

F R O S T & S U L L I V A N

64 Years of Growth, Innovation and Leadership

中国半导体设备特殊涂层零部件 行业独立市场研究报告

2025年12月

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系弗若斯特沙利文公司独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经弗若斯特沙利文公司事

先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，弗若斯特沙利文公司保留采取法律措施，追究相关

人员责任的权利。弗若斯特沙利文开展的所有商业活动均使用“弗若斯特沙利文”或“Frost & Sullivan”的商号、商标，弗若斯特沙利文无任何前述名称之外的其他分支机构，也未

授权或聘用其他任何第三方代表弗若斯特沙利文开展商业活动。

目录

1. 中国半导体设备市场概览	5
1.1 半导体设备市场规模（按收入），中国，2020-2029E	5
1.2 半导体设备零部件定义与分类	6
1.3 半导体设备零部件行业产业链分析	9
1.4 半导体设备零部件市场规模（按收入），中国，2020-2029E	10
1.5 半导体设备零部件市场国产化率分析，中国，2020-2029E	11
1.6 中国半导体设备零部件行业驱动因素分析	11
1.7 中国半导体设备零部件行业发展趋势分析	12
1.8 中国半导体设备零部件市场政策与行业监管分析	13
1.9 半导体设备精密光学零部件的应用分析	16
2. 中国半导体设备表面处理零部件市场概览	18
2.1 半导体设备表面处理零部件市场的定义和产品分类	18
2.2 中国半导体设备表面处理零部件市场规模分析（按收入），2020-2029E	19
2.3 中国半导体设备表面处理零部件行业驱动因素	20
2.4 中国半导体设备表面处理零部件市场未来发展趋势	20
3. 中国半导体设备特殊涂层零部件市场概览及竞争格局	21
3.1 半导体设备零部件涂层工艺介绍	21
3.2 半导体设备特殊涂层零部件定义与分类	23
3.3 半导体设备零部件特殊涂层处理产业链分析	26
3.4 中国半导体设备特殊涂层零部件市场规模	27
3.5 中国半导体设备特殊涂层零部件行业驱动因素分析	28
3.6 中国半导体设备特殊涂层零部件行业发展趋势分析	29
3.7 中国半导体设备特殊涂层零部件市场竞争概览	29
3.8 中国特殊涂层处理半导体设备零部件市场进入壁垒分析	30
4. 精密光学市场及应用领域概览	31
4.1 精密光学产品的定义和分类	31
4.2 精密光学产业链	33
4.3 精密光学市场规模（按收入），中国，2020-2029E	34
4.4 工业级精密光学器件定义	35
4.5 工业级精密光学下游应用市场分析	35
4.6 工业级精密光学行业驱动因素	36
4.7 工业级精密光学市场未来发展趋势	37

图表 1 半导体设备行业市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元.....	5
图表 2 半导体设备零部件的分类	6
图表 3 机械类半导体设备零部件的分类	8
图表 4 光学类半导体设备零部件的分类	8
图表 5 半导体设备零部件行业产业链	9
图表 6 半导体设备零部件市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元	11
图表 7 半导体设备零部件国产化率，中国，2020, 2024, 2029E	11
图表 8 中国半导体设备零部件相关政策与行业监管分析.....	13
图表 9 半导体设备表面处理零部件市场的分类	18
图表 10 半导体设备表面处理零部件市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元.....	19
图表 11 半导体零部件涂层工艺简介.....	23
图表 12 半导体设备特殊涂层零部件及介绍.....	24
图表 13 半导体设备零部件特殊涂层处理技术类型与对比	25
图表 14 半导体设备零部件特殊涂层处理产业链.....	27
图表 15 中国半导体设备特殊涂层零部件市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元	28
图表 16 中国前五半导体设备特殊涂层零部件，以销售额计，2024	30
图表 17 光学元件类型介绍	32
图表 18 精密光学产品的分类	32
图表 19 精密光学器件与传统光学器件产对比	33
图表 20 精密光学产业链	34
图表 21 精密光学行业市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元	34
图表 22 工业级精密光学下游应用市场分析	35

方法论

沙利文于 1961 年在纽约成立，是一家独立的国际咨询公司，在全球设立 45 个办公室，拥有超过 3,000 名咨询顾问。通过丰富的行业经验和科学的研究方法，我们已经为全球 1,000 强公司、新兴崛起的公司和投资机构提供可靠的咨询服务。作为沙利文全球的重要一员，沙利文中国团队在战略管理咨询、融资行业顾问、市场行业研究等方面均奠定了良好的基础。

在市场行业研究方面，沙利文布局中国市场，深入研究 10 大行业，54 个垂直行业的市场变化，已经积累了近 50 万行业研究样本，完成近 10,000 多个独立的研究咨询项目。

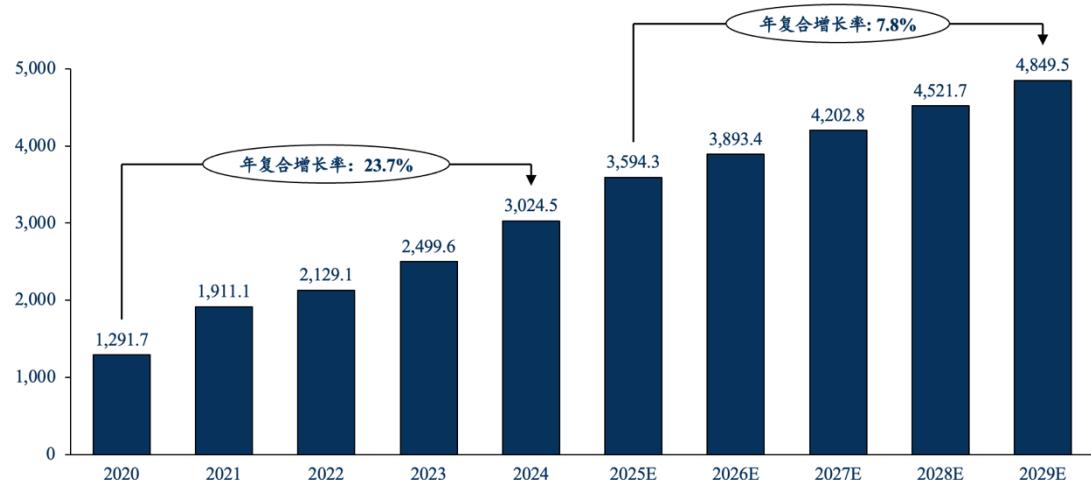
- ✓ 沙利文依托中国活跃的经济环境，从半导体、高端制造、科技互联网及通讯、新能源、材料化工、消费零售、生物医疗、汽车交运等领域着手，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，沙利文的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。
- ✓ 沙利文融合传统与新型的研究方法，采用全面的测算模型，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在沙利文的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ✓ 沙利文秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

1. 中国半导体设备市场概览

1.1 半导体设备市场规模（按收入），中国，2020-2029E

半导体制造工艺具有复杂程度高、对性能要求严苛等特点。随着半导体产品和技术的更新迭代，芯片厂商对上游设备和产品的需求和投入也与日俱增。得益于国内晶圆厂扩产潮短期内迅速拉动市场对半导体设备的需求，2020 年至 2024 年间中国半导体设备市场以高达 23.7% 的年复合增长率增长，于 2024 年达到 3,024.5 亿元。预计未来五年，5G、物联网、人工智能等领域的技术浪潮有望催生半导体及半导体设备产业的新一轮成长，促使中国半导体设备市场规模在 2025 到 2029 年间以 7.8% 的年复合增长率增长，于 2029 年达到 4,849.5 亿元。

图表 1 半导体设备行业市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元



来源：沙利文公司

图表 2 中国半导体设备市场国产化率情况

设备种类	外资品牌	国产品牌	2024 年国产化率
去胶设备	TEL、PSK、Hitachi	盛美上海、至纯科技、拓荆科技、屹唐半导体	80-90%
刻蚀设备	LAM、TEL、AMAT	中微公司、北方华创、新凯来、屹唐半导体等	30-40%
清洗设备	DNS、TEL、KLA、SCREEN	盛美上海、北方华创、至纯科技等	30-40%

设备种类	外资品牌	国产品牌	2024年国产化率
热处理设备	ASMI、AMAT、TEL、Kokusai	北方华创、华卓精科、屹唐半导体、新凯来	30-40%
薄膜沉积设备	AMAT、LAM、TEL、ASM	北方华创、拓荆科技、中微公司、微导纳米、至纯科技、盛美上海、新凯来	25-30%
化学机械抛光设备	DuPont、Thomas West Inc、JSR	华海清科、盛美上海等	20-30%
涂胶显影设备	TEL、DNS、SUSS、SCREEN	芯源微、华海清科、盛美上海	10-15%
离子注入设备	AMAT、Axcelis、Nissin	上海微电子、北方华创、烁科中科信、青岛四方、凯世通等	<10%
量/检测设备	KLA、AMAT、Hitachi	新凯来、精测电子、上海睿励、中科飞测等	<5%
光刻设备	ASML、Nikon、Canon	上海微电子、新凯来	<1%

来源：沙利文公司

1.2 半导体设备零部件定义与分类

半导体设备零部件指在材料、结构、工艺、精度和品质、稳定性及可靠性等性能方面符合半导体设备技术要求的零部件。半导体零部件是设备制造的投资重点，对半导体设备的核心构成、性能和成本起到决定性作用，因而是决定半导体设备产业发展水平的关键因素。

按照应用领域划分，半导体零部件主要包含机械类、气体/液体/真空系统类、电气类、机电一体类、仪器仪表类，以及光学类零部件。

图表 2 半导体设备零部件的分类

分类	代表产品	主要应用的半导体设备	作用
机械类	工艺件	反应腔体、传输腔体、过渡腔体、底座等	所有设备 搭建半导体设备的基础结构及整体框架；设备

分类		代表产品	主要应用的半导体设备	作用
	结构件	刻蚀环、喷淋头、介质窗、喷嘴、内衬、内门、晶圆支架、静电吸盘、石英环等		工艺关键零部件；延长设备使用寿命。
气体/液体/真空系统类	气体输送系统类	气柜、气体管路等	薄膜沉积设备、刻蚀设备、离子注入设备等	输送及控制半导体设备中的各类气体及液体
	真空系统类	真空阀门、分子泵等		
	气动液压系统类	阀门、过滤器、液体管路等	清洗设备、化学机械抛光(CMP)设备等	
电气类		射频电源、射频匹配器、供电系统等	所有设备	控制电力及信号
机电一体类		设备前端模块、机械手、腔体模组、阀体模组、浸液系统、温控系统等	所有设备	控制晶圆的装载、传输、温度等
仪器仪表类		气体流量计、真空压力计等	所有设备	监控并控制包括流量、压力、温度在内的各类数值
光学类		光源、物镜、扩束系统、反射碗、分光镜等	光刻设备、量测设备、退火设备	控制和传输光源

来源：沙利文公司

在各类半导体设备零部件中，机械类与光学类零部件通常具有较高的精度要求，对尺寸公差、表面光洁度及形位精度均有严格控制，需采用高精度加工与特殊表面处理工艺以确保其在极端工况下的稳定性、耐蚀性及光学性能，广泛应用于光刻、蚀刻、检测等核心设备中。其中，机械类零部件又可进一步分为金属件及非金属件。其中，金属件主要包括由铜、铝等金属制成的反应腔、托盘等，而非金属件主要包括由石英、陶瓷、硅等非金属材料制成的静电吸盘、石英环、喷淋头等。

图表 3 机械类半导体设备零部件的分类

分类	示例图	代表产品	主要应用的半导体设备	作用
金属部件		反应腔、传输腔、过渡腔、托盘、底座、冷却板等	沉积设备、刻蚀设备、扩散设备等	起到包括连接、支撑、冷却在内的各类作用，从而延长设备使用寿命
非金属部件	石英件		石英舟、石英环等	承载半导体材料或晶圆，以及保护晶圆的边缘免受损坏等作用
	陶瓷件		静电吸盘、精密轴承等	起到绝缘、传导、散发热量等作用，提升设备的整体可靠性及安全性
	硅件		晶舟、聚焦环、喷淋头等	提供稳定的平台以确保晶圆的安全移动和处理，以及保护晶圆的边缘免受损坏等

