



華辰資本

CELESTIAL CAPITAL

**专注中国产业结构升级与创新，
聚焦新一代信息技术产业发展。**

2018年，在中国经济周期、产业周期、资本周期与政治周期四重叠的特殊时期，本着“深耕产业、协同发展、价值驱动、重度赋能”的愿景，华辰资本（“华辰”）应运而生，致力成为中国最专业的创新型投资机构。

华辰资本总部位于中国最具发展活力与科技创新的深圳，专注于包括云计算、大数据、人工智能、边缘计算、工业互联网、5G等新一代信息技术领域，通过扎实的体系化产业研究与理解能力，以产业研究、投资银行、战略咨询、产业基金等模式，为新一代信息技术企业提供企业融资、战略视野、市场协同，价值管理、供应链管理、资源整合等产业赋能。

目录

一、产业分析	3
▪ 基础概况	
▪ 发展历程	
▪ 产业链概况	
二、市场分析	12
▪ 5G市场规模	
▪ 终端射频市场规模	
▪ 基站射频市场规模	
三、企业分析	19
▪ Skyworks	
▪ Qorvo	
▪ 麦捷科技	



一、产业分析



除《企业家第一课》、《企业家功成堂》外，其他公众号分享本期资料的，均属于**抄袭**！
邀请各位读者朋友尊重劳动成果，关注搜索正版号：《企业家第一课》、《企业家功成堂》

谢谢观看！

企业家第一课，专注做最纯粹的知识共享平台



关注官方微信
获取更多干货



加入知识共享平台
一次付费 一年干货

图1 基站射频示意图

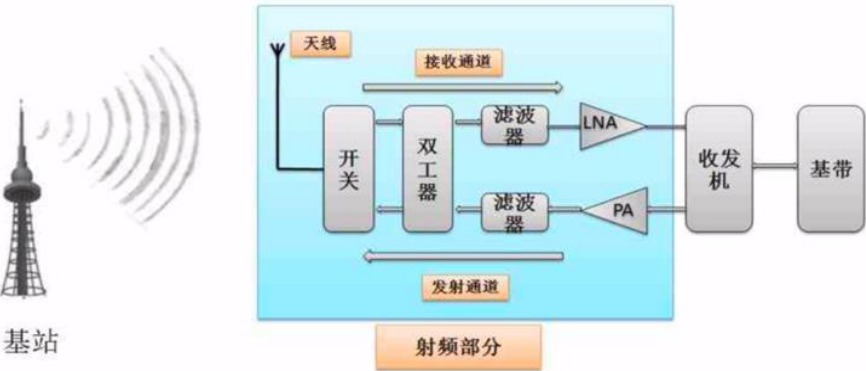


表1 基站和终端（手机）在天线/射频的特征差异

	基站	终端（手机）
天线	Massive MIMO 32、64通道甚至更多	支持4~8天线
滤波器	高功率、大体积、通道数更多	低功率、小体积、通道数更少
功率放大器	支持多频段多通道同时发射接收	NSA链接下双通道收发，SA连接下单通道收发，滤波器数量有限
开关	不需要频繁切换	需要频繁切换

资料来源：网络资料、3GPP、华辰资本整理

基础概况

■ **射频定义：** 射频是基站/终端的核心部件之一，用于实现通信信号的合路、过滤、消除干扰、放大等。

■ **射频器件包括：**

1. **滤波器(Filter)：** 负责发射及接收信号的滤波，保障信号在不同频率互不干扰传输，**是射频的关键组成部分；**
2. **功率放大器(PA)：** 负责发射通道的射频信号放大；
3. **低噪声放大器(LNA)：** 负责接收通道中的小信号放大；
4. **开关(Switch)：** 负责接收、发射通道之间的切换；
5. **双工器(Duplexer)：** 负责双工切换及接收/发送通道的射频信号滤波。

■ **工作原理：**

1. **发射状态时，** 开关的接收支路关闭，发射支路打开，LNA处于关闭状态，信号经过PA放大，再通过滤波器滤除杂波，通过天线发射出去；
2. **接收状态时，** 开关的接收支路打开，发射通道关闭，PA关闭，从天线接收到的信号经过滤波后传递给LNA放大，再传递给收发机进行信号处理。

图2 金属腔体滤波器 VS 陶瓷介质滤波器

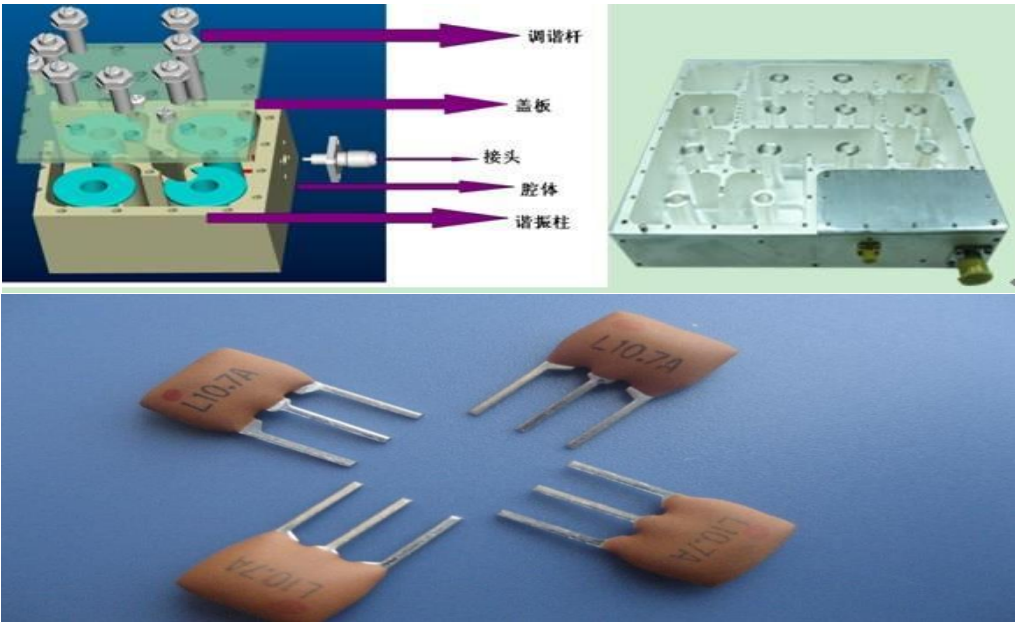


表2 金属腔体滤波器和陶瓷介质滤波器的特性对比

	金属腔体滤波器	陶瓷介质滤波器
体积	大	小
Q值	中等	大
损耗	大	较小
成本	低	高
使用场景	2T2R/4T4R/8T8R	5G 64T/64R

资料来源：网络资料、华辰资本整理

基站滤波器

- **基站滤波器定义：**滤波器是基站射频系统关键部件，通过对不同频率的信号进行滤波，保障信号能在特定的频段内有效传输，提高信号的有效性和可靠性。
- **基站滤波器主要分为两大类：**
 1. **金属腔体滤波器：**通过不同频率的电磁波在腔体滤波器中振荡，保留达到谐振频率的电磁波，而其他频率的则在振荡中耗散掉。工艺成熟，**成本低**，是**2G/3G/4G**时代的主流，主要用于**RRU**上。
 2. **陶瓷介质滤波器：**通过陶瓷基块让特定频率的电磁波在其中来回反射形成驻波，具有具有**重量轻、Q值高、损耗小**的特点，是**5G**时代的主流，主要用于**AAU**上，**成本偏高**。

