

行业研究/深度研究

2019年10月08日

行业评级:

电子元器件 增持 (维持)  
集成电路 II 增持 (维持)

**王林** 执业证书编号: S0570518120002  
研究员 wanglin014712@htsc.com

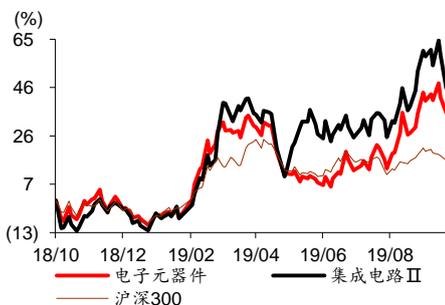
**胡剑** 执业证书编号: S0570518080001  
研究员 021-28972072  
hujian@htsc.com

**刘叶** 执业证书编号: S0570519060003  
研究员 021-38476072  
liuye@htsc.com

相关研究

- 1 《电子元器件: Mate 30 销售火热, VR 终端如期而至》 2019.10
- 2 《电子元器件: 华为重构想象, 光学和天线超预期》 2019.09
- 3 《电子元器件: 新机纷至沓来, 3C 产业链热度不减》 2019.09

一年内行业走势图



资料来源: Wind

# 射频前端芯片国产化机会

## 受益 5G 终端需求增加

### 核心观点

5G 手机终端需要在 4G 基础上, 支持 sub-6GHz、毫米波等频段。5G NR 新频段的加入, 将带动射频前端芯片价值量的提升, Yole 预计 2023 年全球射频前端市场规模将增长至 350 亿美元, 2018 年至 2023 年 CAGR 达 14%。同时华为等国产手机厂商市场份额的提升将为国产射频前端芯片的使用提供更好的平台, 国内射频前端芯片厂商将进入快速发展期。

### 终端对射频前端芯片的需求增加

随着手机的频段不断增加, 智能手机需要接收更多频段的射频信号, 5G 单个智能手机所需的射频开关、PA、LNA、滤波器、双工器等数量将显著上升, 未来全球射频前端市场规模将迎来大规模增长。射频前端芯片数量的增加及全面屏对体积压缩的需求, 将促进射频前端芯片的模组化封装。

### 5G 换机潮将拉动射频前端芯片的需求

华为于 7 月 26 日发布首款国行 5G 手机 Mate 20 X 5G, 是全球首款支持 SA 和 NSA 两种主流 5G 组网方式的 5G 双模手机, 定价 6199 元, 低于市场预期。9 月 19 日, 华为在德国慕尼黑发布的 Mate 30 5G 手机, 是另外一款同时支持 SA 及 NSA 5G 双模, 适配国内三大运营商的 5G/4G/3G/2G 频段。价格区间下探有望促进 5G 手机换机潮, 预计今明两年各大手机厂商将有多款中高端 5G 手机推向市场。

### 射频前端芯片国产替换正当时

目前射频前端芯片市场主要被 Skyworks、Qorvo、博通、村田等几大国际巨头垄断, 国内自给率较低。随着以华为、小米等为代表的国内手机终端厂商全球市场份额的提升, 对于上游供应链的把控和“国产替代”需求将为国内射频前端芯片厂商提供试用平台。射频前端芯片投入相对较小、工艺制程也相对简单, 有利于国内厂商重点突破。目前已经涌现出卓胜微、汉天下、唯捷创芯、无锡好达、三安光电等一批优秀的国内厂商, 我们看好未来射频前端的国产替代机会。

### 投资建议

建议关注国内射频前端芯片的龙头企业卓胜微, 积极布局化合物半导体代工的三安光电, 参股 SAW 制造商瑞宏科技的天通股份, 以及拥有 SiP 等先进封装技术龙头公司华天科技、长电科技和环旭电子。此外, 我们建议关注海外的射频半导体技术领先的厂商: 村田、Qorvo、Soitec、Broadcom、稳懋、RF360、住友电工等。

风险提示: 5G 手机换机潮不及预期, 中美贸易摩擦升级, 国产射频前端芯片技术进展不及预期。

## 正文目录

受益 5G 商用，射频前端芯片未来可期.....	5
射频前端芯片主要组成部分及功能介绍.....	5
受益 5G 频段增加，射频前端芯片市场增长空间大.....	7
高频和集成化为射频前端芯片技术发展趋势.....	9
受益 5G 频段增加，射频开关市场增长潜力大.....	12
先进 RF-SOI 工艺为射频开关未来技术发展趋势.....	14
卓胜微：国产射频芯片的领军者.....	16
射频功率放大器和低噪声放大器国产替换市场空间大.....	18
射频功率放大器（PA，Power Amplifier）国产替换初现曙光.....	19
GaAs PA 和 CMOS PA.....	20
GaN PA，5G 通讯基站首选功率放大器.....	23
三安光电：国家大基金重点支持的化合物半导体制造企业.....	26
SiGe 工艺为低噪声放大器（LNA）未来技术发展趋势.....	27
受益 5G 频段增加，滤波器需求量加速增长.....	29
SAW 滤波器需求稳定增长.....	30
TC-SAW 热稳定性改善，更适合移动端使用.....	31
I.H.P.SAW 工作频率较 SAW 提升，可部分替换 BAW.....	31
BAW 滤波器适合更高频工作，5G 时代市场空间广阔.....	32
IPD 滤波器适合高频集成，市场规模增长快.....	35
Sub-6G 优选 LTCC 滤波器，市场增量巨大.....	36
滤波器全球市场主要被美日公司垄断.....	37
滤波器需求稳定增加.....	37
美日企业垄断滤波器市场.....	38
专利集中，助推垄断形成.....	40
海外巨头简介.....	41
村田（Murata）产品链齐全，滤波器全球领先.....	41
Qorvo 射频芯片覆盖频段广.....	42
博通（Broadcom）FBAR 滤波器全球领先.....	42
滤波器国产市占率有待提升.....	44
模组化封装是射频前端芯片发展趋势.....	46
环旭电子：聚焦 sip 封装在先进射频模组领域的应用.....	46
长电科技：世界第三大封测龙头.....	47
投资建议.....	48
风险提示.....	48

## 图表目录

图表 1: 手机射频前端芯片结构示意图 .....	5
图表 2: 5G 时代大规模 MIMO 架构示意图 .....	6
图表 3: 4G LTE 与 5G NR 性能参数对比 .....	6
图表 4: 4G LTE 与 5G NR 性能对比 .....	6
图表 5: 射频前端芯片模组的发展历程 .....	7
图表 6: 2018 年典型 4G 智能手机各组件价值占比 .....	8
图表 7: 2018 年典型 4G 智能手机射频前端各芯片价值占比 .....	8
图表 8: 全球移动设备和 WiFi 射频前端芯片市场规模预测 .....	8
图表 9: 全球主要射频芯片企业的基本信息、收入情况 .....	9
图表 10: 常用射频芯片用半导体材料参数比较 .....	10
图表 11: 模组化是射频前端芯片发展趋势 .....	11
图表 12: 主要射频模组功能与集成度 .....	11
图表 13: 射频开关示意图 .....	12
图表 14: 射频开关的工作原理示意图 (SPDT 为例) .....	12
图表 15: 全球射频开关市场规模 (含预测) .....	13
图表 16: 2018 年全球射频开关主要公司市场份额 .....	13
图表 17: 先进 SOI 工艺为射频开关未来技术发展趋势 .....	14
图表 18: 射频开关全球主要竞争者 .....	14
图表 19: 射频开关全球产业链 .....	15
图表 20: RF-SOI 技术在射频芯片领域的主要应用 .....	16
图表 21: 卓胜微主要产品收入及销量 .....	17
图表 22: 三星、小米采购卓胜微产品情况 .....	17
图表 23: 卓胜微对晶圆制造、封装的具体技术要求及变化 .....	17
图表 24: 射频功率放大器 (PA) 和低噪声放大器 (LNA) 示意图 .....	18
图表 25: 射频低噪声放大器工作原理示意图 .....	18
图表 26: PA 和 LNA 市场全球产业链 .....	19
图表 27: PA、LNA 技术发展趋势 .....	19
图表 28: CMOS、SiGe、III-V 三种 PA 比较 .....	20
图表 29: III-V 族各种 PA 综合性能参数比较 .....	20
图表 30: 2017 年全球 GaAs PA 市场份额 (销售额) .....	21
图表 31: PA 全球全行业产值呈增长趋势 (单位: 十亿美元) .....	21
图表 32: CMOS PA 全球产业链 .....	21
图表 33: 砷化镓 PA 全球产业链 .....	22
图表 34: 2017 年砷化镓晶圆代工市场竞争格局 (按产值) .....	22
图表 35: 2017 年砷化镓元器件全球竞争格局 (按产值) .....	22
图表 36: 基站射频 PA 技术路线比较 .....	24
图表 37: 氮化镓 PA 全球产业链 .....	25
图表 38: 氮化镓 PA 更容易实现小型化 .....	25
图表 39: GaN PA 主要应用领域 .....	26
图表 40: 功率射频市场发展趋势 .....	26
图表 41: 全球射频低噪声放大器销售收入 (含预测) .....	27

图表 42: 常用 LNA 技术参数比较 .....	28
图表 43: 2018 年 LNA 全球市场份额 .....	28
图表 44: 声学射频滤波器分类 .....	29
图表 45: 滤波器在射频前端芯片模组中的示意图 .....	29
图表 46: 射频滤波器工艺演进路线 .....	30
图表 47: 5G 时代滤波器的发展趋势 .....	30
图表 48: SAW 滤波器原理 .....	31
图表 49: I.H.P.SAW 的基本结构 .....	32
图表 50: BAW-SMR 滤波器原理示意图 .....	33
图表 51: FBAR 与 BAW-SMR 原理对比 .....	33
图表 52: 相比 SAW, FBAR 优势显著 .....	33
图表 53: SAW 和 BAW 滤波器技术对比 .....	34
图表 54: 5G 将增加适用于高频 BAW 滤波器的使用 .....	34
图表 55: 2015-2022 各类型滤波器市场渗透率 .....	35
图表 56: 2014-2025 北美 IPD 市场收入 (按应用分) .....	36
图表 57: 各类滤波器的适用频率 .....	36
图表 58: LTCC 滤波器优势 .....	37
图表 59: 滤波器需求随射频频段增加而增多 .....	37
图表 60: 滤波器市场是射频前端中增长最快的部分 .....	38
图表 61: 海外射频巨头整合并购情况 .....	38
图表 62: 全球主要滤波器厂商 .....	39
图表 63: 2018 年 SAW 滤波器全球市场份额 .....	39
图表 64: 2018 年 BAW/FBAR 滤波器全球市场份额 .....	39
图表 65: 全球射频滤波器产业链 .....	40
图表 66: 射频声波滤波器专利申请动态 .....	40
图表 67: BAW 滤波器主要厂商的专利领先优势 .....	41
图表 68: FY2014-FY2018 Murata 营收数据 .....	41
图表 69: FY2014-FY2018 Murata 利润率数据 .....	41
图表 70: FY2014-FY2018 Qorvo 营收数据 .....	42
图表 71: FY2014-FY2018 Qorvo 利润率数据 .....	42
图表 72: Broadcom 历史沿革 .....	42
图表 73: FY2014-FY2018 Broadcom 营收数据 .....	43
图表 74: FY2014-FY2018 Broadcom 利润率数据 .....	43
图表 75: 2018 年 Broadcom 收入构成 .....	43
图表 76: Broadcom 收入构成 .....	43
图表 77: 中国声表面波技术发展历程 .....	44
图表 78: 中电 55 所旗下德清华莹生产的六寸黑化铌酸锂晶片 .....	45
图表 79: 环旭电子产品介绍 .....	46
图表 80: 2014-2018 环旭电子营收结构 .....	47
图表 81: 2018 年环旭电子营收结构 .....	47
图表 82: 长电科技一站式服务 .....	47
图表 83: A 股主要半导体材料上市公司估值情况 .....	48

## 受益 5G 商用，射频前端芯片未来可期

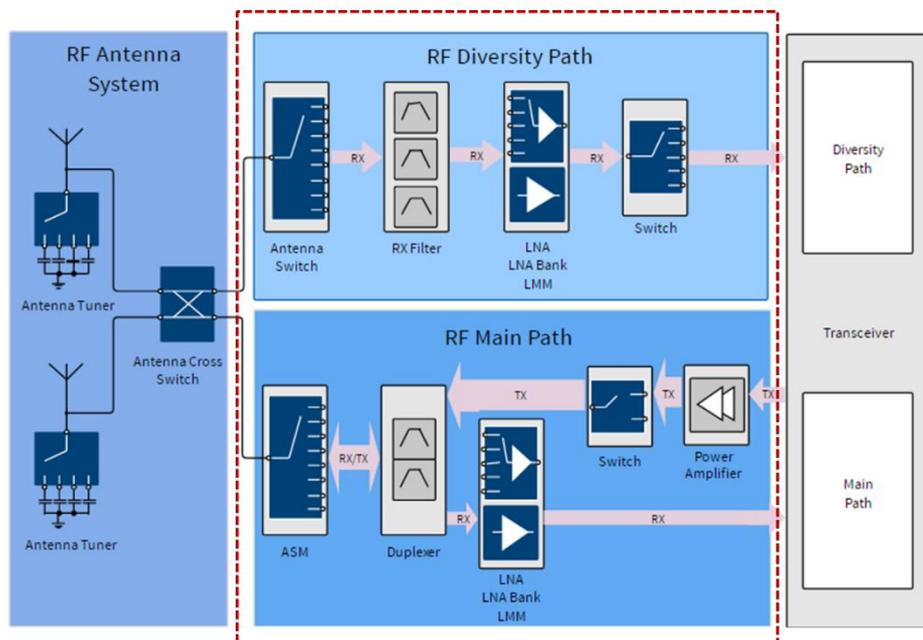
### 射频前端芯片主要组成部分及功能介绍

射频前端芯片主要应用于智能手机等移动智能终端，其技术创新推动了移动通信技术的发展，是现代通信技术的基础。射频前端模块（RFFEM: Radio Frequency Front End Module）是手机通信系统的核心组件，RFFEM 的性能直接决定了移动终端可以支持的通信模式，以及接收信号强度、通话稳定性、发射功率等重要性能指标，直接影响终端用户的通信质量。

射频前端模组介于天线部分与收发组件之间。手机射频前端主要包括功率放大器（Power Amplifier）、天线开关（Antenna Switch）、滤波器（Filter）/双工器（Duplexer）、低噪声放大器（LNA）等器件，再加上基带芯片组成了手机射频系统。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；射频低噪声放大器用于实现接收通道的射频信号放大；射频功率放大器用于实现发射通道的射频信号放大；射频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。

按照信号传输路径来看，分为发射通路和接收通路。其中发射通路的器件主要包括功率放大器、滤波器及天线开关等。接收通路的器件主要包括低噪声放大器、滤波器、射频开关及天线开关等。

图表1：手机射频前端芯片结构示意图

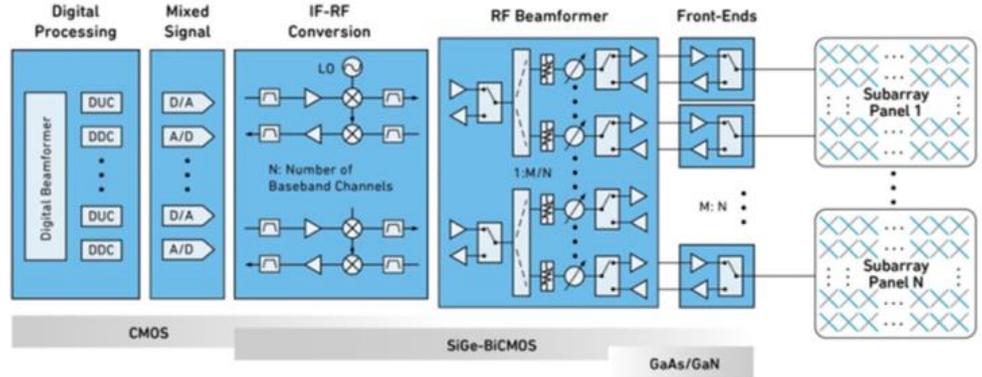


资料来源：Infineon，华泰证券研究所

目前，我国 5G 商用进程已完成频谱分配，开启预商用序幕。频谱分配是 5G 商用进程中的关键节点，18 年 12 月初，国内三大运营商正式获得全国范围 5G 中频段试验频率使用许可，其中中国移动获 2515MHz-2675MHz、4800MHz-4900MHz 频段的 5G 试验频率资源；中国联通获 3500MHz-3600MHz 共 100MHz 带宽的 5G 试验频率资源。中国电信获 3400MHz-3500MHz 共 100MHz 带宽资源。我们认为本次全国范围内 5G 频段频谱使用许可的发放，为运营商开展 5G 系统组网试验奠定了基础，开启了我国 5G 预商用序幕。

5G 除了推动传统移动频段<2.7GHz 的使用，也会推动 C-Band (3.3-4.9GHz) 和毫米波 Ka-Bands (24-40GHz)的广泛使用。5G 通信及物联网的发展为射频器件行业带来新的增长机遇，同时也为射频器件设计企业提出新的挑战：射频前端器件需要支持的频段数量大幅增加；高频段信号处理难度增加，系统对射频器件的性能要求大幅提高；载波聚合及 MIMO 技术应用逐步普及要求各射频器件进行相应的技术更新。

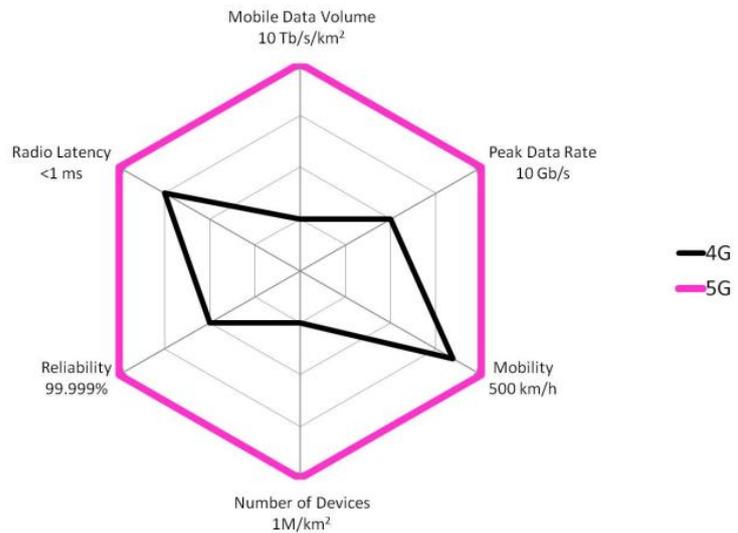
**图表2： 5G 时代大规模 MIMO 架构示意图**



资料来源：CSMANTECH，华泰证券研究所

图 2 展示了 5G 时代大规模 MIMO 天线阵列中收发机的典型架构。该图演示了一种数字/模拟波束形成的混合方法，是目前商业化的代表实例。这些表明 5G 时代对射频前端芯片的数量和性能提出了更高要求。天线数量的增加，将带动射频开关、PA、滤波器等射频前端芯片需求的增加。

**图表3： 4G LTE 与 5G NR 性能参数对比**



资料来源：CSMANTECH，华泰证券研究所

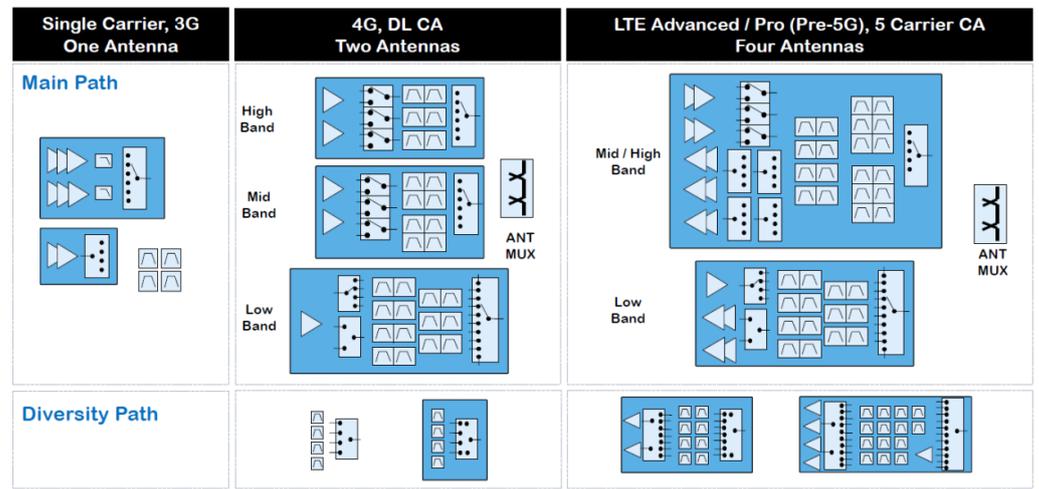
**图表4： 4G LTE 与 5G NR 性能对比**

特性	4G LTE	5G NR
移动数据容量	10 Gb/s/km <sup>2</sup>	10 Tb/s/km <sup>2</sup>
峰值数据速率	100 Mb/s	10 Gb/s
移动性	350 km/h	500 km/h
连接数量	1K/km <sup>2</sup>	1M/km <sup>2</sup>
可靠性	99.99%	99.999%
E2E 延时时间	10 ms	<1 ms

