

半导体前道量检测设备行业报告： 重点产品持续突破，国产替代正在加速

评级：推荐(首次覆盖)

姚健(证券分析师)
S0350522030001
yaoj@ghzq.com.cn

杜先康(证券分析师)
S0350523080003
duxk01@ghzq.com.cn

最近一年走势



相关报告

《半导体设备行业动态研究：半导体零部件国产化加速，关注细分赛道领跑者（推荐）*专用设备*姚健，杜先康》——2023-12-24

沪深300表现

表现	1M	3M	12M
专用设备	-5.5%	-4.5%	-9.1%
沪深300	-3.4%	-11.3%	-22.0%

重点关注公司及盈利预测

重点公司代码	股票名称	2024/01/18	EPS			PE			投资评级
		股价	2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E	
300567.SZ	精测电子	65.45	0.98	1.08	1.67	66.79	60.68	39.24	未评级
688361.SH	中科飞测-U	65.86	0.05	0.30	0.49	1317.20	216.01	135.21	未评级
688012.SH	中微公司	139.31	1.90	2.68	3.15	73.32	51.97	44.21	未评级
688003.SH	天准科技	32.10	0.78	1.08	1.41	41.15	29.79	22.80	未评级
603283.SH	赛腾股份	66.66	1.61	2.39	3.07	41.40	27.88	21.69	未评级

资料来源：Wind资讯，国海证券研究所 未评级公司盈利预测取自wind一致预期

◆ 半导体量检测设备市场空间广阔

- 半导体行业需求回暖叠加中国大陆晶圆厂持续扩产，国内半导体设备市场长期有望稳健增长。质量控制贯穿晶圆制造全过程，是芯片生产良率的关键保障，先进制程将对工艺控制水平提出更高要求，量检测设备价值量有望倍增。我们测算，2023/2024/2025/2026年全球半导体量检测设备市场空间分别为105/120/138/145亿美元，CAGR达11.5%，中国大陆半导体量检测设备市场空间分别为35/41/48/51亿美元，CAGR达12.8%。

◆ 多系统组合有望成为检测技术方向

- 我们测算，2022年全球光学/电子束/X光检测设备市场份额分别为74.2%/19.7%/2.2%，光学检测速度快、无接触，然而先进节点检测灵敏度有限；电子束检测精度较高，然而速率较慢、设备成本较高；随着芯片材料和结构复杂性持续提升，多系统组合有望成为检测技术方向。

◆ 近年量检测设备国产替代正在加速

- 据VLSI Research、QYResearch，2020年全球半导体量检测设备行业CR5达82%，KLA历经多次并购，产品种类齐全，2020年KLA量检测设备全球市占率达51%；ASML将量检测设备与EUV系统配套，电子束检测设备竞争优势显著，据the information network，2022年ASLM电子束检测设备全球市占率达50%。目前量检测设备国产化率较低，本土主要供应商包括上海精测、中科飞测和睿励仪器，2018-2022年三家公司国内市场份额合计0.67%/0.60%/2.11%/2.38%/3.17%，地缘因素影响下，量检测设备国产替代正在加速。

◆ 关注本土设备商新品突破及订单进展

- 半导体量检测设备空间广阔，国产替代正在加速，建议关注精测电子、中科飞测、中微公司、赛腾股份、天准科技。1) 精测电子：立足面板检测主业，半导体产品持续完善，明场检测设备进展领先；2) 中科飞测：聚焦量检测设备近十年，纳米图形晶圆缺陷检测、关键尺寸量测等设备加速研发；3) 中微公司：多次增资睿励仪器，量检测收入持续增长；4) 赛腾股份：收购日本Optima，布局晶圆检测设备；5) 天准科技：加速布局半导体领域，首台明场检测设备已交付客户试用。首次覆盖，给予半导体前道量检测设备行业“推荐”评级。

- ◆ **风险提示：**半导体行业景气度复苏不及预期；半导体设备国产替代不及预期；行业竞争加剧风险；市场空间测算偏差风险；重点关注公司业绩不及预期；研究报告使用的公开资料可能存在信息滞后或更新不及时的风险等。

- 1、量检测设备是芯片良率的关键保障
- 2、国内量检测设备市场有望快速发展
- 3、KLA主导全球市场，ASML电子束竞争优势显著
- 4、国产替代正在加速，重点产品持续突破

1、量检测设备是芯片良率的关键保障

◆ 根据不同工序，半导体检测分为前道量检测、后道检测及实验室检测，其中，前道量检测主要应用于晶圆加工环节，目前以厂内产线在线监控为主；后道检测主要应用于晶圆加工后的芯片电性测试及功能性测试，目前主要分为第三方测试和厂内产线在线监控；实验室检测主要针对失效样品进行缺陷定位和故障分析，目前主要分为第三方实验室检测和厂内自建实验室。

图表1：半导体检测分类（按工序）

半导体生产环节		前道量检测	后道检测	实验室检测
芯片设计	逻辑设计		可应用于测试设计阶段流片后产品的有效性	
	电路设计			
	图形设计			
晶圆制造	生长	针对生产过程中的晶圆进行检测与量测，包括晶圆结构缺陷检测、薄膜厚度量测等，主要为物理性测试		针对半导体各类型样品进行检测分析，包括失效分析（FA）、材料分析（MA）、可靠性分析（RA）等，该类检测分析贯穿半导体产业链
	切磨			
	外延			
	氧化			
	光刻			
	刻蚀			
	曝光			
芯片封装	清洗		针对加工完的晶圆进行晶圆测试（CP），封装后的芯片进行成品测试（FT），主要为电性测试及功能性测试	
	切片			
	装片			
	连线			
封装				
原材料生产				
半导体设备				
终端产品				

资料来源：胜科纳米招股说明书，国海证券研究所

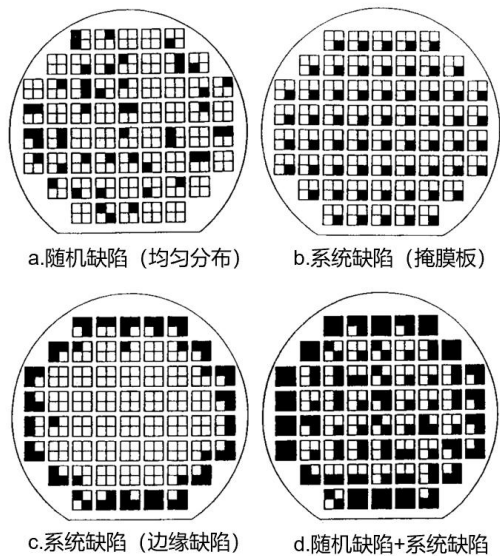
图表2：半导体检测对比（按工序）

半导体生产环节	前道量检测	后道检测	实验室检测
检测对象	加工中的晶圆	加工后的晶圆封装后的芯片	产业链任一环节的样品
检测项目	薄膜厚度量测、晶圆图形缺陷检测等	晶圆测试（CP）、成品测试（FT）等	失效分析（FA）、材料分析（MA）、可靠性分析（RA）等
检测方式	全检	全检	非全检，针对特定失效样品检测或针对完好样品的抽检
	非破坏性	非破坏性	破坏性、非破坏性
主要检测目的	控制生产工艺缺陷	监控前道工艺良率、保证出厂产品合格率	确定样品失效原因、测定材料结构与成分、验证产品可靠性
服务机构	厂内产线在线监控	厂内产线在线监控	厂内自建实验室
		第三方测试	第三方实验室检测

资料来源：胜科纳米招股说明书，国海证券研究所

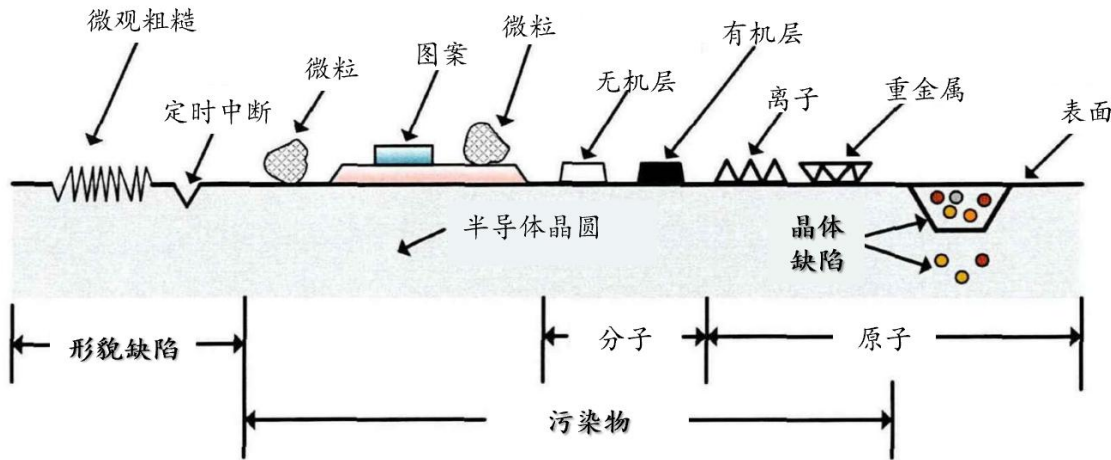
- ◆ 质量控制贯穿晶圆制造全过程，是芯片生产良率的关键保障。
- 按Kaempf标准，晶圆缺陷可分为随机缺陷和系统缺陷，其中，随机缺陷主要由附着在晶圆表面的颗粒引起，其分布位置具有一定随机性；系统缺陷主要来自光刻掩膜和曝光工艺中的系统误差，一般出现在具有亚分辨率结构特征的区域，通常位于一片晶圆上不同芯片区域的同一位置。
- 按缺陷表征，晶圆缺陷可分为形貌缺陷、污染物和晶体缺陷，其中，形貌缺陷包括微小粗糙面、凹坑，污染物缺陷包括分子层面的有机层和无机层等污染物、原子层面的离子、重金属缺陷等，晶体缺陷包括硅原子失位/错位、非硅原子掺杂等。

图表3：晶圆缺陷分类（按Kaempf标准）



资料来源：《The Binomial Test: A Simple Tool to Identify Process Problems》Ulrich Kaempf，国海证券研究所

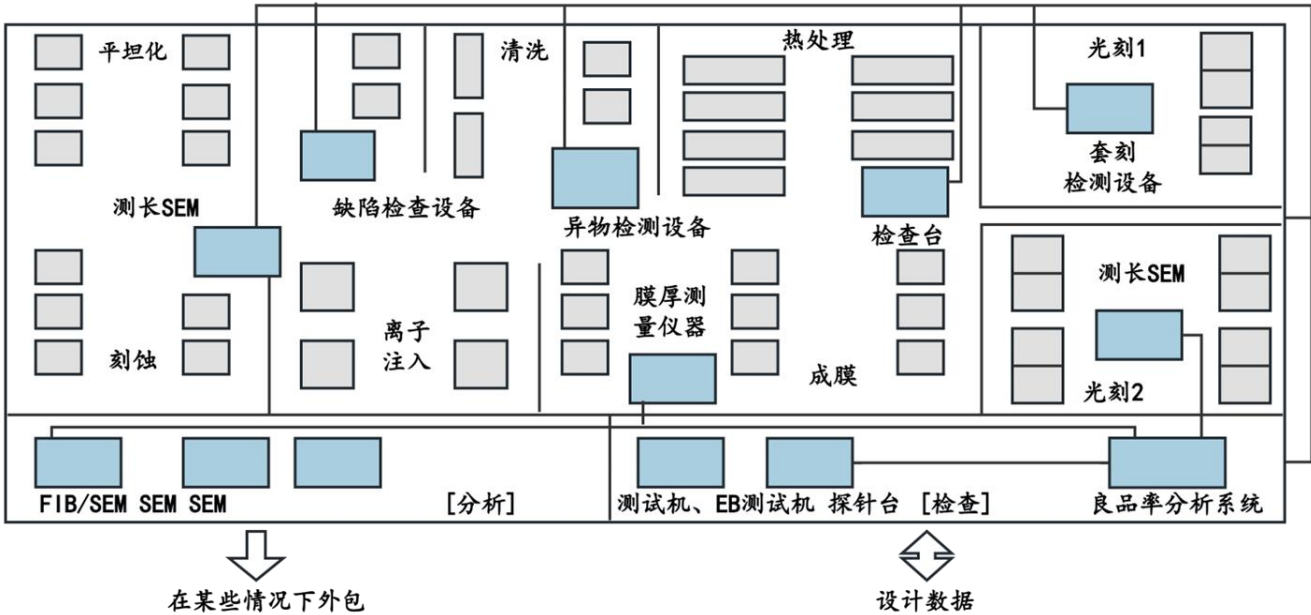
图表4：晶圆缺陷分类（按缺陷表征）



资料来源：《基于明暗场成像的多扫描方式图案化晶圆检测技术研究》陈世炜，国海证券研究所

◆ 前道量检测设备具有两大类功能，一是确保IC产线量产良率，二是定量监控生产设备，为设备验收、维保提供依据。前道量检测设备可按基本功能、技术手段和缺陷类型等方式进行分类，本文将重点对比光学/电子束、明场/暗场、有图形/无图形等三类设备。

图表5：质量控制贯穿集成电路制造全过程



资料来源：《图解入门 半导体制造工艺基础精讲（原书第4版）》佐藤淳一（王忆文等译），国海证券研究所

图表6：部分量检测设备对应工艺环节

质量检测	注入	扩散*	薄膜		抛光	刻蚀	曝光
			金属	电介质			
膜厚		√	√	√	√	√	√
方块电阻	√	√	√				
膜应力		√	√	√			
折射率		√		√			
掺杂浓度	√	√					
无图形表面缺陷	√	√	√	√	√	√	
有图性表面缺陷						√	√
关键尺寸						√	√
台阶覆盖					√	√	
套刻标记							√
电容-电压特性		√					
接触的角度							√

