2019 年中国集成电路产业链

进口替代进程分析

分析师：卢佩珊、张顺

2019 年 11 月

概览标签：芯片设计、晶圆制造、封装、半导体设备、半导体材料、进口替代

概览摘要：工信部在《国家集成电路产业发展推进纲要》中提出设立国家集成电路产业投资基金，重点投资集成电路全产业链。在政策的扶持下，中国集成电路产业链逐渐完善，部分细分领域已初步实现进口替代。例如，在集成电路产业投资基金的助力下，中国封装企业成功收购一批海外具有先进封装技术的企业，增强自身封装技术实力，率先实现封装领域的进口替代。而在芯片设计、光刻机设备以及电子特气行业，中国市场依旧被国际巨头企业寡头垄断，其根本原因在于中国芯片设计企业、光刻机设备企业以及电子特气提供商在技术上被国际巨头企业拉开距离。

- 半导体设备

中国本土光刻机与国际半导体设备巨头企业所生产的光刻机在性能上差距明显，中国本土最先进的光刻机制程为 90nm，而中国主流晶圆制程在 28nm 以下，国产光刻机仍不能满足中国市场需求。中国在刻蚀机和薄膜生产设备领域有较大突破，28nm 制程设备已实现量产，14/7nm 制程设备已开始研发。

- 半导体材料

随着集成电路行业高速发展，大硅片需求逐渐上升。目前，全球市场主流硅片面积为 8 英寸和 12 英寸，中国企业在 4 英寸至 6 英寸面积的硅片生产领域已实现进口替代。在 8 英寸硅片领域，仅少数企业如上海硅产业集团、浙江瑞泓具有成熟的制造工艺，但产能有限，因此中国 8 英寸硅片市场仍存在较大缺口。在电子特气领域，中国企业仅能提供较低纯度的电子特气，高纯度电子特气仍被海外寡头垄断。

- 集成电路行业

在政策的扶持下，技术壁垒相对较低的封装行业已基本实现进口替代，中国封装行业龙头企业如长电科技、华天科技、通富微电在国际市场上具备较强的竞争力。在晶圆制程领域，中国大陆企业与台积电在技术上的差距逐渐缩小。以中芯国际为首的晶圆代工企业已拥有成熟的 28nm 制作工艺，16nm 制作工艺预计在 2020 年有所突破。

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施，追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

目录

1 方法论.....4

1.1 方法论.....4

1.2 名词解释.....5

2 中国集成电路产业链进口替代概述.....7

3 中国封装领域率先实现进口替代.....10

3.1 中国政策大力支持集成电路行业.....10

3.2 在政策的扶持下，中国封装行业以及晶圆制程行业取得重大突破.....11

3.3 中国集成电路设计领域受制于人，高端芯片仍依赖进口.....13

3.4 中国半导体材料自供率低.....15

3.5 中国半导体小硅片已实现国产化生产，大硅片仍依赖进口.....16

3.6 中国电子特气纯度仍需提高，高纯度电子特气依赖进口.....17

3.7 高档光掩膜板行业由外企寡头垄断.....18

4 中国高端半导体设备进口依赖严重.....19

4.1 中国刻蚀以及薄膜设备已取得较大突破，光刻机性能仍需提升.....20

4.2 中国测试设备厂商发展迅速，中高端测试设备行业仍由海外制造商主导 22

图表目录

图 2-1 中国集成电路产业链进口替代进程 7
图 2-2 集成电路企业生产过程中各类设备投资占比，2018 年 8
图 3-1 中国集成电路产业投资基金股东构成 10
图 3-2 大基金一期投资领域及部分标的,2014 年 9 月-2018 年 5 月 11
图 3-3《国家集成电路产业发展推进纲要》发展目标以及完成境况 12
图 3-4 各晶圆代工商技术进展，截至 2019 年 10 月 13
图 3-5 全球前 10 大芯片设计企业营业收入，2017-2018 年 14
图 3-6 全球前 5 大芯片设计商在中国区营收情况，2018 年 15
图 3-7 各细分半导体材料市场规模占比，2018 年 15
图 3-8 不同尺寸硅片的全球市场占有率，2014-2018 年 16
图 3-9 全球前五大硅片供应商情况，2018 年 17
图 3-11 中国电子特气市场格局，2018 年 18
图 4-1 硅片尺寸与芯片关系 19
图 4-2 长江存储光刻机采购情况，2017 年 6 月-2019 年 3 月 20
图 4-3 中国与海外薄膜生产设备厂商产品布局 22
图 4-4 测试设备技术精度要求 23

1 方法论

1.1 方法论

头豹研究院布局中国市场，深入研究 10 大行业，54 个垂直行业的市场变化，已经积累了近 50 万行业研究样本，完成近 10,000 多个独立的研究咨询项目。

- ✓ 研究院依托中国活跃的经济环境，从集成电路、半导体材料、半导体设备等领域着手，研究内容覆盖中国集成电路产业链各领域发展状况以及进口替代的进程，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。

