

2026年中国无掩膜光刻机行业报告（精华版）

China Maskless Lithography Industry

中国マスクレスリソグラフィ業界

概览标签：无掩膜光刻机、光学镜头

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，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，头豹研究院保留采取法律措施，追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院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头豹研究院开展商业活动。

研究目的&摘要

研究目的

本报告聚焦中国无掩膜光刻机市场，通过梳理其技术路线、工作原理与市场规模，明晰行业发展现状。在此基础上，进一步拆解光学镜头模组这一核心零部件的供应商格局与市场需求量，以呈现该关键产业链环节的供应结构与需求空间。

研究区域范围：中国

研究对象：无掩膜光刻机行业

本报告的关键目标：

- 1) 无掩膜光刻机行业现状
- 2) 无掩膜光刻机不同应用领域特征
- 3) 无掩膜光刻机的光学镜头模组供应商及需求量情况

关键问题摘要

• 无掩膜光刻机技术路线分类

按辐射源划分，无掩膜光刻可分为基于光学的直写技术与基于带电粒子的直写技术，前者包括激光直写（LDI）和动态掩膜并行投影直写（SLM/DMD），后者包括电子束直写（EBL）和离子束直写。

• 全球及中国无掩膜光刻机市场规模

2025年全球无掩膜光刻机市场规模约为人民币107亿元，预计2030年增长至约人民币166亿元。2025年中国无掩膜光刻机市场规模约为人民币51亿元，预计2030年增长至约人民币87亿元，对应中国市场占全球比重预计由2025年约47.5%提升至2030年约52.5%。中国市场增速预计高于全球，主要因为中国在PCB制造和显示面板制造等下游环节已具备较高全球份额，同时IC载板、先进封装和掩膜版写版等领域正处于国产替代和产能扩张阶段。

• 无掩膜光刻机应用领域特征

从应用定位看，PCB与IC载板构成无掩膜光刻机当前最核心的产业化落脚点，其中PCB代表高成熟度、较大规模市场，IC载板则体现高成熟度与高技术门槛并存的特征。先进封装、掩膜版写版、前道晶圆特种工艺和MEMS/微纳加工则整体位于“高技术难度”区域，但商业成熟度存在差异，其中先进封装最具放量潜力，掩膜版写版和前道特种工艺则更偏高端小众市场。新型显示、光伏及第三代半导体等场景商业化进程相对分散，为中长期拓展方向。

• 光学镜头模组供应商及需求量

中国无掩膜光刻机光学镜头模组厂商整体处于中端LDI镜头国产替代加速期，其中波长光电与永新光学已与头部设备商深度绑定、份额领先；中国对无掩膜光刻机光学镜头模组的年需求量约为1,200-1,500套。



目录

CONTENTS

◆ 无掩膜光刻机行业综述	7
• 光刻技术的应用领域及对应环节	8
• 光刻设备分类	9
• 无掩膜光刻机工作原理	10
• 无掩膜光刻机技术路线	11
• 全球及中国无掩膜光刻机市场规模	12
• 无掩膜光刻机行业发展驱动因素	13
◆ 无掩膜光刻机应用领域	14
• 无掩膜光刻机应用领域全景	15
• PCB领域：常规/主流PCB量产线路曝光	16
• PCB领域：高阶HDI/精细线路PCB	17
• IC载板领域：BT载板/中端IC载板	18
• IC载板领域：ABF载板/高端IC载板	19
• 先进封装领域：晶圆级与面板级（1/2）	20
• 先进封装领域：晶圆级与面板级（2/2）	21
• 掩膜版写版领域：半导体用掩膜版	22
• 掩膜版写版领域：面板或封装用掩膜版	23
◆ 无掩膜光刻机行业竞争格局	24
• 海外主要无掩膜光刻机厂商（1/2）	25



目录

CONTENTS

• 海外主要无掩膜光刻机厂商 (2/2)	-----	26
• 中国主要无掩膜光刻机厂商 (1/2)	-----	27
• 中国主要无掩膜光刻机厂商 (2/2)	-----	28
• 无掩膜光刻机厂商技术路线布局对比	-----	29
• 无掩膜光刻机厂商应用领域覆盖对比	-----	30
◆ 无掩膜光刻机光学镜头行业综述	-----	31
• 光学镜头模组成本占比	-----	32
• 光学镜头模组供应商及需求量	-----	33
◆ 方法论及法律声明	-----	35



名词解释

- ◆ **ABF载板：**以味之素增层薄膜为绝缘材料的IC载板，不含玻纤、硬度高、厚度薄，适合细线路与高层数结构，广泛用于CPU、GPU、FPGA等高性能芯片的倒装芯片球栅阵列封装。
- ◆ **ArF：**氟化氩准分子激光器产生的深紫外光，波长为193纳米，是当前先进半导体光刻的主流光源之一，支持90纳米至7纳米制程节点的有掩膜光刻工艺。
- ◆ **BT载板：**以双马来酰亚胺三嗪树脂为基材的IC载板，含玻纤纱层，热膨胀系数小、尺寸稳定性好，广泛用于手持设备、通信设备和存储芯片等封装场景。
- ◆ **DLP：**数字光处理技术，由德州仪器于1987年开发，以数字微镜器件为核心，通过控制微镜翻转实现图像的数字化投影显示，是无掩膜光刻中图形生成的主流技术路线之一。
- ◆ **DMD：**数字微镜器件，由数十万至数百万可独立翻转的微镜阵列组成，每面微镜作为一个像素点，通过电信号控制快速翻转（每秒钟最高可达20000次），将入射光调制成所需的图像图案。DMD是DLP技术的核心器件，也是当前无掩膜光刻系统中最广泛应用的空间光调制器。
- ◆ **EBL：**电子束直写，以聚焦电子束作为曝光源的带电粒子直写技术，通过电磁场控制电子束在涂有电子束抗蚀剂的基板上逐点扫描形成图形。分辨率可达纳米级别，无需掩膜版，是半导体掩膜版制版与先进器件研发的核心工艺。
- ◆ **EUV：**极紫外光，波长约为13.5纳米。EUV光刻是当前最先进的有掩膜投影光刻技术，支持7纳米及以下制程节点的芯片制造。
- ◆ **Fan-out：**扇外型封装，一种晶圆级封装技术，通过重构晶圆将芯片I/O引脚扇出至芯片周边区域，在芯片外缘形成更大面积的再分布层以增加互连密度，分为扇外型晶圆级封装和扇外型面板级封装两种形式。
- ◆ **FOWLP：**扇外型晶圆级封装，以圆形硅晶圆为加工载体，将芯片埋入重构晶圆后在芯片外围制作再分布层实现扇出互连，具有高密度、小尺寸的优点，适用于智能手机处理器、电源管理芯片等场景。
- ◆ **HDI：**高密度互连板，采用微盲孔/埋孔技术和细线路工艺实现的电子电路板，线宽/线距通常在50微米至100微米之间，是无掩膜光刻在PCB领域向高密度化演进的中间形态。
- ◆ **IC：**集成电路，将晶体管、电阻、电容等电子元件集成于半导体晶片上的微型电子器件，是半导体产业的核心产品，按集成度和功能可分为数字IC、模拟IC和混合信号IC等类型。
- ◆ **i-line：**汞灯发射的紫外光谱线，波长为365纳米，是传统有掩膜步进式光刻机广泛使用的曝光波长，常用于成熟制程（0.35微米至0.25微米节点）的芯片制造和先进封装光刻工艺。
- ◆ **KrF：**氟化氪准分子激光器产生的深紫外光，波长为248纳米，是半导体光刻的关键光源之一，支持0.25微米至0.13微米制程节点的芯片制造。
- ◆ **LDI：**激光直接成像，以聚焦激光束为曝光源，在无需物理掩膜版的情况下，通过直接扫描方式将图形数据逐点转移至涂有光刻胶的基板上。是无掩膜光刻领域产量最大、应用最广的技术路线，广泛应用于PCB线路与防焊曝光、IC载板图形转移等场景。



