

芯片制备流程及相关产业链介绍（下）



专题研究员

汪颢

☎: (8610)

✉: wanghao_yj@chinastock.com.cn

报告完成日期: 2019年11月14日

报告主要内容

报告主要对芯片制备流程进行了详细的说明，包括晶圆的制备、芯片设计及制作工艺；

报告分析了全球及中国的芯片产业规模和格局。分析了中国在芯片制备流程中的非自主可控环节，如晶圆材料的制备、半导体设备的制备等。

分析了芯片上游，我国在模拟芯片、射频前端芯片、储存芯片及高端光芯片与国外先进制备水平之间的差距。

目 录

七、芯片设计 EDA 工具.....	2
八、芯片测试、封装行业.....	8
九、全球半导体设备市场分析.....	14
十、芯片上游市场分析.....	19

芯片制备流程介绍及相关产业链分析（下）

七、芯片设计 EDA 工具

对于系统厂商而言，如果说芯片是子弹，是粮食的话，那么芯片 EDA 工具则是制造子弹，加工粮食的工具，其重要性可见一斑。

现在要命的问题是，国产 EDA 工具在整个芯片设计的过程中贡献度几乎为零！

芯片设计分为前端设计和后端设计，前段设计（也称逻辑设计）和后端设计（也称物理设计），并没有统一严格的界限，涉及到与工艺有关的设计就是后端设计。

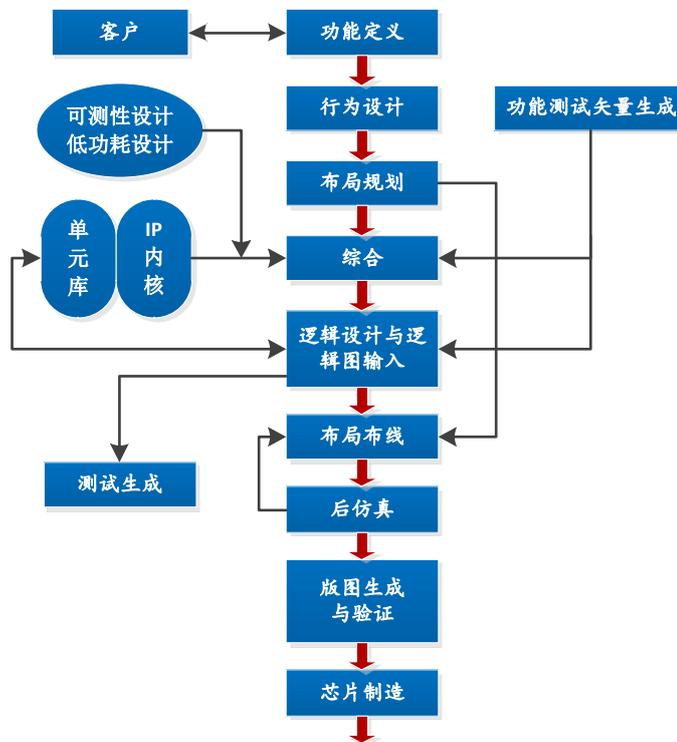


图 41 芯片 EDA 设计流程

1、前端设计

1. 规格制定

芯片规格，也就像功能列表一样，是客户向芯片设计公司（称为 Fabless，无晶圆设计公司）

提出的设计要求，包括芯片需要达到的具体功能和性能方面的要求。

2. 详细设计

Fabless 根据客户提出的规格要求，拿出设计解决方案和具体实现架构，划分模块功能。

3. HDL 编码

使用硬件描述语言（VHDL，Verilog HDL，业界公司一般都是使用后者）将模块功能以代码来描述实现，也就是将实际的硬件电路功能通过 HDL 语言描述出来，形成 RTL（寄存器传输级）代码。

4. 仿真验证

仿真验证就是检验编码设计的正确性，检验的标准就是第一步制定的规格。看设计是否精确地满足了规格中的所有要求。规格是设计正确与否的黄金标准，一切违反，不符合规格要求的，就需要重新修改设计和编码。设计和仿真验证是反复迭代的过程，直到验证结果显示完全符合规格标准。

仿真验证工具 Synopsys 的 VCS，还有 Cadence 的 NC-Verilog。

5. 逻辑综合 Design Compiler

仿真验证通过，进行逻辑综合。逻辑综合的结果就是把设计实现的 HDL 代码翻译成门级网表 netlist。综合需要设定约束条件，就是你希望综合出来的电路在面积，时序等目标参数上达到的标准。逻辑综合需要基于特定的综合库，不同的库中，门电路基本标准单元（standard cell）的面积，时序参数是不一样的。

所以，选用的综合库不一样，综合出来的电路在时序，面积上是有差异的。一般来说，综合完成后需要再次做仿真验证（这个也称为后仿真，之前的称为前仿真）。

逻辑综合工具 Synopsys 的 Design Compiler

6. STA

Static Timing Analysis (STA)，静态时序分析，这也属于验证范畴，它主要是在时序上对电路进行验证，检查电路是否存在建立时间（setup time）和保持时间（hold time）的违例（violation）。这个是数字电路基础知识，一个寄存器出现这两个时序违例时，是没有办法正确采样数据和输出数据的，所以以寄存器为基础的数字芯片功能肯定会出现问题。

STA 工具有 Synopsys 的 Prime Time。

7. 形式验证

这也是验证范畴，它是从功能上（STA 是时序上）对综合后的网表进行验证。常用的就是等价性检查方法，以功能验证后的 HDL 设计为参考，对比综合后的网表功能，他们是否在功能上存在等价性。这样做是为了保证在逻辑综合过程中没有改变原先 HDL 描述的电路功能。

形式验证工具有 Synopsys 的 Formality。

前端设计的流程暂时写到这里。从设计程度上来讲，前端设计的结果就是得到了芯片的门级网表电路。

2、后端设计流程：

1. DFT

Design For Test，可测性设计。芯片内部往往都自带测试电路，DFT 的目的就是在设计的时候就考虑将来的测试。DFT 的常见方法就是，在设计中插入扫描链，将非扫描单元（如寄存器）变为扫描单元。关于 DFT，有些书上有详细介绍，对照图片就好理解一点。

DFT 工具 Synopsys 的 DFT Compiler

2. 布局规划(FloorPlan)

布局规划就是放置芯片的宏单元模块，在总体上确定各种功能电路的摆放位置，如 IP 模块，RAM，I/O 引脚等等。布局规划能直接影响芯片最终的面积。

工具为 Synopsys 的 Astro

3. CTS

Clock Tree Synthesis，时钟树综合，简单点说就是时钟的布线。由于时钟信号在数字芯片的全局指挥作用，它的分布应该是对称式的连到各个寄存器单元，从而使时钟从同一个时钟源到达各个寄存器时，时钟延迟差异最小。这也是为什么时钟信号需要单独布线的原因。

CTS 工具，Synopsys 的 Physical Compiler

4. 布线(Place & Route)

这里的布线就是普通信号布线了，包括各种标准单元（基本逻辑门电路）之间的走线。比如我们平常听到的 0.13um 工艺，或者说 90nm 工艺，实际上就是这里金属布线可以达到的最小宽度，从微观上看就是 MOS 管的沟道长度。

工具 Synopsys 的 Astro

5. 寄生参数提取

由于导线本身存在的电阻，相邻导线之间的互感,耦合电容在芯片内部会产生信号噪声，串扰和反射。这些效应会产生信号完整性问题，导致信号电压波动和变化，如果严重就会导致信号失真错误。提取寄生参数进行再次的分析验证，分析信号完整性问题是非常重要的。

工具 Synopsys 的 Star-RCXT

6. 版图物理验证

对完成布线的物理版图进行功能和时序上的验证,验证项目很多,如 LVS(Layout Vs Schematic)验证，简单说，就是版图与逻辑综合后的门级电路图的对比验证；DRC (Design Rule Checking):设计规则检查，检查连线间距，连线宽度等是否满足工艺要求，ERC (Electrical Rule Checking):电气规则检查，检查短路和开路等电气 规则违例；等等。

工具为 Synopsys 的 Hercules

实际的后端流程还包括电路功耗分析，以及随着制造工艺不断进步产生的 DFM（可制造性设计）问题，在此不说了。

物理版图验证完成也就是整个芯片设计阶段完成，下面的就是芯片制造了。物理版图以 GDS II 的文件格式交给芯片代工厂（称为 Foundry）在晶圆硅片上做出实际的电路，再进行封装和测试，就得到了我们实际看见的芯片。

表 26 芯片设计流程中用到的 EDA 工具

流程	EDA 工具
RTL Design	Verilog
	VHDL
Simulation	Cadence NCSim
	Synopsis VCS
	Mentor ModelSim

Logic Synthesis	Synopsys Design Compiler
DFT Insretion	Candence Encounter RTL
Formal Verification	Synopsys Formality Cadence Encounter Conformal
Timing/Power/Noise	Synopsys PremeTime Cadence Encounter Timing/Power
Physical Synthesis	Candence Encounter(Silicon) Synopsys Astro(Apolli)/ICC
Layout	Mentor Calibre Cadence Assura(Dracular) Synopsys Hercules

3、 IC 设计 EDA 工具现状——高度垄断

EDA 行业存在高度垄断，前 3 家 EDA 公司（Synopsys、Cadence 及 Mentor）垄断了国内芯片设计 95% 以上的市场，他们给客户id提供完整的前后端技术解决方案。

当前国家大力发展芯片产业也给中小 EDA 公司带来了新的机遇，但是国内中小 EDA 企业的运营环境还是不容乐观，存在人才和技术门槛两个挑战。在 EDA 软件研发人才方面，国内设立 EDA 专业的高校不太多，而且互联网和金融行业吸引了大量的软件开发人才，导致 EDA 软件研发人才严重不足。

3.1 本土 EDA 公司

华大九天

华大九天成立于 2009 年，其业务起步于原华大电子“熊猫”EDA 设计平台。作为 CEC 中国电子旗下的二级子企业，目前已经成为我国规模最大、技术最强的 EDA 龙头企业，也是大规模集成电路 CAD 国家工程研究中心依托单位，承担着国产 EDA 软件研发与推广的重任。

华大九天可以提供全流程数模混合信号芯片设计系统、SoC 后端设计分析及优化解决方案、平板(FPD)全流程设计系统、IP 以及面向晶圆制造企业的相关服务，其业务包括 EDA 电子设计自动化、Foundry 工程服务、IP 及设计服务，客户覆盖国内众多集成电路企业。

天津蓝海微科技有限公司

天津蓝海微科技有限公司（以下简称“蓝海微”）主要方向为 layout 相关 EDA 点工具与服务，据其官方介绍，该公司在寄生参数提取、版图验证、OpenAccess 平台软件开发、PDK 开发与自动生成等多个领域具有独到的技术优势。

广立微

杭州广立微电子有限公司（以下简称“广立微”）是一家提供性能分析和良率提升方案的供应商，可以提供基于测试芯片的软、硬件系统产品以及整体解决方案，可用于高效测试芯片自动设计、高速电学测试和智能数据分析的全流程平台，利用特有的流程平台与技术方法来提高集成电路性能、良率、稳定性和产品上市速度的定制服务。

芯禾科技

苏州芯禾电子科技有限公司（以下简称“芯禾科技”）成立于 2010 年，专注电子设计自动化 EDA 软件、集成无源器件 IPD 和系统级封装 SiP 微系统的研发。芯禾科技致力于为半导体芯片设计公司和系统厂商提供差异化的软件产品和芯片小型化解决方案，包括高速数字设计、IC 封装设计、和射频模拟混合信号设计等。

成都奥卡思微电科技有限公司

成都奥卡思微电科技有限公司（以下简称“奥卡思”），奥卡思是由三位硅谷中国博士于 2016 年 1 月在硅谷创立，2018 年 3 月落地于成都高新园区（总部），其主要业务为集成电路设计 (EDA) 的研发和咨询，在验证工具方面独具特色，已推出应用于芯片设计的功能特性验证的 AveMC 与全流程设计平台 MegaEC。

