

# 海外半导体设备巨头巡礼系列：详解光刻巨人ASML成功之奥妙

首席证券分析师：周尔双

执业证书编号：S0600515110002

[zhouersh@dwzq.com.cn](mailto:zhouersh@dwzq.com.cn)

证券分析师：李文意

执业证书编号：S0600524080005

[liwenyi@dwzq.com.cn](mailto:liwenyi@dwzq.com.cn)

2024年10月15日

请务必阅读正文之后的免责声明部分

- ◆ **历经40年发展，通过不断收购同业和上游供应商、创新并引领行业技术突破，ASML现已成为全球第一大IC光刻机厂商。** ASML于1984年成立，40年来公司产品布局专注于IC前道光刻机，从创业之初的筚路蓝缕，几经突破后终成光刻巨人。2023年，ASML实现营收276亿欧元（约2150亿人民币），同比+30%，净利润78亿欧元（约610亿人民币），同比+39%。
- ◆ **光源&数值孔径&工艺因子三轮驱动，共促光刻技术迭代。** 光刻机在光刻工艺中承担曝光这一核心步骤，投影式掩模光刻长期成为IC光刻机采用的主流技术。投影式光刻机可按曝光方式分为扫描式、步进重复式和步进扫描式（目前步进扫描式为行业主流），也可按光源类型分为UV、DUV和EUV光刻机。过去40年光刻机的技术迭代主要围绕分辨率、套刻精度、产能三大关键指标以及决定分辨率的光源波长、数值孔径和工艺因子三大参数展开。
- ◆ **光源系统&光学系统&双工件台为光刻机三大核心部件。** 光刻机产业链覆盖众多上游组件&系统和中游配套设备&材料，其中光源系统、光学系统、双工件台为光刻机的三大核心部件，价值量占比分别为15%、24%、12%。光源供应几乎由美国Cymer和日本Gigaphoton垄断；光学系统包括照明系统和投影物镜两大组成部分，其中投影物镜技术难度极高，EUV投影物镜由德国蔡司一家垄断；双工件台由ASML于2001年最先推出，可在大幅提升光刻机产率的同时实现更高精度。
- ◆ **光刻机市场：一超双强格局稳定，晶圆扩产拉动需求增长。** 2023年全球IC光刻机市场规模接近260亿美元，且稳定呈现“一超双强”的竞争格局，其中ASML在DUV和EUV光刻机市场均占据主导地位，特别是EUV光刻机市占率达到100%。展望未来光刻机市场需求，ASML预计2025年、2030年全球晶圆需求将分别达1280万片/月、1660万片/月（等效12英寸），2020-2030年成熟制程和先进制程晶圆需求CAGR分别为6%和10%，从而带动光刻机特别是中高端光刻机的需求增长。
- ◆ **ASML核心壁垒：技术、生态、资金三重壁垒筑高墙。** 通过复盘ASML的发展历程，我们发现ASML的成功之路离不开技术、生态、资金三大要素，而这三大要素也铸造了ASML未来持续垄断行业的高大护城河。（1）**技术：**ASML早期凭借PAS 5500、双工件台、浸没式、EUV四项技术实现赶超日本，如今ASML各项光刻机指标均在引领行业，成为延续摩尔定律的先锋。（2）**生态：**ASML已掌控了光刻机的光源、光学系统、双工件台这三大最核心部件的供应，并与全球头部晶圆厂客户深度合作，已构筑起完善而牢固的生态网络。（3）**资金：**ASML早期获得了头部客户的股权投资，中后期又在自身大量盈利以及荷兰政府的补贴/减税支持下，持续巨额投入资金研发、收购供应商，不断强化自身优势。
- ◆ **国产光刻机：前路漫漫亦灿灿，吾将上下而求索。** 美日荷意图通过光刻机管制政策限制中国大陆先进制程发展，其中EUV光刻机早已明令禁入中国大陆，如今ArFi光刻机的管制也在加强。但我们看到，2023年以来ASML已将较多高端ArFi光刻机交付中国大陆，其中湖北、安徽、北京三地为重点省市。光刻机国产化方面，目前国产光刻机实现自主可控的三大核心要素均已具备，生态网络正逐步完善，资金面相对充足，但最为关键的技术端仍然薄弱。目前国内光刻机可实现65nm制程，整体技术水平落后ASML约20~30年，但在政府重视程度不断加深、多家顶尖科研院所与高校共同努力下，我们看好未来SMEE和各大院所在技术端的持续突破。
- ◆ **风险提示：** 半导体行业投资不及预期，设备国产化进程不及预期，国际贸易摩擦加剧风险，半导体技术快速迭代风险。

◆表：本篇报告中重要专有名词释义

名称	单位	说明
光刻机光源类型	G-line	一种UV汞灯光源，波长436nm
	I-line	一种UV汞灯光源，波长365nm
	KrF	氟化氪，一种DUV光源，波长248nm
	ArF	氟化氩，一种DUV光源，波长193nm
	ArFi	浸没式氟化氩，通过浸没式技术提高NA，将光源波长等效为134nm
	DUV	深紫外光，波长在170-300nm范围内
	EUV	极紫外光，波长为13.5nm
光刻机相关技术参数	分辨率（Resolution, R）	nm 表示光刻机能够清晰投影最小图像的能力，是光刻机最重要的技术指标之一，决定了光刻机能够被应用于的技术节点水平。一般对于32/28nm及以上技术节点的逻辑器件，CD等于技术节点；而对于32/28nm以下节点的逻辑器件，由于晶体管进入立体结构时代，CD要大于技术节点。
	瑞利准则（Raleigh criterion）	在光刻技术中，瑞利准则用来定义光刻机的分辨率，即光刻机的分辨率 $R=k1 \cdot \lambda / NA$ 。
	CD（Critical Dimension）	nm 关键尺寸，集成电路中的最小特征尺寸，代表芯片结构中的最小线宽半间距，等于光刻机的分辨率R。
	$\lambda$	nm 光源波长，单位：nm。
	NA（Numerical Aperture）	\ 光刻机中投影物镜镜头的数值孔径，定义为 $n \cdot \sin(\theta)$ ，其中n是镜头与晶圆之间介质的折射率， $\theta$ 是曝光光线在晶圆表面的最大入射角（取决于透镜直径）。NA越大，分辨率越高。干式DUV光刻机的NA最大为0.93，DUVi光刻机的NA最大为1.35，标准EUV光刻机的NA为0.33，High-NA EUV光刻机的NA为0.55，Hyper-NA EUV光刻机的NA为0.75。
	k1	\ 光刻工艺因子，单次曝光下的物理极限为0.25。
	套刻精度（Overlay）	nm 多次光刻的图案层之间的对齐精度。由于一个器件可能需要经过多次光刻步骤来完成不同的层，因此每一层的图案都需要与之前的层精准对齐，稍有偏移可能会导致电路性能降低，良率下降，甚至芯片完全失效。随着芯片工艺节点越来越小，允许的绝对套刻精度误差也变得更小，多重曝光工艺对套刻精度的要求更高。
	光刻机单机产能（Throughput）	wph 光刻机每小时处理的晶圆数量。
光刻机相关零部件厂商	Zeiss	德国-卡尔蔡司集团，ASML的核心零部件供应商。
	Zeiss SMT	蔡司的半导体事业部/子公司，ASML的核心零部件供应商。
	Cymer	美国的一家DUV和EUV光源供应商，2013年被ASML全资收购，现为ASML EUV光源系统的唯一供应商。
	Gigaphoton	日本的一家DUV光源供应商，主要为ASML、Nikon、Canon等整机厂提供DUV光源系统，目前其EUV光源处于商业化量产的验证阶段。
其他	HVM（High Volume Manufacturing）	大批量生产，在半导体行业中，进入HVM阶段表明相关技术和工艺已经足够成熟，可支持大规模商业化生产。



1 ASML：全球最大IC光刻机&半导体设备制造商

2 光源&数值孔径&工艺因子三轮驱动，共促光刻技术迭代

3 光源系统&光学系统&双工件台为光刻机三大核心部件

4 光刻机市场：一超双强格局稳定，晶圆扩产拉动需求增长

5 ASML核心壁垒：技术、生态、资金三重壁垒筑高墙

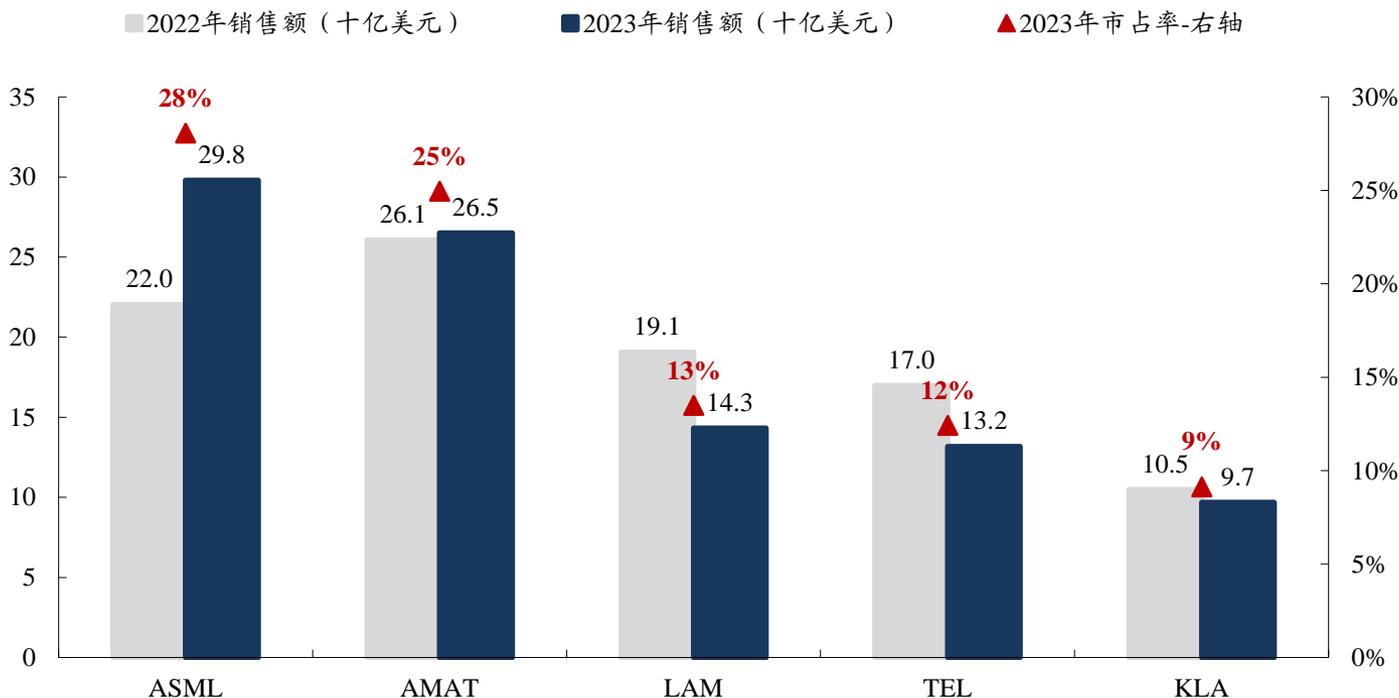
6 国产光刻机：前路漫漫亦灿灿，吾将上下而求索

7 风险提示

## 1.1 ASML：全球第一大半导体制造设备供应商

- 经历40年的发展，通过不断收购同业和上游供应商、创新并引领行业技术突破，ASML现已成为全球第一大半导体制造设备供应商。荷兰的阿斯麦（ASML Holding N.V., ASML）由Philips和ASMI合资成立于1984年，1995年登陆阿姆斯特丹证交所和纽交所上市。经过40年的发展，ASML现已成为全球半导体设备公司TOP5之一，也是全球最大的IC光刻机厂商，基本垄断了包括ArFi、EUV光刻机在内的中高端光刻机市场。2023年，ASML实现销售额约300亿美元，全球市占率28%，位列全球半导体设备厂商第一名。截至2024.10.13，ASML（ASML.O）市值约3360亿美元。

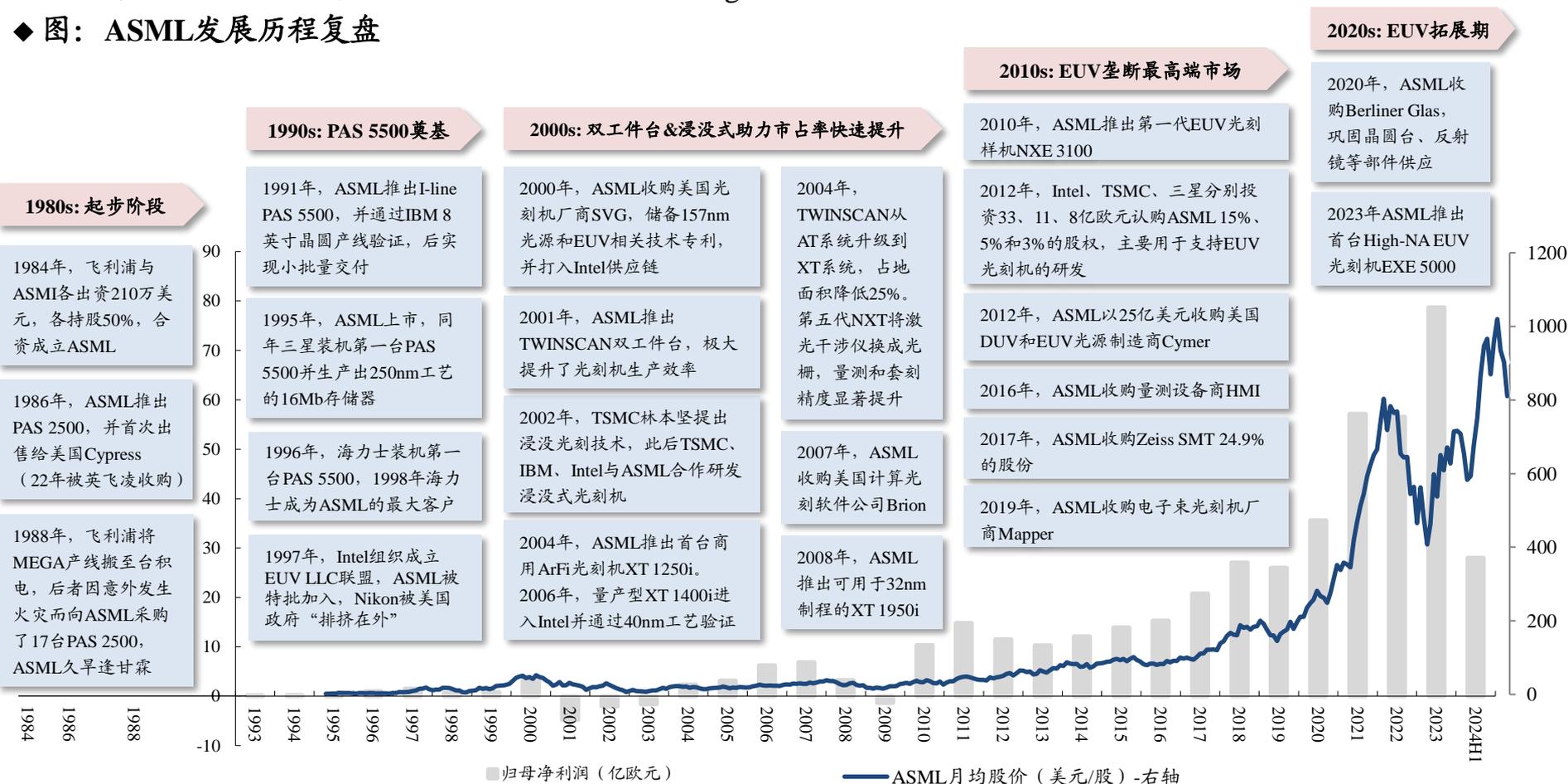
◆ 图：全球半导体设备TOP5制造商销售额及市占率



## 1.2 发展历程：从创业之初的筚路蓝缕，几经突破后终成光刻巨人

- ASML的发展历程可大体分为五个阶段。ASML于1984年成立，曾在之后几年的起步阶段几次濒临破产，后经历了1990s的奠基阶段和2000s的技术实力突飞猛进，直至2010年才开始实现稳定盈利。2010-2021年ASML凭借中高端的浸没式和EUV光刻机充分享受半导体扩产的红利。2022年以来，ASML开始发力提升光刻机的产能与既有光刻机的迭代升级，2023年成功推出首台High-NA EUV光刻机EXE 5000。

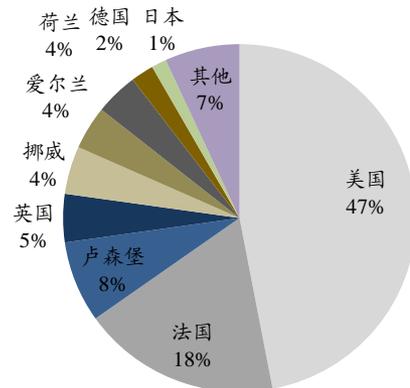
◆图：ASML发展历程复盘



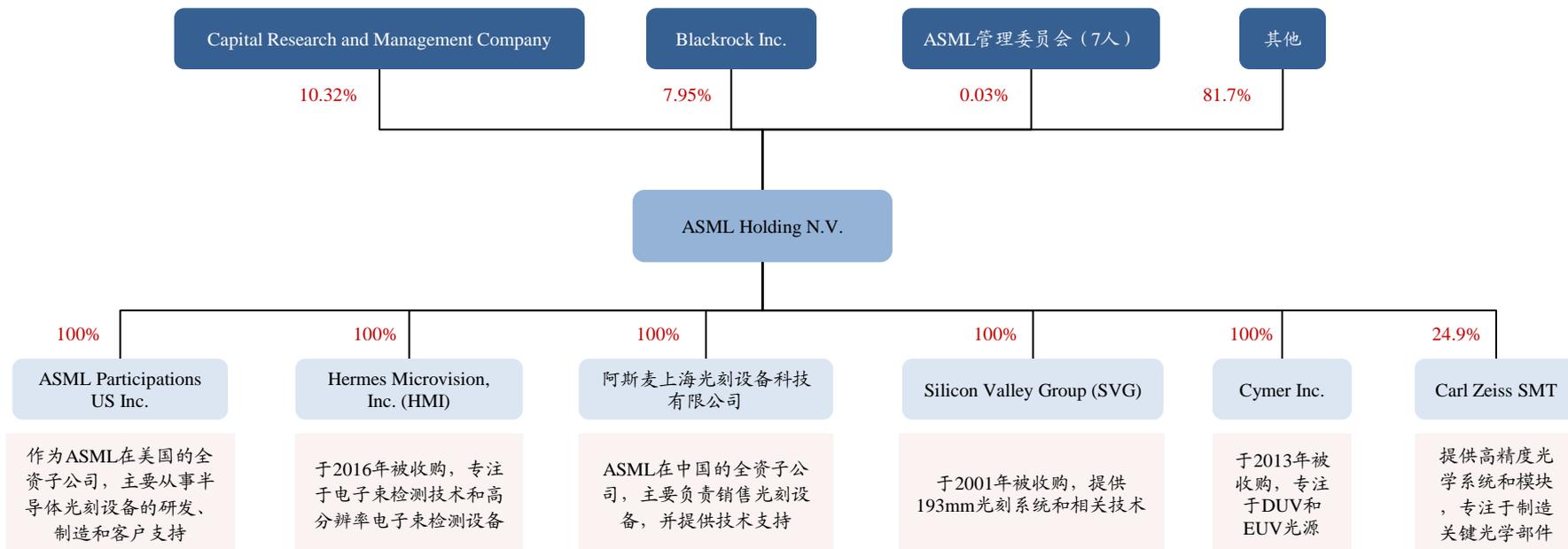
## 1.2 股权结构：按单体看较为分散，但按地域看集中于美国

- ASML的股权结构较为分散，公司前几大股东均为欧美机构投资者。截至2023年末，公司前两大股东分别为Capital Research and Management Company（美国资本研究与管理公司，持股10.32%）和Blackrock Inc.（美国贝莱德，持股7.95%）。此外，7名核心高管仅持有0.03%的公司股份。分地域来看，截至2024年8月，美国地区的投资者合计持有ASML 47%的股份。

◆图：ASML股权结构（按地域划分，截至2024年8月）



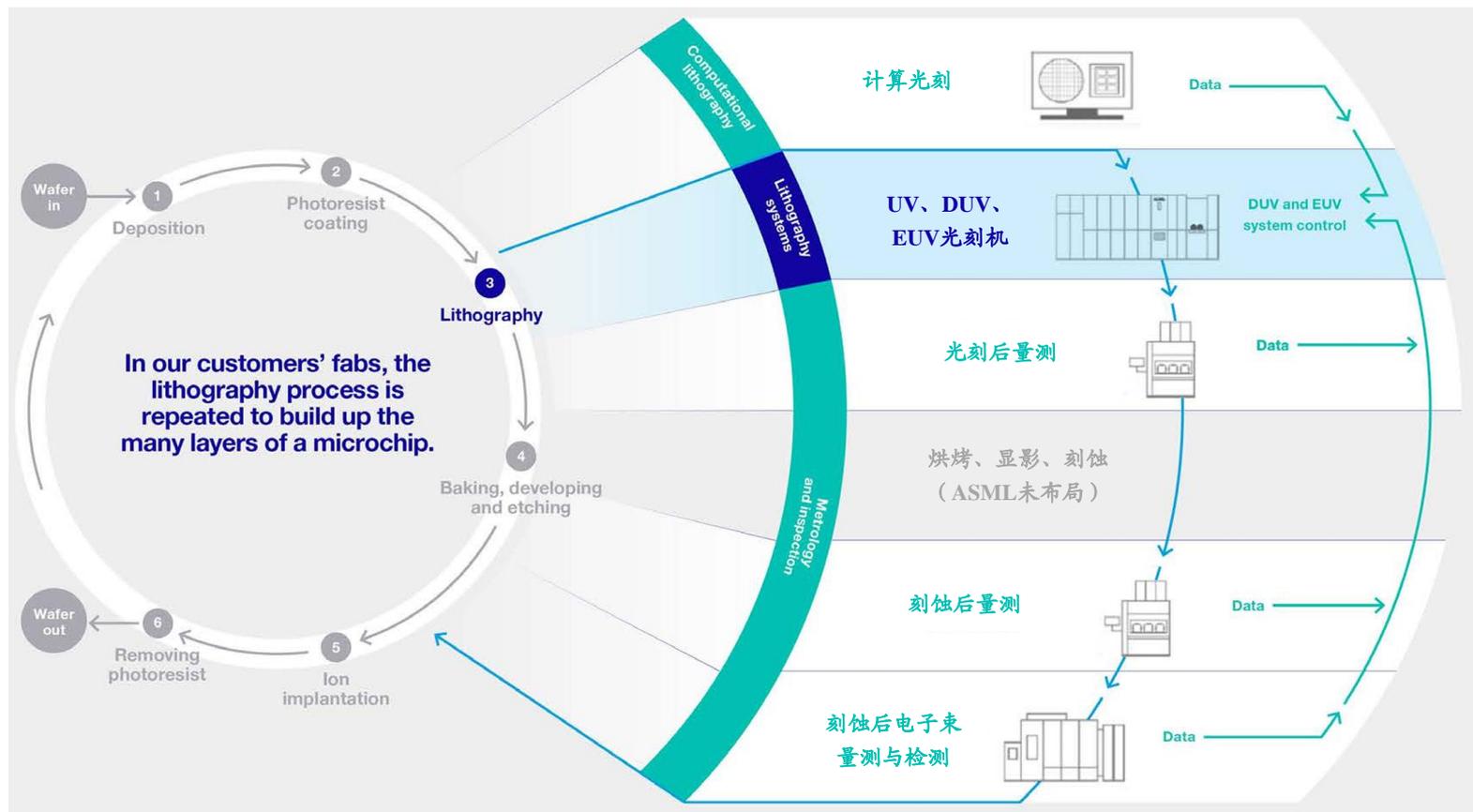
◆图：ASML股权结构及重要子公司（截至2023年末）



## 1.3 产品布局：专注于IC前道光刻机及配套量测设备

- ASML主营业务包含设备系统（Net system）和已安装设备管理（IBM, Installed Base Management），其中设备系统收入占比在70%以上。设备系统产品分为IC前道光刻机和量测设备两大类，其中IC光刻机应用于IC前道光刻工序中的曝光步骤，在设备系统中的收入占比超过95%。按照光源种类对ASML的IC光刻机进一步拆分，可分为I-line光刻机、DUV光刻机（KrF、ArF、ArFi）和EUV光刻机。

◆ 图：ASML业务布局



# 1.3 产品布局：全面覆盖IC前道光刻机市场

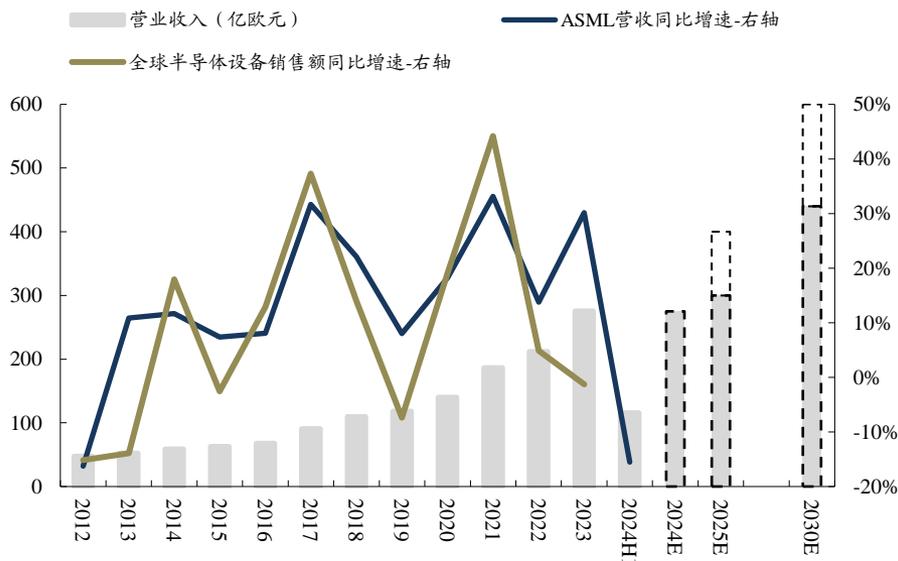
◆ 图：2020-2025年ASML光刻机迭代路线图



## 1.4.1 过去十年业绩稳健增长，未来业绩指引相对乐观

- ASML预期2024年营收达275亿欧元（约合2150亿人民币），同比持平；目标2025、2030年营收分别达到300-400亿欧元、440-600亿欧元。2012-2023年，ASML的营收和归母净利润CAGR分别为17%和19%。历史上ASML的营收和利润基本跟随全球半导体设备行业波动，2023年出现明显背离，主要原因系ASML DUV浸没式光刻机出口禁令生效前来自中国大陆的大批积压订单快速交付。2024H1，ASML实现营收115亿欧元，同比-16%；归母净利润28亿欧元，同比-28%。展望未来，公司预计24Q3营收为67-73亿欧元，同比增长0-9%；2024全年营收同比持平；2025年营收目标维持300-400亿欧元，2030年营收目标440-600亿欧元。

◆图：ASML营收及同比增速



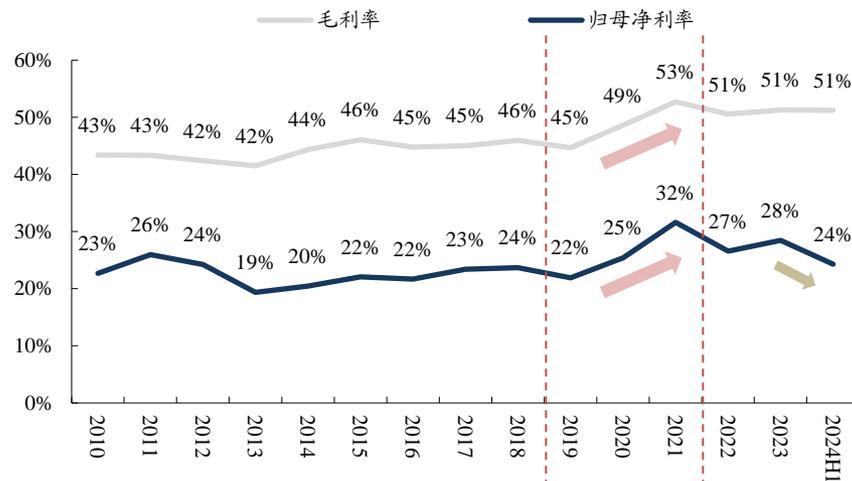
◆图：ASML归母净利润及同比增速



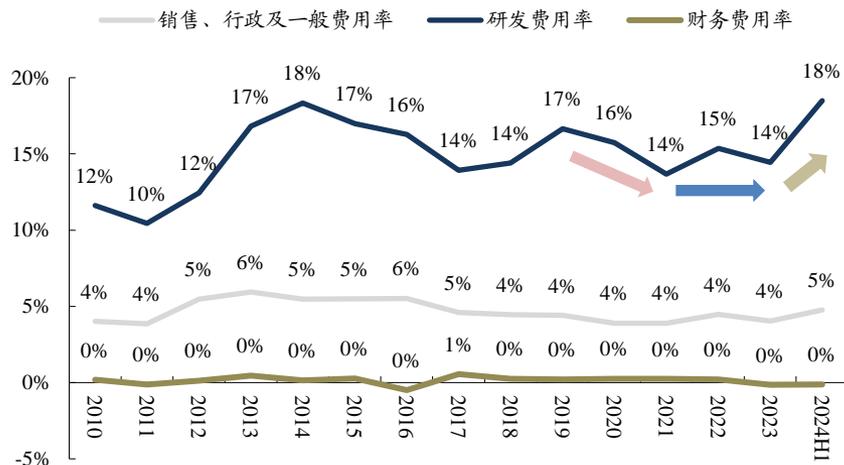
## 1.4.2 近年来盈利能力稳中有进，24H1受研发高增影响净利率有所下滑

- 盈利能力方面，2020-2021年，ASML的毛利率中枢由过去五到六年的45%跃升至如今的51%，主要归功于业务体量逐步扩张+产品结构优化（高毛利的EUV光刻机收入占比提升+已安装设备管理毛利率改善）。
- 2024H1，ASML的毛利率为51%，同比+0.3pct；归母净利润率为24%，同比-4pct。在毛利率相对稳定的情况下，净利率下降主要系公司加大EUV光刻机方面的研发投入力度，费用率显著提升影响。
- 展望未来，公司预期2024Q3毛利率在50%-51%；2024全年毛利率同比小幅下滑；2025年毛利率目标达到54%-56%，2030年毛利率进一步提升至56%-60%。

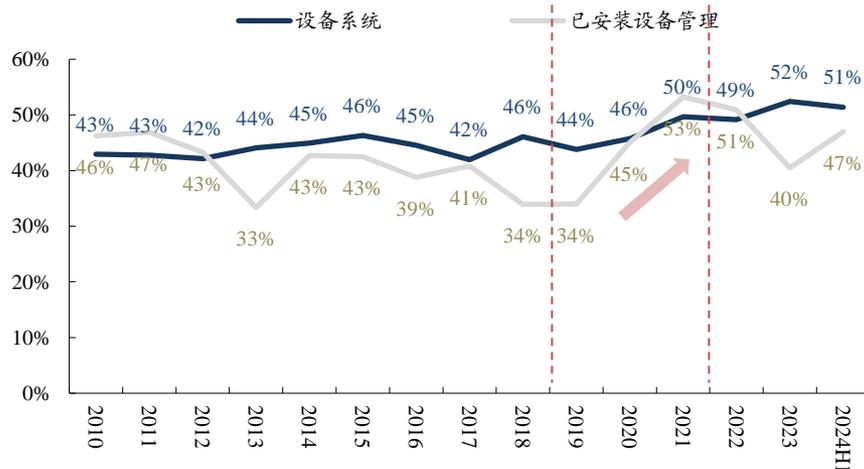
◆ 图：2019-2021年ASML毛利率迈向更高台阶；净利率多数年份随毛利率波动



◆ 图：ASML期间费用率情况



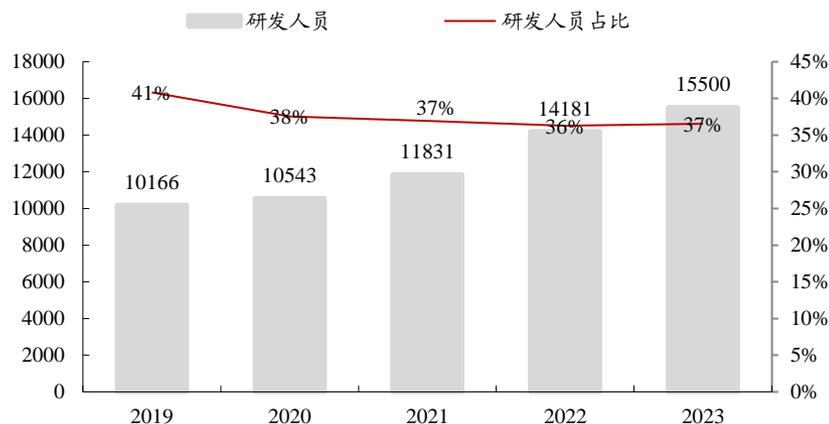
◆ 图：ASML分业务毛利率



### 1.4.3 研发投入&资本开支快速增长，保障新品研发与产能扩张

● 持续巨额的研发投入和快速扩张的资本开支为ASML新品研发与产能扩张提供有力保障。2023年，ASML的研发费用达40亿欧元，同比+22%；截至2023年末研发人员数量为15500人，研发人数占比达37%；资本开支达22亿欧元，同比+66%。2012-2023年，ASML的研发费用和资本开支CAGR分别为19%、26%，这期间EUV光刻机为主要研发和资本支出方向，重大投资项目包括2013年收购DUV和EUV光源制造商Cymer、2016年收购电子束量测设备供应商汉微科（HMI）、2017年收购蔡司SMT 24.9%的股份。

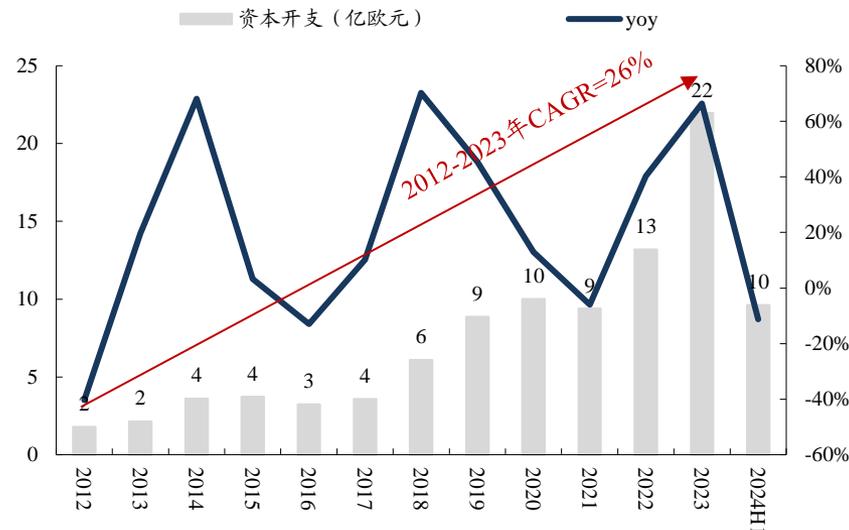
◆ 图：ASML研发人员数量和占比



◆ 图：ASML研发费用及同比增速



◆ 图：ASML资本开支及同比增速



## 1.4.3 目标25-26年DUV和EUV光刻机年产能分别提升到22年的2.5倍和3倍

- ASML目标2025-2026年DUV和EUV光刻机年产能分别提升到2022年的2.5倍和3倍。截至2022年11月投资者日，ASML的DUV光刻机年产能为240台，EUV光刻机年产能为30台。在看好下游晶圆厂投资的基础上，ASML将持续增加研发投入和资本开支，目标2025-2026年实现600台DUV光刻机和90台EUV光刻机的年产能，届时DUV和EUV光刻机的年产能将分别在2022年的基础上增加1.5倍和2倍，同时公司计划到2027-2028年实现20台High-NA EUV的年产能。

◆ 图：ASML的资本开支规划



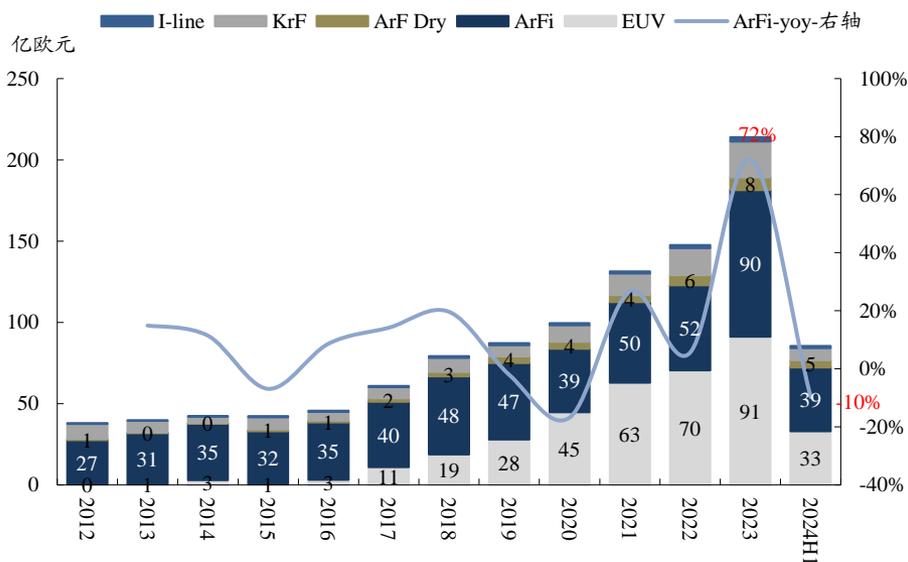
\*Litho wafer capacity=units x productivity; numbers provided are capacity plans, not shipment plans

## 1.5.1 EUV和ArFi两类高端光刻机为ASML贡献主要收入来源

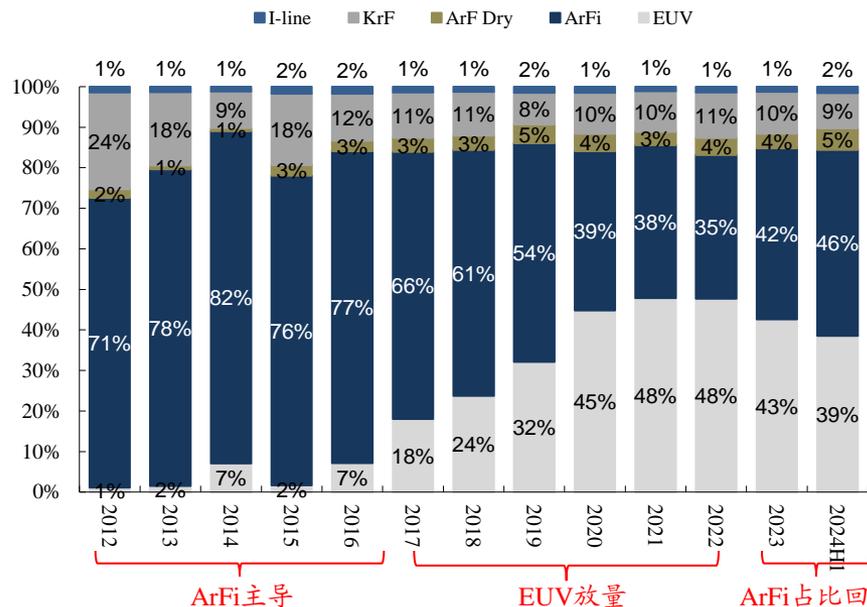
● EUV和ArFi两类高端光刻机长期成为ASML的主要收入来源。分阶段看：

- (1) 2012-2016年ArFi主导：ASML的EUV光刻机仍处于研发和小批量生产阶段，DUV光刻机（KrF+ArF+ArFi）为公司主要收入来源，特别是高端的ArFi光刻机在整体光刻机中的收入占比高达70%~80%。
- (2) 2017-2022年EUV放量：ASML的EUV光刻机经过前期的研发积淀和收购完善供应链之后快速放量，2017-2022年EUV光刻机的收入CAGR高达67%；而ArFi光刻机的收入占比则逐年收窄。2020年EUV光刻机实现大批量生产后收入超越ArFi光刻机，成为ASML第一大收入来源。
- (3) 2023-2024H1 ArFi占比回升：2023年ASML的光刻机收入为214亿欧元（同比+45%），其中ArFi光刻机的收入达90亿欧元（同比+72%），占比明显提升。我们认为主要受美荷政府对中国大陆实施部分型号的ArFi光刻机禁令影响，ASML加快了向中国大陆ArFi光刻机的交付。