资料来源：《半导体制造技术》夸克等，国海证券研究所
注：扩散区工艺包括氧化、沉积、扩散、退火和合金

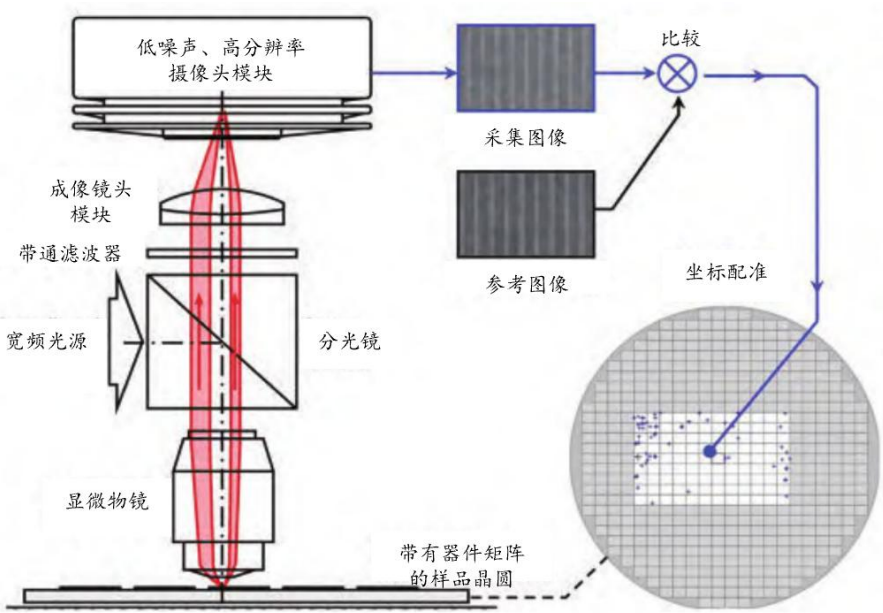
图表7：前道量检测分类

分类标准	主要类型		工艺环节	检测内容
基本功能	量测		离子注入、扩散、抛光、刻蚀、曝光等环节	检测晶圆电路上的结构尺寸和材料特性，如薄膜厚度、关键尺寸、刻蚀深度、表面形貌等物理参数，以及套壳对准的偏差测量。
	检测		离子注入、扩散、抛光、刻蚀、曝光等环节	检测晶圆表面或电路结构是否出现异质情况，如颗粒污染、表面划伤、开短路等缺陷。
技术手段	接触式	探针等	多环节	通过触针与被测物体的表面近距离接触，将物体表面的形貌信息通过探针和传感器传送给计算机。
	非接触式	光学	各环节	基于光学原理，通过对光信号进行计算分析以获得检测结果。
		电子束	多环节(研发或先进制程较多)	通过聚焦电子束扫描样片表面产生样品图像以获得检测结果。
		X光	特定场景	基于X光的穿透力强及无损伤特性进行特定场景的测量。

资料来源：中科飞测招股说明书，国海证券研究所

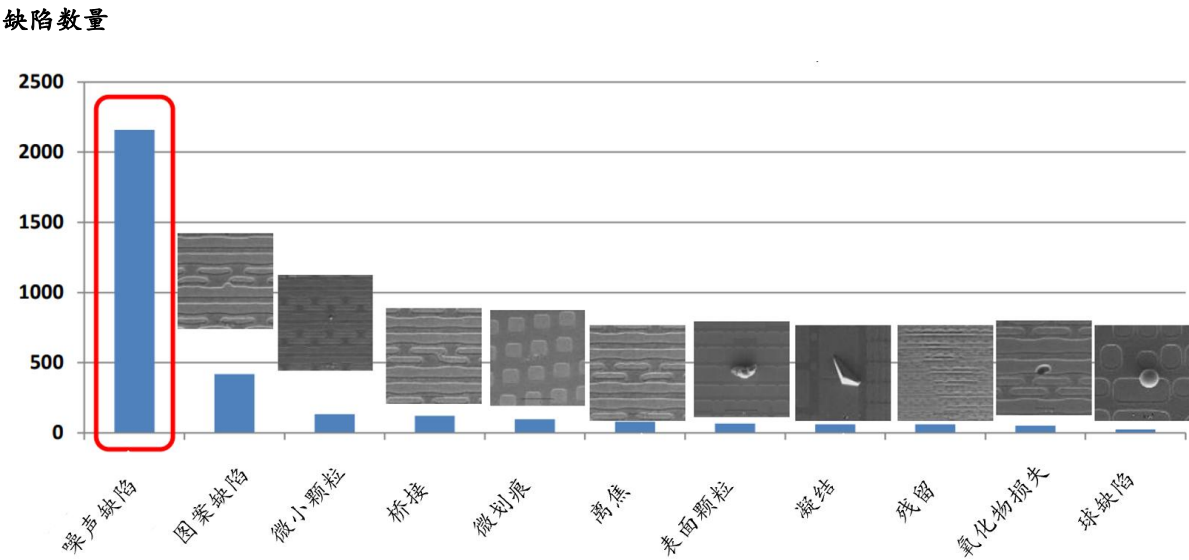
◆ **光学检测速度快、无接触，目前是主要检测技术。**光学检测技术通过对光信号进行计算分析获得检测结果，具有速度快、无接触、易于在线集成等优势，根据中科飞测招股书，光学技术的检测速度可以较电子束技术快1000倍以上，可以应用于28nm及以下全部先进制程，在技术成熟度、通用性、可靠性等方面均已获得晶圆厂的普遍认可，目前是半导体质量控制的主要检测技术，根据中科飞测招股书，2020年全球光学检测技术市场规模为57.5亿美元，在量检测设备中的市场份额为75.2%。然而，传统光学检测技术因其检测原理受限于瑞利散射，难以保证对先进节点晶圆缺陷的高灵敏度，并且其检测结果通常含有大量噪声缺陷（非杀伤性缺陷），进而干扰杀伤性缺陷的检测。

图表8：标准光学显微镜缺陷检测系统



资料来源：《先进节点图案化晶圆缺陷检测技术》刘佳敏等，国海证券研究所

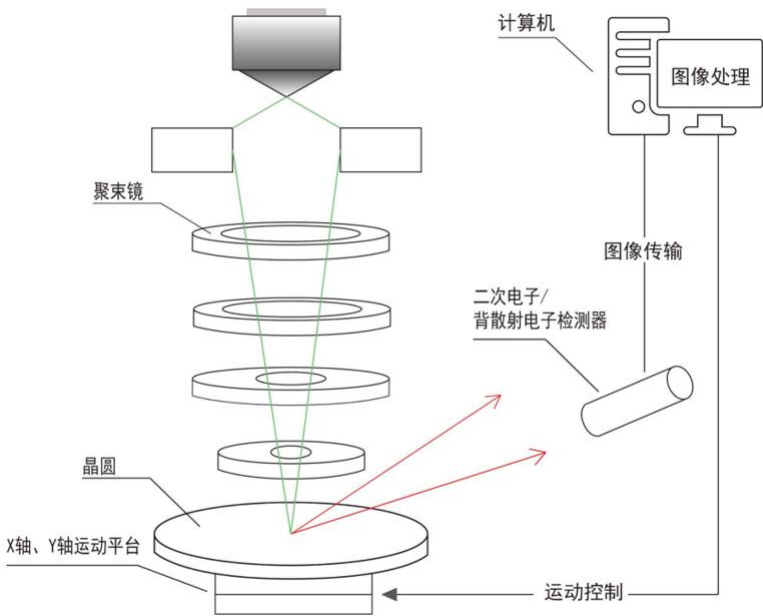
图表9：28nm明场检测缺陷分布



资料来源：《28 纳米关键工艺缺陷检测与良率提升》龙吟，国海证券研究所

◆ 电子束技术检测精度较高，然而速率较慢、设备成本高。电子束检测技术是通过聚焦电子束至某一探测点，逐点扫描晶圆表面产生图像以获取检测结果。电子束的波长远短于光的波长，电子束显微镜分辨率更高，测量精度优于光学技术；然而测量速度慢、设备成本高，鉴于电子束检测通常接收的是入射电子激发的二次电子，无法区分具有三维特征的深度信息，因而部分检测无法采用电子束技术，主要采用光学检测技术，如三维形貌量测、光刻套刻量测和多层膜厚量测等应用。根据中科飞测招股书，2020年全球电子束检测技术市场规模为14.3亿美元，在量检测设备中的市场份额为18.7%。

图表10：电子束检测技术示意图



资料来源：《晶圆表面缺陷自动检测技术的研究》倪天宇，国海证券研究所

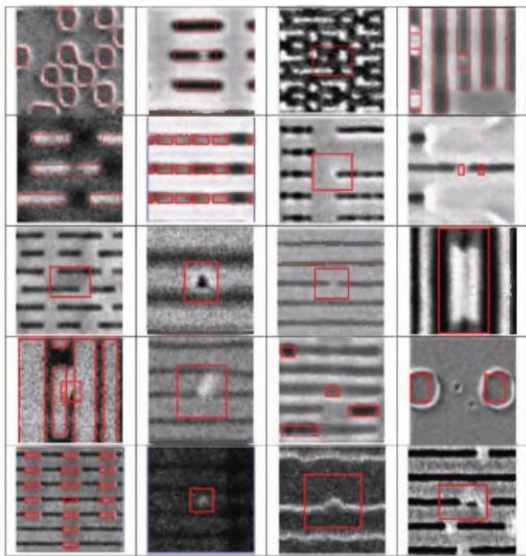
图表11：光学检测技术和电子束检测技术

代表设备			基本原理	优点	不足	发展方向
光学技术	成像式	光学显微镜	通过获得最佳焦平面处待测样品的成像信息，并结合相关图像处理算法以提取待测参数。	测量过程简单、直观	受光学衍射极限的限制，传统显微成像技术在可见光波段最小仅能分辨约200nm的样品特征。	提高光学分辨率，并结合图像信号处理算法，进一步提高检测精度。
	非成像式	反射仪	通过测量待测样品在不同波长或入射角下的反射率信息，并结合逆问题求解相关方法来提取待测参数。	不受光学衍射极限的限制，可用于亚波长和深亚波长纳米结构的测量。	通常涉及复杂的逆问题求解	
电子束技术	扫描电子显微镜（SEM）		电子束轰击晶圆表面，产生二次电子、背散射电子、X射线等，一般二次电子和背散射电子将被检测器收集并转换成晶圆表面灰度图像，交由计算机进行图像处理。	测量精度高，设备灵敏度高	测量速度慢、设备成本高、操作较复杂	提升检测速度、吞吐量，单一电子束向多通道电子束发展。

资料来源：《集成电路制造在线光学测量检测技术：现状、挑战与发展趋势》陈修国等，中科飞测招股说明书，国海证券研究所

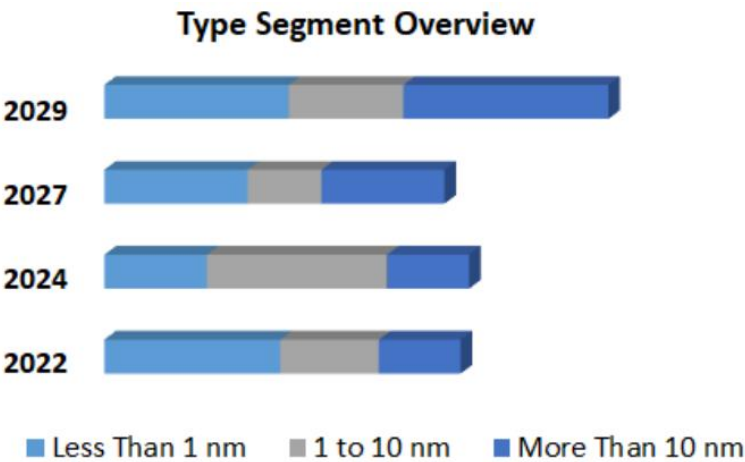
◆ 电子束和光学检测技术可以互补。实际应用中，电子束检测技术一部分应用于研发环节，旨在检测出尽可能多的缺陷，一部分应用于关键区域抽检和复查，与光学检测技术形成互补。根据MMR，2022年全球电子束检测市场中，1nm以下应用占比过半，随着先进制程、复杂器件的持续发展，电子束检测技术优势愈发明显，2022-2029年全球电子束检测市场有望快速增长，CAGR预计为19.9%，2029年市场规模有望增至25.8亿美元，届时10nm以上应用将成为电子束技术的主要市场。

图表12：电子束可与光学检测技术互补



资料来源：ASML，《E-Beam Inspection and Metrology: Developments and Applications in Lithography》Yu Cao
注：以上缺陷未被任何光学检测技术识别

图表13：全球电子束技术的应用结构



资料来源：MMR

- ◆ 随着先进制程持续发展，IC材料和结构复杂性持续提升，待测缺陷由表面转为三维分布、几何结构越来越复杂、尺寸逐步接近原子级，单一缺陷检测技术越来越难以适应，多系统组合或将成为检测技术发展趋势。
- 路线1-传统光学：基于明场、暗场照明的光学检测技术在技术成熟度、通用性、可靠性等维度已经得到晶圆厂的普遍认可，但检测原理受限于瑞利散射，难以保证先进节点下的高灵敏度，因此不同缺陷的信噪比分析尤为重要。
- 路线2-多电子束：多电子束成像具有较高横向分辨率，然而检测速率相比光学技术仍有量级差异，研究热点是在系统复杂性、整机成本与检测效率之间取得平衡。
- 路线3-极短波长：例如基于极紫外和硬X射线波段的叠层衍射成像技术，有望实现对晶圆表面及亚表面缺陷的3D成像，然而目前高亮度、高相干性、高稳定性的台式极端波长光源的缺失是关键制约因素。
- 路线4-结构光场：充分发掘光作为一种三维电磁场所具有的多维度内禀特征（除了振幅还有频率、相位、振偏态、轨道角动量等），以实现检测缺陷灵敏度的最大化。