来源：沙利文公司

光学类半导体设备零部件是构成半导体核心设备中光学系统的关键组成部分，主要用于实现精确的光传输、聚焦、成像与检测，广泛应用于光刻机、激光加工设备、缺陷检测设备、对准系统等高端工艺环节。按功能可细分为光学镜头与镜组、光学窗口、滤光片与分光器、反射镜与扫描镜及其他。该类零部件多采用高纯光学材料，通常需通过精密加工与多层镀膜等工艺制备，具有技术壁垒高、附加值高的特点，是保障先进制程设备性能的核心基础部件之一。

图表 4 光学类半导体设备零部件的分类

分类	代表产品	主要应用的半导体设备	作用/功能说明
光学镜头/透镜组	准直透镜、聚焦透镜、扫描镜组	光刻机、检测设备、激光设备	实现光束整形、准直、聚焦或扫描，提升光路系统精度和能量效率
光学窗口	石英窗口片、蓝宝石窗口、CaF ₂ 窗口片	激光设备、刻蚀机	作为光/能量传输介质，保护内部核心器件不受污染与物理损伤

分类	代表产品	主要应用的半导体设备	作用/功能说明
滤光片/分光器	窄带滤光片、长/短通滤光片、分光棱镜	光刻设备、检测设备	精确控制光波波段，选择或屏蔽特定波长，提高系统光学识别精度
反射镜/扫描镜	平面反射镜、扫描反射镜	光刻设备、检测设备、刻蚀机	改变或调节光路路径，实现多轴扫描或高精度反射控制
其他	其他光学涂层组件、偏振与相位控制元件等	光刻设备、检测设备等	实现光学组件的高精度定位与调节，提升整体光学系统效率

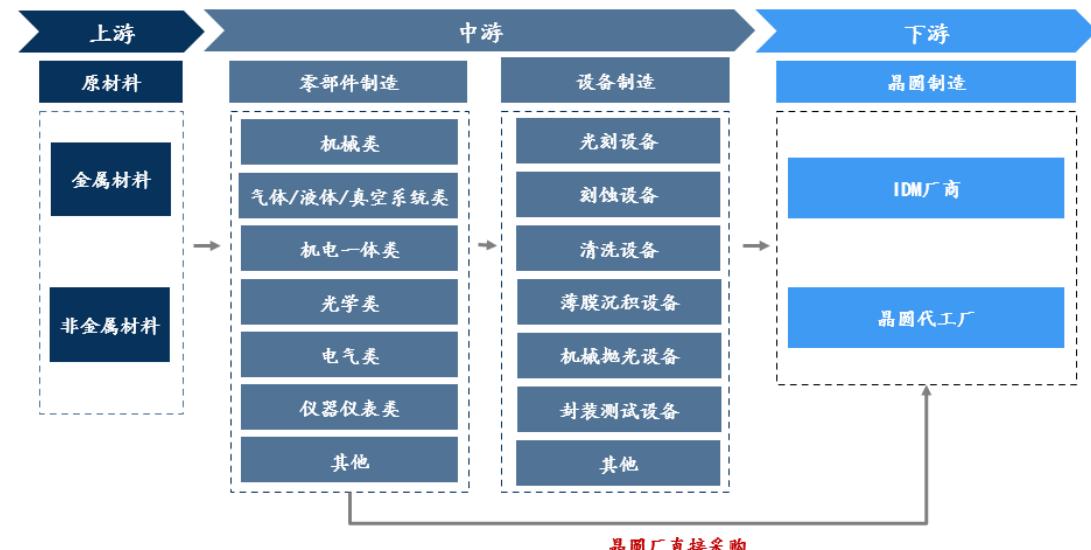
1.3 半导体设备零部件行业产业链分析

半导体设备零部件行业产业链包括上游原材料供应、中游零部件及设备制造、下游晶圆制造等环节。其中，上游的原材料供应商提供包括铝、铜、石英、陶瓷等在内的各类用于制作半导体设备零部件的金属及非金属材料。中游的零部件厂商生产包括机械类、机电一体类、光学类等在内的各类半导体设备零部件。

零部件厂商的直接客户可分为两类，一类是半导体设备厂商，另一类是下游的 IDM 厂商及晶圆代工厂（Foundry）。

半导体设备零部件市场存在三条销售路径：(1) 半导体设备零部件厂商将零部件直接销售给下游半导体设备厂商，后者将零部件应用于半导体设备制造中；(2) 半导体设备零部件厂商将零部件销售给半导体设备厂商，设备厂商将零部件产品加价后销售给其下游的 IDM 厂商及晶圆代工厂，后者将零部件用作现有设备零部件的替换备件；(3) 半导体设备零部件厂商直接将零部件销售给 IDM 厂商及晶圆代工厂。

图表 5 半导体设备零部件行业产业链



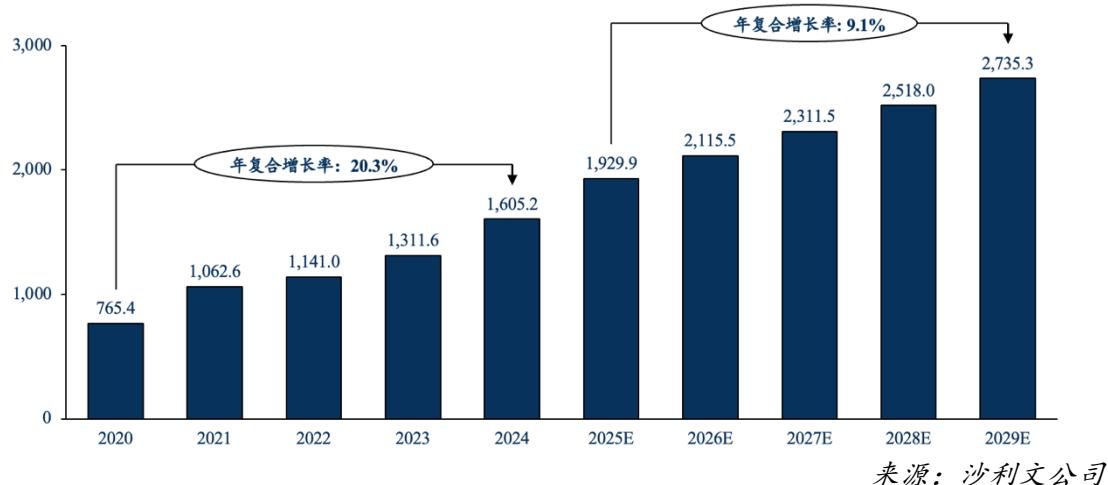
来源：沙利文公司

1.4 半导体设备零部件市场规模（按收入），中国，2020-2029E

半导体设备零部件市场由来自半导体设备厂商和晶圆厂的需求共同拉动，而半导体终端下游应用领域如消费电子、电信、汽车电子等市场的发展进一步决定了半导体设备零部件市场的增长。随着终端应用市场的发展推动国内半导体行业发展以及晶圆厂扩建，半导体设备厂商及晶圆厂对设备零部件的需求稳步增长，国内整体市场从 2020 年的 765.4 亿元增长至 2024 年的 1,605.2 亿元，期间的年复合增长率达到 20.3%。

未来五年，随着半导体行业的持续发展，以及国内半导体设备零部件市场供应链安全性与稳定性的不断提升，市场规模将持续稳步发展，预计将从 2025 年的 1,929.9 亿元增至 2029 年的 2,735.3 亿元，期间的年复合增长率预计将达 9.1%。

图表 6 半导体设备零部件市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元

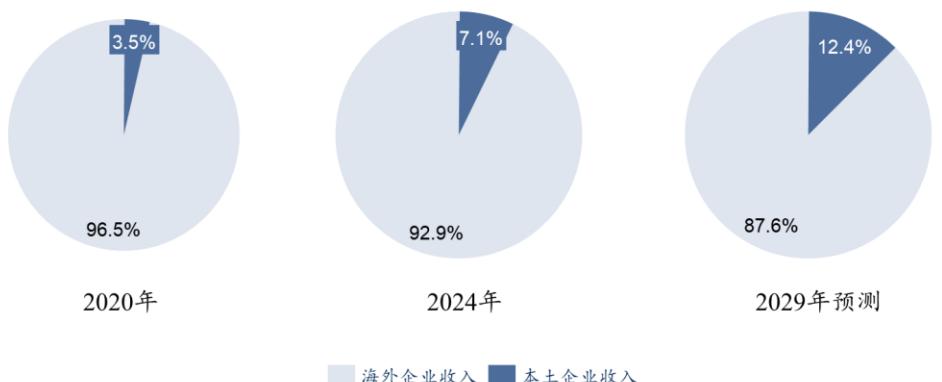


1.5 半导体设备零部件市场国产化率分析，中国，2020-2029E

2020 年以来，中国本土半导体设备零部件制造厂商技术能力的进步以及品牌价值的提升推动了整体市场的国产化进程，但目前，市场的整体国产化率仍处于较低水平，在 2024 年约为 7.1%。

在半导体设备的加速国产化为本土半导体设备零部件厂商提供的市场机遇、中国政府为推动半导体设备零部件国产替代进程颁布的各项利好政策、本土厂商持续技术进步等各类有利因素的驱动下，预计未来市场国产化率会持续增长，至 2029 年达到约 12.4% 的水平。

图表 7 半导体设备零部件国产化率，中国，2020, 2024, 2029E



来源：沙利文公司

1.6 中国半导体设备零部件行业驱动因素分析

全球半导体设备行业呈现出与下游终端产品景气度紧密相关的周期性波动特征，通常每隔 3 至 4 年出现一次变动。当下游终端产品迎来技术迭代并释放出强劲需求时，资本将加速向上游晶圆制造环节集聚，带动全球晶圆厂持续扩产。与此同时，随着工艺节

点不断向更先进制程推进，单座晶圆厂对设备的投资大幅增长，成为推动半导体设备销售额持续上升的核心动力之一。

（1）半导体产业的稳步发展及国内晶圆厂的不断扩建

随着消费电子、电动汽车、新能源、物联网、通讯电子、人工智能、机器人等下游应用市场的不断发展，中国半导体产业实现了稳步增长。根据国际半导体产业协会（SEMI）在2024年《全球晶圆厂预测》报告最新预测，中国晶圆制造产能扩张尤为显著，芯片制造商将保持两位数的产能增长，2024年增长达到15%，2025年预计继续增长14%，占全球总产能近三分之一。市场良好的发展前景带动了国内晶圆厂总体产能的提升，并从而带动市场对半导体设备的需求不断增长。这促进了包括半导体设备厂商和晶圆厂在内的下游客户对半导体设备零部件需求的不断扩大，并推动了半导体设备零部件行业的发展。各类半导体设备零部件中，硅零部件、陶瓷零部件等非金属零部件由于自身消耗性零部件的属性，市场发展更进一步受到了晶圆厂扩建趋势的正面推动。

（2）半导体制程工艺的发展

近年来，半导体制程工艺持续演进，在逻辑芯片与存储芯片两大领域呈现出不同的发展路径与技术重心。在逻辑芯片方面，摩尔定律仍是推动制程微缩的核心驱动力。先进步工厂已实现5nm工艺的量产，并正向3nm及2nm技术推进。随着芯片线宽不断缩小，晶体管密度大幅提升，先进逻辑芯片中集成的晶体管数量已突破100亿个。这一演进不仅带来了芯片性能的跃升，也导致晶圆制造工艺显著复杂化，尤其在刻蚀、沉积等核心环节上，单道工艺重复次数大幅增加，例如7nm制程中的刻蚀步骤多达140道，较14nm提升超一倍，对设备精度、分辨率和材料适配性提出极高要求。

相较之下，存储芯片的制程路线已由2D向3D架构转变，突破传统线宽缩小的物理极限。当前主流产品已实现128层3D NAND的大规模量产，200层以上的产品亦进入量产阶段，未来更高层数的技术正在开发中。在3D NAND制程中，堆叠层数的增加成为提升容量与集成度的主要手段，这要求刻蚀工艺在氧化硅和氮化硅材料体系中实现更高深宽比（高达40:1~60:1）的深孔结构，加剧了对高性能刻蚀设备的依赖。