- ✓ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。

- ✓ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。

- ✓ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

- ✓ 头豹研究院本次研究于 2019 年 11 月完成。

1.2 名词解释

- **寡头垄断：**Oilgopoly，市场由少数卖方（寡头）主导。
- **化学气相淀积：**Chemical Vapor Deposition（CVD)，把含有构成薄膜元素的气态反应剂或液态反应剂的蒸气及反应所需其它气体引入反应室，在衬底表面发生化学反应生成薄膜的过程。
- **物理气相淀积：**Physical Vapour Depostion（PVD)，在真空条件下，采用物理方法，将材料源——固体或液体表面气化成气态原子、分子或部分电离成离子，并通过低压气体（或等离子体）过程，在基体表面沉积具有某种特殊功能的薄膜的技术。
- **低压化学气相沉积：**Low Pressure Chemical Vapor Deposition（LPCVD)，低于一个大气压的条件下进行的化学气相沉积。
- **等离子体增强化学气相沉积：**Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition（PECVD)，在化学气相沉积中，激发气体，使其产生低温等离子体，增强反应物质的化学活性，从而进行外延的一种方法。
- **原子层沉积：**Atomic Layer Deposition（ALD)，一种可将物质以单原子膜形式一层一层的镀在基底表面的方法。
- **PPM：**Parts Per Million，用溶质质量占全部溶液质量的百万分比来表示的浓度，也称百万分比浓度，即一公斤的物质中有一毫克的某物质。晶体损伤控制在 1PPM，指 1 公斤晶体中的掺杂物质量小于 1 毫克。
- **硅片：**制作集成电路的重要材料，通过对硅片进行光刻、离子注入等手段，可制成各种半导体器件。
- **电子特气：**按化学成分可分为硅系、砷系、硼系、金属氢化物、卤化物和金属烃化物七类。是发展集成电路、光电子、微电子、超大规模集成电路、液晶显示器件、半导体发

光器件和半导体材料制造过程中不可缺少的基础性支撑源材料。

- **光掩膜：**是微电子制造中光刻工艺所使用的图形母版，由不透明的遮光薄膜在透明基板上形成掩膜图形，并通过曝光将图形转印到产品基板上，在半导体、液晶显示器制造过程中作为转移电路图形“底片”的高精密工具。
- **光学掩模板：**Mask Reticle，微纳加工技术常用的光刻工艺所使用的图形母版。由不透明的遮光薄膜在透明基板上形成掩膜图形结构，再通过曝光过程将图形信息转移到产品基片上。
- **刻蚀：**使用化学或者物理方法有选择地从硅片表面去除不需要材料的过程。通常的晶圆加工流程中，刻蚀工艺位于光刻工艺之后，有图形的光刻胶层在刻蚀中不会受到腐蚀源的显著侵蚀，从而完成图形转移的工艺步骤。
- **封装：**一种将集成电路用绝缘的塑料或陶瓷材料打包的技术。封装为芯片提供了一种保护并将它粘贴到装配板上的措施。
- **薄膜生长：**采用物理或化学方法使物质（原材料）附着于衬底材料表面的过程。
- **测试机：**检测芯片功能和性能的专用设备。测试机对芯片施加输入信号，采集被检测芯片的输出信号与预期值进行比较，判断芯片在不同工作条件下功能和性能的有效性。
- **分选机和探针台：**将芯片的引脚与测试机的功能模块连接起来并实现批量自动化测试的专用设备。在设计验证和成品测试环节，测试机需要和分选机配合使用。晶圆检测环节，测试机需要和探针台配合使用。

