

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。

手机用户建议先截屏本页，微信扫一扫

或搜索公众号**“尖峰报告”**

回复<进群>，加入每日报告分享微信群

限时领取 “2020行业资料大礼包”，关注即可获取





半导体设备：刻蚀机走在国产替代前列

2020年03月27日

看好/维持

电子元器件 行业报告

分析师	刘慧影 电话: 010-66554130 邮箱: liuhhy_yjs@dxzq.net.cn	执业证书编号: S1480519040002
分析师	刘奕司 电话: 010-66554130 邮箱: liuyisi@dxzq.net.cn	执业证书编号: S1480519110001
研究助理	吴天元 电话: 010-66554130 邮箱: wutty@dxzq.net.cn	
研究助理	吴昊 电话: 010-66554130 邮箱: wuhao_yjs@dxzq.net.cn	

投资摘要:

光刻机、刻蚀机和薄膜沉积设备是芯片制造过程中的三大核心设备，如果把芯片比作一幅平面雕刻作品，那么光刻机是打草稿的画笔，刻蚀机是雕刻刀，沉积的薄膜则是构成作品的材料。光刻的精度直接决定了元器件刻画的尺寸，刻蚀和薄膜沉积的精度则决定了光刻的尺寸能否实际加工，因此光刻、刻蚀和薄膜沉积设备是芯片加工过程中最重要的三类主设备，价值占前道设备的近70%。

2018年半导体设备的全球市场规模约645亿美元，全行业处于寡头垄断格局。其中阿斯麦独自垄断高端光刻机，泛林半导体、应用材料和东京电子是三家最主要的刻蚀和薄膜沉积设备生产商。观察当前的半导体行业格局和特点，我们需要理解如下三个问题：

- 为何半导体设备厂商在客户集中度很高的情况下仍然拥有较高的定价权？

在制造业中，产业链步骤越多，上游设备材料商的话语权越强。晶圆的加工流程动辄需要几千步，晶圆厂为使良率达标而花费大量的精力，没有余力去做设备和材料的开发，因此晶圆厂宁愿为设备厂商让渡更多利润，来获得其最新的产品和技术支持。设备企业对于晶圆加工厂来说更像是外置的研发中心。半导体设备的购买对于晶圆厂来说不仅仅是产能的提升，更是制程精进的基础，这种相互配合的研发模式是设备行业常年高利润的另一个原因。此外，设备定制化也带来极高的客户粘性和转换成本。

- 为何光刻设备几乎是完全垄断，而刻蚀设备是寡头垄断？

在高端光刻领域，浸没式光刻是干法光刻的替代技术，新旧技术的替代带来了光刻机的完全垄断。**ICP刻蚀并不是CCP刻蚀的替代技术，而是各有所长，侧重了不同工艺步骤，新旧技术共存形成了刻蚀领域的寡头竞争。**

- 为何近些年来刻蚀设备的价值占比不断上升？

光刻机的技术瓶颈推动刻蚀市场发展。在光刻技术停滞不前的情况下，想要继续提升制程大体有两个思路，即双重光刻+刻蚀，或多重薄膜+刻蚀，无论用哪种思路都离不开刻蚀步骤的增加。**芯片设计的变化带来刻蚀设备需求的提升，近几年来3D NAND等新结构的应用导致在存储器制造过程中刻蚀步骤大幅增加。**

展望未来，国产半导体设备正在逆袭：

- 工程师红利助力我国企业的发展。追赶式研发风险相对更低，同时我国企业人工成本低，研发效率更高。
- 半导体产业链向中国转移和存储器国产化是我国企业的重大机遇。我国半导体设备销售额在近十几年来全球占比逐年上升，在外部环境存在不确定性的情况下，培育我国自己的半导体设备和材料制造商成为整个半导体行业的共识。存储器是半导体设备支出占比最高的领域，存储器的国产化为我国设备企业提供了良好的成长机会。
- 先专注某一领域做大做强，再并购整合其他业务，是国际巨头共同的成长模式，我国企业在追赶之初同样应该参考。刻蚀设备作为三大主设备之一，进入客户产线后或可拥有一定的话语权。国内走在前列的刻蚀设备厂商，有望在刻蚀机领域率先形成对国际巨头的威胁，并在未来整合国内资源，实现半导体设备的国产替代。

投资策略：建议关注国产刻蚀机龙头企业中微公司。

风险提示：外部环境发生重大变化，下游需求不及预期，长江存储扩产进度不及预期，海外客户拓展不及预期等。

目 录

1. 半导体设备推动芯片制造业的发展	4
1.1 半导体设备推动摩尔定律的实现	4
1.2 不同的设备在芯片制造过程中分工明确	4
1.3 半导体设备市场高度集中	6
1.3.1 市场空间随下游半导体变化	6
1.3.2 细分领域市场多为寡头垄断	7
2. 半导体设备行业需要理解的三个问题	10
2.1 为何设备企业在客户集中度很高的情况下仍拥有定价权？	10
2.1.1 工艺复杂和分工细化提升设备厂商话语权	10
2.1.2 设备厂商承担了晶圆厂的前期研发任务	10
2.1.3 设备定制化带来极高客户粘性和转换成本	10
2.2 为何光刻一家独大，刻蚀寡头垄断？	11
2.2.1 光刻和刻蚀技术更替的差异带来市场格局不同	11
2.2.2 光刻：新技术替代带来完全垄断	11
2.2.3 刻蚀：新技术共存形成寡头竞争	12
2.3 为何近些年来刻蚀设备的价值占比不断上升？	15
2.3.1 光刻机的技术瓶颈推动刻蚀机市场发展	15
2.3.2 芯片设计的变化带来刻蚀设备需求的提升	16
3. 展望未来，国产半导体设备正在逆袭	17
3.1 工程师红利助力我国企业的追赶式研发	17
3.2 半导体产业链中国转移和存储器国产化是重大机遇	18
3.2.1 半导体产业链转向中国，突破国内客户是第一步	18
3.2.2 存储器国产化为我国刻蚀机厂商带来机遇	20
3.2.3 从专一突破到平台整合是我国企业应借鉴的成长之路	21
4. 风险提示	22
相关报告汇总	23

插图目录

图 1：晶圆加工过程示意图	5
图 2：典型晶圆加工厂的厂房区域布局	6
图 3：全球半导体设备销售额和集成电路销售额（单位：亿美元）	7
图 4：2017 年半导体设备和晶圆厂设备市场份额	7
图 5：2018 年光刻机市场份额	8
图 6：2018 年刻蚀机市场份额	8
图 7：2018 年 CVD 市场份额	8
图 8：2018 年 PVD 市场份额	8
图 9：2017 年 CMP 市场份额	8

图 10: 离子注入机全球市场份额	8
图 11: 前道晶圆检测设备市场份额	9
图 12: 2017 年后道检测设备市场份额	9
图 13: 典型的 CMOS 剖面示意图和部分刻蚀工艺的作用	13
图 14: 1988-2002 年全球刻蚀设备销售额 (单位: 百万美元)	14
图 15: 1988-2002 年全球刻蚀设备份额变化	14
图 16: 2007-2018 年全球刻蚀设备份额变化	14
图 17: 2001-2017 年各类设备在晶圆厂中的价值占比	15
图 18: 全球刻蚀市场规模 (亿美元)	15
图 19: 利用刻蚀提升制造精度的方法示意图	16
图 20: 不同制程中刻蚀工艺的步骤数示意图	16
图 21: 2D NAND 和 3D NAND 设备价值占比	17
图 22: 2D NAND 和 3D NAND 示意图	17
图 23: Lam Research 历年下游客户占比	17
图 24: 全球的半导体设备销售额和中国大陆半导体设备销售额 (亿美元)	19
图 25: 中国芯片市场规模和中国芯片本土制造市场规模 (亿美元)	20
图 26: 长江存储刻蚀机中标总数量占比 (截止 2020 年 2 月底)	21
图 27: 长江存储备介质刻蚀设备中标数量占比 (2020 年 2 月底)	21
图 28: 长江存储硅刻蚀设备中标数量占比 (2020 年 2 月底)	21

表格目录

表 1: 单个芯片集成元件数量的演进	4
表 2: 2018 年前六大半导体设备公司主要产品分布	9
表 3: 全球前六大半导体设备厂商历年市场份额	9
表 4: 历代主流光刻机的主要特点	12
表 5: 2019 年前道光刻机全球出货量	12
表 6: 两种主要等离子干法刻蚀技术的对照	13
表 7: 部分半导体设备的海外领先企业和国内追赶企业	18
表 8: 2018 年底全球晶圆加工产能分布 (8 寸当量)	19

1. 半导体设备推动芯片制造业的发展

1.1 半导体设备推动摩尔定律的实现

半导体是指在某些条件下导电某些条件下不导电的一类材料，生活中常用“半导体”一词来泛指半导体电子元器件。集成电路是最重要的一类半导体器件，又称为芯片。

1906 年美国人德·福雷斯特 (Lee De Forest) 发明了世界上第一个真空三极管，1947 年贝尔实验室发明了固态晶体管，1957 年位于美国加州的仙童半导体公司 (Fairchild Semiconductor) 制造出第一个商用平面晶体管。1959 年，仙童公司和德州仪器公司 (Texas Instruments) 分别在硅片和锗片上完成了微缩电路的制造，集成电路就此诞生。

自问世以来，单个芯片上集成的元件数量不断增长。1965 年英特尔 (Intel) 创始人之一戈登摩尔 (Gordon Moore) 提出，在价格不变的情况下一块集成电路上可容纳的元器件的数目将每 18-24 个月增加一倍，性能也将提升一倍，这就是著名的摩尔定律。自 20 世纪 60 年代到 21 世纪的前十几年，摩尔定律完美诠释了集成电路的发展历程。