名词解释

- ◆ **MEMS:** 微机电系统，通过半导体微纳加工工艺在硅片等衬底上制造集微传感器、微执行器和微电子电路于一体的微型器件。无掩膜光刻常用于MEMS器件的原型开发、小批量制造及三维微结构加工。
- ◆ **micro-bump:** 微凸块，先进封装中用于芯片与基板或芯片与芯片之间互连的微型金属凸点，尺寸通常在几微米至几十微米量级，其图形定义是无掩膜光刻在先进封装中的重要应用环节之一。
- ◆ **Micro LED:** 微型发光二极管，尺寸通常小于100微米的新一代自发光显示技术，每个像素由独立的微型LED晶体构成。无掩膜光刻在Micro LED巨量转移和电极图形化中发挥关键作用。
- ◆ **OLED:** 有机发光二极管，以有机薄膜为发光层的自发光显示技术，无需背光源，具有高对比度、广色域和柔性可弯折的特性。无掩膜光刻可用于OLED像素定义和精细金属掩膜版的替代工艺。
- ◆ **PCB:** 印制电路板，通过蚀刻或增层工艺在绝缘基板上形成铜导电图形的电子互连基础件，按层数和技术复杂度可分为单面板、双面板、多层板和HDI板等，是无掩膜光刻设备最大的下游应用市场。
- ◆ **PLP:** 面板级封装，以矩形大面积面板（如510×515毫米、600×600毫米等）替代圆形晶圆作为封装载体，单板产出芯片数量多、综合成本低。无掩膜光刻在面板级封装再分布层和凸块下金属化层图形定义中替代传统掩膜版曝光，并可实时补偿面板翘曲形变。
- ◆ **RDL:** 再分布层，先进封装中在芯片表面或重构晶圆上增加的金属布线层，将密集的I/O引脚重新排布和扇出，实现芯片与外部电路的高密度互连。RDL图形的线宽/线距是无掩膜光刻在先进封装领域的核心精度指标。
- ◆ **SLM:** 空间光调制器，利用液晶、微镜阵列或光栅等器件对光束进行动态调制的光学元件。在无掩膜光刻中，SLM是除数字微镜器件外的另一类动态掩膜方案，包括基于硅基液晶和基于光栅光阀等不同技术路径。
- ◆ **TFT:** 薄膜晶体管，一种在玻璃或柔性衬底上沉积半导体薄膜制成的场效应晶体管，是液晶显示器和OLED显示器的核心驱动元件。无掩膜光刻在TFT阵列的图形化制程中被用于替代传统掩膜版曝光。
- ◆ **UBM:** 凸块下金属化层，位于芯片焊盘与微凸块之间的多层金属薄膜结构，起粘附、扩散阻挡和浸润作用。无掩膜光刻用于定义UBM的图形，保证凸块与芯片焊盘的精确对准。
- ◆ **WLP:** 晶圆级封装，在晶圆未切割前直接对芯片进行封装和测试的技术，封装尺寸与芯片本体相同，具有体积小、电气性能优异的优点。无掩膜光刻在晶圆级封装的再分布层和凸块制作中被用于高精度图形化。



Chapter 1

无掩膜光刻机行业综述



无掩膜光刻机行业综述——光刻技术的应用领域及对应环节

光刻的本质是“图形定义与转移”，并不只存在于半导体前道晶圆制造中。在PCB、IC载板、先进封装、掩膜版、显示和MEMS等领域，都会出现“涂胶/贴膜—光刻—显影—刻蚀/电镀”的图形化链条

光刻技术的应用领域及对应环节

应用领域	典型工艺流程	光刻对应环节	光刻作用
半导体前道晶圆制造	晶圆准备 → 氧化/薄膜沉积 → 涂胶 → 光刻 → 显影 → 刻蚀/离子注入 → 去胶 → CMP/金属化与互连 → 电测	前道器件与互连图形定义环节	将晶体管、有源区、接触孔、金属互连等微纳图形转移到晶圆表面，是决定线宽、套刻精度和器件集成度的核心工序
PCB 制造	基材准备 → 钻孔/沉铜 → 干膜/涂覆感光材料 → 光刻 （曝光成像）→ 显影 → 蚀刻/电镀 → 去膜 → 阻焊 → 表面处理 → 电测	线路层、阻焊层图形转移环节	定义铜线路图形与阻焊开窗位置，决定线路精度、层间对位和良率
IC载板制造	基板准备 → 激光钻孔/电镀填孔 → 镀铜/贴膜 → 光刻 （曝光成像）→ 显影 → 图形电镀/蚀刻 → 去膜 → 阻焊 → 表面处理 → 测试	高密度线路、焊盘与阻焊开窗图形化环节	形成芯片封装所需的微细线路和焊盘，是连接芯片与PCB的关键图形化工序
先进封装 (WLP/FOWLP/PLP等)	晶圆/面板重构 → 介质层沉积/涂胶 → 光刻 → 显影 → RDL/UBM 电镀或刻蚀 → 去胶 → bump成形/封装 → 切割/测试	RDL、UBM、micro-bump、TSV/通孔相关图形化环节	实现焊点重分布和封装内部互连，决定封装密度、互连精度和电性能
掩膜版制造	石英基板处理 → 涂胶/涂覆感光层 → 光刻 （写版曝光）→ 显影 → 铬层刻蚀 → 去胶 → 检测/修补/清洗	掩膜版图形写入环节	将设计版图写入光掩膜，是后续有掩膜光刻的模板制造步骤
新型显示 (TFT/OLED/Micro LED)	玻璃/柔性基板准备 → 薄膜沉积 → 涂胶 → 光刻 → 显影 → 刻蚀/剥离 → 电极/发光层等后续制程 → 封装	TFT 阵列、电极、像素定义等图形化环节	形成显示驱动阵列、像素电极及关键微结构，决定分辨率、开口率和显示均匀性
MEMS/微纳器件	基底准备 → 薄膜沉积/涂胶 → 光刻 → 显影 → 深反应离子刻蚀/沉积/释放 → 封装	微结构定义环节	形成悬臂梁、微腔、微流道、传感结构等三维微结构，是器件功能实现的基础
光伏 (部分图形化工艺)	基板/硅片处理 → 沉积/涂胶或印刷掩膜层 → 光刻 /图形化曝光 → 显影/刻蚀 → 电极制备 → 烧结/测试	电极、微结构或选择性图形化环节	用于形成特定电极图形或表面微结构，以提升导电、集光或转换效率

无掩膜光刻机行业综述——光刻设备分类

光刻设备按照图形转移方式可分为有掩膜光刻设备和无掩膜光刻设备，无掩膜光刻以数字版图驱动曝光过程，无需预先制版，广泛应用于PCB直接成像、IC载板、先进封装、掩膜版写版等领域

光刻设备分类：有掩膜 vs 无掩膜

分类	是否使用掩膜版	图形来源	设备形态	图形生成路线	大批量量产适配度	改版灵活性	核心特点	典型适用场景
有掩膜光刻设备	是	掩膜版/菲林/Reticle 上的固定图形	<ul style="list-style-type: none"> 接触式 接近式 步进式 扫描式 	<ul style="list-style-type: none"> i-line KrF ArF EUV 	★★★★★	★ ★ ☆ ☆ ☆	复制效率高、产能高，适合大批量稳定生产；但制版成本高、改版周期长	<ul style="list-style-type: none"> 半导体前道晶圆制造 传统PCB曝光 部分显示和封装场景
无掩膜光刻设备	否	数字版图数据直接驱动曝光系统	<ul style="list-style-type: none"> 直写式 	<ul style="list-style-type: none"> 激光直写 DMD/DLP SLM 电子束 	★★★☆☆	★★★★★	无需制版、换版快，适合多品种、小批量和快速迭代；但不同路线在极限产能/极限分辨率上存在差异	<ul style="list-style-type: none"> PCB直接成像 IC载板 先进封装 掩膜版写版 科研微纳加工 MEMS 新型显示部分场景

□ 光刻设备按照图形转移方式，可分为有掩膜光刻设备与无掩膜光刻设备两大类。其中，有掩膜光刻以实体掩膜版为载体实现图形复制，核心优势在于重复精度高、量产效率高，因而更适用于半导体前道及其他大批量、标准化制造场景；无掩膜光刻则直接以数字版图驱动曝光过程，无需预先制版，在产品切换频繁、工艺迭代快、批量相对分散的制造环境中更具适配性。