深圳鸿芯微纳技术有限公司

深圳鸿芯微纳技术有限公司成立于 2018 年 1 月，经营范围包括微电子超大规模集成电路芯片设计、电子设计自动化软件工具及系统开发、纳米级工艺库开发、产品设计、计算机系统技术服务、销售电子产品、经营进出口业务等，曾用名“深圳阿凡达微纳技术有限公司”，其 EDA 产品主要为 Placement&Routing 相关工具。

苏州珂晶达电子有限公司

苏州珂晶达电子有限公司（以下简称“珂晶达”）成立于 2011 年，提供半导体器件仿真、辐射传输和效应仿真等技术领域的数值计算软件和服务，产品特色在于深入理解物理原理，并用软件高效地实现，使得能在工程实践中快速应用。

湖北九同方微电子有限公司

湖北九同方微电子有限公司（以下简称“九同方”）成立于 2011 年，拥有 16 名留美博士核心研发团队。据其官网介绍，九同方可提供完备的 IC 流程设计工具，形成了 IC 电路原图设计、电路原理仿真（超大规模 IC 电路、RF 电路）、3D 电磁场全波仿真的 IC 设计全流程仿真能力。

北京博达微科技有限公司

北京博达微科技有限公司（以下简称“博达微”）是器件模型、PDK 相关 EDA 工具及 AI 驱动半导体参数测试解决方案供应商。其官网显示，博达微也是全球唯一提供包含高精密度参数化测试、器件建模仿真、PDK 开发与验证的完整软硬件工程服务体系。

济南概伦电子科技有限公司

济南概伦电子科技有限公司（以下简称概伦）于 2010 年 3 月成立，是一家电路仿真/良率导向设计技术和半导体器件模型/噪声测试解决方案的厂商，其产品发展方向包括新一代大规模高精度仿真及设计验证平台、针对纳米级制造技术的半导体器件建模库平台及测试验证系统等，即以建模、仿真和验证为主。

杭州行芯科技有限公司

杭州行芯科技有限公司（以下简称“行芯科技”）是一家专注于集成电路芯片的设计软件与 IP 开发的高新技术创业企业，其核心团队来自于美国硅谷，致力为客户提供人工智能时代算力与能耗、芯片性能与研发能力的解决方案。

八、芯片测试、封装行业

集成电路测试卡位产业链关键节点，贯穿设计、制造、封装以及应用的全过程。从整个制造流程上来看，集成电路测试具体包括设计阶段的设计验证、晶圆制造阶段的过程工艺检测、封装前的晶圆测试以及封装后的成品测试，贯穿设计、制造、封装以及应用的全过程，在保证芯片性能、提高产业链运转效率方面具有重要作用。

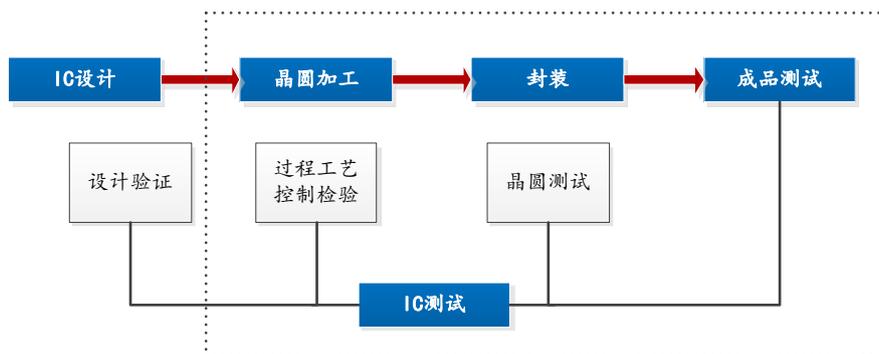


图 42 晶圆封测流程

设计验证，又称实验室测试或特性测试，是在芯片进入量产之前验证设计是否正确，需要进行功能测试和物理验证。

过程工艺检测，即晶圆制造过程中的测试，需要对缺陷、膜厚、线宽、关键尺寸等进行检测，属前道测试。

晶圆测试（Chip Probing，又称中测），是通过对代工完成后的晶圆进行测试，目的是在划片封装前把坏的裸片（die）挑出来，以减少封装和芯片成品测试成本，同时统计出晶圆上的管芯合格率、不合格管芯的确切位置和各类形式的合格率等，能直接反应晶圆制造良率、检验晶圆制造能力。

芯片成品测试（Final Test，也称终测），集成电路后道工序的划片、键合、封装及老化过程中都会损坏部分电路，所以在封装、老化以后要按照测试规范对电路成品进行全面的电路性能检测，目的是挑选出合格的成品，根据器件性能的参数指标分级，同时记录各级的器件数和各种参数的统计分布情况；根据这些数据和信息，质量管理部门监督产品的质量，生产管理部门控制电路的生产。

表 27 芯片测试类型

测试类型	产业链位置	测试内容	测试方法	客户	代表厂商
设计验证	IC 设计	描述、调试和检验新的芯片设计、保证符合规格要求	功能性验证和物理验证	设计厂商	-----

过程工艺控制测试	晶圆制造	为了监控工艺，在制作过程的早期进行产品工艺检验测试	光学检测等	IDM 厂商、晶圆代工厂	台湾宜特 闼康
晶圆测试	封装前	通过点血参数检测等测试晶圆片上每颗晶粒的有效性，标记异常的晶粒，减少后续封装和测试的成本	电学参数检测	设计和晶圆代工厂	京元电子、利杨芯片、华岭股份
成品测试	封装后	芯片封装完成之后，测试芯片的功能实现以及稳定性	电学参数检测	设计和封装厂	京元电子、利杨芯片、华岭股份

国内 IC 设计公司出于对接成本和国内对代工及封装、测试环节的自主可控考虑更倾向于选择大陆测试厂商。国内 IC 设计企业在与境外测试厂商包括代工厂商对接过程中存在着运输和沟通对接成本高的问题，同时，基于国内对于晶圆代工及封装、测试环节的自主可控考虑，在国内能提供专业 IC 测试服务的情况下，设计厂商更倾向于选择大陆测试厂商。

国内 IC 专业测试潜在市场规模至 2020 年可达 300 亿元

国内专业测试企业将受益于 IC 测试增量市场、测试自主化及专业化。国内专业测试未来的市场空间取决于三个方面：上游 IC 设计和晶圆代工产能扩张带来的增量市场；国内测试逐渐成熟后替代境外测试厂商；国内半导体产业分工明细后更多设计、制造、封装厂选择第三方测试。

国内 2017 年 IC 专业测试潜在市场规模约为 160 亿元，至 2020 年可达 300 亿元。IC 专业测试与 IC 设计企业息息相关，根据台湾工研院的统计，IC 专业测试成本约占到 IC 设计营收的 6-8%，据此推算，国内 2017 年 IC 专业测试的潜在市场规模在 160 亿元左右，至 2020 年将有望达到 300 亿元，年复合增速达 24%。

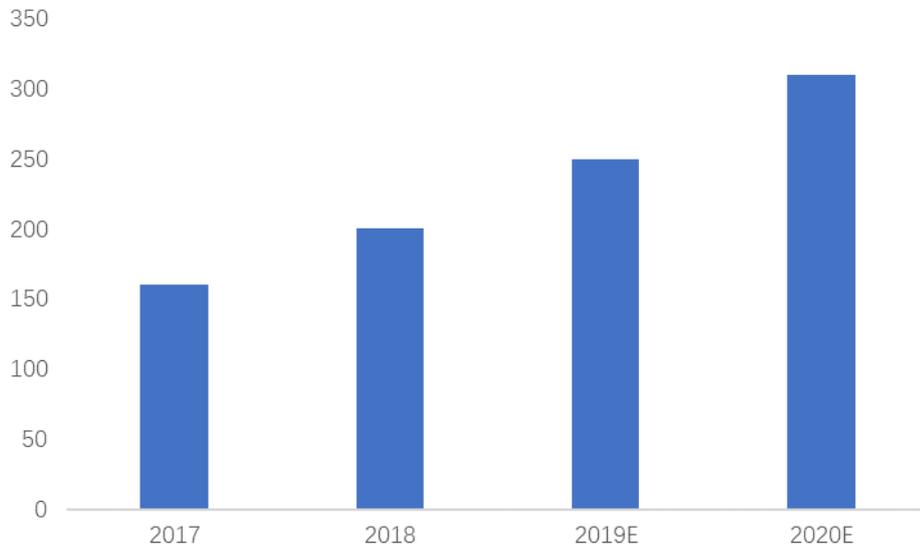


图 43 2017-2020 年大陆 IC 专业测试潜在市场空间预测 (亿元)

整体封测格局稳定，独立专业测试市占率超过 50%

整体封测市场呈现台湾、大陆、美国三足鼎立局面，大陆封测产值达 1890 亿元。整体封测市场方面，目前台湾、大陆、美国呈现三足鼎立格局，台湾连续多年封测市场占全球接近一半，稳居第一；国内封测产业经过资本并购整合之后，进入全球封测第一梯队，市场份额稳居前三，2017 年产值达 1890 亿元，长电科技、天水华天及通富微电进入全球前十；美国安靠占据全球 14.98% 的市场份额。

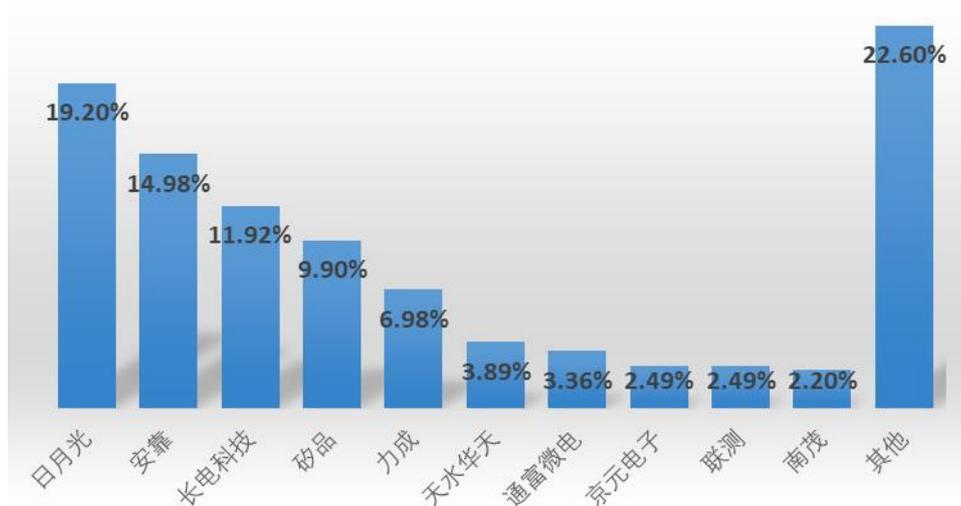


图 44 2017 年封装测试产业各公司占比情况

台湾专业测试占据 70% 全球市场份额，国内专业测试处于初级赶超阶段

台湾占据全球专业测试 70% 的市场份额，处于绝对领先地位。台湾地区作为代工模式的优势区域，拥有超过 30 家专业委外测试企业，无论是数量、质量还是规模上都具有绝对领先地位。根据台湾工研院 IEK 统计，2017 年台湾 IC 测试产值为 319.6 亿元(47 亿美元)，全球市占率约为 70%。其中台湾的京元电子目前是全球专业委外检测的龙头企业，2017 年营收达到 43.55 亿元人民币，净利润为 4.94 亿元，市值为 72.33 亿元，占据台湾测试市场 13.63% 的份额，位于全球前十大封测厂中的第八位。

表 28 2018 年全球封测 TOP 10 排名

	公司	地区	2017	2018E	年增长率	2018 市占率
1	日月光 ASE	中国台湾	5322	5332	0.2%	19.0%
2	安靠 Amkor		4187	4316	3.1%	15.4%
3	长电科技 JCET	中国台湾	3561	3644	2.3%	13.0%
4	矽品精密 SOIL	中国台湾	2744	2898	5.6%	10.3%
5	力成科技 PTI	中国台湾	1924	2256	17.3%	8.0%
6	通富微电 TF	中国台湾	973	1085	11.5%	3.9%
7	华天科技 HUTIAN	中国台湾	1046	1067	2.0%	3.8%
8	联合科技 UTAC	新加坡	786	790	0.5%	2.8%
9	京元电子 JYUC	中国台湾	635	690	8.6%	2.5%

