

中国半导体设备行业总览：前道设备国产替代正当时

China Semiconductor Equipment Overview

中国半导体装置

报告标签：半导体设备，前道设备

主笔人：张俊雅

■ 团队介绍 Our Team

- ◆ 头豹深耕行企研究6年，凭借丰富的内容生产、平台运营和知识管理经验，基于人工智能、大模型、云计算等先进数字技术，构建了业内领先的全产业覆盖、百万级原创研究内容数据库，首创全开源、多方协同、可拓展的智慧行研平台——“脑力擎 Knowlengine™”知识管理与研究辅助KaaS系统，并通过“AI推理+AI搜索”双引擎辅助分析师提升工作效能，加深行研精度，助力行业实现数字化转型升级，赋能数字中国建设。
- ◆ 头豹科创网(www.leadleo.com)拥有**20万+专业用户**，全行业赛道覆盖及相关研究报告产出数百万原创数据元素，每年数千场直播及视频内容，**用户覆盖了超过70%的投融资机构、金融机构和资本市场服务机构**。近年来，头豹研报在资本市场的影响力逐年提升。据不完全统计，**已有上百家拟上市及上市公司在其信披材料中大量引用头豹数据及观点**。头豹精选报告被全球著名的财经资讯平台路孚特(Refinitiv)广泛收录，帮助中国企业获得国内外投资机构重点关注，吸引投资，赋能企业发展。

■ 报告作者 Report Author

姓名：张俊雅

职位：头豹研究院 TMT+行业分析师

Email: jacob.zhang@leadleo.com

目录

CONTENTS

◆ 半导体行业综述	5
• 全球半导体行业：2023年全球半导体市场低迷，预计2024年市场开始进入上行周期	6
• 全球半导体设备：2023年全球半导体设备市场出现下滑，晶圆制造投资量占比超80%	7
• 半导体设备全景图：IC制造流程复杂，涉及半导体设备种类繁多	8
• 半导体设备国产化进程（1/3）：中国半导体设备厂商已覆盖多个细分领域	9
• 半导体设备国产化进程（2/3）：半导体设备国产化率已达35%，预计在2025年提升至50%	10
• 半导体设备国产化进程（3/3）：美日荷先进半导体设备封锁，国产替代进程加速	11
◆ 半导体设备细分行业	12
• 薄膜沉积设备（1/3）：半导体制造关键设备，其技术可分为CVD、PVD和ALD三大类	13
• 薄膜沉积设备（2/3）：芯片制程升级，推动薄膜沉积设备需求大幅增长	14
• 薄膜沉积设备（3/3）：2023年全球市场规模达260亿美元，市场被海外厂商所垄断	15
• 刻蚀设备（1/3）：可分为干法刻蚀和湿法刻蚀，干法刻蚀市场占比超90%	16
• 刻蚀设备（2/3）：芯片线宽缩小及新制造工艺的采用，对刻蚀设备提出更高的要求	17
• 刻蚀设备（3/3）：全球刻蚀设备市场格局高度集中，CR3超90%，国产替代空间广阔	18
• 光刻机（1/3）：光刻工艺的核心设备，成本高昂且技术复杂	19
• 光刻机（2/3）：中国仍在大量进口ASML光刻机，2024年1-2月向ASML进口额增长256%	20
• 光刻机（3/3）：行业呈现寡头垄断格局，进入壁垒极高	21
• 涂胶显影设备：市场被东京电子高度垄断，芯源微为国内唯一涂胶显影设备量产企业	22
• 离子注入设备：市场被AMAT和Axcelis垄断，国内仅凯世通和中科信实现批量国产化	23
• 热处理设备：全球市场集中度高，应用材料市占率近70%	24
• CMP设备：全球市场集中度高，应用材料+荏原机械合计占据95%的市场份额	25
• 清洗设备：全球市场集中度高，为寡头垄断格局，CR4超90%	26
◆ 方法论	27
◆ 法律声明	28



报告摘要

■ 2023年全球半导体设备市场出现下滑，晶圆制造投资量占比超80%

全球半导体设备市场在5G、AI、物联网等新兴技术的驱动下不断扩大，市场规模由2019年的598亿美元增长至2022年的1,076亿美元，2017-2022年CAGR为15.8%。2023年，受到下游芯片需求疲软，以及终端库存过高的影响，全球半导体设备市场规模同比下降18.6%至874亿美元。预计2024年需求回暖，全球半导体设备市场规模达1,053亿美元，同比增长4.0%。

■ 半导体设备国产化率已达35%，预计在2025年提升至50%

全球半导体设备市场高度集中，海外龙头厂商仍处于垄断地位。中国半导体设备厂商已覆盖多个细分领域，其中在去胶、清洗、刻蚀设备方面国产化率较高，在CMP、热处理、薄膜沉积设备上有所突破，而在量测、涂胶显影、光刻、离子注入等设备上的国产化程度仍较低。半导体设备整体国产化率已达35%，预计在2025年提升至50%，并初步摆脱对美日荷半导体设备的依赖。

■ 美日荷先进半导体设备封锁，国产替代进程加速

2022年10月，美国对中国半导体产业制裁升级。2023年3月，荷兰也加入了美国对华芯片出口管制的阵营。日本经济产业省也发布修订外汇法法令，将23类先进的芯片制造设备纳入出口管理的管制对象。其中包括清洗设备、成膜设备、热处理设备、曝光设备（包括极紫外EUV相关产品的制造设备）、蚀刻设备、高端光刻胶等。2022年以来，地缘政治不确定性持续加剧，半导体设备作为中国主要的“卡脖子环节”，仍处于国产替代的黄金期。

Chapter 1

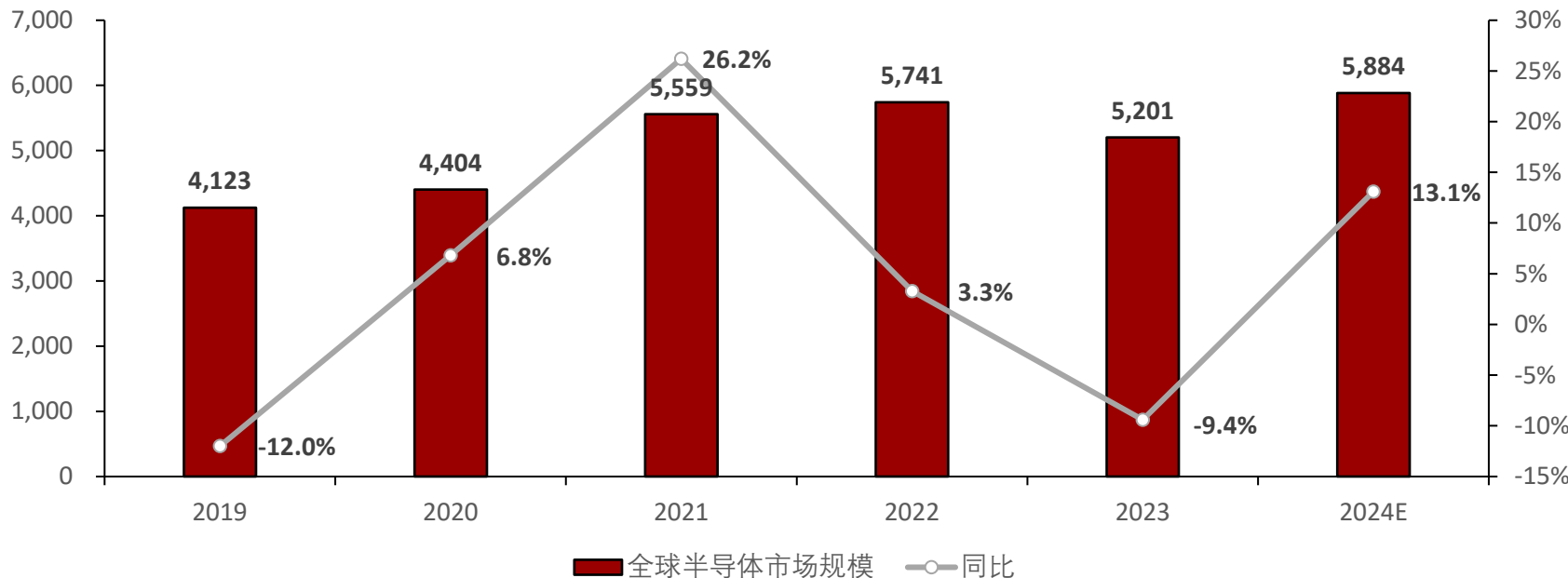
半导体行业综述

全球半导体行业：2023年全球半导体市场低迷，预计2024年市场开始进入上行周期

2023年，全球半导体市场规模为5,201亿美元，同比下滑9.4%，主要由于2023年下游需求疲软且库存高位，导致半导体市场低迷。在AI芯片需求强劲的推动下，预计全球半导体市场在2024年逐步回暖

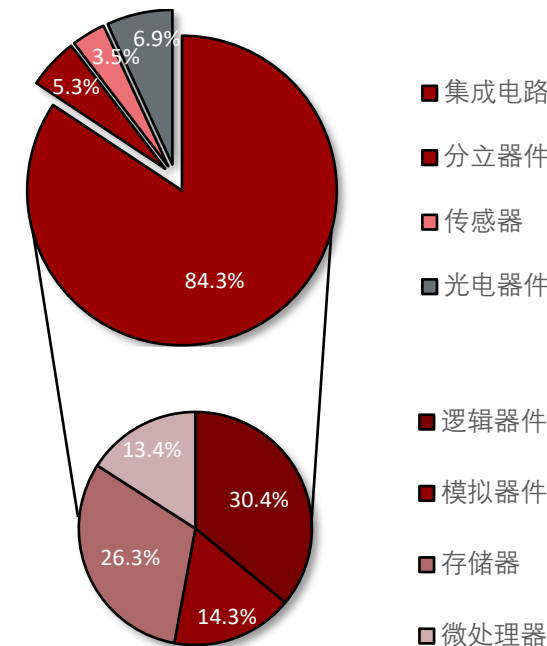
全球半导体市场规模，2019-2024E

单位：[亿美元]



半导体主要品类占比，2023

单位：[%]



□ 半导体是指介于导体与绝缘体之间的物理材料，其广泛应用于计算机、通信、消费电子、汽车、工业/医疗、军事/政府等核心领域。根据世界半导体贸易统计组织（WSTS）的分类标准，半导体主要由四个组成部分组成：集成电路（约占84.3%），光电器件（约占6.9%），分立器件（约占5.3%），传感器（约占3.5%）。其中，集成电路按照产品种类又可分为四大类：微处理器（约占13.4%），存储器（约占26.3%），逻辑器件（约占30.4%），模拟器件（约占14.3%）。

□ 根据WSTS的数据，全球半导体市场规模由2019年的4,123亿美元增长至2023年的5,201亿美元。2023年全球半导体市场规模同比下滑9.4%，主要由于2023年下游需求疲软且库存高位，导致半导体市场低迷。然而在AI芯片需求强劲的推动下，全球半导体行业将有所回暖，开始进入上行周期。预计2024年全球半导体市场规模将增长至5,884亿美元，同比增长13.1%。

