

海外半导体设备巨头巡礼系列：  
探寻泛林（LAM）成为刻蚀设备龙头的技术 &  
成长逻辑

证券分析师：周尔双

执业证书编号：S0600515110002

联系电话：13915521100

证券分析师：李文意

执业证书编号：S0600524080005

联系电话：18867136239

二零二四年八月十五日

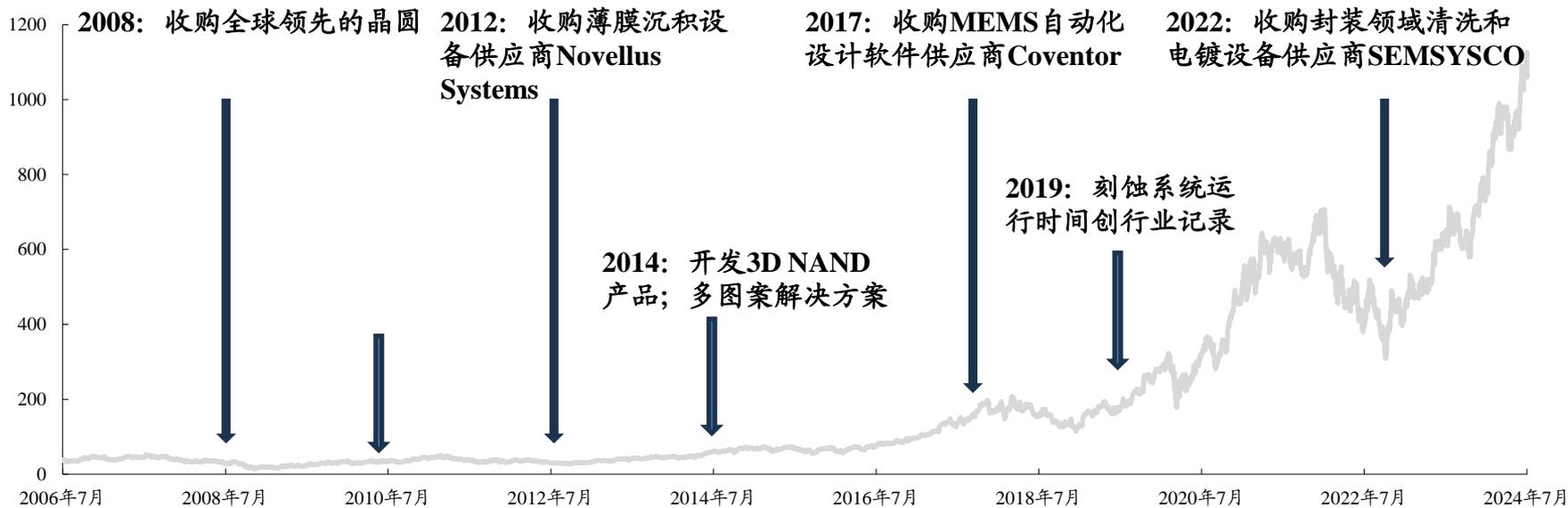


- 1 公司简介：全球半导体设备龙头，产品布局主要围绕刻蚀、薄膜沉积、清洗三大领域
- 2 行业周期：先进制程+AI发展是行业周期上行的核心驱动力
- 3 业务对标LAM，看好北方华创引领国产化替代
- 4 风险提示

## 1.1 刻蚀设备起家，并购拓展清洗&薄膜沉积

- **泛林半导体 (Lam Research)** 以刻蚀设备起家，通过自主研发和多次并购成长为半导体设备行业巨头。泛林半导体于1980年成立，1984年在美国纳斯达克证券交易所上市。公司早期深耕刻蚀设备，1981年推出首款刻蚀设备产品AutoEtch480，1992年推出首款电容耦合等离子体刻蚀机，1995年推出首款双频介质刻蚀机，不断巩固刻蚀市场龙头地位。2006年后，公司开始通过并购的方式外扩产品线，2008年收购晶圆清洁设备供应商SEZ AG，2012年收购薄膜沉积设备商Novellus Systems，自此公司形成以刻蚀、薄膜沉积、清洁为核心的三大主营业务板块。

◆ **图1：2006年后，Lam通过收购快速扩张业务领域，成就平台型巨头（单位：美元）**



—— 拉姆研究(LAM RESEARCH):收盘价(前复权)

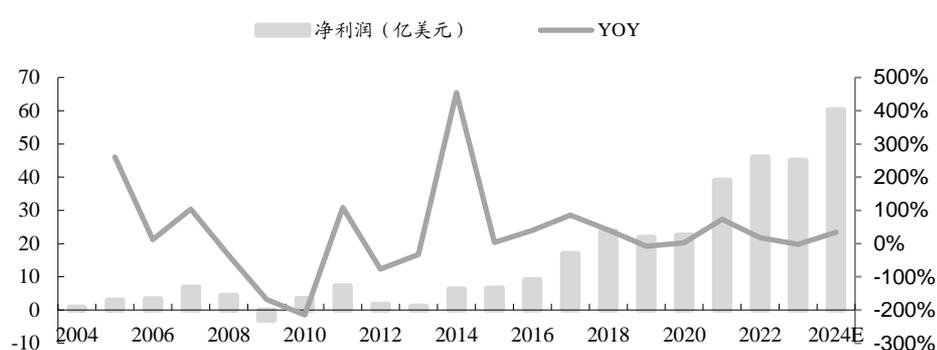
## 1.2 财务情况：公司24年收入及净利润预计同比大增

- 公司2024年收入预计增长17.2%，净利润预计增长34%。公司2023年营业收入为174.29亿美元，同比增长1.17%，2023年净利润为45.11亿元，同比下降3.06%，2023年增速下滑主要受到2H23存储器需求疲软和美国对中国晶圆制造设备管制影响。预计公司2024年收入为204.27亿元，同比增长17.2%，净利润为60.26亿元，同比增长34%，收入及净利率大幅回暖主要受到2024年市场对HBM（高带宽存储器）需求增加以及公司产品毛利率较高影响。

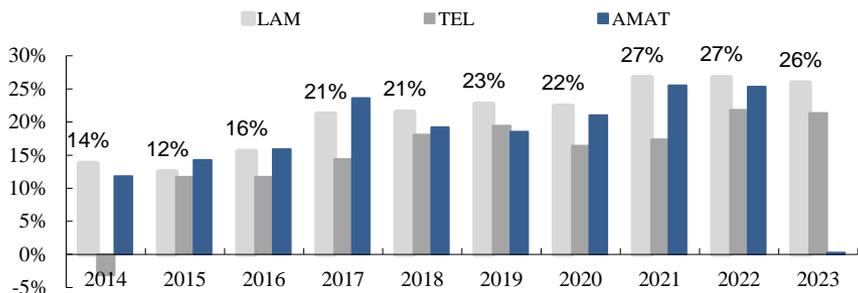
◆ 图2：Lam 2024年营业收入显著回暖



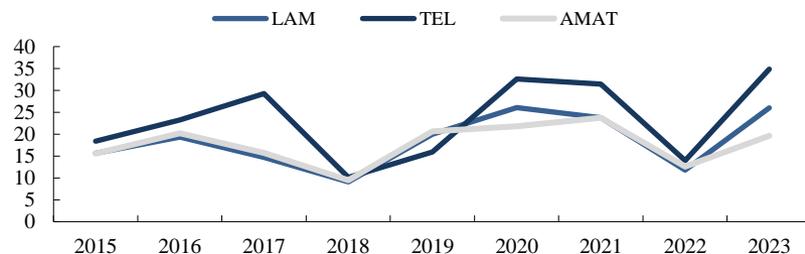
◆ 图3：Lam 2024年净利润大幅拉升



◆ 图4：Lam销售净利率自2018年后位居行业第一



◆ 图5：Lam的PE倍数处于行业合理范围



## 1.2 财务情况：中国大陆是第一收入来源

- 公司客户主要来自存储领域。存储器对于刻蚀、薄膜沉积需求量大，是公司业务最主要应用领域之一。受益于存储需求回暖，公司1Q24存储器相关业务（DRAM+NAND）共占公司营收44%，相较于23年Q1的32%有所上升。代工是公司第二大业务板块，1Q24占比44%，营收占比持平存储业务。
- 公司超八成收入来源于亚洲，中国大陆是公司第一大收入来源。24Q1中国大陆占公司总收入42%，相较于23Q1提升20pct。2022年10月，美国政府实施了对中国晶圆制造设备及相关零部件和服务的限制并将部分公司客户列入实体制裁清单，导致2023年中国大陆收入占比大幅降低。随着中国大陆存储领域DRAM需求强劲以及逻辑工艺领域对于先进制造的需求增加，中国大陆的收入占比和公司存储业务收入占比在23年底后快速上升。

图6：存储业务相较于去年同期占比显著增加

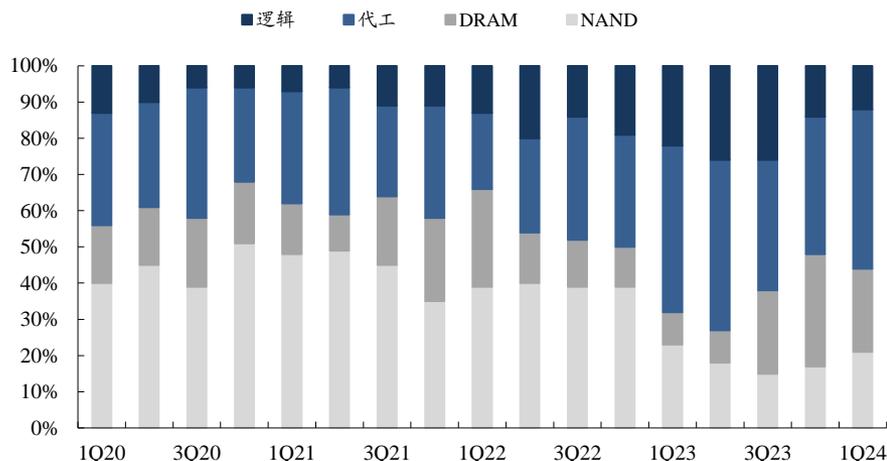
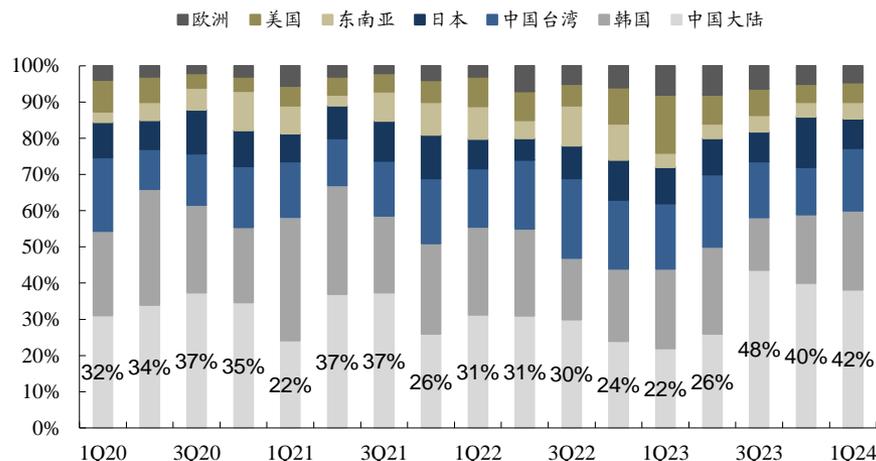


