

5G 换机潮来临，射频前端迎来量价齐升



川财证券
CHUANCAI SECURITIES

——5G 系列行业深度之一：射频前端篇（20191125）

核心观点

❖ 5G 应用场景丰富，手机终端机会先临

5G 具备三大应用场景：增强移动宽带 (eMBB)、海量物联网业务 (mMTC)、超高可靠性与超低时延业务 (uRLLC)。5G 技术在数据传输速率、移动性、传输时延及终端连接数量等具备优势，5G 建设上，大体呈现为基站建设—手机等终端设备—智能物联应用，2020-2035 年全球 5G 产业链投资将达到 3.5 万亿美元，中国占比约 30%，达 1.05 万亿美元，全球行业受 5G 驱动将创造超 12 万亿美元的销售额。移动端在移动通讯技术的不断变革与配套射频前端芯片的性能的优化下，将迎来先行机遇。

❖ 技术驱动：5G 核心技术变化创造新发展机遇

为满足三大场景需求，5G 核心技术变化围绕香农定理展开，主要包括增加基站密度、采用 MIMO 技术与载波聚合技术、提高频段、引入高阶调制等。技术变化创造了射频器件增量需求，带来材料、封装端发展机会。射频器件数量上，5G 手机若支持全频段，至少需要 4 个天线，采用 4T4R MIMO 技术；而每新增一个频段需要配置 2 个滤波器，频段数量增长将直接驱动天线和滤波器数量大幅增长。材料端，5G Sub-6GHz 频段最适用的工艺方案是 GaAs；而在毫米波领域，GaN 材料凭借适用高频、高输出功率的优势，更适合作毫米波射频器件材料。封装端，手机内部射频器件与 PCB 数量不断提升，手机内部空间不足，SiP 封装带来模组化机遇。

❖ 数量驱动：手机市场迎来换机潮，出货量有望回升

全球智能手机出货量近年来趋稳，但出货结构有所变更，2008 年 3G 商用，2009-2012 年 3G 手机进入高速成长期；2010 年 4G 开始商用，2011-2014 年 4G 手机出货量复合增长率达到 200%；5G 预计 2020 年开始商用，5G 手机出货量将迎来新一轮高速增长。据 IDC 预测，2020 年 5G 智能手机出货量将占智能手机出货量的 8.9%，达到 1.235 亿部，到 2023 年全球 5G 手机的市占率将达到 26%。

❖ 价格驱动：智能手机中射频前端价值占比逐步提升

4G 方案的射频前端芯片整体价值与 2G/3G 方案存在明显增长，据 Yole Development 数据，支持区域性 4G 制式手机中射频前端芯片价值达 6.15 美元，高端 LTE 手机中射频芯片价值 15.30 美元。5G 商用临近，射频器件需满足高频高速与模组集成需求，技术难度提升，射频前端芯片价值将继续上升，5G 低频段单机手机射频芯片价值预计达 32 美元，毫米波单机手机射频芯片价值预计达 38.50 美元。相关标的：卓胜微、信维通信、三安光电、麦捷科技。

风险提示：5G 推进不及预期，研发进度不及预期

☞ 证券研究报告

所属部门 | 行业公司部
报告类别 | 行业深度
所属行业 | 信息技术/电子
行业评级 | 增持评级
报告时间 | 2019/11/25

☞ 分析师

周豫

证书编号：S1100518090001
010-66495613
zhouyu@cczq.com

☞ 联系人

杨广

证书编号：S1100117120010
010-66495613
yangguang@cczq.com

傅欣璐

证书编号：S1100119080001
010-66495910
fuxinlu@cczq.com

☞ 川财研究所

北京 西城区平安里西大街 28 号中海国际中心 15 楼，100034

上海 陆家嘴环路 1000 号恒生大厦 11 楼，200120

深圳 福田区福华一路 6 号免税商务大厦 30 层，518000

成都 中国（四川）自由贸易试验区成都市高新区交子大道 177 号中海国际中心 B 座 17 楼，610041

正文目录

一、射频前端——手机通信重要模块.....	5
1、射频前端基本架构与运作原理.....	5
1.1 天线与射频开关.....	6
1.2 滤波器.....	7
1.3 LNA 与 PA.....	10
2、5G 应用场景丰富，手机终端机会先临.....	11
二、多因素驱动，射频前端与天线机会凸显.....	13
1、技术驱动：5G 核心技术变化创造新发展机遇.....	13
1.1 5G 频段增加，迎接 Sub-6GHz 和 mmWave 双市场.....	13
(1) 低频段（Sub-6GHz）：5G 频段增加，天线、射频数量扩增.....	14
(2) 高频段毫米波（mmW）：技术区别低频段，有望广泛应用 Aip 设计.....	16
1.2 射频材料低频段以 GaAs 主导，高频段 GaN 占优.....	18
1.3 模组集成已成趋势，SiP 封装减少空间占用.....	20
2、数量驱动：手机市场迎来换机潮，出货量有望回升.....	22
3、价格驱动：智能手机中射频前端价值占比逐步提升.....	23
三、射频为寡头垄断市场，关注细分突破口.....	26
1、手机射频前端市场 2023 年预计超 300 亿美元.....	26
2、整体市场由国外厂商寡头垄断，国内技术待突破.....	27
3、射频前端与天线细分市场格局.....	28
3.1 滤波器市场现状.....	28
3.2 PA 市场现状.....	31
3.3 开关与 LNA 市场现状.....	32
四、产业链相关标的.....	34
1、卓胜微（300782.SZ）：全球领先的射频开关专家.....	34
2、信维通信（300136.SZ）：业务布局终端天线与滤波器.....	35
3、三安光电（600703.SH）：兼顾 LED，覆盖射频器件材料.....	37
4、麦捷科技（300319.SZ）：涉足 LTCC SAW 射频滤波器.....	38
五、风险提示.....	40

图表目录

图 1:	智能手机通信系统结构示意图.....	6
图 2:	射频开关运作过程示意图.....	7
图 3:	基本 SAW 滤波器示意图.....	8
图 4:	基本 BAW 滤波器示意图.....	9
图 5:	SAW 适宜低频, BAW 适宜高频.....	9
图 6:	MEMBRANE TYPE FBAR 示意图.....	10
图 7:	AIRGAP TYPE FBAR 示意图.....	10
图 8:	LNA 运作过程示意图.....	11
图 9:	5G 三大应用场景.....	12
图 10:	5G 的 8 个技术指标相比 4G 跃升.....	12
图 11:	5G 射频终端的演变进程.....	13
图 12:	拆解 5G 下香农公式因子.....	14
图 13:	5G NR 频段增加.....	15
图 14:	工信部划分我国 5G 频段.....	15
图 15:	5G 波束需要更多天线.....	16
图 16:	高通毫米波天线模组.....	17
图 17:	未来手机网络制式变迁过程预测.....	18
图 18:	不同材料工艺在不同频率下的对比.....	19
图 19:	高通手机射频模组划分.....	21
图 20:	手机内部射频器件不断增加.....	21
图 21:	射频厂商由元器件走向模组化.....	21
图 22:	智能手机内部采用 SIP 封装部分.....	22
图 23:	IDC 对 5G 手机市占率的预测.....	23
图 24:	手机上网流量比例不断提升.....	23
图 25:	全球移动终端出货量.....	23
图 26:	射频芯片价值变迁.....	24
图 27:	2017-2023 年射频前端市场复合增长率预计为 14%.....	25
图 28:	射频前端市场分布.....	25
图 29:	手机射频前端市场拆分预测.....	26
图 30:	QY RESEARCH 对全球射频前端市场规模及速率预测.....	27
图 31:	SAW 滤波器市场格局.....	29
图 32:	BAW 滤波器市场格局.....	29
图 33:	我国 SAW 滤波器供需变化 (预测).....	30
图 34:	全球 PA 器件市场格局.....	31
图 35:	中国手机终端 GAAS PA 市场规模预测.....	31
图 36:	全球射频开关市场规模及预期变化.....	33
图 37:	全球射频开关市场格局.....	33
图 38:	全球 LNA 市场格局.....	33
图 39:	全球 LNA 市场规模及预期变化.....	34
图 40:	卓胜微营业收入与利润.....	35
图 41:	卓胜微研发支出与占比.....	35
图 42:	卓胜微 2019H 收入构成.....	35

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

图 43:	卓胜微细分业务毛利率.....	35
图 44:	信维通信营业收入与利润.....	36
图 45:	信维通信研发支出与占比.....	36
图 46:	信维通信移动终端天线及附件业务情况.....	36
图 47:	信维通信收入地区分布.....	36
图 48:	三安光电营业收入与利润.....	37
图 49:	三安光电研发支出与占比.....	37
图 50:	三安光电 2019H 业务构成.....	38
图 51:	三安光电芯片、LED 业务情况.....	38
图 52:	麦捷科技营业收入与利润.....	38
图 53:	麦捷科技研发支出与占比.....	38
图 54:	麦捷科技 2019H 业务构成.....	39
图 55:	麦捷科技分业务毛利率.....	39
表格 1:	射频器件功能.....	6
表格 2:	毫米波段 AIP 封装详情.....	17
表格 3:	三代半导体材料比较.....	19
表格 4:	常见的 PA 工艺.....	20
表格 5:	射频前端全球五大供应厂商.....	28
表格 6:	全球与国内主要射频器件供应商.....	28
表格 7:	国内滤波器公司详情.....	30
表格 8:	国内 PA 厂商详情.....	32

一、射频前端——手机通信重要模块

1、射频前端基本架构与运作原理

手机终端的通信模块主要分为天线、射频前端模块、射频收发模块、基带信号处理。射频前端是移动智能终端产品的核心组成部分，它是模拟电路中应用于高频领域的一个重要分支。按照设备中产品形态分类，射频器件可分为分立器件和射频前端模组。分立器件即功放、滤波器、天线开关等各个独立器件；射频前端模组则是将器件集成在一起，随着通信技术的进步，集成化和小型化技术趋势已使射频前端模组倍受推崇。

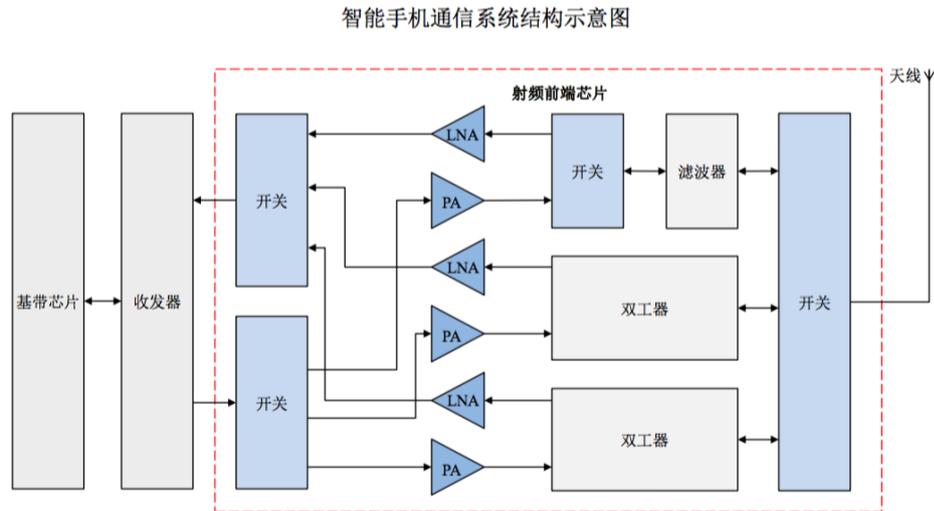
射频前端介于天线与射频收发之间，可以分为接收通道和发射通道，元件主要包括滤波器（Filters）、低噪声放大器（LNA, Low Noise Amplifier）、功率放大器（PA, Power Amplifier）、射频开关（RF Switch）、天线调谐开关（RF Antenna Switch）、双工器。从线路看信号传输：

其接收通道：信号—天线—天线开关—滤波器/双工器—LNA—射频开关—射频收发—基带；

其发射通道：基带—射频收发—射频开关—PA—滤波器/双工器—天线开关—天线—信号。

天线用于无线电波的收发；射频开关用于实现射频信号接收与发射的切换、不同频段间的切换；LNA 用于实现接收通道的射频信号放大；PA 用于实现发射通道的射频信号放大；滤波器用于保留特定频段内的信号，而将特定频段外的信号滤除；双工器用于将发射和接收信号的隔离，保证接收和发射在共用一天线的情况下能正常工作。

图 1： 智能手机通信系统结构示意图



资料来源：卓胜微招股说明书，川财证券研究所

表格 1： 射频器件功能

射频器件	功能
天线	用于无线电波的收发
射频开关	用于实现射频信号接收与发射的切换、不同频段间的切换
LNA	用于实现接收通道的射频信号放大
PA	用于实现发射通道的射频信号放大
滤波器	用于保留特定频段内的信号，而将特定频段外的信号滤除
双工器	用于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

资料来源：百度百科，川财证券研究所

1.1 天线与射频开关

天线用于无线电波的收发，连接射频前端，是接收通道的起点与发射通道的终点。天线按功能分类包括主天线、GPS 定位天线、Wifi 天线、NFC 天线、FM 天线等。天线的应用包括基站侧与终端侧，本文主要介绍手机终端情况。随着信息技术的不断发展，无线网络频段增加、频率升高，驱使手机天线的使用增加，同时，为实现高速、多频率、少损耗的传输，终端天线通过材料、

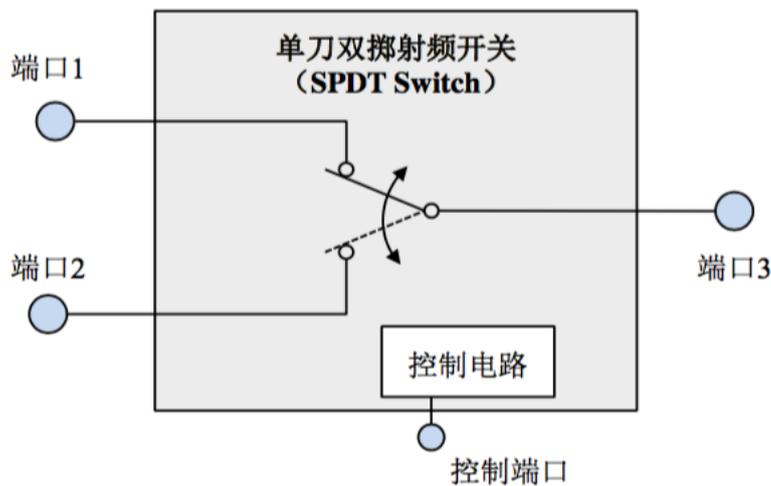
本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