来源：WSTS，头豹研究院



www.leadleo.com 400-072-5588

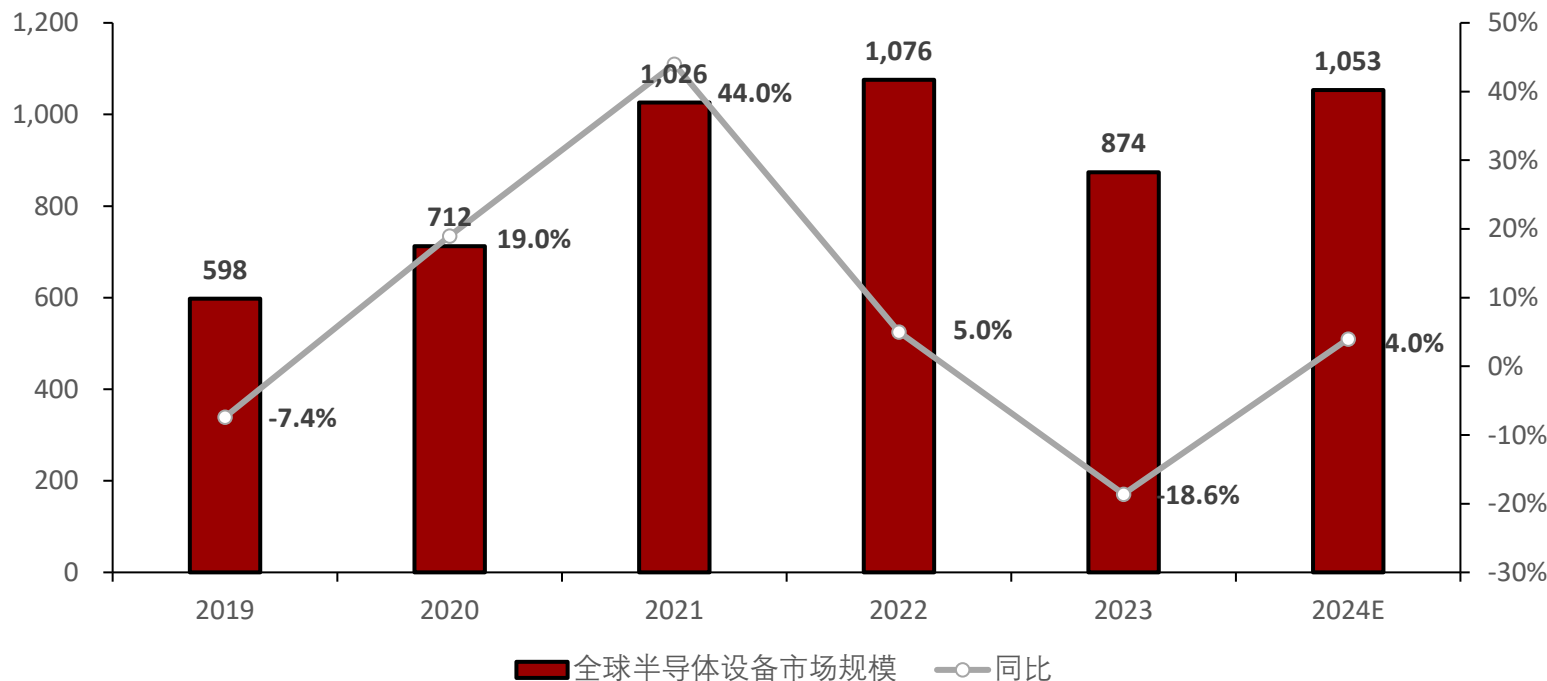
©2024 LeadLeo

全球半导体设备：2023年全球半导体设备市场出现下滑，晶圆制造投资量占比超80%

2023年全球半导体设备市场规模受下游需求不振影响有所下滑，达874亿美元。在半导体设备投资中，晶圆制造设备占比超80%，其中刻蚀设备、薄膜沉积设备、光刻机价值量占比分别为22%、22%和17%

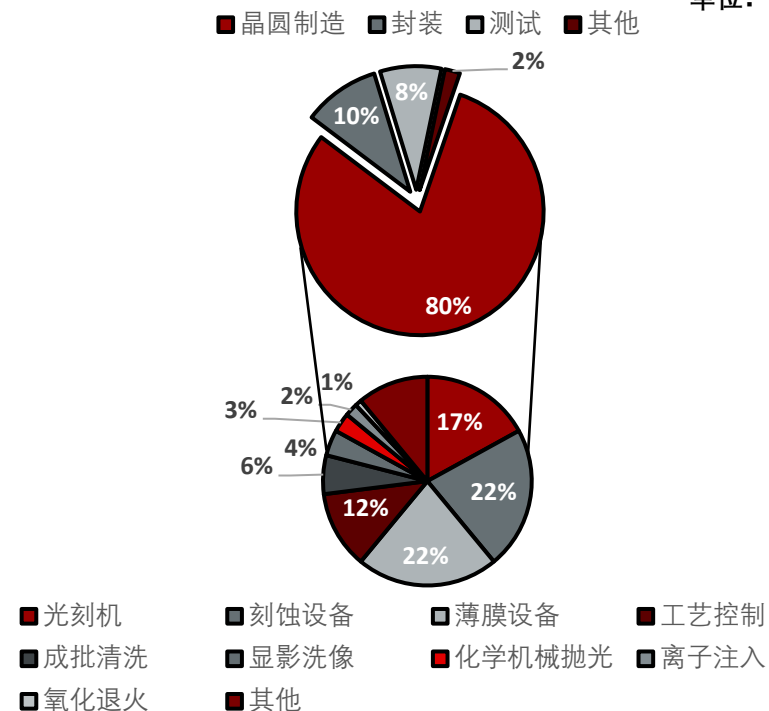
全球半导体设备市场规模，2019-2024E

单位：[亿美元]



半导体设备价值量占比，2023

单位：[%]



全球半导体设备市场在5G、AI、物联网等新兴技术的驱动下不断扩大，市场规模由2019年的**598亿美元**增长至2022年的**1,076亿美元**，2017-2022年CAGR为**15.8%**。2023年，受到下游芯片需求疲软，以及终端库存过高的影响，全球半导体设备市场规模同比下降**18.6%**至**874亿美元**。预计2024年需求回暖，全球半导体设备市场规模达**1,053亿美元**，同比增长**4.0%**。

在晶圆厂的资本开支中，**20%-30%**用于厂房建设，**70%-80%**用于设备投资。根据国际半导体产业协会（SEMI），前道设备（晶圆制造）投资量占半导体设备投资量的约**80%**，封装和测试设备占比分别约为**10%**和**8%**。在晶圆制造设备中，刻蚀设备、薄膜沉积设备和光刻机分别占前道设备价值量的**22%**、**22%**和**17%**。

来源：SEMI，头豹研究院



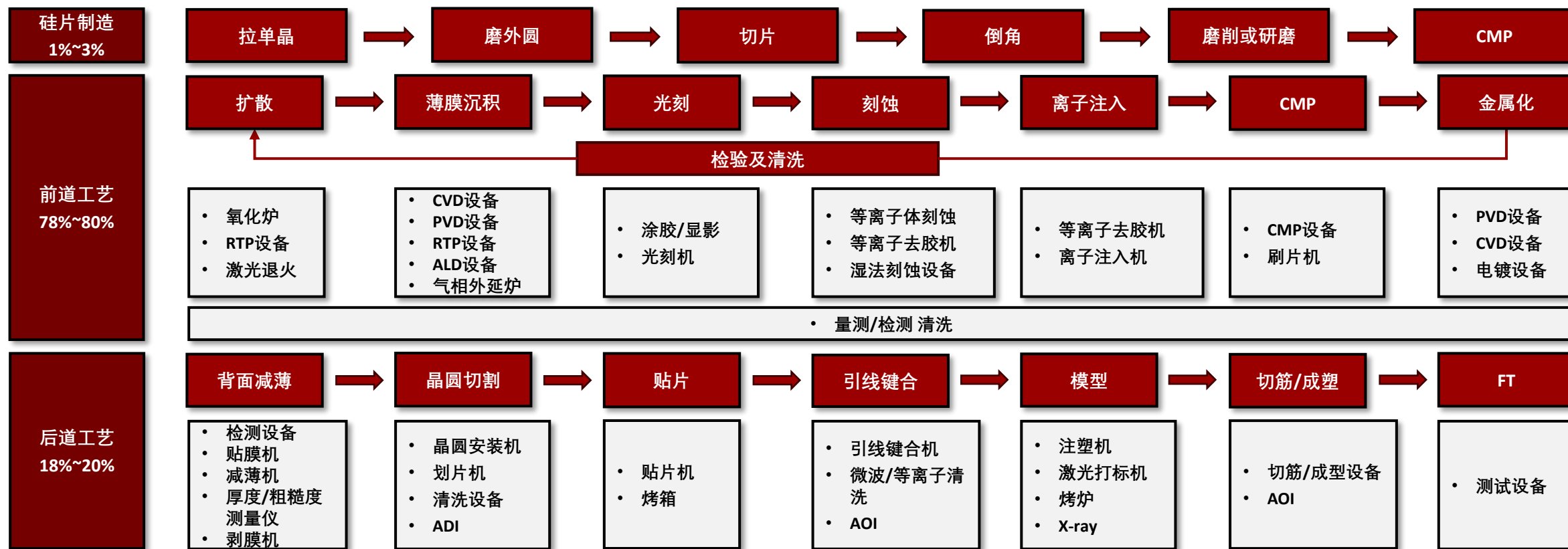
www.leadleo.com 400-072-5588

©2024 LeadLeo

半导体设备全景图：IC制造流程复杂，涉及半导体设备种类繁多

总体来说，半导体设备可分为制造设备与封测设备，其中制造设备又可分为晶圆生产设备和晶圆工艺设备，封测设备又可分为封装设备和测试设备

半导体设备全景图



在IC制造环节，晶圆制造包括硅片制造和晶圆加工工艺，其中前者包括拉单晶、晶体加工、切片、研磨、倒角、抛光等一系列步骤，后者包括氧化、涂胶、光刻等一系列步骤，半导体设备就在这些相应的步骤中被使用。在IC制造环节后，内嵌集成电路尚未切割的晶圆片会进入IC封测环节，包括磨片、切割、贴片等一系列步骤，在各步骤中需使用相对应的半导体封装和测试设备，最终得到芯片成品。

半导体设备国产化进程（1/3）：中国半导体设备厂商已覆盖多个细分领域

全球半导体设备市场高度集中，海外龙头厂商仍处于垄断地位，中国半导体设备厂商已覆盖多个细分领域，但仍处于国产化替代的早期阶段

中国大陆半导体设备厂商产品布局

工艺流程	单晶生长		前道工艺													后道工艺				
	硅	Sic	刻蚀	清洗	薄膜沉积			热处理		光刻		离子注入	抛光	去胶	前道测试		测试			
公司/细分设备				清洗机	PVD	CVD	ALD	氧化炉	RTP设备	涂胶显影	光刻机	离子注入机	CMP设备	去胶机	检测	量测	测试机	分选机	探针台	先进封装
北方华创																				
晶盛机电																				
中微公司																				
盛美上海																				
至纯科技																				
华海清科																				
拓荆科技																				
长川科技																				
芯源微																				
万业企业																				
中科飞测																				
华峰测控																				
晶升股份																				
屹唐半导体																				
上海微电子																				
精测电子																				