图表14：先进制程、器件结构持续发展



资料来源：ASML

关键对比：明场系统精度高、暗场系统速度快

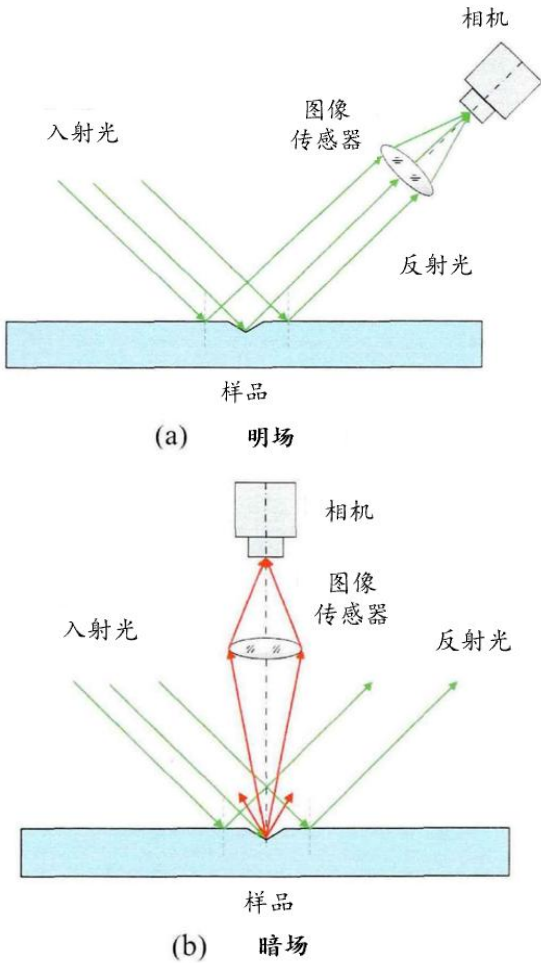
- ◆ 暗场系统主要收集被测物体的散射光，适用于大量晶圆的高速检测。然而，1）散射信号强度远低于入射光和反射光，噪声对检测精度影响较大，直接决定系统检测极限；2）晶圆表面并非完全光滑，微观起伏也会产生散射光（薄雾信号），进而影响检测精度。
- ◆ 明场系统通过提供均匀明亮的光场，使用图像传感器收集反射光进而分析缺陷，相比暗场系统，具有检测灵敏度较高、扫描速度较慢等特征，适用于晶圆电路详细检测。
- ◆ 现有技术通常只搭配明场或暗场一种系统，因为无缺陷处和有缺陷处存在较大的亮度差异，通过对图形灰度值进行阈值判断实现缺陷分析，目前暗场系统占据晶圆检测设备的主要市场。

图表15：明场系统和暗场系统

	基本原理	检测特征	适用领域	优点	不足
明场	通过提供均匀明亮的光场，使用图像传感器收集反射光进而分析缺陷。	通常图像中无缺陷处为明色、有缺陷处为暗色。	通常需要高分辨率图像采集设备，对光学镜片要求较高，适用于对晶圆上的电路进行详细检测。	检测灵敏度比暗场高	扫描速度较慢
暗场	主要收集被测物体的散射光，不同散射角度、不同方位角的散射光通常包含缺陷信息。	通常图像中无缺陷处为暗色、有缺陷处为明色。	对于被测晶圆表面的颗粒、划痕等缺陷非常灵敏，适用于大量晶圆的高速检测	速度快	检测精度受限于噪声、薄雾信号等

资料来源：专利之星，《暗场晶圆缺陷检测系统孔径设计方法研究》刘超，国海证券研究所

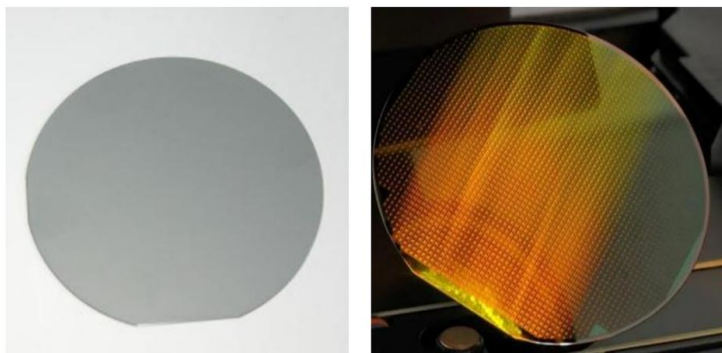
图表16：明场/暗场系统示意图



资料来源：《基于明暗场成像的多扫描方式图案化晶圆检测技术研究》陈世炜，国海证券研究所

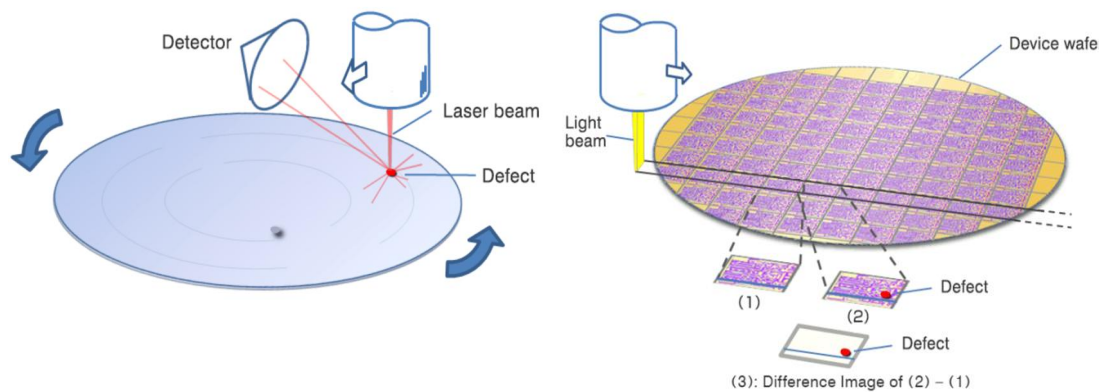
- ◆ **暗场光学是无图形检测的重要手段。**无图形缺陷检测设备用于检测表面未刻蚀的晶圆，缺陷类型主要包括颗粒污染、凹坑、水印、划伤、浅坑、外延堆垛、CMP突起等，主要用于：1）圆片制造领域，工艺研发中的缺陷检测、圆片出厂前的终检流程；2）芯片制造领域，来料品质检测、工艺控制（薄膜、CMP等）、圆片背面污染检测、设备洁净度监测等；3）半导体设备制造领域，工艺研发中的缺陷检测、设备的工艺品质评估等。对于裸晶圆片，晶圆上的颗粒和划痕是缺陷的主要形式，并在高频散射分量上具有高灵敏度，因此暗场显微镜等光学检测手段是重要的检测手段。
- ◆ **有图形检测主要采用明场光学技术。**有图形缺陷检测设备用于检测IC上的刻蚀图案，缺陷类型不仅包括纳米颗粒、凹陷、突起、划伤、断线、桥接等表面缺陷，也包括空洞、材料成分不均匀等亚表面和内部缺陷，主要采用明场光学检测技术。由于图案的复杂性和材料的多样性，有图形缺陷检测更为复杂、更具挑战，高精密仪器、先进建模方法及图像后处理算法的重要性不断凸显。

图表17：无图形/有图形晶圆



资料来源：《晶圆表面缺陷自动检测技术的研究》倪天宇

图表18：无图形/有图形晶圆缺陷检测



资料来源：日立官网

◆ 光源、镜头、相机等零部件国产化率有待提升。根据中科飞测招股说明书，公司所需原材料主要包括运动与控制系统类、光学类、电气类、机械加工件、机械标准件及其他部件，核心零部件包括光源、镜头、相机、探测器、光学元件、样品台、EFEM、机械手等，其中机械手等运动与控制系统类零部件主要向日本等境外供应商采购，探测器等光学类零部件主要向德国等境外供应商采购。

图表19：中科飞测主要产品的核心零部件采购情况

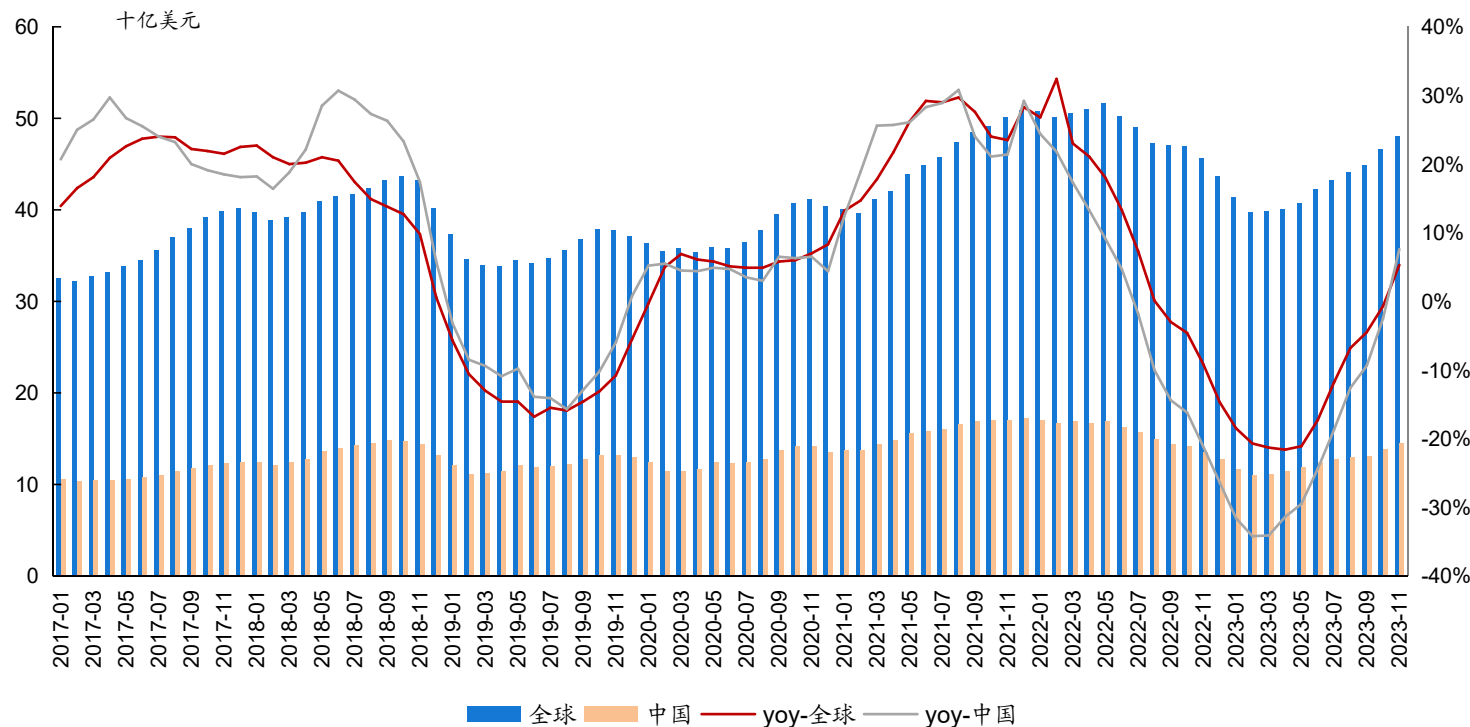
核心零部件		主要境外供应商	主要境内供应商
运动与控制系统类	EFEM	乐孜公司等2家	上海果纳半导体技术有限公司等2家
	机械手	乐孜公司等3家	上海广川科技有限公司
	精密运动系统	约翰内斯·海德汉博士(中国)有限公司等6家	华卓精科等2家
光学类	光源	滨松光子学等8家	英诺激光科技股份有限公司等2家
	镜头	爱特蒙特光学(深圳)有限公司等9家	广东奥普特科技股份有限公司等2家
	相机	滨松光子学等4家	凌云光技术股份有限公司等3家
	探测器	北京爱万提斯科技有限公司等5家	-
	光学元件	索雷博光电科技(上海)有限公司等6家	北京科迪赛瑞光电科技有限公司等5家
机械加工件	机加工件	-	深圳市尚德福科技有限公司等4家
	样品台	京瓷(中国)商贸有限公司等2家	郑州磨料磨具磨削研究所有限公司等3家

资料来源：中科飞测公司公告（《发行人及保荐机构回复意见》2023/03/16），国海证券研究所
注：部分境外厂商通过境内代理公司进行销售，公司向该等代理公司进行采购

2、国内量检测设备市场有望快速发展

- ◆ **2024年全球半导体市场有望加速恢复增长。**根据SIA数据，2023年11月全球半导体行业销售额为480亿美元，同比增长5.3%，在经历连续6个月同比降幅收窄后，年内首次实现同比增长，连续9个月环比实现环比增长。根据半导体产业纵横公众号，IDC将2023年全球半导体市场规模预测值由5188亿美元上调至5265亿美元，2024E市场规模由6259亿美元上调至6328亿美元，同比增长20.2%，全球半导体市场正在逐步回暖，2024年起有望加速恢复增长，短期复苏动力主要是消费电子逐步回暖，受益于华为、苹果等新品发布后的换机热潮，长期发展动力主要是车用、数据中心、工业及AI等新兴增长点。

