

证券研究报告—海外市场研究

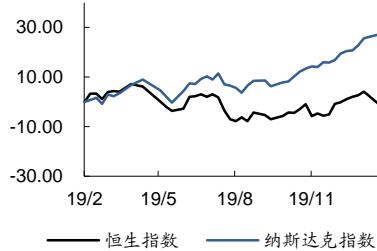
港股/电子元器件

半导体专题系列研究之十

2020年02月12日

一年该行业与恒生指数、标普500、纳指走势比较

海外市场专题



相关研究报告：

- 《半导体专题研究三：半导体制造产业链梳理》——2020-02-07
- 《半导体专题研究系列八：正在崛起的中国半导体设备》——2020-02-10
- 《半导体专题九：国内功率半导体产业投资宝典》——2020-02-10
- 《半导体研究专题二：从国家战略角度看半导体制造目标——做大做强》——2019-12-09
- 《半导体研究专题一：从三个维度看芯片设计》——2019-10-30

证券分析师：王学恒

电话：010-88005382
E-MAIL：wangxueh@guosen.com.cn
证券投资咨询执业资格证书编码：S0980514030002

证券分析师：何立中

电话：010-88005322
E-MAIL：helz@guosen.com.cn
证券投资咨询执业资格证书编码：S0980516110003

证券分析师：欧阳仕华

电话：0755-81981821
E-MAIL：ouyangsh1@guosen.com.cn
证券投资咨询执业资格证书编码：S0980517080002

证券分析师：唐泓翼

电话：021-60875135
E-MAIL：tanghy@guosen.com.cn
证券投资咨询执业资格证书编码：S0980516080001

独立性声明：

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于本人的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，其结论不受其它任何第三方的授意、影响，特此声明。

半导体制造五大难点

● 半导体产业是集成了很多子系统的大系统

伴随着芯片的集成度越来越高、半导体制造的先进程度也逐渐提升。半导体产业包含越来越多的机械、化工、软件、材料等其它领域，是集成了很多子系统的大系统。

同时，涉及如此众多产业的半导体产业，也推动经济发展。因为，半导体产品的性能逐渐提升，而成本降低、价格下降。从而满足了市场对于高性能、低成本需求。

● 半导体制造五大难点

一是集成度越来越高。在一颗芯片上集成的晶体管的数量，越来越多，从20世纪60年代至今，从1个晶体管增加到100亿以上。

二是对精度要求越来越高，工艺加工难度越大。关键尺寸从1988年的1um，减小到2020年的5nm，减少了99.5%。从此角度看，集成电路制造的难度在逐渐提升，难度提升的加速度也在变大。

三是单点技术突破难，构成半导体制造工序的最小单位的工艺技术就是单点技术，复杂电路的制造工序超过500道工序，这些工序都是在精密仪器下进行，人类的肉眼是看不清楚的。

四是需要将多个技术集成。集成技术的难点在于，如何在短时间内完成从无限的组件技术组合中，制定低成本、满足规格且完全运行的工艺流程。类似：单人体育的乒乓球中国人可以全球拿冠军。但11人的足球队不能拿冠军，这就是集成技术的难点。

五是批量生产技术。将研发中心通过集成技术构建的工艺流程移交给批量生产工厂。严格意义上的精确复制基本是不可能的。即使开发中心和批量生产工厂的设备相同，在同样的工艺条件下也未必能够得到同样的结果。这是因为即使是同样的设备，两台机器之间也会存在微小的性能差异（机差）。机差是半导体制造设备厂家在生产同一型号的设备时，因不可控因素的存在而可能产生的设备差异。随着半导体精密化程度的不断提高，机差问题也日益显著。

● 半导体制造是目前中国大陆半导体发展的最大瓶颈

半导体制造是目前中国大陆半导体发展的最大瓶颈。电脑CPU、手机SOC/基带等高端芯片，国内已经有替代，虽然性能与国际巨头产品有差距，但是至少可以“将就着用”。而半导体制造是处于“0~1”的突破过程中。假如海外半导体代工厂不给中国大陆设计公司代工，那么中国的半导体产业将会受到很严重影响。

● 投资建议

我们认为，市场对芯片设计、半导体设备的认识已经很充分。而对半导体制造环节认识不够。同时，再加上半导体制造领域研究的高壁垒，导致资本市场对半导体制造是被动型忽视的。2020年是半导体制造的大年，我们继续推荐两大龙头：中芯国际、华虹半导体。

每日免费获取报告

1. 每日微信群内分享7+最新重磅报告；
2. 定期分享华尔街日报、金融时报、经济学人；
3. 和群成员切磋交流，对接优质合作资源；
4. 累计解锁8万+行业报告/案例，7000+工具/模板

申明：行业报告均为公开版，权利归原作者所有，小编整理自互联网，仅分发做内部学习。

截屏本页，微信扫一扫
或搜索公众号“尖峰报告”
回复<进群>，加入微信群

限时赠送“2019行业资料大礼包”，关注即可获取



投资摘要

本篇报告不同于一般的行业专题，我们从“实业工艺操作”的角度，分析半导体制造产业的难点所在。

关键结论

一、半导体制造是目前中国大陆半导体发展的最大瓶颈。电脑 CPU、手机 SOC/基带等高端芯片，国内已经有替代，虽然性能与国际巨头产品有差距，但是至少可以“将就着用”。而半导体制造是处于“0~1”的突破过程中。

二、半导体产业是集成了很多子系统的大系统，伴随着芯片的集成度越来越高、半导体制造的先进程度也逐渐提升。半导体产业包含越来越多的机械、化工、软件、材料等其它领域，是集成了很多子系统的大系统。同时，涉及如此众多产业的半导体产业，也推动经济发展。因为，半导体产品的性能逐渐提升，而成本降低、价格下降。从而满足了市场对于高性能、低成本需求。。

三、半导体制造的五大难点：

- 集成度高
- 精度高
- 单点技术突破难
- 集成技术难
- 批量生产技术难

四、2020 年是半导体制造的大年，我们继续推荐中芯国际、华虹半导体。

五、附录：

中芯国际深度报告：《中芯国际-00981.HK-深度报告：半导体代工龙头，看好先进制程》 20190916

华虹半导体深度报告：《华虹半导体-01347.HK-后摩尔时代迎接汽车半导体红利》 201810

内容目录

半导体制造高度垄断	5
制造是半导体产业的重点	5
五大硅片厂垄断市场	5
全球代工被台积电垄断	6
半导体制造发展历史	6
20世纪50年代——晶体管技术	6
20世纪60年代——改进工艺	7
20世纪70年代——提升集成度	7
20世纪80年代——实现自动化	8
20世纪90年代——高效率批量生产	8
半导体制造五大难点	8
集成众多子系统的大系统	8
第一，集成度越来越高	9
第二，对精度要求越来越高	10
第三，单点技术突破难	11
第四，需要将多个技术集成	13
第五，批量生产技术	13
半导体制造的三大指标	14
一是先进制程达到多少纳米	14
二是晶圆尺寸趋于大硅片	15
三是产能决定短期业绩	16
工艺制程不是越先进越好	17
先进制程和特殊工艺双向发展	18
半导体代工需求旺盛	19
代工增速超半导体行业整体增速	19
代工厂排名	21
投资建议	21
中芯国际(0981.HK)：半导体代工龙头，看好先进制程	21
华虹半导体(1347.HK)：公司专注特色工艺，收入增速强于全球市场	23
行业投资风险	23
国信证券投资评级	24
分析师承诺	24
风险提示	24
证券投资咨询业务的说明	25

图表目录

图 1: 一般情况半导体产业链划分	5
图 2: 2018 前 5 大硅片厂商	5
图 3: 全球前十大晶圆代工市占率 2019Q3	6
图 4: 半导体制造发展历史	7
图 5: 半导体产业涉及领域	9
图 6: 半导体制造五大难点	9
图 7: 集成电路关键尺寸 (nm)	10
图 8: 晶体管关键尺寸 (线宽, 注意, 此处线宽指栅长)	10
图 9: CMOS 工艺流程中的主要步骤	11
图 10: CMOS 工艺流程中的主要步骤	11
图 11: 扩散用高温炉	12
图 12: 光刻工艺示意图	12
图 13: 刻蚀机 (干法等离子刻蚀)	12
图 14: 离子注入示意图	12
图 15: 薄膜生长示意图 (CVD 多腔集成设备)	13
图 16: 亚微米制造厂的抛光区	13
图 17: 单点技术类似单人游戏	13
图 18: 集成技术类似 11 人足球	13
图 19: 全球主要半导体厂商工艺先进程度	15
图 20: 2018 全球半导体代工厂按照工艺技术分布	15
图 21: 晶圆尺寸参数	16
图 22: 2018 年不同尺寸晶圆占比	16
图 23: 晶圆尺寸占比走势	16
图 24: 2019Q3 月产能, 万片/月, 等效 8 寸	17
图 25: IC design 费用 (\$M)	17
图 26: IC 设计费用构成	17
图 27: 3nm 以下晶体管结构从 FinFET 到 GAA	18
图 28: EUV 光刻机构造	18
图 29: 后摩尔时代半导体工艺发展方向	18
图 30: 后摩尔时代半导体工艺发展方向	19
图 31: 中国大陆半导体代工厂市场规模 (亿美元)	19
图 32: 全球 Fabless 代工需求 (亿美元)	20
图 33: 中国大陆 Fabless 代工需求 (亿美元)	20
图 34: 2010 年半导体代工厂客户构成	20
图 35: 2017 年半导体代工厂客户构成	20
图 36: 中国大陆半导体代工厂市场规模 (亿美元)	20
图 37: 全球前十大晶圆代工市占率 2019Q3	21
表 1: 集成电路晶体管个数发展趋势	10