结构、工艺的不断改进实现性能的提升。

射频开关的作用是控制多路射频信号中的一路或几路实现逻辑连通，达到不同信号路径的切换的目的，包括接收与发射的切换、不同频段间的切换等，最终可以共用天线、节省终端产品成本。射频开关的主要包括移动通信传导开关、WiFi 开关、天线调谐开关等。

它的运作原理如下：当射频开关的控制端口加上不同电压时，射频开关各端口将呈现不同的连通性。以单刀双掷射频开关为例，当控制端口加上正电压时，连接端口 1 与端口 3 的电路导通，同时连接端口 2 与端口 3 的电路断开；当控制端口加上零电压时，连接端口 1 与端口 3 的电路断开，同时连接端口 2 与端口 3 的电路导通。通过控制电压，实现了不同电路的连通。

图 2： 射频开关运作过程示意图



资料来源：卓胜微招股说明书，川财证券研究所

1.2 滤波器

滤波器主要是通过电容、电感、电阻等元件组合移除信号中不需要的频率分量，保留所需要的频率分量，传输特定的筛选后的信号，消除频带间相互干扰。目前手机中常用的滤波器包括声表面波滤波器(Surface Acoustic Wave Filter, SAW Filter)、体声波滤波器(Bulk Acoustic Wave Filter, BAW Filter)和薄膜腔声谐振滤波器 (Film Bulk Acoustic Resonator, FBAR)。

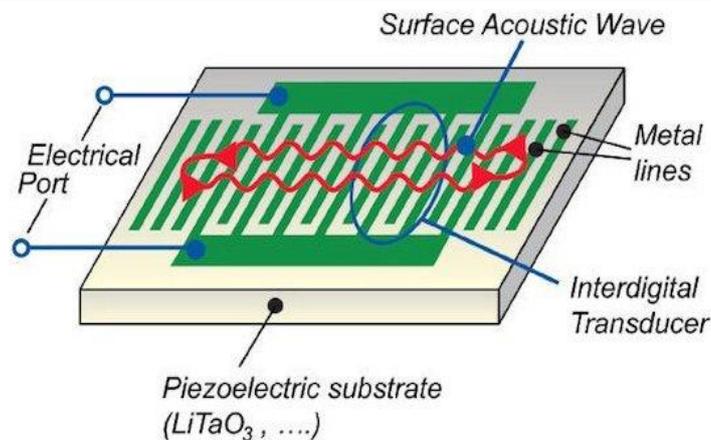
SAW 是一种沿着固体表面传播的声波。一个基本的 SAW 滤波器由压电材料 (piezoelectric substrate)和 2 个 Interdigital Transducers(IDT)组成。电信号通过 IDT 转为声波，声波通过 IDT 又转为电信号。这一过程主要是依赖压电

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

材料，压电是指晶体在收到外部压力时会产生电压，相反地，晶体两面存在电压时，形状会发生微变。

SAW 的频率与速率成正比，与 IDT 电极间间距成反比。当间距越小时，电流密度大会产生电迁移和发热等问题，因此 SAW 滤波器不太适合 2.5GHz 以上的频率。另外，SAW 滤波器易受到温度变化影响，温度升高时，基片材料刚度将变小、声速降低，因此替代方法是温度补偿滤波器 (TC-SAW)，通过在 IDT 结构上增加涂层改善性能，使其在温度升高时，刚度会增加。

图 3：基本 SAW 滤波器示意图

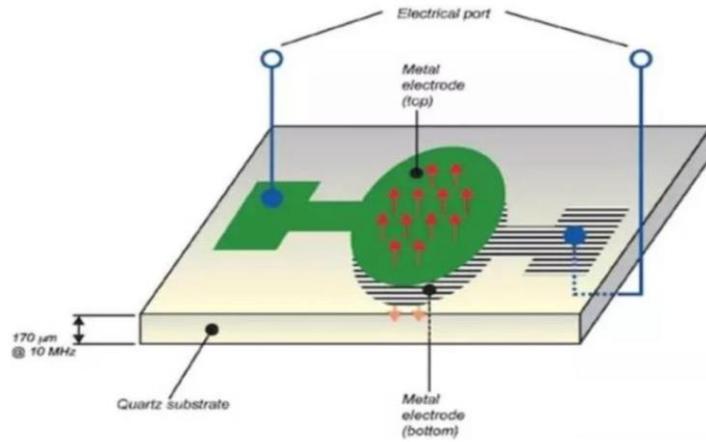


资料来源：电子发烧友，川财证券研究所

BAW 滤波器采用石英晶体作为基板，声波垂直传播。基本结构是两个金属电极夹着压电薄膜(Quartz substrate 在 2GHz 下厚度为 2um)，声波在压电薄膜里震荡形成驻波(standing wave)。板坯厚度和电极质量 (mass) 决定共振频率。

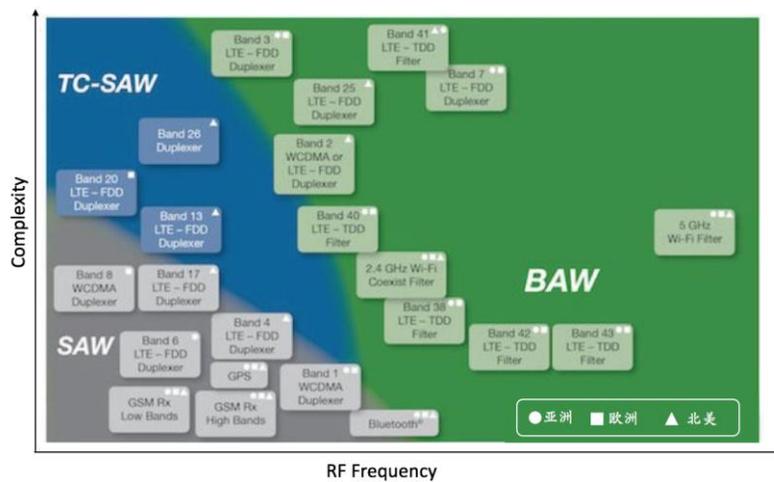
BAW 滤波器适用于高频 (1.5GHz 以上有优势)，且尺寸会随频率升高而缩小，对温度变化不敏感，拥有极低损耗与陡峭的滤波器裙边。其工艺与成本比 SAW/TC-SAW 复杂，价格也更高昂，其压电层的厚度必须在几微米量级，因此，要在载体基板上采用薄膜沉积和微机械加工技术实现谐振器结构。

图 4：基本 BAW 滤波器示意图



资料来源：电子发烧友，川财证券研究所

图 5：SAW 适宜低频，BAW 适宜高频



资料来源：电子发烧友，川财证券研究所

FBAR 不同于以前的滤波器，是使用硅底板、借助 MEMS 技术以及薄膜技术而制造出来的，包括硅反面刻蚀型（Membrane type）和空气隙型（Airgap type）。

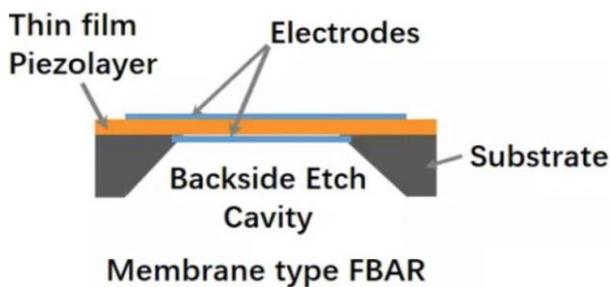
硅反面刻蚀型是基于 MEMS 的体硅(Si)微加工技术(bulk micromachining)，将 Si 片反面刻蚀。在压电震荡堆的下表面形成空气——金属交界面，从而限制声波于压电震荡堆之内。它类似于 BAW 滤波器的基本结构，两面都是空气，空气的声波阻抗远低于压电层的声波阻抗，因此大部分声波都会反射回来。此技术的缺点是由于大面积移除 Si 衬底，导致机械牢度降低；另外，相比 BAW 滤波器较少部分跟底下基层接触，不方便散热。

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

空气隙型是基于 MEMS 的表面微加工技术 (surface micromachining)，在硅片的上表面形成一个空气隙以限制声波于压电震荡堆之内。通过先填充牺牲材料最后再移除之的方法制备空气腔以形成空气——金属交界面。

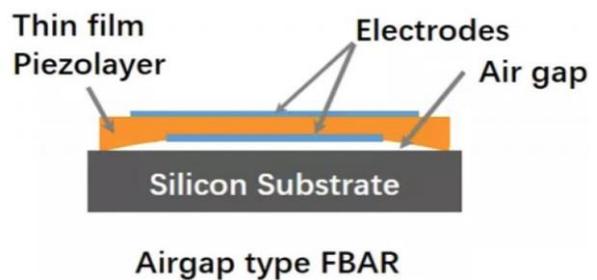
FBAR 具有体积小、工作频率高、效率高、插入损耗低、带外抑制大、高 Q、大功率容量、低温度系数以及良好的抗静电冲击能力和半导体工艺兼容性等优点。FBAR 滤波器与传统介质滤波器和 SAW 滤波器相比，能具备更完善的功率处理能力、减少插入损耗和选择度特性。FBAR 是目前唯一可以与 RFIC 以及 MMIC 集成的射频滤波器解决方案，且能以更低的价格提供更有利的性能，具有较强的市场竞争力。在未来的无线通信系统和无线接入领域，FBAR 滤波器市场前景广阔。

图 6: Membrane type FBAR 示意图



资料来源：电子说，川财证券研究所

图 7: Airgap type FBAR 示意图



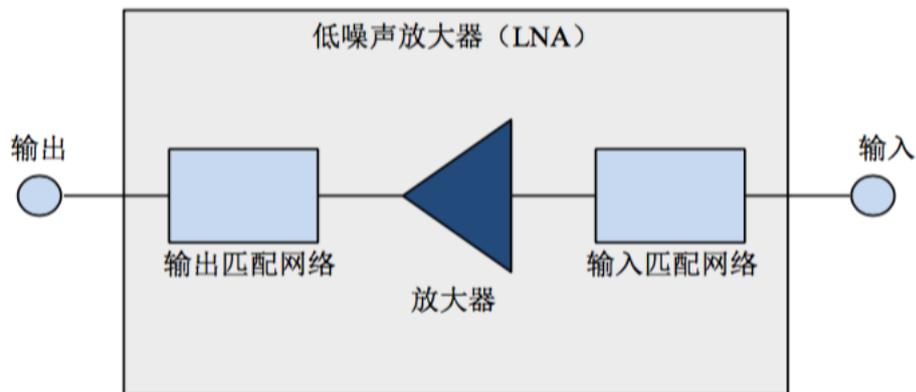
资料来源：电子说，川财证券研究所

1.3 LNA 与 PA

低噪声放大器 LNA 的功能是将从天线处接收到的微弱射频信号放大，尽量减少噪声的引入，在移动智能终端上实现信号更好、通话质量更高和数据传输率更高的效果。以卓胜微的 LNA 产品为例，根据适用频率的不同，可以分为全球卫星定位系统 LNA、移动通信信号 LNA、电视信号 LNA、调频信号 LNA。

LNA 的工作原理如下：输入的射频信号被输入匹配网络转化为电压，经过放大器对电压进行放大，同时在放大过程中最大程度降低自身噪声的引入，最后经过输出匹配网络转化为放大后功率信号输出。

图 8: LNA 运作过程示意图



资料来源：卓胜微招股说明书，川财证券研究所

LNA 的主要规格是噪声系数 (NF)，即通过 LNA 增加的固有噪声量，当 NF 介于 15-20db 时，能将收到的信号升压到可被后续放大器、滤波器正确处理

的范围。
功率放大器 PA 是将发射通路调制振荡电路产生的射频信号功率方法，获得足够大的射频输出功率后，经匹配网络将其馈送至天线。PA 的能效定义为输出信号的功率与输入信号功率之差与直流电源功耗的比值。主要技术指标为输出功率与效率：最大输出功率决定了 PA 最大容量，而增加输出功率即增益输入与输出之间的比值；提高工作效率需要增大对不同频率信号的承载；另外，增加工作带宽可以扩大 PA 使用范围。

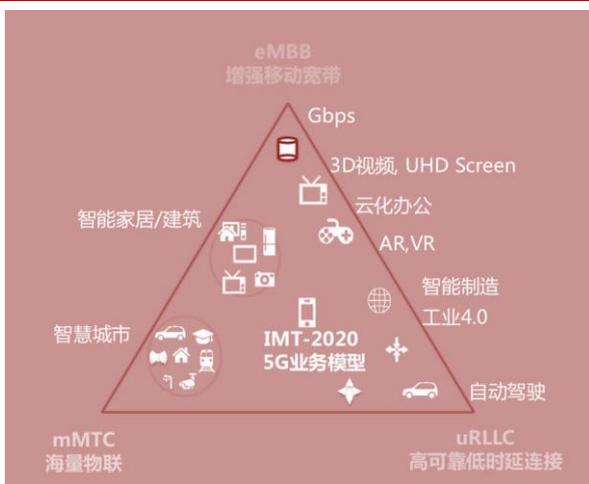
2、5G 应用场景丰富，手机终端机会先临

5G 具备三大应用场景：增强移动宽带(eMBB)、海量物联网业务(mMTC)、超高可靠性与超低时延业务(uRLLC)。其中，eMBB 是以“人”为中心的应用场景，变现为超高的传输数据速率，广覆盖下的移动性保证，支持高清视频应用；mMTC 场景下数据速率较低、时延不敏感，但连接覆盖面广，促进智慧城市、智慧家居等的发展；uRLLC 场景下连接时延达到 1ms 级别，支持高速移动 500km/h 下高可靠性 99.99% 的连接，适用于工业控制、车联网、远程医疗等应用。