2 中国集成电路产业链进口替代概述

中国集成电路产业链渐趋完善，产业链各领域已实现从无到有的蜕变，部分细分领域发展迅速，初步实现进口替代（见图 2-1）。

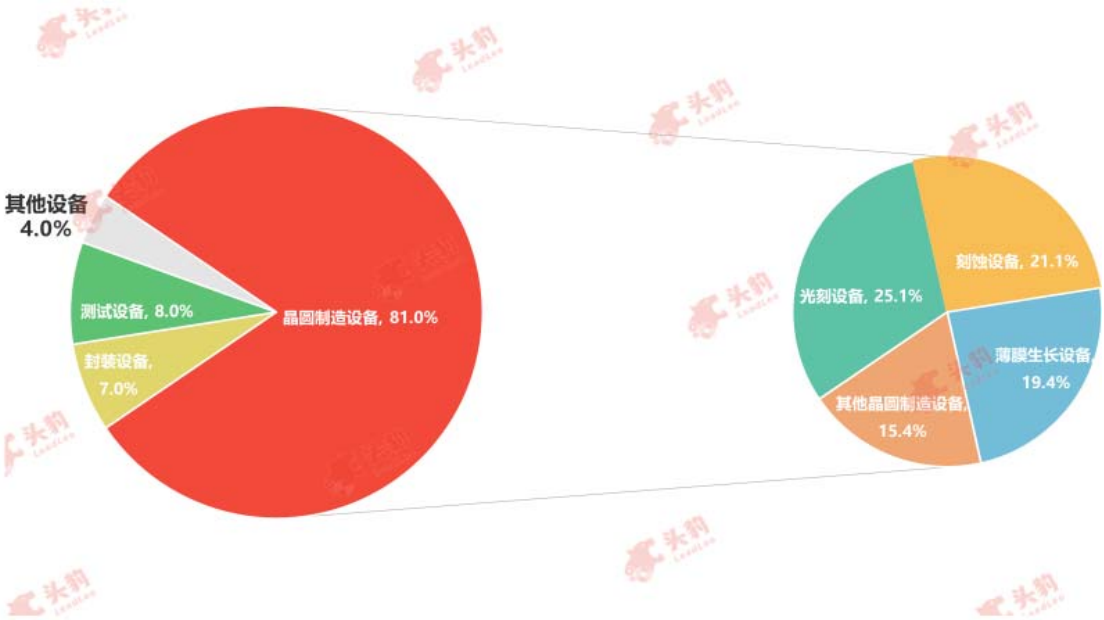
图 2-1 中国集成电路产业链进口替代进程



来源：头豹研究院编辑整理

集成电路产业链上游涉及半导体设备及半导体材料行业。在半导体设备行业中，晶圆制造设备市场规模最大，占半导体设备市场总规模的 81%，其中光刻机、刻蚀机和薄膜生长设备为最主要的晶圆制造设备。中国在光刻机设备领域的国产化率最低，上海微电子研发出的光刻机由于性能与国际巨头荷兰 ASML 生产的光刻机差距明显，因而难以打入中国晶圆制造厂商的供应链体系。在刻蚀机和薄膜生长设备领域，刻蚀机和薄膜生长设备厂商取得重要突破，目前已实现在中低端设备的进口替代。

图 2-2 集成电路企业生产过程中各设备市场占比，2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

半导体主要生产材料有硅片、电子特气以及光掩膜板。中国在中低端半导体材料均能实现一定程度的进口替代，但高端产品进口依赖严重：

（1） 中国硅片生产商在 4 英寸至 6 英寸小硅片领域已实现进口替代，但在 8 英寸至 12 英寸的大硅片领域，自产供给率仍然较低；

（2） 中国高纯度电子特气市场依然被海外企业寡头垄断。电子特气的技术壁垒在于气体提纯度，目前中国电气纯度最高在 99.99%-99.999%间，而发达国家电子特气纯度最低在 99.9999%；

（3） 中国本土的光掩膜板企业仅能生产中低档光掩膜板，中国集成电路产业使用的高档光掩膜板均由海外企业提供。

集成电路生产过程可分为芯片设计、晶圆制造以及封装测试三大阶段。其中芯片设计领域技术门槛最高，中国企业在芯片设计领域与国际巨头差距明显，中国本土企业在核心通用芯片设计上的自供率为零。封装测试领域技术门槛相对较低，以长电科技、华天科技以及通富微电为首的中国封测企业已初步具备全球竞争力。在晶圆制造领域，中芯国际在晶圆

14nm 制程工艺上已取得较大突破，与顶尖晶圆代工厂的制造工艺差距缩小。

3 中国集成电路进口替代进程

3.1 中国政策大力支持集成电路行业

2014 年，工信部发布《国家集成电路产业发展推进纲要》，并提出设立国家集成电路产业投资基金（简称大基金）。2014 年 9 月，在工信部和财政部指导下，众多大型企业及金融机构出资成立大基金，并于大基金一期募得普通股 987.2 亿元人民币，优先股 400 亿元人民币，基金总规模达到 1,387.2 亿元人民币。

图 3-1 中国集成电路产业投资基金股东构成

序号	股东名称	持股数（亿股）	持股比例（%）
1	中华人民共和国财政部	360	36.5
2	国开金融有限责任公司	220	22.3
3	中国烟草总公司	110	11.1
4	北京亦庄国际投资发展有限公司	100	10.1
5	中国移动通信集团公司	50	5.1
6	上海国盛（集团）有限公司	50	5.0
7	武汉金融控股（集团）有限公司	50	5.1
8	其他	47.2	4.8
	合计	987.2	100

来源：头豹研究院编辑整理

大基金于 2018 年 5 月投资完毕，投资覆盖集成电路全产业链，包括集成电路制造、封装、芯片设计、半导体设备制造等产业链环节（见图 3-2）。大基金二期已于 2019 年 10 月 22 日正式注册成立，注册资本为 2,041.5 亿元人民币。大基金二期的成立展现了国家层面对集成电路支持计划政策的延续性，政府希望通过政策支持集成电路行业发展，加速中国集成电路国产化进程。

图 3-2 大基金一期投资领域及部分标的,2014 年 9 月-2018 年 5 月

投资领域	投资标的
IC设计	紫光展讯、中兴微电子、纳斯达、汇顶科技、国科微、兆易创新、景嘉微
晶圆制造	中芯国际、华虹半导体、长江存储、士兰微、上海华力微电子
封装	长电科技、华工科技、通富微电、晶方科技、中芯长电
半导体设备	北方华创、中微半导体、长川科技、上海睿创、沈阳荆拓

来源：头豹研究院编辑整理

3.2 在政策的扶持下，中国封装行业以及晶圆制造行业取得重大突破

2014 年，工信部发布的《国家集成电路产业发展推进纲要》对中国集成电路行业提出三个阶段的发展目标（2015 年、2020 年以及 2030 年）。中国集成电路产业已完成第一阶段目标，在 2019 年年底，基本完成第二阶段目标，中国封装行业已初步实现在 2020 年达到国际领先水平的目标。**中国封装行业已走在中国集成电路进口替代进程的最前端，长电科技、华天科技以及通富微电三大中国封装龙头企业在 2018 年全球封装企业营业收入 Top10 排名中占据三席。**