10	欣邦 Chiobond	中国台湾	594	621	4.5%	2.2%
前十大合计 (单位: 百万美元)			21773	22699	4.3%	80.9%

目前国内 IC 专业测试仍处于中早期发展阶段，数十家中小测试公司伴随上游设计、制造环节兴起迅速发展。但与台湾京元电子等成熟企业相比，国内 IC 测试公司在规模、技术上仍有很大的差距。

表 29 国内主要测试企业与台湾京元电子规模对比

公司名称	股东背景	晶圆测试 产能(万片 /年)	成品测试 产能(亿颗 /年)	机台数量	测试芯片类型	营收	利润
京元电子	-----	437	72	-----	逻辑 IC、混合信号 IC、 存储器等	43.55 亿 元	4.94 亿元
艾科半导体	大港股份	46	6	-----	RF、SoC	4.98 亿 元	1.31 亿元
利杨芯片	-----	-----	-----	-----	指纹识别芯片、屏幕 驱动芯片、存储器等	1.29 亿 元	2015 万元
华岭股份	复旦微电子	50 (6-12 寸)	6	-----	逻辑 IC、射频 IC、混 合信号 IC 等	1.26 亿 元	3372 万元
确安科技	华达集团	-----	-----	-----	MCU、CPU、DSP 等	6305 万 元	227 万元
华润赛美科微	华润电子	96 (4-8 寸)	12	220 台探 针台	模拟芯片、数字芯片、 混合信号 IC、分立器 件等	-----	-----
上海伟测半导体	-----	30	-----	70 套	-----	-----	-----

		(6-12寸)					
无锡泰斯特	-----	9.6 (3-8寸)	-----	47台探针台	模拟芯片、RF、存储器等	-----	
上海威伏半导体	-----	8-12寸	-----	-----	MCU、Nor Flash等	1024万元	260万元

IC测试需要大量经验积累。测试企业依赖人才和经验，需要不断研发以适应新制程、新工艺需求。研发方面，IC测试随芯片产品多样化和摩尔定律发展不断更新换代，测试企业需要不断研发、引入和调试新的测试平台以适应新产品、新工艺、新制程的测试需求；人才方面，IC测试贯穿芯片生产的各个环节，测试工程师不仅要具备测试方案开发、设备调试等测试相关能力，还要兼备芯片设计、制造等领域的知识和经验，我国目前集成电路人才断档明显，测试工程师培养薄弱，具有市场化经验的人才更是稀少；经验方面，IC测试和传统制造业一样需要经历产能爬坡和工艺优化的过程，需要具备不同客户、不同产品的测试经验。

IC测试与上游客户紧密结合，测试方案开发和工艺流程优化能力来自于大量客户带来的不同类型芯片测试经验。IC测试和上游设计、晶圆加工紧密结合，需要同客户进行长时间的共同开发和磨合，结合客户反馈才能不断优化测试方案和工艺流程，与此同时长时间合作也会形成较高的壁垒。此外，大量客户带来的不同芯片测试经验是提升测试方案开发能力和优化工艺流程的基础。

IC测试要求具备较强的资本运作能力。IC测试对资本投入的要求高，目前国内发展阶段决定了规模是发展的前提，因此与技术和市场实力相匹配的融资能力是企业发展壮大支撑。

综上所述，可从技术经验、市场化程度和资本运作能力三个方面对IC专业测试企业进行评价，我们认为具备市场开拓能力、独立测试方案开发技术能力、资本运作能力的IC设计公司更具发展潜力。

九、全球半导体设备市场分析

半导体设备可分为晶圆处理设备、封装设备、测试设备和其他设备，其他设备包括硅片制造设备、洁净设备、光罩等。这些设备分别对应集成电路制造、封装、测试和硅片制造等工序，分别用在集成电路生产工艺的不同工序里。

在整个半导体设备市场中，晶圆制造设备大约占整体的 80%，封装及组装设备大约占 7%，测试设备大约占 9%，其他设备大约占 4%。而在晶圆制造设备中，光刻机，刻蚀机，薄膜沉积设备为核心设备，分别占晶圆制造环节设备成本的 30%，25%，25%。

根据 SEMI 世界晶圆厂预测报告显示的数据，2017 年全球半导体设备的销售规模达到历史最高值 570 亿美元，比 2016 年增长了 38%。预计 2018 年将继续增长 9%，达到 620 亿美元。到 2019 年再增长 5%，达到 650 亿美元。从 2016~2019 年实现连续 4 年的正增长。

2017 年，全球半导体设备市场高涨的原因在于全球芯片需求旺盛，存储器价位飙升及激烈竞争推动晶圆厂设备投资额达到高位。许多厂商用于新的晶圆厂建设和购置设备的投资都超过了历史纪录。英特尔、美光、东芝（包括西部数据）及格罗方德在 2017 年和 2018 年都增加了对晶圆厂的投资。韩国的三星更是掀起了新一波投资浪潮，2017 年其设备投资从原计划的 80 亿美元增加到 180 亿美元，同比增长 128%。SK 海力士的设备支出也增加了 70%，达到 55 亿美元，也创历史新高。三星和 SK 海力士购置的设备大部分都用在韩国，还有一部分用于它们在中国大陆地区和美国的生产工厂。预计 2018 年三星和 SK 海力士仍旧会维持在高额投资的水平上。

SEMI 的另一份报告指出，全球 2017 年晶圆加工设备的市场规模为 450 亿美元，比 2016 年增长 37.5%；晶圆加工前端部分，包括 Fab 设施设备、晶圆制造辅助设备和掩膜设备为 26 亿美元，同比增长 45.8%；封装设备为 38 亿美元，同比增长 25.8%；半导体测试设备达到 45 亿美元，同比增长 22%。

1、半导体设备厂商情况

1、应用材料（AMAT）

作为一家老牌的美商半导体设备商，应用材料（AMAT）是全球最大的半导体设备公司，产品横跨 CVD、PVD、刻蚀、CMP、RTP 等除光刻机外的几乎所有半导体设备。应用材料 2017 财年营收为 145.3 亿美元，其中，半导体设备收入 95.2 亿美元。

在全球晶圆处理设备供应商中排名第一，应用材料市占率 19%左右，其中，在 PVD 领域，应用材料占据了近 85% 的市场份额，CVD 占 30%

半导体设备行业技术壁垒非常高，随着制程越来越先进，对半导体设备的性能和稳定性提出了越来越高的要求，需要投入大量的研发资金。应用材料公司一直保持着在研发上的高投入，每年的研发支出超过 15 亿美元，其 30% 的员工为专业研发人员，拥有近 12000 项专利，平均每天申请 4 个以上的新专利。正是这种持续的高研发投入，促成了应用材料的内部创新，构成了较高的技术壁垒，使其自 1992 年以来一直保持着世界最大半导体设备公司的地位。

2、Lam Research

Lam Research 主要生产单晶圆薄膜沉积系统、等离子刻蚀系统和清洁系统设备。该公司通过并购方式不断提升竞争优势，2012 年 6 月，Lam 公司完成与 Novellus Systems（诺发系统）合并；2015 年 10 月，该公司宣布斥资 106 亿美元，以现金加股票的方式收购同业竞争公司科磊半导体（KLA-Tencor），但最终未获成功。

在全球晶圆处理设备供应商中，Lam Research 排名第二，市占率 13%左右，其中，刻蚀设备方面，Lam Research 市占率最高，达到 53%。

Lam 能排在全球第二的位置，与其高研发投入直接相关，据悉，该公司每年的研发支出超过 10 亿美元。

Lam 公司为全球著名的半导体制造商提供服务，镁光科技、三星电子、SK 海力士等都是其主要客户，2016 财年的订单均占该公司销售收入的 10% 以上。2014 和 2015 财年，Lam 在韩国半导体设备销售额最高，占整体销售比例为 24% 和 27%，在中国台湾地区销售额高达 14.85 亿美元，同比增长 34.5%，占比为 25%。由于中国大陆半导体产业的快速发展，2016 财年，中国大陆成为 Lam 半导体设备销售的第二大市场。

3、东京电子

东京电子是日本一流领先的半导体设备提供商，主要从事半导体设备和平板显示器设备制造。英文简称为 TEL，全称为 Tokyo Electron Limited。1963 年在日本东京成立，公司名为东京电子研究所。1968 年东京电子与 Thermco Products Corp 合作开始生产半导体设备。1978 年公司正式改名为东京电子有限公司。

1983 年，东京电子与美国公司拉姆研究合作，引进当时一流的美国技术，在日本本土开始生产刻蚀机。公司在 2018 财年营业收入增长 37.96%，净利润增长 73.09%。公司十分注重研发投入，2018 财年的计划研发费用约 1200 亿日元（约合 80 亿人民币），设备投资 510 亿日元（约合 30 亿人民币），

东京电子业务分为两大板块：工业机械制造和电子计算机组件，其中工业机械设备制造又细分为半导体制造和平板显示器以及光伏设备制造。根据公司年报，从 2015 财年开始，半导体制造已经成为公司发展核心业务，占公司总营收 90% 以上。

2015 年，为了集中发展半导体和平板显示器业务，该公司减持电子计算机组件业务子公司股权至低于 50%。平板显示器及光伏设备制造也呈现递减趋势。

4、ASML

ASML 总部在荷兰，生产前后道设备，包括光刻机、集束型设备、外延反应器、垂直扩散炉、PECVD 反应器、原子层沉积设备、等离子体增强原子层沉积（PEALD）设备等。

目前，ASML 占据了光刻机市场 80% 份额，垄断了高端光刻机市场。全球只有 ASML 能够生产 EUV（极紫外光刻机）。Intel、台积电、三星用来加工 14/16nm 芯片的光刻机都来自 ASML，格芯、联电以及中芯国际等晶圆厂的光刻机主要也是来自 ASML。

例如，ASML 新的 EUV 光刻机 NXE 3400B 能支持 7nm 和 5 nm 芯片的批量生产，使用 13.5nm EUV 光源，光学系统的数值孔径（NA）为 0.33，分辨率为 13nm，而尼康最新的 ArF Immersion NSR-S631E 浸入式光刻机落后 EUV 极紫外光刻机整整一代，使用 139nm 波长的 ArF 准分子激光，NA 为 1.35，分辨率小于等于 38nm。

从售价来看，ASML 的 EUV NXE 3400B 和 3350B 单价超过 1 亿美元，ArF Immersion 售价大约在 7000 万美元左右，而尼康光刻机的单价只有 ASML 光刻机价格的三分之一。

表 30 光刻机工作原理和组成

部件	作用
光束矫正器	矫正光速入射方向，让激光束尽量平行
能量控制器	控制最终照射到硅片上的能量，曝光不足或过足会影响成像质量
光束形状设置	设置光束为圆形、环形等不同形状
遮光器	在不需要曝光的时候，阻止光束照射到硅片
能量探测器	检测光束最终入射能量是否符合曝光要求，并反馈给能量控制器

掩膜版	一块在内部刻着线路设计图的玻璃板
掩膜台	承载掩膜版运动的设备，运动控制精度是 nm 级的
物镜	物镜由 20 多块镜片组成，主要作用是把掩膜版上的电路图按比例缩小，再被激光映射到硅片上，并且物镜还要补偿各种光学误差。技术难度就在于物镜的设计难度大，精度的要求高
内部封闭框架、减振器	将工作台与外部环境隔离，保持水平，较少外界振动干扰，并维持稳定的温度、压力

表 31 光刻机发展史

	光源	波长 (nm)	对应设备	最小工艺节点 (nm)
第一代	g-line	436	接触式光刻机 接近式光刻机	800-250 800-250
第二代	i-line	365	接触式光刻机 接近式光刻机	800-250 800-250
第三代	KrF	248	扫描投影式光刻机	180-130
第四代	ArF	193	步进扫描投影光刻机 浸没式步进扫描投影光刻机	130-65 45-22
第五代	EUV	13.5	极紫外光科技	22-7