5G 技术在数据传输速率、移动性、传输时延及终端连接数量等具备优势，将进一步推动万物互联。其 8 个技术指标相比 4G 有所跃升，包括峰值速率（5G-20Gbps VS 4G-1Gbps）、用户体验速率（5G-100Mbps VS

4G-10Mbps)、频谱效率 (5G-3x VS 4G-1x)、流量密度 (5G-10Mb/s/m VS 4G-0.1Mb/s/m)、移动性(5G-500km/h VS 4G-350km/h)、网络能效(5G-100x VS 4G-1x)、连接密度(5G-100 万终端 VS 4G-10 万终端)和时延性(5G-1ms VS 4G-10ms)。据德勤研究数据预测, 2020-2035 年全球 5G 产业链投资将达到 3.5 万亿美元, 中国占比约 30%, 达 1.05 万亿美元。全球行业受 5G 驱动将创造超 12 万亿美元的销售额, 涵盖制造、信息通信、批发零售、基础设施等多个行业。

图 9: 5G 三大应用场景



资料来源: 中国联通, 川财证券研究所

图 10: 5G 的 8 个技术指标相比 4G 跃升

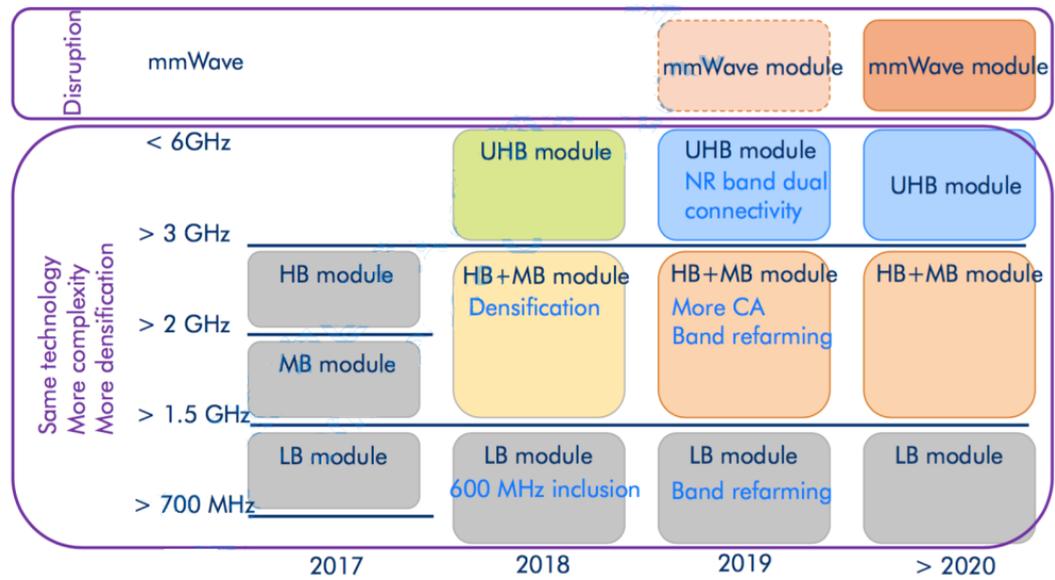


资料来源: ITU, 川财证券研究所

在 5G 建设上, 方向大体呈现为基站建设—手机等终端设备—智能物联应用。当前全国已经开始如火如荼开展 5G 宏基站与微基站的建设, 2019-2025 年预计以 5G NSA 网络为主, 2025 年起以 5G SA 网络为主, 建设过程循序渐进, 发展周期较长。终端侧, 5G 初代手机也已在 2019 年陆续上市。截至 2019 年 11 月已发售 5G 手机 9 款, 包括三星 Galaxy Note10+ 5G、华为 Mate20 X 5G、华为 Mate30/30Pro 5G、华为 Mate X 5G、中兴天机 Axon 10 Pro 5G、vivo iQOO Pro 5G、vivo NEX3 5G、小米 9Pro 5G、OPPO Reno 5G。但目前 5G 手机均只使用 Sub-6 低频段, 除华为 Mate 30 5G 基带芯片支持 NSA 和 SA 双模式外, 其余手机仅支持 NSA 模式。未来随着 5G 网络由低频段拓宽至毫米波段, 由 NSA 过渡到 SA, 5G 手机将迎来更大的换机空间。移动通讯技术的不断变革与配套射频前端芯片的性能的优化, 将不断推动移动数据传输量和传输速度的提高, 射频前端的重要性不言而喻。

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

图 11: 5G 射频终端的演变进程



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

二、多因素驱动，射频前端与天线机会凸显

1、技术驱动：5G 核心技术变化创造新发展机遇

1.1 5G 频段增加，迎接 Sub-6GHz 和 mmWave 双市场

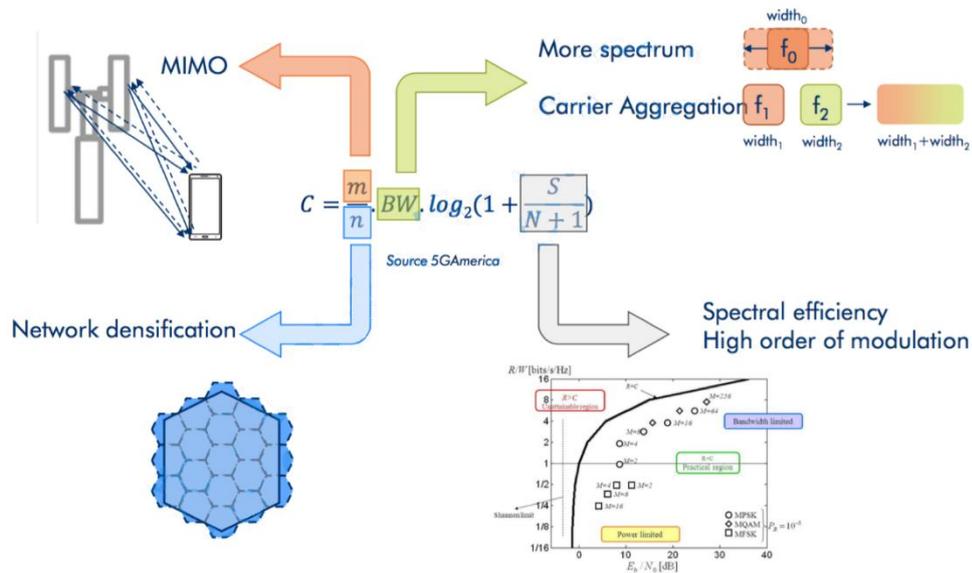
5G 核心技术主要包括增加基站密度、采用 MIMO 技术与载波聚合技术、提高频段、高阶调制提高频谱效率等。其技术变化围绕香农定理展开，

$$C = \frac{m}{n} \cdot BW \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N+1} \right)$$

其中，C 为最大信息传送速率，BW 为信道宽度，S 为信道内所传信号的平均功率，N 为信道内部的高斯噪声功率，S/(N+1) 为信噪比，m 为传输和接收天线的数量，1/n 为基站网络密度。

为了改善数据传输效果，可分别在以下技术改进：1) 降低 n 值：提高网络密度，增加小型基站数量，减少每个基站的用户数量；2) 增加 M 值：利用 MIMO 技术，提高 MIMO 阶数，增加天线发射与接收数量；3) 增加 BW 值：拓宽信道宽度，可以采取增加频段与载波聚合的方式；4) 提高信噪比：采用高阶调制提高频谱效率。5G 技术的变化促使射频前端价值量的提升，叠加 5G 时代手机换机带来的数量提升，量价齐升为手机产业链带来戴维斯双击。

图 12: 拆解 5G 下香农公式因子



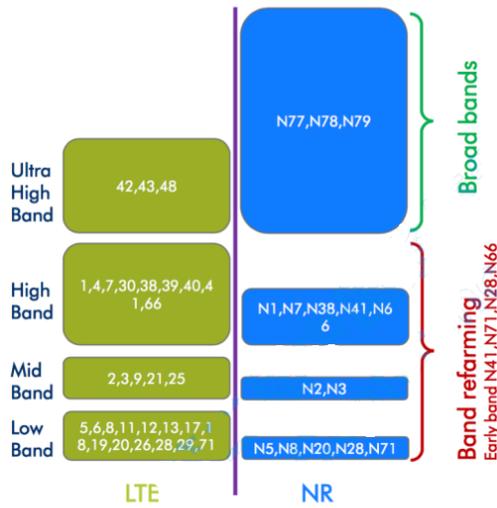
资料来源: 5G America, 川财证券研究所

(1) 低频段 (Sub-6GHz): 5G 频段增加, 天线、射频数量扩增

5G 网络的部署采用两种频段 FR1 和 FR2, FR1 是低频段 Sub-6GHz (频率范围 450MHz-6GHz), 特征是传输距离远、覆盖面积大; FR2 是高频段 mmWave (频率范围 24.25GHz-52.60GHz), 特征是传输速度快, 容量大, 但覆盖面积有限。相比于 4G, 5G NR 除了包含部分 LTE 频段外, 同时新增部分频段。根据射频器件公司 Skyworks 预测, 到 2020 年, 5G 应用支持的频段数量将实现翻番, 新增 50 个以上通信频段, 全球 2G/3G/4G/5G 合计支持的频段将达到 91 个以上。

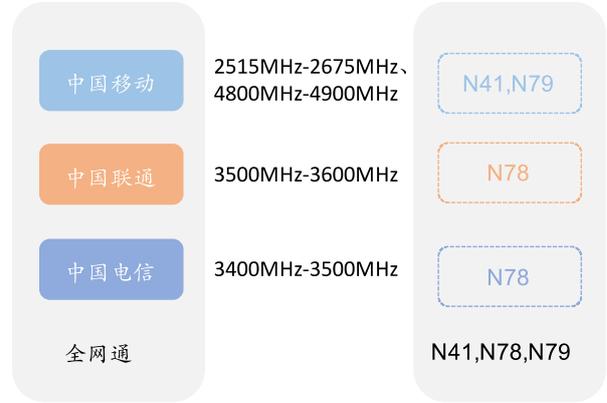
5G 的在我国布局大致分为三个阶段, 4.5G 阶段 (4G 向 5G 过渡的阶段, NSA 与 SA 网络并存)、5G 初步阶段 (以 Sub-6GHz 频段为主的 5G 阶段)、5G 深入阶段 (mmWave 商用, Sub-6GHz 与 mmWave 共存)。当前我国 5G 仍处在 4G LTE 到 5G NR 的过渡阶段, 频段的利用以 FR1 为主。2018 年 12 月 6 日, 工信部公布了运营商 5G 试验频率, 中国移动分配得到 N41、N79 频段、中国联通为 N78 频段、中国电信为 N78 频段, 全网通手机则涵盖 N41、N78、N79 频段, 5G 频段数量确定性增加。

图 13: 5G NR 频段增加



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

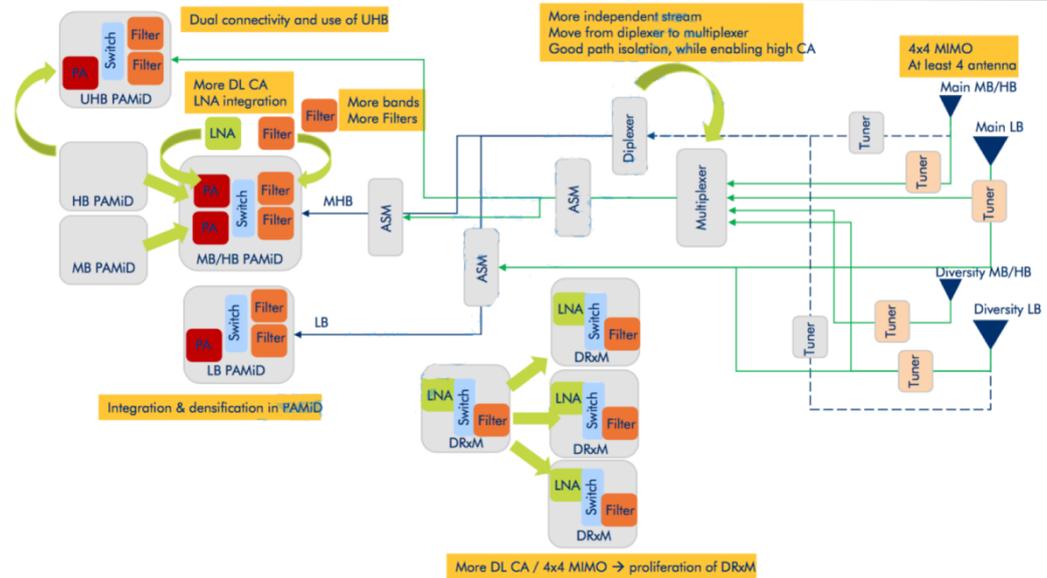
图 14: 工信部划分我国 5G 频段



资料来源: 工信部, 川财证券研究所

3GPP TS38. 213 协议中说明, 5G 波束需满足 5 个边带 (SSB), 其中, 对于 3GHz 以下的频段, SSB 波束的上限为 4 个, 对于 3-6GHz 的频段, 上限为 8 个。为满足 5G 下不同场景高低频段需求, 5G 天线支持全频段波束赋, 5G 形成形波束的生成至少需要 2 个天线阵列。若手机需支持全频段, 至少需要 4 个天线, 采用 4T4R MIMO 技术。而理论上新增一个频段需要配置 2 个滤波器, 频段数量增长将直接驱动天线和滤波器数量大幅增长。

图 15: 5G 波束需要更多天线



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

(2) 高频段毫米波 (mmW): 技术区别低频段, 有望广泛应用 AiP 设计

毫米波段作为高频段, 将以大带宽实现数据的高速传输, 还可利用极密的空间复用度来增加容量。传统通信利用基站与手机间单天线到单天线进行电磁波传播, 5G 时代为满足大容量与高速率的需求, 引入波束成形技术, 在基站侧采用阵列天线, 自动调节各天线发射信号的相位, 使手机侧可以收到叠加的电磁波增强信号强度。

