

华西证券电子团队—5G*电子产业链系列深度之六

5G手机初启征途，万物互联星辰大海

孙远峰/张大印/王海维/王臣复

SAC NO: S1120519080005

SAC NO: S1120519090005

2019年10月10日

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

引言：5G升级超级周期，最先持久受益的是高附加值产品供应链

1. 信息时代的代际变化，通常孕育丰富的技术、产品、应用、系统和环境等逻辑顺序演进下的产业机遇，未来3-5年将是硬件产品创新，增存量市场发力的黄金时期，有但不仅限于手机、可穿戴、便携计算、VR/AR、各类IoT等终端形态；
2. 超级周期适逢大陆进口替代关键期，国内供应链迎来自主可控背景下的超速渗透机遇，有但不仅限于芯片、射频、光电（显示和光学器件）、功率和材料等产品形态，依托于包括但不限于消费电子、家电、汽车、工控、军工和航天等重要领域；
3. 关注具备一定创新纵深的高附加值产品领域，市场持续旺盛的需求将给予这些：饱满存量需求和弹性增量价值，下面我们将进行全面一一展开！

目录

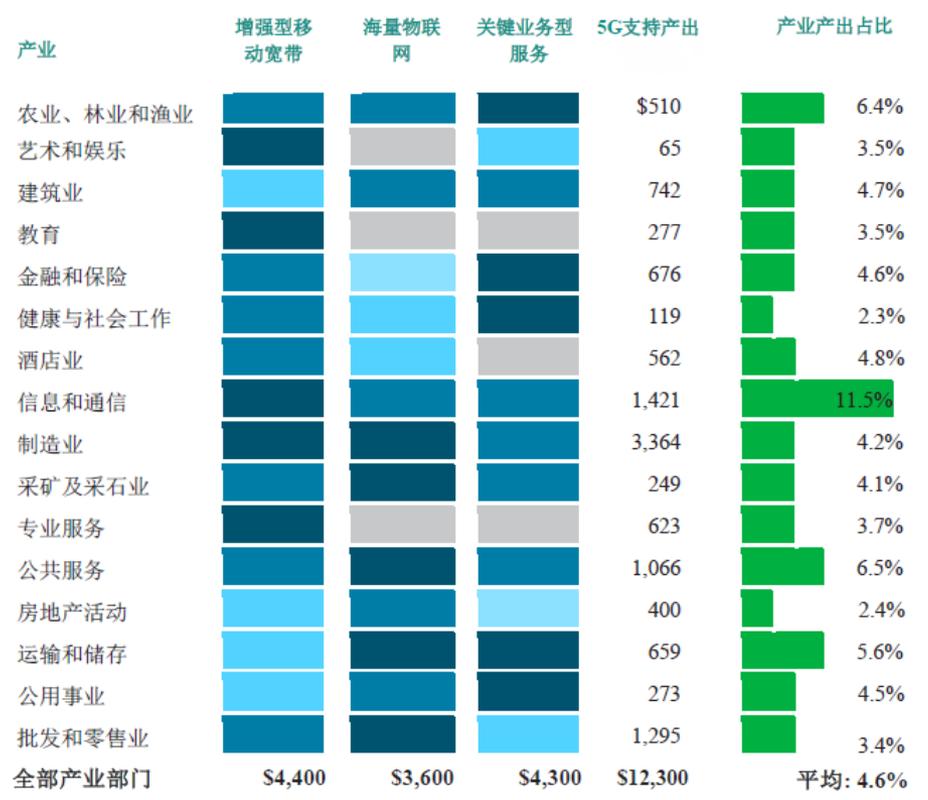
- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- 5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- 5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

目录

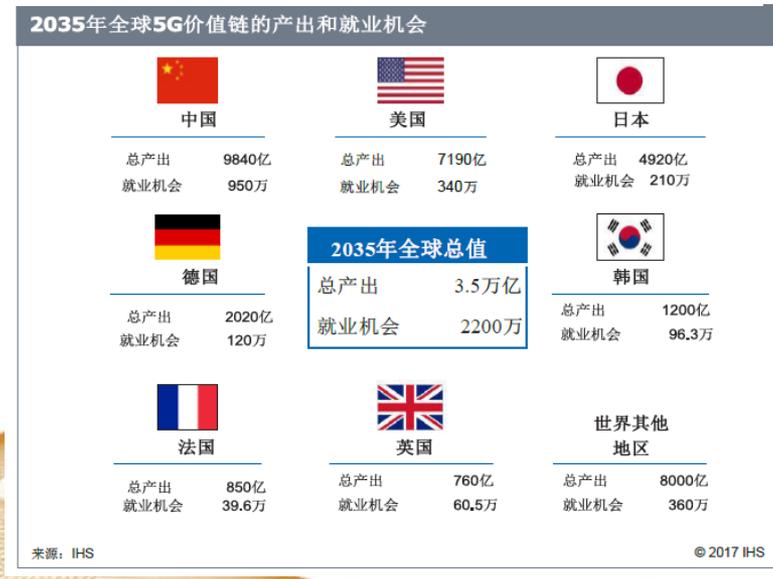
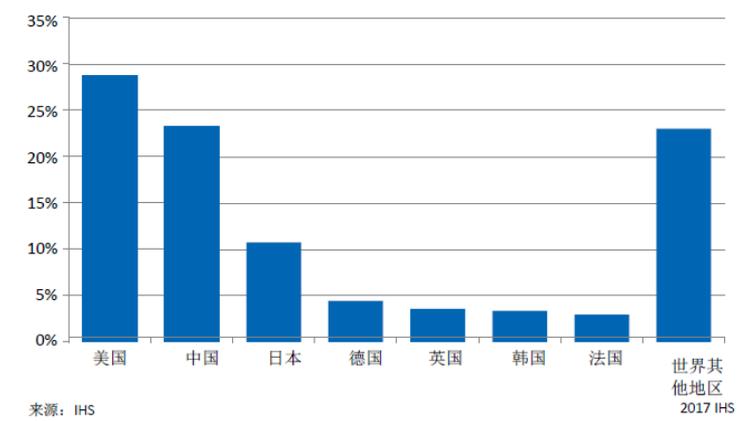
- 5G手机价值量全梳理
- 车联网大势所趋，车规级元器件门槛高、价格弹性大
 - 汽车V2X，又一个以“亿”为数量单位的联网市场
 - ADAS的明珠，毫米波雷达
- 云VR/AR，有望成为5G第一个杀手级应用
 - 用5G的速度，解决4G的问题
 - 鸿蒙面市，打响5G生态之争
- 万物互联，星辰大海
- 受益公司

IHS预计，2020 - 2035年全球实际GDP的CAGR为2.9%，其中0.2%的增长来源于5G

2035年5G将在全球驱动12万亿美元经济活动
单位：十亿美元



5G价值链的研发与资本性支出份额（按国家）
平均值，2020-2035年



一张图看懂5G指标

容量

>10Gbps的峰值传输速率
最低100Mbps传输速率
每平方公里的机器连接数
≥100 万个

无限制体验

增强移动宽带

5G

海量机器通信

超高可靠性、低延迟

延迟

<1ms的延迟

可靠性>99.999%

移动通信0中断

连接性

10年电池寿命
机器通信超低成本

万物互联

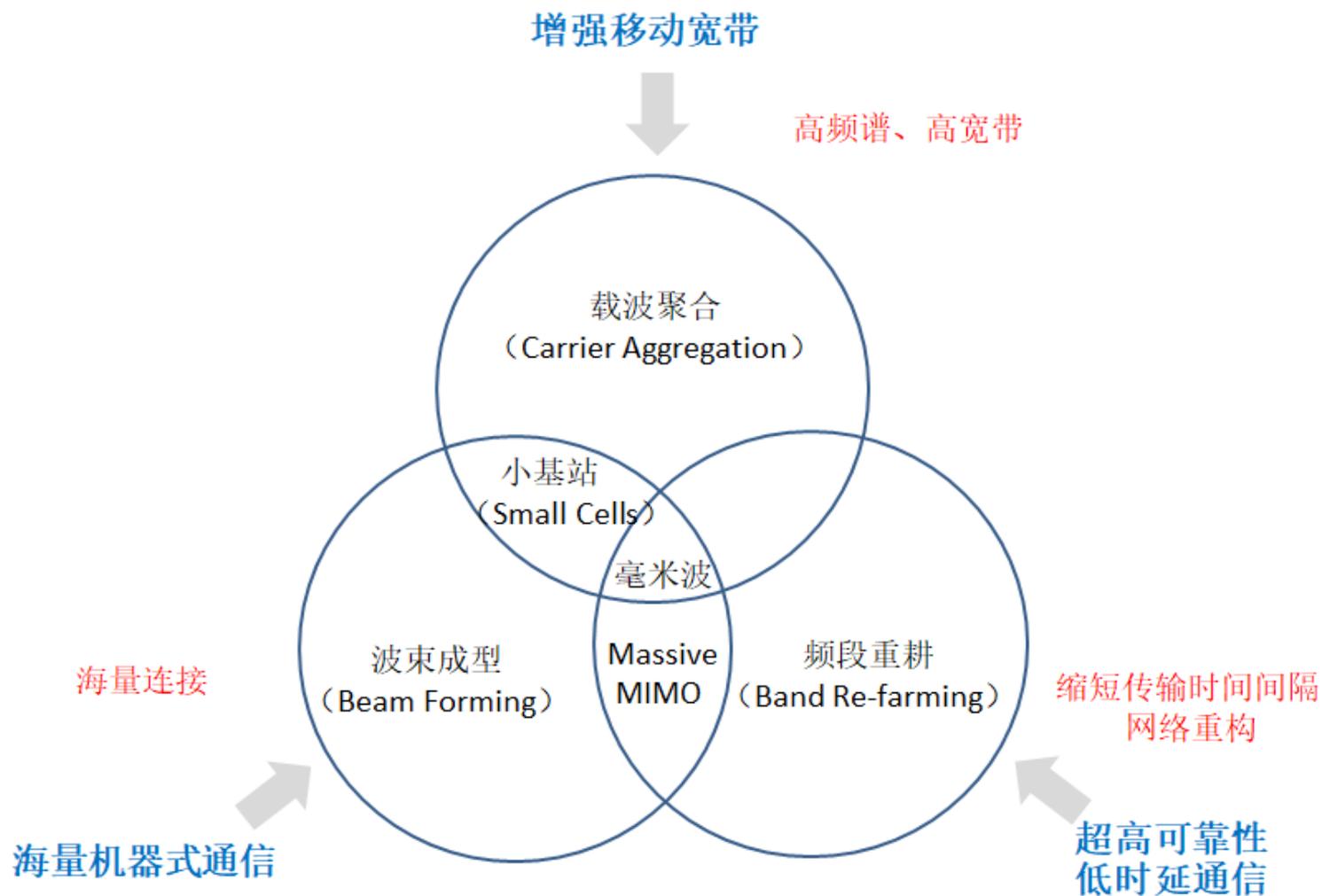
及时响应

可靠性

一张图看懂5G应用



一图看懂5G关键技术



5G新技术，什么是MIMO、CA、QAM？

根据香农公式，要实现更快的数据传输速率，我们需要：

- 增加带宽 (B)
- 增加 MIMO阶数 (M, 路径数量)
- 增加发射功率 (S)
- 降低噪音 (N) 并提高接收 (Rx) 灵敏度

在3GPP所有可用的技术中，获得更高数据速率的关键与四个主要类别相关：

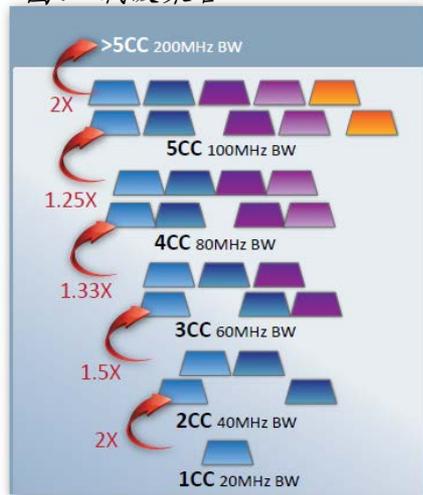
- 增加网络密度 (S/N)
- 采用载波聚合增加信道带宽 (B)
- 利用高阶调制或增加每符号比特数量 (S/N)
- 利用 MIMO 来增加数据流数量 (M)

图：香农公式、MIMO

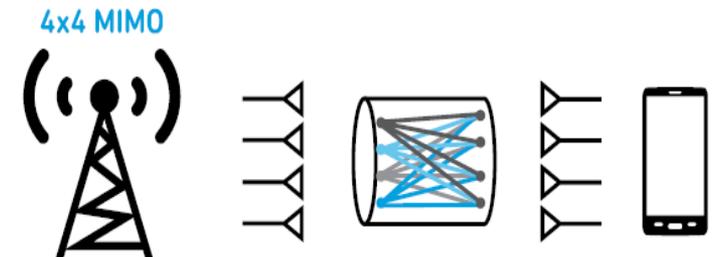
$$C (b/s) = M * B * \log_2(1 + S/N)$$

C = 信道容量 (比特/秒)
M = 信道数量, MIMO阶数, 更高的M意味着更快的数据速率
B = 带宽, 带宽越宽则理论数据速率就越高
S/N = 信噪比

图：载波聚合

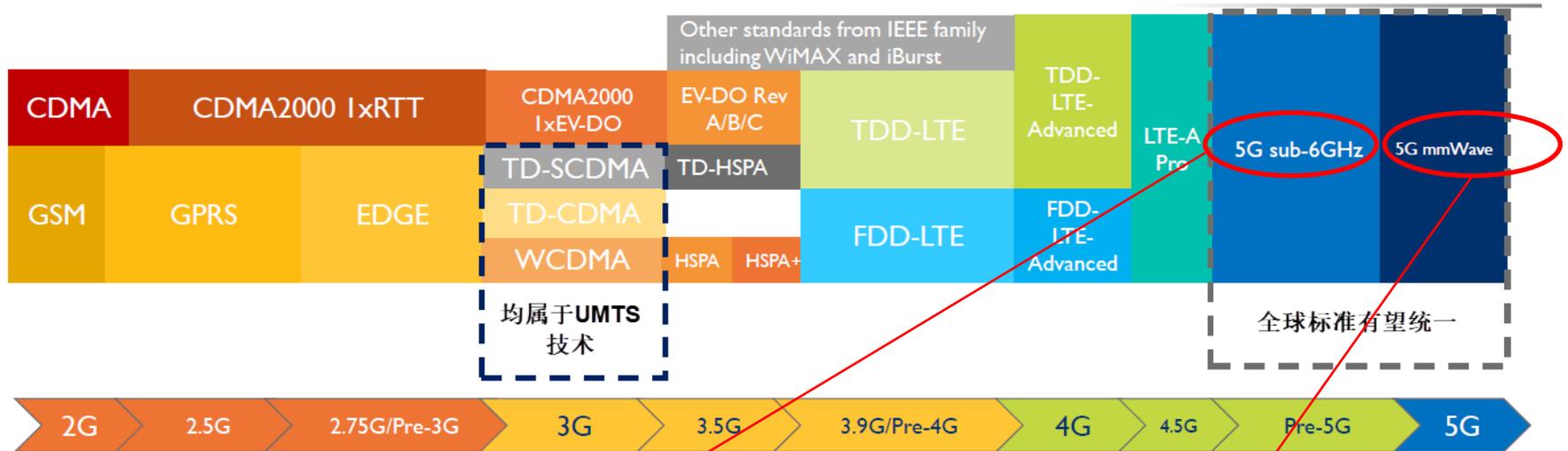


图：高阶调制



调制	QPSK	16 QAM	64 QAM	256 QAM	1024 QAM
状态	4	16	64	256	1024
比特/符号	2	4	6	8	10
下行链路	强制			可选	未来
上行链路	强制		可选	Rel 14	

5G Sub-6GHz扩容提速，毫米波热点加强



目录

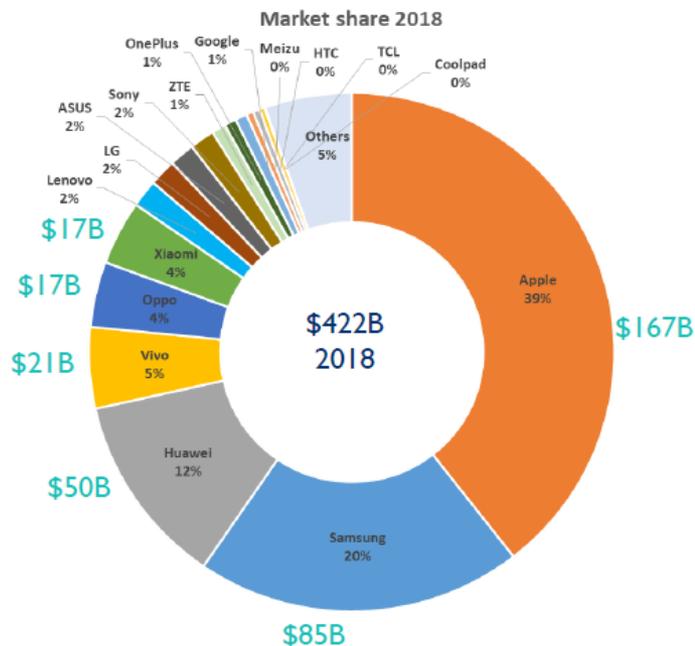
- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- 5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- 5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

智能手机市场规模大，供应链成长天花板高

Yole数据显示，2018年全球智能手机销售额4220亿美元（约合3万亿元人民币），以出货量14亿部计算，智能手机平均售价达到301美元（约合2000元人民币）。

参考iPhone X、三星S9 Plus零组件bom成本分别占售价的37%、45%，我们估算全行业bom成本/售价=40%，2018年全球智能手机供应链市场空间约为1.2万亿元人民币。

图：2018年各品牌智能机市场份额



图：2018年各品牌智能机出货量（百万部）

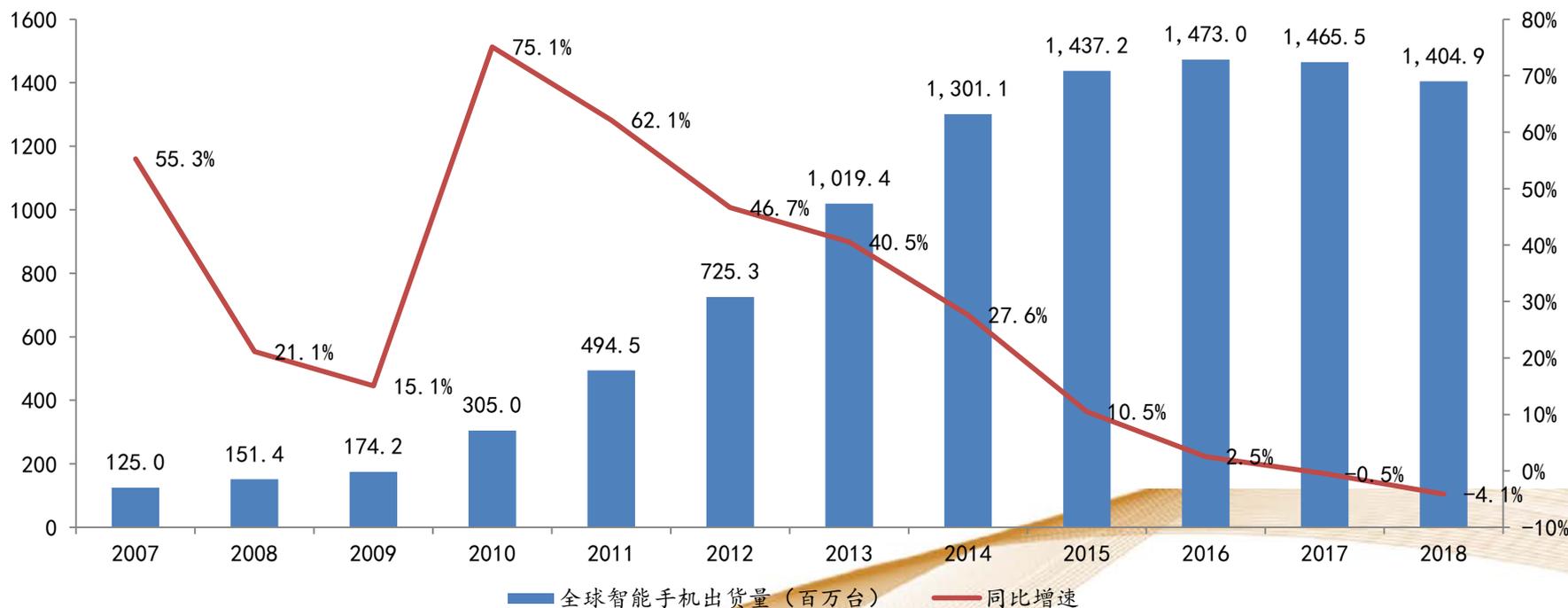
Company	2018 Shipment Volumes	2018 Market Share	2017 Shipment Volumes	2017 Market Share	Year-Over-Year Change
1. Samsung	292.3	20.8%	317.7	21.70%	-8.0%
2. Apple	208.8	14.9%	215.8	14.70%	-3.2%
3. Huawei	206	14.7%	154.2	10.50%	33.6%
4. Xiaomi	122.6	8.7%	92.7	6.30%	32.2%
5. OPPO	113.1	8.1%	111.7	7.60%	1.3%
Others	462	32.9%	573.4	39.10%	-19.4%
Total	1,404.9	100.0%	1,465.5	100.0%	-4.1%

Source: IDC Quarterly Mobile Phone Tracker, January 30, 2019

近两年：创新乏力，换机推迟，总出货量增长乏力

IDC数据显示，2017年全球智能手机出货量14.655亿部，10年来同比首次负增长，2018年继续衰退。我们判断主要原因是智能手机阶段性创新乏力、性能过剩导致的换机周期拉长，手机市场急需新动力。

图：2007~2018年全球智能机出货量



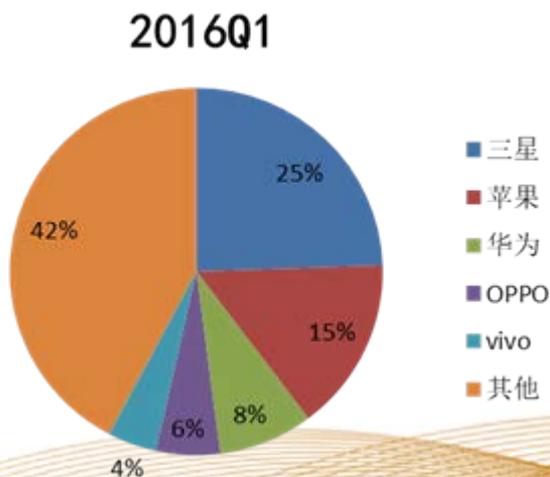
格局集中竞争加剧，品牌博弈急需创新突围

IDC数据显示，全球智能手机前五名出货量占比已经从2016Q1的58%达到2018Q4的69%，行业集中度快速提升。

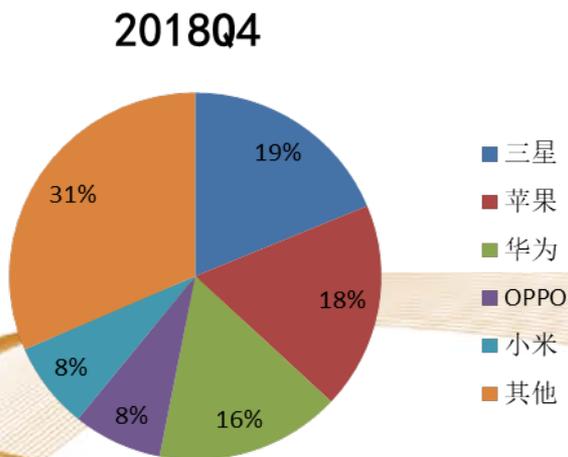
苹果：设计能力领先，稳定把持高端市场，过去3年出货量在2亿部上下浮动
三星：从显示屏到芯片的全产业链优势，过去3年出货量在3亿部上下浮动

华为、小米、OPPO、vivo：“成功经验不可复制，产品升级不进则退”，更加积极的寻求差异化创新以实现市场突围。

图：2016年1季度各品牌按出货量市场份额



图：2018年1季度各品牌按出货量市场份额



5G全新起跑线，品牌差距缩小，发力的机遇

激烈的市场竞争倒逼手机厂商快速引入新技术，5G手机最核心的变化在于modem（调制解调）芯片要支持5G功能，射频前端、天线做适应性配套，在这一点上，各家手机厂商起点相似，均需要依托高通的modem芯片，因此5G手机各大手机品牌的起跑线相近。

值得注意的是，华为依托于自身通信设备商和芯片设计实力，有能力开发自己的5G modem芯片，意味着在5G手机赛道上，华为有更多的成本优势。

图：智能手机无线通信原理示意图

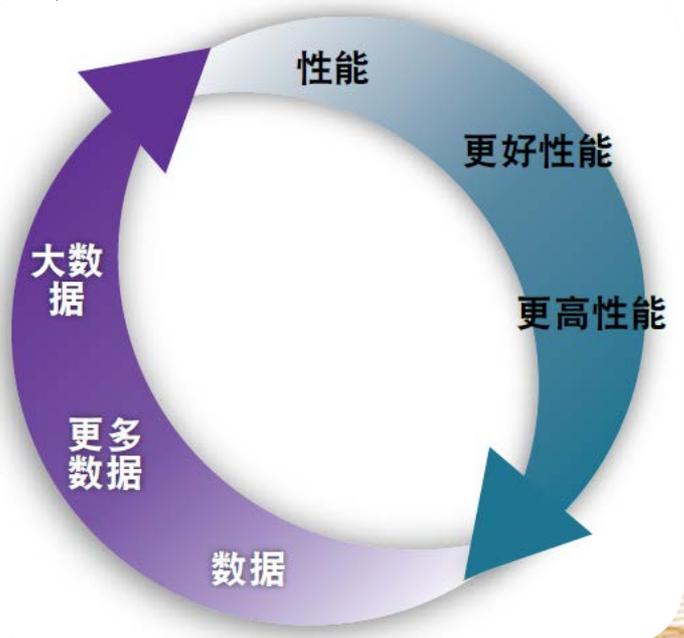


“数据飞轮”效应显现，“缓冲轮”倒逼 硬件升级

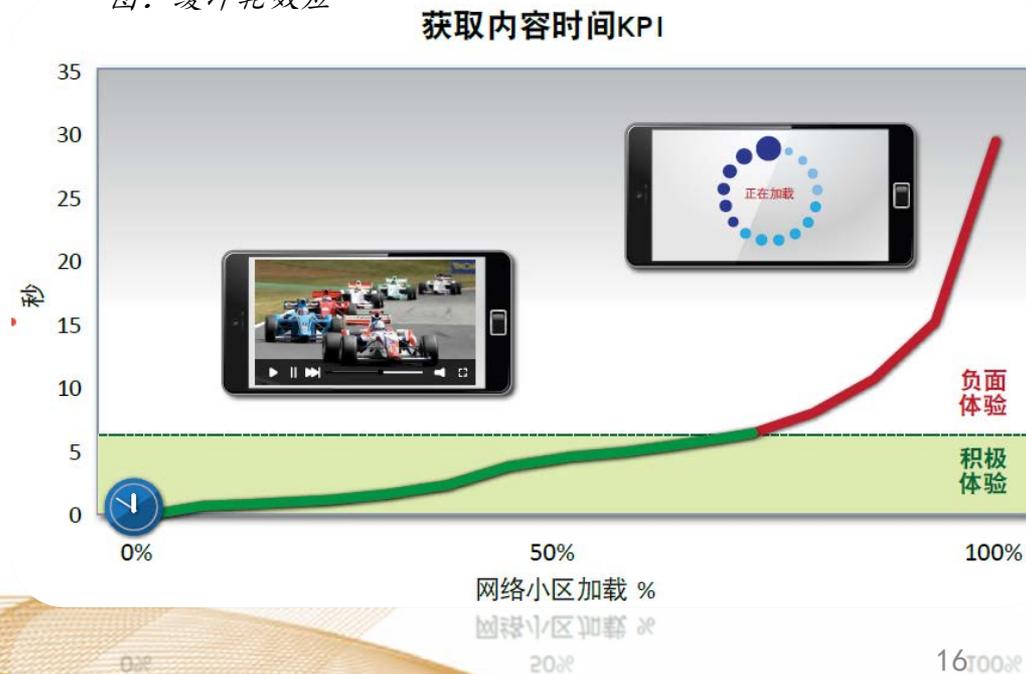
更快的处理器、更大的显示屏、更高清的摄像头产生更多数据，数据进一步刺激硬件升级。YouTube视频分享网站上传视频正从低保真向HD甚至ultra HD 4K视频迁移，与设备和网络升级相当。

爱立信的报告显示，大多数消费者需要视频缓冲时间小于6秒，才会给出积极体验。消费者希望瞬间访问到信息，无论是一天当中的哪个时刻，无论他们处在世界的哪个角落，也无论环境如何。消费者不关心这些幕后发生了什么，但是对于快速响应的体验要求甚高。

图：数据飞轮效应



图：缓冲轮效应



对于5G手机，消费者已经迫不及待

高通&诺基亚全球调研数据显示：

- 86%的消费者需要更快速的连接
- 50%的消费者希望成为5G早期应用者
- 50%的消费者需要无限流量套餐
- 消费者愿意为5G手机额外支付50美元



图：5G消费者调研数据



全球领先品牌全面启动， 2019是5G手机元年

除苹果外，全球领先智能手机品牌全部在2019年发布5G手机。

华为，7月26日，华为正式发布华为Mate 20 X 5G，成为国内首款商用支持SA/NSA 5G双模组网的5G手机，官方售价6199元；

中兴，第一款5G手机Axon10 Pro 5G版8月5日正式开售，售价为4999元；

vivo，子品牌iQOO手机宣布将于8月22日在北京正式发布iQOO Pro 5G版；

小米，一款型号为M1908F1XE的小米5G手机已经通过了3C认证；

OPPO、一加，5G手机已在海外市场率先发布，国内版本已经获得3C认证；

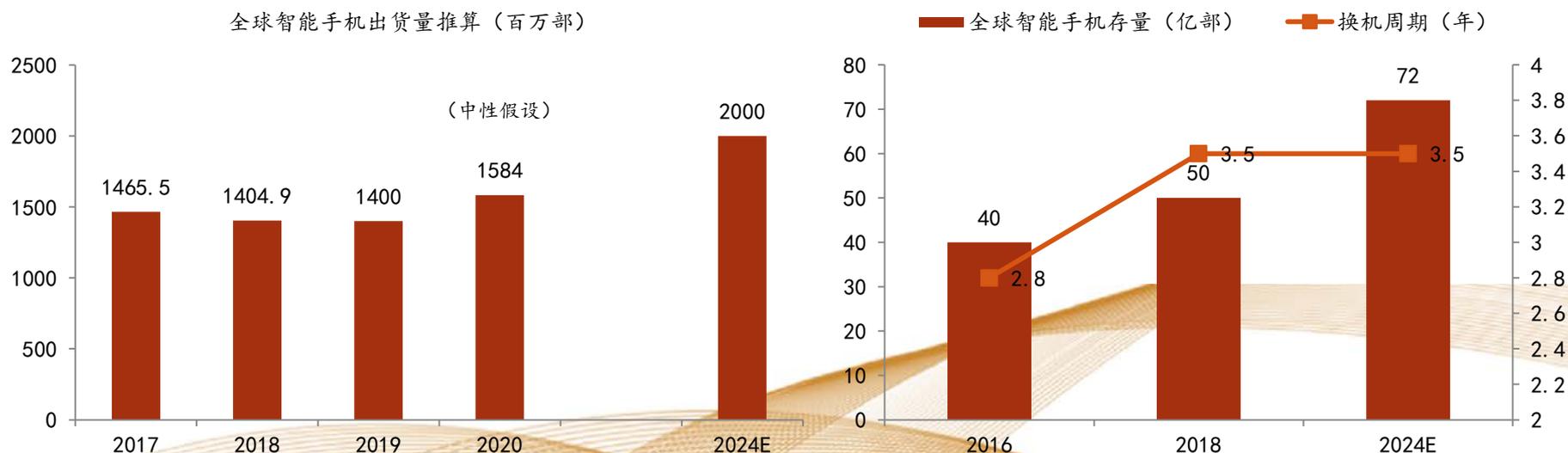
三星，已发布S10 5G版本和Note10 5G版本。

5G刺激换机，预计2020年将迎来出货大反弹

爱立信数据显示，2018年全球智能手机存量50亿部。参考IDC近几年智能手机出货数据，我们测算全球智能手机换机周期已经从2016年的2.8年拉长到2018年的3.5年。

展望2020年，50亿部存量中正常换机需求14亿部，在5G新机带动下，其余36亿部存量手机中，假设分别有3%（悲观）、5%（中性）、10%（乐观）的用户提前换机，**出货量将新增1.08亿（悲观）、1.8亿（中性）、3.6亿（乐观），对应智能手机出货量将整体增长8%（悲观）、13%（中性）、26%（乐观）。**

爱立信预计到2024年全球智能手机存量将达到72亿部，预计2023年已经成为5G换机末期，假设换机周期再次拉长至3.5年，预计2024年智能手机出货量将达到20亿部。



目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- **5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？**
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- **5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？**
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

华为加速5G SA手机进程，中国5G市场将引领全球

2019年6月6日，工信部正式发放5G商用牌照，5G时代开启。

7月26日，华为正式发布华为Mate 20 X 5G，成为国内首款商用支持SA/NSA 5G双模组网的5G手机，官方售价6199元。截止8月7日，华为Mate 20 X (5G) 在各大线上电商平台参加预约数已突破65万。

图：华为Mate 20 X 5G手机



HUAWEI Mate20 X 5G
华为 | 保卡 联合设计

- 唯一商用搭载双 7nm 5G 终端芯片模组
- 唯一商用支持 SA/NSA 5G 双模
- 首个中国 5G 进网许可证
- 首个泰尔 5G 通信能力五星证书
- 首个GCF 5G 能力认证证书

采用高通平台的品牌NSA产品打头阵

由于2019年可选方案有限、主芯片供应不足、射频模块化、供应链集中等原因，华为之外的安卓品牌首批面向商用的5G手机主要为NSA产品。

从中国移动要求看，5G NSA模式要求支持1T4R，1路发射4路接收，SA模式要求支持2T4R，2路发射4路接收。

图：中国移动关于预商用5G终端产品要求



面向2019年预商用5G终端产品要求

模式频段	要求
NSA模式 功能要求	智能手机至少支持五模 (NR/TD-LTE/LTE FDD/WCDMA/GSM) 数据类终端至少支持三模 (NR/TD-LTE/LTE FDD) NR模式支持1T4R 必选SRS单端口发射，必选两天线轮发 总功率26dBm，推荐NR发射通路支持26dBm NR上行速率125Mbps，下行速率1.7Gbps
SA模式 功能要求	NR模式支持2T4R 必选SRS两端口发射，必选四天线轮发 总功率26dBm，推荐NR单发射通路26dBm NR上行速率250Mbps，下行速率1.7Gbps

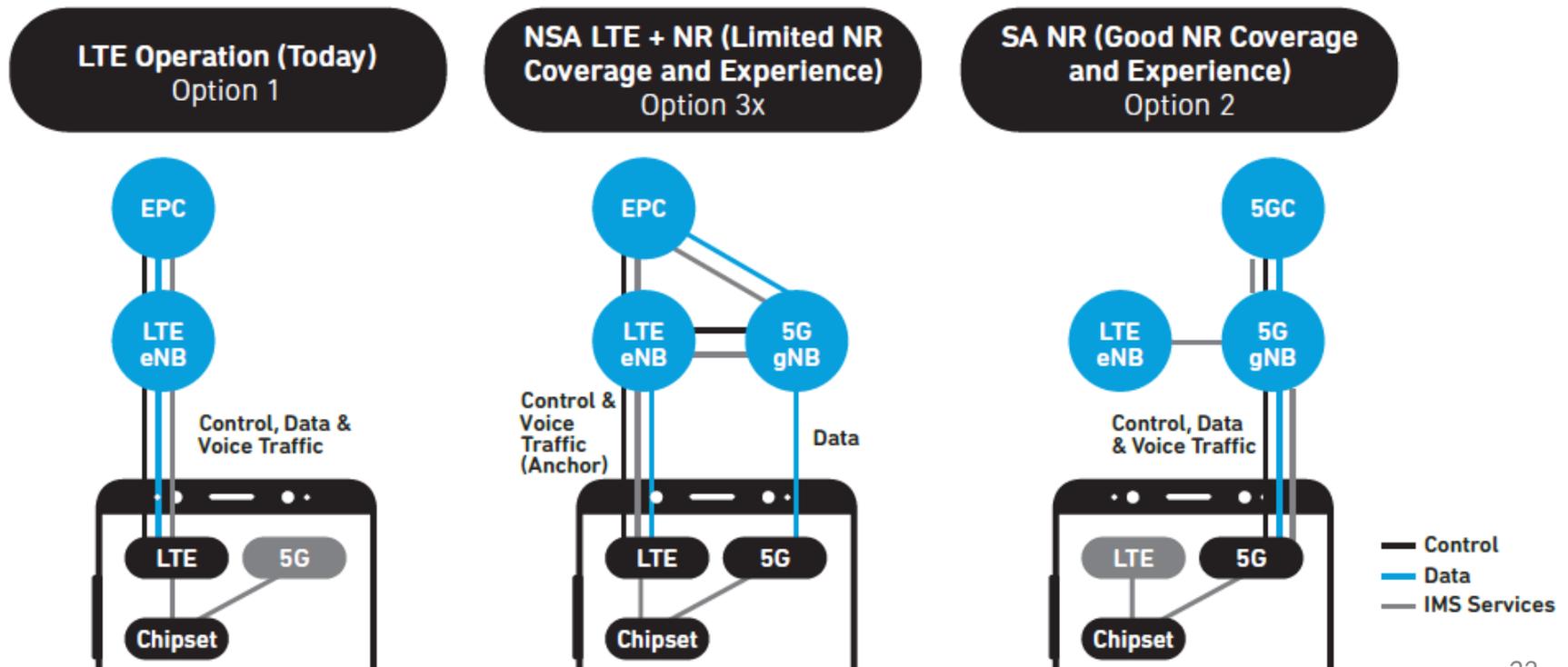
中国移动 5G Device
 中国移动5G预商用终端产品白皮书 (2019年版)
 中国移动 2018年12月

NSA与SA的区别

2017年12月份NSA（非独立组网）第一版标准完成，2018年6月SA（独立组网）第一版标准完成。

全球运营商的5G网络布局大多采用的是NSA架构，从成本的角度考虑，非独立组网则可以基于4G-LTE的核心网和接入网，只需在数据层做5G的基站部署，因此成本占有很大优势。

独立组网所有的核心网，从接入网数据层面、控制层面、语音层面都是纯粹的基于5G-NR新标准。从功能性上考虑，非独立组网还不能算作完整的5G网络，只是中间的过渡形式，最终全球绝大部分国家商用5G网络都会过渡到SA。



NSA手机硬件增量分析

移动版本：要支持n41和n79频段的1T4R，预计新增1个n41收发模组（内含1T2R，1路发射2路接收），1个n41接收模组（内含2R，2路接收），1个n79收发模组（内含1T2R），1个n79接收模组（内含2R）。

联通/电信版本：要支持n77频段的1T4R，预计新增1个n79收发模组（内含1T2R），1个n79接收模组（内含2R）。

全网通版本：要支持n41、n77和n79频段，射频前端增量为移动、联通 / 电信版本之和。

以上均需要4天线技术。

2019初步发展，2020规模发展

图：2019年中国移动将补贴1~2亿元，采购10000+台手机和数据模块进行预商用



图：2020年正式商用的5G手机最低价格有望下降到1000+



SA手机硬件增量分析

移动版本：要支持n41和n79频段的2T4R，预计新增2个n41收发模组（每个模组内含1T2R），2个n79收发模组（每个模组内含1T2R）。

联通/电信版本：要支持n77频段的2T4R，预计新增2个n79收发模组（每个模组内含1T2R）。

全网通版本：要支持n41、n77和n79频段，射频前端增量为移动、联通 / 电信版本之和。

以上均需要4天线技术。

目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- **5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？**
 - **天线**量价齐升，竞争格局重构
 - **连接器**适配性增长，射频细分领域是重点
 - **FPC vs LCP vs MPI**，区别到底是什么？
 - **射频前端芯片**，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - **基带芯片**，巨头的纷争
 - 大功率**快速充电**成必须，产业链全面受益
 - **散热**形式多样，厂商各显神通
- **5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？**
 - **毫米波**还有多远？
 - **射频前端与天线**的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，**LCP**的真正机会
 - 毫米波与**GaN**

4天线是基础配置，天线总量增加

无论是5G NSA还是SA，均要求4路接收，意味着至少在5G新频段要有4天线同时工作。

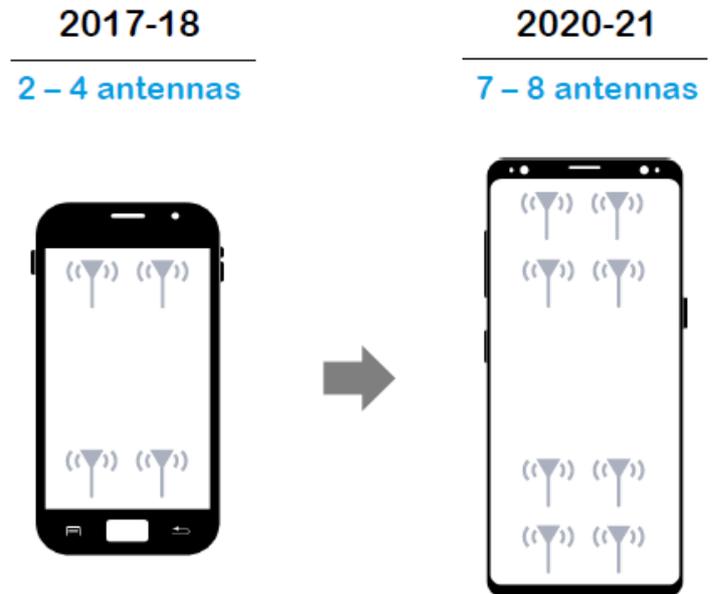
预计典型**5G手机天线数量7~8支**：4G通信天线*2，5G通信天线*4，Wifi天线*2，GPS天线*1（不同天线之间会出现共用）。

图：5G终端产品要求

面向2019年预商用5G终端产品要求

模式频段	智能手机至少支持五模 (NR/TD-LTE/LTE FDD/WCDMA/GSM) 数据类终端至少支持三模 (NR/TD-LTE/LTE FDD)
NSA模式功能要求	NR模式支持1T4R 必选SRS单端口发射，必选两天线轮发 总功率26dBm，推荐NR发射通路支持26dBm NR上行速率125Mbps，下行速率1.7Gbps
SA模式功能要求	NR模式支持2T4R 必选SRS两端口发射，必选四天线轮发 总功率26dBm，推荐NR单发射通路26dBm NR上行速率250Mbps，下行速率1.7Gbps

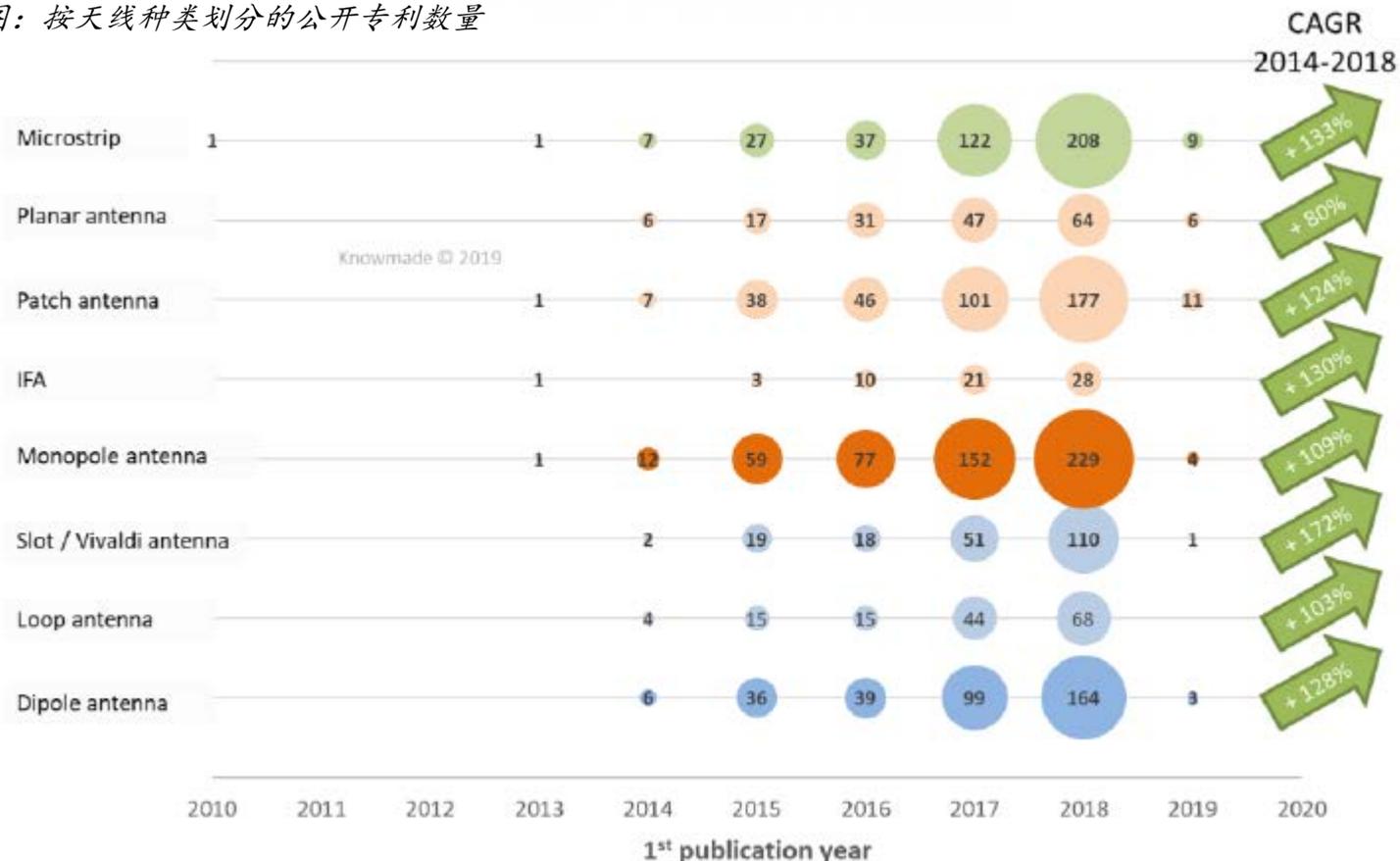
图：5G带动天线数量提升



5G天线专利申请高速增长

2014~2018年5G天线专利公开数量复合增速达到113%，其中有56%的专利来自于中国厂商。

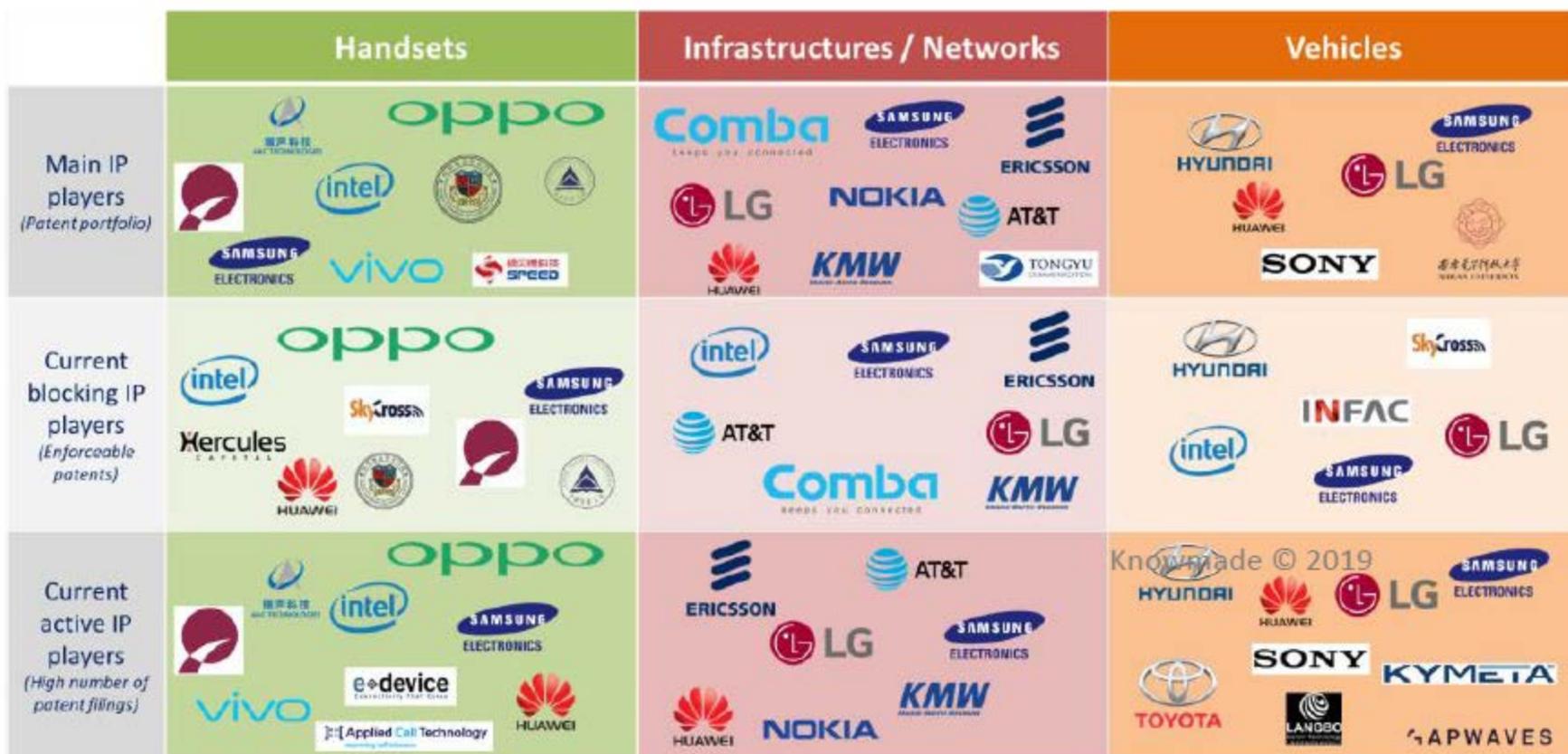
图：按天线种类划分的公开专利数量



中国厂商在天线领域专利全面布局

在手机终端领域，华为、OPPO、vivo、信维通信等厂商处于领先地位。在工业网络领域，传统欧美电信厂商主导。在汽车领域，车厂为主。值得注意的是，华为在上述三个领域均为主要参与者。