（3）技术创新与产业升级

半导体产业的发展遵循着“一代技术、一代设备”的原则。半导体设备和半导体设备零部件厂商需要根据半导体领域时刻推进的技术发展，不断推动技术创新与产业升级。例如，为了支持包括应用电子束、X射线、微离子束、激光等在内的新兴光刻技术，零部件制造商需要同步开发相应的高性能部件，如更精密的光学组件和更稳定的控制系统。此外，随着半导体行业不断向着更小的工艺制程发展，零部件制造商也需要相应提升制造工艺，以提供更高精度、更可靠的产品。随着零部件产业整体技术能力的提升，市场的整体需求及厂商的整体收入也将得到大幅上涨。

1.7 中国半导体设备零部件行业发展趋势分析

(1) 国产化率不断提升

目前，中国本土半导体零部件厂商的技术工艺、产品精度等尚无法比肩海外厂商产品，尤其是在对技术要求较高的机电一体类、光学类、电气类、仪器仪表类零部件产品领域，市场的整体国产化率仍处于较低水平。面对全球贸易环境逐渐加大的不确定性，中国政府正在加强半导体供应链的本土化建设，从而减少对国外供应商的依赖。例如，“中国制造 2025”计划中着重强调了半导体行业的发展，旨在提升国内半导体产业链各个环节的自给自足能力。随着未来国家层面对半导体零部件领域前沿技术研发的引导与激励，国产半导体零部件厂商的创新能力以及整体竞争力预计将持续提升，进而带动整体市场国产化率的不断提高。

(2) 半导体设备零部件制造工艺的不断进步

半导体设备零部件行业的整体技术发展方向在于如何更好地实现先进半导体设备的工程化和量产，即通过生产技术的不断研发，以满足设备零部件的高精度、高洁净度、强耐腐蚀性等需求，从而实现更高的生产效率。为此，零部件制造商在满足客户对半导体设备功能需求的同时，通过机械制造精度的提升以及对加工材料的精确控制，提高半导体设备的整体性能和使用寿命。此外，零部件制造商着眼于焊接技术的提升，通过研究实现半导体设备零部件焊接区域的零气孔、零裂纹、零缺陷，从而保证半导体设备零部件的产品性能和使用寿命，最终实现真空环境下半导体设备工艺的稳定性。

(3) 零部件制造智能化的不断推进

随着半导体行业技术创新的不断演进，半导体设备零部件的制造过程日益复杂。而随着人工智能、机器学习、大数据等各项新兴技术的持续发展，以及中国政府对推动制造业数字化和智能化升级推出的各项利好政策的落地，智能化生产在半导体零部件生产中的应用变得更加可行和有效。通过采用自动化和智能化技术，零部件制造能够实现更精准的质量控制和更高产量，同时降低人力成本和误差率。与此同时，智能化生产可以更好地整合和优化供应链，提高整体供应链的透明度、响应速度，并进一步降低库存成本。

1.8 中国半导体设备零部件市场政策与行业监管分析

半导体行业是我国推进制造业自主发展、提升自给自足能力的关键产业。而作为半导体行业整体产业链中极为关键的一环，半导体设备零部件制造行业在过去几年也得到了中国政府各项利好政策的侧重。

图表 8 中国半导体设备零部件相关政策与行业监管分析

序号	发布时间	颁布部门	政策名称	主要内容
1	2025.5	工信部、国家发展改革委、国家数据局	《电子信息制造业数字化转型实施方案》	到 2027 年，电子信息制造业数字化转型、智能化升级的新型信息基础设施基本完善，规模以上电子信息制造业企业关键工序数控化率超过 85%，先进计算、人工智能深度赋能行业发展。
3	2023.8	工信部、财政部	《关于印发电子信息制造业 2023-2024 年稳增长行动方案的通知》	全面提升供给能力。面向数字经济等发展需求，优化集成电路、新型显示等产业布局并提升高端供给水平，增强材料、设备及零配件等配套能力。
4	2023.1	工信部、教育部、科技部、人民银行、银保监会、能源局	《工业和信息化部等六部门关于推动能源电子产业发展的指导意见》	面向光伏、风电、储能系统、半导体照明等，发展新能源用耐高温、耐高压、低损耗、高可靠 IGBT 器件及模块，SiC、GaN 等先进宽禁带半导体材料与先进拓扑结构和封装技术，新型电力电子器件及关键技术。
5	2022.10	工信部、教育部、文化和旅游部、国家广播电视台总局、国家体育总局	《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022-2026 年）》	重点推动 Fast-LCD、硅基 OLED、Micro LED 等微显示技术升级，发展高性能自由曲面、BirdBath 光学模组、阵列与衍射光波导等器件，开展辐辏调节冲突缓解、光场显示等前瞻领域研发，加快近眼显示向高分辨率、大视场角、轻薄小型化方向发展。
6	2022.6	工信部、发改委、财政部、生态环境部、国资委、市场监管总局	《工业能效提升行动计划》	支持制造企业加强绿色设计，提高网络设备等信息处理设备能效。推动低功耗芯片等产品和技术在移动通信网络中的应用，推动电源、空调等配套设施绿色化改造。

序号	发布时间	颁布部门	政策名称	主要内容
7	2022.3	发改委、工信部、财政部、海关总署、税务总局	《关于做好2022年享受税收优惠政策的集成电路企业或项目、软件企业清单制定工作有关要求的通知--附件2》	重点集成电路设计领域；高性能处理器和FPGA芯片；存储芯片；智能传感器；工业、通信、汽车和安全芯片；EDA、IP和设计服务。选择领域的销售（营业）收入占本企业集成电路设计销售（营业）收入的比例不低于50%。
8	2021.12	工信部、科技部、自然资源部	《关于印发“十四五”原材料工业发展规划》	实施关键短板材料攻关行动，支持材料生产、应用企业联合科研单位，开展宽禁带半导体及显示材料、集成电路关键材料、生物基材料、碳基材料、医用材料等协同攻关。
9	2021.12	国务院	《“十四五”数字经济发展规划》	在数字技术创新突破工程方面，提出要抢先布局前沿技术融合创新，推进前沿学科和交叉研究平台建设，重点布局下一代移动通信技术、量子信息、第三代半导体等新兴技术，推动信息、生物、材料、能源等领域技术融合和群体性突破。
10	2021.12	中央网络安全和信息化委员会	《“十四五”国家信息化规划》	完成信息领域核心技术突破也要加快集成电路关键技术攻关。推动计算芯片，储存芯片等创新，加快集成电路设计工具，重点装备和高纯靶材等关键材料研发，推动绝缘栅双极型晶体管、微机电系统等特色工艺突破。
11	2021.3	发改委	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	提出需要集中优势资源攻关多领域关键核心技术，其中集成电路领域包括集成电路设计工具开发，重点装备和高纯靶材开发，集成电路先进工艺和绝缘栅双极型晶体管、微机电系统等特色工艺突破，先进储存技术升级，碳化硅氮化镓等宽禁带半导体发展。

序号	发布时间	颁布部门	政策名称	主要内容
12	2021.3	财政部、海关总署、税务总局	《关于支持集成电路产业和软件产业发展进口税收政策的通知》	通知明确了免征进口关税的几种情况，其中涉及半导体的主要有：集成电路线宽小于 65 纳米的逻辑电路、线宽小于 0.25 微米的特色工艺集成电路生产企业进口国内不能生产或性能不能满足需求的自用生产性集成电路生产设备零配件。集成电路线宽小于 0.5 微米的化合物集成电路生产企业和先进封装测试企业，进口国内不能生产或性能不能满足需求的自用生产性原材料、消耗品。
13	2021.3	全国人大	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景纲要》	研究开发高纯靶材等集成电路设计工具、关键装备和关键材料，突破绝缘栅双极型晶体管（IGBT）、微机电系统（MEMS）等先进集成电路技术和特色工艺，提升先进存储技术，开发碳化硅、氮化镓等宽带隙半导体。
14	2020.12	财政部、税务总局、发改委、工信部	《关于促进集成电路产业和软件产业高质量发展企业所得税政策的公告》	对集成电路能制造 28 纳米、65 纳米、130 纳米技术的企业，以及集成电路优质企业进行了不同程度的减税、免税处理。国家鼓励的集成电路设计、装备、材料、封装、测试企业和软件企业，自获利年度起，第一年至第二年免征企业所得税，第三年至第五年按照 25% 的法定税率减半征收企业所得税。
15	2020.7	国务院	《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策》	国家鼓励集成电路设计、装备、材料、封装、测试企业和软件企业，自获利年度起，第一年至第二年免征收企业所得税，第三年至第五年按照 25% 的法定税率或减半。

来源：政府文件、沙利文公司

1.9 半导体设备精密光学零部件的应用分析

(1) 半导体检测设备

在半导体 IC 设计、制造、封装的多个环节中都需要进行多次的检验、测试，以确保产品的质量，从而产品满足需求。半导体行业中存在“十倍法则”，即如果一个芯片中的故障没有在芯片测试时发现，那么在电路板（PCB）级别发现故障的成本为芯片级别的十倍，半导体检测失效损失呈指数增长。半导体检测贯穿从设计验证到最终测试的半导体制造全过程。因此，检测设备在整个半导体制造中都拥有者无法替代的重要地位。检测设备可以协助工程师发现、并监控产品的关键良率的，从而加快并提升产品的良率。

根据检测设备的功能，半导体检测可以被分为前道检测和后道检测两大类。其中前道检测主要应用于晶圆制造环节，后道检测主要应用于 IC 设计以及封装及测试环节。

前道量检测包含膜厚量测设备、Optical Critical Dimension (OCD) 关键尺寸量测、Critical Dimension Scanning Electron Microscope (CD-SEM) 关键尺寸量测、光刻校准量测、图形缺陷检测设备等多种前道量检测设备。由于晶圆制造工艺环节复杂，所需要的检测设备种类较多，因此也是所有半导体检测赛道中壁垒最高的环节，单机设备的价格比后道测试设备高，且不同功能设备价格差异也较大。前道检测根据检测方法的不同可以分为光学检测和电学检测。光学的前道检测是工业级精密光学的重要应用领域。

后道检测主要为其电性能的检测，主要聚焦于检测该批次的质量，已确保合格的产品进入封装环节。精密光学设备在后道检测中通常用于芯片封装的缺陷检测。后道检测有助于协助企业改进设计、生产、封测工艺，以提高良率及产品质量。后道检测贯穿于半导体制造始末，可以有效降低封装成本。

伴随着人们对电子设备性能要求的日益提升，为了保证设备的便携性，企业选择在有限的空间内进一步提升芯片的性能，在有相同的空间内集成更多晶体管，因此芯片制造工艺尺寸的越来越小，企业对检测设备的进度要求也愈发严格。工业级精密光学在半导体检测领域主要应用于前道检测中的缺陷检测中，主要仪器有光学显微镜与电子显微镜。其可以协助生产制造人员检测晶圆产品，确保产品没有边缘缺角、裂痕、刮痕、脏污等缺陷。除了缺陷检测外，精密光学也作为透镜等产品应用于前道检测中的测量类仪器与后道检测中的测量机中。

(2) 光刻机行业

光刻机是半导体产业链中游晶圆制造及加工的关键核心设备。光学镜头是光刻机的核心部件之一，作为精密光学部件，光刻机对其尺寸、精度等都有很高的要求。光刻机的整个曝光光学系统，由数十块镜片串联组成，其光学器件精度需控制在几个纳米以内，对误差和稳定性的要求极为苛刻。

光刻机可以被分为 ArFi 光刻机、ArF 光刻机、KrF 光刻机、i-line 光刻机和极紫外光刻 (Extreme ultra-violet) 等，其中 EUV 目前市场上虽然销量占比最低，但凭借超高的价值量，销售额占比排名第一，未来发展趋势良好。EUV 是一种采用波长 13.5nm 极紫外光为工作波长的投影光刻技术，是传统光刻技术向更短波长的合理延伸。作为下一代光刻技术，极紫外光刻技术被行业赋予拯救摩尔定律的使命。极紫外光刻光学技术代表了当前应用光学发展最高水平，作为前瞻性 EUV 光刻关键技术研究，项目指标要求高、技术难度大、瓶颈多、创新性高、国外技术封锁严重。光学系统是极紫外光刻技术最主要的功能部件之一，超高精度非球面加工与检测、极紫外多层膜、投影物镜系统集