来源：头豹研究院



半导体设备国产化进程（2/3）：半导体设备国产化率已达35%，预计在2025年提升至50%

中国半导体设备厂商在去胶、清洗、刻蚀设备方面国产化率较高，在CMP、热处理、薄膜沉积设备上有所突破，而在量测、涂胶显影、光刻、离子注入等设备上的国产化程度仍较低

主要半导体设备海内外品牌及国产化率

设备种类	国产化率	中国大陆厂商	国外厂商
去胶	> 80%	屹唐半导体、浙江宇谦、上海稷以等	Hitachi High-Technologies（日）、Lam Research（美）等
清洗	50%-60%	北方华创、中国电科、盛美上海、至纯科技、芯源微等	迪恩士SCREEN（日）、Tokyo Electron Limited（日）、Lam Research（美）等
刻蚀	55%-65%	中微公司、北方华创、嘉芯半导体、屹唐半导体、中国电科、嘉芯闵扬等	Applied Materials（美）、Lam Research（美）、Tokyo Electron Limited（日）等
热处理	30%-40%	北方华创、盛美上海、嘉芯半导体、嘉芯闵扬等	ASM International（荷兰）、Applied Materials（美）、Lam Research（美）、Tokyo Electron Limited（日）等
PVD	10%-20%	北方华创、嘉芯半导体等	ASM International（荷兰）、Applied Materials（美）、Lam Research（美）、Tokyo Electron Limited（日）等
CVD/ALD	5%-10%	北方华创、昌盛机电、中微公司、盛美上海、拓荆科技、嘉芯半导体等	ASM International（荷兰）、Applied Materials（美）、Lam Research（美）、Tokyo Electron Limited（日）等
CMP	30%-40%	盛美上海、华海清科、中国电科、鼎龙控股、烁科精微等	DuPont（美）、Thomas west Inc（美）、JSR（日）等
涂胶显影	5%-10%	盛美上海、芯源微等	Tokyo Electron Limited（日）、迪恩士SCREEN（日）等
离子注入	10%-20%	凯世通、中国电科、烁科中科信等	Applied Materials（美）、Axcelis Technologies（美）等
量测	1%-10%	上海微电子、中科飞测、精测电子等	KLA（美）、Santec Holdings Corporation（日）等
光刻	< 1%	上海微电子、中国电科等	ASML（荷兰）、Canon佳能（日）、Nikon尼康（日）等

□ 全球半导体设备市场高度集中，海外龙头厂商仍处于垄断地位。中国半导体设备厂商已覆盖多个细分领域，其中在去胶、清洗、刻蚀设备方面国产化率较高，在CMP、热处理、薄膜沉积设备上有所突破，而在量测、涂胶显影、光刻、离子注入等设备上的国产化程度仍较低。半导体设备整体国产化率已达**35%**，预计在2025年提升至**50%**，并初步摆脱对美日荷半导体设备的依赖。

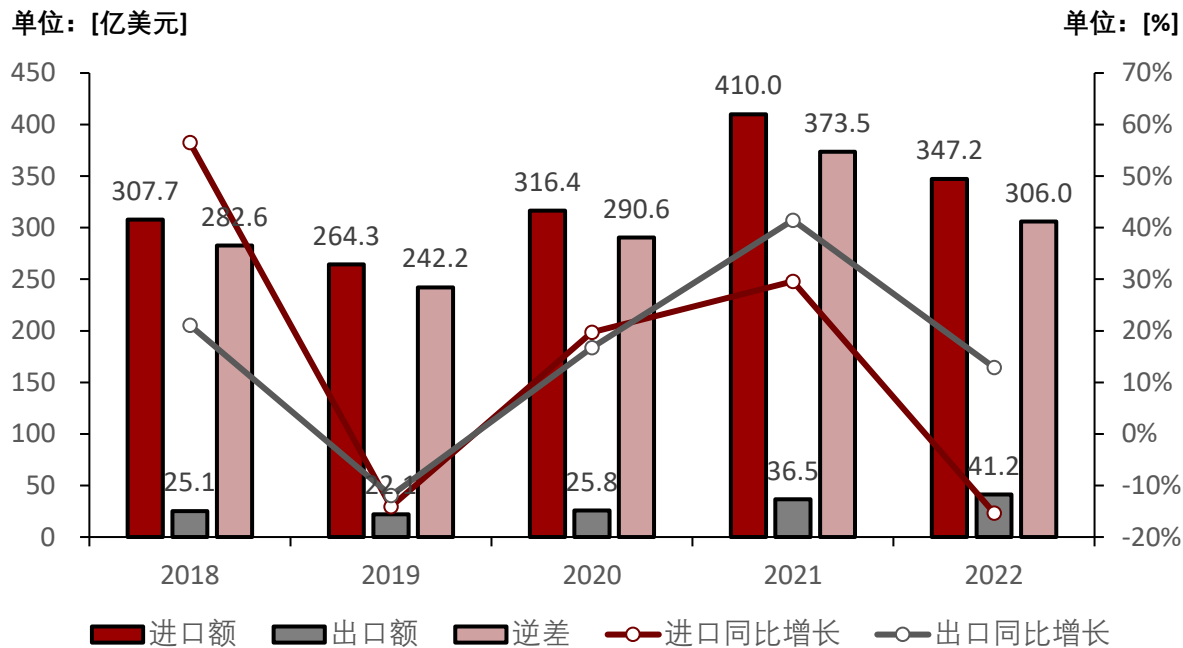
来源：头豹研究院



半导体设备国产化进程（3/3）：美日荷先进半导体设备封锁，国产替代进程加速

2022年以来，美日荷相继发布对华芯片出口管制措施。半导体设备作为中国主要的“卡脖子环节”，正处于国产替代的黄金期。2023年6-7月，中国半导体设备进口额大幅增长，表明国产厂商正持续扩大成熟制程芯片的生产

中国大陆半导体设备进出口额，2018-2022



□ 2022年，中国大陆半导体设备行业整体进口金额达到347.2亿美元，出口金额达**41.2亿美元**，进出口贸易逆差达**306.0亿美元**。2023年6月和7月，中国进口的半导体设备价值总额接近**50亿美元**，较去年同期的29亿美元增长了**70%**，其中大部分进口的半导体设备来自于荷兰和日本。中国对半导体设备进口额的大幅增长，表明中国半导体制造厂商正在继续扩大成熟制程的生产。

美日荷半导体设备出口管制措施，2022-2023

国家	日期	主要半导体设备管制措施
美国	2022.10.07	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	2023.05.23	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，2023年7月23日政策生效。
荷兰	2023.06.30	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。

□ 2022年10月，美国对中国半导体产业制裁升级。2023年3月，荷兰也加入了美国对华芯片出口管制的阵营。日本经济产业省也发布修订外汇法法令，将23类先进的芯片制造设备纳入出口管理的管制对象。其中包括清洗设备、成膜设备、热处理设备、曝光设备（包括极紫外EUV相关产品的制造设备）、蚀刻设备、高端光刻胶等。2022年以来，地缘政治不确定性持续加剧，半导体设备作为中国主要的“卡脖子环节”，仍处于国产替代的黄金期。

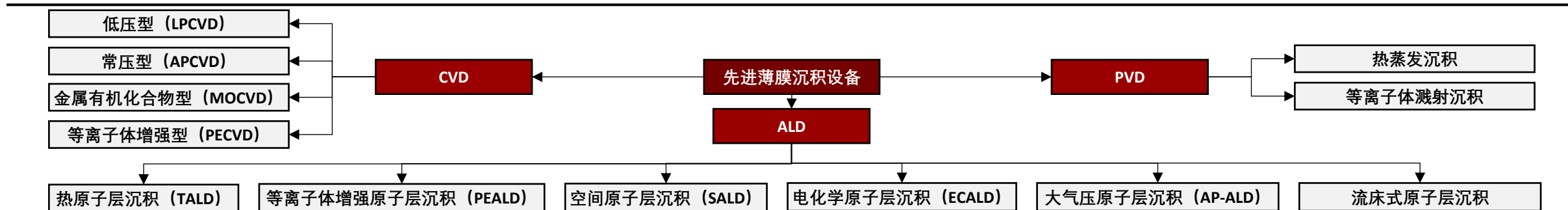
Chapter 2

半导体设备细分行业

薄膜沉积设备 (1/3) : 半导体制造关键设备, 其技术可分为CVD、PVD和ALD三大类

薄膜沉积设备是半导体制造的核心设备, 薄膜沉积设备主要负责各个步骤当中的介质层与金属层的沉积, 包括CVD (化学气相沉积) 设备、PVD (物理气相沉积) 设备/电镀设备和ALD (原子层沉积) 设备

薄膜沉积技术分类及对比



技术路线	PVD	CVD	ALD
沉积原理	物理气相沉积	化学气相沉积	化学表面饱和反应
沉积过程	成核生长	成核生长	逐层饱和反应
沉积速度	快	快	慢
均匀性控制能力	5nm左右	0.5-2nm	0.07-0.1nm
薄膜质量	化学配比一般, 针孔数量高, 应力控制有限	具有很好的化学配比, 针孔数量少, 具有应力控制能力	具有很好的化学配比, 针孔数量少, 具有应力控制能力
阶梯覆盖能力	弱	中	强
工艺环境 (温度、压强、流场等)	对真空要求较高, 镀膜具有方向性	对工艺参数的变化较为敏感	基于表面化学饱和反应, 工艺参数可调整范围较大

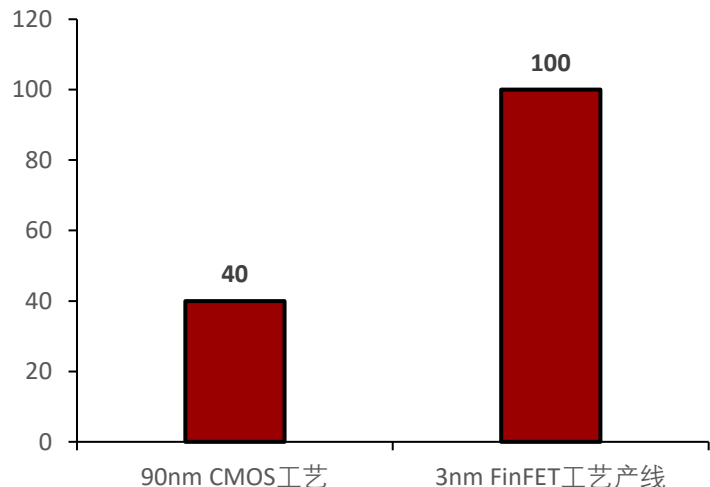
□ 薄膜沉积设备是半导体制造的核心设备, 不同类型的设备适合不同沉积材料和用途。薄膜沉积技术则是指在硅片衬底上沉积一层待处理的薄膜材料, 所沉积薄膜材料可以主要分为: 介质材料(二氧化硅、氮化硅、多晶硅等)、金属材料(铜、钨、钛、氮化钛等)和半导体材料(单晶硅、多晶硅等)。薄膜沉积设备主要负责各个步骤当中介质层与金属层的沉积, 具体包括化学气相沉积(CVD)设备、物理气相沉积(PVD)设备、电镀设备和原子层沉积(ALD)设备, 其中ALD又是属于CVD的一种, 主要应用于先进制程工艺节点。从沉积效果看, PVD是指向性沉积, 适合沉积金属材料, 而CVD和ALD的沉积覆盖性较好, 适合沉积介质材料, 其中ALD对薄膜厚度控制精准度高, 但沉积速度较慢。