图：不同应用领域下的主要玩家



LDS天线带来新的价值增量

LDS: 激光直接成型技术 (Laser-Direct-structuring), 利用计算机按照导电图形的轨迹控制激光的运动, 将激光投照到模塑成型的三维塑料器件上, 在几秒钟的时间内, 活化出电路图案。

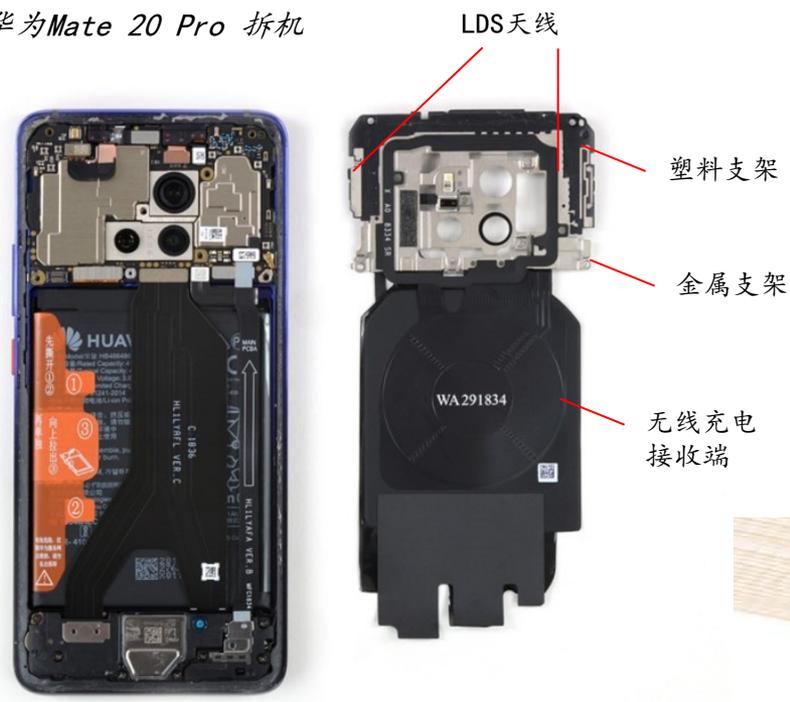
LDS天线, 即在成型的塑料支架上, 利用激光镭射技术直接在支架上电镀形成金属天线。

LDS天线必须附着在塑料支架上, 因此天线厂商通常提供塑料支架+金属支架+LDS天线一体化解决方案, 价值量从几块钱到十几块钱不等。在华为Mate 20 Pro机型中, 还引入了无线充电功能, 也是由传统手机天线厂商供应。

图: 华为Mate 20 Pro 拆机



图: 华为Mate 20 Pro 拆机

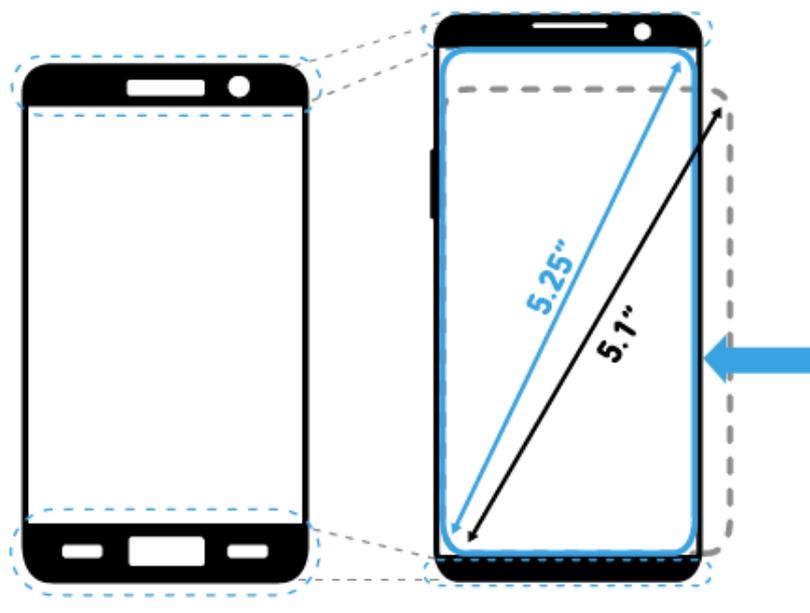


行业需求触底回升，LDS天线老树开新花

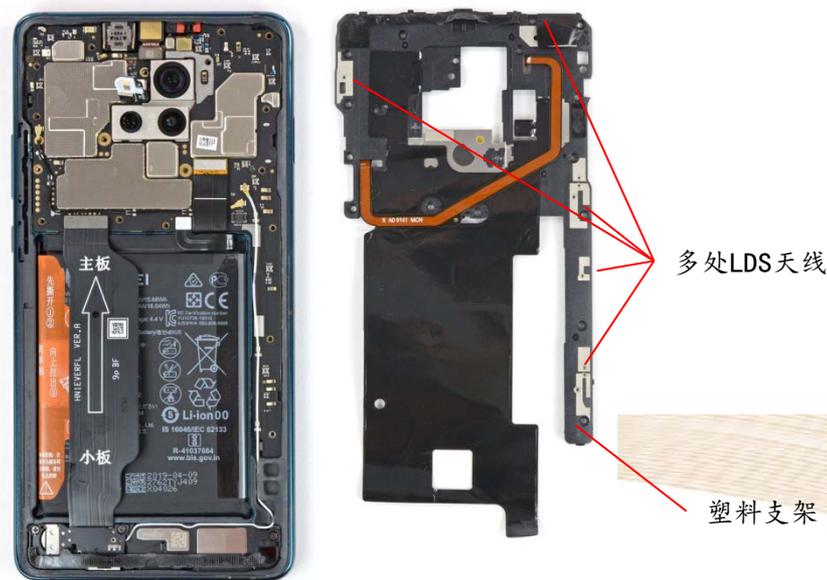
自2012年iPhone 5开始，金属机壳快速渗透，而到了2017年，全面屏的流行带动手机外观回到双面玻璃，其中一个重要原因是全面屏压缩了智能手机天线空间，使得采用金属外壳作为天线的设计走进了尽头，而非金属后壳材质可以选用LDS天线、FPC天线等多种实现形式。

从行业需求看，此前受到金属机壳渗透率提升而被压制的LDS天线市场不仅有望触底回升，更有可能在5G手机天线数量增加的进程中，获得进一步增长。

图：手机全面屏压缩天线空间



图：华为Mate 20 X 5G手机多处使用LDS天线



Mate 30集成21根天线，数量大幅增加

2019年9月的华为新品发布会上，消费者业务CEO余承东表示，Mate 30系列手机内部集成了21根天线，其中14根天线用于5G连接，并支持8频段5G和双5G SIM卡连接。

华为Mate 30系列手机不仅支持5G，还要兼容4G、3G、NFC、GPS、WiFi、BT蓝牙等网络，所以总计使用了21天线，用于5G就有14条天线，远高于其他厂商的5G手机。

图：华为Mate 30 5G版本具有21根天线。



支持频段多是天线数量多的主要原因

在频段方面，Mate 30系列5G手机支持n79、n78、n77、n41、n28、n3及n1多个频段，相比之下三星的Galaxy Note 10+5G手机只支持N79、N78及N41频段，而苹果的iPhone 11系列手机完全不支持5G。

图：Mate 30 Pro 5G支持最多的5G频段



目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- **5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？**
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- **5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？**
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

射频连接线配套增加

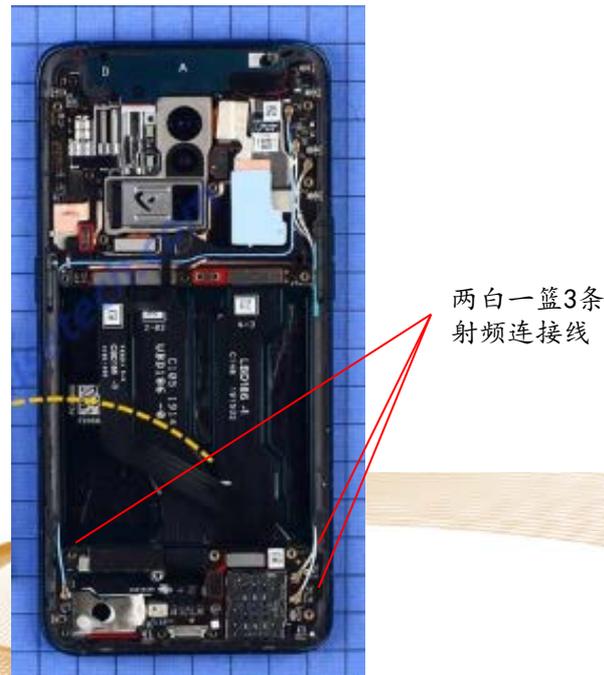
华为Mate 20X 5G采用LDS形式增加天线数量，同时主板边缘延长实现天线和射频前端芯片的连接，用到2条射频连接线。OPPO Reno采用3条射频连接线实现天线和主板相连。

相比于4G手机，5G手机在天线数量增加的情况下，射频连接线数量呈现倍数增长，根据产业调研，行业内已经出现单部手机使用4~5条射频连接线的产品。

图：手机全面屏压缩天线空间



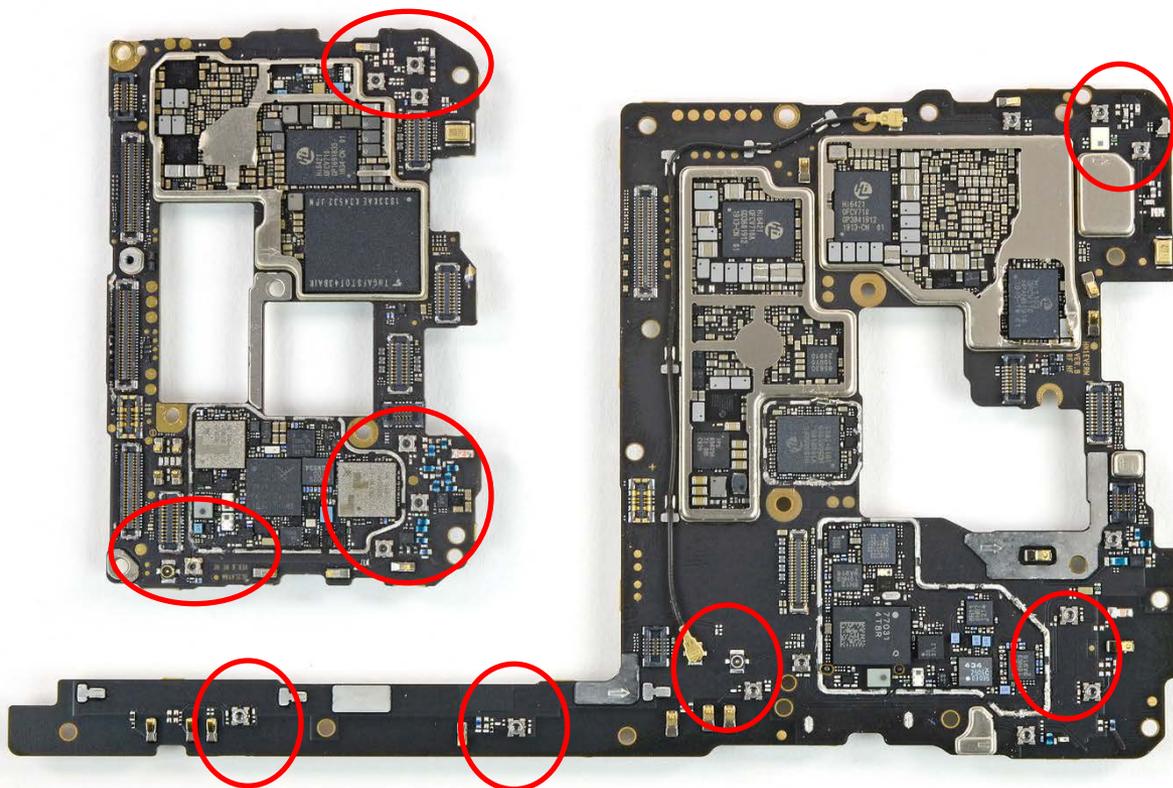
图：华为Mate 20 X 5G手机多处使用LDS天线



华为Mate 20X 5G射频连接器数量明显增加

对比华为Mate 20 Pro (4G手机) 与Mate 20X 5G手机, 由于5G天线数量增加, 射频信号通路增加, 主板上射频连接器数量从8个增长到14个。

图: Mate 20 Pro主板 (左) 与Mate 20X 5G主板 (右) 对比



iPhone延续金属边框+软板的天线方案

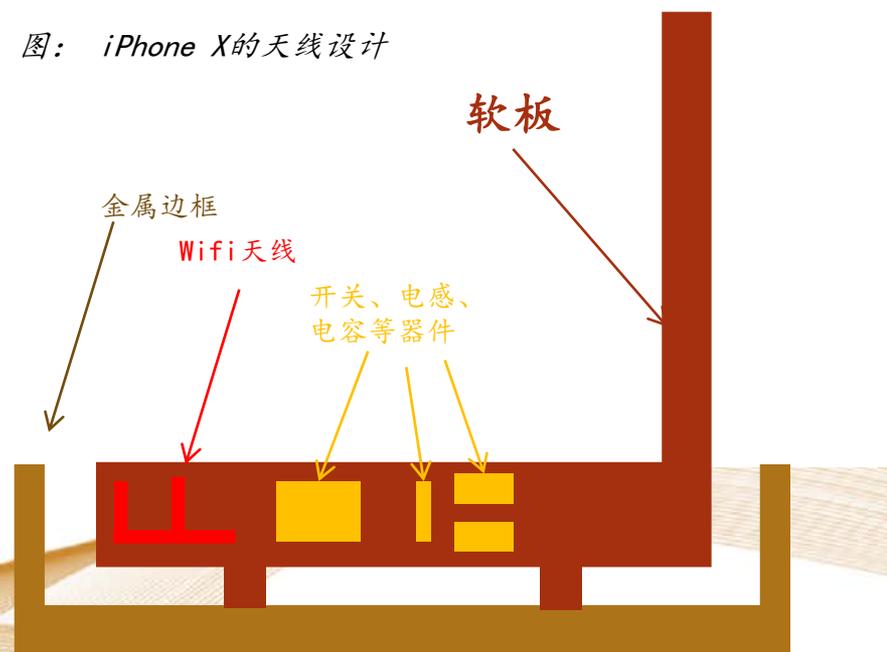
iPhone延续了金属边框+FPC的设计方案，在iPhone X和Xs系列机型上采用LCP基材的FPC。以iPhone X的下天线为例，LCP软板承担3个功能：

- ①软板上印制WIFI天线；
- ②软板上贴装元器件以配合边框实现完整的通信天线功能；
- ③作为天线和主板的传输线。

图： iPhone X上下各有一片LCP材料的FPC用于天线连接



图： iPhone X的天线设计

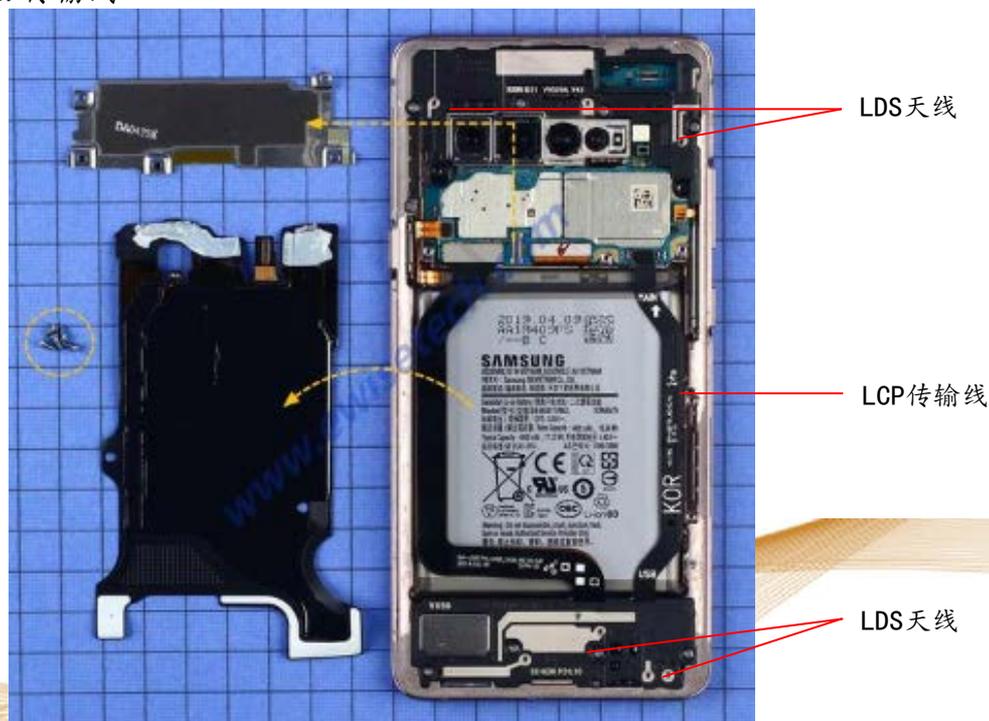


三星采用LDS+软板传输线方式

4G手机时代，三星主要采用LDS天线加射频连接线的方案，与华为、小米等国内厂商类似。

进入5G时代，对比三星S10 5G版本，我们发现，三星采用了全新的LDS 天线配合软板射频传输线的方式。

图：三星S10 5G用到了LDS+LCP传输线



目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- **5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？**
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- **5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？**
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

LDS、FPC、MPI、LCP、射频连接线，究竟 是什么关系？

手机从外界接收到信号，需要经过天线、射频传输到达射频前端芯片、基带芯片处理，实现通信。天线、射频传输是功能描述，不代表具体实现方式。

天线有多种实现方式，包括但不限于金属边框、LDS、PCB、FPC、MPI、LCP、弹片等；射频传输也有多种实现方式，包括但不限于射频连接线、FPC、PCB、MPI、LCP等。

从市场已有解决方案看，华为5G手机采用金属边框+LDS实现天线功能，延长主板PCB、射频同轴线实现射频传输。

三星采用金属边框+LDS实现天线功能，LCP传输线实现射频传输。

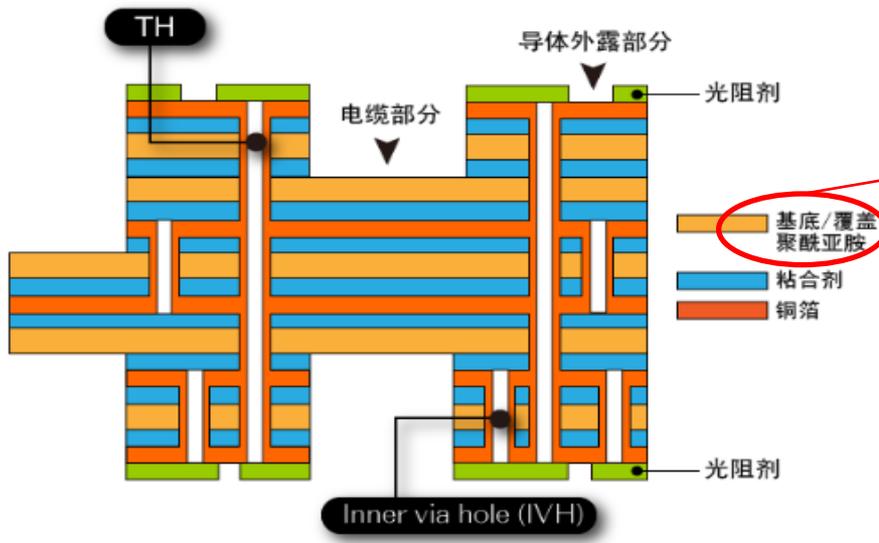
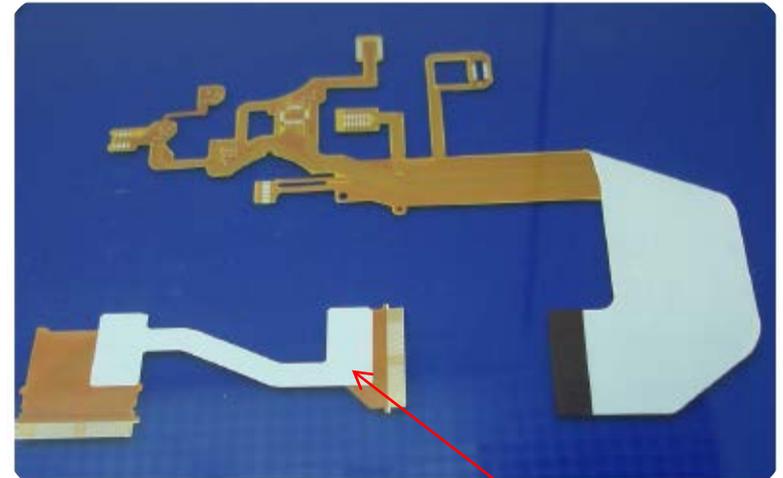
苹果采用金属边框+LCP软板实现天线功能，同时LCP兼顾射频传输功能。

FPC、MPI、LCP的区别是什么？

FPC，主要是以聚酰亚胺为基材，和铜箔压合在一起的柔性电路板。

LCP，以液晶聚合物为基材，和铜箔压合在一起的柔性电路板。

MPI，以改性的聚酰亚胺为基材，和铜箔压合在一起的柔性电路板。



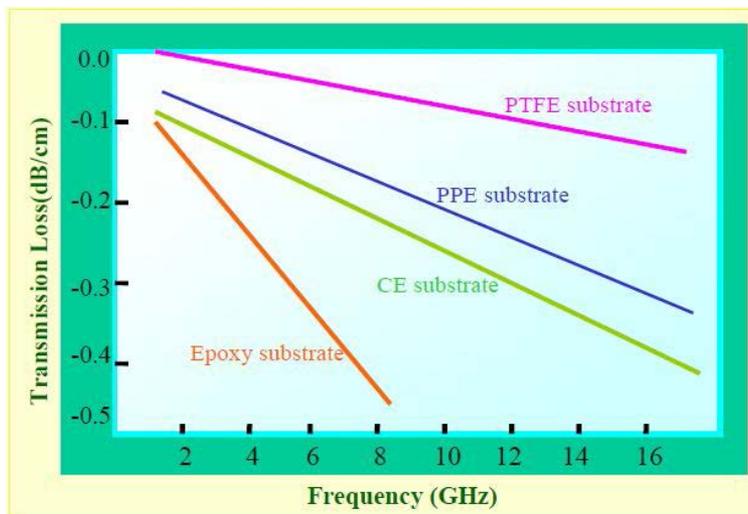
		LCP
基材	聚酰亚胺膜	25μm(1mil)、12.5μm(1/2mil)
	铜箔	17.5μm(1/2oz)、12μm(1/3oz)
Cover material	聚酰亚胺膜	25μm(1mil)、12.5μm(1/2mil)
	光阻剂	
Via	贯通 0.20mm~ IVH 0.15mm~、SVH 0.10mm~	
表面处理	电解/非电解镀金、防锈处理、电解镀锡 其他	
层数	3 to 8 层	

用于射频信号传输的软板必须低损耗

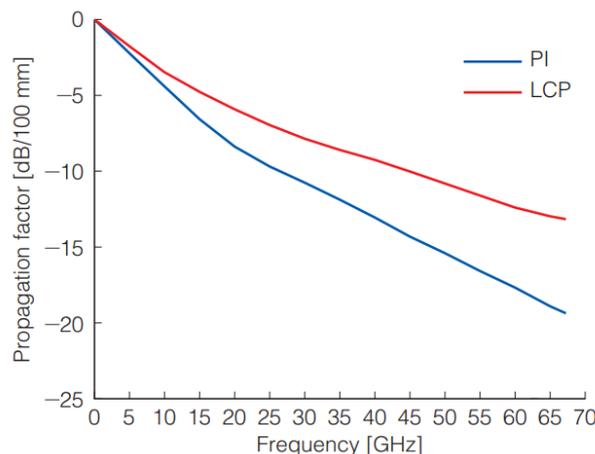
华为Mate 20X 5G的LDS天线直接连接到主板，iPhone X的天线需要软板将信号传输到主板，而**射频信号的传输损耗和工作频率、板材的介电常数、介电损耗成正比相关**，因此选用低介电常数、低介电损耗的材料才能保证射频线号的传输质量。

传统FPC采用PI基材，性能略差，因此苹果选用低介电常数、低介电损耗的LCP作为天线传输线FPC的基材；鉴于LCP软板产业成熟度相对低而成本高，业内同步开发改性PI（MPI）材料以用于射频信号传输的FPC。

图：不同基材对于信号传输损耗的对比



图：不同基材对于信号传输损耗的对比



注：射频信号在PCB/FPC上传输损耗公式

其中：K是常数，f是频率，Dk是板材介电常数， $\tan \delta$ 是板材介电损耗

$$\text{Transmission Loss} = K \times f \times (Dk)^{1/2} \times \tan \delta$$

天线、射频传输解决方案一览

鉴于5G手机普及初期，整机bom成本压力大，短期内低成本的LDS+射频传输线是5G手机主流。我们判断2020年以后，5G核心芯片组件价格随着产量上升而单价下降，同时更多小尺寸的5G手机面世，LDS天线+LCP传输线或LCP天线+LCP传输线将成5G手机的主流解决方案。

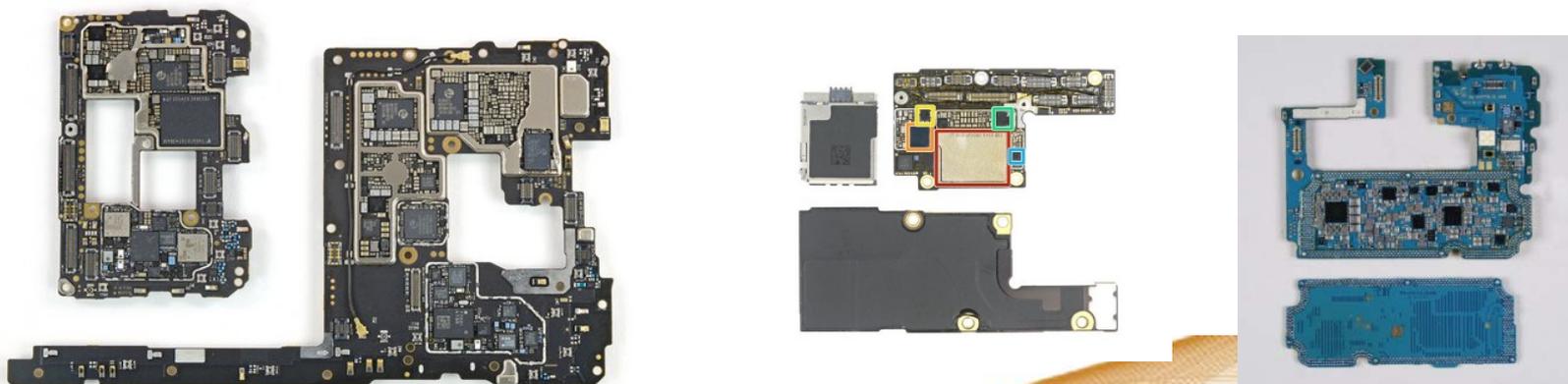
	LDS	FPC	MPI	LCP
成本	低	低	中	高
实现天线的性能	优秀	优秀	优秀	优秀
实现射频传输的性能	不能实现	差	中	优秀
天线和射频传输是否可以合而为一	不能	可以，但性能差	可以，性能居中	可以，性能优秀

5G手机小型化，主板从HDI走向SLP

类载板（SLP）是高密度板（HDI）的升级，制程接近IC载板，因此得名。特点是将极限线宽线距从45um拉低到30um，增加板上走线密度从而减小使用面积，腾出空间给更大的电池和更多的摄像头。

苹果、三星已经开始批量使用SLP技术，华为首款5G手机Mate 20X（5G）仍使用HDI，主板面积大幅增加，电池容量从4G版本的5000mAh缩水到4200mAh。目前华为Mate 20X（5G）是7.2寸屏，属于大尺寸机型，如果推出正常5.8寸屏幕（iPhone Xs尺寸），将必然选择SLP技术。

图：不同型号手机主板，从左至右：华为Mate 20X（4G）主板HDI、Mate 20X（5G）主板HDI、iPhone Xs（4G）主板SLP、三星S10（5G）主板SLP



SLP普及，FPC必然上量

苹果4G手机、三星5G手机已经开始批量使用SLP技术，国产品牌有望跟进。SLP主板相比于HDI价格翻倍，同时面积更小，会带动摄像头、天线、无线充电、按键、充电接口等功能组件大范围使用LCP和FPC，软板需求将呈现行业性高增长。

图：iPhone X的FPC用量20条以上



目录

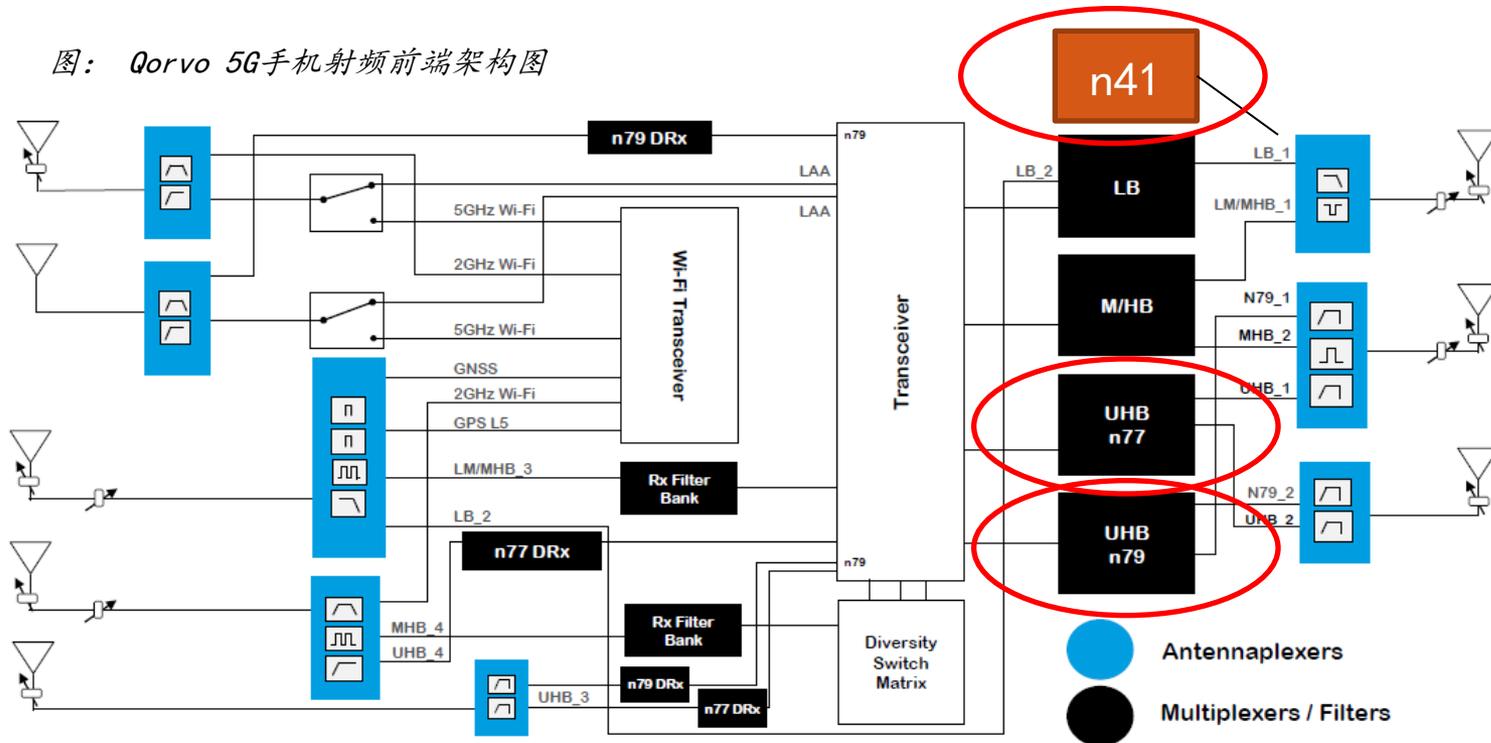
- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- **5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？**
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- **5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？**
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

5G全网通手机至少要新增3大频段

2017年11月工信部明确了3300~3400MHz（原则上限室内使用）、3400~3600MHz和4800~5000MHz频段作为5G系统的工作频段；对应3GPP 5G无线规范的n77（3300~4200MHz）和n79（4400~5000MHz）。Qorvo当时给出的5G手机参考设计，需要新增n77和n79两个射频前端模组。

2018年12月，工信部批复5G试验频率，中国电信获得3400MHz-3500MHz频段；中国移动获得2515MHz-2675MHz、4800MHz-4900MHz频段；中国联通获得3500MHz-3600MHz频段。由此看，如果支持移动、联通、电信全部5G频段，在n77和n79基础上，还要支持n41（2496~2690MHz）。

图：Qorvo 5G手机射频前端架构图

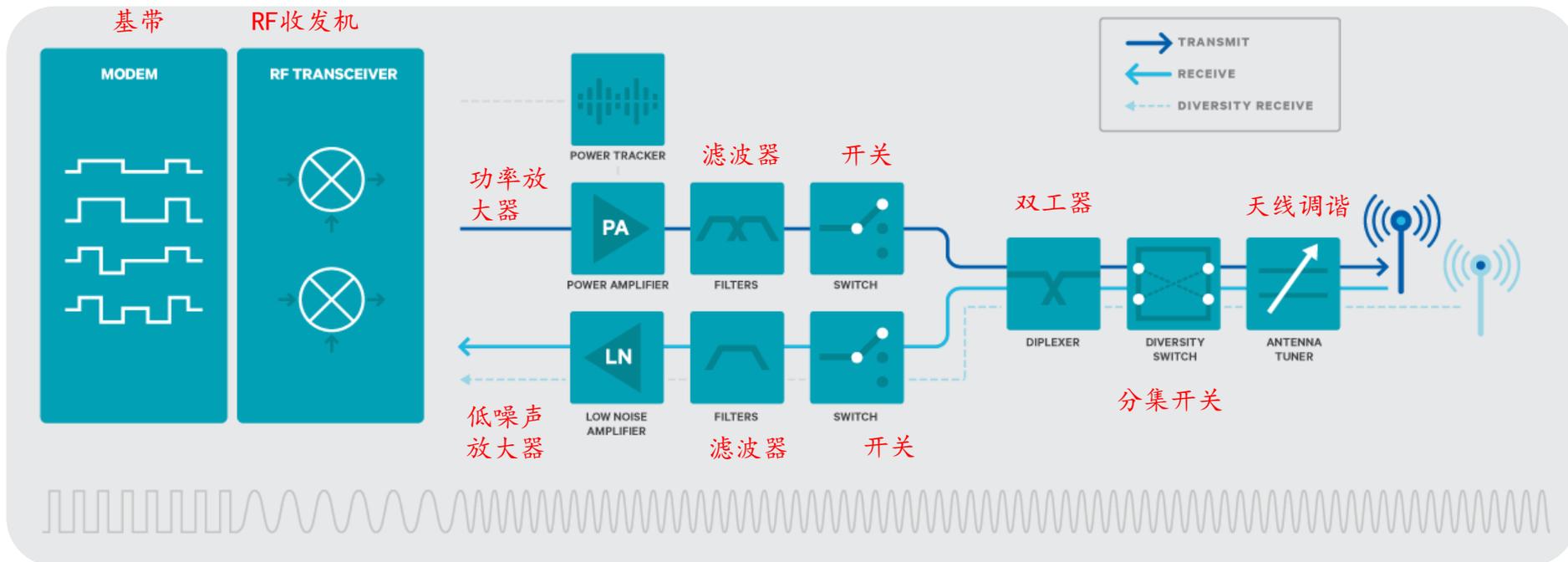


配合新频段，需要新增射频前端等关键元器件

接收通路：天线接收无线电波，通过射频前端（开关、双工器、滤波器、低噪声放大器等）获得特定频段信号，进入RF收发机降频和模数转换，变为数字信号由Modem编解码，最后交由AP应用处理器芯片处理。发射通路：上述过程反向。

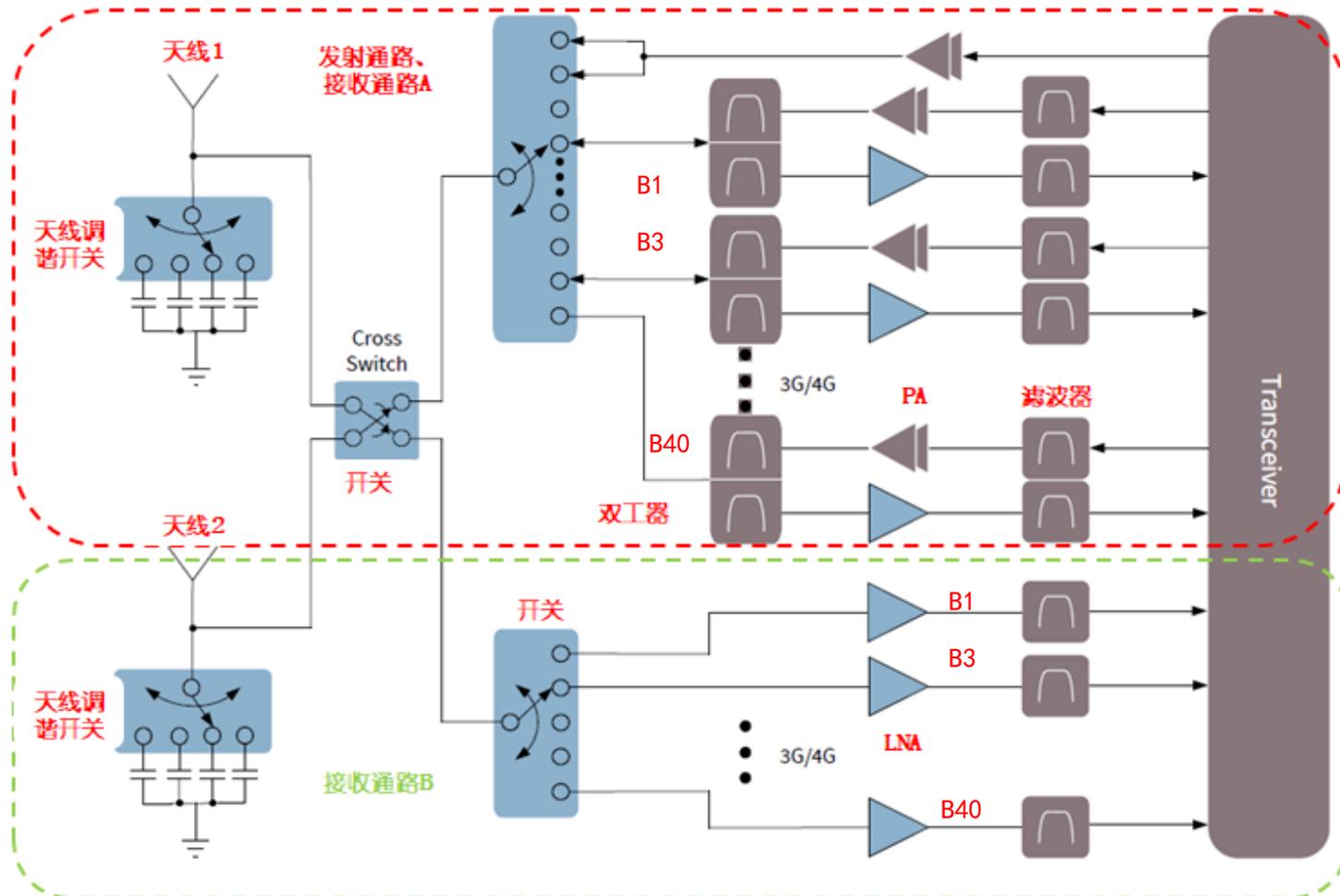
5G Modem、RF收发机芯片可与4G芯片集成，而射频前端芯片和天线则需要按频段新增，从数量上看，射频前端和天线会确定性增加。

图：手机射频架构



4G时代1T2R，每个频段都是1路发射，2路接收

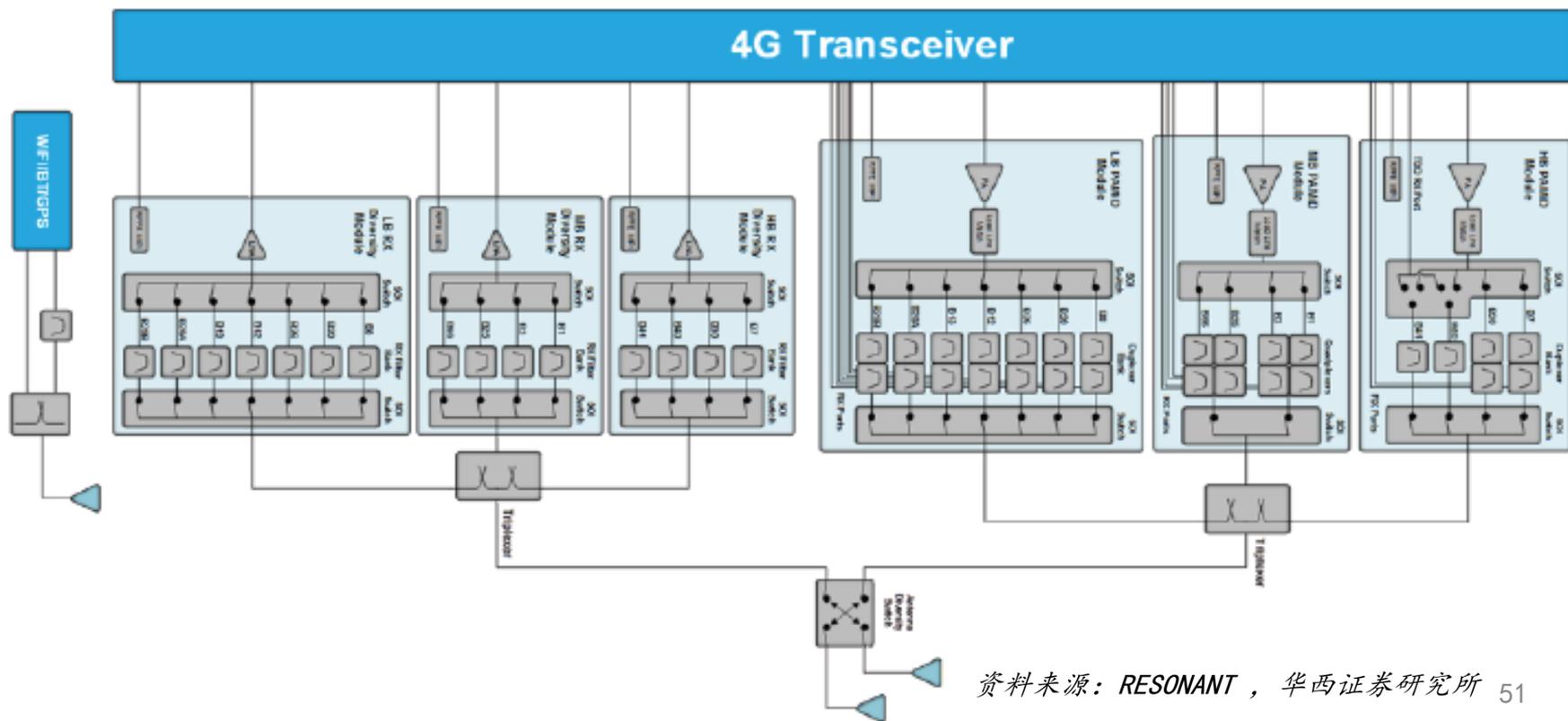
典型的4G手机需要支持约40个频段，如B1、B3、B5、B8、B38、B41等，每个频段都需要有1路发射和2路接收。发射通路上需要滤波器、功率放大器、开关等，接收通路需要开关、低噪放、滤波器等器件。



部分频段的射频前端可以共用，形成 低频、中频、高频分类

在4G LTE频段划分中，有部分频率相近或重合的频段，可以形成射频前端器件共用，业界通常将4G频段划分为低频（698~960MHz）、中频（1710~2200MHz）和高频（2400~3800MHz），相应的，对应射频前端器件可以形成低频模组、中频模组和高频模组。