图表20：全球/中国半导体月度销售额

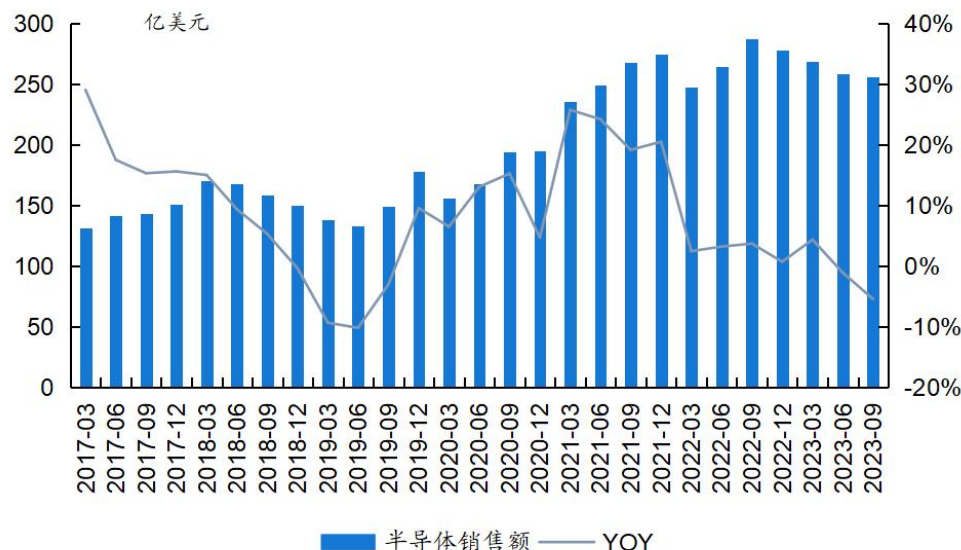


资料来源：SIA，国海证券研究所

驱动力2：中国大陆晶圆厂持续扩产

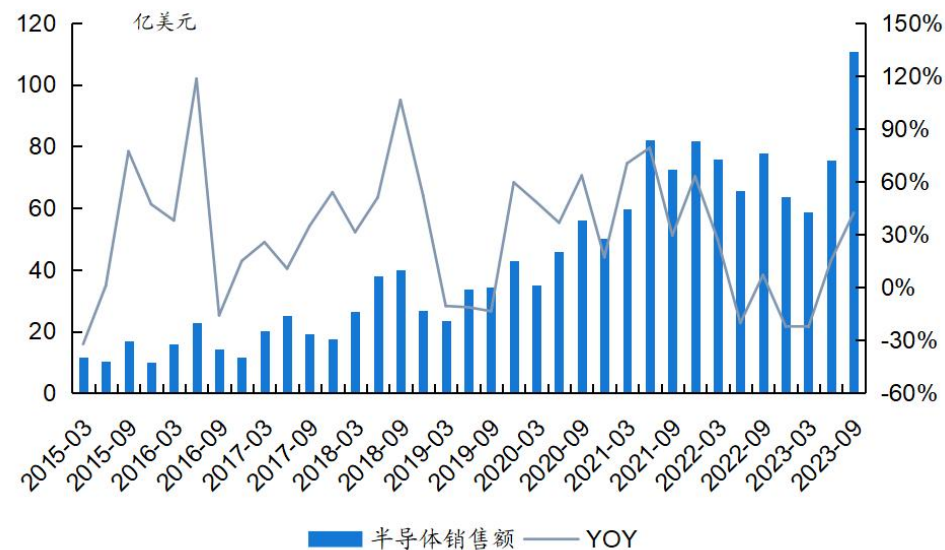
- ◆ 中国大陆加强成熟制程产能投资，以中芯国际为例，中芯国际三季报将2023全年资本开支上调至75亿美元左右，同比增长约18%，2022年中国大陆12英寸晶圆产能全球占比22%，2026年预计增至25%。半导体行业需求回暖叠加中国大陆晶圆厂持续扩产，国内半导体设备市场长期有望稳健增长。根据SEAJ数据，2023Q1-Q3中国大陆半导体设备销售额为244.7亿美元，同比增长11.7%，2023Q3同比增长42.2%。

图表21：全球半导体设备季度销售额



资料来源：wind，国海证券研究所

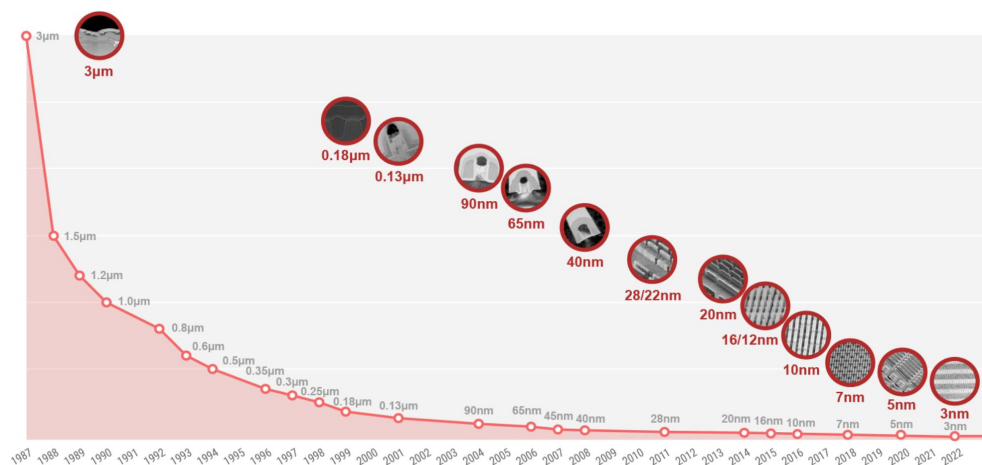
图表22：中国大陆半导体设备季度销售额



资料来源：wind，国海证券研究所

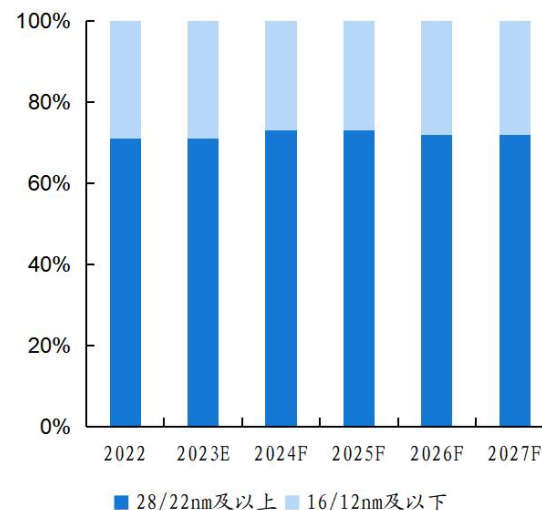
- ◆ **先进制程对应量检测设备价值量有望倍增。**AI芯片对性能、功耗和成本等要求较高，先进制程优势显著，同时随着汽车智能化发展，MCU等传统芯片已经难以满足市场需求，汽车芯片功能的逐步丰富有望助力先进制程工艺快速发展。随着芯片制程进步，设备投资成本将呈现大幅上升趋势，根据中芯国际招股说明书（2020年7月），以5nm工艺为例，其投资成本高达数百亿美元，是14nm的两倍以上，28nm的四倍左右。先进制程将对工艺控制水平提出更高要求，检测设备和量测设备价值量有望倍增。

图表23：台积电晶圆制程演进



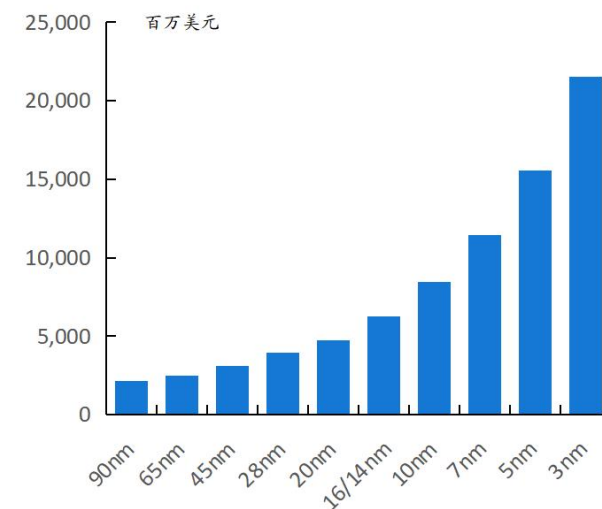
资料来源：台积电官网

图表24：全球先进制程/成熟制程



资料来源：TrendForce集邦咨询，国海证券研究所
注：统计全球TOP10晶圆厂产能

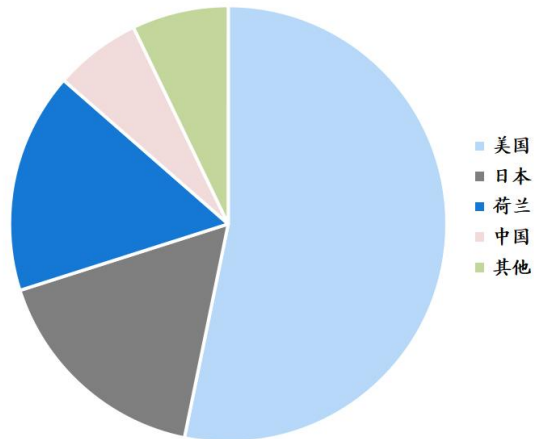
图表25：每5万片晶圆产能的设备投资额



资料来源：中芯国际招股说明书（2020/07），国海证券研究所

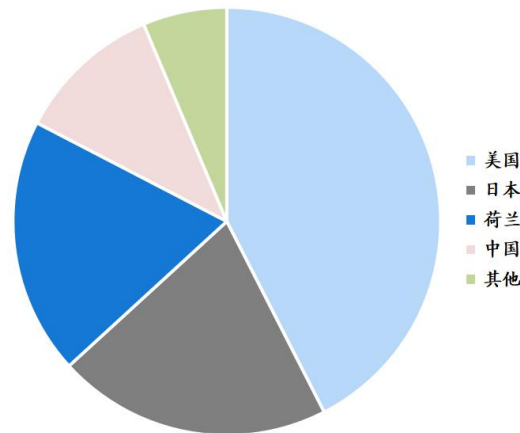
- ◆ **国内晶圆厂加速推进设备国产化。**根据芯谋研究公众号，2023年中国晶圆厂设备采购总额将达299亿美元，美国、日本、荷兰、中国设备商对应市场份额分别为43%、21%、19%和11%，相比2020年，我国本土设备商的销售额增长约233%，市占率增长约4pct，然而国际巨头依旧主导中国设备市场，半导体设备国产替代空间广阔。2022年10月7日，美国商务部工业与安全局（BIS）发布出口管制规则，进一步限制中国在先进计算、半导体制造领域获得或使用美国产品及技术。2023年10月7日，美国BIS对此前发布的半导体出口禁令再次升级，对于半导体制造设备，新规在受控设备清单中又新增几十个项目。中美高科技摩擦背景下，国内晶圆厂持续推进国产供应链整合，半导体设备国产替代正在加速。

图表26：2020年中国晶圆厂设备采购额(亿美元)



资料来源：芯谋研究公众号，国海证券研究所

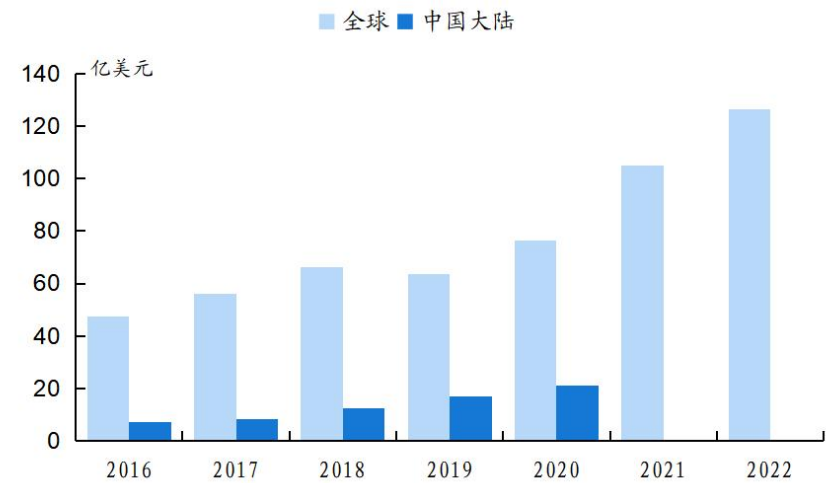
图表27：2023E中国晶圆厂设备采购额(亿美元)



资料来源：芯谋研究公众号，国海证券研究所

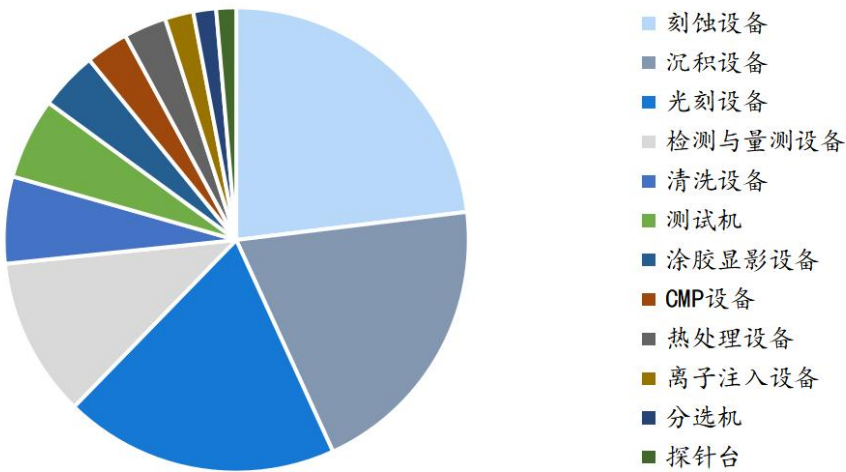
◆ 量检测设备约占前道设备支出的10%。晶圆厂的资本支出主要包括前道制造设备、后道封测设备及厂房建设，据中科飞测（2022/03），前道制造设备支出占比可达80%，质量控制设备约占前道制造设备支出的10%。根据VLSI Research、QYResearch，2020-2022年全球半导体检测与量测设备市场规模分别为76.5、105.1、126.3亿美元，CAGR为28.49%，2020年中国大陆半导体量检测设备市场规模达21亿美元，全球占比27.45%。