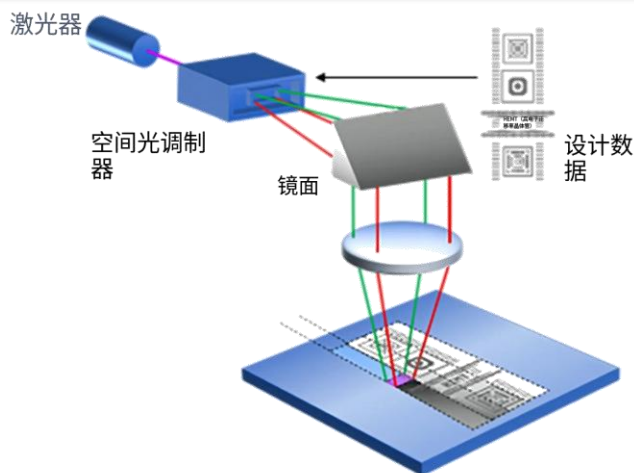
□ 从产业分工看，两类设备并非替代关系，而是分别服务于不同的工艺需求。有掩膜光刻仍是先进制程和高一致性批量复制的主流路径；无掩膜光刻则凭借柔性制造优势，在PCB直接成像、IC载板、先进封装、掩膜版写版及科研微纳加工等领域形成独立应用空间。随着电子制造向高密度、高迭代和多品种方向发展，无掩膜光刻的重要性持续提升，已成为光刻设备体系中不可忽视的细分技术路线。

无掩膜光刻机行业综述——无掩膜光刻机工作原理

无掩膜光刻机的通用工作原理是：无需预先制作物理掩膜版，直接将数字设计版图转换为动态光场，通过光学系统投射到感光材料表面实现图案转移

无掩膜光刻机的工作原理

图①：通用SLM无掩膜光刻原理图

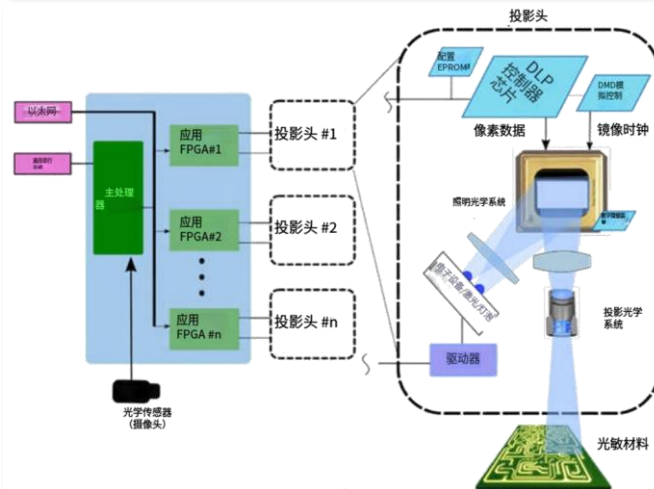


基于空间光调制器 (SLM) 的无掩膜光刻技术的通用原理示意图

来源: Heidelberg

1. 数字设计数据输入到空间光调制器 (SLM)，SLM作为"动态数字掩膜"工作
2. 激光器发出的均匀光束照射到SLM表面
3. SLM根据设计数据逐像素调制入射光的强度/相位
4. 调制后的光场经过反射镜和高精度投影光学系统缩放
5. 最终将图案投射到涂有光刻胶的基板表面完成曝光
6. 完整的大尺寸图案由多个条纹状的单个曝光图像无缝拼接而成

图②：DLP数字光刻系统工程架构图



基于DMD技术的工业级量产型无掩膜光刻系统的具体工程实现

来源: TI

1. 数字设计数据输入系统，经主处理器和FPGA分割与光栅化处理
2. 处理后的数据分发到多个并行的DLP控制器
3. 控制器驱动DMD芯片上数百万个微镜高速翻转
4. 光源发出的均匀光经照明光学系统照射DMD，被调制成动态数字光场
5. 光场经高精度投影光学系统投射到光刻胶表面
6. 多个投影头同时并行工作，实现大面积连续高速曝光

□ DMD（数字微镜器件）是SLM（空间光调制器）的一种，属于反射式强度型SLM，也是目前全球产业化程度最高、市场份额最大的SLM技术路线。

□ 图①是原理层面的通用示意图，展示了所有SLM无掩膜光刻的共性，更适合解释技术本质，对应科研和小批量高精度应用；而图②是工程层面的具体实现架构，专门针对DMD这一主流SLM技术路线的量产需求优化，通过多投影头并行设计解决了无掩膜光刻的吞吐量瓶颈，对应工业级大面积量产应用。

来源: Texas Instruments, Heidelberg Instruments, 头豹研究院



无掩膜光刻机行业综述——无掩膜光刻机技术路线

按辐射源划分，无掩膜光刻可分为基于光学的直写技术与基于带电粒子的直写技术，前者包括激光直写（LDI）和动态掩膜并行投影直写（SLM/DMD），后者包括电子束直写（EBL）和离子束直写

无掩膜光刻机的主流技术路线对比

	动态掩膜并行投影直写（SLM/DMD）	激光直写（LDI）	电子束直写（EBL）
辐射源类型	光学	光学	带电粒子
图形生成方式	由动态掩膜/空间光调制器实时生成图案，DMD是典型实现形式	由 聚焦激光束 按设定路径逐步扫描写入图形	由 聚焦电子束 逐点/逐线写入图形
曝光方式	并行投影曝光 ，一次可覆盖整块视场	扫描曝光 ，依靠光束扫描与平台运动完成写入	扫描曝光 ，依靠电子束偏转与平台步进完成写入
并行扩展能力	可通过 多曝光头/多数字引擎阵列 扩展产能，适合大面积和高吞吐	主要依靠 扫描速度、写入模式和平台效率 提升产能，并行扩展能力弱于投影式	并行能力最弱，提升效率主要依赖束流、扫描策略或多束方案
对传统光学镜头的依赖	高度依赖 投影镜头、照明光学、匀光与多头一致性	高度依赖 聚焦/扫描光学系统，但通常不需要大视场投影镜头阵列	不依赖传统曝光镜头 ，核心是电子光学系统、真空系统和电磁透镜
灰度光刻能力	原生支持 多级灰度曝光 ，适合2.5D/3D微结构	具备较强灰度能力，适合微光学和MEMS结构加工	可通过剂量调制实现灰度/三维结构，但不是主流量产卖点
设备投资特征	适合做成 工业量产型设备 ，资本开支通常低于高端写版级激光和EBL设备	从科研设备到高端掩膜写版设备均有分布	资本开支高，尤其是高电压、高精度生产级设备
运营成本特征	无掩膜版成本 ，维护重点在光学系统、标定和曝光头一致性	无掩膜版成本 ，维护重点在激光、扫描系统和平台稳定性	真空、维护和时间成本高 ，总体运营成本最高
最适合的应用类型	PCB、IC载板、部分先进封装、大面积数字曝光	掩膜版写版、科研微纳、MEMS、小批量高精度开发	高端掩膜版、纳米器件、量子器件、工艺验证
代表厂商	海外：KLA/Orbotech、Heidelberg、SCREEN、EV Group、Nikon、NanoSystem Solutions 中国：芯碁微装、中山新诺、泽攸科技、江苏影速	海外：Heidelberg、Mycronic 中国：江苏影速、天津芯硕、大族数控	海外：JEOL、Raith、Vistec、Elionix、Advantest 中国：羲之科技、金竟科技、泽攸科技

来源：头豹研究院



无掩膜光刻机行业综述——全球及中国无掩膜光刻机市场规模

2025年全球及中国无掩膜光刻机市场规模分别约为107亿元和51亿元，中国市场占比约47.5%，预计未来中国市场增速高于全球

全球无掩膜光刻机市场规模，2020-2030E

单位：[亿元]



中国无掩膜光刻机市场规模，2020-2030E

单位：[亿元]



- 报告完整版/高清图表或更多报告：请登录 www.leadleo.com
- 如需进行品牌植入、数据商用、报告调研等商务需求，欢迎与我们联系

首席分析师：oliver.yuan@leadleo.com

主笔分析师：jacob.zhang@leadleo.com

□ 按设

元；在PCB高阶化、IC载板精细化及先进封装放量带动下，预计2030年市场规模将增长至约人民币187.3亿元，2025-2030年年均复合增长率约52.5%。

□ 从增长驱动看，全球无掩膜光刻机市场

曝光、无掩膜光刻机

无掩膜光刻机行业综述——无掩膜光刻机行业发展驱动因素

从中国无掩膜光刻机行业发展驱动因素来看，PCB/IC载板升级是当前市场规模基础，先进封装是高价值增量，而国产替代是中国市场超额增长的来源

中国无掩膜光刻机行业发展驱动因素

PCB与IC载板升级，构成无掩膜光刻的需求基础

中国台湾电路板协会（TPCA）指出，中国大陆已是全球最大的PCB生产地，2025年市占率预计达37.6%。在AI服务器、数据中心、新能源汽车等需求带动下，HDI、多层板、IC载板持续向更高密度、更高层数和更严对位要求升级，传统菲林曝光在精度、换线效率和良率上的局限逐步显现。无掩膜直接成像设备因具备高精度、快速换版和更强自动化适配能力，成为这一轮PCB与载板高端化升级的重要受益设备。