图：4G手机射频架构

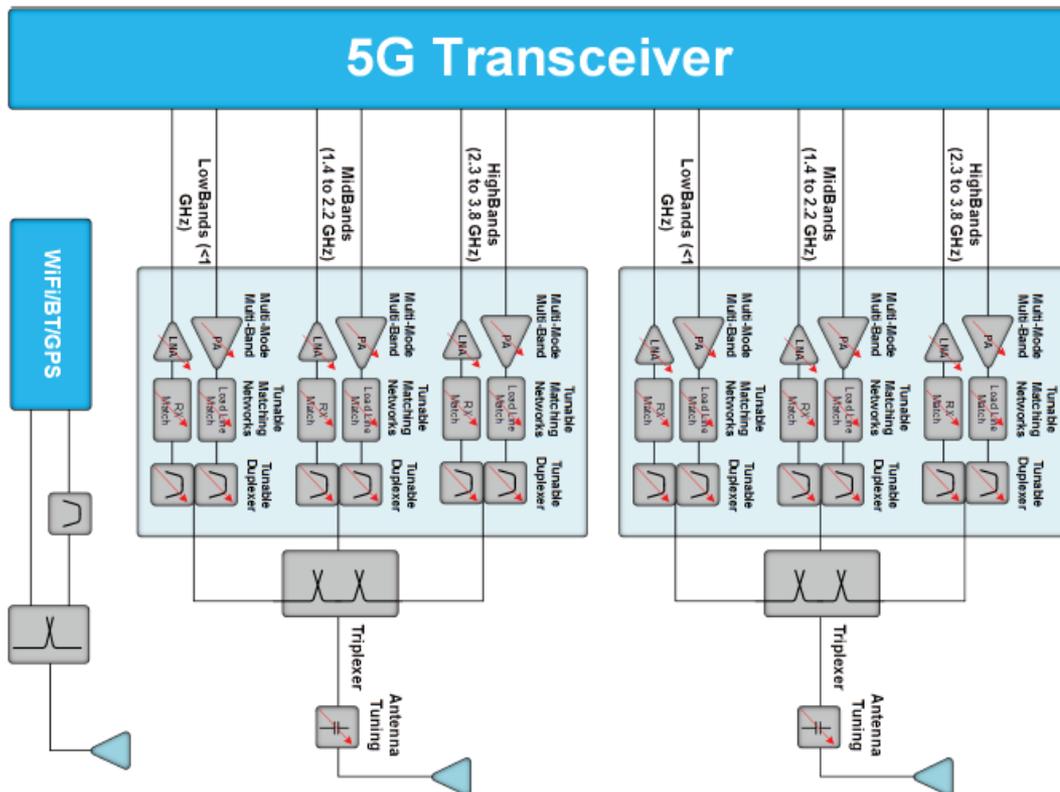


5G新增频段，且SA模式要求2T4R

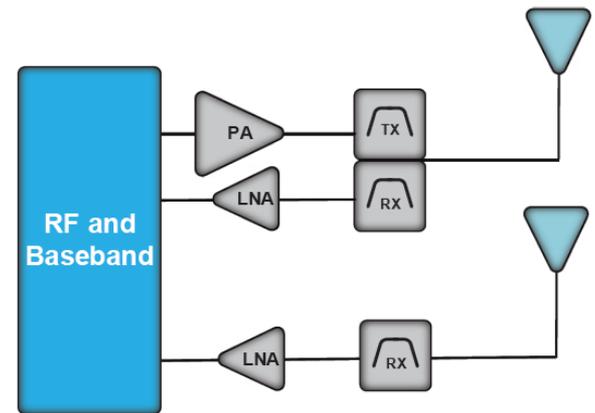
归根结底，由于5G增加了新频段，支持新频段就需要增加配套的射频前端芯片。

简化来看，射频发射通路主要是PA和滤波器，接收通路主要是LNA和滤波器，其他如射频开关、RFIC、电阻、电容、电感均为核心芯片的配套。

图：5G手机射频架构

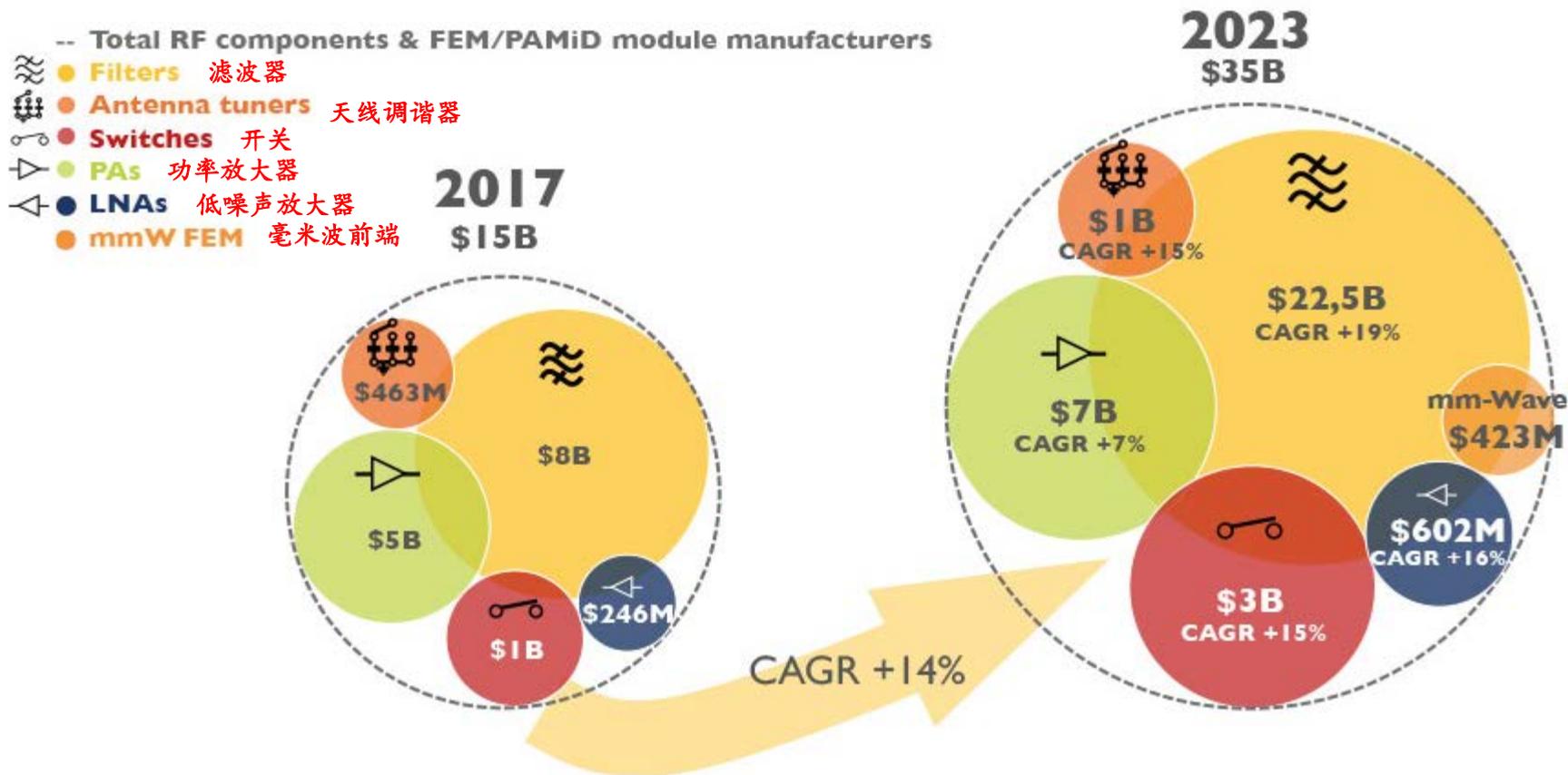


图：简化示意图



手机射频前端市场空间有望达到350亿美元

图：2017~2023年射频前端市场空间

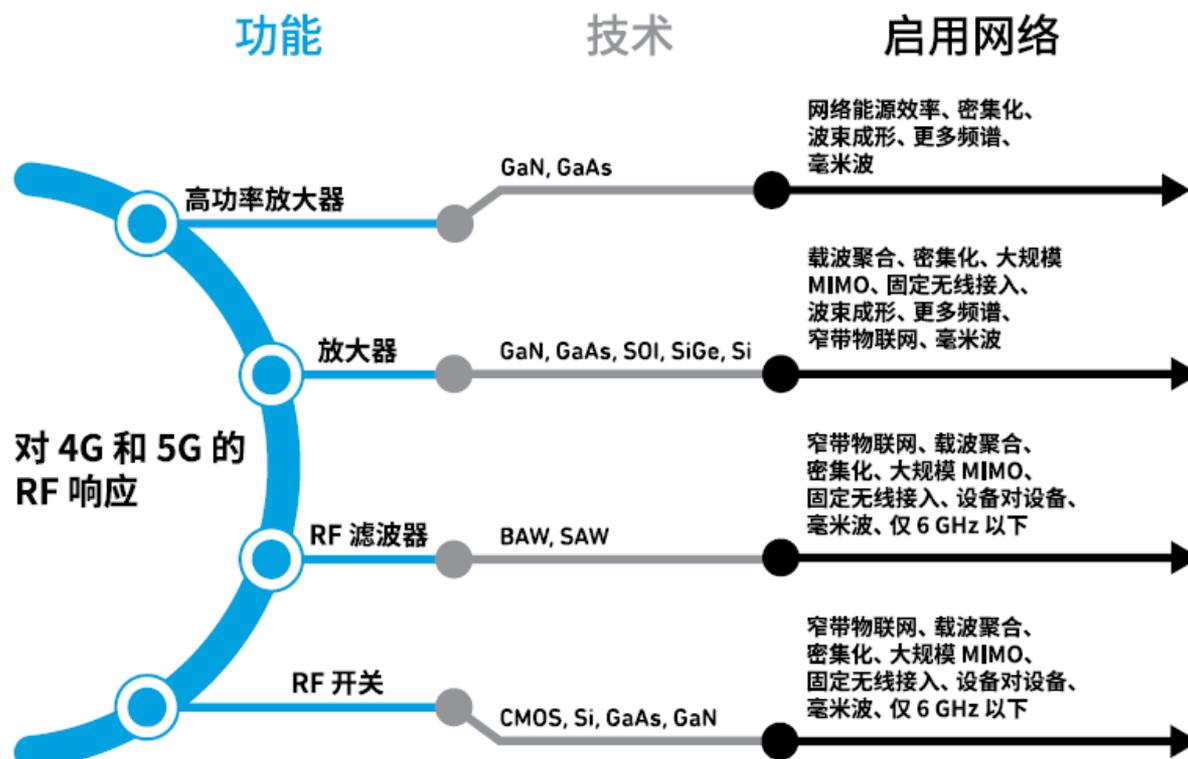


资料来源：Yole, 华西证券研究所

射频前端器件怎么实现的？

射频前端器件均有由半导体工艺制备，用于手机端的功率放大器和低噪声放大器主要基于GaN、GaAs、SOI、SiGe、Si（用于基站端的大功率功率放大器主要采用GaAs和GaN）。滤波器主要品类有SAW和BAW两种，均采用压电材料做基底。RF开关主要基于CMOS、Si、GaAs和GaN材料。

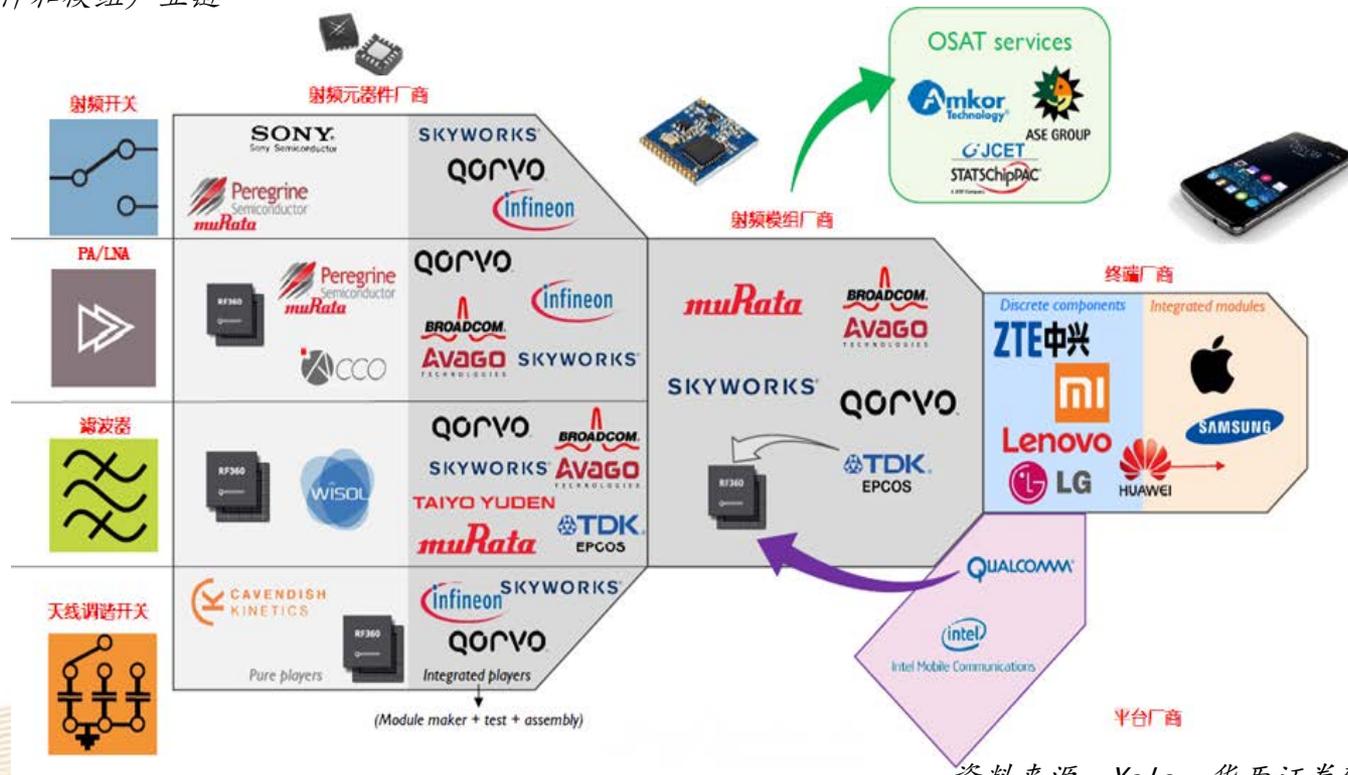
图：射频前端器件的工艺技术和应用



射频前端芯片主要参与者

射频元器件产业链中，既有提供单体元件的厂商，也有提供整合模块的厂商。在射频开关方面，主要参与者有索尼、村田、Skywoks、Qorvo和英飞凌等。PA/LNA领域，主要参与者有RF360、Qorvo、Skyworks、村田等。滤波器方面，主要参与者有RF360、村田、TDK、太阳诱电等。天线调谐开关方面，主要参与者有RF360、Skywoks、Qorvo和英飞凌等。与此同时，村田、Avago、Skyworks、Qorvo、TDK和RF360还提供集成多个射频前端器件的模组化产品。值得一提的是，作为系统平台厂商的高通，也与TDK共同成立RF360，希望实现从基带到射频全产业链器件供应。

图：射频元件和模组产业链

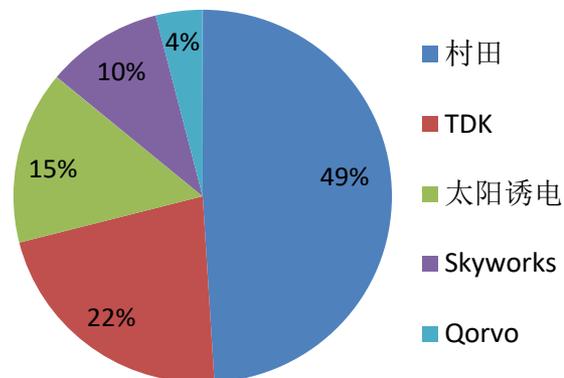


PA、Filter市场被海外巨头垄断

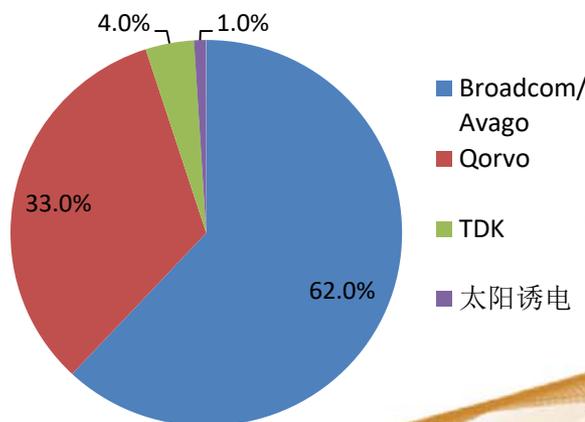
从目前手机射频前端市场看，美国、日本厂商牢牢把控PA功放、滤波器（SAW、BAW）市场。

国内卓胜微、信维通信、麦捷科技SAW滤波器产品处于起步阶段，刚刚切入国内手机客户供应。

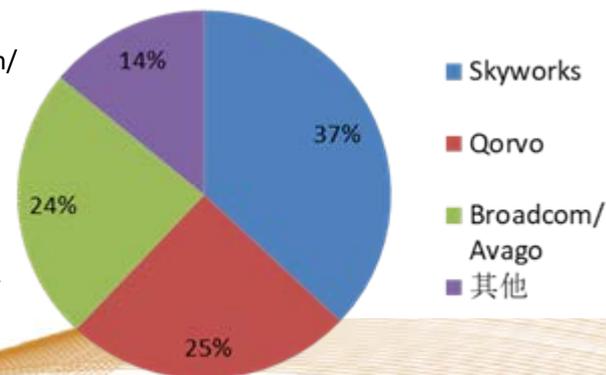
图：SAW滤波器市场格局



图：BAW滤波器市场格局



图：PA功放市场格局

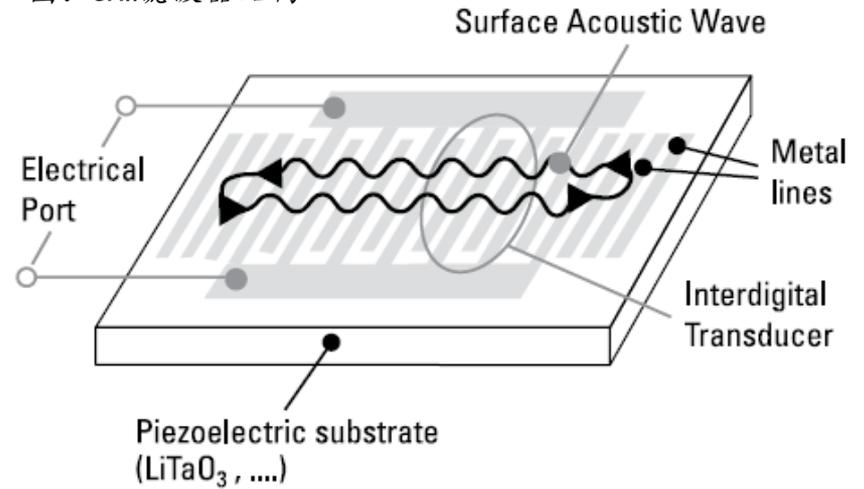


资料来源：Navian, appliedmaterials, Yole, 华西证券研究所

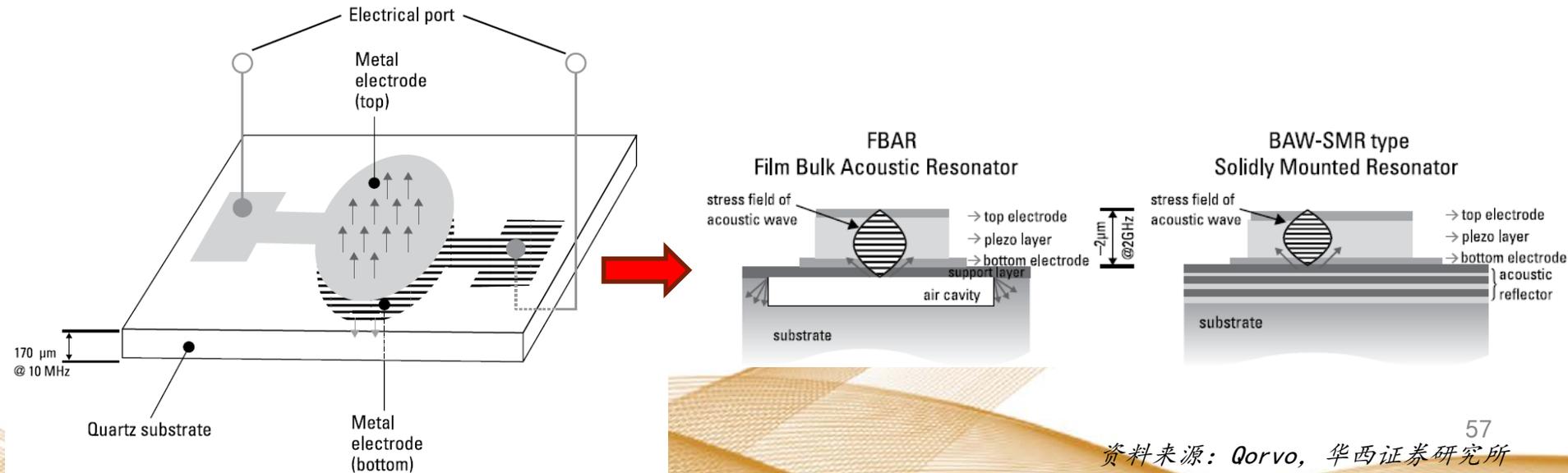
SAW、BAW工艺差别带来性能差别

电信号接入滤波器的两级，通过特殊介质被转化成声波，再由滤波器内的谐振腔滤波。目前主要分为两大类：**SAW**滤波器和**BAW**滤波器。SAW有一种演变是TC-SAW，温度补偿型SAW。BAW根据反射腔底部结构差异又分为两种，一种是FBAR，代表厂商为AVAGO，另一种是SMR，代表厂商为QORVO。

图：SAW滤波器结构



图：BAW滤波器结构，又细分为细分FBAR和SMR



SAW滤波器市场走向成熟，村田一家独大

从目前市场格局看，SAW滤波器产品已经走向高度成熟，村田具备充分的专利优势。行业内各大厂商的专利布局主要倾向于包含SAW在内的模组设计，以及为5G开发新产品。

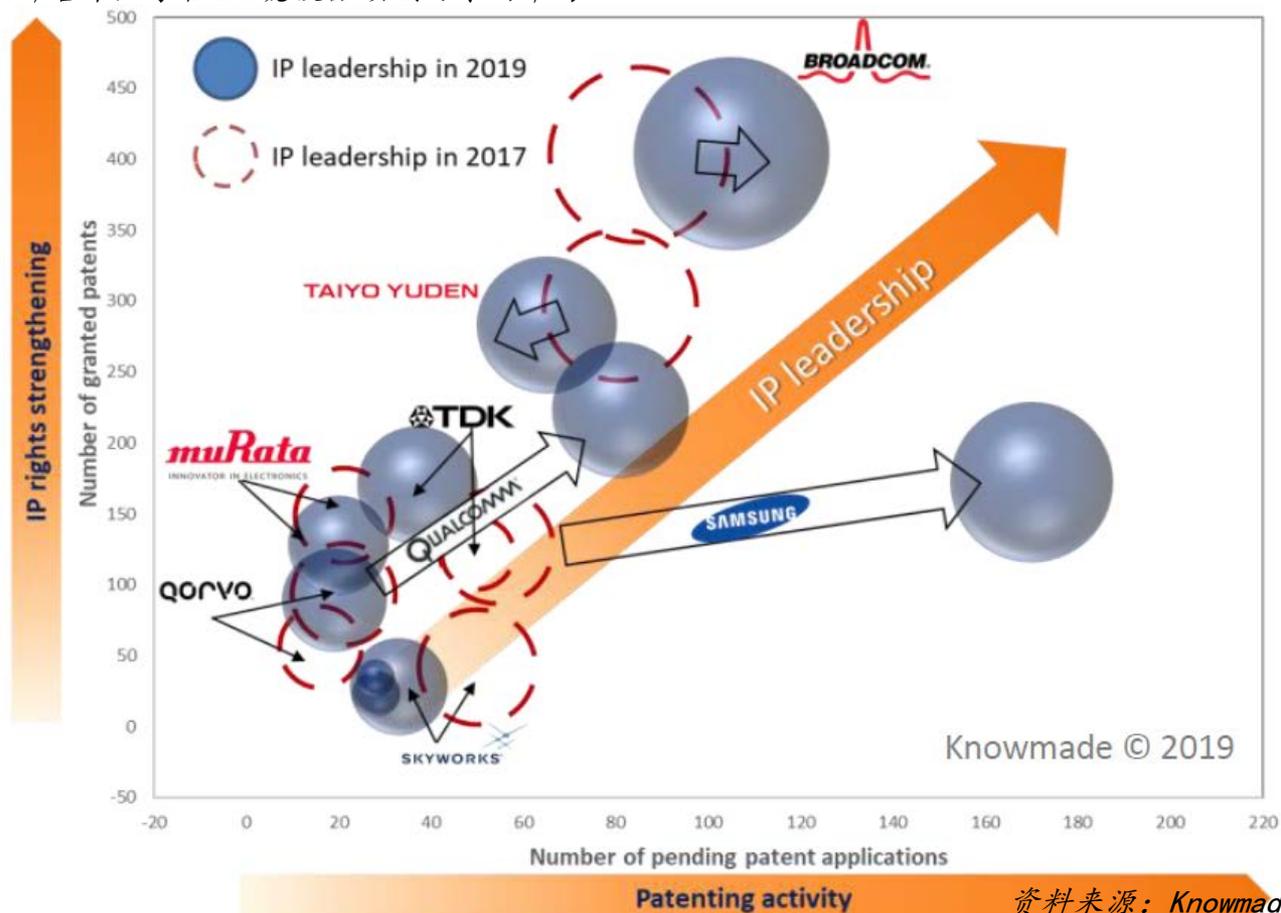
图：各家厂商的专利布局

Assignee	Patent families	BAW	SMR	FBAR	SAW	Temperature compensated
MURATA	1154	72	7	71	1102	95
TAIYO YUDEN	524	138	15	144	414	43
TDK EPCOS	449	102	50	74	368	34
SKYWORKS	457	69	22	64	400	31
KYOCERA	410	40	5	39	374	40
QUALCOMM	306	135	62	101	197	36
BROADCOM	292	271	133	226	34	41
HITACHI	272	22	3	26	257	9
TOSHIBA	194	55	4	56	140	7
TOYO COMMUNICATION EQUIPMENT	193		Knowmade © 2019		193	3
SAMSUNG ELECTRO MECHANICS	182	131	1	122	56	6
QORVO	156	78	39	50	102	22
SEIKO EPSON	143	12	1	17	131	19
OKI	141				141	
LG INNOTEK	107	35	1	35	74	1
NDK	105	5		8	101	2
NEC	97	3		3	96	3
EPSON TOYOCOM	80	1	1		79	2
SANYO ELECTRIC	78	3		4	75	1
SAMSUNG ELECTRONICS	74	57	1	56	21	4

BAW滤波器技术快速发展

不同于SAW滤波器的技术相对成熟，BAW滤波器仍处于技术快速发展过程中，从各家厂商的专利布局看，BAW滤波器持续出现新型产品设计和制造工艺升级。从市场格局看，Broadcom仍具备最多的BAW专利，占据市场的主导地位，值得注意的是，高通和三星针对BAW滤波器的授权专利和申请专利数量快速上升。

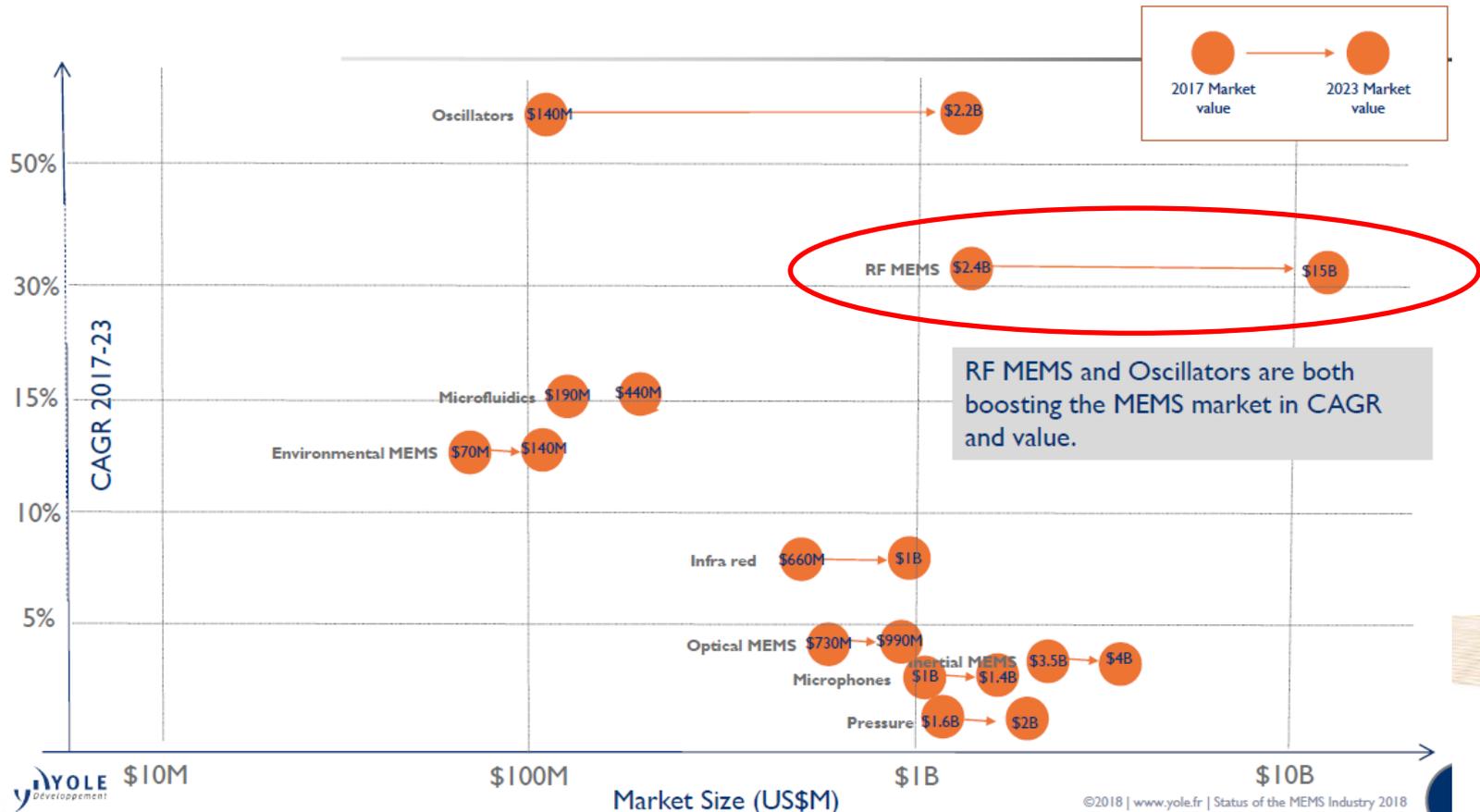
图：2017~2019年各个厂家在BAW滤波器领域的专利布局



BAW滤波器市场空间复合增速超过30%

5G带来频段数量增加以及射频前端架构复杂度提升，对RF滤波器的需求不断增加，使得RF MEMS（BAW滤波器）成为增长最快的MEMS领域。Yole预计该市场将从2017年的24亿美元飙升至2023年的150亿美元，CAGR超过30%。

图：2017~2023年MEMS器件市场空间（十亿美元）



PA工艺——化合物半导体

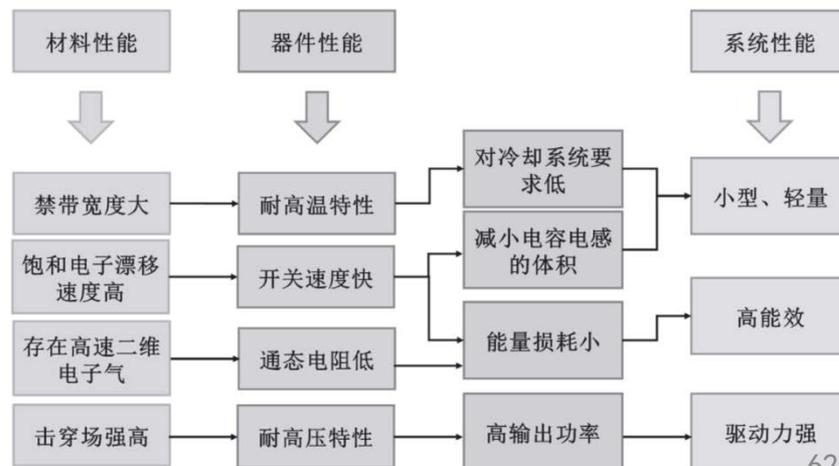
化合物半导体是指两种或两种以上元素形成的半导体材料，并具有确定的禁带宽度和能带结构等半导体性质。化合物半导体根据不同的分类方式，可以分成很多不同种类的化合物半导体，例如按照组成元素在化学元素周期表中的位置，二元化合物半导体有III-V族、IV-IV族、II-VI族等。第二代、第三代半导体多属于化合物半导体。

相较于硅材料，化合物半导体材料在性能和能带方面具有很大的优势，高电子迁移率、高频率、高功率、高线性度、宽幅频宽、材料选择多元性、抗辐射使得化合物半导体应用领域大多集中在射频器件、光电器件和功率器件，且发展潜力巨大。而硅材料则更多应用在逻辑器件、存储器等，相互之间并不构成竞争关系。

图：不同半导体性能对比

	GaN	GaAs	Si
光学应用	蓝光/紫外	红外	无
高频性能	好	好	差
高温性能	好	差	中
发展阶段	初期	发展中	成熟
相对制造成本	高	高	低

图：化合物半导体优势



化合物半导体应用

硅仍是目前最为主流的半导体材料，但随着科技发展，硅在电子传输速度、发光频率、耐受温度等方面难以满足越来越高的要求，而化合物半导体材料通常具有许多硅材料不具备的优异性能，如高电子迁移率、直接带隙、宽禁带等，大量应用在射频、光电等领域，并且有望在越来越多的领域替代硅材料。

第二代化合物半导体的代表为砷化镓（GaAs），第三代化合物半导体以氮化镓（GaN）、碳化硅（SiC）为代表，相比于硅材料，化合物半导体材料由于其出色的材料特性已成为发展最快、应用最广、产量最大的半导体材料。

材料	制作器件	主要用途
Si	二极管、晶体管	通讯、雷达、广播、自动控制
	集成电路	计算机、通讯、自动控制、电子钟表、仪表
	整流器	整流
	晶闸管	整流、直流输配电、电气机车、设备自控、高频振荡器
	射线探测器	原子能分析、光量子检测
	太阳能电池	太阳能发电
GaAs	各种微波管	雷达、微波通讯、电视、移动通讯
	激光管	光纤通讯
	红外发光管	小功率红外光源
	霍尔元件	磁场控制
	激光调制器	激光通讯
	高速集成电路	高速计算机、移动通讯
GaN	太阳能电池	太阳能发电
	激光器件	光学存储、激光打印机、医疗、军事应用
	发光二极管	信号灯、视频显示、微型灯泡、移动电话
	紫外探测器	分析仪器、火焰检测、臭氧检测
	集成电路	通讯基站、永久性内存、电子开关、导弹

GaAs: 最成熟的化合物半导体

砷化镓 (GaAs) 是目前技术最成熟的化合物半导体。GaAs和硅相比有宽禁带、直接带隙和高电子迁移率的特性, 适用于制作高速、高频、大功率以及发光电子器件。

GaAs的主要应用在通信领域, 包括光纤通讯、卫星通讯、微波通讯等领域。GaAs制成的功率放大器 (PA) 是手机的重要零件。此外, GaAs制作器件的抗电辐射能力强, 工作温度范围宽, 能够适应恶劣的工作条件, 提高器件的可靠性。

图: 全球GaAs器件需求量

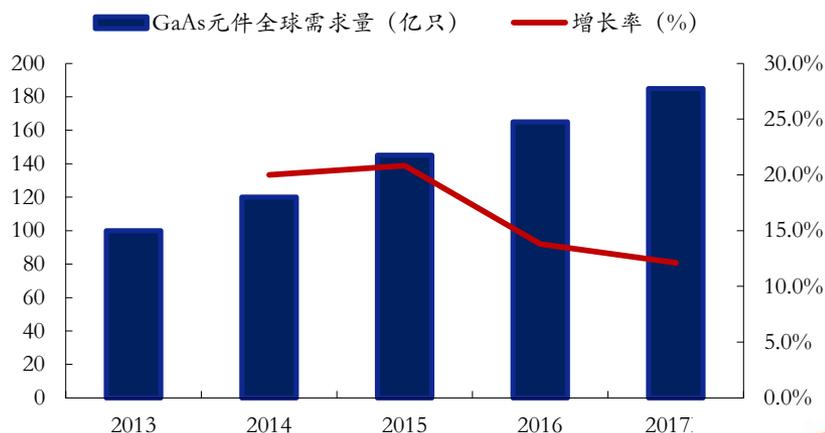


图: GaAs 衬底主流尺寸为 4 英寸及 6 英寸

尺寸	GaAs衬底	GaAs on Si	GaAs on GaAs	GaAs on SiC
2"	✓	✓	✓	✓
3"	✓	✓	✓	✓
4" (100mm)	✓	✓	✓	✓
5" (125mm)		✓	✓	
6" (150mm)	✓	✓		
8" (200mm)	研发中	✓		
12" (300mm)		✓		

GaAs产品分类

目前，GaAs晶体管制程技术主要分为三类：异质结双极晶体管（HBT）、调制高电子迁移率效应晶体管（pHEMT）和金属半导体场效应晶体管（MESFET）。

MESFET制程是最早采用的GaAs制程，结构简单，技术成熟，生产成本低。目前，功率放大器采用HBT工艺，而射频开关则采用pHEMT制程。HBT制程工艺线宽较高，具有高线性度、高增益和高效率等优点，并且待机耗电小和器件体积小，符合手机等移动终端的发展需求。pHEMT制程的线宽较低，位于 $0.15\text{--}0.5\ \mu\text{m}$ 左右，具有超高频和低噪音的特性，工作频率可以高达100GHz。

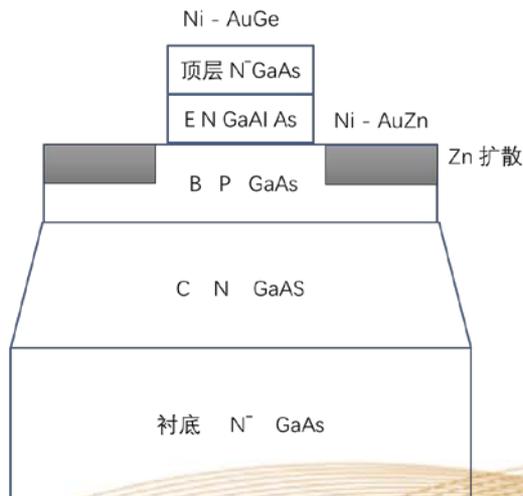
随着通信频段往高频迁移，GaAs技术的发展由早期的MESFET逐渐移转至pHEMT和HBT。

异质结双极晶体管 (HBT)

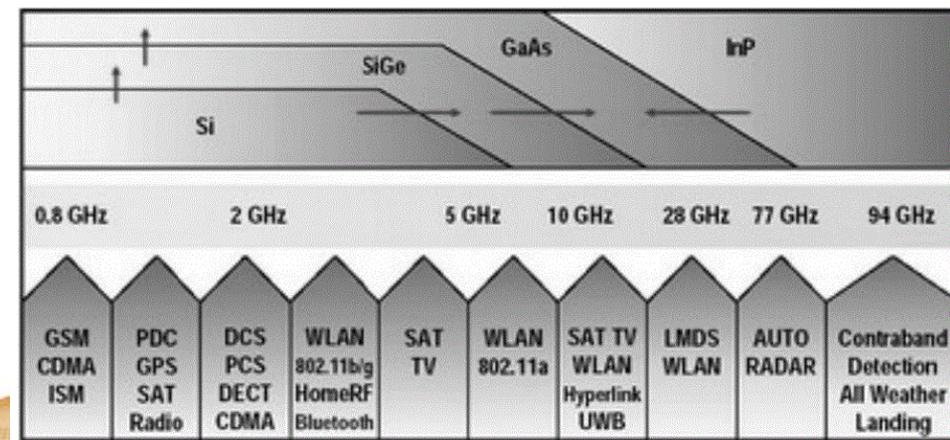
异质结，是指禁带宽度不同的两种单晶材料组成的晶体界面。异质结双极晶体管 (HBT) 在BJT的基础上改造而来，它的发射区和基区使用不同材料，其发射区材料的禁带宽度要比基区材料的宽，通过禁带宽度的变化及其对电子和空穴的作用力来控制载流子的分布和流动。HBT要求两种材料的晶格尽量接近以减小位错，同时有尽可能大的禁带宽度差。常见的HBT有：AlGaAs/GaAs HBT、InGaAs HBT、Si/Si_{1-x}Ge_x HBT。

与同质结相比，异质结可以大幅提高电流增益，是BJT的10000倍；由于注射效率与禁带宽度之差有关而与掺杂浓度无关，因此可以对异质结的基区高掺杂，显著降低电阻，提高震荡频率，改善器件性能。而如果提高BJT的注射效率，就要降低基区掺杂浓度，电阻增大。HBT克服了BJT在注射效率、频率和速度之间的矛盾。HBT的高速、高频、大功率性能优良，应用于高速电路、射频系统、移动电话等中的低相位噪声振荡器，高效率功率放大器，宽带放大器，光纤电路驱动器等器件。

图：AlGaAs/GaAs HBT结构



图：不同材料的HBT优势频段

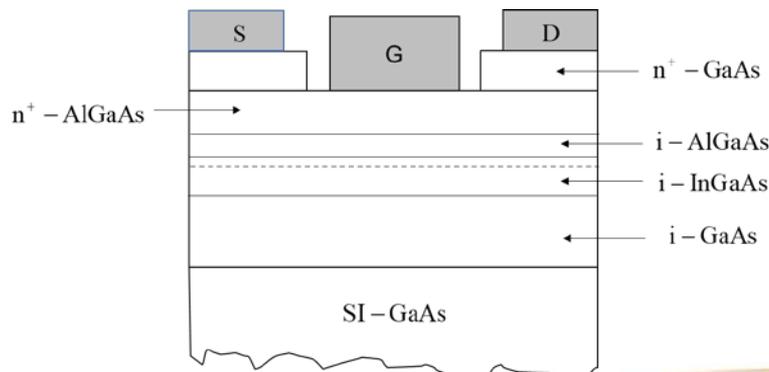


pHEMT和MESFET

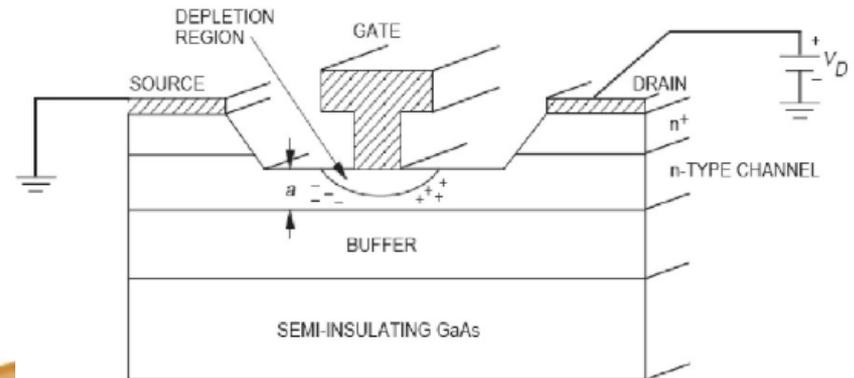
赝调制高电子迁移率晶体管（pHEMT），在HEMT基础上发展而来，对HEMT中“DX中心”等问题进行了改善。在GaAs基HEMT中，杂质满足一定条件时会出现DX中心，它可以俘获或放出电子，使2DEG浓度随温度变化而变化，稳定性较差。为避免DX中心的影响，pHEMT使用非掺杂的InGaAs代替非掺杂GaAs作为2DEG沟道层。InGaAs禁带更窄，增大了异质结的禁带宽度之差；电子迁移率及饱和速度更高。这些特性使pHEMT有更高的工作频率和功率转换效率等优良特性。

MESFET又称肖特基势垒场效应晶体管，是一种用肖特基势垒栅代替P-N结栅的场效应晶体管。MESFET主要选用GaAs和SiC作为材料。肖特基势垒指金属和半导体接触界面上具有整流作用的区域，具有较低的界面电压。肖特基势垒穿透外延层到达衬底的MESFET称为增强型，不到达的称为耗尽型。MESFET工作频率高，适合制作快速开关，在微波领域应用广泛。

图：GaAs基pHEMT结构

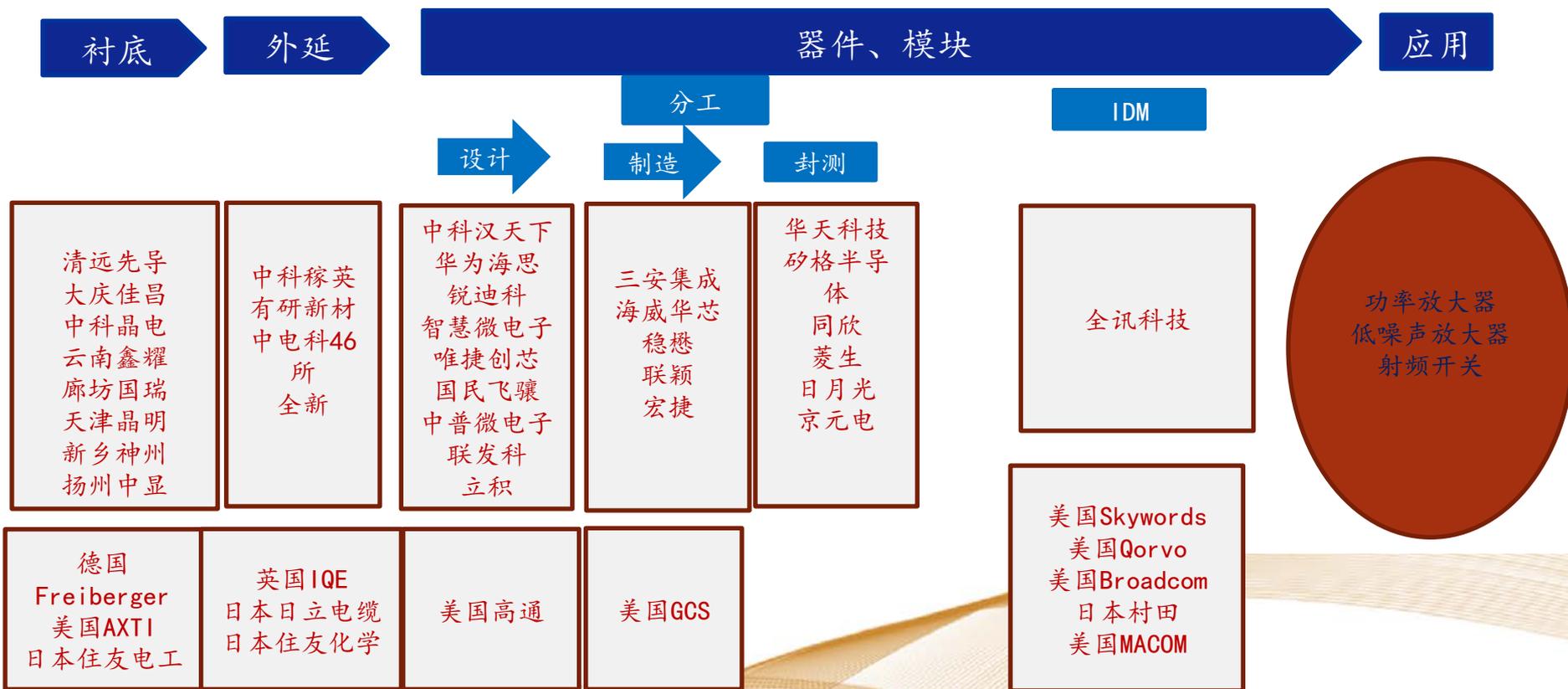


图：GaAs MESFET结构



GaAs 产业链

GaAs射频器件产业链包括上游的衬底和外延环节、中游的器件和模块制造环节以及下游的应用环节。

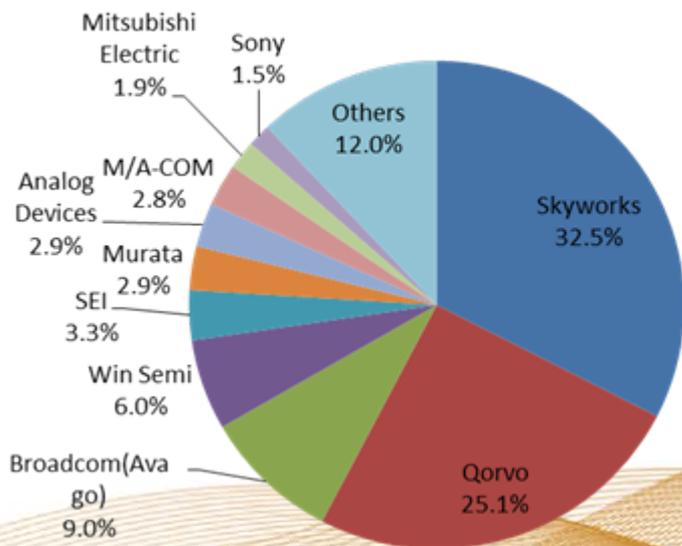


全球GaAs射频市场格局

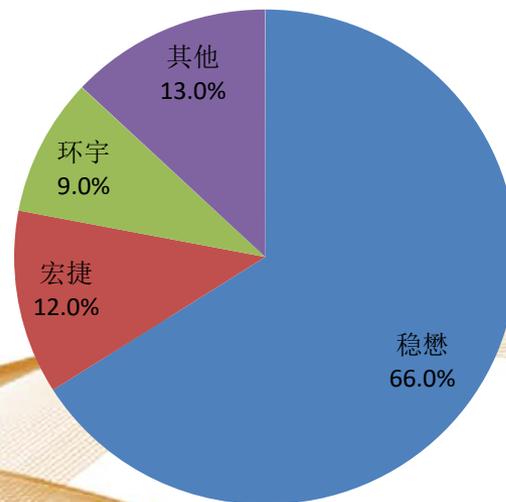
从全球范围来看，GaAs射频器件生产厂商以IDM模式为主。据Strategy Analytics统计，2016年全球GaAs射频器件市场规模为81.9亿美元，同比增长0.9%。2017年，Skyworks、Qorvo和Broadcom在全球射频器件市场的占有率分别为33%、25%和9%，三家合计占有全球67%的份额，Skyworks和Qorvo更是处于全球遥遥领先的位置。

如果只看GaAs晶圆代工，2016年全球市场规模为6.5亿美元，而中国台湾稳懋独占全球66.0%的市场份额，是全球第一的GaAs晶圆代工厂。

图：2017年全球GaAs产业器件竞争格局



图：2016年GaAs晶圆代工格局



全球GaAs材料格局

目前，砷化镓单晶片的厂商主要来自日本和美国，包括日本住友电工（Sumitomo）、日本住友化学（Scios）、费里伯格（Freiberger）、古河电工（Furukawa）、日立电线（Hitachi Cable）以及美国的通美（AXT）、Anadigics、科胜讯（Conexant）等。

中国台湾的厂商主要有高平磊晶科技、晶茂达半导体、元砷光电、胜阳光电、稳懋半导体、巨镓科技等。

大陆生产的砷化镓材料质量较低，主要是低端市场的低阻砷化镓晶片，用于LED领域。主要供应商为：北京通美、中科晶电、天津晶明电子材料有限责任公司（中电集团46研究所）、北京中科镓英半导体、北京国瑞、山东远东、大庆佳昌、新乡神舟（原国营542厂）等。

射频PA三种主要材料工艺对比

射频PA研发的核心在于电路设计和材料制程工艺，前者依赖于工程师的经验，后者依赖于晶圆厂的生产工艺，两者相辅相成缺一不可。

表：三种主要材料工艺对比

指标	Si CMOS	GaAs	GaN
材料分类	第一代	第二代	第三代
临界击穿场强	$0.3 \times 10^6 \text{ V/cm}$	$0.4 \times 10^6 \text{ V/cm}$	$3.3 \times 10^6 \text{ V/cm}$
迁移率	$1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$	$8000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$	$1500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$
饱和电子速度	$1.0 \times 10^7 \text{ cm/s}$	$2.1 \times 10^7 \text{ cm/s}$	$2.7 \times 10^7 \text{ cm/s}$
功率密度	0.2W/mm	0.5 W/mm	>30 W/mm
热导率	1.5W/mK	0.5 W/mK	~2.0 W/mK
集成度	较高，可与普通硅工艺兼容	较低，无法与普通硅工艺兼容	较低，无法与普通硅工艺兼容
高频性能	差	高	高
高温性能	中	差	高
成本	最低	较高	最高
工艺成熟度	高	中	低
产能	稳定	不稳定	匮乏
主要应用	性能要求较低的射频前端芯片应用，如2G手机/低端WiFi等消费电子	高频/高功率/高性能领域射频前端芯片应用，如3G/4G手机	远距离信号传送或高功率级别射频细分市场 and 军用电子领域，如基站/军用雷达/卫星通信/电子战射频器件

射频PA不同终端应用场景下的关键指标

按照应用场景分为大功率（基站等，NXP、英飞凌、Qorvo均是主要供应商）和小功率（手机等，Skyworks、Broadcom、Qorvo均是主要供应商）。

基站需要覆盖更广的通信范围，保证较高的通信质量，同时对于效率和稳定性要求更高，因此区别于其他功放，基站功放对于输出功率、增益、可靠性和线性度有更高要求。

对于手机，低功耗、高效率、高集成度一直是射频PA的发展趋势，进入5G时代，扩大带宽也是一个重要设计指标，插入损耗、线性度、增益、效率等都是需要考虑的重要指标。

表：PA主要性能指标

指标	定义	说明
输出功率	分为最大瞬间输出功率和标准输出功率，常说的输出功率其实就是标准输出功率也是额定输出功率	其实质就是射频功率放大器能够以长时间安全工作且谐波失真能够在标准范围内的输出功率最大值
传输增益	射频功率放大器输出功率与输入功率的比值	射频功率放大器的传输增益是衡量射频功率放大器品质及性能好坏的一项重要指标
线性	指标包括1dB 压缩点、IP3（三阶互调截点）、邻道功率比以及谐波等	射频功率放大器一般采用非线性放大器，这是因为非线性放大器在效率指标上高于线性放大器
效率与杂散输出	常采用PAE（功率增加效率）以及 η_c （集电极效率）等方法来衡量	作为射频前端功耗最大的器件，效率指标直接影响通信设备的综合效率；杂散输出与噪声会在当接收机和发射机采用不同频带工作时产生于接收机频带内，对其它邻道形成干扰。