半导体制造高度垄断

制造是半导体产业的重点

一般情况下，我们将半导体产业划分为：设计——制造——封测，EDA 面向设计和制造，设备面向制造和封测。

半导体制造是目前中国大陆半导体发展的最大瓶颈，电脑 CPU、手机 SOC/基带等高端芯片，国内已经有替代，虽然性能与国际巨头产品有差距，但是至少可以“将就着用”。

而半导体制造是处于“0~1”的突破过程中，假如海外半导体代工厂不给中国大陆设计公司代工，那么中国的半导体产业将会受到很严重影响。

图 1：一般情况半导体产业链划分

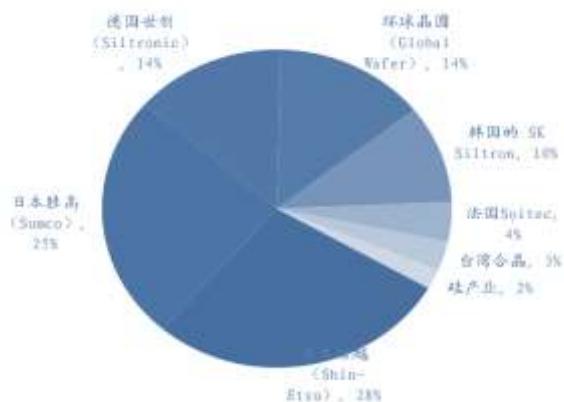


资料来源：国信证券经济研究所整理

五大硅片厂垄断市场

全球半导体硅片市场主要集中在几家企业，行业集中度高，技术壁垒较高。2018 前 5 大硅片厂商合计 95% 市场份额，行业前五名企业的市场份额分别为：日本信越化学市场份额 28%，日本 SUMCO 市场份额 25%，德国 Siltronic 市场份额 14%，中国台湾环球晶圆市场份额为 14%，韩国 SKSiltron 市场份额占比为 11%，法国 Soitec 为 4%。

图 2：2018 前 5 大硅片厂商



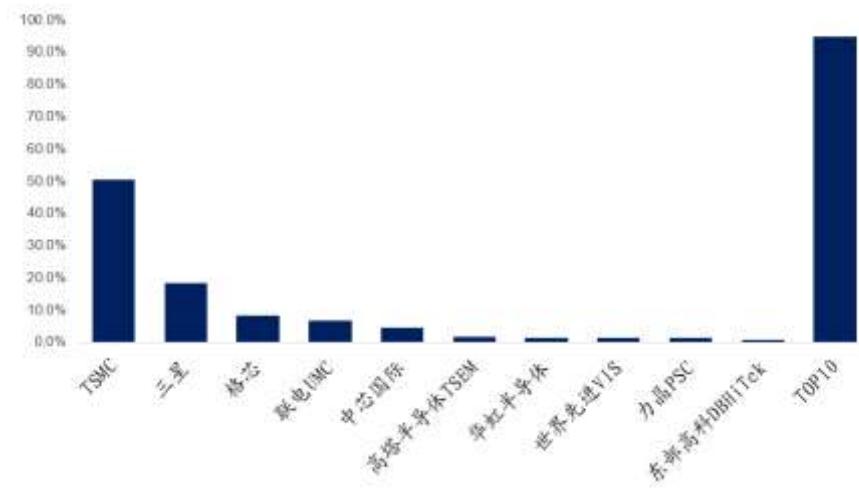
资料来源：SEMI，国信证券经济研究所整理

全球代工被台积电垄断

2019年Q3全球十大晶圆厂排名为：台积电、三星、格罗方德、联电、中芯国际、高塔、华虹、世界先进、力晶、东部高科。

国内代工龙头中芯国际排名第五，市场占有率为4.4%。

图3：全球前十大晶圆代工市占率 2019Q3



资料来源：公司财报，证券经济研究所整理

半导体制造发展历史

20世纪50年代——晶体管技术

自从1947年贝尔实验室的第一个晶体管发明以来，20世纪50年代是各种半导体晶体管技术发展丰收的时期。

第一个晶体管用锗半导体材料。

第一个制造硅晶体管的是德州仪器公司。

随着1959年集成电路的发明，产业准备好用固体晶体管技术作为真空管的替代品并且开发新的应用市场。新制造技术必须将20世纪50年代的实验室硅片制造技术变成60年代的生产工艺。

图 4：半导体制造发展历史



资料来源：《半导体制造技术》，证券经济研究所整理

20世纪60年代——改进工艺

在 20 世纪 60 年代，半导体产业进入面向解决生产半导体集成电路基本问题的时代。这是集成电路的开始以及小规模集成电路时代。半导体制造商激增。

此阶段，半导体制造商重点在工艺技术的改进，致力于提高集成电路性能以及降低成本。由于半导体制造的工艺性涉及多个行业，专门从事供应的行业发展起来以提供硅片制造需要的化学材料和设备。

众多高技术公司于 20 世纪 60 年代成立，：

1961 年仙童公司 (Fairchild) 的工程师成立了 Signetics 公司。

1968 年，罗伯特·诺伊思、戈登·摩尔和格罗夫离开仙童公司成立英特尔公司。

1969 年杰里·桑德斯和其他来自仙童公司的科学家成立 AMD。

20世纪70年代——提升集成度

20 世纪 70 年代初期是芯片设计的中规模集成电路时期，制造工艺大部分是按批次加工的手工操作。典型的硅片制造厂以 5% 或 10% 的成品率开始生产新产品，并且经过努力可能提高到 30%。

在 20 世纪 70 年代初期，微处理器是德州仪器公司和英特尔公司发明的，随着被市场应用广泛接受，产生了对更多芯片集成在一起的需求。大规模级的集成电路仅存在了几年，就被超大规模集成电路迅速取代，超大规模集成电路是 20 世纪 70 年代末的集成标准。

迅速变化的半导体产业变成混沌状态硅片制造厂使用的许多设备和工艺是由多家制造半导体器件的公司开发的，不具备工业标准。这样一来，造成了制造商和供应商的低效率、亚洲出现了令人畏惧的竞争者，日本成为半导体变革和制造的强国。在半导体领域，亚洲电子巨头挑战美国的统治地位。到 1979 年，日本已经获取世界存储器微芯片 40% 以上的需求量。

随着更复杂芯片需求的增长，设备技术从 20 世纪 60 年代的手工设备变成可由操作者控制以及单板固体控制器的按钮半自动操作。对于关键半导体设备，设备供应商也遇到来自日本和亚洲的顽强竞争。

建造一个硅片制造厂的费用变得极其昂贵。硅片沾污水平的控制成为缩小器件

特征尺寸的关键，要求专门硅片制造厂的净化线标准，几乎超过其他所有行业。用于加工的水、空气和许多化学材料以及气体，需要特别的纯度规定。到 20 世纪 70 年代末期，硅片制造厂的费用大约是 3000 万美元并继续上涨。市场需求和持续更换设备以保证先进技术的需求，促进了新厂的建设。

产业试图组建一个协作公司以规范这种混乱。在 1970 年，为了标准化及促进业界的设备、材料和服务，SEMI(半导体设备和材料学会)成立。1977 年，在罗伯特·诺伊思的领导下半导体行业协会(SIA)成立。其目标是针对由于迅速增长产生的共性问题进行更多的业界合作，统一业界标准，实现自动化。

20 世纪 80 年代——实现自动化

20 世纪 80 年代，个人计算机产业的成长点燃了硬件和软件的需求，同时面对日本集成电路制造商的竞争压力，日本扩展他们的制造能力使得成品率和质量达到了意想不到的水平。随着这些发展，美国半导体公司由于竞争力弱大为震惊，甚至恐慌。到 20 世纪 80 年代中期，日本几乎完全占领了快速增长和技术需求的 DRAM(动态随机存储器)市场份额。