图3 声表面波滤波器 (SAW)

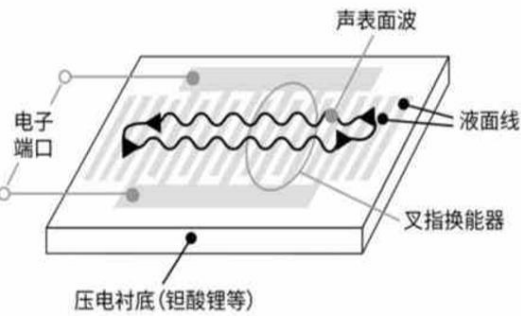


图4 体声波滤波器 (BAW)

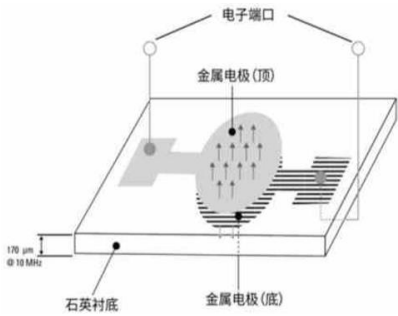
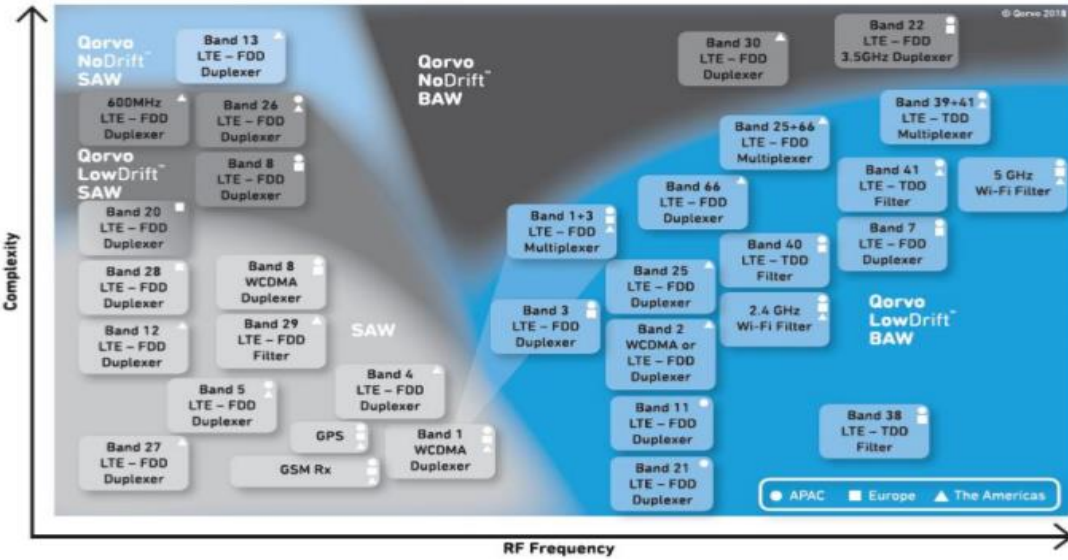


图5 SAW与BAW滤波器的应用场景



资料来源: Qorvo、华辰资本整理

终端滤波器

- **终端滤波器定义:** 终端滤波器基于压电效应通过电-声-电的转换达到滤波效果。
- **终端滤波器主要分为两大类:**

1. **声表面波滤波器(SAW):** 声波是通过**表面传播**方式进行传播, 通过叉指换能器实现滤波性能。体积比金属腔体/陶瓷介质滤波器更小, 成本低, 插入损耗小, 一般工作在**2.1GHz以下**频段, 广泛应用于**2G/3G/4G**。
2. **体声波滤波器(BAW):** 声波是通过在介质中**垂于介质**的方式进行传播。尺寸随频率升高而缩小, 插入损耗小, 滤波性能优异, 对温度不敏感, 一般工作在**2.1GHz以上**频段, 广泛应用于**3G/4G /5G**, 尤其**适合高频段**。

表3 不同材料的功率放大器的关键性能

	Si	GaAs	GaN
禁带宽度	1.1	1.4	3.4
介电常数	11.8	12.8	9.0
击穿场强 (10 ⁶ V/cm)	0.6	0.7	3.5
热传导率 (W/cm.K)	1.3	0.5	1.3
电子迁移率 (cm ² /V.s)	1,450	8,500	900
饱和电子速率 (10 ⁷ cm/s)	1.0	2.0	2.0
器件成本		居中	较高
工艺情况		良率适中，产能不稳定	良率较低，产能匮乏
主要应用		高频/高功率/高性能领域 射频前端芯片应用 2G/3G/4G 手机，802.11ac	超高频、大功率、耐高温应用，如基站/军用雷达/电子战射频器件

资料来源：华辰资本整理

功率放大器

- 功率放大器定义：**将低功率信号进行放大。PA直接决定了无线通信的距离、信号质量，是射频的重要组成部分。
- PA按材料主要分为：**
 - Si LDMOS：**带宽会随着频率的增加而大幅减少，仅在**不超过约3.5GHz**的频率范围内有效，主要用于3G和LTE基站；
 - GaAs：**能满足高频通信的需求，但只用于低端市场，**在8GHz以下是主流**；
 - GaN：**具有强原子键、高熔点、高热导率、高电离度、较好的化学稳定度，**比Si和GaAs有更强抗辐照能力、更高的输出功率**，能适应高温环境，**是5G宏基站的主流候选技术**，但其高生产成本和供电电压，尚未在移动终端领域规模应用。
- 5G的通信频段往高频波段迁移，GaN将在高功率，高频率射频市场发挥重要作用。**

图6 天馈系统的发展历程



图7 2/3/4G到5G主要射频器件的发展历程

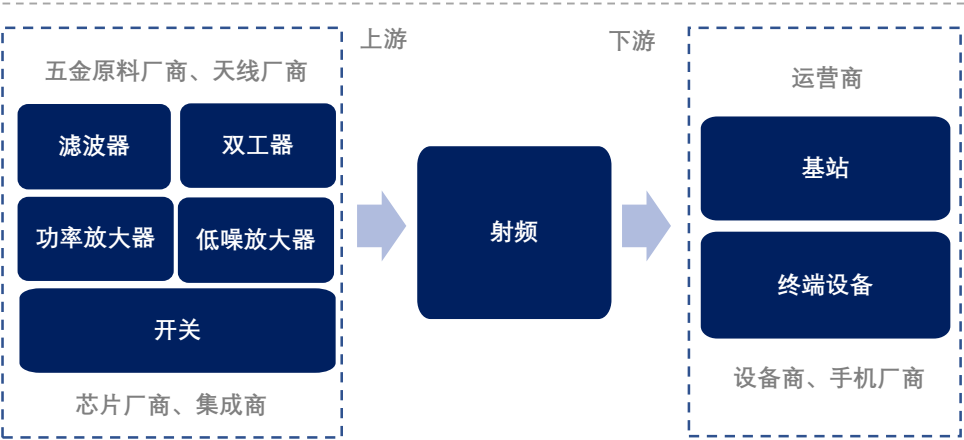


资料来源：3GPP、IEEE、华辰资本整理

发展历程

- **2/3/4G时代**，天线和主设备之间是通过馈线相连，没有直接的耦合关系，金属腔体滤波器是市场主流选择，成本低、工艺成熟，但体积较大，通常集成到天馈系统的RRU中；
- **5G时代**，采用Massive MIMO技术，即多通道的方式来提供更高的速率，通道数由4G的2通道和4通道提升到5G的32通道和64通道，因此天线和RRU合为AAU。由于天线的集成化，一套天线需要的滤波器数量大大增加。
- 重量轻、体积小的陶瓷介质滤波器成为5G天线的优良选择；
- **滤波器数量提升**：基站从2/4个发展到32/64个，终端从2个发展到4~8个；
- **滤波器单价提升**：对于64T64R的基站天线，所需滤波器的成本价从1920元提升到3200元左右，终端则从1.6元提升到80元左右；
- PA的数量发生翻倍，材料由GaAS逐渐发展为适合高频段的GaN。

