

海外半导体设备巨头巡礼系列：  
先晶（ASM）深耕薄膜沉积&外延设备，  
专业化布局的半导体设备龙头

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12月02日

- **ASM早期以CVD技术起家，后通过收购发展为全球ALD&碳化硅外延设备巨头。**从1990年代起，ASM开始专注于ALD设备的研发和商业化应用。在1994年和2004年，ASM分别收购了ASM Microchemistry（专注于ALD设备的研发）和ASM Genitech Korea（专注于PEALD设备的研发）。到了2007年，公司的Pulsar ALD设备成为全球首个用于大规模生产采用新型铪基High-K介电材料器件的系统，由此确立了其作为全球最大的ALD设备供应商的地位，市场占有率超过50%。进入2020年代后，ASM进一步拓展业务，将碳化硅外延设备作为公司的第二增长曲线。2022年，公司收购了位于意大利的LPE公司，正式进入碳化硅外延设备市场。电动汽车市场的快速增长，成为了推动这一市场迅速扩张的主要动力。
- **随着AI与先进制程发展对半导体需求的日益增高，叠加3D DRAM和3D NAND存储芯片陆续完成研发扩产，ALD技术已成为半导体晶圆设备中增长最快的领域之一。**根据ASM在2023年投资者日披露的信息，2022年全球ALD市场规模达到26亿美元，预计到2025年全球ALD市场规模将增长至31亿至37亿美元，到2027年市场规模将达到42亿至50亿美元，2022至2027年间的复合年增长率（CAGR）预计为10%至14%。作为全球领先的ALD设备供应商，ASM公司将从这一增长趋势中获益。
- **ASM在硅外延技术方面占据全球第二大供应商的地位。**2022年，ASM通过收购意大利LPE公司，拓展了碳化硅外延设备的新业务线，这一领域已成为公司增长最快的业务之一。ASM提供包括Epsilon、Intrepid在内的硅外延设备，以及PE106/108和PE208等碳化硅外延设备，后者以其双腔室设计和全盒式操作提高了设备维护的便捷性。随着新能源汽车市场的快速增长，预计到2027年，新能源汽车导电型SiC功率器件市场规模将达到50亿美元。ASM凭借其在碳化硅外延设备领域的技术优势，有望在这一增长趋势中充分受益。
- **展望国内，看好专业化布局的微导纳米引领ALD国产替代，与拓荆科技和北方华创一同成为国内ALD技术的先行者。**碳化硅业务方面，我国晶盛机电在全球碳化硅产业中占据重要地位，其碳化硅外延炉出货量国内领先，全面覆盖6-8寸主流技术路线，并且最新发布的8英寸双片式碳化硅外延炉在产能和成本效益上都有显著提升，看好晶盛碳化硅业务跟随新能源汽车和光伏发电等新兴领域快速放量。
- **风险提示：**半导体行业投资不及预期，设备国产化不及预期。



1 公司简介：荷兰半导体设备企业之父，深耕ALD/外延设备

2 ALD沉积设备：ASM为全球ALD设备龙头，受益于先进制程扩产

3 碳化硅外延设备：800V碳化硅快充时代来临，带动ASM设备需求高增

4 硅外延设备：规模稳定增长，ASM为传统龙头

5 投资建议

6 风险提示

## 1.1 荷兰半导体设备企业之父，全球ALD/外延设备龙头

- **ASM早期以CVD技术起家，后通过收购发展为全球ALD&碳化硅外延设备巨头。**ASM的发展历史主要可以分为四个阶段：
  - 1) 欧洲半导体设备先驱（1960s）：**ASM于1968年在荷兰成立，是荷兰首家专注于半导体设备研发生产的公司，成立之初，ASM最先进入CVD气相沉积炉市场；
  - 2) 半导体设备帝国雏形（1970s-80s）：**1970年后ASM开始拓张其业务版图，1975年ASMPT由ASM于中国香港成立，前者成为半导体后端键合机的领导者，1977年ASM于纳斯达克证券交易所上市，1984年ASML阿斯麦由ASM和飞利浦合资成立，各自持有50%股份，前者成为半导体光刻设备的领导者，同期为满足下游客户需求（美国的半导体制程和日本的微电子/显示器制造），ASM America和ASM Japan成立，分别专注于硅外延和PECVD设备的研发；
  - 3) 全球ALD设备龙一（1990s-2010s）：**1990年之后，ASM专注于ALD设备的研发与商业应用，公司于1994年和2004年分别收购ASM Microchemistry（ALD设备研发）和ASM Genitech Korea（PEALD设备研发），2007年公司Pulsar ALD设备成为首个用于大批量制造使用新型铪基High-K介电材料器件的系统，并成为全球最大的ALD设备供应商，市场占有率超五成；
  - 4) 拓展碳化硅外延为第二增长曲线（2020s）：**2022年公司收购位于意大利LPE公司，进军碳化硅外延设备市场，电动汽车市场的迅速扩大也成为该市场快速增长的主要推动力。

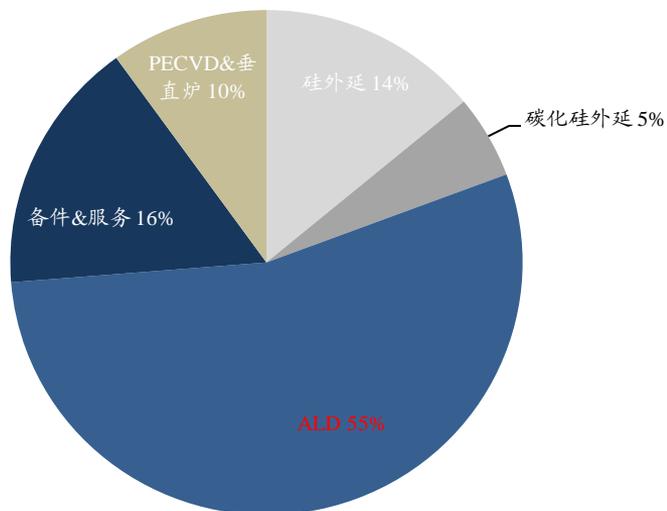
◆ 图：ASM自成立以来不同时期的主营业务变化

1960s	1970s-80s	1990s-2010s	2020s
CVD立式炉	CVD立式炉	ALD	ALD
	PECVD	PECVD	碳化硅外延设备 by LPE
	硅外延设备 by ASM America	硅外延设备 by ASM America	PECVD
	后道封装设备 by ASMPT	后道封装设备 by ASMPT	CVD立式炉
	光刻设备 by ASML	CVD立式炉	

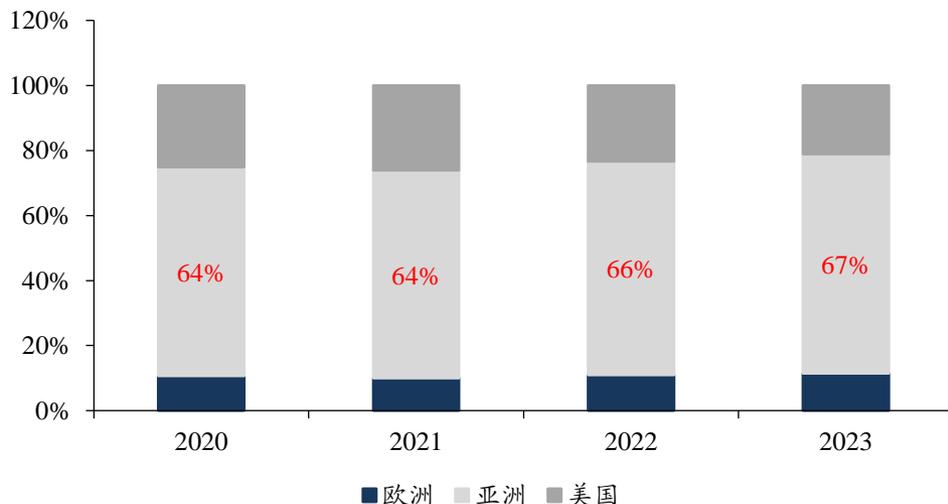
## 1.2 ALD/外延是公司前两大业务，亚洲是最大市场

- 从产品看，ALD设备占公司营收超五成，公司收购LPE后进军碳化硅外延设备市场。2023年公司营业收入为26亿欧元，其中ALD是公司最大的主营业务，2023年收入约为13亿欧元，占比55%；硅外延是公司第二大主营业务，2023年收入约为4亿欧元，占比14%。公司在收购LPE后成为全球第二大碳化硅外延设备供应商，2023年碳化硅外延设备收入约为1.4亿欧元，占比5%。
- 从地区看，亚洲是公司长期最大收入来源。2023年亚洲地区销售达17.77亿欧元，同比+12%，占公司总营业收入67%。

◆ 图：ALD设备是ASM最大主营业务（FY2023）



◆ 图：亚洲是公司长期最大收入来源，长期占公司营收60%+



## 1.3 公司产品围绕ALD设备、外延设备两大领域布局

- 公司产品主要围绕ALD、外延两大设备领域布局，并在两个市场皆处于领先地位。（1）ALD设备：公司的ALD沉积工艺主要可用于制造出材料质量优异、均匀性和一致性极佳的超薄薄膜。ALD沉积被认为是市场上最先进的沉积方法，也是今年来晶圆设备市场增长最快的领域之一，而ASM作为全球第一大ALD设备供应商，拥有市场上最广泛的ALD产品和应用。（2）外延设备：公司的外延工艺通过硅或硅化合物的沉积在衬底上形成单晶薄膜，以改善硅片表面的电气特性。公司的外延技术包括硅外延和碳化硅外延两种，前者广泛应用于高度复杂的半导体处理器及存储器件，后者则主要应用于电车动力设备。公司是全球第二大硅外延设备商，全球第一大碳化硅外延设备商。

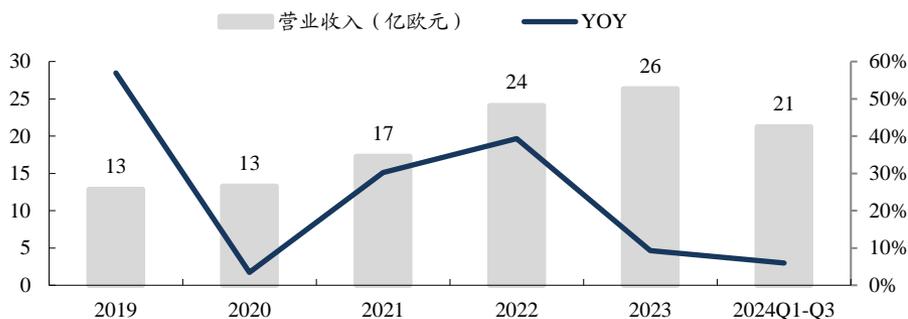
◆ 图：公司产品主要涵盖ALD设备、外延设备两大领域

沉积技术	ASM产品	沉积材料
ALD	Pulsar	High-K
	Emer	MeTal
	Synergis	MeTal+金属氧化物
PEALD	Eagle	金属氧化物+金属氮化物
	QCM	
Epi	Interprid ES	硅基
	Interprid ESA	
	Epsilon 2000	
SIC Epi	PE106A	碳化硅
	PE108	
	PE208	

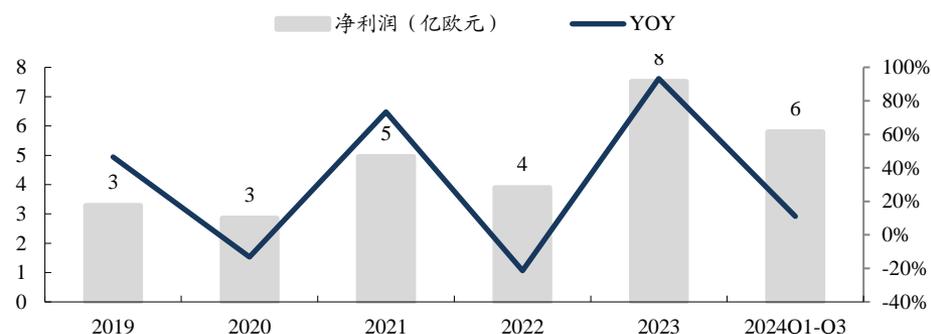
## 1.4 公司业绩稳定增长，盈利能力维持高位

- 公司近年收入/利润皆维持高速增长。公司2023年营业收入为26.34亿欧元，约合人民币202亿元，同比增长9%，2019-2023四年CAGR为19.8%，2023年净利润为7.52亿欧元，约合人民币58亿元，2019-2023四年CAGR为23.0%。公司2024Q1-Q3营业收入为21.24亿欧元，同比提升6%；2024Q1-Q3公司净利润为5.80亿欧元，同比提升11%。
- 公司盈利能力高位稳定，2023年毛利率为48.3%，同比+1pct，净利率为29%，同比+13pct，主要系ALD收入受益先进制程需求增加带动公司毛利率增长。公司24Q1-Q3毛利率为50.6%，同比+2pct；净利率为27%，同比-1pct。