4.1 国产光刻机情况

2015 年 4 月，北京华卓精科科技股份有限公司“65nmArF 干式光刻机双工件台”通过整机详细设计评审，具备投产条件。目前，65nm 光刻机双工件台已获得多台订单。接下来公司要完成 28nm 及以下节点浸没式光刻机双工件台产品化开发并具备小批量供货能力，为国产浸没光刻机产品化奠定坚实基础。作为世界上第二家掌握双工件台核心技术的公司，华卓精科成功打破了 ASML 公司

在工件台上的技术垄断。

2017年6月21日，中国科学院长春光学精密机械与物理研究所牵头研发的“极紫外光刻关键技术”通过验收。

2018年11月29日，中科院研制的“超分辨光刻装备”通过验收。光刻分辨力达到22纳米，结合双重曝光技术后，未来还可用于制造10纳米级别的芯片。

曝光系统和双工件台系统的成功，成为了燎原的点点星火，为我国高端光刻机的研发生产提供了奠定坚实基础。

十、芯片上游市场分析

近几年，国内集成电路行业发展速度较快，2017年国内集成电路产业总体规模达到5411.3亿元，同比增长24.8%。其中，集成电路设计业同比增长26.1%，规模达到2073.5亿元；集成电路制造业同比增长28.5%，规模达到1448.1亿元；集成电路封测业同比增长20.8%，规模达到1889.7亿元。但是长期以来中国在芯片设计方面主要使用海外资源、在芯片制造方面主要为海外客户加工、在芯片封测方面主要为海外客户服务，导致中国集成电路的产业结构与需求之间错配。

并且，目前我国核心集成电路的国产芯片占有率整体较低，除了移动通信终端和核心网络设备有部分集成电路产品占有率超过10%外，包括计算机系统、通用电子系统、显示及视频系统中的核心集成电路国产芯片占有率都是0。芯片产业链包括装备、材料、设计、制造、封装测试五个环节。在装备与材料方面，中国与国际顶尖水平差距较大。而封测领域，中国芯片封装企业长电科技已经跻身世界第三。因此，加大力度投入在芯片设计与制造两大环节可以带动产业链的前后两端。设计与制造环节目前也是中国芯片产业投资和政府扶持的重点。

芯片设计处于集成电路产业链的上游，在整个芯片制造领域中比较重要。PC机时代英特尔、AMD等芯片巨头垄断了PC的芯片市场，因此在PC领域国产芯片无法和美国竞争。而随着电信业的发展，通信设备制造产业的崛起却带给中国芯片产业前所未有的机遇。华为海思、中兴微电子、大唐都成为中国最大的芯片厂家之一。中国本土手机厂家和平板电脑厂家的崛起使得展讯、全志、瑞芯微等公司也获得了发展机会。2009年全球纯芯片设计公司50强中只有一家华为海思，

2016 年则增长到 11 家。2016 年，中国 160 家芯片设计企业销售额超过 1 亿元人民币，海思和紫光展锐跻身世界前十。但是，我国芯片设计企业的主流产品仍集中在中低端，尚未全面进入国际主战场。受制于知识产权、加工能力和基础设计能力的不足，我国企业除了在通信领域有了比较重要的突破外，在 CPU、存储器、可编程逻辑阵列、数字信号处理器等领域仍然建树不多。

相比于芯片设计，中国芯片制造工艺是更大的短板，落后国际同行两代。中芯国际是中国内地规模最大、技术最先进的芯片晶圆代工企业，代表中国半导体芯片制造技术的最高水平，其最先进工艺仅为 28 纳米。距离英特尔成熟 14 纳米工艺和三星、GlobalFoundries 已经投产的 10 纳米工艺存在明显的技术差距，与台积电的 16 纳米工艺相比也有不小的差距。中国芯片制造卡脖子的关键不在于材料和技术，而是光刻机设备。目前世界上只有日本的尼康、佳能及荷兰的 ASML 公司能掌握高端光刻机制造。国内最好的光刻机只能做到 90 纳米制程，而日本的可以做到 28 纳米以下，ASML 的精度最高可达 14 纳米以下制程。芯片制造先进技术和设备的封锁导致中国芯片产业难以突破。

表 32 2017 年国内十大集成电路设计企业

公司名称	2017 年销售额 (亿元)
深圳市海思半导体有限公司	361
清华紫光展锐	110
深圳市中兴微电子技术有限公司	76
华大半导体有限公司	52.1
北京智芯微电子科技有限公司	44.9
深圳市汇顶科技股份有限公司	38.7
杭州士兰微电子股份有限公司	31.8
大唐半导体设计有限公司	25.2
敦泰科技 (深圳) 有限公司	28

北京中星微电子有限公司	20.5
-------------	------

表 33 2017 年国内十大集成电路制造企业

公司名称	2017 年销售额 (亿元)
三星 (中国) 半导体有限公司	274.4
中芯国际集成电路制造有限公司	201.5
SK 海力士半导体 (中国) 有限公司	130.6
英特尔半导体 (大连) 有限公司	121.5
上海华虹 (集团) 有限公司	94.9
华润微电子有限公司	70.6
台积电 (中国) 有限公司	48.5
西安微电子技术研究所	27
武汉新芯集成电路制造有限公司	22.2
和舰科技 (苏州) 有限公司	21.1

1、模拟芯片与数字芯片

模拟芯片和数字芯片是处理不同信号的两类协作并存的芯片产品，模拟集成电路是指由电容、电阻、晶体管等组成的用来处理模拟信号的集成电路。数字芯片不能直接与自然界沟通，为了处理方便，一般将模拟信号转换为数字信号，输入到大容量、高速、抗干扰能力强的数字处理系统处理后再转换为模拟信号输出。模拟信号处理流程如下：通过传感器对自然信号收集，模拟芯片将信号进行采集、滤波、放大，再经由模数转换器将模拟信号变成一串由“0”和“1”表示的数字信号后，交由数字芯片进行数字信号的处理和存储，数字信号处理完成后通过数模转换器变成模拟信号，最后模拟信号以声音、图像的形式输出到自然世界。

表 34 模拟芯片与数字芯片的区别

产品	信号处理类型	集成度	生命周期	设计难点	制程	价格波动
模拟芯片	模拟信号	数千个晶体管	平均 10 年	电路设计	0.35um 、 0.5um	较小
数字芯片	数字信号	数百亿个晶体管	2 年左右	逻辑设计	7nm	较大

我们将用来处理模拟信号的芯片称之为模拟芯片。在电子系统中，模拟 IC 的功能非常多，如信号接收、信号放大、数模信号转换、稳压、比较等功能。常见的模拟芯片有运算放大器、数模转换器、锁相环、电源管理芯片、比较器等。常见的数字芯片是 CPU、MPU 等。

表 35 模拟芯片主要产品和功能

类型	产品	功能
信号链	放大器、滤波器、模拟开关、电平转换、接口电路	信号放大、信号过滤等
电源管理	AC/DC、DC/AC、LDO、 OVP/OCP、 电池管理、LED 驱动、MOSFET 驱动	电流、电压大小控制、功率控制等
数据转换	各类 ADC、DAC 等	模拟信号与数字信号相互转换

全球市场规模持续增长，中国市场占比超 50%。模拟芯片是电子产品的必需品，市场规模持续增长，2018 年全球模拟芯片占全球半导体市场比例为 12.2%。中国模拟芯片市场占全球比例超过 50%，且市场增速高于全球平均水平，根据 IC Insights 数据，2018 年全球模拟芯片市场规模约为 574 亿美元，同比增长 10.38%，近五年复合增长为 5.90%；根据赛迪智库数据，2018 年中国模拟芯片市场规模 2273.4 亿元，同比增长 6.23%，近五年复合增速为 9.16%。

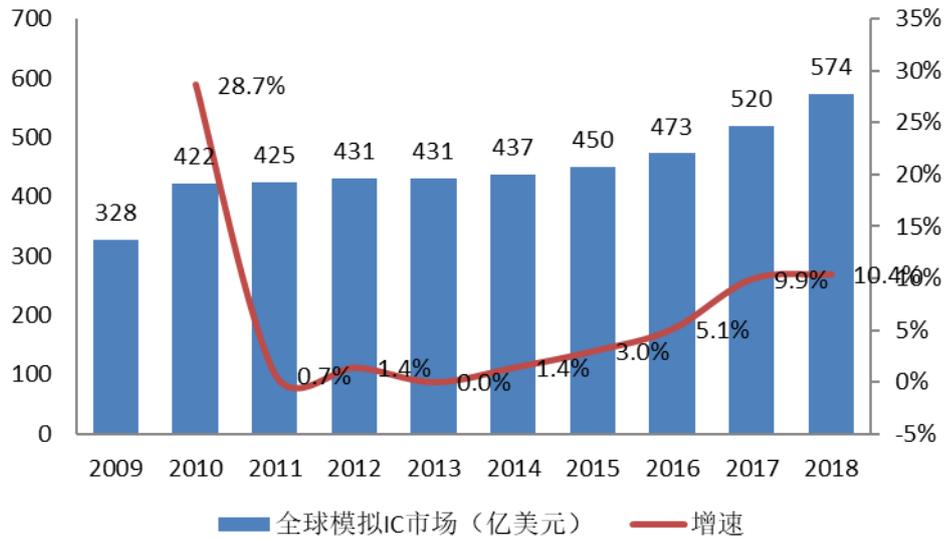


图 45 全球模拟 IC 市场规模

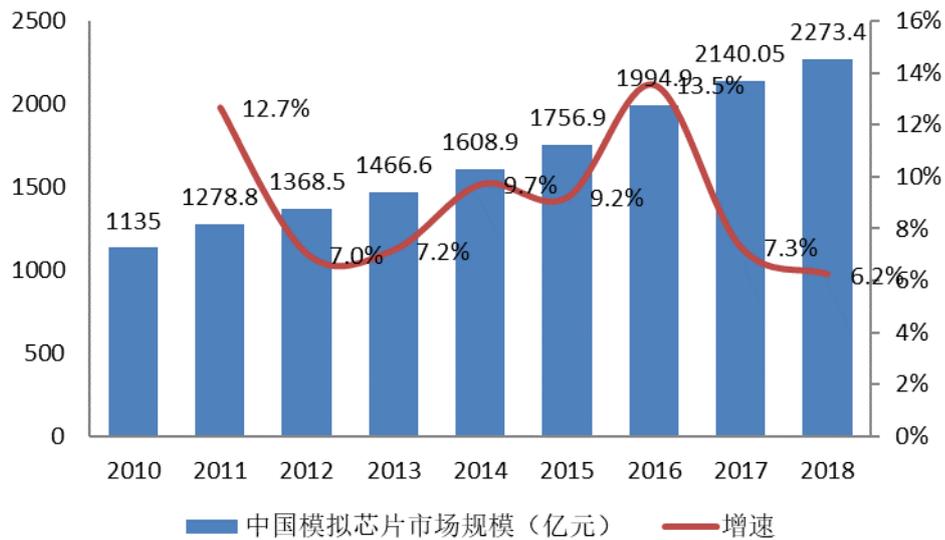


图 46 中国模拟芯片市场规模

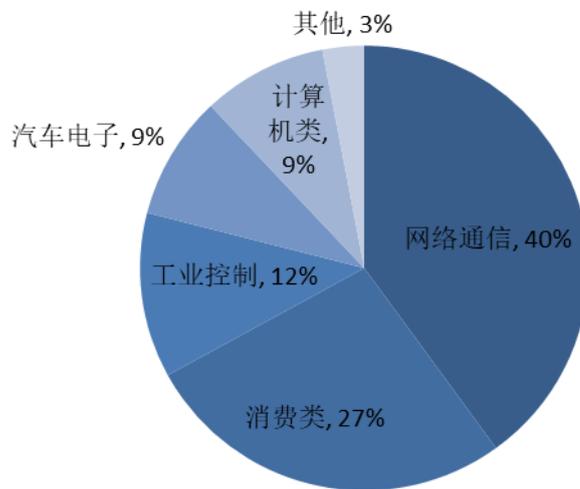


图 47 中国模拟芯片终端应用市场结构

表 36 各芯片终端领域模拟芯片类型

终端领域	模拟芯片类型
通讯	射频芯片、模拟开关、滤波器、电源管理芯片
消费电子	电源管理芯片、稳压器
汽车	功率器件、电源管理芯片、稳压器
工业控制	电源管理芯片、转换器、稳压器
物联网 IoT	射频身份识别芯片 (RFID)