资料来源：CSMANTECH，华泰证券研究所

**5G 时代带宽、时延、同步等性能全面提升。**ITU 为 5G 定义了三类典型应用场景：增强移动宽带（eMBB）、海量物联网业务（mMTC）和超高可靠性超低时延业务（URLLC）。三大应用场景对 5G 网络的性能提出了更高、更全面的要求。根据《中国电信 5G 技术白皮书》，未来 5G 网络的移动数据流量相对于 4G 网络将增长 500~1000 倍，典型用户数据速率可提升 10~100 倍，峰值传输速率可达 10Gbit/s 或更高，端到端时延缩短了 5~10 倍，网络综合能效提升了 1000 倍。

图表5：射频前端芯片模组的发展历程



资料来源：Qorvo，华泰证券研究所

## 受益 5G 频段增加，射频前端芯片市场增长空间大

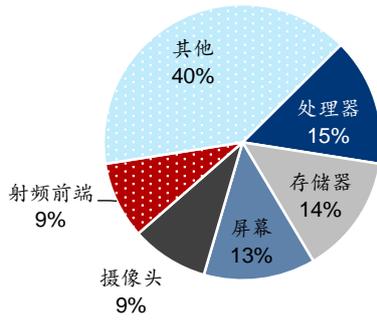
**射频前端芯片市场规模主要受移动终端需求的驱动。**近年来，受益于移动互联网的快速发展，随着移动终端功能的逐渐完善，手机、平板电脑等移动终端的出货量保持稳定。根据 Gartner 统计，包含手机、平板电脑、超级本等在内的移动终端的出货量从 2012 年的 22 亿台增长至 2018 年的 23 亿台，预计未来保持稳定。

在基于移动智能终端实现这些需求的过程中，移动数据的数据传输量和传输速度大幅提升，并将持续快速增长。根据 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%；预计到 2021 年，全球每月流量将达到 2,780 亿 GB，其中智能手机流量占比亦大幅提高到 33%。

移动数据传输量和传输速度的不断提高主要依赖于移动通讯技术的变革，及其配套的射频前端芯片的性能的不断提高。在过去的十年间，通信行业经历了从 2G(GSM/CDMA/Edge)到 3G(WCDMA/CDMA2000/TD-SCDMA)，再到 4G(FDD-LTE/TD-LTE)两次重大产业升级。在 4G 普及的过程中，全网通等功能在高端智能手机中得到广泛应用，体现了智能手机兼容不同通信制式的能力，也成为了检验智能手机通信性能竞争力的核心指标之一。

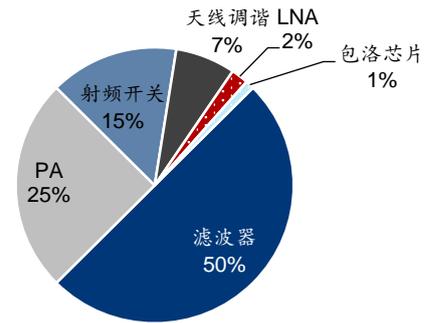
为了提高智能手机对不同通信制式兼容的能力，4G 方案的射频前端芯片数量相比 2G 方案和 3G 方案有了明显的增长，单个智能手机中射频前端芯片的整体价值也不断提高。根据 Yole Development 的统计，2G 制式智能手机中射频前端芯片的价值为 0.9 美元，3G 制式智能手机中大幅上升到 3.4 美元，支持区域性 4G 制式的智能手机中射频前端芯片的价值已经达到 6.15 美元，高端 LTE 智能手机中为 15.30 美元，是 2G 制式智能手机中射频前端芯片的 17 倍。因此，在 4G 制式智能手机不断渗透的背景下，射频前端芯片行业的市场规模将持续快速增长。

图表6： 2018 年典型 4G 智能手机各组件价值占比



资料来源：IHS，华泰证券研究所

图表7： 2018 年典型 4G 智能手机射频前端各芯片价值占比

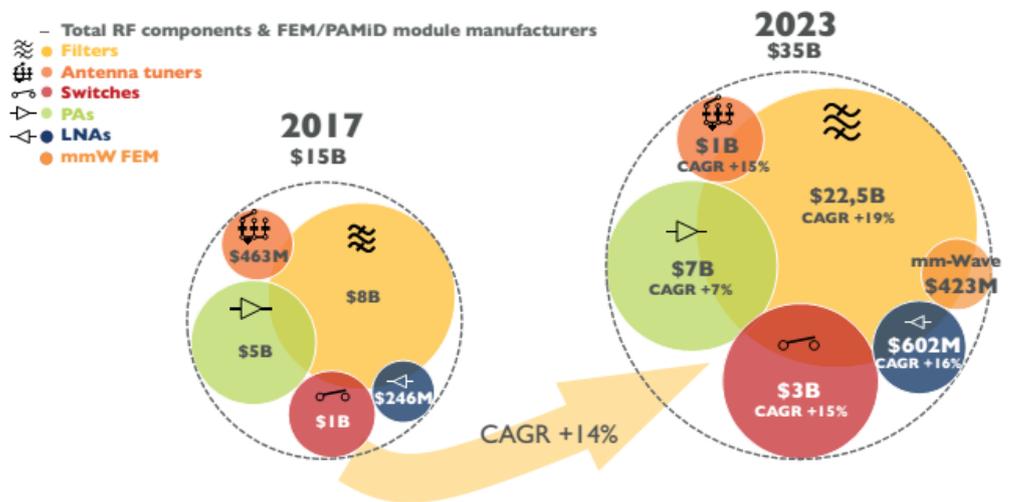


资料来源：IHS，华泰证券研究所

**5G** 为射频前端产业提供更大的市场机会。随着终端支持的无线连接协议越来越多，从最初的 2G 网络到现在的 NFC、2G/3G/4G 网络、WiFi、蓝牙、FM 等，通信终端的射频器件单机价值量增长了数倍。展望未来，4G 的渗透率尚未饱和，渗透率提升将继续驱动射频器件单机价值量增长。另外 5G 通讯为射频器件行业带来新的增长机遇，一方面射频模块需要处理的频段数量大幅增加，另一方面 sub-6G、毫米波等频段信号处理难度增加，系统对滤波器性能的要求也大幅提高。

根据法国 Yole Development 报告预测，移动设备以及 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 年将增长 3 倍左右，复合增长率达到 19%。

图表8： 全球移动设备和 WiFi 射频前端芯片市场规模预测



资料来源：Yole，华泰证券研究所

现阶段，全球射频前端芯片市场主要被欧美传统大厂占据，国内移动智能终端厂商也多向其采购射频前端芯片产品。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发展机会，在全球市场的占有率有望大幅提升。

**图表9：全球主要射频芯片企业的基本信息、收入情况**

公司	基本情况	2018 年收入	2018 财年射频前端芯片产品收入
Broadcom2	纳斯达克上市公司（股票代码：AVGO），2016 年 Avago 收购 Broadcom 后沿用了后者的公司名称。该公司设计、研发和销售模拟和数字芯片方案	208.48 亿美元	64.90 亿美元
Skyworks3	纳斯达克上市公司（股票代码：SWKS），该公司提供无线集成电路解决方案及放大器、衰减器、前端模块等产品	38.68 亿美元	38.68 亿美元
Qorvo4	纳斯达克上市公司（股票代码：QRVO），该公司为手机基础设施、航天国防领域提供核心技术及射频解决方案	29.74 亿美元	21.81 亿美元
Murata5	东京证券交易所、新加坡证券交易所上市公司，主营先进的电子元器件及多功能高密度模块的设计和制造。2014 年 8 月收购 Peregrine 半导体公司，拓展射频前端业务	129.42 亿美元	37.26 亿美元
Infineon6	德国上市公司（股票代码：IFX），产品包括面向射频连接、无绳和移动电话以及无线网络基础设施的芯片和芯片解决方案	75.99 亿欧元	-
NXP7	纳斯达克上市公司（股票代码：NXPI），提供广泛的射频产品组合，涵盖射频相关产品、电源管理、微处理器器件、模拟信号、混合信号和数字信号处理解决方案等，应用于移动通信、汽车电子、工业和消费电子市场	94.07 亿美元	-
韦尔股份 8	A 股上市公司（股票代码：603501），该公司主要产品包括射频开关、信号放大器、系统电源及控制方案、系统保护方案、电磁干扰滤波方案、分立器件等	39.64 亿元	0.70 亿元

资料来源：卓胜微招股说明书，华泰证券研究所

### 高频和集成化为射频前端芯片技术发展趋势

Yole 预计全球移动设备和 WiFi 的射频前端芯片市场将在 2023 年达到 350 亿美元，较 2017 年增长 133%，2018 年至 2023 年的 CAGR 为 14%；其中滤波器市场有望由 80 亿美金增至 225 亿美金，6 年内的 CAGR 为 19%；PA（功率放大器）市场有望由 50 亿美金增至 70 亿美金，6 年内的 CAGR 为 7%；LNA（低噪声放大器）有望由 2.46 亿美金增至 6.02 亿美金，6 年内的 CAGR 为 16%；Antenna tuners（天线协调器）有望由 4.63 亿美金增至 10 亿美金，6 年内的 CAGR 为 15%；Switches（开关）有望由 10 亿美金增至 30 亿美金，6 年内的 CAGR 为 15%；新增的 mmW FEM（毫米波前端）市场有望在 2023 年达到 4.23 亿美元。

常用射频芯片用半导体材料有 Si、SOI、SiGe、GaAs、InP、GaN 等。两个非常重要的参数直接决定了器件特性。首先是电子迁移率，电子迁移率的大小，直接决定了该半导体材料是否适用于更高频段。因此我们可以看到 GaAs、InP、SiGe 等被广泛的应用于 3G、4G、5G 的 PA 和 LNA。其次是半导体材料的击穿场强，直接决定了器件工作时候的功率密度。因此 GaN HEMT（高电子迁移率晶体管）被广泛的应用于 4G、5G 通讯基站。

**图表10: 常用射频芯片用半导体材料参数比较**

特性	常用射频前端芯片材料比较						
	Si	SOI	SiGe	SiC	GaAs	InP	GaN
半绝缘	否	是	否	是	是	是	是
电阻率 ( $\Omega\cdot\text{cm}$ )	$10^3\text{-}10^5$	$>10^{10}$	47	$>10^{10}$	$10^7\text{-}10^9$	$10^7$	$>10^{10}$
电子迁移率 ( $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ )	1450	1450	3900	500	8500	8000	2000
饱和电子速度 ( $\text{cm/s}$ )	$9\times 10^6$	$9\times 10^6$	$9\times 10^6$	$2\times 10^7$	$1.3\times 10^7$	$1.9\times 10^7$	$2.3\times 10^7$
热导率 ( $\text{W}/\text{cm}\cdot^\circ\text{C}$ )	1.45	1.45	0.6	3.5	0.46	0.68	1.3
工作温度 ( $^\circ\text{C}$ )	250	250	200	500	350	300	500
禁带宽度 (eV)	1.12	1.12	0.66	2.86	1.42	1.34	3.39
击穿场强 ( $\text{kV}/\text{cm}$ )	300	300	100	2000	400	500	5000
介电常数	11.7	11.7	16.3	9.7	12.9	14	8.9

资料来源: 半导体器件物理与工艺, 华泰证券研究所

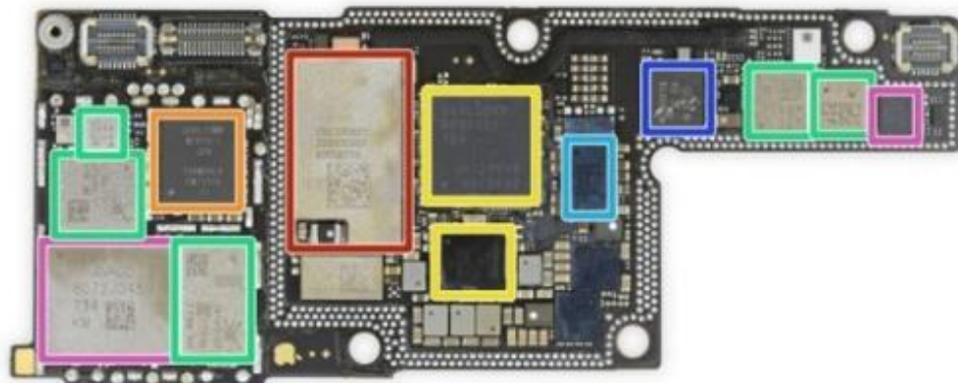
另外制造成本及是否易于实现系统集成也是一种半导体器件是否适合制作射频前端芯片的重要考虑因素。既能满足高频需求, 制造成本有优势, 并且易于实现模组集成的半导体器件是未来射频前端芯片发展的趋势。因此 SOI、SiGe 等材料在射频前端芯片领域的应用越来越广泛, 既能实现芯片的高频特性, 又与 Si 的 CMOS 工艺兼容是其最大优势。

基于智能手机轻薄化、高屏占比的 ID 设计趋势, 同时为了满足日益丰富的功能, 手机内部 PCB 板上留给射频前端功能区的空间处于持续减少的趋势中, 根据 IHS 数据, 三星 Galaxy S8+ 的射频前端器件密度已经接近 48%, 较 S7 Edge 提升超过 6pct, 而射频前端占整个 PCB 的面积仅超过 8.2%, 较 S7 Edge 下降约 2pct。

按照集成度, 手机终端设备射频前端模组可以分为高、中、低集成度模组。高集成度产品主要有 PAMiD 和 LNA DivFEM, 主要用于中高端手机; 中度集成产品主要有 FEMiD、PAiD、SMMB PA 及 MMB PA 等。苹果、三星、华为等高端智能手机大量使用模组。举例来看, iPhone X 中采用了 Qorvo 的 PAMiD, Avago 的 PAMiD, 以及 Epcos 的 FEMiD。PAMiD 属于高集成度产品, 主要集成了多模多频的 PA、RF 开关以及滤波器等, FEMiD 属于中度集成产品, 主要集成了开关和滤波器等。

根据 Yole 报告, iPhone X 高频 LTE 射频前端模组采用 Broadcom 的 AFEM-8072。iPhone X 中使用 6~7 个射频前端模组实现高中低频全覆盖, 模组化程度前所未有的, iPhone X A1865&A1902 中的 Broadcom AFEM-8072 PAMiD (功放集成双工器) 作为中高频发射模组, 集成了 18 个 BAW 滤波器、4 功率放大器、3 个 SOI 开关等近 30 颗芯片; Skyworks SKY78140 PAMiD 作为低频发射模组, 集成了多个双工器、2 个 SOI 开关、2 个功率放大器。集成化程度的提升有利于整合能力强的国际巨头。

图表11: 模块化是射频前端芯片发展趋势



- 红色: 苹果USI 170821 339S00397 Wi-Fi/蓝牙无线模块
- 橙色: 高通WTR5975千兆LTE收发器
- 黄色: 高通MDM9655骁龙X16 LTE基带、PMD9655电源管理IC
- 绿色: Skyworks 78140-22/SKY77366-17功率放大器、S770 6662、3760 5418 1736
- 青色: 博通BCM15951触摸控制器
- 蓝色: NXP 80V18 PN80V NFC控制器
- 紫色: 博通AFEM-8072、MMMB功率放大器

资料来源: Yole, 华泰证券研究所

图表12: 主要射频模组功能与集成度

Module	模组	集成度	功能或集成方式
ASM	天线开关模组	低度	集成天线和开关
FEM	前端模组	低度	集成开关和滤波器
Div FEM	分集前端模组	中度	集成 FEM 的分集模组
FEMiD	双工前端模组	中度	集成双工的前端模组
PAiD	PA 和双工模组	中度	集成 PA 和双工
SMMB PA	单模多频功放	中度	支持单模式多频带的 PA 模组 (3G/4G)
MMMB PA	多模多频功放	中度	支持多模式多频带的 PA 模组 (3G/4G)
RX Module	射频发射器	中度	调制加载数据、并发射无线电波
TX Module	射频接收器	中度	集成 PA、开关的发射模组, 接收调制信号并解调
PAMiD	PAMiD 前端模组	高度	集成 MMMB PA 和 FEMiD
LNA Div FEM	LNA 分集前端模组	高度	集成 Div FEM 和 LNA

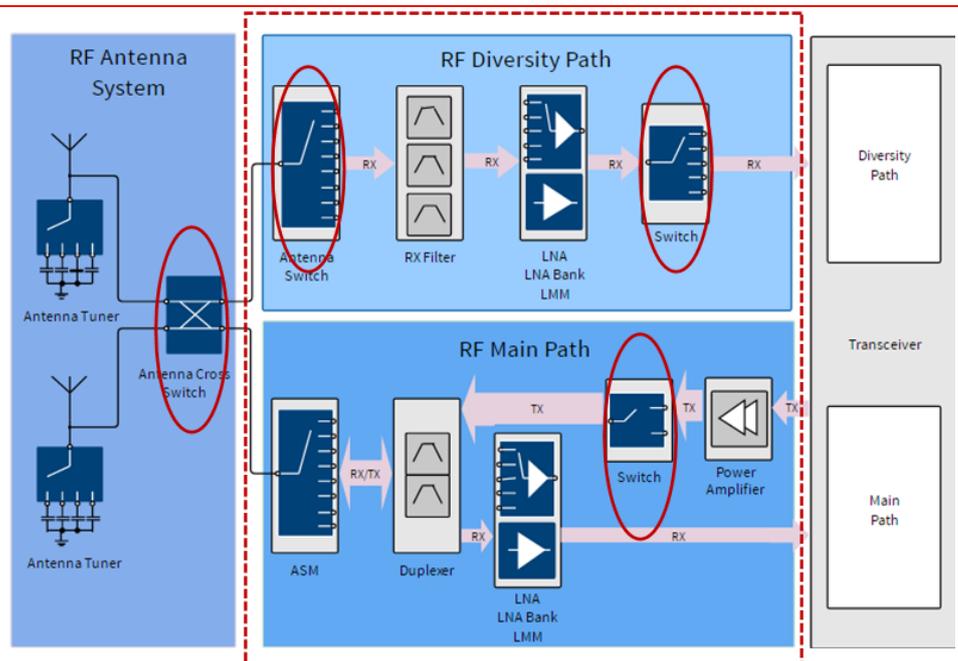
资料来源: IEEE, 华泰证券研究所

## 受益 5G 频段增加，射频开关市场增长潜力大

射频开关的作用是将多路射频信号中的任一路或几路通过控制逻辑连通，以实现不同信号路径的切换，包括接收与发射的切换、不同频段间的切换等，以达到共用天线、节省终端产品成本的目的。射频开关的主要产品种类有移动通信传导开关、WiFi 开关、天线调谐开关等，广泛应用于智能手机等移动智能终端。

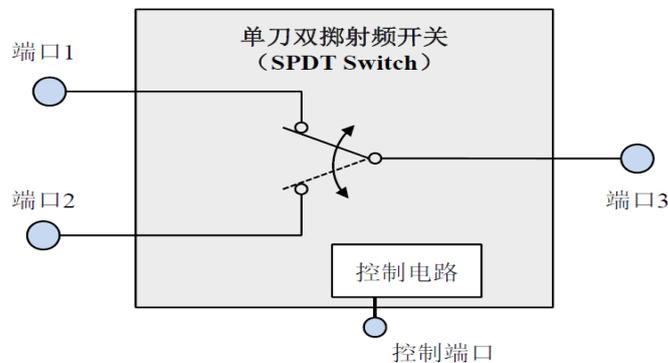
射频开关根据用途不同可分为移动通信传导开关、WiFi 开关、天线调谐开关等；根据刀数和掷数不同，可分为单刀单掷（SPST）、单刀双掷（SPDT）、单刀多掷（SPNT）和多刀多掷（NPNT）开关。以单刀双掷开关为例，其工作原理是：当控制端口加上正电压时，连接端口 1 与端口 3 的电路导通，同时连接端口 2 与端口 3 的电路断开；当控制端口加上零电压时，连接端口 1 与端口 3 的电路断开，同时连接端口 2 与端口 3 的电路导通。

图表13： 射频开关示意图



资料来源：Infineon，华泰证券研究所

图表14： 射频开关的工作原理示意图（SPDT 为例）



资料来源：卓胜微招股说明书，华泰证券研究所

根据 的统计，2011 年至 2018 年，全球射频开关市场  
规模从 6.34 亿美元增长至 16.54 亿美元，2012 年至 2018 年均复合增长率 14.68%，预计  
至 2023 年，市场规模将达 35.6 亿元。