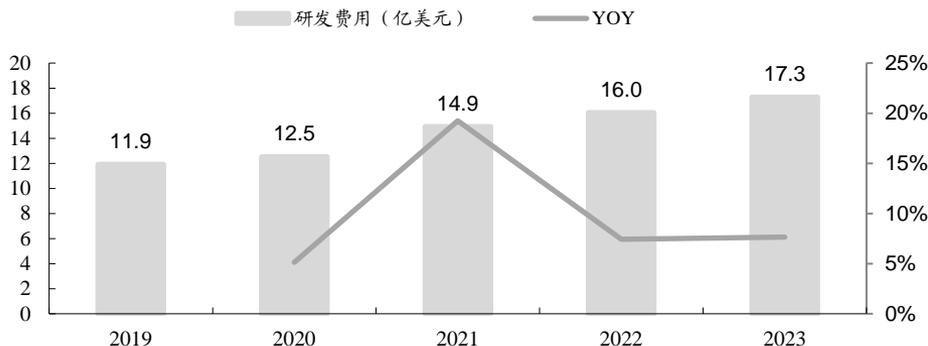
图7：中国大陆收入占比自23年底快速回升



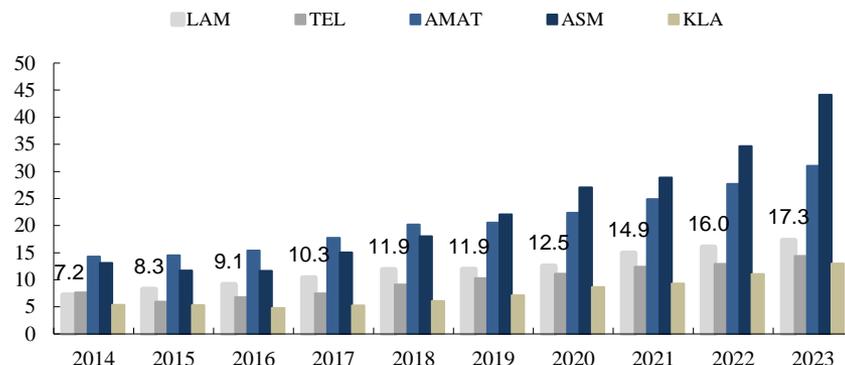
## 1.2 财务情况：公司持续加大投入研发，确保龙头地位稳固

- 公司持续在前沿沉积、蚀刻、清洁和其他半导体制造工艺方面进行大量研发投入，2023年研发费用约为17.3亿美元，同比增长7.6%，2023年研发费用率为10.9%，较22年上升2pct，仅低于AMAT不到1pct。与2022年相比，2023年研发费用增加的主要原因是员工人数增加导致员工相关成本增加4300万美元、递延薪酬计划相关成本增加2600万美元、耗材支出增加2200万美元以及折旧和摊销增加1400万美元。

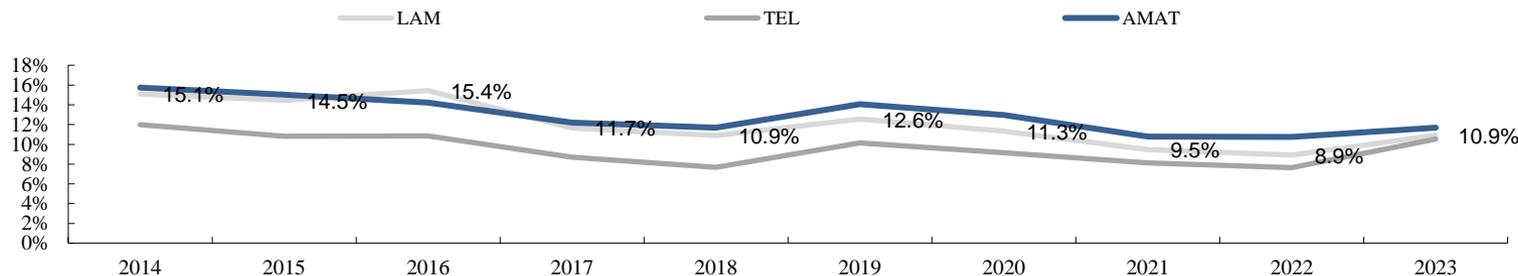
◆ 图8: Lam 长期保持高研发费用



◆ 图9: Lam 研发费用处于业内较高水平 (亿美元)



◆ 图10: Lam 2023年研发费用率较2022年上升2pct



## 1.3 公司产品围绕刻蚀、沉积、清洗三大领域布局

- 公司产品围绕刻蚀、薄膜沉积、清洗三大设备领域布局，在刻蚀设备和CVD薄膜沉积设备市场占据领先地位。在刻蚀市场，公司刻蚀工艺包括导体（金属）刻蚀、电介质刻蚀、硅通孔刻蚀。导体刻蚀工艺精确地形成晶体管等重要电气组件，电介质刻蚀工艺可以形成保护导电部分的绝缘结构，硅通孔（用于连接芯片）则形成高柱状构件。在薄膜沉积市场，公司沉积工艺可形成用于制造半导体器件的金属膜和电解质膜材料层。ECD可生成连接集成电路中器件的铜互连；ALD技术以单原子膜形式通过循环反应逐层沉积在基片表面制造薄壁层；CVD技术则通过气体分子在外部能量作用下发生化学反应并在衬底表面沉积成膜。在清洗市场，公司主要应用湿法和干法（等离子斜面清洗）两种清洗技术。湿法加工技术可用于硅片清洗、去胶和刻蚀应用。等离子斜面清洗则通过从硅片边缘清除可能会影响器件面积的无用材料，提高芯片成品率。

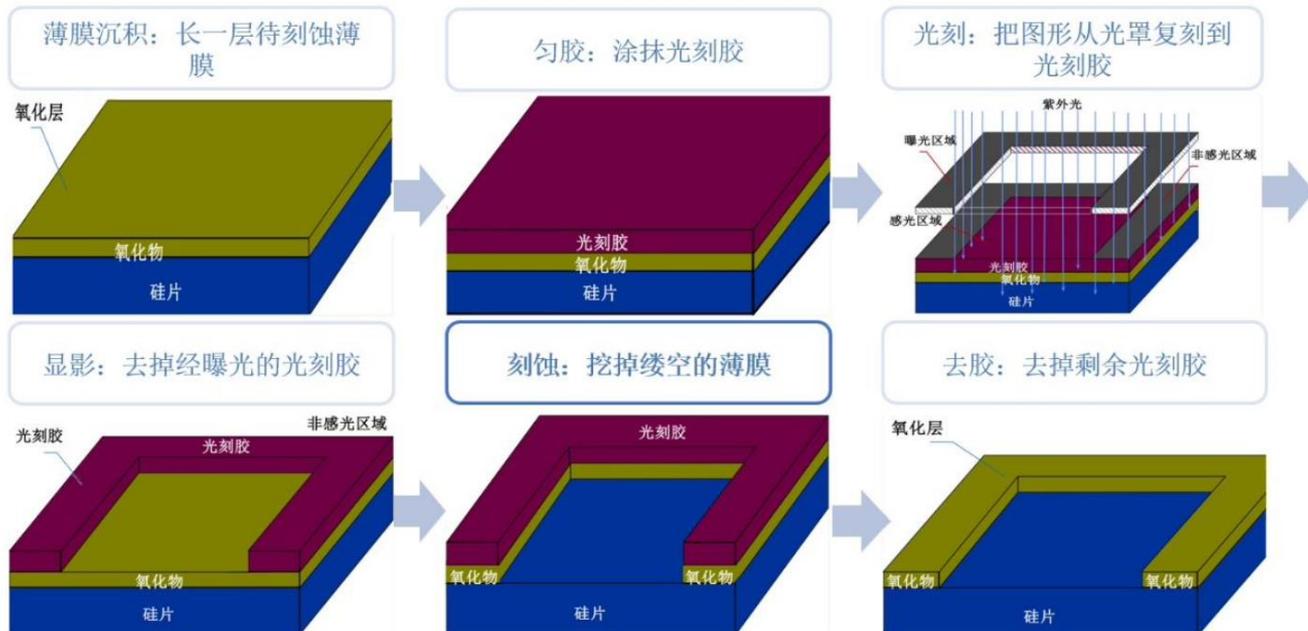
◆ 图11：公司产品主要涵盖沉积、刻蚀、清洗三大市场

市场	应用	技术	产品
沉积	金属膜沉积	电化学沉积（ECD，镀铜）	SABRE
		化学气相沉积（CVD）	ALTUS
		原子层沉积（ALD，钨丝）	ALTUS
	电介质膜沉积	等离子体化学气相沉积（PECVD）	VECTPR
		原子层沉积（ALD）	Striker
		高密度等离子体化学气相沉积（HDP-CVD）	SPEED
刻蚀	导体刻蚀	反应离子刻蚀（RIE）	Kiyo、Versys
	电介质刻蚀		Flex、Vantex
	硅通孔刻蚀（TSV）		Syndion
清洗	晶圆清洗	湿法清洗	EOS、DV-Prime、Da Vinci、SP
	晶边清洗	干法电浆清洗	Chronus

## 1.3.1刻蚀设备：半导体制造中的高价量环节

- 刻蚀设备约占集成电路芯片制造设备总资本开支的22%，是半导体制造过程中的关键环节。刻蚀是光刻之后的关键工序，指用物理或化学方法有选择地去除不需要的薄膜材料，进而形成光刻定义的电路图形。
  - （1）按照刻蚀材料主要可以分为介质刻蚀、导体（金属）刻蚀、硅刻蚀：金属刻蚀主要是对铜、铝、钨等金属刻蚀，硅刻蚀主要是对多晶硅、单晶硅刻蚀，介质刻蚀主要是对氧化硅和氮化硅刻蚀。
  - （2）按照工作原理主要可以分为湿法刻蚀和干法刻蚀：2020年干法刻蚀占刻蚀比例达90%，而湿法刻蚀各向异性较差，侧壁容易产生横向刻蚀造成刻蚀偏差，通常用于工艺尺寸较大的应用，或用于干法刻蚀后清洗残留物等。

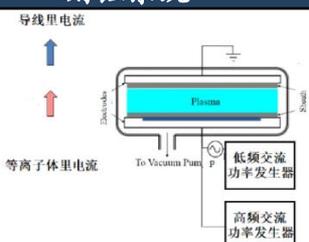
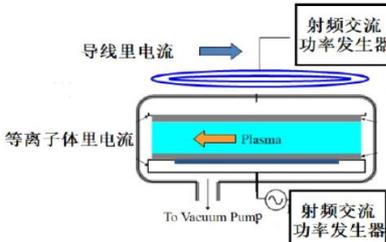
◆ 图12：刻蚀工艺将光刻后的图形从光刻胶转移到待刻蚀的薄膜上