毫米波手机天线有多种应用模式: 一个手机对两个基站、一个基站对一个手机、一个基站对几个手机模式等不同应用场景, 影响终端手机天线布局。高频毫米波的传输损耗大, 因此毫米波手机可能会呈现以下布局特征: 一是协同化设计, 天线与芯片位置靠近, 将天线与射频前端集成化, 即采用基于 SiP 封装的 AiP (Antenna-in-Package), 减少高频短波下的信号损耗; 二是采用两组线性相控阵, 可以同时寻找新信号与识别旧信号。因此, 5G 毫米波手机需要定制, 发展进程将位于 5G Sub-6GHz 手机之后, 预计在 2021 年技术成熟后呈现大幅增长态势。

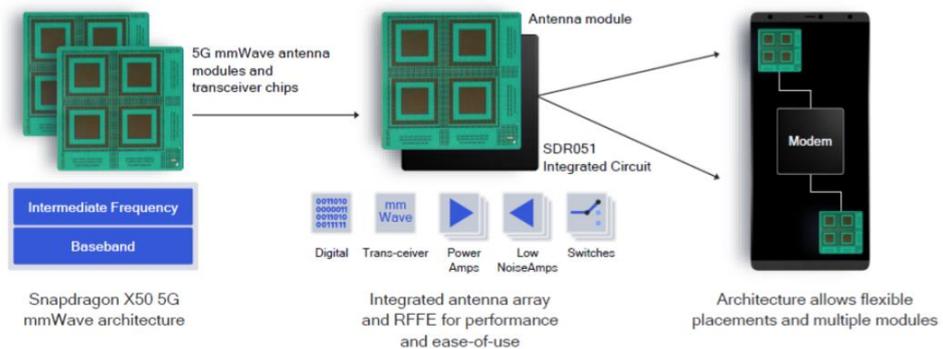
表格 2: 毫米波段 AiP 封装详情

项目	内容
手机用量	一个手机预计使用 3-4 个 AiP 模组, 会将射频元件、电源管理芯片、天线进行系统级封装
供应商	高通、三星宣布量产毫米波模组; 华为海思与联发科 AiP 封装仍以 Sub-6GHz 为主
成本	传统天线价格约 1 美元, AiP 模组价格约是传统天线的 18-22 倍, 其中成本的 70%-80%源自封装测试。
材料	低频段 RF 元件采用化合物半导体如 GaAs; 毫米波段材料采用 GaN-On-SiC、GaN-On-Si 等

资料来源: Digitimes, 川财证券研究所

目前 5G 毫米波模组研发技术要求较高, 当前高通和三星具备领先优势。2018 年 7 月, 高通推出首款面向智能手机的全集成 5G NR 毫米波及 6GHz 以下射频模组, 即 QTM052 毫米波天线模组系列和 QPM56xx 6GHz 以下射频模组系列; 同年 10 月, 宣布将 QTM052 毫米波天线模组系列体积缩小 25%。以高通 QTM052 为例, 一部 5G 毫米波手机将集成 4 个模组以上。另外, 三星的 5G 毫米波设备也成为全球首个通过美国联邦通信委员会 (FCC) 批准的 5G 毫米波产品。

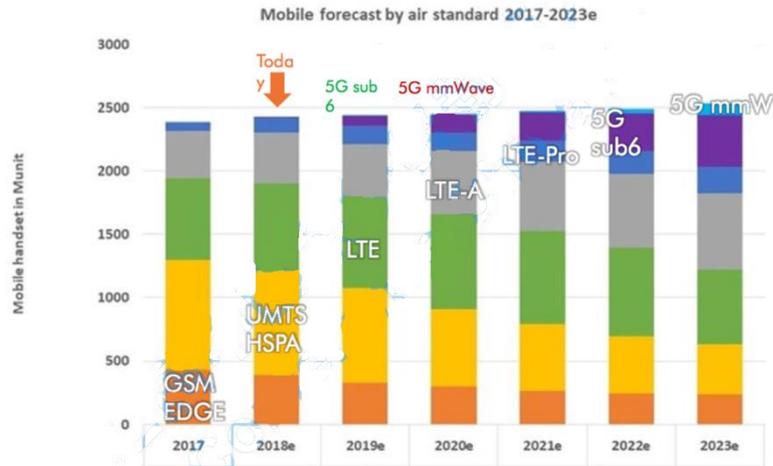
图 16: 高通毫米波天线模组



资料来源: Qualcomm, 川财证券研究所

根据 Yole Development 预测, 2021 年后毫米波手机将放量, 预计截至 2025 年, 手机市场中将存在 34%连接 5GSub-6GHz 网络, 20%连接 5G 毫米波网络(数量预计为 5.64 亿部)。长远来看, 手机端毫米波天线市场空间广阔, 提供天线板、转接软板, 以及 AiP 封装的企业将受益其中。

图 17: 未来手机网络制式变迁过程预测



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

1.2 射频材料低频段以 GaAs 主导，高频段 GaN 占优

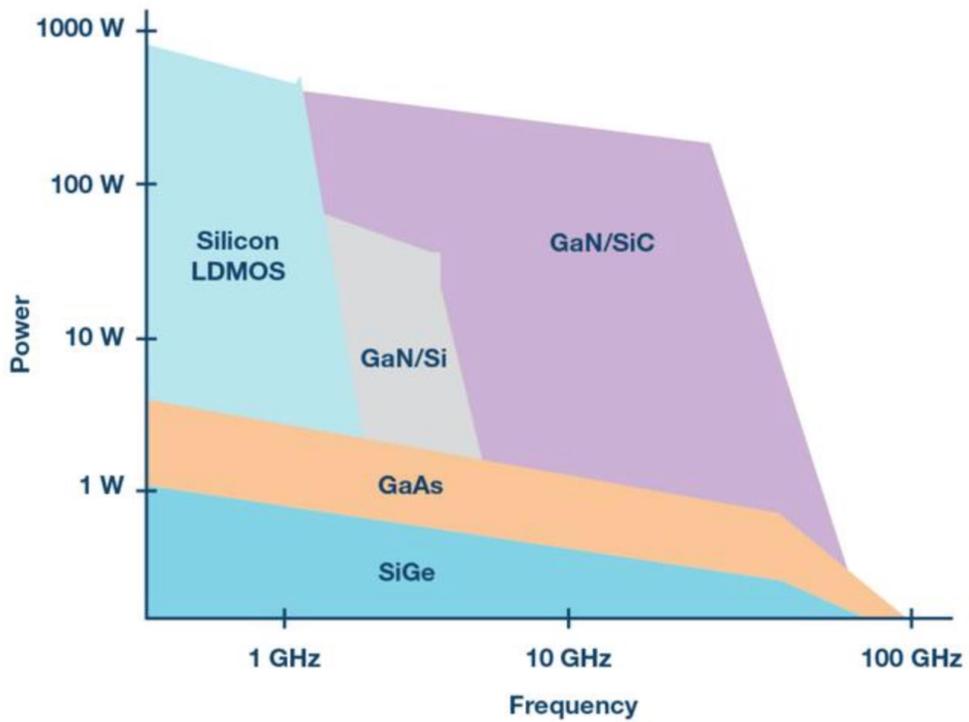
5G 来临, 射频功放材料将以 GaAs 主导。半导体材料的变迁历程如下: Ge(锗)、Si(硅)——GaAs(砷化镓)、InP(磷化铟)——SiC(碳化硅)、GaN(氮化镓)——SiGe(锗化硅)、SOI(绝缘层上覆硅)——碳纳米管(CNT)——石墨烯(Graphene)。当前射频功放的材料主要集中在第二代化合物半导体材料上。第一代 Si 材料存在高频损耗、噪声大和低输出功率密度等特点; 第二代半导体材料电子迁移率高, 是 Si 的 6 倍, 具有直接带隙, 相较第一代具有高频、高速的性能; 第三代半导体原料具有较大的带宽宽度, 较高的击穿电压, 热导率高, 电子饱和速率高, 同样适用于制造高频、高温、大功率的射频组件。比较 GaAs 与 GaN, 低频领域 GaAs 可以承受较高工作电压, 且 GaN 目前制造成本依然较高, 5G Sub-6GHz 频段最适用的工艺方案是 GaAs; 而在毫米波领域, GaN 材料凭借适用高频、高输出功率的优势, 更适合作毫米波射频器件材料。

表格 3: 三代半导体材料比较

	第一代半导体		第二代半导体	第三代半导体				
	Si	Ge	GaAs	GaN	4H-SiC	6H-SiC	3C-SiC	ALN
禁带宽度 (eV)	1.12	0.67	1.43	3.44	3.26	3	2.2	6.2
能带类型	间接	间接	直接	直接	间接	间接	间接	直接
击穿电场 (MV/cm)	0.3	0.1	0.4	3.3	3	2.4	1.2	1.4
电子迁移率 (cm ² /Vs)	1350	3900	6500	1250	800	400	900	300
空穴迁移率 (cm ² /Vs)	480	1900	320	250	115	90	40	14
热导率 (W/cm*K)	1.3	0.58	0.5	2	4.9	4.9	4.9	2.9
饱和速度 (10 ⁷ cm/s)	1	1	2	2.2	2.5	2.5	2.5	1.4
介电常数	11.8	16	12.8	9	10	9.7	9.6	8.7

资料来源: Yole, SITRI 产业研究, 川财证券研究所

图 18: 不同材料工艺在不同频率下的对比



资料来源: ADI 公司, 川财证券研究所

在射频器件工艺上, 主流射频半导体制造工艺主要有 5 类, 包括 GaAs 对应

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

工艺、SiGe 对应工艺、RF CMOS、Ultra CMOS、Si BiCMOS。在手机射频端最常使用的是 GaAs 对应工艺、SiGe 对应工艺。

GaAs 元件早期工艺为 MESFET（金属半导体场效应晶体管），而后演变为 HEMT（高电子迁移率晶体管）、pHEMT（介面应变式高电子迁移电晶体），目前则演变至 HBT（异质结双极型晶体管）。HBT 组件的功率密度、电流推动能力、线性度超过 FET 组件，适用于高功率、高效率、高线性度的功率放大器。此外，HBT 组件可以单电源操作，因此可以简化手机电路设计，适用于射频收发模块的研制。

SiGe 对应的 CMOS 工艺兼顾 Si 工艺集成度、良率和成本优势和第三代半导体速度优势，目前已经较为成熟，适用于在 6GHz 以下低频带。但是 CMOS 功放版图面积较大，设计复杂因此面临的研发成本也并不低，在线性度、输出功率、击穿电压等性能上仍不及 GaAs。

5G 时代，射频 PA 面临更高的功率、频率及效率要求，Si 材料存在高频损耗、噪声大和低输出功率密度等特点，CMOS 工艺已不能满足要求，因此 GaAs PA 的市场将更加广阔。

表格 4：常见的 PA 工艺

按材料分类	对应工艺	工作频带	晶圆成本	生产公司
Si/SiGe	CMOS BJT 工艺	300MHz-4GHz	较低	Axiom
GaAs/GaN/ nP	MESFET	1GHz-几十 GHz，分为 S/L/C/X/Ku/Ka 波段	较高	RFMD/Skyworks/Tri quint/Anadigics

资料来源：T&W，川财证券研究所

1.3 模组集成已成趋势，SiP 封装减少空间占用

射频器件按照设备中产品形态分类可分为分立器件和射频前端模组。射频前端模组包括蜂窝式 PAMiD (Power Amplifier Module with Integrated Duplexer)、PAM (Power Amplifier Module)、Rx DM (Receive Diversity Module)、ASM (switchplexer) (Antenna Switch Module)、Antennaplexers (multiplexer)、LMM (Low noise amplifier - multiplexer module)、MMMB PA (Multi-Mode, Multi-Band Power Amplifier)、mmWFEM 等，和连接式 WiFi FEM、WiGig FEM 等。

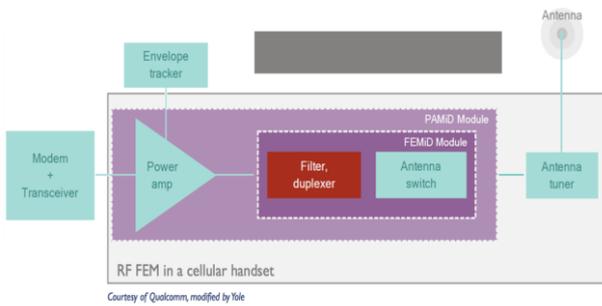
按高通定义，蜂窝式手机射频模组主要可分为两类 FEMiD 和 PAMiD，FEMiD 主要包括滤波器、双工器、天线开关，PAMiD 则在 FEMiD 基础上再集成功

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

率放大器。PAMiD 相比 FEMiD 的集成度更高，技术难度也更高。

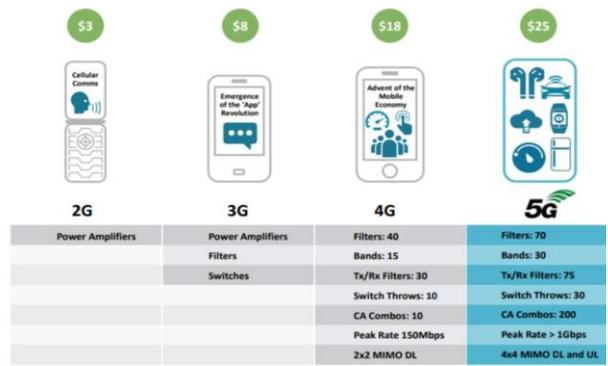
受 5G 核心技术特征影响，手机内部射频器件数量不断提升，根据 Skyworks 资料显示，5G 手机滤波器达到 70 个，CA 载波聚合达 200 个，开关增加至 30 个。因此，在智能手机有限的空间能布局更多的射频器件成为 5G 手机时代必须解决的难题，目前全球头部的射频器件厂商 Skyworks、Qorvo、Murata、Broadcom、TDK 均投入资金研发射频模组，射频模组集成化趋势已具备确定性。