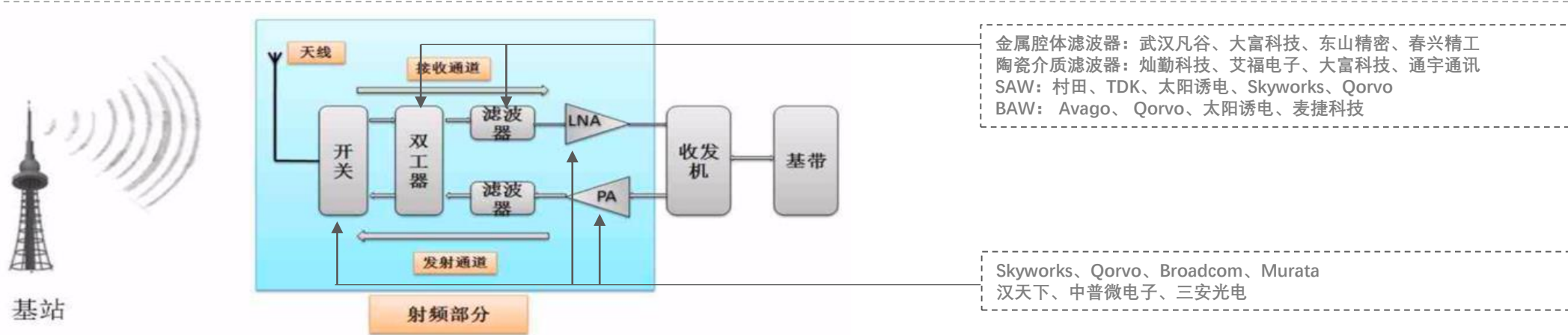
图8 射频产业链



产业链构成

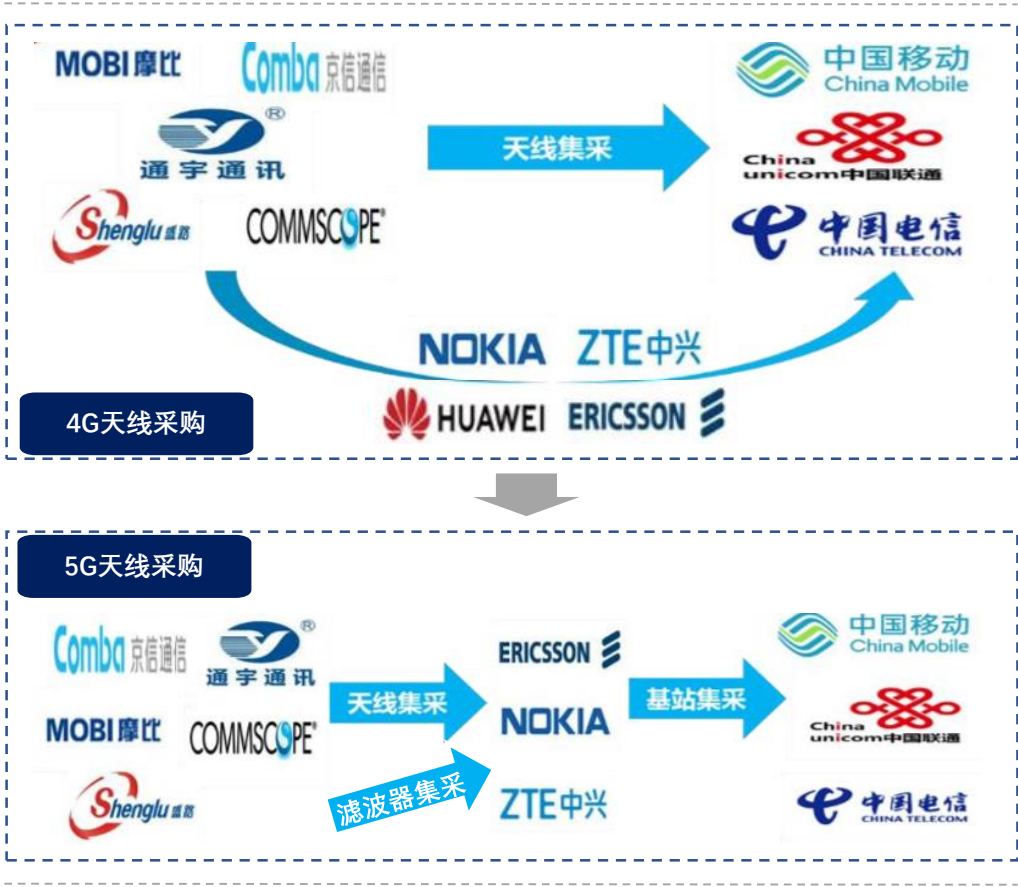
- **上游：**由滤波器、双工器、功率放大器、低噪放大器、开关等射频器件构成，涉及五金原料厂商、天线厂商、芯片厂商、集成商等；
- **下游：**应用在基站和终端设备上，涉及运营商、设备商、手机厂商。
 1. **运营商：**中国移动、中国联通、中国电信等；
 2. **设备商：**华为、爱立信、中兴通讯、诺基亚、苹果、三星等。

图9 射频产业链各环节设计及企业



资料来源：网络资料、华辰资本整理

图10 5G时代上下游采购的变化



资料来源：各公司官网、华辰资本整理

上下游采购链条改变

- 2/3/4G 时代：**天线是一个单独的无源设备，采购方式为**运营商招标集采**，因此可以容纳较多的天线厂商为运营商供货；
- 5G 时代：**天线和射频器件耦合，**设备商和外部天线厂商需要紧密合作**，运营商不能够自己独立采购天线后进行对接，因此便使得天线厂商由向运营商供货**转而向设备商供货**。
 - 具备垂直一体化能力的主设备厂家：例如华为，AAU 整个将由自己生产或第三方代工；
 - 没有垂直一体化能力：例如中兴通讯、爱立信、诺基亚等，将主要和头部天线企业进行深度捆绑合作。
- 因此，5G时代，**设备商统一集采天线及滤波器**，导致天线厂商逐步向头部发展。