PA工艺的生产流程

普通硅工艺集成电路和砷化镓/氮化镓等化合物集成电路芯片生产流程大致类似。

与硅工艺不同，化合物半导体制程由于外延过程复杂，所以形成了单独的磊晶产业，以砷化镓为例，IQE、VPEC(全新)两家磊晶厂占据超过70%的市场份额。

由于与Si材料性能差异较大，化合物晶圆制造中设备及工艺与硅有极大的不同，所以化合物半导体拥有自己独立的全套产业链。

图：PA工艺生产流程



PA产业的两种商业模式

PA产业有IDM(Integrated Device Manufacture)模式和Fabless模式。历史成熟厂商Skyworks、Qorvo、Broadcom等均采用IDM模式，新晋厂商高通、卓胜微等优选Fabless，主攻IC设计，制造封测需求外部合作。

图：IDM和Fabless模式

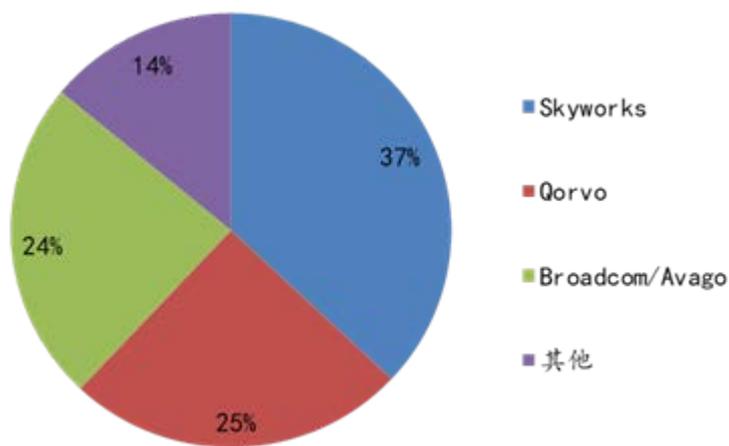


海外厂商优势明显

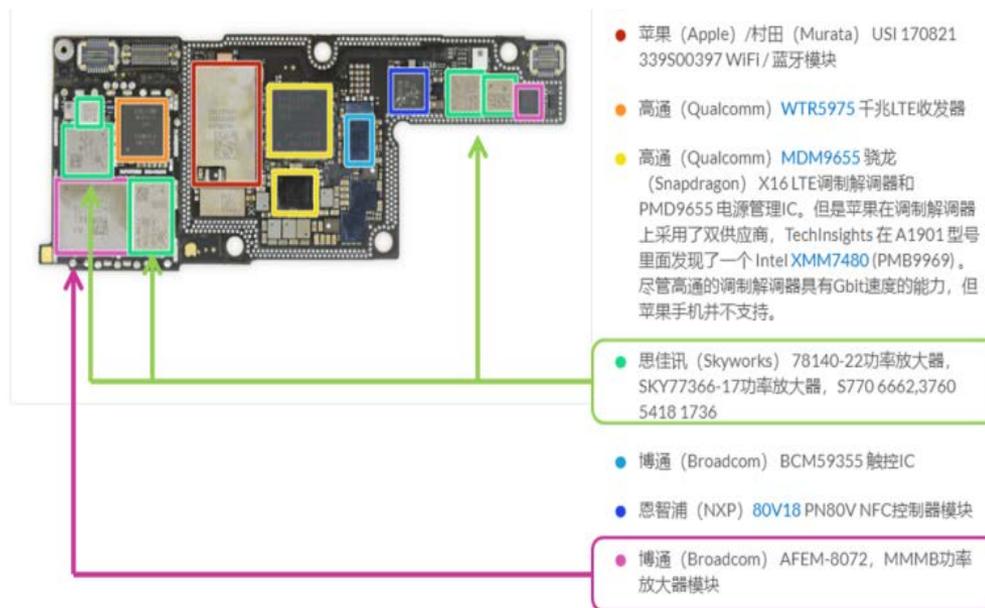
根据QYR Electronics Research Center数据，2018年全球射频功率放大器的市场规模达31.05亿美元，占射频前端整体市场规模的比重为20.82%，超过射频低噪声放大器及射频开关市场规模之和。

目前，全球射频功率放大器主要被美国厂商把持，据Yole数据统计，Broadcom、Skyworks、Qorvo三家厂商占据全球80%以上的市场份额。从iPhone X的拆解中可以看到，苹果主要采用Skyworks和Broadcom的PA模块。

图：全球PA市场格局



图：iPhone X主板用到Skyworks和Broadcom的PA模组



国内PA公司奋起直追

从市场整体看，由于射频功率放大器设计难度高，国内芯片厂商起步晚，目前国产化率仍处于较低水平。虽然在高端手机的射频模组领域国内厂商有所欠缺，但是在产业链成熟的2G、3G、4G、WiFi功率放大器产品中，国内厂商已经实现了初步的国产替代。

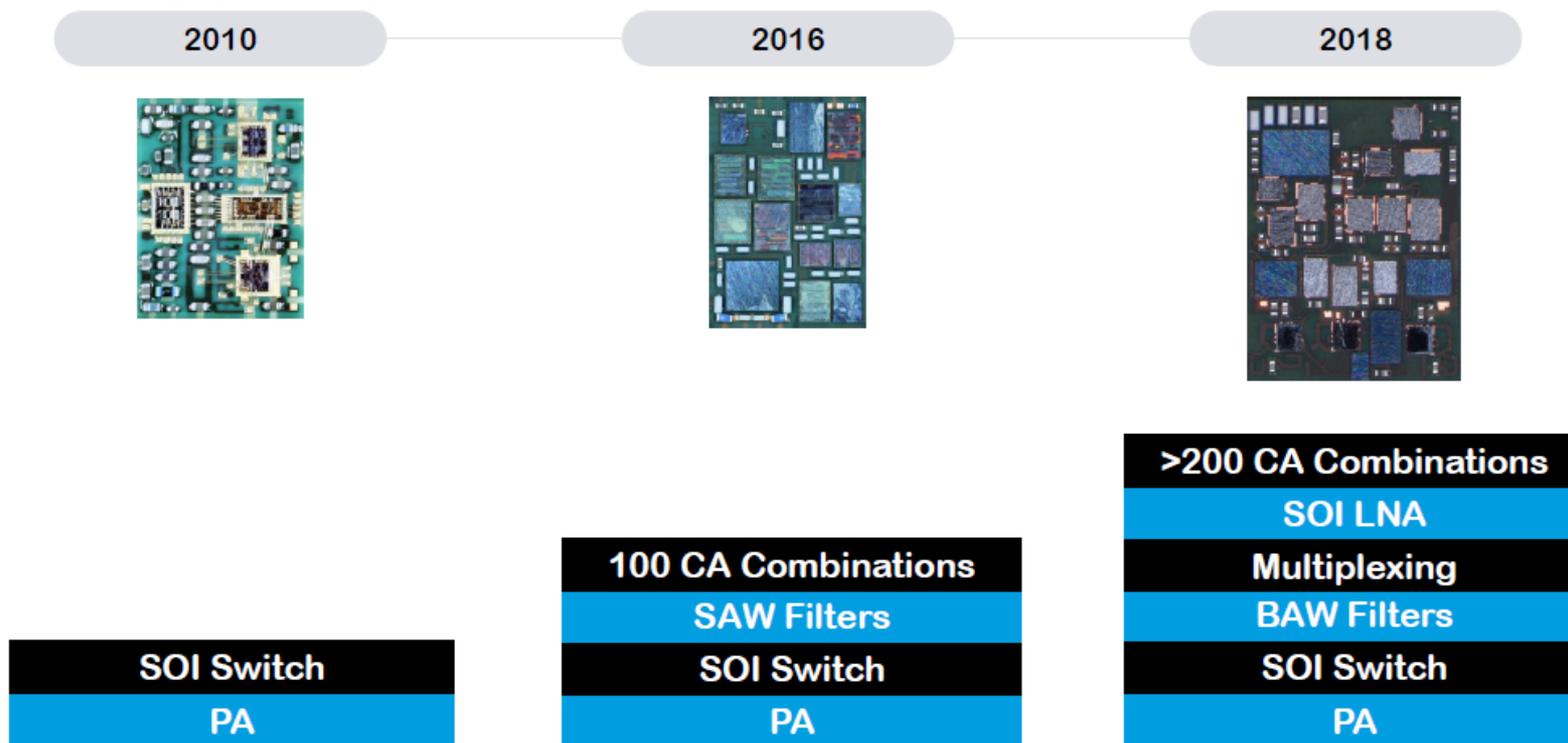
表：国内具备PA设计能力的代表公司

公司	简介
紫光展锐	自紫光集团整合锐迪科和展讯通信之后，展锐将发挥两者在基带和射频芯片的优势。从产品分布来看，紫光展锐已经实现了砷化镓和CMOS两种不同工艺在2G、3G、4G射频前端产品的全面覆盖，并批量量产射频开关、低噪声放大器以及 2.4G/5G 双频 Wi-Fi 射频前端产品，且在射频滤波器方面已经完成初步布局。
唯捷创芯	2010年成立，团队来自RFMD，以主流的GaAs工艺切入射频PA市场，主要产品是射频功率放大器，广泛应用于2G/3G/4G手机及其它智能移动终端。2019年4月，联发科通过子公司Gaintech Co. Limited发布公告，以4000万美元或等值人民币认购唯捷创芯发行之普通股共19,098,449股。为使联发科技集团旗下子公司的各产品线及资源发挥最大综效，未来手机PA产品的开发将交由唯捷创芯(Vanchip)负责。
汉天下	汉天下拥有完整的 PA/FEM 产品线系列，产品覆盖2G、3G、4G全系列，是国内首家同时拥有大规模量产的CMOS PA和GaAs PA技术的厂商。汉天下CMOS PA已经成为2G功能机和智能机的首选射频功放，成功应用于SPRD和MTK等各类平台。
深圳飞骧	飞骧2015年从国民技术分离出来，2010年开始依托国内市场开发国产射频功率放大器和射频开关。2011年，其NZ5081应用于宇龙酷派8180 TD-SCDMA 手机，是第一个应用于智能手机的国产PA。
苏州宜确	苏州宜确半导体的主要产品包括2G/3G/4G/MMMB射频功率放大器及射频前端芯片，射频开关芯片，低噪声放大器芯片，WiFi射频前端芯片以及射频电源芯片等。宜确发布了基于其EWLAP技术的滤波器模块芯片产品TR963及TR965，成为国内射频前端集成电路行业内推出的首款同类产品，可广泛应用于 4G/5G 移动终端。
中普微电子	无锡中普微从事射频 IC 设计、研发及销售，产品涵盖 GSM、W-CDMA、TD-SCDMA、CDMA2000 以及快速演变的 TD-LTE，提供 2G/3G/4G 全面的射频前端解决方案。
络达 (MTK)	络达在3G时代表现亮眼，2017年被联发科逐步收购以后，主攻物联网方向。

有限的PCB布板面积促进射频前端模组化

持续增加的射频前端器件数量和PCB板可用面积趋紧之间的矛盾促进射频前端模组化发展，越来越多的分立式射频前端芯片通过SiP技术封装在同一颗大芯片里面。

图：射频前端走向多功能集成化

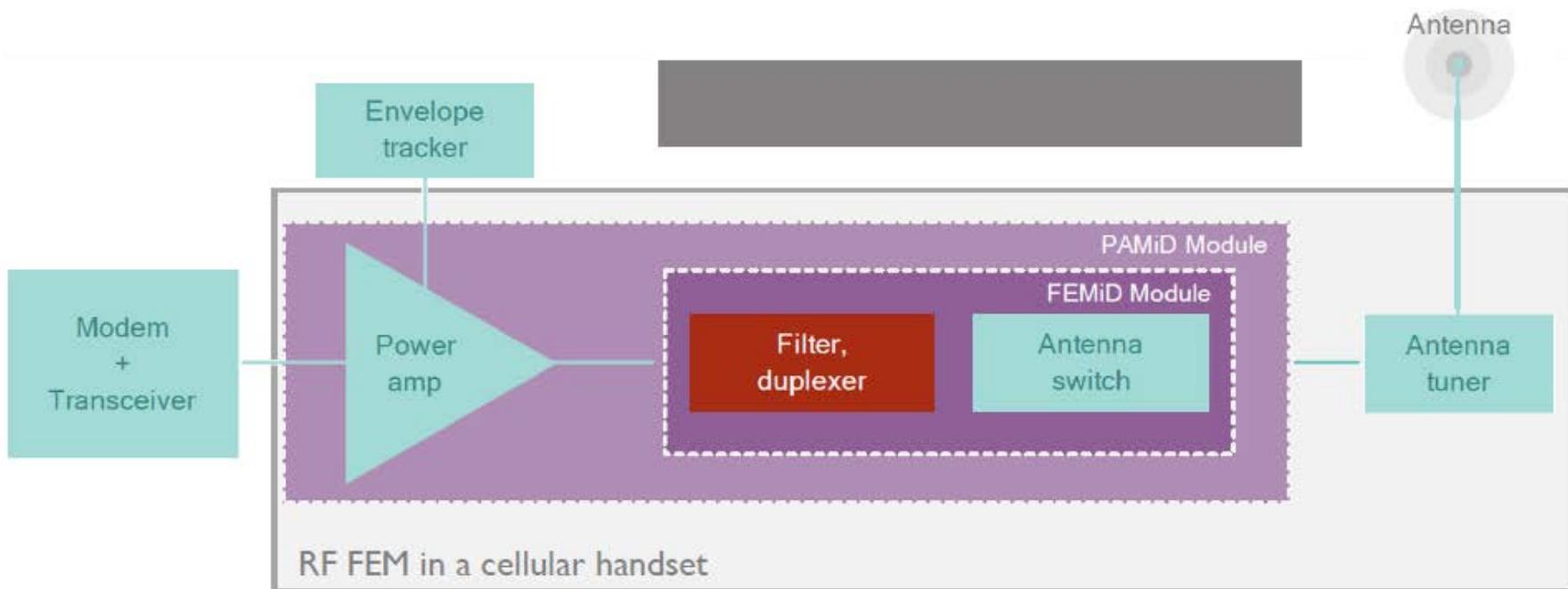


射频前端模组概念定义

不同厂商对于自家射频前端模组产品有不同的命名方式，我们参考高通对射频前端模组的通俗定义，可分为FEMiD和PAMiD，其中FEMiD主要包含天线开关、滤波器、双工器，PAMiD是在FEMiD的基础上再集成PA。

简而言之，FEMiD不含PA，是无源模组，PAMiD包含PA，是有源模组，从技术实现难度上，PAMiD门槛更高。

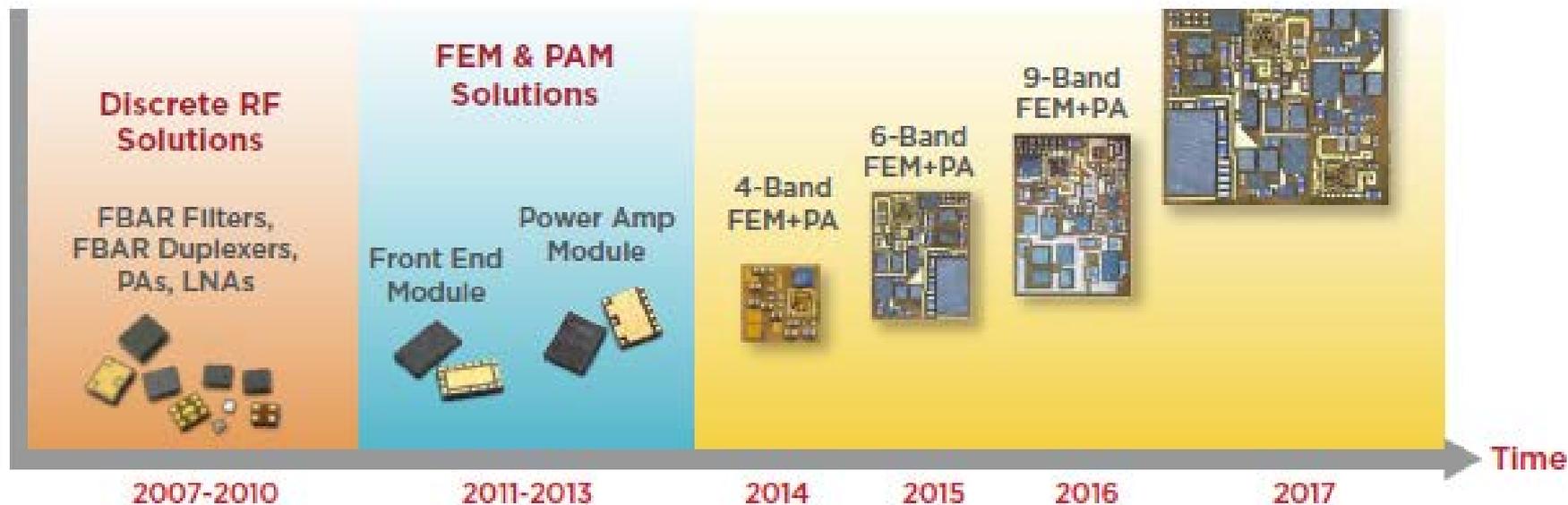
图：FEMiD (Front-End Module with Integrated Duplexer) 和PAMiD (Power Amplifier Module with Integrated Duplexer)



行业龙头Broadcom逐步走向模组化

从Broadcom的发展来看，2007~2010年主要是分立的射频前端器件，2011~2013年是单颗PA模组，2014年以来持续升级，已经实现多频段PA模组整合。与此同时，Skyworks、Qorvo、村田、高通等射频前端芯片大厂均已推出多品类射频前端模组产品，国内卓胜微、唯捷创芯等公司亦有简单功能的射频模组产品出货。

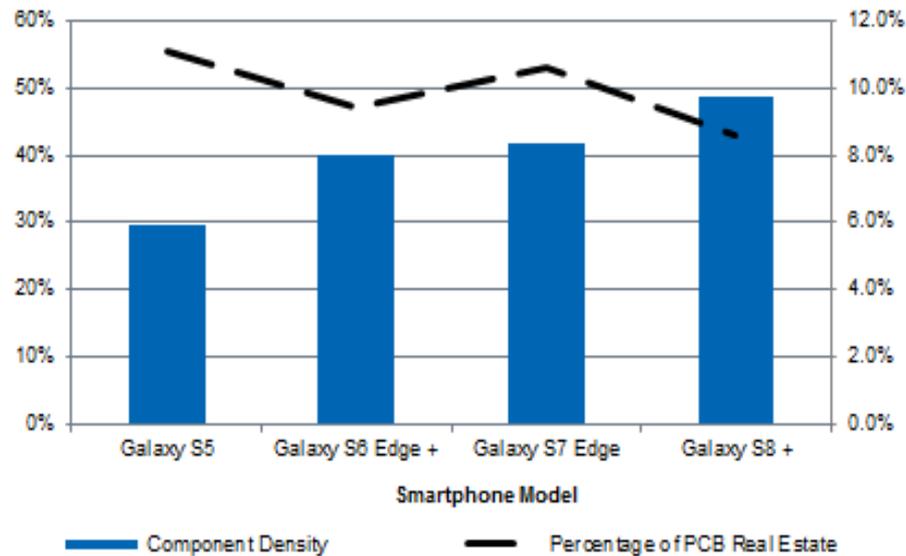
图：Broadcom射频前端器件演进



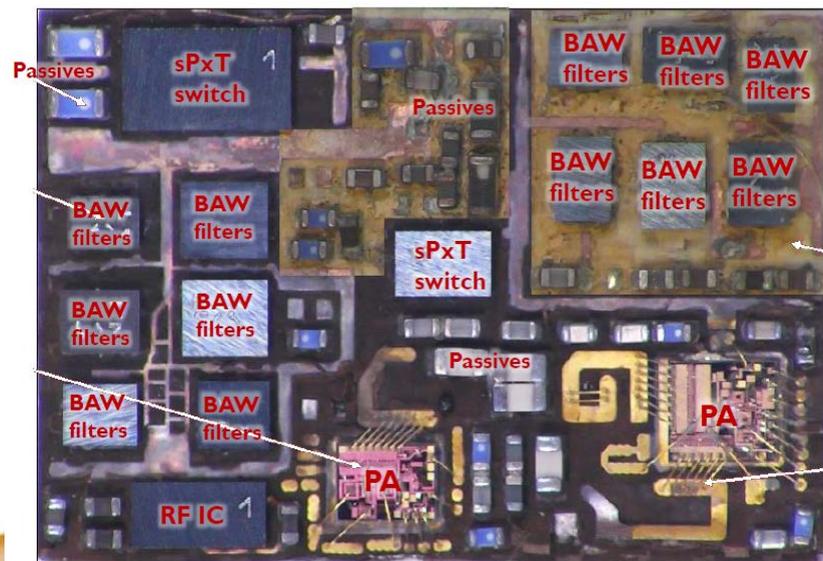
高端手机品牌已经广泛使用射频模组

从三星历代旗舰机型可以看出，射频元件的布局密度持续提升，而射频区域占全部PCB的面积却在持续缩减，射频前端器件的集成化和模组化势在必行。像功率放大器(PA)这样的器件不仅必须支持一组频段，还必须支持多种制式。这些多制式、多波段的PA、RF开关、双工器和滤波器等相结合就形成了射频前端模组。以iPhone采用的中频段PAMiD模组为例，在43平方毫米的面积内集成了2个PA、2个开关、12个BAW滤波器和若干被动元件，集成化射频前端代表了未来的发展趋势。

图：射频前端元件密度提升但可用PCB面积在减少



图：射频前端模组内部构成



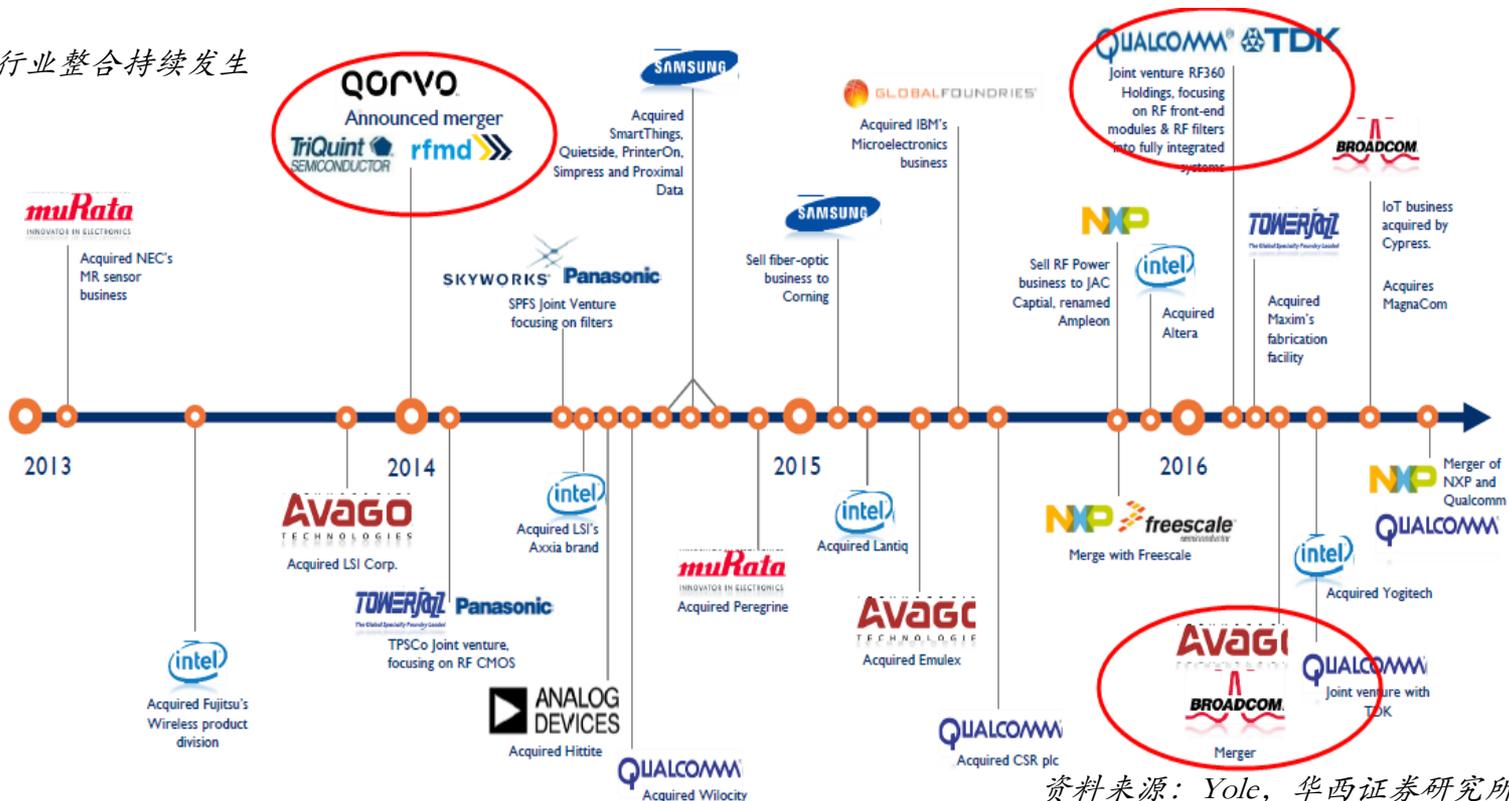
行业整合持续，重点公司寻求全品类供应

射频器件本质上是半导体器件，4G普及高峰过后，射频器件厂商成长性衰退，2014年以来，射频器件厂商收购兼并持续进行。2014年TriQuint与RFMD合并成为Qorvo，2016年高通与TDK共同出资建立RF360，Avago收购Broadcom，传统半导体芯片大厂持续整合，通过收购或者共同投资将各自优势产品结合，寻求产业链更有力地位，争取做到多品类器件供应。

经过过去几年的并购整合，全球射频前端行业已经形成的明显的巨头垄断，技术壁垒持续增高。射频前端属于半导体领域的细分方向，大陆产业链整体处于相对落后的状态，对于国内新进入厂商，面对2023年350亿美元的射频前端市场，我们认为有两个发力的方向：

- 1、从相对成熟的分立射频器件起步，在5G手机广泛普及前的窗口期，逐步实现中低端机型射频前端进口替代；
- 2、分立射频器件性能走向极致，成为国际射频模组巨头的合作伙伴或者供应商。

图：行业整合持续发生



资料来源：Yole，华西证券研究所

5G新增n41、n77和n79模组，初期价值量提升明显

iPhone X射频前端共用到6个模组，其中3个收发模组（PAM），3个接收模组（FEM），参考IHS数据，单机价值量16.6美元。

如果支持n41、n77和n79三个新频段，静态分析增量：

在NSA 1T4R模式下，预计将新增3个收发模组和3个接收模组，单机价值量预计提升100%。

在SA 2T4R模式下，预计将新增6个收发模组，单机价值量预计提升150%。

以上为参考目前价格的静态分析，随着5G终端大批量商用，射频模组单价会快速回落。

图：iPhone X射频前端模组型号及供应商

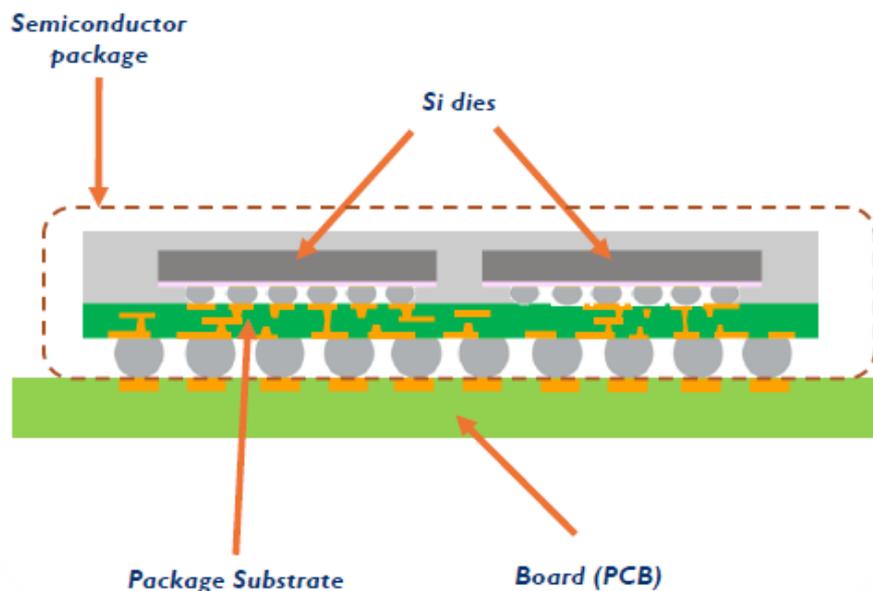
RF / PA Section				\$16.60
FEM / Filters	BROADCOM LTD	KFI732	Quadplexer	
	SKYWORKS SOLUTIONS INC	SKY13762	FEM, DRX	
	SKYWORKS SOLUTIONS INC	SKY13760	FEM, DRX	
PAMs / Transmit Modules	SKYWORKS SOLUTIONS INC	SKY13770	FEM	
	BROADCOM LTD	AFEM-8072	Transmit Module, Multi-Mode, Multi-Band, Contains 3 Sony RF Switches & 4 Analog ICs, w/ Duplexers & SAW Filters	
	SKYWORKS SOLUTIONS INC	SKY78140-22	Transmit Module, Multi-Mode, Multi-Band, Contains 2 Skyworks RF Switches & 2 Skyworks Analog ICs, w/ Duplexers	
	SKYWORKS SOLUTIONS INC	SKY77366	PAM	
			All other RF / PA	

射频前端模组化，SiP需求看涨

SiP封装（System In a Package系统级封装）是将多种功能芯片集成在一个封装内，从而实现一个基本完整的功能。

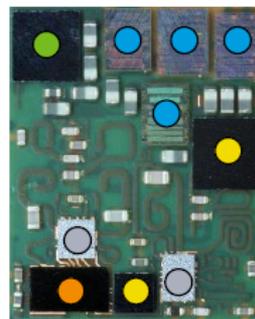
以Qorvo某款M/HB PA模组为例，在一颗大SiP封装内，包含有12个滤波器、3个PA、1个控制芯片、1个天线开关和3个射频开关。

图： SiP封装示意图



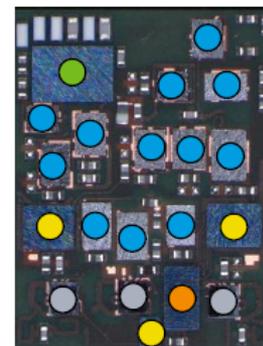
图： SiP封装内部包含多种芯片

Phase 6 LB PAD



- 4 SAW filters
- 2 GaAs PAs
- 1 CMOS controller
- 1 SOI antenna switch
- 2 SOI switches

Phase 6 M/HB PAD

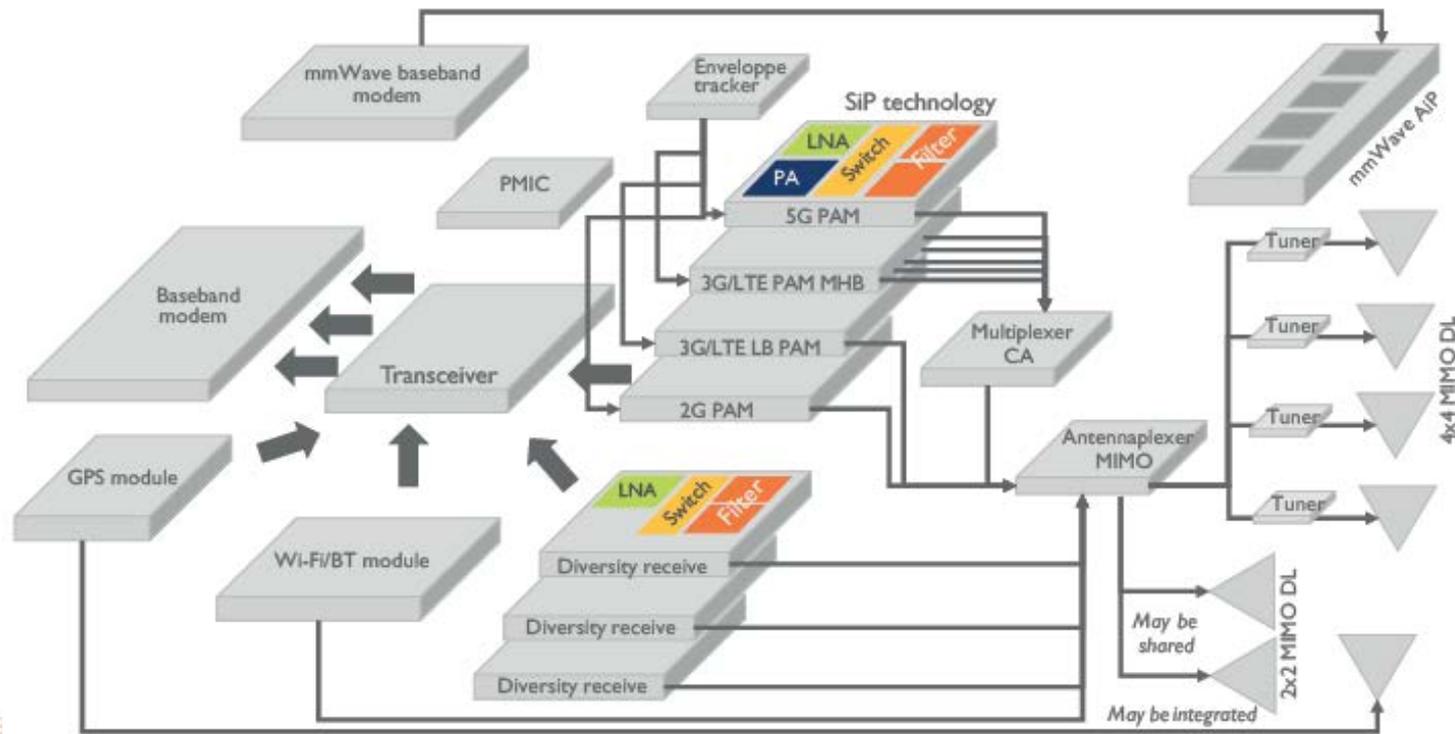


- 12 BAW filters / multiplexers
- 3 GaAs PAs
- 1 CMOS controller
- 1 SOI antenna switch
- 3 SOI switches

射频前端模组化，SiP需求看涨

一部5G手机中，2G模组、3G模组、4G模组、5G Sub-6GHz模组、5G 毫米波模组、WiFi模组等均需要SiP技术，Yole预计，在5G手机的带动下，射频SiP市场将从2018年的33亿美元增长到2023年的53亿美元，CAGR达到11.3%。

图：5G手机中将更广泛的采用射频模组



射频模组拆开看，电感是国内公司突破点

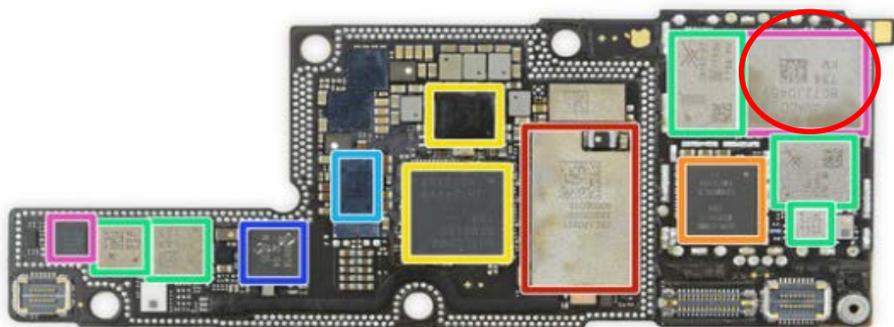
从iPhone上应用的射频前端模组看，可辨识的有2颗PA，12颗BAW滤波器，2颗切换开关，10颗电感。

5G全网通手机预计新增n41、n77和n79三个频段：

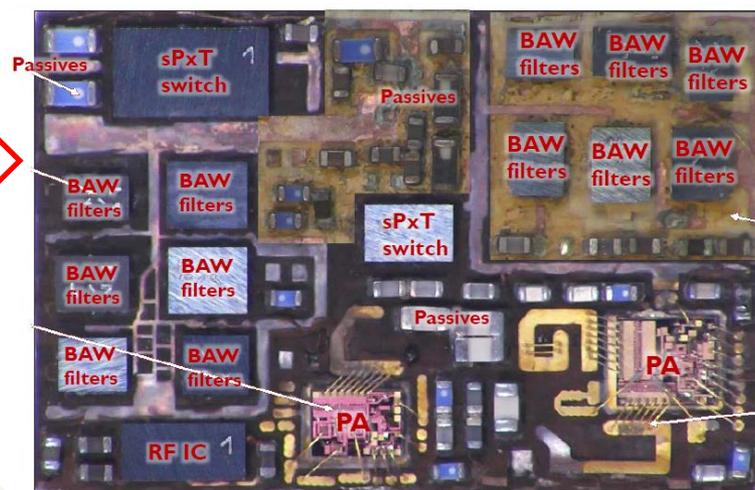
在NSA 1T4R模式下，预计将新增3个收发模组（PAM）和3个接收模组（FEM），预计新增~3颗PA，~15颗滤波器，~45颗电感。

在SA 2T4R模式下，预计将新增6个收发模组（PAM），预计新增~6颗PA，~18颗滤波器，~60颗电感。

图：iPhone主板



图：射频前端模组拆解



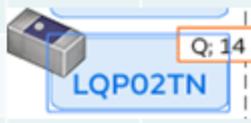
电感将迎来数量增加和价格提升

数量增加，预计5G全网通手机新增45~60颗电感。

价格提升，主要源于手机射频模组内部空间紧凑，广泛使用01005
 (0.4mm×0.2mm) 电感

参考贸泽电子平台村田系列电感价格，01005电感是0201电感价格的3倍。

图：0201电感和01005电感价格对比

常规系列 型号	电感值 (nH)	单价(美 元)	尺寸(英 制)		常规系列 型号	电感值 (nH)	单价(美 元)	尺寸(英 制)	
LQP03TG 1N0B02D	1.0nH	0.009	0201	 <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;">常规 0201</div>	LQP02TN 1N0B02D	1.0nH	0.025	01005	 <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;">常规 01005</div>
LQP03TG 2N0B02D	2.0nH	0.009	0201		LQP02TN 2N0B02D	2.0nH	0.025	01005	
LQP03TG 5N1H02D	5.1nH	0.009	0201		LQP02TN 5N1H02D	5.1nH	0.025	01005	
LQP03TG 10NH02D	10nH	0.009	0201		LQP02TN 10NH02D	10nH	0.025	01005	

5G频率高，引入高Q值电感进一步拉升价格

考虑到5G新频段更高，信号损耗更大，有可能采用高Q值电感，而高Q值01005电感价格达到0.056美元，相比于常规01005电感价格翻倍。

在NSA 1T4R模式下，预计将新增~45颗电感。若采用常规01005电感，单机价值量提升1.125美元；若采用高Q值01005电感，单机价值量提升2.52美元。

在SA 2T4R模式下，预计将新增~60颗电感。若采用常规01005电感，单机价值量提升1.5美元；若采用高Q值01005电感，单机价值量提升3.36美元。

图：高Q值产品价值量进一步提升

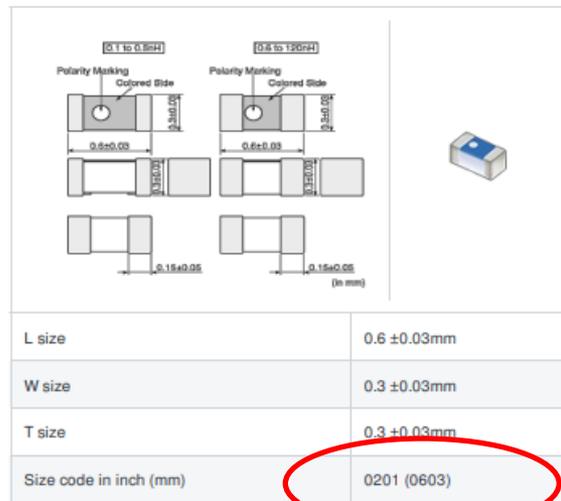
高Q系列型号	电感值 (nH)	单价 (美元)	尺寸 (英寸)		高Q系列型号	电感值 (nH)	单价 (美元)	尺寸 (英寸)	
LQP03HQ 1N0B02D	1.0nH	0.053	0201	 <p>高Q值 0201</p> <p>Q: 35 LQP03HQ</p>	LQP02HQ 1N0B02L	1.0nH	0.056	01005	 <p>高Q值 01005</p> <p>Q: 23 LQP02HQ</p>
LQP03HQ 2N0B02D	2.0nH	0.053	0201		LQP02HQ 2N0B02L	2.0nH	0.056	01005	
LQP03HQ 5N1H02D	5.1nH	0.053	0201		LQP02HQ 5N1H02L	5.1nH	0.056	01005	
LQP03HQ 10NH02D	10nH	0.053	0201		LQP02HQ 10NH02L	10nH	0.056	01005	

5G模组之外，常规0201电感亦有升级需求

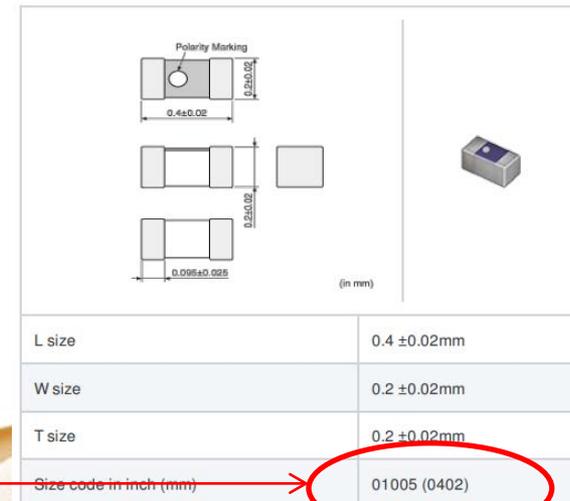
过去几年，手机主板上采用01005电感的主要是iPhone；2018年以来，手机厂商和代工厂商反馈非苹果（华为、OPPO、360等）手机已经开始引入01005元件。

非苹果品牌此前没有引入01005元件的原因，主要是SMT贴片精度不足，经过这几年的进步，已经能够实现01005元件的精准贴片；另外三摄像头、3D识别等新功能进一步压缩手机主板面积，小型化元件需求提升。

图：0201电感



图：01005电感



量价齐升带动高端电感市场扩张

4G常规手机 射频前端01005电感用量45颗，单价0.025美元；主板其他0201电感用量50颗，单价0.009美元；两项合计1.575美元，约合10元人民币。

5G全网通SA 2T4R手机，新增射频前端01005电感60颗，同时主板0201电感升级为01005电感，价值量合计3.875美元。

目前5G射频前端耗电量比4G高50%以上，未来考虑到SA 2T4R，双发射，功耗将翻倍。有可能采用高Q值电感降低损耗，若5G新频段均采用高Q 01005电感，则总价值量达到5.735美元。

常规4G手机	电感用量 (颗)	单价 (美元)	总价
射频前端用01005电感	45	0.025	1.125
主板其他0201电感	50	0.009	0.45
合计			1.575
5G全网通手机	电感用量 (颗)	单价 (美元)	总价
射频前端用01005电感	105	0.025	2.625
主板其他0201电感变为01005	50	0.025	1.25
合计			3.875
5G全网通手机 (低能耗)	电感用量 (颗)	单价 (美元)	总价
射频前端用01005, 5G新频段用高Q电感	105 (其中高Q值60)	0.025 (高Q电感0.056)	4.485
主板其他0201电感变为01005	50	0.025	1.25
合计			5.735

空间大、玩家少、前景广阔，国内厂商已切入

5G手机普及将拉动电感市场增长，假设2020年5G智能手机出货量3亿部（苹果1亿，其他2亿），则电感市场增量48亿元（乐观情况增量84亿元）。

目前全球能够量产01005电感的有村田（日本）和顺络电子，竞争格局清晰。

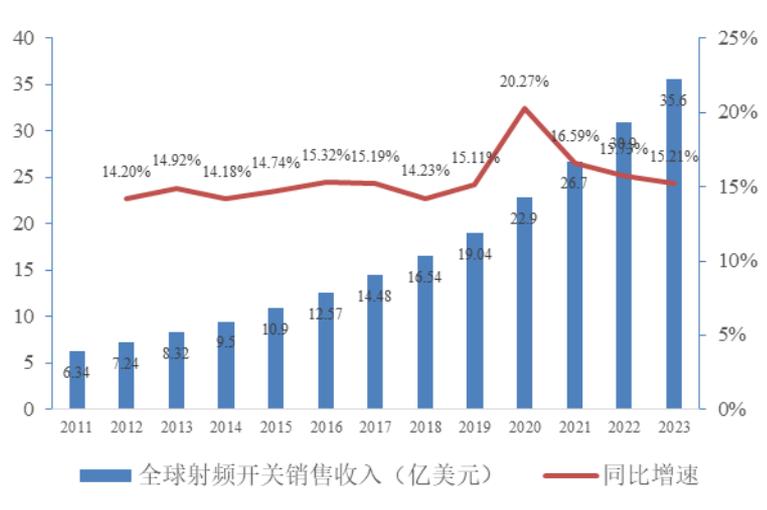
目前顺络电子01005电感已进入海外射频模组厂商小批量和国内主流手机厂商应用，正处于行业量价齐升的起步阶段，值得重点关注。

射频模组之外，分立式器件仍有进口替代大空间

4G到5G的过程中，开关的数量伴随着射频通路数量的增加而增加，尤其是天线数量的增加，对于独立的天线开关（Tuner）的需求大幅增长。

5G手机对于信号要求更高，LNA集成到收发机芯片的难度也在增加，因此独立LNA需求也会增加。

图：2011~2023年全球射频开关销售收入及增速



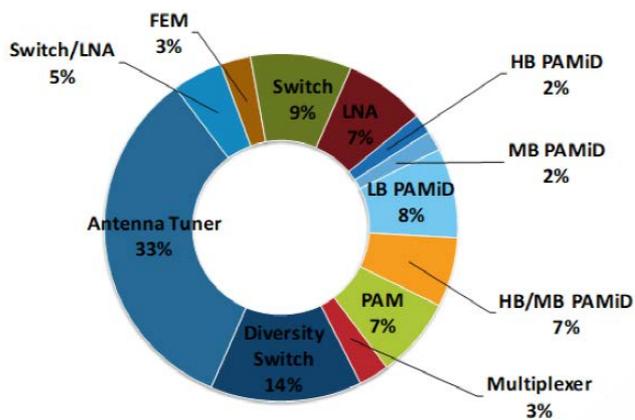
图：2011~2023全球射频低噪声放大器销售收入及增速



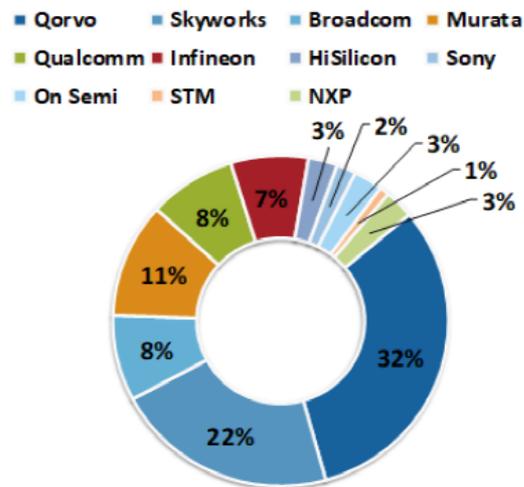
重点关注卓胜微，体量小，弹性大

从主流智能手机的射频前端芯片数量分布看，天线开关占据绝对数量优势。卓胜微主营射频开关与LNA，是国内真正批量出货到全球知名手机厂商的公司，客户包括三星、小米、华为、OPPO、vivo，过去3年毛利率在50%以上，净利率20%以上，这对于一个只有130人的IC设计公司而言，充分说明公司的技术实力。

图：主流智能手机射频前端芯片数量分布



图：主流智能手机射频前端芯片供应商分布



目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- **5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？**
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - **基带芯片，巨头的纷争**
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- **5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？**
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

麒麟980，首款商用7nm芯片平台

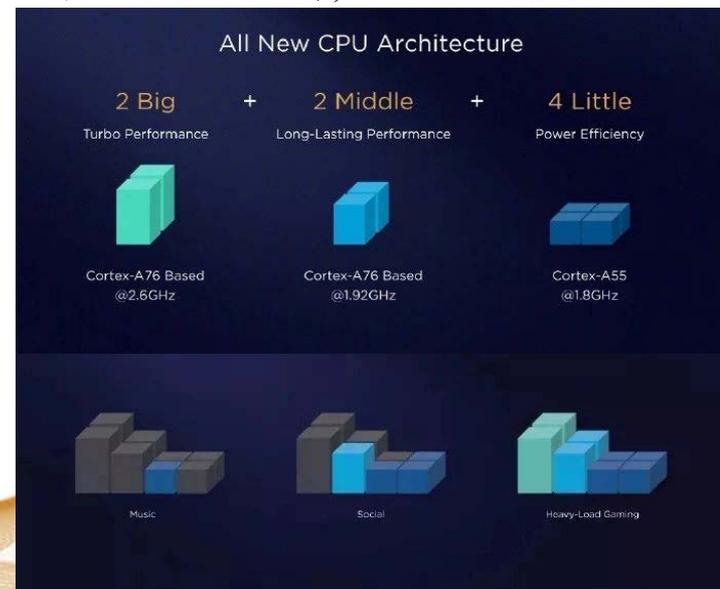
狭义概念的基带芯片仅指代“Modem”，广义概念的基带泛指SoC套片。国内的华为已经实现从狭义到广义基带芯片的全面成熟与超越。

2018年8月31日，华为发布麒麟980芯片，是全球首款7纳米工艺手机SoC芯片，在不到1平方厘米面积内集成69亿晶体管。与10nm工艺相比，7nm工艺在性能上提升20%，能效提升40%。麒麟980拥有Flex-Scheduling智能调度机制，设计了2个超大核（基于Cortex-A76开发）、2个大核（基于Cortex-A76开发）、4个小核（Cortex-A55）三档能效架构，灵活适配重载、中载、轻载多个场景，让用户在获得更高性能体验的同时拥有更长续航体验。