2014 年前，中国芯片封测技术主要进口于台湾、马来西亚等地。2014 年大基金成立后，**助力中国封装企业成功收购一批具有先进封装技术的海外企业，增强中国封装企业技术实力，推动中国封测行业高速发展。**2014 年 12 月，长电科技与中芯国际分别发布公告称将与大基金共同出资成立控股公司，收购新加坡上市的全球第四大集成电路封装测试公司星科金朋。2015 年，通富微电在国家集成电路产业基金的支持下，以 3.7 亿美元的价格收购了 AMD 在中国苏州与马来西亚槟城封测厂各 85%的股权。通过并购海外先进封装企业，中国封装企业技术大幅提升并且获得中国与海外芯片设计厂商以及制造厂商的认可。中国封装龙头企业长电科技的客户覆盖了中国与海外的顶级芯片设计厂商以及制造厂商，其中包括中国芯片设计龙头企业华为海思，晶圆代工厂华虹半导体以及国际顶尖芯片设计企业高通和

美满电子科技。

图 3-3《国家集成电路产业发展推进纲要》发展目标以及完成境况

序号	《国家集成电路产业发展推进纲要》发展目标	完成情况
整体目标	2015年中国集成电路 产业销售收入要超过3,500亿元，集成电路产业发展体制机制创新取得明显成效，建立与产业发展规律相适应的融资平台和政策环境	2015年中国集成电路销售额达到了3,610亿元，同比增19.7%
	到2020年，集成电路产业与国际先进水平的差距逐步缩小，全行业销售收入年均增速超过20%，企业可持续发展能力大幅增强	2016-2019年集成电路销售额维持在 20%以上的增速
晶圆制造	2015年32/28nm制造工艺实现规模量产	大基金重点投资集成电路企业中芯国际和华虹宏立，32/28nm实现量产
	2020年16/14nm制造工艺实现规模量产	16/14nm制造工艺亦将进入量产（中芯国际 14nm 制程良率达 95%）
封装	2015年中高端封装测试销售收入占封装测试业总收入比例达到 30%以上	据统计，2016 年中国的集成电路产品中，高端先进封装的占比已经达到了 32%
	2020年封装测试技术要达到国际领先水平	全球前10大封装厂商，中国企业占据三席

来源：头豹研究院编辑整理

在大基金的扶持下，中国晶圆制造行业在 2020 年前实现 16nm 至 14nm 制造工艺规模量产的第二阶段目标已基本完成。中国大基金重点投资的中芯国际已成为国际领先晶圆制造企业，其 16/14nm 制造工艺即将进入量产阶段，与国际最先进的 7nm 制造工艺间的差距持续缩小。**随着中国企业长电科技、华天科技、通富微电、中芯国际以及华虹宏立的崛起，中国大部分晶圆制造以及封装业务可在中国本土完成，降低中国集成电路产业的进口依赖程度。**

图 3-4 各晶圆代工商技术进展，截至 2019 年 10 月

公司	28nm制程	14nm制程	7nm制程	5nm制程	目前量产的最先进制程
台积电	2011年	2016年	2018年	2020年	7nm
三星	2012年	2015年	2019年	-	10nm
格罗方德	2013年	2015年	2018年宣布不在向12nm以下制程工艺投入		14nm
联电	2012年	2017年	2018年宣布不在向12nm以下制程工艺投入		14nm
中芯国际	2017年	预计2020年	-	-	28nm
华宏半导体	2019年	预计2020年	-	-	28nm

来源：头豹研究院编辑整理

3.3 中国集成电路设计领域受制于人，高端芯片仍依赖进口

目前，中国在封装技术上已取得突破，但要实现真正的芯片国产化，降低芯片进口额，中国还需在集成电路全产业链上进行突破。中国在芯片设计环节进口依赖严重，全球芯片设计市场仍以美国企业为主导。2018 年，美国的芯片设计企业营收规模合计占全球芯片设计企业营收总规模的 56%，台湾地区的芯片设计企业的合计营收额在全球芯片设计市场中占比 16%。2018 年全球 10 大芯片设计厂商中，美国芯片设计厂商占据 7 席，中国仅有华为海思挤进前十（见图 3-5）。在核心高端通用型芯片领域，中国的芯片设计企业提供的产品几乎为零。从国际前五大芯片设计厂商在中国区的营收占比来看，高通、博通和美满电子在中国区营收占比超过 50%，由此可见中国本土高端芯片设计能力严重不足。

图 3-5 全球前 10 大芯片设计企业营业收入，2017-2018 年

公司	2017年收入（百万美元）	2018年收入（百万美元）	2018增速（%）
博通	18,824	21,754	15.6
高通	17,212	16,450	-4.4
英伟达	9,714	11,716	20.6
联发科	7,828	7,894	0.9
海思	5,645	7,573	34.2
AMD	5,329	6,475	21.5
美满	2,409	2,931	21.7
塞灵思	2,476	2,904	17.3
联咏科技	1,527	1,818	17.6
瑞昱半导体	1,370	1,519	10.9