图11 手机射频系统的整合方式

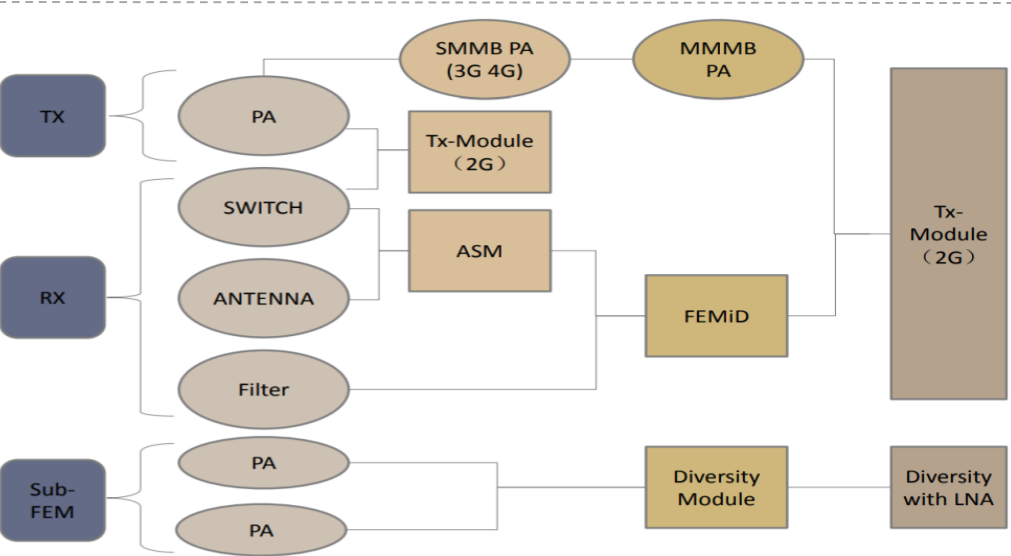


表4 手机射频前端集成情况

集成方式	应用	场景
PAMiD	一端连接天线，一端连接基带	高集成度，旗舰手机采用
MMMB PA + ASM	MMMB PA集成2G/3G/4G PA，ASM集成双工器与天线开关，两个模块通过分离的滤波器连接。或将滤波器和双工器集成到ASM中，形成FEMiD。	18GHz器件
MM PA + TXFEM	MMPA集成3G/4G PA，2G PA与ASM集成为TXFEM	中国市场常见的RF前端结构

射频集成化带动产业链向头部厂商集中

- 4G/5G 时代：射频器件的难度和价值不断提升，但手机空间有限，射频前端出现整合趋势，头部厂商也通过集成在向射频各个产品线延伸；
- 手机射频模块化集成方式分类：
 1. PAMiD 体系结构
 2. MMMBPA+ASM 体系结构
 3. MMPA+TXFEM 体系结构；
- 射频行业生态大变化：
 1. 价值量：从以 PA 为核心转向 Filter+PA 的双重点，有源和无源器件供应商开始通过并购等模式互相渗透；
 2. 射频龙头企业逐渐形成：Skyworks、Qorvo、Avago等都具有全面的射频能力，既可提供单一产品，也可提供打包模组，还在积极布局电源、天线等业务；
 3. 模组整合过程中存在合作：在完成全面布局之前，通过补齐短板提供更完整的模块产品成为射频供应商的选择之一。

资料来源：MURATA、GTI、华辰资本整理

二、市场分析



5G市场规模预测

- **5G 基站市场整体规模相对终端较小：**预计 2020 年 5G 基站整体市场规模为 11.43 亿美元，到 2026 年增长至 342.86 亿美元，2012~2026 年的复合增速在50%以上， **到 2026 年市场规模约为手机的 1/16。**
- 5G网络建设投资中，各产业链投入时序和投资占比有所不同，其中基站系统部分的**天线、基站射频**、小微基站与室内分布将分别为5.4%、**4.1%**和7%。

图12 全球5G市场规模预测

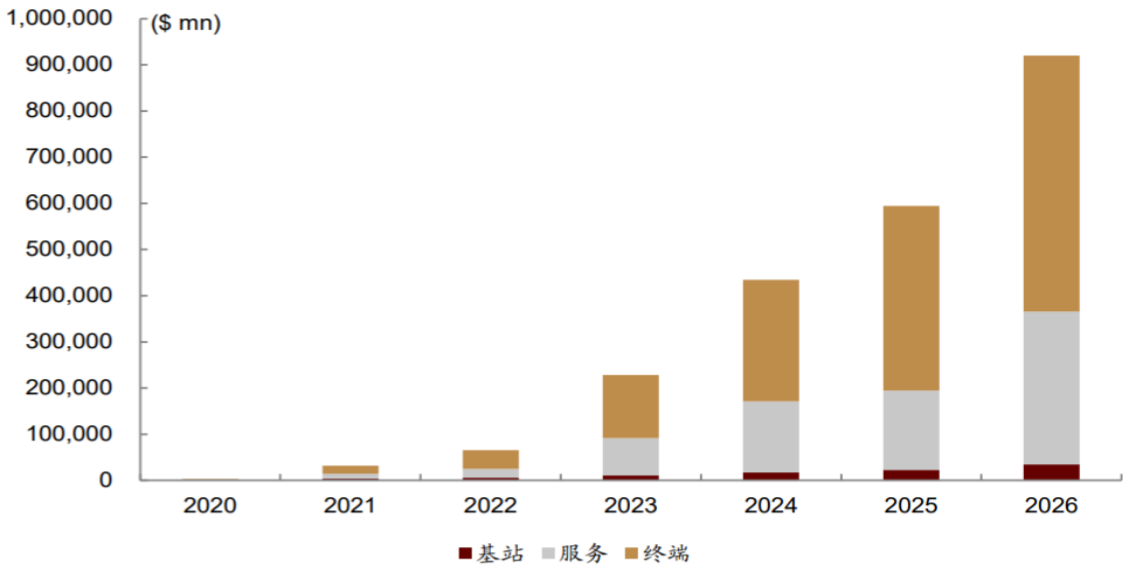
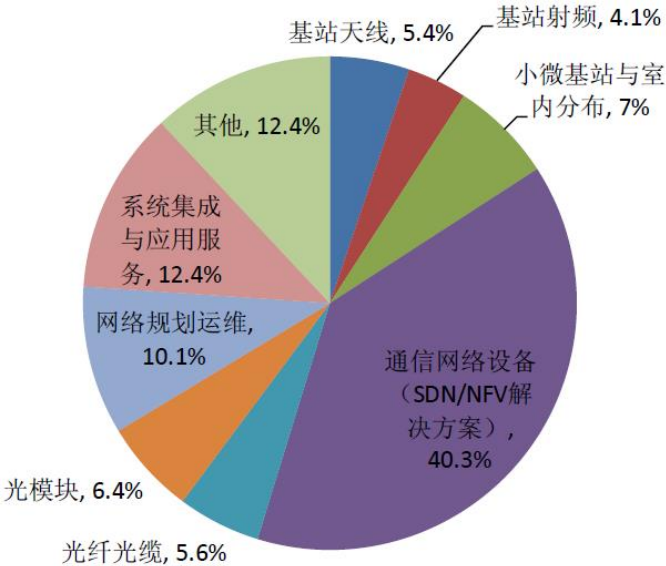


图13 5G网络建设期各环节投资占比预测



资料来源：DIGITIMES、Skyworks、华辰资本整理

基站射频市场规模

- **基站数增加：**5G 使用较高频谱，导致 5G 基站数量是 4G 的 1.2 ~ 1.5 倍；
- **通道数增加：**FDD 一般采用 2T2R 或者 4T4R 方案，TDD 最多采用 8T8R 方案，而 5G Massive MIMO 方案普遍采用 64T64R 方案，未来可能达到 128 通道；
- **滤波器数量：**对于金属腔体滤波器，双通道对应一个滤波；对于陶瓷介质滤波器，单通道对应一个滤波器；预测 2019 年金属腔体滤波器单通道价格约为 80 元，陶瓷介质约为 50 元；
- **陶瓷介质滤波器增长潜力巨大：**根据IHS的数据，预计2020年用于5G基站的陶瓷介质滤波器的市场规模将超过17亿美金，年复合增长率达到143.9%；
- 3G 时代，基站射频行业持续向中国转移，2006~2009 年期间，全球滤波器龙头厂商 Powerwave 和 Andrew 收入持续下滑，国内滤波器竞争者收入大幅增长。