摩尔定律的背后是半导体设备的不断精进。集成电路多以单晶硅为基底材料，成千上万的元器件和导线经过一些列工艺被“雕刻”在硅片上，完成这些“雕刻”步骤的工具就是半导体设备。“雕刻”精度的提升带来元器件尺寸的缩小，现今的晶工艺尺寸是以纳米级计量的。集合了全球顶尖制造技术的半导体设备在过去半个世纪中不断推动着人类工业文明的进步。

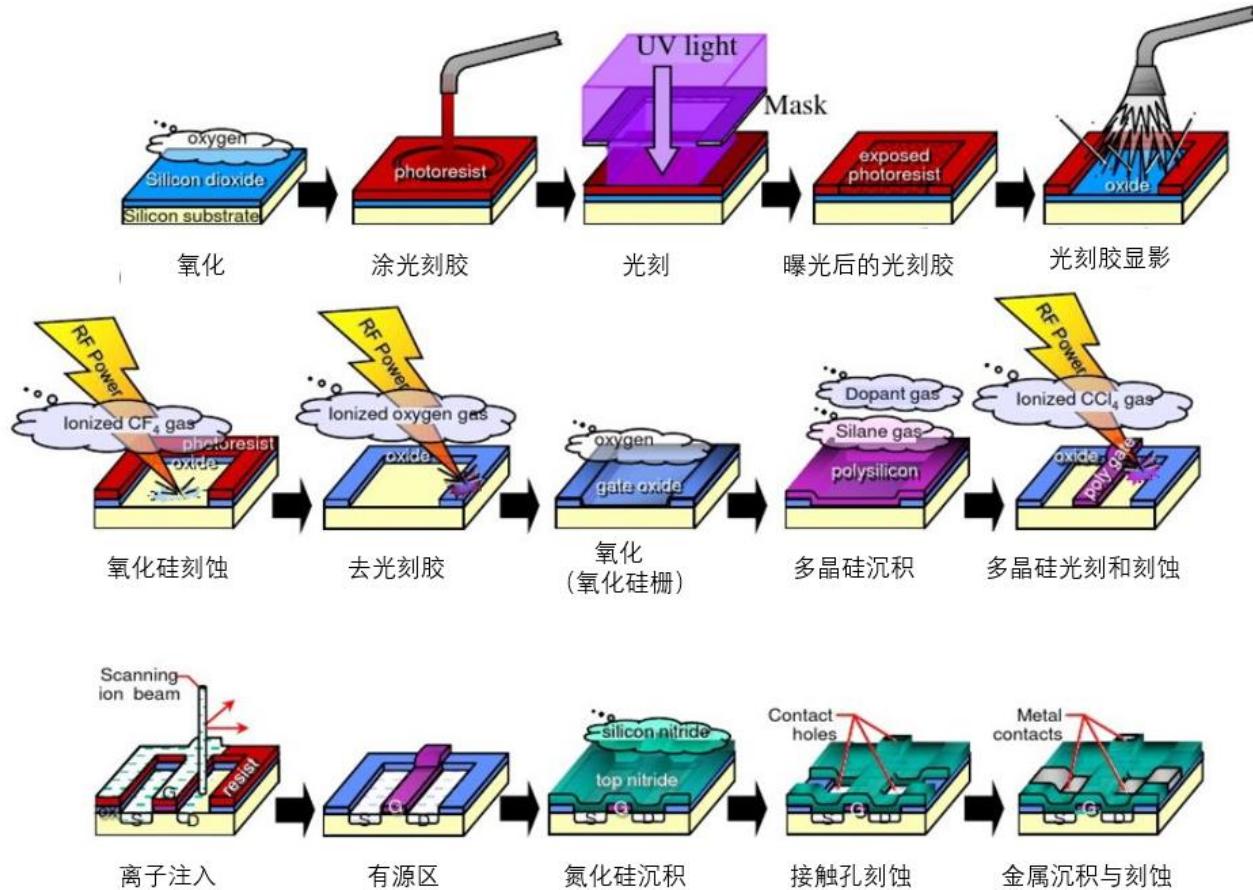
表1：单个芯片集成元件数量的演进

分类	诞生时间	元件数量
小规模集成电路 (SSI)	20 世纪 60 年代前期	2~100
中规模集成电路 (MSI)	20 世纪 60 年代中期	100~1000
大规模集成电路 (LSI)	20 世纪 70 年代前期	1000~10 万
超大规模集成电路 (VLSI)	20 世纪 70 年代后期	10 万~100 万
特大規模集成电路 (ULSI)	20 世纪 90 年代前期	100 万~1000 万
巨大规模集成电路 (GSI)	20 世纪 90 年代中期	1000 万以上

资料来源：东兴证券研究所

1.2 不同的设备在芯片制造过程中分工明确

半导体设备主要可以分为前道设备和后道设备，前道设备是指晶圆加工设备，后道设备是指封装测试设备。前道设备完成芯片的核心制造，后道设备完成芯片的包装和整体性能测试，因此前道设备通常技术难度更高。

图1：晶圆加工过程示意图


资料来源：《半导体制造技术》，东兴证券研究所

前道的晶圆加工工艺包括氧化、扩散、退火、离子注入、薄膜沉积、光刻、刻蚀、化学机械平坦化（CMP）等，这些工艺并不是单一顺序执行，而是在制造每一个元件时选择性地重复进行。一个完整的晶圆加工过程中，一些工序可能执行几百次，整个流程可能需要上千个步骤，通常耗时六到八个星期。这些工艺的大体作用如下：

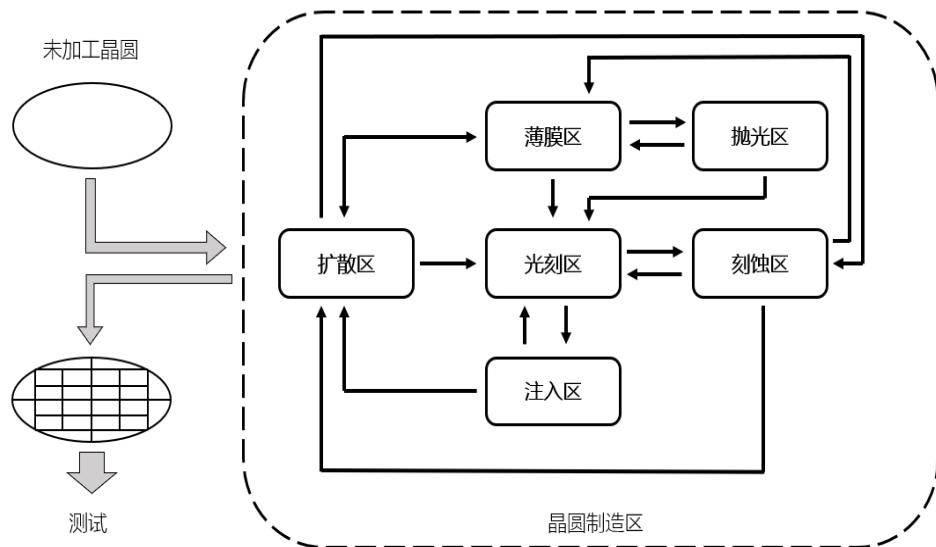
- ◆ 氧化、退火工艺的主要作用是使材料的特定部分具备所需的稳定性质；
- ◆ 扩散、离子注入工艺的主要作用是使材料的特定区域拥有半导体特性或其他需求的物理化学性质；
- ◆ 薄膜沉积工艺（包括 ALD、CVD、PCD 等）的主要作用是在现有材料的表面制作新的一层材料，用以后续加工；
- ◆ 光刻的作用是通过光照在材料表面以光刻胶留存的形式标记出设计版图（掩膜版）的形态，为刻蚀做准备；
- ◆ 刻蚀的作用是将光刻标记出来应去除的区域通过物理或化学的方法去除，以完成功能外形的制造；
- ◆ CMP 工艺的作用是对材料进行表面加工，通常在沉积和刻蚀等步骤之后；

- 清洗的作用是清除上一工艺遗留的杂质或缺陷，为下一工艺创造条件；
- 量测的作用主要是晶圆制造过程中的质量把控。

集成电路就在沉积、光刻、刻蚀、抛光等步骤的不断重复中成型，整个制造工艺环环相扣，任一步骤出现问题，都可能造成整个晶圆不可逆的损坏，因此每一项工艺的设备要求都很严格。

如果把芯片比作一幅平面雕刻作品，那么光刻机是打草稿的画笔，刻蚀机则是雕刻刀，沉积的薄膜则是用来雕刻的材料。光刻的精度直接决定了元器件刻画的尺寸，而刻蚀和薄膜沉积的精度则决定了光刻的尺寸能否实际加工，因此光刻、刻蚀和薄膜沉积设备是芯片加工过程中最重要的三类主设备，占前道设备的近 70%。