成测试等核心单元技术瓶颈成为制约我国极紫外光刻技术发展的重要因素，同时也体现了光学前瞻科学技术的发展方向。

光刻机的构造一般分为照明系统（光源+产生均匀光的光路）、Stage 系统（包括 Reticle Stage 和 Wafer Stage）、镜头组（光刻机的核心）、搬送系统（Wafer Handler+ Reticle Handler）、Alignment 系统（Wafer Global Alignment, Laser Step Alignment, Field Image Alignment）。其中，从光源发出的束斑经光学系统增宽和匀化后，以一定的形式照射在掩模上，该光学系统被称为光照系统或者照明系统。照明系统是光刻机曝光系统的重要组成部分，只有高质量的照明系统，才可充分满足曝光系统成像的需要。

光刻机是芯片制造的核心设备之一，是半导体产业中的核心设备，光刻工艺决定了半导体线路的线宽，同时也决定了芯片的性能和功耗。伴随着新一代信息技术的发展，更多精密的电子设备开始渗透入日常生活，在半导体市场需求的带动下，光刻机的销量将持续增长。

2. 中国半导体设备表面处理零部件市场概览

2.1 半导体设备表面处理零部件市场的定义和产品分类

半导体表面处理设备零部件是指应用于晶圆制造过程中清洗、抛光、蚀刻、去胶、镀膜等表面处理环节的关键部件，需在材料、结构、工艺精度、耐腐蚀性、洁净度及稳定性等方面满足严格的半导体制造要求。表面处理零部件对提升晶圆表面品质、保障工艺稳定性及延长设备寿命具有核心作用。

按照处理方式及技术原理，半导体表面处理类零部件主要可分为机械处理类、化学处理类、热处理类以及涂层处理类四大类。机械处理类主要包括抛光、喷砂、切削等工艺所涉及的部件，高端技术如超精密抛光和激光纹理可实现更低表面粗糙度和更强表面强度，常用于要求高洁净度与高光洁度的晶圆处理环节。化学处理类零部件用于电解抛光、电镀、酸洗等化学反应环境中，要求具备优异的耐蚀性和膜层控制能力。热处理类零部件需承受高温、高强度热应力，典型如激光淬火加热组件，涂层处理类则包括采用 PVD、等离子体喷涂等方式制成的涂层零件，具备优异的高温稳定性、高结合强度以及出色的耐腐蚀、耐等离子体性能，用于提升零件耐磨性和延长使用寿命，广泛应用于蚀刻、沉积、光刻、量测检测等关键半导体设备中。四类部件分别适配不同工艺场景，其工艺水平直接决定了整个表面处理系统的稳定性和先进性。

图表 9 半导体设备表面处理零部件市场的分类

表面处理分类	覆盖技术	代表零部件	作用
机械处理类	抛光、喷砂、切削等	晶圆承载台、切割刀片、反应腔体等	提供高平整度和低粗糙度的表面，实现零部件精密打磨和纹理处理

表面处理分类	覆盖技术	代表零部件	作用
涂层处理类	PVD、CVD、气溶胶、等离子体喷涂等	真空腔体、喷淋头、介质窗、喷嘴、内衬、刻蚀环、光学类零部件、静电吸盘等	增强表面耐磨性、耐蚀性、热稳定性或光学透过率或反射率，提高零部件寿命、膜层致密性和光学性能
热处理类	淬火、回火、退火、正火等	热处理炉组件、加热元件、晶圆夹具等	改变材料结构和应力分布，提升表面硬度、稳定性和导热性能
化学处理类	电化学抛光、电解质抛光、阳极氧化、电镀、化学镀膜、酸洗等	阀门阀体、真空管路、阳极氧化零部件等	通过化学反应去除杂质或形成化学反应膜层，提升表面洁净度或形成功能膜层

来源：沙利文公司

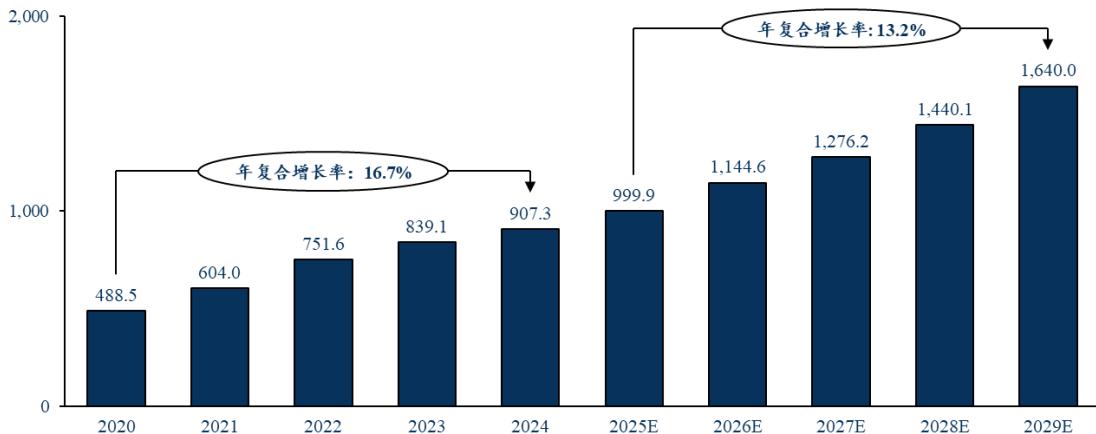
2.2 中国半导体设备表面处理零部件市场规模分析（按收入），2020-2029E

半导体设备零部件市场由来自半导体设备厂商和晶圆厂的需求共同拉动，而半导体终端下游应用领域如消费电子、电信、汽车电子等市场的发展进一步决定了半导体设备零部件市场的增长。随着终端应用市场的发展推动国内半导体行业发展以及晶圆厂扩建，

随着半导体设备不断向更先进的工艺节点演进，行业对关键零部件在高洁净度、耐腐蚀性、抗击穿电压及热稳定性等方面提出更高要求，从而带动了对高性能表面处理设备与工艺的强烈需求。国内半导体设备表面处理零部件市场从 2020 年的 488.5 亿元增长至 2024 年的 907.3 亿元，期间的年复合增长率达到 16.7%。

未来五年，随着半导体零部件行业的持续发展，以及国内半导体设备零部件市场供应链安全性与稳定性的不断提升，市场规模将持续稳步发展，预计将从 2025 年的 999.9 亿元增至 2029 年的 1,640.0 亿元，期间的年复合增长率预计将达 13.2%。半导体设备表面处理作为提升半导体零部件可靠性和性能的关键工序，正逐步扩展成为半导体设备链中增速较快的细分赛道之一。

图表 10 半导体设备表面处理零部件市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元



来源：沙利文公司

2.3 中国半导体设备表面处理零部件行业驱动因素

(1) 先进制程推动高性能零部件需求提升

随着逻辑芯片制程从 14nm 迈向 7nm、5nm 乃至更先进工艺节点，以及存储芯片结构向高层 3D 发展，芯片结构的复杂度不断提升，带动了半导体设备零部件等高精耗材市场的快速增长，半导体制造设备面临更极端的工况挑战。设备中的关键零部件不仅要满足高精度加工要求，尤其在反应腔、腔体盖板等核心部件中，需同时实现高洁净度、高密封性、高真空保持能力，并兼具电气与化学防护性能，这使得仅依靠前端形状加工已无法满足工艺需求。后段的表面处理与清洗工艺在确保性能指标达标中发挥关键作用，推动该领域设备和工艺技术不断升级，成为半导体设备精密零部件制造的核心支撑环节。

(2) 技术积累与产业转型推动精密机械与表面处理工艺融合升级

中国半导体设备零部件行业正处于由“功能满足”向“性能最优”与“制造高效”并重的转型阶段，技术发展集中于如何实现产品的工程化与量产化。在此背景下，精密机械制造技术与表面处理特种工艺技术正加速融合发展。通过提升加工精度、优化表面处理流程，有效增强产品的可靠性和使用寿命，带动整个表面处理设备市场技术门槛和附加值不断提升。

(3) 国产替代与定制化需求推动本土设备市场扩容

当前中国正加快半导体设备关键零部件的国产化进程，表面处理作为其中的核心一环，受到政策与市场双重支持。与此同时，晶圆厂对零部件性能表现和寿命周期的定制化需求日益增强，促使表面处理设备厂商不断创新材料体系、工艺路径和设备结构设计。例如，不同腔体结构对涂层厚度、结合强度、耐蚀等级的要求差异显著，带动本土企业构建面向客户制程需求的工艺数据库与快速迭代能力。随着先进制程扩产加速，本土表面处理设备制造商有望在进口替代和高端应用场景中持续突破，支撑市场长期增长。

2.4 中国半导体设备表面处理零部件市场未来发展趋势

(1) 工艺迭代加快，功能模组化成为发展方向

随着制程技术向更高精度和更高集成度推进，表面处理不仅承担清洁、防护等基础功能，更逐步向功能模组化方向演进。企业将不再单纯提供表面处理单元，而是向“表面处理+精密结构+集成控制”的系统模组发展，实现从单一零部件制造商向核心模块供应商的角色转变。例如，集成喷涂+加热+测控于一体的模块化产品，将更契合晶圆厂对效率、工艺稳定性与可维护性的要求，提升客户粘性与技术附加值。

(2) 智能化与精密制造能力持续提升

精密加工能力的提高将成为推动高端表面处理零部件迈向先进制程的重要基础。未来企业需在超高精度加工、复杂曲面处理、自动测控和缺陷检测等领域持续突破，推动生产全流程数字化和智能化，实现表面粗糙度、形状精度、镀层均匀度等指标的自动控制与闭环优化，从而在保持大规模交付能力的同时，满足先进制程对“高一致性、高可靠性”日益严苛的标准。

(3) 国产替代加速，高端核心零部件迎来突破窗口

在全球产业链调整与本土晶圆厂扩产背景下，中国对半导体设备关键零部件的国产替代需求日益迫切。表面处理零部件作为设备中技术门槛高、长期依赖进口的细分环节，将成为国产突破的重点领域。伴随本土企业在工艺能力、设备集成与质量控制方面的积累，未来将加快替代电镀腔体、ESC、喷淋头等关键部件进口，提升国产供应链安全性和成本控制能力。

(4) 等离子刻蚀技术发展推动高耐蚀涂层等特殊表面处理需求上升

等离子刻蚀作为先进制程的关键技术，其对设备腔体及内部部件的表面处理提出更高要求。在强等离子、高能粒子轰击、高温腐蚀等极端条件下，传统涂层材料难以长期承载，推动更高性能的陶瓷涂层、复合膜层、纳米多层结构等新型工艺加快发展。同时，等离子刻蚀设备对镀层结合力、耐击穿性能及膜层一致性提出更严苛标准，这将进一步驱动表面处理技术向更高能级和更强环境适应性演化，催生高附加值加工设备和耗材的市场空间。

3. 中国半导体设备特殊涂层零部件市场概览及竞争格局

3.1 半导体设备零部件涂层工艺介绍

半导体设备涂层零部件，是指在半导体关键设备中的核心零部件，其表面通过涂层处理工艺形成功能性薄膜涂层。涂层工艺是指将涂料、薄膜等材料以特定的方法涂布在基体（如陶瓷、金属、塑料、织物等）表面，形成具有特定功能和性能的固态连续膜的一系列操作过程，通过涂层，对工件起到防护、装饰或绝缘等功能性作用。按工艺划分可以分为热喷涂涂层技术、物理气相沉积（PVD）涂层技术、化学气相沉积（CVD）涂层技术、电镀涂层技术与有机涂层技术。