图14 2019-2025年全球基站滤波器通道数预测

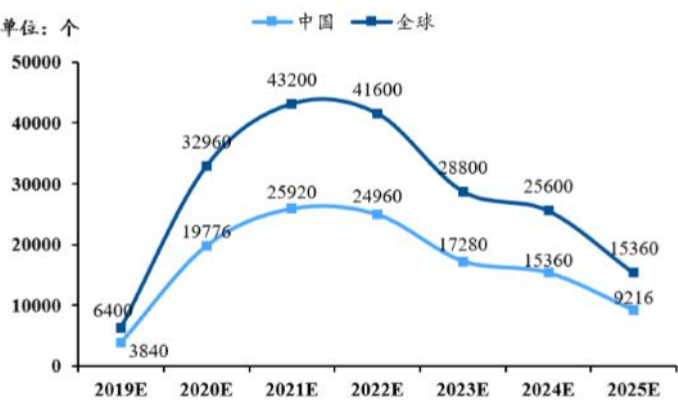


图15 2019-2025年基站滤波器价格预测

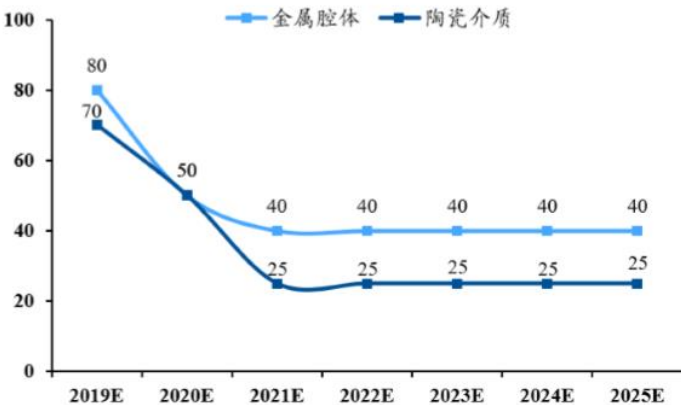
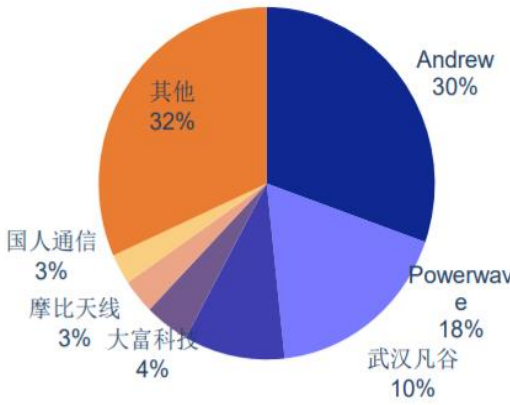


图16 2009 年全球基站射频器件市场份额



资料来源: Qorvo、华辰资本整理

图17 全球移动终端射频器件市场规模 (亿美金)

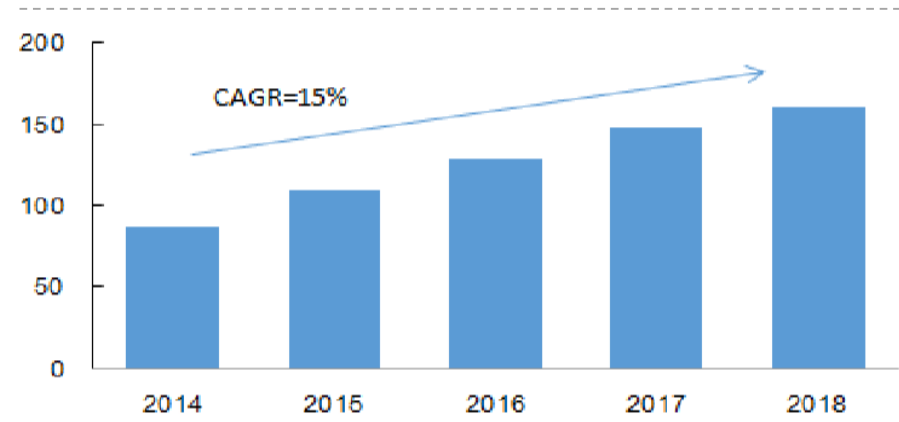
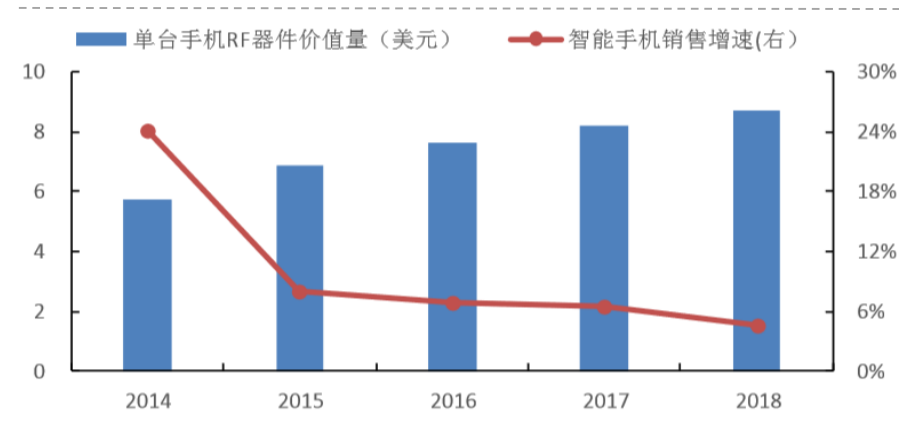


图18 单台手机射频器件价值量



2/3/4G终端射频市场规模

- 2015 年，全球移动终端射频器件市场规模约有 110 亿美金。
- 4G 到 5G 的演进过程中，射频器件的复杂度逐渐提升，射频器件的单部手机价值量会得到提升。根据Qorvo数据，射频前端的价值量从2G~4G不断提升，4G时代平均成本（全频段）约10美元，4.5G达到约18美元。

资料来源: Qorvo、华辰资本整理

5G终端射频市场规模预测

- 根据Skyworks数据，预计到 2022 年终端射频市场将达到 227 亿美元，复合年增长率将达到14%；但各组件增速不一，滤波器的复合年增长率为21%，开关的复合年增长率为 12%，而射频功率放大器和低噪声放大器（PAs & LNAs）的复合年增长率仅为 1%；
- 5G的频段数的增加、天线数的增加以及载波聚合等因素，预计5G终端射频的单机价值量将超过50美元；但射频前端占手机成本的9%，而滤波器为手机射频前端的最大价值点，其次为功率放大器和开关。