图2：典型晶圆加工厂的厂房区域布局



资料来源：《半导体制造技术》，东兴证券研究所

注：剪头代表硅片流程

后道设备可以分为封装设备和测试设备，其中封装设备包括划片机、装片机、键合机等，测试设备包括中测机、终测机、分选机等。

后道设备的功能较易理解，划片机将整个晶圆切割成单独的芯片颗粒，装片机和键合机等完成芯片的封装，测试设备则负责各个阶段的性能测试和良品筛选。

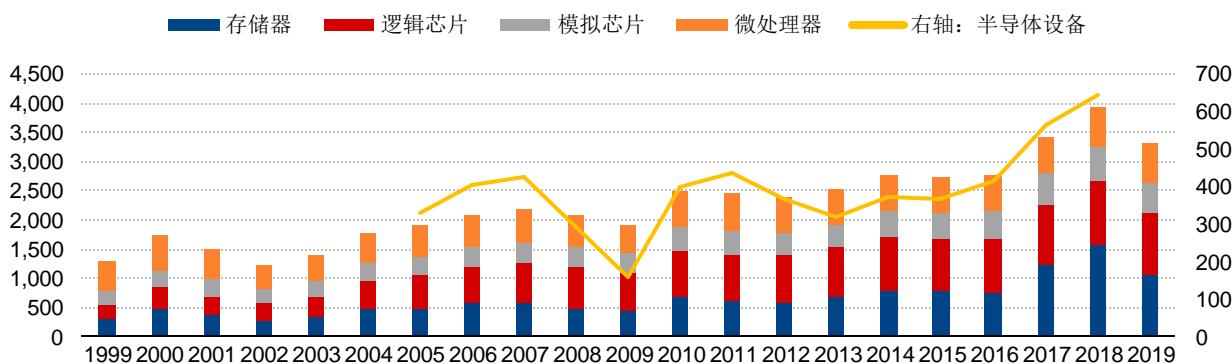
1.3 半导体设备市场高度集中

1.3.1 市场空间随下游半导体变化

根据日本半导体制造业协会统计，2018 年全球半导体设备销售额为 645 亿美元。

世界半导体贸易统计协会(WSTS)的数据显示,2018年全球半导体销售额为4688亿元,其中集成电路3633亿元;2019年由于存储器降价明显,全球半导体销售额下滑为4090亿美元,其中集成电路3304亿美元。近些年来半导体设备的销售额与集成电路销售额的波动大体同步,也体现了行业资本投资存在一定周期性。

图3: 全球半导体设备销售额和集成电路销售额(单位:亿美元)

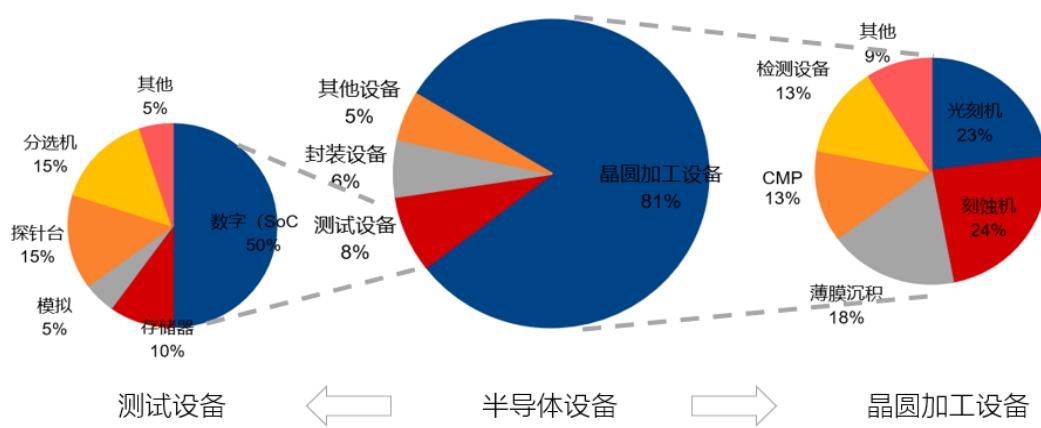


资料来源: 日本半导体制造业协会, WSTS, Wind, 东兴证券研究所

1.3.2 细分领域市场多为寡头垄断

半导体设备中晶圆加工设备价值占比超过80%,其余为封装和测试设备。在晶圆加工设备中,光刻机、刻蚀机和薄膜沉积设备三类主要设备合计价值占比接近70%。

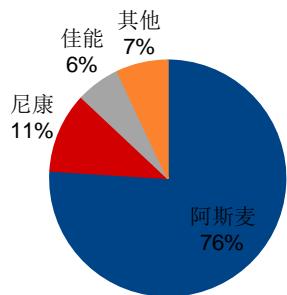
图4: 2017年半导体设备和晶圆厂设备市场份额



资料来源: SEMI, 中微公司招股说明书, 东兴证券研究所

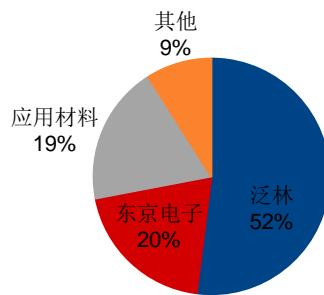
全球半导体设备市场高度垄断,其中最重要的设备制造厂商包括阿斯麦(ASML)、应用材料(Applied Materials)、东京电子(Tokyo Electron)、泛林半导体(Lam Research)、科磊半导体(KLA-Tencor)、迪恩士(SCREEN)、日立高新(Hitachi)、泰瑞达(Teradyne)、爱德万(Advantest)等等。这些厂商通常专注于某个领域,并在擅长的领域拥有较高的市场份额。

图5：2018年光刻机市场份额



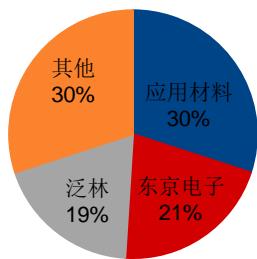
资料来源：Gartner，鲸准《2019集成电路行业研究报告》，东兴证券研究所

图6：2018年刻蚀机市场份额



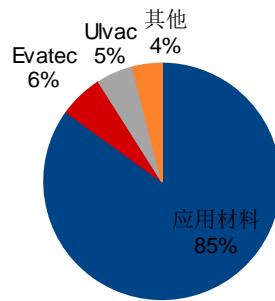
资料来源：Gartner，鲸准《2019集成电路行业研究报告》，东兴证券研究所

图7：2018年CVD市场份额



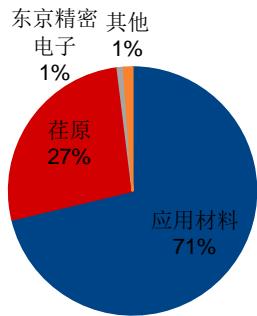
资料来源：Gartner，鲸准《2019集成电路行业研究报告》，东兴证券研究所

图8：2018年PVD市场份额



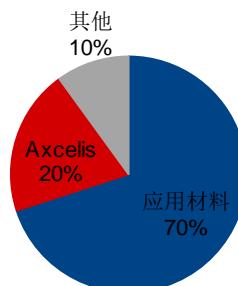
资料来源：Gartner，鲸准《2019集成电路行业研究报告》，东兴证券研究所

图9：2017年CMP市场份额

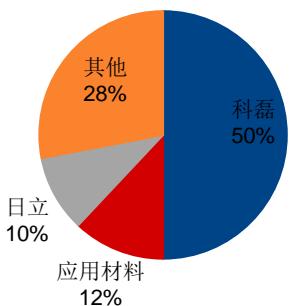


资料来源：《电子产品世界》，东兴证券研究所

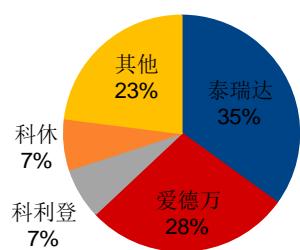
图10：离子注入机全球市场份额



资料来源：前瞻产业研究院，东兴证券研究所

图11：前道晶圆检测设备市场份额


资料来源：中国产业信息网，东兴证券研究所

图12：2017年后道检测设备市场份额


资料来源：华商情报网，东兴证券研究所

表2：2018年前六大半导体设备公司主要产品分布

	阿斯麦	应用材料	泛林	东京电子	科磊	SCREEN
光刻机	√					
涂胶显影				√		
刻蚀机		√	√	√		
清洗		√	√	√		√
热处理		√		√		
ALD		√	√			
CVD		√	√	√		
PVD		√				
离子注入		√				
CMP		√				
前道检测		√				√

资料来源：东兴证券研究所

表3：全球前六大半导体设备厂商历年市场份额

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
应用材料	17.1%	17.9%	15.6%	17.3%	18.1%	17.4%	18.2%	18.8%	19.2%	17.6%
阿斯麦	10.3%	14.1%	16.0%	14.0%	17.6%	16.5%	14.8%	14.2%	14.8%	16.0%
东京电子	10.9%	12.4%	12.6%	12.2%	10.5%	11.8%	11.2%	11.4%	12.7%	13.5%
泛林	5.6%	7.1%	5.7%	7.3%	10.0%	10.3%	12.5%	11.9%	14.0%	13.4%
科磊	6.4%	5.8%	6.4%	7.2%	7.1%	6.1%	6.0%	6.1%	5.5%	5.3%
SCREEN	7.9%	6.1%	6.4%	5.9%	5.9%	4.7%	4.5%	4.9%	4.1%	4.1%
合计份额	58.2%	63.4%	62.7%	63.9%	69.1%	67.0%	67.3%	67.3%	70.3%	69.8%

资料来源：Bloomberg，东兴证券研究所

主要的设备厂商中，阿斯麦在光刻机领域拥有绝对优势，应用材料、东京电子和泛林半导体则在刻蚀和薄膜沉积等领域寡头垄断，而科磊和迪恩士等则利用其在某项领域的技术优势获得一定市场份额。从市场份额情况可以看出，光刻机、刻蚀机和沉积设备三类主设备厂商拥有绝对的优势。

2. 半导体设备行业需要理解的三个问题

2.1 为何设备企业在客户集中度很高的情况下仍拥有定价权？

2018 年全球半导体设备销售额为 645 亿美元，仅四家晶圆厂（台积电，三星，海力士，美光）的采购额就接近 450 亿美元，半导体设备的客户集中度极高。依照产业经济学的一般规律，下游客户集中度越高，行业的定价权越弱，然而半导体设备却打破了这个规律。近年来，半导体设备的增速往往快于整个半导体行业的增速，半导体设备在整个产业链中拥有越来越多的定价权。我们认为主要原因有三点：产业链复杂，技术进步快，转换成本高

2.1.1 工艺复杂和分工细化提升设备厂商话语权

在通常的制造产业链中，如果客户集中度高，上游设备厂的议价能力往往会大幅减弱。电池产业链就是个很好的例子，虽然电池生产商集中程度和半导体类似，但电池设备生厂商的议价能力非常弱，有时电池厂商与设备生产商共同开发出一款设备，专利归属电池厂而非设备商。但半导体设备从未出现过类似的情况。