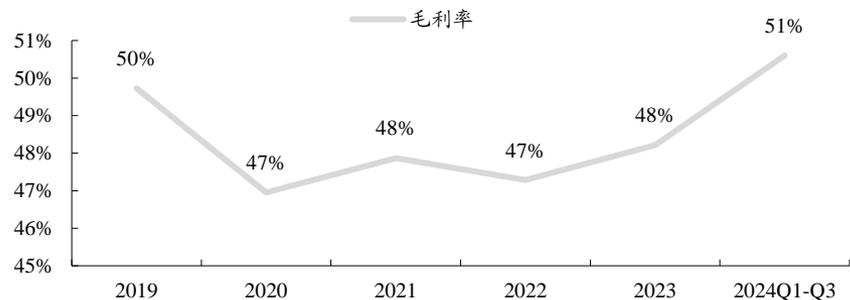
◆ 图：2024Q1-Q3营业收入21.24亿欧元，同比提升6%



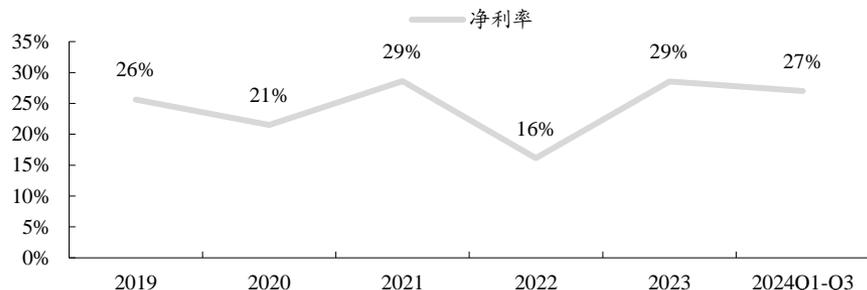
◆ 图：2024Q1-Q3净利润为5.80亿欧元，同比提升11%



◆ 图：公司2024Q1-Q3毛利率为50.6%，同比+2pct



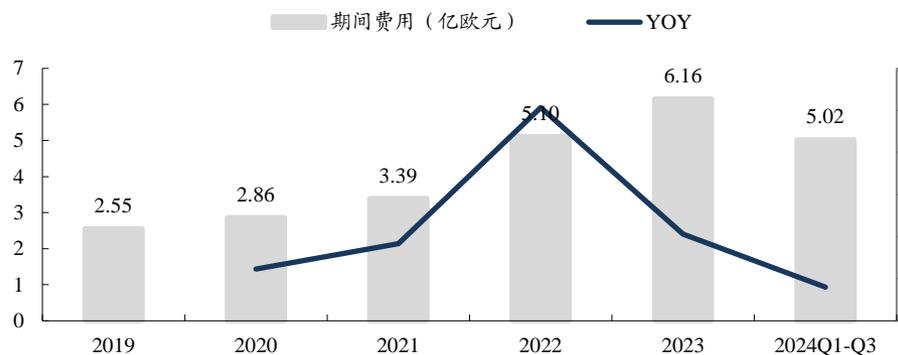
◆ 图：公司2024Q1-Q3净利率为27%，同比-1pct



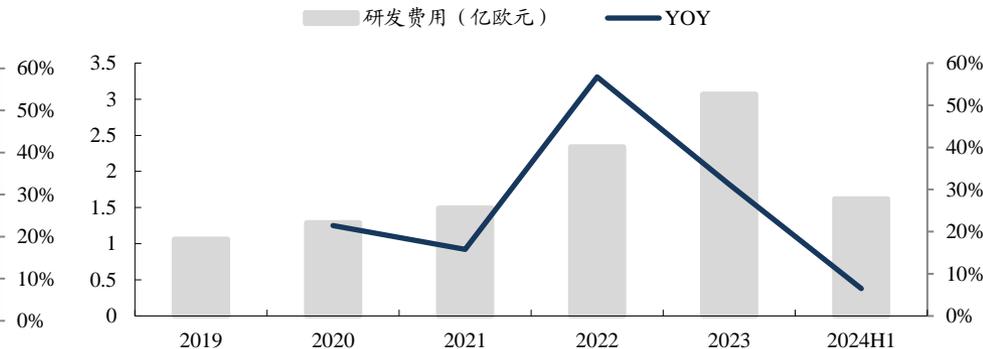
## 1.5 公司期间费用较为稳定

- **公司期间费用增速放缓。**公司2023年期间费用为6.16亿欧元，同比增长21%，期间费用率约为23%。公司24Q1-Q3期间费用为5.02亿欧元，同比增长8%，期间费用率增至24%，期间费用率上涨系24H1发放绩效股票产生的840万欧元的税支支出。
- **公司长期保持高研发投入，2024H1研发费用为1.62亿欧元，**同比增长7%，研发费用率为12%，公司2023年专利数量达2953个，同比增加334个。

◆ 图：公司24Q1-Q3期间费用为5.02亿欧元，同比+8%



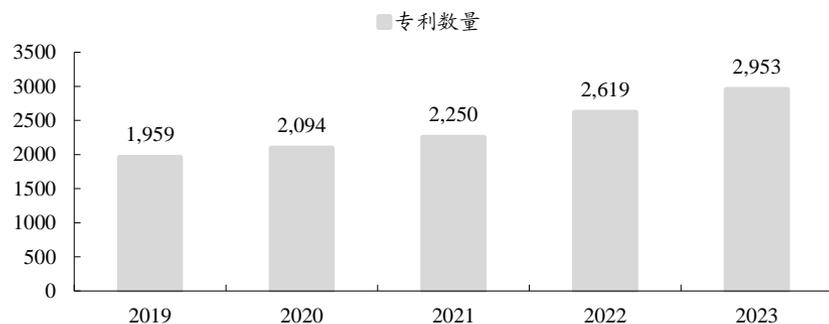
◆ 图：公司24H1研发费用为1.62亿欧元，同比+7%



◆ 图：公司24H1研发费用率为12%，同比持平



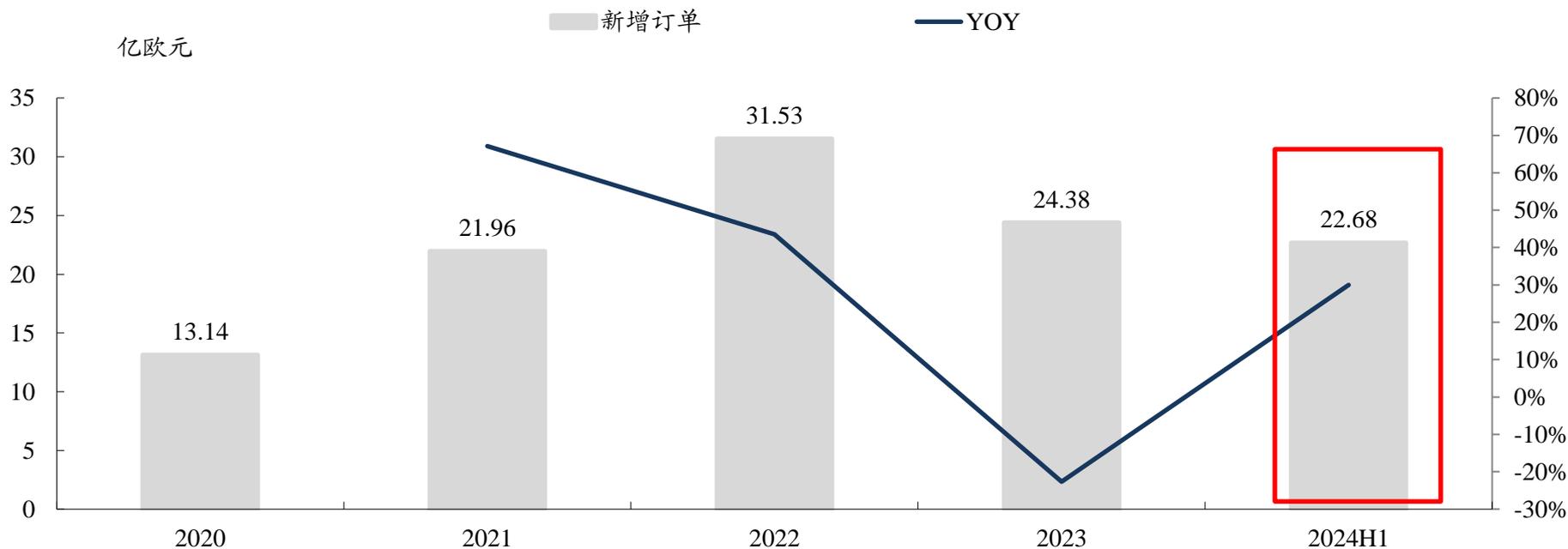
◆ 图：公司2023年专利数量达2953个



## 1.6 2024上半年新签订单受益于GAA节点突破大幅增加

- 受益于GAA节点订单火爆，公司24H1新增订单同比大增。2023年公司新增订单24.38亿欧元，同比减少23%，2024Q1-Q3公司新增订单22.68亿欧元，同比增长30%，新增订单回暖受益于公司下游客户全栅（GAA）2纳米技术节点相关订单。2023年公司在手订单达14.34亿欧元，同比-14%。2023年公司库存为5.26亿欧元，同比-2%。

◆图：公司24H1新增订单大幅增长





1 公司简介：荷兰半导体设备企业之父，深耕ALD/外延设备

2 ALD沉积设备：ASM为全球ALD设备龙头，受益于先进制程扩产

3 碳化硅外延设备：800V碳化硅快充时代来临，带动ASM设备需求高增

4 硅外延设备：规模稳定增长，ASM为传统龙头

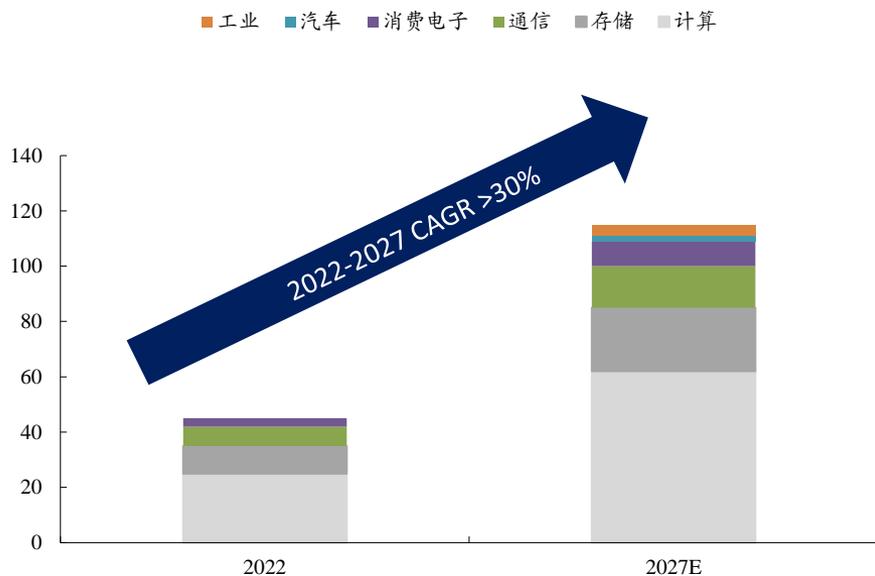
5 投资建议

6 风险提示

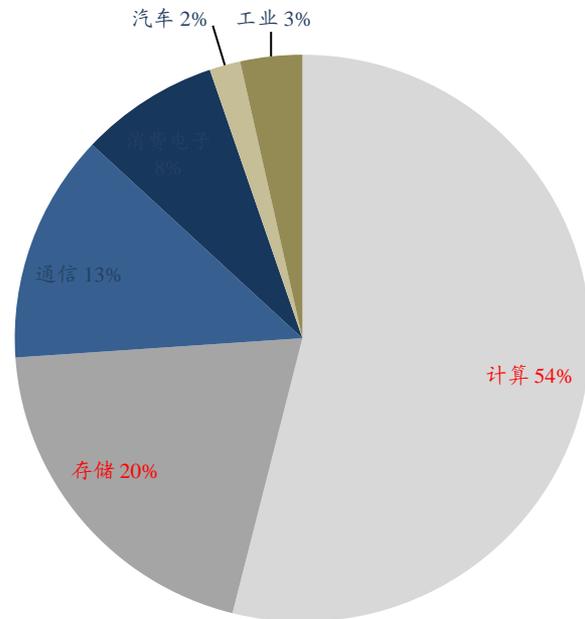
## 2.1 AI发展驱动半导体产业需求高增

- **AI驱动半导体产业需求高增，计算和存储是主要下游需求。**根据Gartner披露，2022年AI半导体销售规模达45亿美元，其中计算和存储分别以25亿美元和10亿美元位列前两大板块。预计2027年AI半导体销售规模将达到115亿美元，2022-2027五年CAGR超30%，其中计算、存储、通信分别以62/23/15亿美元位列前三。
- 随着算力需求提高，要求更多的数据和更高性能的服务器（GPU、ASIC、通信、高带宽DRAM），芯片含量增加，使得晶圆需求增加。
- 随着器件结构从FinFET到GAA的加速，会带来更多的ALD和EPI需求；高性能NAND/高带宽DRAM推动High-K材料的应用，也会带来更多的ALD和EPI需求。