图 19: 高通手机射频模组划分



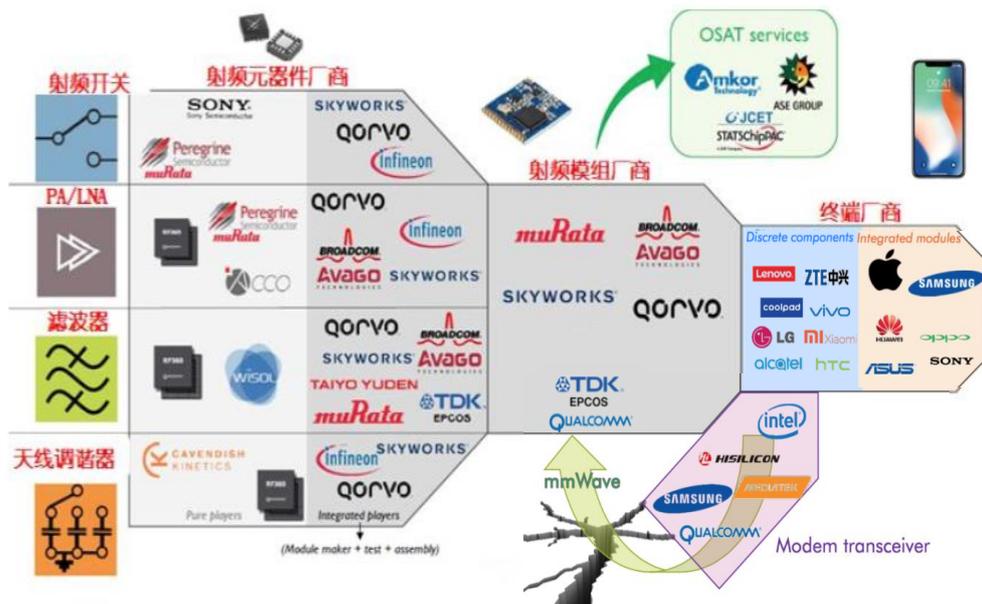
资料来源: Qualcomm, Yole Development, 川财证券研究所

图 20: 手机内部射频器件不断增加



资料来源: Skyworks, 川财证券研究所

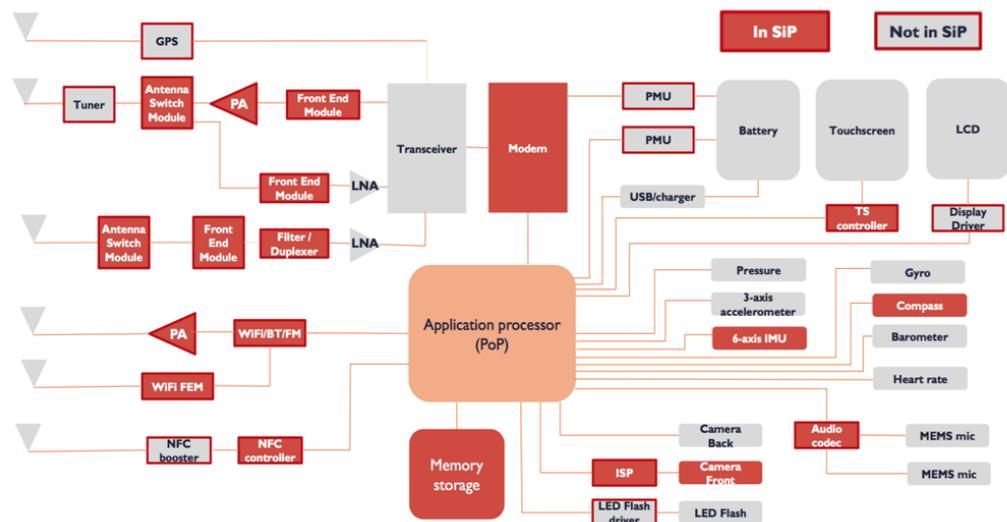
图 21: 射频厂商由元器件走向模组化



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

SiP 封装可以实现不同射频器件集成为手机预留空间。SiP (System In a Package, 系统级封装) 是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。SiP 与 SoC (System On a Chip 系统级芯片) 相对应, SiP 是实现 SoC 封装的基础, SoC 是高度集成的芯片产品, SiP 则是采用不同芯片进行并排或叠加的封装方式。智能手机内部可以采用 SiP 封装的部分大约占据一半以上, 若实现集成将节约大量空间同时降低手机能耗。

图 22: 智能手机内部采用 SiP 封装部分



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

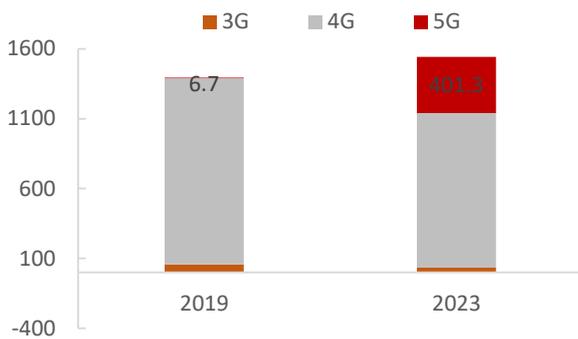
2、数量驱动: 手机市场迎来换机潮, 出货量有望回升

全球智能手机出货量近年来趋稳, 但出货结构有所变更, 2008 年 3G 商用, 2009-2012 年 3G 手机进入高速增长期; 2010 年 4G 开始商用, 2011-2014 年 4G 手机出货量复合增长率达到 200%; 预计 2020 年开始商用, 5G 手机出货量将迎来高速增长。消费者对移动终端需求大幅上升, 源于移动终端已成为集结各项功能的便携设备, 且移动数据的传输量与传输速度也在不断提升。据 Yole Development 的研究, 2016 年全球每月流量为 960 亿 GB, 其中智能手机流量占比为 13%; 预计 2021 年, 全球每月流量将达到 2780 亿 GB, 其中智能手机流量占比亦大幅提高到 33%。据 IDC 最新预测, 2020 年

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

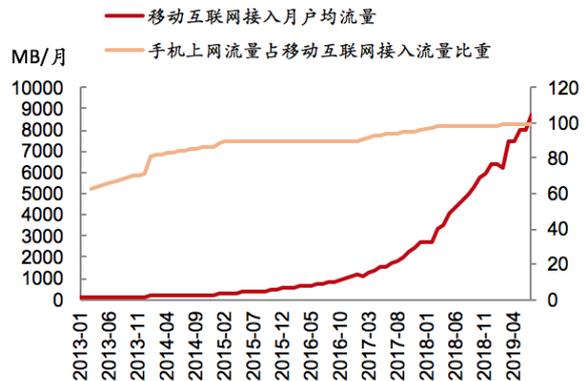
5G 智能手机出货量将占智能手机总出货量的 8.9%，达到 1.235 亿部；到 2023 年全球 5G 手机的市占率将达到 26%，年复合增长率 23.90%。目前，中国已有 15 款 5G 手机获得进网许可证，包括华为的 5 款，vivo3 款，OPPO2 款；中兴、三星、中国移动终端、小米、万普拉斯各有一款手机入网。

图 23: IDC 对 5G 手机市占率的预测



资料来源: IDC, 川财证券研究所

图 24: 手机上网流量比例不断提升



资料来源: Wind, 川财证券研究所

图 25: 全球移动终端出货量



资料来源: Gartner, 川财证券研究所绘制

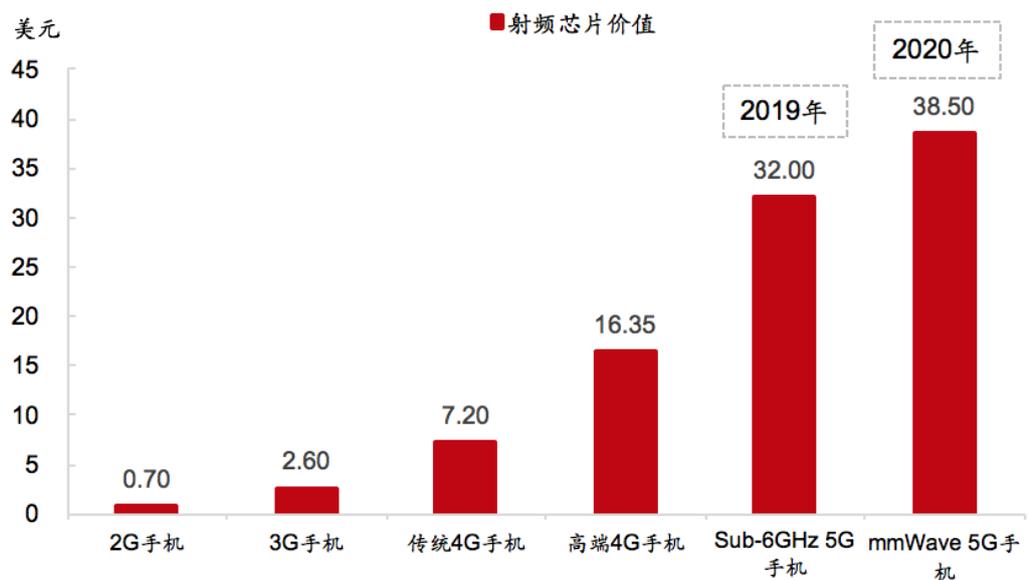
3、价格驱动：智能手机中射频前端价值占比逐步提升

4G 方案的射频前端芯片数量与整体价值相比 2G/3G 方案存在明显增长，据 Yole Development 统计数据，2G 制式手机中射频前端芯片的价值为 0.9 美元，3G 制式智能手机中射频前端芯片价值为 3.4 美元，支持区域性 4G 制式

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

的智能手机中射频前端芯片的价值达到 6.15 美元，高端 LTE 智能手机中射频芯片价值为 15.30 美元。随着 5G 商用临近，预计 5G 制式下智能手机内射频前端芯片价值将继续上升，5G 低频段单机手机射频芯片价值预计达 32 美元，毫米波单机手机射频芯片价值预计达 38.50 美元。

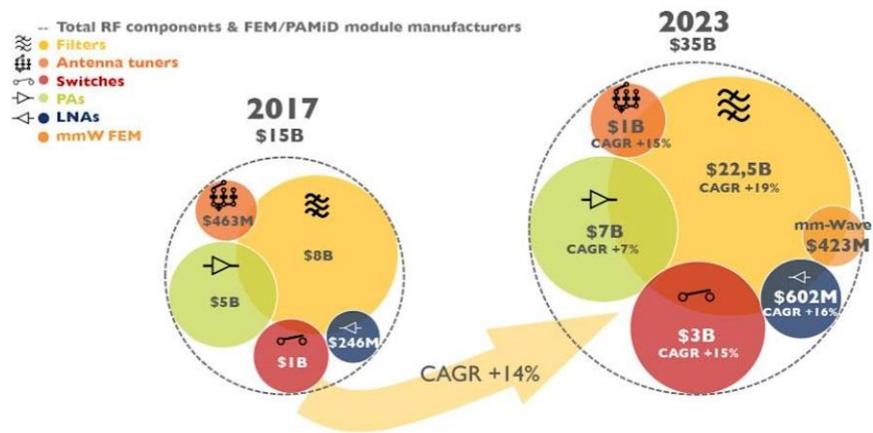
图 26： 射频芯片价值变迁



资料来源：Yole Development，川财证券研究所

根据 Yole Development 报告显示，移动设备以 WiFi 连接部分整体射频前端市场规模将从 2017 年 150 亿美元增长到 2023 年 350 亿美元，年复合增长率达到 14%。其中作为射频前端最大市场的滤波器从 2017-2023 年将几乎增长 3 倍，复合增长率达到 19%；市场份额第二的功率放大器将复合增长 7%。

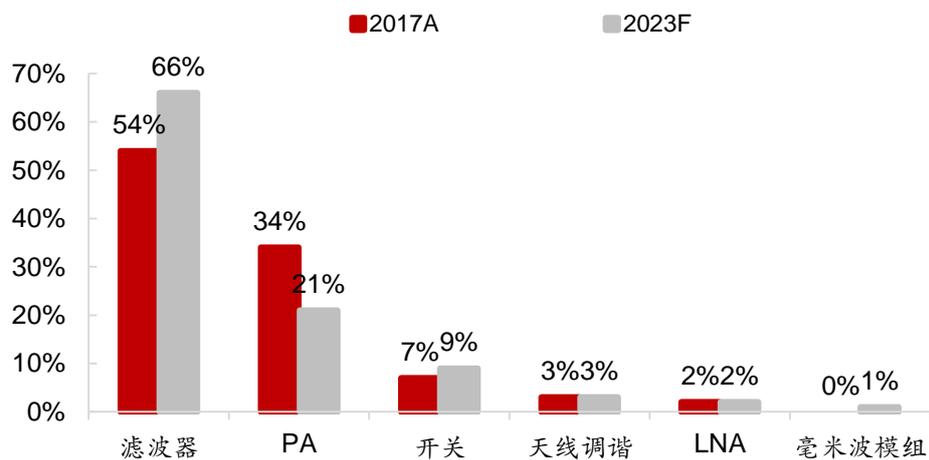
图 27： 2017-2023 年射频前端市场复合增长率预计为 14%



资料来源：Yole Development，川财证券研究所

具体看射频前端细分市场分布，根据法国市场研究与战略咨询公司 Yole Development 报告显示，2017 到 2023 年间，滤波器市场占比最大将达到 66%，功放 PA 占比略降达到 21%，前两者比例之和接近 90%，其余开关、天线调谐、LNA、毫米波模组市场占比在 9%、3%、2%、1%。

图 28： 射频前端市场分布



资料来源：Yole Development，川财证券研究所

三、射频为寡头垄断市场，关注细分突破口

1、手机射频前端市场 2023 年预计超 300 亿美元

受 5G 时代技术、数量、价格三因素驱动，射频芯片市场有望在 2019 年开始加速扩张，伴随着手机换机潮的来袭，手机市场与射频芯片市场有望在 2021 年实现最高增速，细分市场有望从 4G 手机过渡至 5G Sub-6GHz 手机，再过渡至 5G 毫米波手机。我们以 Canalys 对 5G 手机出货量的预测、Yole Development 对 3G、4G、5G 手机内射频单机价值的估计为基础，拆分预测射频芯片市场。我们预计 2019 年-2023 年 3G 手机增速为-18.90%，4G 手机增速为-16.22%，5G 手机增速为 174.90%；预计到 2021 年手机出货量为 14.40 亿部，其中 3G/4G/5G 手机分别为 0.35、10.12、3.93 亿部，对应的射频芯片市场预计在 2021 年达到 247.06 亿美元。我们预计射频芯片细分市场中难度最大的滤波器价值比例越来越高，毫米波模组在 2021 年开始应用，预计 2021 年滤波器、PA、射频开关、天线调谐、LNA、毫米波模组对应市场价值依次为 152.86、60.85、19.76、7.41、4.94、1.24 亿美元，整体市场规模与 QY Research 预测的 235.57 亿美元也相符。