来源：头豹研究院编辑整理

芯片设计拥有极高地技术壁垒，整体属于技术、知识和人才密集产业，需要长时间的技术积累和经验沉淀。中国集成电路产业起步较晚，在芯片设计领域的经验匮乏导致中国芯片设计产业落后。其次，中国集成电路产业高端人才供给不足也是导致中国芯片设计产业落后的原因。据头豹研究院统计，预计中国 2020 年半导体集成电路产业人才需求量为 70 万左右，而现阶段人才存量仅为 40 万，尚有 30 万人才缺口。若中国在芯片设计技术上不突破，芯片进口替代则难以真正实现。

图 3-6 全球前 5 大芯片设计商在中国区营收情况，2018 年

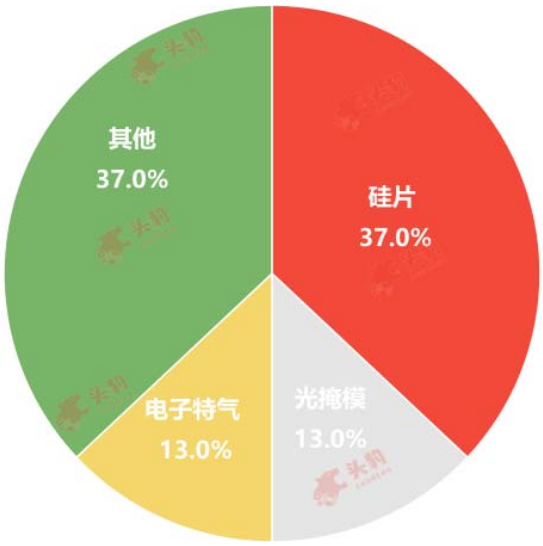
公司	各公司中国区营收在总营收中占比	主营产品
高通	65.4%	手机处理器芯片、射频/基带芯片
博通	53.6%	射频/基带芯片
美满电子	53.5%	存储芯片控制器
AMD	32.8%	GPU
塞灵思	25.4%	FPGA

来源：头豹研究院编辑整理

4 中国半导体材料自供率低

半导体制造材料主要包括硅片、电子气体、光掩膜、光刻胶配套化学品、抛光材料、光刻胶、湿法化学品等。其中，半导体硅片、电子特气以及光掩膜为半导体制造的核心材料，该三种材料市场规模在半导体材料市场规模中合计占比达 63%。

图 4-1 各细分半导体材料市场规模占比，2018 年

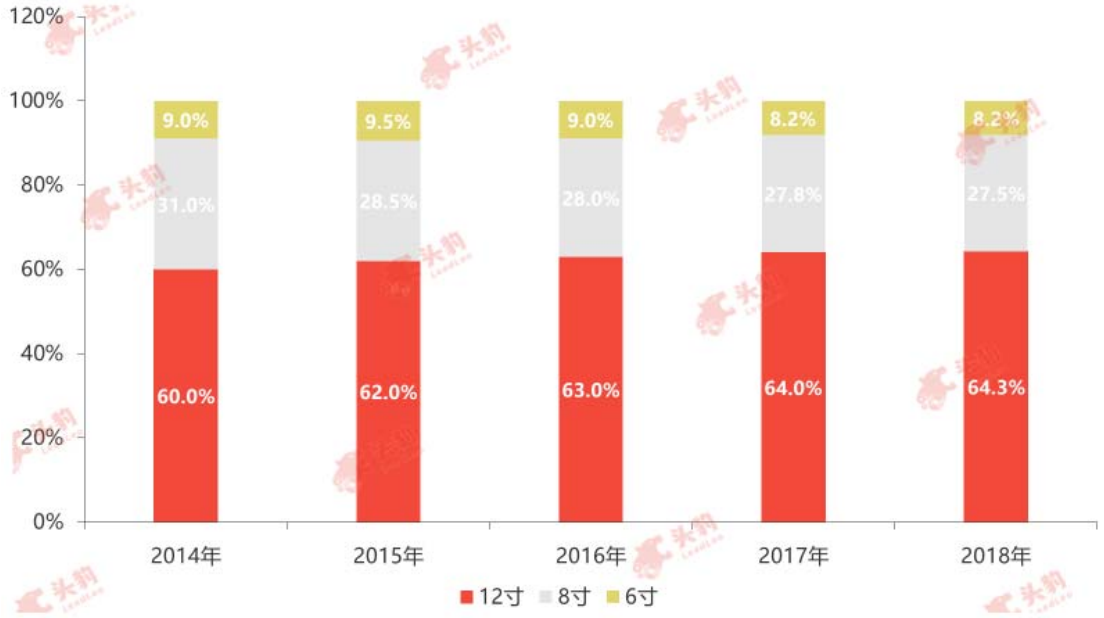


来源：头豹研究院编辑整理

4.1 中国半导体小硅片已实现国产化生产，大硅片仍依赖进口

半导体硅片按尺寸可分为 2 英寸、4 英寸、6 英寸、8 英寸以及 12 英寸等。半导体生产效率和成本与硅片大小直接相关。硅片尺寸越大，用于半导体生产的效率越高，单位耗用原材料越少。目前，全球市场主流产品为 8 英寸以及 12 英寸。