在制造业中，产业链步骤越多，上游材料设备的话语权越强。电池生产与半导体生产最大的区别在于其生产步骤数量。电池生产只需要几十步流程，电池生产商在生产自己产品的同时，完全有余力去做上游的设备和材料。然而半导体的生产流程动辄需要几千步，晶圆厂将产品经过几千步的工艺过程制造出来，良率达到一定的标准，需要花费大量的精力，没有余力去做上游设备及材料的开发。因此，晶圆加工厂宁愿为设备厂商让渡更多利润，来获得设备厂最新的产品和持续的技术支持，设备厂商从而拥有更高的定价权。

2.1.2 设备厂商承担了晶圆厂的前期研发任务

半导体生产步骤复杂是半导体设备利润率高的原因之一，但是半导体设备厂和下游晶圆制造厂相互配合的研发模式也是设备行业常年高利润的另一个原因。

半导体设备的供应对于晶圆加工厂来说不仅仅是产能的提升，更是制程精进的基础，设备企业对于晶圆加工厂来说更像是外置的研发中心。

如今的芯片加工以纳米为尺度，在微观世界中很多基础理论还尚未完善，设备精度的每一次提升都伴随着大量的基础理论和应用技术的研究。在晶圆加工过程中动辄上千步的晶圆加工工艺开发已然令晶圆厂应接不暇，将设备研发的任务和风险转交给设备厂商是晶圆厂更明智的选择。因此，晶圆厂不但不会试图压低设备厂商的利润，还会主动提供资金和资源支持新设备的研发。

2.1.3 设备定制化带来极高客户粘性和转换成本

设备出厂到晶圆厂产线通常还需要一段时间的安装和调试。由于晶圆加工工艺各有不同，部分设备是高度定制化的，设备需要针对晶圆厂要求进行特殊的研究和设置。完整的工艺开发需要设备厂和晶圆厂合作完成，已经成熟的工艺如果更换设备，会需要重新投入大量的人力和财力，并且承担未知的风险，因此晶圆厂对于设备通常具有较高粘性。

2.2 为何光刻一家独大，刻蚀寡头垄断？

一方面，半导体设备整体市场规模不大，各类设备市场规模多在几十亿美元，最高的光刻和刻蚀也只到百亿美元的规模；另一方面，半导体设备属于技术门槛极高的行业，需要较多的技术积累和持续的高研发投入。因此，无论是整个行业还是某个子领域，市场均呈现高度集中。然而我们发现，同作为主设备，光刻与刻蚀的竞争格局却不太相同，在光刻领域呈近乎完全垄断的竞争格局，然而在刻蚀领域却呈现寡头竞争的竞争格局，我们认为导致这种竞争格局的根本原因在于这两个领域的技术变迁特点不同。

2.2.1 光刻和刻蚀技术更替的差异带来市场格局不同

浸润式光刻是干法光刻的替代技术。光刻技术限制集成电路制程发展，晶圆厂为了获得更高分辨率的光刻机煞费苦心。80年代，尼康在光刻领域占有垄断地位，此时光刻领域以干法光刻为主。2000年，更高分辨率的浸润式光刻取代了干法光刻，因此阿斯麦也取代了尼康佳能在光刻领域的霸主地位。

ICP 刻蚀并不是 CCP 刻蚀的替代技术，而是各有所长，侧重了不同工艺步骤。ICP 技术是刻蚀底层器件的，CCP 技术是刻蚀上层线路的。集成电路结构中既有底层器件又有上层线路，ICP 在发明之初就与 CCP 技术共存。集成电路的底层器件只有一层，光刻技术在 20nm 以上可以在底层器件上做到绝对精确，所以只需要用一次 ICP 工艺，然而集成电路的上层线路却有几十层之数，需要用到几十次 CCP 刻蚀，所以 20nm 以前的刻蚀设备以 CCP 为主，擅长 CCP 刻蚀的应用材料一家独大。然而 20nm 以下，由于光刻的精度达到了极限，需要用多重刻蚀+薄膜的技术在集成电路的底层器件上实现要求的精度，ICP 在底层器件上的使用次数一下暴增，这就造成了近年擅长 ICP 刻蚀的泛林半导体超越了应用材料，成为刻蚀领域的龙头。然而 CCP 的需求一直还存在，并没有被 ICP 取代，所以应用材料仍旧保有一定的刻蚀领域的市场份额。

2.2.2 光刻：新旧技术替代带来完全垄断

荷兰的阿斯麦是光刻机市场上的霸主，市占率超过 70%。虽然尼康和佳能还具有一定市场份额，但在主流的逻辑芯片加工领域，尼康和佳能完全无力和阿斯麦竞争。

在 2000 年之前，光刻机市场还不是这样的局面。60 年代末，尼康和佳能开始制造光刻机，彼时的光刻机的复杂程度和相机差不多。**1984 年阿斯麦成立时，光刻机还是尼康的天下，市场份额一度超过 50%，而阿斯麦的份额常年不超过 10%。**

90 年代，光刻机开始了光源波长的竞争。光刻机将掩膜版上的图形刻画到晶圆上，利用的就是光走直线性质。但是微观世界下光的衍射作用会使光线不一定走直线，这直接影响光刻机的最高分辨率，若要提高分辨率就需要缩小光源的波长。到 90 年代末，193nm 波长的 DUV（深紫外光）光刻机也已经研制成功，但人们迟迟没能完成下一代的 157nm 波长产品的研发。就在此时，时任台积电研发副经理的林本坚提出了利用水的折射缩短光波长的方案，即后来的“浸没式光刻”。但是业界龙头尼康不愿意放弃前期在 157nm 波长研发上投入的巨额成本，拒绝了林本坚的方案，只有阿斯麦决定押注这个方向。2004 年，阿斯麦和台积电共同研发的浸没式光刻机诞生，由于是在成熟的 193nm 技术上改进的，设备稳定性和改造成本明显优于尼康同时推出的 157nm 干式刻蚀机。阿斯麦的市场份额随之大幅提升，从原来的不到 10% 到 2009 年达到了 70%，成为绝对的领先者。尼康在此关键节点上的决策错误使其在短短几年时间内失去了行业领先地位。

真正奠定阿斯麦霸主地位的是 13.5nm 波长 EUV（极紫外光）光刻机的研发。EUV 光刻机早在 90 年代就已经提出，由于其技术难度高，英特尔说服美国政府成立了 EUVLCC 这个合作研发组织。由于美国政府的阻挠，

尼康被排除在外，而阿斯麦则在做出一些列承诺后加入组织。EUV 光刻机的研发可谓集中了欧洲和美国的最先进技术，英特尔、三星、台积电等也纷纷入股阿斯麦，独立研发的尼康也无力再参与竞争。2019 年，历时 20 年研发的 EUV 光刻机终于应用于产线，它的诞生将大幅缩减 7nm 和 5nm 制程的工艺步骤。

如今，用于先进制程逻辑芯片的浸没式 193nm DUV 和 EUV 光刻机基本被阿斯麦垄断。尼康和佳能只在 193nm 以下的领域拥有一定份额，这些设备主要用于对制程需求不高的领域，如存储器、模拟芯片、功率半导体以及普通逻辑芯片等。

表4：历代主流光刻机的主要特点

应用年代	光源	波长 (nm)	设备类型	最小分辨率	可实现制程
1980 年代早期	汞灯光源	g-line	436	接触式/接近式	230nm
1990 年代初期	汞灯光源	i-line	365	接触式/接近式	220nm
1990 年代后期	KrF 准分子激光	DUV	248	扫描投影式	80nm
2000 年代初期	ArF 准分子激光	DUV	193	进步扫描投影式	65nm 55nm
2000 年代中期	ArF 准分子激光	DUV	193 (等效 134)	浸没式进步扫描投影	38nm 10nm
2010 年代末期	EUV 光源	EUV	13.5		13nm 3nm

资料来源：东兴证券研究所

表5：2019 年前道光刻机全球出货量

光源	波长	阿斯麦	尼康	佳能	合计
EUV	13.5nm	26			26
ArFi	等效 134nm	82	11		93
ArF	193nm	22	13		35
KrF	248nm	65	4	34	103
i-line	365nm	34	18	50	102
合计		229	46	84	359

资料来源：阿斯麦/尼康/佳能公司 2019 年年报，东兴证券研究所

2.2.3 刻蚀：新旧技术共存形成寡头竞争

在全球的刻蚀设备寡头企业共有三家，分别是泛林半导体、应用材料和东京电子，而这三家也占据了薄膜沉积市场的主要份额。

这样的市场格局自然是经过多次技术变革和整合淘汰形成的。在 20 世纪 80 年代，全球至少有 20 家刻蚀设备制造商，彼时市占率最高的企业是应用材料，泛林半导体尚不足以与其抗衡。经过从 90 年代以后十几年的发展，泛林和东京电子的市场份额逐步赶超应用材料，2010 年以后泛林发展成为市场份额独占半数以上的刻蚀龙头。想要复盘这个过程，就不得不从刻蚀机的技术发展历程说起。

刻蚀机发展到干法刻蚀阶段以后，最重要的技术就是等离子体刻蚀。按照等离子体的生成方式，可以分为容性耦合等离子体 (CCP/Capacitively Coupled Plasma)、感性耦合等离子体 (ICP/Inductively Coupled Plasma)。由于等离子体产生的方式不同，刻蚀机的结构、性能和特点也存在较大的差异。其中 CCP 属于中密度等离子体，ICP 则属于高密度等离子体。CCP 技术的发明早于 ICP，但由于其特点的不同，两类技术并