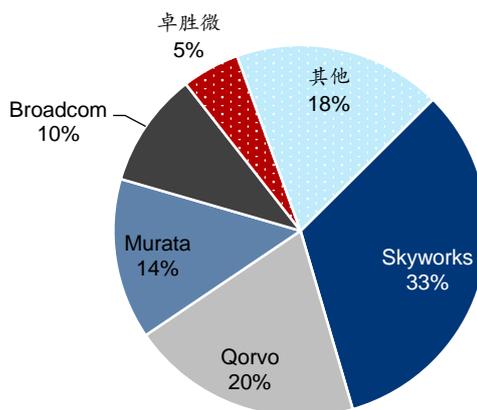
高性能射频开关应具有低插入损耗、高隔离度。射频开关主要指标有工作频率、工作带宽、插入损耗、隔离度、功率容量等，其中插入损耗和隔离度是重要性能指标。插入损耗在发射端影响输出功率，在接收端影响接收灵敏度，因此插入损耗越低越好。而对射频开关的信道隔离能有效降低系统干扰，因此隔离度越高越好。

**图表15：全球射频开关市场规模（含预测）**



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

**图表16：2018年全球射频开关主要公司市场份额**



资料来源: Bloomberg, 华泰证券研究所

### 先进 RF-SOI 工艺为射频开关未来技术发展趋势

根据卓胜微招股说明书介绍，射频开关市场的增长主要来自 **4x4 MIMO 新增射频路径对分集开关的需求**，以及**天线和频段增加对天线开关的需求**。目前射频开关主要基于 RF-SOI 工艺，由于目前 RF SOI 产能供不应求，有利于 SOI 代工厂台积电、Tower Jazz、Global Foundry 等。

SOI 技术指在绝缘衬底上生长半导体层的技术，通过绝缘衬底实现有源层和衬底层的电气连接隔断。**SOI 器件拥有尺寸小、寄生电容小、速度快、功耗低、集成度高、抗辐射能力强等优点，特别适合开关和转换器低插损、高线性、高速的要求。**

图表17：先进 SOI 工艺为射频开关未来技术发展趋势

工作频率	SUB-6GHZ <3GHZ		Millimeter Wave 24GHZ-29GHZ		37GHZ-71GHZ
产品形态	FEMiD/PAMiD/DRx	<6GHZ FEMiD/PAMiD/DRx	8T/8R 天线	8T/8R 天线	
<b>技术发展趋势</b>					
功率放大器	III-V/SiGe CMOS	III-V/SiGe CMOS	InP/SiGe BiCMOS	InP/SiGe BiCMOS	
低噪声放大器	III-V/SiGe/SOI	III-V/SiGe/SOI	GaN/Adv.SOI	GaN/Adv.SOI/130nm	SiGe BiCMOS
射频开关	SOI	SOI	Adv.SOI	Adv.SOI	
滤波器	SAW/BAW/IPD/Ceramic	SAW/BAW/IPD/Ceramic	IPD/Ceramic	IPD/Ceramic	
天线集成	N/A	N/A	YES	YES	
信号发生器	N/A	N/A	Adv.SOI/130nm BiCMOS	SiGe Adv.SOI/130nm	SiGe BiCMOS

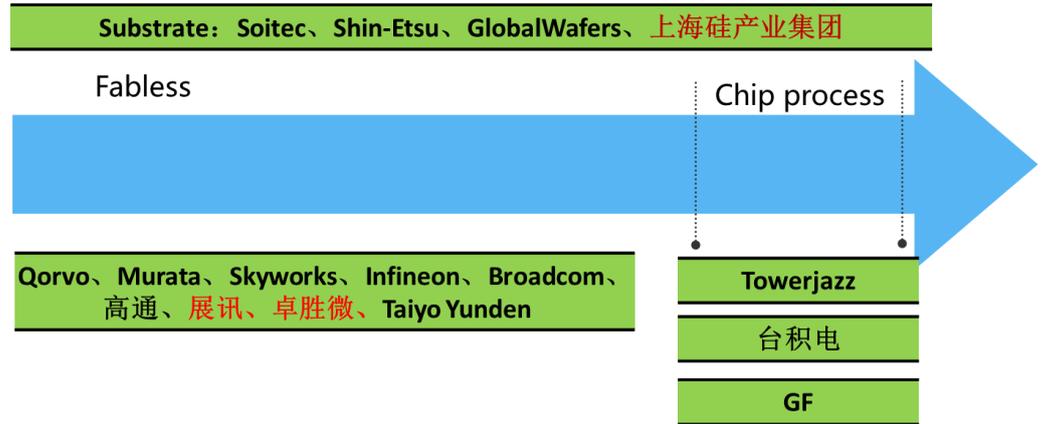
资料来源：Skyworks，华泰证券研究所

图表18：射频开关全球主要竞争者

公司名称	FBAR	SMR	SAW	TC-SAW	CMOS PA	GaAs PA	SOI 开关	CMOS 开关	SiGe LNA	SOI LNA
Broadcom	√		√			√				
Infineon								√	√	
Kyocera			√							
Murata			√	√	√	√	√		√	√
QORVO		√	√	√		√	√		√	√
RF360(高通)		√	√	√	√	√	√			
Skyworks	√		√	√		√	√		√	√
Taiyo Yuden	√		√							

资料来源：Wind，华泰证券研究所

图表19： 射频开关全球产业链

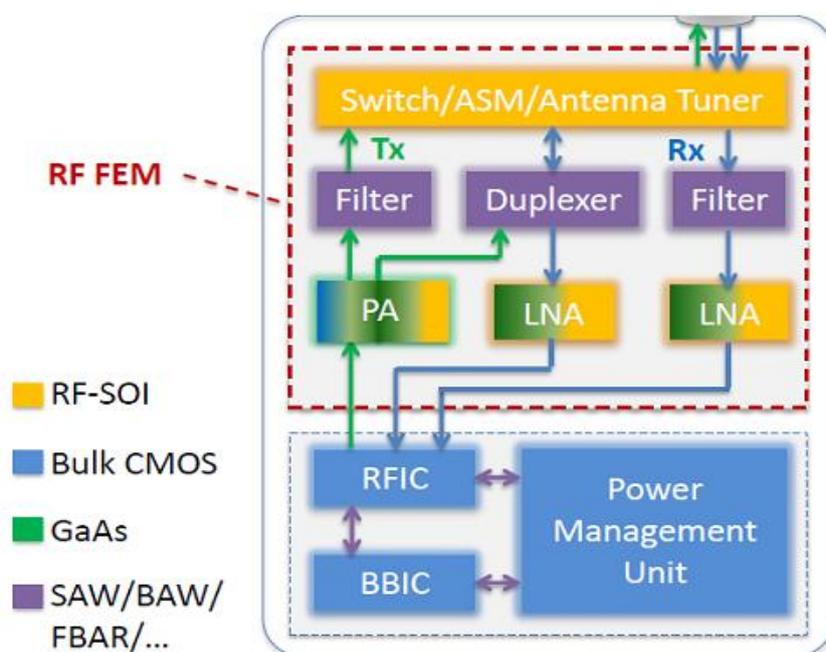


资料来源：Wind，华泰证券研究所

根据 Soitec 公司数据，2018 年法国 Soitec 公司及其授权的信越、环球晶等占据了全球 90% 以上的 SOI 衬底市场。在 2010 年左右 GaAs 基的 HEMT 还是 RF Switch 的主要技术选择。根据 GTI 数据，随着 RF-SOI 技术的成熟，RF-SOI 能够达到同样的性能和低功耗，并且制造成本比 GaAs 低 30% 左右，die 的体积减小 50% 左右。所以在不到五年的时间里，RF-SOI 技术逐渐取代 GaAs 基的 HEMT 成为 RF Switch 的主流技术。根据上海硅产业集团招股说明书，国内的上海硅产业集团取得了法国 Soitec 公司的授权，目前也能够提供 6-inch 高阻的 SOI 衬底。

法国 Soitec 半导体公司是设计和生产创新性半导体材料的全球领先企业，是 SOI 晶圆供应商。2016 年，上海硅产业集团宣布收购 Soitec 的 14.5% 股份，宣布首个采用 Soitec 专有 Smart Cut 技术制作的 200mm SOI 晶圆在上海工厂生产成功。2019 年 2 月 22 日，新傲科技和 Soitec 联合宣布，扩大新傲科技位于中国上海制造工厂的 200mm SOI 晶圆年产量，从年产 18 万片增加至 36 万片，满足全球市场对 RF-SOI 和 Power-SOI 产品的增长性需求。根据 Soitec 的数据，整个行业 2018 年出货 150 万到 160 万片 RF SOI 工艺的 200mm 等效晶圆，比 2017 年增长 15%-20%。预计到 2020 年，出货量将超过 200 万片。

图表20: RF-SOI 技术在射频芯片领域的主要应用



资料来源: GTI, 华泰证券研究所

### 卓胜微: 国产射频芯片的领军者

江苏卓胜微电子股份有限公司(简称卓胜微)是以射频开关和 LNA 芯片为主营业务的国产射频芯片设计公司。公司于 2006 年 7 月创办于张江高科, 2012 年 8 月在江苏无锡建立卓胜微电子股份有限公司, 而后在上海、深圳、成都设立分公司。公司以智能手机等移动终端和物联网为两大目标市场, 主营业务包括射频开关芯片(Switch)、射频低噪声放大器芯片(LNA)等射频前端芯片的研发、销售, 同时在 WiFi、蓝牙方面进行技术积累, 并对外提供 IP(知识产权)授权和技术服务。目前公司已是全球第五大、国内第一大射频开关芯片设计公司。

根据 Gartner 公布统计数据显示, 2018 年全球手机销量前五名分别为三星、苹果、华为、小米和 OPPO, 占全球市场 61.0% 的市场份额; 根据 IDC 公布统计数据显示, 2018 年中国智能手机销量前五名为华为、OPPO、vivo、小米和苹果, 占中国市场 87.5% 的市场份额。根据公司招股说明书介绍, 公司射频开关和低噪声放大器已打入三星、小米、华为等一线品牌。2015 年度卓胜微向三星导入射频开关和低噪声放大器部分新产品, 并于下半年度实现量产; 2017 年保持稳步增长, 销售数量较 2016 年度上升 65.88%, 销售金额较 2016 年度上升 33.26%。

2018 年随着已有产品导入时间逐渐增加, 部分已导入产品的销售数量呈下降趋势, 同时, 2017 年度以来三星对供应商新品导入进行了严格控制, 因此 2018 年度对三星的销售数量整体呈下降趋势。此外, 同型号芯片产品在推出后, 随着市场竞争日趋激烈, 单价呈下降趋势, 卓胜微 2018 年度对三星销售的复杂产品比例也较 2017 年度有所降低, 因此 2018 年度平均单价也呈下降趋势。综上, 2018 年度对三星的销售数量及金额均有所下降。

2016 年度卓胜微对小米的业务规模较小, 尚未形成稳定的规模。随着卓胜微与小米合作程度的加深, 卓胜微向小米导入产品的数量逐渐增加并形成量产, 2017 年以来, 卓胜微对小米的销售数量和金额均呈快速增加趋势。2016 年度、2017 年度及 2018 年度, 卓胜微对小米收入占比分别为 0.06%、8.81%和 13.03%。

**图表21：卓胜微主要产品收入及销量**

产品类型	2018 年度		2017 年度		2016 年度	
	收入 (万元)	销量 (万颗)	收入 (万元)	销量 (万颗)	收入 (万元)	销量 (万颗)
射频开关	46,085.43	174,519.31	46,319.38	137,347.52	26,698.26	57,795.45
射频低噪声放大器	8,435.07	42,805.05	11,438.05	42,716.29	10,702.65	30,809.41

资料来源：卓胜微招股说明书，华泰证券研究所

射频开关龙头公司包括美国的 Skyworks、Qorvo、Broadcom 和日本的 Murata 等，根据 Yole 数据，2018 年 4 家公司合计占据全球射频开关市场份额的 77%，其射频开关产品覆盖高端机型，比如苹果 iPhone X/XS Max/XR、三星 Galaxy 系列、华为 Mate 系列等。根据 Bloomberg 数据，卓胜微作为全球第五大、国内第一大射频开关公司，产品以中低端机型为主，目前已取得全球 5% 市场份额，率先实现国产突破。

**图表22：三星、小米采购卓胜微产品情况**

客户名称	产品类型	2018 年度			
		销售数量 (万颗)	收入金额 (万元)	收入金额合计 (万元)	占比 (%)
三星电子及其关联公司	射频低噪声放大器	13,909.70	4,471.40	25,810.64	46.07
	射频开关	66,187.33	21,339.24		
小米通讯及其关联公司	射频低噪声放大器	1,317.60	435.63	7,300.32	13.03
	射频开关	25,053.16	6,864.69		
客户名称	产品类型	2017 年度			
		销售数量 (万颗)	收入金额 (万元)	收入金额合计 (万元)	占比 (%)
三星电子及其关联公司	射频低噪声放大器	25,687.80	9,610.16	39,132.37	66.14
	射频开关	64,917.00	29,522.21		
小米通讯及其关联公司	射频开关	25,512.80	5,210.41	5,210.41	8.81
客户名称	产品类型	2016 年度			
		销售数量 (万颗)	收入金额 (万元)	收入金额合计 (万元)	占比 (%)
三星电子及其关联公司	射频低噪声放大器	18,399.60	8,931.55	29,364.62	76.23
	射频开关	36,220.85	20,433.07		
小米通讯及其关联公司	射频低噪声放大器	-	-	22.74	0.06
	射频开关	102.60	22.74		

资料来源：卓胜微招股说明书，华泰证券研究所

**图表23：卓胜微对晶圆制造、封装的具体技术要求及变化**

产品类型	晶圆	封装
射频开关	工艺：采用 SOI 工艺； 晶圆尺寸：报告期初采用 8 寸晶圆，报告期内新增 12 寸晶圆，目前 8 寸、12 寸并存； 制程：报告期初为 0.18 微米，报告期内依次新增 0.13 微米、0.065 微米，目前上述制程并存。	报告期初公司采取的封装工艺为 WBQFN(wire bonding quad flat no-lead package)，报告期内依次新增 WBLGA (wire bonding land grid array)、FCQFN(flip chip quad flat no-lead package) 和 FCLGA(flip chip land grid array)。
射频低噪声放大器	工艺：报告期初采用 CMOS 工艺，报告期内新增锗硅和砷化镓工艺，目前三种工艺并存； 晶圆尺寸：报告期初采用 8 寸晶圆，报告期内新增 6 寸晶圆，目前 6 寸、8 寸并存； 制程：报告期初为 0.18 微米，报告期内依次新增 0.13 微米、0.11 微米、ED25 和 SBC18M31，目前上述制程并存。	报告期初公司采取的封装工艺为 WBQFN，报告期内新增 WBLGA。

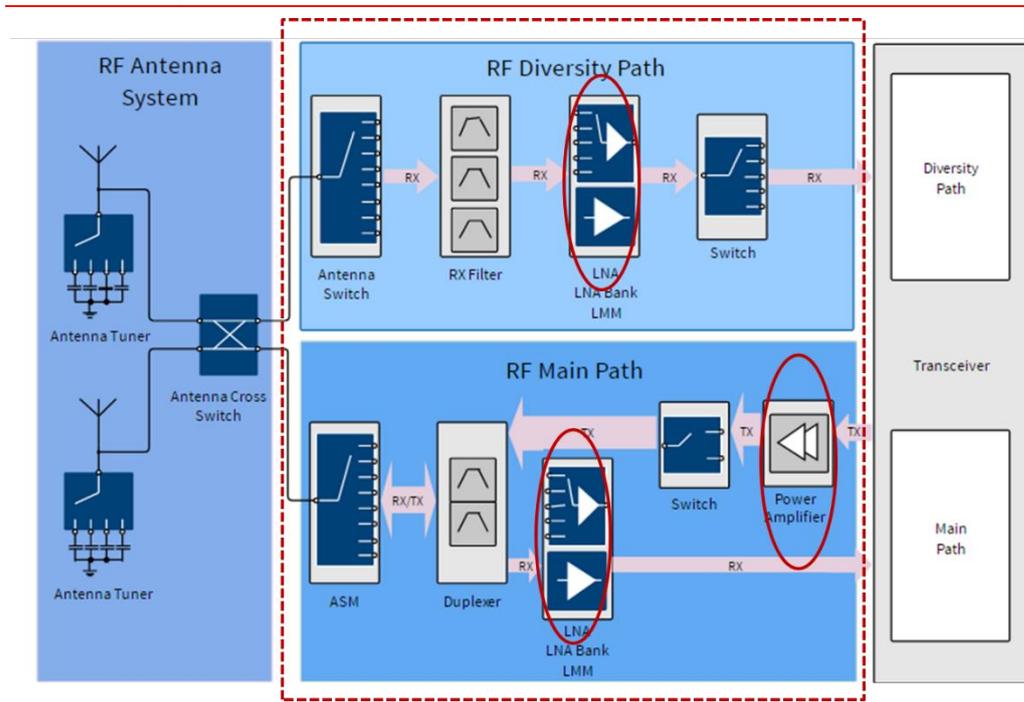
资料来源：卓胜微招股说明书，华泰证券研究所

## 射频功率放大器和低噪声放大器国产替换市场空间大

射频功率放大器（RF PA）是各种无线发射机的重要组成部分。在发射机的前级电路中，调制振荡电路所产生的射频信号功率很小，需要经过一系列的放大—缓冲级、中间放大级、末级功率放大级，获得足够的射频功率以后，才能馈送到天线上辐射出去。为了获得足够大的射频输出功率，必须采用射频功率放大器，其直接决定了无线终端的通讯距离、信号质量和待机时间。

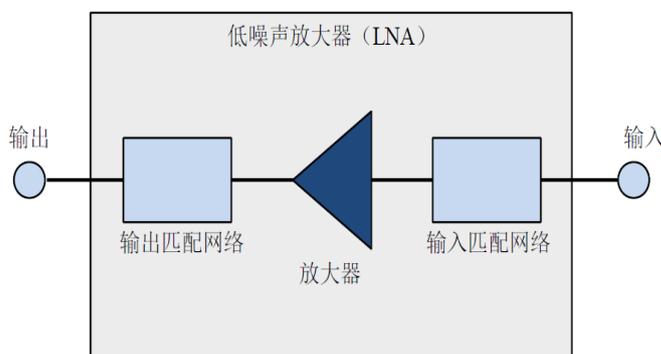
射频低噪声放大器（LNA）的功能是把天线接收到的微弱射频信号放大，尽量减少噪声的引入，在移动智能终端上实现信号更好、通话质量和数据传输率更高的效果。射频低噪声放大器根据适用频率的不同，分为全球卫星定位系统射频低噪声放大器、移动通信信号射频低噪声放大器、电视信号射频低噪声放大器、调频信号射频低噪声放大器。

图表24： 射频功率放大器（PA）和低噪声放大器（LNA）示意图



资料来源：Infineon，华泰证券研究所

图表25： 射频低噪声放大器工作原理示意图



资料来源：卓胜微招股说明书，华泰证券研究所

预计在未来较长的期间内, GaAs 微波射频器件将在通讯市场占据重要地位。在高频领域, 传统硅制程由于存在高频损耗、讯号隔离度不佳等物理性特征, 使其在功率放大器 (PA)、低噪声放大器 (LNA) 以及射频开关 (RF Switch) 等领域的应用始终无法与 GaAs 的 HBT、HEMT 等器件匹敌。GaAs PA、LNA、RF Switch 在高频、高速领域展现的优异的、不可替代的物理性能优势, 使得 GaAs 微波射频器件越来越广泛应用于移动手机、无线局域网、光纤通讯、卫星通讯、卫星定位、GPS 汽车导航等领域。

图表26: PA 和 LNA 市场全球产业链

公司名称	FBAR	SMR	SAW	TC-SAW	CMOS	GaAs	CMOS	SiGe	SOI
					PA	PA	SOI 开关	开关	LNA
Broadcom	√		√			√			
Infineon							√	√	
Kyocera			√						
Murata (Peregrine)			√	√	√	√	√	√	√
QORVO		√	√	√		√	√	√	√
RF360(高通)		√	√	√	√	√	√		
Skyworks	√		√	√		√	√	√	√
Taiyo Yuden	√		√						

资料来源: Wind, 华泰证券研究所

图表27: PA、LNA 技术发展趋势

频率	SUB-6GHZ		Millimeter Wave	
产品形态	<3GHZ FEMiD/PAMiD/DRx	<6GHZ FEMiD/PAMiD/DRx	24GHZ-29GHZ 8T/8R 天线	37GHZ-71GHZ 8T/8R 天线
技术发展趋势				
功率放大器	III-V/SiGe CMOS	III-V/SiGe CMOS	InP/SiGe BiCMOS	InP/SiGe BiCMOS
低噪声放大器	III-V/SiGe/SOI	III-V/SiGe/SOI	GaN/Adv.SOI	GaN/Adv.SOI/130nm SiGe BiCMOS
射频开关	SOI	SOI	Adv.SOI	Adv.SOI
滤波器	SAW/BAW/IPD/Ceramic	SAW/BAW/IPD/Ceramic	IPD/Ceramic	IPD/Ceramic
天线集成	N/A	N/A	YES	YES
信号发生器	N/A	N/A	Adv.SOI/130nm SiGe BiCMOS	Adv.SOI/130nm SiGe BiCMOS