图表 10 涂层工艺简介

涂层工艺	工艺细分	介绍
热喷涂涂层技术	火焰喷涂	利用燃气火焰将金属或陶瓷粉末加热熔化后高速喷射到工件表面形成涂层
	等离子喷涂	通过高温等离子弧将粉末材料熔化并喷涂在基材上，形成致密高附着力涂层
	电弧热喷涂	以两根金属丝作为电极，通过电弧熔化并借助压缩空气雾化喷射形成金属涂层
	大气等离子喷涂	使用等离子体在大气中熔化材料形成涂层，适用于陶瓷类涂层，耐热、耐腐蚀
	高致密等离子喷涂	通过优化等离子弧参数，使喷涂材料在熔融状态下获得更高动能和热焓值，从而形成低孔隙率、高致密度的涂层
物理气相沉积 (PVD) 涂层技术	真空蒸镀	在真空中加热金属材料使其蒸发并沉积到基材表面形成薄膜
	溅射镀膜	利用高能离子轰击靶材，使原子溅射到工件表面形成薄膜
	离子镀	在真空中通过电弧或辉光放电使材料离子化后沉积于工件表面，形成高致密膜层
	物理气相沉积 (PVD)	在真空中通过物理过程（蒸发、溅射）沉积涂层，适用于光学膜、硬质膜等
	气溶胶沉积法 (AD)	采用气溶胶沉积涂层技术（特种物理沉积），低温下将气溶胶颗粒沉积成致密膜层，适合陶瓷等硬质薄膜的制备
化学气相沉积 (CVD) 涂层技术	常压化学气相沉积 (APCVD)	在常压下通过气体前驱体分解在基材表面生成固态薄膜
	低压化学气相沉积 (LPCVD):	在低压下进行气相反应，使沉积更均匀、薄膜质量更高
	等离子体增强化学气相沉积 (PECVD):	利用低温等离子体促进化学反应，在较低温度下沉积薄膜
电镀涂层技术	电镀	通过电解方式在导电基材表面沉积金属镀层以增强外观或功能
	化学镀	无需外加电流，通过还原反应在基材表面均匀沉积金属层
电化学涂层技术	阳极氧化	通过电解生成氧化膜，常用于铝材，提升耐蚀性、硬度及装饰性
有机涂层技术	涂料涂装	将液态涂料均匀涂覆于表面，常用于防腐或功能性保护
	电泳涂装	将工件浸入带电涂料中，通过电场作用使涂料均匀沉积在表面

半导体零部件涂层泛指应用于半导体制造过程中的各种涂层，用于改善零部件或产品表面的物理、化学或功能性能。覆盖范围包括防腐、防氧化、导电、绝缘、抗反射等，常用于晶圆、掩模、部件等不同材料。目前的半导体零部件涂层技术主要包括以下：

图表 11 半导体零部件涂层工艺简介

工艺细分	介绍	技术壁垒	国产化率情况
阳极氧化	通过电气化学反应，在铝表面形成致密的氧化铝膜。	目前该技术路线技术壁垒相对较低，技术成熟、广泛应用，国内具备稳定量产能力	★★★★☆（较高） 55%-60%
电弧热喷涂 (ARC)	利用放电技术瞬间熔化和喷涂低熔点涂层材料，以在产品表面形成薄膜，适用于低熔点金属涂层。	国产工艺成熟，但在涂层均匀性和颗粒控制方面与国际龙头仍有差距	★★★★☆（较高） 60%-70%
大气等离子 喷涂 (APS)	使其电离并产生等离子弧，通过等离子弧的作用进一步将喷涂材料加热至熔融或半熔融状态后进行喷涂。	已实现批量国产替代，适用于 Y_2O_3 等陶瓷涂层	★★★★☆（高） 35%-40%
高致密等离 子喷涂 (HDPS)	通过优化等离子弧参数，使喷涂材料在熔融状态下获得更高动能和热焓值，从而形成低孔隙率、高致密度的涂层。	高难度工艺，国内大部分厂商仍在研发验证阶段	★★☆☆☆（较低） <10%
气溶胶沉积 法 (AD)	将运载气体通入送粉器，随后被运送到低压沉积腔室，最终与基体或已沉积涂层发生碰撞并沉积。	属于新兴技术。量产及商业化能力较弱	★★☆☆☆（极低） <10%
物理气相沉 积 (PVD)	在真空或低气压气体放电条件下，涂层靶材经过“蒸发或溅射”，在零件表面生产与基材性能完全不同的新涂层的过程。	海外厂商未在中国大陆建厂引入该项技术，国内极少厂商能够掌握	★★☆☆☆（极低） <10%
原子层沉积 (ALD)	通过在基材表面交替引入两种或多种气态前驱体，利用其间的自限性表面反应，以逐层沉积的方式形成原子级厚度控制的致密薄膜。	国内外均处于研发验证阶段	★★☆☆☆（极低） <10%

3.2 半导体设备特殊涂层零部件定义与分类

半导体设备特殊涂层零部件市场是面向先进制程设备的高附加值领域，也是半导体及泛半导体行业至关重要的高值易耗品，将特殊配方的陶瓷粉末等材料通过特定工艺涂覆在真空设备腔室零部件表面，形成超高致密性保护层。

具有技术壁垒高、认证周期长、国产替代空间大等显著特征。该市场不仅包括零部件的销售，也涵盖与之配套的表面处理服务，二者融合度较高。

在零部件方面，特殊涂层技术广泛应用于刻蚀、沉积、清洗、光刻等核心设备中的关键部件，其主要作用是提升零件的耐等离子体腐蚀性、耐化学腐蚀性和耐热性，以延长使用寿命并确保制程环境的洁净与稳定。通过在部件表面形成稳定致密的陶瓷涂层，能有效防止其在高能等离子体条件下释放颗粒或遭受腐蚀，降低晶圆污染风险、提升良率，同时保护基材，减少更换频次，维持真空腔体内环境稳定，减少工艺波动，从而提高设备的稼动率和整体运行效率。在先进制程中，特别是刻蚀等环节对金属离子和颗粒的容忍度大幅降低，使得高性能涂层零部件成为制程良率控制的关键，其重要性持续上升。

在服务方面，市场需求不仅覆盖特殊涂层的初始加工，还包括检测、翻新等全生命周期服务。这些服务广泛应用于刻蚀、沉积、清洗、离子注入等高频核心设备中，是实现设备高效运行、保障良率、推动降本增效的关键支撑。

在刻蚀设备和等薄膜沉积设备中，特殊涂层主要用于腔体内壁、电极、电极支架、ESC 静电吸盘等部位，以提升零部件的耐磨性、抗热冲击能力及使用寿命，避免粒子脱落造成工艺污染；在清洗与热处理设备中，特殊涂层材料则可有效抵抗腐蚀性气体和高温环境，保障关键零件长期稳定运行。在清洗设备中，特殊涂层主要应用于腔体内壁、喷淋管路等关键部件表面，用以提高其耐腐蚀性和耐化学品性能，防止强酸碱清洗液对零件造成损伤，延长使用寿命并确保工艺洁净度。在光刻设备中，特殊涂层处理主要集中在投影镜头、反射镜、光源窗口等光学元件表面上，通过抗反射膜、高反射膜、抗污染和硬涂层等提升光学透过率，确保图像成像精度和系统运行稳定性。

图表 12 半导体设备特殊涂层零部件及介绍

零部件类型	代表性应用设备	特殊涂层零部件名称	涂层材料	涂层作用
机械类-特殊涂层零部件	刻蚀设备	腔体内衬、喷淋头、介质窗、静电吸盘、喷嘴、刻蚀环、内门、支架等	氧化钇、氟氧化钇、氟化钙、碳化硅、钇铝石榴石等	• 1、耐等离子腐蚀，防止腔体本体腐蚀、抑制颗粒污染进入反应区
	薄膜沉积	反应腔体、晶圆托盘、托盘支架、加热器、喷嘴等		2、维持等离子体稳定，提升放电效率，延长电极使用寿命
	离子注入	线圈陶瓷、陶瓷板等		3、控制等离子体反应区稳定，保护晶圆边缘
	扩散设备	晶舟、隔热板等		4、防止刻蚀副产物沉积，降低粒子回溅风险，保护腔体结构
光学类-特殊涂层零部件	量检测、光刻设备、退火设备	滤光镜、反射碗、反射板、分光镜、光学窗口、物镜系统、光源系统等		5、光学性能，如确保图像成像精度和系统运行稳定性等

来源：沙利文公司

半导体零部件设备的特殊涂层广泛应用于先进半导体设备中，如 7nm 及以下工艺节点所需的刻蚀机、CVD、ALD、离子注入等核心装备，其关键零部件（如腔体内壁、电极、ESC 等）需通过等离子喷涂、PVD 等高端工艺覆盖氧化钇、氮化钛等功能涂层，以提升其耐等离子体腐蚀、抗热冲击和低颗粒释放性能，确保设备在极端制程环境下长期稳定运行，有效支撑先进制程对良率和洁净度的严苛要求。

半导体特殊涂层技术是指通过在设备配件表面进行特殊涂层处理的工艺，确保设备在极端制程环境下长期稳定运行，有效支撑先进制程对良率和洁净度的严苛要求。在半导体制造过程中，特殊涂层广泛应用于暴露在等离子体环境下的设备零部件，如腔体内衬、静电吸盘、护圈、反应腔顶盖、电极等。这些涂层不仅直接影响晶圆或面板的加工质量，还与设备的运维周期、良率及污染控制密切相关。由于涂层部件通常位于真空腔体内部，直接面对等离子体冲蚀和反应物沉积，因此对其技术及性能要求极为严格。其主要的技术包括大气等离子体喷涂、高致密等离子喷涂、物理气相沉积。

图表 13 半导体设备零部件特殊涂层处理技术类型与对比

工艺种类	普通涂层工艺		特殊涂层工艺			
	阳极氧化	电弧热喷涂 (ARC)	大气等离子 喷涂 (APS)	高致密等离子 喷涂 (HDPS)	气溶胶沉积法 (AD)	物理气相沉积 (PVD)
技术壁垒	目前该技术路线技术壁垒相对较低，技术成熟、广泛应用，国内具备稳定量产能力	国产工艺成熟，但在涂层均匀性和颗粒控制方面与国际龙头仍有差距	已实现批量国产替代，适用于 Y_2O_3 等陶瓷涂层	高难度工艺，国内大部分厂商仍在研发验证阶段	属于新兴技术。量产及商业化能力较弱	海外厂商未在中国大陆建厂引入该项技术，国内极少厂商能够掌握
兼容最高制程	成熟制程 (28nm)	成熟制程 (28nm)	先进制程 (14nm)	先进制程 (14nm)	先进制程 (14nm 及以下)	先进制程 (7nm 及以下)
孔隙率	<15%	<8%	<5%	<1%	<1%	<0.1%
表面粗糙度	<3μm	<12μm	<10μm	<1μm	<0.1μm	<0.1μm
国产化率	★★★★☆ (较高)	★★★★☆ (较高)	★★★☆☆ (中等)	★★☆☆☆ (极低)	★☆☆☆☆ (极低)	★☆☆☆☆ (极低)

该领域的技术难点主要在于涂层与基材之间的高附着强度要求、微观结构均匀性控制、高纯度涂层材料的应用、涂层厚度与致密度的稳定控制，以及在真空腔体极端工况下长期使用的可靠性验证。

随着半导体工艺尺寸进一步缩小，制程对金属污染和颗粒缺陷控制提出更高要求，特殊涂层技术不仅成为提升设备可靠性与晶圆良率的关键手段，也成为国产替代和技术

突破的重要方向。该领域具备显著的技术壁垒和国产化发展潜力，是当前半导体制造环节中的关键“卡脖子”点之一。

在当前国内半导体特殊涂层领域，核心技术壁垒主要体现在四个方面：

(1) 材料壁垒：高致密、高纯度涂层制备能力要求极高

半导体设备零部件需在真空、高温、强腐蚀性等离子体环境中长期运行，对涂层材料提出了极高的纯净度、致密度、稳定性要求。当前国内虽有部分企业声称具备涂层原材料自研能力，但多数停留在进口粉体的二次处理层面，关键制粉工艺仍依赖进口。此外，高致密低孔隙率的涂层形成需与先进喷涂或沉积工艺（如 APS、PVD、ALD）精密匹配，其参数对膜层性能具有决定性影响。国产厂商在这些方面仍处于爬坡阶段，缺乏系统性的材料-工艺一体化能力。

(2) 工艺壁垒：复杂结构件表面均匀沉积难度大

涂层技术具有显著的工艺复杂性和技术积累依赖。不同材料、不同结构部件需要针对性开发喷涂参数、热处理条件等流程。这些部位不仅要求涂层厚度均匀、无死角覆盖，还需具备良好的附着强度和热稳定性，避免因局部缺陷引发颗粒脱落或电化学失效。实现复杂曲面与深孔内壁的高一致性涂覆，需要高度定制化的工艺开发，而日韩等领先国家厂商通过长期与设备厂商合作，已积累大量独家经验，构成隐性壁垒。国内厂商在复杂结构涂层应用上尚缺乏批量验证能力，主要卡在参数调控、自动化涂覆策略、设备一致性控制等环节，成为工艺国产化中的关键掣肘因素。