◆ 图：ASML IC光刻机年度销售收入按品类拆分



◆ 图：ASML IC光刻机年度销售收入按品类拆分-占比



ArFi主导

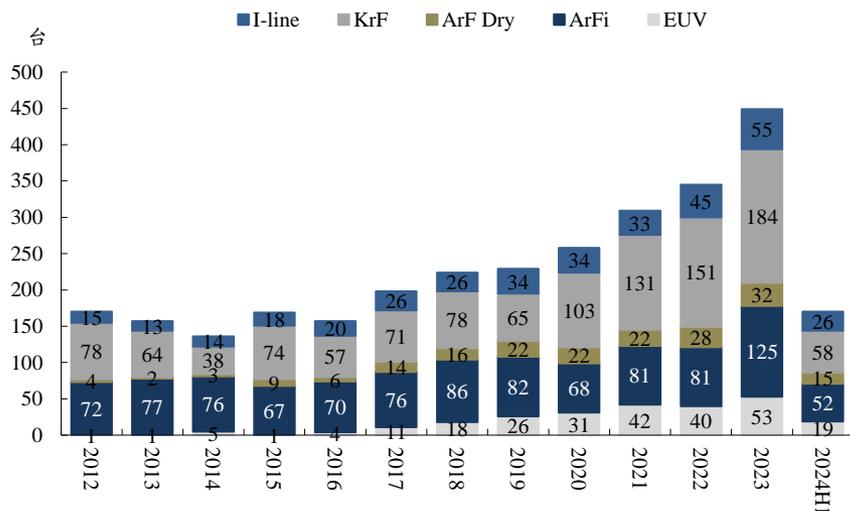
EUV放量

ArFi占比回升

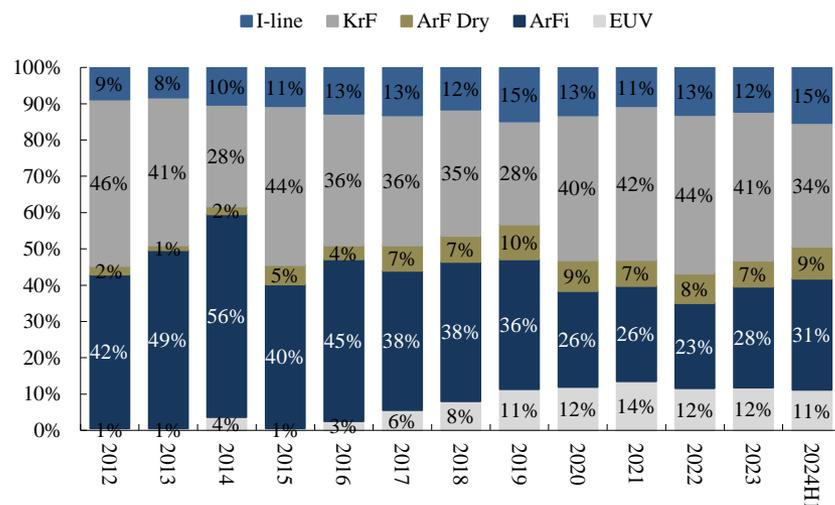
## 1.5.2 23年ASML的ArFi光刻机出货量大幅增加，EUV出货量受产能限制

- 从出货量角度看，ASML出货的IC光刻机以ArFi和KrF光刻机为主。2023年ASML光刻机的出货量为449台（同比+30%），其中EUV、ArFi、ArF、KrF、I-line光刻机的出货量分别为53、125、32、184、55台。进入2024年以来，24Q1公司的光刻机出货量为70台，出现较大下滑（同比-30%、环比-44%），主要系面向中国大陆以外地区的光刻机出货量大幅减少，而面向中国大陆的光刻机出货量同比仍在增长；24Q2公司的光刻机出货量为100台，其中ArFi光刻机环比增加12台。
- 受卡尔蔡司的EUV光学系统产能限制，EUV光刻机的供应紧张，交付周期长达16-20个月（ASML光刻机的平均交付周期为12-18个月），因此2024年的大部分新签订单会于2026年开始交付。ASML预估2024年、2025年分别交付53台、72台EUV光刻机。

◆ 图：ASML IC光刻机年度出货量结构



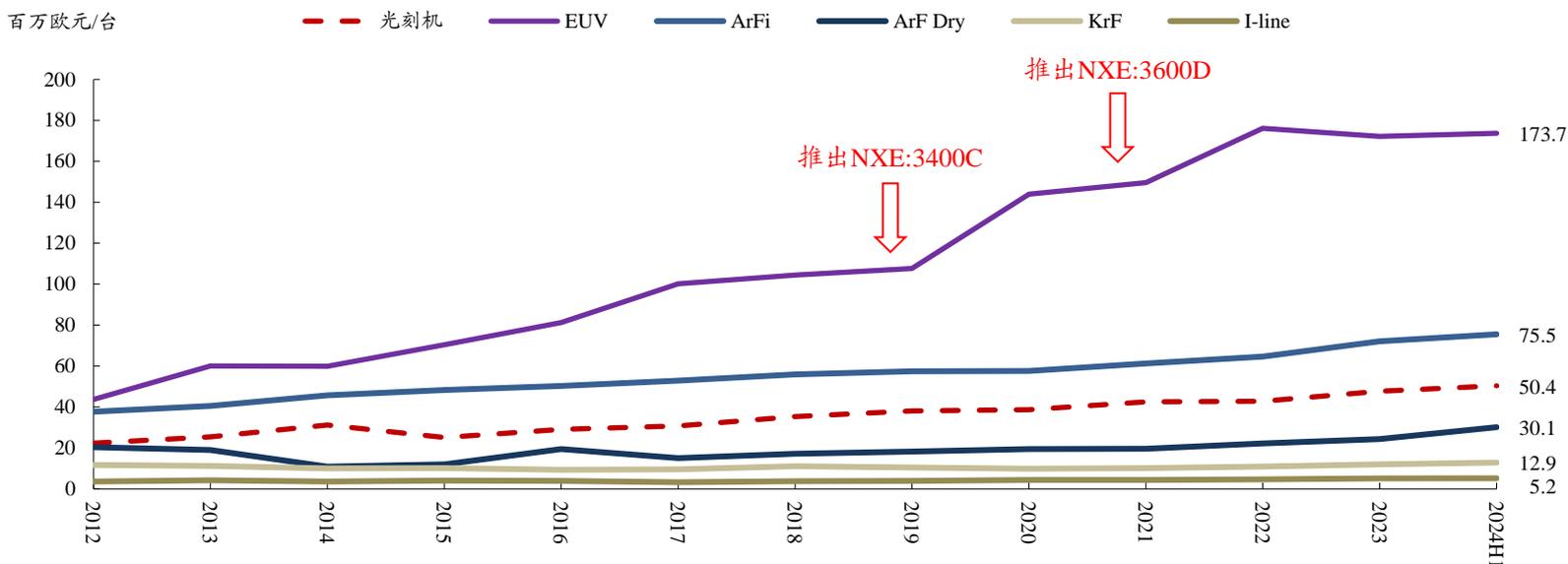
◆ 图：ASML IC光刻机年度出货量结构-占比



## 1.5.4 ASML各类型光刻机ASP均呈现逐年提高趋势

- 2012年以来，ASML各种类型的光刻机销售均价（ASP）均呈现逐年提高的趋势，一方面原因是ASML光刻机产品供不应求，另一方面产品迭代升级、综合成本提升。历史上ASML的EUV光刻机相较其余产品价格上涨更为明显，反映市场对于先进制程的需求更加旺盛；此外，公司于2019年推出NXE:3400C、2021年推出NXE:3600D后，EUV光刻机的ASP提升速度明显加快。
- 2024H1，ASML的光刻机ASP约为0.5亿欧元/台（折合人民币3.9亿元/台），其中EUV、ArFi、ArF、KrF、I-line光刻机的ASP分别为1.74亿欧元/台（折合人民币13.6亿元/台）、0.76亿欧元/台、0.30亿欧元/台、0.13亿欧元/台、0.05亿欧元/台，不同光源的光刻机售价差距较大，几乎每隔一级是2.3-2.5倍关系，EXE:5200型High-NA EUV光刻机的ASP更是超过3.5亿欧元/台（折合人民币27亿元/台）。

◆ 图：ASML各类IC光刻机年度销售均价



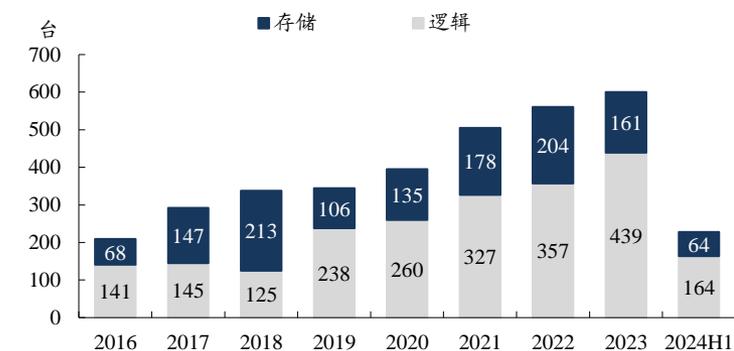
## 1.6 24H1 ASML存储领域光刻机收入高增，逻辑领域收入大幅下滑

- ASML光刻机的应用领域大体分为逻辑（含代工）和存储两大类，按照下游划分的ASML设备收入可在一定程度反映下游晶圆厂的产能释放节奏。2023年，ASML逻辑领域的设备收入为160亿元，同比+60%，主要系中国大陆成熟逻辑以及TSMC、Intel、Samsung等头部晶圆厂在2021-2022年的先进制程扩产带动下订单集中交付；存储领域的设备收入达60亿元，同比+9%，表明2023年存储领域设备交付节奏相对平稳，且交付优先级可能落后于逻辑。2024H1，ASML逻辑领域的设备收入同比-40%，我们认为主要系逻辑领域的期初积压订单在经历23年的高增后有所下降；而ASML存储领域的光刻机交付能力得以释放，该领域的设备收入同比+46%。

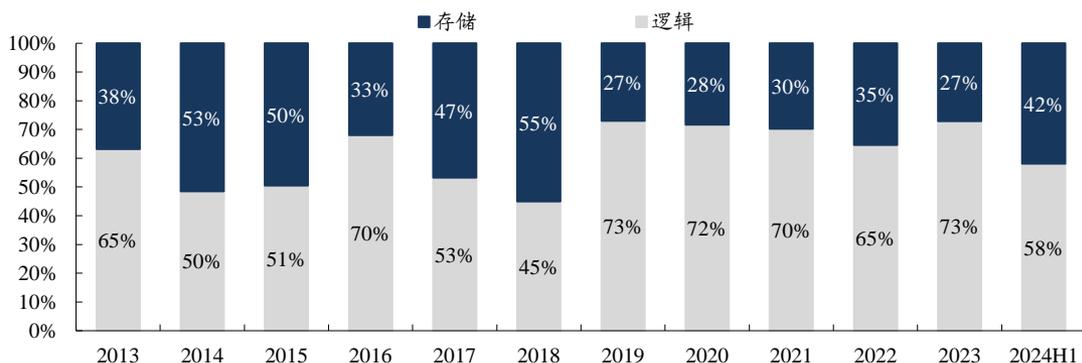
◆图：ASML设备年度收入按下游拆分（含量测设备）



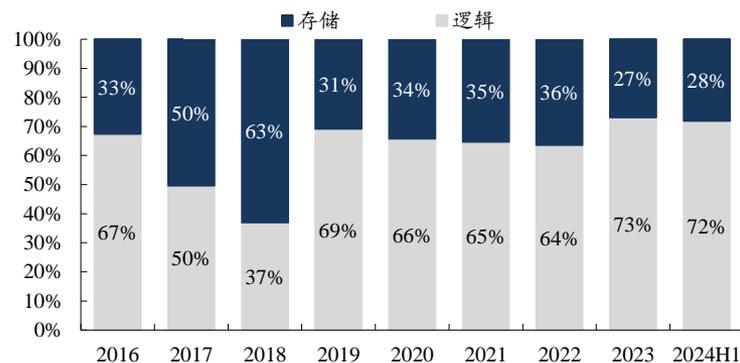
◆图：ASML设备出货量按下游拆分



◆图：ASML设备年度收入按下游拆分-占比



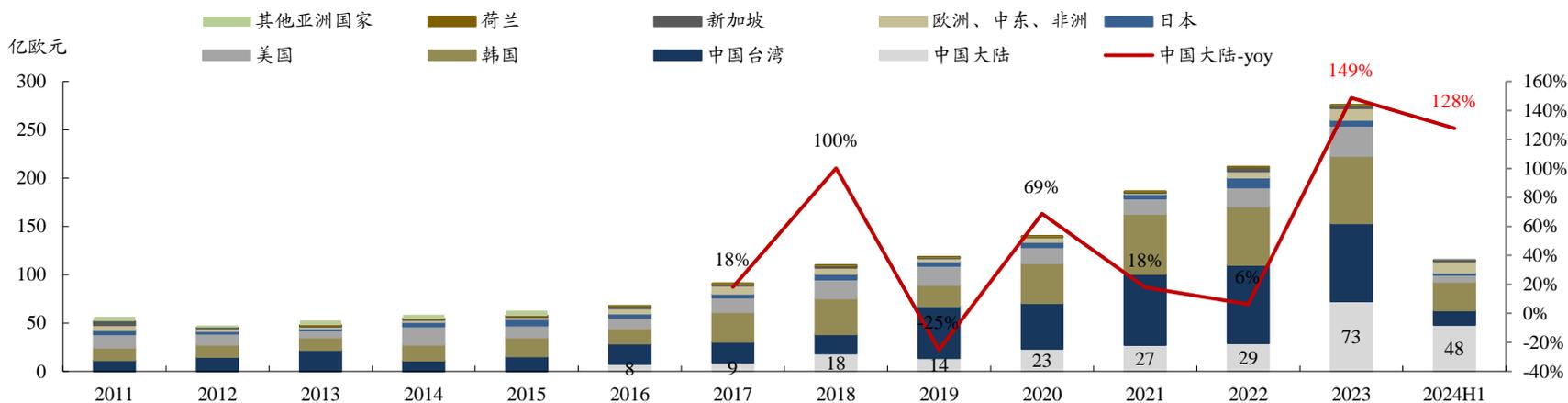
◆图：ASML设备出货量按下游拆分-占比



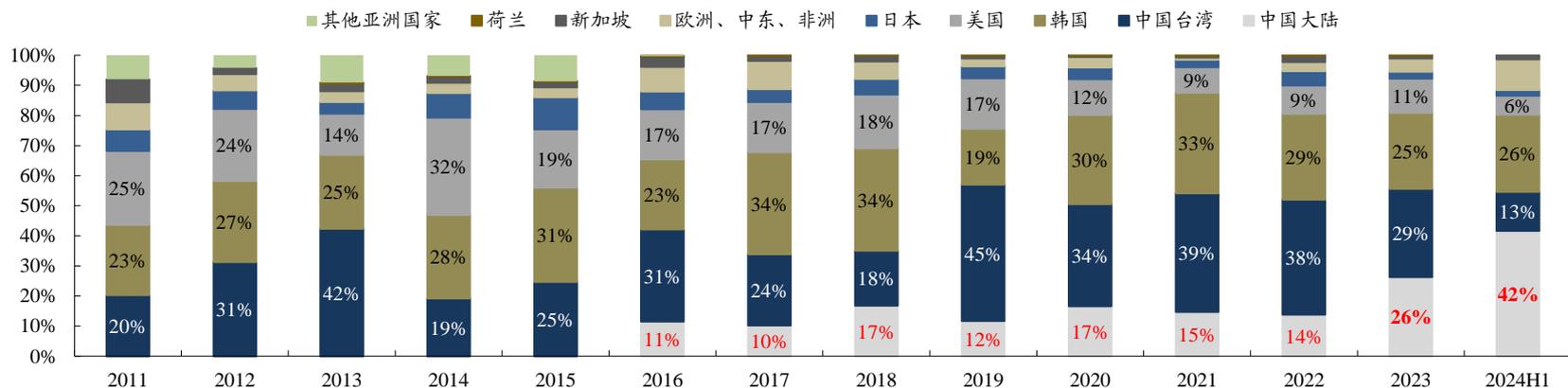
## 1.7.1 24H1 ASML来自中国大陆的营收同比高增，占比同比+15pct达到42%

- 2023年以来ASML来自中国大陆的营收快速增长，营收占比大幅提升。2023年ASML来自中国大陆的收入为73亿欧元，同比+149%，占比达到26%，同比+13pct；2024H1来自中国大陆的收入达48亿欧元，同比+128%，占比同比+15pct达到42%。一方面是受到中国大陆光刻机进口限制不断升级的风险影响，面向中国大陆的大批积压订单快速交付；另一方面也预示着未来中国大陆晶圆厂扩产的潜在需求旺盛。

◆ 图：ASML营业总收入按地区拆分：2023年、24H1来自中国大陆的营收达73、48亿欧元，同比+149%、+128%



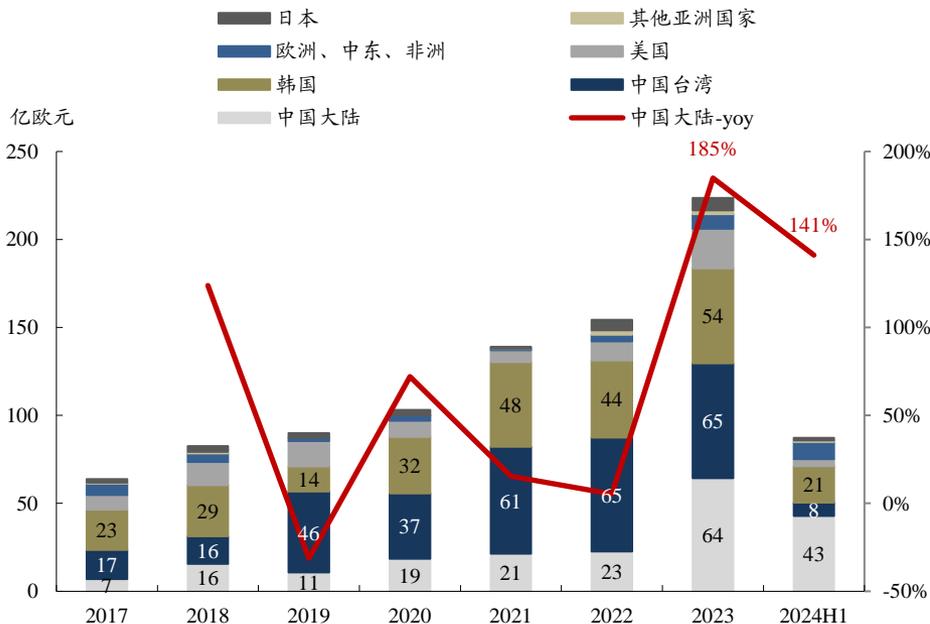
◆ 图：ASML来自各地区的收入占比：2023年、24H1来自中国大陆的营收占比达26%、42%，同比+13pct、+15pct



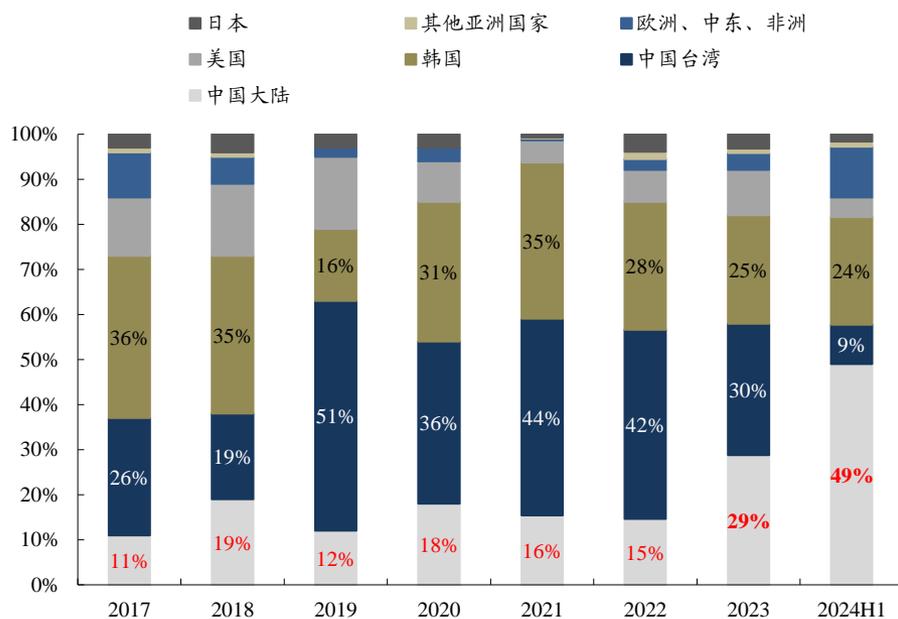
## 1.7.2 24H1 ASML来自中国大陆的设备收入占比同比+33pct达到49%

- 由于ASML的营业总收入中包含20%~25%的IBM（已安装设备管理）业务收入，为了更明确公司光刻机的销售情况，有必要对公司的设备收入做进一步拆分（光刻机贡献了95%以上的设备收入）。
- **2023年以来ASML来自中国大陆的设备收入增速更快、占比提升更明显。**根据ASML 2024年股东大会，2023年以前，中国大陆的光刻机需求持续旺盛，但受制于ASML自身的光刻机产能以及对其他大客户的优先供货策略，公司仅能满足中国大陆需求的一小部分。2023年，在光刻机禁令强化的压力下，ASML面向中国大陆的积压订单快速交付，2023年来自中国大陆的设备收入为64亿欧元，同比+185%，在设备收入中的占比达到29%，同比+15pct；2024H1来自中国大陆的设备收入达43亿欧元，同比+141%，占比同比大增33pct达到49%。

◆ 图：ASML设备年度收入按地区拆分



◆ 图：ASML设备年度收入按地区拆分-占比

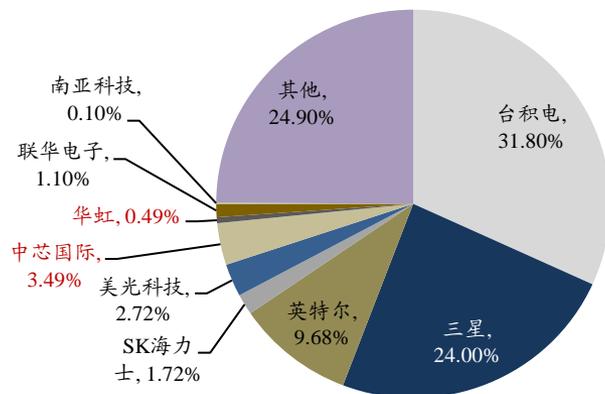
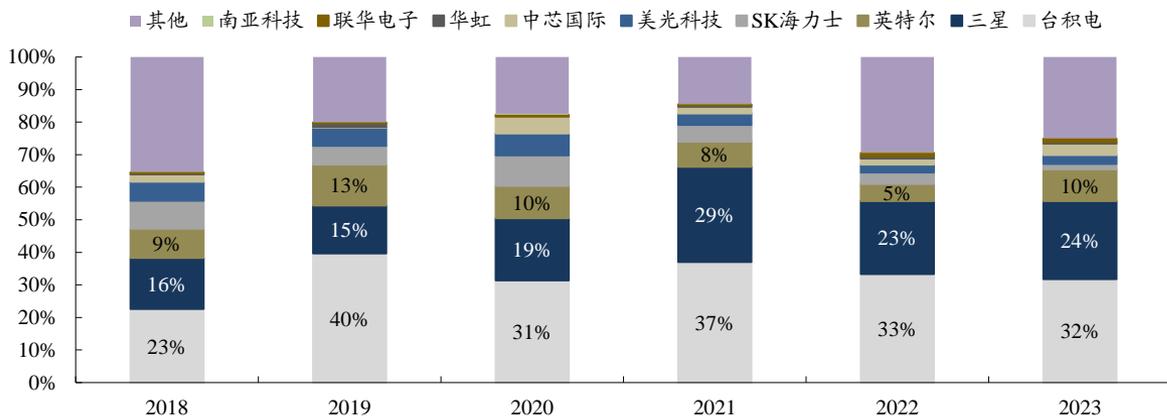


## 1.7.4 台积电、三星电子、英特尔为ASML的前三大客户

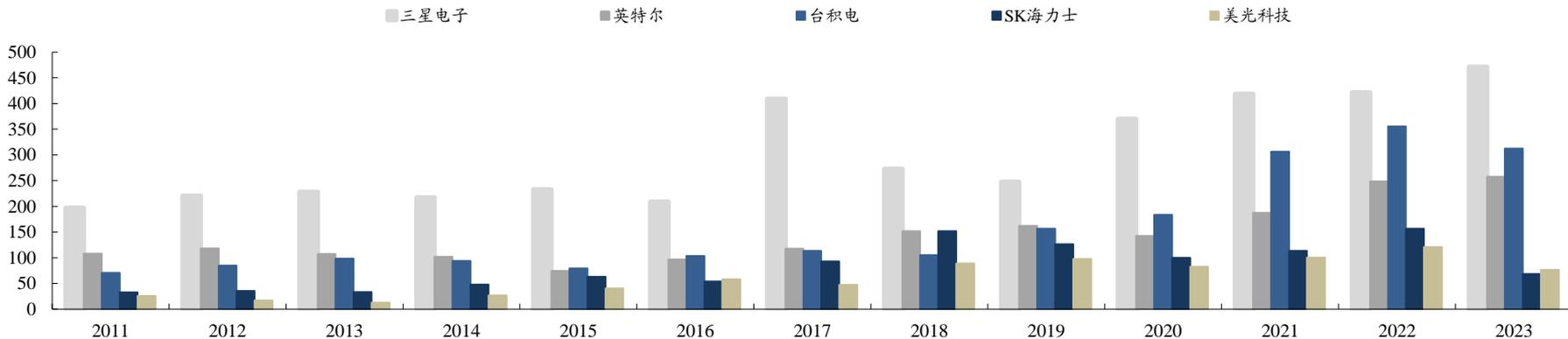
- 台积电、三星电子、英特尔稳居ASML的第一、二、三大客户。2023年，ASML的前五大客户依次为台积电、三星电子、英特尔、中芯国际、美光科技，收入占比分别为31.8%、24%、9.7%、3.5%、2.7%。台积电、三星和英特尔三家晶圆厂凭借自身庞大的资本开支和最先进的芯片制程稳定成为ASML的前三大客户。

◆ 图：ASML收入按客户划分（除第一大客户台积电收入占比和2021-2023年三星收入占比来自ASML年报外，其他数据均来自彭博预测）

◆ 图：2023年ASML客户结构



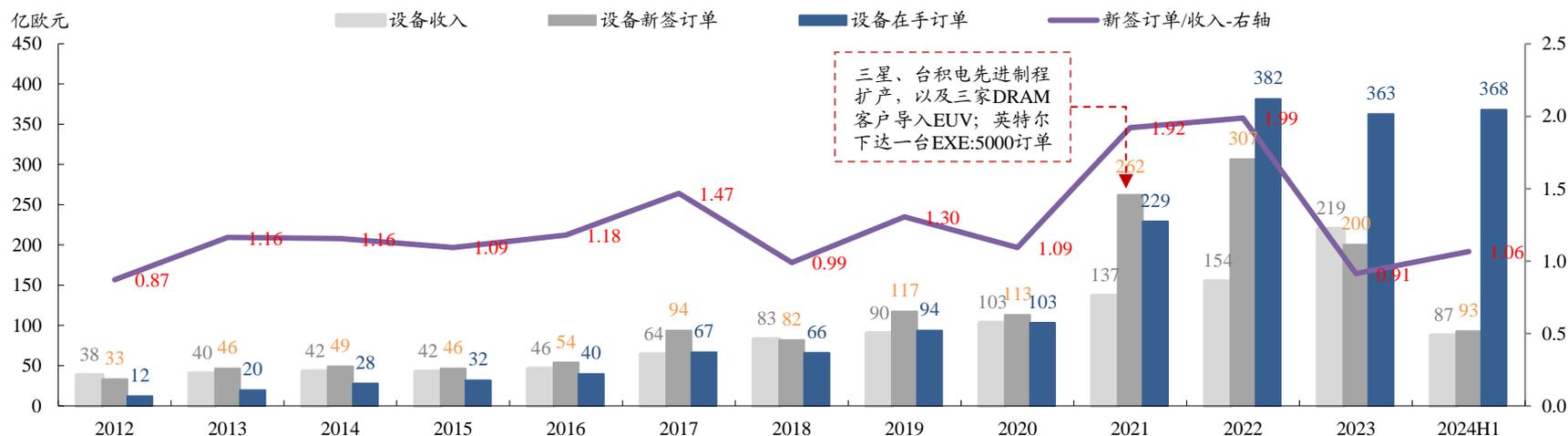
◆ 图：ASML五大客户Capex情况（亿美元）



## 1.8.1 截至24Q2末，ASML仍有约80亿欧元的在手订单来自中国大陆

- ASML的新签订单鲜明反映出全球半导体行业特别是先进制程的扩产节奏。2012-2020年ASML的设备新签订单基本保持稳健增长。2021年新签订单跃升至262亿欧元，同比大幅增长132%，主要受益于三星、台积电先进制程扩产，以及三家DRAM客户导入EUV。2022年在12英寸成熟制程和先进制程扩产带动下公司新签订单持续增长。2023年，随着全球半导体行业进入调整阶段，公司取得新签订单200亿欧元，同比-35%。
- 从公司设备BB的变化大致可以推测公司光刻机的供求或产能情况。2021-2022年设备新签订单/收入（BB，Book-to-Bill）显著提升，结合公司2022年提出的扩产规划，表明当时公司光刻机供不应求。2023年，光刻机产能逐步爬升使得公司能够实现对中国大陆积压订单的快速发货。2024H1，公司设备BB回归常态，快速发货政策也已结束，或表明市场对公司光刻机的供需暂时达到平衡。
- 23Q4 ASML取得新签订单达到92亿欧元，对23全年新签订单和年底在手订单起到重要支撑作用。根据ASML 24Q2业绩说明会，截至24Q2末，公司在手订单约390亿欧元，在手订单依然充足，其中仍有略高于20%来自中国大陆，约80亿欧元。

◆ 图：2021年EUV光刻机订单放量，ASML设备新签订单大幅增长；目前公司在手订单仍然充足

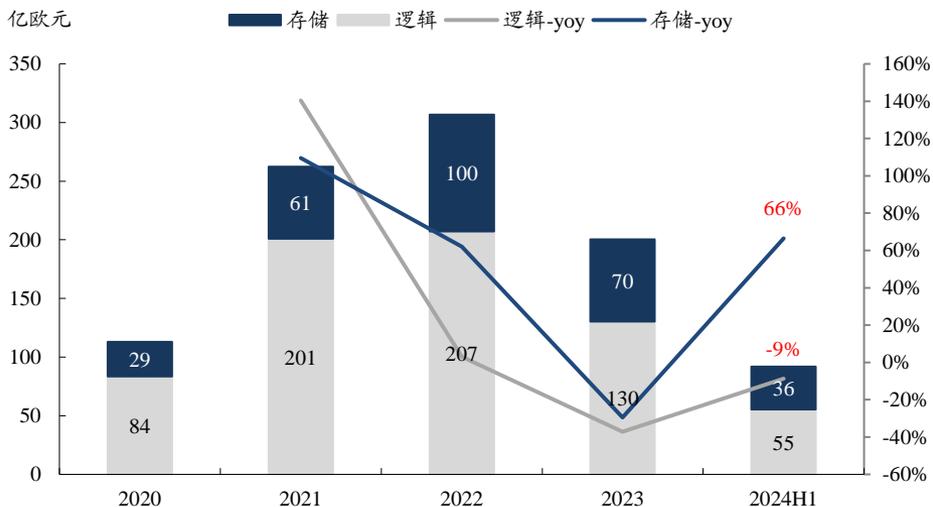


注：2018年及以后设备在手订单由收入和新签订单推算得到，较实际值可能偏低。BB>1一定程度表示产品供不应求，BB接近1表示供求相对平衡。

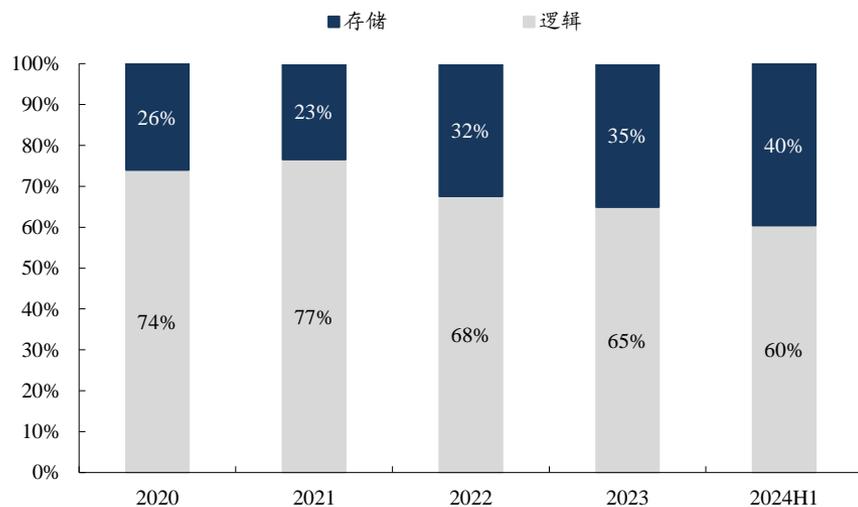
## 1.8.2 24H1 ASML存储领域的新签订单同比+66%，反映存储市场高景气

- 分下游来看，近年来ASML逻辑（含代工）领域的新签订单占比高于存储，但存储订单的增速更快，占比逐步提高。2024H1公司在逻辑和存储领域分别取得55亿元和36亿元的设备新签订单，同比分别-9%、+66%，存储领域新签订单占比达40%，同比+13pct。可见2024H1由DRAM和NAND主导的存储市场复苏节奏明显快于逻辑，存储市场有望成为本轮半导体行业及半导体设备行业复苏的主要驱动力。

◆ 图：ASML设备新签订单金额按下游拆分



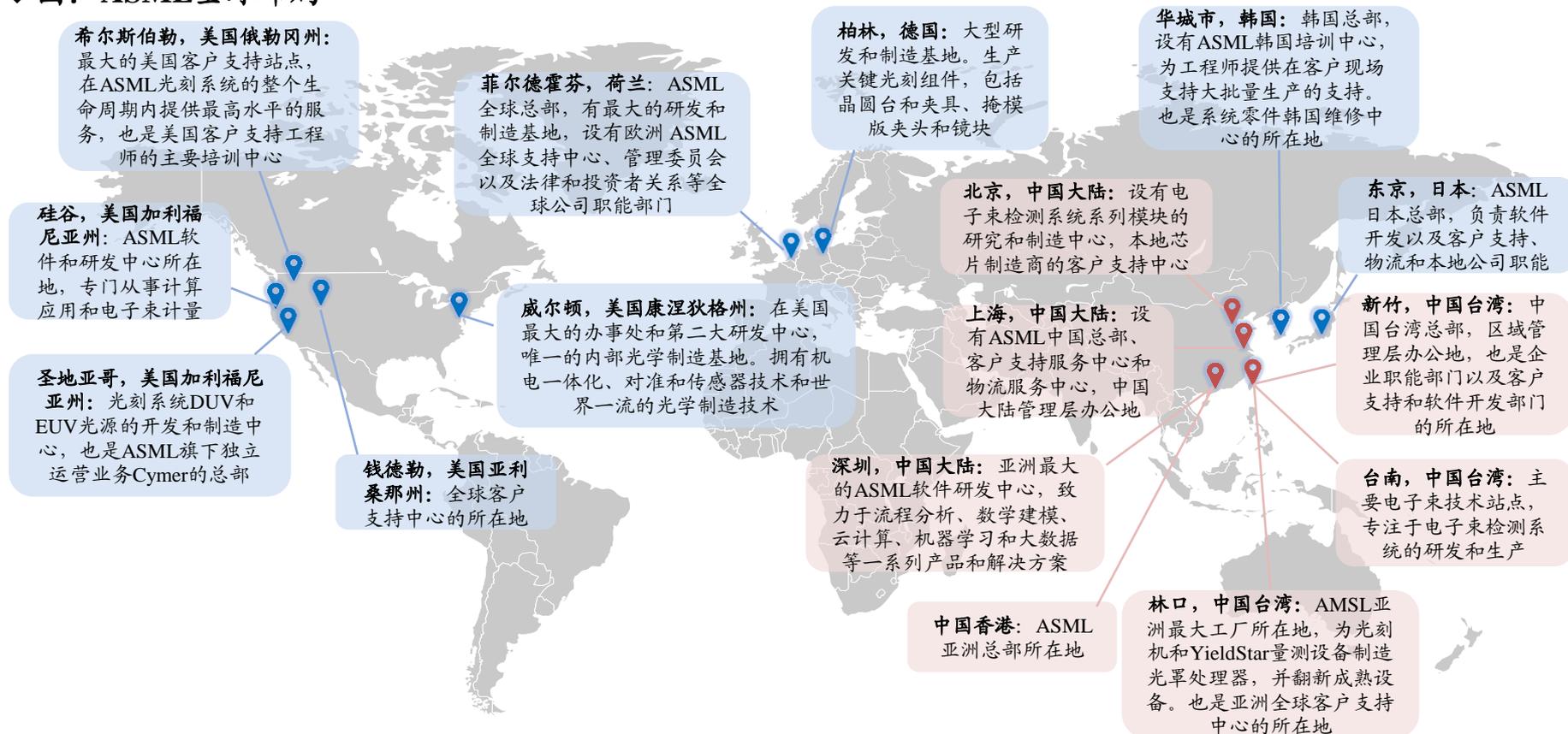
◆ 图：ASML设备新签订单金额按下游拆分-占比



## 1.9 ASML分支机构遍布全球多个国家和地区

- ASML跟随大客户在全球各地建设研发、制造和服务基地，现已形成全球化网络布局。ASML的光刻机生产活动（包括分装、总装和设备测试）都在荷兰的菲尔德霍芬、德国柏林、美国圣地亚哥、韩国平泽、中国台湾林口、中国台湾台南的基地进行，各基地基本围绕台积电、三星和英特尔的晶圆厂建设，以缩短设备交付周期、便于设备安装/调试/升级/维保等服务。在中国大陆，ASML尚未建设光刻机生产基地，但设有多个客户支持服务中心。