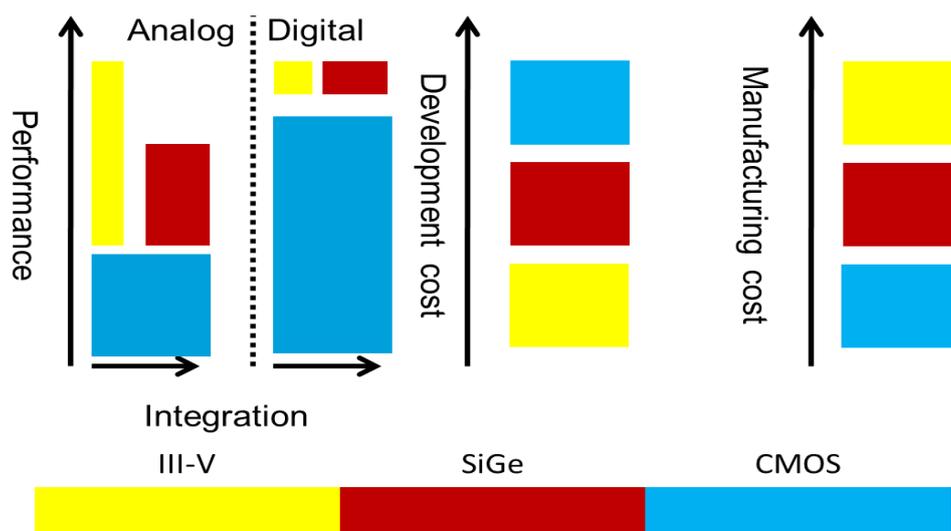
资料来源: Skyworks, 华泰证券研究所

### 射频功率放大器 (PA, Power Amplifier) 国产替换初现曙光

目前主流常用的射频功率放大器主要有硅基 CMOS PA、SiGe 基 CMOS PA 以及 III-V 族 PA, 三种 PA 各有优劣, 应用在不同的领域。目前在低频 2G、3G, CMOS PA 具有成本优势, 也能满足移动端的功能需求, 因此有稳定的出货量。SiGe 基 CMOS PA 的击穿电压只有 1.67V, 因此只能应用在对工作电压要求比较低的情况下。III-V 族 PA 具有多方面的优势, 因此为目前 4G、5G 大规模应用的 PA。

根据 Keysight 数据, 为了满足 5G 对高频的需求, CMOS 工艺需要低至 28nm 的线宽, 意味着更高的开发成本。但是相对于开发成本, CMOS 的制造成本又是最低的。大致开发成本 III-V 为 \$10k 到 \$50k, SiGe 是 \$100k 到 \$500k, CMOS 为 \$1M 到 \$5M。PA 在满足频率需求的基础上, 最重要的三个参数为 P<sub>out</sub> 和 Gain, Efficiency 和 PAE, Linearity。高频情况下, SiGe 和 III-V PA 相对 CMOS PA 性能方面有无可比拟的优势。

图表28: CMOS、SiGe、III-V 三种 PA 比较



资料来源: Keysight, 华泰证券研究所

### GaAs PA 和 CMOS PA

从 3G 时代起由于击穿电压、输出功率等优势, GaAs (砷化镓) 材料代替 CMOS 材料成为 PA 市场主流材料。GaAs 材料是目前生产量最大、应用最广泛, 因而也是最重要的化合物半导体材料, 是仅次于硅的最重要的半导体材料。用砷化镓制成的半导体器件具有高频、高温、低温性能好、噪声小、抗辐射能力强等优点。虽然砷化镓具有优越的性能, 但由于它在高温下分解, 故要生产理想化学配比的高纯的单晶材料, 技术上要求比较高。

根据 Strategy Analytics 数据, 从 2014 年智能手机进入 4G 时代以来, 随着终端支持频段数的增加, 砷化镓 PA 单机需求数量从 3G 时代的 4-6 颗增长为 4G 时代的 7 颗, Strategy Analytics 预计 5G 时代手机内的 PA 数将超过 16 颗。

图表29: III-V 族各种 PA 综合性能参数比较

参数	GaAs	GaAs	GaAs	InP
	HEMT	pHEMT	HBT	HBT
栅宽 (μm)	0.4	0.25	2	2
增益 (dB)	11	12	11	12
输出功率 P (W)	0.5	0.5	0.6	0.5
PAE (%)	65	70	60	70
电压	10	8	5	5
噪声系数 (dB)	0.8	0.4	1	1.5

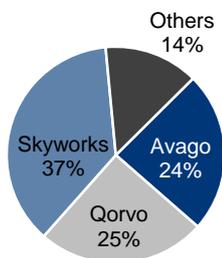
资料来源: Keysight, 华泰证券研究所

InP 基的 HBT 作为 PA, 只要在 2.0μm 的线宽条件下, 就能达到 GaAs pHEMT 0.25um 同样的性能要求, 制造成本更低。使用 InP 基的 HBT, 同样的参数情况下, 其线性度优于 GaAs HBT。从各方面性能指标来看, InP HBT 为手机端 PA 的最佳选择。因此目前 InP HBT 为手机端 PA 的首要选择。在 sub-6G, InP HBT 也能满足需求, 只有在毫米波情况下才会考虑 GaAs pHEMT 和 GaN HEMT 来替换 InP HBT。

根据 Yole 数据, 2017 年全球 GaAs PA 市场规模达到 50 亿美金, 同比增长 42.9%, 预计 2023 年将达到 70 亿美金, 2017 年这一市场仍被 Skyworks、Qorvo 和 Avago 等大厂垄断, 市场份额分别为 37%、25%、24%, 合计达到 86%, 其中 Qorvo 覆盖的产品链最全。

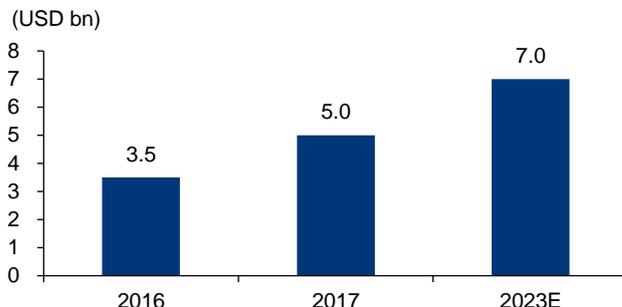
目前 GaAs 射频已经形成了完整的产业链。根据 Yole 数据，GaAs 衬底生产商包括：住友电工、弗莱贝格化合物材料、AXT 三家公司，2017 年合计占据约 95% 市场份额。IQE 占据了外延片 50% 以上的市场份额。晶圆代工方面，稳懋为全球龙头，占据了 50% 以上的市场份额，另有宏捷科、GCS、Wavetec 等提供专业 III-V 族化合物半导体代工服务。

图表30: 2017 年全球 GaAs PA 市场份额 (销售额)



资料来源: Qorvo, 华泰证券研究所

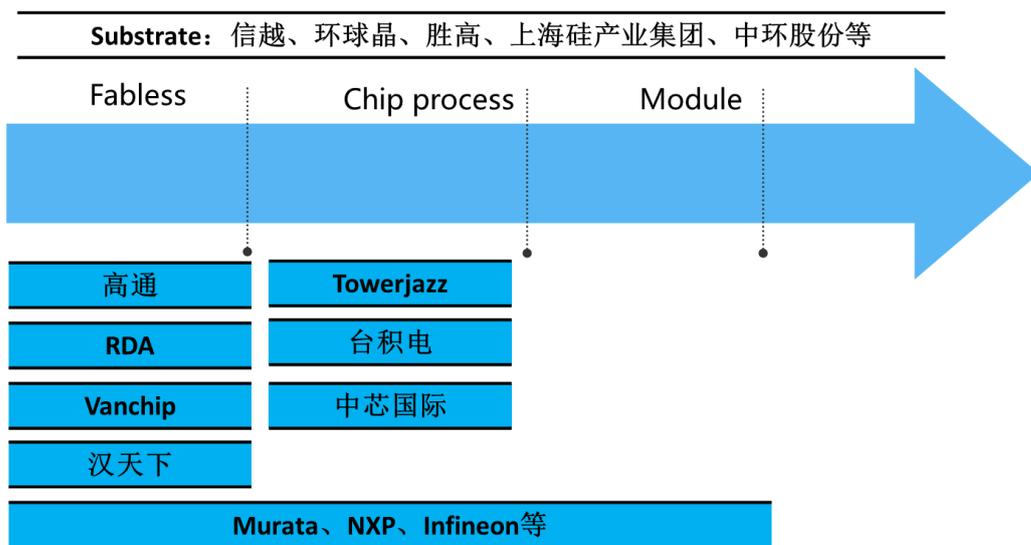
图表31: PA 全球全行业产值呈增长趋势 (单位: 十亿美元)



资料来源: Yole, 华泰证券研究所

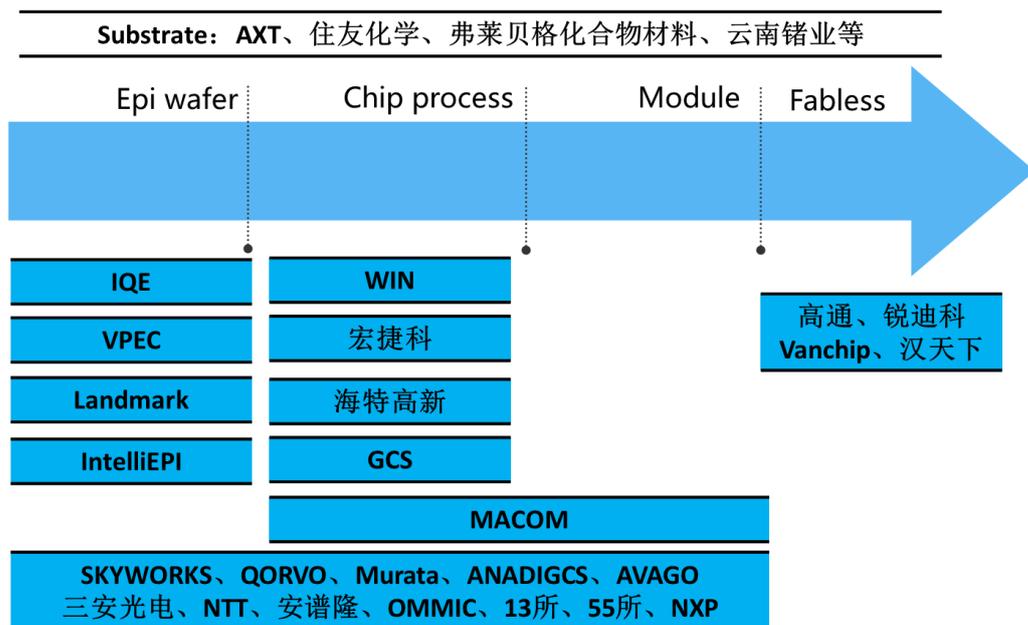
就工艺材料来说，目前砷化镓 PA 是主流，CMOS PA 由于参数性能的影响，只用于低端市场。CMOS PA 最大的优势是制造成本较低，易于与传统的 Si 基数字电路进行集成。目前国内的汉天下为全球最大的 CMOS PA 供应商，已经打入三星等手机供应链。

图表32: CMOS PA 全球产业链



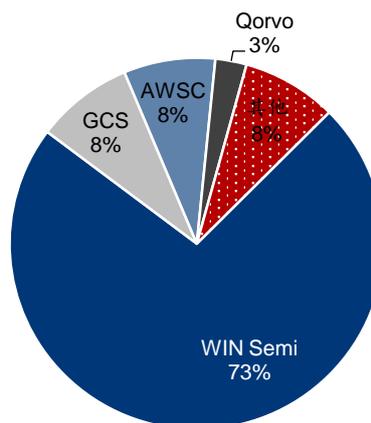
资料来源: Wind, 华泰证券研究所

图表33: 砷化镓 PA 全球产业链



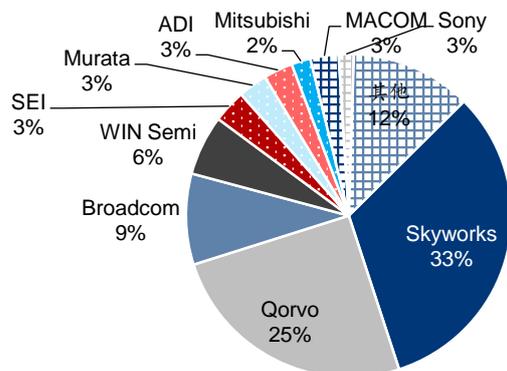
资料来源: Wind, 华泰证券研究所

图表34: 2017年砷化镓晶圆代工市场竞争格局(按产值)



资料来源: WIN Semi, 华泰证券研究所

图表35: 2017年砷化镓元器件全球竞争格局(按产值)



资料来源: WIN Semi, 华泰证券研究所

汉天下是国内规模最大的 CMOS PA 供应商。根据公司官方网站数据，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。公司总部位于北京，在美国、韩国设有研发中心和办事处，在上海、深圳、香港、中国台湾设有技术支持、销售、物流中心。

汉天下主要产品涵盖射频功放前端芯片、IoT 射频 SoC 芯片、手机终端射频器件三大类产品线：完整的 PA/FEM 产品线系列，产品覆盖 2G、3G、4G 全系列，国内首家同时拥有大规模量产的 CMOS PA 和 GaAs PA 技术。汉天下 CMOS PA 已经成为 2G 功能机和智能机的首选射频功率放大器，成功应用于 SPRD 和 MTK 等各类平台。无线通信产品涵盖 2.4G、蓝牙、wifi 等现有主流通信方式，具有低功耗、高集成度，超低 BOM 成本，良好封装，满足各种市场需求，支持更远的接收和发射距离。

2013 年 4 月，推出国内首款单芯片 CMOS GSM 射频前端芯片，并实现销售。2014 年 2 月，发布全系列 3G PA/射频前端产品。2015 年 7 月，3G 系列产品单月出货量超过 800 万套，占有率国内第一。2017 年 2 月，发布全球首款商用量产的支持 GSM/EDGE/TD-SCDMA/TD-LTE 的多模多频 CMOS 工艺 PA。

公司专注于射频/模拟集成电路和 SoC 系统集成电路的开发，以及应用解决方案的研发和推广。主要产品：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，支持高通、联发科、展讯、英特尔等基带平台。产品应用于功能手机、智能手机、平板电脑、智能手表、无线键盘/鼠标、无人机、遥控汽车、智能家居、蓝牙音箱、蓝牙电子秤、对讲机等消费类产品。

唯捷创芯 (Vanchip) 是国内最大的射频 IC 设计公司之一，由前 RFMD 人员成立，以主流的 GaAs 工艺切入射频 PA 市场。其 4G PA 出货量是国内最大的，出货覆盖前几大手机设计公司以及小米。作为国内 PA 行业的领先力量，唯捷创芯一直加大研发投入，坚持自主创新，为用户提供高品质的产品。公司多款产品性能比肩国际一流水平，得到用户广泛认可。在现有产品取得突破性进展的同时，公司积极布局，大力投入到 5G 各项技术的研发中。集微网消息，联发科技于 4 月 30 日代子公司 Gaintech Co. Limited ("Gaintech") 发出公告，将增资唯捷创芯(天津)电子技术股份有限公司。Gaintech 将以 4,000 万美元或等值人民币认购唯捷创芯发行的普通股共 19,098,449 股，每股面额为人民币 1 元。

根据公司官方网站信息，唯捷创芯(天津)电子技术股份有限公司，其主营业务为射频及高端模拟芯片的研发、生产和销售，主要产品为智能终端射频功率放大器芯片、射频天线开关模块、射频前端集成电路模块。2012 年公司独立研发的射频功率放大器芯片开始量产。2013 年公司即进入全国集成电路设计企业前 30 强。目前公司拥有完全独立知识产权的 PA、开关等终端芯片已经大规模量产及商用，最新发布的新一代 4G 射频模组的关键性能指标更是达到了业内领先的水平。

### GaN PA, 5G 通讯基站首选功率放大器

GaN 基 HEMT 是功率射频器件的首选。氮化镓 (GaN) 是 5G 时代最具增长潜质的化合物半导体，与 GaAs 和 InP 等器件相比，氮化镓器件输出的功率更大；与 LDMOS (Si 基横向扩散金属氧化物半导体器件) 和 SiC 等器件相比，氮化镓的频率特性更好。由于二维电子气 (2DEG) 限制使得 GaN HEMT 漏极电流密度可以达到硅器件的 10 倍，因此 GaN HEMT 已经成为未来宏基站功率放大器的首选技术。GaN 器件相比于目前主流技术 -GaAs PA 和 LDMOS，具有性能优势。

未来 5G 商用频段主要在 3.5GHz 附近，LDMOS 技术在高频应用领域存在局限性：LDMOS 功率放大器的带宽会随着频率的增加而大幅减少，LDMOS 仅在不超过约 3.5GHz 的频率范围内有效，因此在 3.5GHz 频段 LDMOS 的性能已开始出现明显下滑。随着半导体材料工艺的进步，氮化镓 (GaN) 正成为中高频频段 PA 主要技术路线，GaN 技术优势包括效率提高、带宽更宽、功率密度更大、体积更小，使之成为 LDMOS 的天然继承者。

Massive-MIMO 天线要求器件小型化,根据《氮化镓的射频应用》介绍,GaN 尺寸为 LDMOS 尺寸 1/6 至 1/4。受基站内功率放大器尺寸要求和材料能量密度的限制,LDMOS 在 3.5GHz 附近最大发射功率会大幅度下降,导致需要更多 LDMOS 器件,基于此,GaN 具有更高功率密度特性,能够实现更小器件封装,因而非常适用于 5G 的 Massive-MIMO 天线系统。

**氮化镓应用在微波领域的优势可以概括为:** 更高效率:降低功耗,节省电能,降低散热成本,降低总运行成本。更大的宽带:提高信息携带量,用更少的器件实现多频率覆盖,降低客户产品成本。也适用于扩频通信、电子对抗等领域。更高的功率:在 4GHz 以上频段,可以输出比砷化镓高得多的频率,特别适合雷达、卫星通信、中继通信等领域。

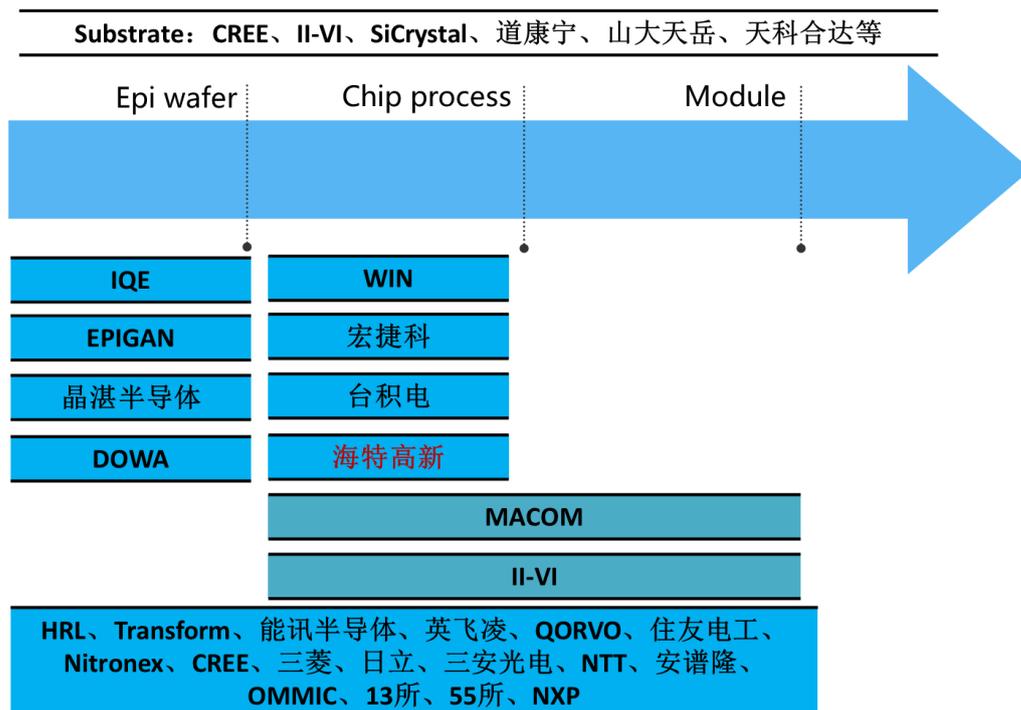
国防市场是过去几十年来 GaN PA 技术发展的主要动力,目前美国国防部的 GaN PA 已经在新一代天线和相阵控雷达中得到应用。其高功率能力提高了雷达的检测范围和分辨率。

**图表36: 基站射频 PA 技术路线比较**

	LDMOS	GaN HEMT	GaN HEMT 优势
PAE	<60%	>70%	散热好且能效高
击穿电压	<200V	>200V	耐高压
功率密度	1-1.5W/mm	4-8W/mm	功率密度高
可靠性	65-100VBV, Tj 为 175°C 环境下 MTTF 小于 100 年	200V BV, Tj 为 200°C 环境下 MTTF 为 100 年	寿命更长
体积尺寸	1x	1/4-1/6x	体积更小
成本	低	高	成本高