◆ 图：人工智能半导体销售前景（亿美元）



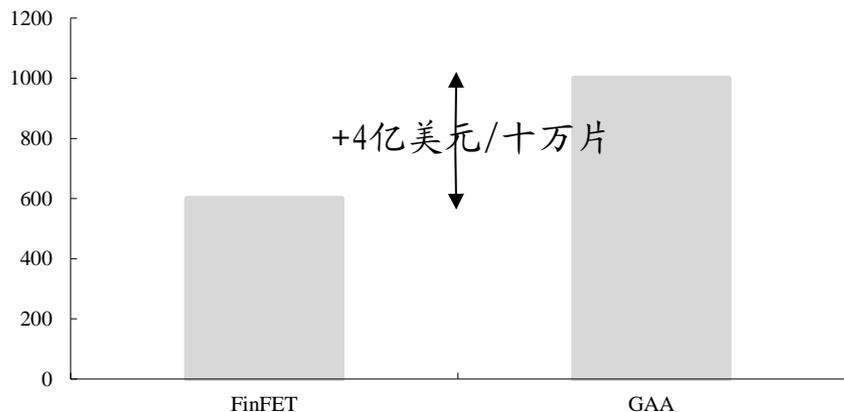
◆ 图：预计2027年AI半导体主要需求将来自于计算与存储，分别占比54/20%



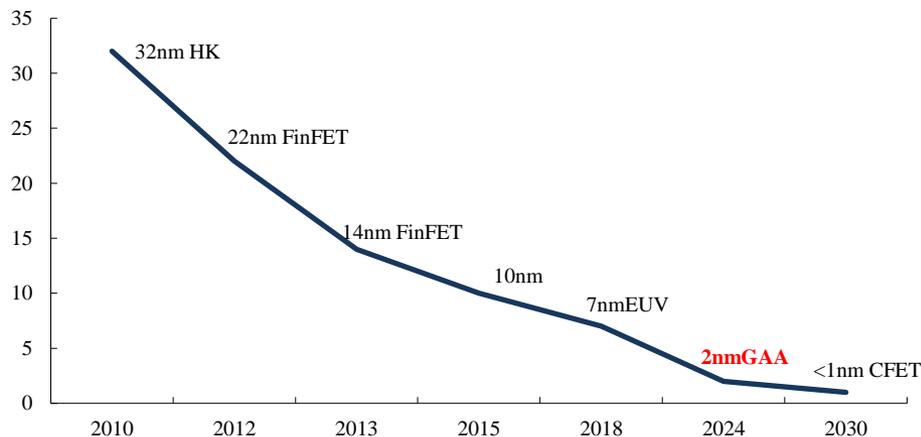
## 2.2 驱动力1: 逻辑芯片已迎来GAA时代

- 在逻辑领域，GAA时代已经悄然到来。2023年ASM的主要客户完成了 2nm Gate-all-around (GAA) 技术节点的大部分开发工作，ASM于2023年下半年收到了GAA试生产的第一批有效订单，并于2024年上半年正式启动。
- **GAA时代的到来新增ALD设备及硅外延设备需求：**GAA技术采用钼金属取代传统的CVD钨和PVD铜以降低电阻，并提高芯片速度和整体性能，而ALD可以提升钼等新金属的粘附性和稳定性，使其在微缩工艺下仍然保持优异的性能；GAA技术依赖于选择性沉积工艺以增加准确性并减少成本，而ALD可以在高纵横比结构中实现均匀沉积的特性在其中至关重要。此外，硅外延也是GAA的一项关键技术，用于构建晶体管的核心——纳米级厚度硅片。据ASM测算，基于十万片晶圆的产能，GAA将为ASM的ALD及硅外延业务将增加4亿美元收入。

◆ 图：GAA相较FinFET将新增设备市场空间4亿美元/十万片（2024）



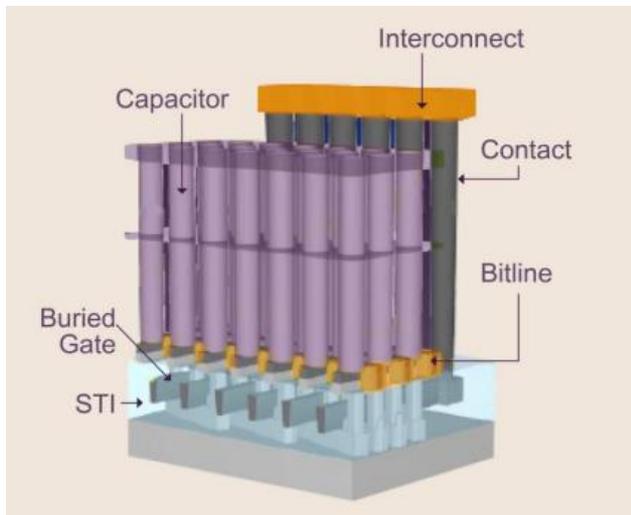
◆ 图：逻辑芯片发展历程



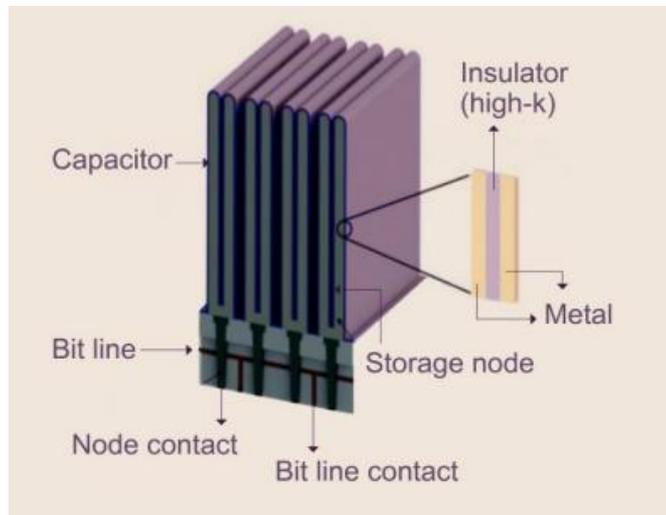
## 2.2 驱动力2: 3D DRAM发展为ALD及EPI带来新需求

- 3D DRAM的发展需要进一步依赖ALD和EPI工艺，以支持更复杂的堆叠结构。这些工艺能够确保在高纵横比的结构中实现均匀沉积，并优化接触电阻，从而提升存储密度和性能。
- 为了实现DRAM架构（如6F<sup>2</sup>）的持续缩放和高密度化，需要新的ALD和EPI工艺：1）低电阻字线金属通过ALD沉积的高导电性金属层，减少了字线的电阻，提升了数据传输速度；2）Low-K间隙和气隙结构能够降低寄生电容，减少信号干扰，提升数据读取性能；3）ALD技术可以沉积高质量的氧化物层，确保DRAM中晶体管的可靠性和性能；4）Epi工艺可生成均匀的低电阻接触材料，提升电流流动效率。
- 在DRAM的外围电路部分，ALD和EPI工艺也有重要作用：1）ALD高K材料（HfSiO和HfO）用于提高电容器的介电性能和存储单元的稳定性；2）偶极层（LaO）和工作函数金属（TiN）通过ALD工艺实现，确保晶体管的阈值电压控制更精准；3）外延EPI材料用于应变增强，提高电荷迁移率，从而提升电路性能。

◆ 图：3D DRAM 6F<sup>2</sup>架构



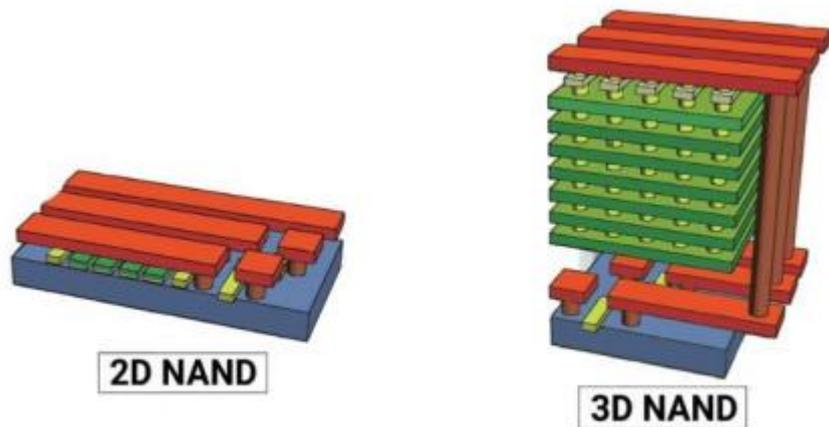
◆ 图：3D DRAM外围电路结构



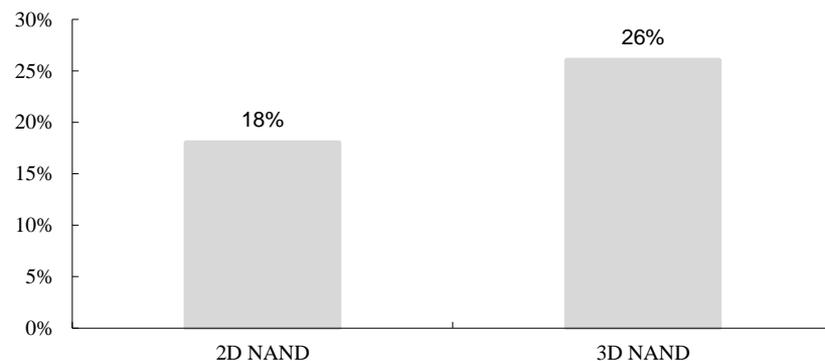
## 2.2 驱动力3: 3D NAND堆叠带动ALD设备需求量提升

- **3D NAND的叠层结构对ALD设备功能要求更高，多层次沉积使得ALD设备价值量比重上升。** 3D NAND可以克服2D NAND的容量限制，3D NAND架构可在不牺牲数据完整性的情况下扩展到更高的密度。与存储单元水平堆叠的2D NAND不同，3D NAND使用多层垂直堆叠，以实现更高的密度、更低的功耗、更好的耐用性、更快的读写速度和更低的成本。为了实现3D NAND堆叠，需要在多个层次上进行精确的薄膜沉积，以确保每一层的厚度和均匀性符合设计要求。ALD（原子层沉积）技术在此过程中尤为关键，因为它们能够提供出色的薄膜均匀性和精确的厚度控制。相较于2D NAND，3D NAND中ALD比重由18%上升至26%。