先进封装扩产，打开无掩膜光刻的高价值空间

先进封装已从传统后道工艺演变为提升芯片系统性能的重要路径，RDL、UBM、micro-bump、Fan-out、WLP/PLP等关键环节，对高精度图形化、动态补偿和面积曝光提出了更高要求。无掩膜光刻无需实体掩模版，且更适合复杂版图和快速迭代，因此正从PCB场景向先进封装加速延伸。

国产替代与政策支持，提升行业成长确定性

无掩膜光刻设备属于典型的国产替代型高端装备赛道，一方面受益于PCB、载板、封装客户对本土设备导入意愿提升，另一方面也持续受到集成电路和高端装备政策支持。国家发展改革委、财政部、税务总局2025年继续推进集成电路企业税收优惠政策实施，地方层面也持续将集成电路、先进封装和关键装备列为重点支持方向。相关政策有助于集成电路装备、材料、封装测试等环节的投资预期，间接利好包括无掩膜光刻设备在内的关键装备导入。

免制版与快迭代，是无掩膜光刻的核心工艺优势

无掩膜光刻将图形生成从“实体掩模版”转为“数字版图直接驱动”，可明显缩短研发试制、产品切换和工艺验证周期。对于多品种、小批量、频繁改版或中试生产场景，传统掩膜/菲林路线需要承担制版时间和管理成本，而无掩膜直写可直接根据CAD/版图数据完成曝光，更适合快速原型开发和柔性制造。



Chapter 2

无掩膜光刻机应用领域



无掩膜光刻机应用领域——无掩膜光刻机应用领域全景

无掩膜光刻机的主要应用领域包括PCB、IC载板、先进封装、掩膜版写版、前道晶圆制造中的特种工艺，以及新型显示、MEMS/微纳加工等场景

无掩膜光刻机主要应用领域及特征

应用领域	主要图形化对象	设备需求特征	行业关注重点
PCB	线路层、阻焊层	大幅面、高效率、连续生产	精度、效率、良率、成本
IC载板	微细线路、焊盘、阻焊开窗	更细线宽线距、更高对位精度	高密度互连、稳定性、良率
晶圆制造 (非先进制程)	器件结构、微纳图形、功能层	小批量、高精度、研发导向	精度、灵活性、工艺验证能力
先进封装	RDL、UBM、micro-bump、Fan-out图形	大面积、高对位、动态补偿	精度、翘曲适应、拼接能力
掩膜版写版	光掩膜图形	超高精度、小批量、高一致性	写版精度、拼接误差、稳定性
新型显示	TFT阵列、电极、像素图形	大基板、均匀曝光、拼接控制	大面积均匀性、效率
MEMS/微纳加工	微结构、微流道、传感器图形	小批量、多品种、复杂结构	灵活性、精度、灰度能力
光伏	电极、功能层、特定微结构	工艺定制化强、场景分散	工艺适配、验证周期

无掩膜光刻机在不同应用领域的商业成熟度和技术难度



无掩膜光刻机应用领域——PCB领域：常规/主流PCB量产线路曝光

常规/主流PCB量产线路曝光领域看重无掩膜光刻机的稳定量产能力、大幅面适配能力、较高产能效率，以及满足主流线路精度要求的工艺可靠性。无掩膜光刻机在该领域技术难度可控、商业化成熟度最高

无掩膜光刻机性能指标——常规/主流PCB量产线路曝光领域

区域	厂商	代表性产品	图形尺寸	对位精度	产能效率
海外	KLA/Orbotech	Nuvogo 1000/1000XL	最小线宽：24 μm	±10 μm	300/290面/小时
	SCREEN	Ledia 6S	最小线宽：30 μm	±9 μm	-
	ADTEC	IP-35	最小线宽：35 μm	±10 μm	340面/小时
中国	芯基微装	MAS 25T	最小线宽：25 μm	±10 μm	360面/小时
	大族数控	LDI-E25	最小线宽：25.4 μm	±12.7 μm	380面/小时
	江苏影速	H9300D	最小线宽：25 μm	±15 μm	300面/小时

注：常规/主流PCB量产场景下，各厂商公开资料对图形尺寸的披露口径并不完全一致，部分产品采用“最小线宽”表述，部分产品采用“线宽/线距 (L/S)”表述。考虑到本表聚焦的是主流PCB量产线路曝光场景，且大多数样本公开披露以最小线宽为主，因此表中优先采用“最小线宽”作为对比口径；若厂商仅披露其他等效图形尺寸指标，则按原始公开口径标注，不强行换算。

- 常规/主流PCB量产领域对无掩膜光刻机最看重的能力，是**稳定量产能力、大幅面适配能力、较高产能效率，以及满足主流线路精度要求的工艺可靠性**。从表中厂商的代表性产品来看，该领域的性能指标主要集中在24–35μm级最小线宽、9–15μm级对位精度误差、300–380面/小时左右的产能效率，说明这一市场的核心诉求并不是追求极限精细图形，而是在可控精度下实现高效率、低波动和连续生产。
- 海外方面，KLA/Orbotech、SCREEN、ADTEC等厂商已形成较成熟产品布局；中国方面，芯基微装、大族数控、江苏影速等厂商也已推出相应产品，并展现出接近海外主流厂商的量产性能。整体来看，**该领域技术难度相对可控、商业化成熟度最高，是无掩膜光刻机当前最成熟、最具规模基础的应用市场**。
- 未来，随着PCB向更高层数、更高密度和更高良率方向升级，该领域设备将继续向**更高自动化、更高稳定性、更快换线效率和更细线路能力**演进，但其发展主线仍将围绕“**量产效率与工艺稳定性提升**”展开。

无掩膜光刻机应用领域——PCB领域：高阶HDI/精细线路PCB

高阶HDI/精细线路PCB领域看重无掩膜光刻机更细图形能力、更高对位精度，以及在精细线路条件下兼顾一定产能的能力。相较于常规PCB领域，该领域技术难度更高，但商业化也已较为成熟

无掩膜光刻机性能指标——高阶HDI/精细线路PCB领域

区域	厂商	代表性产品	图形尺寸	对位精度	产能效率
海外	KLA/Orbotech	Nuvogo Fine 8/10	线宽/线距：10/15 μm	$\pm 7.5 \mu\text{m}$	240面/小时
	ORC	FDi-5	线宽/线距：4 μm /5 μm /8 μm （三种模式）	$\pm 3.5 \mu\text{m}$	80面/小时
	ADTEC	IP-6	最小线宽：6 μm	$\pm 5 \mu\text{m}$	77面/小时
中国	芯基微装	ACURA280	最小线宽：8 μm	$\pm 5 \mu\text{m}$	120面/小时
	江苏影速	IC250	线宽/线距：8/12 μm	$\pm 5 \mu\text{m}$	116面/小时
	天津芯硕	Mars 9P	推荐工作区间：10-15 μm	$\pm 5 \mu\text{m}$	90面/小时

注：高阶HDI/精细线路PCB场景下，厂商对图形尺寸能力的公开口径差异更大。部分产品直接披露“线宽/线距（L/S）”，适用于规则线路图形；部分产品披露“最小线宽”，用于表达其最细线路能力；另有部分样本仅给出“推荐工作区间”或区间化参数，用于反映设备在特定工艺条件下的适用范围。由于不同厂商原始资料口径并不统一，表中保留其公开表达方式，以反映样本真实披露情况。

- 高阶HDI/精细线路PCB领域对无掩膜光刻机最看重的能力，则转向**更细图形能力、更高对位精度，以及在精细线路条件下兼顾一定产能的能力**。从表中厂商的产品性能来看，该领域的图形尺寸能力已进入5–15 μm 区间，对位精度误差进一步收敛至3.5–7.5 μm ，而产能效率则相较常规PCB有所下降。
- 海外方面，KLA/Orbotech、ORC、ADTEC在高阶HDI及精细线路直接成像领域具备较强代表性；中国方面，芯基微装、江苏影速、天津芯硕等厂商也已切入这一档位，并逐步形成对高端PCB精细线路市场的覆盖。相较常规PCB量产，**该领域技术难度更高，但商业化也已较为成熟，是无掩膜光刻从主流PCB向更高端板级应用延伸的关键环节**。
- 未来，随着HDI、mSAP、类载板化趋势进一步增强，高阶PCB对无掩膜光刻机的要求将继续向**更小图形尺寸、更严对位控制和更高良率演进**，中国厂商也有望在这一细分市场中加快替代进程。