图：麒麟980，首款7nm制程SoC芯片



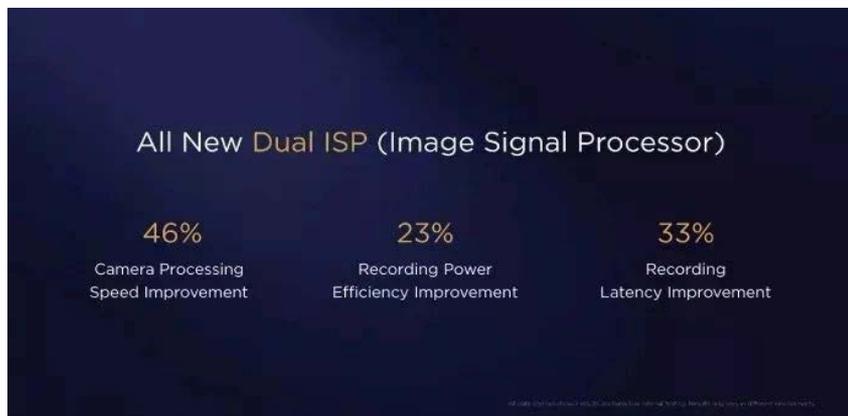
图：轻应用小核工作，重应用八核全开



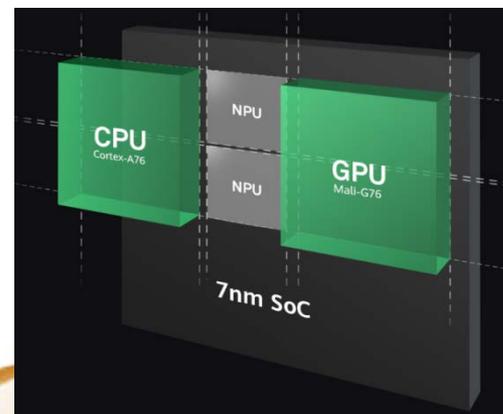
图像处理（ISP）全面升级，看的更清晰

SoC套片的技术进步与摄像头芯片CIS的升级相辅相成，高分辨率摄像头需要更快的图像信号处理。麒麟980搭载第四代自研ISP，像素吞吐率提升46%，拥有Multi-pass多重降噪技术，针对暗光拍摄场景，有效降低噪点，保留更多细节，还拥有Pipeline“处理流水线”技术提升视频清晰度，视频拍摄时延降低33%。在双核NPU的加持下，能快速应用于人脸识别、物体识别、物体检测、图像分割、智能翻译等AI场景，实现每分钟图像识别4500张。

图：双ISP提升拍照、视频处理能力



图：双GPU加持，识别更轻松



摄像头像素升级、数量增加趋势明显

“数据飞轮”效应显现，数据流量激增倒逼硬件升级。5G手机实测下载速率高达1Gbps，比4G实际体验提升20倍以上。5G的下载速率足以支撑超高清视频、超大尺寸照片的传输，小米首发1亿像素超清相机，移动图像传感器突破1亿像素大关，高阶CIS芯片走上跨越式升级道路。

图：智能手机摄像头持续升级

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
苹果	iPone 6 Plus	iPone 6S Plus	iPone 7 Plus	iPhone X	iPhone Xs Max	
前摄	120万	500万	500万	700万	700万	
后摄	800万	1200万	1200万+1200万	1200万+1200万	1200万+1200万	
三星	Galaxy S5	Galaxy S6	Galaxy S7	三星 Note8	三星 Note9	三星 Note10
前摄	200万	500万	500万	800万	800万	1000万
后摄	1600万	1600万	1200万	1200万+1200万	1200万+1200万	1200万+1200万+1600万
华为	Mate 7	Mate 8	P9	华为P10 Plus	华为P20 Pro	华为P30 Pro
前摄	500万	800万	800万	800万	2400万	3200万
后摄	1300万	1600万	1200万+1200万	2000万+1200万	4000万+2000万+800万	4000万+2000万+800万+TOF镜头
小米	小米4	小米note	小米5	小米Note3	小米8探索版	小米9
前摄	800万	400万	400万	1600万	2000万	2000万
后摄	1300万	1300万	1600万	1200万+1200万	1200万+1200万	4800万+1600万+1200万
OPPO	Find7	R7	R9	R11 Plus	OPPO Find X	Reno
前摄	500万	800万	1300万	2000万	2500万	1600万
后摄	1300万	1300万	1600万	1600万+2000万	2000万+1600万	4800万+1300万+800万

AI引擎加持，处理器多维度加速

华为方面，麒麟980在双核NPU的加持下，能快速应用于人脸识别、物体识别、物体检测、图像分割、智能翻译等AI场景。无论是表演节奏感极强的舞蹈，还是在镜头前快速跑步，麒麟980都能够实时绘制出人体的关节和线条；强大的物体检测能力还可以准确识别多种物体，实现了从图像识别到物体检测的跨越。麒麟980拥有强大的移动端AI算力、完善的框架支持、丰富的工具链，使更多新奇、酷炫的AI应用落地成为可能。

高通方面，已推出第四代多核Qualcomm人工智能引擎AI Engine，作为骁龙855的一个特性，其AI性能较前代旗舰移动平台相比提升3倍。人工智能引擎AI Engine的全新特性包括专门面向AI处理的Hexagon张量加速器（Hexagon Tensor Accelerator, HTA）和四个Hexagon向量扩展内核（Hexagon Vector eXtensions, HVX），该HVX的向量处理能力是前代旗舰移动平台的两倍，上述组合共同实现了专有的、可编程的综合AI加速，为手机厂商提供了支持下一代终端侧AI特性的更多预优化算法，特性包括背景虚化、实时视频分割、超级分辨率、自然语言处理、翻译和单麦克风降噪。

从产业趋势看，芯片平台厂商和AI解决方案商已经实现全面合作，软硬结合相互促进，共同促进5G高速率大容量处理能力的持续提升。

图：高通在AI领域的软件合作伙伴

- 拍摄领域：AnyVision、虹软、旷视科技、Loom.ai、Nalbi、泼辣、商汤科技、创通联达、Uncanny Vision
- 音频/翻译：有道、思必驰、大象声科、科大讯飞
- 手势：Elliptic Labs、Qeexo
- 增强现实（AR）领域：网易、商汤科技
- 汽车领域：Cogent Embedded Technology、Jungo、PathPartner Technologies、纵目科技

华为麒麟990，全球首款5G SoC

2019年9月6日，华为面向全球推出最新一代旗舰芯片麒麟990系列，包括麒麟990和麒麟990 5G两款芯片。麒麟990 5G是华为推出的全球首款旗舰5G SoC，是业内最小的5G手机芯片方案，基于业界最先进的7nm+ EUV工艺制程，首次将5G Modem集成到SoC芯片中，面积更小，功耗更低；率先支持NSA/SA双架构和TDD/FDD全频段，充分应对不同网络、不同组网方式下对手机芯片的硬件需求，是业界首个全网通5G SoC。

图：麒麟990 5G芯片

业界首款旗舰5G SoC芯片

融合5G和AI的革命性飞跃



Kirin 990
5G

CPU	NPU	GPU
8-Core	2+1 Core	16-Core
2G / 3G / 4G / 5G Modem		
ISP 5.0		LPDDR 4X
UFS 3.0 / 2.1		HIFI Audio
4K HDR Video		Security Engine

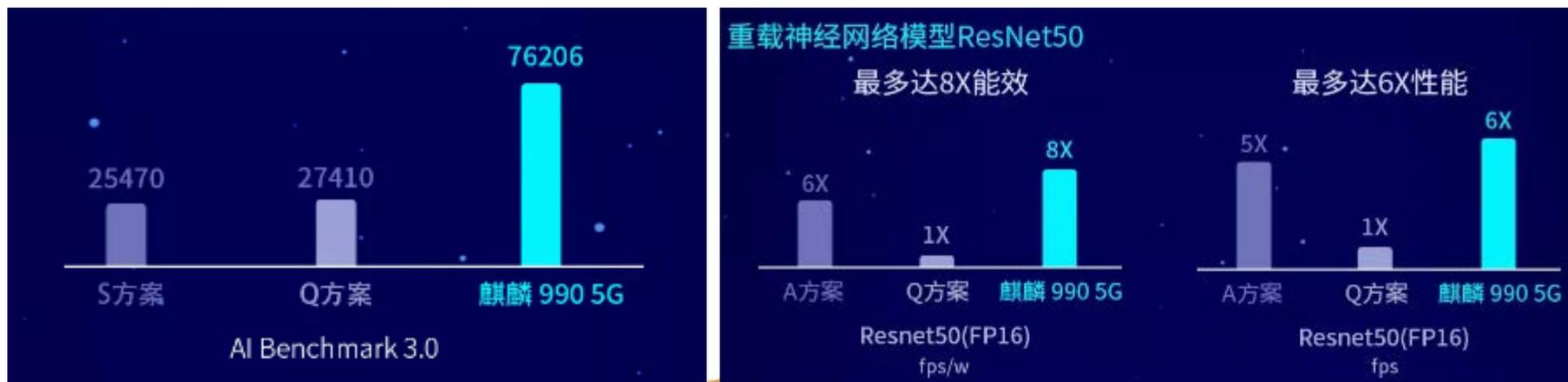
103亿晶体管

- 业界首款** 7nm + EUV 5G SoC
- 业界首款** 旗舰5G NSA & SA SoC
- 业界首款** 16核Mali-G76 GPU
- 业界首款** 大-微核架构NPU

5G时代打造AI算力强者

在端侧AI的发展历程中，麒麟芯片始终引领着产业方向。2017年，麒麟970在业内首次采用独立NPU神经网络处理单元，开创端侧人工智能的行业先河。2018年，麒麟980搭载双核NPU实现领先的AI算力，带来AI人像留色、卡路里识别等一系列创新AI体验。2019年，全新高端系列麒麟990更是首次采用华为自研达芬奇架构NPU，打破端侧AI性能纪录。在双大核NPU（Ascend Lite*2）加持下，麒麟990 5G实现业界最强AI算力，与业界其他旗舰AI芯片相比，性能优势高达6倍，能效优势高达8倍，持续刷新端侧AI的算力高点。

图：麒麟990 AI算力遥遥领先于竞争对手



图像处理再升级

麒麟990 5G采用全新ISP 5.0，吞吐率提升15%，能效提升15%，全面优化视频处理能力。在夜晚、光线较弱的暗光环境下，视频拍摄出现的噪点非常影响成像质量。从噪声类型来说，视频拍摄中出现的主要是时域噪声和空域噪声。其中，时域噪声是前后帧画面播放随时间变化产生的噪声，空域降噪是每一帧视频画面原本存在的固有噪声。业界在视频降噪方面大多采用单一的时域降噪，主要消除时间维度带来的噪声。麒麟990 5G全球首发双域联合视频降噪技术，针对视频中的高频、中频、低频噪声混合的场景，增加频域降噪过程，重点针对噪声进行精准分离处理，视频降噪能力提升20%，暗光环境下拍摄的视频更加清晰。首次在手机芯片上实现基于AI分割的实时视频后处理渲染技术，对每一帧视频画面色彩精心调色，让手机视频也能拥有电影调色质感。

图：麒麟990 5G芯片ISP能力再提升



5G基带，华为领跑

基带芯片是将信号进行编解码的核心器件。4G时代，基带芯片的主要玩家是高通、英特尔、MTK、三星、华为。

进入5G时代，**高通**延续了在通信芯片的技术优势，成功甩开英特尔，重回苹果5G供应链，且是华为以外绝大多数5G手机品牌基带芯片供应商。

英特尔放弃5G基带芯片研发，苹果正式收购英特尔基带业务。

MTK商用进程慢高通一年，预计2020年商用。

三星5G基带芯片主要自供，有望成为OPPO、vivo备选供应商。

华为5G基带芯片是2019年唯一支持SA/NSA双模式的量产产品，领先全市场。

基带芯片，是所有5G信号的通路芯片，研发难度大、周期长、风险高。从格局上看，全球前三大手机品牌苹果（现阶段依靠高通，同步收购英特尔自研）、三星（自研）、华为（自研）全部具备自有5G基带芯片，我们判断在5G时代他们更具成本优势，有望进一步扩大市场份额。

目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- **5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？**
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - **大功率快速充电成必须，产业链全面受益**
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- **5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？**
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

大功率快充，必然的选择

5G终端耗电量增加，无论电池容量升级与否，大功率快速充电都将成为标配，平面变压器、一体成型电感需求有望快速释放。由于5G SA模式需要两路PA同时工作，且工作频率高于4G，意味着5G射频前端耗电量将是4G的两倍以上。

5G的传输速率大幅提升，处理器等核心器件功耗有所提升，配套功率电感需求升级。我们判断伴随大功率快速充电产品普及，平面变压器和一体成型电感（Molding Chock）市场有望迎来高速增长。

图：Mate 20X 4G版本5000mAh电池，22.5W快充



图：Mate 20X 5G版本4200mAh电池，40W快充



充电器升级，平面变压器的春天

华为Mate 20X 5G采用4200mAh电池，配备40W大功率快充。此前华为发布的折叠机Mate X采用4500mAh大电池，配备55W大功率超级快充。

可以预期的是，手机充电器功率提升到与移动PC充电器功率可比拟的程度（华为Matebook Pro充电器65W），手机、PC充电器兼容，市场进一步打开。而采用平面变压器，能够减小充电器体积，降低外部电磁干扰，同时散热性能好，兼顾成本、性能、体积，是值得重点关注的细分方向。

图：华为40W快充充电器拆解



目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- **5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？**
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- **5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？**
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

5G极致性能，散热问题刻不容缓

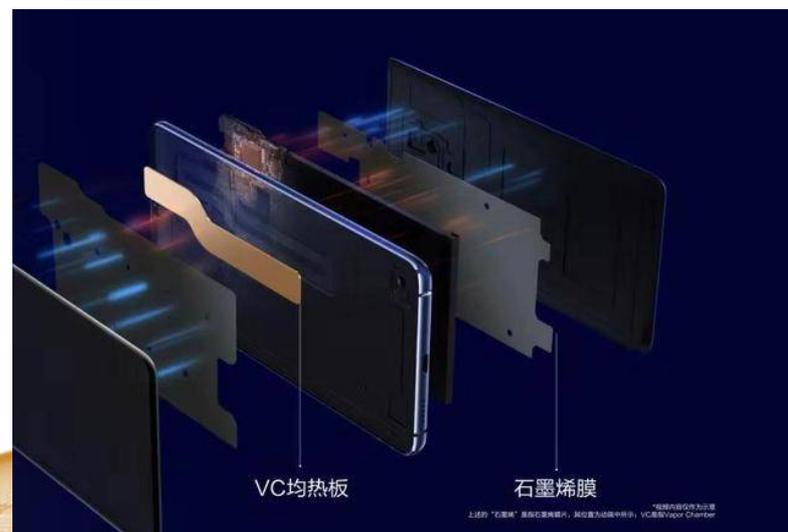
在手机中，热量堆积会导致核心元器件性能漂移，常见现象是运行卡顿、耗电量大增，严重黑屏重启。5G手机高速连接、高速数据处理，必然带来热量堆积问题，华为Mate 20X 5G采用SuperCool散热系统，低温稳定运行，实现畅快体验。

SuperCool技术拆开来看，是由均热板热冷技术和石墨烯膜组成。

图：Mate 20X 5G 的散热技术



图：Mate 20X 5G的散热组件构成



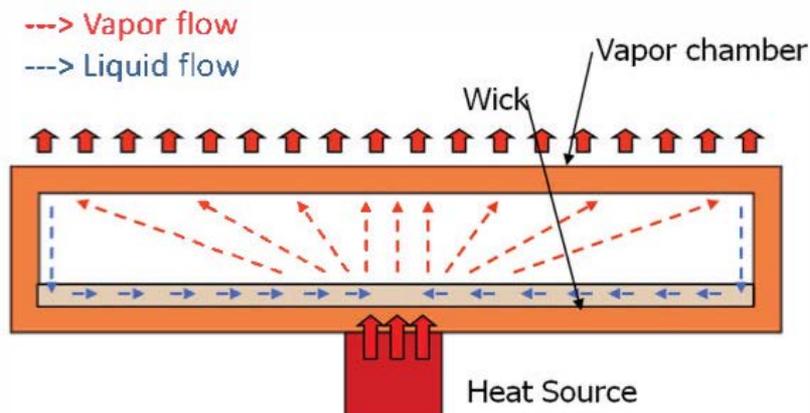
PC技术手机化，从此告别“暖手宝”

均热板热冷技术（Vapor Chamber），广泛用于高性能PC散热，在金属腔体内灌注易挥发材料，材料受热蒸发，扩散到低温区域冷凝放热，变回液体回流，实现热量搬移。华为Mate 20 X 5G将VC技术手机化，在紧凑机身空间内嵌入0.4mm超薄VC（Vapor Chamber），覆盖CPU、GPU等高发热芯片。

石墨烯由一系列按蜂窝状晶格排列的碳原子组成，纯的无缺陷的单层石墨烯的导热系数高达5300W/mK，是目前为止导热系数最高的碳材料。但限于纯石墨烯材料的生产难度和高成本，目前业界采用低成本的石墨烯散热膜，是由取向高度一致的石墨烯材质构成的片状散热材料，相比于厚度的多层石墨，散热能力提升20%以上。

华为利用均热板热冷技术实现热量的快速传导，利用石墨烯散热膜实现热量大面积扩散，最终达到整机均温散热的目的。可以看到，正式工业界极限加工能力和材料技术的升级，才推动了手机产业的快速进步。

图：均热板热冷技术（Vapor Chamber）原理



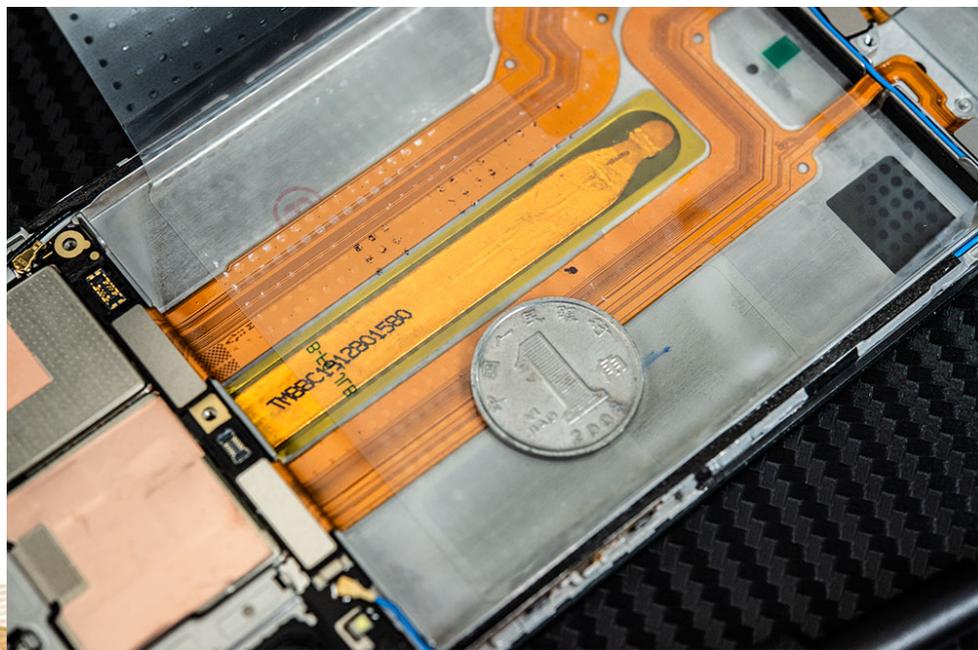
图：石墨烯特点



碳纤维+热管，vivo散热新方案

vivo发布的旗下首款5G手机iQOO Pro 搭配超导碳纤维与均温板结合的先进液冷散热系统，散热能力大幅提升，轻松兼顾高耗能游戏与多项任务，游戏体验更爽快。iQOO Pro 5G版本全部使用均热板，4G版本采用液冷热管。

图：iQOO Pro的散热技术



资料来源：vivo，华西证券研究所

目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- 5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- 5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

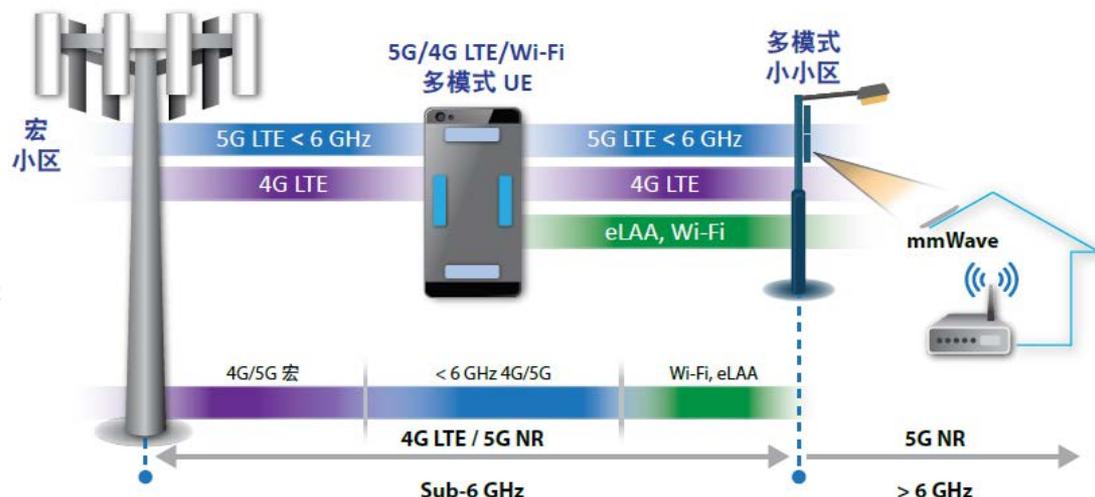
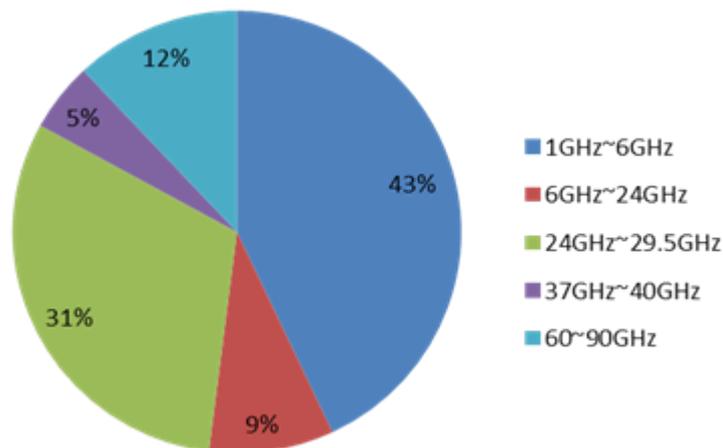
毫米波应用分步走

毫米波 (mmWave) 是波长是毫米量级 (1mm~10mm) 的电磁波, 理论上对应频率30GHz~300GHz, 工程上24GHz及以上频率也被视为毫米波。据《5G毫米波频谱规划建议白皮书》, 目前全球5G试验网中43%使用了1-6GHz频谱, 使用6GHz以上高频的5G试验网数量占比达到57%, 其中使用24GHz~29.5GHz毫米波频段的试验网占比为31%。

基于技术和商业考量, 5G初期Sub-6 GHz频率用于覆盖较大地理区域, 提供Gbps的数据速率。毫米波针对固定无线应用 (FWA), 提供10Gbps以上的数据速率。长期来看混合网络部署将具有更高可行性, 在已部署Sub-6 GHz的热点地区加配毫米波, 满足热点区域极高的用户体验速率和系统容量需求, 对应的要求5G手机同时支持5G Sub-6GHz & mmWave。

图: 全球5G实验网频率使用情况

图: 5G毫米波初期应用场景



中美市场各有侧重，毫米波手机在路上

美国和中国以不同的方式分别引领第一轮5G部署：**中国首要的部署重点是C频段（3-5GHz）**；而美国则重点部署高频段的毫米波（mmWave，24 GHz以上）和低频段（600MHz）。

2018年12月21日，AT&T在美国十几个城市正式推出基于毫米波频段的“5G+”服务，限于目前没有“5G+”的商用手机，AT&T提供的是移动路由器，用户可作为热点使用。

国内手机厂商小米、vivo、OPPO等持续推进毫米波手机的测试验证，积极做研发储备。

图：小米毫米波手机测试



图：vivo毫米波手机测试



目录

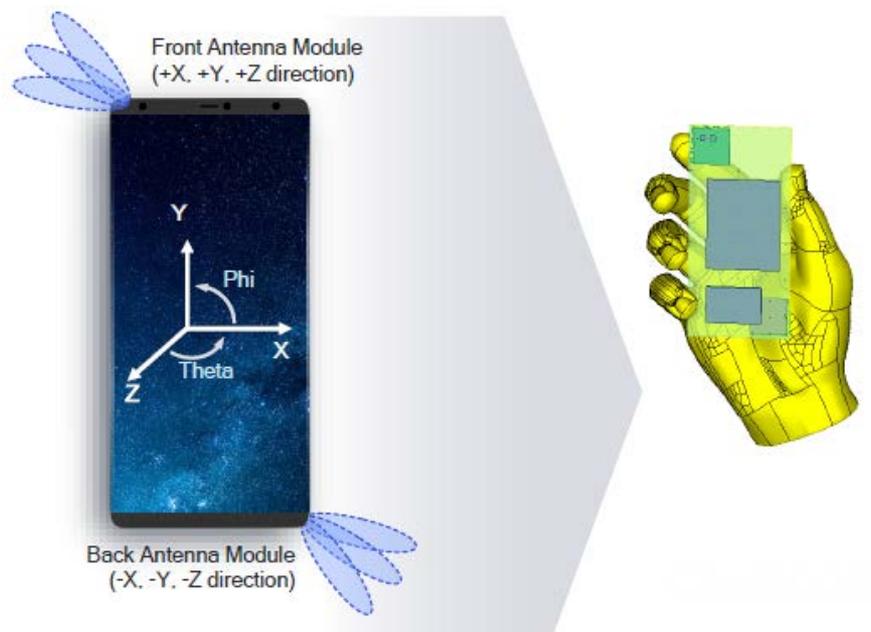
- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- 5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- 5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

毫米波易受人手影响，需多个阵列

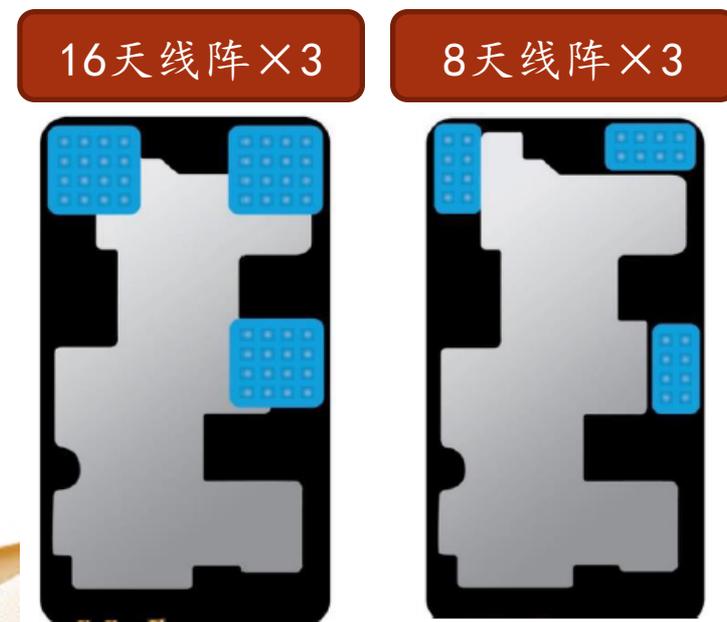
毫米波频率高，衰减快，信号容易受到人手的影响，不同的手持方式均有可能遮蔽毫米波信号。

因此毫米波手机应当具有**多个毫米波天线阵列**，不同阵列之间实现信号检测和切换，**克服人手影响**；每个天线阵列具有**多个天线单元**，实现波束扫描，找到基站信号最大的方向。

图：毫米波容易受到人手影响

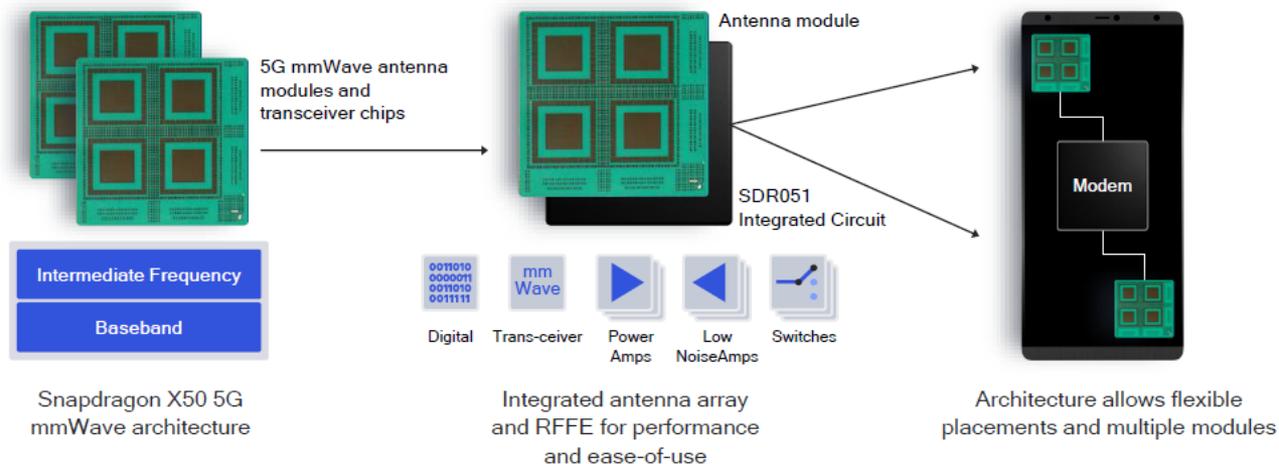


图：毫米波天线手机示意图

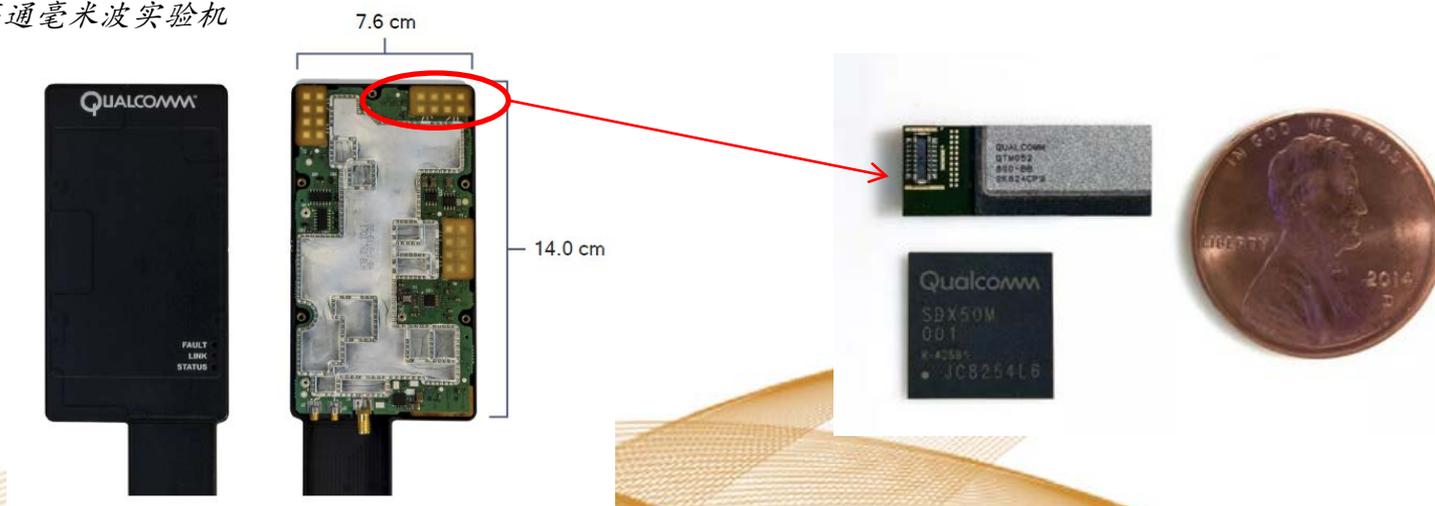


高通已推出适用于5G毫米波的整套解决方案

图：高通毫米波天线模组架构



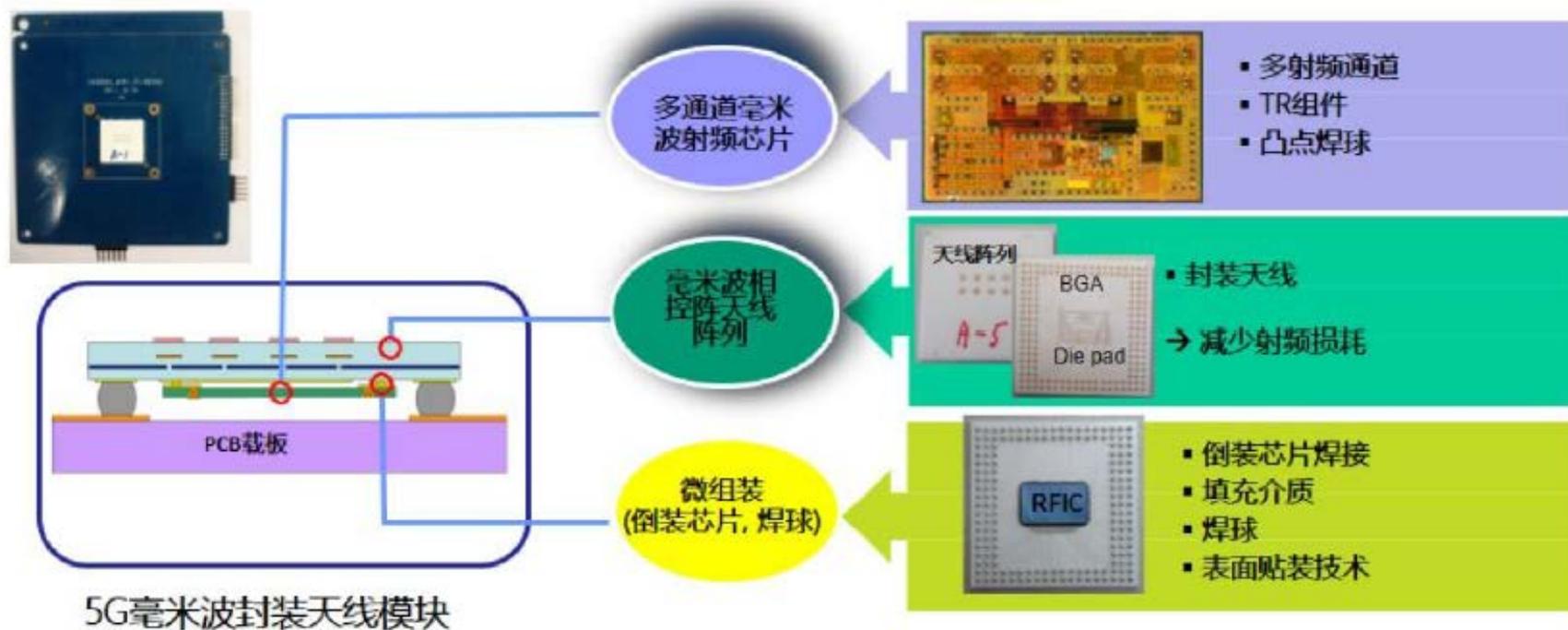
图：高通毫米波实验机



毫米波将采用AiP设计

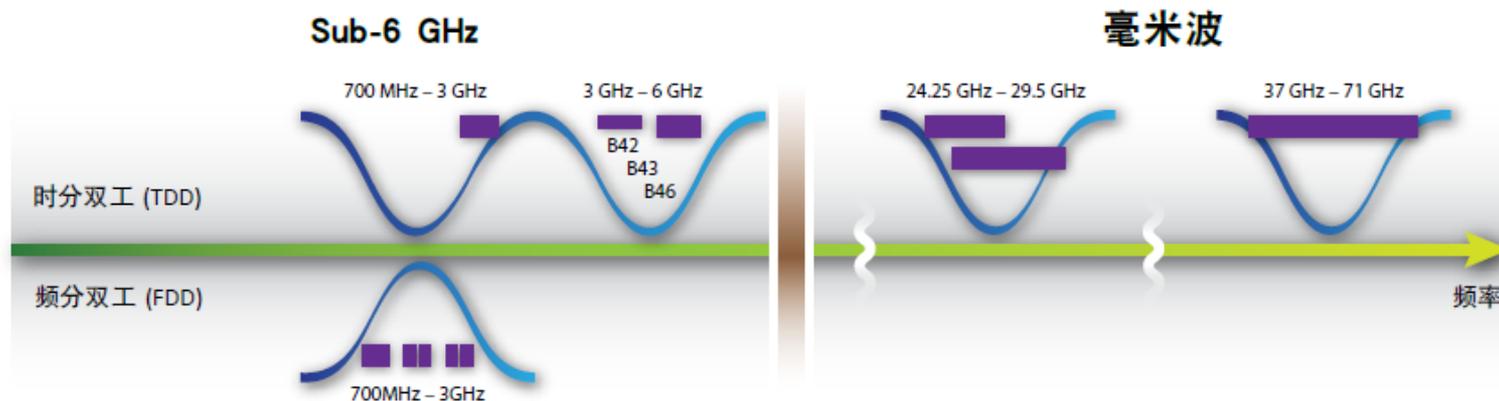
由于毫米波频率高，传输损耗大，因此天线和射频前端集成化，典型设计上，将毫米波天线与毫米波芯片封装在一起，业内称之为AiP (antenna-in-package)。

图：毫米波AiP架构示意图



毫米波与Sub-6 GHz射频前端技术有差异

5G sub-6 GHz领域，射频前端技术与4G相差不大。而到了5G毫米波阶段，将更广泛的利用System-in-Package (SiP) 技术，在有机层压材料上集成天线和射频前端。

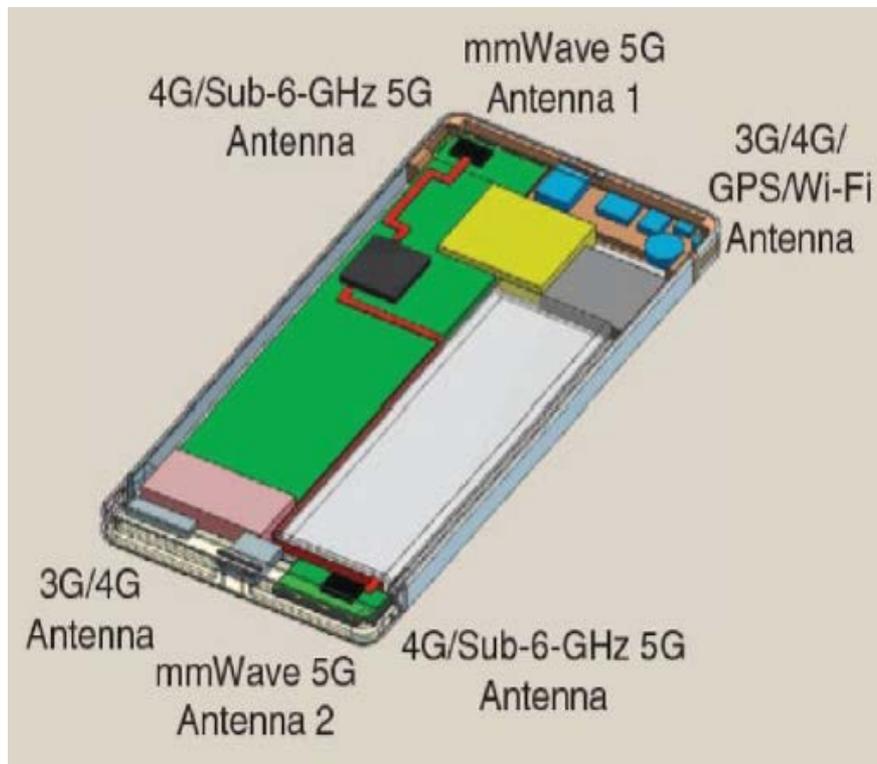


产品格式示例	FEMiD / PAMiD / DRx	FEMiD / PAMiD / DRx	8T / 8R 天线完整前端	8T / 8R 天线完整前端
技术				
功率放大	III-V / SiGe / Bulk CMOS	III-V / SiGe / Bulk CMOS	InP / SiGe BiCMOS / 高级 SOI	InP / GaN / SiGe BiCMOS / 高级 SOI
低噪放大	III-V / SiGe / SOI CMOS	III-V / SiGe / SOI CMOS	高级 SOI / GaN	SiGe BiCMOS / 高级 SOI
RF 交换	SOI CMOS	SOI CMOS	高级 SOI	高级 SOI
滤波	声学 / IPD / 陶瓷	声学 / IPD / 陶瓷	IPD / 陶瓷	IPD
天线集成	不适用	不适用	是	是
信号生成	不适用	不适用	高级 SOI / SiGe BiCMOS	高级 SOI / SiGe BiCMOS

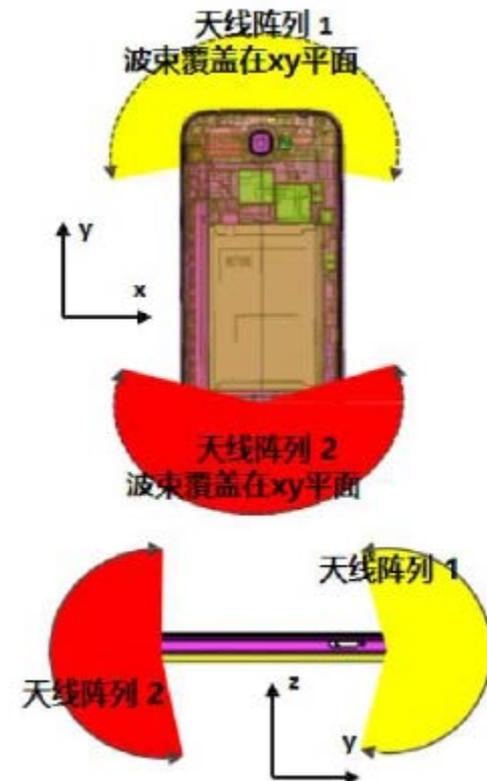
毫米波天线与2G、3G、4G、5G sub-6共存

手机制式渐进式升级，支持的模式持续增加，2G、3G、4G、5G Sub-6GHz天线之外的边角处，进一步增加毫米波天线。

图：多模式天线共存

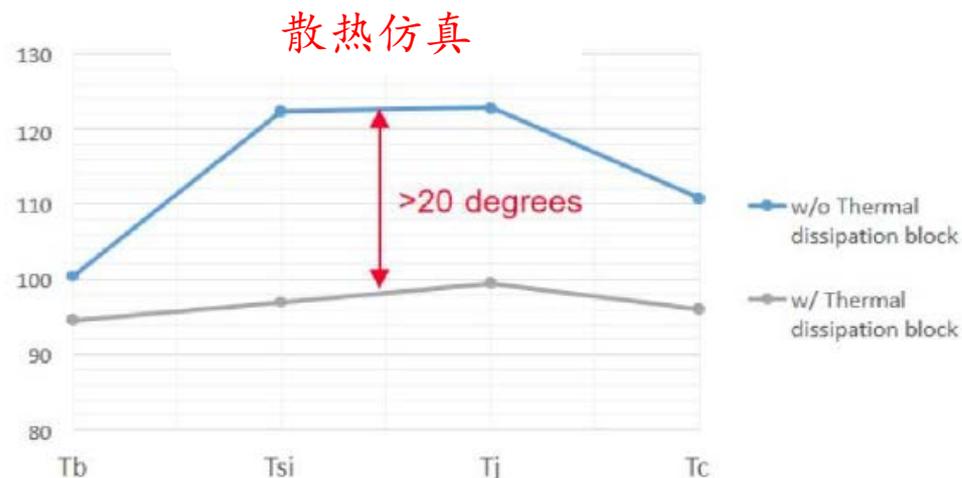
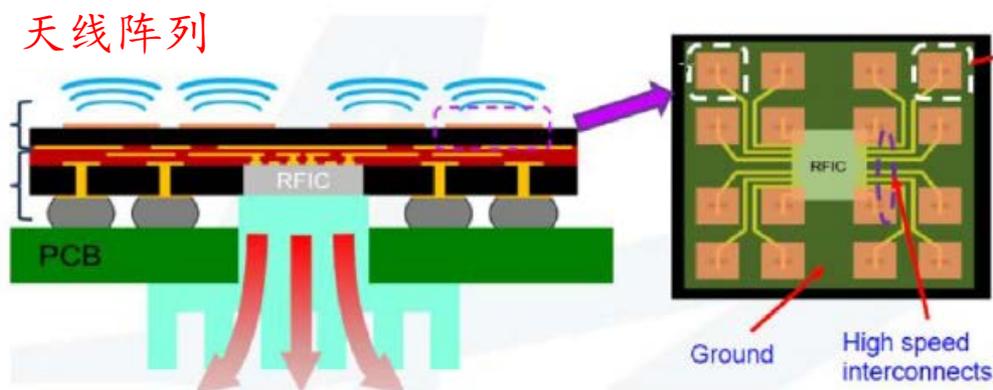


图：毫米波天线配置在手机边缘



毫米波AiP需要额外的散热

毫米波AiP集成度高，面积小而数据吞吐量大，因此散热也需要额外重视。从ANSYS公司的仿真数据看，加载散热模块的整机温度可以将最高温度降低20度。



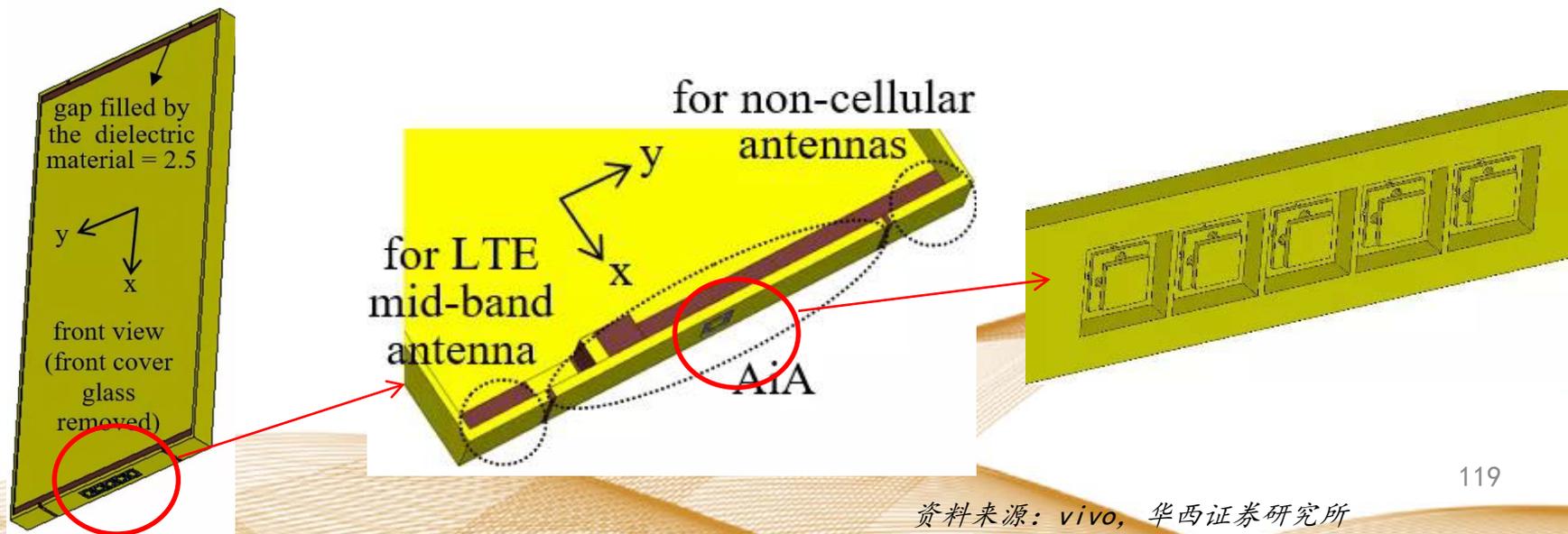
vivo提出新型AiA设计

若手机外观为金属框或金属壳，则需要在金属外观上进行足够大尺寸的开口以嵌入AiP模块，破坏了外观金属设计的完整性与竞争力；此外，手机边缘通常为圆弧角设计，AiP模块侧立放置对边缘收弧较难共形，而要倾斜放置，进而造成排挤与增大产品的内部堆叠空间。

vivo天线预研团队领跑发布了突破金属外观限制且整合双频双极化的5G毫米波及4G LTE的手机天线设计，将毫米波天线嵌入在4G天线，赋名为AiA (mm-Wave antennas in non-mm-Wave antennas)。

从实现方案上看，vivo的AiA技术将采用FPC软板为载体，将设计好的毫米波天线模组嵌入到金属边框之中。

图：毫米波AiA架构示意图

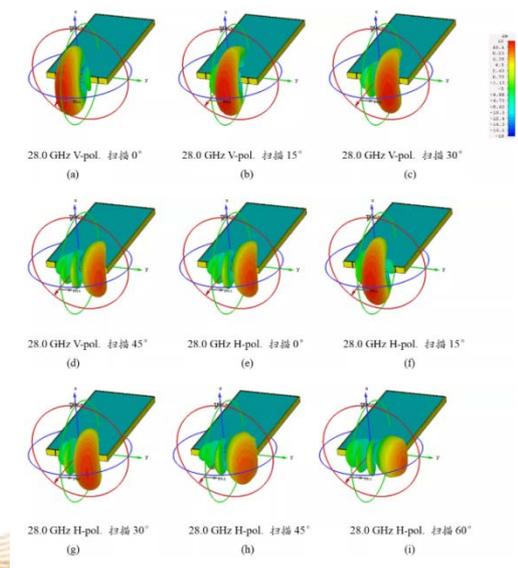


AiA+AiP, 更进一步的AiAiP

基于AiA的设计架构下，vivo天线预研团队为了进一步强化AiA的辐射性能，提出了AiAiP方案。AiAiP的赋名来自AiA与AiP，即从字面而言 $AiAiP = AiA + AiP$ ，而从字义与工程设计而言，AiAiP亦即是基于AiA的辐射部（外部维度）加上AiP的馈入部（内部维度），也就是取AiA与AiP两者之所长，去两者之所短，融合而成的升华版设计方案。