### ◆ 图：ASML全球布局





1 ASML：全球最大IC光刻机&半导体设备制造商

2 光源&数值孔径&工艺因子三轮驱动，共促光刻技术迭代

3 光源系统&光学系统&双工件台为光刻机三大核心部件

4 光刻机市场：一超双强格局稳定，晶圆扩产拉动需求增长

5 ASML核心壁垒：技术、生态、资金三重壁垒筑高墙

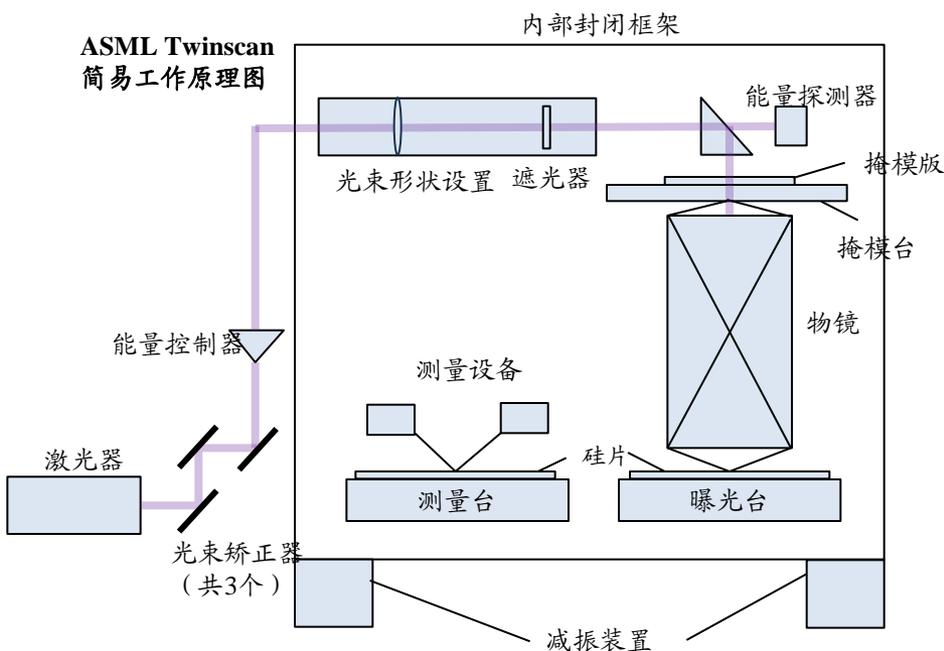
6 国产光刻机：前路漫漫亦灿灿，吾将上下而求索

7 风险提示

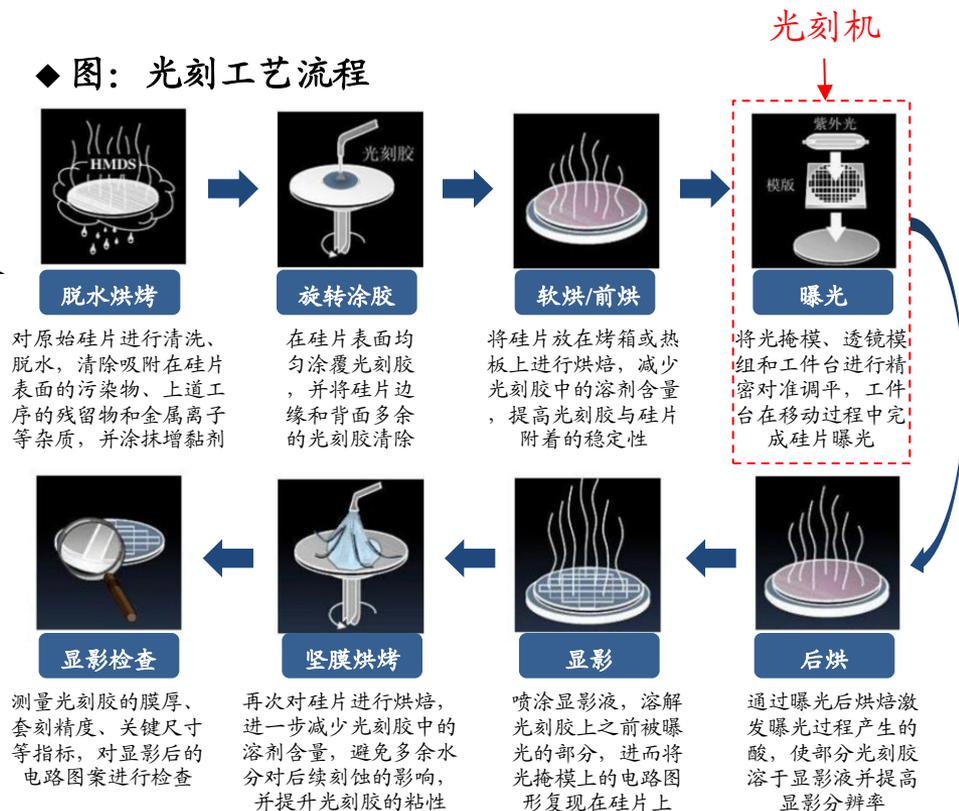
## 2.1.1 光刻工艺：光刻机承担曝光这一核心步骤

- 光刻的基本原理是利用光将设计好的电路图形从掩模版或倍缩掩模版上，转移到晶圆上涂有的光敏性材料（光刻胶）表面，通过曝光后的显影、刻蚀等工序，使得晶圆上呈现出期望的电路图案。晶圆表面上光刻胶的图案是最为基本的电路图案，IC制造中的刻蚀、沉积、离子注入等工艺大多需要以光刻工艺在光刻胶上留下的图案为基础，因此光刻是IC制造中最为重要的工艺。
- 光刻机仅承担光刻工艺中的曝光步骤。完整的光刻工艺包括8个细分步骤：脱水烘烤（气相成底膜和增黏）、旋转涂胶、前烘、曝光、后烘、显影、坚膜烘烤、显影检查，其中光刻机仅负责曝光步骤，涂胶显影设备则承担除曝光以外的所有光刻步骤。

◆图：光刻机简易工作原理图



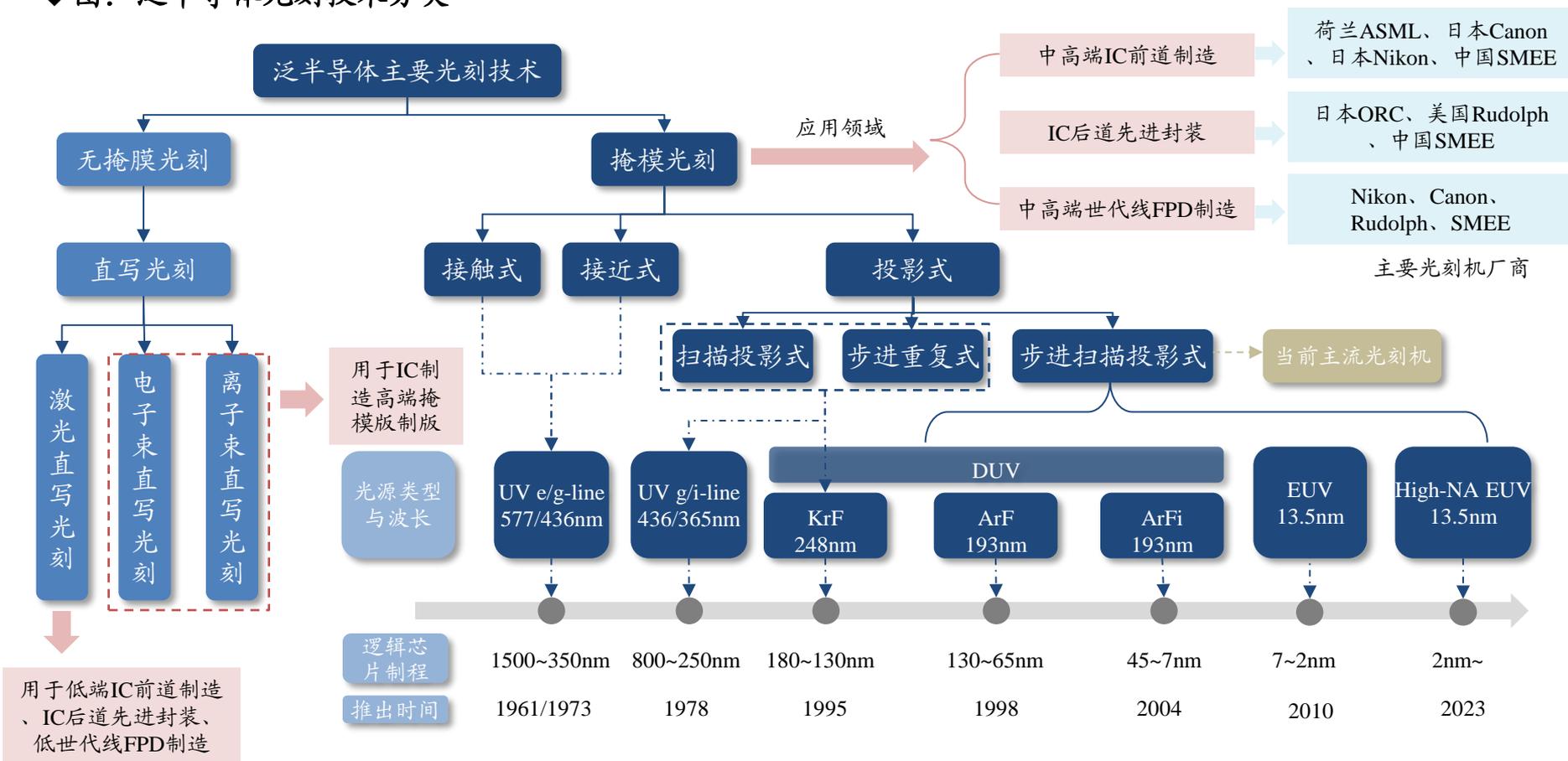
◆图：光刻工艺流程



## 2.1.2 光刻工艺：投影式光刻为当前IC光刻机主流技术

- 投影式掩模光刻是当前IC光刻机采用的主流技术。在泛半导体领域，根据是否使用掩模版，光刻技术主要分为直写光刻与掩模光刻。掩模光刻中的投影式光刻技术发展成熟，可兼顾高精度与高效大批量生产，符合大规模IC制造需求。目前IC前道制造中的掩模光刻设备市场被荷兰ASML、日本Nikon、日本Canon所垄断，其中ASML处于全球领先地位，国内厂商仅上海微电子（SMEE）等企业能够实现投影式光刻机的产业化。

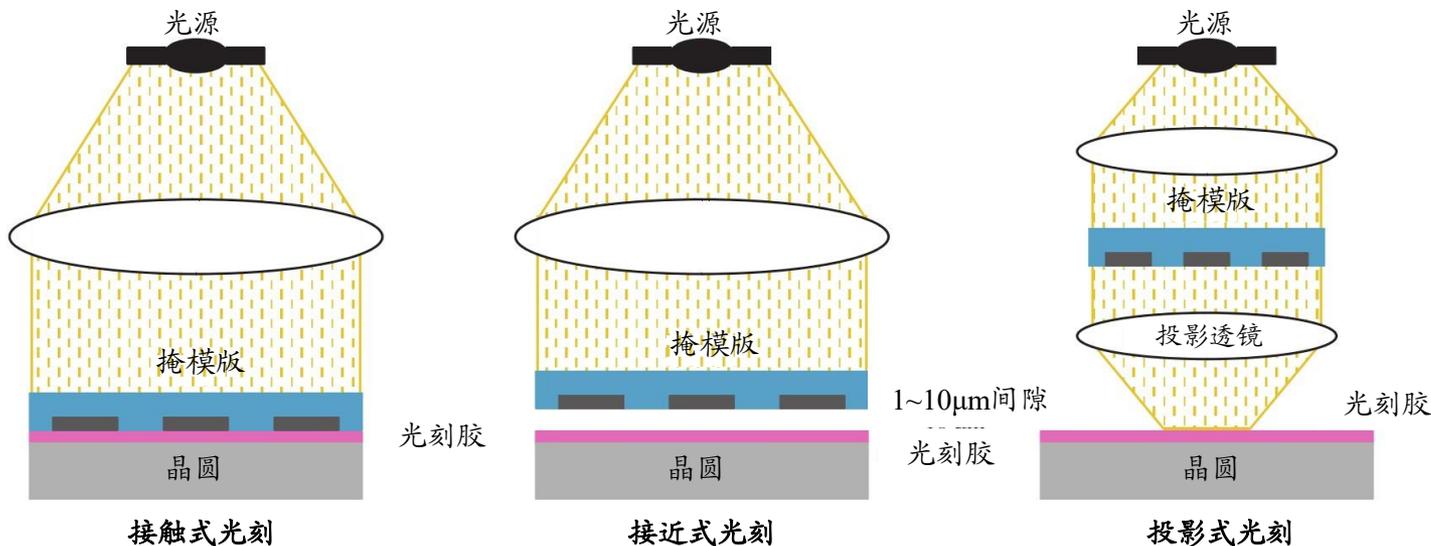
◆ 图：泛半导体光刻技术分类



## 2.1.2 光刻工艺：投影式光刻为当前IC光刻机主流技术

- 掩模光刻由光源发出的光束，经掩模版在感光材料上成像，具体可分为接触式、接近式光刻以及投影式光刻。
- **接触式光刻：**接触式光刻是小规模集成电路时期主流光刻技术，通过控制掩模版和晶圆之间的真空度，实现二者的紧密接触，并且一次性曝光整个衬底。接触式光刻的优点是有效减少光的衍射效应，但缺点在于会导致掩模版与晶圆上的光刻胶直接接触，容易受到污染，且二者间的摩擦也会导致掩模版的使用寿命显著降低、限制晶圆良率。
- **接近式光刻：**为解决接触式光刻带来的问题，1970s IC制造广泛应用接近式光刻技术，掩模版与晶圆之间存在一层被氮气填充的间隙，使得掩模版不易受到损伤。但间隙会导致光的衍射效应，影响最终曝光的成像质量，因此接近式光刻机的分辨率要略低于接触式光刻机。接触式/接近式光刻机的极限分辨率均停留在微米级，难以满足日益减小的特征尺寸需求。
- **投影式光刻：**相较于接触式和接近式光刻，投影式光刻通过投影的原理能够在使用相同尺寸掩膜版的情况下获得更小比例的图像，从而实现更精细的成像。投影式光刻在最小线宽、对位精度、产能等核心指标方面能够满足各种不同制程泛半导体产品大规模制造的需要，成为当前IC前道制造、IC后道封装以及FPD制造等泛半导体领域的主流光刻技术。

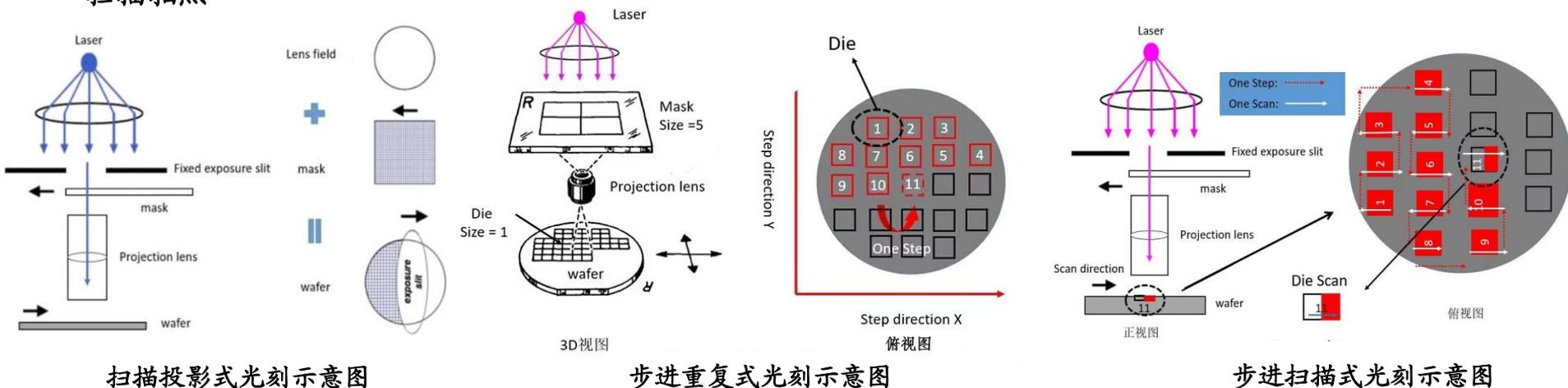
◆ 图：接触式光刻、接近式光刻和投影式光刻示意图



## 2.1.3 光刻工艺：步进扫描式为投影式中的主流技术

- 投影式光刻机经历了从扫描投影式到步进重复式，再到步进扫描式光刻机的迭代。（1）**扫描投影式**：早期的投影式光刻机为扫描投影式光刻机（Scanner），投影成像比例为1:1，通过一次扫描过程完成整个硅片的曝光，属于逐片曝光的方式。缺点是难以设计能够在越来越大的区域上形成精确图像的光学器件，且1:1的投影成像比例使得更加精细的掩模版制作难度显著提升。（2）**步进重复式**：硅片表面上某个曝光场完成曝光后，硅片台进行步进运动，使得下一个曝光场得以继续曝光。步进重复式光刻机（Stepper）基本能够满足250nm以上线宽制程的工艺要求，目前仍然应用在芯片非关键层、封装等精度要求相对较低的领域。（3）**步进扫描式**：步进扫描式光刻机（Stepper&Scanner）通过动态扫描的方式，使得掩模版相对晶圆同步运动，可完成26mm×33mm曝光场的曝光，当前曝光场扫描完毕后，转移至下一个曝光场继续进行扫描曝光，直至整个晶圆所有曝光场完成曝光。得益于有效提升掩模的使用效率和曝光精度，步进扫描式光刻机现已成为主流光刻机型，占据光刻机市场份额的70%以上。从180nm节点开始，硅基CMOS工艺大量采用步进扫描光刻。

◆ 图：扫描式—单个曝光场“扫描拍照”，步进重复式—多个曝光场“一步步拍照”，步进扫描式—多个曝光场“扫描拍照”



## 2.1.4 光刻工艺：分辨率、套刻精度、产能为三大关键指标

- 光刻机的三大核心指标包括分辨率、套刻精度和产能，这三项指标是光刻机子系统、零部件、光刻工艺相互配合、共同作用的综合结果。
- (1) **分辨率 (Resolution)**：随瑞利准则不断改进，由曝光光源波长 $\lambda$ 、物镜数值孔径NA、光刻工艺因子 $k_1$ 共同决定。
- (2) **套刻精度 (Overlay Accuracy)**：即多次光刻的图案层之间的对齐精度，分为单机套刻精度 (SMO) 和多机套刻精度 (MMO)，一般 $MMO > SMO$ ，多重曝光工艺对套刻精度的要求更高。套刻精度的高低直接影响到芯片的性能和可靠性。而影响套刻精度的因素主要包括光刻机自身的减振性、光源的稳定性、光刻胶的特性以及光刻机对温湿度的控制能力等。
- (3) **产能 (Throughput/Productivity)**：指曝光速度，通常用光刻机每小时处理的晶圆数量度量 (wph)。决定光刻机产能的主要因素是光刻机光源的输出功率、光刻胶的敏感度以及工件台的设计。曝光功率越大、光刻胶越敏感，晶圆曝光所需要的时间越短，产能越高。此外，双工件台的出现也大幅提升了光刻机的产能。

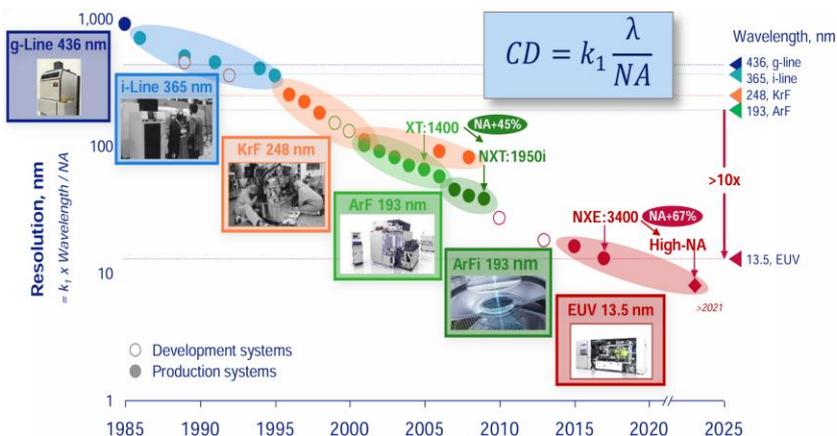
### ◆ 图：光刻机三大核心技术指标介绍

光刻机三大核心技术指标	单位	含义	影响因素
分辨率 (Resolution)	nm	代表芯片结构中的最高图形分辨率——最小线宽半间距 (Metal 1 half pitch)。一般对于32/28nm及以上技术节点的逻辑器件，分辨率等于技术节点；而对于32/28nm以下节点的逻辑器件，由于晶体管进入立体结构时代，分辨率大于技术节点。	分辨率 $R = k_1 * \lambda / NA$ ，由曝光光源波长 $\lambda$ 、物镜数值孔径NA、光刻工艺因子 $k_1$ 三者共同决定。
套刻精度 (Overlay Accuracy)	nm	多次光刻的图案层之间的对齐精度，分为单机套刻精度 (SMO) 和多机套刻精度 (MMO)，一般 $MMO > SMO$ ，多重曝光工艺对套刻精度的要求更高。	光刻机自身的减振性、光源的稳定性、光刻胶的特性以及光刻机对温湿度的控制能力等。
产能 (Throughput, Productivity)	wph	即曝光速度，通常用光刻机每小时处理的晶圆数量度量 (wph)。	光刻机光源的输出功率、光刻胶的敏感度以及工件台的工作效率等。

## 2.2.1 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则

- **瑞利准则 (Raleigh criterion)** 是推动光刻机不断向前发展的重要理论依据。集成电路中的最小特征尺寸为关键尺寸 (critical dimension, CD)，即为光刻机的分辨率R (resolution)，该数据代表芯片结构中的最高图形分辨率——最小线宽半间距 (Metal 1 half pitch)。一般对于32/28nm及以上技术节点的逻辑器件，CD等于技术节点；而对于32/28nm以下节点的逻辑器件，由于晶体管进入立体结构时代，CD要大于技术节点。
- **降低光源波长、提升物镜数值孔径、改进光刻工艺共同提高投影式光刻机分辨率。** 根据瑞利准则， $R=CD=k_1*\lambda/NA$ ，其中 $k_1$ 为工艺因子，通过优化光刻工艺参数降低，单次曝光下 $k_1$ 的物理极限为0.25； $\lambda$ 为曝光光源波长，已经历435nm (G-line) → 365nm (I-line) → 248nm (KrF) → 193nm (ArF) → 13.5nm (EUV) 的发展历程；NA (Numerical Aperture) 为投影物镜的数值孔径，定义为 $n*\sin\theta$ ，n为投影物镜的最后一块透镜与晶圆之间的介质折射率， $\theta$ 为曝光光线在晶圆表面的最大入射角 (取决于透镜直径)。

◆ 图：光刻机分辨率随瑞利准则不断迭代演进



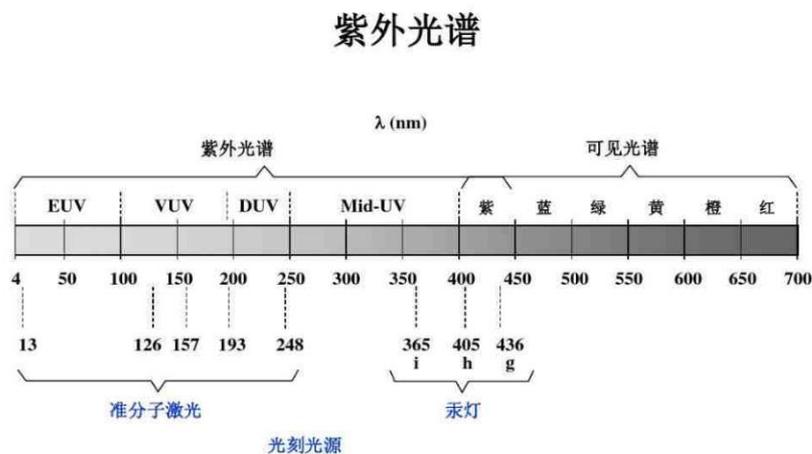
◆ 图：不同制程节点对应的光刻机瑞利准则参数

制程节点	光源类型	波长	$k_1$	NA	多重曝光次数	光刻机分辨率	
0.5um	汞灯光源	g-line					
0.35um		i-line					
0.25um	DUV (Deep Ultraviolet Lithography)	KrF					
0.18um		KrF					
0.13um		ArF					
90nm		ArF					
65/55nm		ArF		0.31	0.93	1	64nm
45/40nm		ArFi	193 (134nm)	0.31	1.35	1	44nm
28nm		ArFi	193 (134nm)	0.26	1.35	1	38nm
22/20nm		ArFi	193 (134nm)	0.20	1.35	2	29nm
14/16nm		ArFi	193 (134nm)	0.18	1.35	2	25nm
10nm		ArFi	193 (134nm)	0.15	1.35	3	22nm
7nm	ArFi	193 (134nm)	0.13	1.35	4	18nm	
7nm	EUV (Extreme Ultraviolet Lithography)	13.5nm	0.46	0.33	1	19nm	
5nm		13.5nm	0.39	0.33	1	16nm	
3nm		13.5nm	0.29	0.33	1	12nm	
2nm		13.5nm	0.23	0.33	2	9nm	
1nm		13.5nm	0.46	0.55	1	11nm	

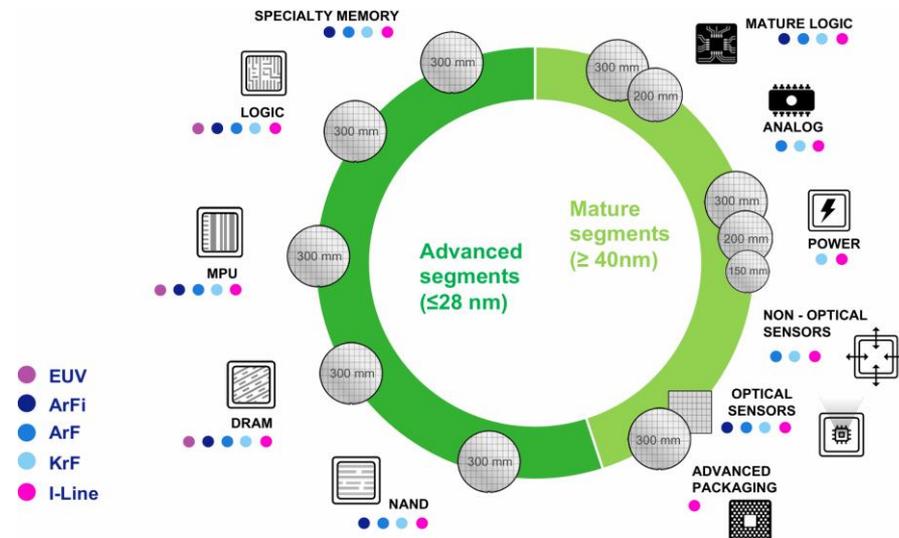
## 2.2.2 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—光源波长 $\lambda$

- 历经30余年，光刻机光源波长缩短30余倍。根据光源的不同，光刻机可分为紫外（UV）光刻机、深紫外（DUV）光刻机、极紫外（EUV）光刻机，缩短光源波长是过去提升光刻机分辨率的核心方式。
- **UV光刻机：**使用汞蒸气灯作为光源，产生的紫外线波长范围包括G-line（波长436nm）和I-line（波长365nm）。这类光刻机主要用于早期集成电路的生产，对应的是较为粗放的制程节点，约在800-250nm之间。
- **DUV光刻机：**采用准分子激光器作为光源以实现更小的特征尺寸，如KrF（氟化氪，波长248nm）和ArF/ArFi（氟化氩，波长193nm，以及改进版的浸没式ArF光刻技术，波长可等效达到134nm）。历史上Nikon曾倡导使用波长更短的氟气体F<sub>2</sub>准分子光源（波长157nm），但由于材料兼容性、技术成熟度和成本效益的限制，这种方案最终走向衰落。DUV光刻机支撑了从180-7nm甚至更高节点的芯片制造工艺。
- **EUV光刻机：**EUV光刻机使用的是波长仅为13.5nm的EUV光源，该波长比DUV光缩短14倍以上，在7nm及以下制程节点成为主流选择。EUV光刻机进一步延续了摩尔定律，使得半导体行业能够继续向更高集成度和性能发展。

◆ 图：紫外光谱图



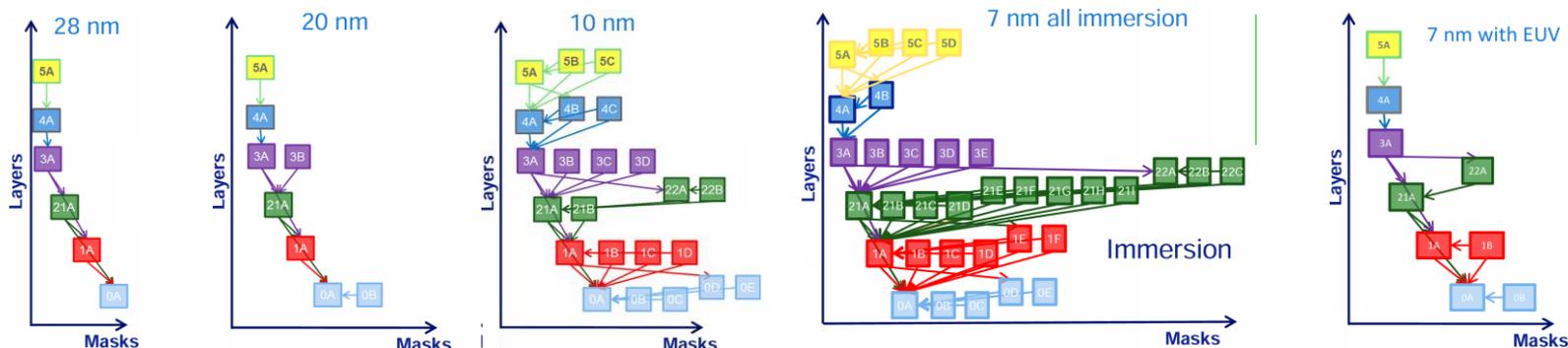
◆ 图：各类光刻机在不同领域的应用



## 2.2.2 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—光源波长 $\lambda$

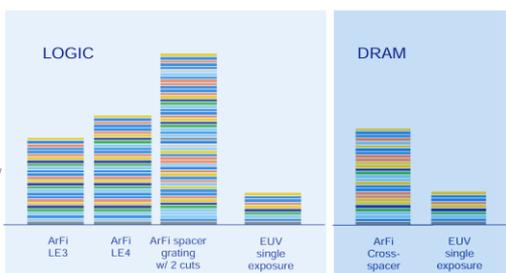
- 1.35NA的ArFi光刻机能够满足28nm逻辑技术节点的要求，要实现28nm以下节点需要工艺复杂度更高的多重曝光技术。ArFi+双重曝光已被广泛应用于22nm、20nm、14nm技术节点，三重或多重曝光技术可达到10-7nm。但多重曝光存在对准问题，同时大幅增加了光刻、刻蚀、沉积等工艺步骤，晶圆制造的成本和良率控制难度也随之提升。
- EUV能够大幅简化光刻的复杂性，从而显著减少图案化的缺陷、成本和耗时。若完全采用ArFi+多重曝光实现7nm，需要进行34步光刻工艺及59-65步的关键对准套刻；相比之下，完全采用EUV实现7nm，仅需要9步光刻及12步关键对准套刻。与ArFi多重曝光相比，引入EUV后，图案化缺陷能够减少20%以上，成本降低15%-50%，周期时间缩短3-6倍，大幅提高生产效率。

◆ 图：EUV大幅简化光刻与套刻对准步骤

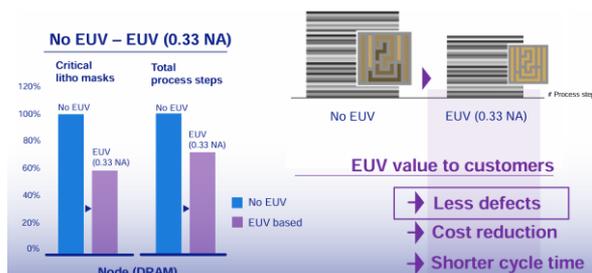


技术节点	28nm	20nm	10nm	7nm all ArFi	7nm all EUV
光刻步骤	6	8	23	34	9
关键对准步骤	7	9-11	36-40	59-65	12

◆ 图：EUV大幅减少单层图案化的工艺步骤



◆ 图：EUV光刻后的成像质量更高



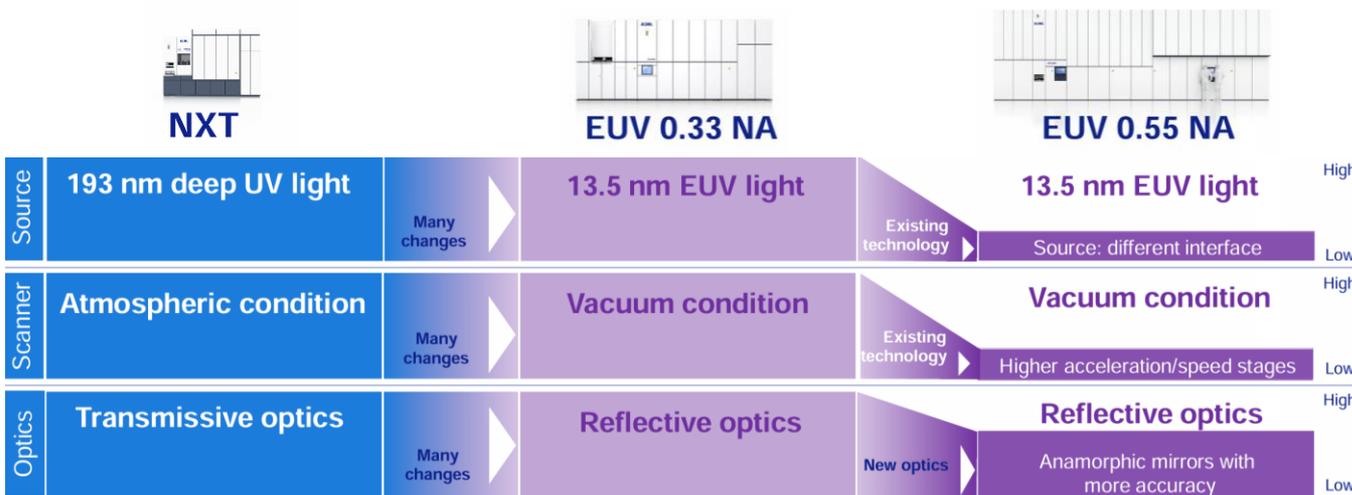
◆ 图：ArFi、EUV 0.33NA、EUV 0.55NA 图案化成本比较



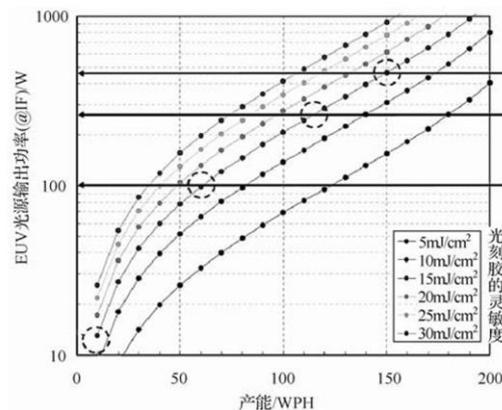
## 2.2.2 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—光源波长 $\lambda$

- **EUV光刻技术的难点主要体现在四个方面：**
  - （1）真空环境、反射光学器件：**EUV光会被材料强烈吸收，因此EUV光路必须处于真空环境，光学元件需要全部采用反射元件，掩模也为反射式结构，这些改变带来EUV光刻和掩模制造领域的巨大革新；
  - （2）高功率、高稳定性光源：**EUV光刻机需要的光源输出功率稳定且数值高达250W以上，以保证光刻过程的稳定性和足够的曝光效率；
  - （3）线宽与噪声控制：**EUV光源需要具备较窄的激光线宽，并要求频率噪声和相对强度噪声都很小，以减少光学系统中的损耗；
  - （4）高系统效率：**要实现250W以上的光源转换率，激光器本身的平均功率需达到约20kW，意味着整个系统的能量转换和传输效率必须非常高。为了满足上述需求，EUV激光系统极其复杂，由大约45万个零件组成，重量可达17吨，从种子光发生器到产生EUV光的锡珠，光路的总长度可能超过500m，这对所有零部件的精度和稳定性提出了极高的要求。

◆ 图：相比DUV光刻机，EUV光刻机在光源、大气条件、光学元件方面提出新的要求



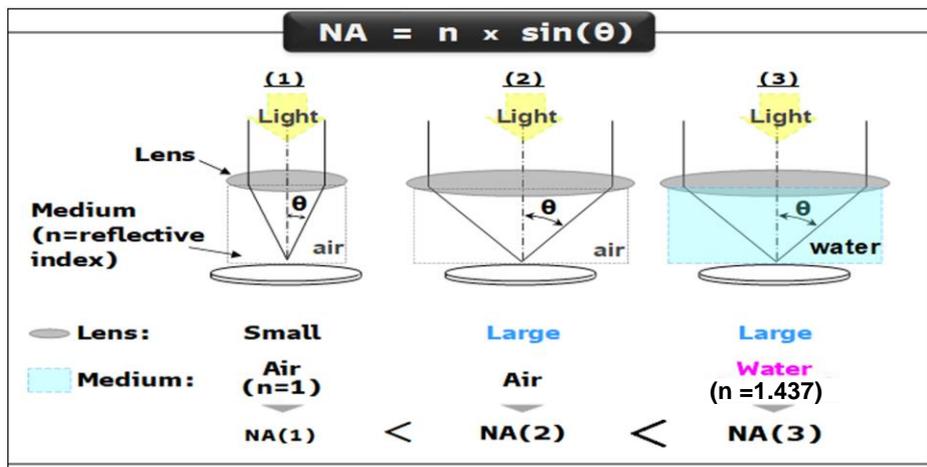
◆ 图：EUV光刻机产能与EUV光源功率之间的关系



## 2.2.3 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—数值孔径NA

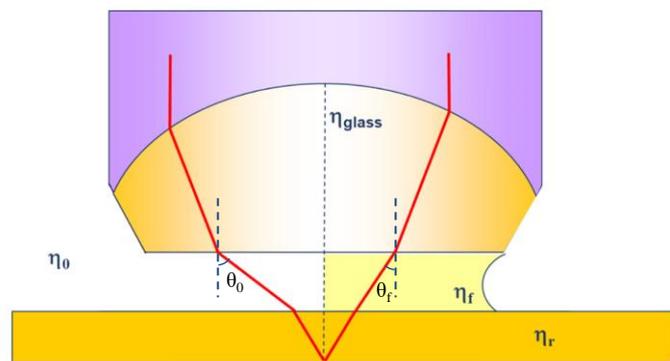
- **提高投影物镜的数值孔径NA主要有增加物镜直径和采用浸没式两种方式。**在ArF光刻机推出以后，光源波长长期停滞在193nm的水平，提升光刻分辨率的主要方式为改良投影物镜，进而提升数值孔径NA。由于 $NA=n \cdot \sin\theta$ ，n为投影物镜的最后一片透镜与晶圆之间的介质折射率， $\theta$ 为曝光光线在晶圆表面的最大入射角（取决于透镜直径），因此主要通过增加物镜直径和采用浸没式两种方式来提高投影物镜的数值孔径NA，进而提升光刻机的分辨率。
- **干式光刻下增大物镜直径存在物理极限：**在干式光刻技术中，光从投影物镜射出，由玻璃介质进入空气介质会发生衍射，光角度发生变化，最终成像于晶圆表面。随着线宽不断缩小，衍射效应不断增加，需要增大投影物镜直径来接受更多的光，但会导致物镜内聚焦的光角度增加，再经过折射，射出投影物镜的光角度接近水平，无法成像。
- **浸没式光刻使光刻分辨率进一步提高：**在ArF光源基础上，为了进一步提升光刻分辨率，DUV光刻技术曾逐渐演化成两条发展方向，一是以Nikon为代表的使用波长更短的F<sub>2</sub>准分子光源（157nm），但由于材料兼容性、技术成熟度和成本效益的限制，这种方案最终走向衰落。二是浸没式光刻采用高折射率的液体（目前采用去离子水）来取代投影物镜与晶圆之间的空气间隙，由于水的折射率和玻璃接近（在193nm波长中，折射率n：空气=1，水=1.44，玻璃≈1.5），从投影物镜射出的光进入水介质后，折射角较小，故可改变投射光线的方向使其更多的高阶成分参与成像，进而有效提高光刻分辨率。原本波长193nm的ArF光经过折射后的等效波长即为134nm，不仅小于F<sub>2</sub>准分子光源的157nm，也更容易集成到已有制造工艺中，因此得到广泛应用。