模拟芯片根据功能不同可以分为以下三大类：电源管理芯片、信号链芯片、数模转换器。电源管理芯片主要功能是调整设备的电流、电压，信号链芯片的主要功能是信号放大与过滤等，数模转换器的主要功能是将数字信号与模拟信号互相转换，进行信号输入或输出。

1.1 电源管理芯片

功能与主要类型：电源管理芯片是在电子设备系统中担负起对电能的变换、分配、检测及其他电能管理的职责的芯片，芯片将电源从某一种形式高效且稳定地转为另一种形式，例如将交流电转换为直流电，将 5V 的电压输入转换为 10V 的电压输出。电源管理芯片主要应用于计算机、通信设备、汽车、工业控制等领域。电源管理芯片主要是以下几类：内含低电压控制电路的 AC\DC、稳压降压器 LDO、电池充电和管理 IC。

工作流程：以手机为例，智能手机由许多功能不同的模块组成，每个模块需要的工作电压不同，锂电池直接供电无法满足各模块的需求，因此需要使用电源管理芯片将电压进行调节，满足各个模块的需要。同时，源管理芯片还需要根据设备的工作状态调节各个模块的电压值，从而降低功耗，提高系统的效率。

市场规模与格局：根据 Esticast Research 数据，2016 年全球电源管理芯片市场规模为 402.1 亿美元，2022 年市场规模将达到 613.3 亿美元，复合增长率为 7.29%。电源管理芯片终端市场主要是手机、平板电脑等消费电子、工业应用市场、汽车市场和军用市场，其中，手机、计算机等电子产品出货量逐年下跌，“工业 4.0”推动工厂智能化，工业应用对电源管理芯片需求增大，电动汽车需要大量电源管理芯片调节电压和功率，未来工业和汽车将成为电源管理芯片的主要增长动力。电源管理芯片市场竞争激烈，汽车和工业等高端领域基本上被欧美厂商垄断，国内厂商的产品主要应用在消费电子市场，以中低端电源管理芯片为主，价格竞争激烈。

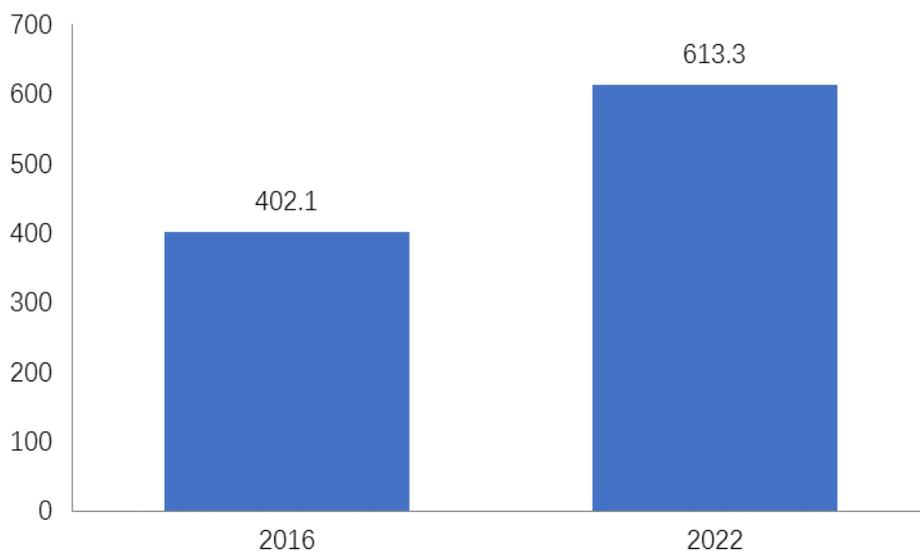


图 48 电源管理芯片市场规模（亿美元）

全球电源管理芯片市场 2016 年为 402.1 亿美元，预计到 2022 年，市场需求增长到 613.3 亿美元，CAGR 为 7.29%。

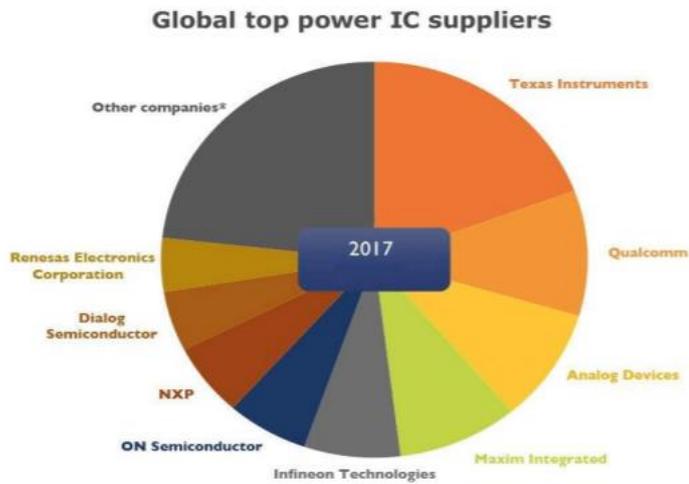


图 49 2017 年电源管理芯片市场竞争格局

1.2 信号链产品

功能与主要类型：信号链产品主要功能是模拟信号进行处理，保证信号传输。信号链产品以射频芯片为主，包括滤波器、放大器、射频开关、天线调谐器等器件。滤波器是实现频段过滤的专用器件，滤波器可以使信号中特定的频率成分通过，抑制其他频率成分，从而得到需要的频率成分，目前，手机是滤波器最大市场，其中 SAW 滤波器主要用于低频信号，BAW 滤波器主要用于高频信号。**市场规模与格局：**根据 Yole Development 数据，2016 年全球射频芯片市场规模为 101 亿美元，预计到 2022 年市场规模将达到 228 亿美元，复合增长率为 14%。射频芯片市场集中度较高，前四大厂商分别为思佳讯、科沃、博通、村田，四大厂商占据了射频芯片市场 85% 的份额。射频芯片中滤波器市场规模最大，滤波器市场基本上被 Avago、Qorvo 等厂商垄断。

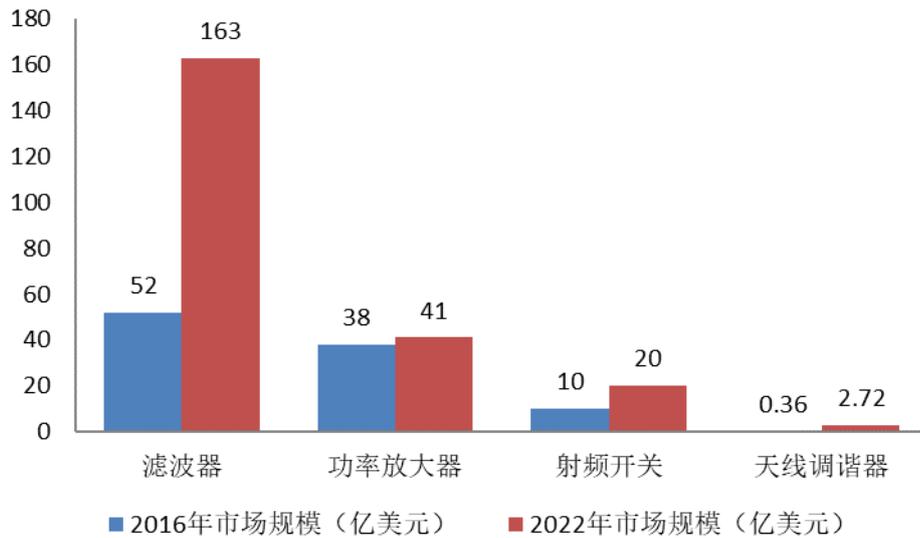


图 50 射频芯片市场规模预测

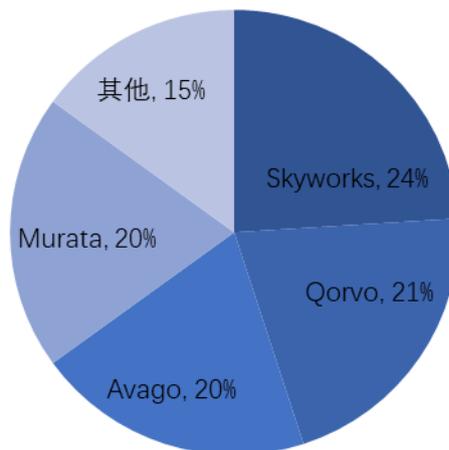


图 51 射频芯片市场格局，Skyworks 占比最大

1.3 数据转换器

功能与主要类型：数据转换器主要是 DAC 和 ADC，将模拟信号与数字信号相转换。自然世界中的信号是模拟信号，人类信息技术只能处理以二进制码表示的数字信号，因此需要数模转换器将数字信号与模拟信号进行转换。将模拟信号转换为数字信号并输入处理器进行处理的芯片叫做模数转换器（ADC），将处理完成的数字信号转换为模拟信号输出的芯片叫做数模转换器（DAC），

数据转换器是连接现实世界与数字世界的桥梁。

市场规模与格局：根据麦姆斯咨询的数据，2017 年全球数据转换器市场规模为 35.2 亿美元，2017 年-2023 年复合增长率为 6.3%，预计 2023 年市场规模将达到 50.8 亿美元。

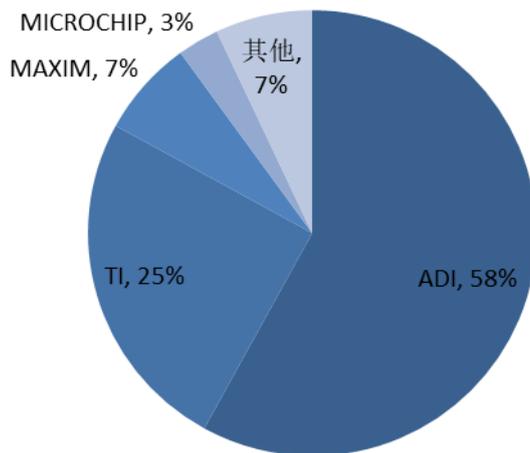


图 52 2017 年数据转换器市场格局

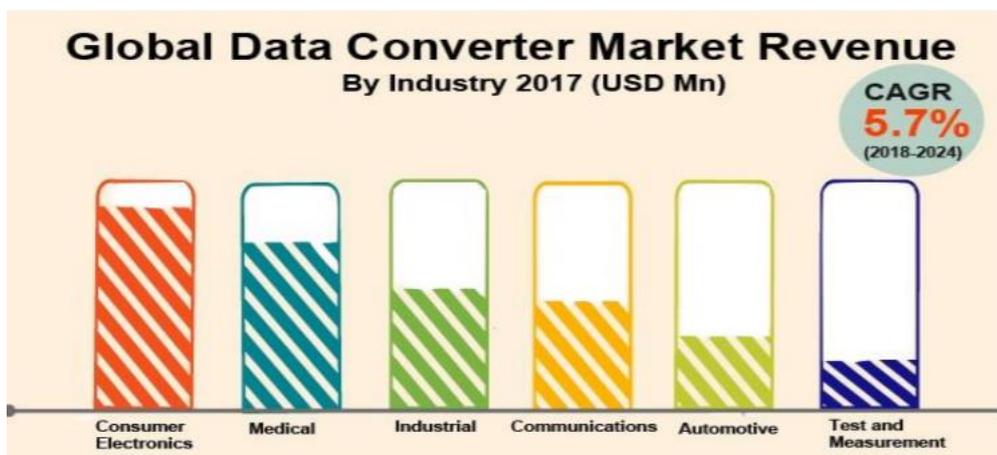


图 53 数据转换市场终端市场格局

工作流程：ADC 的任务是将模拟信号转换为数字信号，其性能指标分为两大类，一类是动态指标，主要是采样率、分辨率、转换速率、无杂散动态范围 (SFDR)、信噪比 (SNR)、总谐波失真 (THD) 等，其中采样率决定了 ADC 单位时间内采样的数据量，分辨率决定了采集信号的质量。为了追求兼容速度、精度以及功耗，ADC 混合架构成为热点。DAC 的任务与 ADC 的刚好相反，是将数字信号转换为模拟信号，其主要指标也分为动态和静态两种，为了追速度和精度，DAC 首

