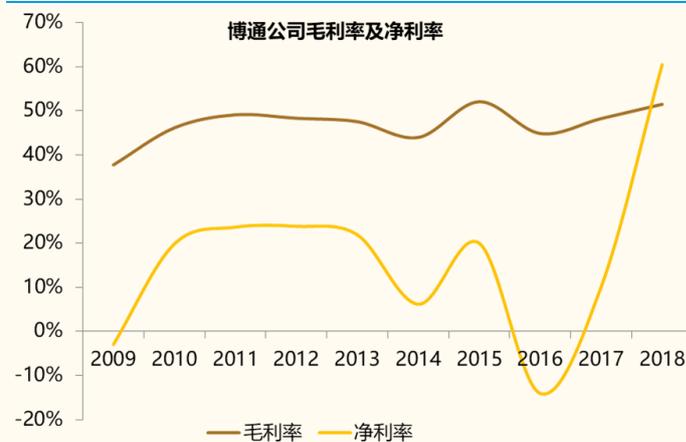
来源：博通官网，国金证券研究所

图表 63：博通营收和净利率



来源：博通官网，国金证券研究所

图表 64：博通毛利率和净利率



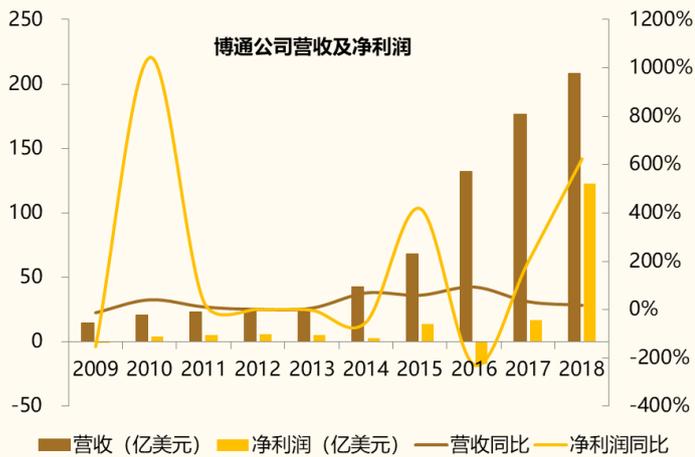
来源：博通官网，国金证券研究所

2、Skyworks：模组化厂商，苹果是第一大客户

Skyworks 通过收购 Panasonic 子公司及韩国 MEMS solution 获得 TC-SAW 及 FBAR 技术，完善射频前端产品布局。公司模组化产品也有比较好的布局。

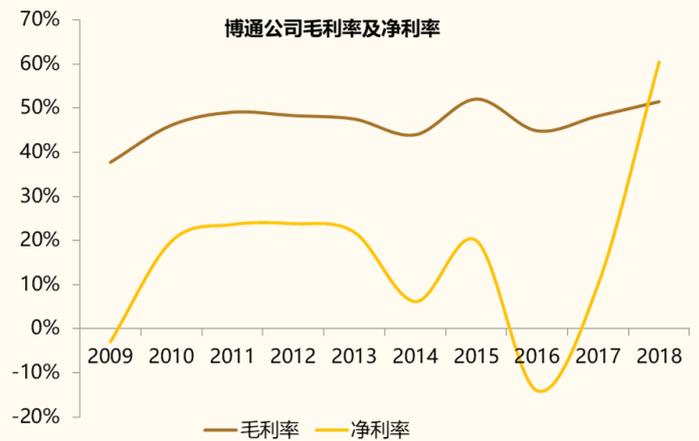
客户：苹果是公司第一大客户；整体收入苹果占公司 47%；SAW 滤波器，苹果占公司收入 39%。