图19 终端射频整体市场、细分市场的规模与变化（美金）

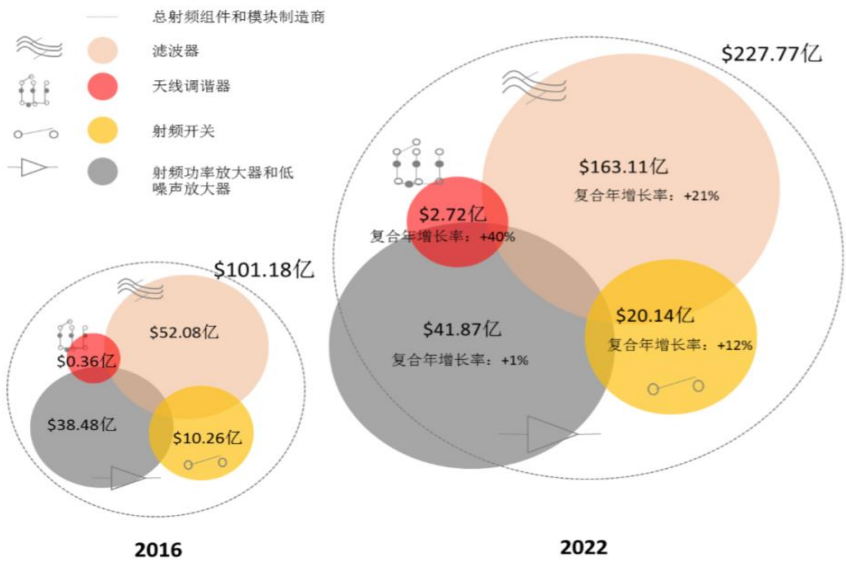
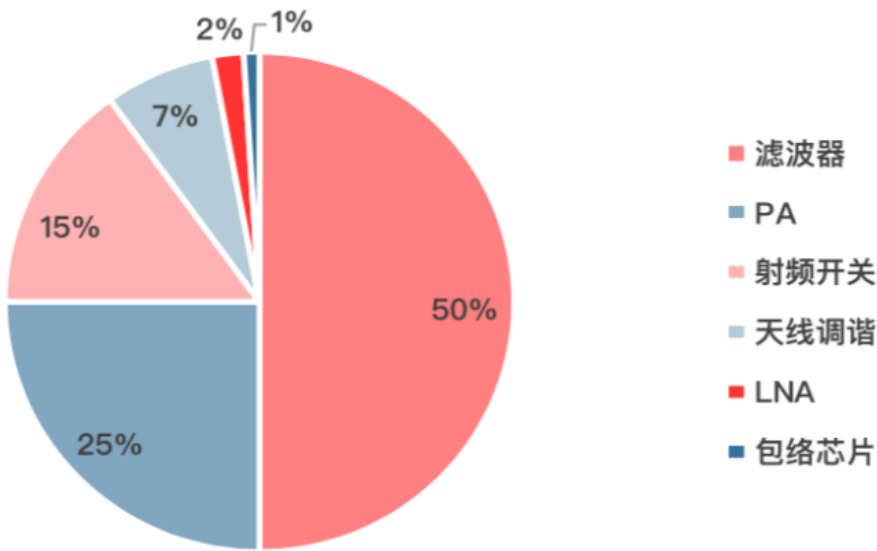


图20 典型智能手机射频前端价值分布



资料来源: Skyworks、华辰资本整理

终端滤波器市场规模

- 根据 Yole 统计，2017 年全球手机滤波器市场规模 80 亿美金，预测随着 5G 的成功部署，2023 年可达 225 亿美金，复合增速接近 20%，其中，单个手机中滤波器的成本将达 10 美元；
- 排名前5的SAW厂商为：村田(47%)、TDK(21%)、太阳诱电(14%)、Skyworks(9%)、Qorvo(4%)；
- 排名前4的BAW厂商为：Avago(87%)，Qorvo(8%)，太阳诱电(3%)，TDK(2%)，其中Avago和Qorvo两者占有 95%的市场份额。
- 国内厂商整体实力较薄弱，滤波器技术目前仍是公司甚至国家的核心技术，代表公司有麦捷科技、德清华莹、无锡好达电子。

图21 终端滤波器市场规模预测

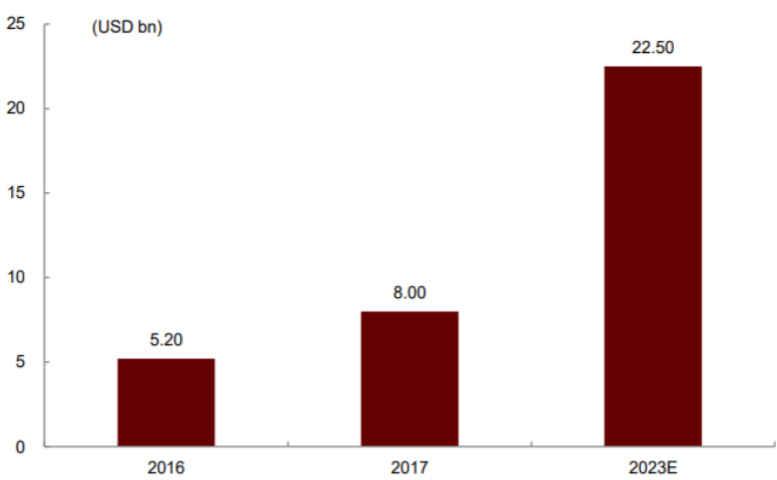


图22 SAW滤波器市场格局

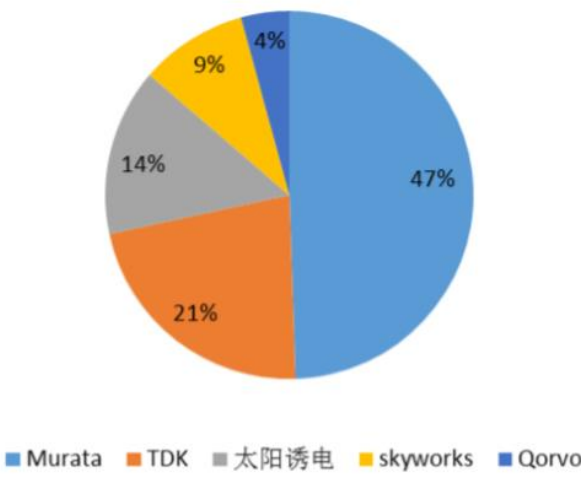
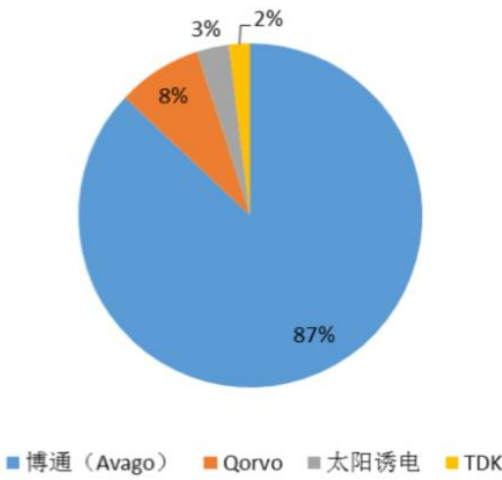


图23 BAW滤波器市场格局



资料来源：Yole、Navian、华辰资本整理

终端功率放大器市场规模

- 根据 YOLE 统计，PA 市场将由 2017 年的 50 亿美元增长至 2023 年的 70 亿美元，复合增速为 6%。市场容量在 4G 时代被滤波器超过，排名第二；
- 5G 时代，预计 GaAs 依然是手机功放的主流方案。全球 GaAs 市场被 Skyworks、Qorvo 和 Avago 等垄断，三家合计份额接近 70%；
- 国内公司渐渐掌握了 GaAs PA 技术，出现了近 20 家设计公司，如汉天下、唯捷创芯等；国内代工相对领先的厂商包括三安光电、海特高新等；
- 目前国内 PA 芯片厂商的主力销售产品集中为 2G/3G PA 芯片，在 4G PA 芯片领域市场占比较小。