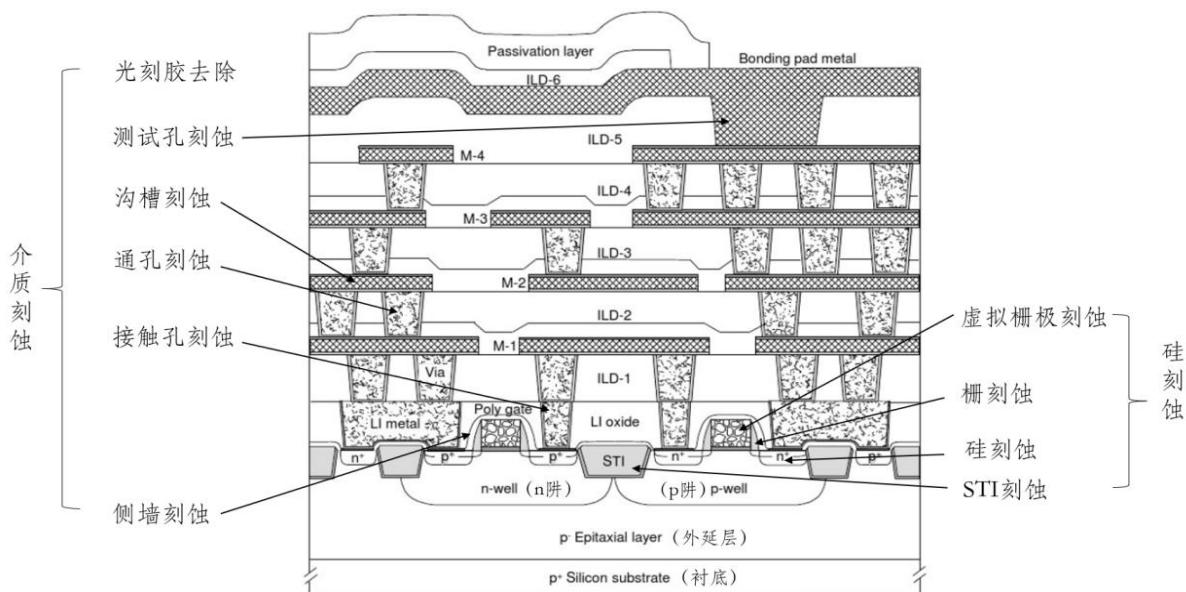
非相互取代，而是相互补充的关系。CCP 的等离子密度虽然较低，但能量较高，适合刻蚀氧化物、氮氧化物等较硬的介质材料；ICP 的等离子密度高，能量低，可以独立控制离子密度和能量，有更灵活的调控手段，适合刻蚀单晶硅、多晶硅等硬度不高或较薄的材料。

表6：两种主要等离子干法刻蚀技术的对照

技术	特点	主要应用
CCP	等离子密度：中 等离子能量：高 可调节性：较差	介质刻蚀：氧化硅、氮化硅等，形成线路 金属刻蚀：铝、钨等
ICP	等离子密度：高 等离子能量：低 可调节性：可单独调节密度和能量	硅刻蚀：单晶硅、多晶硅、硅化物等，刻器件

资料来源：东兴证券研究所

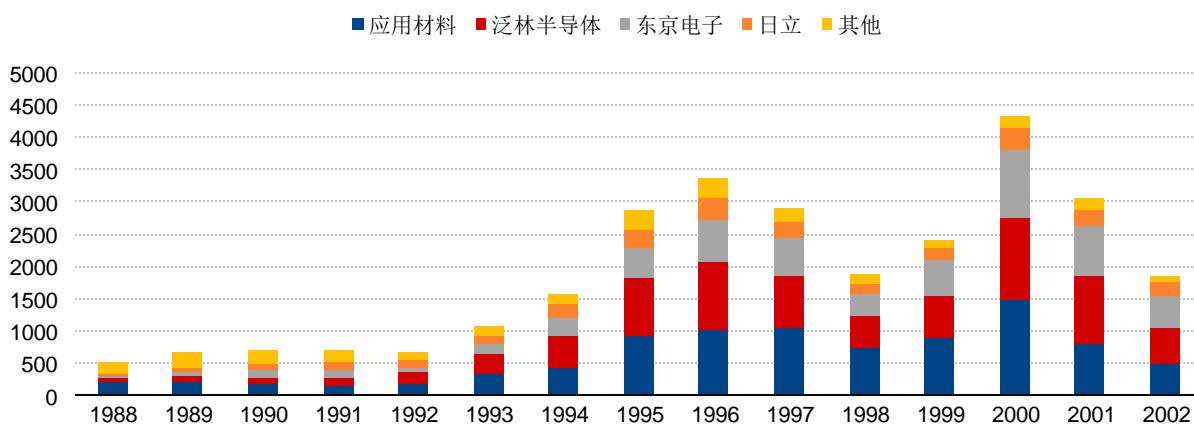
图13：典型的 CMOS 剖面示意图和部分刻蚀工艺的作用



资料来源：《半导体制造技术》，中微公司招股说明书等，东兴证券研究所

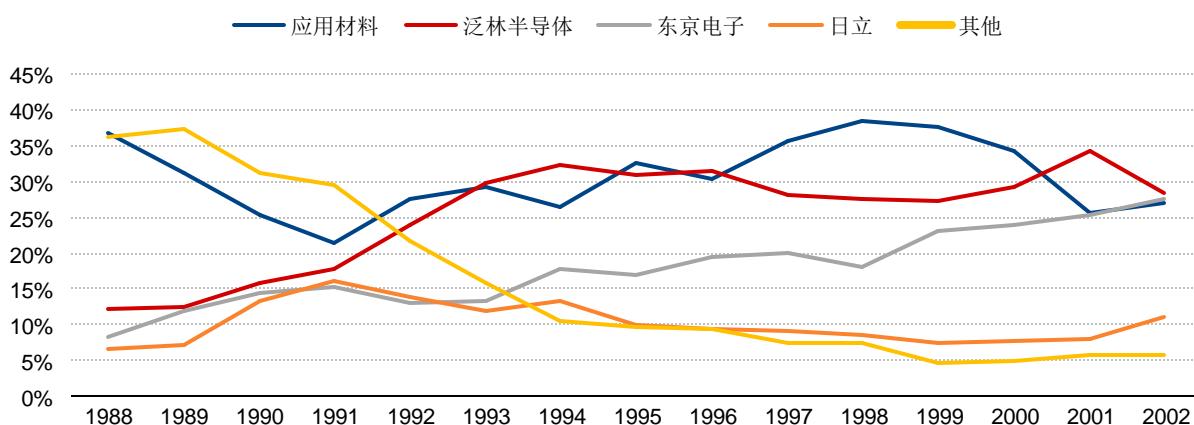
等离子体刻蚀大规模应用起始于 20 世纪 80 年代，此时的产品主要是 CCP 设备。应用材料 1981 年正式推出 CCP 干法刻蚀产品，很快取得市占率第一的地位，彼时泛林半导体刚刚成立。到 1988 年，应用材料在刻蚀市场占据 37% 的市场份额，泛林半导体占据 12%，获得泛林部分技术授权的东京电子则拥有 8% 的份额。到了 90 年代，ICP 的概念开始引入，由于感性耦合的等离子体具有更高的密度和更低的能量，可控性明显强于 CCP，随着集成电路对精细加工需求的增长，ICP 迎来巨大的需求市场，泛林的 ICP 产品性能和操作便捷性优于应用材料。在随后的几年里，泛林凭借 ICP 产品的成功市场份额逐年提升，1993 年达到 30%，首次超过应用材料，就此奠定了刻蚀产品龙头的地位。90 年代后的十几年，应用材料的 CCP 市场份额在波动中保持稳定，泛林半导体一跃成为市占率第一的龙头。