## 1.3.1刻蚀设备：半导体制造中的高价量环节

- 主流刻蚀设备分为CCP（电容耦合等离子体）和ICP（电感耦合等离子体），2020年ICP市场份额在刻蚀机总量中占比53%，CCP占比47%。分下游应用来看，2020年在NAND领域CCP占比65%、ICP35%，在DRAM和逻辑芯片中ICP占比70%、CCP占比30%。
- 电感耦合等离子体刻蚀机（ICP）具有等离子体密度高、可在低压下生成、水平和垂直方向电场可独立控制等优势，主要应用于硅和金属刻蚀，以及部分介质材料的精细刻蚀；电容耦合等离子体（CCP）介质刻蚀设备也在芯片制造领域扮演关键角色，特别是在后道介质膜层图形化工艺方面，对整个芯片的性能具有重要影响。芯片微型化趋势下对精细加工需求量提升，ICP市场份额快速提升，2020年在刻蚀设备中的市场占比达到53%，超过CCP设备。

◆ 图13：根据工作原理不同，刻蚀机主要分为CCP和ICP两种设备路线

刻蚀系统	原理	适用工艺
<p>电容性等离子体刻蚀系统 (CCP)</p> <p>(占比47%)</p> 	<p>以高能离子在较硬的介质材料上，刻蚀高深宽比的深孔、深沟等微观结构</p>	<p>逻辑IC前段工艺中的栅侧墙、硬掩膜刻蚀和封装环节中的接触孔、铝垫刻蚀、NAND中的深斜孔槽</p>
<p>电感性等离子体刻蚀系统 (ICP)</p> <p>(占比53%)</p> 	<p>以较低的离子能量和极均匀的离子浓度刻蚀较软的和较薄的材料</p>	<p>浅沟槽隔离、多晶硅栅、金属栅、应变硅、金属导线、镶嵌式刻蚀金属硬掩膜等</p>

### 1.3.1刻蚀设备：半导体制造中的高价量环节

- 介质刻蚀技术用于在绝缘材料上雕刻图案，以便在半导体器件导电部分之间形成阻挡膜，工艺挑战主要包括设备的精准性、可重复性、高生产效率、更严格的深宽比刻蚀要求等。
- 公司介质刻蚀主要产品包括Flex系列、Sense系列、Vantex系列：在逻辑器件中，互连微缩推动着各种低K刻蚀的发展，Flex产品应用于低K和超低K双重大马士革制造，利用原位多步刻蚀和连续等离子功能实现高产率和低缺陷率，其独一无二的ALE原子层刻蚀工艺带来了出色的均一性、可重复性和可调性；Sense系列从Flex演变而来，其小巧且高精度的架构提供了超高生产率，智能传感实现在大批量生产中更高的可重复性，突破性的自动化系统减少停机时间和人工成本；Vantex专为Sense.i平台设计，通过结合先进的射频技术、均匀性控制和设备智能，提供无与伦比的性能和生产效率，以构建最关键的高深宽比器件特性。

◆ 图14：公司介质刻蚀产品主要应用RIE反应离子刻蚀技术和ALE原子层刻蚀技术

刻蚀设备	Flex	Sense. I	Vantex
设备技术	原子层刻蚀（ALE）/RIE	DRIE/RIE	RIE
刻蚀种类	介质刻蚀	介质刻蚀	介质刻蚀
应用	低k和超低k双重大马士革制造、自对准接触孔、电容单元、掩膜蚀刻、沟槽、接触孔、3D NAND高深宽比孔洞	导体刻蚀、介电质刻蚀	沟槽和接触孔、3D NAND高深宽比通孔

### 1.3.1刻蚀设备：半导体制造中的高价量环节

- 金属刻蚀工艺在连接构成集成电路（IC）的各个组件方面发挥了重要作用，如形成电线、电气连接等。此外，这些工艺也可用于钻通金属硬掩膜（MHM）——用于形成常规掩膜无能为力的超小型结构，从而实现结构尺寸的持续小型化。
- 公司导体刻蚀主要产品包括Kiyoo系列、Coronus系列、Versys Metal系列：在后端金属刻蚀领域，半导体制造商重点关注实现可重复的轮廓和临界尺寸（CD）控制，Versys Metal系列利用对称腔室设计和独立工艺调谐功能，实现出色的临界尺寸、轮廓一致性和一致性控制能力，并且通过专有的腔室清洗技术提升工艺的可重复性和高良品率；最前沿的芯片设计需要嵌入式沟道、3D栅极晶体管和传统平面晶体管等刻蚀结构，Kiyoo系列采用专有Hydra技术纠正输入图案差异，提高关键尺寸均一性，并利用等离子增强原子层刻蚀功能，实现原子级差异控制从而提升产率；Coronus系列通过清除晶圆边缘无用的掩膜、残留物和薄膜，保护晶圆边缘以提高芯片良率。

◆ 图15：公司金属导体刻蚀产品主要应用RIE反应离子刻蚀技术和PBE等离子斜面刻蚀技术

刻蚀设备	Kiyoo	Coronus	Versys Metal
设备技术	反应离子刻蚀（RIE）	等离子斜面蚀刻（PBE）	RIE
刻蚀种类	导体刻蚀	导体刻蚀	导体刻蚀
应用	浅沟槽隔离（STI）、源极/漏极、高k/金属栅极、FinFET和三态栅极、双重和四重图案化3D NAND	浅沟槽隔离（STI）、栅极、中段制程（MOL）和后段制程（BEOL）刻蚀工艺后	TiN金属硬掩膜、高密度铝线、铝焊盘

### 1.3.1刻蚀设备：半导体制造中的高价量环节

- 深硅刻蚀是制造用于驱动各种应用的先进芯片的关键工艺，包括移动设备、智能汽车、电网和能源部门。它用于创建更大的和更高纵横比的特征，例如硅通孔和沟槽。硅通孔是通过管芯或晶圆建立电气连接的纵向结构，创建结构的方法是在制造过程中在刻蚀和沉积步骤之间快速切换，从而在壁上雕刻特征和分层放置材料以保护它们。因此，芯片制造商通常必须在不需要的扇形（由交替刻蚀和沉积步骤产生的特征）和刻蚀速率之间做出选择。
- 公司硅刻蚀主要产品包括Syndion系列、Reliant系列：Syndion系列的增强源、腔室硬件和工艺能力为芯片制造商提供了支持深硅刻蚀应用所需的精密解决方案，快速交替工艺 (RAP) 为沟槽纵横比提供精确的深度均匀性；Reliant系列对多个刻蚀设备系列进行翻新，包括Kiyō、Flex、Syndion等，在硅刻蚀方面，该系列产品主要应用在微机电系统 (MEMS) 上，采用尺寸更大且/或复杂性较低的特征和新材料。

◆ 图16: 公司深硅刻蚀产品主要应用DRIE深反应离子刻蚀技术

刻蚀设备	Syndion	Reliant
设备技术	RIE/DRIE	深反应离子刻蚀 (DRIE)
刻蚀种类	硅刻蚀	硅刻蚀
应用	TSV、CIS高深宽比刻蚀、功率IC等高深宽比刻蚀	刻蚀特种薄膜（砷钛酸铝GaN、AlGaN、SiC等）、用于微机电系统、功率器件和硅通孔刻蚀应用的深硅刻蚀

### 1.3.1刻蚀设备：半导体制造中的高价量环节

- 公司是全球刻蚀设备龙头，全球市占率第一。根据Gartner对于半导体设备价量环节的披露，2021年刻蚀机以22%的价量比位列半导体设备第一，设备规模达210亿美元。其中介质刻蚀设备规模约为94亿美元，占比45%，导体刻蚀（金属+硅）设备规模约为116亿美元，占比55%。2021年，公司占全球刻蚀设备市场约46%，是全球最大的刻蚀设备供应商，在介质刻蚀方面，LAM和TEL以40%和52%的市占率寡头垄断市场，在导体刻蚀方面，LAM以51%市场占有率位列第一。

图17：2021年刻蚀机和薄膜沉积设备在全环节价量占比最高

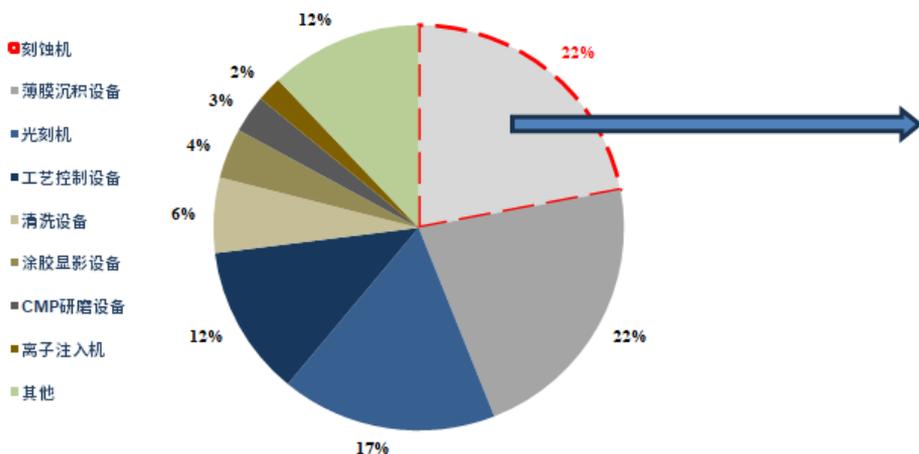
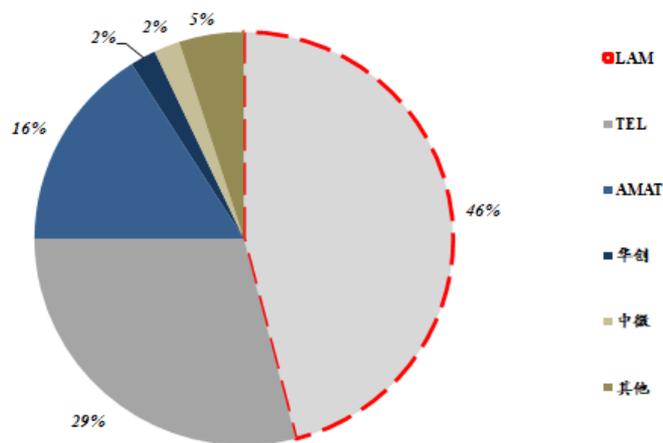