图表28：全球/中国大陆半导体量检测设备市场空间



资料来源：中科飞测招股说明书，VLSI Research，QYResearch，国海证券研究所

图表29：2021年全球半导体设备价值量分布

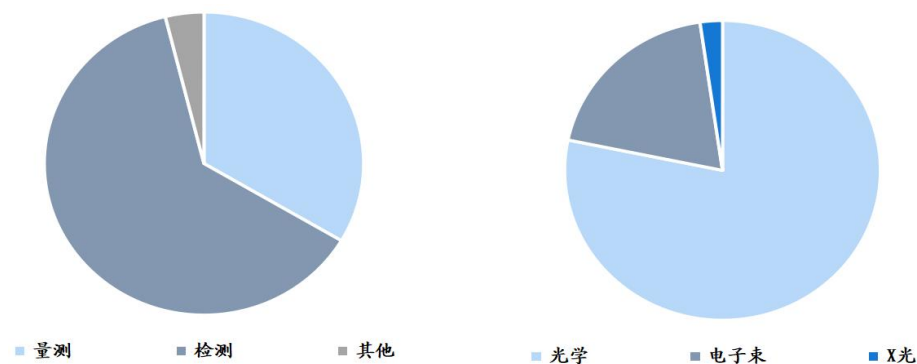


资料来源：MIR 睿工业公众号，国海证券研究所

2023年全球/中国大陆量检测设备市场空间为105/35亿美元

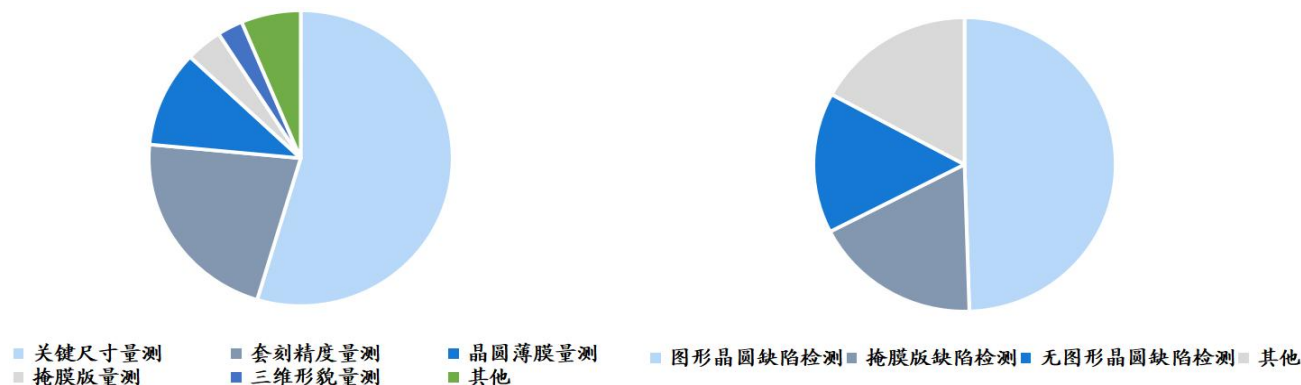
- ◆ 我们测算，2023/2024/2025/2026年全球半导体量检测设备市场空间分别为105/120/138/145亿美元，CAGR达11.5%，2023年全球半导体量测/检测设备市场空间分别为35.1/65.7亿美元，光学/电子束/X光检测设备市场空间分别为77.3/21.2/2.3亿美元。2023/2024/2025/2026年中国大陆半导体量检测设备市场空间分别为35/41/48/51亿美元，CAGR达12.8%。
- 假设1：2023-2026年全球半导体量检测设备市场规模/半导体设备市场规模维持2022年12%。
- 假设2：2021-2026年，量测/检测设备的市场份额维持2020年33.5%/62.6%，量测设备中，关键尺寸/套刻精度/晶圆薄膜/掩膜版/三维形貌量测设备的市场份额维持2020年18.3%/7.3%/3.5%/1.3%/0.9%，检测设备中，图形晶圆/掩膜版缺陷检测/无图形晶圆设备的市场份额维持2020年31.0%/11.2%/9.7%，电子束技术的市场份额相比2020年逐年+0.5%，光学技术的市场份额相比2020年逐年-0.5%，X光技术的市场份额维持2020年2.2%。
- 假设3：2022年中国大陆半导体设备的全球市场份额为26.3%，2020年中国大陆半导体量检测设备的全球市场份额为27.5%，假设2023-2026年中国大陆半导体设备的全球市场份额分别为33.8%/34%/34.5%/35%，2021-2026年中国大陆半导体量检测设备的全球市场份额与半导体设备一致。

图表30：2020年全球半导体量检测市场结构



资料来源：中科飞测招股书，国海证券研究所

图表31：2020年全球半导体量测及检测市场重点产品



资料来源：VLSI Research, QYResearch, 国海证券研究所

注：晶圆薄膜量测设备包含晶圆金属薄膜量测设备、晶圆介质薄膜量测设备，关键尺寸量测设备包含电子束关键尺寸量测设备，掩膜版量测设备是指掩膜版关键尺寸量测设备，图形晶圆缺陷检测设备包含纳米图形晶圆缺陷检测设备

图表32：2020-2026E全球/中国大陆半导体量检测设备市场空间（亿美元）

		2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E	2026E
全球	半导体设备	712	1026	1074	874	1000	1150	1212
	量检测设备	77	105	126	105	120	138	145
	占比	11%	10%	12%	12%	12%	12%	12%
	yoy		37.4%	20.2%	-17.0%	14.4%	15.0%	5.4%
	CAGR		28.5%			11.5%		
	量测设备	25.6	35.2	42.3	35.1	40.2	46.2	48.7
	占比	33.5%	33.5%	33.5%	33.5%	33.5%	33.5%	33.5%
	关键尺寸量测	14	19.2	23.1	19.2	22.0	25.3	26.6
	占比	18.3%	18.3%	18.3%	18.3%	18.3%	18.3%	18.3%
	套刻精度量测	5.6	7.7	9.2	7.7	8.8	10.1	10.6
	占比	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%
	晶圆薄膜量测	2.7	3.7	4.5	3.7	4.2	4.9	5.1
	占比	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%
	掩膜版量测	1	1.4	1.7	1.4	1.6	1.8	1.9
	占比	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%
	三维形貌量测	0.7	1.0	1.2	1.0	1.1	1.3	1.3
	占比	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%
	检测设备	47.9	65.8	79.1	65.7	75.1	86.4	91.1
	占比	62.6%	62.6%	62.6%	62.6%	62.6%	62.6%	62.6%
	图形晶圆缺陷检测	23.7	32.6	39.1	32.5	37.2	42.8	45.1
	占比	31.0%	31.0%	31.0%	31.0%	31.0%	31.0%	31.0%
	掩膜版缺陷检测	8.6	11.8	14.2	11.8	13.5	15.5	16.4
	占比	11.2%	11.2%	11.2%	11.2%	11.2%	11.2%	11.2%
	无图形晶圆缺陷检测	7.4	10.2	12.2	10.1	11.6	13.3	14.1
	占比	9.7%	9.7%	9.7%	9.7%	9.7%	9.7%	9.7%
	光学	57.5	78.5	93.7	77.3	87.8	100.3	102.8
	占比	75.2%	74.7%	74.2%	73.7%	73.2%	72.7%	70.7%
中国大陆	分类：电子束	14.3	20.2	24.9	21.2	24.8	29.3	33.7
	占比	18.7%	19.2%	19.7%	20.2%	20.7%	21.2%	23.2%
	X光	1.7	2.3	2.8	2.3	2.6	3.0	3.2
	占比	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%
	半导体设备	187	296	283	295	340	397	424
	全球占比	26.3%	28.8%	26.3%	33.8%	34.0%	34.5%	35.0%
	量检测设备	21	30	33	35	41	48	51
	全球占比	27.5%	28.8%	26.3%	33.8%	34.0%	34.5%	35.0%
			44.4%	9.6%	6.6%	15.1%	16.7%	6.9%
			25.8%			12.8%		

资料来源：SEMI，VLSI Research，QYResearch，中科飞测招股书，国海证券研究所

注：2020/2021/2022/2023E/2024E全球半导体设备市场规模、2020/2021/2022年中国大陆半导体设备市场规模数据引自SEMI，2025E/2026E全球半导体设备市场规模同比增速引自QYResearch，受半导体需求不景气影响，2023年全球半导体设备市场规模同比下滑

3、KLA主导全球市场，ASML电子束竞争优势显著

◆ 全球半导体量检测设备市场集中度较高，根据VLSI Research、QYResearch，2020年行业CR5达82%，前五大设备商均来自美国和日本，主要包括KLA、应用材料、日立等，其中KLA市占率高达51%。

图表33：全球主要半导体量检测设备企业对比

公司	注册地	营收（亿美元）			净利润（亿美元）			毛利率			主营产品	量检测设备收入及全球市占率(亿美元)
		2022	2021	2020	2022	2021	2020	2022	2021	2020		
KLA	美国	92.12	69.19	58.06	33.22	20.78	12.17	61.00%	59.93%	57.81%	半导体检测设备，涵盖质量控制全系列设备	38.9(50.8%)
应用材料	美国	257.85	230.63	172.02	65.25	58.88	36.19	46.51%	47.32%	44.72%	刻蚀设备、离子注入机、CVD设备、PVD设备、CMP设备、晶圆检测和量测设备等	8.8(11.5%)
日立	日本	818.54	840.24	791.10	48.83	47.76	45.46	24.71%	24.93%	25.15%	连通产品、绿色能源业务、电子系统及设备、自动化系统、金属、工程机械等； 子公司日立高新：电子显微镜、全自动生化分析仪、通用分析仪器、半导体元器件检测设备等	6.8(8.9%)
雷泰光电	日本	6.62	6.35	3.96	1.82	1.74	1.01	52.88%	52.60%	54.01%	共焦扫描激光显微镜，用于功率半导体器件、发光二极管(LED)晶片、PV电池和锂离子电池的检查和计量系统，用于晶片、掩模和印刷电路板的检查和计量系统，用于平板显示(FPD)掩模的检查系统等	4.3(5.6%)
创新科技	美国	10.05	7.89	5.57	2.23	1.42	0.31	53.64%	54.39%	50.04%	OCD量测设备、薄膜膜厚度量测设备、三维形貌量测设备、缺陷检测设备、半导体制程控制软件等	4.3(5.6%)
阿斯麦	荷兰	225.67	210.75	171.92	59.94	66.62	43.71	50.54%	52.71%	48.63%	光刻机系统等半导体设备	4.0(5.2%)
新星测量仪器	以色列	5.71	4.16	2.69	1.40	0.93	0.48	55.54%	57.04%	56.77%	半导体量测设备，包括OCD设备、薄膜膜厚度量测、材料性能量测等	2.0(2.6%)
康特科技	以色列	3.21	2.70	1.56	0.80	0.60	0.22	49.81%	50.93%	46.99%	半导体高端检测和量测设备	1.5(2.0%)

资料来源：wind，中科飞测招股书，VLSI Research，QYResearch，仪器信息网，国海证券研究所
注：各公司营收、净利润、毛利率均为财年数据，量检测设备收入及全球市占率为2020年数据

◆ KLA历经多次并购。KLA仪器和Tencor仪器分别成立于1976年、1977年，并于1997年合并成立科磊半导体（KLA-Tencor）。成立至今，科磊半导体陆续收购多家公司，目前产品线已涵盖质量控制全系列设备。

图表34：KLA发展历程

年份	事件
1977	Tencor推出首款产品Alpha-Step，显著改善了台阶高度测量。
1984	Tencor推出Surfscan产品，提高基于激光扫描技术的颗粒和污染检测的标准。
1997	KLA-Tencor成立，由KLA仪器和Tencor仪器合并而成。
1998	2月，收购Nanopro GmbH(使用先进干涉测量技术进行晶圆形状和厚度测量的公司)；4月，收购Amray, Inc(扫描电子显微镜系统供应商)；6月，收购VARS(图像存档和检索系统开发商)；11月，收购Keithley Instruments(测量和仪器公司)Quantox氧化物监测产品系列；12月，公司收购Ultrapointe。
1999	收购Uniphase Corp. (生产用于分析硅片缺陷)和Acme Systems, Inc. (良率分析软件的领先供应商)。
2000	2月，收购Finle Technologies, Inc. (光刻建模和分析软件开发商)；3月，收购Fab Solutions(先进过程控制软件开发商)。
2001	收购Phase Metrics, Inc(产量管理和过程控制公司)。
2004	收购Candela Instruments, Inc.和Inspex, Inc. (均为表面检测系统制造商)晶圆检测系统业务。
2006	收购ADE公司(硅片计量及相关齿轮供应商)。
2007	收购OnWafer Technologies(光刻和等离子蚀刻产品制造商)，SensArray Corporation (温度监测公司)以及Therma-Wave Corporation(过程控制和计量公司)。
2008	收购ICOS Vision Systems Corporation NV (测试和测量公司)，以及Vistec Semiconductor Systems, Inc. 的微电子检测设备（MIE）业务部门。
2010	收购Ambios technology, Inc(技术硬件公司)。
2014	收购Luminescent Technologies, Inc(计算光刻和检测公司)。
2017	收购Zeta Technologies Co. Ltd. (光学轮廓和检测公司)。
2018	从Keysight Technologies收购纳米压头产品线；收购Nanomechanics Inc.和MicroVision；收购Orbotech(以色列自动光学检测设备供应商)。
2019	1月，更名为KLA Corporation；2月，宣布完成对Orbotech的收购。
2021	7月，推出新的汽车芯片检测产品。

资料来源：KLA官网，洛杉矶时报，半导体在线，电子工程专辑，photonicsonline，electronicsweekly，vision-system，marketscreener，merge，IPIRA，electronicdesign，国海证券研究所