资料来源: Wind, 华泰证券研究所

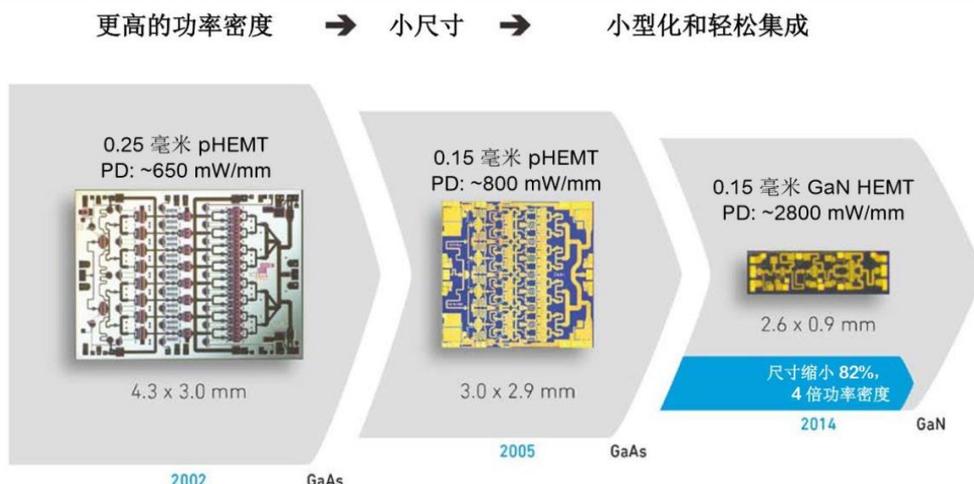
图表37: 氮化镓 PA 全球产业链



资料来源: Wind, 华泰证券研究所

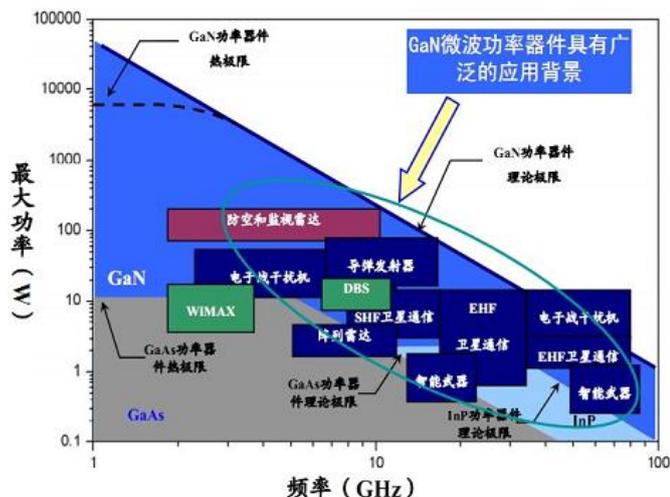
ABI Research 2016 年调研显示 LDMOS 在射频功率放大器市场仍居垄断地位, 占据 76% 市场份额。随着氮化镓应用激增, 到 2021 年 LDMOS 占比下降到 52%, 而氮化镓将由 15% 上升到 42%。整个射频功率器件的市场容量将由 2015 年的 15.1 亿美元上升到 2021 年的 16.6 亿美元 (包括基站、医疗、雷达等)。氮化镓射频器件市场预计 2020 年可达 6.2 亿美元。Yole 数据显示, 2010 年全球氮化镓射频器件市场总体规模仅为 6300 万美元, 2015 年 2.98 亿美元, 2020 年预计约 6.2 亿美元。2016 年至 2022 年复合增长率为 13%。

图表38: 氮化镓 PA 更容易实现小型化



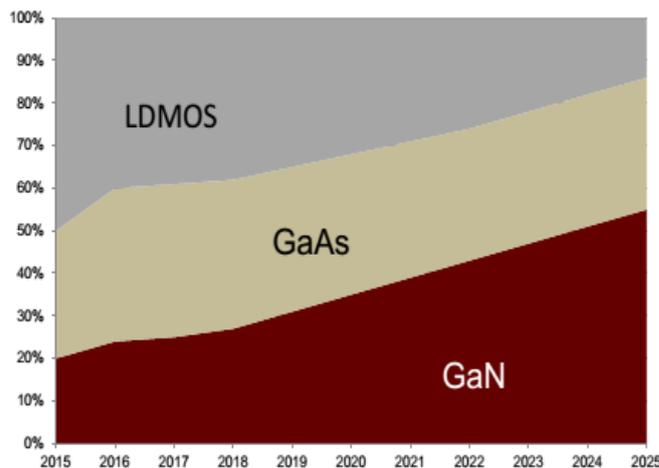
资料来源: Qorvo, 华泰证券研究所

图表39: GaN PA 主要应用领域



资料来源: 半导体学报, 华泰证券研究所

图表40: 功率射频市场发展趋势



资料来源: Yole, 华泰证券研究所

全球基站端射频器件的供应商以 IDM 企业为主, 主要有日本住友电工旗下的 SEDI 公司 (Sumitomo Electric Device Innovations)、美国 Cree 旗下 Wolfspeed 公司、Qorvo 公司、MACOM 公司、Ampleon、韩国 RFHIC 等。根据 ABI Research 数据, 全球 GaN 射频器件供应商中, 住友电工和 Cree 是行业的龙头企业, 2018 年市场占有率均超过 30%, 其次为 Qorvo 和 MACOM。Cree 收购英飞凌 RF 部门后实力大增, LDMOS 产品和 GaN 产品在全球都比较有竞争力。Qorvo 在国防和航天领域市场份额排名领先。

代工厂商主要有环宇通讯半导体 (GCS)、稳懋半导体、日本富士通、Cree、台湾嘉晶电子、台积电、欧洲联合微波半导体公司 (UMS), 以及中国的三安集成和海威华芯。此前恩智浦 RF 部门 (安谱隆前身)、英飞凌 RF 部门 (已出售给 Cree)、韩国 RF HIC 将 GaN 射频器件委托 Cree 公司代工。MACOM 收购 Nitronex 在 2011 年就与环宇通讯半导体 (GCS) 公司合作生产 Si 基 GaN 器件, 一直合作至今。

中国 GaN 器件 IDM 企业有苏州能讯、英诺赛科, 大连芯冠科技正在布局, 海威华芯和三安集成可提供 GaN 器件代工服务, 其中海威华芯主要为军工服务。中电科 13 所、55 所同样拥有 GaN 器件制造能力。

### 三安光电: 国家大基金重点支持的化合物半导体制造企业

A 股上市公司中, 建议关注提供化合物半导体制造服务的三安光电。未来, 随着毫米波等高频段技术的成熟, GaN 作为主流技术将成为必然, 化合物半导体相关产业链公司将深度受益, 建议关注国内化合物半导体制造潜在龙头企业三安光电。

公司是国家大基金重点扶持的化合物半导体制造企业, 是国家在半导体制造领域取得战略突破的重要布局。三安光电早在 2015 年 6 月便携手大基金、华芯投资、国开行合资设立 III-V 族化合物集成电路发展专项基金, 并于 2016 年 5 月与大基金、晋江安瀛投资基金共同设立福建省安芯投资管理有限责任公司并将 70% 可投资资金投向 III-V 族化合物集成电路产业群。

根据公司 2018 年年报, 三安集成砷化镓射频销售持续成长, 出货客户累计至 73 家, 达 270 种产品, 客户范围已扩展至包括日本、韩国、台湾在内的泛亚太国家和地区; 氮化镓射频已给几家客户送样, 产品已阶段性通过电应力可靠性测试, 实现小批量供货; 滤波器产品的研发和可靠性验证已取得了实质性进展, 进入客户送样验证阶段, 客户反馈初步测试产品性能已优于业界同类产品。在射频代工领域, 三安集成在国内市场已崭露头角, 随着工艺及客户端产品认证的不断成熟, 市场占有率逐步提升。

**非上市公司建议关注能讯高能半导体。**苏州能讯高能半导体有限公司是由海外归国人员创办的高新技术企业，致力于氮化镓电子器件技术与产业化，为5G移动通信、宽频带通信等射频微波领域和工业控制、电源、电动汽车等电力电子领域等两大领域提供高效率的半导体产品与服务。

作为中国氮化镓产业领军企业，能讯高能半导体采用整合设计与制造（IDM）的模式，自主开发了氮化镓材料生长、芯片设计、晶圆工艺、封装测试、可靠性与应用电路技术。能讯高能半导体专利布局完整，比肩行业一线厂商，海外专利主要分布美国、日本、欧洲等区域。公司技术水平和产品指标均已达到国际先进水平。

### SiGe 工艺为低噪声放大器（LNA）未来技术发展趋势

**LNA 是用于对接收信号功率放大的核心器件，广泛用于手机等各类通信终端。**随着移动通信技术的变革，移动智能终端对信号接收质量提出更高要求，需要对天线接收的信号放大以进行后续处理。一般的放大器在放大信号的同时会引入噪声，而射频低噪声放大器能最大限度地抑制噪声，因此得到广泛的应用。根据 Global Radio Frequency Front-end Module Market Research Report 2019 数据，2018 年全球射频低噪声放大器收入为 14.21 亿美元，随着 4G 逐渐普及，智能手机中天线和射频通路的数量增多，对射频低噪声放大器的数量需求迅速增加，而 5G 的商业化建设将推动全球射频低噪声放大器市场在 2020 年迎来增速的高峰，到 2023 年市场规模达到 17.94 亿美元。

图表41：全球射频低噪声放大器销售收入（含预测）



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

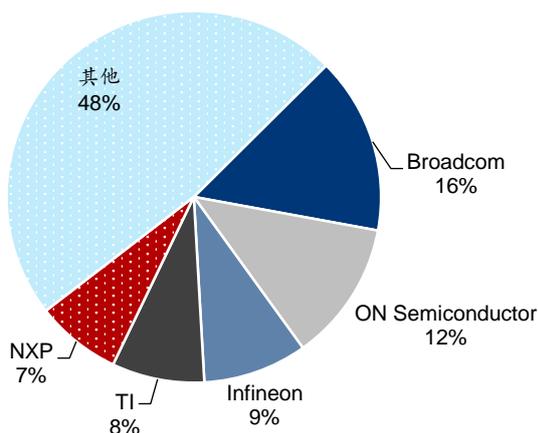
**SiGe HBT** 是近十年发展起来的一项技术，主要优点是能够很好地与 **CMOS** 工艺相集成。可以用标准硅晶圆工艺生产线来实现，制造成本低。相比传统的硅器件，具有可以媲美 **InP HBT** 的截止频率、噪声系数和很低的功率附加效率，有助于实现极高性能的低成本射频集成电路。在 **LNA** 领域的应用越来越广。高频化趋势下，**LNA** 面临更高线性度要求，其工艺有望转向高级 **SOI** 先进工艺。**LNA** 市场的增长主要来自分集模组的应用，**PA** 模组集成以及新增天线的应用。

图表42：常用 LNA 技术参数比较

参数指标	SOI	GaAs pHEMT	SiGe HBT
特征频率	High	High	High
最大振荡频率	High	High	High
线性度	Good	Good	Better
击穿电压	Good	Better	Poor
1/f 噪声	Good	Good	Good
宽频带噪声	Good	Good	Good
厄流电压	Poor	—	Good
导通电阻	Poor	Good	Good

资料来源：Keysight，华泰证券研究所

图表43：2018 年 LNA 全球市场份额



资料来源：Bloomberg，华泰证券研究所

2018 年，LNA 前五大龙头 **Broadcom**、**ON Semiconductor**、**Infineon**、**TI**、**NXP** 的相关营收占全市场 52%，远低于射频开关前五大公司营收占比的 82%，相对于射频开关市场格局较为分散。国产 LNA 公司目前也处于小而散状态，以低端 2/3G 频段市场为主，整体出货规模较小，价格战和市场竞争较为激烈。国产 LNA 厂商中，2017 年卓胜微 LNA 芯片业务实现营收 0.17 亿美元，全球市场份额仅有 1.3%，未来市场增长空间大。

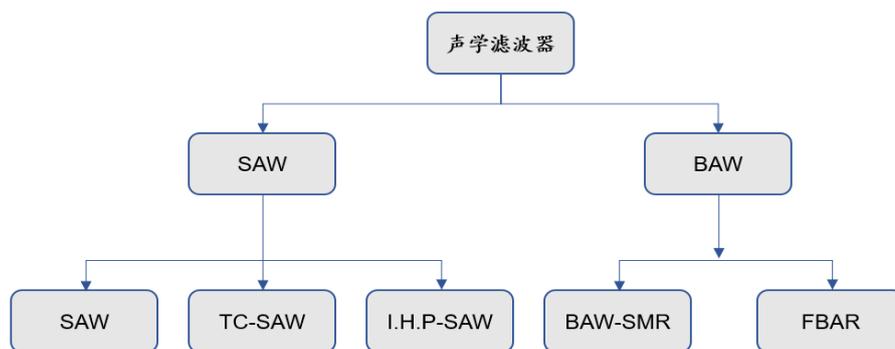
## 受益 5G 频段增加，滤波器需求量加速增长

射频滤波器是射频前端芯片市场份额最大的细分领域。RF 滤波器包括了 SAW（声表面滤波器）、BAW（体声波滤波器）、陶瓷滤波器（LTCC 滤波器）、IPD（Integrated Passive Devices）等。全面屏及手机轻薄化，频率资源拥挤化，高性能的滤波器愈发重要。

**SAW、BAW 滤波器是目前手机应用的主流滤波器。**衡量滤波器性能的指标有两个：Q 值和插入损耗。Q 值越高，表明滤波器可以实现更好的滤波功能。插入损耗是指通带信号经过滤波器之后的信号功率衰减，当插入损耗达到 1dB，则信号功率衰减达到 20%。从这两大指标来看，SAW 和 BAW 滤波器凭借优良的频带选择性、高 Q 值、低插入损耗等特性，已成为射频滤波器的主流选择。

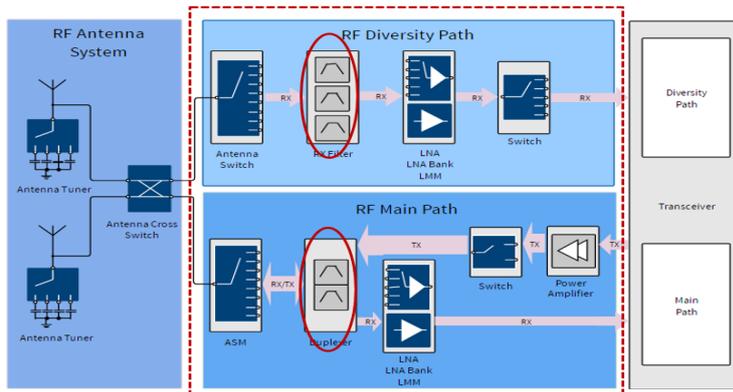
移动无线数据和 4G LTE 网络的快速增长导致了对新频段以及通过载波聚合来组合频段的需求不断增长。3G 网络只使用了大约五个频段，LTE 网络使用的频段有 40 多个，随着 5G 的到来，频段的使用数量将会进一步增加。互联设备必须要跨多个频段来发送蜂窝信号、Wi-Fi 信号、蓝牙信号和 GPS 信号，同时还要避免干扰，这就需要滤波器发挥其作用。

图表44：声学射频滤波器分类



资料来源：Qorvo，华泰证券研究所

图表45：滤波器在射频前端芯片模组中的示意图

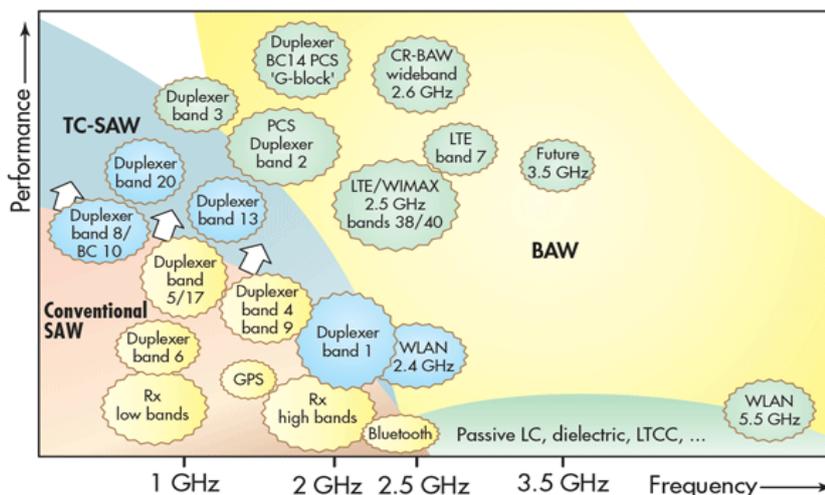


资料来源：Infineon，华泰证券研究所

目前国外厂商在 SAW 滤波器领域的技术已较为成熟，并构建了专利壁垒，形成 Murata、Qualcomm、TAIYOUDEN 等数家国际厂商的供给垄断格局。国内 SAW 滤波器厂商的研发与产品市场应用时间相对较短，技术与产品性能同大型国际厂商之间仍存在差距，急需加强技术研发投入突破技术壁垒，逐步提升行业的国产化程度。

根据 Yole 数据，BAW 滤波器主要以美国的 Qorvo、Broadcom 为主，2018 年垄断了全球 95% 以上的市场份额。国内 BAW 滤波器尚处于起步阶段，仅有少数公司和科研机构有 BAW 样品提供。

图表46： 射频滤波器工艺演进路线



资料来源：Qorvo, 华泰证券研究所

根据《射频滤波器介绍》，SAW 和 TC-SAW 滤波器适用于 2.5GHz 以下的低频段。在 2.5GHz 以上的中高频段，BAW 滤波器为首选。但是在更高频的 SUB-6G 频段及毫米波频段，SAW、BAW 滤波器已经不能满足需求，需要使用到 IPD、LTCC 等滤波器。因此在未来 5G 通信时期，对 BAW、IPD、LTCC 等中高频滤波器的需求量将持续增加。

图表47： 5G 时代滤波器的发展趋势

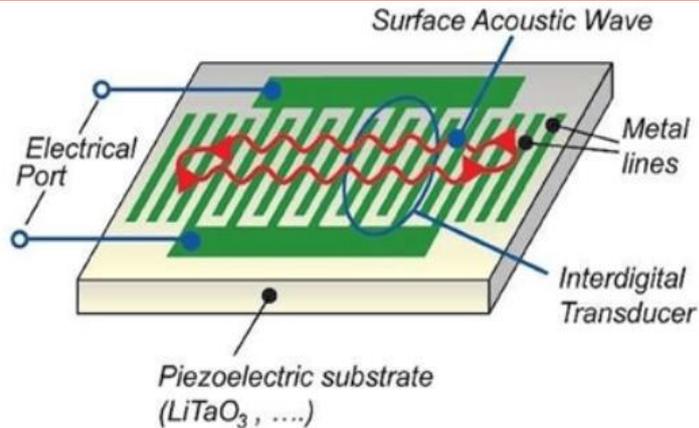
频率	SUB-6GHZ	Millimeter Wave		
	<3GHZ	<6GHZ	24GHZ-29GHZ	37GHZ-71GHZ
产品形态	FEMiD/PAMiD/DRx	FEMiD/PAMiD/DRx	8T/8R 天线	8T/8R 天线
			技术发展趋势	
功率放大器	III-V/SiGe CMOS	III-V/SiGe CMOS	InP/SiGe BiCMOS	InP/SiGe BiCMOS
低噪声放大器	III-V/SiGe/SOI	III-V/SiGe/SOI	GaN/Adv.SOI	GaN/Adv.SOI/130nm SiGe BiCMOS
射频开关	SOI	SOI	Adv.SOI	Adv.SOI
滤波器	SAW/BAW/IPD/Ceramic	SAW/BAW/IPD/Ceramic	IPD/Ceramic	IPD/Ceramic
天线集成	N/A	N/A	YES	YES
信号发生器	N/A	N/A	Adv.SOI/130nm BiCMOS	SiGe Adv.SOI/130nm SiGe BiCMOS

资料来源：Skyworks, 华泰证券研究所

### SAW 滤波器需求稳定增长

SAW 滤波器是声表面波（Surface Acoustic Wave）滤波器的简称，其本质是采用石英晶体、压电陶瓷等压电材料，利用其压电效应和声表面波传播的物理特性而制成的一种滤波专用器件，广泛应用于电视机及录像机中频电路中以取代 LC 中频滤波器，使图像、声音的质量大大提高。一个基本的 SAW 滤波器由压电材料(piezoelectric substrate)和两个 Interdigital Transducers(IDT)组成。

图表48: SAW 滤波器原理



资料来源：电子发烧友，华泰证券研究所

IDT 是由交叉排列的金属电极组成，一侧的 IDT 把电信号转成声波，另一侧的 IDT 把接收到的声波再转成电信号。IDT 之所以能够将电信号转成声波，其原因在于 IDT 下方的压电材料。**压电**是指某些晶体受到外部压力时会产生电压，相反地，如果某些晶体两面存在电压，晶体形状会轻微变形。**SAW 滤波器常用的压电材料有铌酸锂 ( $\text{LiTaO}_3$ )，铌酸钽 ( $\text{LiNbO}_3$ )， $\text{SiO}_2$  等。**

SAW 滤波器的主要特点是：**设计灵活性大、模拟/数字兼容、群延迟时间偏差和频率选择性优良、输入输出阻抗误差小、传输损耗小、抗电磁干扰性能好、可靠性高、制作的器件体积小、重量轻且能实现多种复杂的功能。**