1987 年在美国国防部指导下，半导体产业界成立了 SEMATECH。一是开发关于制造设备的规范和变革全行业的政策，二是应对来自日本竞争威胁。

美国的公司强调改善半导体设备、制造效率和产品质量。例如实现半导体制造设备、晶圆加工流程的自动化，目的是大幅度减少工艺中的操作者，因为人是净化间中的主要沾污源。

由于芯片快速向超大规模集成电路发展，芯片设计方法变化、特征尺寸减小。这些变化向工艺制造提出挑战，需要综合工艺的开发，实现批量生产。

20 世纪 90 年代——高效率批量生产

在 20 世纪 80 年代后期和 90 年代初期，生产芯片的特征尺寸缩小到 1um 以下。到了 90 年代末，最小特征尺寸是 0.18um。0.1 um 以下的亚微米工艺几何尺寸开创甚大规模集成电路时代，高性能集成电路包含 1000 万个晶体管或者更多。具有最先进技术的两种芯片是微处理器和存储器芯片。高度集成芯片要求多层电路互连(多达 8 层并正在增加)，制造芯片多达 450 多道工艺步骤。

在 20 世纪 90 年代，半导体产业竞争已经变得更加激烈。要想在世界芯片市场生存，制造商在约定的时间内，生产出复杂的高质量芯片是至关重要的。

半导体设备是高度自动化的，先进的材料传送系统在工作站之间移动硅片无须人工干涉。软件系统控制了几乎所有设备功能，包括故障查询诊断。技师和工程师干预下载生产菜单到设备软件数据库，并翻译软件诊断命令，以采取正确的设备维护行动。

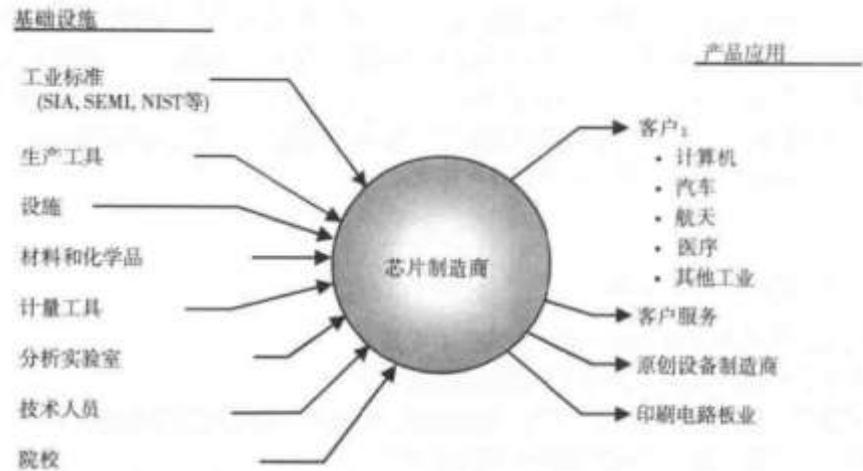
半导体制造五大难点

集成众多子系统的大系统

伴随着芯片的集成度越来越高、半导体制造的先进程度也逐渐提升。半导体产业包含越来越多的机械、化工、软件、材料等其它领域，是集成了很多子系统的大系统。

同时，涉及如此众多产业的半导体产业，也推动经济发展。因为，半导体产品的性能逐渐提升，而成本降低、价格下降。从而满足了市场对于高性能、低成本需求。

图 5：半导体产业涉及领域



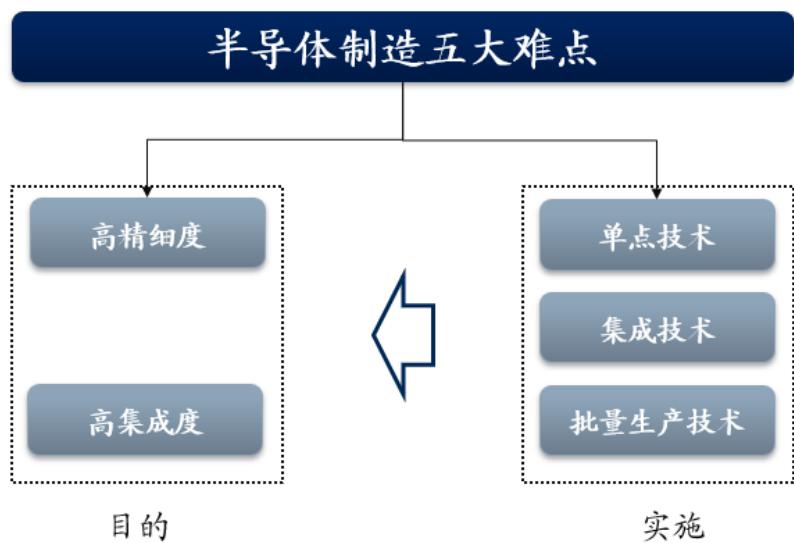
资料来源：《半导体制造技术》，国信证券经济研究所整理

如此高度行业集成的产业，具有五大难点，分两类。

一类是：高精细度、高集成度。

二类是：单点工艺技术、集成单点技术、批量生产技术。

图 6：半导体制造五大难点



资料来源：国信证券经济研究所整理

第一，集成度越来越高

在一颗芯片上集成的晶体管的数量，越来越多，从 20 世纪 60 年代至今，从 1 个晶体管增加到 100 亿以上。电路集成度越高，挑战半导体制造工艺的能力，在可接受的成本条件下改善工艺技术，以生产高级程度的大规模集成电路芯片。为达到此目标，半导体产业已变成高度标准化的，大多数制造商使用相似的制造工艺和设备。开发市场成功的关键是公司在合适的时间推出合适的产品的能力。

表 1：集成电路晶体管个数发展趋势

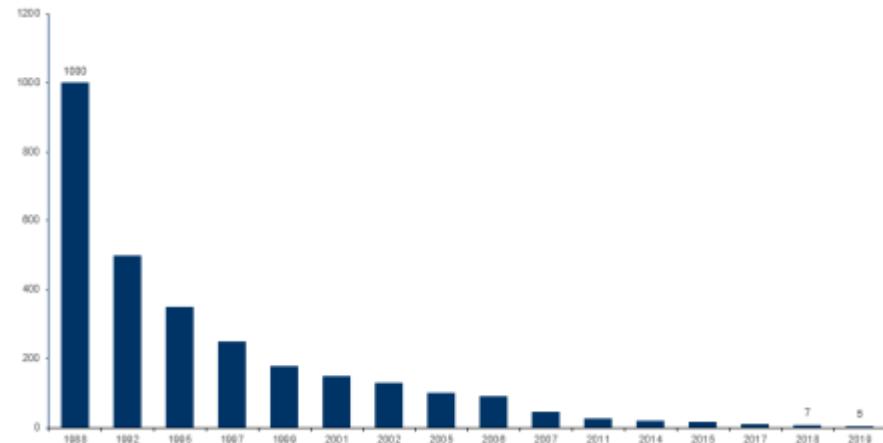
电路集成	时间	每个芯片元件数
没有集成，分离元件	1960 年之前	1
小规模集成电路（SSI）	20 世纪 60 年代	2~50
中规模集成电路（MSI）	20 世纪 60 年代	20~5 千
大规模集成电路（LSI）	20 世纪 70 年代	5 千~10 万
超大规模集成电路（VLSI）	20 世纪 80 年代	10 万~100 万
甚大规模集成电路（ULSI）	20 世纪 90 年代后期	100 万~1000 万
更大规模集成电路	21 世纪至今	100 亿+

资料来源：国信证券经济研究所整理

第二，对精度要求越来越高

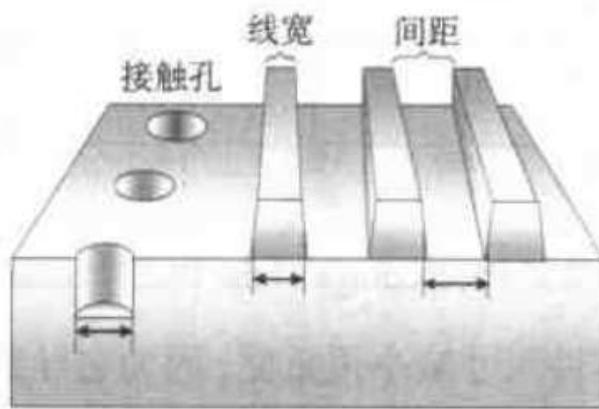
精度高体现在关键尺寸（CD），芯片上的物理尺寸特征被成为特征尺寸，业内描述特征尺寸的术语是电路几何尺寸。通俗理解是，关键尺寸越小，工艺加工难度越大。