◆ 图：增加物镜直径和采用浸没式提升NA的原理



◆ 图：干式光刻（左）vs 浸润式光刻（右）

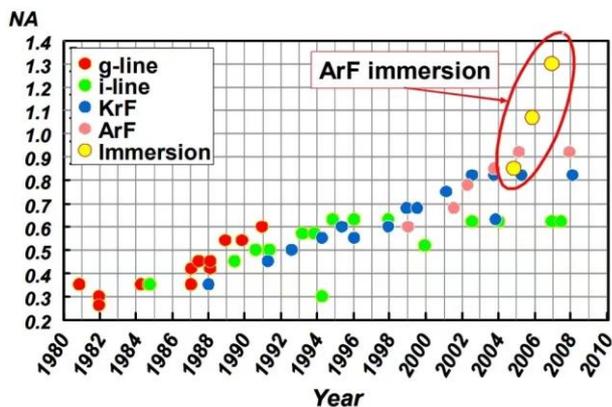
Snell's law:  $NA = \eta_0 \sin \theta_0 = \eta_f \sin \theta_f = \eta_r \sin \theta_r$



## 2.2.3 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—数值孔径NA

- 2004年，ASML推出首台商用浸没式光刻机TWINSCAN XT1250i，并从浸没式光刻机开始，至今一直占据着中高端光刻机市场。伴随着投影物镜的不断改进，目前浸没式光刻机的数值孔径最高可达1.35，能够实现低于38nm的分辨率，结合多重曝光技术可实现7nm制程量产。
- EUV光刻机正从0.33NA向0.55NA突破，未来有望进一步实现0.75NA。为了进一步提高光刻机的曝光分辨率，ASML正考虑在EUV光源的波长条件下，增大物镜的数值孔径NA。目前ASML已经量产的NXE系列EUV光刻机的NA为0.33，0.55 NA的高数值孔径（High-NA）EUV光刻机也已成功研发并出货，ASML计划于2025-2026年量产High-NA EUV光刻机，并开始研发新一代0.75 NA的Hyper-NA EUV光刻机（预计2030年推出）。

◆ 图：UV和DUV光刻机数值孔径NA的提升历史



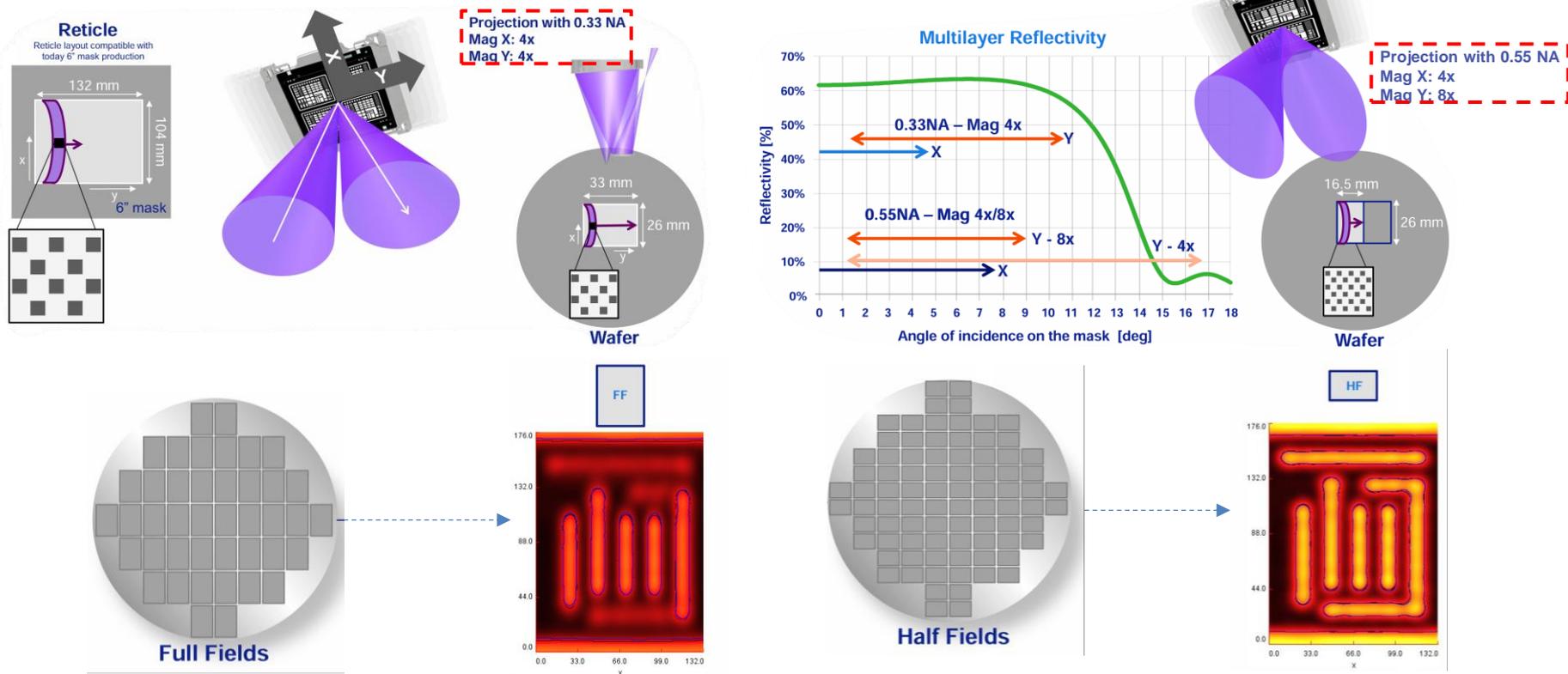
◆ 图：ASML EUV光刻机产品路线图



## 2.2.3 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—数值孔径NA

- EUV光刻机的数值孔径NA从0.33增加到0.55带来以下优势：（1）图案化放大倍数增加一倍，从而显著提高曝光分辨率；（2）为实现3nm逻辑制程，0.33 NA EUV双重曝光可由0.55 NA EUV单次曝光代替，从而简化33%的图案化工艺步骤，并降低单层图案化约40%的成本；（3）在相同光源功率与光刻胶敏感性条件下，由于曝光场数量翻倍，晶圆台（WS）步进的速度需要翻倍以维持曝光之外的成本不变，掩模台（RS）的加速度需要提升至原来的4倍以满足扫描方向（Y轴）放大倍率的提升，进而带来光刻机产能的提升。

◆ 图：0.55 NA相比0.33 NA，从掩模版到晶圆上的图案化转移过程中放大倍数增加一倍，且光线在掩模上更小的入射角能够大幅提升光线的反射率，进一步提高曝光分辨率

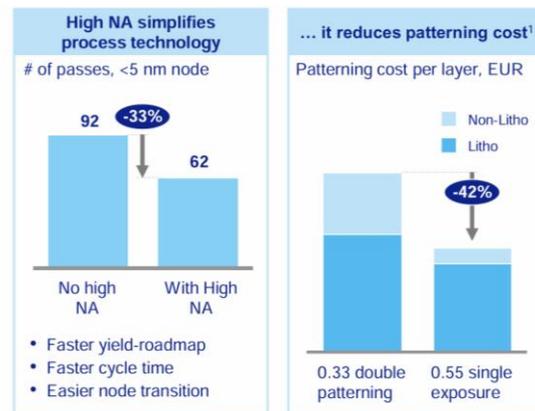


## 2.2.3 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—数值孔径NA

- EUV光刻机的数值孔径NA从0.33增加到0.55带来以下优势：（1）图案化放大倍数增加一倍，从而显著提高曝光分辨率；（2）为实现3nm逻辑制程，0.33 NA EUV双重曝光可由0.55 NA EUV单次曝光代替，从而简化33%的图案化工艺步骤，并降低单层图案化约40%的成本；（3）在相同光源功率与光刻胶敏感性条件下，由于曝光场数量翻倍，晶圆台（WS）步进的速度需要翻倍以维持曝光之外的成本不变，掩模台（RS）的加速度需要提升至原来的4倍以满足扫描方向（Y轴）放大倍率的提升，进而带来光刻机产能的提升。

◆ 图：0.55 NA EUV单次曝光即可实现3nm逻辑制程，相比0.33 NA EUV双重曝光大幅节省图案化工序和成本

Node		D20-22	D1X	D1Y	D1Z	next
DRAM Active Cut	ArFi 1.35 NA	SE	LE <sup>2</sup>	PD+LE <sup>2</sup>	PQ+LE <sup>2</sup>	PQ+LE <sup>2</sup>
	EUV 0.33 NA			SE	SE	LE <sup>2</sup>
	EUV >0.5 NA					
Node		16-14nm	10nm	7nm	5nm	3nm
Logic Cuts & Vias	ArFi 1.35 NA	LE <sup>2</sup>	LE <sup>3</sup>	LE <sup>3-4</sup>	LE <sup>6-8</sup>	LE <sup>8-11</sup>
	EUV 0.33 NA			SE	SE	LE <sup>2-3</sup>
	EUV >0.5 NA				SE	SE



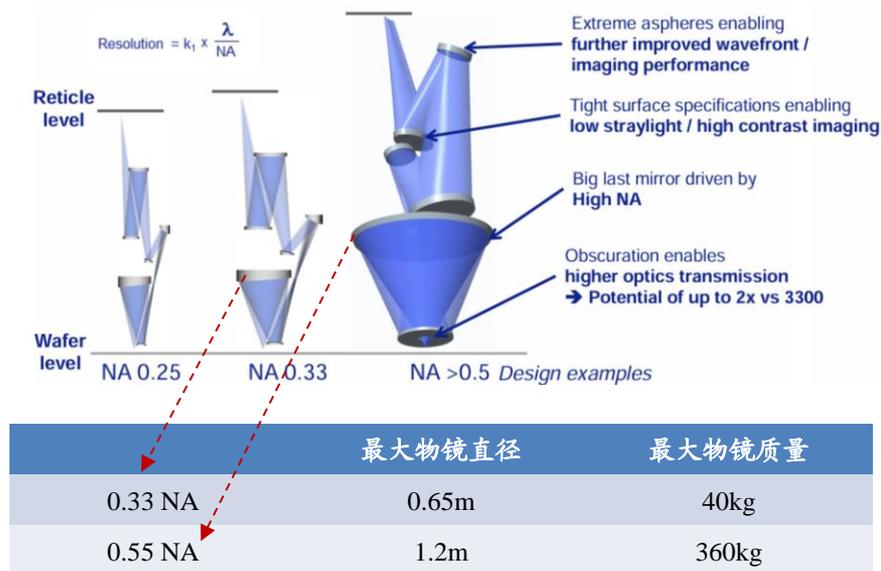
◆ 图：0.55 NA EUV光刻机的晶圆台和掩模台加速度提升带动产能提升



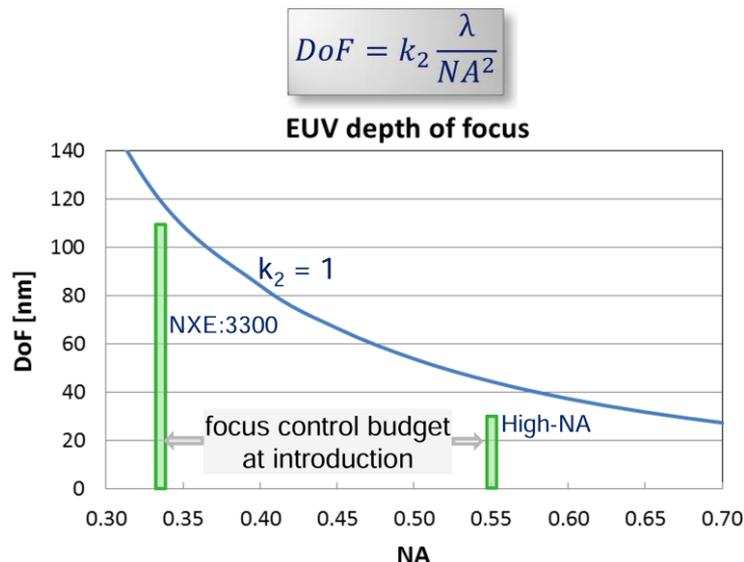
## 2.2.3 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—数值孔径NA

- 相较而言，高数值孔径也对光刻机的系统设计带来较大挑战。（1）对物镜要求更为严苛：为避免光锥重叠和EUV光的反射率下降的问题，0.55 NA EUV光刻机的光学系统需要采用更高缩放比的透镜，并采用两个方向倍率不同的变形缩放，但根据该方案设计出的High-NA EUV光刻机物镜的最大尺寸从0.65m增大至1.2m，最大质量也从40kg增大至360kg，从而大幅增加了物镜的生产难度。（2）对步进扫描运动的控制难度提升：由于设计的调整，视场变小，总场数增加，扫描方向掩模台与晶圆台速度之比为8:1，导致工件台和掩模台的速度和加速度大幅提升，进而增加了相应系统的制造和控制难度。（3）对光刻工艺中聚焦的控制更为严格：光源波长的减小和数值孔径的变大都会带来焦深（聚焦深度，DOF）的降低，而焦深必须要远大于晶圆表面的不平整度以保证光刻工艺的良好率。

◆ 图：0.33 NA EUV与0.55 NA EUV最大物镜的直径和质量对比



◆ 图：NA增大带来EUV光刻的DOF降低



## 2.2.4 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—工艺因子 $k_1$

- 单次曝光下光刻工艺因子 $k_1$ 的物理极限为0.25，一般通过分辨率增强技术（RET）缩小 $k_1$ 以逼近物理极限。典型的RET包括光学临近效应修正OPC、离轴照明技术OAI、相移掩膜PSM等技术。
- **(1) OPC:** 临近效应指由于光的衍射效应使曝光成像图形发生畸变的现象，通过反向修正掩膜图形，消除图像畸变失真，以增强分辨率。
- **(2) OAI:** 将照明光线由正入射改为倾斜入射，与物镜主光轴形成一定夹角，使得同等NA下可容纳光量提升，以增强分辨率。
- **(3) PSM:** 通过引入另一光场，两光场之间发生相消干涉，使得亮区光场增强、暗场光强减弱，以此提高对比度，以增强分辨率。

◆ 图：缩小 $k_1$ 或分辨率增强技术梳理



◆ 表：一些典型的分辨率增强技术

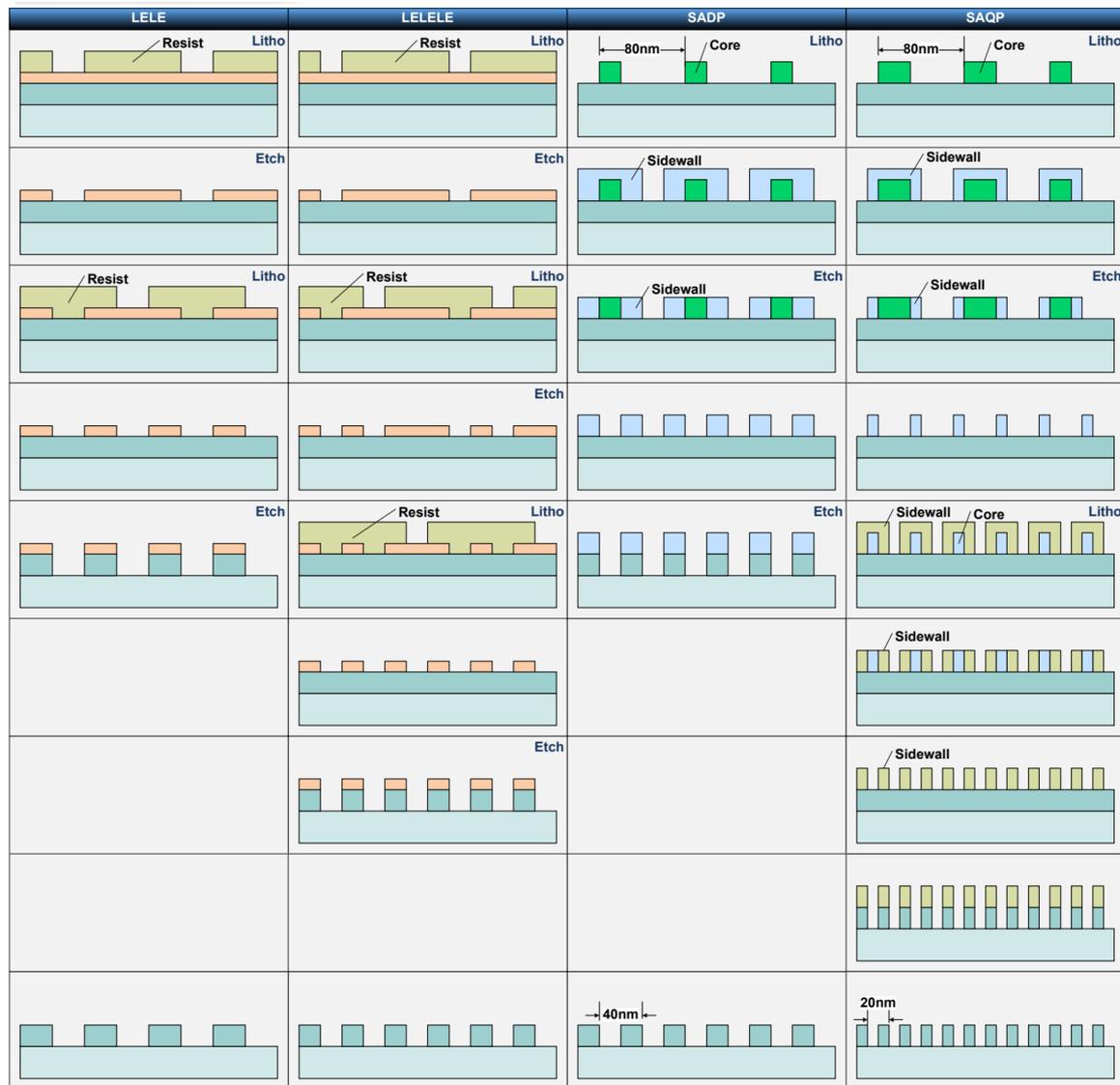
技术名称	应用位置	分辨率( $k_1$ )	意义
OPC	掩模版	0.5	改善工艺窗口，可与任意其他 RET 技术配合使用
OAI	照明系统	0.25	为特定周期图形提供最优的照明角度
Attenuated PSM	掩模版	0.5(传统照明下) 0.25(离轴照明下)	利用干涉效应改善成像保真度；改善 OAI 的曝光宽容度
SRAF	掩模版	0.5(传统照明下) 0.25(离轴照明下)	扩大适用于某种 OAI 的周期图形范围；降低掩模图形对象差的敏感度
Alternating PSM	掩模版	0.25	利用干涉效应提高成像保真度，可将分辨率提高一倍

## 2.2.4 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—工艺因子 $k_1$

- 多重曝光(multinle patterning)技术可显著提高光刻分辨率。光刻-刻蚀-光刻-刻蚀(litho-etch-litho-etch, LELE)技术将光刻图形拆分到两个光掩模上,通过两次曝光降低线宽,在此基础上还发展出三次曝光的LELETE技术。

- 但由于多次曝光存在对准问题,最终精度和良率显著受到光刻机套刻精度上限的约束。为解决这一问题,自对准双重或者四重图形技术(SADP/SAQP)被提出并应用于光刻工艺,利用自对准特性实现2倍/4倍的图案密度。

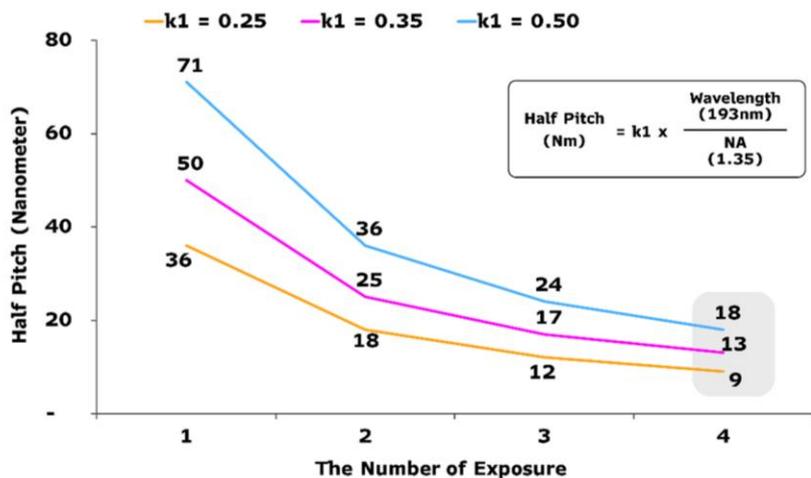
◆ 图：多重曝光技术LELE、LELELE、SADP、SAQP工序示意图



## 2.2.4 光刻机迭代逻辑：提高分辨率—瑞利准则—工艺因子 $k_1$

- 多重曝光可等效降低 $k_1$ 从而显著提高光刻机分辨率。1.35NA的ArFi光刻机单次曝光至多能够实现28nm逻辑节点，ArFi+双重曝光可实现22-14nm制程节点，ArFi+三重/四重曝光技术可达到10-7nm。若将多重曝光提高分辨率的效果归功于 $k_1$ 的下降（此时的 $k_1$ 将多重曝光看成一个整体而言，而非单次曝光下的 $k_1$ ）， $k_1$ 便可突破传统意义上0.25的物理极限。但多重曝光大幅增加了光刻、刻蚀、沉积等图案化工艺步骤晶圆制造的成本和良率控制难度也随之提升，从而显著增加了对高性能刻蚀设备和薄膜沉积设备的需求。

◆ 图：多重曝光可显著增强光刻机的分辨率



◆ 图：ArFi+多重曝光在先进逻辑和DRAM上的应用

		D20-22	D1X	D1Y	D1Z	next
DRAM Active Cut	Node					
	ArFi 1.35 NA	SE	LE <sup>2</sup>	PD+LE <sup>2</sup>	PQ+LE <sup>2</sup>	PQ+LE <sup>2</sup>
	EUV 0.33 NA			SE	SE	LE <sup>2</sup>
Logic Cuts & Vias	Node	16-14nm	10nm	7nm	5nm	3nm
	ArFi 1.35 NA	LE <sup>2</sup>	LE <sup>3</sup>	LE <sup>3-4</sup>	LE <sup>6-8</sup>	LE <sup>8-11</sup>
	EUV 0.33 NA			SE	SE	LE <sup>2-3</sup>
	EUV >0.5 NA				SE	SE

SE = Single Exposure, LE<sup>n</sup> = Litho-Etch, n # repeats, PD = Pitch Doubling, PQ = Pitch Quadrupling



1 ASML：全球最大IC光刻机&半导体设备制造商

2 光源&数值孔径&工艺因子三轮驱动，共促光刻技术迭代

3 光源系统&光学系统&双工件台为光刻机三大核心部件

4 光刻机市场：一超双强格局稳定，晶圆扩产拉动需求增长

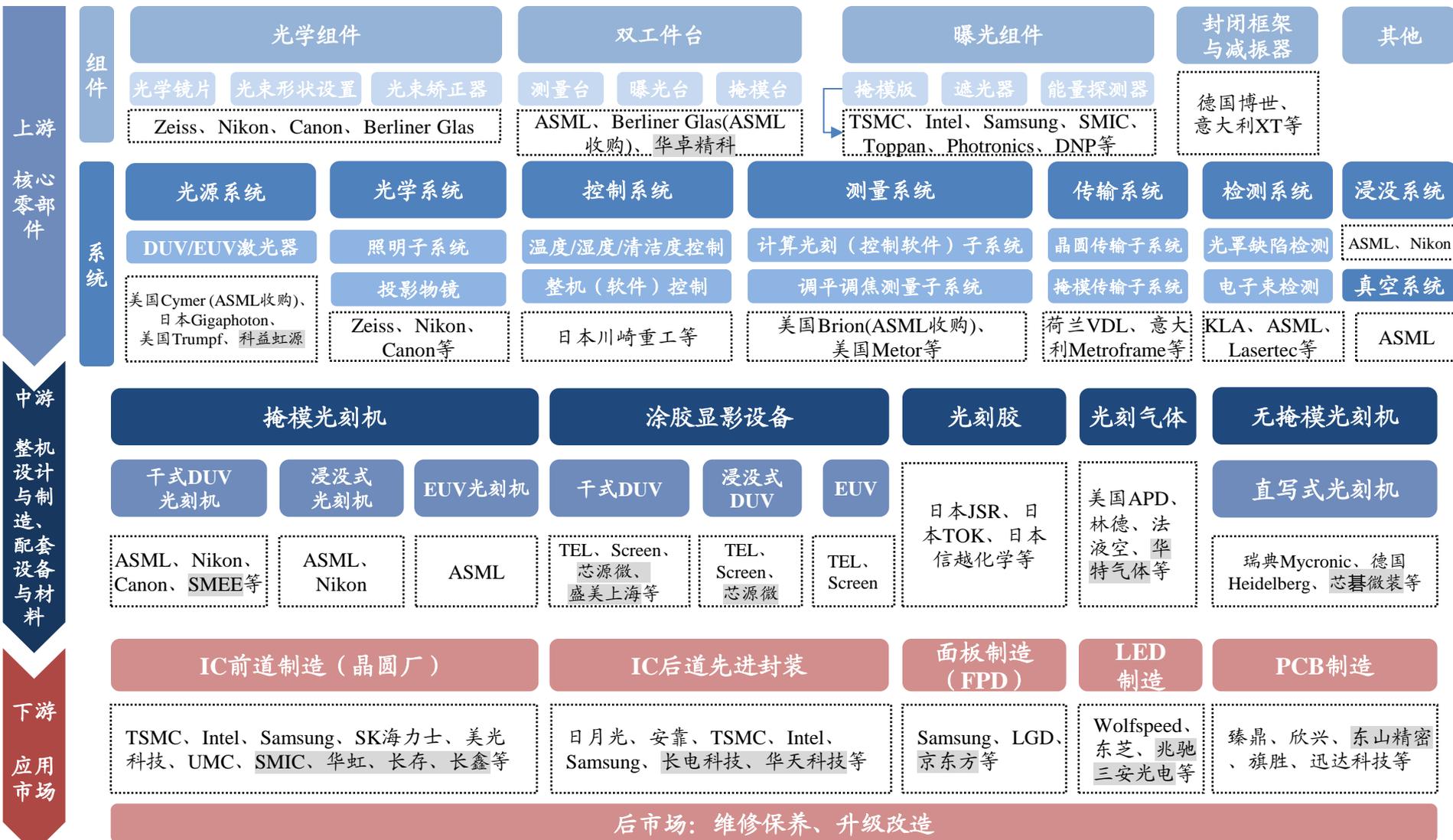
5 ASML核心壁垒：技术、生态、资金三重壁垒筑高墙

6 国产光刻机：前路漫漫亦灿灿，吾将上下而求索

7 风险提示

# 3.1 光刻机产业链覆盖众多上游组件&系统和中游配套设备&材料

◆ 图：光刻机产业链梳理

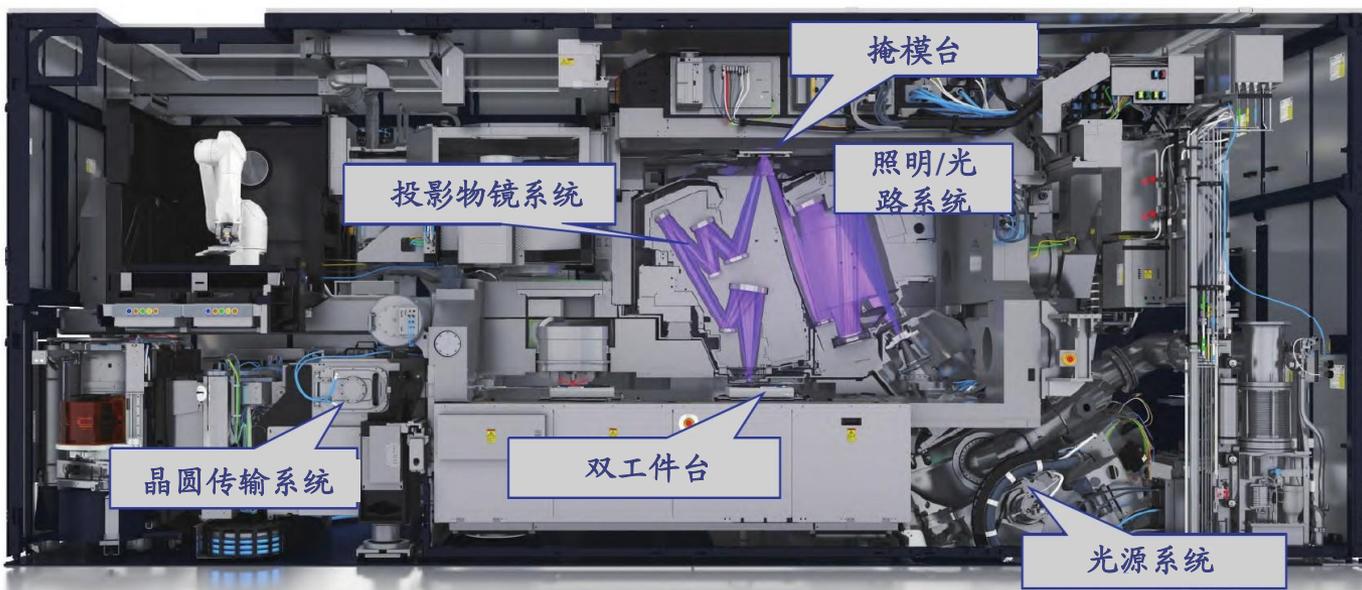


注：灰色打底字体表示中国大陆厂商。

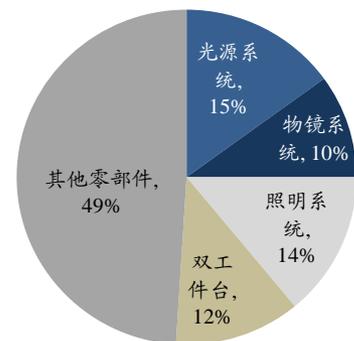
## 3.2 光源系统、光学系统、双工件台为光刻机的三大核心部件

- 光刻机的主要组成系统包括：光源系统、光学系统（包括照明系统和投影物镜）、掩模台、掩模传输系统、工件台、晶圆传输系统、对准系统、调平调焦系统、环境控制系统、整机框架和减振系统、整机控制系统和整机软件等，其中光源、光学系统、双工件台为光刻机的三大核心部件，价值量占比约为15%、24%、12%。

◆ 图：ASML总体结构及主要组成系统（以EUV光刻机为例）



◆ 图：ASML光刻机各主要组成系统价值量占比



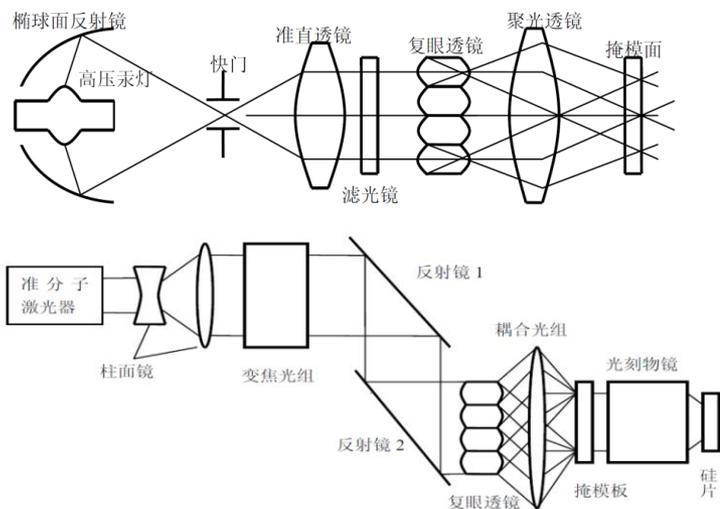
◆ 表：光刻机各主要组成系统的功能

子系统	功能	子系统	功能
光源系统	为光刻机提供满足光刻需求的特定波长、线宽以及功率的光束	双工件台	实现硅片、掩模相对于曝光光学系统的超精密运动和定位
照明系统	用于实现掩模面特定形状的均匀照明，控制照明光的空间相干性以及曝光剂量的控制	掩模台	承载包含芯片图案的掩模版
投影物镜系统	将掩模图形按照一定缩放比例成像到晶圆上，是实现精准成像的关键部件	晶圆传输系统	利用精密机械臂通过气闸将晶圆移入和移出工件台

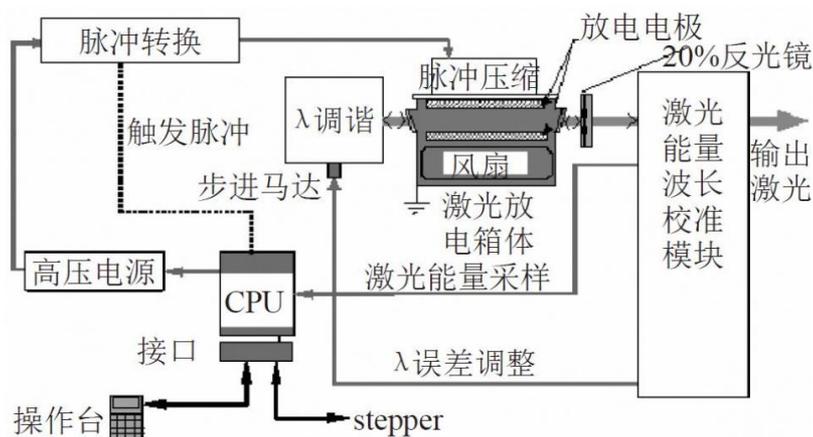
### 3.2.1 光刻机光源包括UV、DUV和EUV，其中EUV技术难度极高

- 曝光光源技术为光刻机提供满足光刻需求的特定波长、线宽以及功率的光束，主要包括UV汞灯光源（G-line、I-line）、DUV准分子激光光源（KrF、ArF、ArFi），以及EUV光源。
- **UV汞灯光源：**光刻机最早采用高压汞灯产生的紫外光源，隶属于气体放电光源，汞蒸气被能量激发，汞原子最外层电子受到激发从而跃迁，落回后放出光子，如光刻机使用的G-line（436nm）、I-line（365nm）等。
- **DUV准分子激光光源：**准分子激光光源工作介质一般为稀有气体及卤素气体，并充入惰性气体作为缓冲剂，工作气体受到放电激励，在激发态形成短暂存在的“准分子”，准分子受激辐射跃迁，形成紫外激光输出，应用于光刻机的光源有KrF（248 nm）和ArF（193 nm）。准分子激光光源的技术难点在于实现高重复频率、高功率和窄线宽，高重复频率、高功率能够提高产率，而窄线宽可以保证集成电路图案的精细度，减少色差对最终光刻效果的影响。

◆图：高压汞灯光源（上）和准分子激光器光源系统（下）结构图



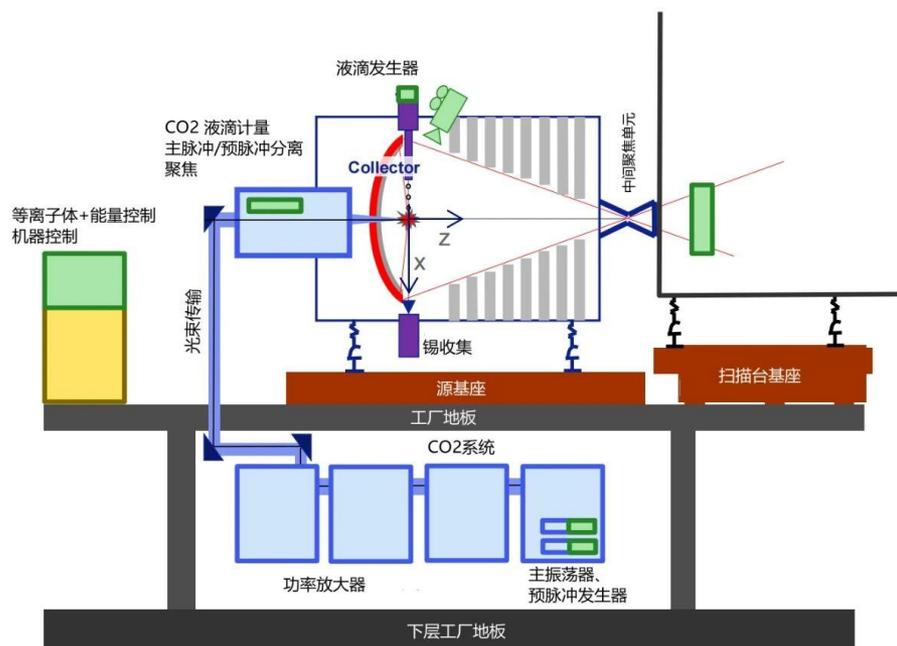
◆图：Cymer准分子激光光源器工作原理



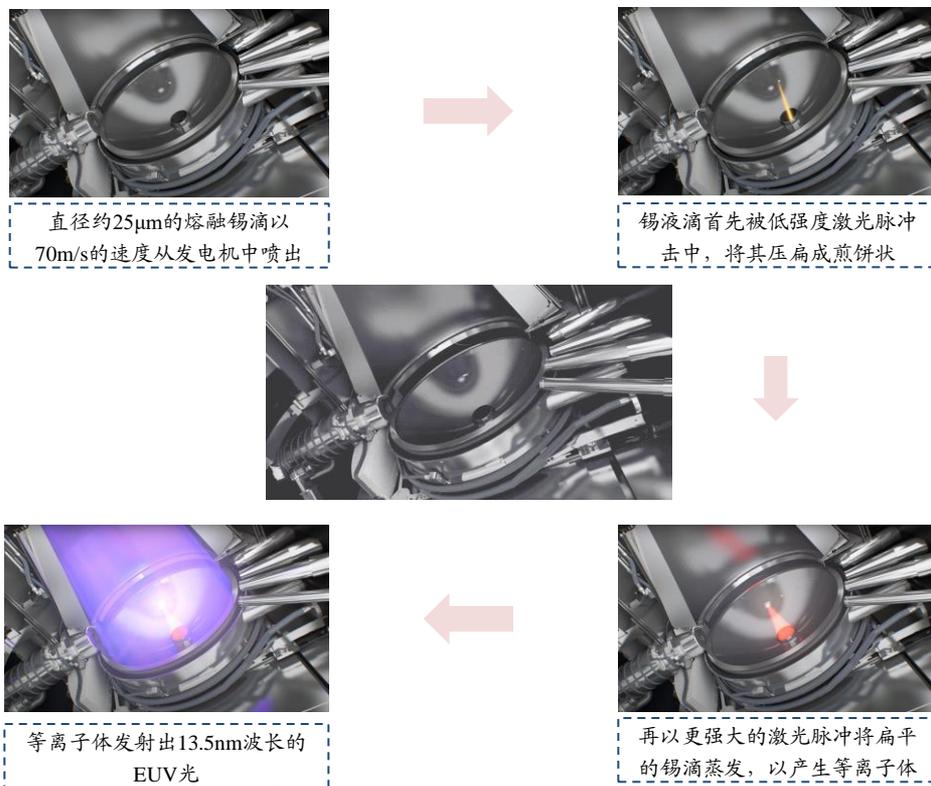
### 3.2.1 光刻机光源包括UV、DUV和EUV，其中EUV技术难度极高

- **EUV光刻机光源产生的原理：**当工艺节点达到5nm及以下，即使采用浸没式光刻技术配合SADP/SAQP工艺，仍难以满足需求，只能使用EUV光刻机。目前主流的EUV光源是激光激发的等离子体（laser produced plasma，LPP），即EUV光源是由液态锡滴产生的等离子体放射产生。采用锡材料的原因是锡在13.5nm波段附近有相对较强的EUV辐射谱线，且锡的熔点低，仅232°C。EUV光产生的过程大致为：将熔化的锡从高处以每秒5万次的频率滴下，每一滴锡25μm的大小，以CO<sub>2</sub>激光器产生的高能激光击中并产生等离子体，从而发出13.5nm波长的EUV光。