◆ 图：3D NAND 的叠层结构复杂对ALD设备功能要求更高



◆ 图：3D NAND中ALD设备价值量比重上升



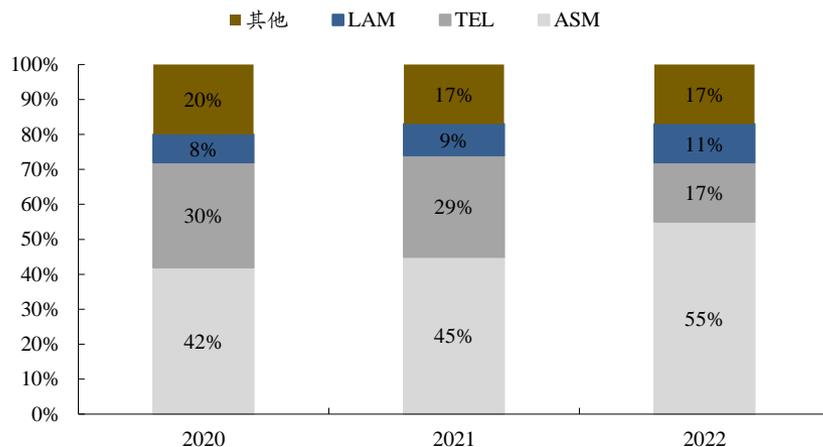
## 2.3 ALD设备市场：半导体晶圆制造增长最快领域之一

- 随着AI与先进制程发展对半导体需求的日益增高，ALD成为半导体晶圆设备中增长最快的领域之一。根据ASM 2023年投资者日披露信息，2022年全球ALD市场规模为26亿美元，预计2025年全球ALD市场规模将达到31-37亿美元，2027年市场规模将达到42-50亿美元，2022-2027五年CAGR为10%-14%。
- **ASM是全球ALD设备龙头**。根据Gartner披露，2022年ASM市场份额高达55%，约为14亿美元，得益于尖端ALD技术的不可替代性，公司ALD市场份额逐年提升，由2020年的42%增长至2022年的55%，是全球最大的ALD沉积设备供应商。

◆ 图：全球ALD设备市场规模（亿美元）



◆ 图：ASMI市场份额逐年提升



## 2.4 ASMI: 全球ALD设备龙一，产品覆盖全品类

- 公司主要提供热ALD (T-ALD) 和等离子体ALD (PEALD) 两种ALD技术设备。
  - (1) T-ALD: 按沉积材料的不同, 公司的产品包括Pulsar (High-K)、Emer (Metal)、Synergis (Metal+金属氧化物)。Pulsar侧重于使用固体原材料的高精度沉积, 非常适合高k材料应用, 特别是在3D晶体管结构中; Emer利用喷头式气体分配在高纯度膜层应用中表现优异, 适合需要复杂形貌的薄膜工艺; Synergis的反应腔室提供了低成本和单片晶圆的高一致性, 适合大规模生产场景中各种材料的T-ALD应用。
  - (2) PEALD: 按应用领域不同, 公司的产品包括Eagle、QCM。Eagle主要应用于多重图案化应用的低温间隔, 而QCM则是用于先进节点存储器和逻辑应用的高生产率。目前公司PEALD已能完成200:1的高深宽比氧化物沉积, 助力TSV产业化。

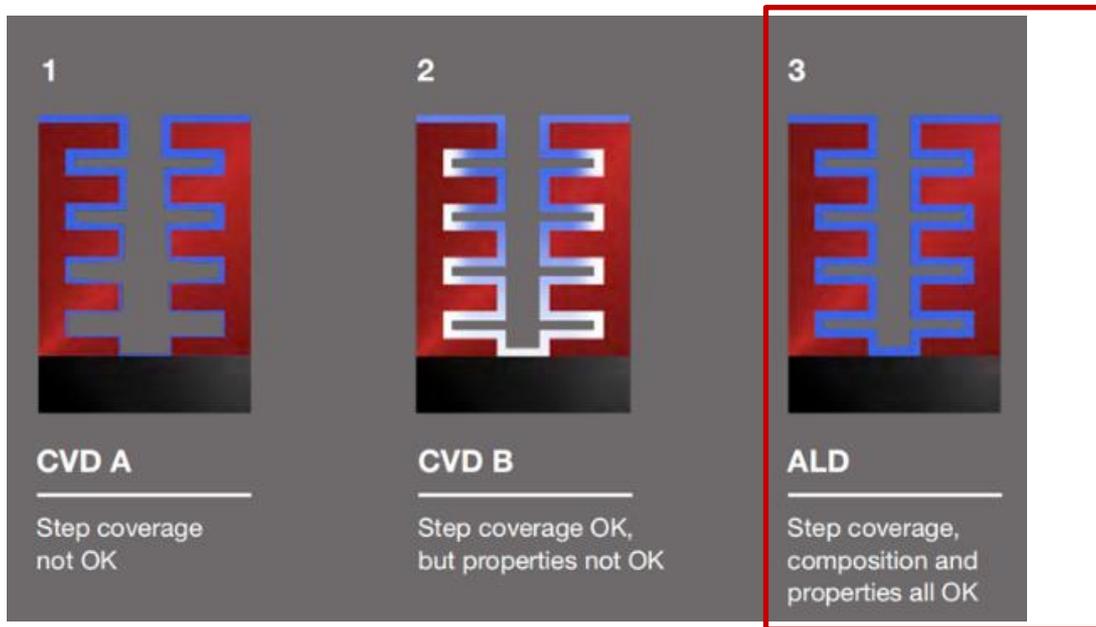
◆ 图: 公司ALD产品覆盖全品类

产品	Pulsar	Emer	Synergis	Eagle	QCM
沉积技术	ALD	ALD	ALD	PEALD	PEALD
沉积材料	High-K	MeTal	MeTal+金属氧化物	金属氧化物+金属氮化物	
主要应用	高k栅极介电层、高k微机电系统 (MEMS)	金属栅极层、电容器电极	硬掩模层、低电阻率的超薄阻挡层	用于间隔层定义多重图案化的低温保形膜、TSV隔离衬垫	先进存储器中的高纵横比间隙填充
优点	横流式反应器输出精确气流; 独特的固体源输送系统可精确控制固体材料转化为气体	喷淋头可以在复杂地形实现均匀的反应物浓度; 远程腔室清洁可以提高运行时间	维护周期短; 晶圆处理成本低; 薄膜一致性高	低体积腔室支持高效的气体使用和快速处理; 低拥有成本; 高效的能耗管理; 晶圆重复性高	

## 2.4 ASMI: 全球ALD设备龙一，产品覆盖全品类

- Pulsar XP系统是ASM制霸ALD设备领域的拳头产品。** Pulsar XP是一款300mm热ALD设备，用于沉积先进晶体管栅极和其他应用所需的极薄High-K材料。2007年Pulsar XP ALD设备被ASM推出，成为世界上首个用于大批量制造使用新型钪基High-K介电材料器件的系统。 固态前驱体通常具有比液体前驱体更好的薄膜性能，而Pulsar独特的固体源传输系统可以精确控制固体材料转化为气体，输送到反应器中。此外，Pulsar采用精确层流气流的交叉流反应器设计，优化ALD脉冲传输，从而获得卓越的薄膜性能、均匀性、纯度和吞吐量。如今随着先进节点对于3D晶体管结构性能要求的提升，Pulsar XP ALD设备成为帮助3D晶体管结构实现从FinFET结构到GAA结构转换的引领者。

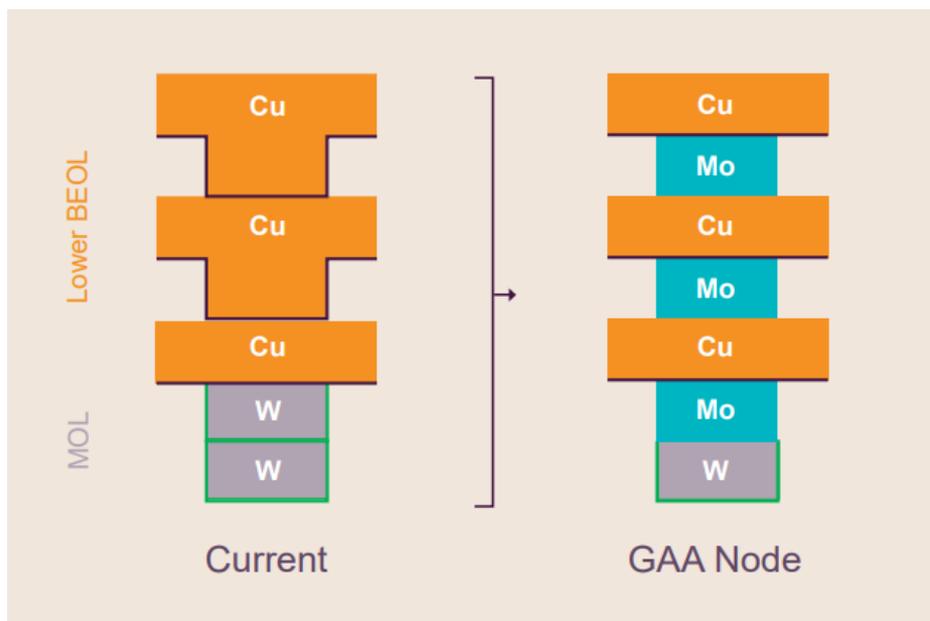
◆ 图： Pulsar XP ALD设备能够实现更好的薄膜性能和均匀性



## 2.5 ASMI核心技术之一：ALD钼金属沉积

- GAA技术的采用促进了新的金属材料在互连结构中的应用。钼（Molybdenum）逐渐取代了传统的CVD钨（Tungsten）和PVD铜（Copper），这有助于降低电阻，提高芯片速度和整体性能。在微缩技术不断推进的背景下，高导电性和低电阻的互连金属成为了关键。ASM的Emer产品能够在沉积薄且均匀的金属层时实现原子级的精确控制，确保了复杂GAA结构中互连层的高导电性和一致性。此外，ASM的ALD技术还能提升钼等新金属的粘附性和稳定性，使其在微缩工艺下仍然保持优异的性能。

◆ 图：GAA技术引入了ALD钼金属沉积



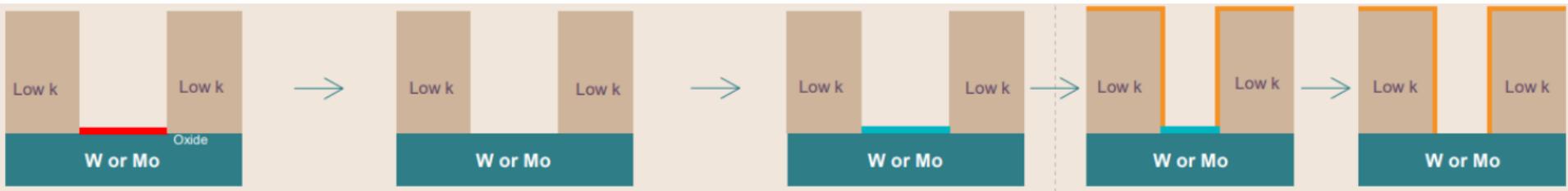
◆ 图：ASM的Emer ALD产品



## 2.5 ASMI核心技术之二：选择性ALD沉积技术

- 为了优化制造过程并提高芯片的性能和良率，GAA技术依赖于选择性沉积工艺，主要分为按需沉积（DoD, Deposition on Demand）和按需材料工艺（MoD, Material on Demand）。这些工艺减少了材料浪费，提升了制造精度，同时保证了复杂晶体管结构中的一致性和可靠性。
- **DoD:** DoD工艺专注于在需要的地方选择性地沉积材料，避免材料沉积在不需要的区域。这一工艺主要用于铜互连结构的优化，分为4个步骤：1) 表面准备：首先对基板表面进行清洁和预处理，以确保沉积区域表面的活性；2) 抑制层选择性ALD：在非沉积区域沉积抑制层，防止材料覆盖在不需要的区域；3) 选择性ALD沉积：在需要的区域精准沉积氧化铝等材料；4) 抑制层移除：最后移除抑制层，确保整个结构达到所需的沉积效果。
- **MoD:** MoD工艺用于在特定区域按需沉积不同的材料，如钨（W）或钼（Mo），以实现复杂的互连结构，分为4个步骤：1) 原始材料引入：初始阶段沉积钨或钼；2) 表面清洁：清除表面杂质，确保后续沉积的粘附性；3) 抑制层和表面准备：使用抑制层选择性处理表面，防止材料沉积在不需要的区域；4) 选择性ALD沉积：利用ALD技术为铜互连沉积钨或钼作为衬垫层，提升导电性；5) 抑制层移除：移除不需要的抑制层，确保互连材料的完整性。