关键尺寸从 1988 年的 1um，减小到 2020 年的 5nm，减少了 99.5%。从此角度看，集成电路制造的难度在逐渐提升，难度提升的加速度也在变大。

图 7：集成电路关键尺寸（nm）


资料来源：国信证券经济研究所整理

从晶体管结构图看，关键尺寸是晶体管的栅长（下图中的线宽）。

图 8：晶体管关键尺寸（线宽，注意，此处线宽指栅长）


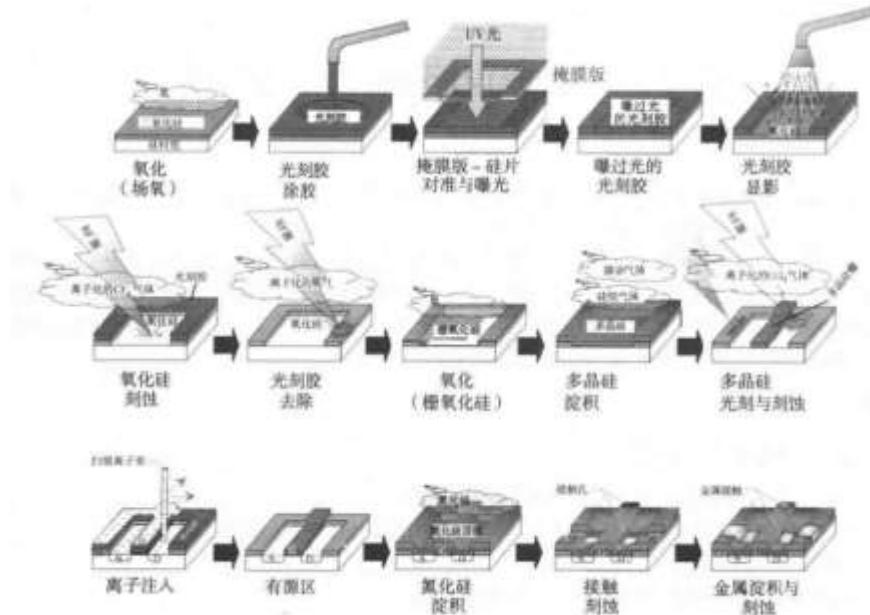
资料来源：国信证券经济研究所整理

第三，单点技术突破难

构成半导体制造工序的最小单位的工艺技术就是单点技术，或者组件技术。集成电路制造就是在硅片上执行一系列复杂的化学或者物理操作。

复杂电路的制造工序超过 500 道工序，500 道工序相当于 500 个单点技术，并且，这些工序都是在精密仪器下进行，人类的肉眼是看不清楚的，给制造带来很大的困难。以最典型的 CMOS 工艺为例，涉及到以下步骤。

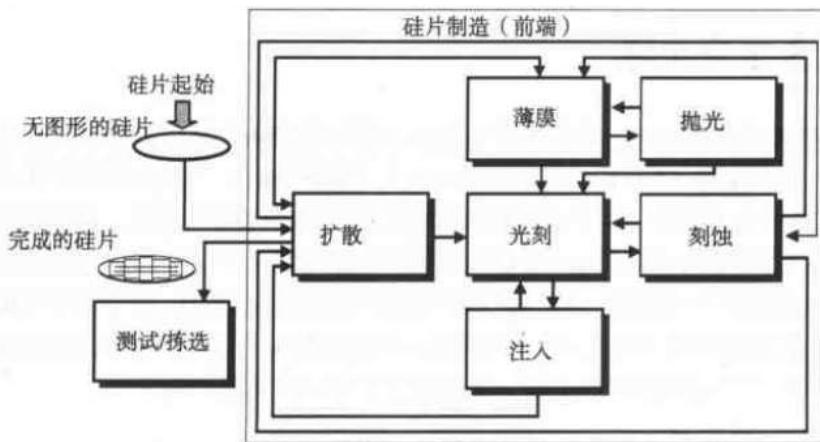
图 9：CMOS 工艺流程中的主要步骤



资料来源：AMD，国信证券经济研究所整理

我们将上图众多步骤划分为 6 个独立的生产区——扩散(包括氧化、膜沉积和掺杂工艺)、光刻、刻蚀、薄膜、离子注入和抛光。

图 10：CMOS 工艺流程中的主要步骤



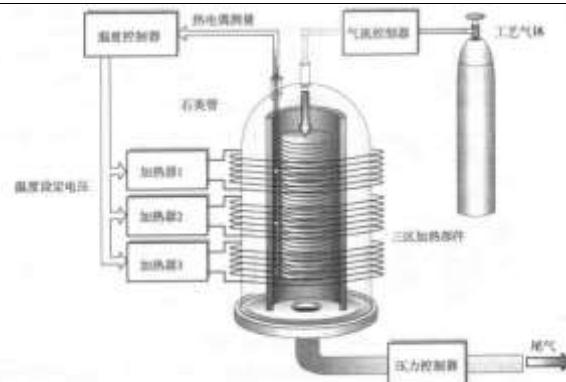
资料来源：AMD，国信证券经济研究所整理

1. 扩散。进行高温工艺及薄膜沉积的区域。扩散的主要设备是高温扩散炉和湿法清洗设备。高温扩散炉可以在近 1200 度的高温下工作，并能完成多种工艺流程，包括氧化、扩散、沉积、退火以及合金。

2. 光刻。光刻的目的是将电路图形转移到覆盖于硅片表面的光刻胶上。

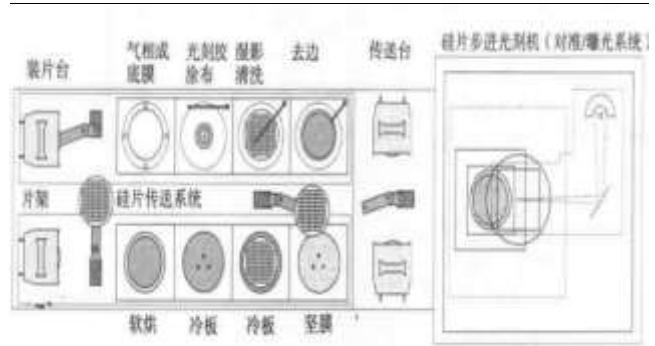
光刻处于硅片加工过程的中心，光刻常被认为是IC制造中最关键的步骤，需要高性能以便结合其他工艺获得高成品率。据估计，光刻成本在整个硅片加工成本超过三分之一。光刻工艺是一个复杂过程，它有很多影响其工艺宽容度的工艺变量。例如减小的特征尺寸、对准偏差、掩膜层数目以及硅片表面的清洁度。光刻的8个主要步骤：1. 气相成底膜。2. 旋转涂胶。3. 软烘。4. 对准和曝光。5. 曝光后烘焙。6. 显影。7. 坚膜烘焙。8. 显影检查。

图 11：扩散用高温炉



资料来源：《半导体制造》，国信证券经济研究所整理

图 12：光刻工艺示意图

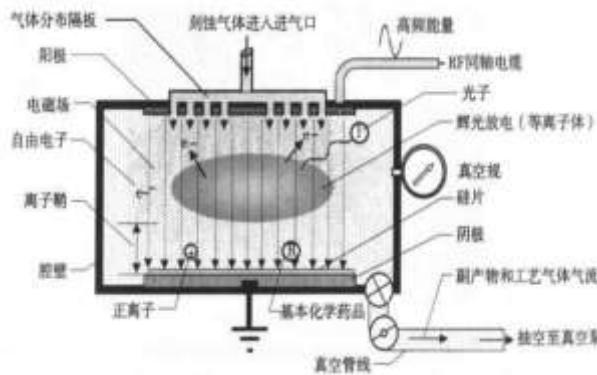


资料来源：《半导体制造》，国信证券经济研究所整理

3. 刻蚀。刻蚀工艺是在硅片上没有光刻胶保护的地方留下永久的图形。刻蚀区最常见的工具是等离子体刻蚀机、等离子体去胶机和湿法清洗设备。

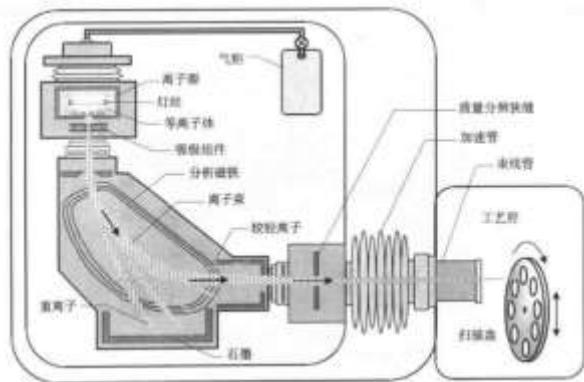
4. 离子注入。气体带着要掺的杂质，例如砷(As)、磷(P)、硼(B)在注入机中离化，采用高电压和磁场来控制并加速离子。

图 13：刻蚀机（干法等离子刻蚀）



资料来源：《半导体制造》，国信证券经济研究所整理

图 14：离子注入示意图

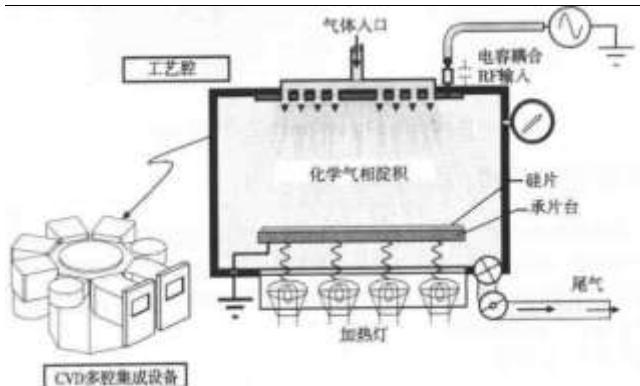


资料来源：《半导体制造》，国信证券经济研究所整理

5. 薄膜生长。薄膜区主要负责生产各个步骤当中的介质层与金属层的沉积。薄膜生长中所采用的温度低于扩散区中设备的工作温度。薄膜生长区中有很多不同的设备。

6. 抛光。CMP (化学机械平坦化) 工艺的目的是使硅片表面平坦化，这是通过将硅片表面突出的部分减薄到下凹部分的高度实现的。硅片表面凹凸不平给后续加工带来了困难，而 CMP 使这种硅片表面的不平整度降到最小。