SAW 滤波器的特征和优点，正适应了现代通信系统设备及便携式电话轻薄短小化和高频化、数字化、高性能、高可靠等方面的要求。其不足之处是：热稳定性较差，高频特性有待改善。

### TC-SAW 热稳定性改善，更适合移动端使用

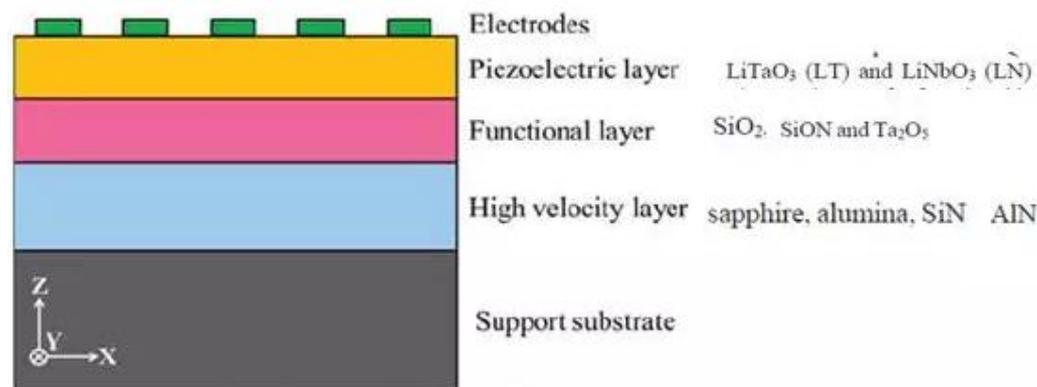
对于 SAW 等声表面波器件来说，对温度非常敏感。在较高温度下，衬底材料的硬度易于下降，声波速度也因此下降。由于保护频带越来越窄，并且消费设备的指定工作温度范围较大（通常为  $-20^\circ\text{C}$  至  $85^\circ\text{C}$ ），因此这种局限性的影响越来越严重。

一种替代方法是使用温度补偿（TC-SAW）滤波器，它是在 IDT 的结构上另涂覆一层在温度升高时刚度会加强的涂层。温度未补偿 SAW 器件的频率温度系数（TCF）通常约为  $-45\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ，而 TC-SAW 滤波器则降至  $-15$  到  $-25\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。但由于温度补偿工艺需要加倍的掩模层，所以，TC-SAW 滤波器更复杂、制造成本也相对更高。

目前 TC-SAW 技术越来越成熟，国外大厂基本都有推出相应产品，在手机射频前端取得不少应用，而国内的工艺仍需要摸索。

### I.H.P.SAW 工作频率较 SAW 提升，可部分替换 BAW

根据村田公司数据，普通 SAW 基本上是工作在  $2\text{GHz}$  以下，高频特性有待改善。村田开发出克服以往声表面波弱点的 I.H.P.SAW（Incredible High Performance-SAW）。村田将 SAW 技术发挥到极致（ $4\text{GHz}$  以下），目前量产的频率可达  $3.5\text{GHz}$ 。

**图表49: I.H.P.SAW 的基本结构**

**Fig.1. Basic structure of I.H.P.SAW.**

资料来源：电子发烧友，华泰证券研究所

根据村田公司资料，I.H.P.SAW 可以实现与 BAW 相同或高于 BAW 的特性，并兼具了 BAW 的温度特性、高散热性的优点，具体如下：

- (1) 高 Q 值：在 1.9GHz 频带上的谐振器试制结果显示，其 Q 值特性的峰值超过了 3000，比以往 Q<sub>max</sub> 为 1000 左右的 SAW 得到了大幅度的改善。
- (2) 低 TCF：它通过同时控制线膨胀系数和声速来实现良好的温度特性。以往 SAW 的 TCF 转换量非常大（约为 -40ppm/°C），而 I.H.P.SAW 可将其改善至 ±8ppm/°C 以下。
- (3) 高散热性：向 RF 滤波器输入大功率信号后 IDT 会产生热量，输入更大功率则可能因 IDT 发热而破坏电极，从而导致故障。I.H.P.SAW 可将电极产生的热量高效地从基板一侧散发出去，可将通电时的温度上升幅度降至以往 SAW 的一半以下。低 TCF 和高散热性两种效果，使其在高温下也能稳定工作。

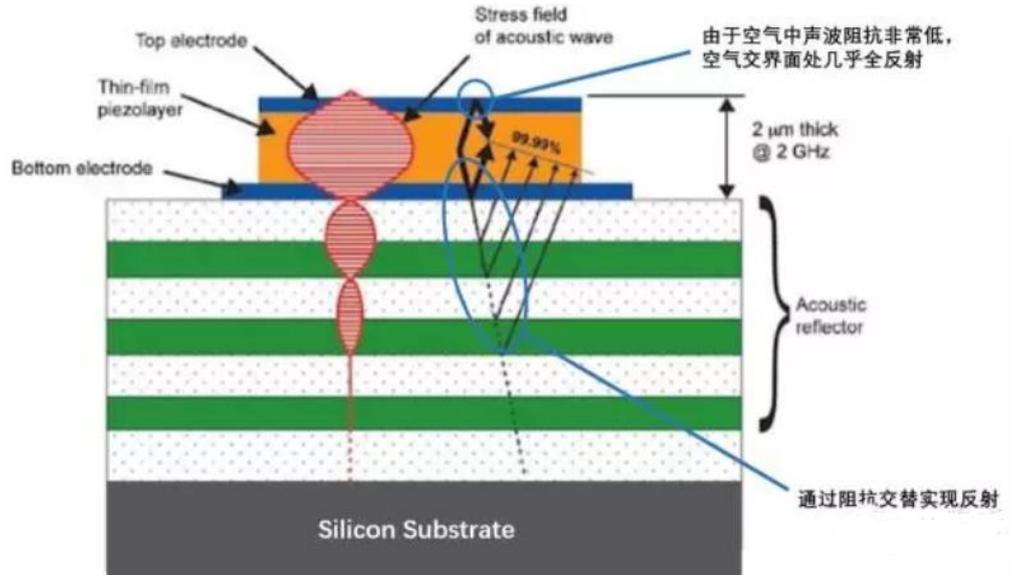
### BAW 滤波器适合更高频工作，5G 时代市场空间广阔

根据化合物半导体技术介绍，BAW 滤波器最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 2μm)，声波在压电薄膜里震荡形成驻波。

BAW 滤波器不同于 SAW 滤波器，BAW 滤波器内的声波垂直传播，贴嵌于石英基板顶、底两侧的金属对声波实施激励，使声波从顶部表面反弹至底部，以形成驻声波在大于 2.5GHz 的频段，BAW 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。

为了把电磁波的能量局限在滤波器体内，可以使用 BAW-SMR 技术或 FBAR。BAW-SMR 技术通过堆叠不同材质的薄层形成一个 DBR 的反射器，而 FBAR 技术则在有源区下方蚀刻出空腔以实现悬浮膜。BAW 滤波器在高频段可实现低插入损耗和高 Q 值，成为高性能射频系统的首选。

图表50: BAW-SMR 滤波器原理示意图



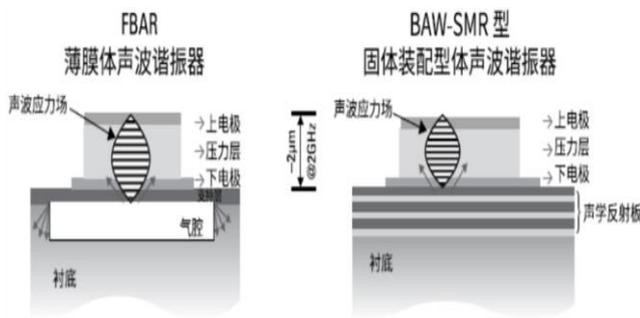
资料来源: 工研院, 华泰证券研究所

为了把声波留在压电薄膜里震荡, 震荡结构和外部环境之间必须有足够的隔离才能得到最小损失和最大 Q 值。声波在固体里传播速度为~5000m/s, 即固体的声波阻抗大约为空气的 105 倍, 所以 99.995% 的声波能量会在固体和空气边界处反射回来, 跟原来的波一起形成驻波。而震荡结构的另一面, 压电材料的声波阻抗和其他衬底的差别不大, 所以不能把压电层直接沉积在衬底上。

方法有二: 其一, 在震荡结构下方形成 Bragg reflector, 把声波反射到压电层里面。反射板由数层高低交替阻抗层组成, 且每层的厚度是声波的  $\lambda/4$ , 这样大部分波会反射回来和原来的波叠加。整体效果相当于和空气接触, 大部分声波被反射回来, 这种结构称为 BAW-SMR。

其二, 可采用 FBAR 技术。当前主流的 FBAR 结构主要有三种: 空气隙型、硅反面刻蚀型和固态装配型。

图表51: FBAR 与 BAW-SMR 原理对比



资料来源: Qorvo, 华泰证券研究所

图表52: 相比 SAW, FBAR 优势显著

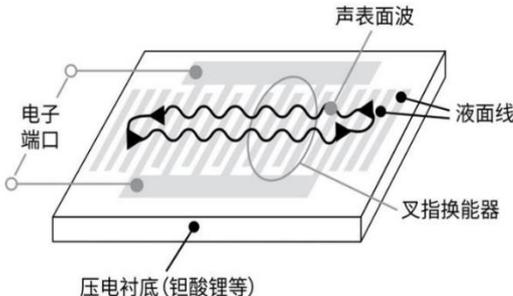
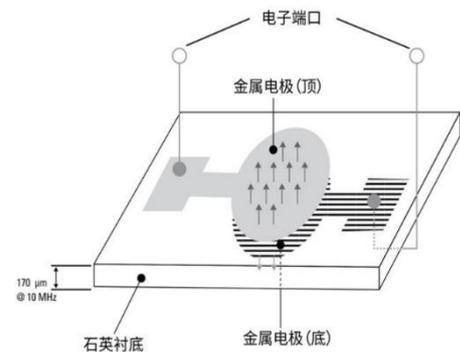


资料来源: Broadcom, 华泰证券研究所

压电材料方面, 石英作为常见的压电材料, 在高电压和高压力的情况下表现出线性反应, 但还没有合适的方法把石英做成薄膜沉积硅衬底上。合适的 BAW 压电材料需要高机电耦合系数, 低机电损耗, 高热稳定性, 还要符合 IC 工艺技术。目前最常用的 BAW 压电材料有 AlN (氮化铝), PZT (锆钛酸铅), ZnO (氧化锌) 等。

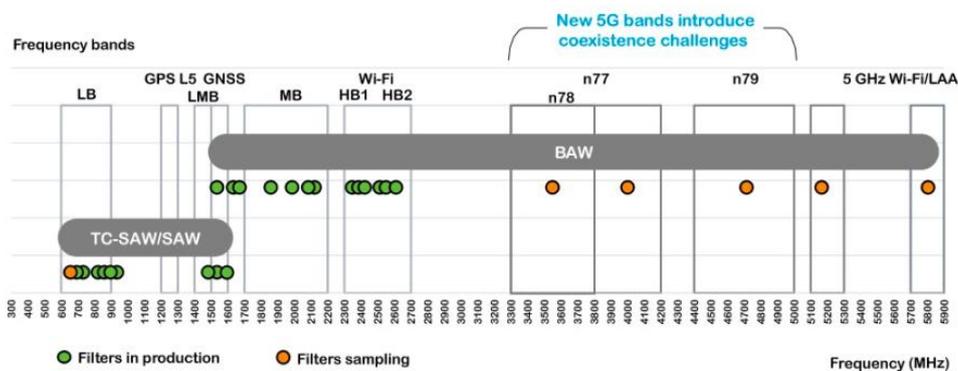
虽然 SAW 和 TC-SAW 滤波器非常适合约 1.5GHz 以内的应用，但高于 1.5GHz 时，BAW 滤波器性能优势开始凸显。BAW 滤波器的尺寸随频率升高而缩小，符合要求非常苛刻的 3G 和 4G 应用。此外，即便在高宽带设计中，BAW 对温度变化并不敏感，同时还具有极低的损耗和非常陡峭的滤波器裙边。

**图表53: SAW 和 BAW 滤波器技术对比**

	SAW	BAW
原理	声波沿着固体表面传播，经过一定的延迟后，接收换能器将声信号转换为电信号输出	声波 BAW 滤波器内是垂直传播，更适合高频应用
示意图		
特性	高稳定性，高 Q 值，高选择度，抗干扰能力强	高稳定性，高 Q 值，耐高功率
适用频段	<b>10MHZ~3GHZ</b>	<b>1.5GHZ~6GHZ，最高可达 10GHZ 以上</b>
成本	较高	高
插入损耗	较低	很低
主要厂商	Murata、TDK、TaiyoYuden	Broadcom、Qorvo

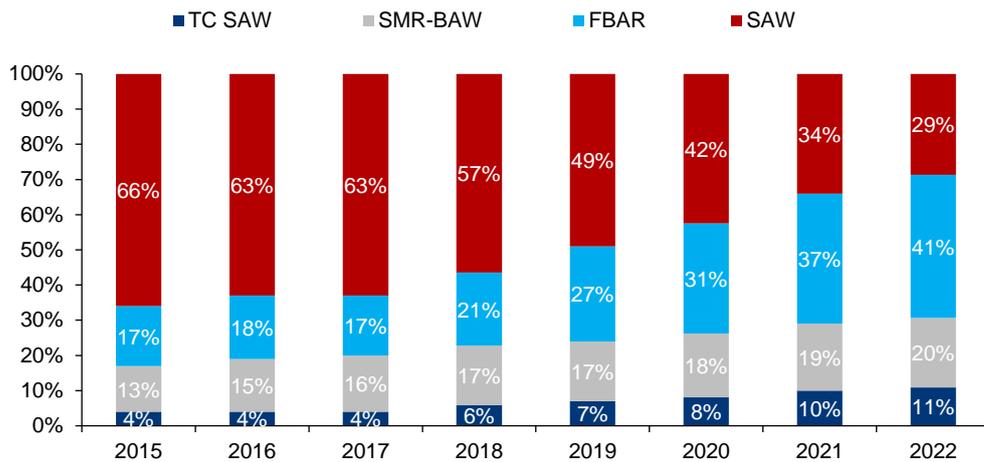
资料来源：Murata, Qorvo, 华泰证券研究所

**图表54: 5G 将增加适用于高频 BAW 滤波器的使用**



资料来源：Qorvo, 华泰证券研究所

图表55: 2015-2022 各类型滤波器市场渗透率



资料来源: Yole, 华泰证券研究所

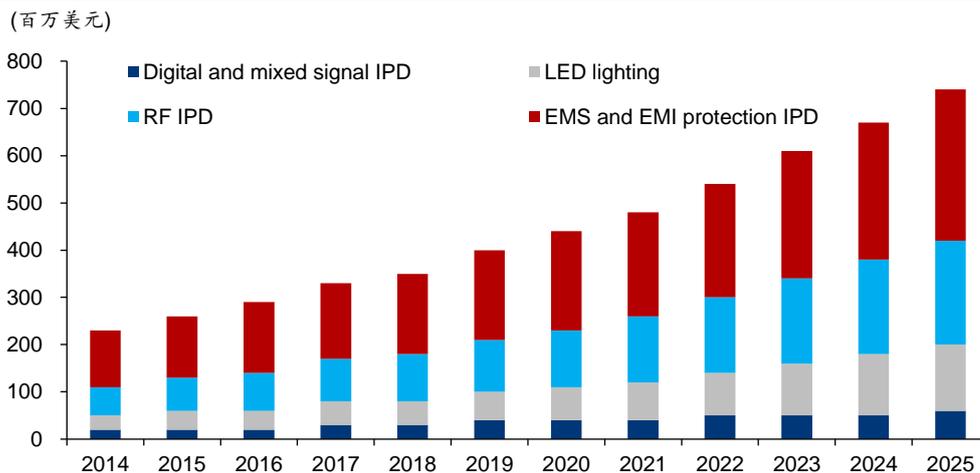
### IPD 滤波器适合高频集成，市场规模增长快

为了满足不断增长的需求、减小尺寸和成本、增加功能，集成无源器件(IPD)技术已成为射频前端设计的一种可行性技术。IPD 是在硅基板、玻璃基板或陶瓷基板上利用晶圆代工厂的工艺，采用光刻技术蚀刻出不同图形，形成不同的器件，从而实现各种无源元件如电阻、电容、电感、滤波器、耦合器等的高密度集成。

一般来说，根据无源器件制作工艺的不同，IPD 技术分为厚膜技术与薄膜技术。低温共烧陶瓷(LTCC)是典型的厚膜 IPD 技术，过去被广泛应用于民用通信、军用电子中。IPD 技术已经从低温共烧陶瓷(LTCC)发展到薄膜技术，例如高阻硅(HR-Si)或玻璃基板。IPD 技术相比传统的无源器件具有以下优点：**体积明显减小，更加轻薄，高性能且一致性更好。**

根据 CSMANTECH 报道，PA 的国际龙头企业 Skyworks 所用方案中多采用 IPD 技术，每月所需 IPD 晶圆达到数千片，且增长趋势明显。国内方面，芯禾科技(Xpedic)一家独大。在芯禾科技先进 IPD 设计技术引领下，国内各大芯片设计巨头都在积极将此技术布局于高端芯片设计，把 IPD 无源芯片与有源芯片整合在 SiP 模组中，采用三维封装集成方式，进一步实现小型化。根据 statista 的预测，2025 年，北美的 IPD 市场预计将达到 7.4 亿美元，其中 RF IPD 将达 2.2 亿美元。

**图表56： 2014-2025 北美 IPD 市场收入（按应用分）**



资料来源：statista，华泰证券研究所

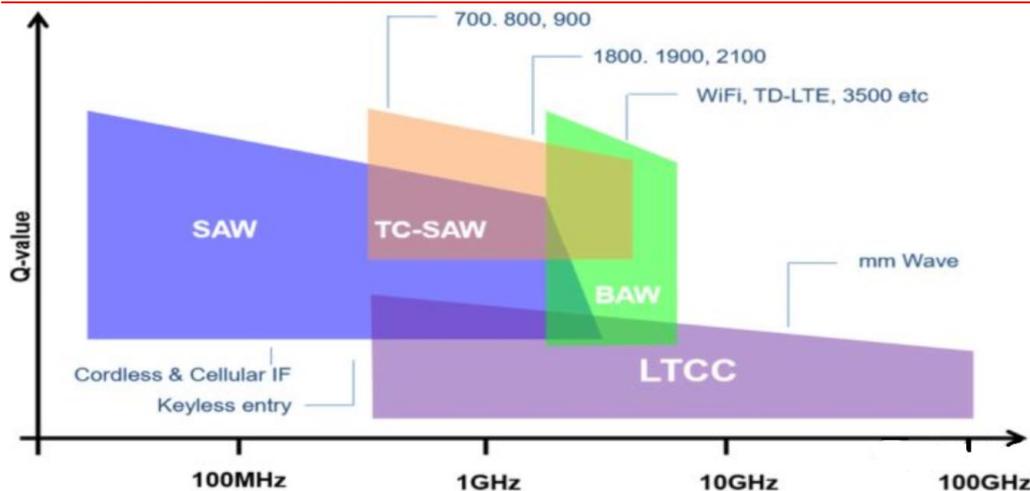
### Sub-6G 优选 LTCC 滤波器，市场增量巨大

LTCC(低温共烧陶瓷, Low Temperature Co-fired Ceramic) 滤波器是通过高精度印刷叠层技术及低温烧结技术等多种工艺过程而制成的多层陶瓷滤波器。基于这种工艺平台，可以设计和制造从很低的频率（10MHz 到 100GHz）到很高的频率（100GHz 甚至太赫兹）的各种滤波器。

LTCC 滤波器产品具有优良的高频、高速传输以及宽通带的特性，此外 LTCC 滤波器尺寸小、性能优、可靠性高、成本低、抗电磁干扰好、不必另加封装。陶瓷材料的介电常数可以从 4.8 到 70 可选，高介电常数对应低频应用，低介电常数对应高频应用。

**Murata 是国际市场主要领军者，其 LTCC 滤波器可以覆盖 BAW 的所有频段，并在 sub-6G 具有更小的损耗。**

**图表57： 各类滤波器的适用频率**



资料来源：Murata，华泰证券研究所

**图表58: LTCC 滤波器优势**

优势	具体内容
灵活性	陶瓷材料具有优良的高频、高速传输以及宽通带的特性。根据配料的不同，LTCC 材料的介电常数可以在很大范围内变动，配合使用高电导率的金属材料作为导体材料，有利于提高电路系统的品质因数，增加了电路设计的灵活性
使用寿命长	可以适应大电流及耐高温特性要求，并具备比普通 PCB 电路板更优良的热传导性，极大地优化了电子设备的散热设计，可靠性高，可应用于恶劣环境，延长了其使用寿命
体积小	可以制作层数很高的电路板，并可多个无源元件埋入其中，免除了封装组件的成本，在层数很高的三维电路板上，实现无源和有源的集成，有利于提高电路的组装密度，进一步减小体积和重量
兼容性	与其他多层布线技术具有良好的兼容性，例如将 LTCC 与薄膜布线技术结合可实现更高组装密度和更好性能的混合多层基板和混合型多芯片组件
成本控制	非连续式的生产工艺，便于成品制成前对每一层布线和互连通孔进行质量检查，有利于提高多层基板的成品率和质量，缩短生产周期，降低环保
环保	降低成本节能、节材、绿色、环保已经成为元件行业发展势不可挡的潮流，LTCC 也正是迎合了这一发展需求，最大程度上降低了原料、废料和生产过程中带来的环境污染