◆ 图：MoD技术图示





1 公司简介：荷兰半导体设备企业之父，深耕ALD/外延设备

2 ALD沉积设备：ASM为全球ALD设备龙头，受益于先进制程扩产

3 碳化硅外延设备：800V碳化硅快充时代来临，带动ASM设备需求高增

4 硅外延设备：规模稳定增长，ASM为传统龙头

5 投资建议

6 风险提示

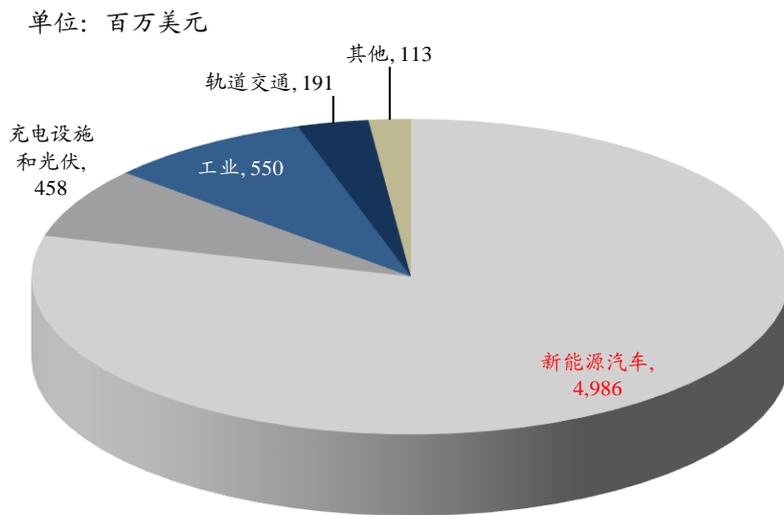
### 3.1 新能源汽车驱动碳化硅产业放量

- 新能源汽车和光伏发电领域是SiC器件主要应用场景，根据Yole，2027年新能源汽车导电型SiC功率器件市场规模有望达50亿美元，占比高达79%。SiC器件主要应用在PCU（动力控制单元，如车载DC/DC）和OBC（充电单元），相比于Si器件，SiC器件可减轻PCU设备的重量和体积，降低开关损耗，提高器件的工作温度和系统效率；OBC充电时，SiC器件可以提高单元功率等级，简化电路结构，提高功率密度，提高充电速度。

◆ 图：SiC的主要器件和广泛应用场景



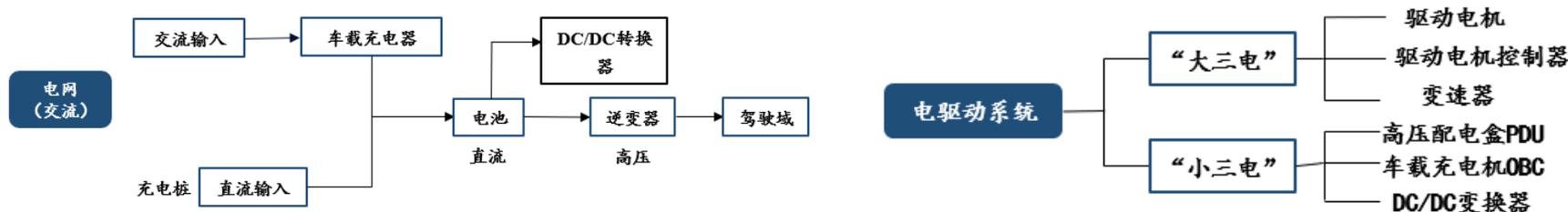
◆ 图：2027年导电型SiC器件市场规模，其中新能源汽车规模最大，达50亿美元



## 3.2 SiC器件主要用于汽车主驱、OBC、DC/DC等系统中

- 电动汽车电能应用分为驱动和车身/辅助系统两个方向，碳化硅器件有助于电池成本下降和续航里程的提升，降低单车成本，SiC SBD（二极管）、MOSFET 主要应用于OBC与DC/DC，SiC MOSFET主要用于电驱动。
- (1) 主驱：SiC 在纯电动车、混动车主驱上都有应用。Model 3主驱搭载24个SiC模块，拆开封装每颗有2个SiC裸晶（Die），共计搭载48个SiC MOSFET，已知6寸衬底片为直径150mm的圆片、SiC MOSFET是边长5.8mm的正方形，所以一个衬底片面积能切约400多个SiC MOSFET，再考虑50%良率约200个。(2) OBC、DC/DC：相比 SiC主驱逆变器，OBC、DC/DC所使用的SiC MOS允许更高的导通电阻，技术成熟度更高。

◆ 图：电动汽车电能应用分为驱动和车身/辅助系统两个方向



◆ 图：碳化硅在汽车主驱、OBC、DC/DC 的应用情况

模块	SiC器件类型	可替换硅基器件	相比硅基优势	代表车型
主驱	MOSFET	Si-IGBT	提升能量转化效率、减小系统体积、提高开关频率	特斯拉Model 3/Y、蔚来ET5/ET7
OBC	MOSFET	Si-IGBT/Si-MOSFET	提升能量转化效率、减小系统体积	比亚迪海豹、丰田bZ4X
	SBD	PFC Si-SBD	提升整流效率	
DC/DC	MOSFET	Si-IGBT/Si-MOSFET	提升能量转化效率、减小系统体积	
	SBD	前后两级 Si-SBD	提升整流效率	

### 3.3 新能源车走进800V快充时代，SiC上车迎来风口

- **碳化硅是800V高压快充标配。**800V高压碳化硅平台能够增加电池续航里程、缩短充电时间。目前电动汽车电压平台普遍为400V，将整车平台电压提升到800V开始成为主流电动车企的共识，**硅基IGBT已接近性能极限，很难满足主驱逆变器的技术需求，碳化硅正在逐渐替代传统的硅基IGBT。**英飞凌、意法半导体、Wolf speed、法雷奥和博世等全球领先的功率器件厂商、汽车零部件一级供应商（Tier1）已与车企深度合作，加速推进高压碳化硅架构上车进程。

◆ 图：国内外车企搭载800V高压快充情况

地区	品牌	车型	上市/交付时间	续航	售价
国外	保时捷	Taycan	2019量产	22.5min@5%-80%SOC	90-184万
	路特斯	Type132	2022发布	8.5min@5%-80%SOC	100万以上
	奥迪	E-tron GT	2022上市	22.5min@5%-80%SOC	100万
	起亚	EV6	2021上市	14 min@30%-80%SOC	28-42万
	现代	IONIQ	2021上市	14 min@30%-80%SOC	23-32万
	捷尼赛思	GV60	2023上市	18 min@30%-80%SOC	28-35万
	通用	悍马EV	2023量产	10 min@160km	58-72万
	特斯拉	Cybertruck	预计2023年底交付	基本续航约560km	28万起
	大众	Project Trinity	预计2026推出	225KW	28万起
国内	比亚迪	海豚	2022交付	30 min@30%-80%SOC	9-12万
	比亚迪	海豹	2022交付	15 min@300km	22-28万
	比亚迪	元PLUS	2022交付	30 min@30%-80%SOC	13-16万
	小鹏	G9	2022年上市	5min@200+km	31-47万
	小鹏	G6	2023年6月上市	10min@300km	21-28万
	广汽	AION V	2021发布	8 min@0%-80%SOC	19万起
	广汽	AION昊铂GT	2023上市	15 min@150km	22-34万
	长城	机甲龙	2022交付	10 min@401km	约50万
	吉利	极氪CS1E	2023发布	800V	20-30万
	智己	LS6	2023上市	5min@200km/10min@350km	23-29万
	奇瑞	星途STERRA ES	2023上市	5min@150km	26-36万
	华为问界	M9	2023Q4上市	纯电续航630km	50-60万

数据来源：各车企官网，东吴证券研究所

# 3.4 SiC产业链包括衬底-外延-器件-应用，70%价值集中在衬底&外延



- 主要设备(编号) 价值量(占比)
- 长晶炉(a)
  - 切片机(b)
  - 研磨机(c)
  - 抛光机(d)
  - 外延炉(e)
  - 光刻机(f)
  - 干法刻蚀机(g)
  - 高温离子注入机(h)
  - 纳米银烧结设备(m)
  - 高温氧化炉(i)
  - 高温退火炉(j)
  - 背面减薄机(k)

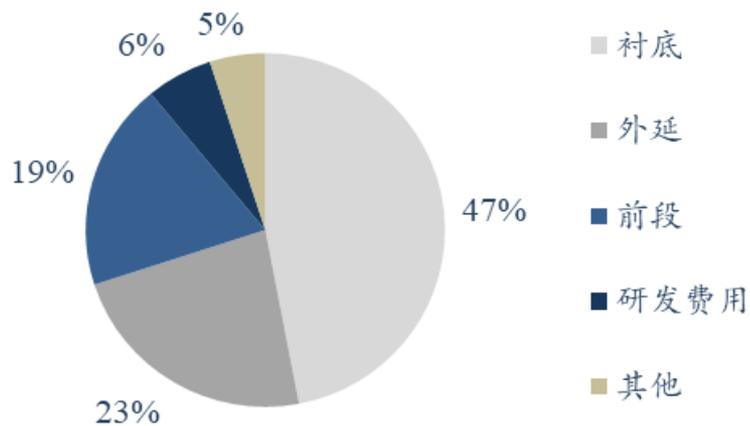
	衬底厂	设备厂	外延厂	设备厂	芯片设计/晶圆厂	设备厂	器件厂	设备厂	应用厂商
国外厂商	Wolfspeed (原Cree) Coherent (原II-IV) SiCrystal (Rohm) SK siltron css	信越化学 (a) 日本胜高 (a) 日本高鸟 (b) Disco (b)(c)(d) 东京精密 (b)(c)(d) 日本安永 (b) 梅耶博格 (b)	Wolfspeed Resonac(原昭和电工) SK siltron css	Axitron (e) LPE (e) Nuflare (e) TEL (e)	Wolfspeed Rohm 英飞凌 意法半导体 三菱电机 日本东芝 日本松下 安森美	AMAT (g/h) Lam Research (g) TEL (g) ULVAC (h) NISSIN (h) 日本真空 (j) Controtherm (ij) 东横化学 (i) Disco (k)	Wolfspeed Rohm 英飞凌 三菱电机 意法半导体 日本东芝 日本松下	Boschman (m) <b>ASMPT (m)</b> AMX (m)	特斯拉(电动汽车) 奥迪(电动汽车) 日本丰田(电动汽车) 西门子(光伏/动车) Enphase(光伏)
国内厂商	天岳先进 天科合达 露笑科技 东尼电子 三安光电 <b>晶盛机电</b> 世纪金光 烁科晶体	北方华创 (a) 晶升股份 (a) 恒普科技 (a) 弘元绿能 (a) 高测股份 (b) 宇晶股份 (b)(c)(d) 德龙激光 (b) 大族激光 (b) 深圳东荣 (c)(d) <b>晶盛机电 (a-d)</b>	瀚天天成 东莞天域 三安光电 百识电子 普兴电子(中电科)	北方华创 (e) <b>晶盛机电 (e)</b> 纳设智能 (e) 芯三代 (e)	三安光电 泰科天润 扬杰科技 斯达半导 世纪金光 时代电气 基本半导体	北方华创 (g)(ij) 中微半导体 (g) 中科院微电子所 (g)	长电科技 基本半导体 扬杰科技 泰科天润	快克智能 (m) 先进连接 (m)	比亚迪(电动汽车) 欣锐科技(电动汽车) 小鹏(电动汽车) 时代电气(动车、轨交) 泰科天润(充电桩) 阳光电源(光伏逆变器)

数据来源: Yole, CASA, 各公司官网, 晶盛机电SEMICON发布会, 东吴证券研究所

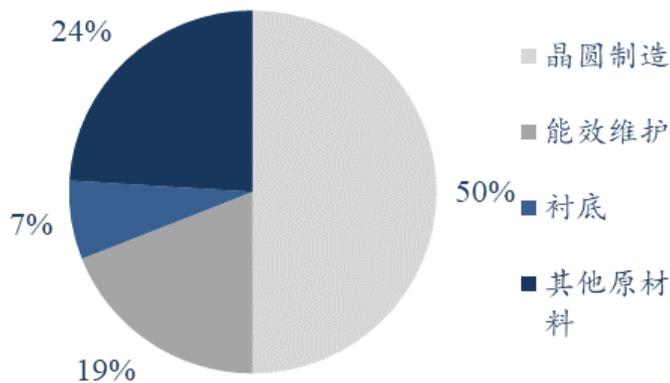
### 3.4 SiC产业链包括衬底-外延-器件-应用，70%价值集中在衬底&外延