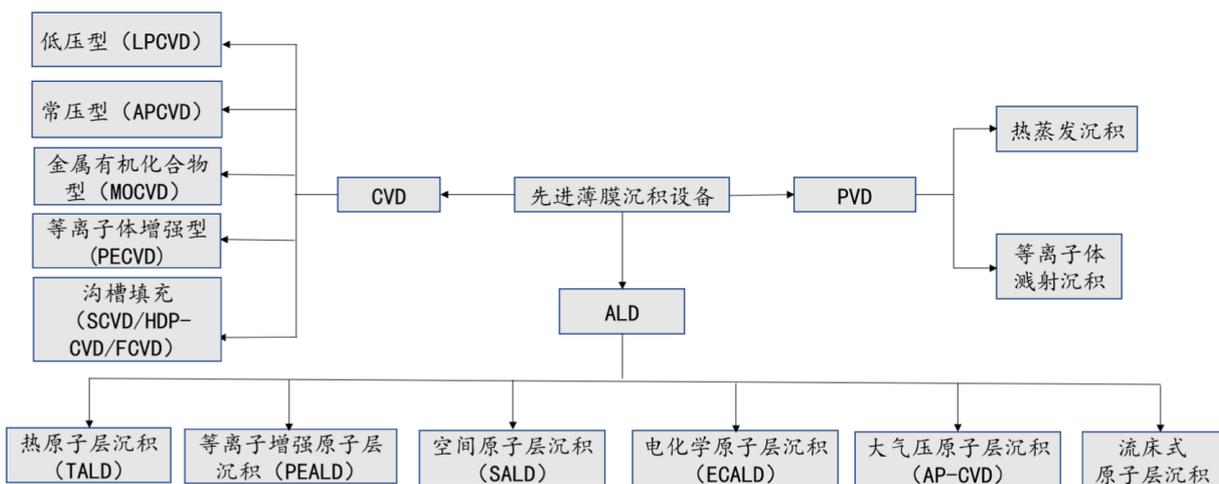
图18：2021年LAM全球刻蚀设备市占率第一



## 1.3.2 薄膜沉积设备：CVD&ECD龙头，ALD快速拓展

- 根据工作原理的不同，集成电路薄膜沉积主要可分为物理气相沉积（PVD）、化学气相沉积（CVD）、原子层沉积（ALD）三大类：
  - （1）物理气相沉积（PVD）：在真空条件下利用高温蒸发或高能粒子等物理方法轰击靶材，使靶材表面原子“蒸发”并沉积在衬底表面，沉积速率高，一般适用于各类金属、非金属、化合物膜层的平面沉积，可大致划分为电子束蒸发PVD和磁控溅射PVD两大类。
  - （2）化学气相沉积（CVD）：气体分子在外部能量作用下发生化学反应并在衬底表面沉积成膜，重复性和台阶覆盖性较好。CVD种类繁多，根据腔室压力、外部能量等不同，可大致分为APCVD、LPCVD、SACVD、PECVD、MOCVD等类别。
  - （3）原子层沉积（ALD）：将气相前驱体脉冲交替地通入反应室内，并以单原子膜形式通过循环反应逐层沉积在基片表面，可对复杂形貌的基底表面实现全覆盖成膜，台阶覆盖率极高，适用于各类金属及金属化合物、氧化物、氮化物、硫化物等薄膜沉积。

◆ 图19：薄膜沉积技术主要包含CVD、PVD、ALD三大类



## 1.3.2 薄膜沉积设备：CVD&ECD龙头，ALD快速拓展

- CVD技术通过在气相中使反应气体发生化学反应生成沉积物来形成薄膜，而PECVD则是通过在反应室内形成等离子体，使前驱体更容易分解并增加反应速率。
- 公司CVD薄膜沉积主要产品包括Reliant系列、SPEED系列、VECTOR系列：对于先进节点的高深宽比（HAR）结构，替代性间隙填充技术通常无法提供必要的薄膜属性，从而造成工艺控制不良和集成复杂度增加，SPEED系列能够定制沉积和原位刻蚀形貌，具有最佳的硅片间厚度均匀性和间隙填充均匀性；VECTOR系列有着极佳的薄膜质量，出色的硅片内和硅片间均匀性、首屈一指的产率和低持有成本，能够符合精确的厚度、构件覆盖率、机械应力和电气要求；同刻蚀设备相似，Reliant沉积设备系列是对原有SPEED系列和VECTOR系列设备的更新，其多站式顺序沉积工艺（MSSD）可灵活满足各种工艺要求。

◆图20：公司CVD薄膜沉积主要产品包括Reliant系列、SPEED系列、VECTOR系列

沉积设备	Reliant	SPEED	VECTOR
设备技术	CVD/PECVD/HDP-CVD	HDP-CVD	PECVD
应用	化学气相沉积（CVD）钨；高密度等离子体（HDP-CVD）填充氧化物；等离子体增强化学气相沉积（PECVD）硅烷氧化物、氮化物和氧氮化物；（PECVD）TEOS氧化物；脉冲激光沉积（PLD）；掺杂氧化物（硼磷）	浅沟槽隔离（STI）、金属前介电（PMD）、层间介电（ILD）、金属间介电（IMD）、钝化层	硬掩膜、防反射层（ARL）、钝化层、扩散阻挡膜、3D NAND多层叠层薄膜、双重和四重图案化层的核心层、金属间层

## 1.3.2 薄膜沉积设备：CVD&ECD龙头，ALD快速拓展

- ALD原子层沉积是通过将气相前驱体脉冲交替地通入反应器并在沉积基体上化学吸附并反应而形成沉积膜。
- 公司ALD薄膜沉积主要产品包括ALTUS系列、STRIKER系列：ALTUS系列结合化学气相沉积和原子层沉积技术，用于先进的钨金属化工艺中高保形薄膜沉积，钨沉积技术被用于在芯片上填充形成触点、通孔、插塞等导电结构，这些结构尺寸较小且通常细窄、只需少量金属，因此要最大限度降低电阻并充分填充存在一定困难，ALTUS系列保证沉积的阻挡层薄膜具有良好的台阶覆盖率、较低的电阻率和相比物理气相沉积与传统化学沉积方法得到的更小的薄膜厚度；Striker系列用于存储器、逻辑和成像器件中超薄、高保形介电薄膜沉积，此类薄膜对基于侧壁的多图形化方案至关重要，在这类方案中侧壁有助于限定临界尺寸（CD）、隔离衬垫，因此精准的薄膜沉积技术至关重要。

◆ 图21：公司ALD薄膜沉积主要产品包括ALTUS系列、STRIKER系列

沉积设备	ALTUS	STRIKER
设备技术	ALD/CVD	ALD
应用	钨插塞、接触孔和通孔填充、3dNAND字线、低应力复合互连用于通孔和接触孔金属化的WN阻挡膜	间隙填充介电材料、适形衬垫、侧壁和掩膜图案化、密闭封装、刻蚀截止层、光学薄膜

### 1.3.2 薄膜沉积设备：CVD&ECD龙头，ALD快速拓展

- 在最前沿的芯片设计中，先进互连结构具有尺寸狭小、薄膜层复杂的特点，传统的铝互连工艺已经不能满足集成电路速度、正确度的需求，铜已逐渐取代铝成为金属互连的主要材料。由于铜很难进行干法刻蚀，因此传统的金属互连工艺已不再适用，电化学沉积(ECD)设备主要运用于大马士革铜互连工艺，实现不同金属层的连接。
- 公司ECD薄膜沉积主要产品包括Kallisto系列、Phoenix系列、SABRE系列、Triton系列：Kallisto系列适用于300×300毫米至5.1代（1100×1300毫米）基板的湿法化学处理，可在各种材料（包括有机玻璃和玻璃核心技术）上对小于10微米的结构进行精细线路电镀；Phoenix系列为510×515毫米的基板提供全自动大批量面板加工；SABRE系列拥有有最宽的工艺窗口，最高的自底向上填充速率，可轻松填充最具挑战性的高深宽比结构；Triton系列在一个平台上制备不同尺寸的基板，实现在最小的占地面积上完成模块化，主要加工3英寸至300毫米晶圆，面板加工最大尺寸为300x300毫米。

◆ 图22：公司ECD薄膜沉积设备系列齐全，铜沉积是主要沉积对象

沉积设备	Kallisto	Phoenix	SABRE	Triton
设备技术	ECD	ECD	ECD	ECD
应用	在凸、柱、垫、RDL、TGV、FLI上电化学沉积铜、镍、锡银、金及其他金属	在凸、柱、垫、RDL、TGV、FLI上电化学沉积铜、镍、锡银、金及其他金属；金属刻蚀、UBM刻蚀、氧化物刻蚀；光刻胶去除、光刻胶显影	逻辑互连、存储器互连	在凸、柱、垫、RDL、TSV、FLI上电化学沉积铜、镍、锡银、金及其他金属去电镀、金属刻蚀、UBM刻蚀、氧化物刻蚀、背面斜面刻蚀、光刻胶去除、光刻胶显影

## 1.3.2 薄膜沉积设备：CVD&ECD龙头，ALD快速拓展

- 公司是全球ECD&CVD沉积设备龙头，市占率分列行业一二。根据Gartner对于半导体设备价量环节的披露，2021年薄膜沉积设备以22%的价量比位列半导体设备前二，设备规模达210亿美元。2021年CVD设备市场规模为118.2亿美元，Lam占据全球CVD市场份额23%，位列第二，AMAT以27%处于领先地位；ECD全球市场规模约为7.4亿美元，公司垄断全球ECD薄膜沉积设备市场，市占率达90%以上；ALD设备市场规模为30.6亿美元。LAM仅占9%，ASM以45%处于领先地位。

图23：2021年公司CVD市场占有率第二

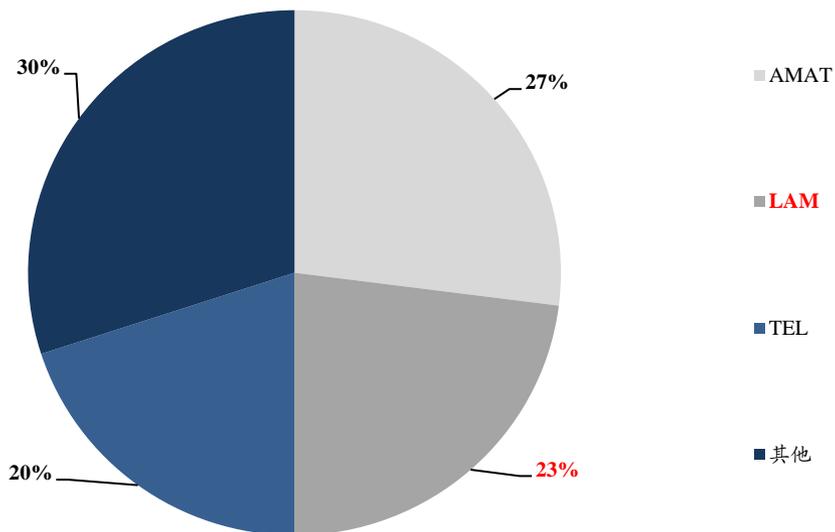
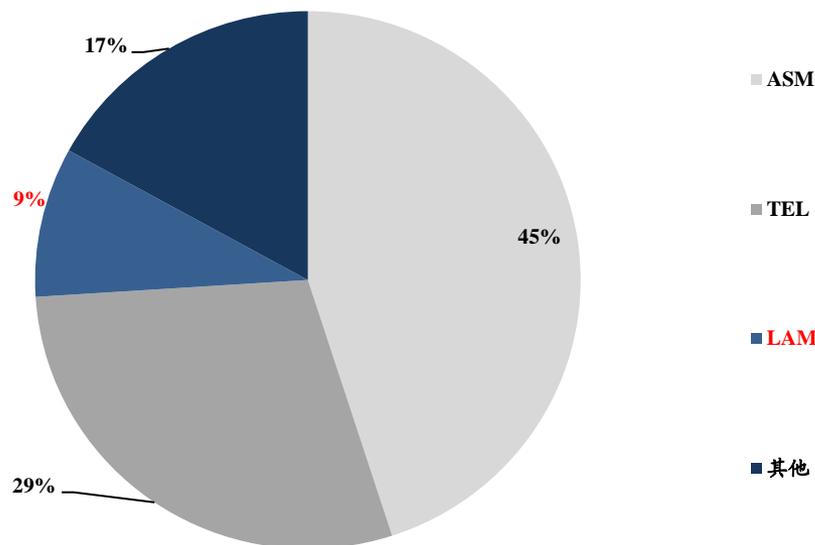