图 29：手机射频前端市场拆分预测

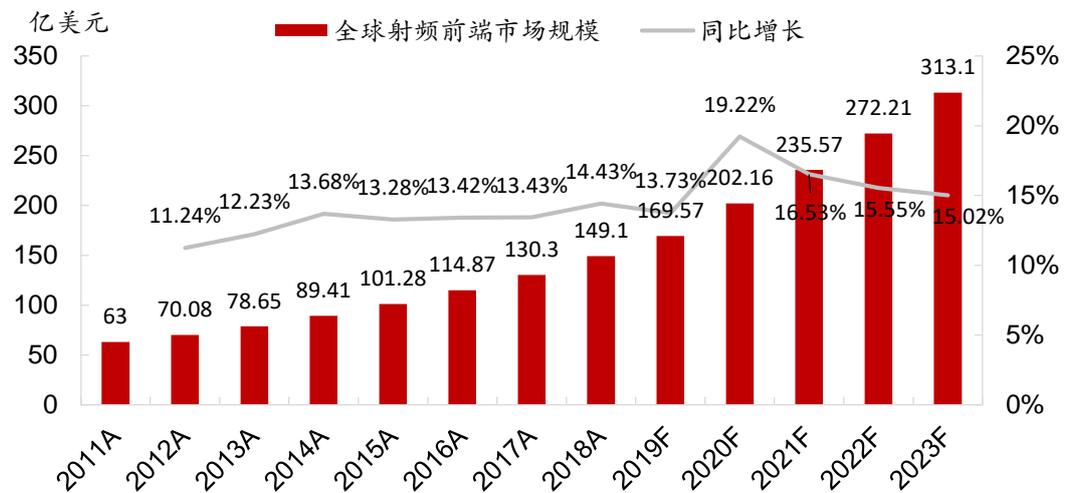
项目	细分项目	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
手机市场比例	3G手机	3.70%	3.00%	2.43%	1.97%	1.60%
	4G手机	95.40%	85.20%	70.27%	58.53%	47.00%
	5G手机	0.90%	11.80%	27.30%	39.50%	51.40%
分类手机数量 (亿部)	3G手机	0.51	0.42	0.35	0.29	0.24
	4G手机	13.25	11.87	10.12	8.62	7.08
	5G手机	0.13	1.64	3.93	5.82	7.74
	合计	13.89	13.93	14.40	14.73	15.06
射频芯片市场 (亿美元)	3G手机	1.34	1.09	0.91	0.76	0.63
	4G手机	156.02	139.77	119.11	101.54	83.34
	5G手机	4.00	52.71	127.04	190.02	252.71
	合计	161.35	193.57	247.06	292.32	336.67
细分射频市场比例	滤波器	58%	60%	62%	64%	66%
	PA	30%	28%	25%	22%	19%
	射频开关	7%	7%	8%	8%	9%
	天线调谐	3%	3%	3%	3%	3%
	LNA	2%	2%	2%	2%	2%
	毫米波模组	0%	0%	1%	1%	1%
细分射频市场 (亿美元)	滤波器	93.59	115.96	152.86	186.80	222.20
	PA	48.41	54.19	60.85	65.18	62.96
	射频开关	11.29	13.55	19.76	23.39	30.30
	天线调谐	4.84	5.81	7.41	8.77	10.10
	LNA	3.23	3.87	4.94	5.85	6.73
	毫米波模组	0.00	0.19	1.24	2.34	4.38

资料来源：Canalys、IDC 等，川财证券研究所预测

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

据 QY Research 的统计，从 2011 年至 2018 年全球射频前端市场规模年复合增长率为 13.10%，2018 年市场规模达 149.10 亿美元，同比增长速率 14.43%。预计在 5G 时代来临后，全球射频前端市场将迎来快速增长，2020 年预计增长速率为 19.22%，2020 至 2023 年增长速率趋于稳定，保持在 15% 左右。

图 30: QY Research 对全球射频前端市场规模及速率预测



资料来源:《Global Radio Frequency Front-end Module Market Research Report 2019》, 川财证券研究所

2、整体市场由国外厂商寡头垄断，国内技术待突破

现阶段，全球射频前端芯片市场主要被欧美日等厂商垄断，前五大公司 Skyworks (25.5%)、Qorvo (19.4%)、Qualcomm (18.7%)、Broadcom (18.3%)、Murata (5.1%) 市场份额合计约 87%，国内手机终端厂商多进口国外射频器件。根据 2015 年 5 月国务院发布的《中国制造 2025》，“到 2020 年，40% 的核心基础零部件、关键基础材料实现自主保障”，“到 2025 年，70% 的核心基础零部件、关键基础材料实现自主保障”，提出中国的芯片自给率要不断提升。在这一过程中，射频前端芯片行业因产品广泛应用于移动智能终端，行业战略地位将逐步提升，国内的射频前端芯片设计厂商亦迎来巨大发展机会，在全球市场的占有率有望大幅提升。

表格 5: 射频前端全球五大供应厂商

公司	英文名称	国家	2018 年 营业收入	2018 年射 频产品收入	射频收入 占比	详情
思佳讯	Skyworks	美国	38.68	38.68	100%	模组、滤波器、PA、开关、LNA、调谐
威讯联合	Qorvo	美国	29.74	21.81	73%	模组、滤波器、PA、开关、LNA、调谐
高通	Qualcomm	美国	227.32	全资收购 RF360, 射频 销售约翻倍		模组、滤波器、PA、开关、LNA、调谐
博通	Broadcom	美国	208.48	64.90	31%	模组、滤波器、PA、开关、LNA、调谐
村田	Murata	日本	129.42	37.26	29%	模组、滤波器、PA、开关、LNA

资料来源: Broadcom 等公司网站, 川财证券研究所 注: 收入单位为亿美元

表格 6: 全球与国内主要射频器件供应商

射频器件	英文名称	全球主要厂商与市占率	国内相关供应商
滤波器	Filter	SAW 滤波器: Murata(47%)、TDK(21%)、 太阳诱电 (14%)、 Skyworks (10%) ; BAW 滤波器: Broadcom (87%)、Qorvo (8%)	麦捷科技、中电科 26 所、德清华 莹 (中电科 55 所、信维通信)、 好达电子、天津诺思、云塔科技
功放	PA	Skyworks (43%)、Qorvo(25%)、 Broadcom(25%)	海威华芯 (海特高新)、三安集 成 (三安光电)、中科汉天下、 唯捷创芯、紫光展锐、国民飞驒、 慧智微、宜确半导体 (长盈精密)
射频开关	Switch	Skyworks (33%)、Qorvo (20%)、Murata (14%)、Broadcom (10%)、卓胜微 (5%)	卓胜微、唯捷创芯、锐迪科、中 普微 (韦尔股份)、德清华莹、
低放	LNA	Broadcom (16%)、ON Semiconductor (12%)、Infineon (9%)、TI (8%)、 NXP (7%)	卓胜微、唯捷创芯、锐迪科

资料来源: Wind、Yole Development 等, 川财证券研究所

3、射频前端与天线细分市场格局

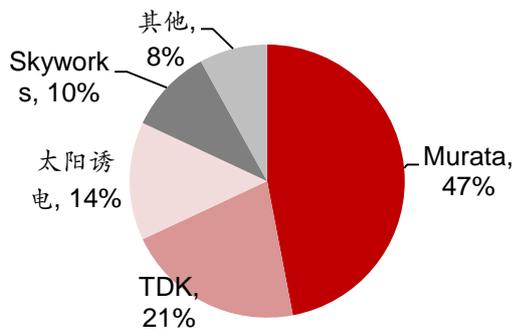
3.1 滤波器市场现状

本报告由川财证券有限责任公司编制 敬请参阅尾页的重要声明

滤波器是射频前端中份额占比最高的器件，达 50% 以上。滤波器的技术复杂，虽然当前射频前端的发展趋势均是趋向高集成化，但滤波器不受到器件标准化的影响，高性能滤波器可以保证无线信号满足通信协议对干扰的要求。滤波器的完成需要芯片设计与成熟工艺的协同优化，因此厂商需要较高的人员、设备投入与高昂的时间成本。

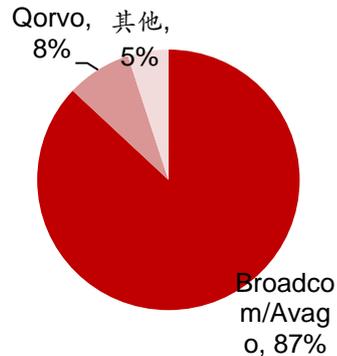
因此，滤波器市场仍然由美日厂商主导，短期内难以突破。SAW 滤波器市场主要由 Murata (47%)、TDK (21%)、太阳诱电 (14%)、Skyworks (10%) 四大厂商主导；BAW 滤波器则主要由 Broadcom (87%)、Qorvo (8%) 垄断。

图 31: SAW 滤波器市场格局



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

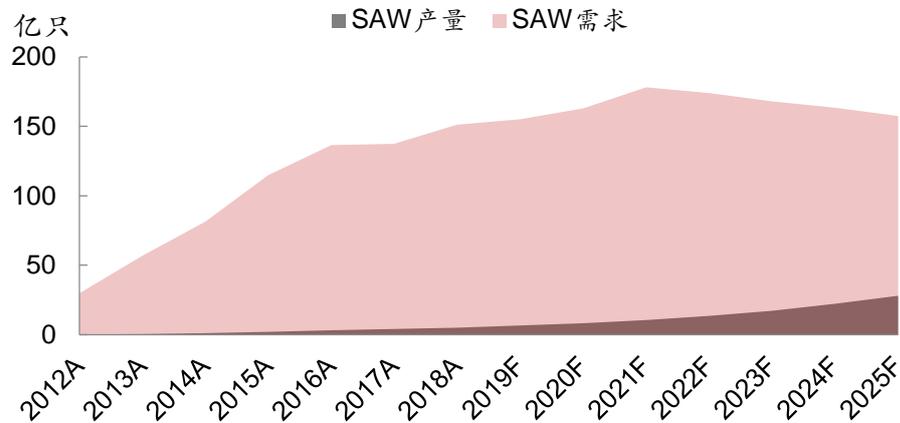
图 32: BAW 滤波器市场格局



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

我国国内滤波器市场严重供小于求，供需不匹配。我国是全球最大的 SAW 滤波器消费市场，2018 年市场规模达到 154.8 亿元，同比增长 4.97%，消费量为 151.2 亿只，但产量仅为 5.04 亿只。5G 浪潮下，滤波器需求有望在 2020 左右达到顶峰，随后逐渐下降，但产量将伴随技术投入的不断增长稳步增长，预计到 2025 年中国 SAW 滤波器产量可以达到 28.02 亿只，消费量超过 155 亿只，供需失衡空间缩小。

图 33: 我国 SAW 滤波器供需变化 (预测)



资料来源: 智研咨询, 川财证券研究所

我国当前有部分基站 SAW 滤波器的 IDM 供应商近年来开始进军终端市场, 如好达电子、德清华莹; 也有部分 fabless 厂商切入 SAW 滤波器领域, 如麦捷科技、中电 26 所、卓胜微等。但在 BAW 滤波器领域, 受制于工艺与设计的双重难度, 国内厂商实现突破的难度较大, 目前国内只有中电 26 所和天津诺思有较完整工艺线。

表格 7: 国内滤波器公司详情

公司	详情
麦捷科技	2016 年增发募资用于 LTCC 基板的 SAW 生产项目, 预计项目建成后, 年产滤波器 9.4 亿只, 达产后预计年均实现销售收入 3.87 亿元, 年均实现净利润 5806 万元。公司的主要客户为中兴、华为、联想、小米、冠捷、TCL、长虹、酷派、魅族、康佳等国内一流企业。
中电科 26 所	同时具有 SAW, TC-SAW, FBAR 研发和生产的单位。通过与麦捷科技的股权交易, 重点在布局手机滤波器市场开发。
德清华莹 (中电科 55 所、信维通信)	已具备 8000 万只 SAW 滤波器的年产能。
好达电子	拥有国内最大、最先进的 SAW 滤波器, 核心业务为 SAW 滤波器、双工器、谐振器。
天津诺思	推出 2.6G 194MHZ 带宽滤波器—RSFP2602D (适用于 5G NR n41 频段) 和 3.5G 200MHz 带宽滤波器—RSFP3500D (适用于 5G NR n78 频段)。
云塔科技	推出了国内首颗自主研发的 5G NR n77 频段、n78 频段、n79 频段三款滤波器芯片。

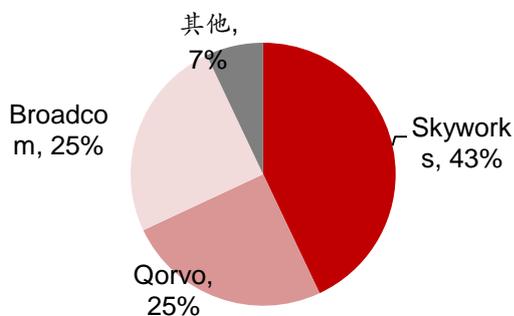
资料来源: 麦捷科技等公司官网, Wind, 川财证券研究所

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

3.2 PA 市场现状

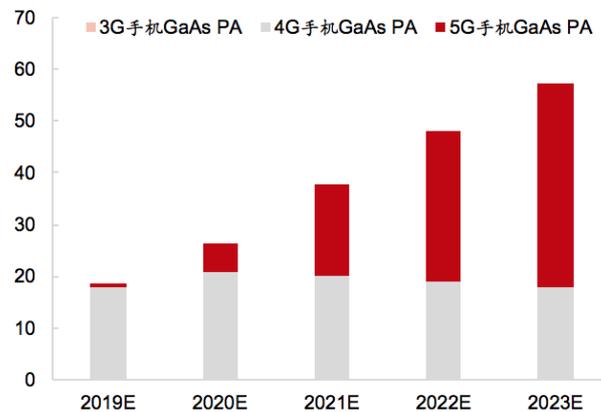
功率放大器在射频前端价值占比位列第二，份额在 30% 左右，全球市场主要由 Skyworks (43%)、Qorvo(25%)、Broadcom (25%) 三大射频器件龙头覆盖。虽然多模多频将减少功放的用量，但是 5G 建设下，高频与超高频的 PA 市场具备较高价值，2G/3G 市场空间缩小，5G 市场扩大未来将趋向于量价齐升。