- 碳化硅器件产业链主要包括衬底、外延、器件制造（设计、制造、封测）三大环节。从工艺流程上看，首先由碳化硅粉末通过长晶形成晶锭，然后经过切片、打磨、抛光得到碳化硅衬底；衬底经过外延生长得到外延片；外延片经过光刻、刻蚀、离子注入、沉积等步骤制造成器件。
- SiC产业链70%价值量集中在衬底和外延环节。碳化硅衬底、外延成本分别占整个器件的47%、23%，合计约70%，后道的器件设计、制造、封测环节仅占30%。这与硅基器件成本构成截然不同，硅基器件生产成本主要集中在后道的晶圆制造约50%（碳化硅器件制造也包含晶圆制造，但成本占比相对较小），衬底成本占比仅为7%。SiC产业链价值量倒挂的现象说明上游衬底厂商掌握着核心话语权，是国产化突破的关键。

◆ 图：碳化硅器件成本结构



◆ 图：硅基器件的成本结构



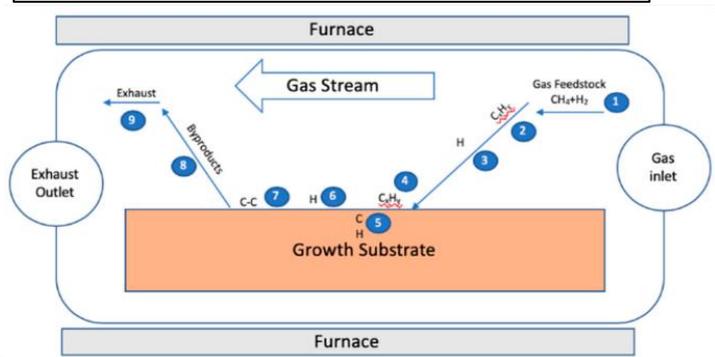
# 3.5 SiC外延炉：CVD成本适中&质量好&生长快，是主流外延技术

- **SiC外延主要设备是CVD。** SiC外延需要严格控制厚度均匀性、掺杂均匀性、缺陷率和生长速率，方法包括化学气相沉积CVD、液相外延LPE、分子束外延MBE等，其中CVD兼备成本适中+外延质量好+生长速度快的优势，应用最广。CVD工艺流程：①利用载气（H<sub>2</sub>）将反应源气体（如SiH<sub>4</sub>/C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>）输送到生长室内的热区；②气体达到被加热的SiC衬底，反应沉积单晶薄膜（外延片）。

◆ 图：CVD制作SiC外延片过程



常用设备	热壁式水平外延炉
反应前驱气体	三氯氢硅、乙烯等
掺杂源	氮气N <sub>2</sub> 和三甲基铝（TMA）等
生长温度范围	1500-1650°C
生长速率	5-30μm/h

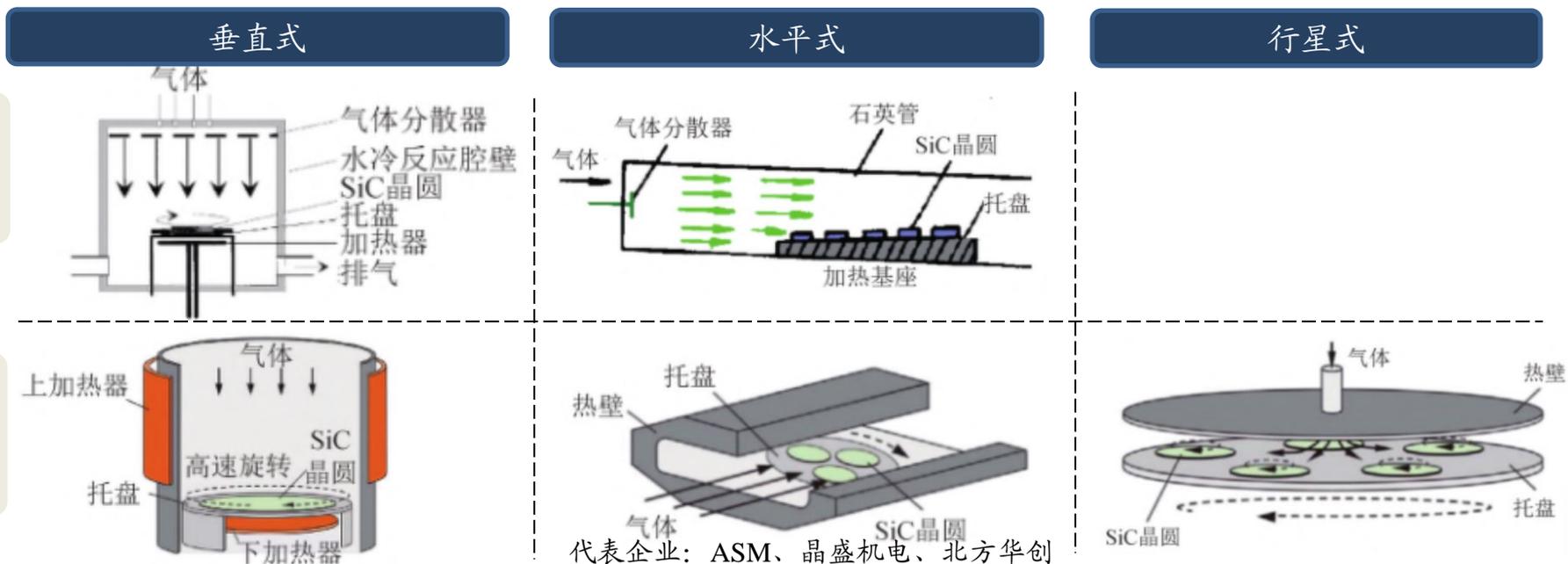


CVD (√)	LPE (×)	MBE (×)	蒸发法 (×)
价格适中，质量好且生长快	价格低，但质量不佳且生长适中	价格最昂贵，质量最好但生长慢	价格最低，但蒸发不均匀&质量差

### 3.5 SiC外延炉：水平/垂直式多技术并行，多腔&多片有效提高产能

- **CVD分为冷壁和热壁，热壁是主流。**冷壁的壁温<基片温度，在反应室内对基片加热，器壁和原料区都不加热；热壁的壁温>基片温度，在反应室外对器壁+原料区+基片加热。冷壁CVD结构简单，但热辐射损失大，导致加热效率很低，且温场/流场不均匀，晶体表面温度梯度很大(>100K/mm)，容易翘曲；热壁CVD克服了这些缺点，改变加热方式&增加绝热材料(如石墨)，温场/流场更均匀，温度梯度显著降低(<10 K/mm)，外延质量好，是量产CVD的主流。
- **水平式难度较低，是新进入者首选。**水平式/行星式CVD技术难度&成本相对较低，是新进入者的首选，但水平式气体迁移路径长，膜厚和掺杂浓度不稳定，同时气体入口距衬底近，流场和温场不均匀，容易形成SiC颗粒掉落，造成缺陷；垂直式的气体入口距衬底较远，流场和温场更均匀，不易生成SiC颗粒，但技术难度大&设备昂贵，使用垂直式的主要是Nuflare。

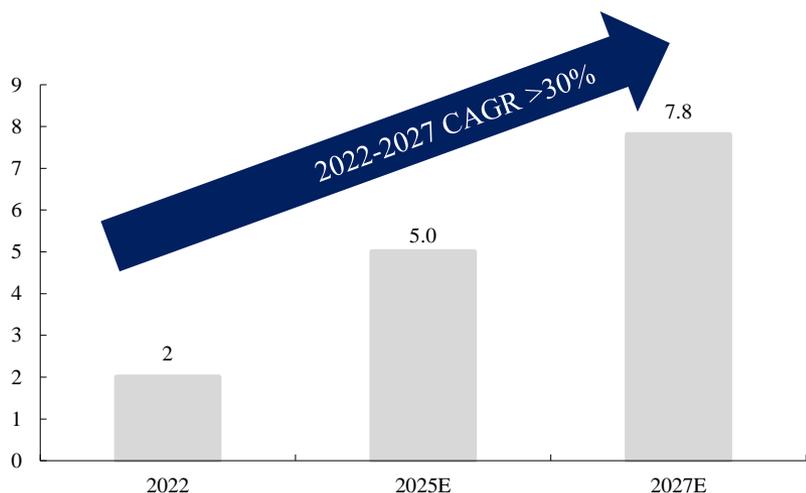
◆ 图：SiC-CVD按照气流方向可分为垂直/水平式（行星式是水平式的一种）



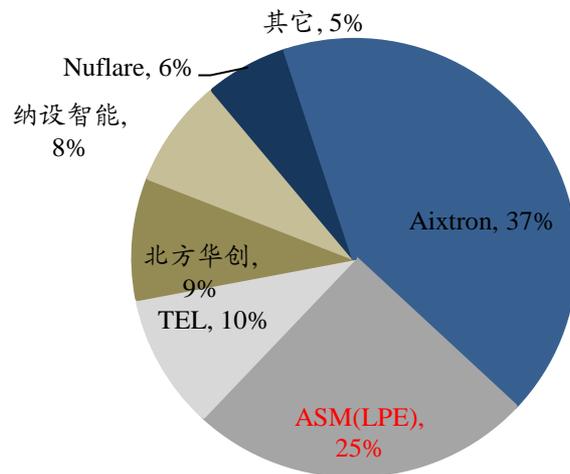
### 3.6 碳化硅外延设备高速增长，ASM为全球龙二

- 碳化硅外延成新高速增长曲线。2022年全球碳化硅外延设备市场份额约为2亿美元，受益于电动化加速以及800V快充对碳化硅的需求迫切，预计2027年碳化硅外延设备市场将达到近8亿美元，CAGR达到30%以上。
- 从2023年全球SiC外延设备市场竞争格局来看，龙一为Aixtron，市占率37%，龙二为ASM（LPE），市占率25%，龙三为TEL，市占率10%。

◆ 图：全球碳化硅外延设备市场测算（亿美元）



◆ 图：2023年全球SiC外延设备市场竞争格局



## 3.7 国内SiC外延设备未来2-3年有望快速实现国产替代

- 国内外延设备由国外厂商主导，国内主打外延设备以意大利的LPE、德国的爱思强、日本的Nuflare产品为主，其MOCVD设备的核心差异是对气体流量的控制：（1）Nuflare：垂直气流，喷淋头和托盘距离长，优势在于流场均匀、particle少、产能大，缺陷在于设备成本高（3500万元单腔）、厚度和掺杂的均匀性略差、耗材成本高。（2）LPE：水平气流，优势在于价格适中（1100万元单腔）、生长速率高、厚度和掺杂的均匀性较好，缺陷在于上壁粒子掉落导致良率偏低、工艺可调性差、PM周期短、单设备产能提升难度大。（3）爱思强：垂直气流（公转+自转），优势在于厚度和掺杂的均匀性好，缺陷在于重复性差（不适用量产）、Particle较多。
- 未来2-3年SiC MOCVD设备国产替代加速。国内设备相对国外在技术、成本和性价比方面具备优势，在SiC产业即将迎来井喷之际，时间上不允许国外几家厂商进行大的技术方案革新或者推倒重来。我们预计接下来2-3年SiC MOCVD会出现和LED MOCVD格局类似的演变，即市场上国产短时间内大量替代国外设备。

◆ 图：外延炉主要厂商

	意大利LPE	德国爱思强 (GSWW)	日本Nuflare (S6)	芯三代设备
工艺类型	水平气流	垂直气流 喷淋头和托盘距离短 自转+公转	垂直气流 喷淋头和托盘间距大	垂直气流 喷淋头和托盘间距适中
厚度均匀性	0.5-1.5%	<1%	<2%	<b>&lt;1.5%</b>
掺杂均匀性	1.5-5%	<4%	<4%	<3%
缺陷	<0.5/cm <sup>2</sup>	<0.5/cm <sup>2</sup>	<0.02/cm <sup>2</sup>	<0.02/cm <sup>2</sup>
生长速率	≤90μm/h	>25μm/h	>50μm/h	>50μm/h
升温/冷却时间	---	20+40min/65+14min	7min/7min	<b>7-15min/7-30min</b>
最高温度	1650°C	1650°C	1650°C	1650°C
温度均匀性	<2°C	<2°C	4"wafer<1°C 6"wafer<2°C	6"wafer<1.5°C
设备价值量	1100万RMB 单腔	2200万RMB 单腔	3500万RMB 双腔	<b>1200~万RMB 单腔</b>
单腔产能 (6寸)	单腔*单片 300~500片/月	单腔*8片 600~1200片/月	双腔*单片 1500~1800片/月	单腔*3片 (可扩更多片); <b>600~2000片/月</b>
优势	生长速率高，价格适中，厚度和掺杂的均匀性较好	厚度和掺杂的均匀性好	流场均匀，Particle少，设备利用率	<b>厚度和掺杂的均匀性好，生长速率高，价格低</b>
劣势	工艺可调性差，Particle多，PM周期短	Particle非常多，重复性差 (不适于量产)，衬底背面污染	厚度和掺杂的均匀性略差，设备成本高，耗材成本高	验证迭代需要时间