(3) 设备壁垒：专用化设备集成能力要求高

半导体涂层设备并非标准通用设备，而是需根据目标零部件形态、材料特性、膜层需求进行定制化设计与集成。此外，涂层设备往往需与检测仪器及后处理系统高度集成，形成一整套闭环式产线。要实现不同涂层工艺间的稳定切换，对自动化程度、程序控制、温控均匀性等提出极高要求。目前国内厂商在通用型热喷涂设备方面已有一定基础，但在复杂结构件适配、设备高均匀性调试、智能化控制系统开发等方面仍显不足，导致整体膜层质量一致性差，制约了产业化进程。

(4) 客户验证壁垒

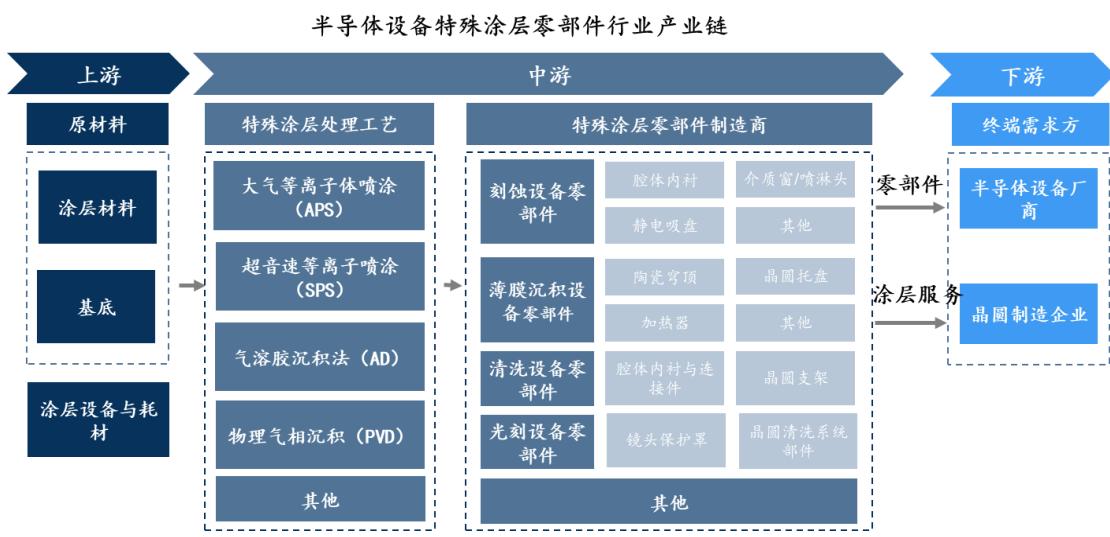
半导体设备零部件的涂层质量直接关系到芯片良率、设备运行稳定性与维护周期，因此晶圆厂对涂层件供应商设置极高的认证门槛。通常需经历材料成分验证、批次一致性测试、上机寿命验证、等离子稳定性评估、长期耐腐蚀分析等多轮流程，验证周期长达 12-24 个月。一旦通过验证，设备厂商或晶圆厂对涂层供应商形成高度粘性，更换成本极高。新进入者不仅需具备材料-工艺-设备一体化能力，还需提供持续的售后技术服务与失效分析能力。

半导体设备零部件特殊涂层处理技术不仅涵盖材料科学、表面工程、热喷涂技术，还高度依赖工艺积累、设备适配与客户信任，是一个高度综合、壁垒显著的专业领域。对国内厂商而言，实现从材料到工艺的自主化突破，是打开高端半导体设备国产替代之路的关键一环。

3.3 半导体设备零部件特殊涂层处理产业链分析

半导体设备特殊涂层零部件行业的产业链可分为上游材料与设备供应、中游涂层加工与零部件制造、下游设备厂商与晶圆制造企业三大环节。上游主要包括高纯陶瓷粉体材料、基材以及涂层设备与设备。中游环节是产业链的核心，涵盖特殊涂层处理工艺与特殊涂层零部件制造商，技术壁垒高、客户认证周期长，是行业差异化竞争的关键。下游则主要面向刻蚀、沉积、清洗、光刻等半导体核心设备厂商及晶圆制造企业，对高性能、长寿命、低污染的涂层零部件需求持续增长，特别是在先进制程和3D结构广泛应用背景下，带动了涂层零部件市场的快速发展和国产替代加速推进。

图表 14 半导体设备零部件特殊涂层处理产业链



来源：沙利文公司

3.4 中国半导体设备特殊涂层零部件市场规模

近年来，随着中国半导体产业链自主可控进程加快，晶圆制造企业对核心设备及其关键零部件的国产替代需求不断提升。特殊涂层零部件作为设备运行稳定性、良率保障和使用寿命提升的重要支撑，其市场关注度快速上升。

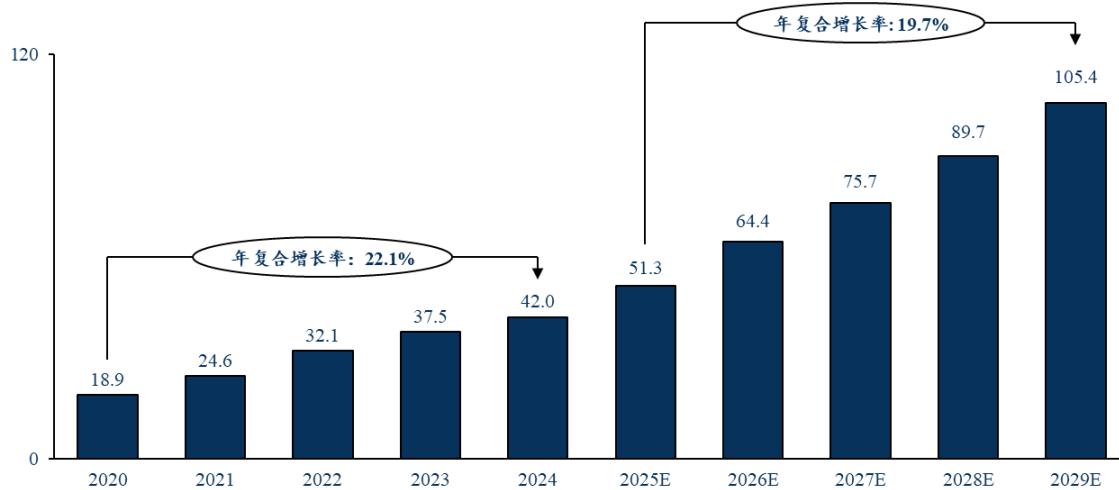
半导体特殊涂层市场涵盖了零部件销售与相关表面处理服务两个部分，在实际应用中，下游晶圆制造设备的高频次使用会导致关键部件表面涂层磨损、腐蚀或颗粒脱落，因此除了新件采购外，客户还需定期进行检测、翻新与再涂处理，形成稳定的服务需求。因此，行业通常将零部件与涂层服务一并计入整体市场规模，反映其在设备稳定运行、良率保障及成本控制中的系统性价值。

尤其是在等离子蚀刻、PVD、CVD 等关键工艺环节中，承压部件如腔体内衬、气体分布器、电极及静电卡盘等均对涂层技术提出更高要求，带动了涂层零部件市场的稳步增长。中国半导体设备特殊涂层零部件市场从 2020 年的 18.9 亿元增长至 2024 年的 42.0 亿元，期间的年复合增长率达到 22.1%。

未来五年，预计将从 2025 年的 51.3 亿元增至 2029 年的 105.4 亿元，期间的年复合增长率预计达 19.7%。当前，中国市场仍以进口产品为主，但本土供应商正加

快技术突破与认证进程，部分高端涂层零部件已进入头部晶圆厂供应链，产业规模正由小批量验证阶段逐步迈入规模化替代阶段，整体市场处于高速增长初期，具备广阔发展空间。

图表 15 中国半导体设备特殊涂层零部件市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元



注：本市场规模数据包括半导体设备中应用的特殊涂层零部件销售收入及相关表面处理服务收入。

来源：沙利文公司

3.5 中国半导体设备特殊涂层零部件行业驱动因素分析

(1) 下游市场需求增长

随着国内晶圆厂持续扩产，特别是在存储、逻辑、功率器件等多个领域的新建与扩建项目密集启动，对高性能半导体设备及其核心零部件的需求快速增长。刻蚀、沉积、离子注入等设备对真空腔体内零部件的耐腐蚀性、耐高温性和抗等离子体性能要求持续提升，直接推动特殊涂层零部件需求放量。

AI技术的发展催生了对高性能计算芯片的需求，如AI服务器、自动驾驶算力模块等，这些领域对半导体设备的精度和性能提出了更高要求，从而推动特殊涂层零部件的需求增长。

(2) 国产替代需求

受国际贸易限制与供应链安全考量影响，国内晶圆厂积极推动核心零部件的国产化替代。特殊涂层零部件作为设备性能和寿命保障的关键环节，成为本土制造突破的重要方向。在技术验证周期不断缩短、客户端导入进程加快的背景下，国产厂商市场占有率稳步提升。

国内企业在特殊涂层技术上不断取得突破，缩小了与国外供应商的技术差距，产品质量和稳定性显著提升。

(3) 技术迭代推动材料与工艺不断升级

随着半导体工艺节点向更先进的 7nm、5nm 乃至更小尺寸推进，等离子体腐蚀强度显著增强，对涂层材料的纯度、致密性、附着力与表面平整度提出更高要求。氧化钇、氧化铝、氮化硼等陶瓷材料以及 PVD、热喷涂、ALD 等工艺技术不断优化，推动行业整体向高端化发展。

3.6 中国半导体设备特殊涂层零部件行业发展趋势分析

(1) 涂层零部件朝更高耐腐蚀性与更强等离子稳定性发展

在等离子体刻蚀设备中，反应腔、ESC、电极等关键零部件面临极端等离子环境和高能粒子轰击，需具备优异的抗腐蚀性、低颗粒脱落性、温度稳定性。随着刻蚀设备多重模板工艺的复杂化，零部件表面处理技术正在从传统阳极氧化、热喷涂向更精密的 PVD（物理气相沉积）、ALD（原子层沉积）升级，尤其在高深宽比结构加工中，对纳米级膜厚控制与均匀性提出极高要求。

国内企业在静电吸盘、SiC 涂层石墨基座等核心部件上已取得长足进展。未来，企业将继续在精密机械制造、表面处理特种工艺、焊接技术等方面加大研发投入，以满足半导体设备对零部件的高精密度、高洁净度和高耐腐蚀性要求。

(2) 先进金属等多元材料与复合工艺协同发展

随着钨接触孔、钛氮化物阻挡层、钴栅极等在先进金属互联结构中的应用深化，金属 CVD 和 ALD 设备中诸如气体喷嘴、反应腔、衬板等零部件，对表面处理工艺提出更高门槛。与此同时未来涂层不再仅依赖单一陶瓷材料，复合材料系统（如氧化钇+氮化硼、氧化铝+碳化硅）及先进工艺（如 PVD+ALD、等离子喷涂+表面致密化处理）将成为主流。工艺路线呈现定制化趋势，以适应不同设备与工艺段的极端工况需求。

(3) 国产替代推动高端涂层工艺全面升级

在全球半导体供应链局势趋紧的背景下，中国市场对高附加值的陶瓷/石英/工程塑料等涂层零部件替代意愿强烈。当前阳极氧化、电弧喷涂等工艺国产化率较高，而 PVD、ALD、SPS 等关键高精涂层技术仍存在一定技术壁垒。随着设备企业与材料企业协同深入，围绕等离子刻蚀腔体、静电卡盘、气体喷嘴等关键部件的高纯涂层、抗微粒剥落膜层、原子级表面处理正在逐步国产突破并产业化落地。

为支撑涂层零部件产业链发展，国内企业正逐步打通涂层材料研发、表面处理设备制造、涂层服务及失效分析检测能力，构建较为完善的本地化技术生态。部分领先企业已实现关键工艺设备与材料的国产替代，并开始向海外客户供货。