薄膜沉积设备（2/3）：芯片制程升级，推动薄膜沉积设备需求大幅增长

先进制程使得晶圆制造的复杂度和工序量大幅提升，随之制造设备成本也会越来越高，所需的薄膜沉积设备数量也随之增加

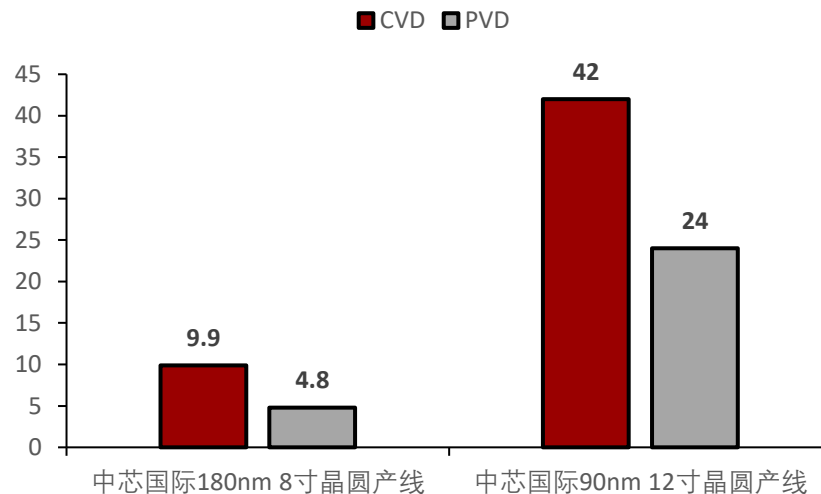
不同工艺节点薄膜沉积工序对比

单位：[道]



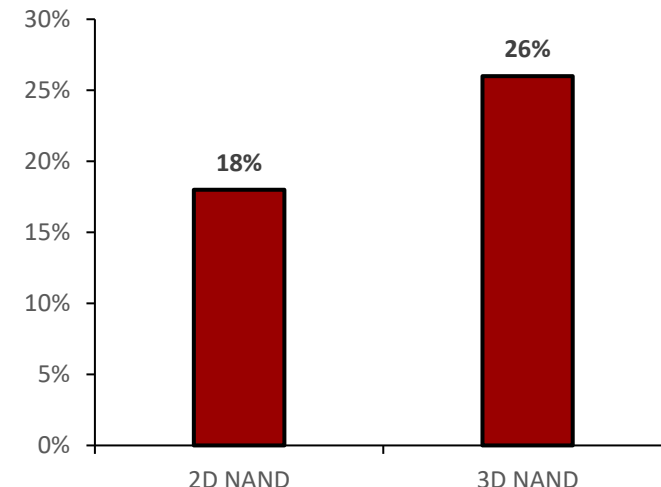
不同制程产线薄膜沉积设备数量对比

单位：[台/万片月产能]



薄膜沉积设备占FLASH产线资本开支比例

单位：[%]



- 先进制程使得晶圆制造的复杂度和工序量大幅提升，当线宽向7nm及以下制程发展，需要采用多重曝光工艺，薄膜沉积次数明显增加。在90nm CMOS芯片工艺中，大约需要40道薄膜沉积工序。在3nm FinFET工艺产线，大约需要超过100道薄膜沉积工序，涉及的薄膜材料由6种增加到近20种，对于薄膜颗粒的要求也由微米级提高到纳米级，进而拉动晶圆厂对薄膜沉积设备需求量的增加。
- 逻辑芯片制造工艺极为复杂，工艺制程的不断缩小尤其是在22nm以下，所需制造设备精准度大幅提升，随之设备成本也会越来越高，所需的薄膜沉积设备数量越多。中芯国际180nm 8寸晶圆产线每万片月产能需要CVD设备及PVD设备分别为9.9台和4.8台，更先进的90nm 12寸晶圆产线每万片月产能需要CVD设备和PVD设备分别为42台和24台。
- 在FLASH存储芯片领域，随着主流制造工艺已由2D NAND发展为3D NAND结构，结构的复杂化导致对于薄膜沉积设备的需求量逐步增加。而随着3D NAND FLASH芯片的堆叠层数不断增高，每层堆叠均需要经过薄膜沉积工艺步骤，对于薄膜沉积设备的需求也随之增加。根据东京电子（TEL）披露，在FLASH芯片产线的资本开支占比重，2D时代的薄膜沉积设备占比为18%，3D时代的占比为26%。同时，随着层数的不断增加，深宽比进一步扩大，需要的ALD设备更多。

来源：拓荆科技，TEL，头豹研究院



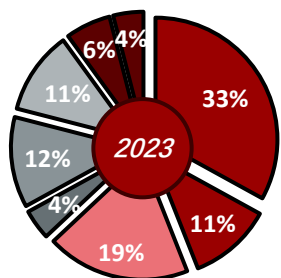
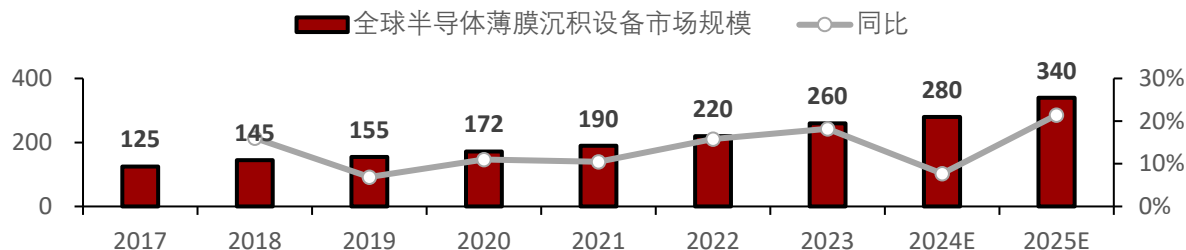
薄膜沉积设备 (3/3) : 2023年全球市场规模达260亿美元, 市场被海外厂商所垄断

2023年, 全球半导体市场规模为5,201亿美元, 同比下滑9.4%, 主要由于2023年存储芯片需求疲软, 导致半导体市场低迷。在AI芯片需求强劲的推动下, 全球半导体市场将有所回暖, 预计2024年市场规模增长至5,884亿美元

全球半导体薄膜沉积设备市场规模, 2017-2025E

单位: [亿美元]

单位: [%]

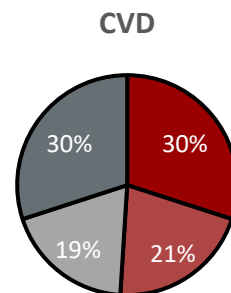


- PECVD
- 溅射PVD
- 管式CVD
- 其他薄膜沉积设备
- ALD
- 电镀ECD
- 非管式LPCVD
- MOCVD

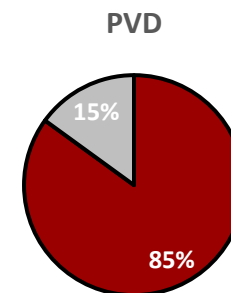
- 根据Maximize Market Research数据, 全球薄膜沉积设备市场规模预计由2017年的**125亿美元**增长至2025年的**340亿美元**。未来, 逻辑芯片制程升级、存储芯片堆叠层数提升、新工艺的应用, 使得薄膜沉积设备在产线中的占比及价值量逐步提升, 全球薄膜沉积设备市场规模将保持稳定增长态势。
- 在薄膜沉积设备市场中, PECVD份额占比达**33%**, 而其余占比较大的设备有PVD (**19%**)、ALD (**11%**)、管式CVD (**12%**)等。由于PECVD具有沉积速度快、工作温度低的优点, 其在薄膜沉积设备中占据主要地位。

全球薄膜沉积设备市场竞争格局, 2023

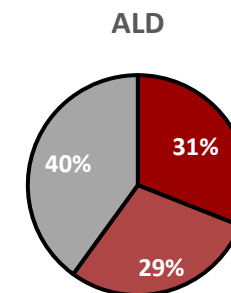
单位: [%]



AMAT Lam TEL 其他



AMAT 其他



TEL ASMI 其他

- 从全球市场份额来看, 薄膜沉积设备行业呈现高度垄断的竞争格局, 全球市场基本由应用材料AMAT、先晶半导体ASMI、泛林半导体Lam、东京电子TEL等国际巨头垄断。
- 在全球CVD市场中, AMAT占比约**30%**, Lam占比约**21%**, TEL占比约**19%**, 三者合计占据超**70%**的市场份额; 在全球PVD市场中, 市场基本由AMAT垄断, 份额占比达**85%**; 在全球ALD市场中, TEL和ASMI分别占据了**31%**和**29%**的市场份额。
- 目前, 中国主要的薄膜沉积设备厂商包括拓荆科技、北方华创、微导纳米、中微公司和盛美上海。各国产厂商当前重点布局的产品主要进行差异化竞争, 其中, 微导纳米核心产品为ALD, 拓荆科技重点布局PECVD, 北方华创核心产品包括LPCVD、EPI和ALD等, 中微公司的半导体薄膜产品主要为LPCVD和ALD, 盛美上海的PECVD正在研发中, 预计即将送入客户端。

来源: Maximize Market Research, Gartner, 拓荆科技, 头豹研究院



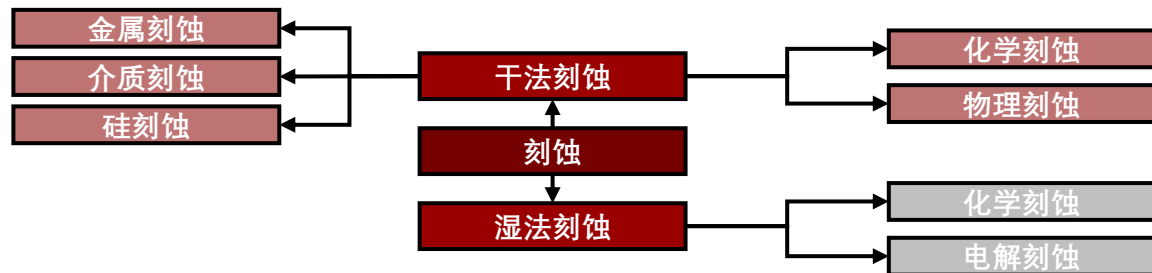
www.leadleo.com 400-072-5588

©2024 LeadLeo

刻蚀设备（1/3）：可分为干法刻蚀和湿法刻蚀，干法刻蚀市场占比超90%

刻蚀工艺是把光刻胶上图形转移到薄膜上，其可分为干法刻蚀和湿法刻蚀，目前应用主要以干法刻蚀为主，市场占比在90%以上

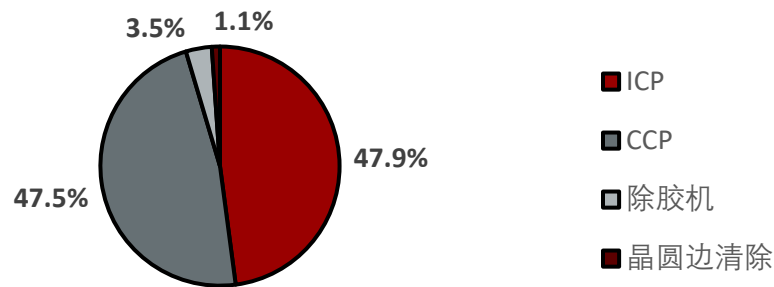
刻蚀技术分类及占比



刻蚀技术对比

	干法刻蚀	湿法刻蚀
腐蚀速率	适中，可变	高，可变
材料选择性	低，可变	谨慎选择下，高
圆片产量	低，可变	高，可变
掩膜选择性	适中，可变	谨慎选择下高
光刻图形分辨率	高	适中
腐蚀可靠性	高	适中，采用自动化可改进
培训和维护	适中	低
单位工艺成本	适中	低
设备成本	高	低
设施成本	高	低