无掩膜光刻机应用领域——IC载板领域：BT载板/中端IC载板

BT载板/中端IC载板要求无掩膜光刻机兼顾较细线路、叠对精度与量产效率。其技术难度高于PCB但低于ABF载板，且在IC载板细分场景中商业成熟度相对较高

无掩膜光刻机性能指标——BT载板/中端IC载板领域

区域	厂商	代表性产品	图形尺寸	关键精度指标	产能效率	最大基板尺寸
海外	KLA/Orbotech	Corus 8M	最小线宽：8 μm	对位精度：5 μm；层间定位精度：10 μm	-	635×660 mm
	Altix	Adix SA	线宽/线距：10/10 μm	图像对板定位精度：8 μm；层间定位精度：12 μm	-	610×762 mm
	ORC	FDi-MP	线宽/线距：4 μm/5 μm/8 μm（三种模式）	综合描画位置精度：3.5 μm	-	515×515 mm
中国	芯基微装	ACURA280	最小线宽：8 μm	对位精度：5 μm	120面/小时	-
	天准科技	TZDI-06	线宽/线距：6/6 μm	对位精度：6 μm；层间定位精度：12 μm	30秒/面	630×810 mm
	江苏影速	H9820D-G	线宽/线距：10/10 μm	对位精度：±8 μm；层间精度：16 μm	20秒/面	24.8×28.8 inch

注：相较PCB，IC载板具有线路更细、层数更多、层间叠对要求更高等特点，因此除线宽/线距外，设备性能还需关注对位精度、层间定位精度、套刻精度等指标。

□ BT载板/中端IC载板对无掩膜光刻机的性能要求，已明显高于一般PCB应用，但总体仍处于“高精度量产设备”而非“极限分辨率设备”的竞争区间。该领域更看重的能力主要包括：一是稳定实现6/6μm至10/10μm级线宽/线距的成像能力；二是5-10μm级对位与层间定位控制，以满足多层载板良率要求；三是较好的大幅面适配能力与量产节拍，因为中端载板更强调成本、效率与良率之间的平衡。

□ 中国厂商如芯基微装、天准科技、江苏影速等已能提供面向该领域的设备产品，在8μm、6μm乃至部分更高精度指标上逐步逼近海外设备，但在综合工艺窗口、长期稳定性、复杂多层叠对控制及批量客户验证方面，整体仍存在一定差距。总体而言，BT载板领域是无掩膜光刻机在IC载板中的较早商业化切入方向，技术难度高于PCB但低于ABF载板，在IC载板细分场景中商业成熟度相对较高，已有较好的产业化应用基础。

无掩膜光刻机应用领域——IC载板领域：ABF载板/高端IC载板

ABF/高端IC载板要求无掩膜光刻机具备更细线路能力，以及更高的多层叠对精度、工艺稳定性和量产能力。其技术难度在IC载板中最高，虽已进入商业化导入阶段，但商业成熟度略低于BT载板和PCB领域

无掩膜光刻机性能指标——ABF载板/高端IC载板领域

区域	厂商	代表性产品	图形尺寸	关键精度指标	产能效率	最大基板尺寸
海外	Nikon	DSP-100	线宽/线距：1/1 μm	套刻精度：0.3 μm	50 面板/小时	510×515 mm（标准）；支持 600×600 mm
	SCREEN	LeVina	线宽/线距：2/2 μm	-	-	-
	EVG	LITHOSCALE XT	线宽/线距：< 2/2 μm	-	-	300 mm 晶圆 / 300×300 mm 基板
中国	芯碁微装	MAS 4/6/8	线宽/线距：4/4 μm	对位精度：4 μm	-	-
	天准科技	TZDI-04	线宽/线距：4/4 μm	对位精度：5 μm；层间定位精度：10 μm	60秒/面	630×610 mm
	源卓微纳	MSS-01	线宽/线距：1.4/1.4 μm	套刻精度：≤±0.5 μm	-	-

- ABF载板/高端IC载板对无掩膜光刻机提出了目前载板领域最严苛的要求，其核心不再只是“能否做得出来”，而是“能否在高层数、高密度、高良率条件下稳定量产”。这一领域最看重的能力包括：一是2/2μm、甚至1-1.5μm级线宽/线距的超精细成像能力；二是微米级乃至亚微米级套刻精度，以保证高层互连结构中的累积误差可控；三是设备在高精度条件下仍保持一定的产能效率、热稳定性和长期重复性。
- 海外厂商如Nikon、SCREEN、EVG等处于更领先位置，尤其在极限分辨率、套刻控制和高端封装工艺匹配方面更具代表性；中国厂商中，天准科技、芯碁微装及源卓微纳等已开始向高端载板场景延伸，部分产品披露了面向4/4μm及更细线路的技术能力；但从高层数ABF载板的长期稳定量产、复杂叠对控制和批量客户验证看，中国厂商整体仍处于追赶阶段。整体来看，ABF载板是无掩膜光刻机在IC载板领域中技术要求最高的细分方向之一，在线宽/线距、多层图形重合误差控制及量产稳定性方面要求更为严苛。该领域的无掩膜光刻机已进入商业化导入并持续深化阶段，但相较PCB及BT载板，其在高端量产场景中的渗透深度、应用普及度和工艺主导性仍略低。
- 未来，随着先进封装、AI芯片及高性能计算对高端载板需求持续增长，无掩膜光刻机有望在更高分辨率、更高叠对精度和更强量产能力方向持续演进，并进一步提升在高端IC载板领域的应用占比。

无掩膜光刻机应用领域——先进封装领域：晶圆级与面板级（1/2）

无掩膜光刻机在晶圆级产品上更侧重精细加工与高对准能力，而在面板级产品上更侧重大尺寸基板兼容、形变控制和规模化生产；晶圆级无掩膜光刻已步入量产成熟期，而面板级仍处于产业化导入阶段

无掩膜光刻机性能指标——先进封装领域（1/2）

区域	厂商	代表性产品	基板形态	主要应用场景	图形尺寸	关键精度指标	产能效率	最大基板尺寸
海外	Applied Materials/Ushio	DLT	晶圆/面板兼容	异构集成、先进封装基板	线宽: <2 μm	叠对精度: <0.5 μm	未公开	未公开
	Nikon	DSP-100	面板级	面板级先进封装、大尺寸先进封装基板	L/S: 1/1 μm	叠对精度: ≤±0.3 μm	50 面板/小时 (510×515 mm)	600×600 mm
	EV Group	LITHOSCALE XT	晶圆/面板兼容	FoWLP、PLP、多芯片图形化	L/S: <2/2 μm	未公开	未公开	300 mm 晶圆 / 300×300 mm 基板
	SCREEN	LeVina	面板级	FCCSP、FCBGA、FOPLP	L/S: 5/5 μm	未公开	100 基板/小时 (510×515 mm, 5/5 μm)	510×515 mm
	SCREEN	DW-3100	晶圆/面板兼容	先进半导体封装	分辨率: <1 μm	未公开 (支持 global / local / die-by-die 三种对准)	未公开	200–300 mm 晶圆
	Heidelberg Instruments	VPG 300 DI	晶圆级	先进封装研发、工艺开发、原型验证	最小特征尺寸: <0.5 μm	二层对准精度: 100 nm (topside)	9分钟 /100×100mm ²	300 mm 晶圆

注：先进封装可分为晶圆级与面板级，两者在基板尺寸、形变控制和量产要求上存在差异，故表中单列“基板形态”等指标。图形尺寸主要反映线路能力，关键精度指标主要反映套刻/叠对能力；不同厂商口径不完全一致，相关数据主要用于横向比较。

□ 从公开产品性能指标来看，**晶圆级先进封装**更强调更细RDL能力、更高套刻/对准精度以及对单颗芯片位置偏差的校正能力；**面板级先进封装**则更强调大尺寸基板兼容、基板翘曲与形变控制，以及在大面积条件下兼顾精度与产能的能力。