图 4-2 不同尺寸硅片的全球市场占有率，2014-2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

据中国电子信息行业协会统计，中国的 4-6 英寸硅片市场已实现自给自足。但在 8-12 英寸的大硅片领域，中国自供率仍然较低。具有 8 英寸硅片生产能力的中国企业有上海硅产业集团、浙江瑞泓、昆山中辰及北京有研新材等，其合计月产能约为 23.5 万片/月，2018 年中国对 8 英寸硅片的月需求达到 80 万片/月，仍存在超 50 万片/月的缺口，自产 8 英寸硅片供不应求，依赖进口弥补缺口。在 12 英寸硅片领域，中国企业未取得突破，需向日本、德国以及中国台湾企业进口 12 英寸硅片。在 2018 年全球硅片市场，前五大半导体硅片企业日本信越化学株式会社、株式会社 SUMCO、德国 Siltronic AG 芯片、中国台湾环球晶圆及韩国 SK Siltron 合计共占 92%市场份额。

图 4-3 全球前五大硅片供应商情况，2018 年

公司	国家/地区	全球市场份额
信越化气株式会社	日本	27%
株式会社SUMCO	日本	26%
环球晶圆	中国台湾	17%
Siltronic AG	德国	13%
SK Siltron	韩国	9%

来源：头豹研究院编辑整理

4.2 中国电子特气纯度仍需提高，高纯度电子特气依赖进口

电子特气品种繁多（按化学成分可分为硅系、砷系、硼系、金属氢化物、卤化物和金属烃化物七类），在集成电路多个制造环节（如设计环节、制造环节、封测环节等）作用重大，在半导体薄膜沉积环节具有不可替代地位，是半导体制造核心材料之一。

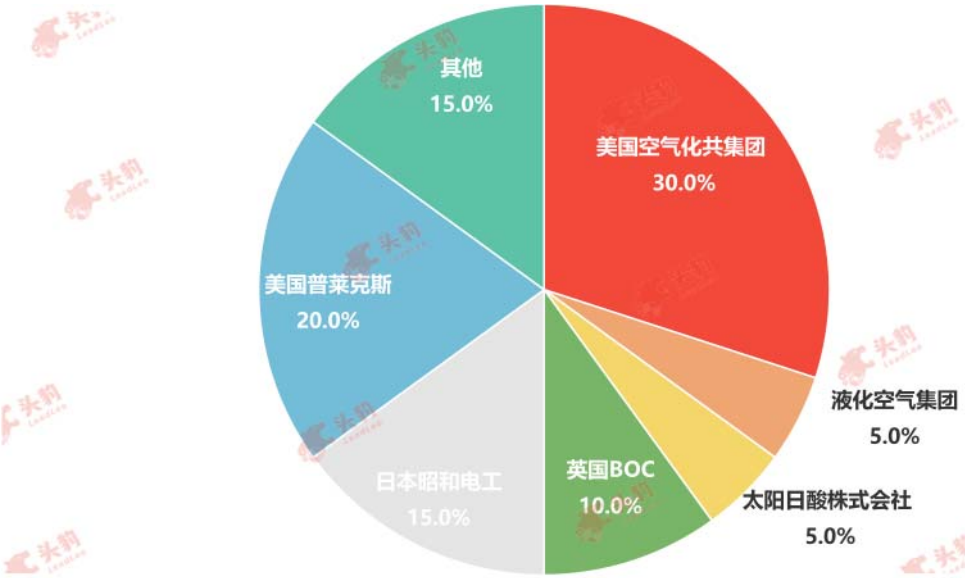
电子特气生产工序中，电子特气提纯为电子特气制备工艺的核心技术壁垒。气体纯度的提高能有效提高电子器件生产的良率和性能。电子特气中水汽、氧等杂质易使半导体表面生产氧化膜，影响电子器件的使用寿命，含有的颗粒杂质会导致半导体短路或线路损坏。

此外，集成电路的线宽对电子特气纯度亦有要求，目前集成电路制作过程中使用的电路线宽已从最初的毫米级，降到微米级乃至纳米级，对应用于半导体生产的电子特气纯度亦提出了更高的要求

中国电子特气纯度仍有待提升。现阶段，中国气体公司生产的电气纯度最高在 99.99%-99.999%间，国际头部气体公司生产的电子特气纯度最低在 99.9999%，两者差距明显。中国电子气体公司在电光源气体、激光气体等领域发展迅速，但与国际头部气体公司相比，中国气体企业产品仍较为单一，且应用在集成电路以及显示面板等高端领域气体纯度不足。**中国在集成电路市场所需的高纯度气体仍被外企寡头垄断，2018 年中国电子特气市场仍被国**

际头部企业控制，其中美国与日本电子特气企业在中国电子特气市场占有率合计高达 70%，由此可见，电子特气受制于人的局面亟待改变。

图 4-4 中国电子特气市场格局，2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

4.3 高档光掩膜板行业被国际头部企业垄断

光掩膜工艺是芯片制程中关键的一环，在芯片制造过程中需要经过十几甚至几十次的光刻，每次光刻都需要一块光刻掩膜板，每块光刻掩膜板的质量会影响光刻的质量。厂商通常通过一系列光学系统将掩膜板上的图形按照4：1的比例投影在晶圆上的光刻胶涂层上。例如，麒麟980芯片最小线宽为7nm，掩膜板上的最小线宽要达到28nm。**随着芯片线宽的不断缩小，光衍射导致的投影图形对比度和失真问题也相应出现。**