图14：1988-2002年全球刻蚀设备销售额（单位：百万美元）



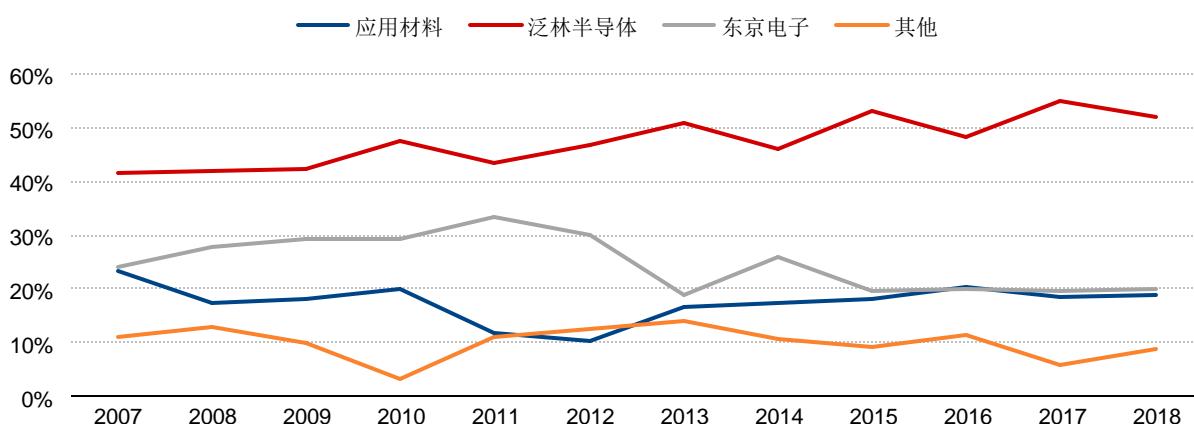
资料来源：Gartner，东兴证券研究所

图15：1988-2002年全球刻蚀设备份额变化



资料来源：Gartner，东兴证券研究所

图16：2007-2018年全球刻蚀设备份额变化

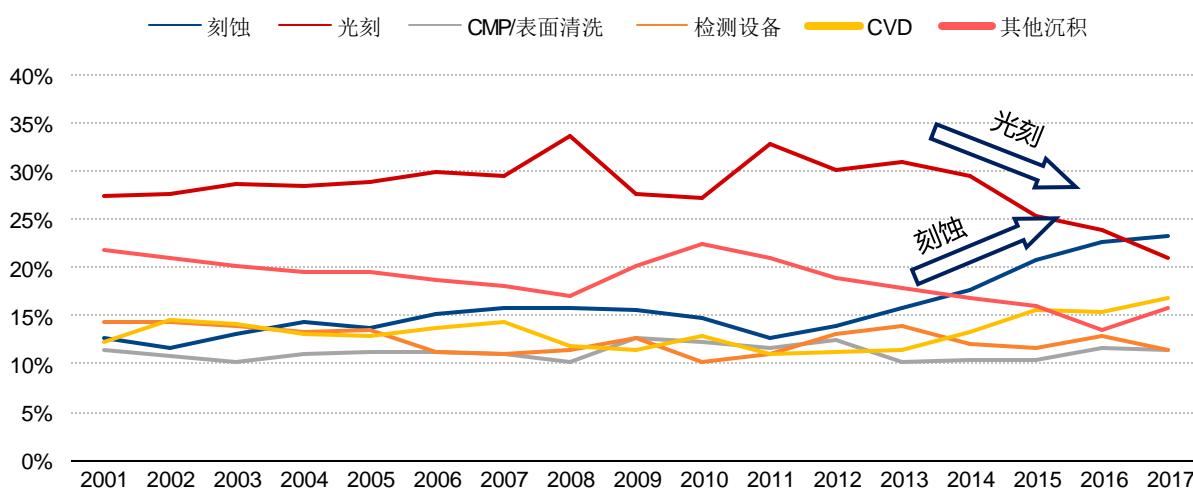


资料来源：The Information Network, Gartner，东兴证券研究所

2.3 为何近些年来刻蚀设备的价值占比不断上升？

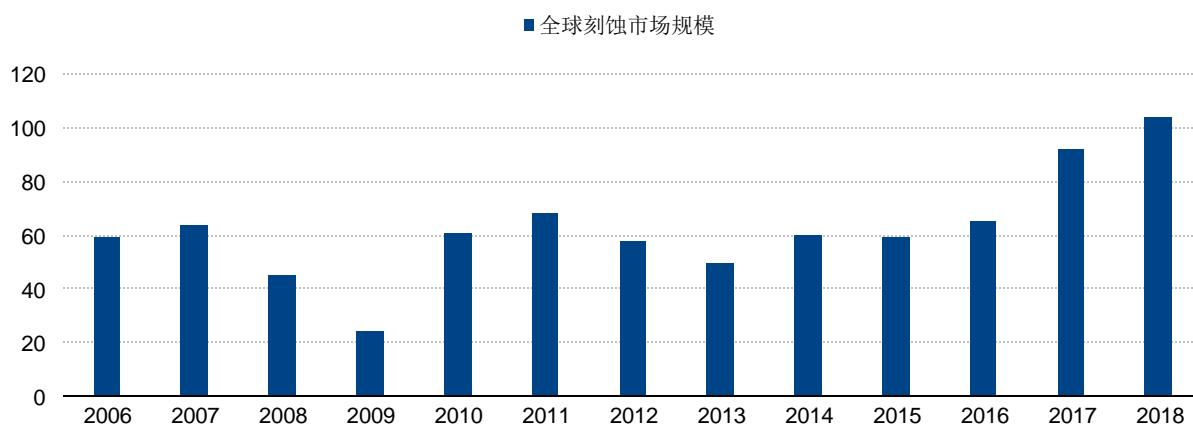
2017 年，刻蚀设备在产线中的价值占比达到 24% 左右，取代光刻机成为晶圆加工厂投资额最高的设备，2018 年刻蚀机销售额超过 100 亿美元。自 2012 年以来，刻蚀机在晶圆厂设备中的价值占比逐步提升，与之对应的是光刻机的价值占比下滑，这其中的主要原因来自于光刻机技术瓶颈和芯片结构变化带来的晶圆加工工序的调整。

图17：2001-2017 年各类设备在晶圆厂中的价值占比



资料来源：SEMI，中微公司招股说明书，东兴证券研究所

图18：全球刻蚀市场规模（亿美元）



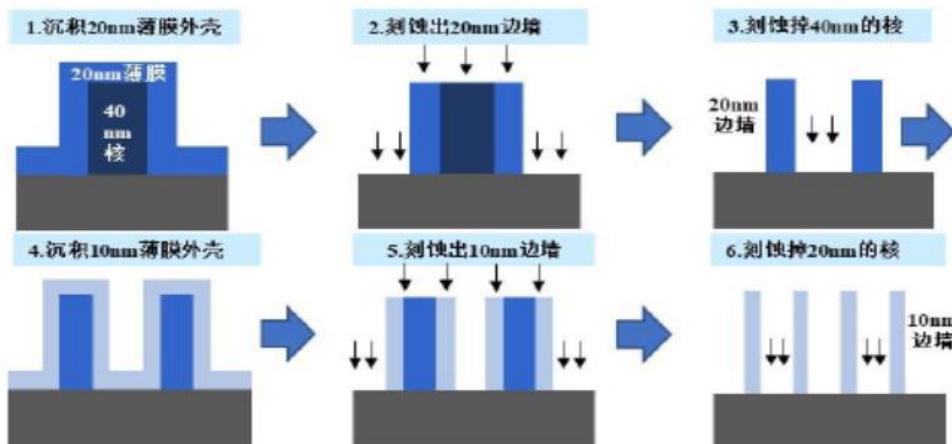
资料来源：SEMI，东兴证券研究所

2.3.1 光刻机的技术瓶颈推动刻蚀机市场发展

193nm 波长 DUV 深紫外光产品 2000 年左右就已经诞生，其理论上的最高精度为 65nm，即便后来采用浸没式光刻使得光线经过液体折射后等效波长缩小至 134nm，其理论上的最高精度也仅提升到 28nm。那么在光刻机技术停滞不前的十几年中，芯片的工艺制程又是如何提升的呢？

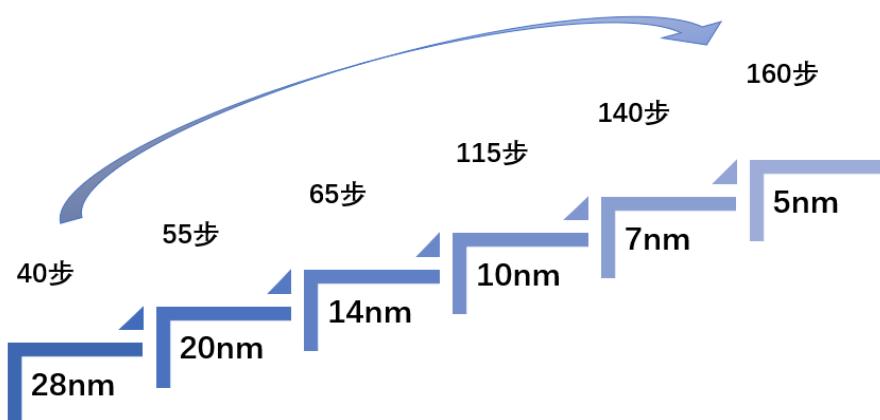
想要继续提升制程大体有两个思路，即双重光刻+刻蚀，或多重薄膜+刻蚀。具体采用哪种思路则根据工艺需求来决定，但无论用哪种思路都离不开刻蚀步骤的增加。从 65nm 制程开始，每一次制程的精进都需要大幅增加刻蚀的步骤，7nm 制程中刻蚀步骤比 28nm 增加了 3 倍。因此，近些年来刻蚀设备是半导体设备中增长最快的领域。

图19：利用刻蚀提升制造精度的方法示意图



资料来源：中微公司招股说明书，东兴证券研究所

图20：不同制程中刻蚀工艺的步骤数示意图



资料来源：东兴证券研究所

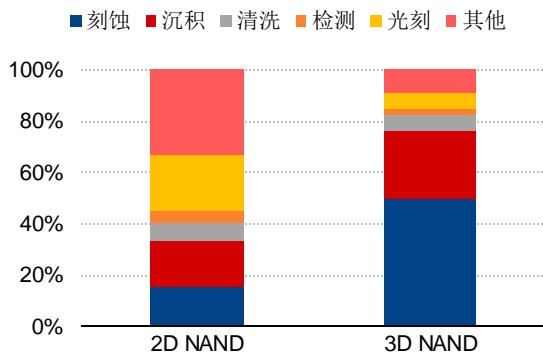
注：不同芯片工艺步数会有一定差异

2.3.2 芯片设计的变化带来刻蚀设备需求的提升

存储器是半导体销售额中占比最大的一类芯片，DRAM 和 NAND 占据超过 90%的存储器份额。存储器虽然不需要最先进的制程制造，但也都达到了 1X nm 级别（即十几纳米），刻蚀设备使用量明显增加。并且，2016 年以后，各大原厂均进入了 3D NAND 量产的时代。3D NAND 采用将存储单元堆叠的布局，需要更多的通孔和导线等的刻蚀，相比于 2D NAND 的制造，3D NAND 中刻蚀设备的支持占比由约 15% 提升到约 50%。以泛林半导体的财报披露数据来看，来自存储器厂商的营收贡献量从 2012 年的 40% 左右提升至 2019 年的 70% 左右，主要来自刻蚀设备出货量的变化。因此 3D NAND 的量产再次提升了刻蚀设备的需求。