◆ KLA产品种类齐全。相比应用材料、ASML、日立等国际半导体设备巨头，KLA的前道检测产品种类最全，彰显行业主导地位。

图表35：KLA前道检测产品种类齐全

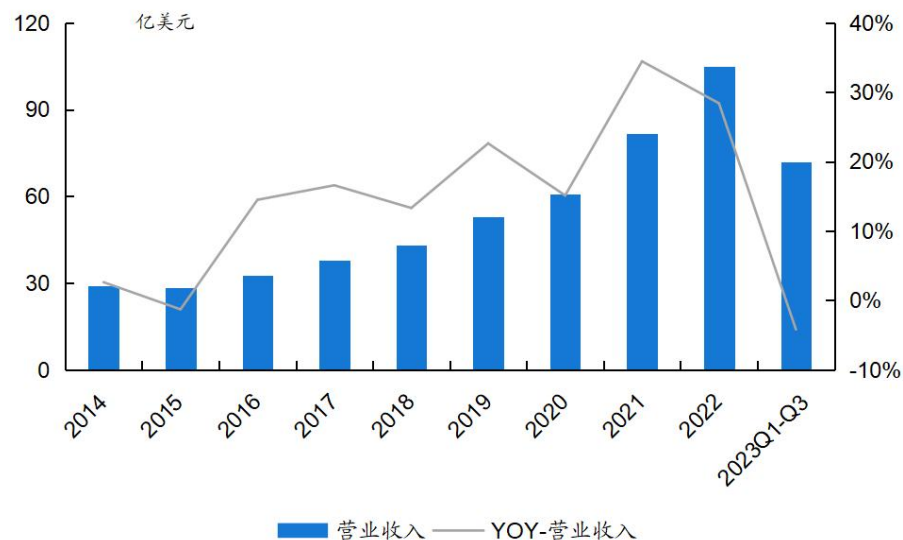
产品类型	KLA	应用材料	日立	ASML	Onto
薄膜量测	Filmetrics	-	EA6000VX	-	MetaPULSE
晶圆量测	PWG5	-	-	YieldStar1385	NSX 330 System
关键尺寸量测	SpectraShape	VeritySEM	CD-SEM	YieldStar 1375F	IVS Series
缺陷检测-有图形	Puma Series, Voyager Series	UVision		HMI e-beam	Dragonfly G3
缺陷检测-无图形	Surfscan	-	LS Series	-	NovusEdge
电阻率测量	OmniMap RS-200	-	-	-	Element system
通用型	Tencor P Series, Filmetrics R Series, iMicro	-	CR6300		-
掩膜检测及维修	检测：Teron, 维修：RDC	检测：AERA	维修：MR8000	-	-
晶圆级先进封装	Kronos™ 1190	FOWLP	-	-	JetStep

资料来源：seekingalpha，KLA官网，CSET，应用材料官网，日立官网，ASML官网，Onto官网，国海证券研究所

KLA：2018-2022年净利润复合增速达26%

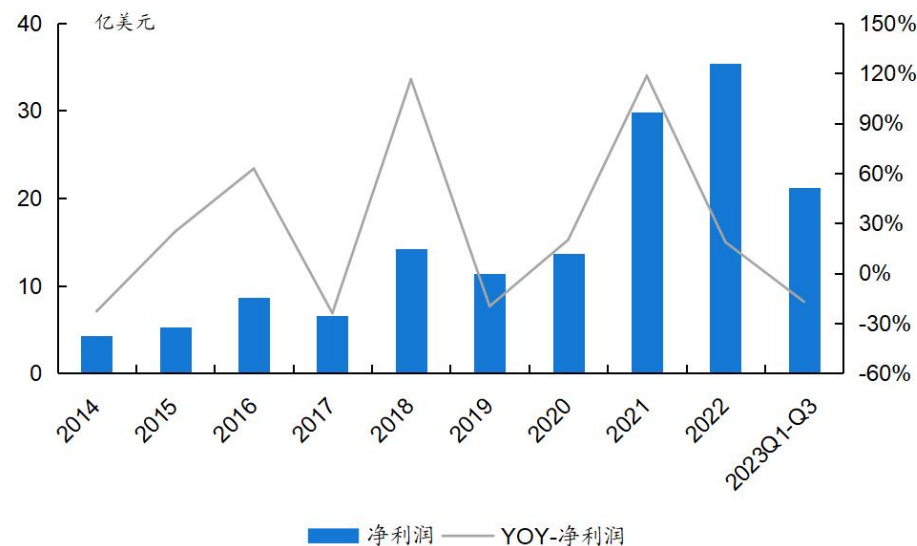
- ◆ 受终端需求下滑影响，2023前三季度KLA净利润同比下降17%。2018-2022年，KLA营业收入从43.04亿美元增长至104.84亿美元，CAGR达24.93%，净利润从14.21亿美元增长至35.41亿美元，CAGR达25.64%。2023Q1-Q3，KLA实现营业收入71.85亿美元，同比下降4.2%，实现净利润21.24亿美元，同比下降17.10%，主要系终端需求下滑背景下，半导体制造商整体缩减扩产计划所致。

图表36：KLA营业收入



资料来源：wind，国海证券研究所

图表37：KLA净利润



资料来源：wind，国海证券研究所

KLA：分部门，2023Q3半导体过程控制收入同比下降11%

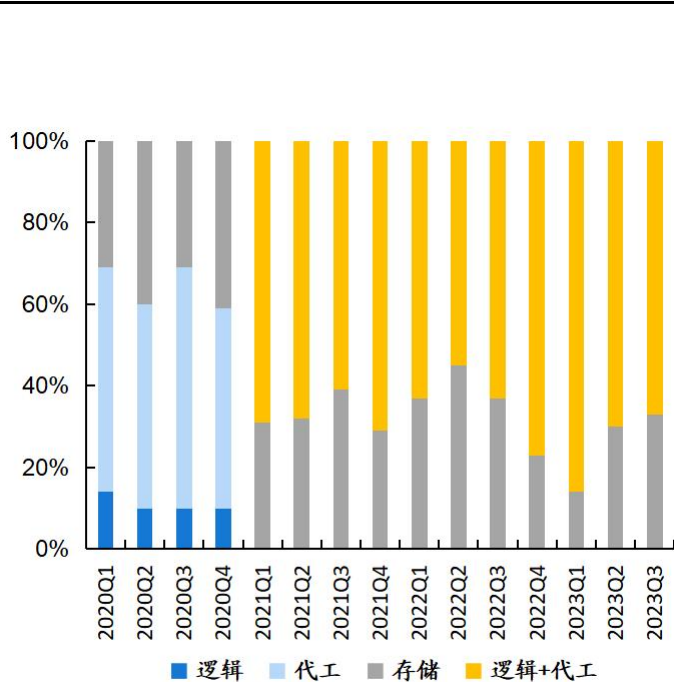
◆ 分部门看，KLA主要有半导体过程控制、专业半导体工艺以及PCB、显示和部件检测三大业务部门，2023Q3半导体过程控制实现收入21.35亿美元，同比下降11%，主要系半导体终端需求不景气，客户降低2023年度资本开支预算所致；半导体工艺实现收入1.27亿美元，同比下降1%；PCB、显示及部件检测实现收入1.36亿美元，同比下降32%，主要系终端需求疲软所致。

图表38：KLA主要业务部门

分部门	收入及占比 (亿美元)			毛利率			主要业务	代表产品
	2023	2022	2021	2023	2022	2021		
半导体过程控制 (系统+服务)	93.24 (88.80%)	79.24 (86.01%)	57.36 (82.91%)	64%	65%	65%	芯片制造:缺陷检测与复核	39xx Series, 29xx Series, C20x Series, eSL10™, Voyager Series, 8 Series, Puma™ Series, CIRCL™ Series, Surfscan Series, Surfscan® SP Ax Series, eDR7xxx™ Series
							芯片制造:量测	Archer™ Series, ATL™ Series, Axion Series, SpectraShape™ Series, SpectraFilm™ Series, Aleris® Series, PWG™ Series, Thermo-Probe Series, OmniMap® RS-xxx Series, MicroSense product family, CAPRES product family.
							晶圆制造:缺陷检测与复核、量测	Surfscan® Series, Surfscan® SP Ax Series, eDR7xxx™ Series, WaferSight™ Series, Candela® Series, MicroSense® wafer geometry product family
							掩膜版制造:缺陷量检测、原位过程管理	Teron™ SL6xx Series, Teron™ 6xx Series, TeraScan™ 5xx Series, X5.x™ Series, FlashScan® Series, LMS IPRO Series, Microsense wafer geometry product family
							芯片制造:化学过程控制	QualiSurf® Series, Quali-Line Quanta Series, Quali-Line Prima® Series, QualiLab Elite Series
							芯片制造:原位过程管理	SensArray® product family.
							封装制造:晶圆量检测	Kronos™ Series, CIRCL™ -AP, irArcher Series, PWG5™ with XT Option, QualiSurf Series, Quali-Fill® Libra® Series, QualiLab Elite® Series, Quali-Dose
							半导体软件解决方案	Klarity® product family, 5D Analyzer®, OVALiS, Anchor product family, RDC, FabVision® Series, ProDATA™, PROLITH™, I-PAT, SPOT.
半导体工艺 (系统+服务)	5.44 (5.18%)	4.56 (4.95%)	3.7 (5.35%)	52%	53%	56%	KLA pro系统:认证和再制造产品	Surfscan® Series, 2B35, 2367, ASET-F5x Pro, Archer™ Series.
							一般用途/实验室应用	Candela® Series, HRP-260, Zeta™ Series, Tencor™ P Series, Nano Indenter Series, Alpha-Step Series, Filmetrics F Series, Filmetrics R Series, iMicro, iNano, Filmetrics Profil3D Series, T150 UTM, NanoFlip, InSEM HT
							特种半导体制造	SPTS Omega® Series, SPTS Sigma® Series, SPTS Delta™ Series, Primaxx Series, Xactix Series, SPTS Mosaic™ Series, MVD Series.
PCB、显示和部件检测 (系统+服务)	6.32 (6.02%)	8.33 (9.04%)	8.12 (11.74%)	35%	46%	48%	印刷电路板	Orbotech Corus™ Series, Orbotech Infinitum™ Series, Orbotech Nuvogo™ Fine/ Nuvogo™ Series, Orbotech Diamond™ Series, Orbotech Ultra Dimension™ Series, Orbotech Ultra Fusion™/ Fusion™ Series, Orbotech Discovery™ II Series, Orbotech Precise™ Series, Orbotech Ultra PerFix™/ PerFix™ Series, Orbotech Neos™ Series, Orbotech Sprint™ Series, Orbotech Magna™ Series, Orbotech Jetext™ Series, Orbotech Apeiron™ Series, Frontline product family
							显示	Orbotech Sirius™ Series, Orbotech Quantum™ Series, Orbotech Flare™ Series, Orbotech Array Checker™ Series, Orbotech Ignite™ Series, Orbotech Prism™ Series, Orbotech OASIS™.
							部件	ICOS™ F26x, ICOS™ Tx Series, Zeta™ -5xx/6xx.