图24 全球手机功率放大器市场规模预测

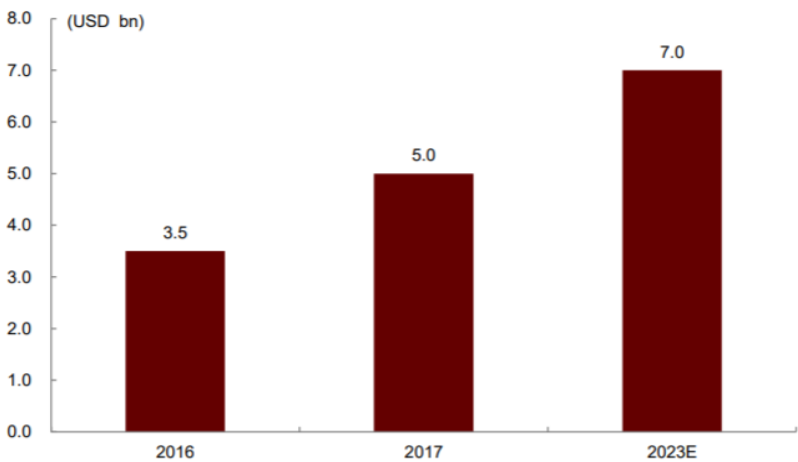
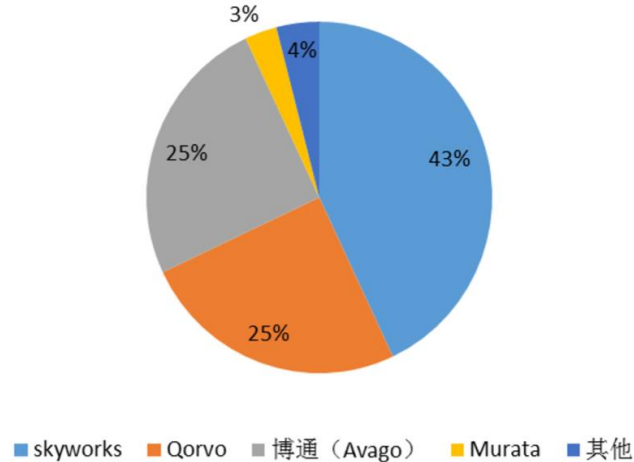


图25 手机功率放大器市场格局



资料来源: Yole、Navian、华辰资本整理

三、企业分析



图26 Skyworks为华为手机提供的射频器件

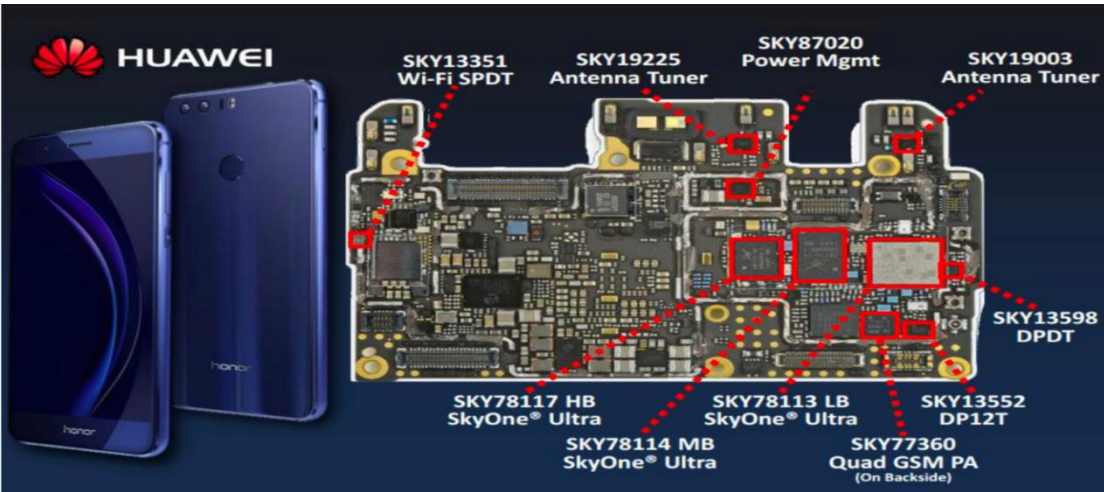
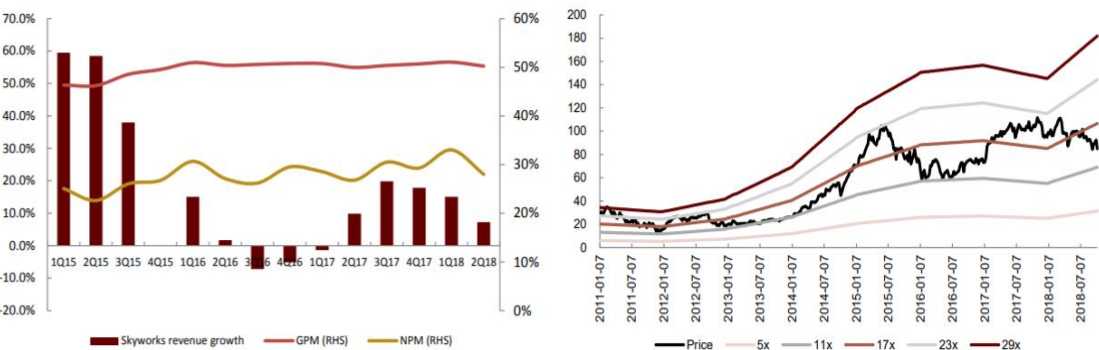


图27 Skyworks季度收入增速、利润率变化和市盈率区间



资料来源: Skyworks官网、彭博咨询、wind、华辰资本整理

Skyworks

- **基本介绍:** 世界上领先的专注于**射频及无线半导体解决方案**的公司, 处于**行业龙头地位**, 毛利率稳定, 总部设于美国麻州伍本市, 其全球的工程、製造、销售及服务据点遍及亚洲、欧洲及北美洲。
- **主要产品:** 放大器、衰减器、侦测器、二极管、方向耦合器、前端模组、混合电路、基础架构射频子系统、耦合器/解调器、移相器、PLL/合成器/VCO、功率分配器/结合器、接收器、切换器和高科技陶瓷。
- **下游客户:**
 1. 2015年大客户为富士康 (占收入10%+), 2016年, 大客户为三星和富士康, 2017年, 大客户为**华为, 三星和富士康**;
 2. 手机射频芯片扩展到各手机制造商, 尤其是中国的**VIVO, OPPO, 小米, 中兴等**。
- **财务情况:** 2017 财年公司实现收入 36.5 亿美元, 同比增长 11%, 净利润 10.3 亿美元, 同比增长 17%, 在 5G 到来之前的空档期, 公司 2018 财年收入增速放缓至 3%。

图28 Qorvo的主要产品

Bulk Acoustic Wave (BAW) Filters
Surface Acoustic Wave (SAW) Filters
GaAs Power Amplifiers
SiGe Power Amplifiers
GaN Power Amplifiers
SOI Switches
CMOS Controllers
Flip Chip Assembly Technology



Qorvo

- **基本介绍：** TriQuint、RF Micro Devices 合并组成的半导体厂商，
射频前端市场份额位居全球第二，毛利率较为稳定。公司在未来 5G RF 射频市场将拥有很多领先的技术，比如非常适合毫米波器件的 GaN 工艺及 BAW 滤波器。