图表 65: skyworks 营收和净利率



来源: skyworks 官网, 国金证券研究所

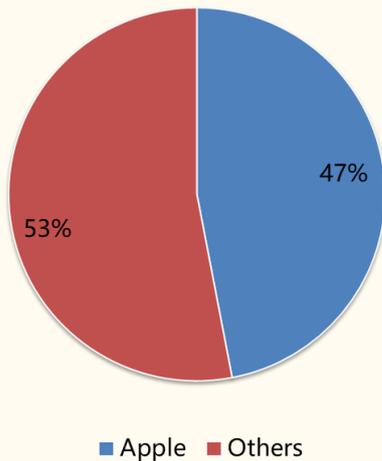
图表 66: skyworks 毛利率和净利率



来源: skyworks 官网, 国金证券研究所

图表 67: 苹果是 skyworks 第一大客户

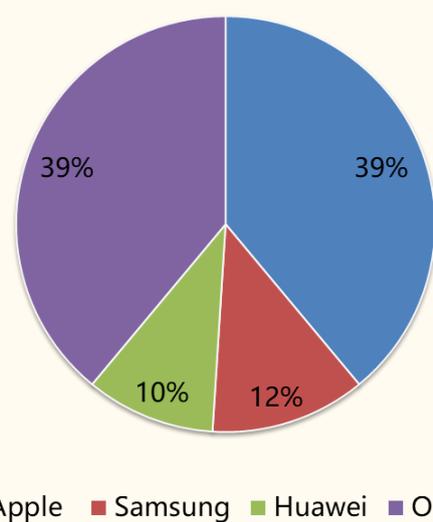
Apple was the only 10%-plus customer in FY18



来源: skyworks 官网, 国金证券研究所

图表 68: skyworks 的 SAW 滤波器客户构成

while FY17 saw 3 10%-plus customers



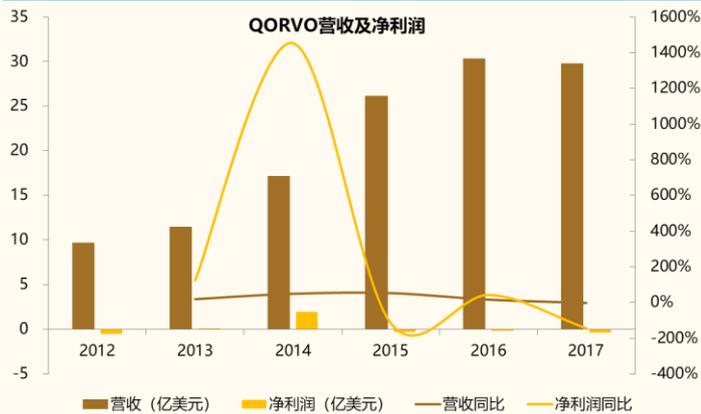
来源: skyworks 官网, 国金证券研究所

3、Qorvo: 实力雄厚的射频前端精品公司

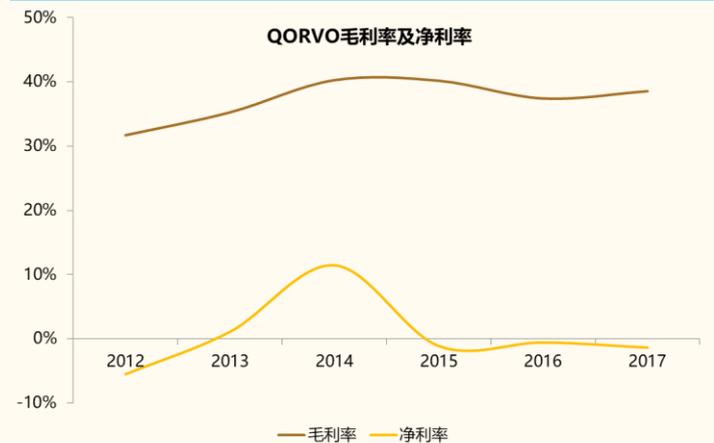
射频布局: 2014 年 RFMD 和 TriQuint 合并, 组建了射频方案公司 Qorvo。合并显著提升了公司实力。GaN/GaAs PA、SAW、BAW、开关、天线等产线齐全, 极具竞争力。

客户: Qorvo 苹果业务占比 30-35%; iPhone XR 高频 PAD 由 QORVO 独供;

图表 69: Qorvo 营收和净利率



图表 70: Qorvo 毛利率和净利率



来源: Qorvo 官网, 国金证券研究所

来源: Qorvo 官网, 国金证券研究所

4、村田：积极布局射频前端

村田公司是一家使用性能优异电子原料，设计、制造最先进的电子元器件及多功能高密度模块的企业。

公司产品下游：公司产品主要是容阻感等被动元件，通信射频相关的元件；通信，电脑、汽车是三大下游应用；未来 5G 通信以及汽车的电动化和智能化将是公司增长核心驱动；

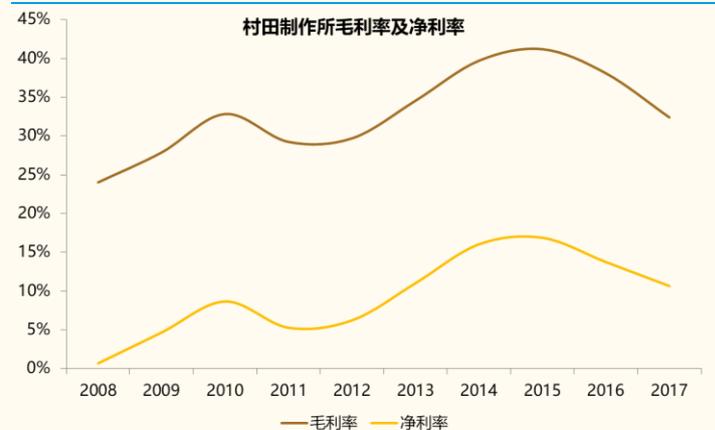
射频布局：2014 年收购 peregine 布局射频前端，2016 年收购 primattec 布局 LCP 材料，进军射频天线和传输领域；