全球干法刻蚀细分设备情况，2022



□ 半导体制作过程中，薄膜沉积工艺是在晶圆上沉积一层待处理的薄膜，匀胶工艺把光刻胶涂抹在薄膜上，光刻和显影工艺把光罩上的图形转移到光刻胶，而刻蚀工艺是把光刻胶上图形转移到薄膜，去除光刻胶后，即完成图形从光罩到晶圆的转移。

□ 刻蚀通过溶液、离子等方式剥离移除如硅、金属材料、介质材料等晶圆表面材料，从而达到集成电路芯片结构设计要求的一种工艺流程。刻蚀工艺分为干法刻蚀和湿法刻蚀，目前应用主要以干法刻蚀为主，市场占比90%以上。湿法刻蚀在小尺寸及复杂结构应用中具有局限性，目前主要用于干法刻蚀后残留物的清洗。湿法刻蚀可分为化学刻蚀和电解刻蚀。根据作用原理，干法刻蚀可分为物理刻蚀（离子铣刻蚀）和化学刻蚀（等离子刻蚀），等离子刻蚀设备又可分为电容耦合等离子体刻蚀（CCP）和电感耦合等离子体刻蚀（ICP），ICP与CCP是应用最为广泛的刻蚀设备，2022年在干法刻蚀设备市场份额占比分别为47.9%和47.5%。根据被刻蚀的材料类型，干法刻蚀则可分为金属刻蚀、介质刻蚀与硅刻蚀。

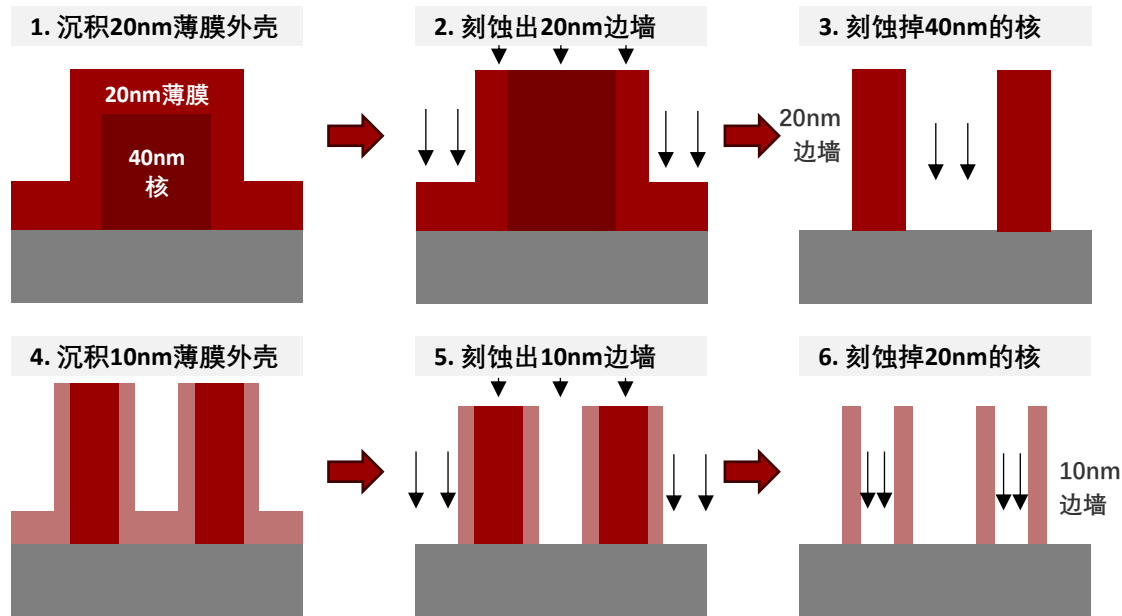
来源：头豹研究院



刻蚀设备（2/3）：芯片线宽缩小及新制造工艺的采用，对刻蚀设备提出更高的要求

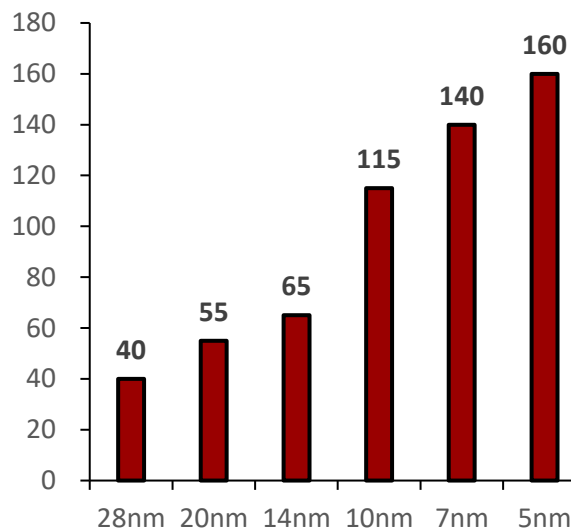
芯片线宽的缩小及新制造工艺的采用，对刻蚀技术的精确度和重复性要求更高。刻蚀技术需要在刻蚀速率、各向异性、刻蚀偏差、选择比、深宽比、均匀性等指标上满足更高的要求，刻蚀设备随之更新进步

多重模板工艺涉及到多次刻蚀，以10nm为例



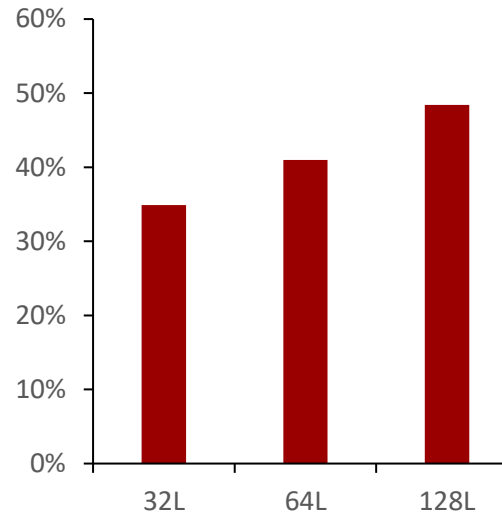
不同制程集成电路所需刻蚀工艺数量

单位：[次]



不同堆叠层刻蚀设备用量占比

单位：[%]



- 随着国际上高端量产芯片从14nm到10nm阶段，并向7nm、5nm甚至更小的方向发展，当前市场普遍使用的沉浸式光刻机受光波长的限制，关键尺寸无法满足要求，必须采用多重模板工艺，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。根据SEMI，一片7nm集成电路所经历刻蚀工艺**140次**，较28nm生产所需的**40次**增加**2.5倍**。同时，更多的步骤、更小的尺寸以及不同的材料对刻蚀机的数量、精度、重复性等提出更高的要求。此外，存储芯片堆叠层数的增加也带来了刻蚀设备数量需求的增长，在沟道孔洞等加工节点，刻蚀设备用量与堆叠层数呈同比例增加。以某种3D NAND技术路线为例，在150 k/月假定产能下堆叠层数由32层增加至128层，刻蚀设备占比由**34.9%**升至**48.4%**。
- 芯片线宽的缩小及新制造工艺的采用（如多重模板工艺），对刻蚀技术的精确度和重复性要求更高。刻蚀技术需要在刻蚀速率、各向异性、刻蚀偏差、选择比、深宽比、均匀性、残留物、等离子体引起的敏感器件损伤、颗粒沾污等指标上满足更高的要求，刻蚀设备随之更新进步，例如：刻蚀设备的静电吸盘从原来的4分区扩展到超过20个分区，以实现更高要求的均匀性；更好的腔体的温度控制实现生产重复性的提高。

来源：中微公司，SEMI，头豹研究院

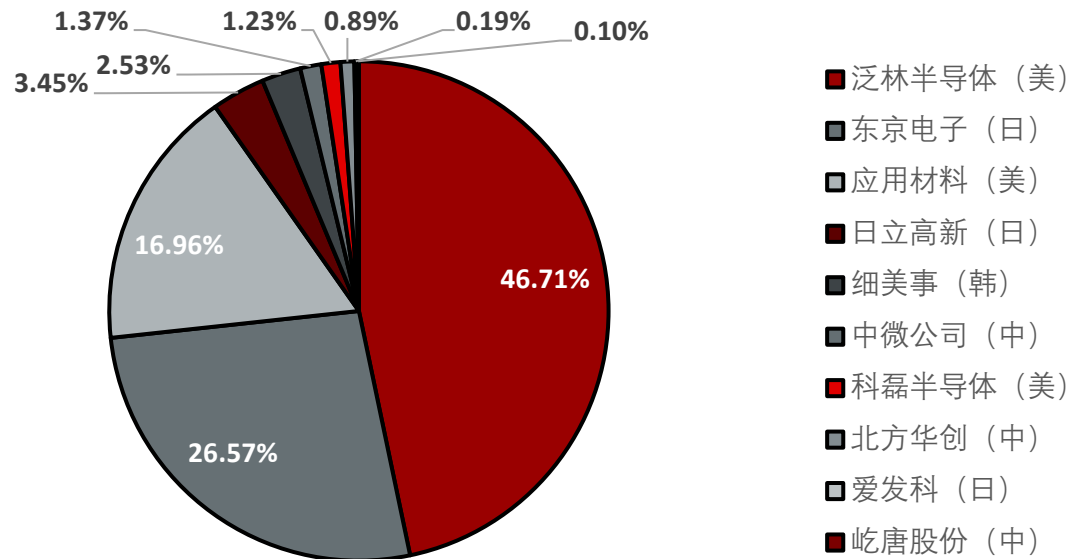


刻蚀设备（3/3）：全球刻蚀设备市场格局高度集中，CR3超90%，国产替代空间广阔

全球刻蚀设备市场格局高度集中，市占率前三名为海外的泛林半导体、东京电子和应用材料，CR3超过90%，为寡头垄断格局。中国三大刻蚀设备厂商市占率合计仅为2.36%，国产替代空间广阔

全球干法刻蚀设备市场竞争格局，2020

单位：[%]



中外厂商刻蚀设备产品技术对比

		泛林半导体	中微公司	北方华创	
应用领域	介质刻蚀	■	■	■	
	金属刻蚀	■	■	■	
	硅刻蚀	■	■	■	
制程工艺	ICP	28nm-14nm	■	■	
		14nm-7nm	■	■	
		5nm-3nm	■	■	
	CCP	65nm-14nm	■	■	■
		7nm	■	■	-
		5nm	■	■	-
		3nm	■	-	-
			■	-	-

注：■ 量产中 ■ 验证中 ■ 研发中

□ 全球刻蚀设备市场格局高度集中，CR3超过90%，呈现寡头垄断格局。2020年，全球刻蚀行业前三大厂商泛林半导体、东京电子和应用材料市场份额分别为46.71%、26.57%、16.96%。其中，硅基刻蚀主要被泛林半导体和应用材料垄断，介质刻蚀主要被东京电子和泛林半导体垄断。中国本土干法刻蚀设备厂商主要有中微公司、北方华创和屹唐半导体，2020年三者市占率合计为2.36%，刻蚀设备国产替代空间广阔。

□ 逻辑芯片刻蚀方面，中国厂商中微公司以CCP起家，正处于追赶研发5nm-3nm ICP刻蚀设备的阶段。北方华创则专注ICP刻蚀，目前14nm刻蚀设备已在客户端得到验证并量产，同时于2022年首次推出CCP刻蚀设备，完善其产品结构；存储器刻蚀方面，中国本土仅有中微公司针对128层3D NAND进行研发。