图 15：薄膜生长示意图（CVD 多腔集成设备）



资料来源：《半导体制造》，国信证券经济研究所整理

图 16：亚微米制造厂的抛光区



资料来源：《半导体制造》，国信证券经济研究所整理

第四，需要将多个技术集成

结合单点技术，将电路植入硅片，构建此工艺流程的技术就是集成技术。例如在生产 DRAM 需要 500 道以上工序，该流程先在研发中心制定，且制定的流程是可以实际生产的。

在制定工艺流程阶段，单点技术的组合方式是无限的，即使是制造同样集成度、同样精密度的 DRAM，不同半导体厂家采取的方式也各不相同。此外，不同的技术集成人员的工艺流程结构也不同。

集成技术的难点在于，如何在短时间内完成从无限的组件技术组合中，制定低成本、满足规格且完全运行的工艺流程。

集成技术我们用通过乒乓球、足球来理解。半导体制造的单点技术我们中国人可以突破，就跟单人体育的乒乓球一样，中国人可以全球拿冠军。但是，把这些单点技术组合到一起，就跟 11 人的足球队伍一样，组合到一起就不能拿冠军。这就是集成技术的难点。

图 17：单点技术类似单人游戏



资料来源：百度图片，国信证券经济研究所整理

图 18：集成技术类似 11 人足球



资料来源：百度图片，国信证券经济研究所整理

第五，批量生产技术

这一段文字较多，但都是很重要的。

将研发中心通过集成技术构建的工艺流程移交给批量生产工厂，在硅片上植入符合目标质量要求的半导体并进行大量生产的技术就是批量生产技术。

批量生产移交的方法有精确复制和基本复制两种。如果研发中心和批量生产工厂的设备属于同一机种，一般会直接复制工艺条件。这就是精确复制。但是如

果两者设备不同时，为得到相同的工艺结果，就必须调整工艺条件。这就是基本复制。毋庸置疑，精确复制要比基本复制更容易进行批量生产。

但其实真正严格意义上的精确复制基本是不可能的。即使开发中心和批量生产工厂的设备相同，在同样的工艺条件下也未必能够得到同样的结果。坦率地说，一般情况下难以得到相同的结果。

这是因为即使是同样的设备，两台机器之间也会存在微小的性能差异。这种差异称作机差。机差可以说是半导体制造设备厂家在生产同一型号的设备时，因不可控因素的存在而可能产生的设备差异。随着半导体精密化程度的不断提高，机差问题也日益显著。

也就是说，随着精密化程度的提升，需要实施高精度的加工，(此前生产过程中不会成为问题的微小的)机差都成了严重的问题。

英特尔要求位于爱尔兰、以色列以及美国的 12 英寸晶圆批量生产工厂不仅要统一制造设备的类型、型号，就连每一根管道的规格都要严格统一。此外，它还制定了设备维修、维护检查细节等的详细指南，要求上述三个工厂严格按照操作指南执行作业。即便如此，上述三个工厂产品的成品率还是有差异。其根本原因还是在于设备的机差。

在批量生产技术方面，良率具有重大意义。良率就是植入晶圆片的半导体成品中合格产品所占比率。一般来说，刚从开发中心将工艺流程转移到批量生产工厂的阶段，批量生产工厂的良率几乎是 0%。

而将成品率尽快提高到 100%，并且长期维持接近 100% 的成品率的技术，才是真正的批量生产技术。

开发中心的集成技术人员的使命就是尽最大努力制定工艺流程，使至少一个产品能够完整运行。批量生产工厂的集成技术人员的使命则是在该工艺流程的基础上，完成能获得高成品率的工艺流程。毋庸置疑，此时，批量生产工厂的集成技术人员会指挥工厂里的组件技术人员。

但是，有时也会遇到成品率难以提高的情形。这时，有可能需要重新制定工艺流程。需要进行大规模调整时，该工艺流程就会被退回开发中心。更不幸时，则可能需要重新设计。

这样，从开发中心最初制定的工艺流程到形成能使批量生产工厂获得高成品率的工艺流程，通常需要 5~10 次反复。

半导体的制造需要精密集成了各种组件技术的集成技术以及提高成品率的批量生产技术。只有这样才能制造出半导体。

目前全国范围的半导体制造投资热是基于这样的逻辑——“只要买了设备、排列好，按下按钮，人人都可以生产半导体”。这种观点是错误的，这种观点应用于其它行业有可能对，但是半导体制造是肯定错误的。

半导体制造的三大指标

一是先进制程达到多少纳米

工艺制程反应半导体制造技术先进性，目前能够量产的最先进工艺是台积电的 5nm，国内半导体代工厂最新先进的是中芯国际的 14nm。此处的 14nm、5nm 是指芯片内部的晶体管的栅长，通俗讲就是芯片内部的最小线宽。

一般情况下，工艺制程越先进，芯片的性能越高，特别是数字电路。

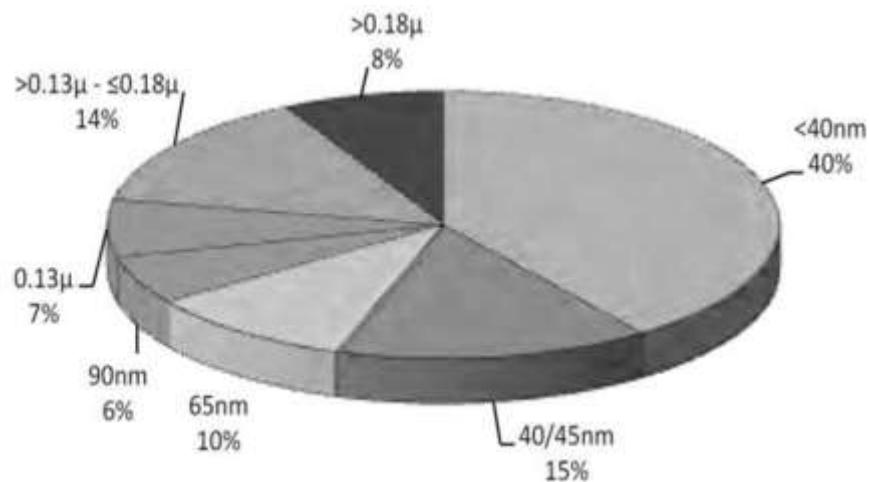
图 19：全球主要半导体厂商工艺先进程度

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
台积电	20nm	16nm		10nm	7nm	5nm			3nm
英特尔	14nm					10nm			
三星	20nm	14nm		10nm	7nm		5nm	3nm	
格罗方德	20nm	14nm		10nm					
联电	28nm			14nm					
中芯国际		28nm				14nm			
华虹半导体						55nm			

资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

从工艺制程组成看，全球 40% 的半导体代工厂收入来自 40nm 及以下的先进工艺制程，这个比例将来会提升。

图 20：2018 全球半导体代工厂按照工艺技术分布



资料来源：IC Insights，国信证券经济研究所整理

二是晶圆尺寸趋于大硅片

目前，全球主要晶圆尺寸是 6 寸、8 寸、12 寸。

图 21：晶圆尺寸参数



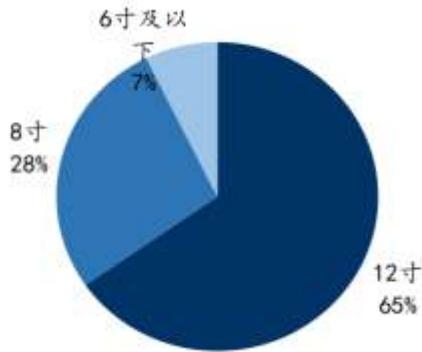
圆尺寸	厚度(微米)	面积(平方厘米)	重量(克)
50.8(2英寸)	279	20.26	1.32
76.2(3英寸)	381	45.61	4.05
100(4英寸)	525	78.65	9.67
125(5英寸)	625	112.72	17.87
150(6英寸)	675	176.72	27.82
200(8英寸)	725	314.16	52.98
300(12英寸)	775	706.21	127.62

资料来源：IC Insights，国信证券经济研究所整理

生产功率半导体主要使用 6 英寸和 8 英寸硅片，微控制器使用 8 英寸硅片，逻辑芯片和存储芯片则需要 12 英寸硅片，因此随着半导体技术的发展和市场需求的变化，目前硅片正向大尺寸趋势发展。