选架构为分段式电流舵型。

制程工艺：数据转换器制程工艺主要有以下三种：SiGe BiCMOS、GaAs HBT 和 CMOS。三种工艺各有优缺点，其中 CMOS 的优点是便于与数字电路集成，截止频率高、功耗低；GaAs HBT 的击穿电压高，缺点是功耗大；SiGe BiCMOS 截止频率高，且具有抗辐射性，缺点是功耗高。市场对高速 ADC、DAC（采样速率 $\geq 1\text{Msps}$ ）需求量越来越大，高速数据转换器出货量仅占 6%，行业销售额占比近 50%。

表 37 三种制程工艺对比

工艺	CMOS	GaAs HBT	SiGe BICMOS
截止频率	高	低	中
击穿电压	低	高	中
功耗	低	高	中
集成度	高	低	中
成本	低	高	中

国内外技术水平对比：随着技术发展，高速数据转换器朝着高采样率、高分辨率以及低功耗的方向发展。在 ADC 方面，采样精度和速度是相互制约的关系，大致符合 1bit 或 6dB/倍频的规律。目前业内的最先进的产品来自 ADI, 2017 年 ADI 开发出了 28nm 的 10Gsps、12bit 产品，处于业内领先地位。我国数据转换器与国外存在 2-3 代差距，最高端的产品是中科院微电子所研制的 10Gsps、8bit 的 ADC 产品。在 DAC 方面, ADI 也走在行业前列, 2017 年开发出的 AD9172 采用 28nm 制程工艺，精度达到 12Gsps、16bit。

1.4 模拟芯片市场竞争格局

总体情况是中低端模拟芯片市场竞争激烈，高端市场由欧美厂商垄断

中国模拟芯片自给率仅 14%，近 90% 的芯片依赖进口，模拟芯片市场被欧美厂商垄断。欧美大厂起步较早，技术优势巨大，产品条线齐全，在市场上占据了大部分市场份额。国内厂商起步较晚，研发投入相对较低，产品以中低端电源管理芯片为主，在价格上竞争激烈，部分公司在高端产品方面取得了一定的突破，逐步打破国外厂商垄断，实现国产替代。2018 年，在全球模拟芯片市场上，前十名厂商依旧被欧美日厂商垄断，合计占据 58% 的份额，德州仪器则依旧稳坐龙头交椅。

表 38 2018 年全球模拟芯片市场竞争格局

2018 年排名	公司	2017 年全球营 收 (亿美元)	2018 全球营收 (亿美元)	营收变动比例	市场份额
1	德州仪器	99.00	108.01	9%	18%
2	ADI	51.59	55.05	7%	9%
3	英飞凌	35.55	38.10	14%	6%
4	思佳讯	37.10	36.86	-1%	6%
5	意法半导体	25.51	32.08	26%	5%
6	恩智浦	24.15	26.45	10%	4%
7	美信	20.25	21.25	5%	4%
8	ON Semi	18.00	19.90	11%	3%
9	Microchip	11.40	13.89	22%	2%
10	Renesas	9.15	9.00	-2%	1%

中低端模拟芯片市场国内厂商竞争激烈。欧美模拟芯片厂商起步较早，在技术方面拥有巨大优势，产品性能领先，尤其是在 ADC 数模转换器、滤波器等高端领域，国内厂商几乎没有市场份额。国内企业技术和工艺都比较落后，产品条线较窄，主要产品都是技术含量很低的电源管理芯片，产品性能与欧美厂商有很大的差距。中国模拟芯片市场比较分散，很多企业的产品都是电源管理芯片，这类产品的产量很高但附加值低，市场上厂商数量非常多，如 AMS、思佳讯、微芯等欧美厂商和士兰微、富满电子、上海贝岭、芯朋微等企业，电源管理芯片供过于求，价格战非常激烈。

高端市场基本被欧美日厂商垄断。我国模拟芯片高端市场基本上被欧美厂商垄断，国内部分厂商在高端市场取得了一定的突破，但是占据的市场份额很低，难以与欧美大厂抗衡。2017 年全球数据转换器的市场为 35.2 亿美元，其中 ADI 占据了超过 40% 的市场份额，TI 占据了超过

20%的市场份额，ADC 数模转换器依旧是国外对华禁运的重点之一。在滤波器行业，高频信号滤波器通常使用 SAW 滤波器，SAW 滤波器基本上被博通和 Qorvo 垄断，博通一家就占据了近 90% 的市场份额。

需求端持续旺盛，供求缺口或高达 95 万片/月。根据 WSTS 的数据，2018 年中国模拟芯片市场规模约 2273.4 亿元，市场占比约为 60%，对模拟芯片需求旺盛。按《中国制造 2025》的计划，2020 年我国模拟 IC 自给率达到 40%，2025 年达到 70%。按最低自给率 40% 测算，按模拟芯片自给率 50% 测算，本土模拟芯片需求量为 1136 亿元。根据产业规律和中国模拟芯片公司毛利率分析，中国模拟芯片售价中 40% 是晶圆代工，30% 是封装测试，30% 是毛利，则中国模拟晶圆代工需求为 454 亿元。一枚 8 寸晶圆的平均售价为 550 美元，推算得 1 年所需要的模拟芯片为 1250 万片。假设年度产能利用率为 90%，那么一年产能需求是 1388 万片，平均每月产能需求为 115 万片。新能源汽车对模拟芯片需求巨大，智能工厂和物联网 IoT 等新兴应用不断出现，推动模拟芯片市场迅速发展。国家政策大力推动国产模拟芯片行业发展，预计未来我国模拟芯片的需求将持续旺盛。

模拟芯片所需的晶圆市场

模拟芯片制造使用的晶圆主要是 8 寸晶圆，少部分使用 6 寸晶圆。从供给角度分析，我国目前 8 寸晶圆产能严重不足，未来缺口可能超过 76 万片/月。我国可用于模拟芯片制造的晶圆月产能 38.4 万片，扣除用于其他工艺的产能，模拟芯片可用到的晶圆不到 20 万片/月，而需求产能为 115 万片/月，实际缺口可能达到 95 万片/月。

表 39 国内 8 寸晶圆产能情况

公司名称	城市	晶圆尺寸 (英寸)	产能 (千片/月)
华虹宏力	上海	8	60
积塔半导体 (先进)	上海	8	23
中芯国际	上海	8	110
中芯国际	深圳	8	30

中芯国际	天津	8	45
华润上华	无锡	8	60
其他		6	100 (折合寸 56.25)
合计 (折合寸产能)		8	384.25

2、射频前端芯片市场分析

射频前端是指在通信系统中，位于手机天线之后，收发器-基带芯片之前的器件总称，是无线通讯设备的基础性零部件，主要由功率放大器（PA）、滤波器、双工器、射频开关、低噪声放大器、接收机/发射机等组成。

射频 PA 和滤波器是射频前端器件中最重要的组成部分。根据 Yole 的统计数据，2017 年全球射频器件市场中，滤波器市场占比约 53.3%，射频 PA 市场占比约 33.3%，射频开关为 6.7%，低噪声放大器为 1.6%。

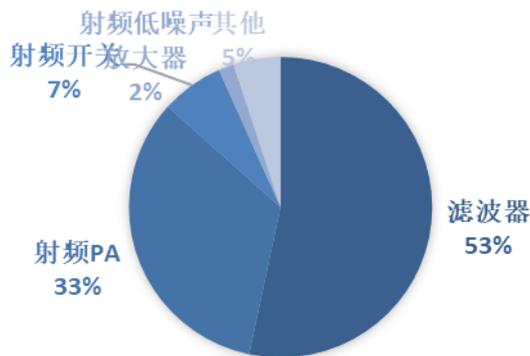


图 54 射频芯片各细分领域占比

2.1 射频开关器件

射频开关包括天线调谐开关、移动通信传导开关、wifi 开关等，主要有两个作用：1.实现射频信号得接收与发射的切换；2.完成不同频段之间的切换，以实现共用天线，节省终端产品成本的目的

的。

根据 QYR Electronics Research Center 的统计，2011 年以来全球射频开关市场经历了持续的快速增长，2018 年全球市场规模达到 16.54 亿美元，根据 QYR Electronics Research Center 的预测，2023 年射频开关市场规模将达到 35.60 亿美元 2018 年-2023 年全球射频开关市场规模的复合增长率预计将达到 16.55%。

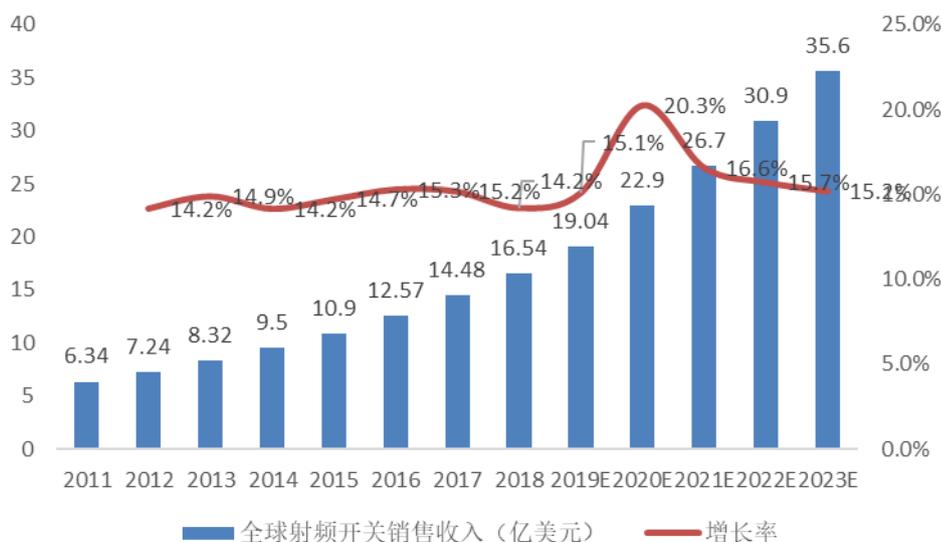


图 55 预计全球射频开关市场规模

目前射频开关市场主要被海外公司占领，前四大厂商 sky works、Qorvo、Murata 以及 Avago 占据超过 70% 的市场份额。国内公司也有部分供应商包括锐迪科、卓胜微、唯捷创芯、韦尔股份等。但是与国外大厂相比，国内公司技术和研发实力仍然相对较弱。

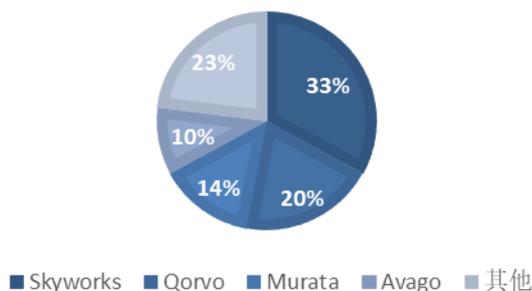


图 56 全球射频开关竞争格局

2.2 低噪声放大器 (LNA)

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

2018 年全球射频低噪声放大器收入为 14.21 亿美元，随着 4G 逐渐普及，智能手机中天线和射频通路的数量增多，对射频低噪声放大器的数量需求迅速增加，而 5G 的商业化建设将推动全球射频低噪声放大器市场在 2020 年迎来增速的高峰，到 2023 年市场规模达到 17.94 亿美元。