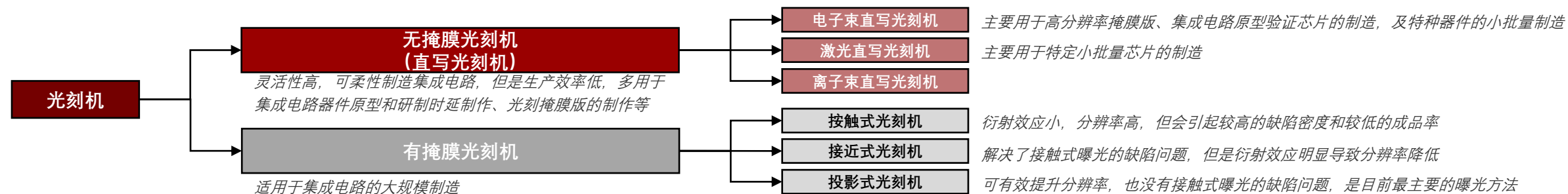
来源：屹唐半导体，Gartner，头豹研究院



光刻机 (1/3) : 光刻工艺的核心设备, 成本高昂且技术复杂

光刻是指在特定波长光线的作用下, 将设计在掩膜版上的集成电路图形转移到硅片表面的光刻胶上的技术工艺, 其主要可分为无掩膜和有掩膜光刻机, 其中有掩膜光刻机中的投影式光刻机为主流

光刻机分类及演进历程



发展历程	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代	第六代
时间	1980s	1980s	1990s	2000s	2010概念性发布 2016-2017量产	2025E
光源	g-line	i-line	KrF	ArF	EUV	EUV
光刻机类型	UV	UV	干式DUV	干式DUV/侵入式DUV	Low-NA EUV	High-NA EUV
波长 (nm)	436	365	248	193	13.5	13.5
数值孔径NA	0.38	0.6	0.8	0.93/1.35	0.33	0.55
可实现制程 (nm)	350-800	350-800	180-350	65-130 / 7-45	3-7	< 3

□ 光刻是指在特定波长光线的作用下, 将设计在掩膜版上的集成电路图形转移到硅片表面的光刻胶上的技术工艺。光刻工艺是芯片生产流程中最复杂、最关键的步骤, 而光刻机是光刻工艺的核心设备, 其成本昂贵且技术复杂。在集成电路制造中, 通常需要**20-30次**光刻工序, 耗费总成本的**30%**, 耗费时间约占整个硅片工艺的**40%-60%**。光刻机可分为无掩膜和有掩膜光刻机, 其中有掩膜光刻机中的投影式光刻机为主流。

□ 光刻机的技术演进主要分为以下几个阶段: **1) UV光刻机**: UV为紫外光, 用于0.25微米及以上制程节点; **2) 干式DUV光刻机**: 指在光刻过程中使用干式透镜和深紫外线光源, 可用于65nm-0.35μm制程节点; **3) 侵入式DUV光刻机**: 通过把物镜与晶圆之间的填充由空气改变为水, 进而获得更高的数值孔径, 使光刻机具有更高的分辨率与成像能力, 可用于7nm-45nm制程节点; **4) Low-NA EUV**: EUV为极紫外光, 光刻机分辨率显著提升, 用于3nm-7nm制程节点; **5) High NA EUV**: 下一代光刻机技术, 将在已有EUV基础上进一步提高分辨率和成像能力, 用于3nm以下制程节点。

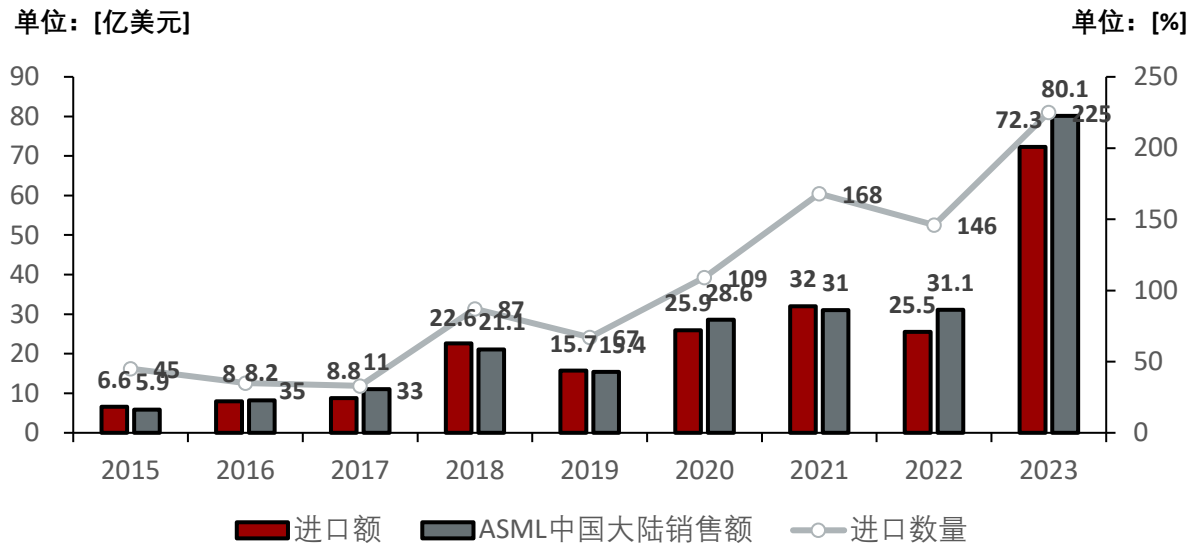
来源: ASML, 头豹研究院



光刻机 (2/3) : 中国仍在大量进口ASML光刻机, 2024年1-2月向ASML进口额增长256%

2023年中国光刻机进口额为87.5亿美元, 同比增长120.9%, 其中从荷兰进口额占比达82.6%, 且几乎来自ASML。国产光刻机仍处于90nm阶段, 无法满足市场需求

荷兰光刻机进口额及ASML中国大陆销售额, 2015-2023



□ 根据中国海关总署数据, 2023年中国光刻机进口额为**87.5亿美元**, 同比增长**120.9%**, 其中, 从荷兰进口**72.3亿美元**, 同比增长**183.8%**, 荷兰进口总额占**82.6%**, 而我国从荷兰进口的光刻机几乎完全来自阿斯麦 (ASML)。2024年1-2月, 中国向ASML进口了32台光刻机, 进口金额高达**10.6亿美元** (约76亿人民币), 同比增长**256%**。分省市来看, 2023年共13个省市进口了光刻机, CR5合计占比**85.22%**。

□ ASML拥有超高端光刻机, 覆盖3nm至其他所有工艺, 而国产光刻机仍处于90nm阶段, 无法满足市场需求。因此, 中国光刻机极度依赖进口, 对ASML光刻机进口额也呈现逐年高速增长态势。

中国各省市荷兰光刻机进口情况, 2023

地区	数量 (台)	进口额 (亿美元)	占比	主要晶圆厂
上海市	51	15.07	20.8%	中芯国际、积塔、上海台积电、华虹、鼎泰匠心、上海格科微、Diodes
湖北省	34	14.24	19.7%	武汉新芯、长江存储
北京市	35	12.25	16.9%	中芯国际、长鑫存储、赛微电子、燕东微电子
广东省	28	10.20	14.1%	中芯国际、广州粤芯、广州增芯、润鹏半导体
安徽省	23	9.85	13.6%	晶合集成、长鑫存储
江苏省	11	2.99	4.1%	无锡海力士、华虹、华润微、无锡海辰、和舰科技、南京台积电、扬州晶新
山东省	10	2.85	3.9%	青岛芯恩、比亚迪济南
浙江省	13	2.18	3.0%	中芯绍兴、中芯宁波、杭州积海、杭州富芯、士兰微、中科汉天下
福建省	7	1.66	2.3%	福建晋华、士兰微、联芯集成
天津市	8	0.64	0.9%	中芯国际
重庆市	3	0.17	0.2%	华润微、重庆万国
陕西省	1	0.13	0.2%	西安三星
湖南省	1	0.07	0.1%	中车时代电气、比亚迪长沙
合计	225	72.30	100%	

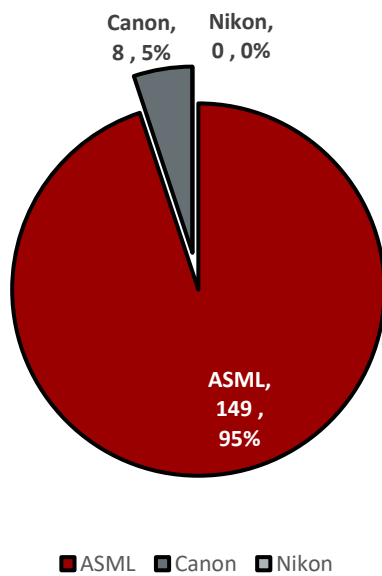
光刻机 (3/3) : 行业呈现寡头垄断格局, 进入壁垒极高

全球光刻机市场长期由ASML、Nikon和Canon三家公司垄断, CR3达99%, 行业呈现寡头垄断格局。中国光刻机厂商上海微电子目前完成90nm光刻机出货, 主要聚焦于后道封装用光刻机, 并在加快浸没式DUV产业化落地

ASML、Canon、Nikon光刻机出货量对比, 2021-2022

公司	产品	21年出货量 (台)	22年出货量 (台)
ASML	EUV光刻机	42	40
	ArFi光刻机	81	81
	ArF光刻机	22	28
	KrF光刻机	131	151
	i-line光刻机	33	45
Canon	KrF光刻机	0	51
	i-line光刻机	0	125
	面板用光刻机	67	51
	ArFi光刻机	4	4
Nikon	ArF光刻机	3	4
	KrF光刻机	5	7
	i-line光刻机	23	15
	面板用光刻机	47	28

全球高端光刻机出货量占比, 2022



注: 高端光刻机包括EUV、ArFi及ArF

中国光刻机重点项目主要产业化落地公司及进展

分系统	产业化公司	相关项目	公司进展
整机	上海微电子	<ul style="list-style-type: none"> 02专项90nm光刻机样机研制; 02专项浸没光刻机关键技术预研项目。 	<ul style="list-style-type: none"> 项目均通过了验收, 90nm ArF光刻机SSA600系列实现出货。
光源系统	科益虹源	<ul style="list-style-type: none"> 02准分子激光技术成果产业化载体; 继续承担02浸没光刻光源研发。 	<ul style="list-style-type: none"> 193nm ArF高能准分子激光器完成出货; 40W 4kHz KrF准分子激光器批量生产。
光学系统	国望光学	<ul style="list-style-type: none"> 02二期面向28nm节点的ArF浸没式光刻曝光光学系统研发。 	<ul style="list-style-type: none"> 90nm ArF投影光刻机曝光光学系统交付用户; 28nm ArF浸没式光刻曝光光学系统研发攻关任务顺利进行。
光学系统	国科精密	<ul style="list-style-type: none"> 02一期高NA浸没光学系统关键技术研究; 02二期浸没式光刻机光学系统产品研制与批量生产能力建设。 	<ul style="list-style-type: none"> 02高NA浸没光学系统关键技术研究项目通过验收; 0.75NA投影物镜/0.75NA照明系统均实现交付 (90nm ArF光源); 28nm ArFi曝光系统在研。
双工件台系统	华卓精科	<ul style="list-style-type: none"> 三个02专项, 包括IC装备高端零部件集成制造工艺研究与生产。 	<ul style="list-style-type: none"> 应用于干式光刻机的DWS双工件台已对SMEE出货; 浸没式光刻机用双工件台DWSi在研。
浸没系统	启尔机电	<ul style="list-style-type: none"> 浙江大学启尔团队, 国家863计划等。 	<ul style="list-style-type: none"> 提供高端半导体装备超洁净流控系统及其他关键零部件。