■ 主要产品：

1. 移动设备产品线、基站和军工设备产品线；

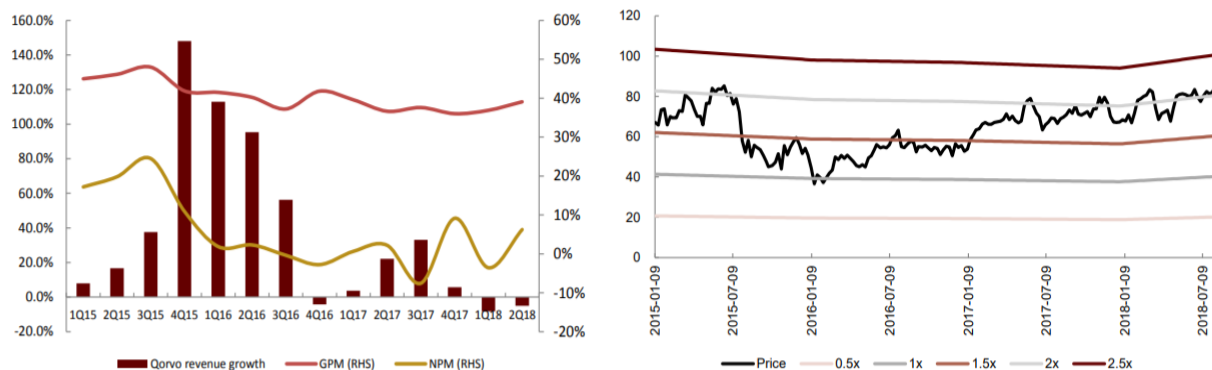
2. Qorvo 在美国有多座晶圆厂，可自行提供 4 寸、6 寸、8 寸晶圆生产，可使用 Si/GaAs/GaN 等多种材料进行生产；

3. 2018 年量产 BAW 产品；

- **下游客户：** 华为、三星等。

- **财务情况：** 由于合并消化原因，及受到客户出货时间延迟影响，公司在 2016-2017 财年盈利能力较差。2018 财年，公司营收基本与上年持平，但净利润快速提升。

图29 Qorvo 季度收入增速、利润率变化和市盈率区间



资料来源：Qorvo官网、彭博咨询、wind、华辰资本整理

图30 麦捷科技的主要产品

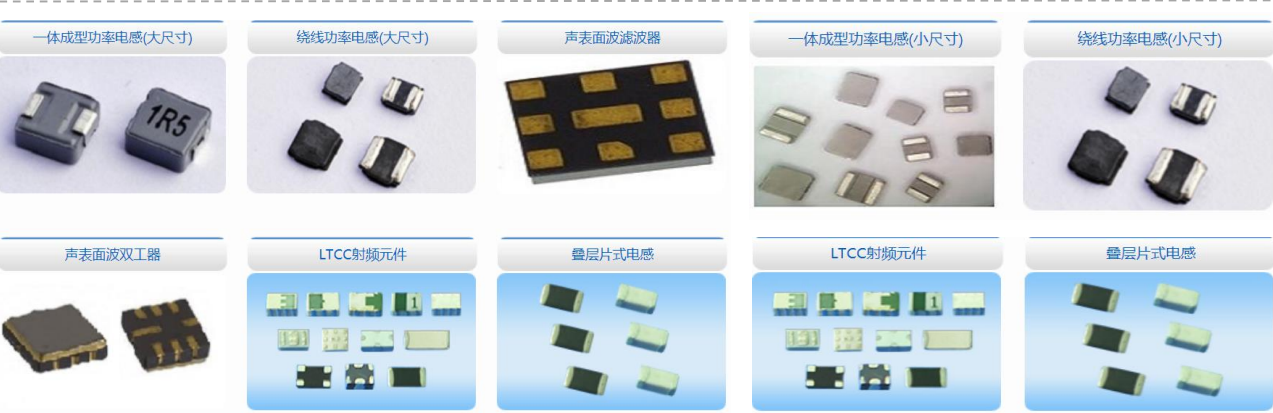
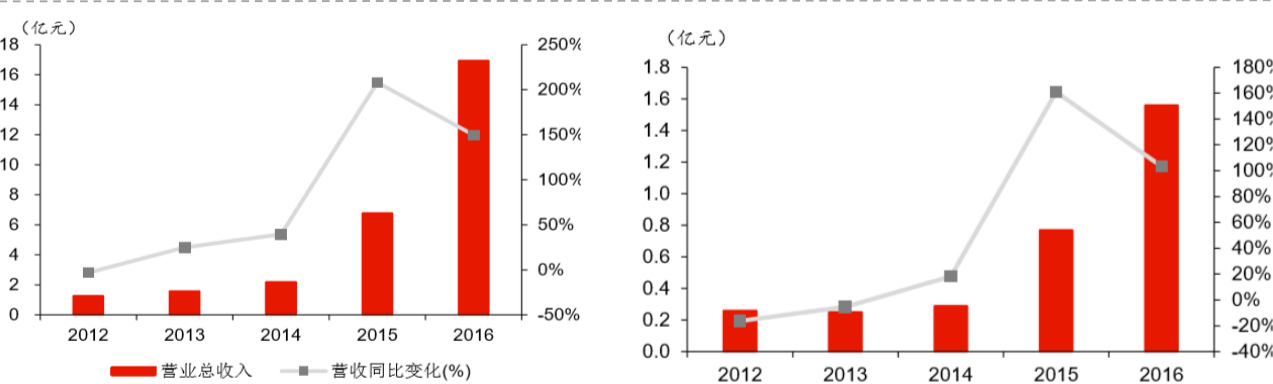


图31 麦捷科技的营收及净利润



资料来源：麦捷科技官网、wind、华辰资本整理

麦捷科技

- **基本介绍：**国内 SAW 滤波器行业的领头厂商，为下游客户提供技术支持服务和元器件整体解决方案。
- **主要产品：**片式功率电感、滤波器及片式 LTCC 射频元件等新型片式被动电子元器件和 LCD 显示屏模组器件。
- **下游客户：**目前公司已经进入华为、TCL、闻泰等产业链，SAW 滤波器可能达到 5000 万/月产能。
- **财务情况：**2016 年度公司实现销售收入 16.94 亿元，同比增长 149.55%，实现营业利润 1.64 亿元，同比增长 105.81%。

研究报告总结

- 射频行业相对比较成熟，初创企业数量不多，主要以大公司战略并购为主；
- 移动终端射频市场比基站射频市场空间更大；
- 滤波器占射频市场份额最大的射频器件，其次为PA，随着5G到来基站/天线/频段数增加，滤波器将逐渐放量；
- PA材料由GaAS转向GaN，以更好支持5G高频段；
- 终端射频行业转向滤波器+PA双重心路线；
- 终端手机空间有限，射频前端出现整合趋势，多并购合作，头部厂商逐渐呈现；

華辰資本

CELESTIAL CAPITAL

专注中国产业结构升级与创新，聚焦新一代信息技术产业发展。

联系人：欧凯

电话/微信：13510900553

邮箱：kai.ou@celestialcapital.com.cn

网址：www.celestialcapital.cn

©2019 華辰資本
版权所有。

2019年03月

本刊物所载资料以概要方式呈现，旨在用做一般性指引，不能替代详细研究或做出专业判断。华辰资本概不对任何人士根据本刊物的任何资料采取或不采取行动而引致的损失承担任何责任。阅下应向顾问查询任何具体事宜。