图表 71: 村田营收和净利率



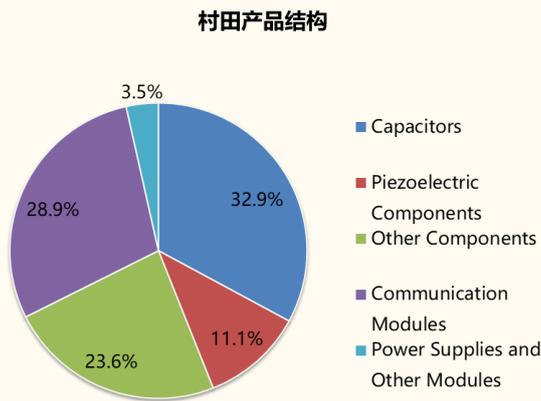
来源: 村田官网, 国金证券研究所

图表 72: 村田毛利率和净利率

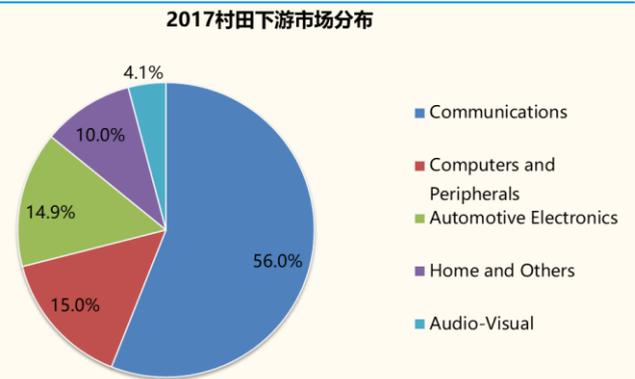


来源: 村田官网, 国金证券研究所

图表 73: 村田产品结构



图表 74: 村田产品下游分布



来源: 村田官网, 国金证券研究所

来源: 村田官网, 国金证券研究所

5、高通：射频前端新玩家，从基带到射频全产业链布局

射频布局：2014 年，高通并购 PA 厂商 Black sand，2016 年与 TDK 成立合资公司 RF360，布局滤波器市场，依靠 TDK 在射频前端材料供应与模块化能力，使高通能提供客户从 AP 到数据芯片、再到射频前端完整的解决方案，进而透过捆绑式(AP+基频+射频)销售带来的高性价比优势。

客户：目前高通射频前端在主流产品中应用较少，5G 时代由于全产业链布局的优势，有望提升竞争力。该公司今年早些时候宣布，包括 OPPO，小米，VIVO，LG，索尼，中兴在内的 18 家 OEM 合作伙伴已采用其用于 5G 智能手机的 X50 5G NR 调制解调器，将于 2019 年推出。未来高通公司的 RF 产品组合有望在解决与智能手机 OEM（不包括 Apple，三星和华为）相关的 RF TAM 占据一定份额。