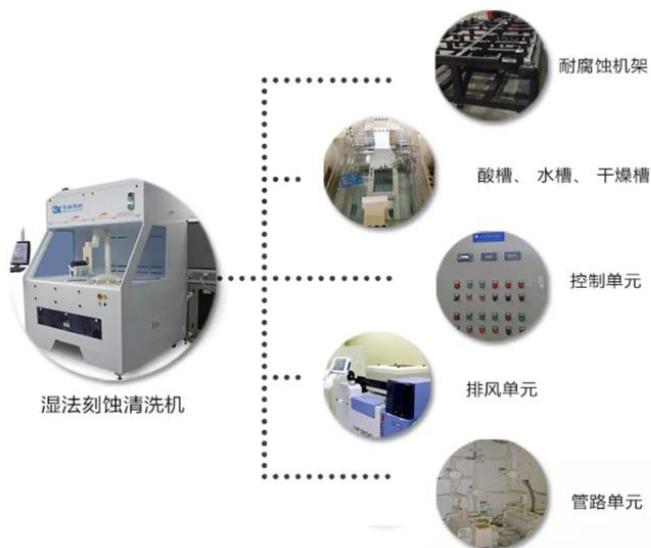
图24：2021年公司ALD市场份额仅为9%



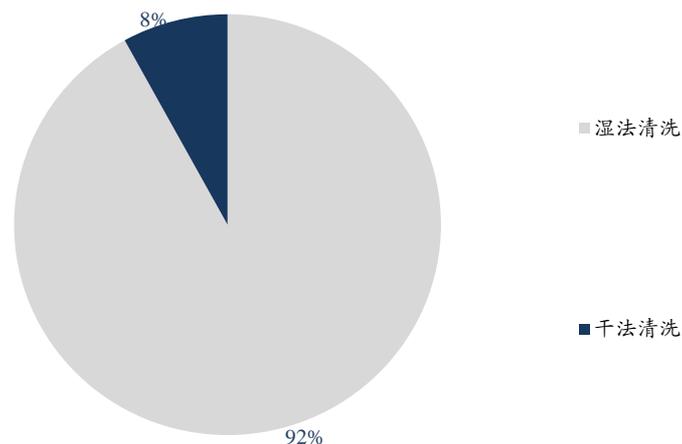
### 1.3.3 清洗：湿法清洗是主流的半导体清洗技术

- 半导体清洗技术主要分为湿法清洗和干法清洗，湿法清洗约占到芯片制造清洗步骤的90%以上。
  - （1）湿法清洗：利用各种化学试剂与晶圆表面的杂质粒子发生化学反应，生成可溶于水的物质，然后通过高纯水冲洗去除这些杂质。具体来说，氧等离子体通过化学反应将非挥发性有机物转化为易挥发的H<sub>2</sub>O和CO<sub>2</sub>；氢等离子体则可通过化学反应去除金属表面的氧化层，从而有效清洁金属表面并避免金属在清洗过程中发生再氧化。
  - （2）干法清洗：是一种不采用液体溶剂的清洗技术，通过等离子体清洗、气相清洗或束流清洗等技术去除晶圆表面的杂质。等离子体清洗技术利用等离子体的活性成分与污染物反应，分解和去除表面氧化物、环氧树脂溢出物及微颗粒污染物。气相清洗技术则通过气相反应剂与杂质发生反应，使其挥发或分解，达到清洁效果。束流清洗技术利用高能粒子束流轰击晶圆表面，物理地去除污染物。这些干法清洗技术在去除晶圆表面的氧化物和微粒污染方面具有显著优势，特别适合应用于对溶剂敏感的材料和结构。

◆ 图25：湿法刻蚀清洗机结构



◆ 图26：湿法清洗占芯片制造清洗步骤90%以上



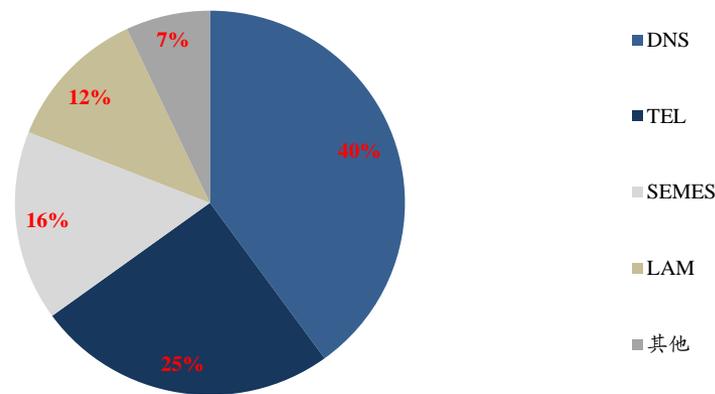
### 1.3.3 清洗：湿法清洗是主流的半导体清洗技术

- 公司1990年推出首款SP系列清洗设备，目前清洗设备以湿法清洗为主。根据 Gartner 数据，2021全球清洗设备市场规模为 54亿美元，Lam 占据全球清洗设备市场份额12%，位列第四，DNS以40%位居领先地位，其他主要参与者包括TEL、SEMES等。
- 公司去胶清洗主要产品包括DV/DA系列、EOS系列、Triton系列、SP系列：SP系列产品提供可靠的、成本效益高的湿清洗/湿刻蚀解决方案，可温和地去除晶片上不需要的材料；DV-PRIME产品解决整个制造过程中的多个晶片清洗步骤；EOS产品在确保高产量的前提下实现极低的晶片缺陷率；Triton 平台是用于单晶圆电镀和湿法工艺的多功能模块化解决方案。

◆ 图27：湿法清洗是公司主要的清洗设备技术

沉积设备	DV-PRIME/DA VINCI	EOS
设备技术	湿法清洗	湿法清洗
应用	颗粒、聚合物和残留物去除、背面/斜面清洗、光刻胶去除、硅衬底减薄/应力消除、球下金属层去除	颗粒、聚合物和残留物清除、背面/斜面边缘清洗和薄膜移除
沉积设备	Triton	SP
设备技术	湿法清洗	湿法清洗
应用	在凸、柱、垫、RDL、TGV、FLI上电化学沉积铜、镍、锡银、金及其他金属；金属刻蚀、UBM刻蚀、氧化物刻蚀；光刻胶去除、光刻胶显影	硅衬底减薄/应力消除、球下金属化刻蚀、光刻胶清除、去除助焊剂后清洗

◆ 图28：2021年全球清洗设备竞争格局



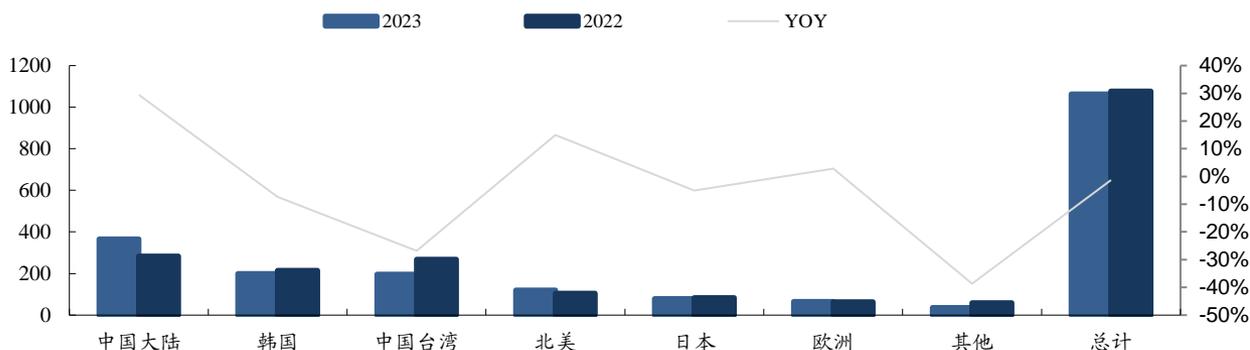


- 1 公司简介：全球半导体设备龙头，产品布局主要围绕刻蚀、薄膜沉积、清洗三大领域
- 2 行业周期：先进制程+AI发展是行业周期上行的核心驱动力
- 3 业务对标LAM，看好北方华创引领国产化替代
- 4 风险提示

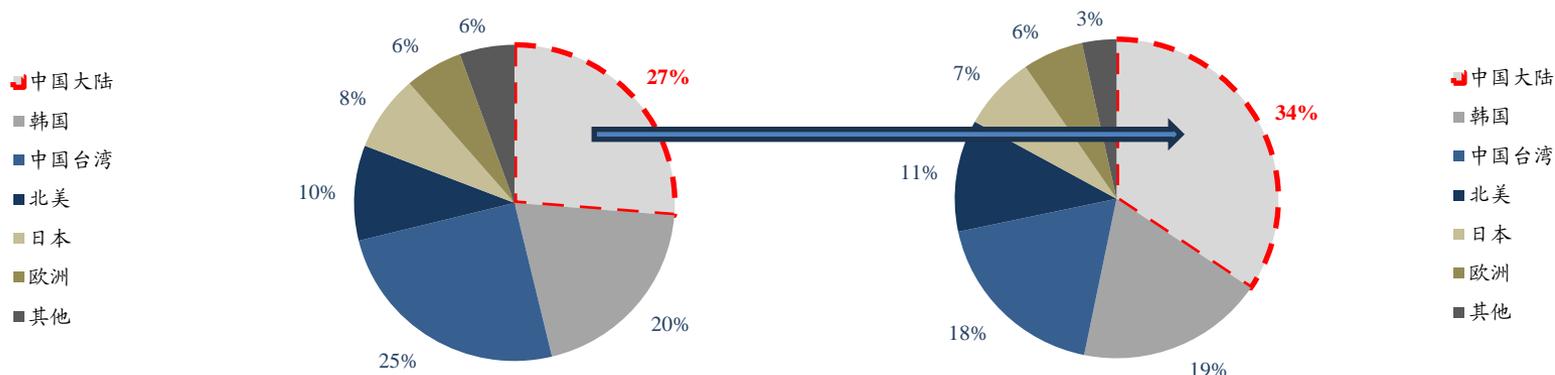
## 2.1 全球半导体设备市场处于低迷，中国晶圆厂商逆势扩张

● 2023年全球半导体设备规模略降，中国大陆是增速最快的地区。根据 SEMI数据，2023 年全球半导体设备市场低迷，晶圆厂扩产动力不足，规模仅为 1062.5 亿美元，同比降低1%。中国大陆受益于晶圆厂积极扩产，带动对设备的需求高增，中国大陆 2023 年半导体设备市场空间由 2022 年的282.7 亿美元增至 366.0 亿美元，市场份额由2022年的27%增至34%，是全球最大且增速最快的地区。