全球半导体光掩膜市场集中度高，寡头垄断严重，Photron芯片、大日本印刷株式会社DNP和日本凸版印刷株式会社Toppan三家占据超80%光掩膜板市场份额。中国企业提供的光掩膜板仅能够满足中国中低档产品市场的需求，中国晶圆制程商所需的高档光掩膜板由海外公司直接提供。

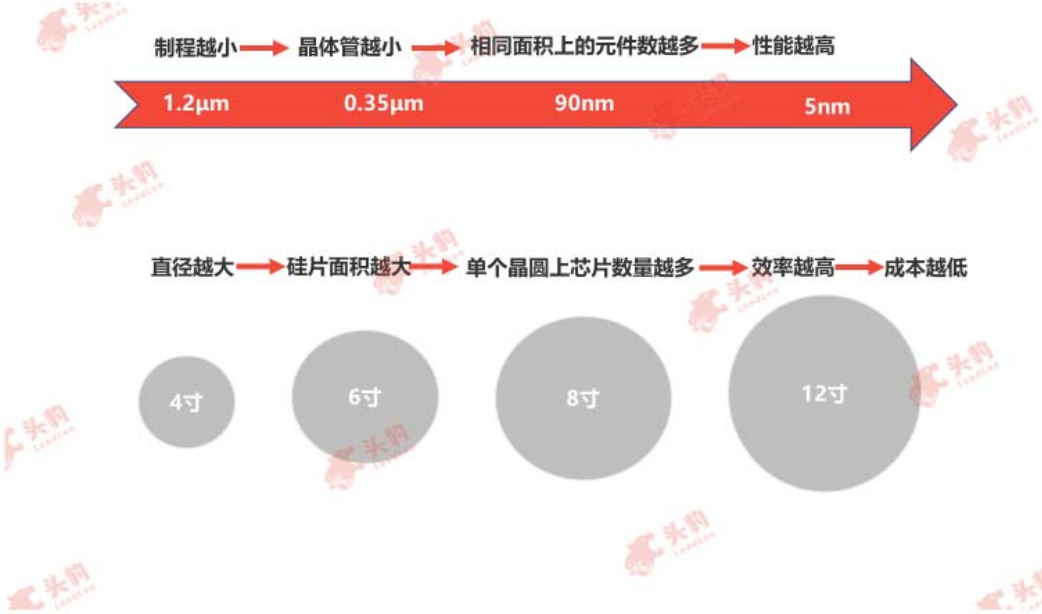
5 中国高端半导体设备进口依赖严重

半导体生产流程复杂，需要的生产设备包括晶圆制造、封装和组装以及测试设备。晶圆制造设备成本占半导体生产设备总成本的 81%，而光刻、刻蚀以及薄膜设备为核心晶圆制造设备。

芯片产业技术更新快，产业技术进步主要有两大方向：（1）缩小制程：芯片厂商通过缩小芯片晶体管尺寸，增加相同面积芯片上的元件数量，从而提升芯片性能；（2）硅片体积增大：硅片体积增大意味着单个晶圆上可承载的芯片数量越多，效率更高。

目前 12 寸芯片制程已从微米级提升至纳米级，国际最先进芯片制程可达到 5nm，中国最先进的麒麟 980 芯片为 7nm 工艺。芯片制程的缩小对芯片厂商半导体设备的制程以及精准度要求提高。**目前中国本土晶圆制程设备的制程突破到了纳米级，但与国际领先设备差距明显，各大细分领域形成国际巨头寡头竞争的情形，导致中国高端半导体设备（小于 10nm 制程的设备）仍依赖进口。**

图 5-1 硅片尺寸与芯片关系



来源：头豹研究院编辑整理

5.1 中国刻蚀以及薄膜设备已取得较大突破，光刻机性能仍需提升

5.1.1 中国光刻机技术落后，进口依赖严重

在集成电路制造工艺中，光刻环节是将芯片设计厂商的电路图形通过曝光将图形转印到产品基板上，是决定集成电路集成度的核心工序。光刻工艺的曝光环节需要使用光刻机。

2018 年，全球光刻机行业市场份额排名前三的企业为荷兰 ASML、日本 Nikon 以及日本 Canon，其中荷兰 ASML 一家独大占据全球光刻机 75.3%的市场份额，Nikon 以及 Canon 在全球光刻机的市场份额分别为 11.3%和 6.2%。中国的光刻机行业龙头为上海微电子，但上海微电子最先进的光刻机制程仅有 90nm，与 ASML 生产的制程可达 7nm 的光刻机相比，差距较大。据统计，中国芯片设计与制造公司长江存储近 3 年采购的 20 台光刻机均来自 ASML 和 Canon，中国生产的光刻机在中国市场占有率较低。