资料来源：KLA公司公告，国海证券研究所
注：收入及占比、毛利率均为财年数据，FY2023为CY2022Q3-CY2023Q2

图表39：KLA半导体过程控制部门终端市场结构

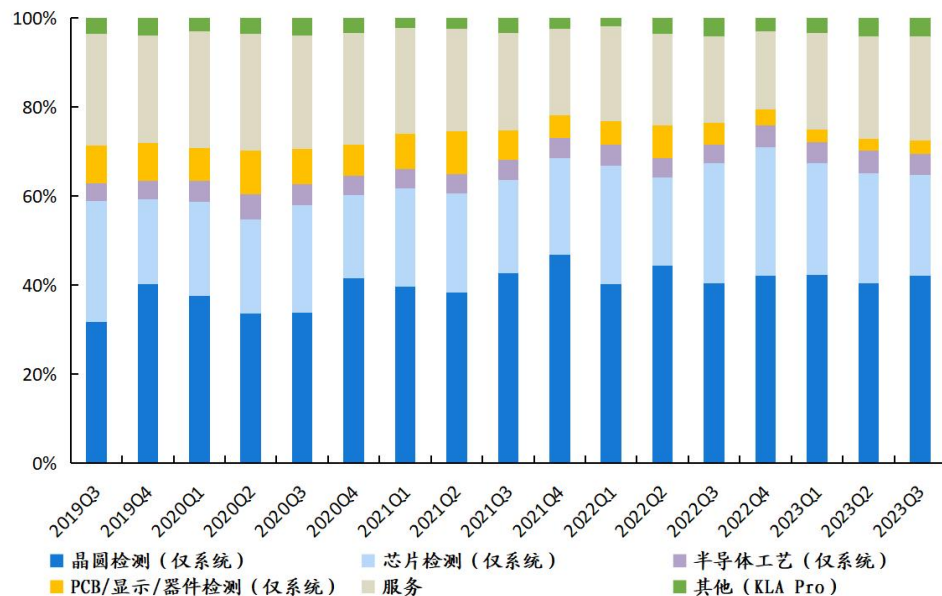


资料来源：KLA公司公告，国海证券研究所

KLA：分产品，2023Q3晶圆检测/芯片检测收入同比下降8.4%/25.9%

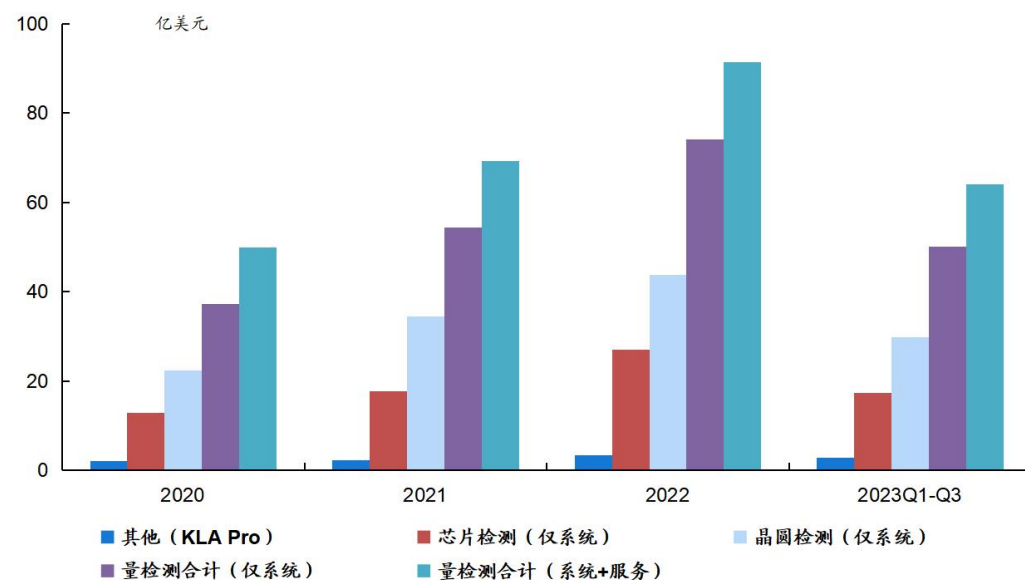
◆ 分产品看，KLA主要产品包括晶圆检测（仅系统）、芯片检测（仅系统）、半导体工艺（仅系统）、PCB/显示/器件检测（仅系统）、服务以及其他（KLA Pro），2023Q3营业收入分别为10.1、5.4、1.1、0.7、5.6、1.0亿美元，同比-8%、-26%、-2%、-47%、6%、-10%。我们以晶圆检测（仅系统）、芯片检测（仅系统）及其他（KLA Pro）代表KLA量检测业务，2020-2023年前三季度量检测（仅系统）业务收入分别为37.3、54.4、74.1、50.1亿美元，假设KLA市占率维持2020年值50.8%（见27页），对应期间全球量检测市场规模分别为73.39、106.73、145.35、98.20亿美元，与本文第二章测算基本一致。

图表40：KLA收入结构（分产品）



资料来源：KLA公司公告，国海证券研究所

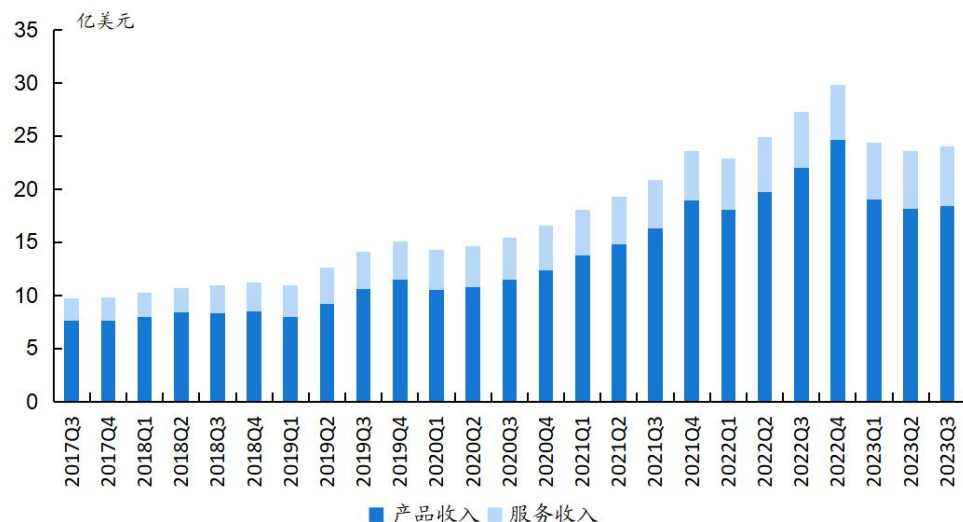
图表41：KLA量检测业务收入



资料来源：KLA公司公告，国海证券研究所

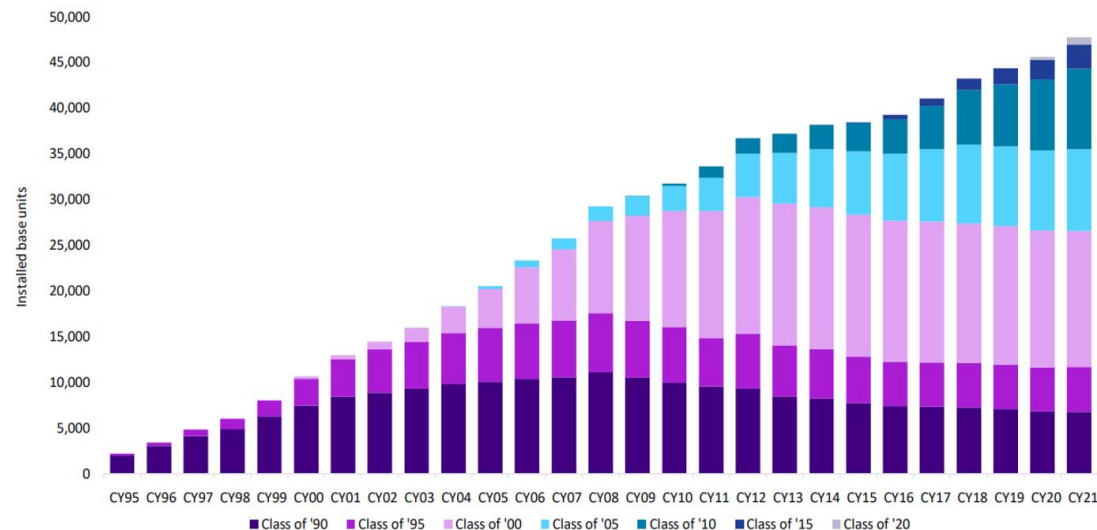
- ◆ **设备装机量持续增长，服务收入平滑业绩波动、提升客户粘性。**相比公司产品收入近年出现波动，服务收入持续增长，主要受益于公司设备装机量持续增长，根据公司2022年6月投资者交流公告，截至2021年底，KLA设备累计装机量超过4.8万台，80%以上的出货设备仍在客户端运行，50%以上的装机设备寿命超过18年，设备全寿命期的服务收入超过初始售价。一方面，设备装机量的持续增长将拉动服务收入，平滑客户资本开支变动对公司产品收入带来的负面影响。另一方面，服务业务促使公司与客户建立长期联系，随着设备运行数据的持续积累与分析，公司设备升级加速，客户需求匹配能力提升，进而拉动产品收入。

图表42: KLA产品/服务收入



资料来源: wind, 国海证券研究所

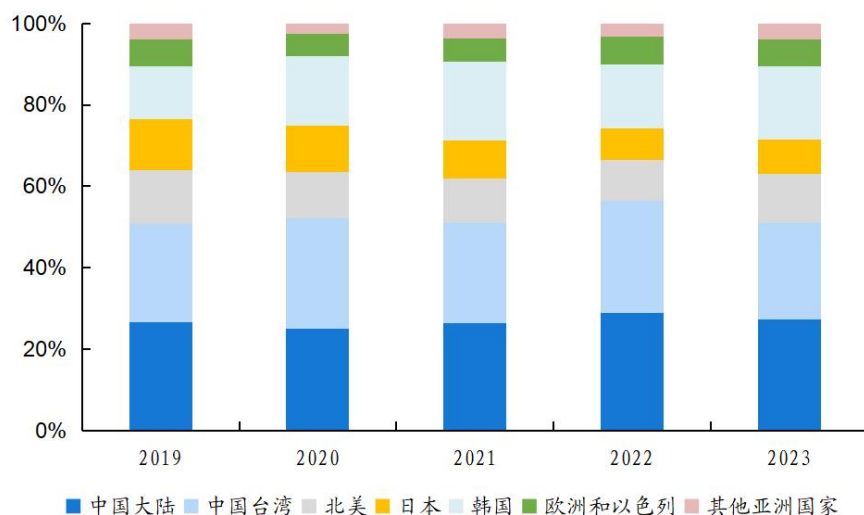
图表43: KLA设备安装量 (台)



资料来源: KLA公司公告

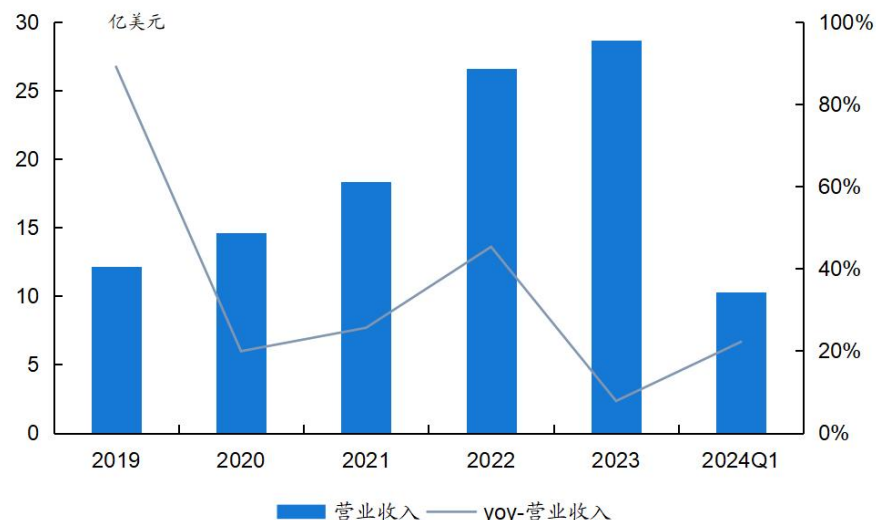
- ◆ 分区域看，2023财年（2022Q3-2023Q2），KLA主要收入来自中国大陆、中国台湾和韩国，占比分别为27.32%、23.76%、18.06%，中国大陆收入占比连续多年位居第一，FY2023中国大陆收入规模为28.67亿美元。根据KLA致股东信函（FY2023Q1），初步估计，对华出口禁令2023年预计将对公司造成6-9亿美元损失，2022Q4对公司造成直接损失约1亿美元。

图表44：KLA收入结构（分区域）



资料来源：wind，国海证券研究所
注：财年数据，FY2023对应CY2022Q3-CY2023Q2

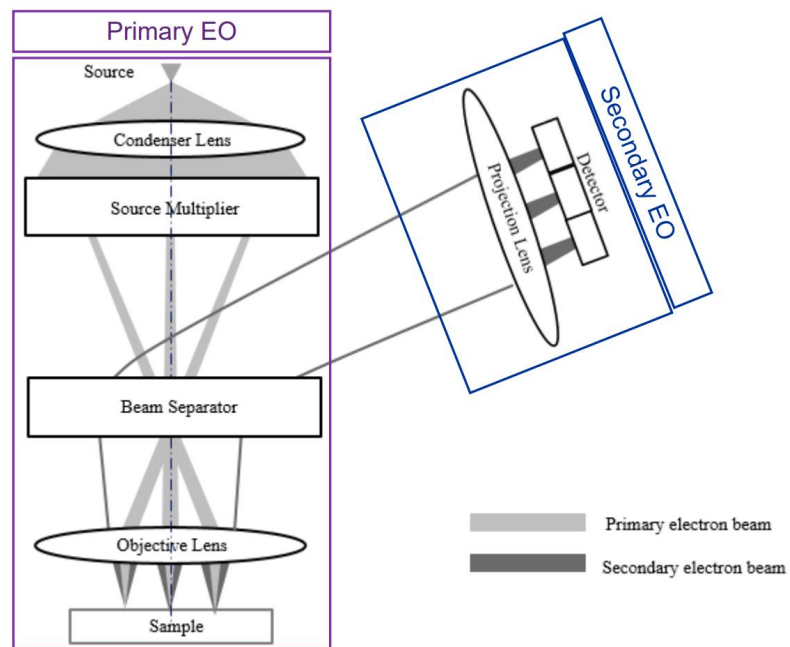
图表45：KLA中国大陆收入变化



资料来源：wind，国海证券研究所
注：财年数据，FY2024Q1对应CY2023Q3

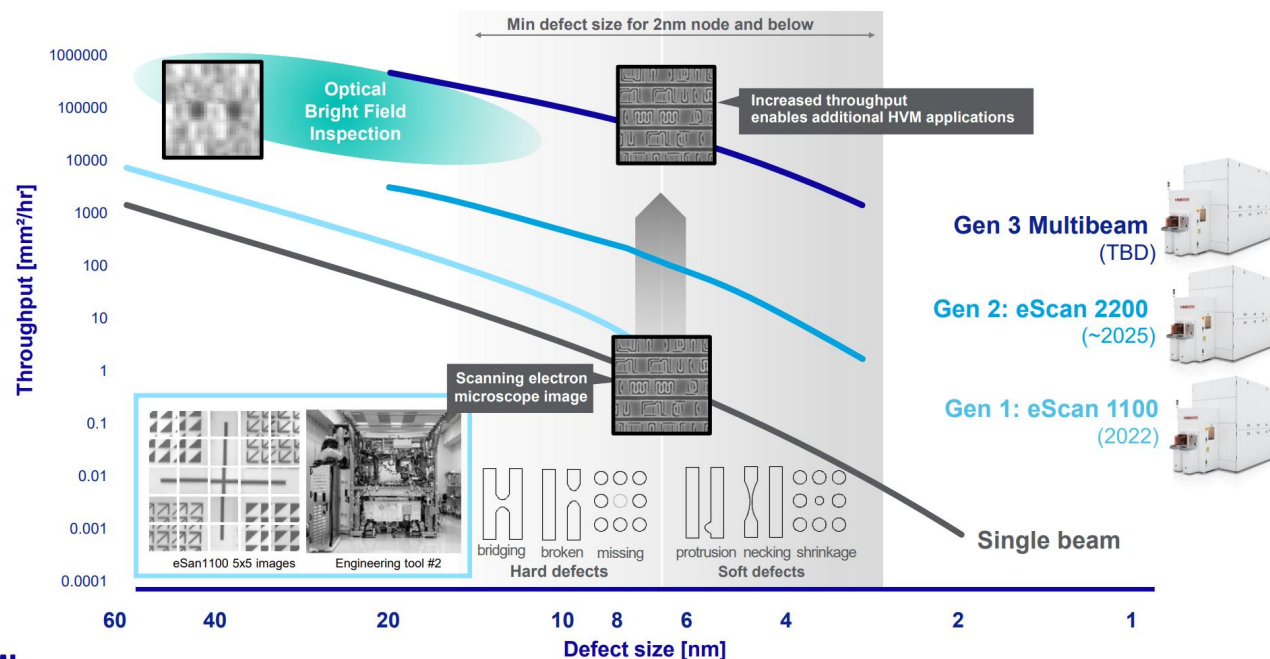
- ◆ 受益EUV光刻机垄断地位，电子束检测设备竞争优势显著。ASML量检测产品主要包括光学和电子束两大类，其中电子束产品全球领先，根据the information network，2022年ASLM电子束检测设备全球市占率达50%。2016年，ASML通过收购HMI（全球最大电子束检测供应商）进入电子束检测市场，此后相继推出HMI eP5（OCD）、HMI eScan 600（多类缺陷）等电子束检测设备。2020年，ASML推出全球首个多电子束晶圆缺陷检测设备HMI eScan 1000（9电子束），定位3nm研发应用，吞吐量相比单电子束提升600%。ASML目前垄断EUV光刻机市场，通过将其量检测设备与EUV系统配套，电子束检测设备竞争优势显著。