3.7 中国半导体设备特殊涂层零部件市场竞争概览

截至 2024 年，中国半导体设备特殊涂层零部件市场呈现出高度集中的竞争格局。前五大企业合计占据了市场销售额的 55.7%。这一结构反映出该领域较高的技术壁垒与认证门槛，头部企业凭借在特殊涂层材料体系、表面处理工艺等方面的深厚积累，率先完成与主流晶圆厂的验证绑定，形成稳定的客户粘性。同时，特殊涂层零部件对产品一致性与交付能力要求较高，中小企业在设备、工艺迭代和客户认证方面仍面临显著挑战，市场资源加速向具备综合能力的领先厂商集中。

随着国产替代加速、工艺制程向更高精度和复杂度演进，具备工艺能力、客户配套能力和稳定交付能力的厂商有望持续巩固领先地位。未来，行业或将进一步向头部企业集中。

图表 16 中国前五半导体设备特殊涂层零部件，以销售额计，2024

排名	半导体设备特殊涂层零部件公司	中国半导体设备特殊涂层零部件销售额 (人民币亿元)	市场份额 (%)
1	KoMiCo Ltd.	10.0	23.8%
2	Tocalo Co., Ltd.	4.8	11.4%
3	TOTO Ltd.	3.3	7.9%
4	Hansol IONES Co.,Ltd.	2.9	6.9%
5	成都超纯应用材料股份有限公司	2.4	5.7%
市场排名前五合计		23.4	55.7%
总计		42.0	100.0%

注释：

1. KoMiCo Ltd. (183300.KQ)是韩国创业板上市公司，成立于 1997 年，总部位于韩国，是韩国专注半导体设备零部件精密清洗与功能涂层的服务商。
2. Tocalo Co., Ltd. (3433.T) 是东京证券交易所上市公司，成立于 1951 年，总部位于日本，是日本先进涂层及表面改性技术领先企业，提供包括热喷涂、PVD 等多样化涂层解决方案。
3. TOTO Ltd. (5332.T) 是东京证券交易所上市公司，成立于 1917 年，总部位于日本，除了著名卫浴产品外，其陶瓷事业部还专注于半导体 ESC 组件表面技术。
4. Hansol IONES Co.,Ltd. (114810.KQ) 是韩国创业板上市公司，成立于 1993 年，总部位于韩国，是一家半导体与显示器零部件制造商，提供从设计到清洗、涂层、测量与分析的全链条精密服务。
5. 成都超纯应用材料股份有限公司是中国本土私人公司，成立于 2005 年，是一家以技术为先导的半导体刻蚀器件，高功率激光器件和特种陶瓷的国家高新技术制造企业。

3.8 中国特殊涂层处理半导体设备零部件市场进入壁垒分析

(1) 技术壁垒

半导体制造作为精密制造业，对关键零部件有着极高的要求，包括原材料纯度、原材料批次一致性、质量稳定性、机加精度控制以及洁净清洗等方面。同时，表面处理服务对应用材料的清洁力和保护力提出了复杂的要求，需要进行精密的化学物质配比设计，并结合实践经验进行科学调整。业内龙头企业通过多年的耕耘积累了丰富的技术实力和市场经验。相比之下，新进入者难以在短时间内完成技术积累和产品线的建设，因此在前期难以与已具备技术优势的企业竞争，通常需要经历较长时间的技术积累和摸索阶段。

此外，由于国际形势波动和业内相关技术产品已形成激烈竞争的局面，整体市场面临着国产替代和技术更新的巨大压力。新进入者需要具备强大的持续研发和创新能力，以适应市场环境的波动和市场需求的不断变化。

(2) 人才壁垒

半导体设备零部件行业是典型的人才密集型行业，技术、管理和销售人才的质量直接影响企业的竞争力。我国高端半导体人才稀缺且集中于领先企业，人才争夺激烈。新进入企业不仅难以快速组建成熟团队，还需持续投入时间和资金培养人才。随着技术升级对人才的更高需求，人才壁垒成为制约新企业快速切入的重要因素。

(3) 供应链壁垒

高纯度材料是半导体零部件制造的基础，相关上游资源长期被少数国际企业垄断。新进入者因采购量小，谈判能力弱，难以获得优质原料和合理交货期。此外，下游设备厂倾向与供应稳定、产品线丰富的大型供应商合作，导致新进入企业在原材料采购和客户拓展上双重受限。

(4) 资金壁垒

半导体设备零部件制造属于资金密集型产业，涉及高价原材料、先进加工设备和持续研发投入。为了满足多样化客户需求和保证产品技术领先，企业需要不断扩产和更新工艺，资金需求巨大。新进入企业面临资金压力，不仅难以快速建设完整产线，还需持续投入以保障技术和服务能力，资金壁垒显著。

(5) 客户壁垒

半导体设备零部件涉及晶圆厂生产良率和设备寿命，客户对涂层零部件的认证极为严苛。验证流程包括材料性能测试、设备适配测试、长周期稳定性考核等，时间成本高且风险大。新进入企业难以快速获得客户认可和稳定订单。

4. 精密光学市场及应用领域概览

4.1 精密光学产品的定义和分类

近年来，光学技术快速发展，使光学元器件、光学系统和仪器发生了很大变化，应用于各种高科技领域，并促进新的光学原理和方法不断产生和发展。现代光学技术以经典光学为基础，衍生出二元光学（或衍射光学）和全息光学等技术，创造出非球面透镜、全息透镜等新的光学元件。随着光学技术的大幅进步与应用范围不断拓宽，其在国民经济中的作用显得愈加重要和不可缺少。

光学产品是光学应用的设备或部件，主要包括光学元件、光学组件以及光学系统等。光学器件是指利用光学原理实现各种观察、测量、分析记录、信息处理、像质评价、能量传输与转换等功能的光学系统中的主要器件。

图表 17 光学元件类型介绍

光学元件类型	主要功能	主要调节方式
反射镜	改变光束方向/长度	角度, 聚焦
透镜	改变光束横截面	聚焦, 中心对齐, 角度
偏振光学元件	改变光波方向	围绕光轴旋转
滤光片	衰减光束功率	无
棱镜	分离光束波长	角度
衍射光栅	分离光束波长	角度
平板分束器	将光束分成两束光	角度, 聚焦
立方体分束器	将光束分成两束光	角度

来源：沙利文公司

单个光学元件能够实现的功能往往有限，通过机械元件，将光学元件进行一定组合，可以形成特定的光学组件，满足更为复杂的功能需要。以光学组件和光学元件为基础，则可以构成更为复杂的光学系统，这些系统可以具有与其各个组成部分明显不同的功能。

随着光学应用日益广泛，光学结构的精细度和复杂度不断提高，精密光学逐渐成为光学行业的重要组成部分。与传统光学不同，精密光学面向半导体、生命科学等高科技领域需求，主要生产精度较高、功能复杂的光学产品。基于结构与功能的差异，精密光学产品主要包括精密光学器件、精密光学镜头以及精密光学系统。根据其应用领域不同，可进一步分为消费级精密光学产品和工业级精密光学产品。

工业级精密光学器件广泛应用于工业测量、半导体制造、生命科学、无人驾驶、生物识别及 AR/VR 检测等高科技领域，是关键的配套组件。此类器件在工艺参数、技术性能、使用环境及功能表现等方面具备严苛要求，进而推动了更高精度工业级光学器件的发展。该类器件通常具有超大或超小尺寸、极高的面型精度及表面粗糙度控制等技术特点。其中，超大尺寸器件的面型精度最高可达 $\lambda/200$ ，表面粗糙度控制在 0.1nm 以下。

图表 18 精密光学产品的分类



来源：沙利文公司

精密光学器件即通过精密光学技术生产的光学元件，与传统光学器件相比，其精度更高，工艺更加复杂，具有更优异的性能。

图表 19 精密光学器件与传统光学器件产品对比

分类	传统光学器件	精密光学器件应用领域	
		消费级精密光学器件	工业级精密光学器件
面形精度	不好于 $N=10/\Delta N=3$	不好于 $N=5/\Delta N=2$	相当于 $N=2/\Delta N=0.5$
镀膜	增透膜， $R<1\%$ ； 高反膜， $R>90\%$	增透膜， $R_{avg}<0.5\%$ ；高反膜， $R>95\%$	增透膜， $R_{avg}<0.25\%$ ；高反膜， $R>99.5\%$
表面光洁度	不好于 60-40	表面光洁度：优于 20-10	好于 20-10

来源：沙利文公司

注： R ，反射率； R_{avg} ，平均反射率

精密光学镜头是以精密光学器件为基础，通过先进的装配技术加工而成的光学组件。精密光学镜头在零件精度、装配精度以及性能等方面大大优于传统光学镜头，在航空航天、光刻机等方面应用广泛。

精密光学系统在光学元器件的基础上，与自动化、信息化等技术进一步结合，能将光学信息进行数字化处理，通过生成的图像、频谱等各类数字信息，对生产制造、产品检测以及组合装配等工业过程进行自动化分析与指导。

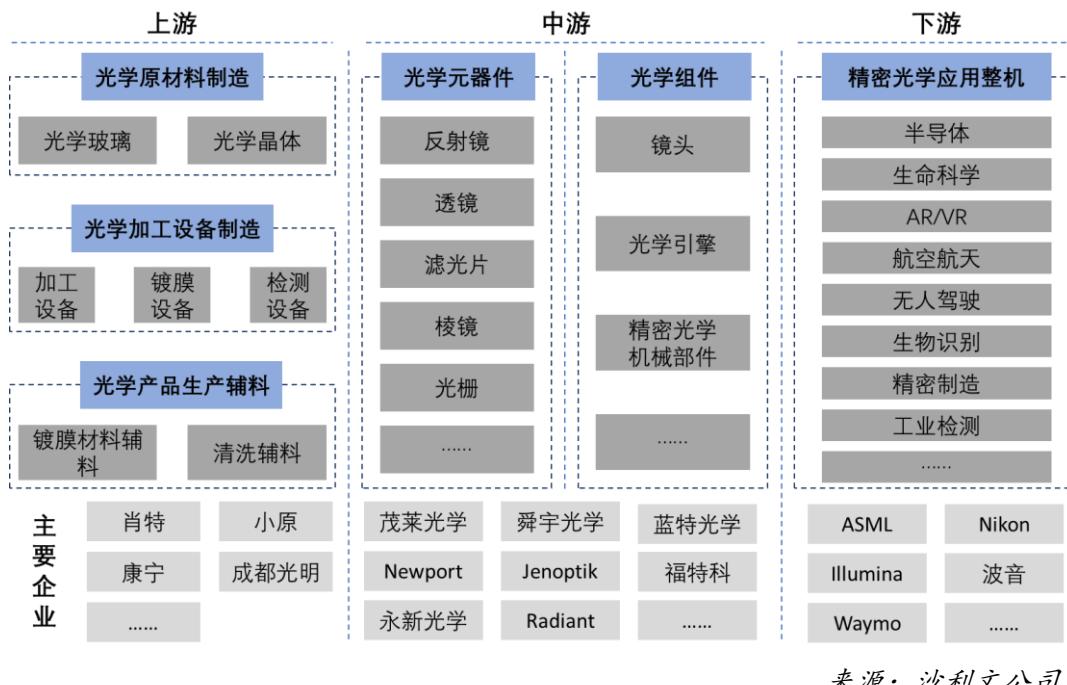
4.2 精密光学产业链

精密光学产业链上游为光学原材料、生产设备以及各种辅料的制造。光学玻璃和光学晶体是主要的光学原材料。光学玻璃具有很高的透明性以及高度均匀的理化特性，包括无色光学玻璃、有色光学玻璃、耐辐射光学玻璃、防辐射玻璃和光学石英玻璃等。光学晶体也称光学石英，是一种纯净、透明的石英晶体，具有良好的透光性、旋光性等光学性能，是很多高级光学仪器的基础原材料。

产业链中游是精密光学元器件与组件的设计与生产，也是精密光学行业的核心环节。生产企业根据下游光电整机厂商的要求进行光学元器件的设计、加工与组装，具有较高的技术门槛。光学元件主要包括反射镜、透镜以及滤光片等基础结构，光学组件主要包括镜头、光学引擎以及光学机械部件等。