## 3.7 国内SiC外延设备未来2-3年有望快速实现国产替代

- 海外产能不足，Nuflare基本供给美国，LPE只保证瀚天天成&东莞天域，爱思强口碑难以逆转。（1）NuFlare：年产能约12台，订单基本被国际大公司买断，预计在25年才开始供应国内市场；（2）LPE（ASM）：年产能30台+，效率不及Nuflare，2/3设备供给中国，22年主要供给瀚天天成和东莞天域，23年天成转向国产设备后，LPE客户将仅有天域；（3）爱思强：唯一一家多片型厂商，但是工艺达不到要求，缺陷多&不均匀，口碑难以逆转。
- 国外设备短缺，利好国产替代。国内厂商晶盛机电、北方华创、芯三代、中电48所和深圳纳设智能主要借鉴LPE的水平气流&单片外延方式，其中芯三代也研发Nuflare垂直气流&双腔外延方式。其中晶盛机电6寸单片式碳化硅外延设备（型号为150A，产能350-400片）已实现国产替代，22年公司外延设备市占率居国内前列。23年6月公司又成功研发8英寸单片式碳化硅外延生长设备，引领国产替代。

◆ 图：外延炉厂商产能规划

厂商	设备进展/产能规划
NuFlare	年产约12台，大部分订单被国际大公司买断，订货周期特别长。2025年才开始供应国内市场。
LPE	年产约30台，2/3供给中国，国内厂商只有瀚天天成与LPE签订合同，可保证每年20-30台外延炉设备供应。
晶盛机电	2018年开始开发单片式外延设备，2023年发布双片式外延设备
北方华创	外延设备应用广泛，包括单晶硅、多晶硅、碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）、磷化铟（InP）等



1 公司简介：荷兰半导体设备企业之父，深耕ALD/外延设备

2 ALD沉积设备：ASM为全球ALD设备龙头，受益于先进制程扩产

3 碳化硅外延设备：800V碳化硅快充时代来临，带动ASM设备需求高增

4 硅外延设备：规模稳定增长，ASM为传统龙头

5 投资建议

6 风险提示

## 4.1 硅外延：主要应用于半导体集成电路CMOS硅工艺

● 外延片(EPI)指的是在抛光面上生长一层或多层掺杂类型、电阻率、厚度和晶格结构都符合特定器件要求的新硅单晶层，用于减少硅片中因单晶生长产生的缺陷，对于硅片而言，晶圆衬底上进行外延生长是一项非常关键的工艺步骤：

- **提高晶体质量：**晶圆衬底在制造过程中可能会有一定的缺陷和杂质，外延层的生长可以在衬底上生成一个高质量、缺陷和杂质浓度低的单晶硅层，减少衬底材料中的晶界和缺陷的影响；
- **改善电气性能：**通过在衬底上生长外延层，可以精确控制硅的掺杂浓度和类型，优化器件的电气性能；
- **支持先进工艺节点：**在更小的工艺节点（例如7nm、5nm）中，器件特征尺寸不断缩小，要求更加精细和高质量的材料，外延生长技术能够满足这些要求。此外，在功率器件中，外延层可以提高器件的击穿电压，增加安全工作范围；
- **多层结构：**外延生长技术允许在衬底上生长多层结构，不同层次可以具有不同的掺杂浓度和类型。这对于制造复杂的CMOS器件和实现三维集成非常有帮助。

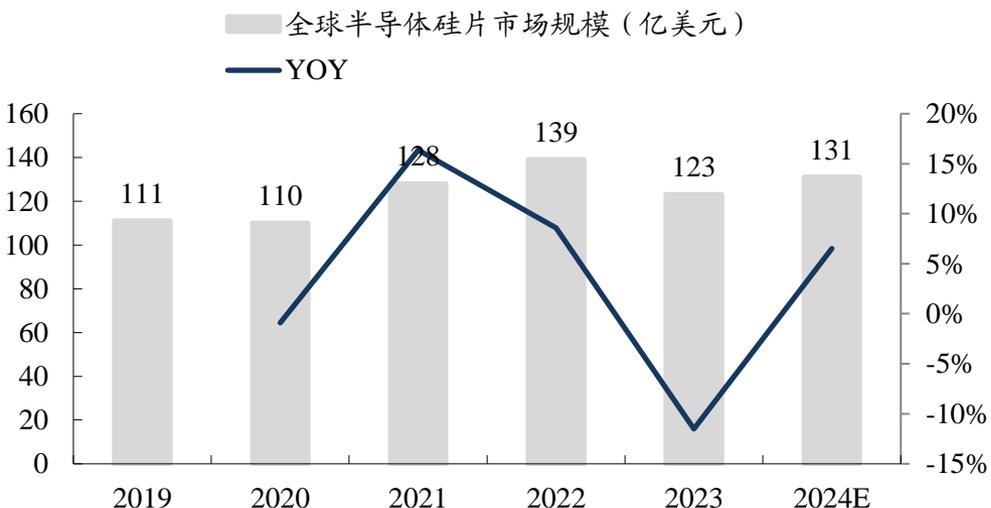
◆ 图：硅外延与碳化硅外延主要区别

特性	硅外延(Si Epi)	碳化硅外延(SiC Epi)
沉积材料	单晶硅(Si)	碳化硅(SiC)
基底材料	硅衬底	碳化硅衬底
沉积温度	1000-1200°C	1500-1700°C
外延层厚度	0.5-数十μm	数μm至数百μm
禁带宽度	1.12 eV	3.26 eV
功率与耐压能中等	中等	高
热导率	中等	高
主要应用	CMOS、功率器件、太阳能 电池	高压功率器件、电动汽车、工 业与航空领域
成本	较低	较高

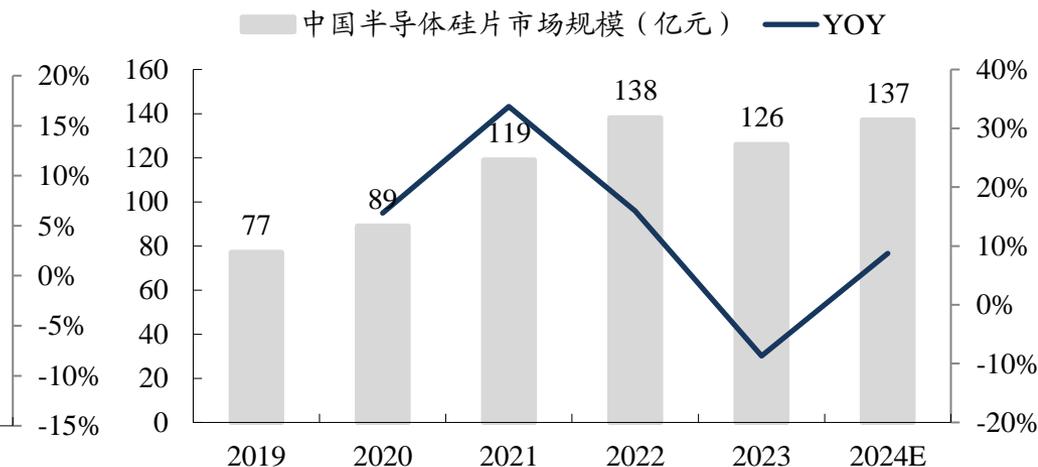
## 4.2 外延设备为半导体硅片核心设备，预计稳定增长

- **全球半导体硅片市场稳定增长。**据SEMI数据，2023年全球半导体硅片市场规模约为123亿美元，同比下降11.5%，主要系半导体终端需求疲软和宏观经济的影响，2019-2023 CAGR为2.6%。2024年，受5G通信、人工智能等终端市场驱动，全球半导体硅片市场有望复苏，我们预计2024年全球半导体硅片市场将达到131亿美元，同比增长6.5%。
- **中国半导体硅片近年来市场增速高于全球。**据SEMI数据，2023年中国半导体硅片市场规模约为126亿元，同比下降8.7%，2019-2023 CAGR为13.1%，显著高于全球。我们预计2024年中国半导体硅片仍将维持高速增长，预计规模达137亿元，同比增长8.7%。

◆ 图：全球半导体硅片市场规模



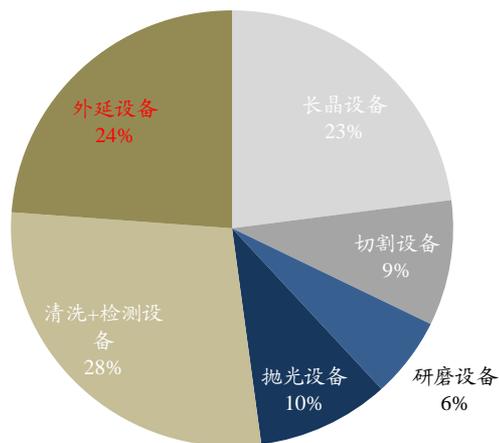
◆ 图：中国半导体硅片市场规模



## 4.2 外延设备为半导体硅片核心设备，预计稳定增长

- 外延设备是硅片生产设备中第二大价值量设备。据SEMI数据，2024年中国硅外延设备市场空间约为21.55亿元，占比24%。假设2024年衬底产能为135万片，衬底所需外延炉数量为2台/万片，外延炉价格为800万元/台，我们经测算可得到2024年外延炉市场空间为21.6亿元，与SEMI预测一致。

◆ 图：外延设备是硅片生产环节中第二大价值量设备（2023）



◆ 图：全球硅外延设备市场测算（亿美元）



◆ 图：中国半导体硅片市场规模

	2022	2023	2024E	2025E	2026E
衬底片产能(万片)	47	92	135	131	141
衬底所需外延炉数量(台/万片)	2.08	2.08	2	2	1.92
外延炉价格(万元/台)	800	800	800	800	800
外延炉市场空间(亿元)	7.82	15.31	21.60	20.96	21.66

## 4.3 ASMI: 传统硅外延龙头，收购LPE开辟碳化硅外延新线

- **ASM是传统硅外延领域巨头，22年收购LPE后拓展碳化硅外延新线。** ASM自1980年成立ASM America后便深耕硅外延领域，根据ASM 2023年投资者日披露信息，2022年ASM在硅外延设备市场份额约为16%，是全球第二大的硅外延设备供应商。 2022年，ASM收购意大利碳化硅外延设备公司LPE开拓新产品线，碳化硅外延现已成为公司成长速度最快的业务之一。
- **公司主要提供热Si Epi（硅外延）和SiC Epi（碳化硅外延）两种Epi技术设备。** 在硅外延领域，公司的产品包括Epsilon、Intrepid。Epsilon为150毫米和200毫米晶片提供各种外延应用，从用于晶片制备的高温硅到用于形成晶体管应变层的低温选择性或非选择性硅锗；Intrepid专为300mm先进晶体管和存储器应用而设计。在碳化硅外延领域，公司的产品包括PE106/108（一代）和PE208（二代）。公司碳化硅外延设备将SiC材料沉积在裸晶片上，或作为晶体管器件制造工艺的一部分，应用于电车动力器件。PE208相较于一代产品，双腔室设计可实现简单快速的腔室维护，以及带高温装卸的全盒式操作。

◆ 图：公司硅外延及碳化硅外延设备产品

产品	Epsilon	Intrepid	PE106/108	PE208
沉积技术	Epi		SiC Epi	
沉积材料	硅基		碳化硅	
主要应用	150mm/200mm晶片	300mm先进晶体管/存储器	裸晶圆	裸晶圆/功率器件晶体管
优点	Silcore前驱体使其在低温下具有业内最高的沉积速率	Previum工艺模块的集成预清洁帮助实现行业最高的吞吐量	生产效率高，生长速率高达60微米/小时；预防性维护间隔时间长；占地面积小	更高的产量和更低的成本生产功率器件，在更小的外形尺寸内满足更高的功率规格