图 34: 全球 PA 器件市场格局



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

图 35: 中国手机终端 GaAs PA 市场规模预测



资料来源: 集邦咨询, 川财证券研究所

我国也存在一批经营 PA 业务的厂商，主要有紫光展锐、中科汉天下、唯捷创芯、苏州宜确半导体、国民飞骧、广州慧智微电子等。但国产 PA 厂商也大多采用 Fabless 模式，以芯片设计为主，且产品主要集中在市场中低端，所占市场份额仍较小。

根据 M&M Research 预测，功率放大器市场预计将从 2018 年的 214 亿美元增长到 2023 年的 306 亿美元，复合年增长率达到 7.4%。GaAs 工艺 PA 市场扩大，据集邦咨询预测，随着 5G 智慧型手机渗透率逐渐提升，国内手机 GaAs PA 市场将从 2019 年的 18.76 亿美元增长到 2023 年的 57.27 亿美元，年复合增长率达到 19.17%，高于 PA 整体市场增长率。

具体分析国内 GaAs PA 厂商，主要可以分为三类，IDM、Fabless、晶圆代工企业，其中，比较突出的包括海威华芯、三安集成、汉天下、唯捷创芯、紫光展锐、国民飞骧、慧智微等。虽然国内厂商竞争力仍较弱，但已有部分厂商进入国内终端产业链，伴随着国内政策支持，研发环境改善，国产自主

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

可控概念的不断加强，厂商生产线有望趋向高端化，向国际厂商靠近。

表格 8：国内 PA 厂商详情

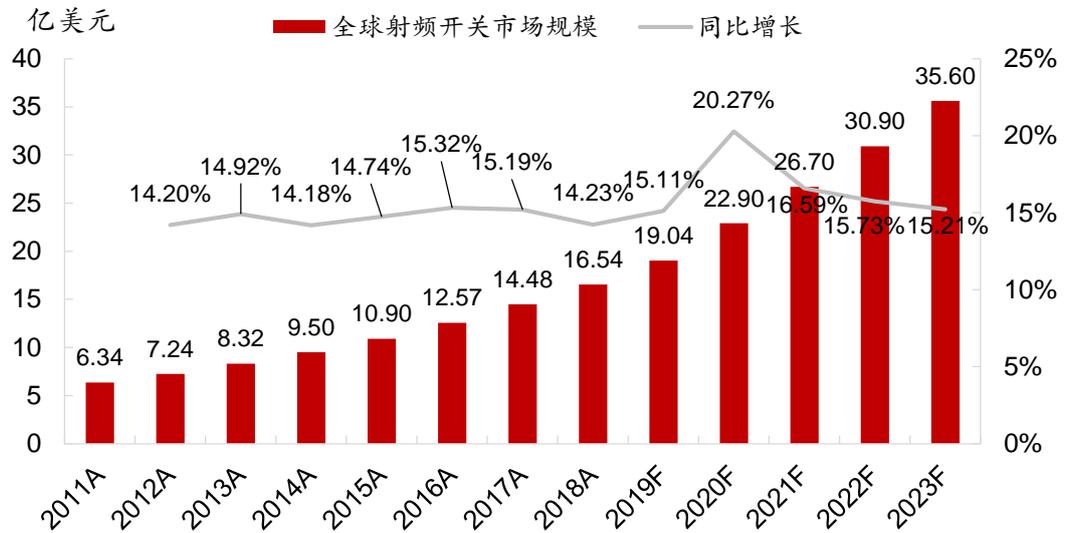
公司	详情
海威华芯	已发布 0.15um 砷化镓工艺，适用于 20GHz 以下领域，2025 年 GaAs 和 GaN 合计产能 10 万片/月。
三安集成	规划产能 30 万片/年的砷化镓高速半导体外延片，30 万片/年的砷化镓高速半导体芯片
中科汉天下	国内 2G/3G PA 主流厂商，4G PA 与 IDH 和品牌客户合作，年出货量超 7 亿颗
唯捷创芯	4G PA 进入小米供应链
紫光展锐	以展锐平台手机客户为主，产品包括 2G/3G/4G 基带芯片、PA 和滤波器
国民飞驒	3GPA 与国内品牌和 IDH 合作；4G 供应小米低端产品，已拥有完整 4G 射频方案；5G PA 开始研发
慧智微	全球首家量产可重构 MIMO 射频前端芯片，特色是重构 SOI+GaAs 工艺

资料来源：三安光电等公司官网，Wind，川财证券研究所

3.3 开关与 LNA 市场现状

射频开关与 LNA 在射频前端的份额占比合计大约在 10%，技术难度相对于滤波器和 PA 难度有所下降，份额占比较为稳定。根据 QY Research 的数据，全球射频开关市场近年来一直稳健增长，2018 年全球市场规模达到 16.54 亿美元，2020 年射频开关市场规模预计达到 22.90 亿美元，并随着 5G 的商业化建设迎来增速的高峰，此后增长速度将逐渐放缓。2018 年至 2023 年，全球市场规模的年复合增长率预计将达到 16.55%。

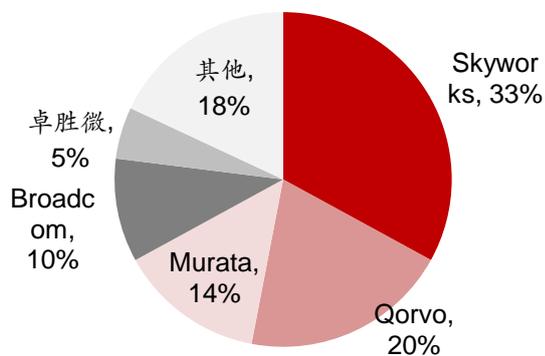
图 36: 全球射频开关市场规模及预期变化



资料来源: Global Radio Frequency Front-end Module Market Research Report 2019, 川财证券研究所

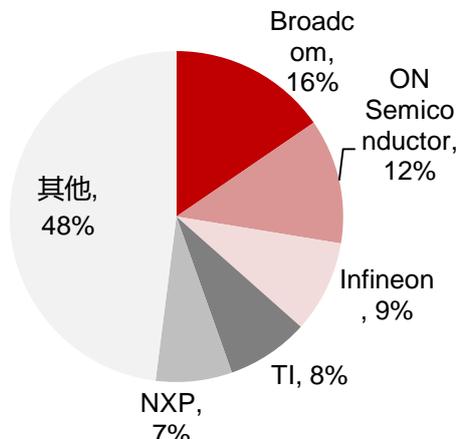
过去, 全球射频开关的主要市场被海外公司占领, 包括 Skyworks、Qorvo、Broadcom、Murata 等。国内的公司经营射频开关业务的则有卓胜微、锐迪科、唯捷创芯、韦尔股份等。但近年来, 卓胜微明确主营方向, 清晰布局, 在射频开关领域份额不断增长, 2017 年市占率排名全球第五, 占比 5%, 为国内第一大射频开关设计公司, 产品主要应用于三星、小米、华为、vivo、OPPO、联想、魅族、TCL 等知名设备商。

图 37: 全球射频开关市场格局



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

图 38: 全球 LNA 市场格局



资料来源: Yole Development, 川财证券研究所

LNA 的市场增长同样受天线、射频通路数量增加驱动。根据 QY Research 数据统计，2018 年全球射频低噪声放大器收入为 14.21 亿美元，伴随 5G 的商业化建设逐步落地，LNA 市场将在 2020 年迎来增速的高峰，达到 7.12%，预计到 2023 年市场规模将达到 17.94 亿美元。

图 39：全球 LNA 市场规模及预期变化



资料来源：Global Radio Frequency Front-end Module Market Research Report 2019，川财证券研究所

LNA 市场集中度相比射频开关要分散得多，行业前五大企业分别为 Broadcom、ON Semiconductor、Infineon、TI、NXP，市场 CR5 为 52%。国产 LNA 厂商中主要以卓胜微为主，2017 年市场份额为 1.3%，而唯捷创芯、国民飞骧和锐迪科等以射频前端模块产品提供为主，LNA 纯器件产品较少。国产 LNA 厂商卓胜微在此领域仍在不断开拓，近年 LNA 业务收入占比提升，2019 年上半年营业收入 1 亿元，已经超过 2018 年 LNA 全年收入，业务占比达 19.42%。

四、产业链相关标的

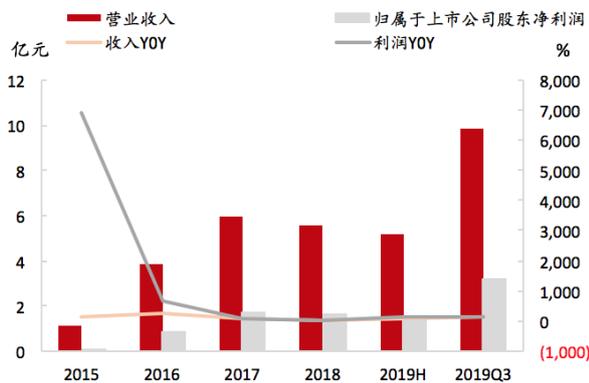
1、卓胜微 (300782.SZ)：全球领先的射频开关专家

公司于 2019 年 6 月上市，专注于射频前端领域，2019 年前三季度整体业务较上年同期保持高速增长，实现营业收入 9.85 亿元，同比增长 123.80%；归属于股东的净利润 3.23 亿元，同比增长 135.03%；整体毛利率达 52.80%。公司于 2013 年 5 月量产 RF CMOS 工艺射频低放，现已推出使用新一代锗

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

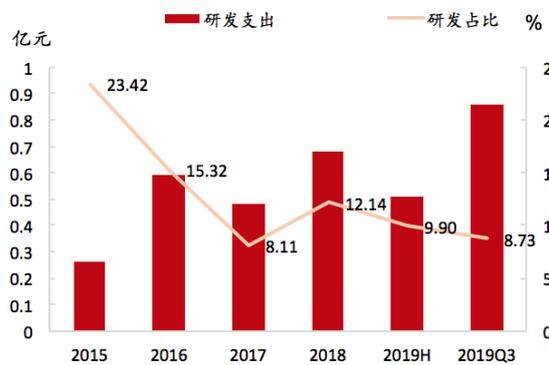
硅工艺的高性能低功耗 LNA, 覆盖低中高频段; 2014 年涉足射频开关领域, 把握住 3G 升级 4G 射频芯片的机会, 市场迅速扩张, 目前射频开关开发已较为成熟, 在全球已居于领先地位, 下游客户包括华为、三星、小米、vivo、OPPO 等主流智能移动终端厂商; 当前为满足 5G 通信多载波聚合等需求, 努力把握 5G 市场, 上半年公司已量产出货适用于 5G 通信标准中 Sub-6GHz 频段的产品。

图 40: 卓胜微营业收入与利润



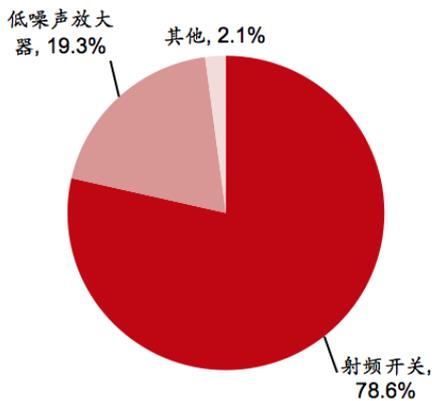
资料来源: Wind, 川财证券研究所

图 41: 卓胜微研发支出与占比



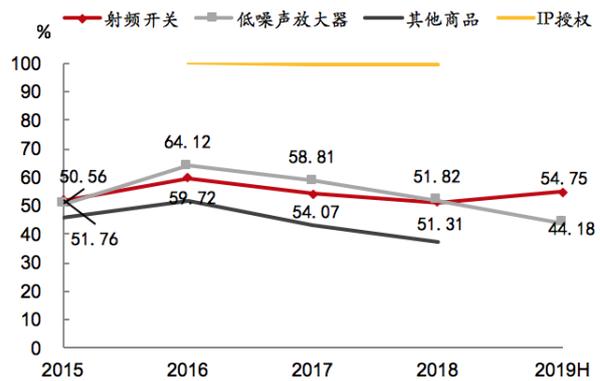
资料来源: Wind, 川财证券研究所

图 42: 卓胜微 2019H 收入构成



资料来源: Wind, 川财证券研究所

图 43: 卓胜微细分业务毛利率



资料来源: Wind, 川财证券研究所

2、信维通信 (300136.SZ): 业务布局终端天线与滤波器

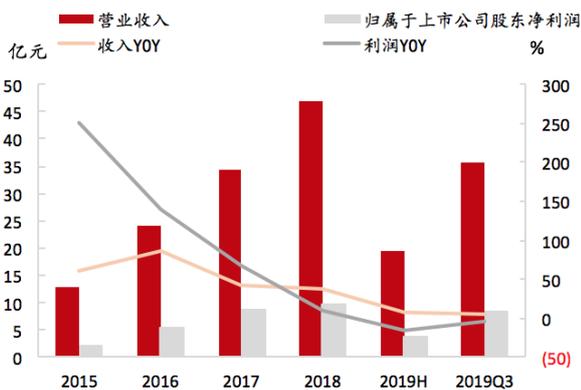
信维通信主营射频元器件业务, 包括移动终端、基站端等的天线、无线充电

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

模组、EMC/EMI 器件、连接器等。2019 年上半年射频业务毛利率为 35.40%，同比下降 2.88%，主要由于部分工厂建设与搬迁影响引起的营业成本上升 11.72%。目前搬迁完成，工厂产能得到释放，消费电子三季度旺季下，公司无线充电、LDS 天线、EMC/EMI 产品集中出货，Q3 公司业绩扭亏为盈，第三季度营业收入增长 5.73%，扣非后归属于上市公司股东净利润增长 10.41%，毛利率达 44.53%。