产业链下游以精密光学应用整机生产为主，涵盖了半导体检测、无人驾驶等前沿领域，相关企业具有很高的技术实力，如光刻机领域的 ASML，基因测序行业的 Illumina，航空领域的波音等。与中游元器件企业业务范围广泛不同，光学整机企业往往聚焦某一类特定应用市场，因此相关领域的竞争格局更为稳定。不过，随着精密光学终端需求渐趋多元化，很多应用整机企业也在逐渐丰富业务条线，扩大产品布局。

图表 20 精密光学产业链

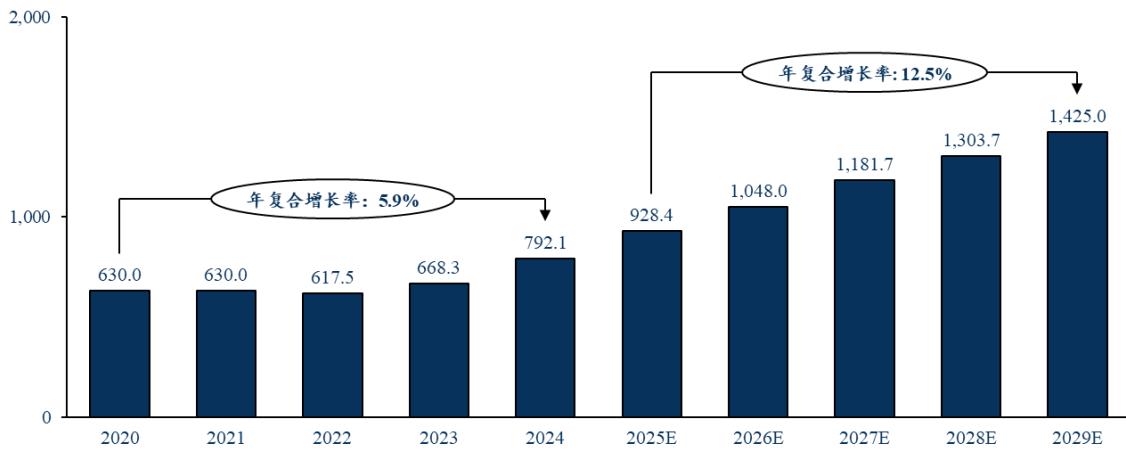


来源：沙利文公司

4.3 精密光学市场规模（按收入），中国，2020-2029E

近年来，中国精密光学市场保持稳健增长，受益于半导体制造、工业检测、生命科学、消费电子及 AR/VR 等下游高端应用的快速发展。随着光学元件在高分辨率成像、激光加工、传感识别等领域需求持续提升，国内企业加速推进高端制造能力和材料技术升级。2020 年至 2024 年间中国精密光学市场以 5.9% 的年复合增长率增长，于 2024 年达到 792.1 亿元。预计未来几年，中国精密光学市场将在技术进步与国产替代双重驱动下持续扩大，市场规模有望在全球份额中进一步提升，促使中国精密光学市场规模在 2025 到 2029 年间以 12.5% 的年复合增长率增长，于 2029 年达到 1,425.0 亿元。

图表 21 精密光学行业市场规模（按收入），中国，2020-2029E，亿元



来源：沙利文公司

4.4 工业级精密光学器件定义

根据应用领域的不同，精密光学器件可细分为消费级精密光学器件及工业级精密光学器件，其中消费级精密光学元器件占据主导地位，但随着工业测量、激光雷达、航空航天、生命科学、半导体、AR/VR 检测等新兴领域的市场需求增长，工业级精密光学将迎来快速发展趋势。

工业级精密光学器件广泛应用于工业测量、半导体制造、生命科学、无人驾驶、生物识别及 AR/VR 检测等高科技领域，是关键的配套组件。此类器件在工艺参数、技术性能、使用环境及功能表现等方面具备严苛要求，进而推动了更高精度工业级光学器件的发展。该类器件通常具有超大或超小尺寸、极高的面型精度及表面粗糙度控制等技术特点。其中，超大尺寸器件的面型精度最高可达 $\lambda/200$ ，表面粗糙度控制在 0.1nm 以下。

4.5 工业级精密光学下游应用市场分析

与传统光学不同，工业级精密光学主要面向半导体、生命科学、AR/VR、航空航天、无人驾驶以及生物识别等国家重点战略新兴领域，行业发展空间不断扩大。

图表 22 工业级精密光学下游应用市场分析

应用领域	应用介绍	细分类型
半导体	光学技术广泛应用于半导体的制造过程，使用先进的光学技术如深紫外 (DUV) 以及极紫外 (EUV) 光刻技术是业界的热点。除了光刻技术，半导体光学应用还包括关键尺寸测量、工艺叠加测量、掩模检测、工艺检测等。	半导体检测：裸晶片检查、图案晶片检测、分划板检测、间隔和叠加校准检测等 光刻：精密 DUV、精密 EUV 等

生命科学	光学技术在可视化、测量、分析和操控等领域为生命科学提供了有价值的工具和手段。	基因测序、口腔医疗等
AR/VR	AR/VR 产品的性能对使用者的体验十分重要，通过对头显设备进行光学测试，能够最大化降低缺陷水平。	AR 检测、VR 检测
航空航天	精密光学是航空航天领域的重要基础技术，对航空航天的安全与功能实现至关重要。	民用航空：HUD 等 航天：光学望远系统、航空测绘相机和高光谱相机等
无人驾驶	通过融合使用多种光学传感器，在汽车行驶过程中随时来感应周围的环境，收集数据，进行静态、动态物体的辨识、侦测与追踪，并结合高精度地图进行系统运算与分析，从而实现无人驾驶。	激光雷达、超声波雷达、毫米波雷达以及摄像头等
生物识别	通过光学与计算机、声学、生物传感器和生物统计学原理等高科技手段密切结合，利用人体固有生理特性和行为特征进行个人身份的鉴定。	指纹识别、人脸识别、虹膜识别、静脉识别和声纹识别等

来源：沙利文公司

4.6 工业级精密光学行业驱动因素

(1) 国家政策对精密光学行业给予大力支持

精密光学行业面向科技前沿，为高精尖技术研发和装备制造提供核心配套部件，对国家重大战略实施和重点工程建设有着重要的意义。

在 2006 年，国务院在《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006~2020 年）》中就明确提出要发展新一代光电技术，同时将激光技术作为八大前沿技术之一，奠定了光学行业发展的基础。此后，各部门围绕精密光学在半导体、生命科学、工业检测等领域的应用，相继出台一系列支持政策，为精密光学的发展提供了重要的指引和强劲的动力。近年来，随着 AR/VR 以及无人驾驶等的快速发展，科技部等部门及时将其涵盖到精密光学应用的重点发展方向，有力促进了精密光学在相关领域的落地。2021 年，全国人民代表大会通过《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，精密光学相关产业进一步被明确为国家重要发展战略，前景十分广阔。

(2) 精密光学技术升级迭代不断加快

工业级精密光学行业有着典型的技术导向型特征，技术是其发展的基础。近年来，工业级精密光学器件在面型、镀膜和表面光洁度的精度上不断提高，产品性能不断优化与完善，下游应用范围不断拓宽。

技术的发展驱动工业级精密光学行业不断更新，有利于形成更为先进、高效的产业环境。以半导体检测为例，最新一代的宽带等离子体检测工具由于使用了来自等离子体的DUV光源、更小的检测像素、科学的光学孔径，具有更高的灵敏度和检测速度，可以在不到一个小时完成整个晶圆的检测。随着比原来更短的紫外波长和更高的功率得到应用，扫描时间将进一步缩短，而信噪比则会显著提高。在新一代DUV光学技术的推动下，工业级精密光学在半导体领域将进一步纵深发展，有利于催生更加科学的半导体产业解决方案。快速迭代与升级的工业级精密光学技术，将为整个行业带来更强大的动力，在生命科学、无人驾驶等其它更多领域取得突破。

(3) 下游应用领域快速发展

工业级精密光学器件是应用于半导体光刻机及检测设备、生命科学及医疗、AR/VR检测设备、航空航天、无人驾驶以及生物识别等前沿科技的关键配套部件，对工艺参数、技术性能、应用环境等要求极为苛刻。在科技进步日新月异的背景下，工业级精密光学各相关应用领域均表现出良好的发展势头，推动行业发展持续加快。

自2008年金融危机以后，全球经济逐步复苏，PC、智能手机、液晶电视等消费电子产品需求不断增加，带动半导体产业强劲增长，有力促进了半导体检测装备制造以及光刻机制造行业的发展。近几年来，在AI、大数据、云计算等前沿技术推动下，加之消费升级理念快速扩散，无人驾驶、AR/VR等行业得到巨大投资与支持，迈入发展快车道。与此同时，伴随着人类生活水平的提高，对健康的重视也催生了医疗领域的长足进步，光学成像显微镜、基因测序仪、口腔检测设备等医疗器械已在全球范围得到广泛应用。

下游行业的快速发展，极大地促进了对工业级精密光学产品的需求，也将为行业技术创新与升级提供助力。

4.7 工业级精密光学市场未来发展趋势

(1) 工业级精密光学将成为精密光学领域的重要发展方向

随着智能手机、平板电脑等传统消费电子产品的普及率越来越高，其应用市场逐渐成熟，竞争格局较为稳定，消费级精密光学发展渐趋平稳。与此同时，半导体检测、生命科学、航空航天等领域对光学元器件及光学系统的结构和功能提出了更高的要求，推动工业级精密光学逐渐成为精密光学领域的主要发展动力。

消费级精密光学的成熟为工业级精密光学的应用提供了重要的技术支撑，而面向下游特定需求的工业级精密光学将在技术研发、产品性能等方面进行更多拓展与深化。因此，工业级精密光学将比传统精密光学需要更多的技术投入与支持，其产业竞争也将更为激烈，成为精密光学领域的新热点。

(2) 多学科多领域技术进一步融合发展

随着现代仪器科学、先进制造技术等快速发展，工业级精密光学已不仅仅局限于光学领域，而是与计算机辅助设计、计算机模拟、数控加工技术、高速精磨、磁流变抛光技术、精密切割技术等融合发展，形成了多学科多领域技术相互促进的局面。

现代工业生产过程与应用十分复杂，对生产效率与产品品质的要求也越来越高，因而对更高精度、更高效率的光学器件的依存度也越来越高。各领域的先进理念和技术手段被引入到工业级精密光学领域中，逐步取代传统光学的加工工艺，为工业级光学部件的规模化生产提供了可靠保障。

(3) 工业级精密光学应用领域不断拓宽与深化

工业级精密光学已在多种高科技领域得到应用，显示出良好的发展前景。尽管如此，随着科技进度的速度不断加快，相关领域对工业级精密光学产品的要求也越来越高，以满足更为苛刻、更为复杂或者更具挑战性的应用环境。同时，经济社会的发展，也不断催生新的行业热点，带动工业级精密光学纵深发展。

对光刻机而言，单个缺陷可以在数千个芯片上打印，因此光刻板缺陷始终是半导体行业需要解决或控制的重要风险因素，光刻板检测也将受到更多的关注。当前，采用 13.5nm 的光可发现比普通光学检查更多的缺陷，不过由于这种波长的光使用更加复杂，需要开发承受更高温度（1000°C以上）的薄膜材料，这也是光刻板检测领域的重要研究方向。

与光刻领域类似，其它领域的工业级光学新技术发展也在稳步推进。在生命科学方面，光学产品将远远超出基因测序、口腔医学等范畴，在更多疑难疾病诊治以及健康护理上得到应用。以 LASIK (laser-assisted in situ keratomileusis, 准分子激光原地角膜消除术) 手术以及白内障手术等为代表的眼科手术，对手术过程的舒适度、安全性以及手术的成功率具备极高的要求，持续推动发展更先进、更精密的眼科光学产品。同时，工业级精密光学产品在老花眼、视力矫正等方面也将有着越来越好的应用表现，以适应更为庞大的具备眼科健康问题的群体的需要。

不仅仅局限于半导体、生命科学以及无人驾驶等现有主流应用领域，精密级工业光学的应用范围在持续拓展，渗透到包括微纳制造、军事导航以及建筑探测等各行各业。