无掩膜光刻机应用领域——先进封装领域：晶圆级与面板级（2/2）

当前，在先进封装场景下，无掩膜光刻机竞争重点正由单一线宽能力转向复杂工况下的精度、补偿与产能平衡

无掩膜光刻机性能指标——先进封装领域（2/2）

区域	厂商	代表性产品	基板形态	主要应用场景	图形尺寸	关键精度指标	产能效率	最大基板尺寸
中国	芯碁微装	WLP 2000	晶圆级	RDL、Bumping、TSV、SoW	L/S: 2 μm	套刻精度: ±0.6 μm	未公开	8/12英寸晶圆
	芯碁微装	PLP 3000	面板级	RDL、UBM、TSV、玻璃基板先进封装	L/S: 3 μm	套刻精度: ±2 μm	未公开	600×600 mm
	苏大维格	iPackLitho	晶圆/面板兼容	2.5D/3D 先进封装	未公开	未公开	未公开	未公开
	源卓微纳	LDI激光直写光刻机	面板级	玻璃基板先进封装	线宽: 4 μm	未公开	未公开	未公开

注：先进封装可分为晶圆级与面板级，两者在基板尺寸、形变控制和量产要求上存在差异，故表中单列“基板形态”等指标。图形尺寸主要反映线路能力，关键精度指标主要反映套刻/叠对能力；不同厂商口径不完全一致，相关数据主要用于横向比较。

□ 就厂商布局而言，芯碁微装、SCREEN、Heidelberg Instruments等厂商提供了面向晶圆级先进封装的无掩膜光刻机产品，Nikon、SCREEN、芯碁微装等提供了面向面板级先进封装的产品，而Applied Materials/Ushio与EV Group的相关产品则同时覆盖晶圆级和面板级场景。从商业成熟度来看，晶圆级无掩膜光刻在RDL/UBM/micro-bump工艺中已步入量产成熟期，竞争核心是亚微米级套刻精度；面板级仍处于产业化导入阶段，核心瓶颈在于大面积翘曲补偿与形变控制。

□ 从技术演进趋势看，晶圆级路线更侧重于高精度解析、图形灵活性与复杂设计实现，而面板级路线则聚焦于大面积覆盖、低成本制造与高吞吐量产。两者不是前后替代，而是先进封装在不同场景下的并行技术路线。当前，无掩膜光刻机的核心竞争维度，已从早期单一的“能否实现更细线宽”，演变为在基板翘曲、芯片偏移、多层套对以及大面积基板等复杂工况下，能否同时保证高精度与高产能。正因如此，畸变补偿、自适应对准、无拼接曝光、翘曲校正等软硬件集成能力，正逐步成为各家设备厂商定义先进封装光刻产品的核心卖点。

无掩膜光刻机应用领域——掩膜版写版领域：半导体用掩膜版

半导体用掩膜版写版设备要求无掩膜光刻机具备更小图形尺寸、更高关键尺寸控制能力以及更高的套刻和拼接精度。其技术门槛高、设备壁垒强，成熟制程以激光直写为主，先进节点则主要依赖电子束直写

无掩膜光刻机性能指标——半导体用掩膜版写版领域

区域	厂商	代表性产品	写版方式	图形能力/适用节点	关键精度指标	写版效率	支持版尺寸
海外	Mycronic	SLX 3 e2	激光直写	适用节点：约90 nm	CD均匀度 9/12/15 nm (3P/2P/1P)；位置精度 17/22/25 nm	56-169min (6英寸, 1P/2P/3P)	6英寸
	Heidelberg Instruments	ULTRA	激光直写	最小特征尺寸：500/700 nm (QX/FX)	位置精度：40/80 nm；套刻精度：30/60 nm；拼接精度：20/60 nm；二层对准：100 nm；关键尺寸均匀性：30/60 nm (QX/FX)	325/580 mm ² /min；6×6英寸整版约75/45 min	最大9英寸
	JEOL	JBX-3050MV/S	电子束直写	适用节点：45 nm	拼接精度：≤±3.8 nm；套刻精度：≤±7 nm	未公开	6英寸
	JEOL	JBX-3200MVS	电子束直写	适用节点：32-28 nm	拼接精度：≤±3.5 nm；套刻精度：≤±5 nm	未公开	未公开
	NuFlare	MBM-2000PLUS	电子束直写	适用节点：3 nm及以上	图形位置精度：1.3 nm；局部关键尺寸均匀性：0.65 nm	未公开	6英寸
中国	江苏影速	DEM4000	激光直写	最小线宽：500 nm	线宽均匀性：50 nm；套刻精度：150 nm；网格精度：25 nm；拼接误差：100 nm	未公开	未公开
	洪镭光学	HL-P3	激光直写	最小线宽/线距：2.5/2.5 μm	对位精度：±2 μm	未公开	未公开

注：半导体用掩膜版写版设备主要面向高精度图形转移场景，对最小图形尺寸、关键尺寸控制、套刻精度及拼接精度要求较高。由于不同厂商公开口径和适用节点存在差异，表中数据主要用于设备能力的横向比较。

□ 半导体用掩膜版写版设备对无掩膜光刻机的要求最高，更看重纳米级图形能力、关键尺寸控制以及高精度套刻与拼接能力。其中，成熟制程掩膜版仍可采用激光直写路线，而更先进节点则主要依赖电子束直写。海外厂商在先进节点设备方面优势更为明显，中国厂商则主要布局成熟制程半导体掩膜版写版环节。整体而言，该领域技术门槛高、设备壁垒强，是无掩膜光刻机应用中精度要求最高的方向之一。

无掩膜光刻机应用领域——掩膜版写版领域：面板或封装用掩膜版

面板或封装用掩膜版写版设备要求无掩膜光刻机在大尺寸版面下兼顾图形均匀性、对位能力和写版效率。相较半导体用掩膜版，其对极限尺寸要求略低，但对大面积加工和量产能力要求更高

无掩膜光刻机性能指标——面板或封装用掩膜版写版领域

区域	厂商	代表性产品	写版方式	图形能力	关键精度指标	写版效率	支持版尺寸
海外	Mycronic	Prexision 8000 Evo	激光直写	L/S: 0.50/0.50 μm 或 0.75/0.75 μm (HA/HT)	CD 精度: 15/20 nm; 叠对精度: 65/90 nm	900/1200 mm^2/min	1400×1620 mm
海外	Mycronic	Prexision 10	激光直写	L/S: 0.75/0.75 μm 或 1.00/1.00 μm (HA/HT)	平均关键尺寸精度: 70/85 nm; 整套掩膜套刻精度: 90/120 nm (HA/HT)	900/1200 mm^2/min	1700×2000 mm
海外	Mycronic	FPS 6100 Evo	激光直写	L/S: 0.75/0.75 μm (最高等级)	CD均匀性: 30 nm; 套刻精度: 70 nm	525–12000 mm^2/min	1100×1100 mm 或 900×1200 mm
海外	Heidelberg Instruments	VPG+ 1400 FPD / 1850 FPD	激光直写	最小特征尺寸: 0.8/1.0 μm (QX/FX)	板间套刻精度: 250 nm; 拼接精度: 40/50 nm; 二层对准: 400 nm; 局部关键尺寸均匀性: 50/70 nm (QX/FX)	1450/2900 mm^2/min	1400×1500 mm / 1400×1850 mm
海外	Heidelberg Instruments	VPG+ 800 / 1400	激光直写	最小特征尺寸: 0.75/1/2 μm	板间套刻精度: VPG+800 为 160/160/220 nm, VPG+1400 为 250/250/300 nm; 拼接精度: 60/70/100 nm; 位置精度: 200 nm	VPG+800: 1100/3925/7825 mm^2/min ; VPG+1400: 1125/4125/8250 mm^2/min	32×32 inch / 1400×1400 mm
海外	Heidelberg Instruments	VPG+ 200 / 400	激光直写	最小特征尺寸: 0.75/0.75/1/2 μm ; L/S: 1.5/1.5、1.5/1.5、2/2、4/4 μm	CD均匀性: 55/65/75/110 nm; 拼接精度: 30/60/70/100 nm; 二层对准: 225/225/350/500 nm	485/970/3150/6400 mm^2/min ; 100×100 mm 区域约 28/14/5.6/3.5 min	9×9 inch / 17×17 inch

注：面板或封装用掩膜版写版设备主要面向大尺寸版面加工场景，更强调大面积范围内的图形均匀性、对位能力和写版效率。由于不同厂商在图形能力、写版速度及支持版尺寸等方面的披露口径不完全一致，表中数据主要用于横向参考。