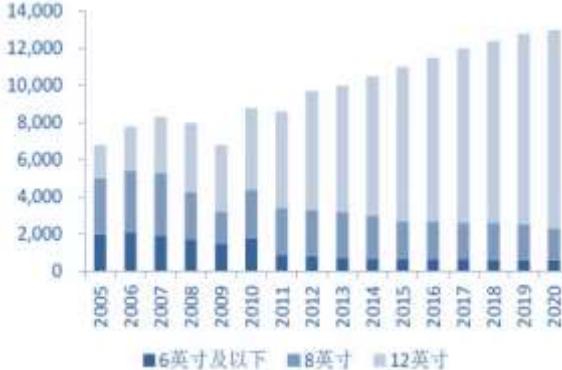
2018 年全球 12 英寸硅片需求平均值要在 600-650 万片/月，而 8 英寸硅片需求平均值在 550-600 万片/月。就技术角度来看，12 英寸硅片需求主要被 NAND 和 DRAM 所驱动，从市场角度来讲，智能手机的存储量逐渐增长以及对数据传输的依赖，促进了固态硬盘（SSD）对原有机械硬盘（HDD）的替代；传感器在智能手机中的运用也起到了一定的作用。8 英寸硅片被更多的运用在了汽车电子领域，如 ADAS 系统与车载娱乐的普及，加剧了市场对逻辑电路以及高精度元器件的需求，长期来看 8 英寸硅片也依然有巨大需求。

图 22：2018 年不同尺寸晶圆占比



资料来源：SEMI，信证券经济研究所整理

图 23：晶圆尺寸占比走势



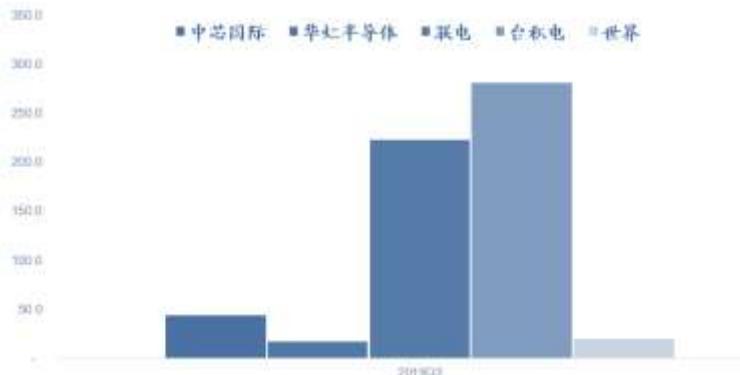
资料来源：SEMI，信证券经济研究所整理

三是产能决定短期业绩

一般情况下，半导体制造厂商不会轻易扩产，产能在 1 年左右的短期内是稳定的，当半导体景气度来临，产能决定公司的收入。

截至 2019 年 Q3，全球主要半导体代工厂产能排名：台积电、联电、中芯国际、世界先进、华虹半导体。

图 24: 2019Q3 月产能, 万片/月, 等效 8 寸



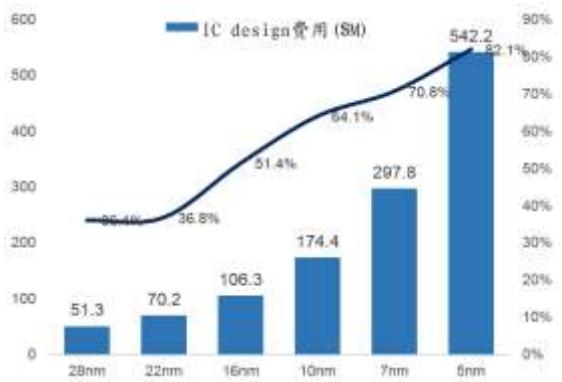
资料来源：公司公告信证券经济研究所整理

工艺制程不是越先进越好

一是上游 IC 设计费用越来越高。先进制程满足为设备提供了良好的功耗比，但是 IC 设计费用越来越高，边际设计费用增速也越来越高。例如 7nm 芯片设计成本超过 3 亿美元，华为 mate20 麒麟 980 芯片就是用台积电的 7nm 工艺制程，麒麟 980 是由超过 1000 名半导体工程师组成的团队历时 3 年时间、经历超过 5000 次的工程验证才成功应用。

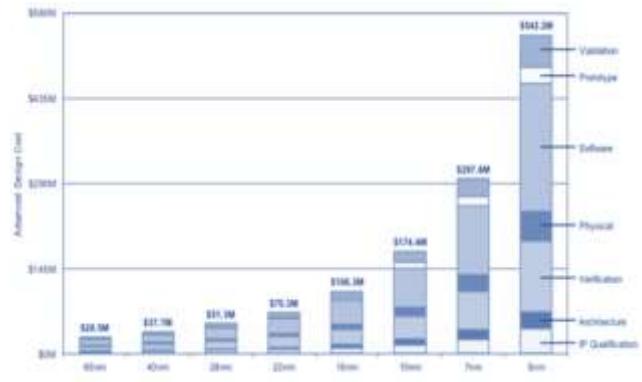
IBS 的测算要是基于 3nm 开发出 NVIDIA GPU 设计成本达 15 亿美元。从芯片设计经济效益看，7nm 是长期存在节点，5nm/3nm 的功耗性能面积成本难达到平衡点，除非有超额的出货量来均摊成本。

图 25: IC design 费用(\$M)



资料来源：IBS，国信证券经济研究所整理

图 26: IC 设计费用构成



资料来源：IBS，国信证券经济研究所整理

二是工艺逼近极限，中游投资增加但边际效果下降

14nm 之前，每 18 个月进步一代的制程，性价有 50% 的提升，14nm 之后，趋势就已经逐渐衰微了。

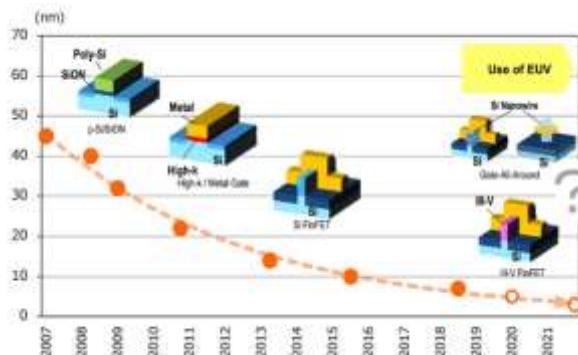
例如，当处理器速度提升 1 倍，但用户体验到的速度达不到 1 倍。用户体验是一个完整系统，处理器性能发挥收到内存、系统软件、网络等限制。

工艺尺寸的升级需要光刻系统配合，7nm 后光刻系统已经从 DUV 转向 EUV 升级，投资成本急剧增加，例如三星 7nm 产线投资额 56 亿美元升级 Hwaseong 的晶圆厂，需要 8 台 EUV，每套 EUV 系统 15 亿人民币。

另外，工艺升级晶体管升级也要创新，14nm 开创了 FinFET，3nm 需要 GAA

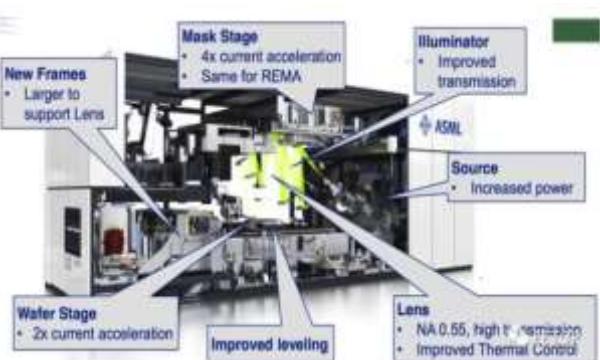
经晶体管结构，晶体管级的创新对代工厂的产线来说是彻底的改造。

图 27：3nm 以下晶体管结构从 FinFET 到 GAA



资料来源：EETOP，国信证券经济研究所整理

图 28：EUV 光刻机构造



资料来源：EETOP，国信证券经济研究所整理

三是客户从代工厂稳定性可靠性考虑。

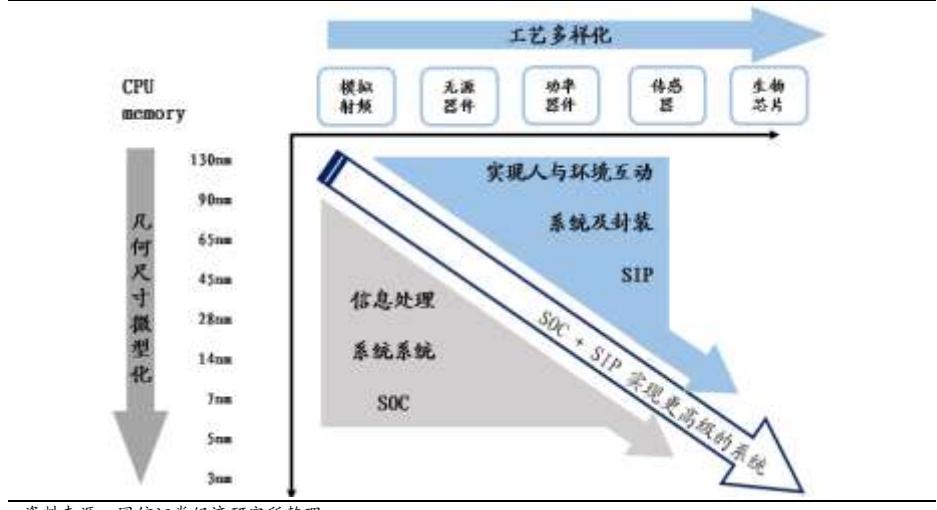
- 技术路线符合客户需求——客户希望代工厂的投入、发展方向符合客户技术发展方向；对现有工艺差异化技术需求。
- 扩大客户投资价值——客户希望从每一代技术中获得更多价值，充分利用设计每个技术节点所需的大量投资。
- 财务稳健确保供应——客户希望代工厂的财务稳健，以满足未来十年芯片生产需求。