◆ 图29：中国是全球增速最快的半导体设备市场（亿美元）



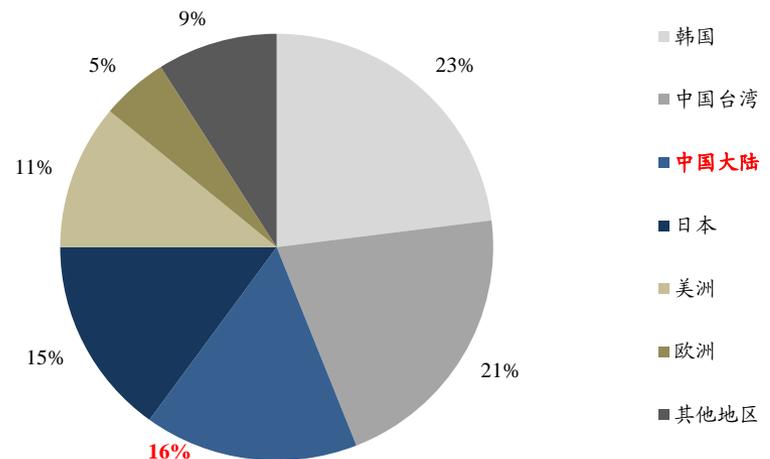
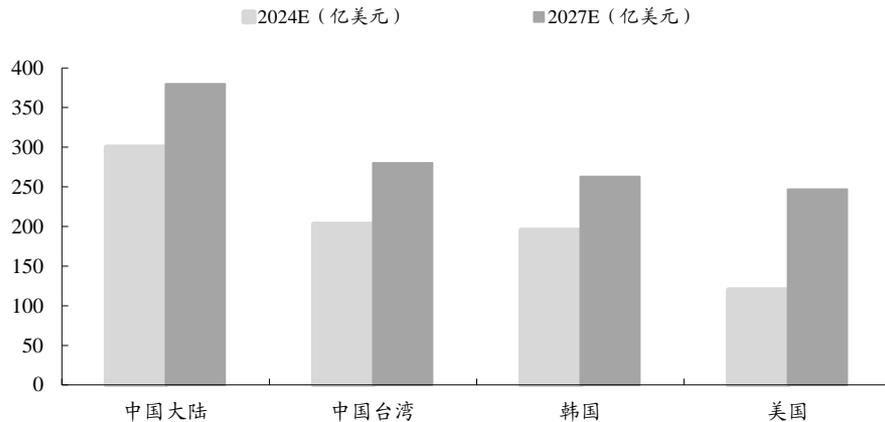
◆ 图30：中国是全球最大的半导体设备市场（图左：2021年市场分布，图右：2022年市场分布）



## 2.1 全球半导体设备市场处于低迷，中国晶圆厂商逆势扩张

- 中国大陆在未来三年仍将引领全球半导体设备支出，预计年CAPEX维持在300亿以上。根据 SEMI数据，未来三年中国大陆年均半导体设备CAPEX将维持300亿以上，位居第一。美国受益于本土芯片法案，美国本土半导体设备CAPEX预计将从2024年的120亿快速扩张至2027年的247亿。其他主要地区受益于存储需求回暖以及先进制程扩张，未来CAPEX都有不同程度的增长。
- 相较IC设计、封测环节，晶圆制造是中国大陆当前半导体行业短板，自主可控驱动本土晶圆厂逆周期大规模扩产。中国大陆市场晶圆产能缺口较大，2021年底晶圆全球产能占比仅为16%（包含台积电、海力士等外资企业在本土的产能），远低于半导体销售额全球占比。外部制裁事件频发的背景下，晶圆环节自主可控需求越发强烈，本土晶圆厂逆周期扩产诉求持续放大。在本土大型晶圆厂中，中芯国际分别在上海临港晶圆厂和天津天青项目各扩建10万片产能，华虹在无锡二期项目扩建8.3万片产能，长江存储二期规划20万片产能，华力康桥招标厂房设施近百亿，扩产规模不低于8万片。

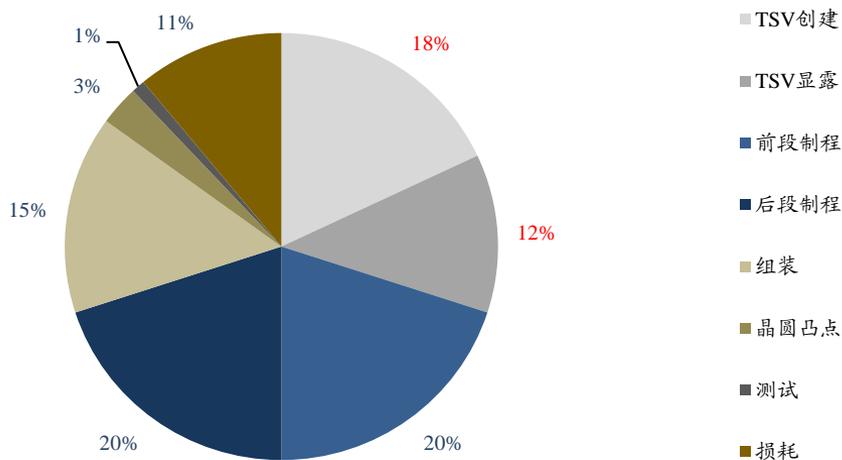
◆ 图31：中国大陆引领未来三年全球半导体设备CAPEX    ◆ 图32：2021年底中国大陆晶圆产能全球占比仅16%



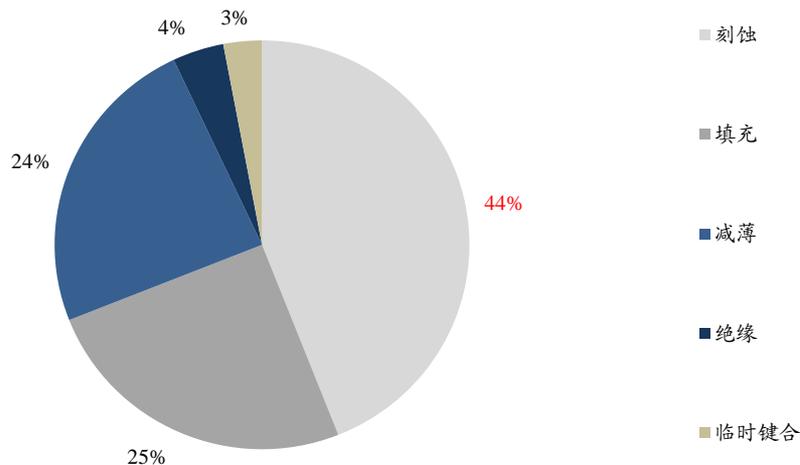
## 2.2 驱动力1: AI发展驱动HBM需求上升

- **AI大模型的数据计算量激增，驱动HBM异军突起。** HBM（High Bandwidth Memory）即高带宽存储器，属于图形DDR内存的一种，通过使用先进的封装方法（如TSV硅通孔技术）垂直堆叠多个DRAM，与GPU通过中介层互联封装在一起。HBM由AMD和SK Hynix发起，随后存储巨头三星、美光迎头追赶，形成SK、三星、美光三巨头之势。HBM具有高容量、高带宽、低延时与低功耗等优点，是当前AI GPU存储单元的理想方案和关键部件。据SEMI预测，2024年HBM需求同比激增191%。
- **TSV（硅通孔技术）是HBM核心工艺，成本占比接近30%。** 以99.5%和99%两种键合良率为例，TSV形成和显露的成本占比合计为30%，是HBM的3D封装中成本占比最高的部分。在TSV成本构成中，硅通孔刻蚀成本占比为44%，是TSV工艺的主要成本。 LAM是全球最大的刻蚀设备供应商，拥有非常成熟的TSV技术与产品系列Syndion，目前已向全球大量出货，HBM的需求激增也是公司24年净利润回暖的主要因素。

◆ 图33: TSV工艺是HBM最大成本部分



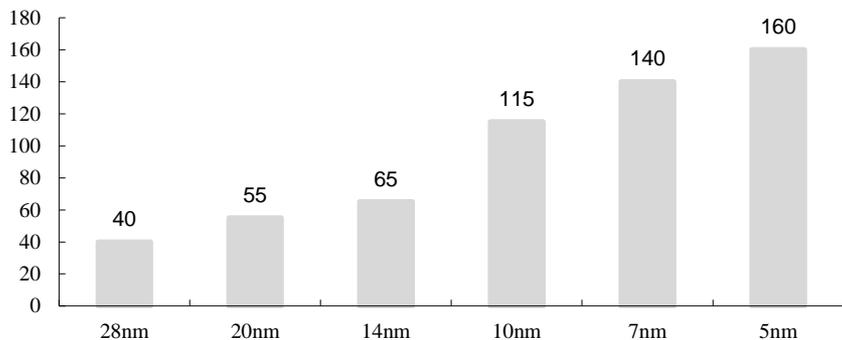
◆ 图34: 刻蚀是TSV工艺最大成本部分



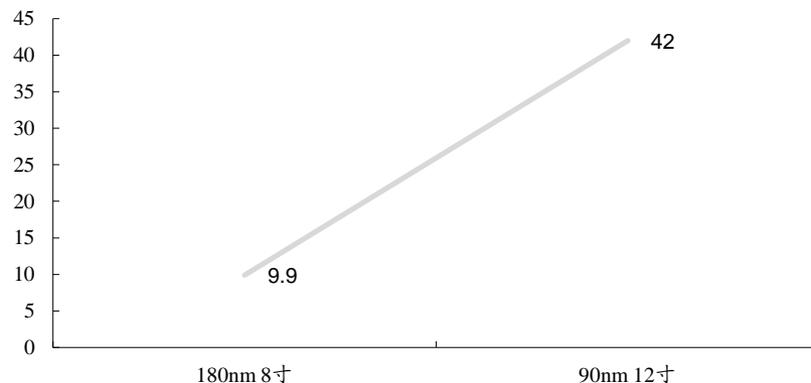
## 1.2 财务情况：公司持续加大投入研发，确保龙头地位稳固

- 逻辑器件：**随着国际上先进芯片线宽向 7nm、5nm 及更先进工艺的方向升级，受光刻机波长限制，芯片制造过程中需要结合刻蚀和薄膜设备采用多重模板工艺。刻蚀设备方面，利用刻蚀工艺实现更小的尺寸，使得刻蚀技术及相关设备的重要性进一步提升。尤其是在 7nm 及以下节点，刻蚀工艺的精确性和一致性直接影响到芯片的性能和良品率。根据中微公司公告披露，逻辑器件刻蚀次数随先进制程升级而增多，5nm 先进制程逻辑器件大约需要 160 次刻蚀，相较于 10nm 增加 50%，极大地增加了刻蚀设备的需求。沉积设备方面，以 SMIC 的 180nm 的 8 寸产线和 90nm 12 寸产线为例，在实现相同的芯片等效产能的情况下，对薄膜沉积设备的需求量将相应增加 4-5 倍。特别对于制程在 14nm 及以下的逻辑器件微观结构，由于普遍使用的浸没式光刻机受到波长限制，加工将通过多重模板效应来实现，这将使得相关薄膜设备的加工步骤增多。