□ 面板或封装用掩膜版写版设备的核心诉求不再只是更小图形尺寸，而是在较大版面条件下兼顾图形精度、均匀性与写版效率。海外厂商在大尺寸显示掩膜版和多用途封装掩膜版设备方面布局更为完整，公开参数也相对更充分；中国厂商已有产品切入相关市场，但公开量化指标整体仍相对有限。整体而言，该领域更强调大版面加工能力和量产效率，是无掩膜光刻机在掩膜版写版应用中的另一类重要方向。

Chapter 3

无掩膜光刻机行业竞争格局



无掩膜光刻机行业竞争格局——海外主要无掩膜光刻机厂商（1/2）

海外厂商的布局谱系十分完整，不仅覆盖PCB、IC载板、先进封装、掩膜版写版及科研微纳加工等多个应用方向，也形成了激光直写、动态掩膜并行投影直写、电子束直写等较为完整的技术路线布局

海外主要无掩膜光刻机厂商汇总（1/2）

企业名称	主要布局方向	企业介绍
 Mycronic	掩膜版写版	瑞典高科技装备企业，主营掩膜版写版设备、电子装联及工业自动化。在无掩膜光刻方面，主要布局半导体及显示用掩膜版激光直写设备。
 Heidelberg Instruments	无掩膜激光光刻、掩膜版写版	德国微纳制造装备企业，主营无掩膜激光光刻、掩膜版写版及纳米加工设备，覆盖从科研开发到工业级掩膜版制版的全场景应用。
 KLA (含Orbotech直接成像业务)	PCB、IC载板直接成像	美国半导体设备龙头企业，主营工艺控制、检测计量及电子互连制造装备。通过PCB事业处提供面向HDI、IC载板及先进封装的直接成像系统。
 SCREEN Semiconductor Solutions	先进封装、载板、晶圆直接成像	日本半导体生产设备制造商，前道与后道兼有布局。在无掩膜光刻领域推出面向先进封装和IC载板的直写光刻系统，含晶圆级和面板级型号。
 EV Group	先进封装、MEMS、IC载板数字光刻	奥地利半导体工艺装备企业，主营晶圆键合、光刻、纳米压印及先进封装设备。在无掩膜光刻领域推出LITHOSCALE系列数字光刻平台。
 Nikon	先进封装数字光刻	日本精密光学与半导体设备企业，全球累计交付超万套光刻设备。2025年推出首款面向后道工艺的数字光刻系统，专为面板级先进封装设计。
 Applied Materials/Ushio (联合开发DLT)	先进封装数字光刻	全球半导体设备龙头与日本光源企业联合开发DLT数字光刻平台，采用数字微镜器件方案，面向先进封装基板的高产直写光刻。

无掩膜光刻机行业竞争格局——海外主要无掩膜光刻机厂商（2/2）

从企业类型上看，海外无掩膜光刻机厂商既有KLA、Applied Materials、Nikon这类大型半导体设备公司，也有Mycronic、Heidelberg Instruments、IMS、RAITH这类在特定细分领域深耕的专业厂商

海外主要无掩膜光刻机厂商汇总（2/2）

企业名称	主要布局方向	企业介绍	
 ALTIX MGI GROUP	Altix	PCB、FPC、IC载板与封装成像	法国紫外成像设备企业，提供半自动/全自动接触式曝光及直接成像设备，覆盖PCB、柔性板、IC载板等领域。
	ORC Manufacturing	高端封装、IC载板直接成像	日本光应用装备企业，主营工业光源、曝光及紫外测量设备。提供面向IC载板及高端封装的激光直接成像系统。
	JEOL	电子束直写、掩膜版写版	日本电子光学与科学仪器企业，业务涵盖电子显微镜、分析仪器及半导体装备。JBX系列电子束直写系统应用于掩膜版制版与先进器件研发。
	NuFlare Technology	电子束掩膜版写版、掩膜检测	日本半导体装备企业，主营业务为电子束掩膜版写版设备、掩膜检测设备及外延设备，为先进节点光掩膜制造提供核心装备。
	IMS Nanofabrication	多束电子束掩膜版写版	奥地利半导体装备企业，全球多束电子束掩膜版写版技术领导者，客户涵盖全球最大芯片制造商。
	RAITH	电子束/激光无掩膜纳米加工	德国纳米加工设备企业，全球无掩膜纳米加工市场与技术领导者，产品涵盖电子束、聚焦离子束及激光光刻，面向科研机构和中试产线。
	Vistec Electron Beam	电子束直写	德国电子束光刻设备企业，提供基于可变形状束的电子束直写系统，支持硅直写和掩膜版制造等应用。

无掩膜光刻机行业竞争格局——中国主要无掩膜光刻机厂商（1/2）

中国无掩膜光刻机厂商已形成“产业化设备+通用微纳直写设备”两类梯队，前一类更偏PCB、IC载板、先进封装和部分掩膜版等工业场景，后一类更偏科研、研发试制和多场景微纳加工

中国主要无掩膜光刻机厂商汇总（1/2）

企业名称	主要布局方向	企业介绍	
	芯碁微装	PCB、IC载板、先进封装、掩膜版；动态掩膜并行投影直写	中国直写光刻装备龙头，全球最大的PCB直接成像设备供应商。产品覆盖PCB、IC载板、先进封装、掩膜版制版等领域。
	江苏影速	PCB、掩膜版写版、晶圆直写；动态掩膜并行投影直写	中国直写光刻装备企业，由中科院微电子所联合产业基金发起成立。主营以激光直写光刻为核心的微电子装备。
	大族数控	PCB、IC载板；激光直接成像	中国PCB专用设备企业，产品覆盖压合、钻孔、曝光、成型、检测等工序。提供面向HDI及IC封装基板的激光直接成像系统。
	中山新诺	PCB、IC载板、显示、掩膜版；激光直接成像、动态掩膜并行投影直写	中国激光直接成像装备企业，主营无掩膜激光直接成像设备，产品覆盖PCB、平板显示及半导体封装等领域。
	天津芯硕	半导体、先进封装；激光直接成像	中国集成电路装备企业，主要提供直写式光刻设备和晶圆检测设备，用于芯片制造、掩膜版、MEMS等领域。
	源卓微纳	IC载板、先进封装、MEMS/微纳加工；激光直写	中国微纳制造装备企业，为高端电子电路、IC载板、先进封装等领域提供无掩模及投影光刻曝光机。
	苏大维格	先进封装、微纳加工、新型显示；激光直写、数字光刻	中国微纳结构产品制造和技术服务商，自研激光直写光刻机建立了微纳光学平台，面向先进封装推出iPackLitho数字光刻系统。

无掩膜光刻机行业竞争格局——中国主要无掩膜光刻机厂商（2/2）

中国无掩膜光刻机厂商以PCB直写光刻为基本盘，快速向IC载板与先进封装延伸；头部中国企业可同时覆盖PCB、载板、先进封装、掩膜版等多个应用领域，但在高端领域处于追赶阶段

中国主要无掩膜光刻机厂商汇总（2/2）

企业名称	主要布局方向	企业介绍
 天准科技	PCB、IC载板；激光直接成像、动态掩膜并行投影直写	中国智能制造装备企业，主营工业视觉装备与精密测量。在无掩膜光刻领域推出TZDI系列激光直接成像设备，面向IC载板和类载板制造。
 科毅科技	新型显示、MEMS、微纳加工；激光直写	中国台湾光电设备企业，专注黄光制程设备，产品涵盖曝光机、涂布机、光罩等，面向半导体及光电产业。
 矽万半导体	掩膜版写版、半导体、MEMS/微纳加工；激光直写	中国半导体装备企业，专注PicoMaster无掩模激光直写光刻机，服务于半导体、微纳光学器件等领域。
 魔技纳米	微纳加工、科研研发；激光直写	中国微纳制造装备企业，主营三维激光直写和超快激光微纳制造设备，可实现50至70纳米精度的三维结构加工。
 洪镭光学	掩膜版写版、先进封装玻璃基板；激光直写	中国直写光刻解决方案提供商，产品覆盖PCB线路板、半导体掩膜版、TGV玻璃基板等领域的直写光刻设备。
 玉之泉	微纳加工、科研研发；激光直写、动态掩膜并行投影直写	中国直写光刻装备企业，源自浙江大学。产品涵盖双光子三维直写、AOD紫外激光直写及UV-LED数字投影光刻系统。
 凯世光研	PCB、IC载板、显示；激光直接成像	中国激光成像设备企业，主营激光直接成像设备及自动化解决方案，以特种光源技术起家，深耕PCB及显示面板领域。