- 1 公司简介：荷兰半导体设备企业之父，深耕ALD/外延设备
- 2 ALD沉积设备：ASM为全球ALD设备龙头，受益于先进制程扩产
- 3 碳化硅外延设备：800V碳化硅快充时代来临，带动ASM设备需求高增
- 4 硅外延设备：规模稳定增长，ASM为传统龙头
- 5 投资建议
- 6 风险提示

## 5.1 微导纳米：ALD国产替代引领者

◆ 国内外主要薄膜沉积设备商均有布局ALD产品，公司进展较快率先进入产业化应用。国内公司积极投入研发ALD技术，但大部分仍处于产业化验证阶段，只有拓荆科技、北方华创和微导纳米的部分产品进入产业化应用阶段。此外，公司与拓荆科技呈现明显的差异化竞争态势，尽管产品有所重叠，但其背后的技术原理和产业应用方面有所差异，公司ALD设备主要为T-ALD，使用热反应原理，用于高K栅介质层的沉积；拓荆科技ALD设备主要为PE-ALD，采用等离子原理，主要沉积介质薄膜，用于SADP工艺和STI工艺。综合来看，公司ALD技术在国内处于第一梯队，具备半导体薄膜沉积设备领域平台化拓展的能力。

(风险提示：研发进展不及预期，下游扩产不及预期)

◆ 图：公司半导体ALD设备与国际同类设备性能对比

公司	产品	单片	立式	ALD产品应用领域	产业化进展	收入
拓荆	PE-ALD	√		SADP工艺、STI表面薄膜 应用于128层以上3D NAND FLASH存储芯片、19/17nm DRAM存储芯片晶圆制造，可以沉积SiO2和SiN介质材料薄膜	产业化应用 产业化验证	2021年ALD收入2862万元 2022年ALD收入3258.67万元
	T-ALD			应用于逻辑芯片28nm以下制程，沉积Al2O3、AlN等多种金属化合物薄膜材料	产业化验证	
微导	PE-ALD	√		第三代化合物半导体钝化层和过渡层 逻辑芯片的High-K栅氧层薄膜沉积	产业化验证 产业化应用	2021年收入2520万元 2022年确认一台收入
	T-ALD	√		存储芯片的高K栅电容介质层(单元和多元掺杂介质层)和覆盖层、半导体量子器件超导材料导电层、第三代化合物半导体钝化层和过渡层	产业化验证	
北方华创	PE-ALD	√		用于沉积SiO2、SiNx、TiN、AlN等多种膜层		
	T-ALD	√		HKMG工艺	产业化应用	
盛美	T-ALD		√	沉积氮化硅(SiN)和碳氮化硅(SiCN)薄膜；出厂的首台Ultra Fn A设备将用于28nm逻辑制造流程，以制造侧壁间隔层	产业化验证	2022年推向两家关键客户，
中微		√		存储钨ALD设备；高端存储和逻辑器件的ALD氮化钛设备	实验室测试	
ASM	T-ALD	√		HKMG工艺；金属氧化物；金属氮化物	量产	2020年ALD全球市场份额30%；
	PEALD	√		图案层；栅极侧墙和衬底沟槽填充	量产	2022年ALD占收入比重为58%，约14亿欧元。
LAM		√		3D NAND和DRAM的低氟、低应力钨填充；钨塞、触点和通孔填充；3D NAND字线；低应力复合互连；多重图案化；刻蚀停止层等	量产	2022财年总收入172亿美元
TEL			√	批量式	量产	2020年ALD全球市场份额为18%；2022财年总收入为164亿美元
KE			√	批量式	量产	2022财年总收入大于17亿美元

## 5.2 晶盛机电：积极布局硅外延+碳化硅外延设备

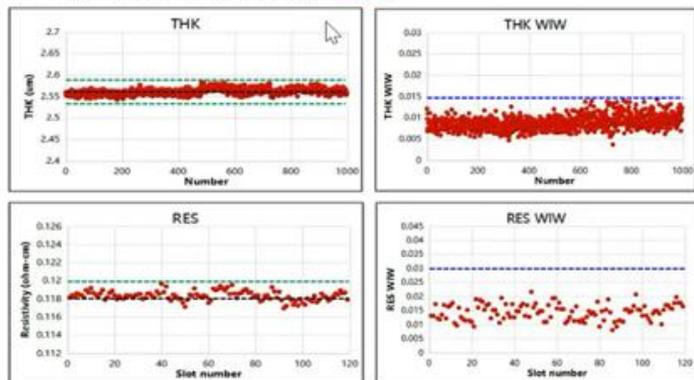
- 公司的碳化硅外延炉全面覆盖6-8寸主流技术路线，出货量国内领先。晶盛2019年开始开发碳化硅外延炉，水平式、垂直式、行星式均有布局；目前在批量销售的是6英寸和8英寸的水平式和垂直式设备，行星式还在研发阶段（在实验室做工艺调试）。最新发布设备是8英寸的双片式碳化硅外延炉，和单片式相比产能提升70%，单片生产成本降低30%。截至24年3月底，晶盛的碳化硅外延炉累计出货超过200台，出货量国内领先。
- **硅外延的设备分类及难点：**按照尺寸划分分为8寸、8寸以下和12寸，按照功率划分包括常压和减压，按应用领域划分包括功率半导体和先进制程；功率半导体主要是用常压去做，主要难点在于温度控制的均匀性和气流控制的均匀性。

（风险提示：研发进展不及预期，下游扩产不及预期）

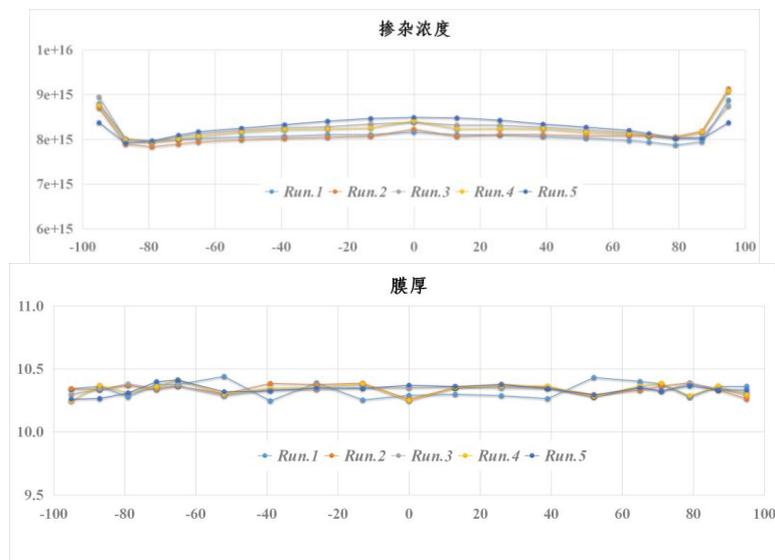
◆ 图：公司8英寸硅外延设备参数

**达到进口设备同等水平，已大规模量产销售**

- 厚度均匀性：< 1%
- 电阻率均匀性：< 1.5%
- Particles: > 0.16  $\mu\text{m}$ , 20颗



◆ 图：8英寸单片式碳化硅外延生长设备外延的厚度均匀性1.5%以内、掺杂均匀性4%以内，已达到行业领先水平



## 5.3 北方华创：提供SiC长晶、氧化退火、外延、刻蚀一站式解决方案

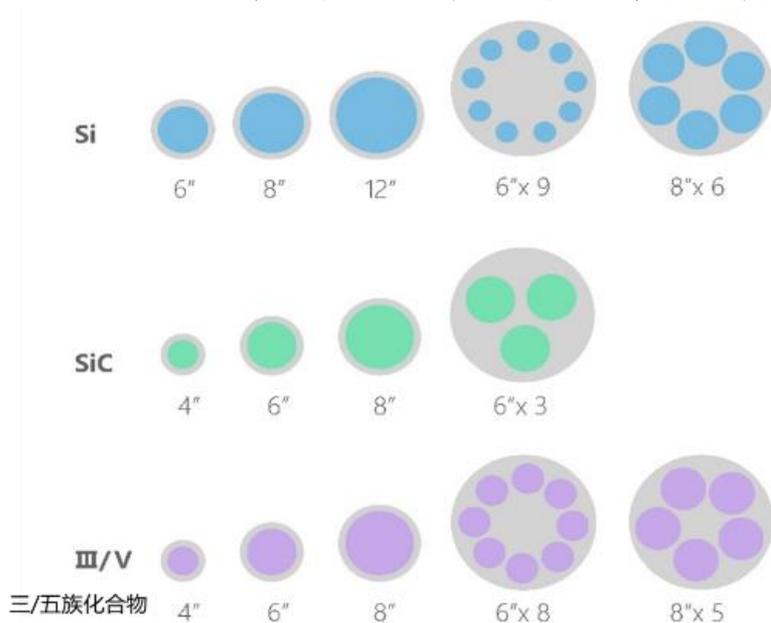
- **SiC外延设备：**截至2023年7月，已实现销售近200台，占据市场半壁江山。公司的MARS iCE115碳化硅外延设备采用水平热壁式技术路线，突破并优化了气流场、加热场、气路系统、温度控制、压力控制、运动系统等一系列关键技术，使得整个外延工艺过程中热场和气流场均匀稳定，工艺指标如厚度均匀性、掺杂浓度均匀性、缺陷密度等均达到了行业先进水平。截至2023年7月，公司批量机台已在各大主流外延厂实现稳定量产，前瞻性开发的6/8英寸兼容多片碳化硅外延设备也即将投入市场。
- **高密度ICP刻蚀机：**可用于碳化硅晶片高深宽比刻蚀。公司的GDE C200系列高密度单片ICP刻蚀机展现出优异的SiC背孔/SiC trench刻蚀的量产性能，具有刻蚀速率快、MTBC长、Pillar缺陷少、Wafer表面温度低、均匀性好、选择比高、工艺窗口宽等一系列优点，完美适用于GaN-on-SiC RF、SiC功率等器件的量产。同时，GDE C200系列刻蚀机也是SiC MOSFET 栅槽刻蚀和SiC二极管小角度台面刻蚀的优质解决方案。

（风险提示：研发进展不及预期，下游扩产不及预期）

◆ 图：北方华创实现外延工艺的全覆盖

生长材料 应用领域	Si/Si	SiC/SiC	GaN	InP
集成电路	√			
功率器件	√	√	√	√
射频			√	√
半导体照明			√	√

◆ 图：北方华创外延设备有4-12英寸，单/多片等多种机型



## 5.4 纳设智能（未上市）：领先的SiC外延设备供应商

- 深圳市纳设智能装备有限公司2018年成立，致力于第三代半导体等先进材料领域的高端设备制造。拥有一支由多名剑桥大学博士和资深行业专家组成的研发、推广团队。在CVD（化学气相沉积）、MOCVD（金属有机化学气相沉积）、ETCH（刻蚀）等先进半导体制造设备领域具有丰富的经验。
- 公司从2019年下半年开始自主研发碳化硅外延设备，并于2021年3月完成了首台4、6英寸兼容的碳化硅外延设备研制。经过近半年的工艺研究，成功将6”碳化硅外延片的厚度和浓度不均匀性分别控制在1%和2.5%以内，且片间厚度和浓度不均匀性都控制在1%以内，同时缺陷指标也达到客户需求。8英寸碳化硅外延设备预计于2023年5月推出样机并送样。截至2023年7月，下游客户包括东莞天域、杭州海乾等。  
(风险提示：研发进展不及预期，下游扩产不及预期)

◆ 图：碳化硅化学气相沉积外延设备



◆ 图：碳化硅化学气相沉积外延设备参数

项目	设备
常用设备	热壁式水平外延设备
反应气体	三氯氢硅、乙烯
掺杂源	氮气
温度范围	1500-1650°C
生长速率	最大生长速率可达100微米/小时
生长能力	4/6英寸衬底



- 1 公司简介：荷兰半导体设备企业之父，深耕ALD/外延设备
- 2 ALD沉积设备：ASM为全球ALD设备龙头，受益于先进制程扩产
- 3 碳化硅外延设备：800V碳化硅快充时代来临，带动ASM设备需求高增
- 4 硅外延设备：规模稳定增长，ASM为传统龙头
- 5 投资建议
- 6 风险提示

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

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，中国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