◆ 图：EUV光刻机光源系统工作原理



◆ 图：EUV光源产生的过程示意图



### 3.2.1 光刻机光源供应几乎由美国Cymer和日本Gigaphoton垄断

- 目前Cymer（2013年被ASML收购）和日本的Gigaphoton近乎垄断全球光刻机的光源供应，且仅有Cymer能够量产EUV光源，Gigaphoton也已进入EUV光源量产机型商业化的验证阶段。目前全球DUV准分子激光器市场由Cymer和Gigaphoton两家公司垄断，EUV光源则由Cymer独供ASML。Gigaphoton已设计出三款EUV光源产品，分别为Proto#1、Proto#12、Pilot#1，其中Pilot#1为HVM Ready机型，其CO<sub>2</sub>激光器功率为27kW，对应光源的EUV输出功率达到250W，Pilot#1可对标ASML的NXE:3400B光刻机光源。国内仅科益虹源可提供DUV准分子激光光源（KrF、ArF）。

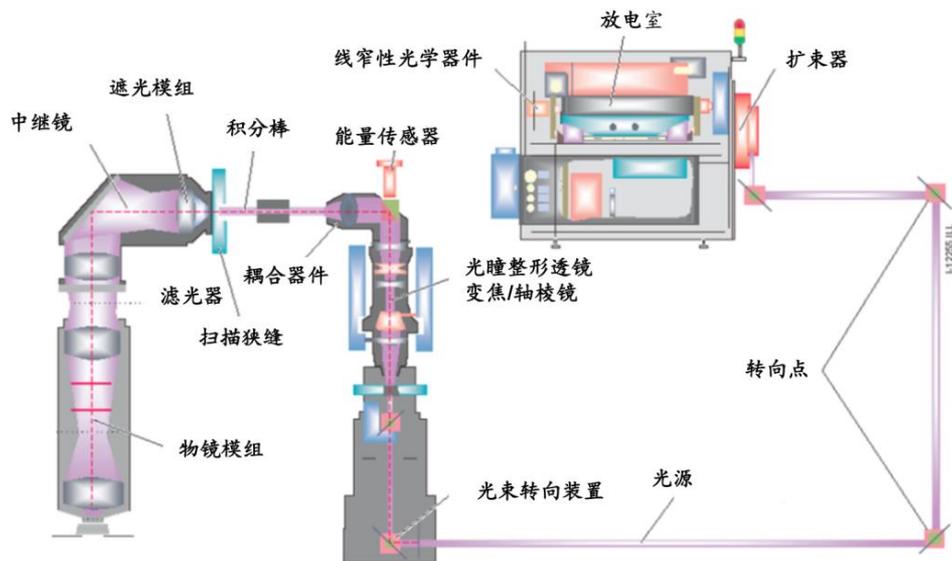
◆表：Gigaphoton公司EUV光源产品参数

		Proto#1	Proto#2	Pilot#1	应用于ASML NXE:3400B 光刻机的光源参数
		Proof of Concept	Key Technology	HVM Ready	
Target Performance	EUV power	25 W	> 100 W	250 W	250W
	CE	3%	4.0%	5.0%	6.0%
	Pulse Rate	100 kHz	100 kHz	100 kHz	
	Output Angle	Horizontal	62° upper	62° upper	
	Availability	~ 1 week	~ 1 week	> 75%	> 85%
Technology	Droplet Generator	20 ~ 25 μm	< 20 μm	< 20 μm	< 20 μm
	CO <sub>2</sub> Laser	5 kW	20 kW	27 kW	21.5 kW
	Pre-pulse Laser	Picosecond	picosecond	picosecond	
	Collector Mirror Lifetime	Test platform	10 days	> 3 months	

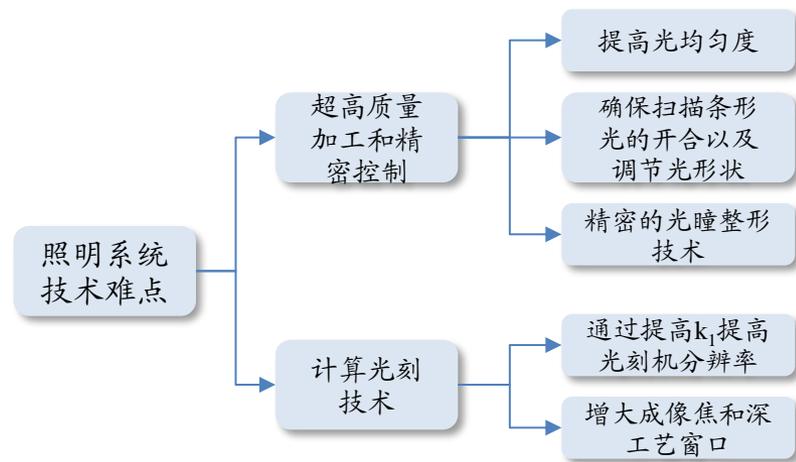
## 3.2.2 照明系统的难点在于超高质量加工、精密控制以及计算光刻

- 光学系统是光刻机最关键且最复杂的部件之一，包括照明系统和投影物镜两大核心组成部分。照明系统位于光源与投影物镜之间，它是一个复杂的非成像光学系统，用于实现掩模面特定形状的均匀照明，控制照明光的空间相干性以及曝光剂量的控制。
- 照明系统的技术难点在于超高质量的加工、精密控制以及计算光刻。照明系统涵盖光束处理、光瞳整形、能量探测、光场匀化、中继成像和偏振照明等单元，其技术难点主要包括提升光均匀度、确保扫描条形光的开合以及调节光形状、需要精密的光瞳整形技术以应对衍射效应，这些都要求超高质量的加工和精密的控制。此外，当集成电路中的最小线宽已经小于光源波长，曝光时相邻图形光线的干涉和衍射效应会导致图像畸变，使得晶圆上的图形和掩模上的图形差别较大，此时需要使用计算光刻技术来提高现有光刻机的分辨率、提高曝光成像的准确性、加大成像系统的焦深、增大工艺窗口，主要包括了亚分辨率辅助图形技术、光源-掩模交互优化技术以及逆向光刻技术等。目前，计算光刻技术如何提高图像质量一致性、算法效率等，仍然是光刻机领域的关键研究问题。

◆ 图：光刻机光学系统总体结构



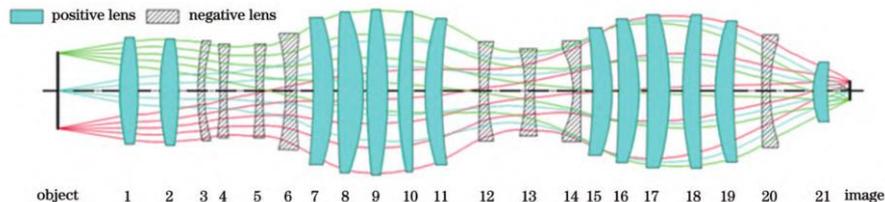
◆ 图：照明系统技术难点总结



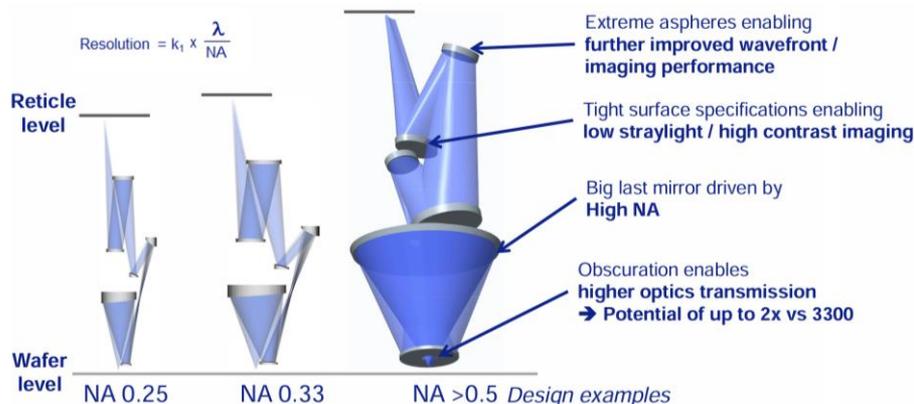
## 3.2.2 投影物镜技术难度极高，EUV投影物镜由蔡司一家垄断

- 投影物镜是光刻机中实现精准成像的关键部件，它的主要作用是将掩模图形按照一定缩放比例成像到硅片上。投影物镜的构造十分复杂，通常由多枚镜片组成，如ASML的DUV光刻机镜头由29片镜片组成。从结构上看，光刻机投影物镜经历了从“双腰”到“单腰”、引入非球面镜片与反射式镜片的发展历程。
- 投影物镜的主要技术难点包括高要求的像差调节和工艺精密度，例如ASML的高端光刻机（ArFi/EUV）像差与畸变已经降低到1nm以下水平。此外，镜片的光洁度也需达到极高标准，光学元件口径450mm要求面形精度为50pm，需要顶级的技术工人和超精密的抛光工序。
- 对于EUV光刻机，由于极紫外光会被所有材料吸收（包括空气和水），因此投影物镜系统只能在真空环境中采用全反射式结构。为了避免不平整表面导致EUV光漫反射，出现波像差以及反射率降低的问题，德国蔡司生产的EUV光刻机反射镜达到了原子级别的平坦度，在1.2m的反射镜直径大小下，多镜反射光学制造面形精度需求峰谷值不超过120pm、表面粗糙度不超过20pm（若将EUV光刻机镜片放大到地球大小，它的表面粗糙度也仅仅0.2mm），展示了光刻机光学系统制造的极致技术水平。
- 国外光刻投影物镜的光学、结构设计专利主要集中于ASML、蔡司、Nikon和Canon，其中蔡司是全球唯一可提供EUV投影物镜的厂商；国内相关研究则集中在SMEE、长春国科精密光学技术有限公司、北京国望光学科技有限公司、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所等。

◆ 图：DUV光刻机投影物镜示意图（折射式）



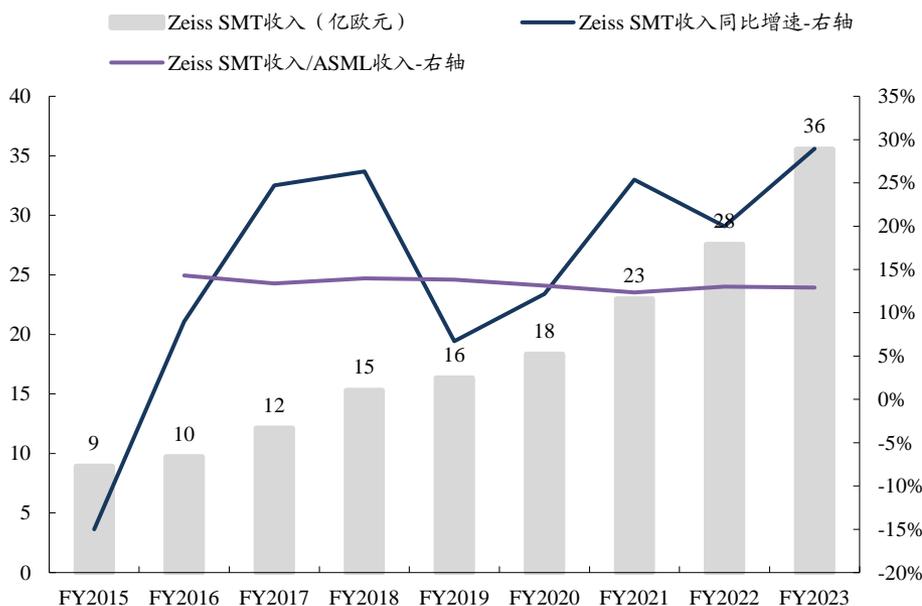
◆ 图：EUV光刻机投影物镜示意图



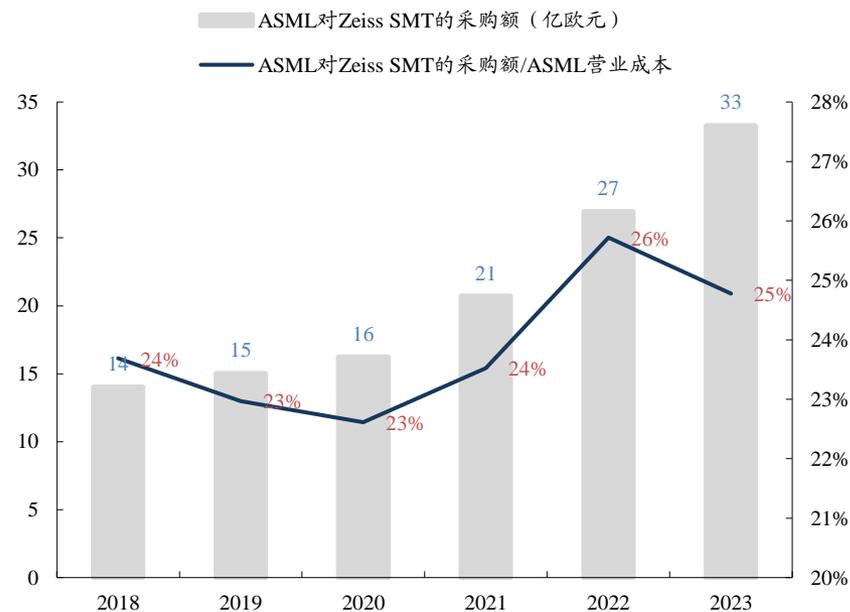
## 3.2.2 Zeiss SMT是ASML光学部件的唯一且独家供应商

- 蔡司的半导体业务与ASML联系紧密，子公司Zeiss SMT是ASML光学部件的独家供应商，且ASML于2017年收购了Zeiss SMT 24.9%的股份并持有至今。Zeiss SMT是ASML投影物镜（包括透镜和反射镜）、照明系统和其他关键光学元件的唯一且独家供应商。2018年以来，ASML对Zeiss SMT的采购支出占比约在24%左右，表明光学系统在光刻机中的价值量占比约24%。

◆ 图：Zeiss SMT收入基本跟随ASML收入增长（FY2023对应自然年2022/10/1至2023/9/30）



◆ 图：ASML对Zeiss SMT的采购支出占比保持在24%左右，反映光学系统的价值量



### 3.2.2 Zeiss SMT 投影物镜技术不断进步，产能快速扩张

- Zeiss SMT 光刻机物镜的产品参数不断进步，为 ASML 光刻机的持续迭代保驾护航。投影物镜的数值孔径 NA 是光刻机的重要参数之一，Zeiss SMT 的光刻机投影物镜的 NA 从投影光刻技术推出的时间为起点逐步提升，直至达到 DUV 光刻机投影物镜 NA 的物理极限 1.35。在 EUV 时代，由于光刻机光源波长达到 13.5nm 的瓶颈，提升 EUV 投影物镜的 NA 便成为光刻机厂商提升分辨率的重要方式。目前 ASML 的 EUV 光刻机已从 0.33NA 提升至 0.55NA，公司正协同 Zeiss 突破下一代 0.75 Hyper-NA EUV。
- 作为 ASML 光刻机光学系统的独家供应商，Zeiss SMT 也是全球唯一可提供 EUV 光学系统的厂商，其产能很大程度上决定了 ASML 光刻机特别是 EUV 光刻机的产能。在 FY2021 以来 Zeiss SMT 资本开支快速增长带动下，光学系统和光刻机的产能均得以快速扩张。

◆ 图：Zeiss SMT DUV 光刻机投影物镜产品矩阵

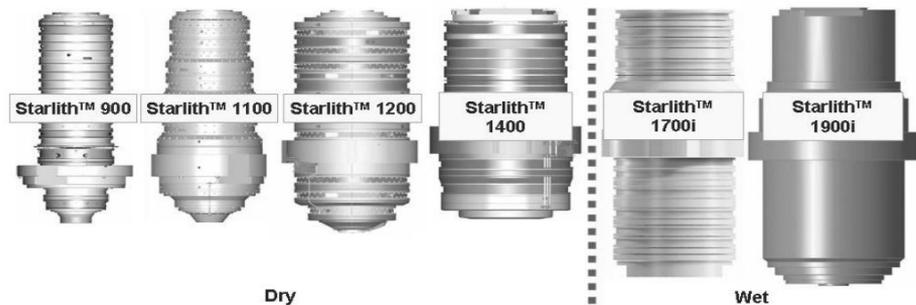
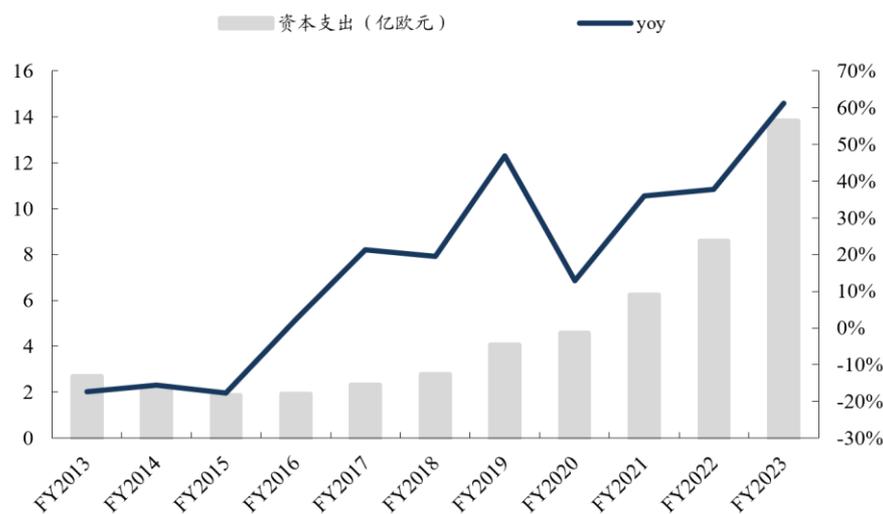


Figure 16. 193nm lens evolution at Carl Zeiss

Table 4. Parameters of Zeiss Lens

Model	900	1100	1200	1400	1700	1900
Node, CD <sub>min</sub>	130	100	80	65	50	45
NA	.63	.75	.85	.93	1.20	1.35
k <sub>1</sub> Factor	.42	.39	.35	.31	.31	.31
N	4.9 x 10 <sup>10</sup>	8.3 x 10 <sup>10</sup>	1.3 x 10 <sup>11</sup>	2.0 x 10 <sup>11</sup>	3.3 x 10 <sup>11</sup>	4.1 x 10 <sup>11</sup>

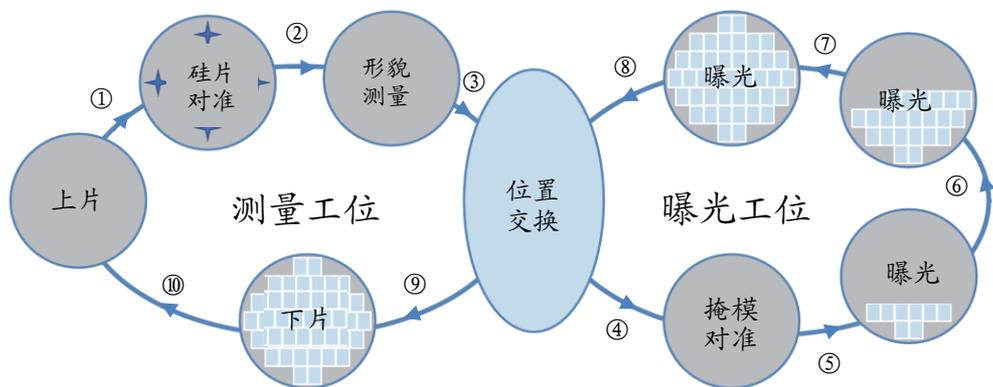
◆ 图：FY2021 以来 Zeiss SMT 资本开支快速增长，光学系统产能快速扩张



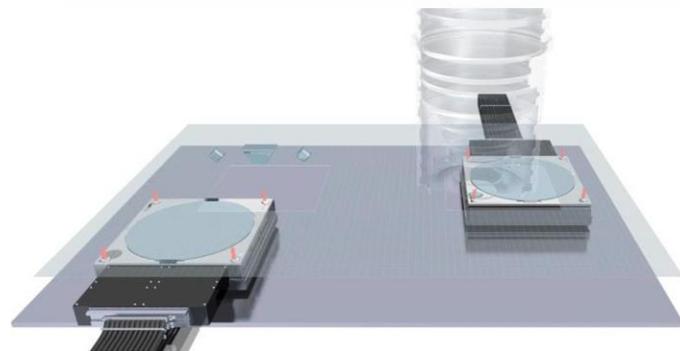
### 3.2.3 双工件台可大幅提升光刻机产率的同时实现更高精度

- 光刻机三大核心指标中，分辨率主要由光源和光学系统决定，而套刻精度和生产效率则与工件台密切相关。当光学系统投影物镜数值孔径和精度均接近极限、光源波长未能继续突破、光刻机分辨率指标近乎“凝固”的很长一段时间里，光刻机工件台效率和精度的不断提升成为了近20年来驱动光刻机发展的引擎。早期光刻机中的工件台为单工件台，在完成一次硅片曝光之后，需要将曝光后的硅片取下，然后工件台回到起点重新装载新的硅片，但单工件台难以满足对更快的速度和制程微缩下对更高定位精度的要求。
- 2001年，ASML推出TWINSCAN系列双工件台系统，在大幅提升光刻机产率的同时实现更高精度。双工件台的工作原理是：一个平台上的晶圆进行曝光时，另一个平台上装载另一片晶圆进行对准、调平、调焦、测量，当晶圆曝光完毕后，两个工件台交换位置，进行新一片晶圆的曝光，通过这种两个独立工作的工件台来提高生产效率和精度。与单工件台相比，双工件台测量与曝光同时进行，使得光刻机可实现更高产率。此外，由于硅片曝光时间一般大于测量时间，因此相比于单工件台，双工件台光刻机可以采用更多的对准标记进行对准，并且能够进行硅片形貌的测量，能实现更高精度的对准和调焦调平，这有益于制造更小特征尺寸的芯片。

◆ 图：TWINSCAN双工件台工作流程



◆ 图：TWINSCAN双工件台简易图





1 ASML：全球最大IC光刻机&半导体设备制造商

2 光源&数值孔径&工艺因子三轮驱动，共促光刻技术迭代

3 光源系统&光学系统&双工件台为光刻机三大核心部件

4 光刻机市场：一超双强格局稳定，晶圆扩产拉动需求增长

5 ASML核心壁垒：技术、生态、资金三重壁垒筑高墙

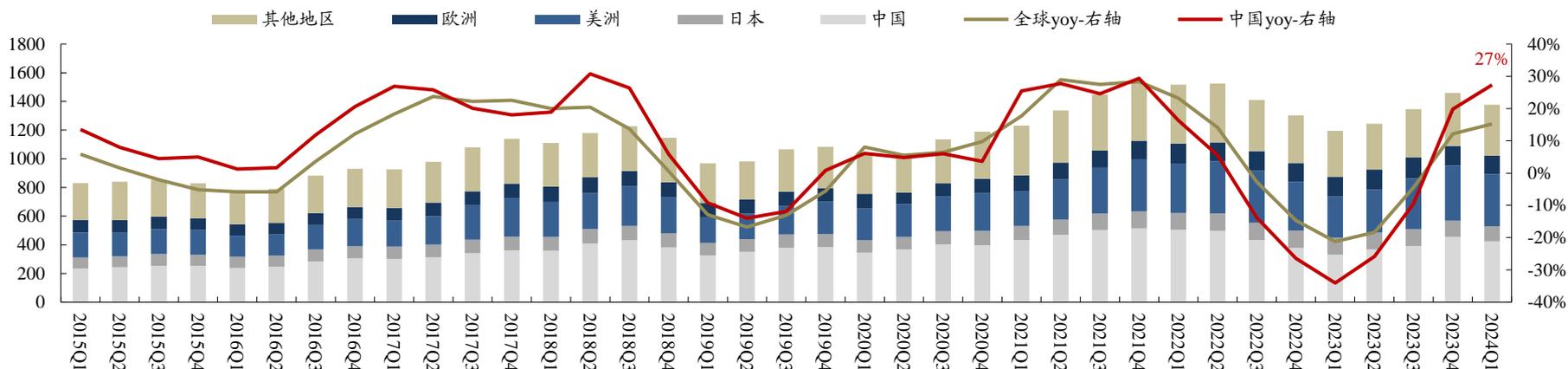
6 国产光刻机：前路漫漫亦灿灿，吾将上下而求索

7 风险提示

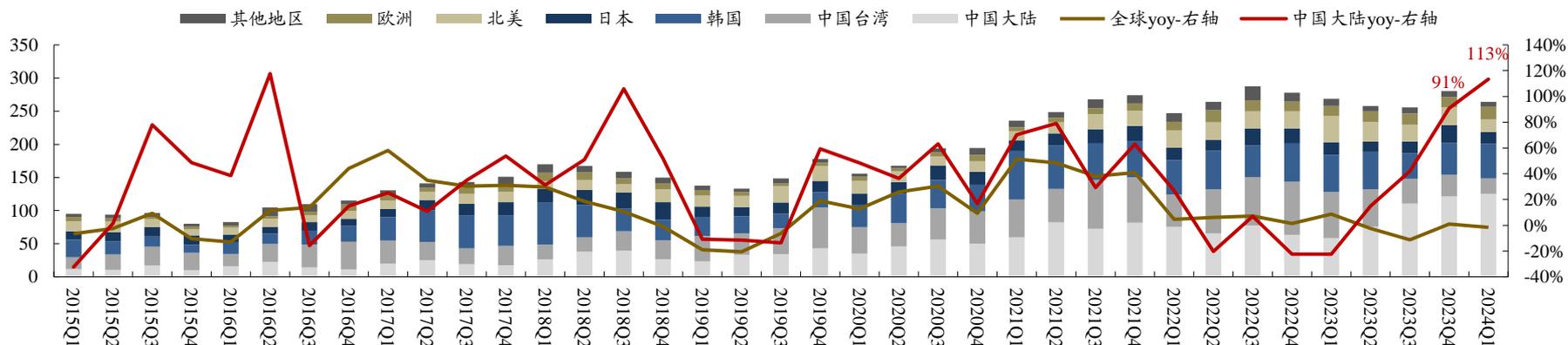
## 4.1 全球半导体行业复苏趋势确立，中国大陆半导体设备市场保持高景气 东吴证券 SOOCHOW SECURITIES

- 乘半导体行业需求复苏与国产替代之风，中国大陆半导体设备景气度持续高涨。2023年11月起，全球半导体销售额已连续9个月同比增长，其中2024年1-7月，全球/中国半导体销售额为3373/1025亿美元，同比+17%/25%。叠加国产替代趋势，2024Q1中国大陆半导体设备销售额为125亿美元，同比+113%，景气度持续高涨。

◆图：全球半导体销售额及同比增速（亿美元）



◆图：全球半导体设备销售额及同比增速（亿美元）



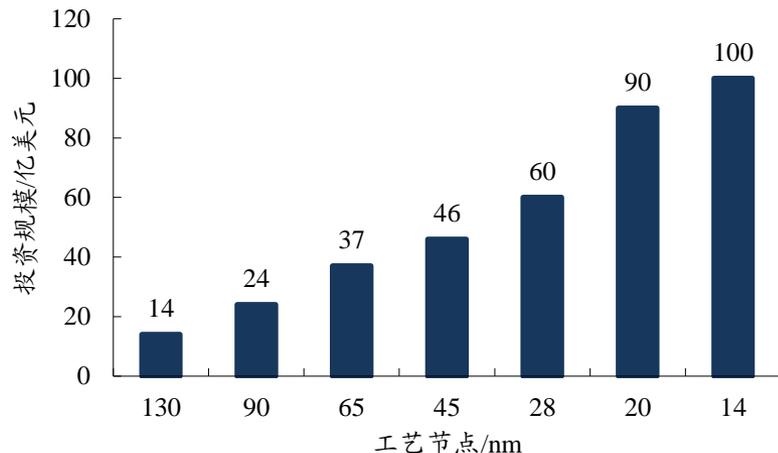
## 4.1 每万片月产能的12英寸晶圆产线需要8台左右的光刻机

- 月产1万片300mm（12英寸）晶圆厂需要8台左右的光刻机，实际生产线根据工艺节点和芯片类型略有不同。从国内具有代表性、月产1万片的3类生产线所需的设备配置数量可以看出，工艺节点越先进，所需的设备数量越多，12英寸晶圆产线多种设备需求是8英寸产线的两倍以上。
- 工艺节点不断微缩，生产线投资成本越高。12英寸生产线起始节点是90nm，8英寸生产线节点是350~90nm。按3万片/月的产能，130nm节点8英寸晶圆产线投资约为14亿美元，90nm节点生产线投资约为24亿美元，而14nm节点投资需要100亿美元，投资成本大幅增长。

◆表：3类晶圆产线1万片月产能所需的设备配置数量

设备种类	200mm线、180nm/台	成熟的300mm线、90nm/台	先进的300mm线、16或14nm/台
氧化炉/高温退火设备	13	22	42
CVD	10	42	31
涂胶机	5	7	5
光刻机	5	8	8
刻蚀设备	11	25	60
离子注入机	4	13	9
PVD	5	24	25
化学机械抛光	4	12	18
湿法清洗	4	17	20
量测及检测设备	24	50	60

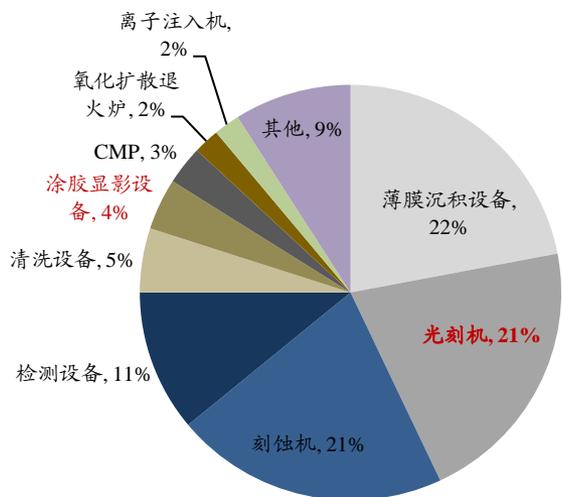
◆图：各工艺节点晶圆产线投资成本（3万片/月产能）



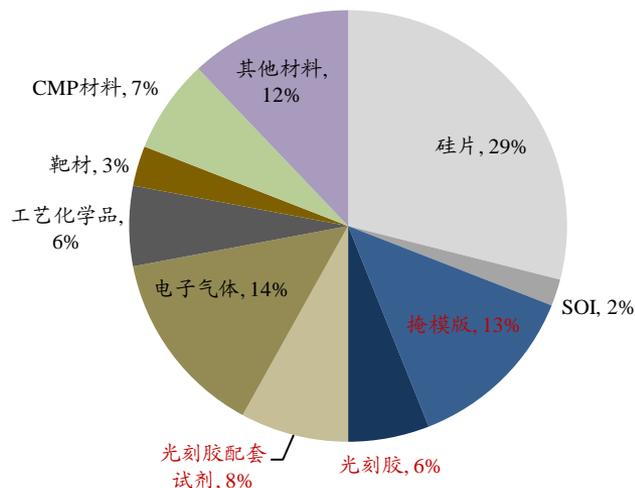
## 4.1 光刻机是芯片制造中的核心高价值量设备

- 光刻机是芯片制造中的核心高价值量设备，光刻工艺对芯片生产至关重要。根据SEMI，光刻机在全球半导体设备中的价值量占比约21%，再加上配套的涂胶显影设备和光刻工艺需要用到的掩模版、光刻胶等耗材，整体光刻工艺的费用约占芯片生产成本的1/3左右，耗费时间约占40%~50%。

◆ 图：光刻机与配套的涂胶显影设备在全球半导体设备中的合计价值量占比达25%



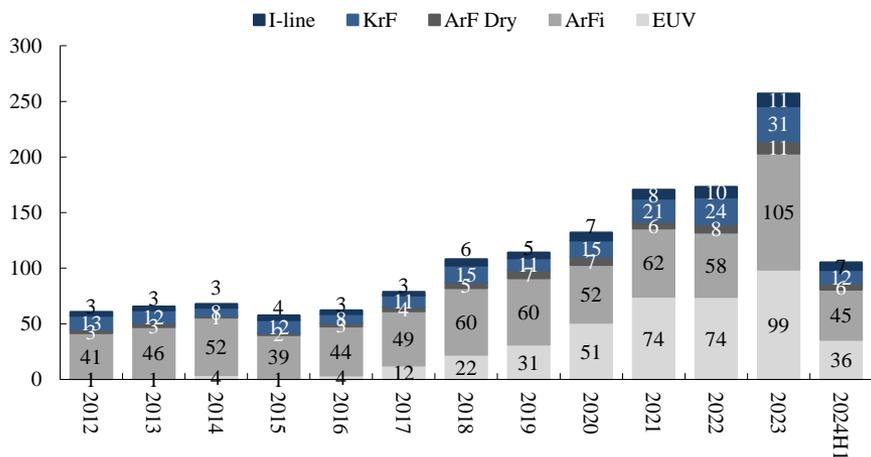
◆ 图：光刻工艺相关耗材占半导体晶圆制造材料的总价值量占比达27%



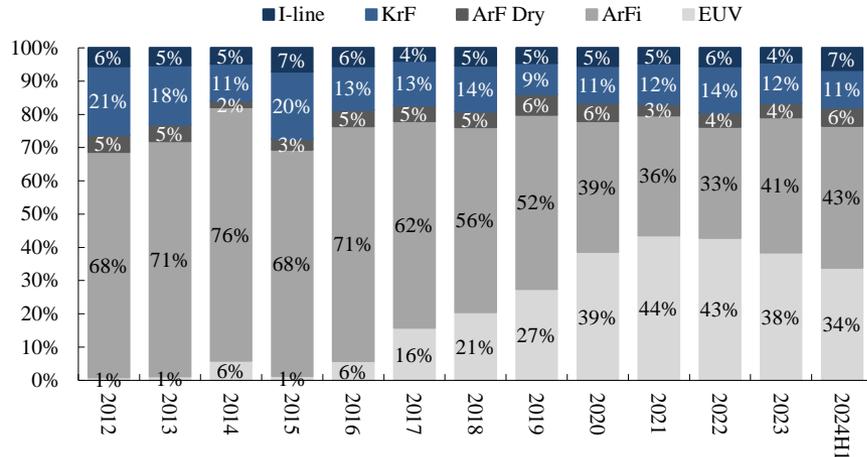
## 4.2 2023年全球IC光刻机市场规模接近260亿美元

- **2023年全球IC光刻机出货量达678台，市场规模约257亿美元。**过去十余年，ASML、Nikon、Canon三家IC光刻机合计出货量和销售额主要跟随全球半导体行业周期波动。按照ASML的各类IC光刻机ASP估算，2023年全球IC光刻机市场规模约257亿美元，同比+48%，主要由ASML的ArFi光刻机大量出货带动。分类型来看，2023年I-line、KrF、ArF、ArFi、EUV光刻机的市场规模分别为11、31、11、105、99亿美元，占比为4%、12%、4%、41%、38%。