考虑以上因素，格罗方德、联电都放弃 14/12nm 以下的开发。

先进制程和特殊工艺双向发展

未来半导体工艺发展有两个方向，一是继续追求先进制程小型化，典型代表台积电、三星、英特尔、中芯国际；二是聚焦特色工艺的满足多样化需求，实现人与环境的互动，例如华虹半导体、联电、格罗方德、世界先进。

图 29：后摩尔时代半导体工艺发展方向



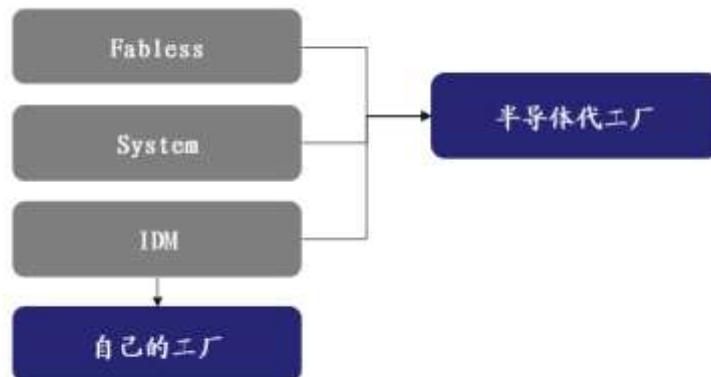
资料来源：国信证券经济研究所整理

半导体代工需求旺盛

代工增速超半导体行业整体增速

半导体厂商模式分为只有设计无制造的 Fabless 模式和有设计有制造的 IDM。Fabless、IDM、系统厂商都是代工厂的客户。

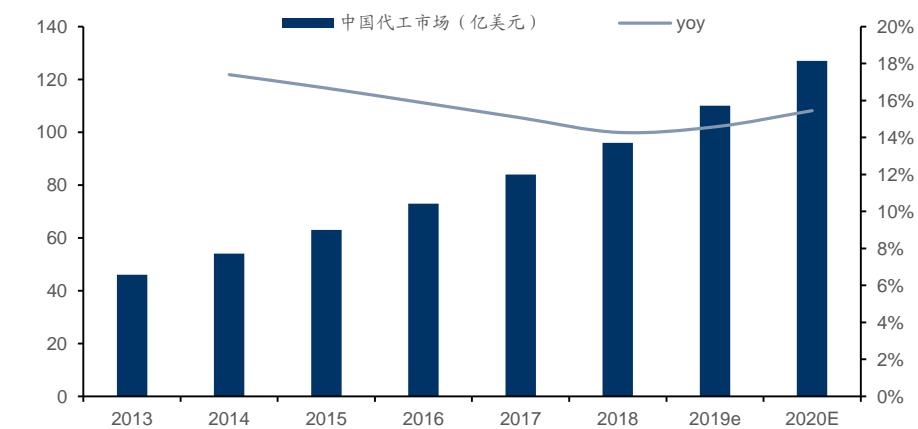
图 30：后摩尔时代半导体工艺发展方向



资料来源：国信证券经济研究所整理

2019 年中国大陆半导体代工市场规模预计在 110 亿美元同比增长 14.6%。

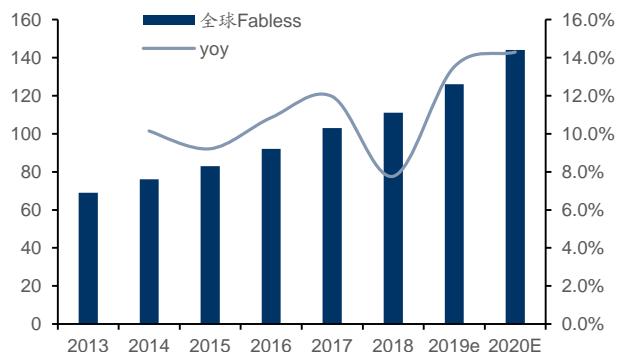
图 31：中国大陆半导体代工厂市场规模（亿美元）



资料来源：internation business strategies，国信证券经济研究所整理

2019 年全球 Fabless 半导体代工需求为 1260 亿美元，同比增长 13.5%，其中中国市场需求为 280 亿美元，同比增长 21.7%。

图 32：全球 Fabless 代工需求（亿美元）



资料来源：international business strategies，国信证券经济研究所整理

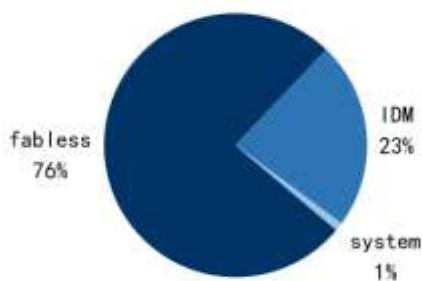
图 33：中国大陆 Fabless 代工需求（亿美元）



资料来源：international business strategies，国信证券经济研究所整理

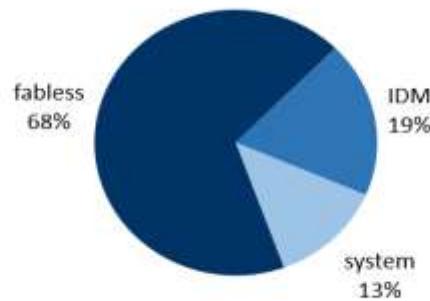
IDM 厂商产能不足的时候外找代工厂，一些 system 厂商自己做芯片，例如汇川（变频器）、合肥阳光（电源）、英威腾（变频器），这些终端系统商为了减低成本，保证供应链，自己设计芯片交给代工厂制造。

图 34：2010 年半导体代工厂客户构成



资料来源：IC insights，国信证券经济研究所整理

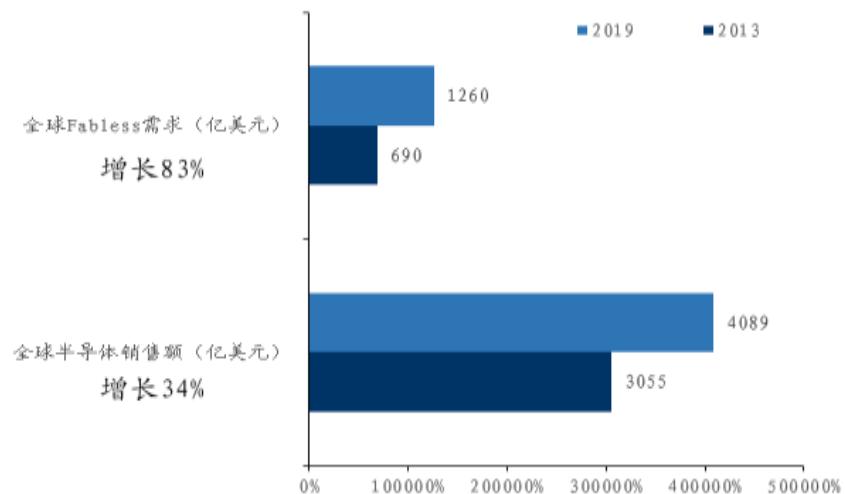
图 35：2017 年半导体代工厂客户构成



资料来源：IC insights，国信证券经济研究所整理

半导体代工增速超半导体行业增速，2013~2019 年，全球半导体增长 34%，而 Fabless 需求（对应代工厂收入）增加 83%。

图 36：中国大陆半导体代工厂市场规模（亿美元）



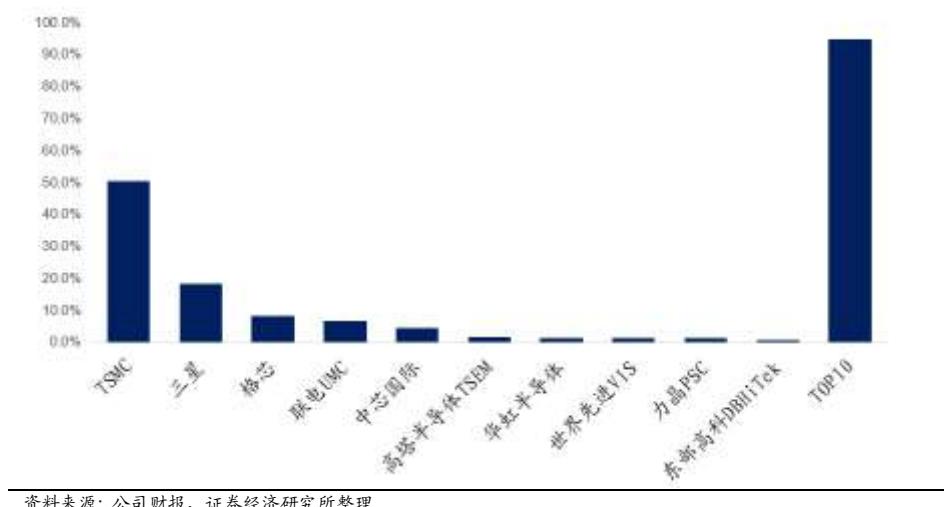
资料来源：international business strategies，国信证券经济研究所整理