- 全球光刻机市场长期由ASML、Nikon和Canon三家公司垄断, CR3高达**99%**, 行业呈现寡头垄断格局, 进入壁垒极高。
- ASML是全球唯一一家具备EUV设备生产能力的光刻机厂商, 而Canon主要提供低端光刻机产品。从高端光刻机出货量来看, ASML占据2022年高端光刻机 (包括EUV、ArFi和ArF) 市场**95%**的市场份额, 而Nikon占据**5%**的份额。
- 中国光刻机产业自2002年ArF光刻机被列入“863计划”、2008年启动“02专项”后开始发力, 但整体发展较为落后。目前, 中国光刻机厂商上海微电子完成90nm光刻机出货, 占据国内后道封装用光刻机**80%**以上的市场份额, 同时加快浸没式DUV产业化落地。

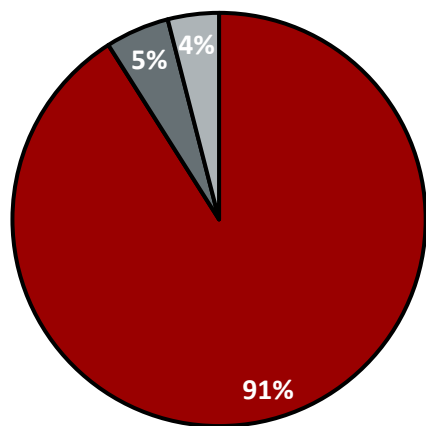
来源: 头豹研究院



涂胶显影设备：市场被东京电子高度垄断，芯源微为国内唯一涂胶显影设备量产企业

涂胶显影设备与光刻机紧密协作，是光刻工序中的核心设备，主要包括涂胶机、喷胶机和显影机。国内涂胶显影设备市场仍被日本东京电子高度垄断，市场CR2超95%

中国大陆涂胶显影设备市占率，2022 芯源微涂胶显影核心技术及其先进性



■ TEL ■ DNS ■ 芯源微

应用设备	技术名称	技术先进性
前道涂胶显影设备	光刻工艺胶膜均匀涂敷技术	28nm及以上技术节点，达到国际先进水平
	精细化显影技术	28nm及以上技术节点，达到国际先进水平
	高产能设备架构及机械手优化调度技术	第三代高产能架构已达到国际先进水平
	内部微环境精确控制技术	28nm及以上节点，公司颗粒控制指标达到国际先进水平
	光刻机联机调度技术	达到与全球主流光刻机In line联机量产能力
	超高温与超高精度烘烤固化技术	28nm及以上技术节点，达到国际先进水平
	自动光学缺陷检测技术	28nm及以上技术节点，通过客户验证，达到量产运用能力
后道及小尺寸领域涂胶显影设备	机台架构、传送调度、工艺控制等技术	整体已达到国际先进水平，部分指标已达到国际领先水平

- 涂胶显影设备与光刻机紧密协作，是光刻工序中的核心设备。涂胶显影设备主要包括涂胶机、喷胶机和显影机，其中涂胶机和喷胶机应用于曝光前光刻胶涂覆，显影机应用于曝光后图形显影。涂胶显影设备分别连接光刻机的输入和输出端口，直接影响光刻图形质量和缺陷控制，并对后续的刻蚀、离子注入等工序中的图形转移也有较大影响。
- 根据是否与光刻机联机，涂胶显影设备可分为Off line与In line两大类，其中Off line多用于早期集成电路和低端制造工艺。随着集成电路制造工艺自动化程度提升，8英寸及以上的大型生产线中的涂胶显影设备一般均与光刻机联机作业（In line），通过机械手使晶圆在各系统间传输，进而完成光刻胶涂覆、固化、显影、坚膜等工艺过程。
- 目前，国内涂胶显影设备市场仍被日本东京电子高度垄断，2022年东京电子TEL市场份额达91%，其次为DNS，占比为5%。芯源微是国内唯一实现前道涂胶显影设备量产的企业，在后道先进封装和LED芯片制造等环节公司设备也已成为国内厂商主流机型并实现国产替代。
- 芯源微目前在浸没式高产能涂胶显影机平台架构及内部腔体单元上进行了进一步的优化和完善全新的热盘快速降温技术在热盘单元烘烤温度切换过程中实现了降温时间的大幅缩短，提升了热盘处理效率，整机产能得到了提升；旋涂省胶技术应用了基于大量客户端量产数据模型下生成的核心函数控制系统，实现了涂胶工艺中的光刻胶旋涂精准控制，可为客户大量节约光刻胶成本。

来源：芯源微，头豹研究院

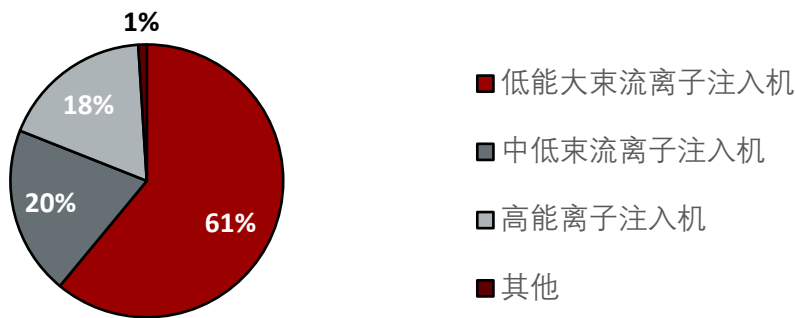


离子注入设备：市场被AMAT和Axcelis垄断，国内仅凯世通和中科信实现批量国产化

离子注入为晶圆制造掺杂核心工艺，技术壁垒较高。根据离子能量和注入剂量的不同，离子注入机可分为低能大束流、中低束流和高能离子注入机三大类，其中低能大束流离子注入机应用占比达61%

离子注入机分类

类别	能量范围	工艺中的主要应用
低能大束流离子注入机	离子束电流大于10mA，极值为25mA，束流能量小于120keV	源漏注入、多晶硅栅极注入
高能离子注入机	束流能量超过200keV，极值在5MeV左右	深埋层
中低束离子注入机	离子束电流大于10mA，束流能量小于180keV	轻掺杂漏区、SmartCut穿透阻挡层等



海内外离子注入机厂商

地区	厂商	业务进展	主要产品
美国	AMAT	全球第一大离子注入机供应商，IC离子注入机龙头	VIISta 900XP、VIISta 3000XP、VIISta 900 3D、VIISta HCP、VIISta PLAD、VIISta Trident等
	Axcelis	全球第二大离子注入机供应商，可用于先进制程工艺需求	Purion H系列、Purion M系列和Purion XE等
中国大陆	中科信	中束流离子注入机具备较强市场竞争力，2023年2月首台大束流离子注入机顺利交付	CI E8000、CI C200、CI-S0400MBR06CF、CIS0400ASH06BF-01等
	万业企业(凯世通)	聚焦低能大束流和高能离子注入机，已取得多家12英寸核心集成电路客户订单	低能大束流istellar-500、高能离子注入机istellar-HE2000等
中国台湾	汉辰科技	在半导体领域较为领先，主要服务于台积电等	iBlazar、iPulsar Plus、iSTAR等
日本	日本住友	具有多合一离子注入机、高能离子注入机、中束流离子注入机、大束流离子注入机	SAion、UHE系列、MC3-II/GP、SHX-III/S、NVGSDIII-180等
	日本日新	主导AMOLED面板制造领域	EXCEED系列、IMPHEAT-II系列等

- 离子注入为晶圆制造掺杂核心工艺，技术壁垒较高。离子注入机可将特定元素（B、P、As）等以离子形式加速到预定能量后注入半导体材料中，并按照预定的方式改变材料性能。除了用于掺杂工艺外，离子注入机还可用于辅助掺杂（预非晶化、扩散和激活控制等）、辅助其他集成电路制造工艺（例如光刻、刻蚀）等领域。
- 从离子注入机细分类别来看，根据离子能量和注入剂量的不同，离子注入机可分为低能大束流、中低束流和高能离子注入机三大类，其中低能大束流离子注入机广泛应用于源漏、多晶硅栅极注入，市场占比高达61%。
- 全球离子注入设备基本由美国的AMAT和Axcelis所垄断，两者合计占据市场份额超90%。中国厂商，凯世通和中科信已经实现离子注入设备批量国产化，二者优势领域互补，凯世通前期聚焦低能大束流和高能离子注入机领域，而中科信的中能离子注入机具备较强市场竞争力。

来源：万业企业，头豹研究院

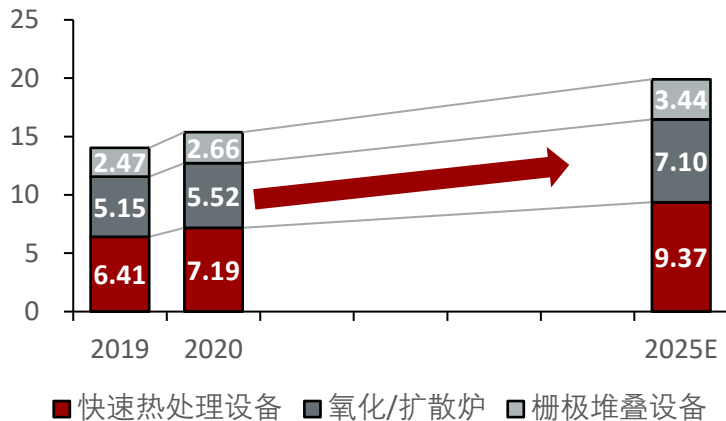


热处理设备：全球市场集中度高，应用材料市占率近70%

热处理工艺包括氧化/扩散/退火。2020年全球热处理设备市场规模约为14.03亿美元，预计在2025年增长至19.91亿美元。全球热处理设备市场集中度较高，2020年，应用材料市占率接近70%，屹唐股份占据11.5%

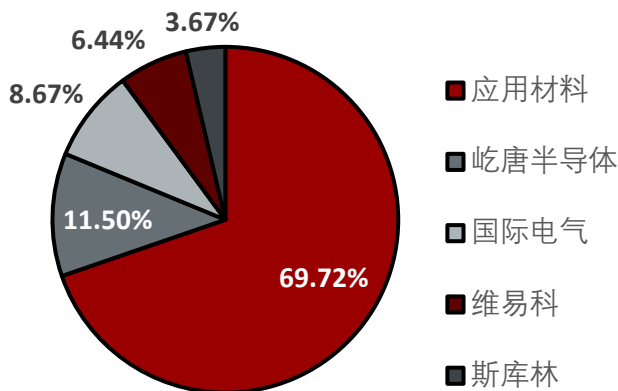
全球热处理设备市场规模，2019-2025E

单位：[亿美元]



全球快速热处理设备市场竞争格局，2020

单位：[%]



中国热处理设备厂商技术进展

厂商	热处理设备技术进展
北方华创	部分热处理设备已可用于28nm及以上工艺的制造
屹唐股份	快速热处理设备可用于90-5nm逻辑芯片、1Y到2Xnm（约14-29nm）系列DRAM和32-128层3D NAND制造中的若干关键步骤