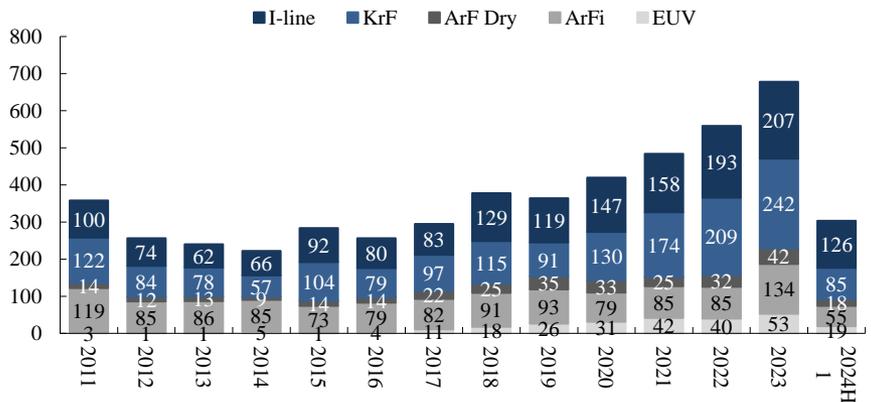
◆ 图：全球各类型IC光刻机市场规模（亿美元）



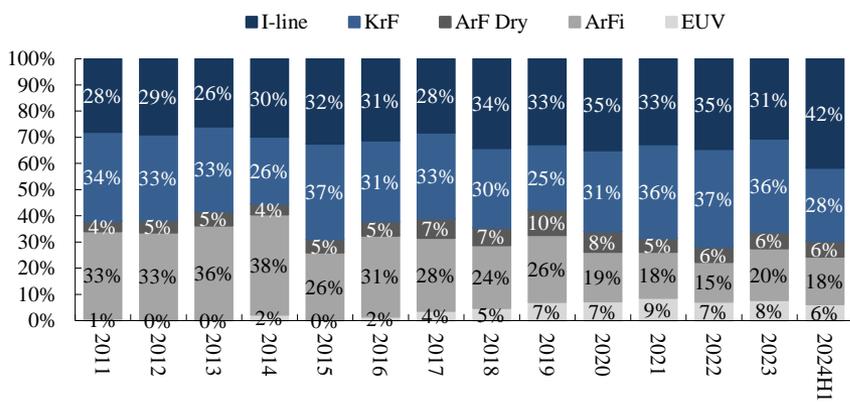
◆ 图：全球各类型IC光刻机市场规模（占比）



◆ 图：全球各类型IC光刻机出货量（台）



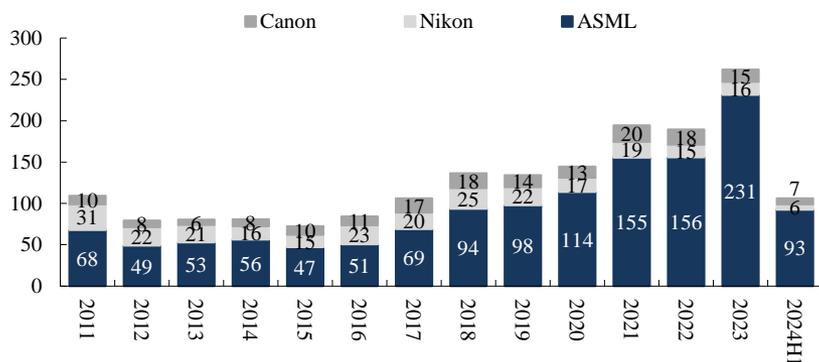
◆ 图：全球各类型IC光刻机出货量（占比）



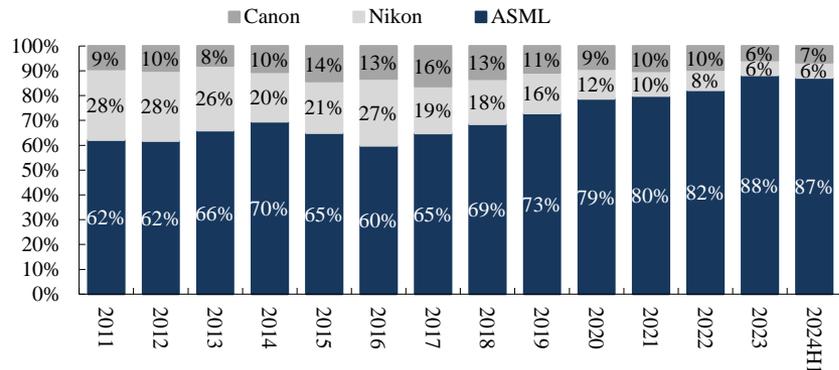
## 4.2 全球IC光刻机市场呈现“一超双强”的竞争格局

- 全球IC光刻机市场呈现“一超双强”的竞争格局，ASML处于绝对领先地位。目前全球从事光刻机制造的公司主要包括ASML、Nikon、Canon、SMEE、Veeco和Suss公司，其中ASML、Nikon和Canon三家公司2022年占据了98%的光刻机市场（含FPD光刻机），ASML在IC光刻机市场处于绝对优势地位。按品类看，ASML的IC光刻机品类齐全，Nikon可提供EUV以外的光刻机，而Canon仅能提供低端的I-line和KrF。按销售额看，2023年ASML、Nikon、Canon的光刻机收入合计为262亿美元（含Nikon和Canon的FPD光刻机），三家公司在全球光刻机市场中的份额分别为88%、6%、6%；按出货量看，2023年ASML、Nikon、Canon的IC光刻机出货量合计为678台（不含FPD光刻机），三家公司在全球IC光刻机市场中的份额分别为66%、6%、28%。

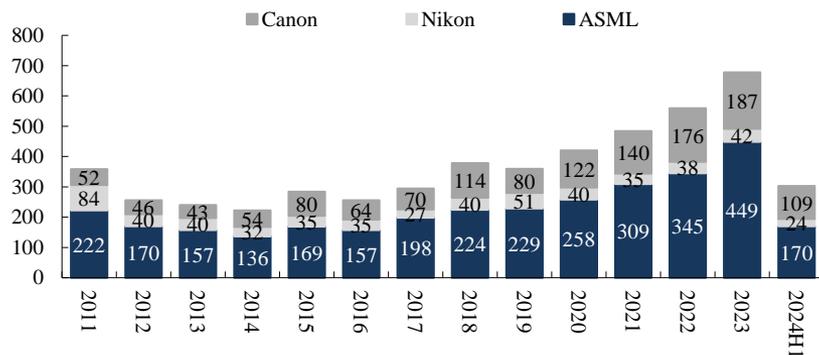
◆ 图：ASML、Nikon、Canon光刻机营收(亿美元)



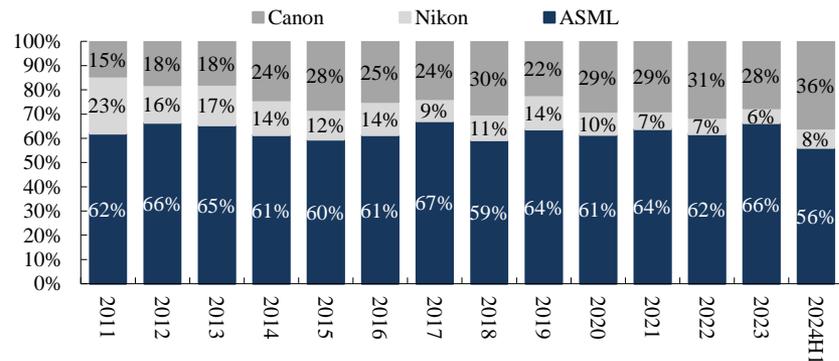
◆ 图：ASML、Nikon、Canon光刻机市场份额(按营收)



◆ 图：ASML、Nikon、Canon IC光刻机出货量(台)



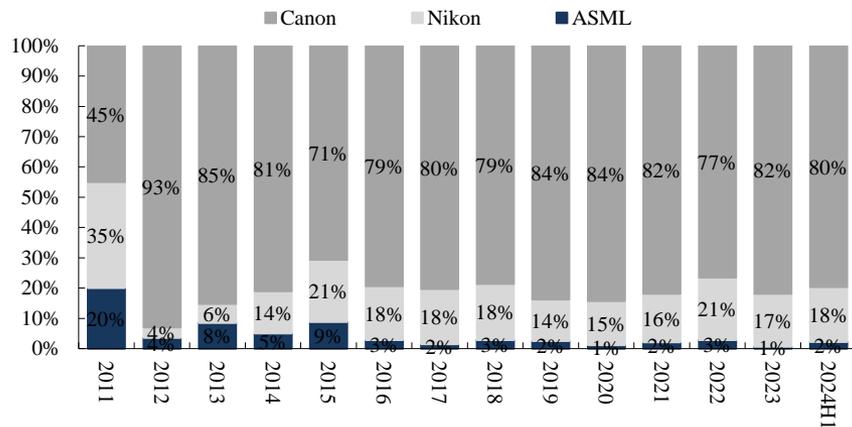
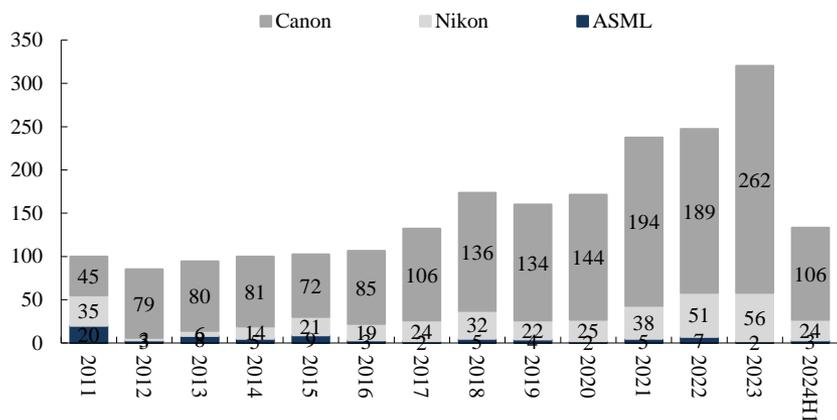
◆ 图：ASML、Nikon、Canon IC光刻机市场份额(按出货量)



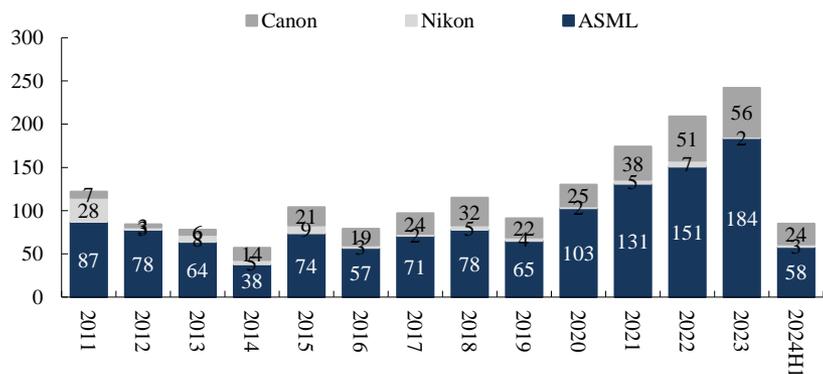
## 4.2 I-line和KrF光刻机市场分别由Canon和ASML主导

- **Canon和Nikon是I-line光刻机市场的两大寡头，2023年CR2约99%，其中Canon处于主导地位。**2023年全球I-line光刻机出货量达207台，在IC光刻机中的占比为31%，其中Canon长期垄断I-line光刻机市场，2023年市占率高达82%，Nikon、ASML的市占率分别为17%、1%。
- **ASML和Canon是KrF光刻机市场的两大寡头，2023年CR2约99%，其中ASML处于主导地位。**2023年全球KrF光刻机出货量达242台，在IC光刻机中的占比为36%，其中ASML在2023年的市占率高达76%，Canon、Nikon的市占率分别为23%、1%。

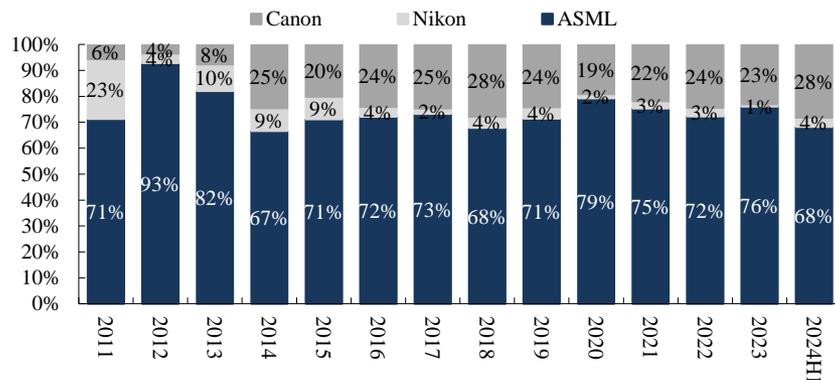
◆ **图：ASML、Nikon、Canon I-line光刻机出货量（台）**      ◆ **图：I-line光刻机市场份额（按出货量）**



◆ **图：ASML、Nikon、Canon KrF光刻机出货量（台）**



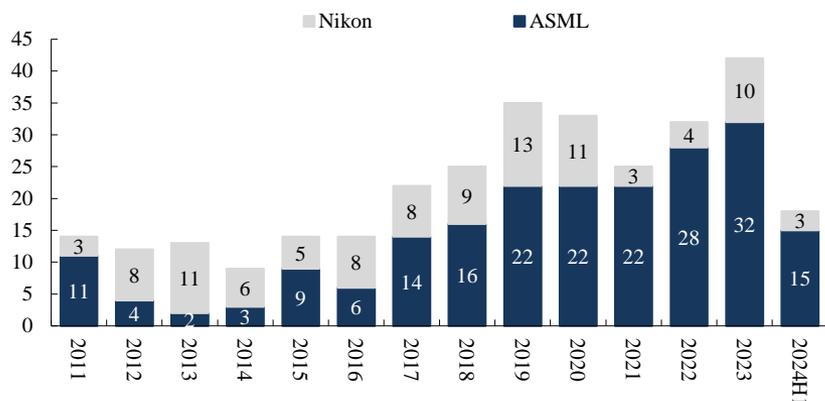
◆ **图：KrF光刻机市场份额（按出货量）**



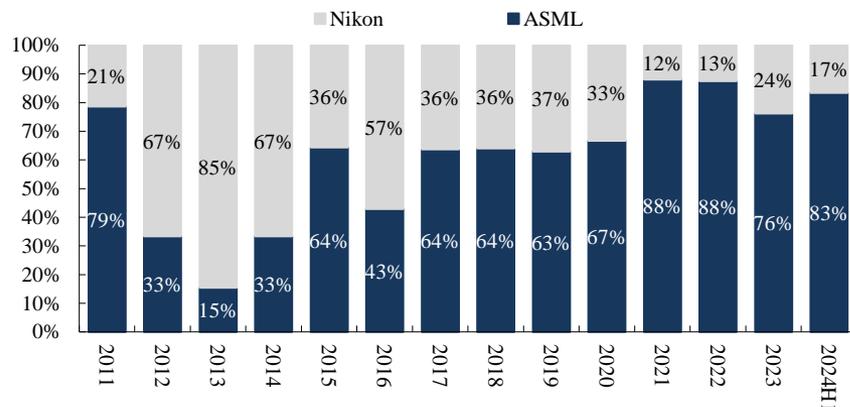
## 4.2 中高端的ArF、ArFi、EUV光刻机市场均由ASML垄断

- ASML和Nikon为ArF光刻机市场的两大寡头，2023年CR2接近100%，其中ASML现处于垄断地位。2023年全球ArF光刻机出货量达42台，在IC光刻机中的占比为6%，其中ASML在2023年的市占率高达76%，Nikon的市占率为24%。
- ASML和Nikon为ArFi光刻机市场的两大寡头，2023年CR2为100%，其中ASML现处于绝对垄断地位。2023年全球ArFi光刻机出货量达134台，在IC光刻机中的占比为20%，其中ASML的市占率长期保持在85%-95%区间，2023年的市占率高达93%，Nikon市占率仅为7%。

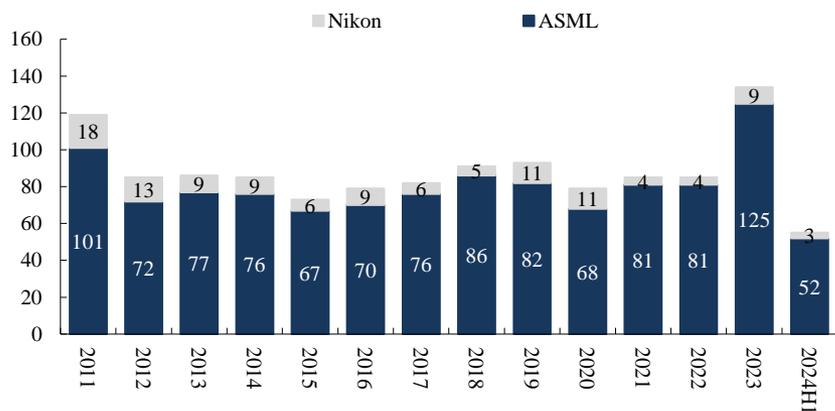
◆ 图：ASML、Nikon ArF光刻机出货量（台）



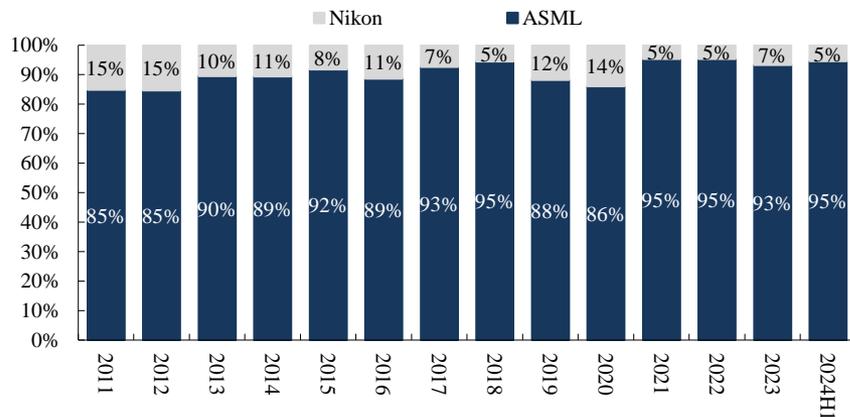
◆ 图：ArF光刻机市场份额（按出货量）



◆ 图：ASML、Nikon ArFi光刻机出货量（台）



◆ 图：ArFi光刻机市场份额（按出货量）

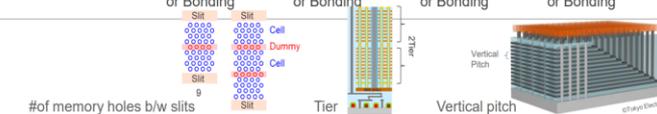


## 4.3 制程微缩将带动高端光刻机持续迭代和需求提升

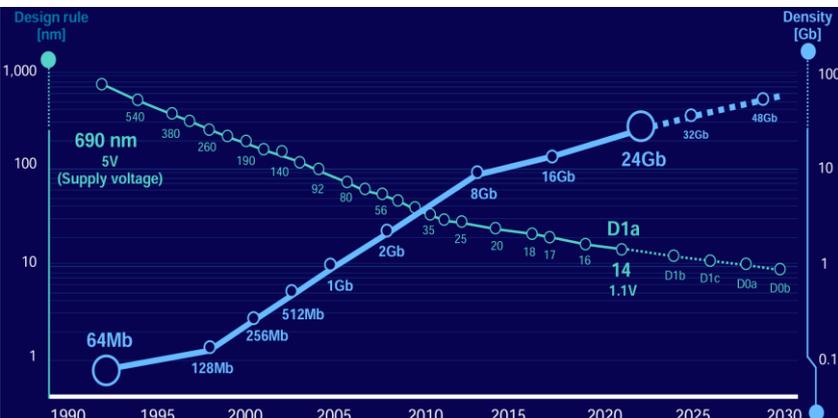
- 先进逻辑与存储制程不断微缩持续带动高端光刻机的需求。先进逻辑芯片方面，据IMEC预测，2026年全球商用先进制程将达1.4nm。架构上，目前台积电3nm先进制程采用FinFET架构，未来随着制程的进一步发展，有望向GAA和CFET架构演进。DRAM方面，三星预测DRAM芯片的位密度将由目前的24Gb提升至32Gb、48Gb及以上，推动制程向14nm以下发展。TEL预测3D NAND堆叠层数将从2023年的240层增长至2029年的500层以上，将持续推动NAND对高端生产工艺及设备的需求。

◆ 图：TEL对NAND技术迭代路线图的预测

Year of HVM (20k/month)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Stack (~1.6x/3years)	128L	16x~19xL (176)	22x~25xL (240)	28x~32xL (304)	35x~40xL (368)	41x~45xL (440)	5xxL (512)				
Tier	1 or 2	2	2	2	2 or 3	3	3 or 4				
Vertical pitch	50~55nm	45~55nm	40~50nm	35~45nm	35~45nm	35~45nm	35~40nm				
Memory height	7~8μm	8.5~10.5μm	10~12.5μm	11~14μm	13.5~17μm	16~20.5μm	18.5~21μm				
Channel		Poly Si grain CIP			incl. MILC Si						
WL metal	W	W	W	Mo	Mo	Mo	Mo				
#of memory holes b/w slits	9	9	9~24	14~24	19 or 24	19 or 24	19 or 24				
Peri. CMOS (In general)	Under array or Next array	Under array	Under array or Bonding								



◆ 图：Samsung对DRAM技术迭代路线图的预测



◆ 图：IMEC对逻辑芯片技术迭代路线图的预测

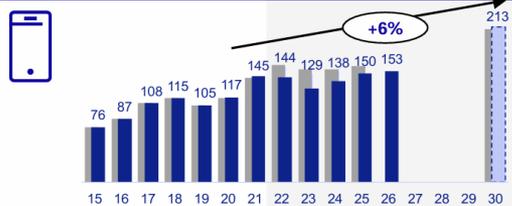


## 4.3 预计未来先进制程芯片需求将主要由智能手机和服务器驱动

- 未来先进制程芯片需求将主要由智能手机和服务器驱动，成熟制程由汽车电子和工业电子驱动。ASML预测2030年全球半导体终端市场规模将达1.1万亿美元，2020-2030年CAGR达9%，其中服务器/数据中心、汽车电子、工业电子市场的增速将贡献主要增长动能，ASML预计2020-2030年服务器/数据中心、汽车电子、工业电子市场的CAGR分别为13%/14%/12%。

◆ 图：ASML预计2020-2030年全球半导体市场规模的CAGR为9%，服务器/数据中心、汽车、工业领域为主要驱动

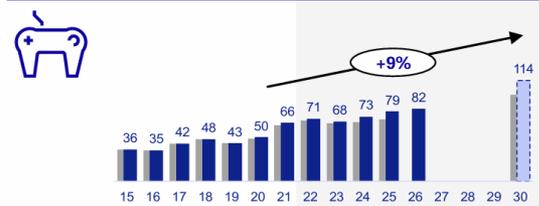
Smartphone (\$bn)



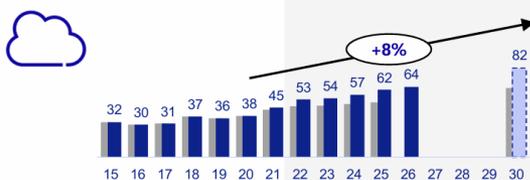
Personal Computing (\$bn)



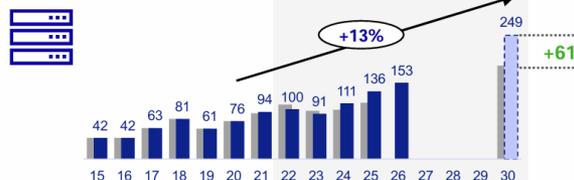
Consumer Electronics (\$bn)



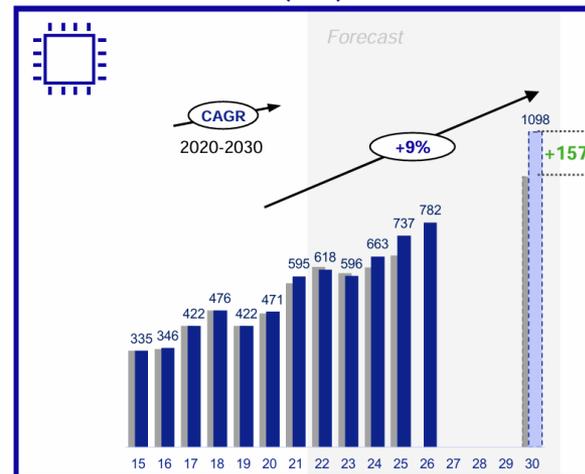
Wired & wireless Infrastructure (\$bn)



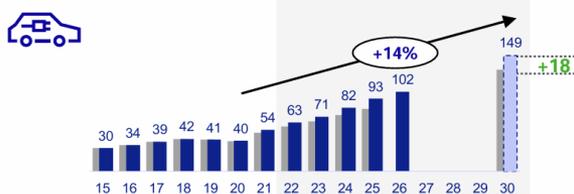
Servers, Datacenters & Storage (\$bn)



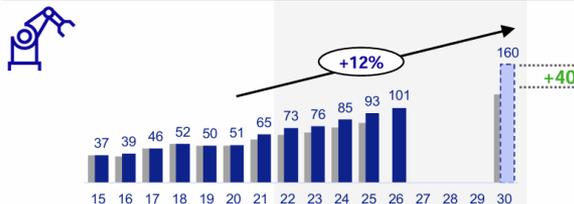
Total Semiconductor (\$bn)



Automotive (\$bn)



Industrial Electronics (\$bn)



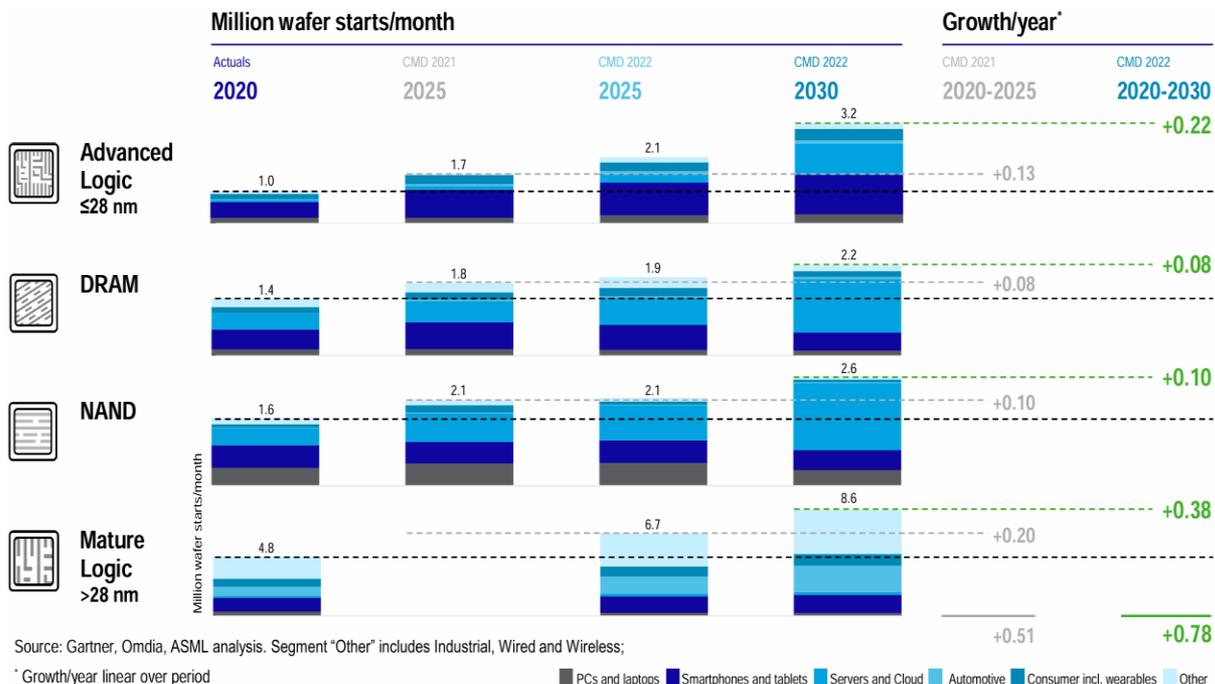
Source: Historical data: Gartner. Outlook: Gartner 3Q22 Forecast (Sep22, 2022) for years '22-'26; Outlook 2030: ASML estimate; segment revenue extrapolated using '20-'26 Compound Annual Growth Rate (CAGR). Some deviations from this methodology due to expected growth profile differences across the decade

■ CMD 2021 ■ CMD 2022 - extrapolation

### 4.3 ASML预计2020-2030年成熟制程和先进制程晶圆需求CAGR分别为6%和10%

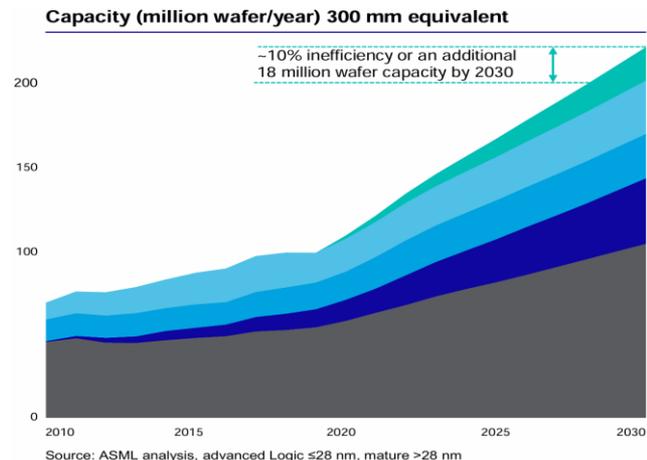
- 分应用领域看，IC光刻机下游产品可分为先进制程芯片（包括28nm及以下的先进逻辑、DRAM、NAND）与成熟制程芯片（包括成熟逻辑、模拟芯片、功率芯片、传感器芯片）。ASML预测2025年全球晶圆总需求为1280万片/月（等效12英寸），其中成熟制程芯片、先进逻辑、DRAM、NAND的晶圆需求占比分别为52%/16%/15%/16%；到2030年全球晶圆需求量将接近1660万片/月（约2亿片/年，等效12英寸），其中成熟制程芯片、先进逻辑、DRAM、NAND的晶圆需求占比分别为52%/19%/13%/16%，先进逻辑的增速最快。若考虑到由于国家间技术主权竞争对晶圆产生的额外需求，ASML预计2030年全球晶圆需求量将达1800万片/月（等效12英寸）。

◆图：ASML对全球晶圆需求量的预测（等效12英寸）



	kwspm/yr CMD 2021 2020-2025	kwspm/yr Growth 2020-2030	Percentage CAGR 2020-2030
NAND	+100	+100	4.9%
DRAM	+80	+80	4.7%
Advanced Logic	+125	+220	12.0%
Mature	+200	+380	6.0%
<b>Total</b>	<b>+505</b>	<b>+780</b>	<b>6.5%</b>
+ Technological Sovereignty & Competition		+150	
<b>Total capacity</b>	<b>+505</b>	<b>+930</b>	<b>7.4%</b>

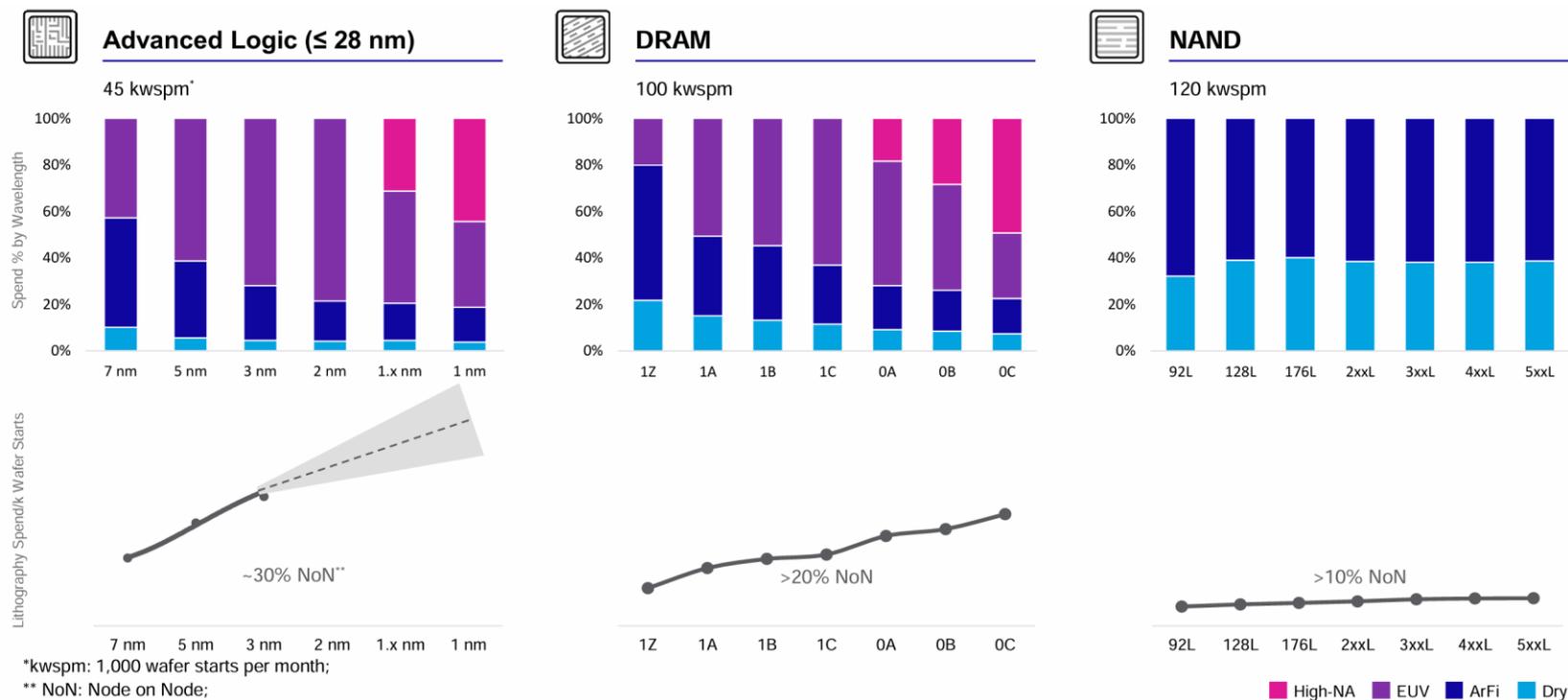
Legend: Mature (Grey), Logic (Dark Blue), DRAM (Light Blue), NAND (Cyan)



## 4.3 ASML预计EUV光刻机需求占比将随芯片制程微缩而持续提升 东吴证券 SOOCHOW SECURITIES

- 不同先进制程芯片对各类光刻机的需求存在较大差异，未来EUV光刻机市场占比将随制程微缩而持续扩张。
- 按照光源波长划分，7nm逻辑芯片产线需要约10%的Dry光刻机（包括ArF、KrF和I-line）、50%的ArFi光刻机以及40%的EUV光刻机。随着制程微缩，EUV的比例逐步提升，并在2nm以下制程开始引入High-NA EUV。
- 1Z（16-17nm）DRAM芯片产线需要约20%的Dry光刻机、60%的ArFi光刻机以及20%的EUV光刻机。随着位密度增加和制程微缩，EUV的占比同样提升，预计0A（9nm）及以下制程开始引入High-NA EUV。
- NAND芯片产线主要使用DUV光刻机，100层以上的NAND产线上Dry和ArFi的比例大致维持在4:6的水平。

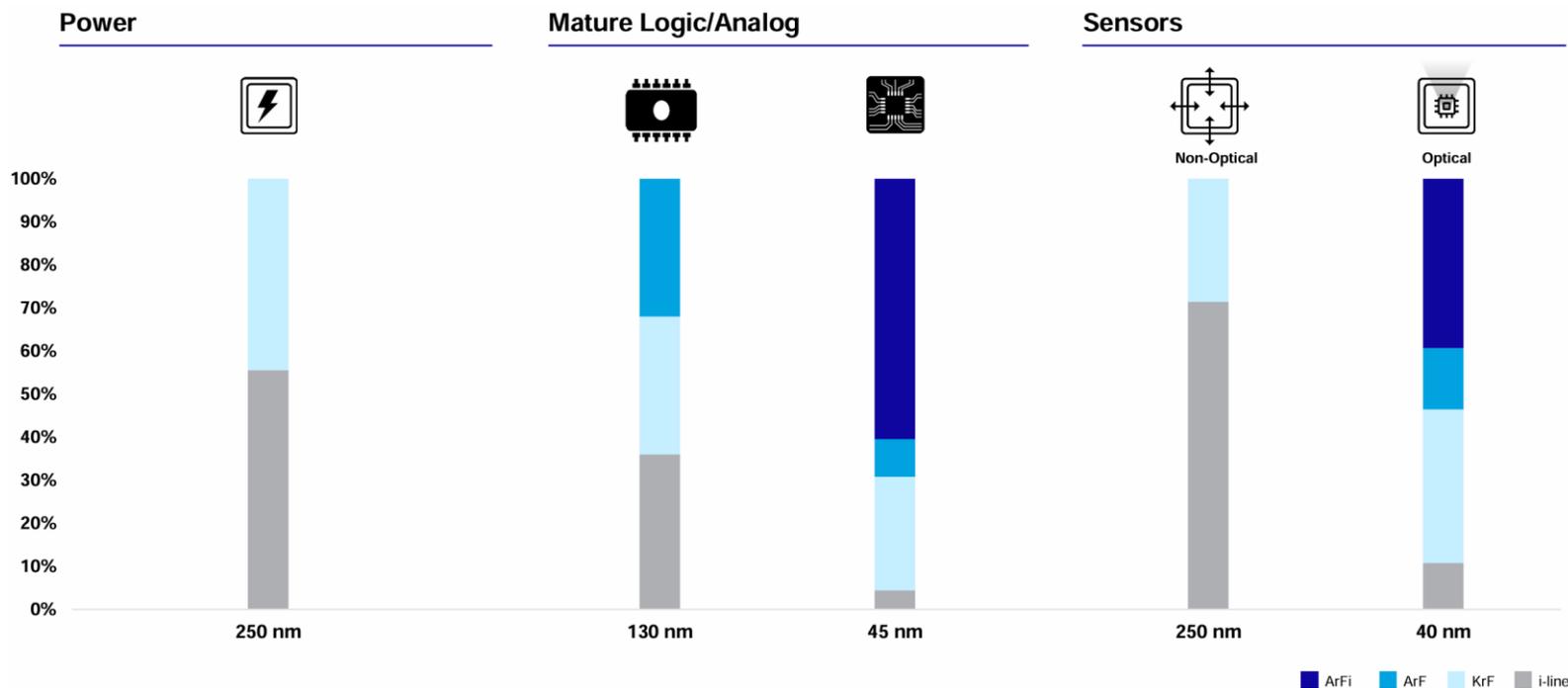
◆ 图：不同制程先进芯片对各类光刻机的需求结构与光刻成本



### 4.3 成熟制程中的逻辑和光学传感器芯片制造对ArFi光刻机有一定需求

- 在成熟制程，ArFi光刻机的需求主要来自于成熟逻辑和光学传感器芯片。根据ASML，45nm成熟逻辑芯片产线需要约30%的I-line光刻机、10%的KrF光刻机以及60%的ArFi光刻机；40nm光学传感器芯片需要约10%的I-line光刻机、35%的KrF光刻机、15%的ArF光刻机以及40%的ArFi光刻机。低端的I-line光刻机需求主要来自于功率芯片、模拟芯片以及非光学传感器芯片的前道工艺。此外，I-line还广泛应用于IC后道的先进封装。

◆ 图：不同类型成熟芯片对各类光刻机的需求结构



## 4.3 预计至少未来五年内ASML将保持在中高端光刻机市场的地位

- ASML预估自身将在2025年和2030年保持100%的EUV光刻机市场份额、90%的ArFi光刻机市场份额以及65%的Dry光刻机市场份额。根据前述对全球半导体终端市场和各类晶圆需求的预测，再建立在各类晶圆对各类光刻机的需求以及ASML的光刻机市场份额假设基础上，ASML得出对自身2025年、2030年各类光刻机出货量和收入在乐观/悲观情景下的预测。
- ASML在2022年制定的中期2025年和远期2030年业绩指引较2021年大幅上调。在2022年投资者日，ASML预估2025年光刻机的总销量将达325-575台，对应设备收入为230-320亿欧元（2023年设备投入为219亿欧元）；2030年光刻机的总销量增加至415-650台，对应设备收入为330-470亿欧元。该指引较2021年投资者日的指引有大幅上调，从结构上看，公司对2025年70-85台的EUV光刻机出货预测较2023年的53台有较大增长。

◆图：ASML对自身光刻机销量的预测框架



◆图：ASML对自身2025年、2030年各类光刻机出货量和收入的预测

Market

High

System units

	CMD 2021 Units ASML 2025	CMD 2022 Units ASML 2025	CMD 2022 Units ASML 2030
EUV High-NA 0.55	5	5	30
EUV Low-NA 0.33	70	80	80
ArFi (immersion)	78	105	115
Dry	189	385	425
<b>Total</b>	<b>342</b>	<b>575</b>	<b>650</b>

Total sales opportunity (in €bn)

	CMD 2021 Sales 2025	CMD 2022 Sales 2025	CMD 2022 Sales 2030
Systems (Litho and M&I)	23	32	47
Installed Base Management**	7	8	13
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>60</b>