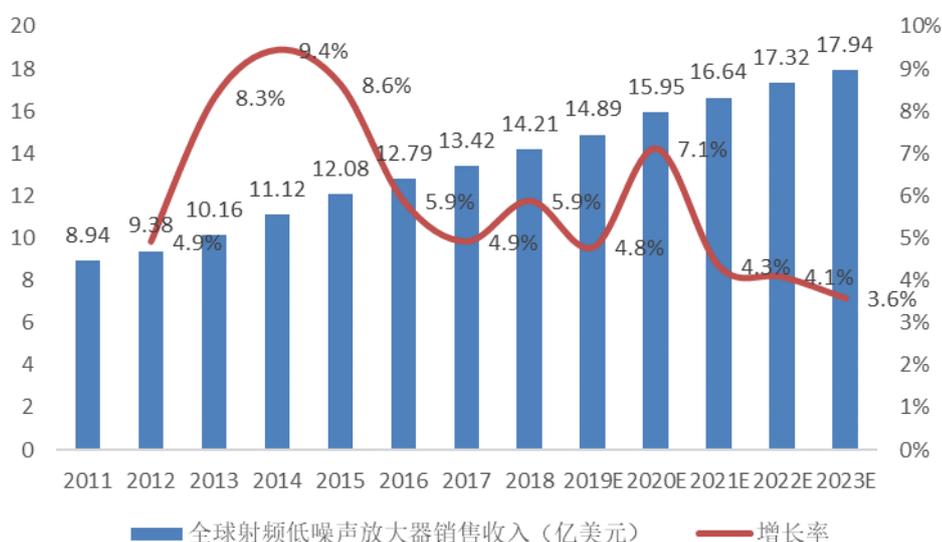


图 57 全球射频低噪声放大器销售收入

2.3 滤波器

手机用滤波器主要有表面声波滤波器（SAW）、温度补偿滤波器(TC-SAW)以及体声波滤波器（BAW）三种，三者的主要差别在于适用不同的电磁波频率，目前 SAW 和 BAW 滤波器是手机中的主流滤波器。SAW 滤波器和 TC-SAW 非常适用于约 1.5GHz 以内的应用，高于 1.5GHz 时 BAW 更有优势。

SAW：利用压电陶瓷、铌酸锂、石英等压电石英晶体振荡器材料的压电效应和声表面波传播的物理特性制成的一种换能式无源带通滤波器，利用其压电效应和声表面波传播的物理特性而制成的滤波专用器件。

TC-SAW 滤波器:由于 SAW 滤波器容易受温度变化影响,温度升高时其基片材料的刚度趋于变小,声速也会降低。一种替代方法就是使用 TC-SAW 滤波器,它是在 IDT 结构上涂上一层薄膜,再温度升高时刚度会加强。普通 SAW 的频率温度系数通常约为 $-45\text{ppm}/^\circ\text{C}$,而 TC-SAW 滤波器则可以下降至 -15 到 $-25\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。不过 TC-SAW 滤波器更为复杂,成本也更高。

BAW: SAW 滤波器和 TC-SAW 适用于低频,而 BAW 在高频上更有优势。与 SAW 滤波器不同,声波在 BAW 滤波器上是垂直传播的,其基本结构是两个金属电极夹着压电薄膜,声波在压电薄膜里震荡形成驻波。BAW 的缺点在于制造成本贵,BAW 器件所需要的制造工艺步骤是 SAW 的 10 倍,因而成本更高。

根据 Yole 的预测,2017 年全球手机射频前端滤波器市场空间约 80 亿美金,预计 2023 年将增长至 225 亿美金,复合增长率为 19%,是射频前端器件中增长最快的细分市场。根据 QYR Electronics Research Center 的统计,2011-2018 年全球射频滤波器市场规模从 21.13 亿美元增长至 83.61 亿美元,年均复合增长率 21.71%;预计至 2023 年,市场规模将达到 219.09 亿美元。

滤波器的门槛非常高,核心技术仍掌握在日本、美国等企业中,全球只有少数国际大厂能够实现大规模量产和供货。SAW 滤波器主要供应商包括 Murata、TDK 以及太阳诱电等,前 4 大厂商占据接近 80% 市场份额。而 BAW 滤波器的市场集中度更高,主要供货厂商微博通、Qorvo、太阳诱电以及 TDK,其中博通一家就占据 87% 的市场份额。国内方面,目前只有部分科研院所拥有部分滤波器相关产品和技术,主要厂商包括德清华莹、中电 26 所、北京长峰,中讯四方、中科飞鸿等,而且这些厂商主要偏向于军工市场。

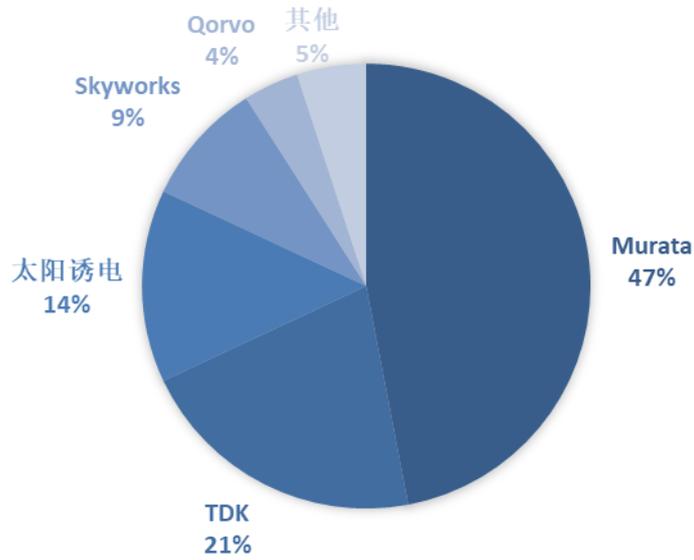


图 58 厂商占据 SAW 滤波器市场情况

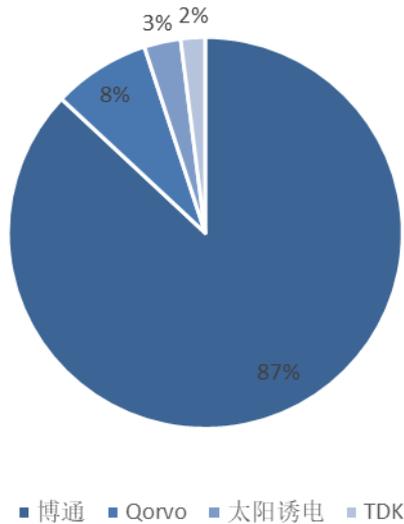


图 59 BAW 滤波器市场份额

2.4 射频 PA

功率放大器 (Power Amplifier, 简称 PA), 构成射频前端的一种重要芯片。由于在发射机的前级电路所产生的射频信号功率很小, 需要经过一系列放大获得足够的射频功率, 输出到天线上辐射出去。为了获得足够大的射频输出功率, 就必须采用射频功率放大器。

由于 PA 制造需要独特的工艺和技术门槛, 目前全球 PA 市场基本被 skyworks、Qorvo、博通等 IDM 大厂所垄断, 三者合计市场份额超过 90%。目前国内也涌现一批射频 PA 厂商, 例如紫

光展锐、中科汉天下、唯捷创芯。

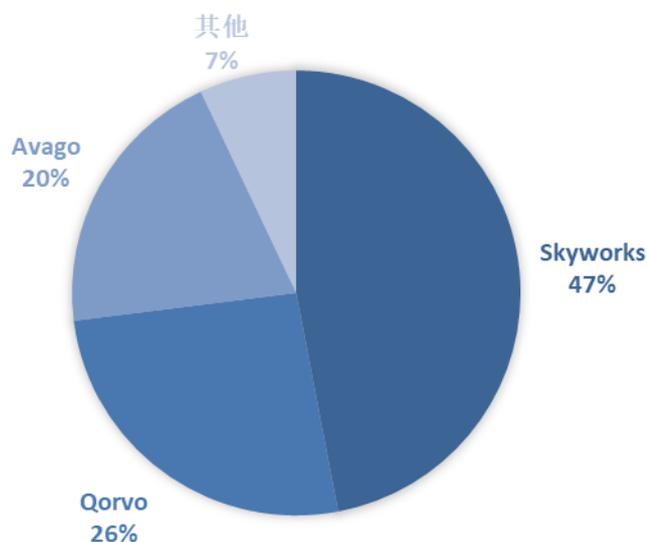


图 60 功率放大器市场竞争格局

3、存储芯片

存储芯片可简单分为闪存和内存，闪存包括 NAND Flash 和 NOR Flash，内存主要为 DRAM。为了方便理解存储芯片的作用，如果把执行一段完整的程序比喻成制造一个产品，那么存储芯片相当于仓库，而处理器相当于加工车间。为提升制造的速度，提升加工车间的效率是一个方法，也就是提高处理器的性能；还有一个方法就是缩短原材料从仓库到加工车间的时间，设置一个临时的小仓库，对方目前专门生产的产品的原材料，可以大大缩短制造时间。大仓库相当于存储芯片中的闪存，而小仓库则相当于存储芯片中的内存，对于电子产品的运行都不可或缺，因此它们在产品的应用范围上有着很高的重合度。

内存不同于闪存，虽然它们都是处理器所需数据载体，但是内存的作用是提供了一个处理当前所需要的数据空间，它的空间容量较闪存小，但读取数据的速度更快，就像 VIP 通道一样，它为当前最需处理的数据提供了快速的通道，使得处理器能够快速获取到这些数据并执行。

同为闪存的 NAND Flash 和 NOR Flash 的区别主要在于应用领域不同，NAND Flash 主要用于智能手机、SSD、SD 卡等高端大容量产品，而 NOR Flash 主要应用于功能机、MP3、USBkey、DVD

等低端产品。此外，在汽车电子、智能手机的 TDDI、AMOLED 中也会用到 NOR Flash。

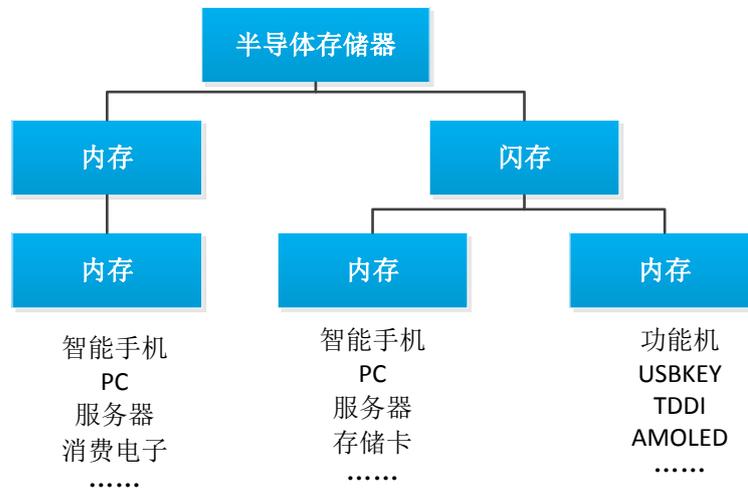


图 61 储存芯片的分类及应用

市场集中度

存储芯片整个市场中 DRAM 产品占比约 53%，NAND Flash 产品占比约 42%，NOR Flash 占比仅有 3% 左右。DRAM 根据下游需求不同主要分为：标准型 (PC)、服务器 (Server)、移动式 (mobile)、绘图用 (Graphic) 和消费电子类 (Consumer)。NAND Flash 根据下游需求不同主要分为：存储卡 /UFD、SSD、嵌入式存储好人其他。