图 5-2 长江存储光刻机采购情况，2017 年 6 月-2019 年 3 月

设备名称	采购台数	招标日期	中标企业	中标企业所在国家
i线步进步光刻机	1	2017/6/19	Canon	日本
浸泡式扫描光刻机	2	2017/11/3	ASML	荷兰
Arf扫描光刻机	2	2017/11/3	ASML	荷兰
Krf扫描光刻机	2	2017/11/3	ASML	荷兰
iline扫描光刻机	1	2017/11/7	ASML	荷兰
紫外光扫描光刻机	2	2017/11/30	Canon	日本
iline扫描光刻机	2	2017/11/30	Canon	日本
iline扫描光刻机	1	2018/6/20	ASML	荷兰
浸润式扫描光刻机	1	2019/2/20	ASML	荷兰
扫描光刻机	2	2019/2/20	ASML	荷兰
扫描光刻机	1	2019/3/19	ASML	荷兰
扫描光刻机	2	2019/3/19	Canon	日本

来源：头豹研究院编辑整理

5.1.2 中国刻蚀机与薄膜设备行业发展迅速，与国际领先技术差距缩小

（1） 刻蚀机

全球刻蚀设备行业依然被国际巨头垄断，国际巨头美国泛林集团、日本东京电子、美国

应用材料共占据了全球刻蚀机市场 80%以上的份额。国际三大刻蚀机厂商均已实现 7nm 刻蚀机的量产，在刻蚀机的性能上依然领先中国本土生产的刻蚀机，但性能上的差距在逐渐缩小。

中国刻蚀机龙头企业中微半导体所生产的刻蚀机已获得中国国内以及海外晶圆制造厂商认可：①中微半导体已实现 28nm 介质刻蚀机的量产，并成功打入晶圆代工厂商台积电、海力士以及中芯国际的供应链体系；②中微半导体所研发的 5nm 等离子体刻蚀机已成功通过台积电验证，将用于全球首条 5nm 工艺生产线。

（2） 薄膜设备

薄膜生长技术依据原理不同可分为物理气相沉积（PVD）以及化学气相沉积（CVD）两大类，不同的薄膜生长技术所对应的设备也有所不同：

①在 PVD 领域用的磁控离子化 PVD 设备主要由美国应用材料公司提供，美国应用材料占超 80%全球 PVD 设备市场份额。中国薄膜生产设备厂商龙头企业为北方华创，其生产的 28nmPVD 设备已实现销售。

②随着晶圆制程工艺的提升，CVD 设备性能逐步升级。在亚微米技术时代，低压化学气相沉积设备(LPCVD)成为主流设备。在 90nm 技术时代，晶圆制造厂商主要采用等离子体增强化学气相沉积设备(PECVD)。目前最先进的 CVD 设备为原子层 ALD，可用于制程小于 40nm 的晶圆制造工艺。在 40nm 工艺中，膜层非常薄，必须引入原子层沉积的工艺设备，以满足对薄膜沉积的控制和薄膜均匀性的需求。而在不同的 CVD 设备，国际巨头美国应用材料、美国范林半导体以及日本京东电子覆盖最广，且三家在全球 CVD 设备的合计市场份额超过 70%。中国北方华创的 LPCVD、PECVD 以及 ALD 设备已进入晶圆制造厂商的产线验证中，验证通过，则可实现 CVD 领域设备的销售。

图 5-3 中国与海外薄膜生产设备厂商产品布局

类别	细分	海外厂商			中国厂商	
		应用材料	范林半导体	京东电子	北方华创	沈阳拓荆
PVD	磁控离子化PVD	√			√	
CVD	低压LPCVD	√			√	
	等离子增强PECVD	√	√	√	√	√
	原子层ALD	√	√	√	√	

来源：头豹研究院编辑整理

5.2 中国测试设备厂商发展迅速，中高端测试设备行业仍由海外制造商主导

集成电路的性能测试设备包括测试机、分选机和探针台等。作为重要的专用设备，集成电路测试设备不仅可判断被测芯片或器件的合格性，还可提供关于设计、制造过程的薄弱环节信息，有助于提高芯片制造工艺。

目前中国半导体测试设备市场仍由海外制造商主导，国产设备厂商正在高速成长。2018年，日本爱德万以及美国泰瑞达半导体测试机销售金额合计占全球半导体测试机市场规模的80%。**中国本土测试设备企业如长川科技、北京华封所生产的测试机、分选机已成功进入以长电科技、华天科技、通富微电为代表的中国封测龙头企业供应链体系，初步实现进口替代。探针台对定位精准要求达到 0.001mm，技术壁垒高，目前中国厂商还未生产出市场认可的探针台。**

图 5-4 测试设备技术精度要求

类别	技术精度要求	中国厂商	海外厂商
测试机	➢ 测试精度达微伏、微安级 ➢ 测试机错位精度从1%提升至0.25% ➢ 时间测量精度提升到微妙级 ➢ 测试源响应速度达微妙级	长川科技 北京华峰	泰瑞达 爱德万 科利登
分选机	➢ 要求自动化高速重复定位控制能力和测压精度，误差精度普遍要求在0.01mm等级 ➢ 要求批量自动化作业运行稳定性 ➢ 给定相应的测试环境	长川科技 上海中艺	爱德万
探针台	➢ 精度要求严苛，重复定位精度要求达0.001mm ➢ 设备稳定性要求搞，晶圆损伤要求控制在1ppm以内 ➢ 多套视觉精密测量及定位系统	—	东京电子

来源：头豹研究院编辑整理