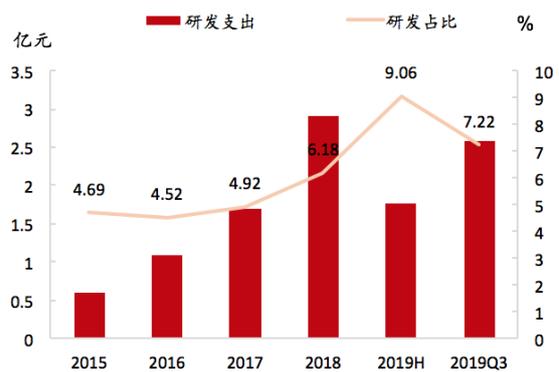
滤波器方面，2017 年，公司向中电科第五十五研究所控股子公司德清华莹增资 1.1 亿元，成为德清华莹第二大股东，持股比例达 19%，而信维通信的全部出资主要用于扩大手机声表产品(SAW)的产能。信维通信通过与德清华莹的合作实现了向手机滤波器业务布局。

图 44: 信维通信营业收入与利润



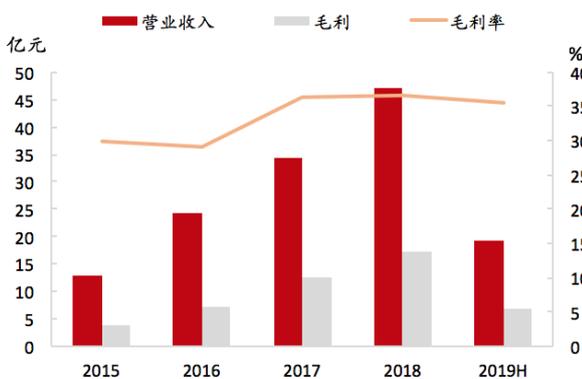
资料来源: Wind, 川财证券研究所

图 45: 信维通信研发支出与占比



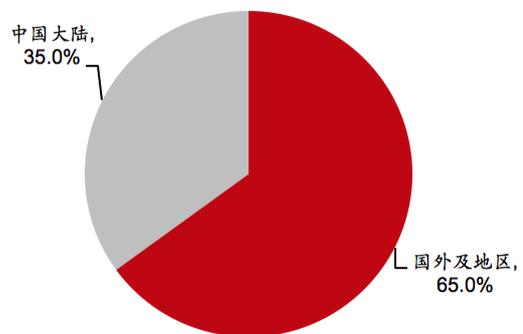
资料来源: Wind, 川财证券研究所

图 46: 信维通信移动终端天线及附件业务情况



资料来源: Wind, 川财证券研究所

图 47: 信维通信收入地区分布



资料来源: Wind, 川财证券研究所

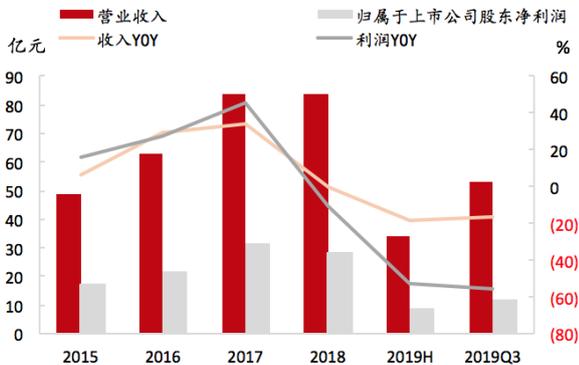
3、三安光电（600703.SH）：兼顾LED，覆盖射频器件材料

公司股权结构清晰，由三安集团直接与间接持股 35%，并在 2015 年引入国家集成电路产业投资基金，持股 11%。2019 年 10 月 26 日，三安光电发布公告称，长沙建芯向厦门三安电子增资 70 亿元，增资完成后，长沙建芯持有三安电子股权比例为 27.84%。

公司是 LED 芯片领域的龙头企业，其 LED 外延片及芯片产能在国内位居第一。在此基础上，公司拓展射频器件材料领域第三代半导体化合物，主要由全资子公司三安集成负责。三安集成工艺覆盖微波射频、滤波器、电力电子、光通讯四大领域，目前整体销售规模仍较小，但射频业务 HBT、pHEMT 代工工艺线已经批量供货，滤波器业务产线设备已到位并进入全面安装调试阶段，预计今年产线全面组建完成投产。

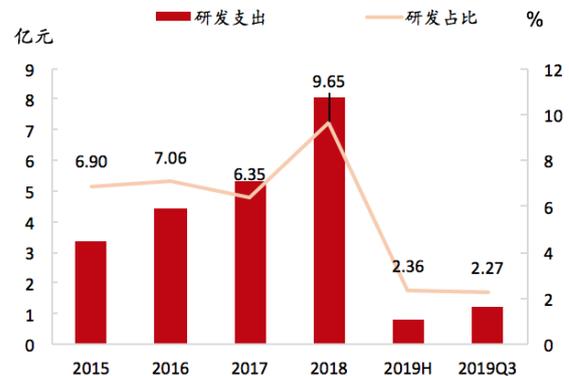
2018 年，公司在福建省泉州芯谷南安园区投资 333 亿元从事产业化项目，设立全资子公司泉州三安半导体，主要从事集成电路设计制造、光电子器件及其他电子器件制造等。目前，泉州三安半导体项目顺利推进，部分设备进入安装调试阶段，预期下半年逐步释放产能。

图 48：三安光电营业收入与利润



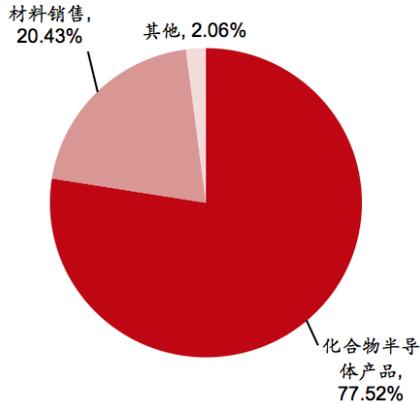
资料来源：Wind，川财证券研究所

图 49：三安光电研发支出与占比



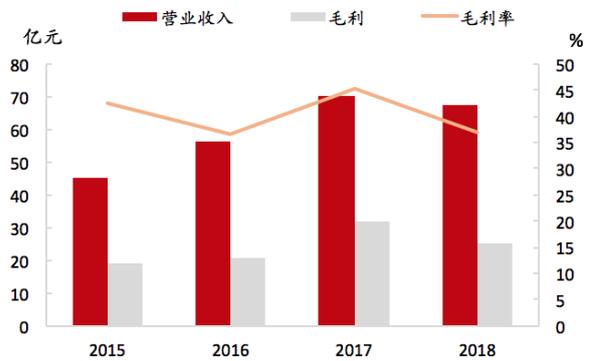
资料来源：Wind，川财证券研究所

图 50: 三安光电 2019H 业务构成



资料来源: Wind, 川财证券研究所

图 51: 三安光电芯片、LED 业务情况

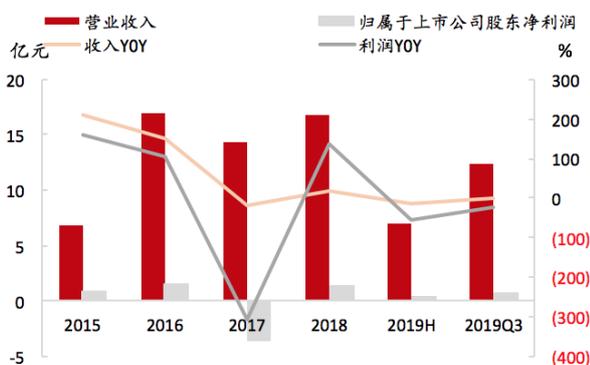


资料来源: Wind, 川财证券研究所

4、麦捷科技 (300319.SZ): 涉足 LTCC SAW 射频滤波器

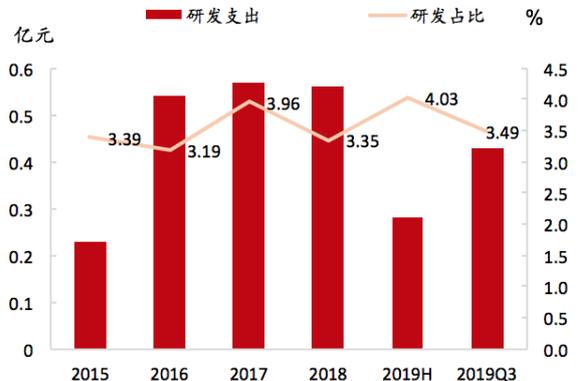
麦捷科技是一家主营片式功率电感、滤波器及片式 LTCC 射频元器件等被动电子元器件和 LCD 显示屏模组器件的厂商。上半年受中美贸易摩擦与公司搬迁影响，公司订单减少，传统规格电感与 LCM 模组产品销售下滑。但第三季度为电子新产品出货旺季，且工厂已经完成搬迁，2019 年前三季度实现营业收入 12.32 亿元，同比去年下降 1.01%，归属于上市公司股东净利润 0.75 亿元，同比下降 21.63%；单三季度营业收入 5.39 亿元，同比增长 25.50%，归属上市公司股东净利润 0.47 亿元，同比增长 33.14%。公司现加大对积极预研 5G 手机射频前端 LTCC、TC-SAW、FBAR 滤波器及射频模块，滤波器方面，公司与中电科二十六所以合资公司形式进行合作，二十六所是国内声表技术门类最全的研究所，在合作上，二十六所负责前道加工流片，公司负责后道封装测试与提供测试基板。

图 52: 麦捷科技营业收入与利润



资料来源: Wind, 川财证券研究所

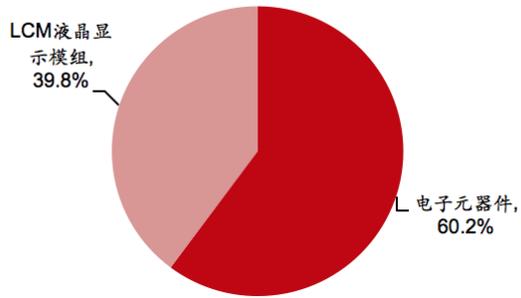
图 53: 麦捷科技研发支出与占比



资料来源: Wind, 川财证券研究所

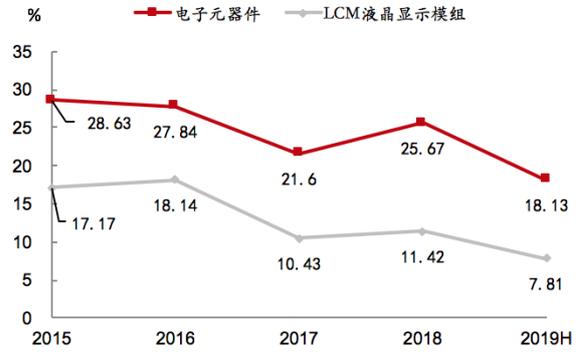
本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

图 54: 麦捷科技 2019H 业务构成



资料来源: Wind, 川财证券研究所

图 55: 麦捷科技分业务毛利率



资料来源: Wind, 川财证券研究所

五、风险提示

5G 推进不及预期

研发进度不及预期

分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉尽责的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也不会与本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接相关。

行业公司评级

证券投资评级：以研究员预测的报告发布之日起6个月内证券的绝对收益为分类标准。30%以上为买入评级；15%-30%为增持评级；-15%-15%为中性评级；-15%以下为减持评级。

行业投资评级：以研究员预测的报告发布之日起6个月内行业相对市场基准指数的收益为分类标准。30%以上为买入评级；15%-30%为增持评级；-15%-15%为中性评级；-15%以下为减持评级。

重要声明

本报告由川财证券有限责任公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格）制作。本报告仅供川财证券有限责任公司（以下简称“本公司”）客户使用。本公司不因接收人收到本报告而视其为客户，与本公司无直接业务关系的阅读者不是本公司客户，本公司不承担适当性职责。本报告在未经本公司公开披露或者同意披露前，系本公司机密材料，如非本公司客户接收到本报告，请及时退回并删除，并予以保密。

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证。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。在不同时期，本公司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。同时，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。对于本公司其他专业人士（包括但不限于销售人员、交易人员）根据不同假设、研究方法、即时动态信息及市场表现，发表的与本报告不一致的分析评论或交易观点，本公司没有义务向本报告所有接收者进行更新。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供投资者参考之用，并非作为购买或出售证券或其他投资标的的邀请或保证。该等观点、建议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客户私人投资建议。根据本公司《产品或服务风险等级评估管理办法》，上市公司价值相关研究报告风险等级为中低风险，宏观政策分析报告、行业研究分析报告、其他报告风险等级为低风险。本公司特此提示，投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素，必要时应聘请法律、商业、财务、税收等方面咨询专业财务顾问的意见。本公司以往相关研究报告预测与分析的准确，也不预示与担保本报告及本公司今后相关研究报告的表现。对依据或者使用本报告及本公司其他相关研究报告所造成的一切后果，本公司及作者不承担任何法律责任。

本公司及作者在自身所知情的范围内，与本报告所指的证券或投资标的不存在法律禁止的利害关系。投资者应当充分考虑到本公司及作者可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为之提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本公司的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。

对于本报告可能附带的其它网站地址或超级链接，本公司不对其内容负责，链接内容不构成本报告的任何部分，仅为方便客户查阅所用，浏览这些网站可能产生的费用和风险由使用者自行承担。

本公司关于本报告的提示（包括但不限于本公司工作人员通过电话、短信、邮件、微信、微博、博客、QQ、视频网站、百度官方贴吧、论坛、BBS）仅为研究观点的简要沟通，投资者对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“川财证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。如未经川财证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司保留追究相关责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

本提示在任何情况下均不能取代您的投资判断，不会降低相关产品或服务的固有风险，既不构成本公司及相关从业人员对您投资本金不受损失的任何保证，也不构成本公司及相关从业人员对您投资收益的任何保证，与金融产品或服务相关的投资风险、履约责任以及费用等将由您自行承担。

本公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格，经营许可证编号为：00000000857

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅本页的重要声明 C0004