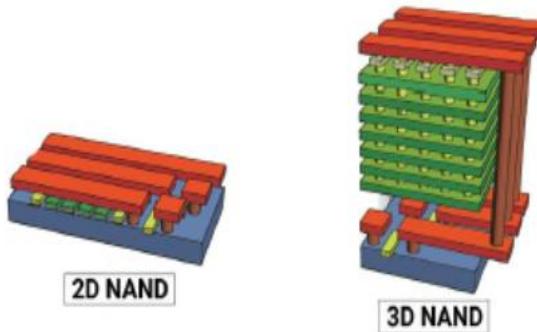
此外，随着 TSV 封装技术的应用，刻蚀设备也应用于芯片封装产线。3D 封装被认为是在摩尔定律失效的情况下提升芯片性能的有效方式，随着 3D 封装的推广，刻蚀设备可能得到更多的应用。

图21：2D NAND 和 3D NAND 设备价值占比



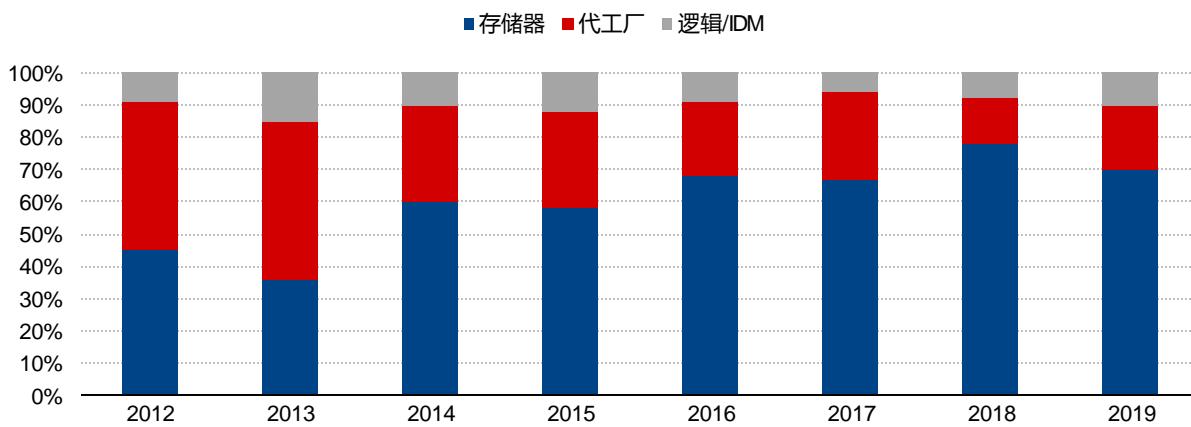
资料来源：东京电子公司官网，东兴证券研究所

图22：2D NAND 和 3D NAND 示意图



资料来源：中微公司招股说明书，东兴证券研究所

图23：Lam Research 历年下游客户占比



资料来源：LamResearch 公司 2012-2019 年财报，东兴证券研究所

3. 展望未来，国产半导体设备正在逆袭

3.1 工程师红利助力我国企业的追赶式研发

近些年来我国已经开始在各类设备中开展追赶式研发，在技术难度最高的主设备中，刻蚀机走在国产替代的最前列。我国企业受益于工程师红利，相比国外企业，拥有研发效率高，研发风险更低等优势，因此在半导体设备领域实现技术赶超的可能性不低。

表7：部分半导体设备的海外领先企业和国内追赶企业

设备	市场领先者	国内追赶者
光刻机	阿斯麦、尼康、佳能	上海微电子
刻蚀机	泛林、应用材料、东京电子	中微公司、北方华创
CVD	应用材料、泛林、东京电子	北方华创
PVD	应用材料、Evatec、Ulvac	北方华创
离子注入	应用材料、Axcelis	中信科
CMP	应用材料、荏原	华海清科、中电 45 所
氧化炉	日立、东京电子	北方华创、中电 48 所
测试机	泰瑞达、爱德万、科利登、科休	长川科技、华峰测控
探针台	东京电子、东京精密	长川科技

资料来源：东兴证券研究所

首先，追赶式研发风险相对更低。

领先企业在新产品研发的过程中通常要承担两个类型的风险，一类是技术研发失败的风险，一类是对市场技术路线判断失误的风险。由于高研发投入带来的沉没成本，市场判断失误往往会使企业失去优势。对于技术追赶者来说，技术路线市场方向已经被先行者确定，研发风险会相对低一些。

先行者为了保持其优势往往申请大量相关领域的专利，追赶者最主要的难度集中在如何在规避现有专利限制的情况下实现技术贯通。

其次，我国企业人工成本低，研发效率高。

虽然半导体设备成本中直接人工占比较低，但厂家的竞争力来自于研发的效率，研发的人工成本依然会直接影响公司的竞争力。据估计，美日等发达国家一般工程师的平均薪水是国内的三到四倍，国内厂商在研发团队组建时成本优势明显，对于资金并不雄厚的追赶者来说这是一个不可忽视的利好。只要在某项重点领域中实现对于国外企业的比较优势，我国企业就有机会实现技术替代。

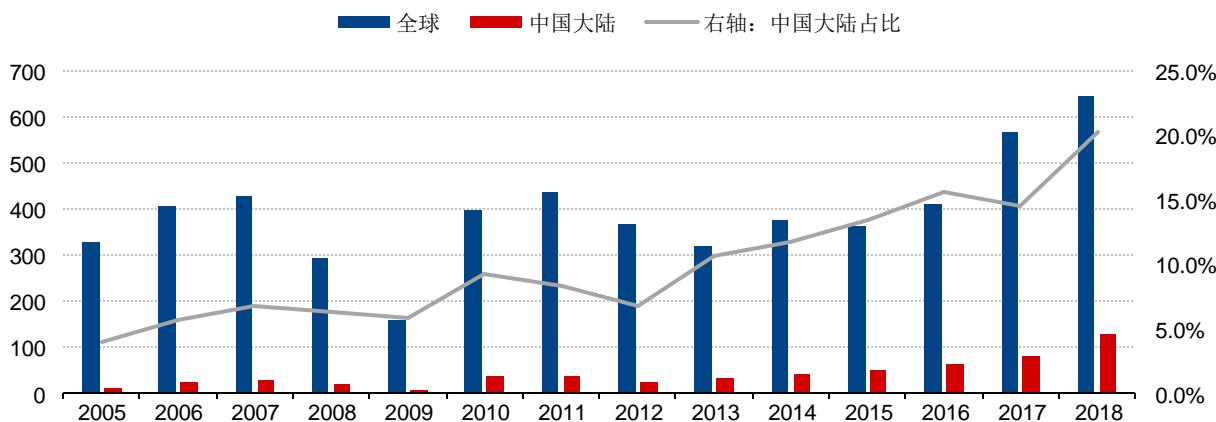
此外，受国情因素的影响，我国研发人员工作时长普遍高于发达国家的现象也是客观存在的，这也有利于国内企业研发效率的提升。

3.2 半导体产业链中国转移和存储器国产化是重大机遇

3.2.1 半导体产业链转向中国，突破国内客户是第一步

国产替代大趋势创造有利市场环境。

海外龙头企业的快速增长伴随着全球半导体市场的高速增长。2000 年以后，全球设备市场增速有所放缓，但中国大陆半导体产业刚刚起步。2005 年中国大陆半导体设备销售额约 13 亿美元，2018 年上升至 131 亿美元，全球占比从 4% 增长至 20%，尤以 2016 年以后投资增加明显。国际半导体产业协会（SEMI）估计，2020 年中国半导体设备的投资额可能达到 200 亿美元，是全球投资最高的国家。

图24：全球的半导体设备销售额和中国大陆半导体设备销售额（亿美元）


资料来源：Wind, 东兴证券研究所

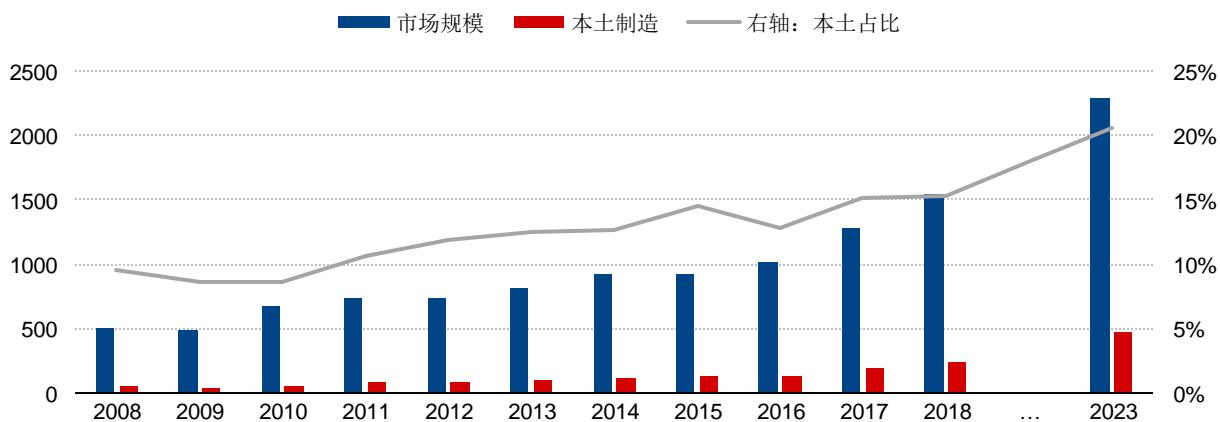
根据 IC Insights 的报告，2018 年底中国大陆的晶圆厂产能 236.1 万片/月，占全球的 12.5%，比 2017 年底的 10.8% 增加了 1.7 个百分点。2018 年中国本土制造的芯片价值量约占本土销售额的 15%，到 2023 年可能提升至 20%。随着全球半导体产业链向中国的转移，抓住国内客户是国产设备企业实现突破的第一步。

表8：2018年底全球晶圆加工产能分布（8寸当量）

国家/地区	产能（千片/月）	全球占比
中国台湾	4126	21.8%
韩国	4033	21.3%
日本	3168	16.8%
北美	2426	12.8%
中国大陆	2361	12.5%
欧洲	1138	6.0%
其他	1646	8.7%
总计	18897	