无掩膜光刻机行业竞争格局——无掩膜光刻机厂商技术路线布局对比

海外无掩膜光刻机厂商已形成从激光直写、动态掩膜并行投影直写到电子束直写、离子束直写的较完整技术谱系，而中国厂商目前仍主要集中在光学无掩膜路线，尤其是激光直写和动态掩膜并行投影直写

海外与中国主要无掩膜光刻机厂商技术路线布局对比

区域	企业名称	激光直写	动态掩膜并行投影直写	电子束直写	离子束直写
海外	Mycronic				
	Heidelberg Instruments				
	KLA / Orbotech				
	SCREEN				
	EV Group				
	Nikon				
	Applied Materials / Ushio				
	Altix				
	ORC Manufacturing				
	JEOL				
	NuFlare Technology				
	IMS Nanofabrication				
	RAITH				
	Vistec Electron Beam				
中国	芯碁微装				
	天准科技				
	江苏影速				
	源卓微纳				
	苏大维格				
	矽万（上海）半导体科技				
	魔技纳米				
	大族数控				
	中山新诺				
	天津芯硕				
	洪镭光学				
	玉之泉				
	科毅科技				
	凯世光研				

来源：公司官网，产品手册，公开资料整理，头豹研究院



无掩膜光刻机行业竞争格局——无掩膜光刻机厂商应用领域覆盖对比

整体看，中国无掩膜光刻机厂商的应用场景布局已明显拓宽，不再局限于 PCB直接成像，而是逐步延伸至IC载板、先进封装、掩膜版写版等方向；但在高端量产验证、复杂工艺适配等方面与海外仍有差距

海外与中国主要无掩膜光刻机厂商应用领域覆盖对比

区域	企业名称	PCB	IC载板	先进封装	掩膜版写版	新型显示	MEMS/微纳加工
海外	Mycronic						
	Heidelberg Instruments						
	KLA / Orbotech						
	SCREEN						
	EV Group						
	Nikon						
	Applied Materials / Ushio						
	Altix						
	ORC Manufacturing						
	JEOL						
	NuFlare Technology						
	IMS Nanofabrication						
	RAITH						
	Vistec Electron Beam						
中国	芯碁微装						
	天准科技						
	江苏影速						
	源卓微纳						
	苏大维格						
	矽万（上海）半导体科技						
	魔技纳米						
	大族数控						
	中山新诺						
	天津芯硕						
	洪镭光学						
	玉之泉						
	科毅科技						
	凯世光研						

来源：公司官网，产品手册，公开资料整理，头豹研究院



注：对于Mycronic、Heidelberg Instruments、JEOL、NuFlare、IMS这类以掩膜版写版为主的企业，如果其设备明确服务于先进封装、新型显示、MEMS等下游场景的掩膜版生产，则表中也视为“覆盖该应用领域”。

Chapter 4

无掩膜光刻机光学镜头行业综述

无掩膜光刻机光学镜头行业综述——光学镜头模组成本占比

光学式无掩膜光刻机的核心零部件包括光源模块、图案调制/成像模块、光学镜头模组、精密运动平台等，其中光学镜头模组通常占光学式无掩膜光刻机整机制造成本的约8%–18%

光学式无掩膜光刻机成本构成——主流PCB/IC载板设备

单位：[%]



光学式无掩膜光刻机成本构成——先进封装/亚微米高精度设备

单位：[%]



- 报告完整版/高清图表或更多报告：请登录 www.leadleo.com
- 如需进行品牌植入、数据商用、报告调研等商务需求，欢迎与我们联系

首席分析师：oliver.yuan@leadleo.com

主笔分析师：jacob.zhang@leadleo.com

- 无掩膜光刻机按辐射源可分为基于光学的直写技术与基于激光干涉的直写技术
- 光学式无掩膜光刻机的核心零部件包括光源模块、图案调制/成像模块、光学镜头模组、精密运动平台等
- 从整机制造成本来看，光学式无掩膜光刻机中光学镜头模组通常占整机制造成本的约8%–18%

无掩膜光刻机光学镜头行业综述——光学镜头模组供应商及需求量

中国无掩膜光刻机光学镜头模组厂商整体处于中端LDI镜头国产替代加速期，其中波长光电与永新光学已与头部设备商深度绑定、份额领先；中国对无掩膜光刻机光学镜头模组的年需求量约为1,200–1,500套

中国主要的光学无掩膜光刻机光学镜头模组供应商汇总

企业名称	企业及相关业务介绍
南京波长光电科技股份有限公司	国内精密光学元件及组件主要供应商。在无掩膜光刻领域，已明确推出LDI激光直写镜头，适配无掩膜光刻场景，为半导体封装与微纳制造提供光学核心组件。
宁波永新光学股份有限公司	中国光学精密仪器及核心光学元组件龙头。自主研发生产的应用于PCB无掩膜激光直写光刻设备的光刻镜头已形成规模化供应，多数产品已实现国产替代。
中山联合光电科技股份有限公司	国内专业镜头及光电系统制造商。全资孙公司成都联江科技有限公司已获得LDI光学引擎和无掩膜光刻系统“双远心光刻镜头和光刻装置”等多项专利，具备无掩膜光刻机镜头的技术与制造能力。
浙江蓝海光学科技有限公司	专注于玻璃非球面镜片加工与光学设计。自主研发的紫外双远心激光直写（LDI）镜头，已成为国内领先LDI设备制造商的主要供应商。
苏州赛源光学科技有限公司	专注微米级光刻镜头研发及产业化。已取得“一种用于无掩膜光刻机的曝光镜头”等多项专利，主营产品包括LDI光刻投影镜头、紫外光刻镜头等，直接服务于无掩膜光刻设备。
北京点阵虹光光电科技有限公司	专注于光学系统设计与高精度镜头研制。其主营产品首项即为LDI激光直写镜头，为无掩膜光刻机提供核心光学镜头，具备从技术咨询到批量生产的完备光学服务能力。
深圳市灿锐科技有限公司	中国高端远心镜头领域的主要厂商之一。拥有“LDI用紫外直写镜头”“一种DMD光刻投影镜头”等专利，面向LDI设备制造商提供基于DMD的无掩膜光刻投影镜头，目前正与国内多家LDI厂商深入合作。
河南百合特种光学研究院有限公司	专业从事特种光学系统研发生产。与海外团队合作研发“UV-LED无掩膜光刻系统”，已攻克高精度双远心UV光刻物镜等关键技术，产品已供应大族激光等头部客户。

- 在中国无掩膜光刻机光学镜头模组市场，**波长光电**与**永新光学**已确立领先份额与头部地位，两家均与国内主流无掩膜光刻设备商形成了深度绑定和规模化供应关系。从整体供应格局看，国内具备供应能力的厂商包括联合光电、蓝海光学、赛源光学、点阵虹光、灿锐科技、百合光电等，行业处于**中端LDI镜头国产替代加速期**。
- 从需求侧看，按整机新增配套口径估算，结合PCB直接成像设备、IC载板设备及先进封装设备的新增装机需求，以及不同设备单台配置的镜头模组数量，中国无掩膜光刻机光学镜头模组年需求量约为1,200–1,500套。

来源：专家访谈，公开资料整理，头豹研究院



头豹业务合作

会员账号

可阅读全部原创报告和百万数据，提供PC及移动端，方便触达平台内容

定制报告/词条

行企研究多模态搜索引擎及数据库，募投可研、尽调、IRPR等研究咨询

定制白皮书

对产业及细分行业进行现状梳理和趋势洞察，输出全局观深度研究报告

报告作者



袁栩聪
首席分析师



张俊雅
行业分析师

• service@leadleo.com

招股书引用

研究覆盖国民经济19+核心产业，内容可授权引用至上市文件、年报

市场地位确认

对客户竞争优势进行评估和证明，助力企业价值提升及品牌影响力传播

行研训练营

依托完善行业研究体系，帮助学生掌握行业研究能力，丰富简历履历

业务咨询

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

深圳办公室

广东省深圳市南山区粤海街道
华润置地大厦E座4105室
邮编：518057

上海办公室

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

南京办公室

江苏省南京市栖霞区经济开发
区兴智科技园B栋401
邮编：210046



方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，532个垂直行业的市场变化，已经积累了近100万行业研究样本，完成近10,000多个独立的研究咨询项目。
- ◆ 研究院依托中国活跃的经济环境，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，研究院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。
- ◆ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，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，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 研究院秉承匠心研究，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。

法律声明

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