AiAiP方案，简言之是将AiP模组方案嵌入到4G金属天线之中，为金属外观手机的毫米波天线设计带来新的契机。

图：毫米波AiAiP实现±60°的波束扫描



图AiP、AiA、AiAiP性能比较

项目	毫米波天线方案		
	AiP	AiA*	AiAiP
注: #1 (优) > #2 (可) > #3 (差)			
与金属外观兼容性	#3	#1	#1
具挑战外观共形性	#3	#1	#2
与非毫米波天线的整合性	#3	#1	#2
馈入路径损耗	#1	#3	#2
因内部环境或背盖引起性能劣化的抵抗力	#3	#1	#2

*：此处AiA的馈入部为FPC或RF cables

我们判断2020年iPhone有望支持毫米波

彭博社报道，苹果与高通已通过协议同意放弃所有诉讼，达成了为期数年的芯片供应与专利许可协议。此举意味着苹果未来的iPhone将继续使用来自高通的移动芯片。

5G手机有望顺利推进，2020年将是换机大年。苹果此前受困于和高通的专利诉讼，5G基带芯片难寻稳定靠谱供应商，遍尝英特尔、三星、华为、MTK而未果，5G手机研发受阻，如今与高通达成和解，5G手机有望明年如期上市；国内品牌纷纷上马5G手机，预计将拉动2020年成为换机大年。

美国将释放史上最大规模频谱资源，毫米波手机进程加速。FCC（美国联邦通信委员会）计划从今年12月10日起启动美国史上最大规模频谱拍卖，运营商可以对37GHz、39GHz和47GHz几个高频段频率资源进行竞标。从美国释放的5G频谱资源看，主推毫米波网络建设，而美国市场是苹果最大的收入来源，我们判断2020年5G iPhone有望支持毫米波功能，高通发布的QTM525 毫米波天线模组，支持26GHz、28GHz、39GHz等多个毫米波频段，预计一部5G毫米波智能手机可集成多达4个模组，天线板和转接软板将成为国内公司重点突破方向。

目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- 5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- 5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

毫米波天线必然拉动高频低损软/硬板需求

预计一部5G毫米波手机可集成多达4个模组，鉴于毫米波模组需要分散在主板周围，必然需要低损耗软板将信号从天线传递至主板，天线板和转接软板将成为国内公司重点突破方向。

图：高通毫米波天线模组QTM052

QTM052 5G mmWave antenna module

Expands portfolio of fully-integrated 5G NR mmWave modules for mobile devices



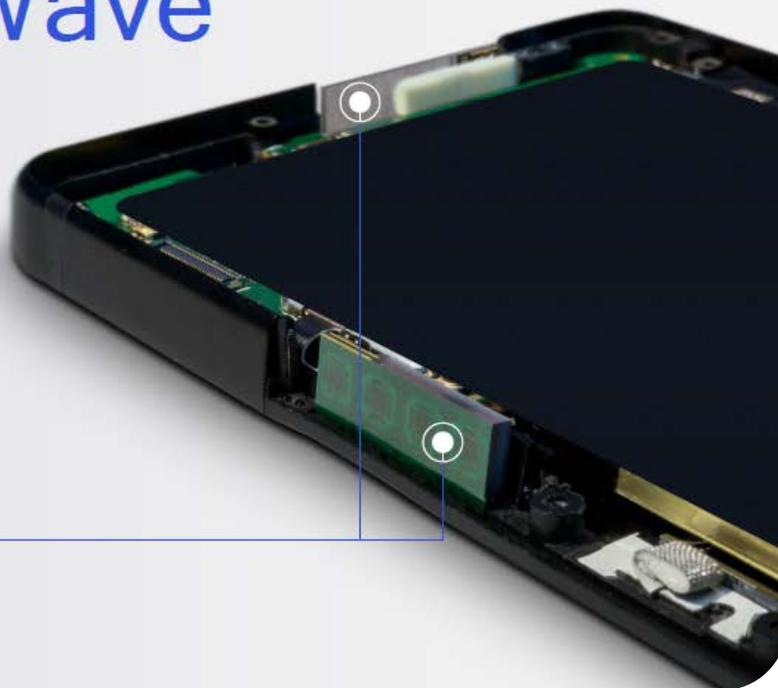
Previous



New



Size scale

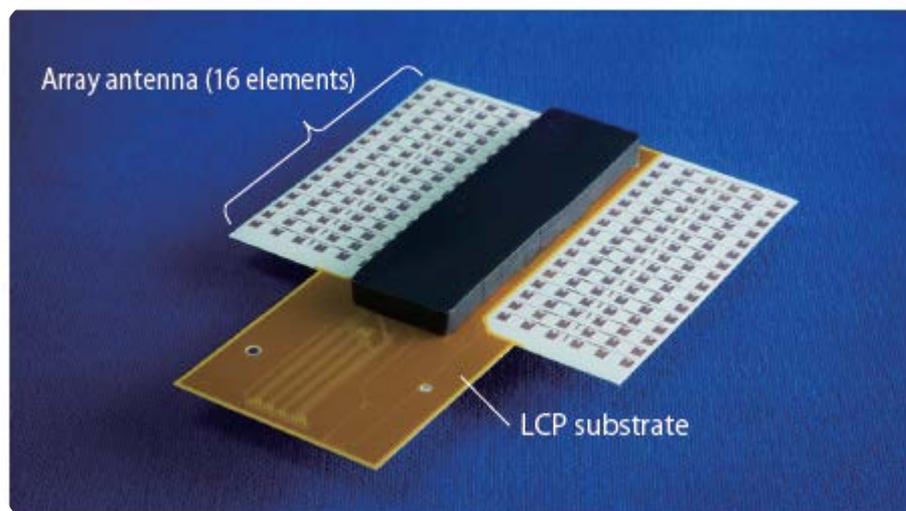


size scale

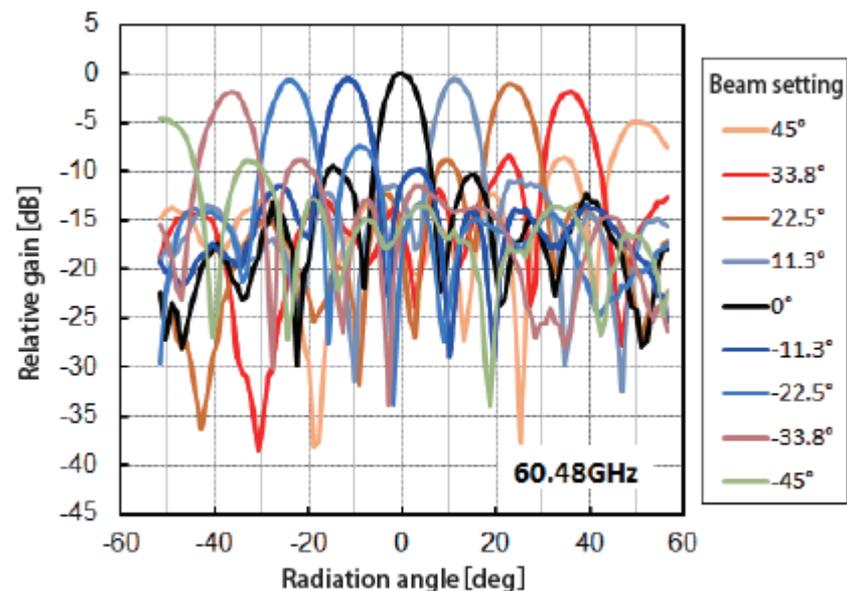
毫米波天线必然拉动高频低损软/硬板需求

早在2018年2月，日本藤仓研发出基于LCP软板的60 GHz毫米波RF模块与高增益相控阵列天线，可以实现在正负45度的波束扫描，证明了LCP软板在毫米波应用的可行性。

图：日本藤仓研发的基于LCP软板的16天线单元毫米波天线阵



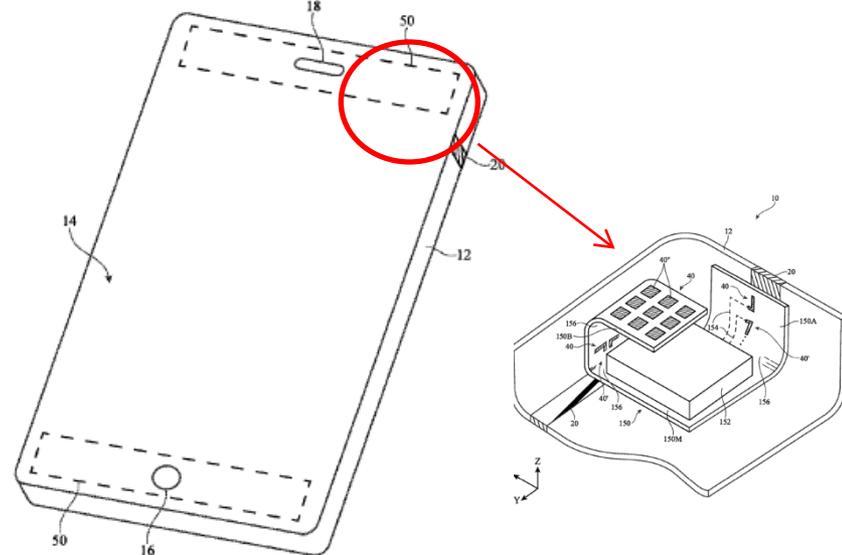
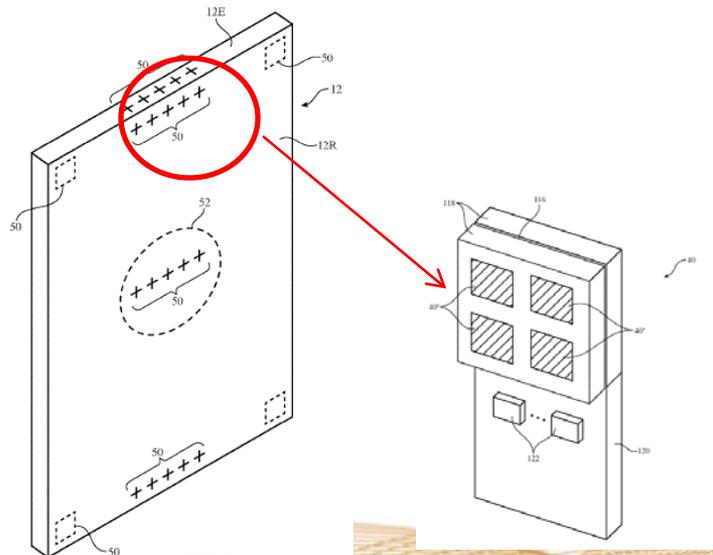
图：实测天线阵列效果图



苹果关于毫米波的多项专利

苹果已经向美国商标专利局申请了多项关于毫米波解决方案的专利，其中有两项值得重点关注。其一解决方案与高通相似，在手机周边分布多个毫米波天线模组，载体为硬板，毫米波信号初步降频后再传输至主板处理。其二解决方案采用软板为载体，天线、射频前端芯片均落于软板之上，类似于目前iPhone的天线设计。

图： 苹果申请的关于毫米波天线的专利



毫米波手机的产业链机会

射频前端芯片产业链长期被海外厂商把持，国内公司处于进口替代初级阶段。

5G应用之前，毫米波器件产业主要集中在军工领域，中国长期面临严密的技术封锁，进一步造成国内的关键技术、制造工艺、产能等方面落后于海外寡头。

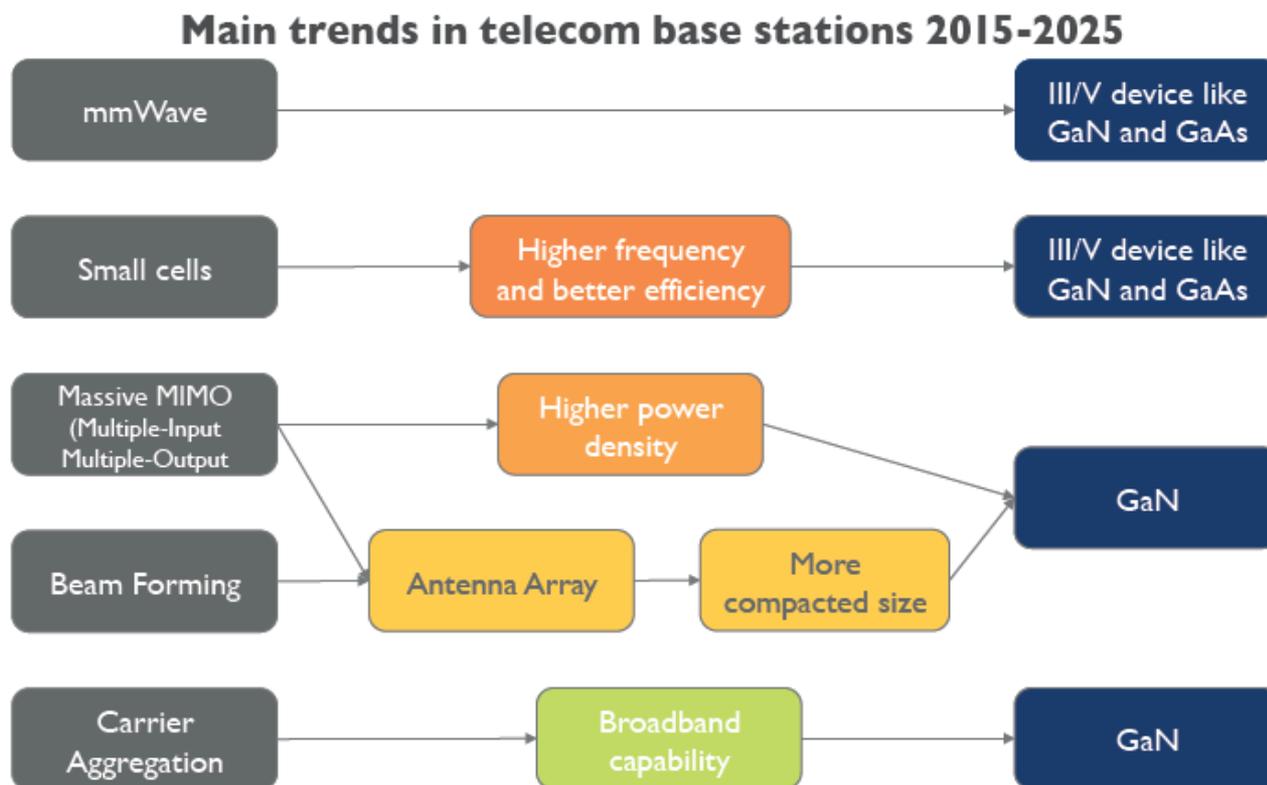
成为毫米波模组器件的供应商是目前看比较可靠的发展路线。立讯精密是iPhone LCP软板后道工序供应商，具备LCP量产经验，信维通信为高通提供应用于QTM052毫米波模组的LCP软板，电连技术开发基于LCP软板的射频连接线，和国内手机厂商处于验证阶段，硕贝德也有开展关于毫米波模组的布局。

目录

- 一图看懂5G关键指标
- 2019是5G手机元年，2020开启换机潮，增量有多少？
- 5G Sub-6GHz，手机价值增量体现在哪里？
 - 天线量价齐升，竞争格局重构
 - 连接器适配性增长，射频细分领域是重点
 - FPC vs LCP vs MPI，区别到底是什么？
 - 射频前端芯片，模组化大趋势，国内厂商如何突围？
 - 基带芯片，巨头的纷争
 - 大功率快速充电成必须，产业链全面受益
 - 散热形式多样，厂商各显神通
- 5G 毫米波，手机价值增量体现在哪里？
 - 毫米波还有多远？
 - 射频前端与天线的融合，新名词：AiP与AiA
 - 高频低损，LCP的真正机会
 - 毫米波与GaN

5G推进拉动GaN需求

5G毫米波手机当然要配套5G毫米波基站，在基站领域上，得益于GaN的宽带、高频特性，Yole预计在毫米波应用上GaN的需求将更为强烈。

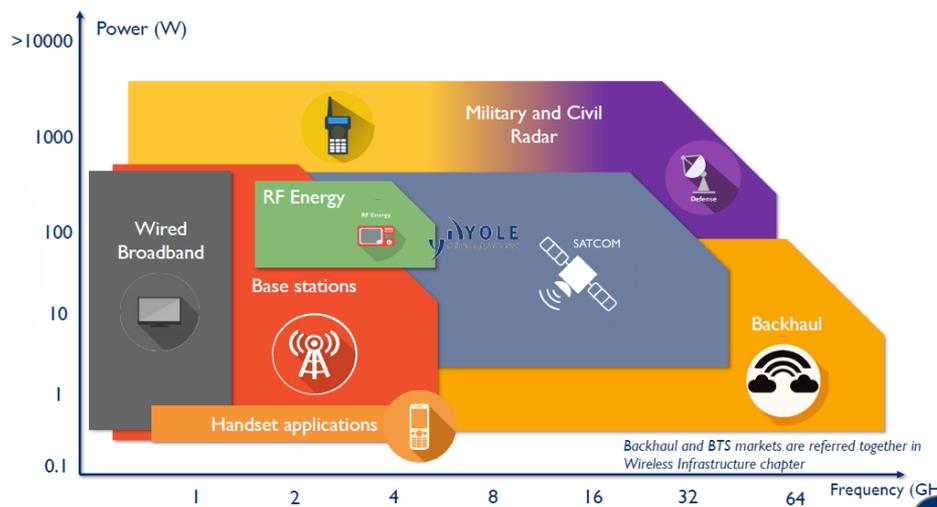


GaN: 宽禁带化合物半导体

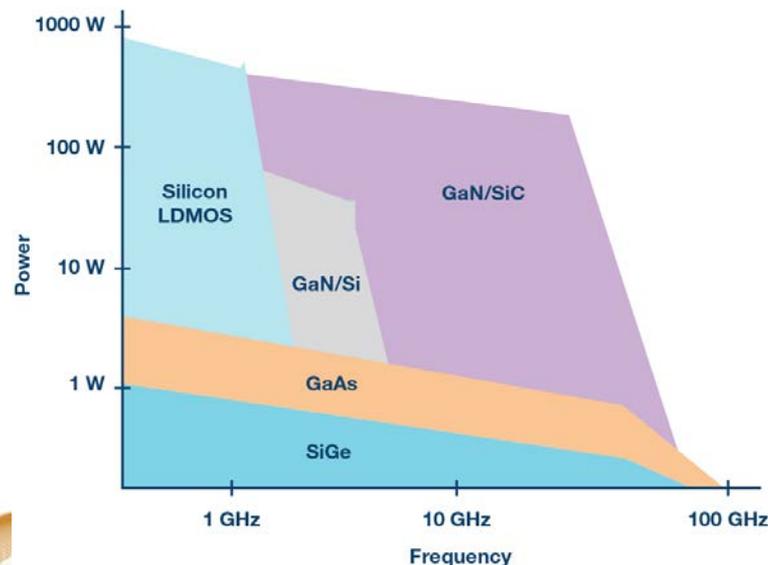
GaN拥有优良的物理特性，它禁带宽度为硅的3.1倍，击穿场强为硅的11倍，最高工作温度为硅的3.75倍。相对于Si、GaAs、SiC制成的器件，GaN器件可以在更高频率、更大功率、更高温度下工作。

在功率器件领域，相对适用于高温大功率电路的SiC，GaN更适用于900V以下的高频小电力领域。

图：不同应用场景频率-功率分布图



图：GaN适合高频大功率



GaN衬底

由于制备GaN 的单晶材料无法从自然界中直接获取所以GaN的主要制备方法是在蓝宝石、SiC、Si 等异质衬底上进行外延。

目前，GaN自支撑衬底仍以小尺寸晶圆为主，其主要采用的工艺为氢化物气相外延(HVPE)和氨热法。商业应用中，GaN的制备仍主要采用在异质衬底上进行外延，GaN 自支撑衬底在激光器上的应用可获得更高的发光效率品质。

GaN衬底目前仍然以2-4英寸为主，外延片6英寸开始商用，8英寸已试制成功。材料尺寸的增加将带来更大产能和更低成本。

● 国内GaN衬底研究合作情况

企业	产品	合作高校或研究所
中稼半导体	GaN衬底	北京大学
苏州纳维	GaN衬底	中科院苏州纳米所
山东天岳	SiC衬底	山东大学
天科合达	SiC衬底	中科院物理研究所
保定同光	SiC衬底	中科院半导体研究所
东莞天域	SiC外延片	中科院半导体研究所
华功半导体	GaN外延和器件	北京大学、中山大学

● GaN用不同衬底的对比

	已可量产的最大尺寸	成本	热导率 (W/cmK)	外延材料质量
Sapphire	4"	20美元	0.5	好
Si	8"	20美元	1.49	一般
SiC	6"	1000美元	4.9	很好
GaN	2"	2500美元	1.3	非常好

尺寸	GaN自支撑衬底	GaN on Si	GaN on SiC	GaN on GaN
2"	√主流尺寸	√	√	√
3"	√	√	√	√
4" (100mm)	√	√	√	√
5" (125mm)		√		

● 全球GaN衬底市场情况

GaN衬底	市场份额
日本住友电工Sumitomo Electric	三家日商合计超85%
日本三菱化学Mitsubishi Chemical	
日本住友化学Scios	

《中国制造2025》第三代半导体相关发展目标

发展重点	细分重点	2025年任务目标
关键战略材料：先进半导体材料	第三代半导体单晶衬底	6-8英寸SiC、4-6英寸GaN、2-3英寸AlN单晶衬底制备技术；可生产大尺寸、高质量第三代半导体单晶衬底的国产化装备
	第三代半导体光电子器件、模块及应用	200 lm/W以上光效的LED外延和芯片制备技术；50mW以上AlGaIn基紫外LED。
	第三代半导体电力电子器件、模块及应用	15kV以上SiC电力电子器件制备关键技术：高质量、低成本GaN电力电子器件的设计与制备；在高压电网、高速轨道交通、消费类电子产品、新能源汽车、新一代通用电源等领域的应用。
	第三代半导体射频器件、模块及应用	100MHz以上GaN基HEMT微波射频器件和模块；5G移动通信和卫星通信领域中的应用。
		2025年实现在5G移动通讯、高效能源管理国产化率达到50%；在新能源汽车、消费类电子领域实现规模应用，在通用照明市场渗透率达到80%。

GaN在高频高速方面具有优势

氮化镓（GaN），该类材料主要特征在于禁带宽度大于2eV，更高的禁带宽度代表该类材料拥有更高的耐压性质和更高的工作温度。因此，目前以氮化镓（GaN）为代表的第三代半导体是高温、高频、大功率微波器件的首选材料之一。

效率方面，中兴通讯的数据显示，在基站设备中，射频功耗的能耗占到总能耗的60%左右。因此提升射频PA效率是运营商降低运营成本（OPEX）、实现节能环保最为有效的手段之一。

工作频段方面，半导体的工作频段与射频信号频段相对应。随着通信频段的不断提升，射频器件对半导体材料的要求也将出现相应的改变。就半导体材料而言，在3.5GHz及以下的频段中，LDMOS由于成本上的优势将仍能保持一定的市场份额；在**3.5GHz以上的频段中，GaN将具有更大的竞争优势，特别在毫米波频段，GaN将会成为唯一选择。**

图：LDMOS、硅基氮化镓（GaN-on-Si）、碳化硅基氮化镓（GaN-on-SiC）技术指标对比

	LDMOS	GaN-on-Si	GaN-on-SiC	简介
效率	-	10%以上提升	10%以上提升	提高效率能显著降低运营成本
频段	3.6GHz	>3.8GHz	>3.8GHz	更高频段将有利于5G时代的高频部署
带宽	100MHz	200MHz	200MHz	更高的带宽会带来更高的承载能力
能量密度	1-1.5W/mm	4-6W/mm	4-8W/mm	能量密度越高，器件及天线越小
晶圆尺寸	8"	8"	4" → 6"	
衬底	Si	Si	SiC	SiC成本远高于Si

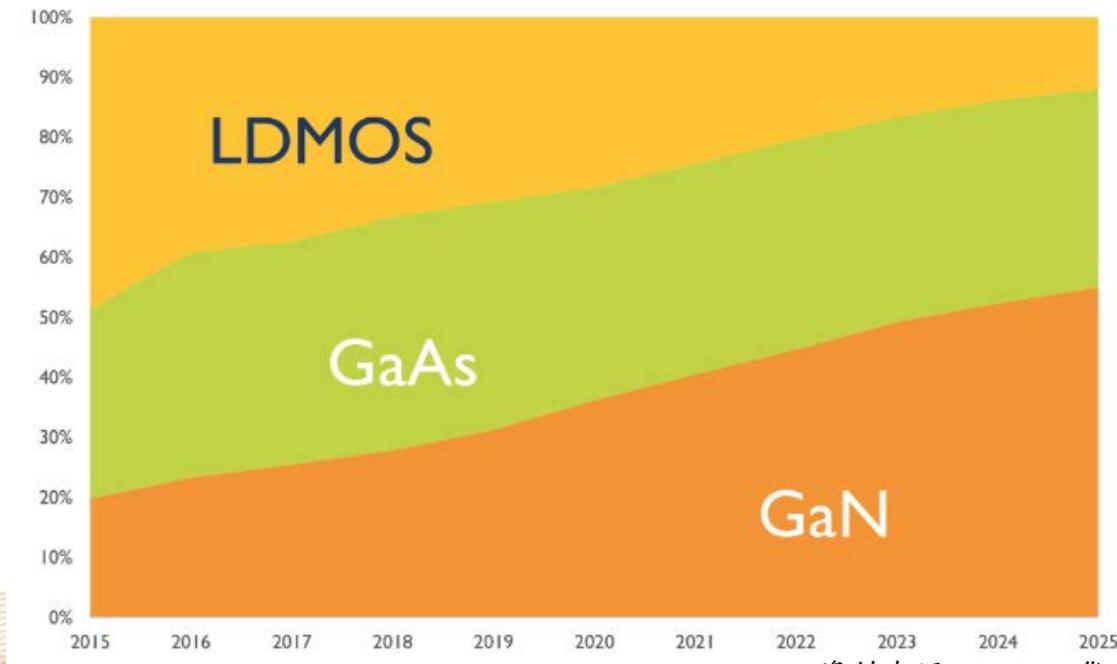
GaN在高频高速方面具有优势

带宽方面，与LDMOS相比，采用GaN材料的PA器件带宽将有近一倍的提升，GaN材料的应用也将会为单基站带来更高的承载能力。

功率密度方面，GaN器件体积的减小并不仅仅带来材料成本的降低，同时还能降低器件的电容和组合损耗，对半导体器件的带宽、效率和功率等指标都有着积极的影响。

RF领域是GaN目前渗透率较高、未来发展前景大的产业，尤其是用于价格敏感度较低的基站建设和改造。据Yole Development，目前GaN在RF市场（除手机PA）的市占率超过20%，未来GaN的份额将相对保持稳定，而GaAs将替代LDMOS，在2025年达到近50%的市占率。

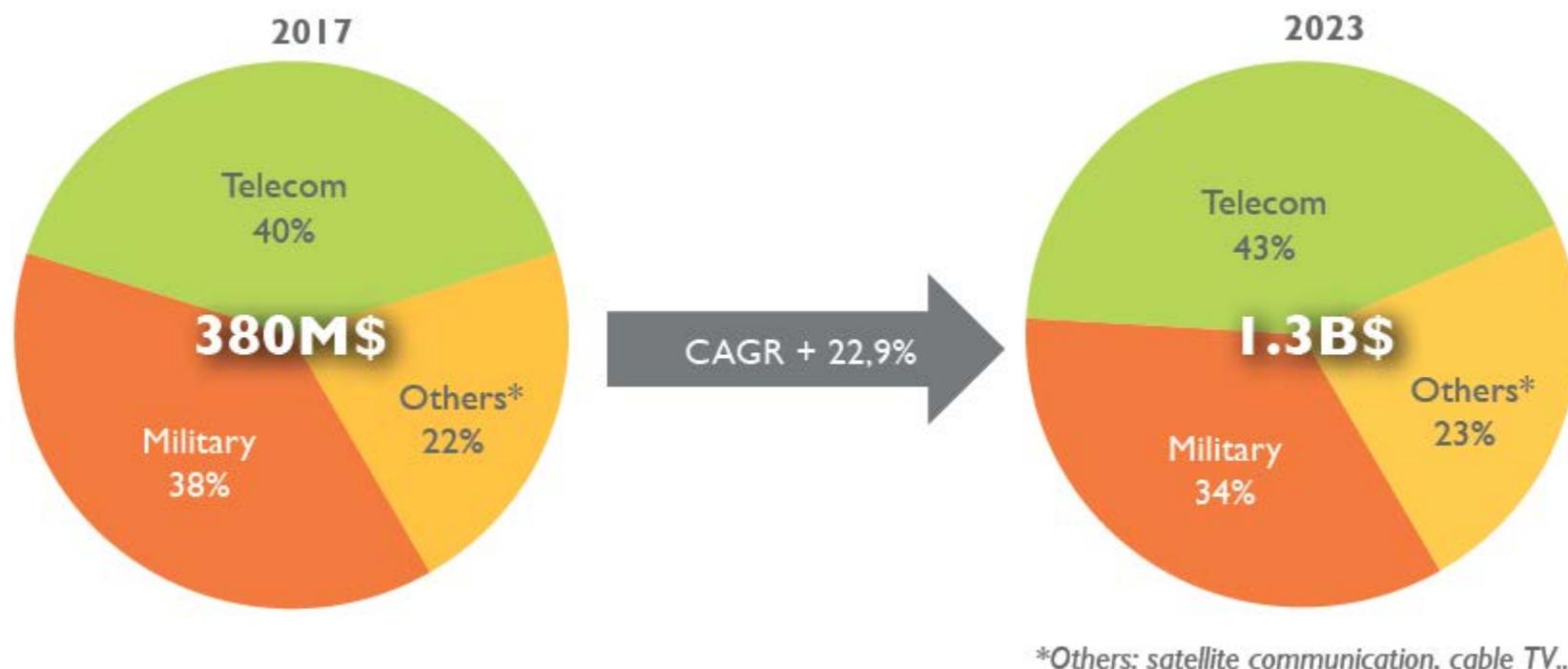
图：2015~2025年射频功率器件（手机除外）市场演进



5G毫米波相当于军用技术民用化

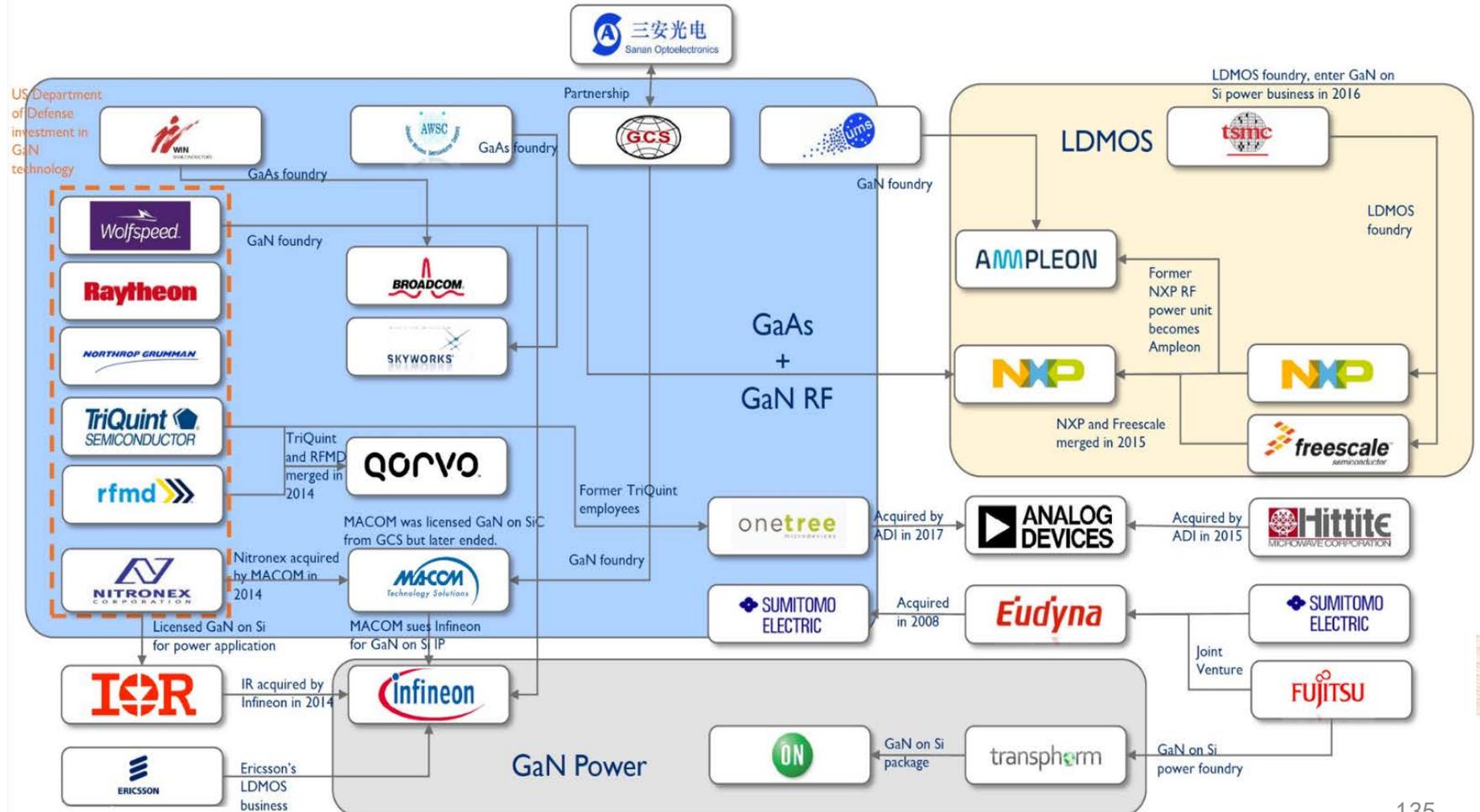
毫米波技术最早应用于军用雷达，在5G建设的民用需求推动下，Yole预测射频GaN市场空间将从2017年的3.8亿美元增长到2023年的13亿美元。

图：2017、2023年射频GaN市场空间及应用划分



GaN射频器件产业链

GaN射频器件产业链参与者目前主要集中在欧美厂商如Qorvo、英飞凌、Broadcom、Wolfspeed等，国内受益公司，主要是GaN代工厂商三安集成（三安光电公司）。



目录

- **5G手机价值量全梳理**
- 车联网大势所趋，车规级元器件门槛高、价格弹性大
 - 汽车V2X，又一个以“亿”为数量单位的联网市场
 - ADAS的明珠，毫米波雷达
- 云VR/AR，有望成为5G第一个杀手级应用
 - 用5G的速度，解决4G的问题
 - 鸿蒙面市，打响5G生态之争
- 万物互联，星辰大海
- 受益公司

—5G终端价值增量预估一览



资料来源: IHS, TechInsights, 华西证券研究所
注: 参考华为、三星、苹果等bom成本

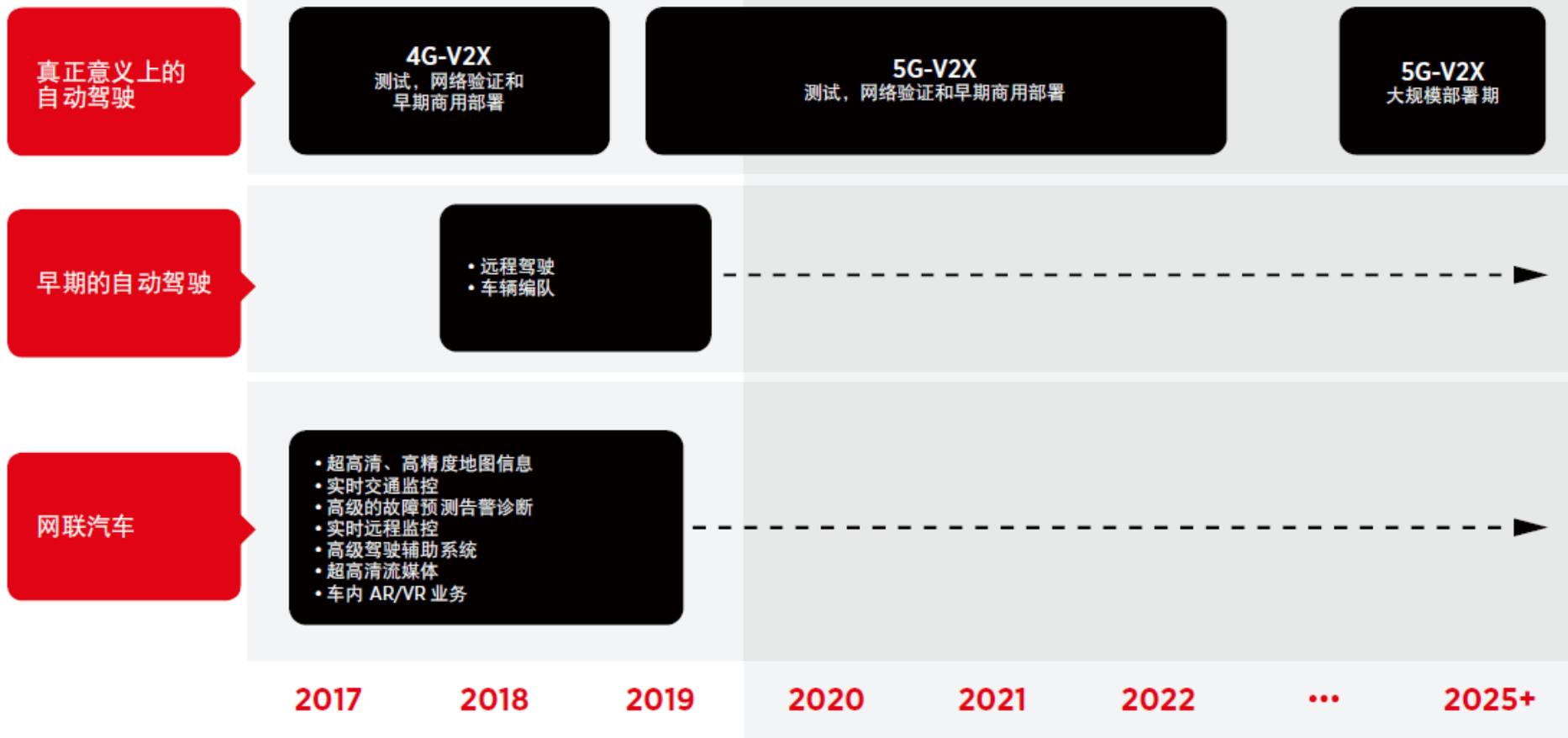
目录

- 5G手机价值量全梳理
- 车联网大势所趋，车规级元器件门槛高、价格弹性大
 - 汽车V2X，又一个以“亿”为数量单位的联网市场
 - ADAS的明珠，毫米波雷达
- 云VR/AR，有望成为5G第一个杀手级应用
 - 用5G的速度，解决4G的问题
 - 鸿蒙面市，打响5G生态之争
- 万物互联，星辰大海
- 受益公司

车联网的3个阶段

基于最新 4G 网络测试和应用

5G 商用部署



5G是实现高级自动驾驶的必要条件



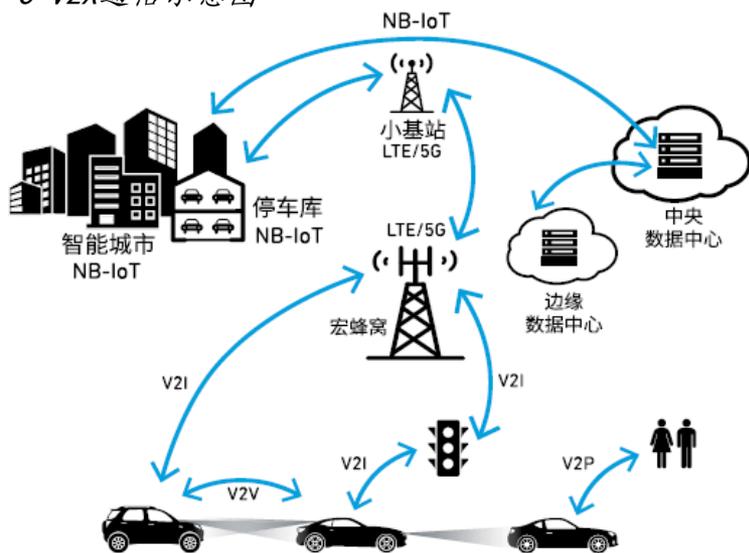
C-V2X有望成为5G车联网主流技术

车联网目前有两种通信技术：一种是专用短距离通信技术 DSRC，标准为IEEE802.11p，基于 Wi-Fi 的 IEEE802.11标准的修正版本，它无需使用 Wi-Fi 基站就可以在车辆之间提供无线连接。

另一种是蜂窝网C-V2X 技术，可以提供车与车直接通信（V2V）、车与无线网通信（V2N）、车与路面基础设施通信（V2I），车与人通信（V2P），目的都是为安全驾驶提供网络辅助，和移动运营商的云数据或信息接入等商用化服务。

GSMA(全球移动通信系统协会)认为，因为 **C-V2X 具备安全、网络（现在是 LTE，将来是 5G）全覆盖、支持短程和远程传输等几个关键技术优势**，获得了移动运营商、设备制造商和汽车制造商的青睐，包括奥迪、宝马、戴姆勒、福特、标志雪铁龙和上汽公司。自动驾驶协会（5GAA）认为基于 3GPP 的蜂窝技术提供了比 IEEE 802.11p 更优的性能和更具前瞻性的无线接入。

图：C-V2X通信示意图



图：V2X常见应用

- » V2V：例如，防碰撞
- » V2I：例如，动态交通信号
- » V2P：例如，向行人和骑行者发出安全警报
- » V2N：车对网络 — 例如，实时交通和天气、定制导航以及其他云服务

中国是首批部署 C-V2X 的国家之一

GSMA预计到 2025 年，全球网联汽车的规模将实现三倍增长，达到 12 亿个连接规模，其中中国、美国和欧洲将成为领头羊。市场预测数量包括汽车前装市场、自行车、摩托车，以及后装的例如保险和导航信息处理装置等。据ABI Research预测，到2025年5G连接的汽车将达到5,030万辆。汽车的典型换代周期是7到10年，因此**联网汽车将在2025~2030年之间大幅增长**。

2018年12月27日，工信部引发《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》，行动目标到2020年，实现车联网（智能网联汽车）产业跨行业融合取得突破，构建能够支撑**有条件自动驾驶（L3级）及以上的智能网联汽车技术体系**，**车联网用户渗透率达到30%以上**，**新车驾驶辅助系统（L2）搭载率达到30%以上**，**联网车载信息服务终端的新车装配率达到60%以上**。

图：在车辆实现完全自动驾驶之前，5G将支持以下应用案例

应用案例	描述	网络需求
编队行驶	卡车或货车的自动编队行驶比人类驾驶员更加安全。车辆之间靠得更近，从而节省燃油，提高货物运输的效率。编队具有灵活性—车辆在驶入高速公路时自动编队，离开高速公路时自动解散。	2~3 辆车即可组成编队，相邻车辆之间进行直接或车路通讯。对于较长的编队，消息的传播需要更长的时间。制动和同步要求低时延的网络通讯，对于 3 辆以上的编队，需要 5G 网络。
远程/遥控驾驶	车辆由远程控制中心的司机，而不是车辆中的人驾驶。遥控驾驶可以用来提供高级礼宾服务，使乘客可以在途中工作或参加会议；可提供出租车服务，也适用于无驾照人员，或者生病、醉酒等不适合开车的情况。	RTT时延需要小于10毫秒，使系统接收和执行指令的速度达到人感知的速度，需要5G网络。

C-V2X产业地图

通信芯片



通信模组



终端与设备



整车制造



运营服务



测试验证



高精度定位和
地图服务



重点关注芯片与通信模组产业链

车联网是通信芯片和模组厂商的应用场景延伸，在5G车联网市场中，上游通讯芯片厂商高通、华为等具备核心话语权。

据《IMT-2020 (5G) 推进组C-V2X白皮书》统计，在通信芯片方面：大唐电信已发布PC5 Mode 4模式的LTE-V2X测试芯片模组；华为已发布支持包括LTE-V2X在内的多模4.5G LTE调制解调芯片Balong 765；高通、英特尔、三星也发布了各自的芯片提供计划，其中高通商用出样9150 C-V2X芯片组，支持C-V2X直接通信、GNSS，支持无SIM卡运行，工作于ITS 5.9GHz频段。

在通信模组方面：大唐、华为等芯片企业都将提供基于各自芯片的通信模组；中兴通讯计划发布基于高通芯片的LTE-V2X测试模组；上海移远通信也发布了与高通的合作计划，计划推出基于高通9150芯片的通信模组。

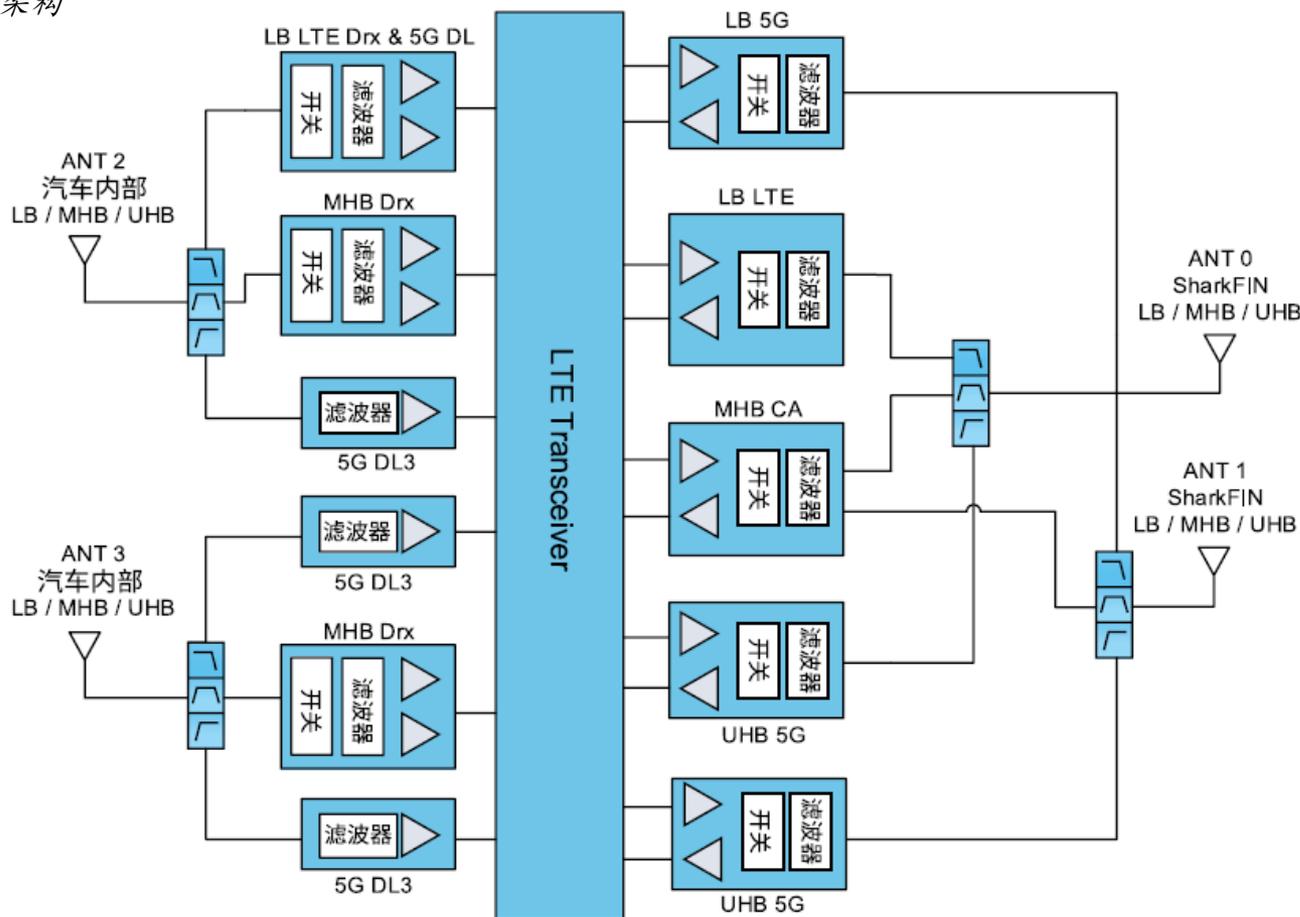
图：基于在通信行业的产期积累，高通在车联网芯片领域领先优势明显



支持4G、5G的C-V2X联网汽车射频前端和天线架构

和手机类似，车联网通信模块依然需要基带芯片、收发机芯片、滤波器、开关、天线等基础器件。

图：车联网通信架构



汽车天线——鲨鱼鳍

与智能手机结构空间紧凑不同，汽车天线通常位于金属车身外部的鲨鱼鳍中，优势是天线性能更好。

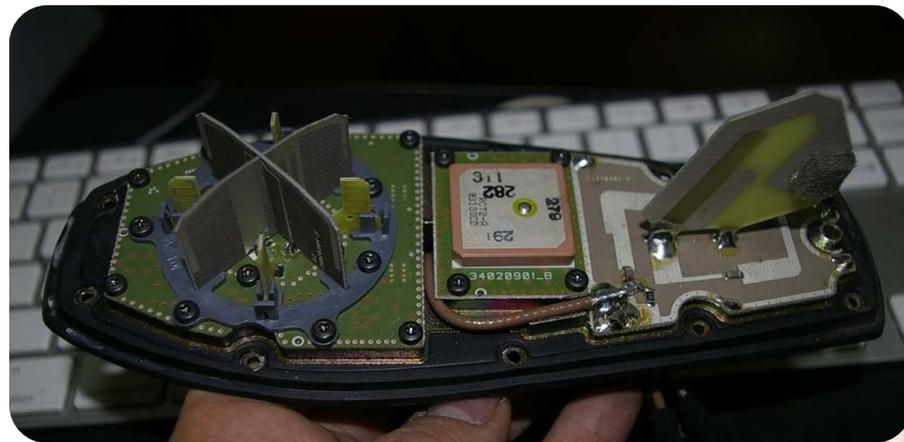
因为汽车金属车身相当于一个法拉第笼——金属屏蔽层所包围的设备，从而屏蔽静电和电磁影响。汽车制造商将所有远程通信天线（包括蜂窝天线）都安装在鲨鱼鳍中，使得用户能够将智能手机连接到汽车，从而消除法拉第笼效应。