资料来源: Wind, 华泰证券研究所

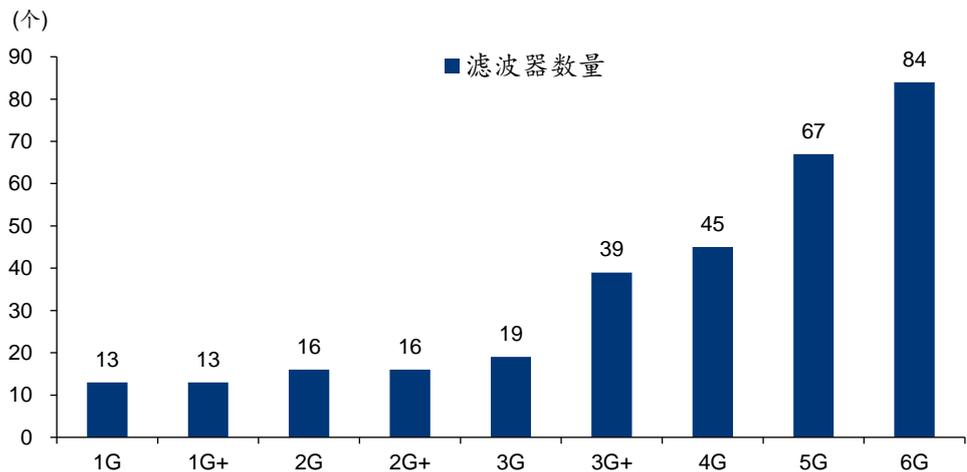
## 滤波器全球市场主要被美日公司垄断

### 滤波器需求稳定增加

随着全球联网设备增多，射频前端系统需求量增多，滤波器的需求量自然增多。根据 IMT-2020 5G 推进组预测，到 2020 年全球移动终端（不含物联网设备）数量将超过 100 亿台，中国将超过 20 亿台。

根据工信部数据，中国移动要求的 5 模 13 频分为 8 个 FDD 频段和 5 个 TDD 频段。因为 FDD 是频分复用的，需要含有接收器、发射器的双工器，同时接收还需要一个单独的滤波器，所以一个频段需要 3 个滤波器，总共 24 只。TDD 模式 5 个频段，每个频段需要一个发射以及一个接收的滤波器，共 10 个。再加上手机上的 wifi、GPS、蓝牙等，滤波器数量达到 30-40 个。

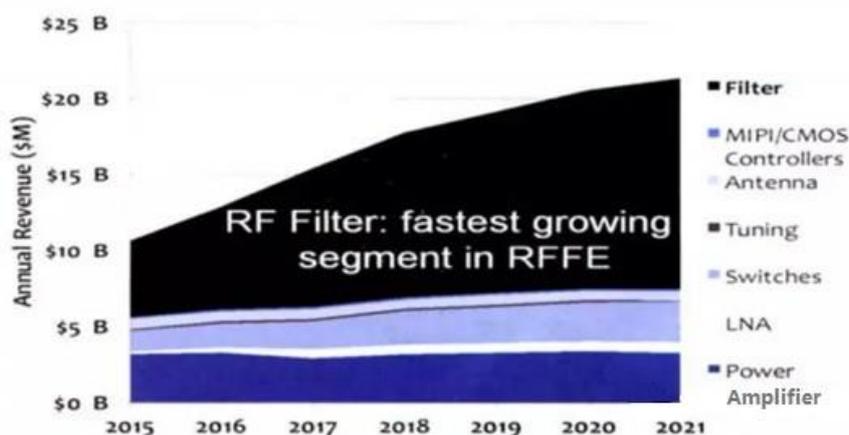
**图表59: 滤波器需求随射频频段增加而增多**



资料来源: Skyworks, 华泰证券研究所

从射频前端使用滤波器的价值量来看，随着频段增多，滤波器在射频前端价值量占比越大。根据 Qorvo 测算，4G 时代，单部手机射频器件价值从 3G 终端的 3.75 美金提升至 7.5 美元，支持全球漫游的终端设备 ASP 甚至达到了 12.75 美元。与此同时，滤波器在射频器件扮演的重要性越来越强，滤波器的价值占比也从 3G 终端的 33% 提升到全网通 LTE 终端的 57%。到 5G 时代，滤波器的应用量将进一步增加（特别是 BAW 滤波器），单台手机的滤波器价值将达到 10 美元以上。

**图表60： 滤波器市场是射频前端中增长最快的部分**



资料来源：Mobility Experts 2016，华泰证券研究所

### 美日企业垄断滤波器市场

声波滤波器（SAW/BAW）相对于传统 LC 或者陶瓷滤波器来说，制作难度更大，成本更高。在声波滤波器领域，经历数次整合并购之后，已经呈现了巨头垄断的竞争格局。

根据 Yole 数据，2018 年全球 SAW 滤波器市场份额前五位的厂商分别为 Murata (47%)、TDK (21%)、Taiyo Yuden (14%)、Skyworks (9%)、Qorvo(4%)，合计占比达 95%。BAW/FBAR 市场基本被 Broadcom、Qorvo 垄断。其中 Broadcom 的 BAW 滤波器主要为 FBAR，而 Qorvo 的 BAW 滤波器主要为 SMR。2016 年，Broadcom 的 FBAR 产品出货突破 5 亿颗。

**图表61： 海外射频巨头整合并购情况**

厂商	整合并购情况
Broadcom	2015 年，Avago 以 370 亿美元收购 Broadcom，新公司名为 Broadcom
Skyworks	2014 年 Skyworks 与松下成立合资公司，2016 年 Skyworks 完全收购该合资公司，完成对松下滤波器部门的收购，补全在 SAW 方面的技术。通过收购韩国 MEMS Solution 公司而获得 TC-SAW 及 FBAR 技术。
Qorvo	2014 年 TriQuint 与 RFMD 合并为 Qorvo。Qorvo 继承了 TriQuint 的 BAW-SMR 滤波器研发生产能力，以及 RFMD 的 SAW 研发生产能力。
Qualcom	2016 年 Qualcomm 与 TDK 通过合资企业 RF360 (30 亿美元) 实现二者无线通信技术上的互补。TDK 于 2008 年收购 EPCOS 获取声学滤波器生产技术。

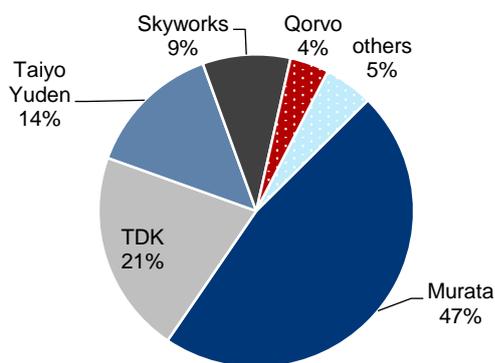
资料来源：Wind，华泰证券研究所

**图表62：全球主要滤波器厂商**

分类	厂商	介绍
SAW	Murata	总部位于日本，SAW 滤波器优势明显，全球市场占有率 47%左右
	TDK	总部位于日本，收购欧洲 EPCOS 进入声学滤波器领域，SAW 滤波器全球市场占有率 21%左右
	Taiyo Yuden	总部位于日本，具备 SAW/BAW 生产工艺，全球 SAW 市场占有率 14%左右，少量出货 BAW 产品
BAW	Skyworks	总部位于美国，生产 SAW 滤波器，全球 SAW 市场占有率 9%左右
	Broadcom	Avago 收购 Broadcom 后，改名为 Broadcom。总部位于美国和新加坡，BAW 工艺上占据领先地位，全球 BAW 滤波器市场占有率 87%左右。
	Qorvo	由原 RFMD 和 TriQuint 合并，生产 BAW 滤波器。全球 BAW 滤波器市场占有率 8%左右。

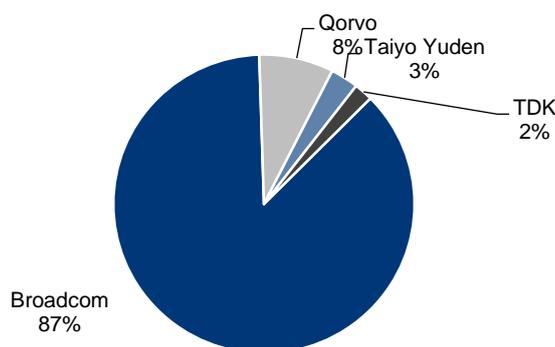
资料来源：Wind，华泰证券研究所

**图表63：2018年 SAW 滤波器全球市场份额**



资料来源：Navian，华泰证券研究所

**图表64：2018年 BAW/FBAR 滤波器全球市场份额**



资料来源：Navian，华泰证券研究所

总体上看，在射频前端器件厂商中，各家厂商在不同细分领域的优势不尽相同，**Murata 在 SAW 领域优势明显，Broadcom 在 BAW 领域优势明显。**

近年来，国外主流滤波器厂家和射频元器件企业 Broadcom、Murata、TDK 和 Skyworks 为了获得更多利润，呈现出两种技术发展趋势：

**一是提高产品技术门槛，保证利润。**面对通讯市场对高选择性滤波器的技术需求，加大高性能的 TC-SAW 及 FBAR 滤波器产品的研发力度，过去几年中，上述厂家滤波器产品的频率选择性大大的提高，解决了单机中通讯频段增多带来的抗干扰技术难题，市场份额进一步扩大。同时通过专利壁垒与竞争对手的差距越拉越大。

**二是大力发展体积更小，成本更低的 WLCSP 封装形式滤波器。**这种滤波器采用晶圆与晶圆的键合，采用成熟的 TSV 和电镀工艺、硅工艺结合在一起，滤波器的成本和体积都得到了大幅的减少。同时在形式上更大的优势是将滤波器与 PA、开关等射频器件进行整合，向模块化，集成化和整体射频解决方案的方向发展，提高射频方案的价值。这一趋势也推动了整个射频行业的整合。

**图表65：全球射频滤波器产业链**

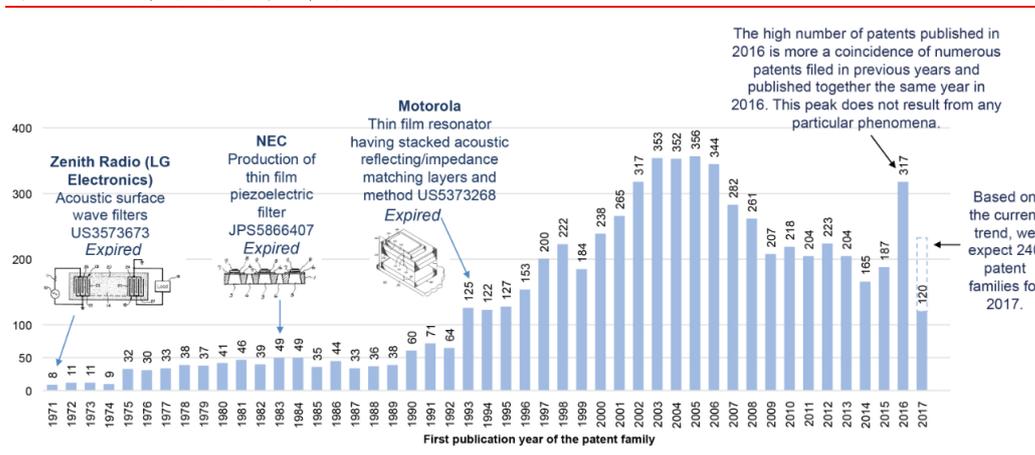
公司名称	FBAR	SMR	SAW	TC-SAW
Broadcom	√		√	
Infineon				
Kyocera			√	
Murata(Peregrine)			√	√
QORVO		√	√	√
RF360(高通)		√	√	√
Skyworks	√		√	√
Taiyo Yuden	√		√	

资料来源：Wind，华泰证券研究所

**专利集中，助推垄断形成**

在上世纪 90 年代，SAW 滤波器的专利申请量增长很快，彰显了 RF 声波滤波器市场的快速发展。自 2010 年起，随着多家重点厂商的专利申请量增长趋向平稳，专利优势地位逐渐确立，市场格局也逐渐稳定下来

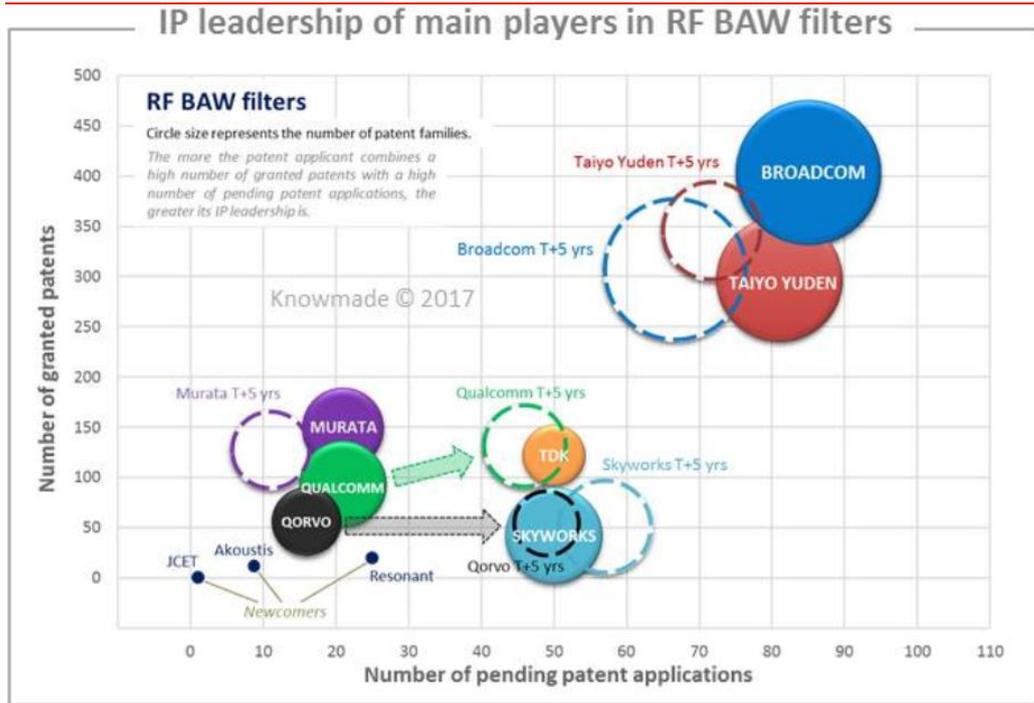
**图表66：射频声波滤波器专利申请动态**



资料来源：Knowmade，华泰证券研究所

根据 Knowmade 数据，截止 2017 年 7 月，全球 630 多位专利申请人共申请了 6550 多件 RF 声波滤波器发明专利。相关专利申请始于上世纪 70 年代的日本，当时刚刚兴起的 SAW 滤波器主要用于中频 (IF) 电视应用，并迅速成为全球主要专利申请人的申请热点，例如来自日本的 JapanRadio (日本无线) 和 NEC，以及来自美国的 Motorola (摩托罗拉) 等。2000 年代，随着智能手机和 3G 的 BAW 应用发展，跟 BAW 相关的专利申请数量迅速上升。现在，相关专利申请已经逐渐趋于平稳，Murata (村田) 和 Taiyo Yuden (太阳诱电) 等日本厂商在 SAW 专利申请方面处于领导地位，而 Qorvo、Qualcomm (高通) 和 Broadcom (博通) 等美国厂商则在 BAW 专利领域处于领导地位。

图表67: BAW 滤波器主要厂商的专利领先优势



资料来源: Knowmade, 华泰证券研究所

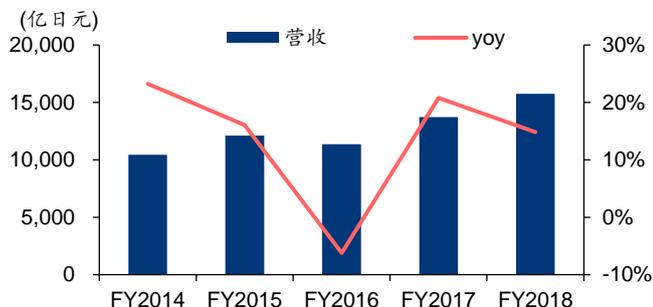
### 海外巨头简介

#### 村田 (Murata) 产品链齐全, 滤波器全球领先

村田总部位于日本, 公司于 1944 年 10 月创业, 1950 年 12 月正式改名为村田制作所。主力商品是陶瓷电容器。其他具领导地位的零件产品主要有陶瓷滤波器, 高频零件, 感应器等。村田制作所是全球领先的电子元器件制造商, 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。不仅是手机、家电, 汽车相关的应用、能源管理系统、医疗保健器材等, 都有村田公司的身影。

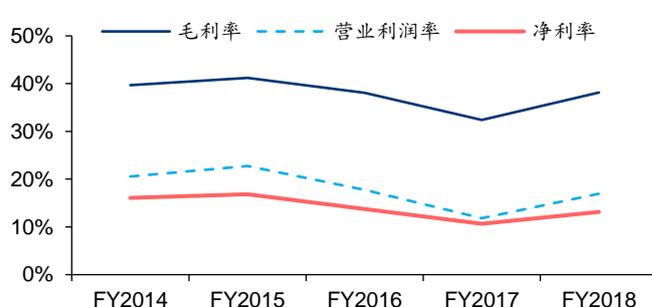
公司 FY2018 收入为 15750.26 亿日元, 同比增长 14.81%。毛利 6002.18 亿日元, 对应毛利率为 38.11%, 同比提升 5.72 个百分点。

图表68: FY2014-FY2018 Murata 营收数据



资料来源: Wind, 华泰证券研究所

图表69: FY2014-FY2018 Murata 利润率数据



资料来源: Wind, 华泰证券研究所

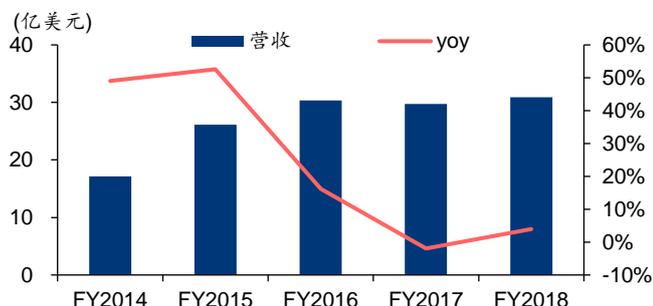
### Qorvo 射频芯片覆盖频段广

2015年，RFMD和TriQuint两家公司合并成立一家新公司Qorvo，一家全球领先的RF厂商从此诞生。RFMD曾经是全球领先的高性能射频元件和化合物半导体技术的设计者和制造商。TriQuint公司的产品组合包括开关和放大器产品，以及适用于各种无线与网路基础设施应用的射频滤波器，如表面声波(SAW)、温度补偿表面声波(TC-SAW)和体声波(BAW)滤波器。

Qorvo在北卡州、俄州、德州和佛州拥有行业领先的GaAs、GaN、TC-SAW、SAW和BAW生产工厂；2016年Qorvo进一步扩大TC-SA、SAW产能，并且BAW制程向8英寸转换；2017年收购GreenPeak Technologies，补充基于Si的生产工艺。

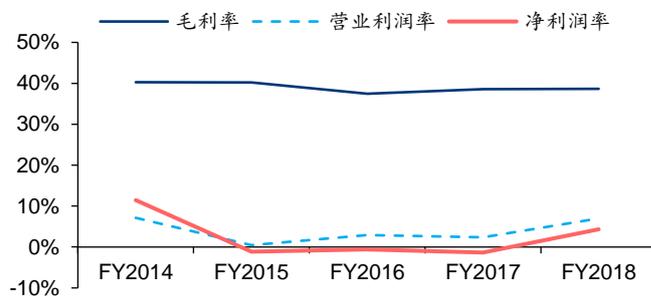
公司FY2018收入为30.90亿美元，同比增长3.93%。毛利11.95亿美元，对应毛利率为38.67%，同比提升0.11个百分点。