◆ 图 35：5nm 先进制程逻辑器件大约需要 160 次刻蚀



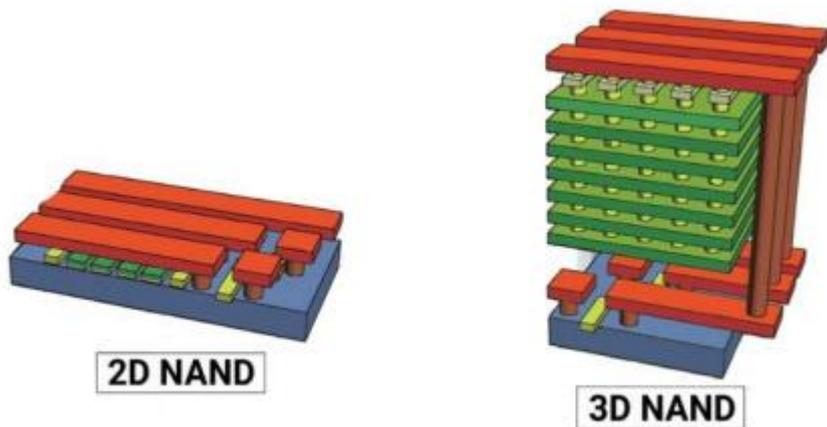
◆ 图 36：不同制程芯片产线沉积设备需求量（台/万片）



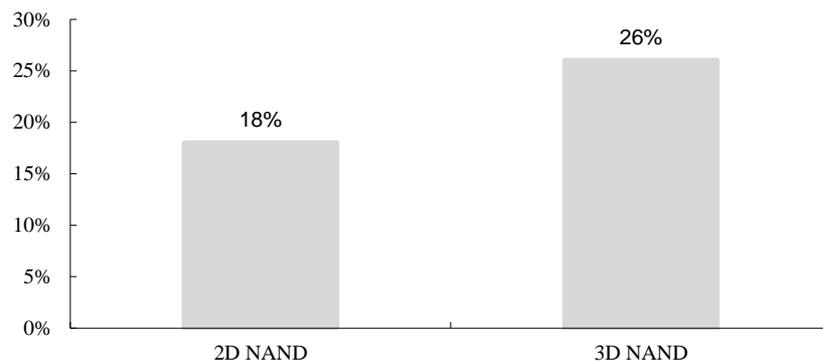
## 2.2 驱动力2: 先进制程带动刻蚀设备和薄膜沉积设备需求量提升

- 存储器件:** 3D NAND可以克服2D NAND 的容量限制, 3D NAND 架构可在不牺牲数据完整性的情况下扩展到更高的密度。与存储单元水平堆叠的2D NAND 不同, 3D NAND 使用多层垂直堆叠, 以实现更高的密度、更低的功耗、更好的耐用性、更快的读写速度和更低的成本。刻蚀设备方面, 对于3D NAND 而言, 刻蚀要在氧化硅和氮化硅的叠层结构上, 加工 40: 1 到 60: 1 的极深孔或极深的沟槽。根据Tokyo Electron 的测算, 刻蚀设备支出占比从2D结构时的 20%逐步提升至3D结构的 50%。3D NAND存储器通过垂直堆叠层的方式提高存储密度, 需要在氧化硅和氮化硅叠层结构上进行复杂的沉积工艺。沉积设备方面, 为了实现3D NAND 堆叠, 需要在多个层次上进行精确的薄膜沉积, 以确保每一层的厚度和均匀性符合设计要求。ALD (原子层沉积) 技术在此过程中尤为关键, 因为它们能够提供出色的薄膜均匀性和精确的厚度控制。

◆ 图37: 3D NAND 的叠层结构复杂对刻蚀设备功能要求更高



◆ 图38: 3D NAND中沉积设备价值量比重上升





- 1 公司简介：全球半导体设备龙头，产品布局主要围绕刻蚀、薄膜沉积、清洗三大领域
- 2 行业周期：先进制程+AI发展是行业周期上行的核心驱动力
- 3 业务对标LAM，看好北方华创引领国产化替代
- 4 风险提示

### 3.1 欧美相继加码制裁，半导体设备国产替代逻辑持续强化

- 中国半导体生产正面临来自美国的全环节封锁，荷兰、日本相继加入限制阵营，主要聚焦在先进制程领域，半导体设备国产替代诉求愈发迫切。2022年10月7日，美国对向中国半导体产业制裁升级：1) 对128层及以上3D NAND芯片、18nm半间距及以下DRAM内存芯片、16nm或14nm或以下非平面晶体管结构（即FinFET或GAAFET）逻辑芯片相关设备进一步管控。2) 在没有获得美国政府许可的情况下，美国国籍公民禁止在中国从事芯片开发或制造工作。2023年3月8日，荷兰政府以“国家安全”为由，宣布将对包括“最先进的”深紫外光刻机（DUV）在内的特定半导体制造设备实施新的出口管制。阿斯麦ASML认为仅NXT:2000i以上高端机型将需要申请出口许可，成熟制程客户仍将可以使用1980及以下型号浸没式光刻机。2023年3月31日，日本政府宣布将修订外汇与外贸法相关法令：清单拟对六大类23种先进半导体制造设备追加出口管制，主要包括极紫外线（EUV）相关产品的制造设备和用于存储元件立体堆叠的刻蚀设备。

◆ 图39：欧美对中国半导体设备管制政策

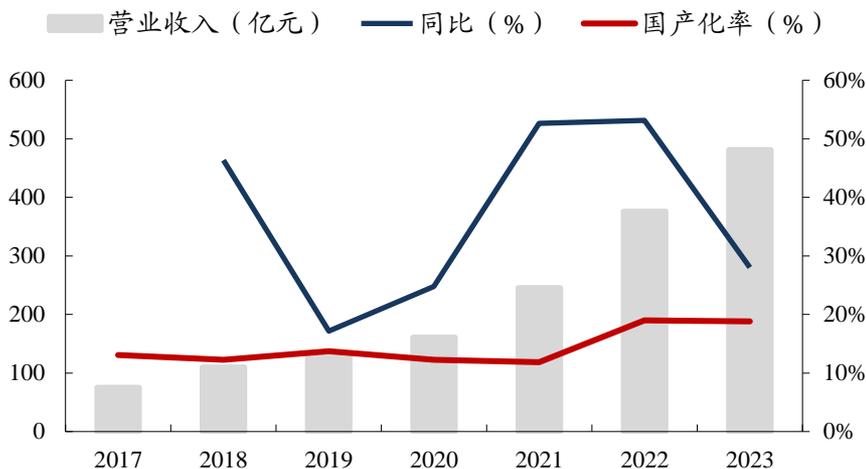
国家	日期	主要设备管制政策
美国	2022.10.7	先进芯片、设备、人员全面管控，设备管控范围为16nm或14nm以下的逻辑芯片、128层以上NAND存储芯片以及半间距为18nm或以下的DRAM芯片的制造设备。
	2023.10.17	发布《先进计算芯片规则》及《半导体制造物项出口管制规则》，为BIS针对其于2022年10月7日发布的出口管制规则的修订，细化关于半导体设备及人员管制范围。
日本	2023.3.31	宣布修订《外汇与对外贸易法》，将包括先进芯片制造设备在内的23类商品列入管制出口清单，包括极紫外线（EUV）相关产品的制造设备和用于存储元件立体堆叠的刻蚀设备，2023年7月23日政策生效。
荷兰	2023.3.30	先进光刻机、ALD设备、Epi设备及low-k沉积设备、EUV光罩保护膜及生产设备受到出口管制。

### 3.1 欧美相继加码制裁，半导体设备国产替代逻辑持续强化

- 半导体设备国产化率仍处于低位，国产化空间增量大。2023年11家半导体设备企业合计实现营收482亿元，同比+28%，对应半导体设备市场整体国产化率仍不足20%。

- 国产半导体设备先进制程产业化进展加速，具备持续扩张的条件。国产半导体设备企业在薄膜沉积、刻蚀、量/检测、CMP、清洗等领域均已具备一定先进制程设备技术积淀，并且产业化进展正在快速推进，具备持续扩张的底层技术基础。

◆ 图38：2023年半导体设备整体国产化率仍不足20%



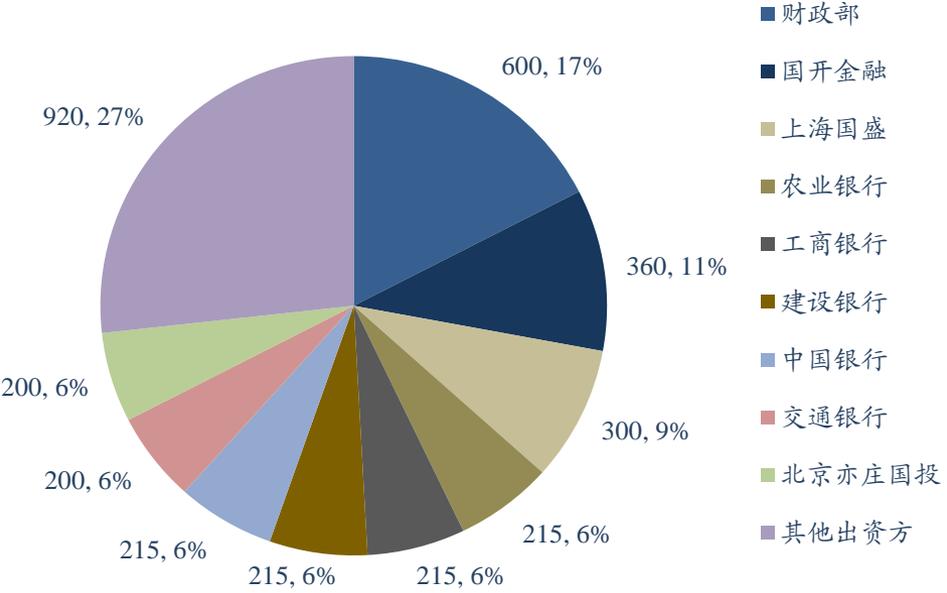
◆ 图40：2023年半导体设备环节国产化率情况

设备种类	国产化率	市场规模 (亿元)	国内企业
薄膜沉积设备	<25%	479	北方华创、拓荆科技、中微公司、微导纳米等
光刻机	<1%	457	上海微电子等
刻蚀设备	>25%	457	中微公司、北方华创等
量/检测设备	<5%	240	精测电子、中科飞测、上海睿励等
清洗设备	>30%	109	盛美上海、北方华创、至纯科技、芯源微等
涂胶显影设备	<10%	87	芯源微等
CMP设备	>30%	65	华海清科等
热处理设备	>30%	56	北方华创、屹唐半导体、盛美上海等
离子注入设备	<10%	54	万业企业、中科信