Low

	CMD 2021 Units ASML 2025	CMD 2022 Units ASML 2025	CMD 2022 Units ASML 2030
EUV High-NA 0.55	5	5	15
EUV Low-NA 0.33	48	65	65
ArFi (immersion)	63	75	85
Dry	124	180	250
<b>Total</b>	<b>240</b>	<b>325</b>	<b>415</b>

	CMD 2021 Sales 2025	CMD 2022 Sales 2025	CMD 2022 Sales 2030
Systems (Litho and M&I)	18	23	33
Installed Base Management**	6	7	11
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>44</b>



1 ASML：全球最大IC光刻机&半导体设备制造商

2 光源&数值孔径&工艺因子三轮驱动，共促光刻技术迭代

3 光源系统&光学系统&双工件台为光刻机三大核心部件

4 光刻机市场：一超双强格局稳定，晶圆扩产拉动需求增长

5 ASML核心壁垒：技术、生态、资金三重壁垒筑高墙

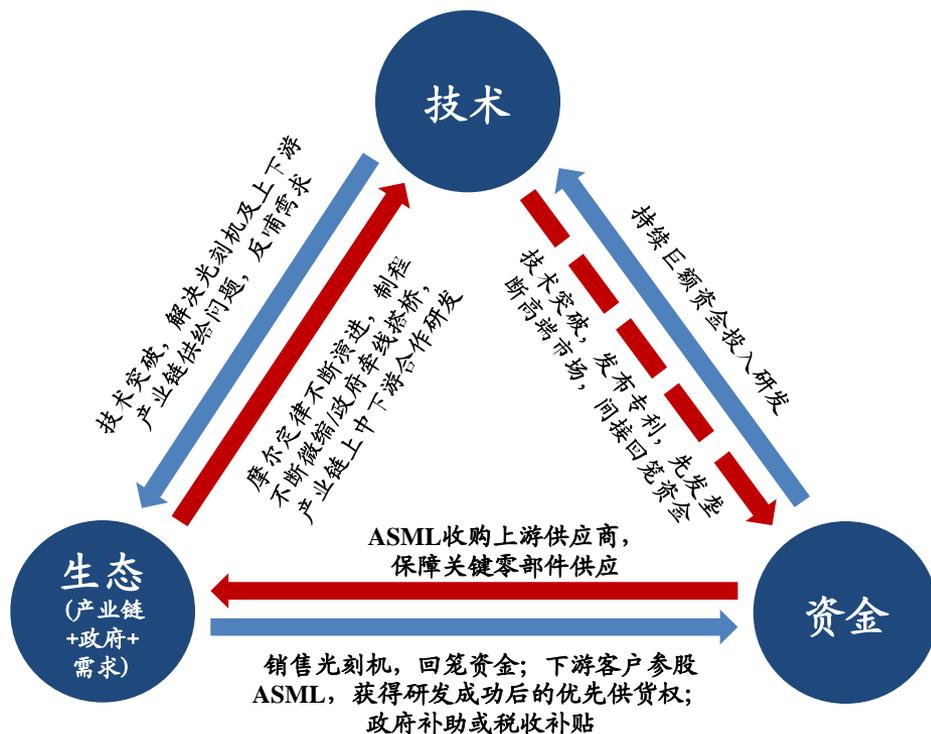
6 国产光刻机：前路漫漫亦灿灿，吾将上下而求索

7 风险提示

## 5.0 总起：“技术+生态+资金”三重壁垒筑高墙

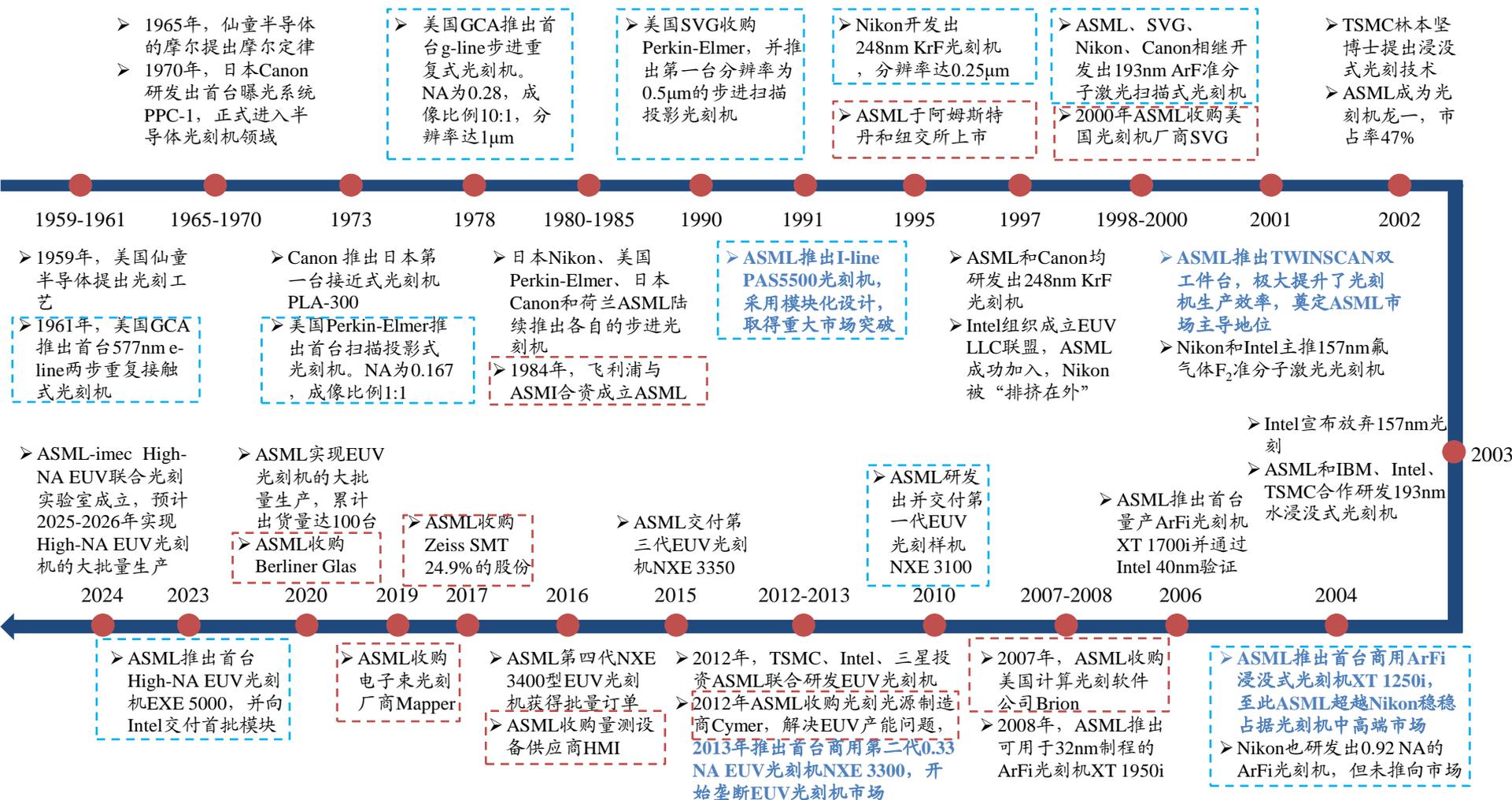
- ASML的核心壁垒可总结为“技术+生态+资金”，三者相辅相成、缺一不可。通过复盘光刻机行业和ASML的发展历程，我们发现，光刻巨人的成功之路离不开技术、生态、资金三大要素，而这三大要素也铸造了ASML未来持续垄断行业的高大护城河。
  - 技术层面**，光刻机围绕分辨率（瑞利准则下进一步分为光源波长、数值孔径、工艺因子）、单机产能、套刻精度这三项关键指标不断迭代，而ASML如今每一项指标都在引领行业，成为延续摩尔定律的先锋。
  - 生态层面**，光刻机制造的产业生态极为复杂，研发投入成本巨大，不仅需要遍布全球的上中下游产业链通力合作，还需要多方政府支持。ASML已掌控了光刻机的光源、光学系统、双工件台这三大最核心部件的供应，并与TSMC、Intel、Samsung三大头部晶圆厂客户深度合作，导致其他光刻机整机厂在先进制程望尘莫及。
  - 资金层面**，ASML早期获得了头部客户的股权投资，中后期又在自身大量盈利以及荷兰政府的补贴/减税支持下，持续巨额投入资金研发、收购供应商、大力扩张产能。

◆ 图：ASML的三大核心壁垒



# 5.1 技术层面：四次重大突破，ASML终成延续摩尔定律的先锋

◆图：光刻机发展史——“一代技术，一代设备，一代产品”，四大里程碑事件造就ASML光刻机难以撼动的地位



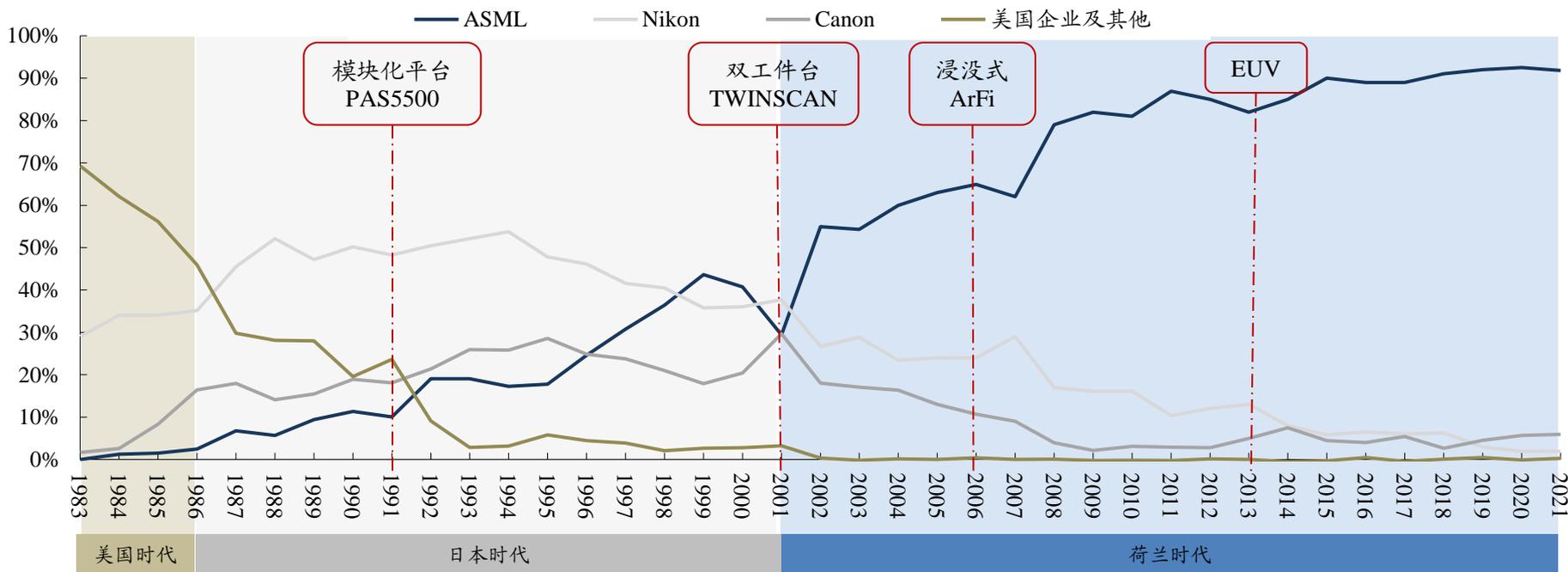
注：蓝框表示新一代光刻机技术的推出；红框表示ASML公司建制相关；蓝色字体表示ASML成功的关键节点。

数据来源：柳滨《半导体制造光刻机发展分析》（2023，电子工业专用设备），伍强等《现代光刻机的发展历程与未来展望》（2022，微纳电子与智能制造），胡楚雄等《集成电路装备光刻机发展前沿与未来挑战》（2024，中国科学：信息科学），与非网，ASML官网，半导体行业观察，东吴证券研究所

## 5.1 技术层面：四次重大突破，ASML终成延续摩尔定律的先鋒

- 推出PAS5500、双工件台、浸没式光刻机和EUV光刻机四大里程碑事件使得ASML在光刻机领域的地位逐渐不可撼动。1991年ASML推出PAS 5500光刻机，其采用模块化设计，使得客户可根据不同工艺自由选配不同部件包（兼容各种光源、晶圆尺寸、镜头和投影/步进模式），同时设备便于升级和维护，提高了光刻机在产线上的使用率；2001年，ASML推出双工件台技术，极大提高了光刻机的产能，奠定了ASML的市场主导地位；2006年在Nikon不看好浸没式光刻机技术情形下，ASML采纳了浸没式光刻路线，推出NXT平台的浸没式量产型产品，绕开当时157nm光源技术困扰，将光源波长等效缩短至134nm；2012年，TSMC、Intel、三星共同投资ASML联合研发EUV光刻机，2013年ASML收购光刻光源制造商Cymer，解决EUV产能问题并推出首台商用第二代0.33 NA EUV光刻机NXE 3300，由此垄断EUV光刻机及最先进制程市场。

◆ 图：ASML的光刻机市占率在每一个里程碑事件后都迈上新台阶



数据来源：柳滨《半导体制造光刻机发展分析》（2023，电子工业专用设备），东吴证券研究所

## 5.1 技术层面：如今ASML光刻机的技术指标全面领先其他厂商

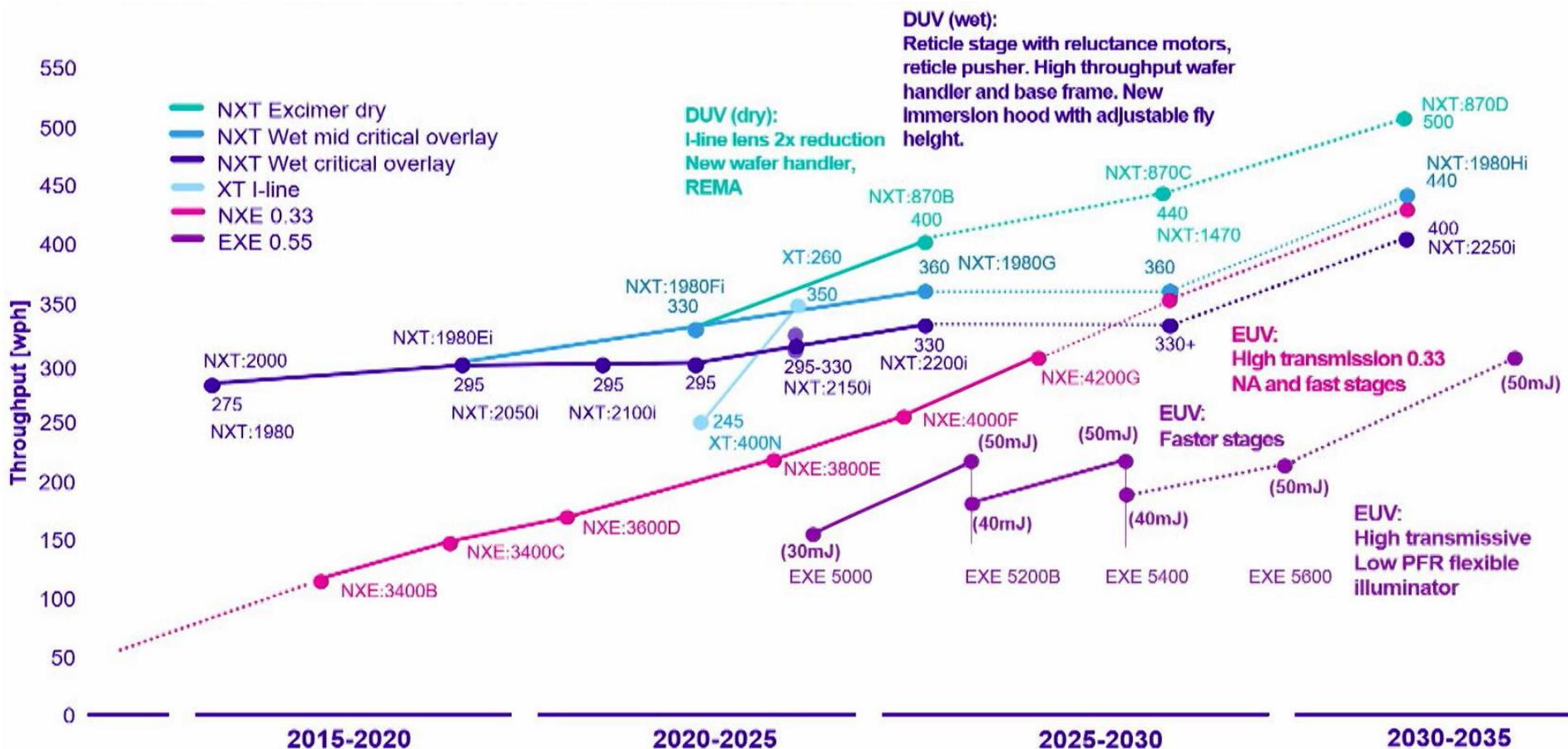
- 光刻机围绕分辨率（瑞利准则下进一步分为光源波长、数值孔径、工艺因子）、单机产能、套刻精度这三项关键指标不断迭代，其中工艺因子多取决于下游客户的工艺能力。经历了四次技术重大突破后，从目前各光刻机厂商的产品参数对比来看，ASML的光刻机每一项指标均处于行业领先地位，成为延续摩尔定律的先锋。
- （1）光源波长：ASML是全球唯一可提供EUV光刻机的厂商，并垄断EUV光学系统的供应。而Nikon可提供EUV以外的光刻机，而Canon仅能提供低端的I-line和KrF。
- （2）数值孔径：在DUV领域，仅ASML和Nikon光刻机的数值孔径NA达到1.35的物理极限，此外ASML正在EUV领域已从0.33NA提升至0.55NA，公司正协同蔡司突破下一代0.75 Hyper-NA EUV。
- （3）单机产能&套刻精度：对于同一光源类型的光刻机，ASML的光刻机产能和套刻精度均达到市场最高水平。且未来十年内ASML的光刻机产能将持续提升，目标2030-2035年各品类光刻机产能提升至目前的1.5-2倍。

◆ 图：ASML在各类光刻机的各项核心技术指标全面领先其他厂商

光刻机类型	供应商	代表产品型号	分辨率R	数值孔径NA	套刻精度MMO	单机产能
I-line光刻机	ASML	XT 400M	≤ 350nm	0.65	20nm	≥ 250wph
	Nikon	NSR SF155	≤ 280nm	0.62	25nm	≥ 200wph
	Canon	FPA 5550iZ2	≤ 350nm	0.57	20nm	\
	SMEE	SSB600/10	≤ 280nm	\	\	\
KrF光刻机	ASML	XT 1060K	≤ 80nm	0.93	5nm	≥ 205wph
	Nikon	NSR S220D	≤ 110nm	0.82	6nm	≥ 230wph
	Canon	FPA 6300ES6a	≤ 90nm	0.86	5nm	
	SMEE	SSC600/10	≤ 110nm	\	\	\
ArF光刻机	ASML	NXT 1470	≤ 65nm	0.93	4nm	≥ 300wph
	Nikon	NSR S322F	≤ 65nm	0.92	5nm	≥ 230wph
	SMEE	SSA600/20	≤ 90nm	0.75	\	\
ArFi光刻机	ASML	NXT 2100i	≤ 38nm	1.35	1.3nm	≥ 295wph
	Nikon	NSR S636E	≤ 38nm	1.35	2.1nm	≥ 275wph
EUV光刻机	ASML	NXE 3800E	≤ 13nm	0.33	0.9nm	≥ 220wph
High NA EUV光刻机	ASML	EXE 5000	≤ 8nm	0.55	1.1nm	≥ 185wph

## 5.1 技术层面：如今ASML光刻机的技术指标全面领先其他厂商

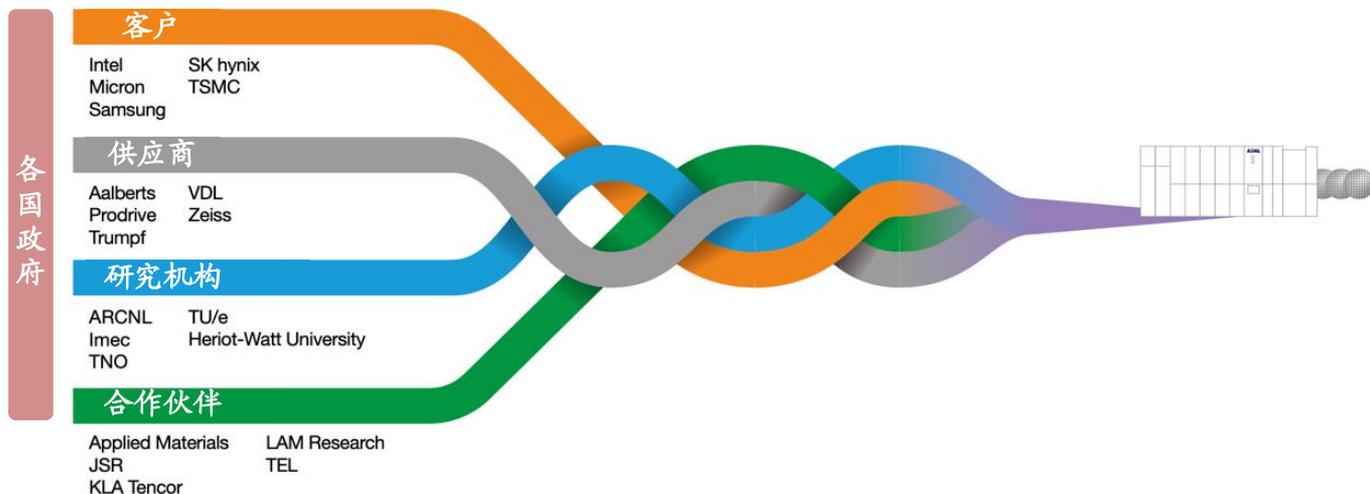
◆图：根据ASML最新的技术路线图，未来十年内光刻机产能将持续提升，目标2030-2035年各品类光刻机产能提升至目前的1.5-2倍



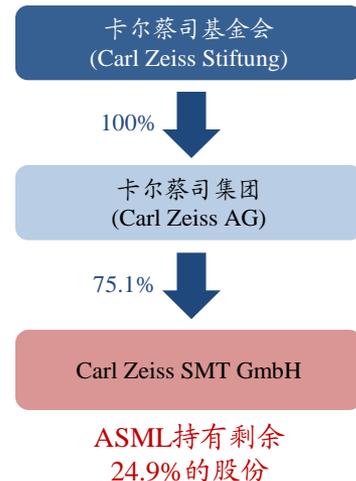
## 5.2 生态层面：ASML已构筑起完善而牢固的生态网络

- ASML秉持合作、开放、创新、进取四大理念，长期与多家供应商、客户及合作伙伴深度合作，已建立起完善而牢固的生态网络。光刻机制造的产业生态极为复杂，研发投入成本巨大，不仅需要遍布全球的上中下游产业链通力合作，还需要多方政府与顶尖研究机构的支持。历年来，ASML母公司只进行光刻机的研发和组装，通过对核心部件的供应商进行整合或并购构筑起坚实的上游供应壁垒，目前ASML基本垄断了光刻机的光源（全资收购Cymer，吸纳Gigaphoton也成为ASML的光源供应商）、光学系统（参股Zeiss SMT）、双工件台（ASML自制）这三大最核心部件的供应，并得到荷兰、美国等政府的大力支持，与TSMC、Intel、Samsung等头部晶圆厂&ARCNL、IMEC等知名研究机构及AMAT、LAM、TEL、JSR等半导体设备与材料巨头深度合作，在技术与资金层面协同攻关。上下游各厂商或研究机构之间形成收益共享、风险共担的同盟关系，导致其他光刻机厂商望尘莫及，新玩家进入的难度极大。
- 例如ASML与Zeiss之间的关系，双方早在ASML成立之初便开始合作，2017年ASML收购了Zeiss半导体事业部Zeiss SMT 24.9%的股份并持有至今。而Zeiss至今仍未上市，基金会的全额控股为Zeiss及其子公司提供了长期发展和股权结构的稳定性，从而间接保证了ASML与Zeiss合作关系的稳定性。

◆ 图：ASML已构筑起完善而牢固的生态网络



◆ 图：Carl Zeiss SMT的股权结构（2017年至今）



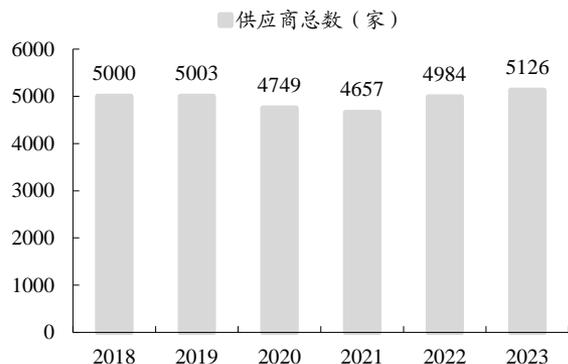
## 5.2 生态层面：ASML已构筑起完善而牢固的生态网络

● 截至2023年末，ASML拥有约5100家供应商，其中约800家供应商提供直接用于生产公司产品的材料、设备、零件等，占公司采购总额的69%，800家产品相关供应商中约280家是关键供应商，约占产品相关支出的94%。另有4300供应商提供产品运营、物流、IT等服务。从地域分布来看，ASML的供应商主要来自荷兰、亚洲和北美，在数量上分别占到供应商总数的32%、27%、26%。

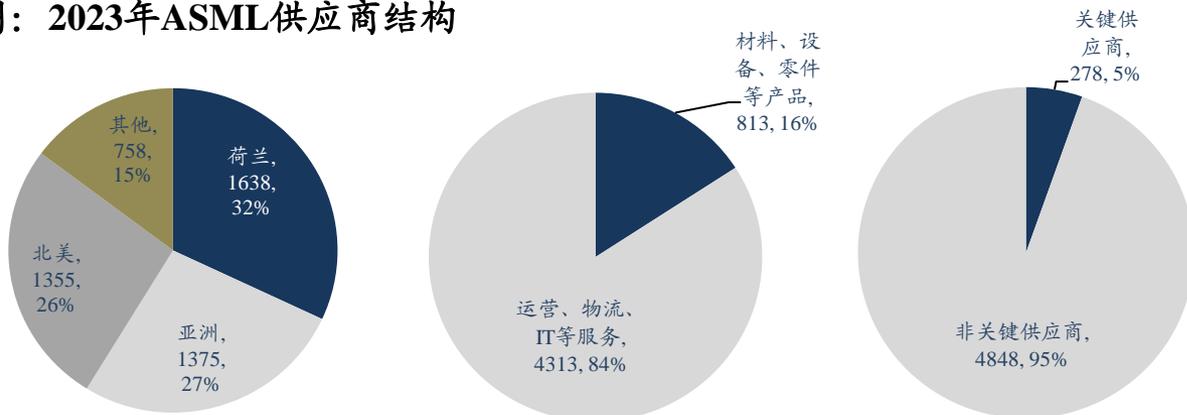
◆ 表：ASML关键零部件主要供应商

供应商	所属国家/地区	主要供应产品
Zeiss SMT (ASML参股24.9%)	德国	光学系统
Cymer (已被ASML收购)	美国	准分子激光器 (DUV光源)、EUV光源
Berliner Glas (已被ASML收购)	德国	晶圆台、反射镜等
SUSS	德国	掩模版设备
Trumpf	美国	产生EUV光的高功率CO <sub>2</sub> 激光器
Photronics	美国	掩模版
Sparton	美国	机电设备
Entegris	美国	EUV光罩盒 (污染控制)
MKS	美国	气体控制系统和组件
Gigaphoton	日本	准分子激光器 (DUV光源)、EUV光源
IMEC	比利时	光刻技术研究
Edwards Vacuum	英国	EUV光刻所需的真空泵和减排系统
Pfeiffer Vacuum	德国	真空泵/真空解决方案
VDL ETG	荷兰	高精度机械组件和模块
Nikon Precision	日本	对准和计量设备
汉微科HMI(已被ASML收购)	中国台湾	电子束检测设备
公准精密	中国台湾	模组模具
信邦电子	中国台湾	高阶线材等

◆ 图：ASML供应商数量



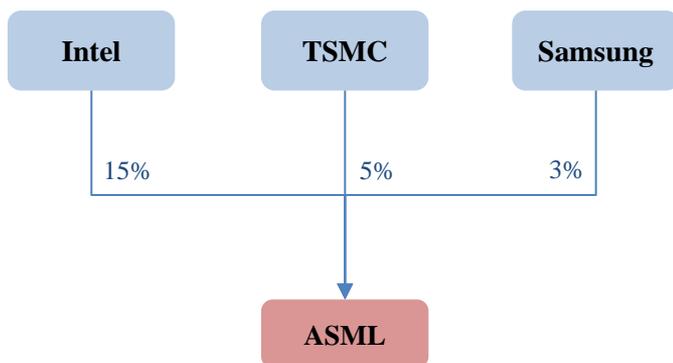
◆ 图：2023年ASML供应商结构



## 5.3 资金层面：研发持续高投入，整合供应链巩固壁垒

- **资金来源：**ASML在2012年之前资金相对匮乏，主要得益于飞利浦早期的注资+荷兰政府补贴+台积电等大客户支持。
  - （1）飞利浦：**ASML成立之初的研发资金主要来源于飞利浦的资金投入和荷兰政府的补贴。1992年，ASML亏损严重，飞利浦为其注资2100万美元。1995年，ASML成功上市，后在飞利浦注资+政府补贴+客户回款支持下逐步实现财务独立。
  - （2）荷兰政府：**荷兰与欧洲共同体曾向ASML提供1650万美元的研发补贴，构成其开发PAS 5500机型总研发成本的60%，之后荷兰政府还为该机型的研发提供了1900万美元的技术开发贷款。2024年3月，荷兰政府承诺未来几年将斥资25亿欧元改善ASML所在的埃因霍温地区的住房、教育、交通和电网等基础设施，此外，荷兰政府还计划对ASML实施减税政策，以确保ASML不会将其业务转移到国外。
  - （3）客户端：**1988年，台积电的一场大火为刚成立四年的ASML带来了17台光刻机订单，ASML久旱逢甘露。2012年，英特尔、台积电、三星合计花费52亿欧元认购ASML 23%的股权，以谋求与ASML共同开发EUV光刻机并获得优先采购权。

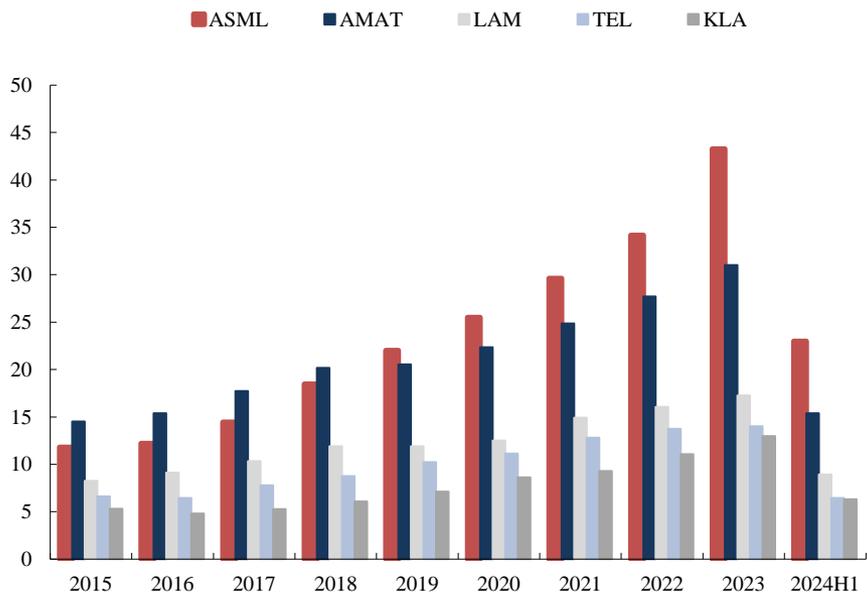
◆ 图：2012年TSMC、Intel、Samsung对ASML的股权投资



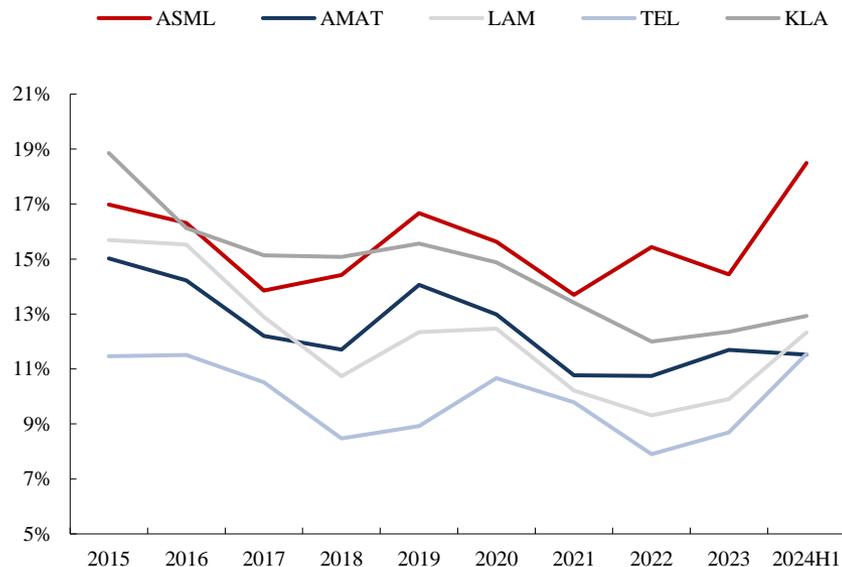
## 5.3 资金层面：研发持续高投入，整合供应链巩固壁垒

- **资金运用：（1）ASML长期保持高研发投入：**2023年，ASML的研发费用达40亿欧元（同比+22%），远高于同行业内的其他企业，研发人员占比达到37%；资本开支达22亿欧元，同比+66%。2012-2023年，ASML的研发费用和资本开支CAGR分别为19%、26%。从全球半导体设备TOP5制造商研发费用对比来看，2015-2023年ASML的研发费用率中枢在15%，高于其他四家。**（2）收购关键供应商：**ASML不断收购全球光刻机产业链上的核心优质公司以达成技术链完整、产业链一体的战略，重大收购项目包括2013年以25亿美元全资收购DUV和EUV光源制造商Cymer、2016年以30亿美元全资收购电子束量测设备供应商汉微科（HMI）、2017年以11亿美元收购蔡司SMT 24.9%的股份。

◆ 图：全球半导体设备TOP5制造商研发费用（亿美元）



◆ 图：全球半导体设备TOP5制造商研发费用率对比





1 ASML：全球最大IC光刻机&半导体设备制造商

2 光源&数值孔径&工艺因子三轮驱动，共促光刻技术迭代

3 光源系统&光学系统&双工件台为光刻机三大核心部件

4 光刻机市场：一超双强格局稳定，晶圆扩产拉动需求增长

5 ASML核心壁垒：技术、生态、资金三重壁垒筑高墙

6 国产光刻机：前路漫漫亦灿灿，吾将上下而求索

7 风险提示

## 6.1 美日荷意图通过光刻机管制政策限制中国大陆先进制程发展

- 近年来美日荷先进光刻机管制政策不断加码，目前我国本土晶圆厂仅可自由进口前道低端DUV光刻机和I-line光刻机，芯片制程普遍被限制在成熟制程领域。此外，虽然目前ASML仍可为我国本土晶圆厂提供光刻机的维护服务，但在涉及需要从美国或欧洲发送关键零部件或采用相关技术时会受到一定限制。具体来看不同国家出台的光刻机管制政策：
- (1) 美国：2022年美国商务部出台1007法案，光刻机管控范围为用于16/14nm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。2023年的1017法案进一步细化对光刻机核心性能参数进行限制，要求ASML对华出口2000i及后续浸没式光刻机需事先获得许可证，1980i系列光刻机出口需要限定用于成熟制程。
- (2) 日本：2023年5月发布《外汇与对外贸易法》修正案，光刻机方面限制光源波长小于193nm或分辨率小于45nm（光刻工艺因子k1按0.25计算）的光刻机出口，等同于将Nikon的所有浸没式光刻机纳入管制。
- (3) 荷兰：2024年1月1日起，ASML的2000i及后续浸没式光刻机出口需申请许可证，与美国1017法案保持一致；2024年9月7日起，ASML的1970i和1980i浸没式光刻机出口需向荷兰政府而非美国政府申请许可证。

◆表：美日荷光刻机出口管制政策梳理

国家	日期	光刻机相关管制政策
美国	2022.10.07	先进芯片、设备、人员全面管控，设备管控范围为16/14nm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。（该法案限制工艺节点较为模糊和笼统）
	2023.10.17	（1）对华出口套刻精度 $\leq 1.5\text{nm}$ 的光刻机（如ASML DUV2000i系列及所有EUV光刻机）需事先获得许可证；（注意：ASML EUV光刻机的销售早在2019年便受到限制） （2）对华出口 $1.5\text{nm} < \text{套刻精度} \leq 2.4\text{nm}$ 之间的光刻机（如ASML 1980i系列），需限定用途在先进工艺（16/14nm及以下逻辑芯片，128层及以上NAND，18nm及以下DRAM）以外。该法案在1007基础上进行修订和扩展，于2023年11月16日生效。（将ASML的1980i DUV光刻机纳入管制范围，对少数中国大陆先进制程晶圆厂禁止出口）
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，其中光刻机方面限制光源波长小于193nm或分辨率小于45nm（光刻工艺因子k1按0.25计算）的光刻机出口，该政策于2023年7月23日起正式生效。（等同于将Nikon的所有浸没式光刻机纳入管制）
荷兰	2023.06.30	ASML需要向荷兰政府申请出口许可证，才能装运其最先进的DUV浸没式光刻机（TWINSKAN NXT：2000i和后续浸没式光刻机），该法规计划于2023年9月1日生效，最终实际于2024年1月1日起正式生效。
	2024.09.06	ASML需要向荷兰政府而非美国政府申请出口许可证，才能装运其TWINSKAN NXT：1970i和1980i DUV浸没式光刻机。该政策将于2024年9月7日生效。