资料来源：IC Insights, 东兴证券研究所

图25：中国芯片市场规模和中国芯片本土制造市场规模（亿美元）



资料来源：IC Insights, 东兴证券研究所

国内用户的对国产厂商的支持是空前的。

在自由流通的市场中，下游客户很难愿意牺牲自身的经济利益去培植新的供应商，因而寡头企业拥有的大量客户资源和用户反馈信息是其他竞争者难以逾越的优势，这在以研发为主导的高技术行业尤为明显。但是，对中国来说，自由公平的市场也许并不能轻易获得。2018年的美国制裁中兴事件让人们猛然惊醒，即便是和平年代我们也可能失去核心产品的供给，而随后到来的华为事件和“实体清单”更是让全社会形成共识，关乎国民经济的核心技术和供应链必须掌控在自己手中。

半导体设备和材料位于制造业生态链的顶端，一旦美国将制裁力量伸向设备和材料领域，我国制造业的损失将是极其惨重的。在这种情况下，培育我国自己的半导体设备和材料制造商成为整个半导体行业的共识，整个产业链让渡一部分利益去支持国内设备厂商研发成为现实可能。

3.2.2 存储器国产化为我国刻蚀机厂商带来机遇

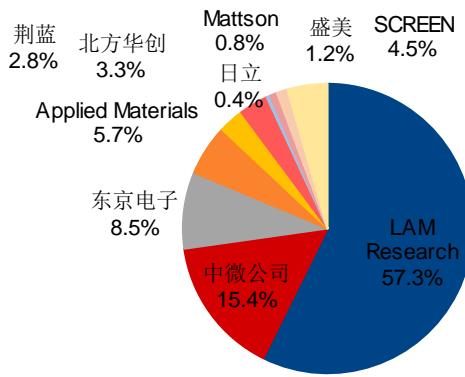
首先，存储器并不需要最先进的制程，现有的193nm浸没式光刻机已经足够，短期内不会出现因EUV的应用而减少刻蚀工艺的情况。以当前设备市场的形势看，光刻机国产替代的难度较大，同为主设备的刻蚀机是率先国产替代的好方向。

其次，存储器晶圆厂带来了刻蚀设备最大的增量投资，新建存储器产线上刻蚀机的价值量达到50%。根据计划，长江存储总投资将达到1600亿元人民币，合肥长鑫投资超过1500亿元人民币，为国内刻蚀机厂商提供可观的增量市场。

第三，新建厂商还未形成客户粘性。由于国内的长江存储和合肥长鑫均属于全新兴建的厂商，与所有设备厂商均不存在以往的合作，国内企业响应迅速的优势将有所体现。在用户的有意培养下，国内刻蚀机厂商有望与存储器厂商共同成长。

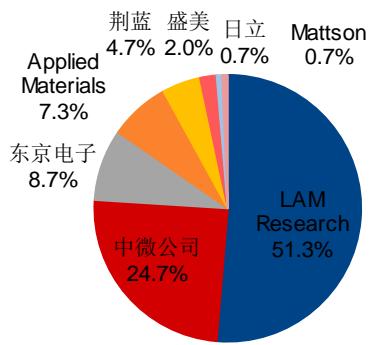
中微公司和北方华创是我国刻蚀机企业，在国内客户的认证中已经取得一定成绩。截至2020年2月底，长江存储已公布的中标信息中，中微公司的刻蚀机中标数量占比15%，仅次于泛林半导体排名第二，高于东京电子和应用材料。分领域来看，中微公司在其擅长的介质刻蚀领域中排名第二，份额均远高于全球市场份额。

图26：长江存储刻蚀机中标总数量占比（截止 2020 年 2 月底）

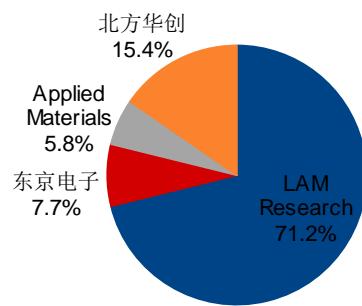


资料来源：必联网，东兴证券研究所

图27：长江存储介质刻蚀设备中标数量占比(2020年2月底) 图28：长江存储硅刻蚀设备中标数量占比（2020年2月底）



资料来源：必联网，东兴证券研究所



资料来源：必联网，东兴证券研究所

3.2.3 从专一突破到平台整合是我国企业应借鉴的成长之路

专注某一领域做大做强，再并购整合其他业务，是应用材料和泛林半导体的等国际巨头共同的成长路径。

应用材料在成立之初作为设备生产商业绩增长迅速，1974 年公司收购一家硅片生产公司将公司的业务拓展至硅片制造领域。然而这次收购并没有为公司带来应有的收益，反而因半导体行业的不景气使公司连续三年亏损。1977 年，新上任的 CEO 决定出售硅片业务，专注半导体设备的研发。经过改革后，公司重回快速增长，到 1992 年成为世界第一大半导体设备公司。90 年代以后，应用材料通过一些列收购将业务扩展至量测、CMP 等领域，并巩固和增强了其在沉积、刻蚀、离子注入等主设备领域的地位，成为拥有产品线最全面的半导体设备龙头。

泛林半导体在成立之初专注于刻蚀设备的生产，初步取得一定市场份额后，在 90 年代将业务拓展至 CVD 和 FPD（显示面板）领域。但是业务的拓展并没有为公司带来应有的收益，反而分散了公司的业务焦点，导致

1998 年公司亏损 1.45 亿美元。经过痛彻思考后，公司决定在停止 CVD 和 FPD 业务，整合资源专心研发刻蚀设备。2007 年以后，公司在刻蚀领域的地位无可撼动，这才重新将业务拓展至清洗和 CVD 等领域。

我国企业在追赶之初同样应该参照国际巨头的成长模式，集中力量专注于某一领域的研究。在主设备厂商中，相比于全平台式布局，专一于某一领域的策略更接近于国际巨头在初期的发展路径。刻蚀设备作为三大主设备之一，进入客户产线后可拥有一定的话语权，甚至影响客户对其他设备的采购。国内走在前列的刻蚀设备厂商，有希望在刻蚀机领域率先形成对国际巨头的威胁，并且更有可能在未来整合国内资源，集中优势进行国际客户突破。

4. 风险提示

外部环境发生重大变化，我国半导体行业下游需求不及预期，长江存储扩产进度不及预期，国内晶圆代工厂扩产进度不及预期，海外客户拓展不及预期等。

相关报告汇总

报告类型	标题	日期
行业年度	电子元器件行业报告：国产替代路径明确，消费电子亮点纷呈	2020-01-10
行业深度报告	电子元器件行业报告：PCB 行业景气上行，竞争格局向好强者恒强	2020-01-02
产业报告	半导体装备产业：国产化前途光明	2019-05-21
公司财报点评	中微公司（688012）：三季报业绩亮眼，充分受益国产替代	2019-10-29
新股定价报告	中微公司（688012）：半导体设备国产化领军者	2019-07-15
公司财报点评	北方华创（002371）：收入稳定增长，存货和预收账款增长明显	2019-08-15
公司财报点评	北方华创（002371）：电子工艺装备大幅增长，新产品进展顺利	2019-04-24

资料来源：东兴证券研究所

分析师简介

刘慧影

4年证券从业经验，曾在纽约一家对冲基金任TMT研究员，2017年1月加入东兴证券从事电子研究。

刘奕司

美国德克萨斯州立大学达拉斯分校，模拟/射频芯片设计方向。曾任中电华大和紫光国微芯片设计工程师。

2年证券从业经验，2019年加入东兴证券。

研究助理简介

吴天元

金融硕士，本科毕业于哈尔滨工业大学，获工学学士，曾就职于中广核集团担任核电工程师，2019年加入东兴证券从事电子行业研究。

吴昊

北京航空航天大学材料工程硕士，2019年加入东兴证券研究所，从事电子行业研究。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告的观点、逻辑和论据均为分析师本人研究成果，引用的相关信息和文字均已注明出处。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与，未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示

本证券研究报告所载的信息、观点、结论等内容仅供投资者决策参考。在任何情况下，本公司证券研究报告均不构成对任何机构和个人的投资建议，市场有风险，投资者在决定投资前，务必要审慎。投资者应自主作出投资决策，自行承担投资风险。

免责声明

本研究报告由东兴证券股份有限公司研究所撰写，东兴证券股份有限公司是具有合法证券投资咨询业务资格的机构。本研究报告中所引用信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

我公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为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。本报告版权仅为我公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发，需注明出处为东兴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本研究报告仅供东兴证券股份有限公司客户和经本公司授权刊载机构的客户使用，未经授权私自刊载研究报告的机构以及其阅读和使用者应慎重使用报告、防止被误导，本公司不承担由于非授权机构私自刊发和非授权客户使用该报告所产生的相关风险和责任。

行业评级体系

公司投资评级（以沪深300指数为基准指数）：

以报告日后的6个月内，公司股价相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

强烈推荐：相对强于市场基准指数收益率15%以上；

推荐：相对强于市场基准指数收益率5%~15%之间；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5%之间；

回避：相对弱于市场基准指数收益率5%以上。

行业投资评级（以沪深300指数为基准指数）：

以报告日后的6个月内，行业指数相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

看好：相对强于市场基准指数收益率5%以上；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5%之间；

看淡：相对弱于市场基准指数收益率5%以上。

东兴证券研究所

北京

西城区金融大街5号新盛大厦B座16层
邮编：100033
电话：010-66554070
传真：010-66554008

上海

虹口区杨树浦路248号瑞丰国际大厦5层
邮编：200082
电话：021-25102800
传真：021-25102881

深圳

福田区益田路6009号新世界中心46F
邮编：518038
电话：0755-83239601
传真：0755-23824526

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