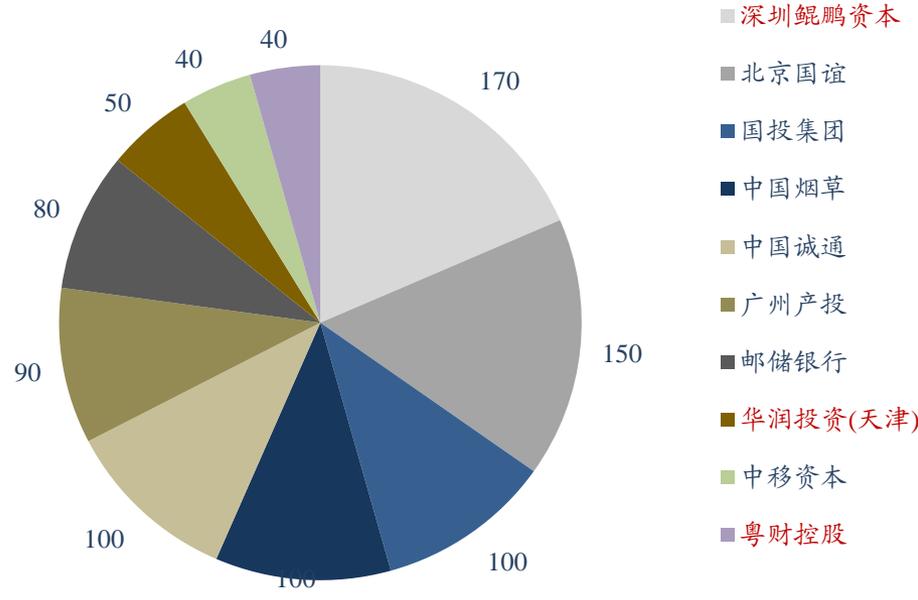
### 3.2大基金三期募资落地，政策推动国产化加速

◆ 大基金三期募资落地，规模3440亿元为历史之最。一期1387.2亿元（投资期2014年到2019年，二期2041.5亿元（投资期2019年到2024年），此次三期刚完成募资。与一期、二期相比，此次广东国资、天津国资都是新增的出资单位（上海国盛、北京亦庄前两期也是出资单位），未来我们判断对当地项目返投的投资比例会较大幅度上升。

◆ 图41: 大基金三期募资结构 (亿元)



◆ 图42: 其他出资方出资结构 (亿元)



### 3.3 看好北方华创引领国产化替代

● 作为国产半导体设备领军者，公司持续受益国产替代+产品线延展。2022年北方华创设备种类占比达60%，传统优势在硅刻蚀、PVD、LPCVD和管式CVD。在整个行业中，从产品种类上来看，薄膜产品占比最高，达22.9%，其中PECVD产品占比最高，达8%；其次，刻蚀产品种类占比第二，达22.1%，其中硅刻蚀占比最高，达12.0%。光刻、清洗、炉管种类产品各占21%、10%、6.1%，离子注入产品占比11.6%，电镀产品ECO占比0.9%，CMP占比1.4%。北方华创生产的设备包括刻蚀、薄膜、清洗、炉管种类中的所有产品，占该行业所有产品的60%，其中刻蚀产品中的硅刻蚀，薄膜产品中的PVD、管式CVD、LPCVD为北方华创的传统优势。

◆ 图43：2022年北方华创所有核心设备工艺覆盖度超过60%，核心拳头产品优势明显

设备分类、占比和北方华创的传统优势				
种类	产品	占比	北方华创	北方华创传统优势
光刻	光刻	21.0%		
涂胶显影	涂胶显影	4.0%		
刻蚀	硅刻蚀	12.0%	•	•
	介质刻蚀	9.0%	•	
	干法去胶	1.1%	•	
薄膜	PECVD	8.0%	•	
	ALD	2.2%	•	
	PVD	6.0%	•	•
	EPI	1.8%	•	
	MOCVD	0.9%	•	
	管式CVD	2.1%	•	•
	LPCVD	1.9%	•	•
清洗	槽式清洗	6.0%	•	
	单片清洗	4.0%	•	
炉管	退火	1.1%	•	
	氧化扩散	5.0%	•	
电镀	ECO	0.9%		
CMP	CMP	1.4%		
离子注入	离子注入	11.6%		
检测及其他	检测及其他	21.0%		

### 3.3.1 刻蚀设备：ICP具备较强市场竞争力，积极布局CCP领域

- 公司ICP刻蚀设备市场竞争力显著，并积极布局CCP等领域，有望持续扩张。公司刻蚀设备面向12寸逻辑、存储、功率、先进封装等客户，已完成数百道工艺的量产验证。细分产品来看：
  - 1) 公司ICP刻蚀出货累计超过2000腔；
  - 2) 金属刻蚀设备凭借稳定的量产性能成为国内主流客户的优选机台；
  - 3) 迭代升级的高深宽比TSV刻蚀设备，以其优异的性能通过客户端工艺验证，支撑Chiplet工艺应用；
  - 4) 应用于提升芯片良率的12寸CCP晶边刻蚀机已进入多家生产线验证；
  - 5) 精准针对客户需求，发布了双频耦合CCP介质刻蚀机，实现了在硅刻蚀、金属刻蚀、介质刻蚀工艺的全覆盖。

◆ 图44：公司是国内ICP刻蚀设备龙头企业

	设备型号	晶圆尺寸	适用材料	应用场景
ICP	NMC508M	8英寸	铝、钨等金属	0.35-0.11μm集成电路，200mm硅片的金属铝和钨
	NMC508C	8英寸	硅	0.35-0.11μm集成电路，200mm硅片的多晶硅硅栅、浅沟槽隔离和硅的金属钨化合物刻蚀
	NMC612C	12英寸	硅	55nm Logic,65nm NOR flash,55nm CIS,90MCU等IC制造
	NMC612D	12英寸	硅	先进逻辑制程中STI、Gate以及FinFET结构刻蚀；3D NAND领域AA、Gate、Spacer以及台阶、SADP等刻蚀；DRAM领域line cut、etch back、SADP以及AA、Gate等刻蚀
	NMC612M	12英寸	氮化钛金属硬掩膜	集成电路领域
	NMC612G	12英寸	铝金属(IC)；金属&非金属(Micro OLED)	IC集成电路领域的金属铝刻蚀工艺，以及Micro OLED领域金属和非金属刻蚀

### 3.3.2 薄膜沉积设备：PVD具备国产主导地位，CVD&ALD快速拓展

- 作为PVD设备龙头企业，公司积极拓展CVD和ALD设备，打开成长空间。PVD设备：在后道领域，公司成功研发出TiN-PVD、Al-Pad、G620、GX20等系列，其中先进封装用PVD在全球排名前三的CIS封装企业中稳居鳌头。在前道领域，公司12寸先进集成电路制程金属化薄膜沉积(Metal PVD)设备实现了量产突破，并且荣获2022年北京市科技进步奖一等奖。CVD&ALD设备：1) CVD：公司已成功覆盖LPCVD、APCVD等设备，其中LPCVD已形成批量供应，并持续拓展产品系列；2) ALD：2018年实现首台国产ALD的销售，可实现28-14nmFinFET和3D NAND原子层沉积工艺要求，先发优势明显。

◆ 图45：公司积极布局CVD、ALD沉积设备，已具备完整产品线

产品类型	产品	特点/技术	应用领域
CVD	HORIS L6371多功能 LPCVD	良好的薄膜工艺均匀性、重复性，薄膜应力在较大范围内可控	集成电路 IC、微机电系统 MEMS、功率器件 POWER
	SES680A 硅 APCVD	适用于厚度5-130 $\mu$ m范围的外延工艺，N型、P型掺杂精确可调	集成电路、功率半导体
	THEORIS 302 / FLOURIS 201 立式LPCVD	高精度温压控制、先进的颗粒控制技术、工厂自动化接口、高速数据采集算法	28nm及以上的集成电路、先进封装、功率器件
ALD	Polaris PE系列 PE-ALD	通过气路、腔体结构设计、配合相应的工艺配方，成功实现了不同薄膜的沉积厚度可控性，解决了传统腔室的颗粒问题，使之具有良好的洁净度，改善产品的电性能和良率；	集成电路、半导体照明、功率半导体、微机电系统、先进封装
	Promi+系列手动ALD		

### 3.3.3 清洗设备：收购不断完善清洗设备产品线

- 公司收购Akrion完善清洗设备产品线，产品体系不断完善。2018年公司收购美国 Akrion完善清洗机产品线，目前已成功覆盖单片与槽式清洗设备，其中：1) 单片清洗机覆盖Al/Cu制程全部工艺，是国内主流厂商后道制程的优选机台；2) 槽式清洗机已覆盖 RCA、Gate、PR strip、磷酸、Recycle 等工艺制程，并在多家客户端实现量产，屡获重复订单。

◆ 图46：公司清洗设备已成功覆盖单片清洗和槽式清洗设备

产品名称	特点/技术	应用领域
Saqua系列SC3000A 12英寸单片清洗机	应用单片晶圆旋转湿法清洗技术，具有清洗选择性好、清洗效率高等技术，包括化学药液保护系统、管路防静电系统、兆声波系统等	0.5μm-28nm 集成电路、先进封装、微机电系统
Saqua系列 SC3000A 12英寸堆叠式单片清洗机	采用堆叠式的技术，包括堆叠式的三层工艺腔室、多层晶圆传输系统、各工艺腔室独立的工艺体系等	90-28nm集成电路
Bpure系列 石英舟/管清洗机	采用浸泡式处理工艺，主要用于12英寸及以下尺寸的扩散、外延等设备的石英管/舟、碳化硅管的清洗	集成电路、先进封装、光伏
Bpure系列 WE3000A、WE2000A全自动槽式清洗机	够实现全自动倒片装置，使自动化程度更高且兼容8寸、12寸硅片清洗。还具有兆声波系统、管路防静电等配置	集成电路、先进封装



- 1 公司简介：全球半导体设备龙头，产品布局主要围绕刻蚀、薄膜沉积、清洗三大领域
- 2 行业周期：先进制程+AI发展是行业周期上行的核心驱动力
- 3 业务对标LAM，看好北方华创引领国产化替代
- 4 风险提示

1. **半导体行业投资不及预期：**若半导体行业景气度下滑，下游客户资本支出减少，则对半导体设备的需求将可能下降，将给半导体设备行业的短期业绩带来一定压力。
2. **设备国产化不及预期：**集成电路专用设备技术门槛较高，某些环节的技术难点或者国内设备厂商产能瓶颈可能导致设备国产化进展不及预期。

# 免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券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并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，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。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

## 东吴证券投资评级标准

资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证50指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所

苏州工业园区星阳街5号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

# 东吴证券 财富家园