代工厂排名

2019年Q3全球十大晶圆厂排名为：台积电、三星、格罗方德、联电、中芯国际、高塔、华虹、世界先进、力晶、东部高科。

国内代工龙头中芯国际排名第五，市场占有率为4.4%。

图 37：全球前十大晶圆代工市占率 2019Q3



资料来源：公司财报，证券经济研究所整理

投资建议

我们看好国内的半导体上游的芯片设计产业，上游芯片设计公司越多，对下游的代工需求越旺盛，有利于国内的半导体代工厂，国内两大代工巨头都在港股，我们在港股范围内推荐华虹半导体和中芯国际。

中芯国际 (0981.hk)：半导体代工龙头，看好先进制程

大陆半导体制造龙头：国资背景+技术型 CEO

公司是我国大陆最大半导体代工厂，全球第五；最先进 14nm 工艺距离全球最先进的 7nm 只落后 2 代。前两大股东为大唐电信和国家集成电路基金。

梁孟松、杨光磊加盟，有望复制英特尔 2013~2018 年的辉煌

2017 年技术型 CEO 梁孟松加盟，2019 年 8 月原台积电研发处长杨光磊加盟，有望带领公司复制 2013~2018 年英特尔的辉煌。2013 年~2018 年技术型 CEO 科再奇任英特尔 CEO，期间英特尔净利润下降 9%，股价上涨 157%。科再奇推动英特尔向物联网及 AI 转型，在 IDM 模式基础上，引入代工服务。

贸易战加速中芯国际成长

一是国内半导体需求增速超过 GDP 增速；二是国产芯片自给率很低，贸易战加速国产替换；三是贸易战导致上游设计企业为了分散风险，将订单从竞争对手转移至中芯国际。

追赶者在成熟制程还有机会

除了 7nm 工艺的 logic、RF 芯片之外，公司的 14nm（今年下半年贡献收入）以上的技术都可以实现。例如，电源管理和指纹识别应用需求确保 8 寸厂满产，物联网、CMOS 图像传感器、WiFi 芯片需求拉动 12 寸业务增长。

中芯国际才是真正的核心资产

能够成为国家半导体发展重大转折点的中芯国际才是核心资产。核心资产不是1~N的无限扩大，二是0~1的关键突破。

核心资产不是有了它更好，而是缺了它不行。市场上所谓的核心资产的缺乏或者消失，对国家、对社会的影响不大，大不了再成立一家公司继续做。而中芯国际这种半导体代工厂是整个科技产业的基础，在海外限制半导体制造的背景下，大陆缺少半导体制造，会动摇科技产业的根基。从这个角度看，中芯国际才是核心资产。

由于中芯国际处于港股，大陆资本对中芯国际认识不够。同时，再加上半导体产业研究的高壁垒，导致资本市场对中芯国际是被动型忽视的。

贸易战加速中芯国际成长，也加速资本市场对中芯国际的认识

最近一年，在贸易战、美国对中国半导体发展各种限制的大背景下，市场逐渐意识到半导体制造才是核心资产，是不可或缺的资产。在这个逻辑下，中芯国际应该享有比其它制造业更高的估值。

一是中芯国际作为不可获取的核心资产，相对于面板龙头、家用电器龙头、手机零部件龙头，中芯国际的估值有很大提升空间。

受益于半导体国产化，市场认识从低估走向合理，维持“买入”评级目标价 22~23.7 港元

大陆半导体产业要崛起，从设计到代工、封测都要自主化，所以大陆的芯片设计公司寻求大陆代工是必然趋势。无论是国内芯片设计巨头，还是芯片设计中小型公司，都在有可能将代工转向国内，这种代工订单转移逐渐成为业内共识，且趋势正在加强。中芯国际作为国内代工龙头（产线种类多、产能大），将明显受益。

预计 2019~2021 年收入分别为 31.32 亿美元/36.04 亿美元/40.59 亿美元，增速分别为-6.8%/15.1%/12.6%，2019~2021 年利润分别为 2.07 亿美元/1.84 亿美元/2.26 亿美元，增速 55%/-11%/23%。

公司作为半导体代工的技术跟随着，技术节点突破是关键，应该先看公司的技术，再看收入，最后才是利润。中长期看好国产化替代大背景下的大陆代工厂崛起。

公司合理 PB 估值范围 2.5~2.7 倍，公司合理估值 22~23.7 港元，维持业绩预测和“买入”评级。

风险提示

14nm 工艺进展不及预期，全球产能松动，影响公司毛利率。

华虹半导体（1347.hk）：公司专注特色工艺，收入增速强于全球市场

公司是全球领先的纯晶圆代工企业，特别专注于嵌入式非易失性存储器、功率器件、模拟与电源管理和逻辑及射频等差异化特色工艺平台，质量管理体系满足汽车电子芯片生产的严苛要求。公司分立器件平台继续显示出巨大的优势，尤其是超级结、IGBT 和通用 MOSFET。预计分立器件在未来的需求仍将持续增长。2019 年第二季度，全球半导体销售额为 982 亿美元，较去年同期减少 16.8%；2019 年上半年，全球销售额同比下滑 14.5%。全球半导体市场仍处于下滑期。全球主要地区和半导体产品类别销售额均下降。

正因为公司专注于嵌入式非易失性存储器、功率器件、模拟与电源管理和逻辑及射频等差异化特色工艺平台，质量管理体系满足汽车电子芯片生产的严苛要求。公司分立器件平台继续显示出巨大的优势，尤其是超级结、IGBT 和通用 MOSFET。分立器件在未来的需求仍将持续增长，从而带动公司收入增长。

聚焦中小客户分散风险

公司为了稳定增长，从一开始选择的就是中小客户战略，从目标客户角度选择差异化竞争。因为小客户的出货量小，无法通过加大出货量来分摊流片成本，公司服务的客户的议价能力相对弱。大客户的议价能力强，利润率低，风险大，大客户的订单调整影响公司业绩稳定性。

维持“买入”评级

预测 2019~2021 年收入分别为 10.09 亿美元/16.69 亿美元/13.32 亿美元，增速分别为 8.5%/15.8%/14%，2019~2021 净利润分别为 2.12 亿美元/2.36 亿美元/2.55 亿美元，增速分别为 16.3%/11.2%/8.1。维持“买入”评级。

风险提示

新半导体器件工艺替代，下游功率器件需求放缓，无锡厂不能按期量产。

行业投资风险

- 第一，重资产行业折旧影响利润。
- 第二，资本开支大，影响现金流。
- 第三，贸易战缓和，导致国内代工厂面临全球竞争。

国信证券投资评级

类别	级别	定义
股票 投资评级	买入	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 20%以上
	增持	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	预计 6 个月内，股价表现介于市场指数 ±10%之间
	卖出	预计 6 个月内，股价表现弱于市场指数 10%以上
行业 投资评级	超配	预计 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 10%以上
	中性	预计 6 个月内，行业指数表现介于市场指数 ±10%之间
	低配	预计 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 10%以上

分析师承诺

负责编写本研究报告全部或部分内容的分析师在此声明：

1. 本报告所述所有观点准确反映了本人对上述美股、港股市场及其证券的个人见解。
2. 本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，在执业过程中恪守独立诚信、勤勉尽职、谨慎客观、公平公正的原则，独立、客观的出具本报告，并保证报告所采用的数据均来自公开、合规渠道。
3. 本人不曾因、不因、也将不会因本报告中的内容或观点而直接或间接地收到任何形式的补偿。

风险提示

国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告版权归我公司所有，仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告仅适用于在中华人民共和国境内（不包括港澳台地区）的中华人民共和国内地居民或机构。在此范围之外的接收人（如有），无论是否曾经或现在为我公司客户，均不得以任何形式接受或者使用本报告。否则，接收人应自行承担由此产生的相关义务或者责任；如果因此给我公司造成任何损害的，接收人应当予以赔偿。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，我公司力求但不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，可随时更新但不保证及时公开发布。本公司其他分析人员或专业人员可能因为不同的假设和标准，采用不同的分析方法口头或书面的发表与本报告意见或建议不一致的观点。

我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险。我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。

证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所

深圳

深圳市罗湖区红岭中路 1012 号国信证券大厦 18 层
邮编：518001 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 楼
邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层
邮编：100032

尖峰报告社群

分享8万+行业报告/案例、7000+工具/模版；
精选各行业前沿数据、经典案例、职场干货等。



截屏本页，微信扫一扫或搜索公众号“尖峰报告”
回复<进群>即刻加入