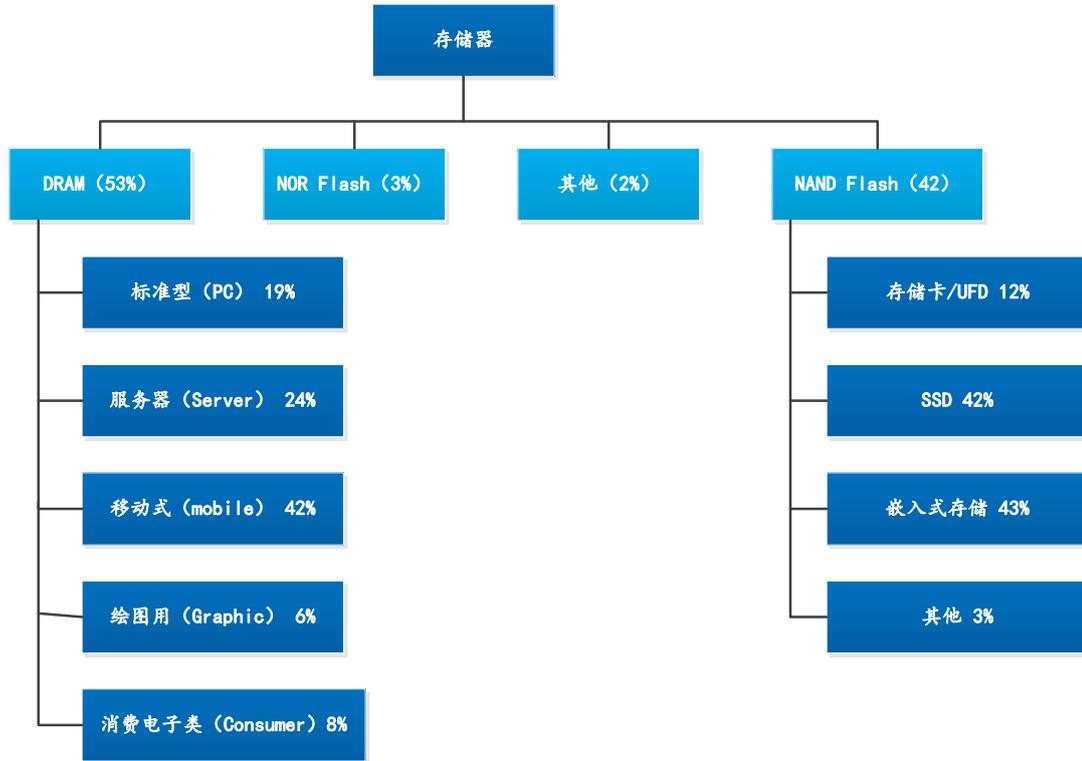


图 62 全球存储芯片产品结构

存储芯片市场集中度高，无论是 DRAM，还是 NAND Flash、NOR Flash 都呈现寡头垄断格局。

根据 DRAMeXchange 数据，DRAM 市场主要为三星、海力士、美光三家厂商占据，三星市占率约为 48%，三星+海力士+美光的市占率高达 90% 以上。

NAND Flash 市场主要有三星、东芝、闪迪、美光、海力士和英特尔，其中三星市占率约为 36%。

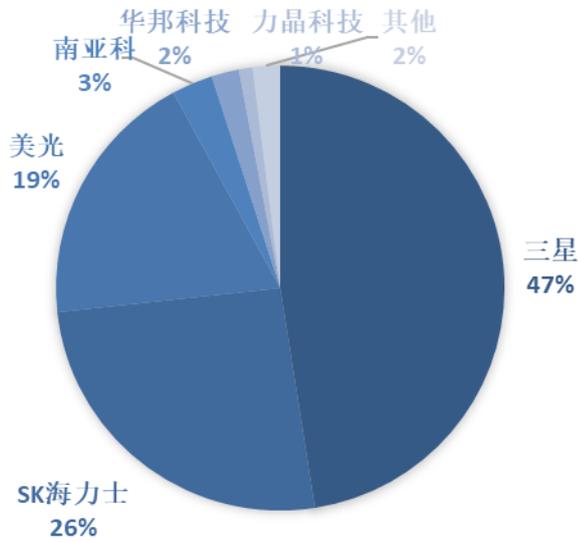


图 63 全球 DRAM 市场竞争格局

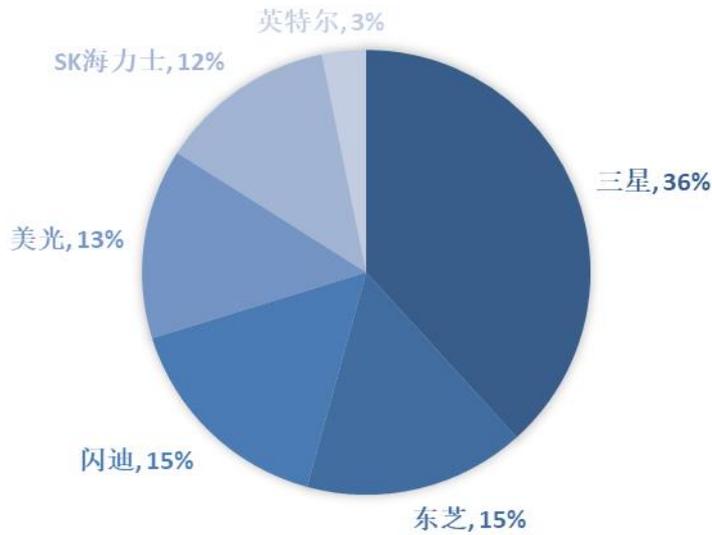


图 64 全球 NAND 市场竞争格局

NOR Flash 经过近几年版图大洗牌，2016 年赛普拉斯市占率约为 25%，旺宏市占率约为 24%，美光科技市占率约为 18%，华邦电市占率约为 17%，大陆厂商兆易创新居第五。2017 年赛普拉斯和美光相继宣布退出中低端 NOR Flash 市场，专注于自产自用、高毛利率的车载电子和工控用 NOR Flash。

表 40 全球 NOR Flash 市场竞争格局

	模式	地区/国家	市占率	产品定位
旺宏	IDM	中国台湾	24%	中高端
赛普拉斯	IDM	美国	25%	中高端
美光	IDM	美国	18%	中高端
华邦电	IDM	中国台湾	17%	中低端
兆易创新	Fabless	中国大陆	7%	低端

国内存储芯片最新进展

世界制造业大会上，长鑫存储引人注目。2019年9月21日，总投资超过2200亿元的合肥长鑫集成电路制造基地项目在合肥签约，其中长鑫12英寸存储器晶圆制造基地项目总投资约1500亿元。其中，长鑫晶圆项目由合肥市产业投资(控股)集团有限公司和北京兆易创新科技股份有限公司合作投资，长鑫存储技术有限公司负责管理和运营，是中国大陆唯一拥有完整技术、工艺和生产运营团队的DRAM项目。日前，长鑫存储动态随机存取存储芯片(DRAM)项目投产。经客户验证，长鑫存储10纳米级第一代8GbDDR4 DRAM产品性能达标，客户对验证结果表示满意。预计今年年底，首批芯片将会送到客户手中。

4、光芯片

光芯片是光电技术产品的核心,光电技术在不同领域中的应用需求最终都将反映成为对于特定光芯片的需求。

表 41 光芯片全球市场规模测算

应用领域		2017	2018	2019E	2020E
电信&数	光器件全球规模(亿美元)	103	116	128	137

据中心	光芯片成本占比	30%	31%	32%	33%
	光芯片全球市场规模 (亿美元)	30.9	36.0	41.0	45.2
消费电子领域	3D 模组全球市场规模 (亿美元)	5	26.7	46.4	68.0
	VCSEL 芯片成本占比	30%	28%	26%	24%
	VCSEL 芯片市场规模 (亿美元)	1.5	7.5	12.1	16.3
	合计 (亿美元)	32.4	43.4	53.0	61.5

我国高端光芯片进口依赖严重。从全球光芯片行业竞争格局来看，以高速率为主要特征的高端光芯片的生产主要集中在新博通、三菱、住友、Oclaro 等美国和日本企业中。与之相比，我国高端光芯片自给率不足，相关光芯片需求极度依赖进口。

表 42 全球主要高端光芯片厂商及其产品

公司名称	主要产品	所属国家
新博通	25G 速率 VCSEL 芯片	美国
三菱电机	25G 速率 DML、EML	日本
NeoPhotonics	25G 以及更高速率 EML	美国
Oclaro	25G 速率 DFB	美国
Lumentum	25G 速率 EML	美国
Finisar	25GVCSEL、EML、DEB 等	美国

我国光通信企业对高端光模块的进口需求逐年增长。高端光芯片的缺失进一步导致我国对于高端光模块的进口依赖。华为、中兴对国外主流光模块厂商的采购额。2015 年，保守估计采购额合计约为 6.3 亿美元，到 2016 年采购额进一步提升至 8.7 亿美元。

表 43 2015-2016 年国内外主要光器件公司对华为和中兴累计销售统计

公司名称	2015 年销售额 (百万美元)	2016 年销售额 (百万美元)
------	------------------	------------------

Finisar	>126.3 (对华为)	>144.9 对华为)
Lumentum	154.4 (对华为)	167.3 (对华为)
Oclaro	126.5 (华为+中兴)	198.3 (华为+中兴)
NeoPhotonics	>149.2 (对华为)	>206 (对华为)
Acacia	74.1(对中兴)	153.0(对中兴)
合计	>630.5	>869.5

光芯片在光器件/模块中成本占比高。在光器件/模块中，光芯片占据最高价值端，并且越高端的产品光芯片的成本占比越高。在低端产品中，光芯片成本占比在 30%左右，中端产品中光芯片成本占比在 50%左右，高端产品中光芯片成本占比可达 70%

高端光芯片制造能力体现核心竞争力。从全球光模块产业竞争格局来看，领先的企业基本都掌握着高端光芯片的制造能力，他们通过高端光芯片的研发驱动产品升级，不断适应市场新的需求。相比于主营封装环节的企业，具备光芯片自研能力的公司具有更高的毛利率和更强的行业竞争力。

从产业链布局来看，主营光芯片生产的公司享受最高的毛利率，均在 50%以上；光芯片加光器件/光模块封装一体化的企业毛利率其次，平均维持在 30%~40%之间；而专营光器件/模块封装的企业毛利率则相对较低，主要集中在 20-30%的区间。如果顺利实现从光器件/光模块向上游光芯片的延伸将有效提升企业的综合毛利率水平。

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司博士后科研工作站向社会公开发布，是“博士后科研工作站专题研究报告”，不是证券分析师的分析报告。

本报告反映研究人员个人的不同设想、见解、论证及判断。本报告所载观点并不代表中国银河

证券股份有限公司博士后科研工作站、不代表中国银河证券股份有限公司、也不代表我们的合作院校或任何其附属合作机构的立场，如果本报告出现政治或学术、技术性错误或失实情况由作者本人承担责任，与中国银河证券股份有限公司及其合作院校或任何其附属合作机构无关。

报告中的观点和陈述仅反映研究员个人撰写及出具本报告期间当时的分析和判断，本公司可能发表其他与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告可能因时间或其他因素的变化而变化，从而导致与事实不完全一致的结论，敬请关注本公司就同一主题所出具的相关后续研究报告及评论文章。本公司、本报告研究人员及其附属机构不对任何因使用本报告或本报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

本报告中的观点和陈述不构成投资、法律、会计或税务的建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。

本报告是“中国银河证券博士后科研工作站专题研究报告”，不是证券分析师的分析报告。本报告所载的全部内容只提供给读者做参考之用，并不构成对读者的投资建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了读者使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，读者需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为银河证券的商标、服务标识及标记。



中国银河证券股份有限公司博士后科研 工作站

简介

中国银河证券股份有限公司博士后科研工作站（以下简称“工作站”），是经国家人力资源和社会保障部及全国博士后管委会批准设立的科研机构。

工作站以中国经济运行与发展中的重大理论问题、资本市场改革发展中的重大理论与实践问题和证券公司发展创新过程中的现实性、前瞻性、战略性问题为研究对象，以吸引、培养和储备高层次研究人才为己任，以提高中国银河证券综合竞争力、促进公司可持续发展、推进中国资本市场的理论建设为目标，力求通过宽视角、深层次、高质量的研究，为把中国银河证券打造成国内一流券商服务，为资本市场的改革发展服务，为发展繁荣中国的经济和金融科学服务。

为吸引高素质的博士毕业生进站从事研究工作，工作站为博士后研究人员提供在业内具有竞争力的、较高水平的工资和福利待遇，以及较为优越的科研条件和工作环境。

。