# 6.1 美荷政府正逐步加强对中国大陆ArFi光刻机的出口管制

◆表：荷兰ASML光刻机产品销往中国大陆的限制情况

公司	设备型号	应用领域	光源	波长	制程节点	分辨率	数值孔径NA	套刻精度Overlay	产能	
ASML	TWINSCAN EXE	IC	EUV	13.5nm		< 8nm	0.55	1.1nm	> 185wph	
	TWINSCAN NXE	3800E	IC	EUV	13.5nm	3nm/2nm	< 13nm	0.33	0.9nm	> 220wph
		3600D	IC	EUV	13.5nm	5nm/3nm	< 13nm	0.33	0.9/1.1nm	> 160wph(30mJ/cm <sup>2</sup> )
		3400C	IC	EUV	13.5nm	5nm/3nm	< 13nm	0.33	1.4/1.5nm	> 170wph(20mJ/cm <sup>2</sup> )
		3400B	IC	EUV	13.5nm	7nm/5nm	< 13nm	0.33	1.4/2.0nm	> 125wph
		3350B	IC	EUV	13.5nm		< 16nm	0.33	1.5/2.5nm	> 125wph
		3300B	IC	EUV	13.5nm		< 22/16nm	0.33	3.0/5.0nm	> 125wph
	TWINSCAN NXT	2100i	IC	ArFi	193nm(134nm)	< 10nm	< 38nm	1.35	1.3nm	> 295wph
		2050i	IC	ArFi	193nm(134nm)	< 10nm	< 38nm	1.35	1.5nm	> 295wph
		2000i	IC	ArFi	193nm(134nm)	< 10nm	< 38nm	1.35	2.0nm	> 275wph
		1980Fi	IC	ArFi	193nm(134nm)	< 10nm	< 38nm	1.35	2.5nm	> 330wph
		1980Ei	IC	ArFi	193nm(134nm)	< 10nm	< 38nm	1.35	2.5nm	> 295wph
		1980Di	IC	ArFi	193nm(134nm)	< 10nm	< 38nm	1.35	1.6/2.5nm	> 275wph
		1970Di	IC	ArFi	193nm(134nm)	< 20nm	< 38nm	0.85-1.35	2.0/3.5nm	> 250wph
		1965Di	IC	ArFi	193nm(134nm)	< 20nm	< 38nm	0.85-1.35	2.5/4.5nm	> 250wph
	TWINSCAN XT	1470	IC	ArF	193nm	< 65nm	< 65nm	0.65-0.93	4.0nm	> 300wph
		870	IC	KrF	248nm				7.5nm	> 330wph
		1460K	IC	ArF	193nm	< 65nm	< 65nm	0.65-0.93	3.5/5.0nm	> 205wph
		1060K	IC	KrF	248nm		< 80nm	0.50-0.93	3.5/5.0nm	> 205wph
		860N	IC	KrF	248nm				7.5nm	> 260wph
		860M	IC	KrF	248nm		< 110nm	0.55-0.80	12/14nm	> 240wph
		400M	IC(3D NAND)	I-line	248nm				12/20nm	> 250wph
	400L	IC(3D NAND)	I-line	365nm		< 350/280/220nm	0.48-0.65	12/20nm	> 230wph	
PASS500	1150C	IC	ArF	193nm	90nm	< 90nm	0.50-0.75	12/20nm	> 135wph	
	8TFH-A	IC(AlTiC wafers)	KrF	248nm		< 110nm	0.55-0.80	8/17nm	> 25wph	
	850D	IC	KrF	248nm	110nm	< 110nm	0.55-0.80	15/25nm	> 145wph	
	750F	IC	KrF	248nm	130nm	< 130nm	0.5-0.7	25/40nm	> 130wph	
	450F	IC	I-line	365nm		< 220nm	0.48-0.65		> 150wph	
	350C	IC	KrF	248nm	0.15μm	< 0.15μm	0.40-0.63	28/60nm	> 88wph	
	275D	IC	I-line	365nm		< 0.28μm	0.48-0.60	40/80nm	> 120wph	
100D	IC	I-line	365nm		0.40μm	0.48-0.60	60nm	> 100wph		

出口  
需美国  
政府许  
可证

出口  
需荷兰  
政府许  
可证

# 6.1 日本政府已限制对中国大陆ArFi光刻机的出口

◆表：日本Nikon和Canon光刻机产品销往中国大陆的限制情况

公司	设备型号	应用领域	光源	波长	制程节点	分辨率	数值孔径NA	套刻精度Overlay	产能	
Nikon	NSR (Immersion & MP)	S636E	IC	ArFi	193nm(134nm)	≤ 38nm	1.35	2.1nm	≥ 280wph	日本政府出口限制
		S635E	IC	ArFi	193nm(134nm)	≤ 38nm	1.35	2.1nm	≥ 275wph	
		S631E	IC	ArFi	193nm(134nm)	≤ 38nm	1.35	1.7/2.3nm	≥ 270wph	
		S625E	IC	ArFi	193nm(134nm)	≤ 38nm	1.35	2.5nm	≥ 280wph	
		S622D	IC	ArFi	193nm(134nm)	≤ 38nm	1.35	2.0/3.5nm	≥ 200wph	
	NSR (Scanner)	S322F	IC	ArF	193nm	≤ 65nm	0.92	2.0/5.0nm	≥ 230wph	
		S220D	IC	KrF	248nm	≤ 110nm	0.82	3.0/6.0nm	≥ 230wph	
		S210D	IC	KrF	248nm	≤ 110nm	0.82		≥ 176wph	
	NSR (Stepper)	SF155	IC	I-line	365nm	≤ 280nm	0.62	25nm	≥ 200wph	
		2205iL1	功率/MEMS	I-line	365nm	≤ 350nm	0.45	70nm		
	NES (Stepper)	1W-h04(150mm)	先进封装/MEMS/LED	H-line	405nm	2.0μm	0.16	0.30μm	63wph	
		1W-h04A(150mm)	先进封装/MEMS/LED	H-line	405nm	1.6μm	0.16	0.30μm	63wph	
		1W-ghi06(150mm)	先进封装/MEMS	G/H/I-line	365-436nm	2.3μm	0.13	0.30μm	≥ 101wph	
		2W-ghi06(200mm)	先进封装/MEMS	G/H/I-line	365-436nm	2.3μm	0.13	0.35μm	≥ 59wph	
		1W-i06(150mm)	IC(分立/功率/模拟)	I-line	365nm	2.0μm	0.13	0.30μm	96wph	
2W-i06(200mm)		IC(分立/功率/模拟)	I-line	365nm	2.0μm	0.13	0.35μm	56wph		
Canon	FPA (Scanner)	6300ES6a	IC	KrF	248nm	≤ 90nm	0.50-0.86	5.0nm		
		6300ESW	IC	KrF	248nm	≤ 130nm	0.45-0.70	9.0nm		
	FPA (Stepper)	3030EX6	IC	KrF	248nm	≤ 150nm	0.50-0.65	25nm		
		5550iZ2	IC	I-line	365nm	≤ 350nm	0.45-0.57	15/20nm		
		5510iX	IC	I-line	365nm	≤ 500nm	0.28-0.37	50nm		
		3030i5+	IC	I-line	365nm	≤ 350nm	0.45-0.63	40nm		
		5520iV	先进封装	I-line	365nm	0.8/1.5μm	0.12-0.24	50nm		
	5510iV	先进封装	I-line	365nm	≤ 1μm	0.10-0.18	300nm			
	MPAsp	H803	FPD			2.0μm		0.5μm		
		H763	FPD			2.5μm		0.6μm		
E813		FPD			1.5 μm		0.3μm			

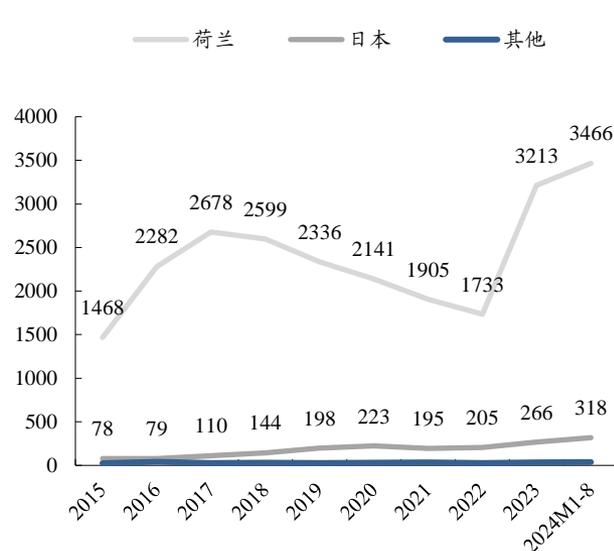
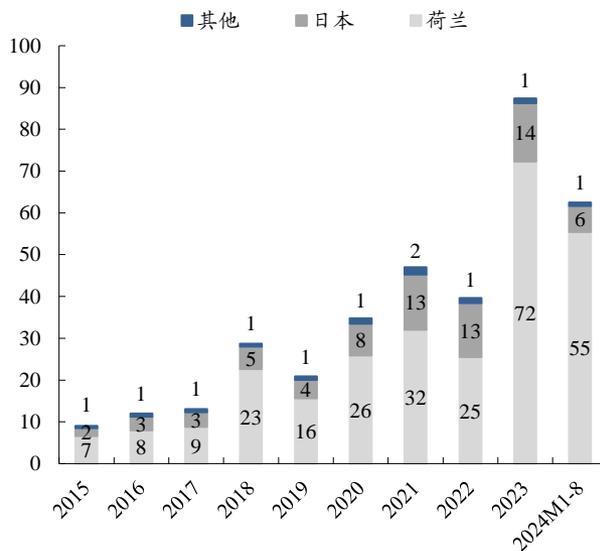
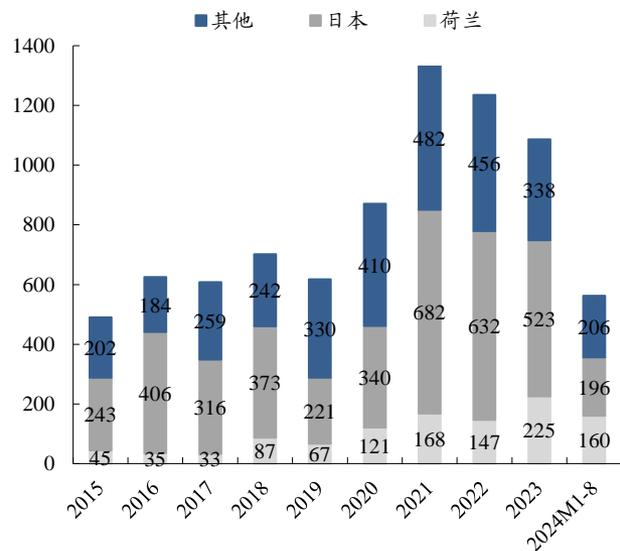
## 6.2.1 2023年以来ASML已将较多DUV光刻机交付中国大陆

- ASML为中国大陆IC光刻机的最主要进口来源，2023年以来光刻机快速交付。2023年中国大陆IC光刻机进口总额为87亿美元，同比+120%，其中从荷兰进口额72亿美元（基本符合同期ASML来自中国大陆的收入），同比+184%，荷兰进口额占进口总额的83%，同比+18pct。2024年1-8月，中国大陆从荷兰进口IC光刻机的金额为55亿美元，同比持续大增67%。2023年以来，中国大陆从荷兰进口IC光刻机的均价大幅提高，表明ASML已将较多光刻机快速交付至我国本土晶圆厂。

◆图：中国大陆IC光刻机进口量（台）-按来源国

◆图：中国大陆IC光刻机进口金额（亿美元）-按来源国

◆图：中国大陆IC光刻机进口均价（万美元/台）-按来源国

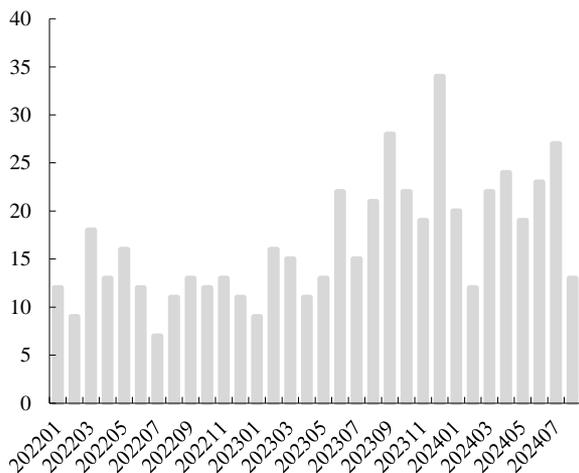


## 6.2.1 2023年以来ASML已将较多DUV光刻机交付中国大陆

- 我国本土晶圆厂已储备较多DUV光刻机，可在一定时间内为国内先进制程的扩产需求提供保障。从更具体的月度数据来看，ASML快速向中国大陆交付光刻机始于2023年5月，单台光刻机的进口均价从22M1-23M4的1640万美元提升至23M6-24M8的3800万美元，结合ASML各类光刻机的平均售价，我们判断23M6-24M8期间中国大陆从ASML进口了较多相对过去更高端的DUV光刻机；此外中低端的DUV和I-line仍占据进口总量的较高比例，我们认为一方面系ASML自身的产能有限，另一方面晶圆厂即便扩产先进制程也会对中低端光刻机存在较大需求。

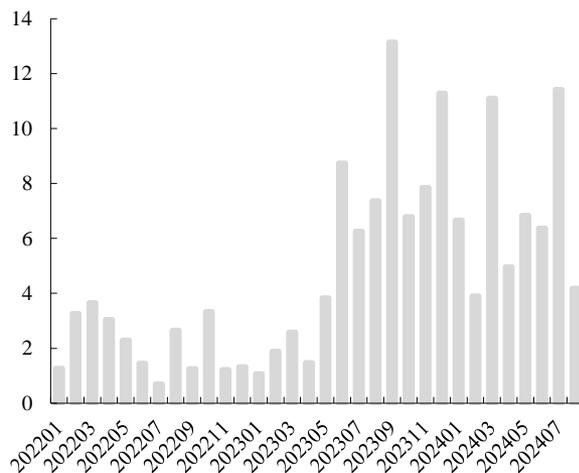
◆ 图：中国大陆从荷兰进口IC光刻机的月度数量（台）

■ 荷兰



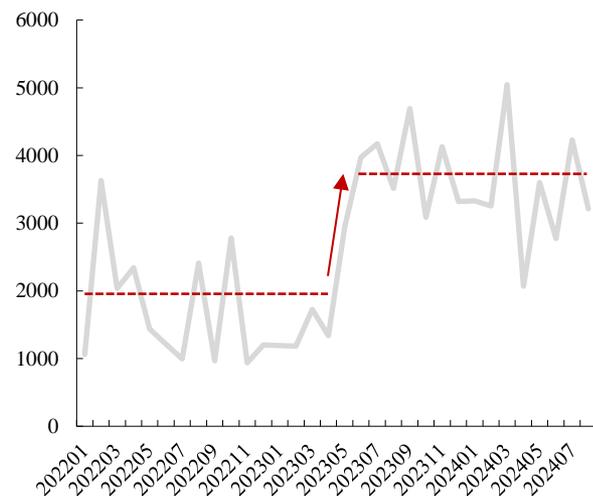
◆ 图：中国大陆从荷兰进口IC光刻机的月度金额（亿美元）

■ 荷兰



◆ 图：中国大陆从荷兰进口IC光刻机的月度均价（万美元/台）

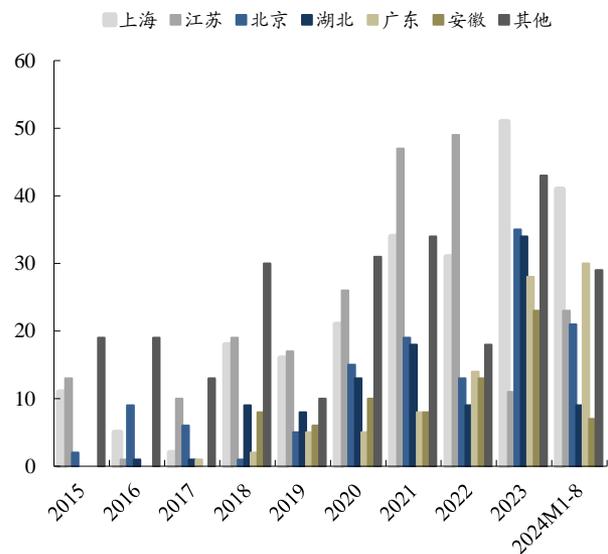
—— 荷兰



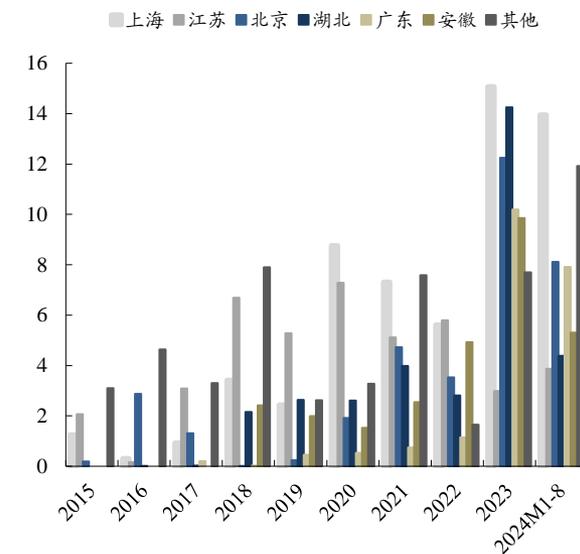
## 6.2.2 2023年以来上海、广东、北京、安徽等地从荷兰进口光刻机的规模快速增长

- 2023年以来上海、广东、北京、湖北和安徽等地从荷兰进口光刻机的规模快速增长。我国各省市光刻机的进口体量往往能够反映该地区晶圆厂未来的扩产倾向，光刻机的进口均价也可在一定程度上反映未来扩产制程的先进水平。按国内分注册地进口情况看，2023年中国大陆荷兰光刻机进口数量和进口金额前五的省市分别为上海、广东、北京、湖北和安徽，五大省市的进口金额分别为15、10、12、14、10亿美元，同比分别增长169%、791%、247%、406%和100%。2024年1-8月，安徽、广东、北京和上海从荷兰进口光刻机的金额仍保持较快增速，同比分别增长205%、104%、66%和19%。

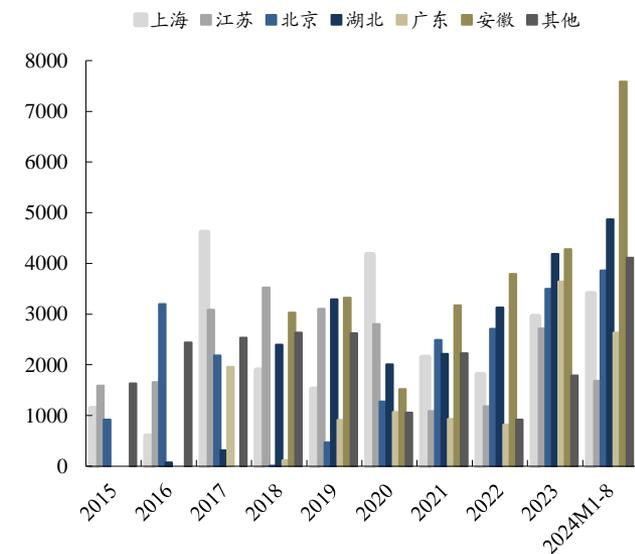
◆ 图：国内各省市从荷兰进口IC光刻机的数量（台）



◆ 图：国内各省市从荷兰进口IC光刻机的金额（亿美元）



◆ 图：国内各省市从荷兰进口IC光刻机的均价（万美元/台）



## 6.3.1 目前国内光刻机技术水平落后ASML约20~30年

◆ 图：国产光刻机发展历程——攻坚模式类似ASML，目前整体技术水平落后ASML约20~30年



### 6.3.3 可用于65nm制程的国产干式ArF光刻机将进入推广应用阶段

- 工信部披露可用于65nm制程的干式ArF光刻机进入推广应用阶段。2024年6月20日工信部发布《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2024年版）》公示稿，后于9月9日正式发布，其中集成电路生产装备章节列示了氟化氪（KrF）光刻机、氟化氩（ArF）光刻机两项，意味着国产KrF、ArF光刻机已完成首台生产，进入优化升级、推广应用阶段。
- 预计工信部披露的65nm干式ArF光刻机相比SMEE的SSA600机型数值孔径有所提升，但套刻精度和产能仍有较大优化空间。根据工信部文件所示的核心技术指标，该ArF光刻机分辨率 $\leq 65\text{nm}$ ，即对应单次曝光关键尺寸 $\leq 65\text{nm}$ （可对应制程 $\leq 65\text{nm}$ ），套刻精度 $\leq 8\text{nm}$ （套刻精度即多次光刻的图案层之间的对齐精度，多重曝光工艺对套刻精度的要求更高）。此次工信部所示干式ArF光刻机相比SMBB的SSA600型光刻机制程由90nm进一步微缩至65nm，我们预计主要由数值孔径增加带来，套刻精度和产能相比ASML和Nikon的竞品仍有较大优化空间。

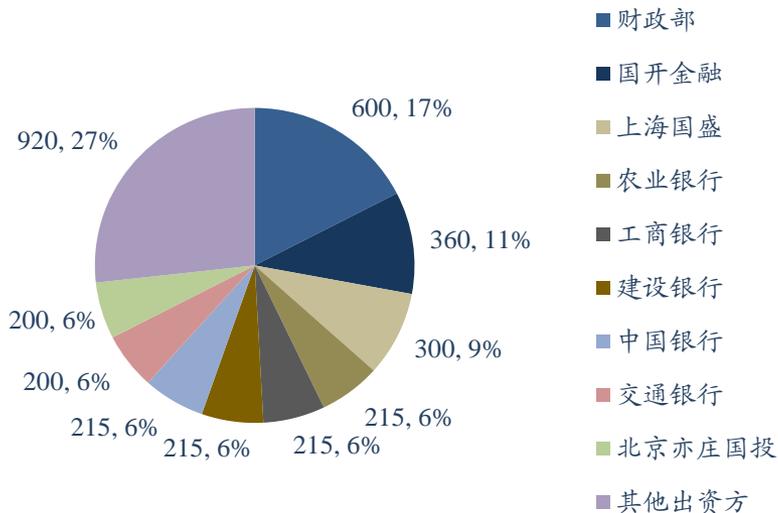
◆ 表：工信部指导目录所示光刻机与主流竞品参数对比

		产品型号	制程节点	分辨率	光源波长	数值孔径NA	套刻精度 (MMO)	产能
KrF光刻机	2024年工信部指导目录	-	$\leq 110\text{nm}$	$\leq 110\text{nm}$	248nm	-	$\leq 25\text{nm}$	-
	对比ASML相近分辨率型号的光刻机	PASS 850D	$\leq 110\text{nm}$	$\leq 110\text{nm}$	248nm	0.55-0.80	25nm	$\geq 145\text{wph}$
		XT 860M	$\leq 110\text{nm}$	$\leq 110\text{nm}$	248nm	0.55-0.80	14nm	$\geq 240\text{wph}$
	对比Nikon相近分辨率型号的光刻机	NSR S220D	$\leq 110\text{nm}$	$\leq 110\text{nm}$	248nm	0.82	6nm	$\geq 230\text{wph}$
	对比SMEE相近分辨率型号的光刻机	SSC600	$\leq 110\text{nm}$	$\leq 110\text{nm}$	248nm			
ArF光刻机	2024年工信部指导目录	-	$\leq 65\text{nm}$	$\leq 65\text{nm}$	193nm	-	$\leq 8\text{nm}$	-
	对比ASML相近分辨率型号的光刻机	NXT 1470	$\leq 65\text{nm}$	$\leq 65\text{nm}$	193nm	0.65-0.93	4nm	$\geq 300\text{wph}$
	对比Nikon相近分辨率型号的光刻机	NSR S322F	$\leq 65\text{nm}$	$\leq 65\text{nm}$	193nm	0.92	5nm	$\geq 230\text{wph}$
	对比SMEE相近分辨率型号的光刻机	SSA600	$\leq 90\text{nm}$	$\leq 90\text{nm}$	193nm	0.75		

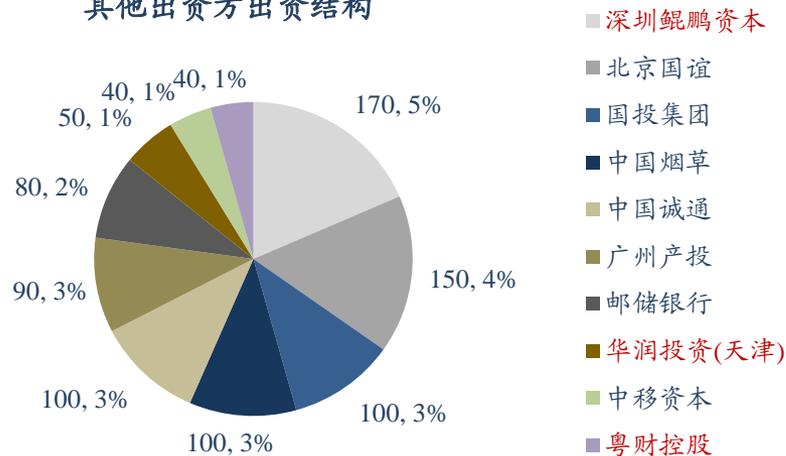
## 6.4 大基金三期募资落地，晶圆厂CAPEX加速+长期利好设备环节 东吴证券 SOOCHOW SECURITIES

- **大基金三期募资落地，规模3440亿元为历史之最。**国家大基金一期1387.2亿元（投资期2014-2019年，二期2041.5亿元（投资期2019-2024年），2024年5月底三期完成募资。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。
- **重资产特点的晶圆厂和低国产化率的半导体设备&材料将是最直接受益方向（先进制程Fab扩产有望加速）。**我们认为，一方面随着AI应用加速等催化，国内半导体需求拐点向上，国内存储和逻辑大厂扩产有望得到大基金较大支持，特别是先进存储加速扩产动力充足、趋势明显；另一方面以光刻机产业链为代表的“卡脖子”环节有望持续得到充分资金支持。国产设备商将会从Fab厂扩产带来的试用和验证机台机会中间接受益。存量设备龙头仍是提高国产化份额的逻辑，新成立的设备公司后续客户验证的最佳时间窗口逐渐减少。

◆ 图：大基金三期募资结构（亿元）



其他出资方出资结构

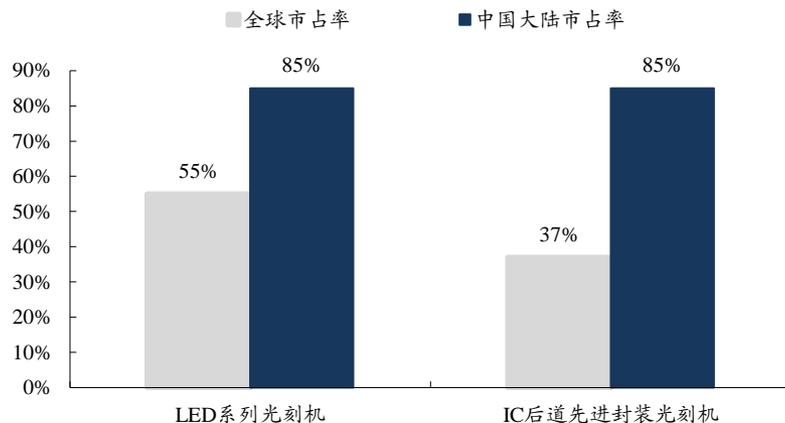


注：标红表示新增的广东国资和天津国资单位。

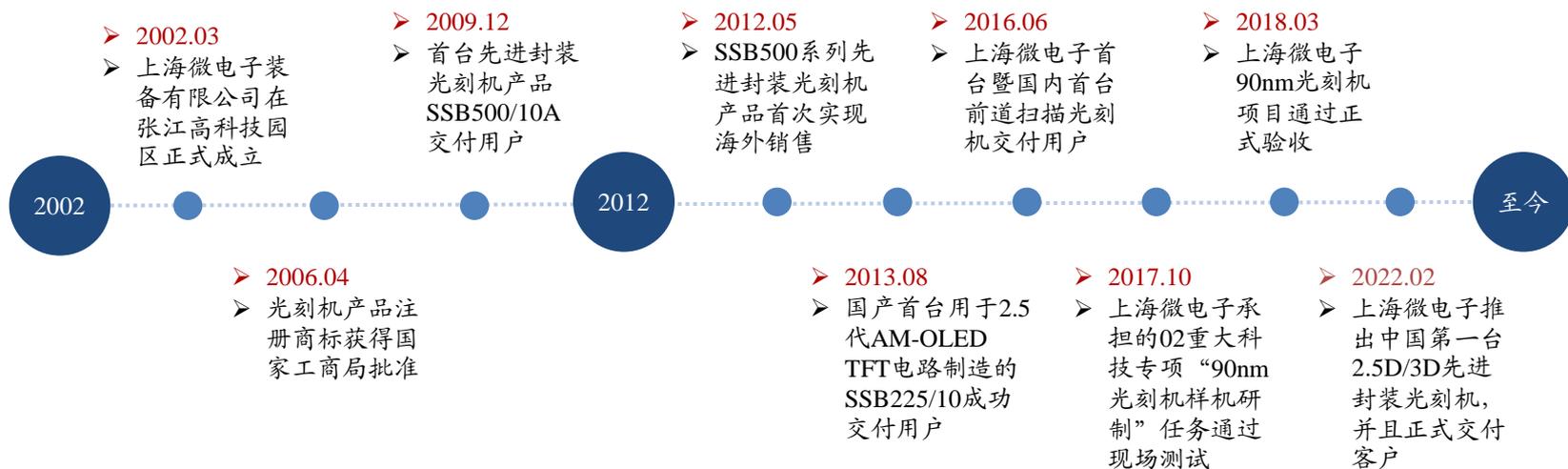
## 6.5 上海微电子：国产光刻机之光，静待浸没式光刻技术突破

- 上海微电子（SMEE）是国内技术最领先的光刻机整机研制生产单位。SMEE的光刻机产品广泛应用于IC前道、IC后道先进封装、FPD面板、MEMS、LED、功率器件等制造领域，其中目前优势领域集中体现在IC后道先进封装和LED。根据公司2023年9月发布的2024年人才招聘计划，公司先进封装光刻机的全球市占率为37%，在中国大陆市占率高达85%。此外，公司LED系列光刻机全球市占率达到55%。截至2022年底，公司申请专利数共计3900项，获得授权2800项，研发硕博占比70%。

◆ 图：2023年SMEE优势产品市占率



◆ 图：上海微电子发展历程



## 6.5 上海微电子：国产光刻机之光，静待浸没式光刻技术突破

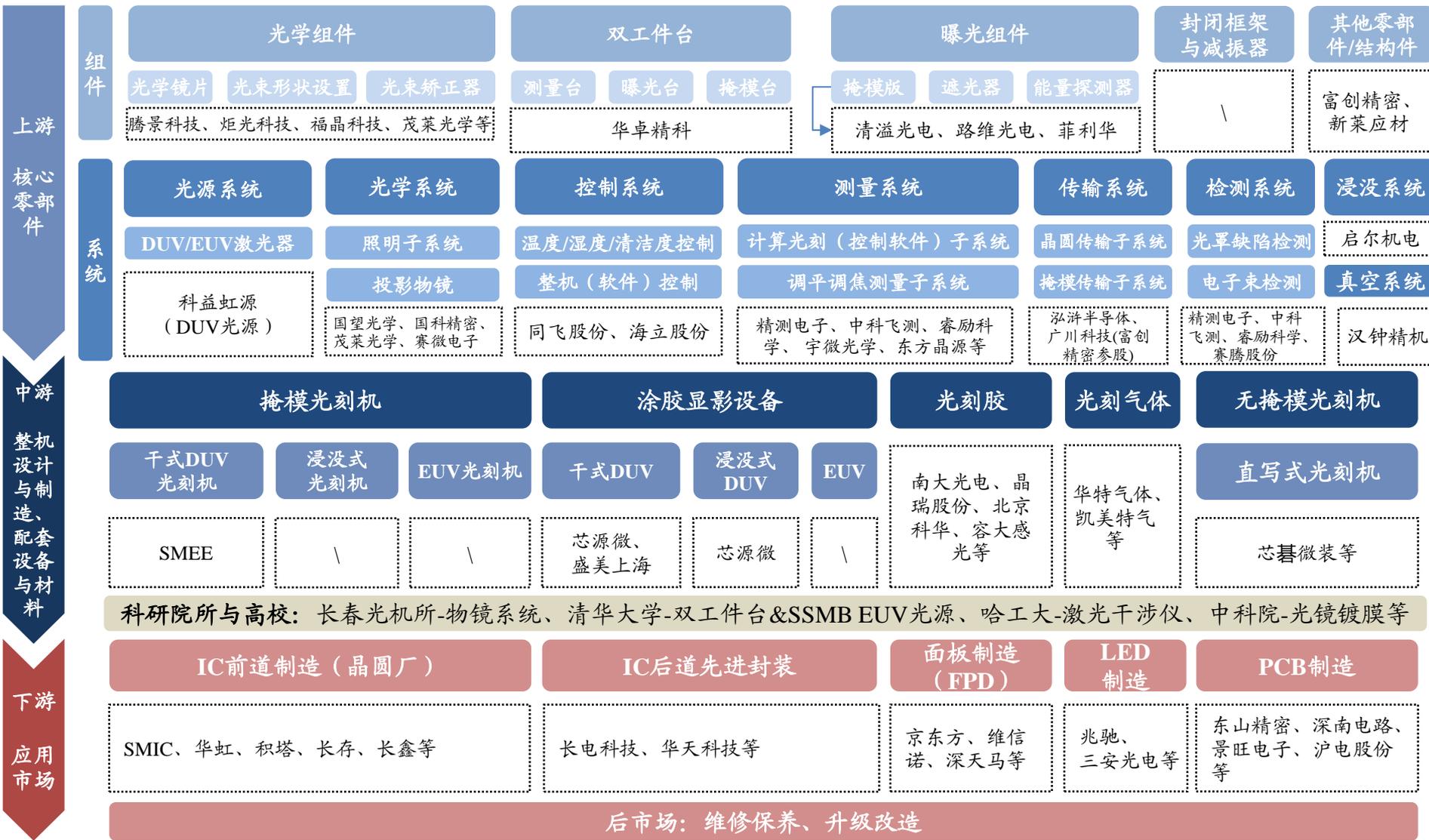
- 目前SMEE的IC前道光刻机可量产90nm制程，浸没式光刻机正加速研发。目前SMEE已量产的IC前道光刻机共有3款，分别为I-line光刻机、KrF光刻机以及干式ArF光刻机，可满足90/110/280nm关键层，其中性能最好的是90nm的干式ArF光刻机。2017年4月公司承担的国家02重大科技专项任务“浸没光刻机关键技术预研项目”通过国家正式验收，目前公司正加速推进浸没式DUV光刻机产业化落地。
- 国家牵头，多家顶尖科研院所+高校参与，看好SMEE和各大院所持续突破，实现我国光刻机供应链的自主可控。从发展模式上看，我国光刻机攻坚采取ASML的模式，国有单位领导并提供充足资金，多家顶尖科研院所、高校及衍生企业负责各子系统或关键部件的技术攻关，上海微电子负责组装。过去的02专项及大基金一期支持下我国光刻机产业链已取得良好进展，期待后续浸没式光刻机甚至EUV光刻机的突破。

◆表：上海微电子IC前道光刻机产品参数

型号	SSA600/20	SSC600/10	SSB600/10
分辨率/nm	90nm	110nm	280nm
曝光光源/nm	ArF 193nm	KrF 248nm	I-line 365nm
镜头倍率	1:4	1:4	1:4
硅片尺寸/mm	200/300mm	200/300mm	200/300mm

# 6.6 国产光刻机完整产业链已初具雏形

◆ 图：国产光刻链的打通将助力下一代国产光刻机突破

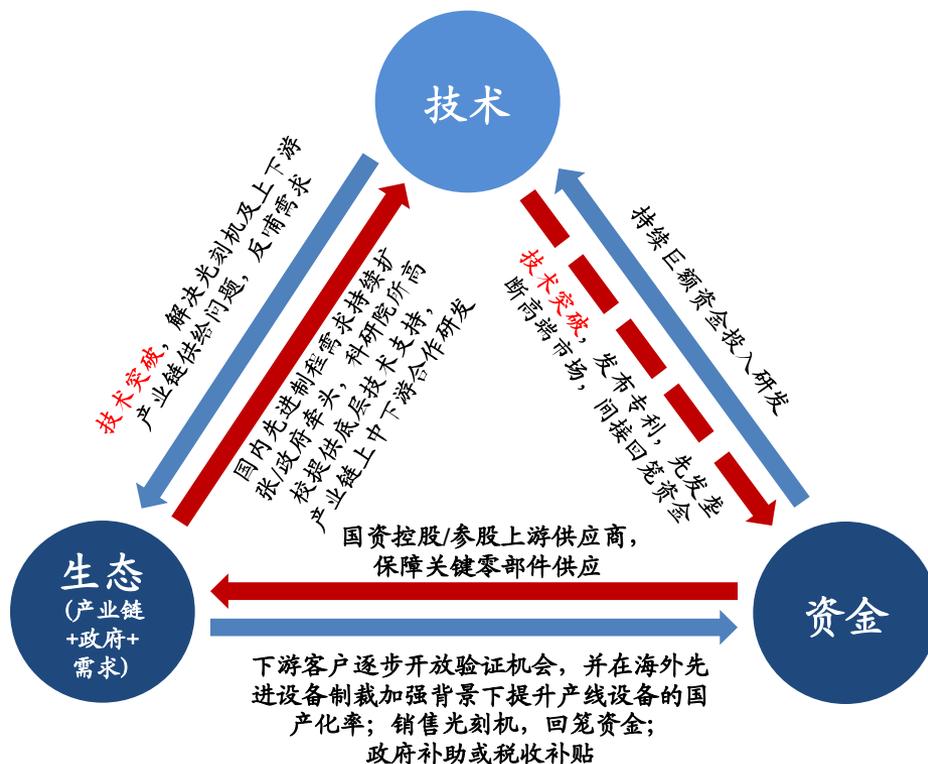


数据来源: 各公司官网, 各公司公告, 东吴证券研究所

## 6.7 总结：国产光刻机前路漫漫亦灿灿，吾将上下而求索

- 目前国产光刻机实现自主可控的三大核心要素均已具备，生态网络正逐步完善，资金面相对充足，但最为关键的技术端仍然薄弱，难以充分反哺生态和资金，导致三者尚未形成闭环，静待后续技术突破。1) 技术层面，SMEE的光刻机仅支持到90nm制程，要实现先进制程仍需在分辨率（瑞利准则下进一步分为光源波长、数值孔径、工艺因子）、单机产能、套刻精度这三项关键指标不断迭代，而这需要整机厂及上下游产业链的共同努力。2) 生态层面，目前我国完整的光刻机产业链已经初见雏形，在政府牵头下，各细分技术（比如浸没式和EUV）、核心零部件或子系统均有相关企业或院校攻关。下游晶圆厂也在积极导入国产光刻机验证或量产。3) 资金层面，随着制程不断微缩，后续产线投资额和研发难度均大幅提升，政府补贴力度日益增强。此外，大基金三期募资落地，规模3440亿元为历史之最，以光刻机产业链为代表的“卡脖子”环节有望持续得到充分资金支持。

◆ 图：国产光刻机实现自主可控的三大核心要素均已具备，但技术端仍亟待突破





1 ASML：全球最大IC光刻机&半导体设备制造商

2 光源&数值孔径&工艺因子三轮驱动，共促光刻技术迭代

3 光源系统&光学系统&双工件台为光刻机三大核心部件

4 光刻机市场：一超双强格局稳定，晶圆扩产拉动需求增长

5 ASML核心壁垒：技术、生态、资金三重壁垒筑高墙

6 国产光刻机：前路漫漫亦灿灿，吾将上下而求索

7 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，将给半导体设备厂商的短期业绩带来一定压力。
- 2. 设备国产化进程不及预期：**集成电路专用设备技术门槛较高，特别是光刻机具有极高的技术壁垒，因此某些环节的技术难点或者国内设备及零部件供应商产能瓶颈可能导致设备国产化进展不及预期。
- 3. 国际贸易摩擦加剧风险：**由于少数国家不断加强对中国半导体方面的出口管制限制，我国半导体行业发展面临一定程度的国际贸易摩擦风险。
- 4. 半导体技术快速迭代风险：**半导体行业是技术高度密集的行业，有“一代产品，一代工艺，一代设备”的特征。在摩尔定律推动下，技术不断更新迭代，晶圆制造要先于下游产品开发新一代工艺，而半导体设备要先于晶圆制造开发新一代设备。半导体技术的快速更新对设备研发提出了更高的要求。

# 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

投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