图表 75: 高通的 5G 方案



来源: digitimes, 国金证券研究所

6、国内射频前端厂商一览

图表 76：国内射频前端公司一览

| 公司 | 射频产品 | 公司概况 |
|----------|----------------|---|
| 卓胜微电子 | LNA/开关/调谐 | 卓胜微电子是国内射频开关和LNA龙头。公司产品目前已经进入三星，华为，小米，OPPO，VIVO等主流客户，同时公司在积极往SAW滤波器和模块化产品布局。 |
| Vanchip | PA | 唯捷创芯片（天津）电子技术股份有限公司2010年成立于天津滨海新区，在上海、北京、深圳、苏州设有研发中心及办事处，公司致力于射频与高端模拟集成电路的研发，是集设计、测试、销售一体化的集成电路设计公司。公司目前的主要产品是射频功率放大器，广泛应用于2G/3G/4G手机及其他智能移动终端。 |
| 无锡好达 | 滤波器、LTCC器件 | 无锡好达是知名的声表面波器件生产厂商，主要产品包括声表面波滤波器、双工器、谐振器，公司拥有强大的专业技术团队。原来是韩资背景的企业，技术主要来自韩国，和YSAW关系比较好，是国内最早进行终端滤波器开发的企业之一，在2013年就开始开发。 |
| 锐迪科（RDA） | 基带、RFIC、PA、滤波器 | 锐迪科主要生产移动电话通讯支持芯片，包括功率放大器、转换器和接收器等；锐迪科目前拥有众多客户，包括中兴、华为、TCL、天语、三星等国内外主要客户 |
| 天津诺思 | FBAR | 诺思（天津）成立于2011年，是中国首家FBAR生产企业，公司从事无线设备前端MEMS滤波芯片、模块、应用方案的设计、研发、制造和销售，是国外AVAGO和Skyworks等公司的几名海归回国创立的 |
| 汉天下 | PA、物联网芯片 | 汉天下电子创办于2012年7月，是中国领先的射频前端芯片和射频SoC芯片的供应商，每年芯片的出货量达7亿颗。公司专注于射频/模拟集成电路和SoC系统集成电路的开发，面向手机终端的2G/3G/4G全系列射频前端芯片、面向物联网的无线连接芯片。 |
| 信维通信 | 天线、滤波器 | 公司以天线为基础，与55所德清华莹合作，正在开拓滤波器等产品业务。中电55所（德清）是国内较早研制生产声表用的钽酸锂、铌酸锂等压电晶体材料和声表面波滤波器产品的企业之一。 |
| 麦捷科技 | 滤波器、LTCC器件 | 麦捷科技是LTCC射频器件和片式电感厂商，公司与26所合作，已经进入海外低端滤波器市场，正在努力导入国内客户。26所是声表技术门类最全的研究所，同时也是国内振动惯性技术门类最全的研究所，其专业技术国内领先，世界一流 |
| 中普微电子 | PA | 公司从事射频IC设计、研发和销售，产品涵盖GSM、W-CDMA、TD-SCDMA、CDMA2000以及快速演变的TD-LTE，提供2G/3G/4G全面的射频前端解决方案。目前公司产品以其高性价比的优势在市场上备受欢迎，得到众多客户包括品牌商的肯定。CUCT额前瞻性TD-LTE射频功放技术凸显了CUCT能够为全球4G市场提供成熟的射频解决方案。 |
| 深圳飞驒 | PA、前端模组 | 深圳飞驒科技有限公司由上市公司国民技术有限公司无线射频事业部拆分而来，2018年2月正式更名为深圳飞驒科技有限公司。至2017年射频产品累计出货量超数亿颗。飞驒团队深耕功率放大器等射频IC领域，拥有八年夺得射频产品开发销售经验，已经成长为国内一流的射频芯片厂商。 |
| 苏州宜确 | 射频前端 | 创立于2015年，主要从事高性能射频前端集成电路的设计，生产和销售。公司所开发的芯片产品累计出货量超10亿颗，对射频前端市场以及无线通信市场有深刻理解。公司将致力于向市场提供具有高性能、高性价比的射频前端集成电路产品，包括2G/3G/4G/MMMB射频功率放大器及射频前端芯片，射频开关芯片，低噪声功率放大器、WIFI射频前端芯片以及射频电源芯片等。 |

来源：国金证券研究所

公司投资评级的说明：

买入：预期未来 6—12 个月内上涨幅度在 15%以上；
增持：预期未来 6—12 个月内上涨幅度在 5%—15%；
中性：预期未来 6—12 个月内变动幅度在 -5%—5%；
减持：预期未来 6—12 个月内下跌幅度在 5%以上。

行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明:

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，对由于该等问题产生的一切责任，国金证券不作出任何担保。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整。

本报告中的信息、意见等均仅供参考，不作为或被视为出售及购买证券或其他投资标的邀请或要约。客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，且收件人亦不会因为收到本报告而成为国金证券的客户。

根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；非国金证券 C3 级以上（含 C3 级）的投资者擅自使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

此报告仅限于中国大陆使用。

上海

电话：021-60753903

传真：021-61038200

邮箱：researchsh@gjzq.com.cn

邮编：201204

地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 7 楼

北京

电话：010-66216979

传真：010-66216793

邮箱：researchbj@gjzq.com.cn

邮编：100053

地址：中国北京西城区长椿街 3 号 4 层

深圳

电话：0755-83831378

传真：0755-83830558

邮箱：researchsz@gjzq.com.cn

邮编：518000

地址：中国深圳福田区深南大道 4001 号

时代金融中心 7GH