从鲨鱼鳍拆解中看，内部包含多个天线和射频前端模块。

图：汽车顶部的鲨鱼鳍天线



图：某车型鲨鱼鳍天线拆解



预计2026年汽车天线市场70.1亿美元

据Research and Markets预测，在安全功能需求不断增长和车联网应用不断增加的推动下，全球汽车天线市场有望从2017年的17.5亿美元增长到2026年的70.1亿美元，CAGR达到16.7%。

目前汽车天线主要玩家包括德国大陆集团、日本电装、泰科电子、海拉、莱尔德、Yokowo、原田工业、夏弗纳、Kathrein、Ficosa等。

图：汽车天线主要厂商

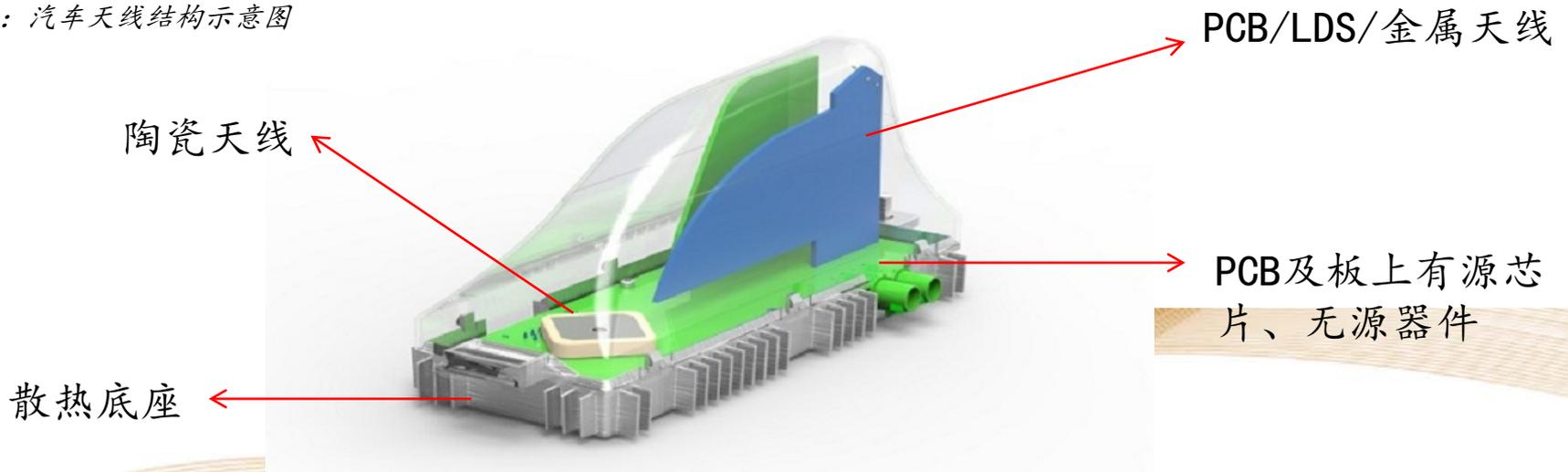


国内厂商的机会

鉴于汽车天线市场目前主要玩家为传统汽车Tier1企业，而汽车产品认证周期长，短期内快速实现进口替代难度较高，从国内厂商发展路线看，收购有供应商资质的公司，以及成为Tier1企业的直接供应商是较为可行的成长路径。

从典型鲨鱼鳍天线拆解看，主要包括GPS天线（陶瓷天线）、通信天线（PCB/LDS/金属天线）、PCB主板、PA等有源芯片、阻容感无源器件、金属散热底座。

图：汽车天线结构示意图



满足车规要求的元器件单价弹性大

在车用零组件制造和测试过程中，汽车行业制造商必须满足指定的行业标准。其中有三个关键标准：

»»国际汽车推动小组 (IATF) 16949：汽车行业的这项质量管理体系标准全球通用。汽车制造商通常均认为组件的制造、组装和测试厂商应该通过了 IATF 16949 标准认证。

»»汽车电子委员会 (AEC) Q100：规定了开关和 PA 等有源元件的标准测试。

»»AEC-Q200：规定了 Wi-Fi 通信和蜂窝通信所用 RF 滤波器等无源设备的标准测试。

图：满足 (AEC) Q100的开关单价较高

RF开关型号	功能	插入损耗 (dB)	是否满足AEC-Q100	单价 (美元)
AS214-92LF	SPDT	0.4	否	0.379
SKYA21001	SPDT	0.4	是	0.67

图：满足 (AEC) Q200的电感单价较高

电感型号	电感值	误差	是否满足AEC-Q200	单价 (美元)
LQP03TG1ONH02D	10nH	3%	否	0.009
LQP03TN1ONHZ2D	10nH	3%	是	0.03

重点关注具备车规认证品质的高弹性产品

5G车联网与手机类似，新增5G基带芯片、5G射频前端、5G天线。

其中，5G基带芯片主流厂商包括高通、华为、英特尔、三星、MTK等；5G射频前端芯片的优势厂家包括Skyworks、Qorvo、村田、Broadcom、高通等海外厂商；

5G天线有陶瓷天线、PCB天线、LDS天线、金属天线等多重产品形式，重点关注信维通信、硕贝德等汽车客户的业务进展；

相关PCB受益公司，主要是车用PCB业务占比较高的景旺电子、依顿电子、沪电股份；

重点关注顺络电子，公司新一代小型化电感产品已小规模量产出货，可用在射频前端模组中，同时电子变压器等产品陆续出货Tier1厂商。

目录

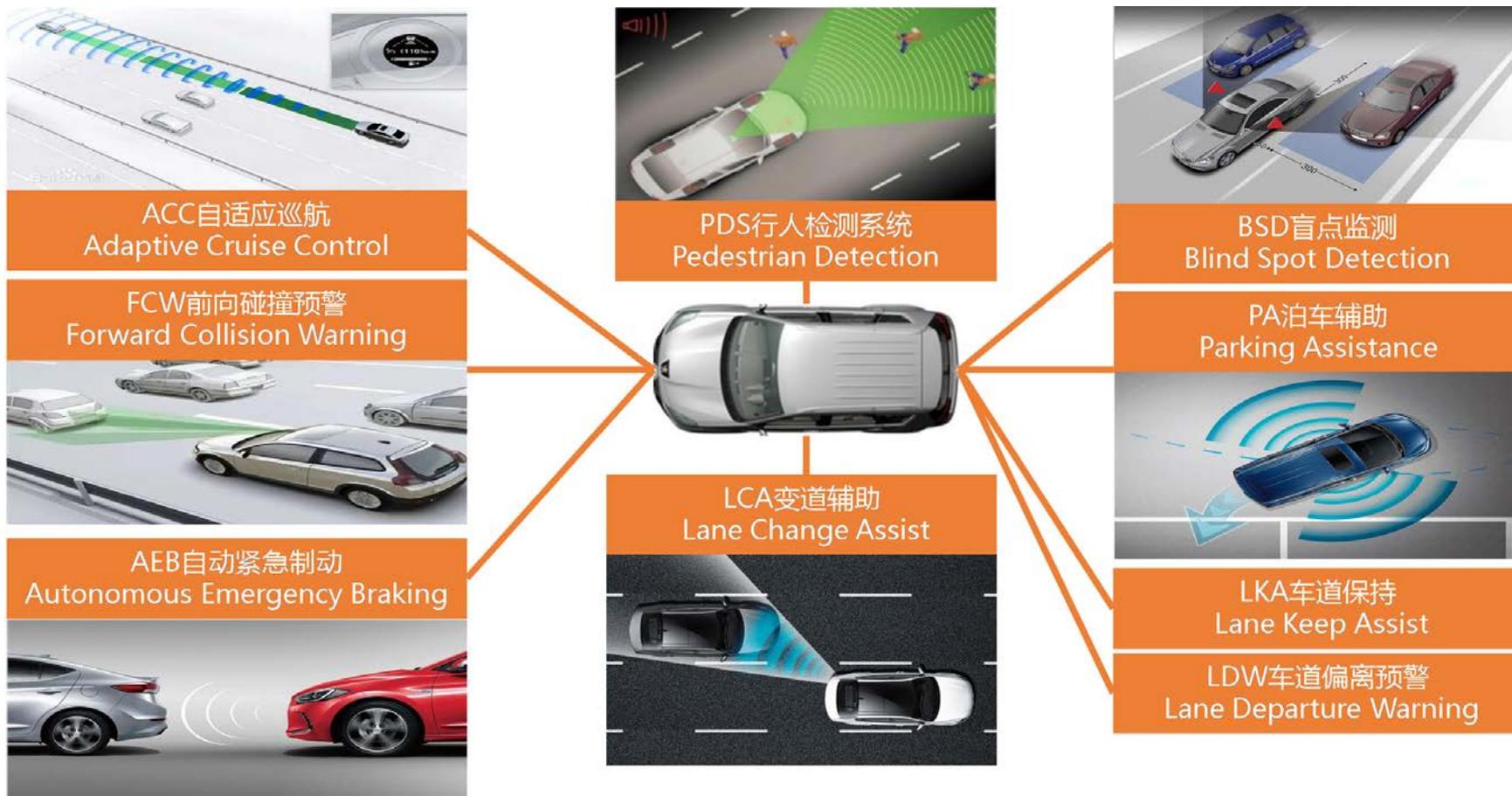
- 5G手机价值量全梳理
- 车联网大势所趋，车规级元器件门槛高、价格弹性大
 - 汽车V2X，又一个以“亿”为数量单位的联网市场
 - ADAS的明珠，毫米波雷达
- 云VR/AR，有望成为5G第一个杀手级应用
 - 用5G的速度，解决4G的问题
 - 鸿蒙面市，打响5G生态之争
- 万物互联，星辰大海
- 受益公司

自动驾驶升级之路，也是传感层硬件量价齐升之路

汽车自动驾驶离不开多种传感器。ADAS，即高级驾驶辅助系统，是利用安装在汽车上的各种传感器，在汽车行驶过程中随时感应周围的环境，收集数据，进行静动态物体辨识、侦测与追踪，并进行系统的运算和分析，从而预先让驾驶者察觉到可能发生的危险，有效增加汽车驾驶的安全性。

ADAS由多项配置协调系统构成，通常包括自适应巡航系统ACC，车道偏移报警系统LDW，车道保持系统LKA，前撞预警系统FCW，自动紧急制动AEB，夜视系统NVS，盲点探测系统BSD，全景泊车系统SVC等。在汽车自动驾驶的技术演进过程中，ADAS扮演了未来汽车实现自动驾驶的先导性技术，起到承上启下的重要作用。

ADAS系统常用主要功能



自动驾驶需要多维度传感器

伴随着自动驾驶技术升级，需要车辆自身能够完全自主控制、能够自主观察研判、能够分析和预判有选择性的路线及环境，因此对于摄像头、毫米波雷达、激光雷达等感知层的硬件系统需求逐步增加。

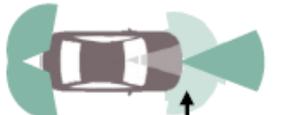
每种传感器都有各自的使用范围和使用场景，比如摄像头能够很好地进行物体识别判定，但是受天气影响严重；毫米波雷达能精确地测距，但是在物体边缘识别方面是劣势；激光雷达能克服弱光环境保持工作，但在车道跟踪方面有局限性。汽车需要全天候全场景的环境感知，因此多种传感层面的硬件搭配组合才能满足未来完全自动驾驶的高级需求。

毫米波雷达 (Radar) 必不可少

 Most likely used fusion solution in future
 ● Good
 ● Fair
 ● Poor

	Camera	Radar	LiDAR	Ultrasonic	LIDAR+Radar+Camera
物体检测	●	●	●	●	●
物体分类	●	●	●	●	●
距离估测	●	●	●	●	●
物体边缘精度	●	●	●	●	●
车道跟踪	●	●	●	●	●
可视距离	●	●	●	●	●
适应恶劣天气	●	●	●	●	●
适应弱光	●	●	●	●	●

自动驾驶等级提升，毫米波雷达需求最大

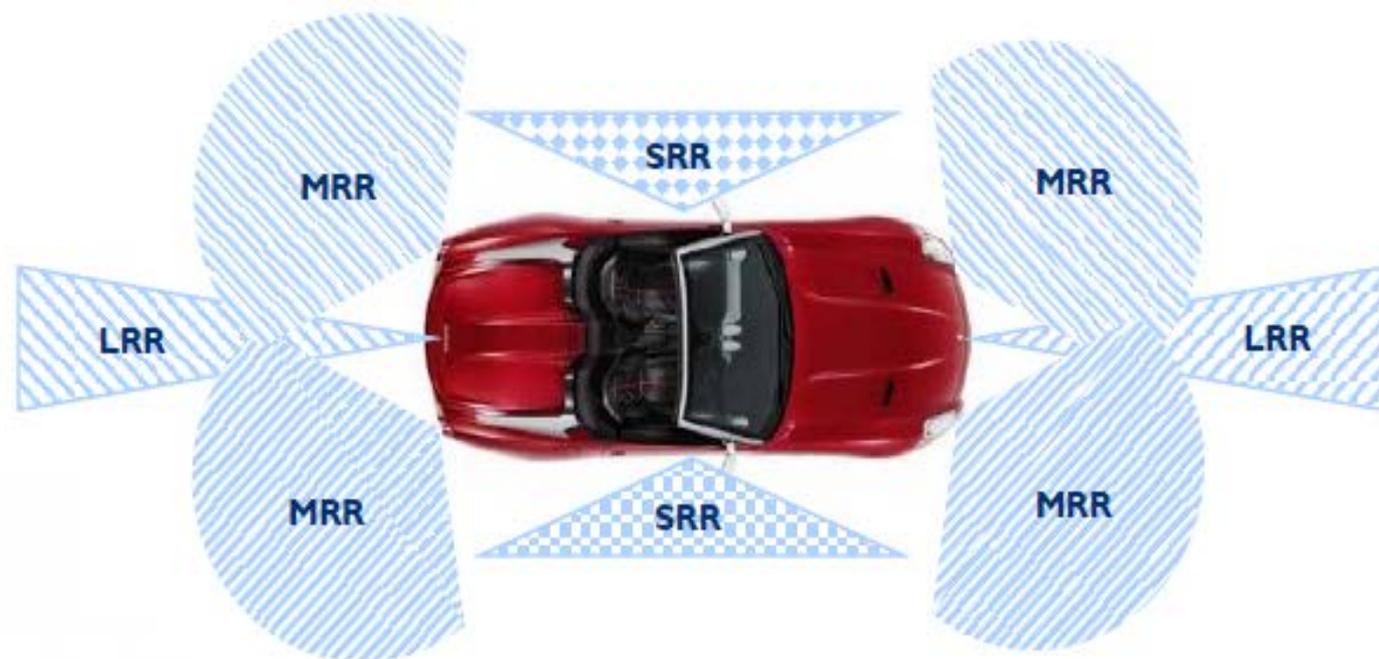
	NCAP 5 Star, AD L2	AD L3	AD L4/L5
Application*	Automatic emergency brake/ forward collision warning Parking assist Lane keep assist	Highway assist	Valet parking Highway and urban chauffeur
Radar # of modules**	Corner MRR/LRR ≥ 3  New: Corner starting 2020	MRR/LRR ≥ 6  Corner	Imaging ≥ 10  Surround
Camera # of modules**	 ≥ 1	 ≥ 4	 ≥ 8
Lidar # of modules**	0	 ≤ 1	 ≥ 1
Others	<ul style="list-style-type: none"> › Ultrasonic 	<ul style="list-style-type: none"> › Ultrasonic › Interior camera 	<ul style="list-style-type: none"> › Ultrasonic › Interior camera › V2X

资料来源：英飞凌，华西证券研究所

毫米波雷达分类

汽车雷达系统可分为三个子类别：短程（SRR），中程（MRR）和远程（LRR）。每种都有不同的应用，远程（超过100米）通常用于前向碰撞避免，而短程和中程（100米以内）用于盲点检测、停车辅助系统、预碰撞警报、车道偏离警告或停停走走应急系统。

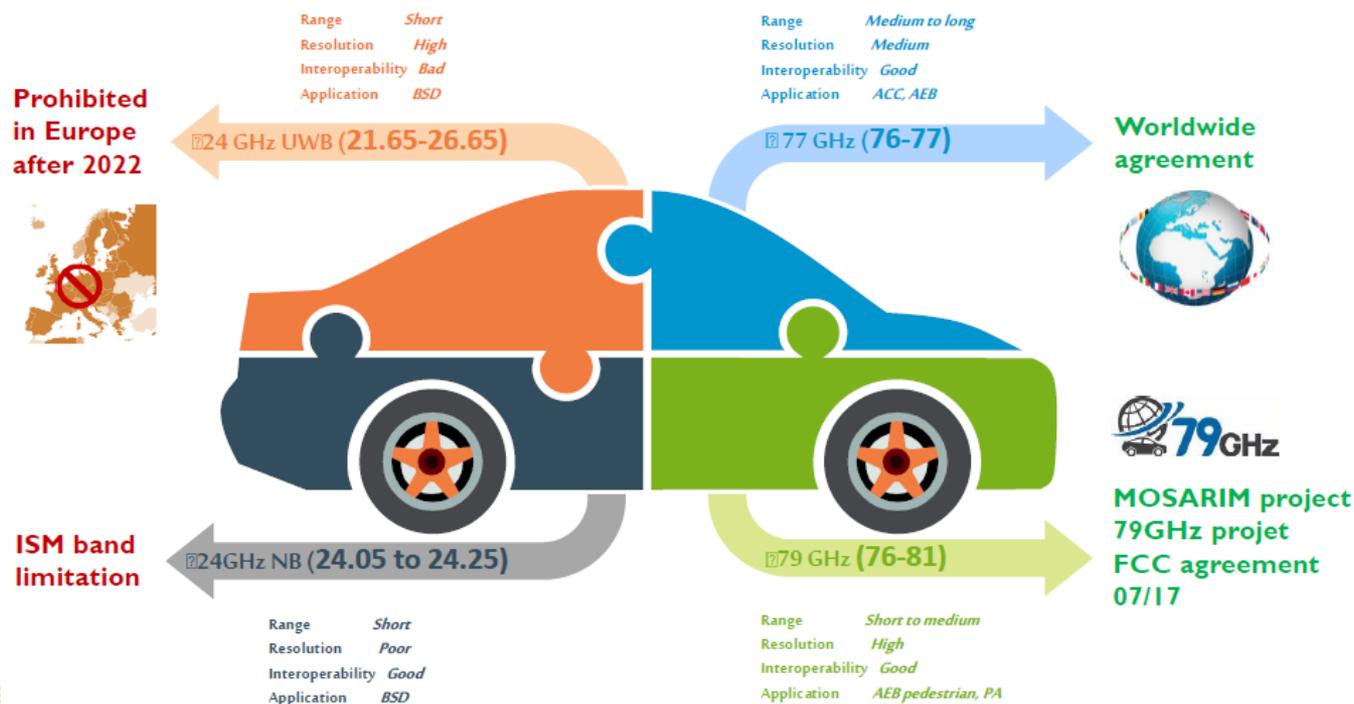
图：汽车毫米波雷达分类



24GHz产品向77GHz过渡

目前，24-29 GHz频段用于大多数短距离雷达，然而，由于此频率范围的功率输出存在许多规定限制，将来可能被完全淘汰。而77 GHz雷达具有更广的距离覆盖范围（得益于其“全功率”模式）和更大的可用带宽，从而将距离分辨率和精度提高了20倍，同时由于频率更高，因此具备相比于24GHz更小的外形尺寸和更高的速度分辨率。

图：从各国标准看，24GHz雷达将被77GHz取代



毫米波雷达市场空间广阔

市场空间看，在自动驾驶技术的推动下，Yole预计到2022年汽车毫米波雷达模块的市场空间将达到75亿美元，6年CAGR将达到25%。

图：2016~2022年汽车毫米波雷达市场空间（百万美元）



毫米波雷达产业链

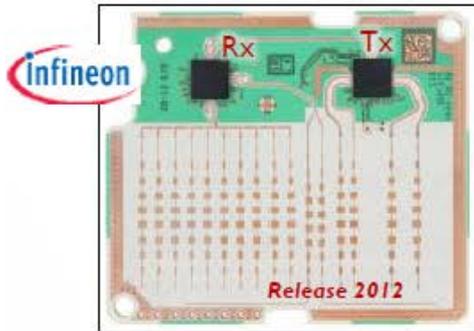
汽车毫米波雷达本质上是一套毫米波收发系统，硬件结构拆开来看，主要包括毫米波射频收发芯片、高频PCB、毫米波天线阵列、MCU等核心部件。与此同时，多波束扫描、短中长多范围覆盖、3D检测等能力要求给汽车雷达的架构设计带来了新的挑战，芯片制造商通过不断增加通道数量以满足多种现实需求。

基于成熟的130nm SiGe平台的汽车77 GHz雷达芯片，恩智浦和英飞凌是全球最大的供应商。由于德州仪器公司（TI）在过去十年中开发了RFCMOS技术，该平台正在迅速成为现实，德州仪器和ADI也在提供基于先进CMOS平台（低至28nm）的芯片产品。

产业链受益的A股公司主要包括有机会参与毫米波芯片代工制造的三安光电，毫米波雷达产品供应商德赛西威，具备高频PCB加工制造能力的深南电路、景旺电子、沪电股份。

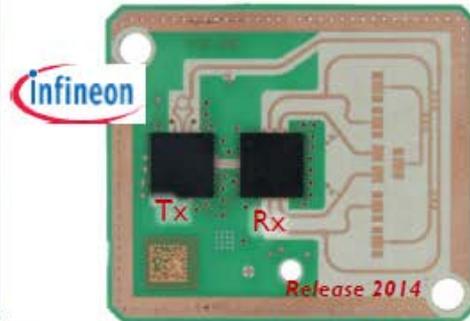
多款毫米波雷达拆解

Bosch MRR I Plus



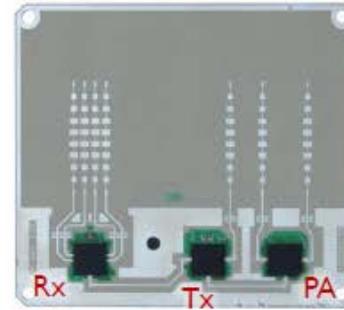
Device	Supplier	Location
MCU	NXP	MCU board
Wave form géné	ST ASIC ?	MCU board

Bosch LRR4
Beam forming / elevation beam



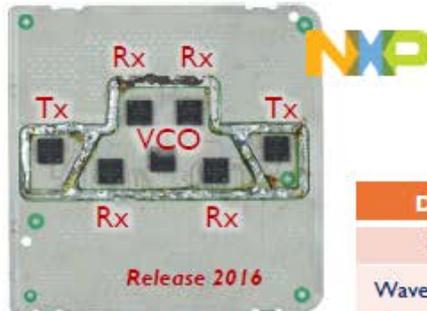
Device	Supplier	Location
MCU	NXP	MCU board
Wave form géné	ST ASIC ?	MCU board

Autoliv MRRV1
Multimodal → FM sweep (adress different range)



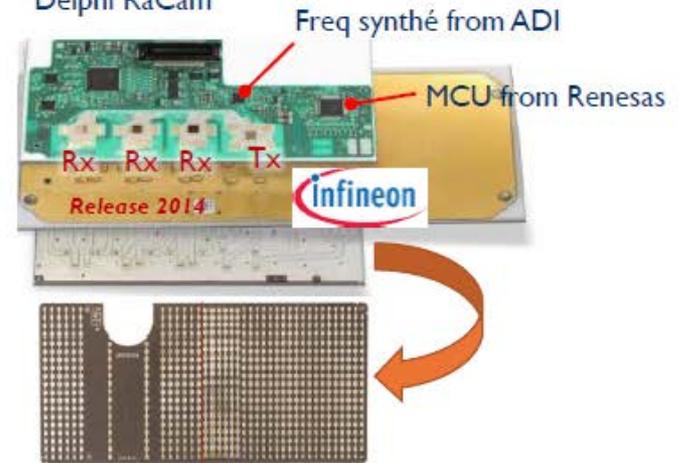
Device	Supplier	Location
MCU	TI	MCU board
Wave form géné	Infineon	RF board back side

Continental ARS4-A
Digital beam forming



Device	Supplier	Location
MCU	NXP	MCU board
Wave form géné	NXP	In MCU ?

Delphi RaCam



目录

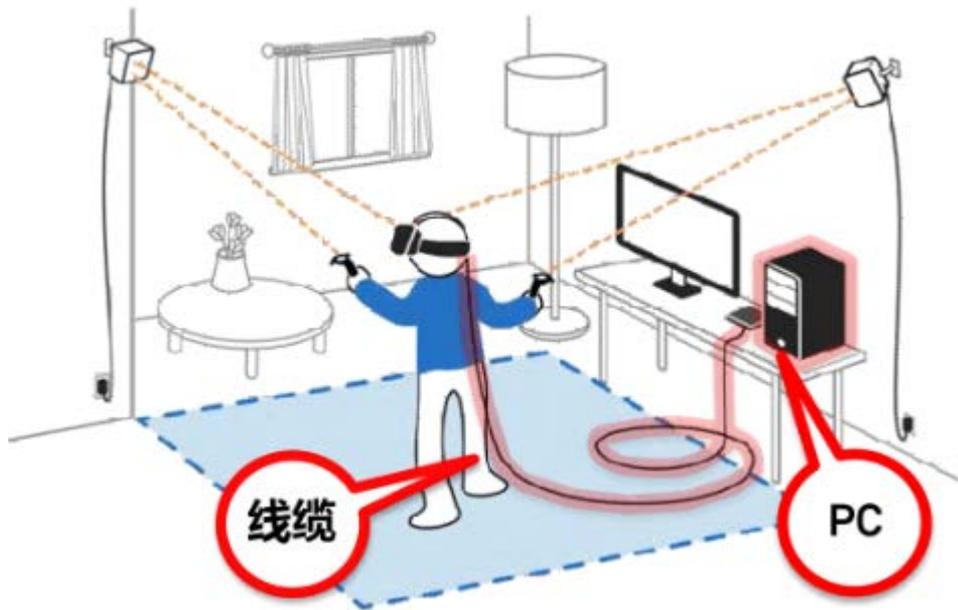
- 5G手机价值量全梳理
- 车联网大势所趋，车规级元器件门槛高、价格弹性大
 - 汽车V2X，又一个以“亿”为数量单位的联网市场
 - ADAS的明珠，毫米波雷达
- 云VR/AR，有望成为5G第一个杀手级应用
 - 用5G的速度，解决4G的问题
 - 鸿蒙面市，打响5G生态之争
- 万物互联，星辰大海
- 受益公司

5G 云VR解决真痛点

传统VR设备，需要本地高性能计算实现实时渲染，用户需要购买昂贵的终端设备，活动空间也仅限于室内；

在5G商用后，可以通过**云端GPU渲染**，**轻量化VR设备**从云端服务器接收视频游戏或虚拟内容，用户可以在广域范围移动。

图：传统VR



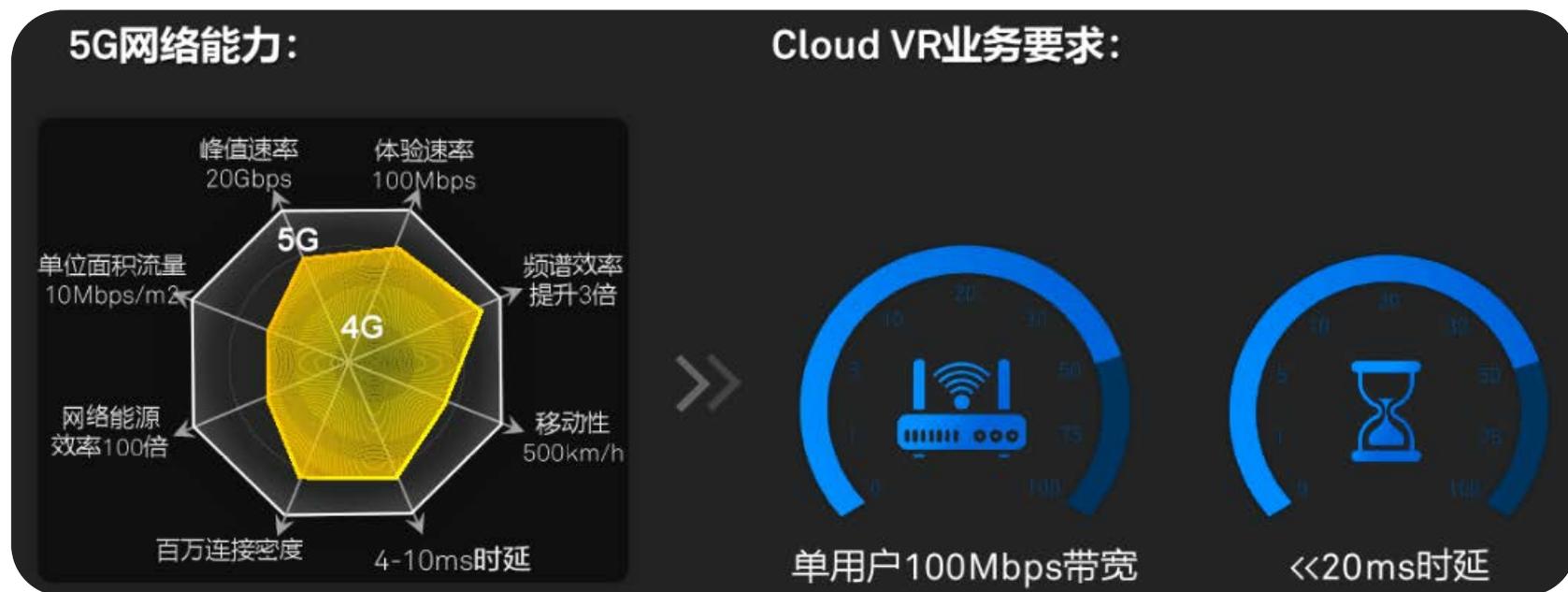
图：云VR



5G高速率和低时延是云VR的基础

- >> 使用新空口（NR），整合授权、未授权、共享频谱，利用现有技术统一的连接平台上提供**20Gbps的峰值速率**。即使在小区边缘也能保证**100Mbps的速率**，保证高水平的用户体验。
- >> 大大增强容量和覆盖，支持**每平方公里100万台设备的连接**，支持**1TB/s/km²区域容量**，适应更密集的用户群，尤其是人口密集的城区。
- >> **1ms空中时延**，对于AR/VR应用而言，5G不仅是锦上添花，而是必不可少。

图：5G网络的传输速率和低时延能够满足云VR的需求



云VR演进5阶段

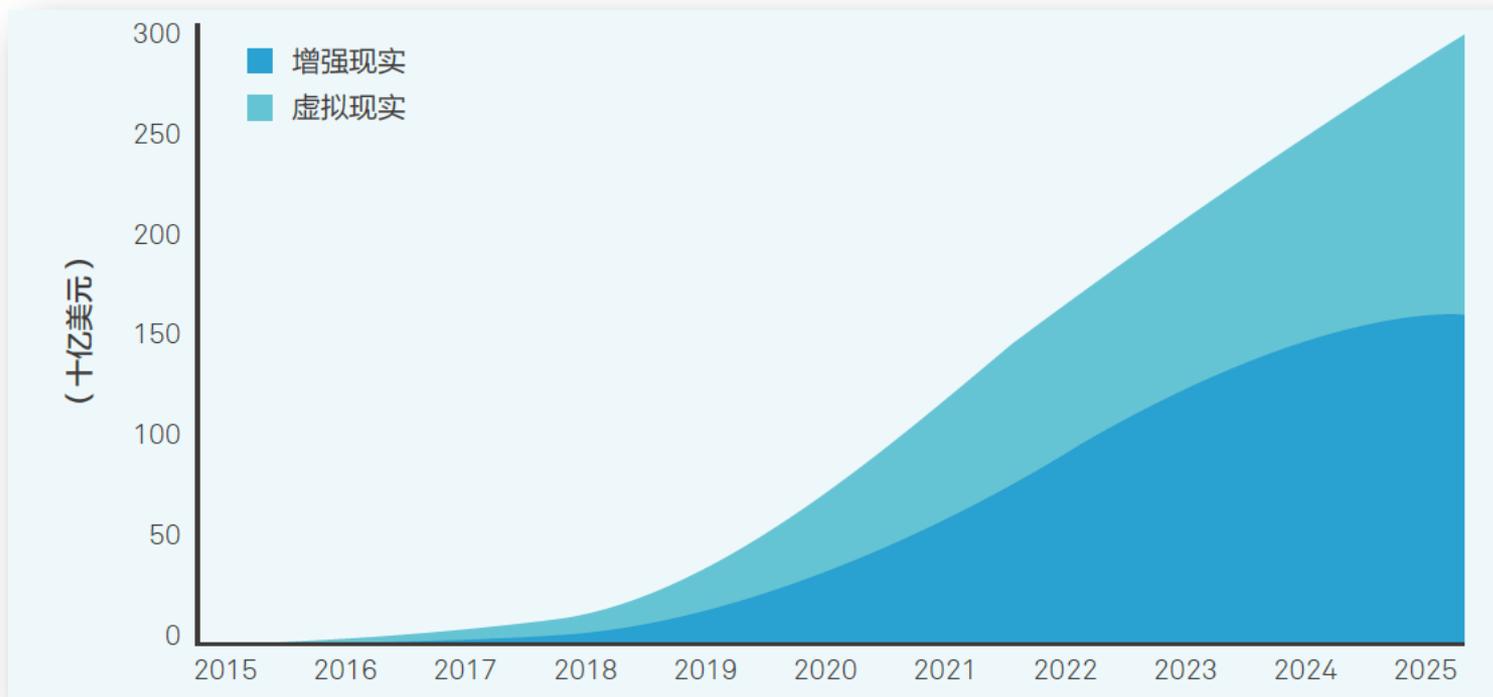
VR应用 及技术特点	阶段0/1 PC VR  游戏、建模 (本地渲染, 动作本地闭环)		Mobile VR  360 视频、教育 (全景视频下载, 动作本地闭环)		阶段2 Cloud Assisted VR  沉浸式内容、互动式模拟、 可视化设计 (动作云端闭环, FOV (+) 视频流下载)		阶段3/4 Cloud VR  超高体验的游戏和建模 实时渲染 / 下载 (动作云端闭环, 云端 CG 渲染, FOV (+) 视频下载)	
	AR应用 及技术特点	2D AR  操作模拟及指导、游戏、远程办公、 零售、营销可视化 (图像和文字本地叠加)		3D AR/Mixed Reality  空间不断扩大的全息可视化, 高度联网化的公共安全 AR 应用 (图像上传, 云端响应多媒体信息)		Cloud MR  基于云的混合现实应用, 用户密度和连接性增加 (图像上传, 云端图像重新渲染)		
连接需求		以Wi-Fi连接为主 4G和Wi-Fi 内容为流媒体 20 Mbps + 50ms时延要求		4.5G 内容为流媒体 40 Mbps + 20ms时延要求		5G 内容为流媒体 100 Mbps~9.4 Gbps + 2~10ms时延要求		

VR/AR市场空间广阔

ABI Research预计到2025年，AR和VR市场总规模将达到2920亿美元，其中AR为1,510亿美元，VR为1,410亿美元。

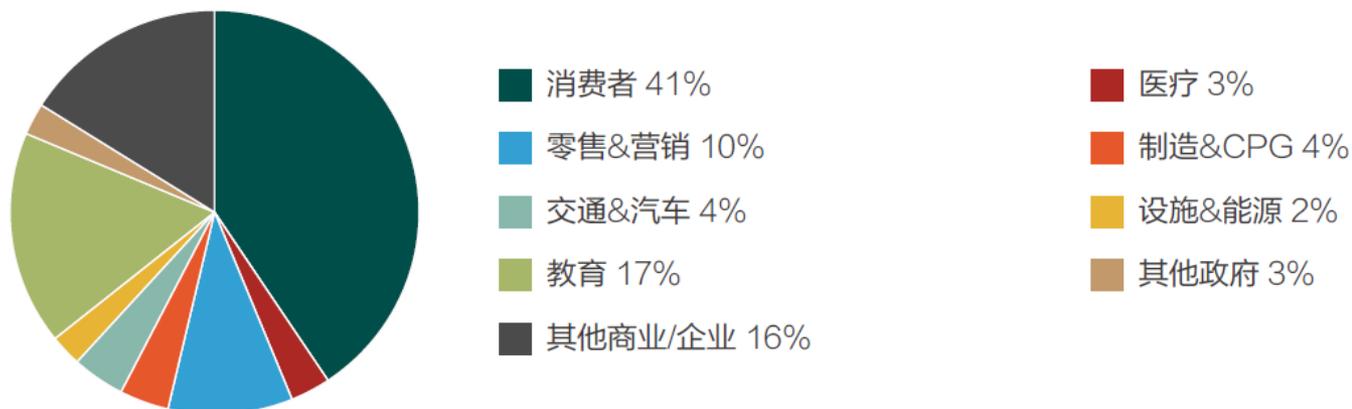
整个AR/VR市场将达到近3亿台设备，其中VR HMD约2.5亿，智能眼镜约5000万。

图：2015~2025年VR、AR市场空间

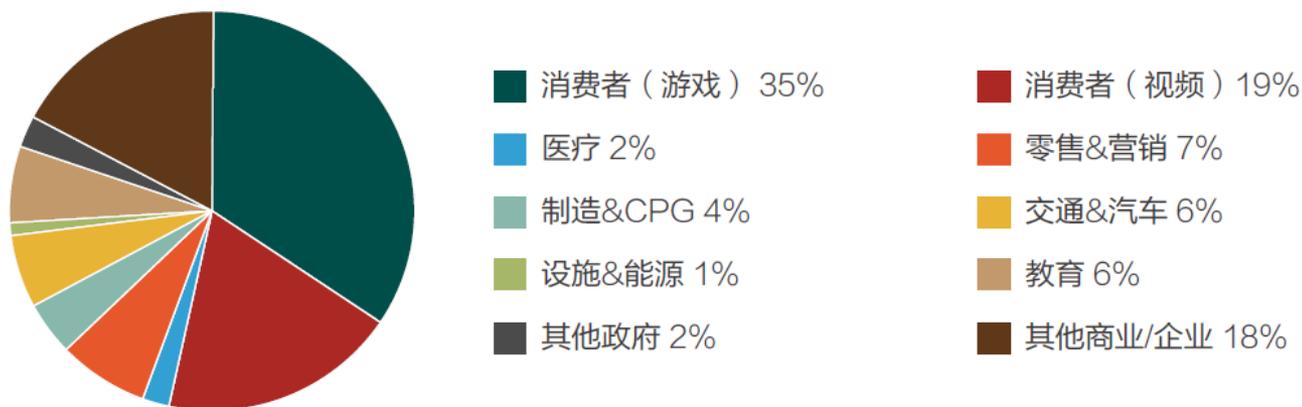


消费电子将是VR/AR应用的重点

图：2025 年全球市场AR & VR HMD 发货量，按行业划分



图：2025 年全球市场VR 软件& 服务收入，按行业划分



5G赋能，VR“头盔”变“眼镜”



2K显示屏

CPU

FLASH

GPU

电池

8K显示屏

5G

电池



云VR终端设备关键要素之高清显示屏

VR对图像质量有着苛刻要求，想要在人眼视觉感知上形成虚拟世界，图像质量是使人进入沉浸式体验最重要的因素之一。VR图像要求体现在两方面：**首先是每个角度分布的像素数（PDD）达到人眼感知的极限60PDD，其次是显示的视场角达到人眼单眼视场角极限156度**，对应的单眼屏幕分辨率规格要求是60*156，即9360*9360。

图：云VR发展三个阶段关键参数

阶段		起步阶段	舒适体验阶段	理想体验阶段
典型全景分辨率		4K (3840*1920)	8K (7680*3840)	12K (11520*5760) /24K (23040*11520)
典型终端分辨率		2K	4K	8K
视场角		90~110度	120度	120~140度
色深 (bit)		8	8	10~12
编码标准		H.264/ H.265	H.265	H.265/ H.266
帧率		30	30	60~120
压缩比 (注1)		133	230	410 (12K)、1050 (24K)
VR 视频业务	典型码率	40Mbps	全视角：90Mbps FOV：50Mbps	全视角：290Mbps (12K) 1090Mbps (24K) FOV：155Mbps (12K) 580Mbps (24K)
	典型 带宽要求	60Mbps	全视角：140Mbps FOV：75Mbps	全视角：440Mbps (12K) 1.6Gbps (24K) FOV：230Mbps (12K) 870Mbps (24K)

云VR终端设备关键要素之高清显示屏

目前4G能够处理360° 视频的速度为4K 30fps（帧每秒），5G可以将视频体验的速度提升至8K 90fps（混合型云计算和凹式渲染能实现更高的分辨率和帧率），使用户享受更丰富的视频体验。

云VR需要更高的屏幕分辨率，一定程度上属于智能手机市场的范畴（移动HMD），但整体市场正在朝8K屏幕发展。而为了近距离适配人眼球形，凹式柔性显示屏也是重点方向。

受益公司主要是AMOLED柔性显示屏厂商，包括京东方A、深天马A、维信诺、TCL集团（华星光电）。

云VR终端设备关键要素之通信模块

5G具备极低的空口时延（1ms）和极高的传输速率（10Gbps）保证了云VR终端的低时延大带宽要求。云VR设备只需要添加5G通信模块即可实现5G联网，**预计5G通信模块将包含处理器芯片（AP）、基带芯片（含Modem）、射频前端芯片、天线等核心部件**，相对于5G智能手机，云VR只需要支持5G功能，2G、3G、4G并非必要的兼容项。

2018年11月华为消费者业务CEO余承东在接受CNBC的专访中透露，**华为正在研发AR智能眼镜，计划在未来一到两年推出**。2019年2月华为公司一项AR“眼镜架”专利于世界知识产权组织(WIPO)数据库中公布，该专利描述了一款眼镜架，智能手表拆下表带后，可以放入架子使其变为一款AR眼镜。展示了一种**通信单元和显示单元相分离的设计**。

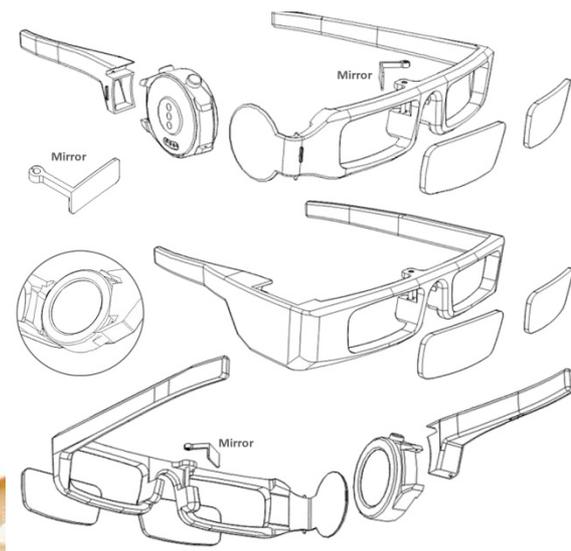
图：终端设备加5G通信模块



基于云的混合和融合现实应用用户密度和连接性增加
 （图像上传，云端图像重新渲染）

5G流媒体
 100Mbps-9.4Gbps
 2-10ms时延

图：设备加5G通信模块

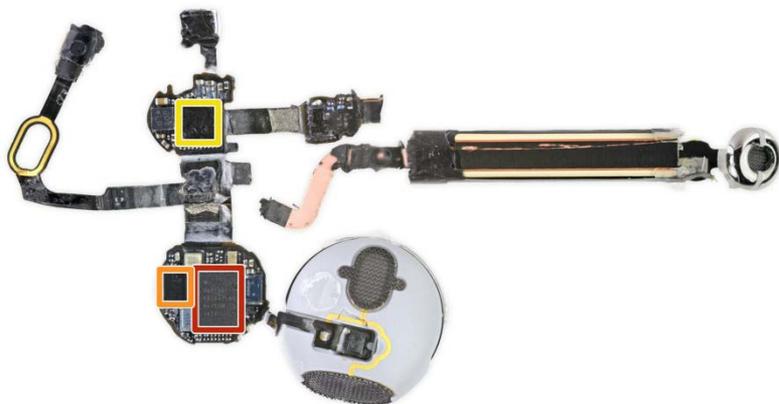


云VR终端设备关键要素之电池

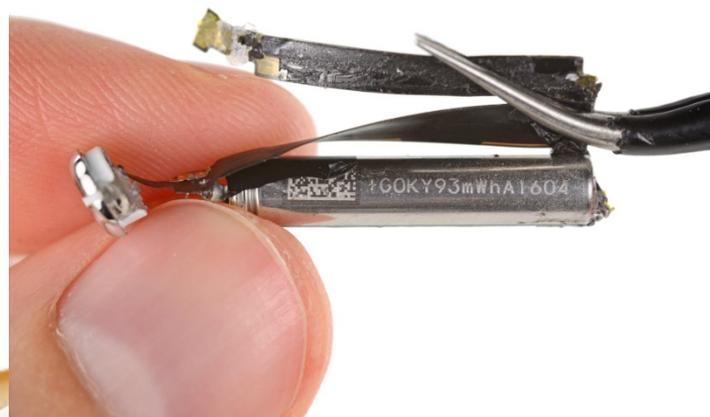
轻量化VR/AR设备的续航能力取决于电池大小，充分利用设备结构空间的异形电池封装，以实现尽可能大的电池容量。类似AirPods的极限电池设计可能会更为普遍。

相关电池标的：德赛电池、欣旺达。

图：AirPods拆解



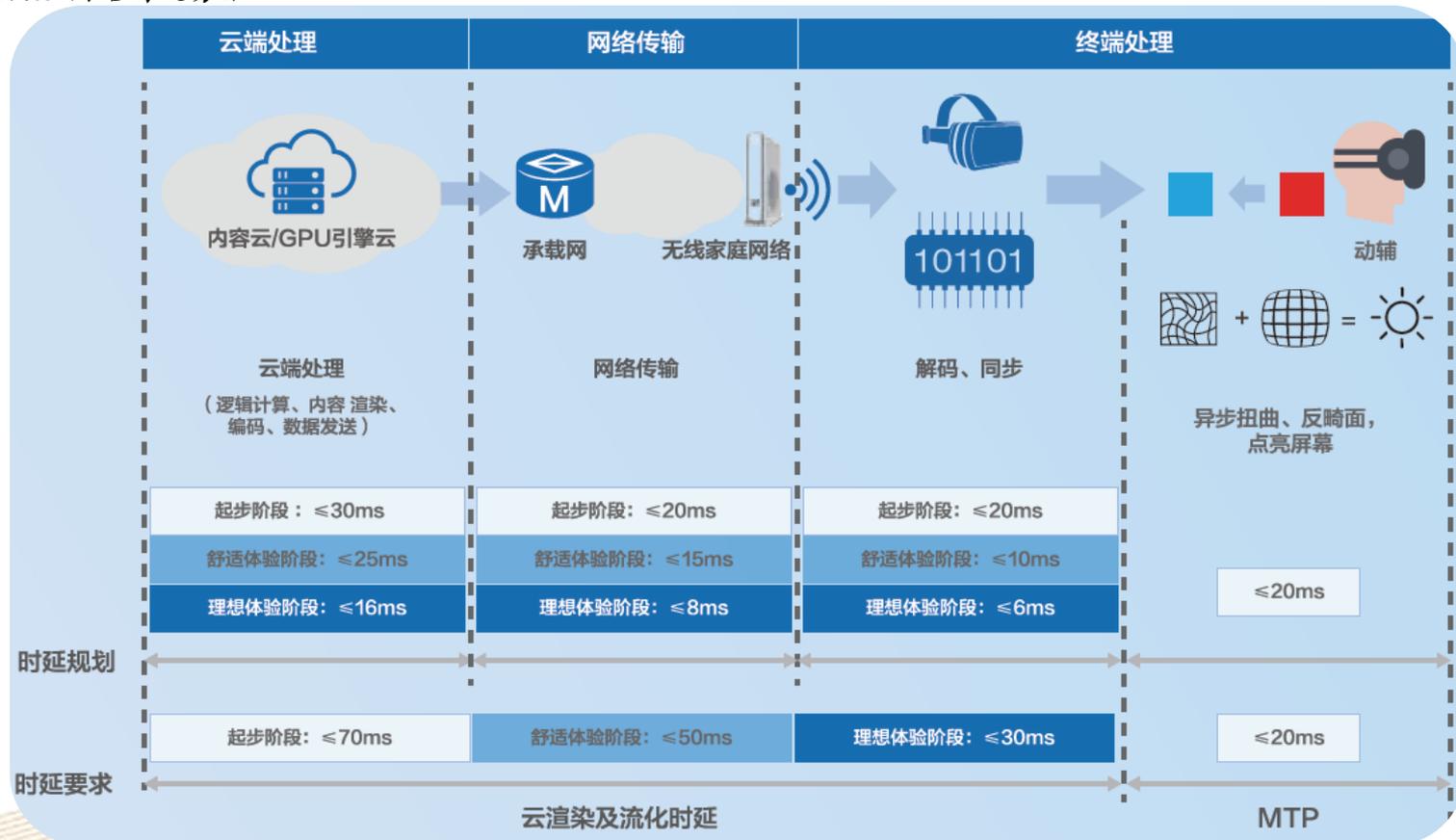
图：AirPods在小体积下设计了93 毫瓦时的电池



云VR终端设备关键要素之快速编解码芯片

虽然云VR设备将绝大部分渲染通过云实现，但是本地显示必不可少。基于通用视频的编解码一般需要十几毫秒才能完成一帧的编码和解码，效率低，无法满足云VR的时延需求。因此通过特殊算法、**开发专用视频编解码ASIC定制芯片**等手段，以牺牲压缩率换取编码时间，实现快速编解码。据CCSA数据，在压缩率50~150倍左右，编解码时间可以控制在1~3毫秒，达到理想体验阶段解码时延小于6ms的要求。受益公司：晶晨股份、全志科技。