- ❑ 热处理工艺包括氧化/扩散/退火。氧化是通过在氧化剂环境中高温热处理硅片，使硅片形成氧化膜，氧化膜可作为离子注入的阻挡层、绝缘栅材料以及器件保护层、隔离层、器件结构的介质层等。扩散是将掺杂气体导入放在硅片的高温炉，将杂质扩散到硅片内，从而提升硅片导电性能。退火是指在不活泼气体中加热离子注入后的硅片，修复离子注入带来的晶圆缺陷。
- ❑ 近年来，先进尖峰退火、激光/闪光毫秒退火在内的快速热处理技术越来越受到集成电路制造厂商的关注。随着集成电路性能不断提高的要求，快速热退火技术在晶圆加工/集成电路制造中的竞争优势越来越明显：相比普通炉管退火设备几小时的加热时长，快速热退火设备只需几秒甚至几毫秒便可使晶圆上升至所需温度，总体热预算较低，可以更好地提高晶圆的性能，满足先进集成电路制造的需求。
- ❑ 2020年，全球热处理设备市场规模为**14.03亿美元**，其中快速热处理设备、氧化/扩散炉、栅极堆叠设备市场规模分别为**6.41**、**5.15**和**2.47亿美元**，预计2025年三者市场规模分别增长至**9.37**、**7.10**和**3.44**亿美元。
- ❑ **全球快速热处理设备市场集中度较高**。2020年，应用材料占据市场69.72%的份额，中国厂商屹唐股份的市占率仅为11.5%。中国热处理设备技术研发进展方面，北方华创的部分热处理设备已可用于28nm及以上工艺的制造；屹唐股份的快速热处理设备可用于90-5nm逻辑芯片、1Y到2Xnm（约14-29nm）系列DRAM和32-128层3D NAND制造中的若干关键步骤。

来源：屹唐股份，头豹研究院



CMP设备：全球市场集中度高，应用材料+荏原机械合计占据95%的市场份额

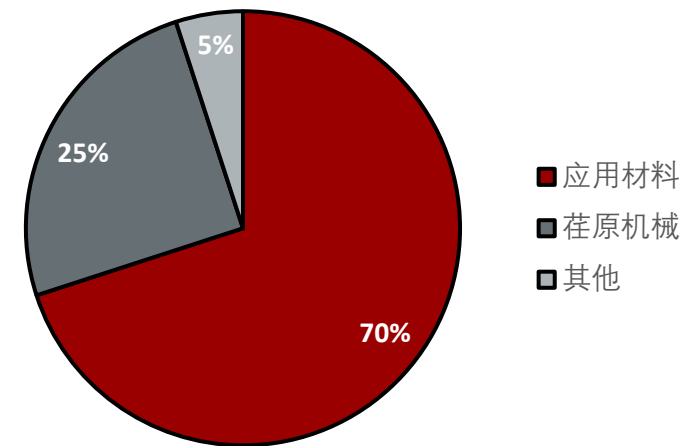
CMP全称化学机械抛光，采用化学抛光液腐蚀和机械打磨协同配合的方法使硅片或晶圆表面平坦化。全球CMP设备市场集中度较高，应用材料+日本荏原占据95%的市场份额

全球CMP设备主要厂商对比

	华海清科	应用材料	日本荏原
主要产品及服务	CMP 设备及相关耗材销售、维保、晶圆再生服务	泛半导体设备及解决方案，包括半导体系统、半导体厂商全球服务、显示及相关业务	各类流体机械及系统，环境工程和精密机械，其中CMP 设备业务属于精密机械业务板块
市场地位	国内唯一一家12英寸CMP 商业机型制造商，处于快速成长阶段，主要在中国大陆地区销售产品，目前国际市场占有率较小	全球半导体设备行业龙头企业，为客户提供半导体芯片制造所需的各种主要设备、软件和解决方案，在离子注入、CMP、沉积、刻蚀等领域均处于业内领先地位	除应用材料以外的全球CMP 设备主要提供商，主要在亚洲地区销售
技术进展	已实现 28nm制程的成熟产业化应用，14nm制程工艺技术正处于验证中	应用于最先进的5nm制程工艺	应用于部分材质的5nm制程工艺

全球CMP设备市场竞争格局，2022

单位：[%]



- ❑ 化学机械抛光（Chemical Mechanical Polishing, CMP）又称为化学机械平坦化，其是集成电路制造过程中的关键工艺，其采用化学抛光液腐蚀和机械打磨协同配合的方法使硅片或晶圆表面平坦化。如果将芯片制造过程比作建造高层楼房，每搭建一层楼都需要让楼层足够平坦齐整，才能在其上方继续搭建另一层，否则楼面就会高低不平，影响整体性能和可靠性。
- ❑ 全球CMP设备市场集中度较高，应用材料+日本荏原占据95%的市场份额，在14nm以下最先进制程工艺的生产线上所应用的CMP设备仅由以上两家厂商提供。
- ❑ 从中国本土市场来看，华海清科在12英寸成熟制程中的市占率从2020年的20.6%提升至2022年的46.7%，位居国内第一；晶亦精微在8英寸中的市占率由2020年的20.9%提升至2022年的68.3%，占据了8英寸市场的主要份额。

来源：华海清科，晶亦精微，头豹研究院



www.leadleo.com 400-072-5588

©2024 LeadLeo

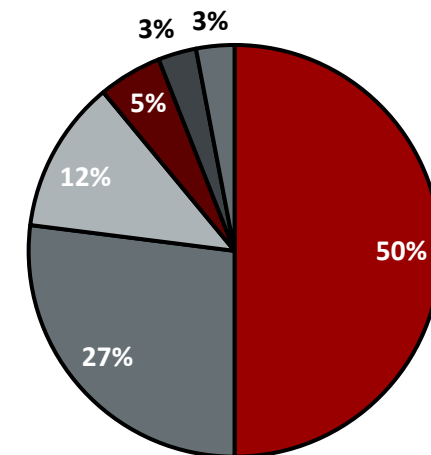
清洗设备：全球市场集中度高，为寡头垄断格局，CR4超90%

清洗贯穿半导体制造环节，可分为干法清洗和湿法清洗。全球清洗设备市场为呈现寡头垄断格局，海外厂商迪恩士（SCREEN）、TEL、LAM与细美事（SEMES，三星子公司）四家公司市占率合计高达90%以上

清洗设备分类

类别	清洗方法	清洗介质	应用特点
湿法清洗	溶液浸泡法	化学药液	应用广泛，针对不同的杂质可选用不同的化学药液；产能高，同时可进行多片晶圆浸泡工艺；成本低，分摊在每片晶圆上的化学品消耗少；容易造成晶圆之间的交叉污染
	机械刷洗法	去离子水	成本低，工艺简单，对微米级的大颗粒去除效果好；清洗介质一般为水，应用受到局限；易对晶圆造成损伤。一般用于机械抛光后大颗粒的去除和背面颗粒的去除
	二流体清洗	SC-1溶液，去离子水等	效率高，广泛用于辅助颗粒去除的清洗步骤中；对精细晶圆图形结构有损伤的风险，且对小尺寸颗粒去除能力不足
	超声波清洗	化学溶剂加超声辅助	能清除晶圆表面附着的大块污染和颗粒；易造成晶圆图形结构损伤
	兆声波清洗	化学溶剂加兆声波辅助	对小颗粒去除效果优越，在高深宽比结构清洗中优势明显，精确控制空穴气泡后，兆声波也可应用于精细晶圆图形结构的清洗；造价较高
	批式旋转喷淋法	高压喷淋去离子水或清洗液	与传统的槽式清洗相比，化学药液的使用量更低；机台占地面积小；化学药液之间存在交叉污染风险，若单一晶圆产生碎片，整个清洗腔室内所有晶圆均有报废风险
干法清洗	等离子清洗	氧气等离子体	工艺简单、操作方便、环境友好、表面干净无划伤；较难控制、造价较高。
	气相清洗	化学试剂的气相等效物	化学品消耗少，清洗效率高；但不能有效去除金属污染物；较难控制、造价较高
	束流清洗	高能束流状物质	技术较新，清洗液消耗少、避免二次污染；较难控制、造价较高

全球清洗设备市场竞争格局，2022



- 清洗贯穿半导体制造环节，每个晶片在制造过程中需要超过**200道**清洗步骤，占有所有芯片制造工序步骤**30%**以上，是所有芯片制造工艺步骤中占比最大的工序。清洗设备分为干法清洗和湿法清洗，湿法清洗占清洗设备的**90%**。湿法工艺是指使用腐蚀性或氧化性较强的溶剂进行喷雾或擦洗，使硅表面的杂质与溶剂发生化学反应，生成可溶性物质或气体，从而将晶圆表面的颗粒或其他金属离子清洗掉。干法工艺是指不使用化学溶剂的清洗技术，主要包括等离子清洗、超临界气相清洗、束流清洗等技术。
- 全球清洗设备市场为呈现寡头垄断格局，海外厂商迪恩士（SCREEN）、TEL、LAM与细美事（SEMES，三星子公司）四家公司市占率合计高达**90%**以上，其中迪恩士（SCREEN）一家市占率就高达**50%**以上。中国半导体清洗设备厂商主要有盛美上海、至纯科技、北方华创和芯源微，相较于光刻、薄膜沉积、刻蚀等工艺，清洗设备技术壁垒较低，因此中国半导体设备厂商更易在清洗设备实现高度国产化。

来源：盛美上海，头豹研究院



头豹业务合作

会员账号

可阅读全部原创报告和百万数据，提供PC及移动端，方便触达平台内容

定制报告/词条

行企研究多模态搜索引擎及数据库，募投可研、尽调、IRPR等研究咨询

定制白皮书

对产业及细分行业进行现状梳理和趋势洞察，输出全局观深度研究报告

报告作者



袁栩聪
首席分析师



张俊雅
行业分析师

• service@leadleo.com

招股书引用

研究覆盖国民经济19+核心产业，内容可授权引用至上市文件、年报

市场地位确认

对客户竞争优势进行评估和证明，助力企业价值提升及品牌影响力传播

行研训练营

依托完善行业研究体系，帮助学生掌握行业研究能力，丰富简历履历

业务咨询

- 客服电话：400-072-5588
- 官方网站：www.leadleo.com

深圳办公室

广东省深圳市南山区粤海街道
华润置地大厦E座4105室
邮编：518057

上海办公室

上海市静安区南京西1717号
会德丰国际广场 2701室
邮编：200040

南京办公室

江苏省南京市栖霞区经济开发
区兴智科技园B栋401
邮编：210046



■ 方法论 Methodology

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 头豹研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业发展周期，伴随着行业内企业的创立，发展，扩张，到企业上市及上市后的成熟期，头豹各行业研究员积极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，以专业视野解读行业的沿革。
- ◆ 头豹研究院融合传统与新型的研究方法论，采用自主研发算法，结合行业交叉大数据，通过多元化调研方法，挖掘定量数据背后根因，剖析定性内容背后的逻辑，客观真实地阐述行业现状，前瞻性地预测行业未来发展趋势，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。
- ◆ 头豹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。
- ◆ 头豹研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，以战略发展的视角分析行业，从执行落地的层面阐述观点，为每一位读者提供有深度有价值的研究报告。

■ 法律声明 Legal Statement

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何证券或基金投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告或证券研究报告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告或文章。头豹均不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。