图表70: FY2014-FY2018 Qorvo 营收数据



资料来源: Wind, 华泰证券研究所

图表71: FY2014-FY2018 Qorvo 利润率数据

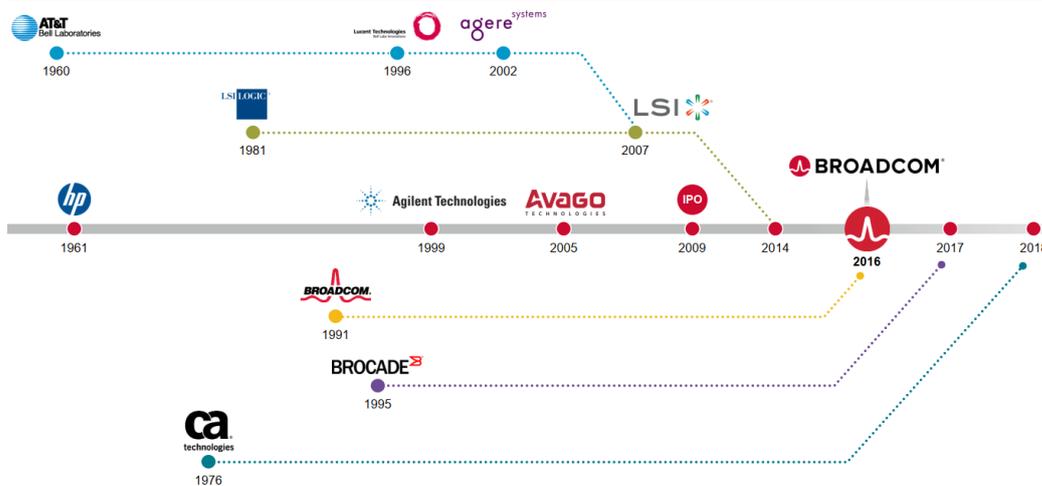


资料来源: Wind, 华泰证券研究所

### 博通 (Broadcom) FBAR 滤波器全球领先

Broadcom是全球领先的有线和无线通信半导体公司。其产品实现向家庭、办公室和移动环境以及在这些环境中传递语音、数据和多媒体。Broadcom为计算和网络设备、数字娱乐和宽带接入产品以及移动设备的制造商提供业界最广泛的、一流的SoC系统和软件解决方案。

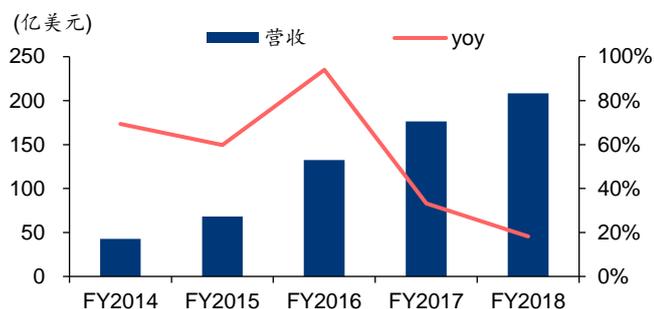
图表72: Broadcom 历史沿革



资料来源: Broadcom, 华泰证券研究所

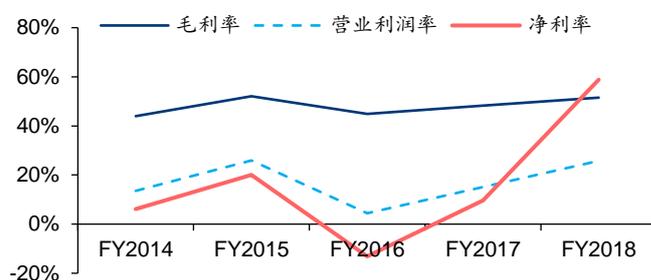
公司 FY2018 收入为 208.48 亿美元，同比增长 18.21%。毛利 107.33 亿美元，对应毛利率为 51.48%，同比提升 3.23 个百分点。

图表73: FY2014-FY2018 Broadcom 营收数据



资料来源: Wind, 华泰证券研究所

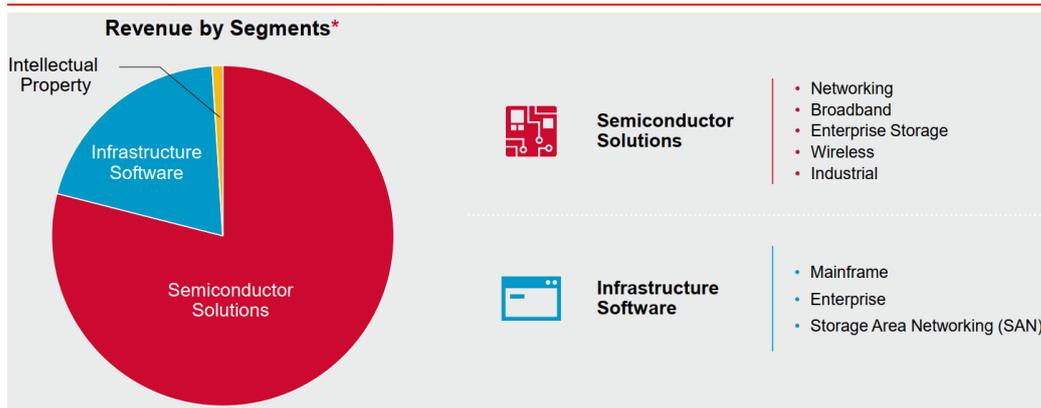
图表74: FY2014-FY2018 Broadcom 利润率数据



资料来源: Wind, 华泰证券研究所

博通收入结构由半导体解决方案、基础设施软件和知识产权业务构成，公司 2019 财年的收入指引为 245 亿美元。半导体约为 195 亿美元，基础设施软件约为 50 亿美元。

图表75: 2018年 Broadcom 收入构成



资料来源: Broadcom, 华泰证券研究所

Broadcom 无线解决方案由射频前端、Wi-Fi, 蓝牙和 GNSS 构成。

图表76: Broadcom 收入构成

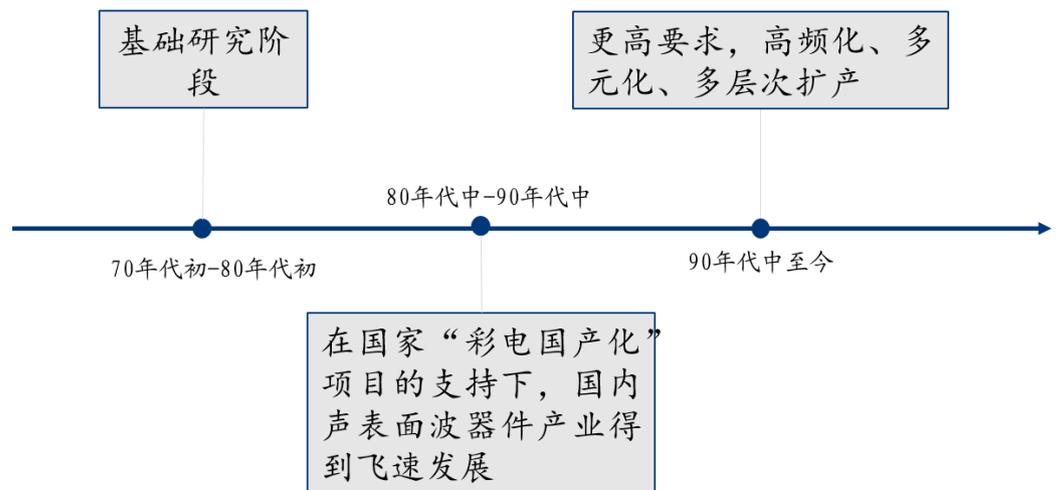


资料来源: Broadcom, 华泰证券研究所

## 滤波器国产市占率有待提升

我国声表面波技术的发展从 20 世纪 70 年代初开始，大约经历了三个阶段：70 年代初到 80 年代初为第一阶段，以基础研究为主，主要是在国家的支持下研究声表面波技术的基本原理和制作工艺技术，以南京大学、北京声学所、中电科技 26 所等为主导力量。80 年代中至 90 年代中为第二阶段。在国家“彩电国产化”项目的支持下，国内声表面波器件产业得到飞速发展。90 年代中至现在为第三阶段，移动通信的发展对声表面波技术提出了更高要求，声表面波器件向高频化、多元化、多层次扩产，产品结构从中低档向中高档跨进，国内一些厂商取得了相当的进步，但相对于国外厂商，差距仍非常巨大。

图表77：中国声表面波技术发展历程



资料来源：Wind，华泰证券研究所

近年，我国从事声表滤波器的公司不断涌现，包括德清华莹（中电 55 所）、中电 26 所、北京长峰（航天二院），中讯四方（中科院声学所背景）、中科飞鸿（中科院声学所背景）等，其中北京长峰，中讯四方，中科飞鸿等主要偏重于军工市场。

SAW 产品方面，无锡好达起步较早，另外，射频芯片设计企业锐迪科也开始涉足 SAW 产品，还有以晶体材料专长的天通股份也宣布进入下游 SAW 器件领域；在 SAW 器件的封装领域，研究所和上市公司的合作兴起，包括信维通信和德清华莹合作、麦捷科技和 26 所合作。FBAR 产品方面，26 所、55 所、13 所及天津大学、诺思微均在研究的基础上在做产业化的工作。

中电 55 所是国内较早研制生产声表用的铌酸锂、钽酸锂等压电晶体材料和声表面波滤波器产品的企业之一。55 所旗下的德清华莹始创于 1978 年，是国内最早研制生产铌酸锂压电晶体材料和声表面波滤波器产品的企业之一。2002 年 12 月中国电子科技集团公司控股并联合下属二十六研究所、五十五研究所参股。2014 年 12 月，通过增资重组，公司成为中电五十五所控股的一家以压电晶体材料和射频元件为主营业务的国家高新技术企业，主要研发生产 3-6 英寸铌酸锂钽酸锂晶片、声表面波滤波器、声表面波传感器、环形器和隔离器等系列产品，是行业内唯一具有材料、器件、模块全产业链竞争优势的企业。iPhone7 关键基础材料六英寸声表面波级黑化铌酸锂单晶片，正是由德清华莹生产。

图表78：中电 55 所旗下德清华莹生产的六寸黑化钽酸锂晶片



资料来源：德清华莹官网，华泰证券研究所

### 中电 26 所

中电 26 所，是国内唯一同时具有 SAW，TC-SAW，FBAR 研发和生产的单位。从事表面波及体声波技术研发 40 余年，积累了丰富的人力资源及研发经验，在为军工产品提供强有力技术支持的同时，也是国内少数能为中兴/华为提供 SAW 滤波器产品的供应商。

### 无锡好达

无锡好达电子有限公司，成立于 1990 年，主要生产的产品包括声表面波滤波器、双工器、谐振器等等，应用于手机、基站等射频通讯领域。作为国内拥有较大规模的生产线的厂商之一，无锡好达已实现了对主流手机厂商（包括中兴、宇龙、金立、三星、蓝宝、富士康、魅族等）的供货，并逐步实施从单纯加工到技术研发的转型。

## 模组化封装是射频前端芯片发展趋势

### 环旭电子：聚焦 sip 封装在先进射频模组领域的应用

环旭电子是全球电子设计制造领导厂商，专为国内外品牌电子产品或模块提供产品设计、微小化、物料采购、生产制造、物流与维修服务。环旭电子为日月光投控成员之一，承袭环隆电气于电子制造服务行业多年经验，并整合日月光集团之封装测试领先技术，为客户提供**通讯类、计算机及存储类、消费电子类、工业类及车用电子**为主等电子产品。公司销售服务据点遍布美洲、欧洲、亚洲，并在中国大陆、台湾、墨西哥和波兰设置生产基地。

图表79：环旭电子产品介绍



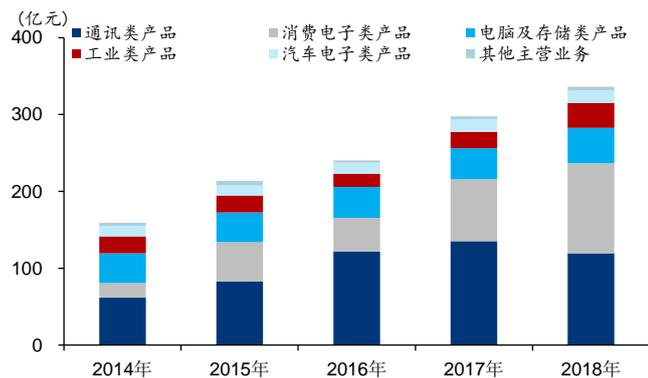
资料来源：环旭电子招股说明书，华泰证券研究所

2018 年是公司的“扩张”元年，围绕公司提出的“模块化、多元化、全球化”发展战略目标，公司继续强化领先同业的 D(MS)2 业务定位，巩固微小化系统模块（SiP）技术全球领导者地位，推动汽车电子、工业类及服务器等系统整合优势产品线加速成长。公司自 2003 年成立，在封装行业中已有近 16 年历史，拥有足够的销售渠道和技术沉淀。公司的 SiP 业务涉及智能手机的轻薄化封装，无线通信的 SiP 封装，以及其他消费电子方面。

2018 年 8 月，全资孙公司收购波兰的标的公司 Chung Hong Electronics Poland SP Z.O.O，加快全球化 EMS 工厂布局。公司欧洲、美洲、国内合资厂均处于产能储备期，全球布局策略明朗化，我们预计将于明后年进一步提升市场服务能力，以争取更多市场份额。

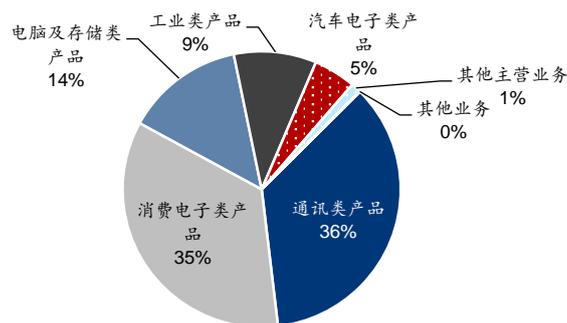
1) 配合消费电子客户建立新产线。2) 2019 年 2 月，与高通子公司签订合资协议，拟在巴西投资设立合资公司，为研发、制造具有多合一功能的 SiP 模块产品，应用于智能手机、物联网等相关设备；3 月发布的 ZenFone MaxShot 及 MaxPlus 已搭载环旭与高通合作的第一款 Qualcomm Snapdragon SiP 芯片。3) 与中科曙光合资成立子公司中科泓泰电子于 2019 年 3 月在昆山登记成立，致力于生产安全可控服务器产品。4) 工业类产品，在墨西哥就近建立生产据点，服务新客户。5) 汽车电子，公司在美洲、亚洲已有据点，在欧洲建设据点以更好服务当地客户。6) 深圳、昆山扩产旨在服务非 SiP 客户。

**图表80： 2014-2018 环旭电子营收结构**



资料来源：Wind，华泰证券研究所

**图表81： 2018 年环旭电子营收结构**



资料来源：Wind，华泰证券研究所

### 长电科技：世界第三大封测龙头

长电科技成立于 1972 年，历经四十余年发展，长电科技已成为全球知名的集成电路封装测试企业。从近几年市场份额排名来看，全球芯片封装测试市场的竞争格局已经基本形成，行业龙头企业占据了主要的市场份额。根据 SEMI 数据，2018 年，按营收数据，长电科技已经是全球第三大封测厂。

公司的主营业务为集成电路、分立器件的封装与测试以及分立器件的芯片设计、制造，公司为海内外客户提供涵盖封装设计、焊锡凸块、针探、组装、测试、配送等一整套半导体封装测试解决方案。目前公司产品主要有 QFN/DFN、BGA/LGA、FCBGA/LGA、FCOL、SiP、WLCSP、Bumping、MEMS、Fan-outWLB、POP、PiP 及传统封装 SOP、SOT、DIP、TO 等多个系列。产品主要应用于计算机、网络通讯、消费电子及智能移动终端、工业自动化控制、电源管理、汽车电子等电子整机和智能化领域。

长电科技在高端封装技术已与国际先进同行并行发展，在国内处于领先水平，并实现大规模生产。

**图表82： 长电科技一站式服务**



资料来源：Wind，华泰证券研究所

## 投资建议

2019年以来，全球各大手机厂商陆续推出5G手机终端，5G手机目前已经下探到3000-4000元的价格区间，我们预计5G手机价格的下探将刺激5G换机潮提前到来。华为于7月26日发布首款国行5G手机Mate 20X 5G，是全球首款支持SA和NSA两种主流5G组网方式的5G双模手机，定价6199元，低于市场预期。9月19日，华为在德国慕尼黑发布的Mate 30 5G手机，是另外一款同时支持SA及NSA 5G双模，适配国内三大运营商的5G/4G/3G/2G频段。价格区间下探有望促进5G手机换机潮，预计今明两年各大手机厂商将有多款中高端5G手机推向市场。

9月初以来，中兴、VIVO、小米等国内手机厂商先后发布了自己的5G手机，目前5G手机的推出已成为各大手机厂商的核心卖点之一。国内市场现已推出12款5G手机，价格区间从高至19999元的顶级概念机型到3699的中端性价比机型全面覆盖。5G手机的推出将有利于拉动上游射频前端芯片的需求量。我们认为，未来3年到5年，国内射频前端芯片厂商将迎来快速发展期。

### 全球射频前端芯片产业链：

由于5G换机潮及频段增加带来的射频前端行业增长，海外半导体产业链建议关注射频前端芯片布局最广、耕耘时间较长的：Broadcom（AVGO）、Qorvo（QRVO）、Skyworks（SWKS）和Murata（6981.JP），以及射频前端芯片上下游产业链的IQE（射频外延片供应商）、soitec（SOI衬底供应商）、Towerjazz（SOI代工厂）以及稳懋（全球化合物半导体代工龙头）等。

### 目前国内涉及射频前端芯片业务的公司主要包括：

**滤波器：**无锡好达（未上市）、三安光电、天通股份、德清华莹（未上市）、天津诺思微（未上市）、开元通信（未上市）等；

**功率放大器：**三安光电、海特高新、Vanchip（未上市）、慧智微（未上市）、中科汉天下（未上市）等；

**射频开关：**卓胜微、紫光展锐（未上市）等；

**低噪声放大器：**卓胜微、紫光展锐（未上市）等；

图表83：A股主要半导体材料上市公司估值情况

代码	公司名称	市值 (亿元)	净利润(亿元)			P/E			EPS		
			2017	2018	2019E	2017	2018	2019E	2017	2018	2019E
300782.SZ	卓胜微	375.0	1.70	1.62	3.50	—	—	107	2.27	2.16	3.50
600703.SH	三安光电	574.0	31.64	28.30	21.76	33	16	26	0.78	0.69	0.53
300655.SZ	长电科技	276.0	3.43	-9.39	0.48	84	-14	568	3.64	-7.64	0.34

资料来源：Wind，华泰证券研究所；数据日期：2019年9月30日，上述公司已披露2019年中报，2019年预测来自Wind一致预测

## 风险提示

中美贸易摩擦修复不及预期的风险。中美贸易摩擦影响手机终端销量，手机终端是射频前端芯片最大的需求市场。

科创板推进不及预期风险。科创板申报企业提交申请文件后，上交所发行上市审核部门按照相关规则规定的程序和要求，对企业申请文件进行齐备性核对、受理、审核等工作。申报企业存在审核未通过的风险。

国内射频前端芯片技术突破慢于预期、产业投资不及预期的风险。技术突破是本土企业实现进口替代的核心要素，若国内企业技术突破不及预期，或将导致企业业绩增长不及预期；集成电路产业发展需要较大的资金投入，若晶圆厂、封测厂、硅片厂等半导体产业投资不及预期，或导致企业增长不及预期。

## 免责声明

本报告仅供华泰证券股份有限公司（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。

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、评估及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。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。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、结论和建议仅供参考，不构成所述证券的买卖出价或征价。该等观点、建议并未考虑到个别投资者的具体投资目的、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。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。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

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。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。本公司的资产管理部、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

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“华泰证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权力。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：91320000704041011J。  
 全资子公司华泰金融控股（香港）有限公司具有香港证监会核准的“就证券提供意见”业务资格，经营许可证编号为：AOK809  
 ©版权所有 2019 年华泰证券股份有限公司

## 评级说明

### 行业评级体系

- 报告发布日后的6个月内的行业涨跌幅相对同期的沪深300指数的涨跌幅为基准；
- 投资建议的评级标准
- 增持行业股票指数超越基准
- 中性行业股票指数基本与基准持平
- 减持行业股票指数明显弱于基准

### 公司评级体系

- 报告发布日后的6个月内的公司涨跌幅相对同期的沪深300指数的涨跌幅为基准；
- 投资建议的评级标准
- 买入股价超越基准20%以上
- 增持股价超越基准5%-20%
- 中性股价相对基准波动在-5%~5%之间
- 减持股价弱于基准5%-20%
- 卖出股价弱于基准20%以上

## 华泰证券研究

### 南京

南京市建邺区江东中路228号华泰证券广场1号楼/邮政编码：210019

电话：86 25 83389999/传真：86 25 83387521

电子邮件：ht-rd@htsc.com

### 深圳

深圳市福田区益田路5999号基金大厦10楼/邮政编码：518017

电话：86 755 82493932/传真：86 755 82492062

电子邮件：ht-rd@htsc.com

### 北京

北京市西城区太平桥大街丰盛胡同28号太平洋保险大厦A座18层  
 邮政编码：100032

电话：86 10 63211166/传真：86 10 63211275

电子邮件：ht-rd@htsc.com

### 上海

上海市浦东新区东方路18号保利广场E栋23楼/邮政编码：200120

电话：86 21 28972098/传真：86 21 28972068

电子邮件：ht-rd@htsc.com