图：云VR 网络时延分配



华为VR Glass，便携式VR落地第一步

2019年9月26日，华为发布VR眼镜，厚度为26.6mm，重量为166g，0-700度屈光度调节，近视友好，光学模块采用超短焦光学系统：3段式折叠光路，成就轻薄机身设计；5像素高精度校准，6层精密光学镀膜，70道镜筒装配工序，100级无尘组装环境；配备两块LCD显示屏，3200*1600独立像素PPI为1058。

图：华为VR Glass

超短焦光学系统 高精制造

3段式折叠光路，成就轻薄机身设计
5像素高精度校准，6层精密光学镀膜
70道镜筒装配工序，100级无尘组装环境



沉浸立体声 3D音效

镜腿双扬声器，声场开阔
双Smart PA加持，音质饱满



华为VR Glass，便携式VR落地第一步

华为VR眼镜，颠覆式的虚拟现实产品走向大众，开启大屏看世界时代。光学部分是VR眼镜的核心，包括显示屏和凸透镜（菲涅尔镜片），华为VR眼镜配备了两块Fast LCD显示屏，PPI 高达1058，极大减少了画面的颗粒感。在光学模块华为VR眼镜采用超短焦光学系统，折叠光路和光学镀膜多等高精密制造是其核心部分，带给消费者更极致的沉浸体验，开启大屏看世界的时代。

图：华为VR眼镜可用于虚拟大屏显示



VR行业巨头新品不断，拐点或将来临

9月25~9月26日OC 6 (Oculus Connect 6) 召开，Oculus Quest依旧是其重点产品，OC 6发布其手势追踪技术（单色摄像头+深度学习技术）允许用户无需利用控制器或其他外设产品就能在VR中使用自己的双手，同时 Facebook宣布其Oculus Store的消费总额突破1亿美金，其中Oculus Quest占比为20%，可持续发展的平台和良性循环的生态，为开发者提供更多的动能，为消费者带来更丰富的内容。

Facebook表示AR眼镜在研发，拥有一些可行的原型设计，并为它开发一些极具前瞻性的软件如实时地图、创建扩增世界和建筑物等。产业巨头的持续投入和主流终端品牌厂商的切入，为虚拟现实行业建设良好的生态提供了强有力的支撑。

图：Oculus Quest，支持手势识别



5G到来将加速VR/AR商用普及进程

C端产品而言，轻薄化是趋势：按照VR产品形态来看，VR头显主要分为一体机、分体机以及外接式方案三种。目前来看，华为发布的VR眼镜使用Type-C连接华为系列手机属于外接式形态（也可以购买6DoF外接PC），而国际巨头Oculus近期发布的重量级产品Oculus Quest则是一体机形态。根据我们近期的产业链调研，C端产品而言轻薄化一定是趋势，一体机短时间内重量相对较大，散热、电池续航能力也会在一定程度上限制其使用，但一体机由于不需要连接手机终端不受空间约束优势也会相对明显。我们认为短期内外接式的产品或是最快走向C端的产品，长期来看虚拟现实设备一定会向小型化、集成化、轻量便携化的方向迈进。

5G时代VR/AR不会缺席，光学的“视界”很大：“第四块屏幕”的出现让“大屏”看“世界”变为可能，光学的“视界”很大：我们从几个角度来看待VR/AR行业的催化剂，（1）必要性：5G需要VR/AR，VR/AR需要5G，5G商业化逐渐落地，VR/AR是目前相对成熟且可以逐步商业化的应用领域，在各国的运营商加速推进5G商业化进程中VR/AR不会缺席；（2）产品可突破性：国际巨头纷纷加速入局“第四块屏幕”，或将进一步推进产业链的成熟，出现VR/AR行业内“拳头产品”或是“划时代产品”；（3）需求端：从行业目前发展现状来看，B端市场是当前企业的主要盈利来源，而C端市场伴随着科技巨头的加入有望逐渐搭建完善的VR/AR生态，内容将逐步丰富，解决目前行业的一大痛点。

VR/AR刚刚起步，前景广阔

伴随视频技术沿着4K-8K-16K-AR/VR的演进以及带宽需求的猛增，“实景体验”将成为用户的全新标准，华为预测到2025年全球可穿戴设备数量将达80亿，VR/AR/MR 个人用户数将达4.4亿。VR 娱乐视频用户数将达到7500万，收益预期达到32亿美金；而VR直播市场营收规模将达到41亿美元，市场空间巨大。

图：2025年VR市场预测



目录

- 5G手机价值量全梳理
- 车联网大势所趋，车规级元器件门槛高、价格弹性大
 - 汽车V2X，又一个以“亿”为数量单位的联网市场
 - ADAS的明珠，毫米波雷达
- 云VR/AR，有望成为5G第一个杀手级应用
 - 用5G的速度，解决4G的问题
 - 鸿蒙面市，打响5G生态之争
- 万物互联，星辰大海
- 受益公司

华为发布自研操作系统，智慧屏开启生态第一环

2019年8月9日华为发布自家操作系统鸿蒙OS，并宣布将对全球开发者开源，同时全面开放HMS（Huawei Mobile Services），使全球开发者可以快速接入HMS生态，实现生态共享。

8月10日发布首款搭载华为鸿蒙系统的产品，荣耀智慧屏，55英寸4K超清全面屏电视，支持HiLink智能家居生态产品的状态显示和控制。

图：华为鸿蒙OS



图：荣耀智慧屏



5G生态争夺战打响，三大阵营争霸

华为基于对未来万物互联的认知，结合自身能力，开发鸿蒙OS，旨在5G万物互联的世界中，融合自己的云、管、端产品。华为的底气来自于2018年手机出货2亿台，仅次于三星、苹果。IoT设备累计出货1.4亿台，HiLink生态用户超过3000万，更重要的是，华为的主场——中国，是全球最大的消费电子市场所在地。

苹果具有全球最高的品牌号召力和用户忠诚度，Kantar调查数据显示，单苹果手机用户忠诚度70%以上，手机加手表用户忠诚度100%。iOS系统的固有用户基数大，苹果曾披露截至2018年12月底，全球激活的苹果产品数量已经达到14亿台，其中iPhone数量超过9亿台。

三星目前是全球出货量最大的手机厂商，年出货超过3亿部，加上OPPO、vivo、小米等品牌，安卓系统仍然是目前市场上最大的生态平台。

华为全球产业展望GIV@2025指出，5G、云、IoT、AI的融合应用正在塑造一个万物感知、万物互联、万物智能的世界，它比我们想象中更快地到来。伴随着5G商用普及，品牌之争将进一步的上升到生态之争，其结果或将决定未来五至十年的产业大趋势。

图：苹果iOS，谷歌的安卓，华为鸿蒙



目录

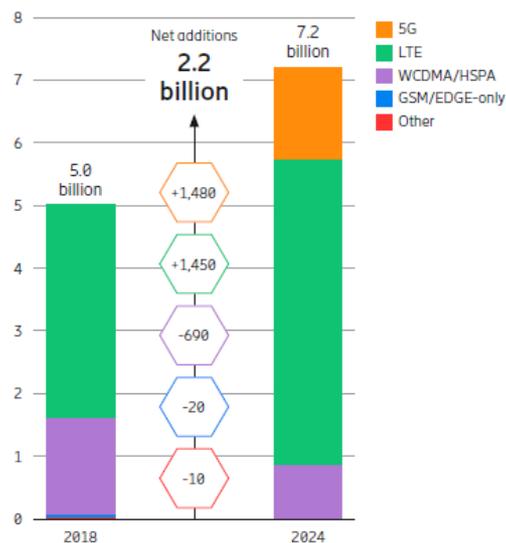
- 5G手机价值量全梳理
- 车联网大势所趋，车规级元器件门槛高、价格弹性大
 - 汽车V2X，又一个以“亿”为数量单位的联网市场
 - ADAS的明珠，毫米波雷达
- 云VR/AR，有望成为5G第一个杀手级应用
 - 用5G的速度，解决4G的问题
 - 鸿蒙面市，打响5G生态之争
- 万物互联，星辰大海
- 受益公司

5G发展最为确定且逐步普及，消费电子赛道长

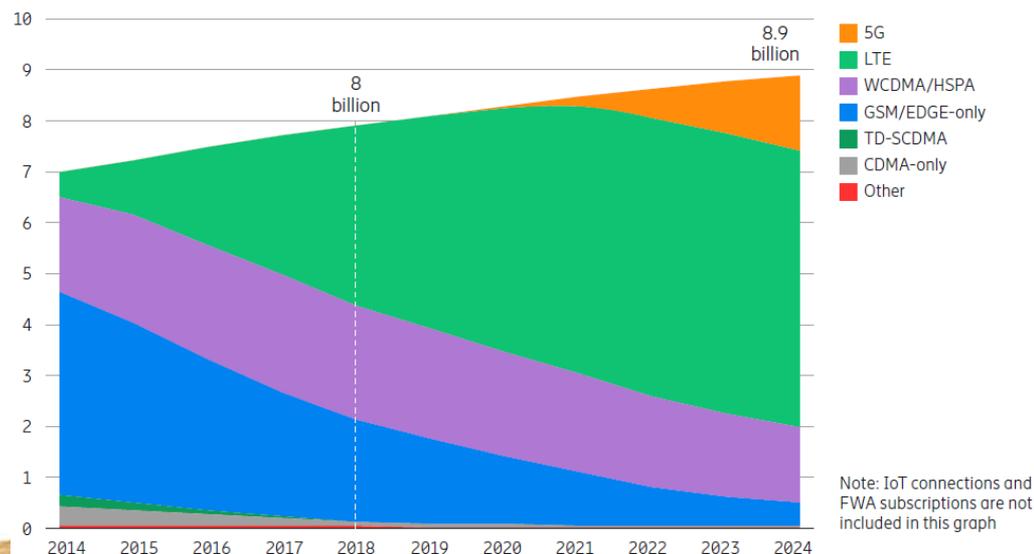
爱立信统计，截至2018年，全球智能手机用户数为50亿，其中99%为3G和4G用户。预计到2024年，智能手机用户数将达到72亿，5G用户超过10亿。

而在这一5G发展、4G普及的过程中，全球移动终端的用户数量将从2018年的80亿部增长到2024年的89亿部，无线连接的市场尤为广阔。

图：2018和2024年全球智能手机用户数对比



图：2014~2024年全球移动终端用户数量

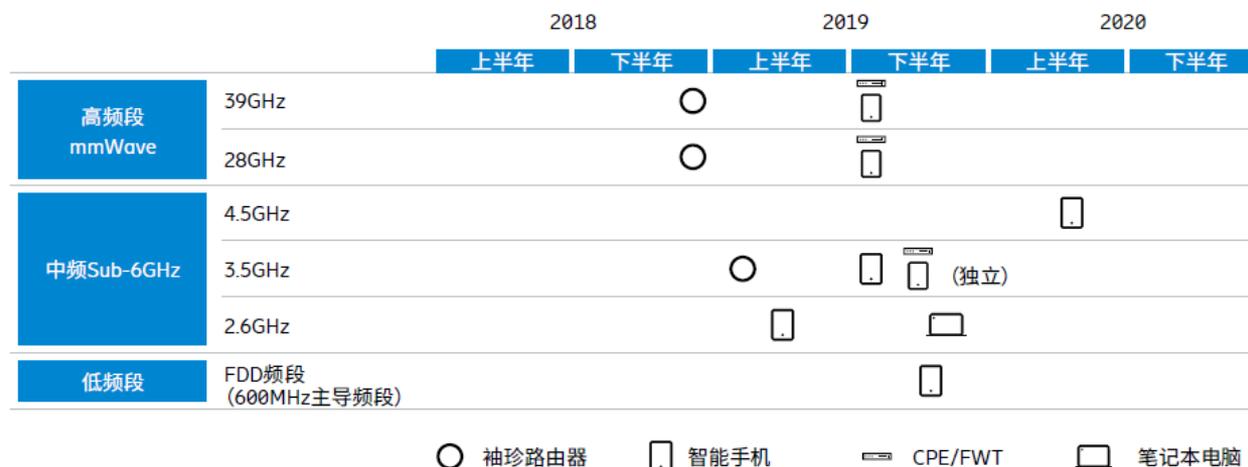


5G标准全球统一，终端产品通用性增强

首批5G智能手机已经在2019年正式量产商用。第一批支持超低时延通信的模块化5G终端预计将于2020年推出，适用于工业流程监测和控制。

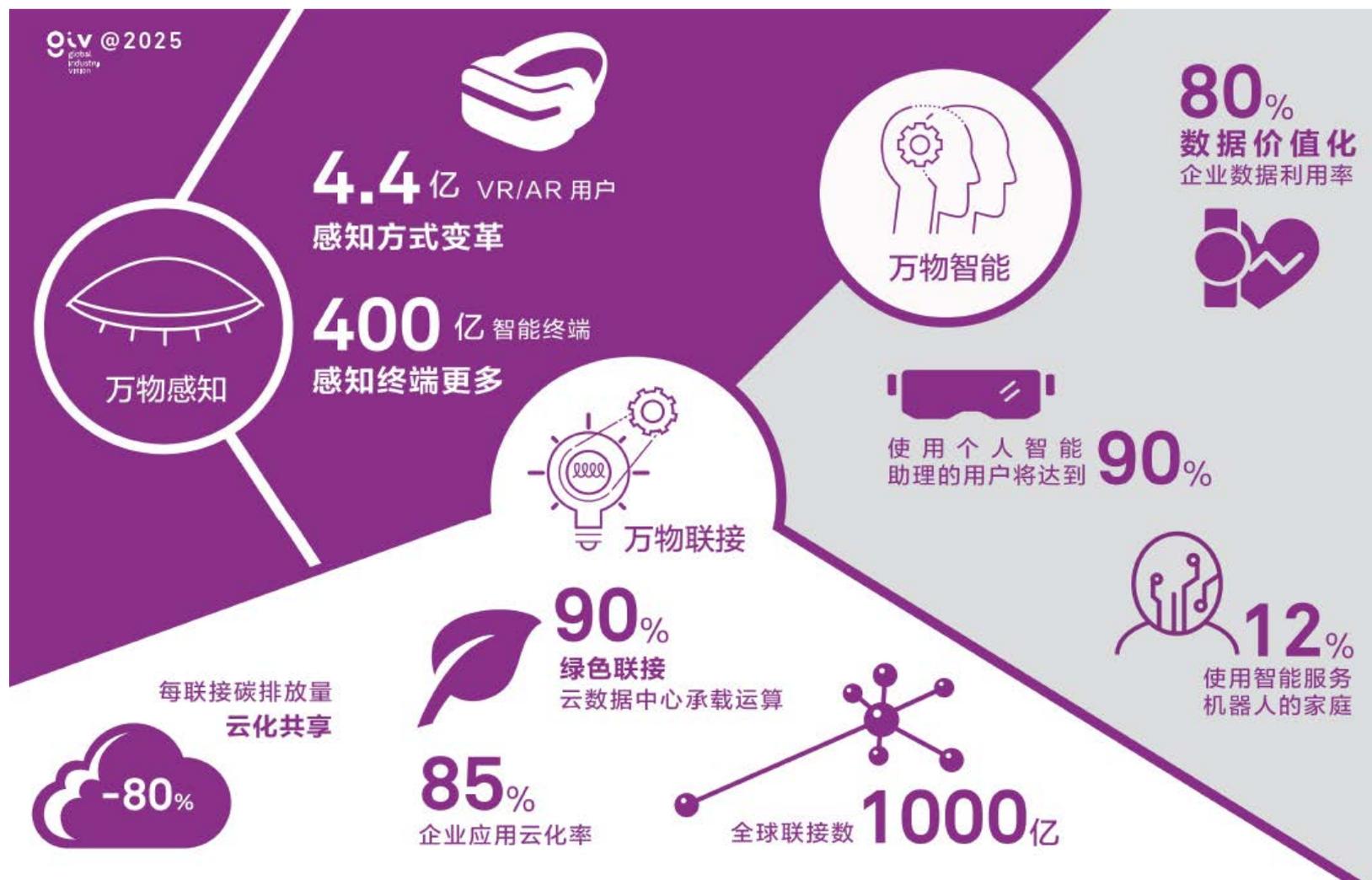
由于5G全球标准统一，从产品层面，有利于供应链公司形成规模效应。不同移动终端之间5G模块通用性增强，适用于手机的5G模块同样适用于PC、固定接入终端、路由器、工业物联网产品、汽车等。

图：5G终端发展趋势



注：该图显示非独立5G新空口的终端可用性，而在3.5GHz频段，既包含非独立5G新空口，还包含独立5G新空口

2025, 万物互联



物理世界与数字世界的融合，23万亿美元商机

华为预计，2025 年全球400 亿智能终端将具备感知能力；1000亿联接将基本消除信息孤岛，实现更快、更安全、更智能的数据交互；由此产生存储数据量每年高达1800亿TB，是目前的20倍。

“万物感知、万物互联、万物智能”，未来世界将是物理世界与数字世界相互融合，将呈现23万亿美元经济商机。



目录

- 5G手机价值量全梳理
- 车联网大势所趋，车规级元器件门槛高、价格弹性大
 - 汽车V2X，又一个以“亿”为数量单位的联网市场
 - ADAS的明珠，毫米波雷达
- 云VR/AR，有望成为5G第一个杀手级应用
 - 用5G的速度，解决4G的问题
 - 鸿蒙面市，打响5G生态之争
- 万物互联，星辰大海
- 受益公司

5G*电子产业链受益公司一览

细分领域	受益公司
5G射频前端	卓胜微、顺络电子、三安光电、博通集成
5G手机天线与连接器	立讯精密、电连技术、信维通信、硕贝德
5G手机主板与软板	鹏鼎控股、东山精密
5G FPC屏蔽膜	方邦股份
5G手机精密功能/结构件	领益智造
5G 手机代工	光弘科技
5G军工毫米波	和而泰
5G通信板/毫米波雷达板	深南电路、沪电股份、景旺电子、生益科技
5G手机散热	中石科技（华西电子&化工 联合覆盖）、飞荣达
5G VR/AR应用	水晶光电、歌尔股份
5G 显示屏	京东方、深天马

注：5G终端中的芯片国产化机会，将在半导体系列深度分析中更具体展开。

受益公司：5G射频前端

● 卓胜微

▶公司是以射频芯片为主的IC设计公司，射频开关、LNA芯片已覆盖全球领先手机品牌如三星、小米、华为、vivo、OPPO等。公司体量小，具备射频芯片国产替代和5G换机潮的双重弹性。

▶射频开关与LNA为目前营收主要来源，率先享国产替代红利。据QYR数据，预计2023年全球射频前端市场将达到313.10亿美元，未来几年CAGR超过15%。公司基于自主创新的拼版式集成射频开关方法，率先以RF CMOS工艺实现射频低噪声放大器产品，是国际上先行推出集成射频低噪声放大器和开关的单芯片产品企业之一，成功打入全球领先手机品牌供应，正处于份额提升的快速放量阶段。

▶募投储备射频芯片新产品，增量空间巨大。IPO项目主要方向为现有产品的技术升级，滤波器、功放及模组新产品开发，物联网产业布局。5G商业化逐步落地，射频前端芯片的应用领域将会被进一步放大，鉴于公司营收体量小，射频开关、LNA是公司的基本盘，未来SAW、PA、FEM模组等任一新产品成功量产，都将直接刺激公司业绩的高速成长，弹性可观。

▶风险提示：系统性风险，5G手机出货量不及预期。

● 顺络电子

▶常规电感进口替代和份额提升。公司主要生产片式电感产品，广泛用于各种电子产品，其中以手机为主。目前公司已经成为华为主力电感供应商，OPPO、vivo、小米、北美大客户等初步切入，整体上跟着华为出货增长，O、V、M份额提升，主要替代日本村田和TDK。

▶5G电感的全球优势凸显。我们测算5G手机将新增60颗射频前端电感，预估单机价值量增加5~10元，而目前手机用电感单机价值量5~10元，5G带来翻倍空间。远期看所有5G联网设备均需要射频前端电感，市场空间广阔。目前公司是少数能够量产01005射频电感且已经批量出货的公司。

▶汽车电子业务快速放量，订单稳步释放。已成为BOSCH、VALEO、Denso、Tesla、CATL、科博达等众多全球知名和国内知名汽车电子企业正式供应商。公司的倒车雷达变压器由于采用了独特设计和公司的专利制造技术，实现了上线亿只零缺陷业界最高目标，成为业内标杆产品。

▶风险提示：系统性风险，5G手机出货量不及预期。

受益公司：5G射频前端

• 三安光电

▶全球化合物半导体集成电路市场主要被欧美传统大厂占据，国内厂商由于研发起步较晚，在技术、产品成熟度、解决方案以及市场推广能力、稳定供货等多方面存在一定程度的短板，正处于国产替代的初级阶段，也是弹性最大的阶段。

▶全资子公司厦门市三安集成电路主要提供化合物半导体晶圆代工服务，工艺能力涵盖微波射频、电力电子、光通讯和滤波器四大产品领域，整体销售规模虽不大，但与国内知名终端应用厂商都有业务对接，且已取得国内重要客户的合格供应商认证，相信随着客户信赖度和范围逐步扩大，销售体量也会逐渐增大，前景广阔。

▶砷化镓射频 HBT 产品主流工艺已开发完成，产品全方面涵盖 2G-4G PA, WiFi , IoT 等主要市场应用。氮化镓射频涵盖 5G 领域，已给部分客户送样，产品已阶段性通过电应力可靠性测试，实现小批量供货。已开发工艺涵盖 Switch、LNA 等消费市场与特殊应用市场，持续上量中。

▶风险提示：系统性风险，核心客户业务进展低于预期。

• 博通集成

▶公司的主营业务为无线数传芯片和无线音频芯片，产品广泛应用在蓝牙音箱、无线键盘鼠标、游戏手柄、无线话筒、车载 ETC 单元等终端。已拥有完整的无线通讯产品平台，为客户提供低功耗高性能的无线射频收发器和集成微处理器的无线连接系统级 (SoC) 芯片。

▶在智能交通方面，公司的 BK5823 芯片是第一款适用于我国 ETC 国标的全集成芯片，在国内 ETC 芯片市场处于领先对位，具有显著的市场先发优势。公司将依托该芯片，在未来对路径识别、防拥堵和停车场管理等应用领域进行了延伸开发，有望在智能交通领域取得进一步突破。

▶在物联网方面，公司将原有的音频传输产品向视频传输领域扩展；同时，在芯片中集成了数字信号处理功能和控制功能，提高集成度，降低成本和系统功耗。通过前期在产品和技术上的积累，公司在新兴市场领域已经积累了大量客户，为未来切入智能交通和物联网市场打下基础。

▶风险提示：系统性风险，5G物联网业务发展不及预期。

受益公司：5G手机天线与连接器

● 立讯精密

▶消费电子业务驱动成长，精密制造能力行业出众，稳步推进新市场开拓。公司在消费电子领域有完整的产品和市场规划，以及强大的落地能力，持续优化内部经营系统平台、不断精进智能质造。公司深挖大客户需求，实现无线耳机、声学器件、LCP天线软板、无线充电模组、线性马达等产品的份额扩张和盈利提升，实现高增长。

▶ 5G赛道双向布局，基站、手机全面受益。多年来公司在通信、数据中心、工业及汽车电子市场提前布局的产品，也成为公司发展和业绩贡献新动力。通信业务的成长来源于互联产品和基站射频产品，公司已经为主流通信设备厂商供应不同品类的线缆和基站天线、滤波器等产品，伴随5G基站建设落地，公司业绩将持续释放。手机方面，美国运营商主推毫米波网络建设，而美国市场是苹果最大的收入来源，我们判断2020年5G iPhone有望支持毫米波功能，有望采用LCP软板实现毫米波天线阵列。公司在LCP软板模组领域和大客户有深入的产业链配套合作和产品供应，毫米波业务值得期待。

▶风险提示：系统性风险，北美大客户出货量低于预期。

● 电连技术

▶主营产品射频连接器、连接线、电磁屏蔽件。5G射频天线和射频通路增加，公司射频连接产品需求放量，在手机射频连接细分领域，已成为国内第一全球前三。同时收购软板厂布局LCP、MPI等新型射频传输软板。

▶公司加大研发创新投入，射频类研发新品与国内手机终端头部企业的研发交流较为顺利，据公司2019半年报披露，目前已对部分客户进行了面向5G的射频连接类产品研发送样沟通及小批量交货，根据5G的应用需求以及客户天线设计的要求，研发了多款合格射频连接类样品，并已与多家重要客户进行了技术交流及产品研发送样，预计未来5G时代可能出现的大规模应用将有可能成为公司新的利润增长点。

▶对高速背板连接器等具有市场前景项目进行了产品立项及进一步的研发投入，为适应更加微型化，高可靠性的生产要求提供了工程上的技术储备。同时，公司继续拓展在非手机行业智能终端上的射频连接应用，在原有的智能电表、智能家电、无人机、智能安防等领域的基础上，继续积极开拓物联网相关的相对较为成熟行业等领域的应用。

▶风险提示：系统性风险，5G手机出货量不及预期。

受益公司：5G手机天线与连接器

● 信维通信

- ▶坚持射频天线主业，深挖客户需求，保持营收利润快速增长。公司以终端天线业务起家，在收购莱尔德切入苹果供应链后，逐步实现手机天线份额提升，并延伸到PC天线、Macbook天线，稳定的供货能力和配套服务能力保障公司进一步的扩展供应金属小件、射频连接器、金属弹片等多种产品。此外，无线充电本质上依然是天线的一种，公司依托于自身天线能力的积累，逐步打入三星、华为、苹果等大客户无线充电产品供应。
- ▶ 5G优质赛道，公司迎来代际升级历史机遇。在新产品拓展方面，公司继续围绕射频主业丰富新产品线，已研发量产滤波器等射频前端器件，积极开发射频前端模组、5G毫米波LCP射频传输线、多种型号的5G基站天线振子等，陆续向客户供货。5G全球标准统一，从产品层面，有利于公司形成规模效应。由于不同移动终端之间5G模块通用性增强，适用于手机的5G模块同样适用于PC、固定接入终端、路由器、工业物联网产品、汽车、云VR/AR等，公司5G相关业务有望全面进入高速增长期。
- ▶风险提示：系统性风险，5G手机出货量低于预期，北美大客户出货量低于预期。

● 硕贝德

- ▶专注于天线主业，终端天线、基站天线及车载天线全应用领域布局。终端天线主要包括手机天线、笔电天线和可穿戴设备天线等。近一年加大了对核心大客户的业务拓展力度，核心的手机天线和笔电天线销售收入均有较大幅度增长。
- ▶基站天线实现突破，取得供应商的资质并批量出货。继微基站天线取得设备商的供货资质并批量出货后，公司加大研发力度，改进生产工艺，成功获得国内主流设备商宏基站天线供应商资格，并实现宏基站天线产品的小批量生产出货，在相关产品的研发生产中取得领先地位，预计在5G基建中将会大批量出货，为公司在5G基站业务中的快速发展奠定了基础。
- ▶车载天线大客户开发进展顺利。凭借公司在鲨鱼鳍多合一智能天线的技术领先优势，公司获得了特斯拉、福特、雷诺等国际知名汽车品牌的认可，并陆续展开合作。同时，加快V2X天线的研发与推广力度，为即将到来的智能驾驶、辅助驾驶等市场需求提前布局。
- ▶风险提示：系统性风险，5G手机出货量低于预期。

受益公司：5G手机主板与软板

● 鹏鼎控股

▶公司是全球PCB厂商第一名，市占率提升是基础。公司2018年全球市占率6%，PCB/FPC市场持续向轻薄短小高难度升级，公司实力全球第一梯队，市占率预期稳步提升。

▶手机主板从HDI走向SLP，FPC需求逻辑连跳。类载板（SLP）是高密度板（HDI）的升级，因制程接近IC载板而得名。特点是将极限线宽线距从45um拉低到30um，增加板上走线密度从而减小使用面积，腾出空间给更大的电池和更多的摄像头。苹果4G手机、三星5G手机已经开始批量使用SLP技术，国产品牌有望跟进。SLP主板相比于HDI价格翻倍，同时面积更小，会带动摄像头、天线、无线充电、按键、充电接口等功能组件大范围使用LCP和FPC，软板需求将呈现行业性高增长。

▶公司具备SLP和FPC的强劲实力，是苹果SLP和FPC的主力供应商；同时不断加大在高密度、薄型化、高频高速、功能模组、取代性技术、汽车电子、能源管理、高阶任意层等研发方向上的深入布局，领先优势明显。

▶风险提示：系统性风险，5G主板技术路线变更，SLP普及不及预期。

● 东山精密

▶子公司MFLX是苹果FPC重点供应商，今年看FPC料号从手机扩展到Pad、耳机等产品。2019上半年贡献净利润2.51亿元，两年内产能继续扩充，供应品类增加。

▶手机主板从HDI走向SLP，FPC需求逻辑连跳。苹果4G手机、三星5G手机已经开始批量使用SLP技术，国产品牌有望跟进。SLP主板相比于HDI价格翻倍，同时面积更小，会带动摄像头、天线、无线充电、按键、充电接口等功能组件大范围使用LCP和FPC，软板需求将呈现行业性高增长。

▶子公司Multek主营PCB硬板，产品主要数通客户，下一目标通信客户，目前正在内部梳理中，2019上半年贡献业绩4870万。5G基站建设和高速数字通信均离不开高频高速PCB板，Multek正从数通板横向扩展基站通信板，如果整合顺利，未来成长可期。

▶子公司艾福电子是华为基站陶瓷滤波器主要供应商，有望受益于5G基站建设。

▶风险提示：系统性风险，内部整合不及预期，5G主板技术路线变更，SLP普及不及预期。

受益公司：5G屏蔽膜、精密功能及结构件

• 方邦股份

▶电磁屏蔽膜业务规模位居同行业国内第一、全球第二。电磁屏蔽膜是FPC抑制电磁干扰的核心材料，在智能手机等现代电子产品中有着广泛的应用。公司于2012年成功开发出具有自主知识产权的电磁屏蔽膜，打破了该市场长期被境外企业垄断的局面。凭借着一流的研究实力和出色的产品质量与国内外知名FPC大厂如旗胜、景旺电子等建立了良好的合作关系。在电磁屏蔽膜细分市场上的领先地位使公司获得超额盈利溢价，2018年国内和全球市场占有率分别为33.42%和19.60%，近三年电磁屏蔽膜的毛利率水平始终保持在70%以上。

▶下游应用前景向好，扩充产能抓机遇。公司的直接下游行业FPC市场规模平稳增长，未来随着消费电子产品、汽车电子产品、通信设备等行业规模的扩大以及相关电子产品向“轻薄短小”方向发展，电磁屏蔽膜行业的市场规模将会逐步扩大，预计2017至2023年我国电磁屏蔽膜需求量和产量将以18.4%和20.3%的年均速度增长。公司积极扩充产能以解决现有产能瓶颈，提升供货效率，从而进一步巩固国内行业龙头地位。

▶风险提示：系统性风险，产能扩充不及预期，FCCL客户认证进度低于预期。

• 领益智造

▶公司从2006年进入模切自动化，2009年进入冲压结构件（屏蔽件、支架），2010年投资组装复合产品线，2012年进入CNC精密器件，2013年投资软包配件，2016年进入线性马达，2017年投资无线充电产品线，2018年重组上市后融合显示模组、磁材及结构件，对旗下八大产品线进行快速融合，实现集团化管理模式。

▶海外市场方面，公司的主要增长点在于：对现有业务份额、料件数量的提升；向下游模组和向上游原材料的继续深挖；海外新客户拓展。国内业务方面，手机业务方面公司以八大产品线的覆盖率超过50%为目标，顺应5G的推广扩大市场总容量，同时进入如VC、OLED、马达、无线充电等新应用。

▶5G基站技术集中反映在射频前端器件方面的变化，公司关注的关键器件主要包括高频高速覆铜板、环形器、隔离器、连接器等。5G器件的关键是磁导率，关键瓶颈为波导铁氧体。随着宏基站及小基站的不断建设，公司将把环形器、隔离器作为重要材料切入，通过并购与产业链结合的方式打通器件产品线，通过协同效应实现总体布局。

▶风险提示：系统性风险，内部整合不及预期。¹⁹⁵

受益公司：5G手机代工、军工毫米波

• 光弘科技

- ▶公司主营消费电子类、网络通讯类、汽车电子类等电子产品的PCBA和成品组装，并提供电子制造服务（EMS），EMS主要产品包括消费电子类（智能手机、平板电脑）；网络通讯类（网络路由器、基站定位终端）；物联网、汽车电子类（OBD、行车记录仪）等电子产品。
- ▶目前，公司拥有业界领先的高速高精密双轨贴片线，可以“一站式”完成产品双面贴片，贴装精度在行业内处于领先水平。公司还引进了高精度POP工艺，可以精确地在小尺寸的PCB上完成堆叠式贴装，满足承接各类高精密电子产品的生产制造的需求。
- ▶凭借一流的技术和过硬的产品质量，公司积累了一大批优质的客户，主要包括华为技术、上海大唐、华勤通讯、闻泰通讯、OPPO等业内领先企业。预计在5G推动下，智能手机出货量将出现行业增长，公司EMS业务有望充分受益。
- ▶风险提示：系统性风险，5G手机出货量低于预期。

• 和而泰

- ▶智能控制器业务是公司稳健成长基础。公司累计申请专利1500多件，其中发明专利近600项。公司的质量管理体系、运营管理体系、社会责任管理体系已经通过了多个国际著名终端产品厂商的严格审核，是伊莱克斯、惠而浦、GE、西门子、HUNTER等全球的合格与优秀供应商。同时在成本管控方面，公司实施精益制造与精细化管理，并发挥地域优势和全球集团化布局优势，与核心客户加大元器件替代力度，在器件国产化替代方面取得了显著成效。
- ▶子公司铖昌科技具备毫米波收发芯片核心能力。铖昌科技主要产品是相控阵核心芯片，具体来说是在相阵里面的PA、LA、移相控制多功能芯片等。目前的货架产品到40G都是非常齐全的，研发和测试能力到110G，客户主要是军工应用。针对民用的5G毫米波芯片应用，目前铖昌科技已有专门团队在民用5G芯片业务进行研发，已充分掌握潜在客户的芯片指标需求，抓紧芯片研制进度。
- ▶风险提示：系统性风险，5G民用芯片研发进展不及预期。

受益公司：5G通信板与毫米波雷达板

● 深南电路

▶深耕通信用PCB，受益5G基站建设周期。公司自上世纪90年代进入通信PCB领域，至今已有二十余年经验技术积累。公司生产的印制电路板主要应用于无线网、传输网、数据通信等企业级应用场景。目前是华为、中兴、爱立信、诺基亚、三星等通信设备厂商主力PCB供应商，在5G需求逐步来临之际，公司为5G通信网络及设备厂商提供高传输速率、大容量、高可靠性、低时延的解决方案。

▶适配国内半导体产业崛起，封装基板成长可期。封装基板不仅为芯片提供支撑、散热和保护作用，同时为芯片与PCB母板之间提供电子连接。公司于2008年进入封装基板业务，目前已形成具有自主知识产权的封装基板生产技术和工艺，建立了适应集成电路领域的运营体系，并成为日月光、安靠科技、长电科技等全球领先封测厂商的合格供应商，在部分细分市场上拥有领先的竞争优势。2019年6月，公司IPO募投项目的无锡封装基板工厂连线试生产，主要面向存储类产品，目前处于产能爬坡阶段。

▶风险提示：系统性风险，5G基站建设不及预期，封装基板业务客户认证速度低于预期。

● 沪电股份

▶公司以多层企业通讯市场板及汽车板为主，并在服务器、数据存储、通讯基础设施、汽车电子等公司传统优势市场获得持续进步，在相关市场的领先地位持续巩固。

▶5G产品占营收比重仍相对较低，随着5G基站建设加速，业绩高速增长有望持续。目前公司是华为等通信设备厂商主力PCB供应商，在5G需求逐步来临之际，公司为5G通信网络及设备厂商提供高传输速率、大容量、高可靠性、低时延的解决方案。除此之外，随着越来越多的信息数据被生成并以更高的速度传输，数据中心的高速运算服务器、数据存储、交换机和路由器需求稳健增长，并对PCB产品提出了更高的要求，以适应高数据速率，公司相关产品持续稳定增长，产品结构得到进一步优化。

▶受益于ADAS等汽车板应用领域的持续增长，公司汽车板产品结构得以持续优化，其在一定程度上缓冲了汽车板市场竞争激烈和需求不振的不利影响。规划在2019年底完成对黄石二厂的建设，并投入使用，为后续汽车电子市场增长恢复后的需求做准备。

▶风险提示：系统性风险，5G基站建设不及预期，汽车板业务市场恢复速度低于预期。

受益公司：5G通信板与毫米波雷达板

● 景旺电子

▶业务布局全面，盈利能力出众。公司专注于印制电路板行业，是国内少数产品类型覆盖刚性电路板、柔性电路板和金属基电路板的厂商，可以为全球客户提供多样化的产品选择与一站式服务，多次获得海拉、博世、华为、中兴、松下、大疆、海康威视、维沃（VIVO）等知名客户授予的优秀供应商称号。

▶公司的“5G 高频天线板加工技术、5G 高速板加工技术、5G 功放用高频板加工技术、5G 相关埋阻加工技术”等研发获得重大进步，形成批量生产能力，并向战略客户批量供应相关产品。智能终端设备方面，公司着重在 5G 手机用的柔性线路板上加强技术研发力度，持续推动手机天线用FPC产品的研发和技术储备。

▶公司“汽车ADAS系统用77G毫米波雷达微波板加工技术、汽车 ADAS 系统用软硬结合板技术、新能源汽车用埋铜块\铜凸台\超厚铜散热技术”等进展良好，具备批量生产能力，并积极储备产能。公司携手客户共同开展技术创新，推动亮点产品在终端客户的使用，有望在汽车电子“四化”转型升级中争取更多的订单份额。

▶风险提示：系统性风险，产能扩充不及预期，5G业务客户进展低于预期。

● 生益科技

▶公司主营覆铜板产品，全球市占率占 10%-12%，基本保持全球前三名的地位。在5G PCB国产替代的大背景下，行业地位有望进一步跃升。

▶子公司生益电子是华为等通信设备厂商基站PCB主力供应商，充分受益5G建设景气周期。生益电子三期产能在 2019 年上半年未释放，基于现在的基础，三期产能全部释放后，全年会继续增加20%左右的产能。

▶高频高速覆铜板对标国际先进，享国产替代红利。目前高频板材公司有 PTFE、碳氢、PPO 等体系，公司均有技术储备。高速板分很多等级，一般用标杆公司松下的M系列如 M4、M6、M7 等，这些系列公司都有对应的产品型号。

▶汽车板五大类，公司基本齐备。一是舒适驾驶用，比如电窗、空调控制、自动调节座椅等；二是生命系统，比如引擎、刹车、齿轮箱、ABS 等；三是新能源，动力和散热；四是自动驾驶，接收卫星信号、雷达感应器等；五是车载通讯。

▶风险提示：系统性风险，产能扩充不及预期，上游原材料价格大幅波动。

受益公司：5G手机散热

● 中石科技 (华西电子&化工 联合覆盖)

▶公司主要技术领域：高导热人工合成石墨技术，导热/导电功能高分子材料技术，热管/VC/热模组技术，毫米波技术和EMC滤波技术。产品包括导热材料、人工合成石墨、热管/VC、EMI屏蔽材料、电源滤波器以及毫米波模组，针对电子产品的基础可靠性问题（发热，电磁干扰，环境密封和毫米波链接等）提供产品技术解决方案。

▶公司产品主要应用于通信设备、汽车电子、高端装备制造、医疗设备、电力电子、消费电子、智能手机、智能家居等领域。重点客户包括Ericsson, Nokia, 华为, 中兴, 苹果, vivo, 谷歌, 亚马逊, 微软等全球领先企业。

▶随着5G时代的来临，消费电子产品创新及通信设备升级将对电磁屏蔽和导热提出更多需求。公司成功推出单层厚石墨新品、超薄热管及VC产品等；率先在业界研发出可折叠柔性石墨均热组件，并在2019年上半年取得国际发明专利正式授权，可应用于折叠屏手机等可弯折设备。公司在5G通信设备主要客户处亦取得多个项目，为5G时代全面到来做好充分的准备。

▶风险提示：系统性风险，新产品客户认证不及预期，上游原材料价格大幅波动。

● 飞荣达

▶公司主要从事电磁屏蔽材料及器件、导热材料及器件、基站天线及相关器件及防护功能器件的研发、生产和销售。

▶依托于公司的技术积累及客户储备，对高导热能力新材料、高可靠性电磁屏蔽材料、5G天线振子表面金属化关键工艺等新材料、新技术的研发进行持续投入，积极开发新产品，实现内生增长。据公司投资者关系活动记录表披露，手机终端散热产品，已经批量供货华为和三星。一体化的天线振子，采用PEP工艺，目前已批量交货。

▶公司亦积极开展外延式的产业整合，通过收购博纬通信，完善公司的天线设计研发及测试能力，打通天线上下游产业链；收购润星泰，完善天线端产品配套，加强半固态压铸技术布局，完成新型基站整体解决方案整体布局；收购昆山品岱，与公司导热材料业务形成协同效应，有效降低成本，形成从上游材料到下游模组的产业链布局。

▶风险提示：系统性风险，产能扩充不及预期，上游原材料价格大幅波动。

受益公司：5G VR/AR应用

• 水晶光电

▶3D Sensing步入提速期，打开成长空间。3D sensing步入加速发展期，继苹果采用前置3D结构光引领3D时代，带动了整个3D产业链的快速崛起，根据我们近期参加3D视觉行业会议，绝大多数知名品牌旗舰机型系列的最高版本都将采用ToF方案来提升拍摄效果同时为AR应用做铺垫，我们认为未来ToF技术在手机摄像头中的应用将愈发广泛。

▶5G带动AR，联手Lumus打造全球领先方案。2019年AR风头渐起，公司深耕镀膜、冷加工技术，在AR眼镜光学成像元件部分具备一定的技术优势。Lumus是阵列波导方案的代表厂商，公司一直和Lumus保持紧密合作，提供配套光学零部件产品，截至目前，水晶光电共计持有Lumus4.8%的股份。依据几种方案显示效果对比，预计光波导技术有望成为未来AR产品的主流解决方案，可以同时获得大的视场角和小的体积。

▶风险提示：系统性风险，VR/AR产品普及速度低于预期，技术路线变更的风险。

• 歌尔股份

▶公司主营业务分为精密零组件业务、智能声学整机业务和智能硬件业务。精密零组件主要产品为微型麦克风、微型扬声器、扬声器模组等；智能声学整机主要产品为无线耳机、智能音响产品等；智能硬件主要为智能可穿戴电子产品、虚拟现实/增强现实产品等。

▶在精密零组件领域，不断推动新型超动态平衡扬声器的更新换代，紧密配合客户产品开发，提高自主研发MEMS芯片解决方案的比例，提升MEMS传感器产品种类，为客户提供先进封装解决方案。

▶在声学整机领域，公司把握当前智能无线耳机、智能音箱产品的创新机遇，对外密切联系客户，加强新产品、新方案的推广；对内提升精益制造能力，进一步提升公司产品良率和效率。

▶在智能硬件领域，面向虚拟现实、增强现实、可穿戴设备等新兴领域，外部投资领先技术，内部投入大量研发，在光波导和光机模组做了充分的准备，预计在AR爆发的时候占有先机。

▶风险提示：系统性风险，VR/AR产品普及速度低于预期，技术路线变更的风险。

受益公司：5G 显示屏

• 京东方

▶2019年，公司继续坚持物联网转型战略，七个事业群不断强化转型发展能力建设，推进端口器件（D）、智慧物联（S）、智慧医工（H）三大事业板块快速发展。

▶据群智咨询数据，2018年全球显示器面板出货量1.51亿台，同比增长10.2%，从出货量看，京东方成为最大显示器供应商，2018年出货3770万台，同比增加15.6%；从出货面积上看，京东方位居第二。据公司2019年半年报披露，公司显示器件整体出货量继续保持全球第一，2019上半年出货面积同比增长23%。持续巩固五大主流产品的市场领先地位，MBL LCD智能机、TPC、NB、MNT、TV继续稳居全球第一。创新应用出货量同比增长21%，出货面积同比增长49%，其中，ESL和穿戴市占率全球第一，拼接市占率全球第二。高分辨率、触控、窄边框、大尺寸等高附加值产品销量及内部出货占比均大幅提高。OLED产品逐步导入国内外一线品牌客户，柔性OLED智能手机市占率全球第二。

▶伴随5G网络普及，高清、大屏显示需求有望增加，显示行业景气度有望逐渐触底回升，作为行业龙头，公司有望实现业绩正向增长。

▶风险提示：系统性风险，5G商用普及速度低于预期，行业竞争加剧。

• 深天马

▶公司深耕中小尺寸显示领域三十余年，持续聚焦移动智能终端市场和专业显示市场，并积极布局新兴市场。

▶公司拥有a-Si TFT-LCD、LTPS TFT-LCD、AMOLED等三大技术平台。a-Si TFT-LCD方面公司主要聚焦车载、工控及差异化智能手机面板；在LTPS TFT-LCD方面，公司主要聚焦中高端智能手机、笔记本电脑、车载等产品；在AMOLED技术方面，公司主要聚焦产线产能的快速有效释放及对品牌客户的稳定量产上：武汉天马第6代LTPS AMOLED产线兼具生产刚性与柔性AMOLED屏的能力，刚性屏已于2018年6月初正式向品牌客户量产出货，柔性屏已量产；积极推进第6代LTPS AMOLED生产线二期项目（武汉）建设，以便进一步提升公司在中小尺寸高端显示特别是AMOLED领域的市场地位。

▶伴随5G手机普及带动手机总出货量增加，同时高分辨率全面屏普及，手机显示屏行业景气度有望重振，公司作为国内中小尺寸显示龙头，有望充分受益。

▶风险提示：系统性风险，5G商用普及速度低于预期，行业竞争加剧。

华西电子-走进“芯”时代系列深度报告

※敬请关注系列行业深度（详见公众号“远峰电子”），全面覆盖设计、制造、封测、设备、材料等各产业链环节和重点公司

1. 芯时代之一_半导体重磅深度《新兴技术共振进口替代，迎来全产业链投资机会》
2. 芯时代之二_深度纪要《国产芯投资机会暨权威专家电话会》
3. 芯时代之三_深度纪要《半导体分析和投资策略电话会》
4. 芯时代之四_市场首篇模拟IC深度《下游应用增量不断，模拟 IC加速发展》
5. 芯时代之五_存储器深度《存储产业链战略升级，开启国产替代“芯”篇章》
6. 芯时代之六_功率半导体深度《功率半导体处黄金赛道，迎进口替代良机》
7. 芯时代之七_半导体材料深度《铸行业发展基石，迎进口替代契机》
8. 芯时代之八_深度纪要《功率半导体重磅专家交流电话会》
9. 芯时代之九_半导体设备深度《进口替代促景气度提升，设备长期发展明朗》
10. 芯时代之十_3D/新器件《先进封装和新器件，续写集成电路新篇章》
11. 芯时代之十一_IC载板和SLP《 IC载板及SLP，集成提升的板级贡献》
12. 芯时代之十二_智能处理器《人工智能助力，国产芯有望“换”道超车》
13. 芯时代之十三_封测《先进封装大势所趋，国家战略助推成长》
14. 芯时代之十四_大硅片《供需缺口持续，国产化蓄势待发》
15. 芯时代之十五_化合物《下一代半导体材料，5G助力市场成长》
16. 芯时代之十六_制造《国产替代加速，拉动全产业链发展》

华西电子-5G电子*产业链系列深度报告

※敬请关注系列深度（详见公众号“远峰电子”），正全面覆盖天线、滤波、射频、PCB/FPC和核心芯片等各产业链环节和重点公司

1. 5G电子*产业链之一 《从iPhone X LCP天线看5G对智能机影响》
2. 5G电子*产业链之二 《5G换机，产业复兴》
3. 5G电子*产业链之三 《5G天线和滤波器深度：技术路线升级，新品即将渗透》
4. 5G电子*产业链之四 《5G将至，从射频前端到天线看未来新发展》
5. 5G电子*产业链之五 《5G手机射频前端/天线，增量需求分析》
6. 5G电子*产业链之六 《5G手机初启征途，万物互联星辰大海》

华西电子-大光学*VR/AR系列深度报告

※敬请关注系列深度（详见公众号“远峰电子”），正全面覆盖技术、部件、终端、应用和内容等各产业链环节和重点公司

- 1、3D光学深度《“解锁”方案持续创新，供应链发展迎机遇》
- 2、传感识别深度《生物/3D识别突破在即，技术创新引领行业发展》
- 3、3D光学会议深度纪要《3D光学，终端之眼，共话产业发展趋势》
- 4、3D虚拟光学产业链调研《VRAR“第四块”屏幕浪潮来袭，3D光学再迎机遇》
- 5、华为VR眼镜发布深度点评《华为VR走向大众，“大屏”看“世界”时代开启》

分析师简介

孙远峰：华西证券研究所副所长&电子行业首席分析师，哈尔滨工业大学工学学士，清华大学工学博士，近3年电子实业工作经验；2018年水晶球/金牛/IAMAC保险资产上榜分析师，2017年新财富入围/水晶球上榜分析师，2016年新财富上榜分析师，2013~2015年新财富上榜分析师团队核心成员。

张大印：华西证券研究所电子行业高级分析师，北京邮电大学工学学士、工学硕士，近3年电子实业工作经验，累计申请国家专利18项；曾就职于民生证券、安信证券，2019年加入华西证券。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区阜成门外大街22号外经贸大厦9层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，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，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，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或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司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。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。