图表46: HMI多电子束系统结构



资料来源: ASML, 《E-Beam Inspection and Metrology: Developments and Applications in Lithography》Yu Cao

图表47: ASML多电子束系统持续迭代

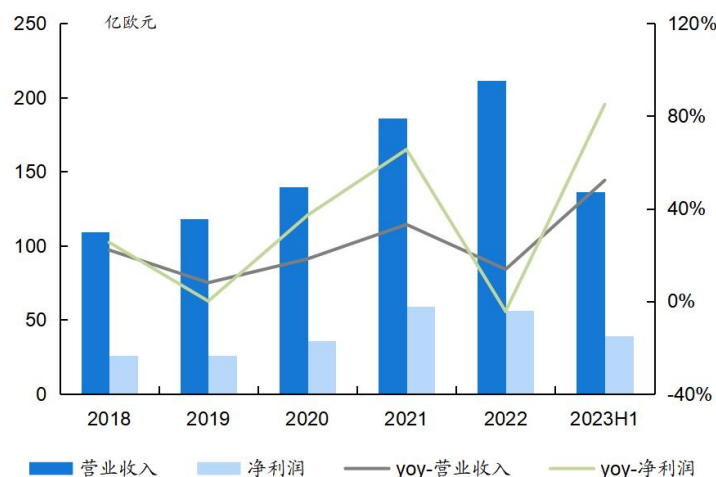


资料来源: ASML, 《E-Beam Inspection and Metrology: Developments and Applications in Lithography》Yu Cao

ASML：2023H1量检测系统收入同比下降12.12%

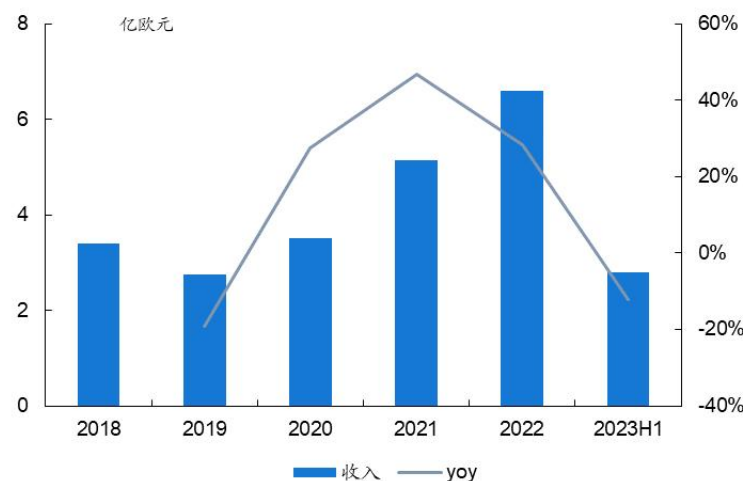
- ◆ 2022年ASML量检测系统收入占比为4.27%。2022年ASML实现收入211.73亿欧元，同比增长13.77%，其中系统销售实现收入154.30亿欧元，同比增长13.02%，量检测系统实现收入6.60亿欧元，同比增长28.40%，占系统销售收入比例为4.28%。2023H1，ASML量检测系统实现销量83台，同比下降21.70%，实现收入2.78亿欧元，同比下降12.12%。

图表48：ASML收入及净利润



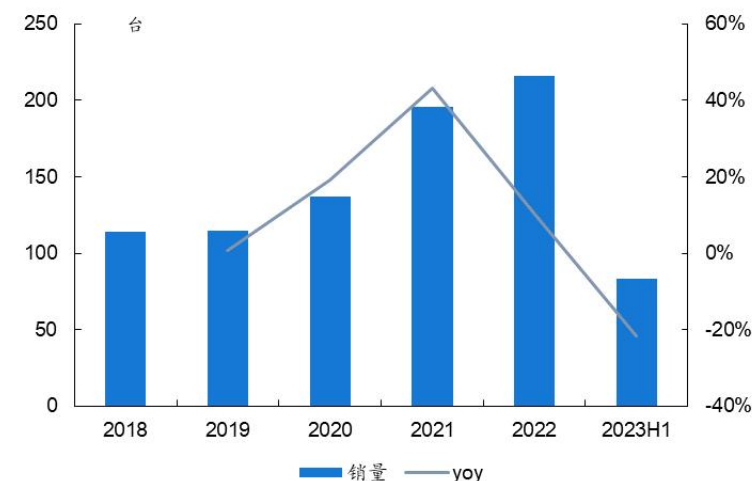
资料来源：wind，国海证券研究所

图表49：ASML量检测系统收入



资料来源：ASML公司公告，国海证券研究所

图表50：ASML量检测系统销量

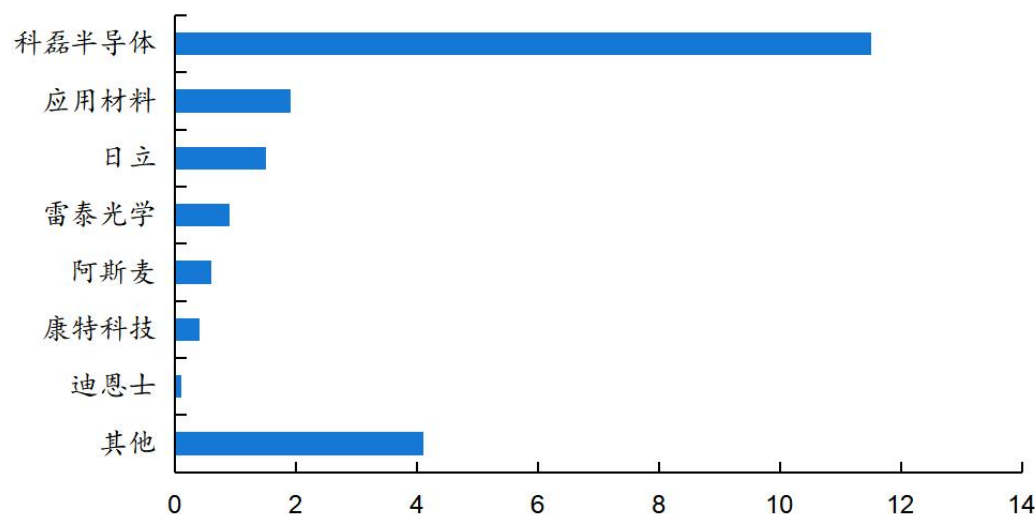


资料来源：ASML公司公告，国海证券研究所

4、国产替代正在加速，重点产品持续突破

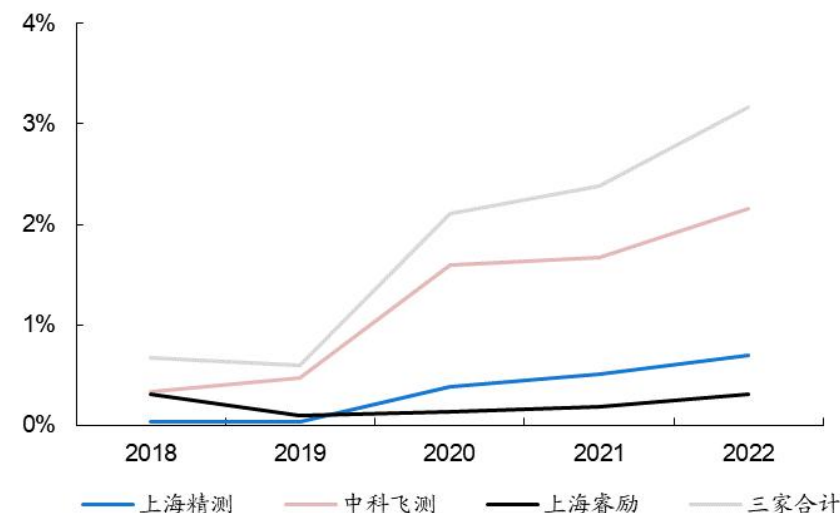
- ◆ 近年量检测设备国产化率稳步增长。中国半导体检测和量测市场中，设备国产化率较低，国际巨头处于市场主导地位，根据VSLI统计，2020年KLA市占率达54.8%。国产半导体量检测设备供应商主要包括上海精测、中科飞测、上海睿励等，2022年营业收入分别为1.65、5.09、0.72亿元。按收入口径，2018-2022年三家公司国内市场份额合计为0.67%、0.60%、2.11%、2.38%、3.17%，国产化率整体呈现增长趋势。

图表51：2020年中国半导体量检测设备市场格局（亿美元）



资料来源：中科飞测招股书，国海证券研究所

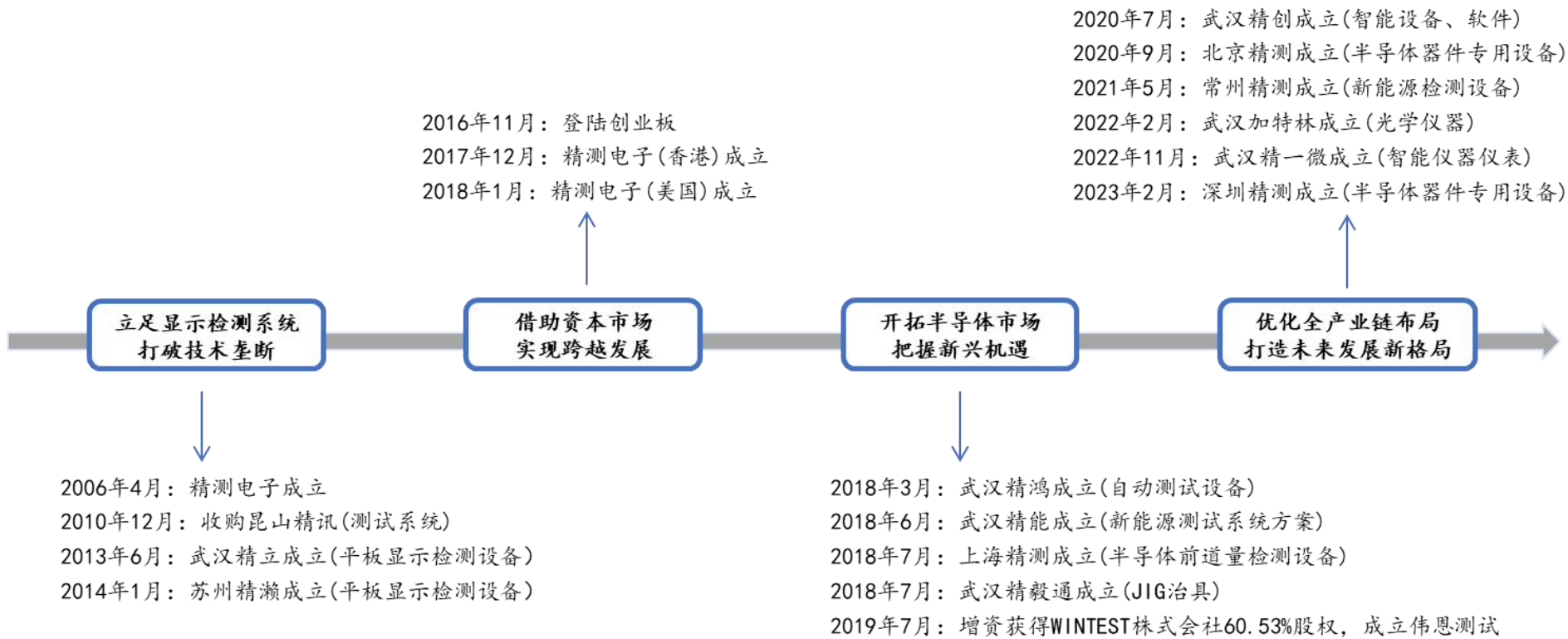
图表52：2018-2022年前道量检测设备国产化率（按收入）



资料来源：wind，中科飞测招股说明书，国海证券研究所

- ◆ 立足显示检测系统，半导体全产业链布局加速。精测电子成立于2006年，2016年成功登陆创业板，公司成立后主要经历四个发展阶段：1) 2006-2014年，立足显示检测系统，打破技术垄断；2) 2016-2018年，借助资本市场，实现跨越发展；3) 2018-2019年，开拓半导体市场，把握新兴机遇；4) 优化全产业链布局，打造未来发展新格局。

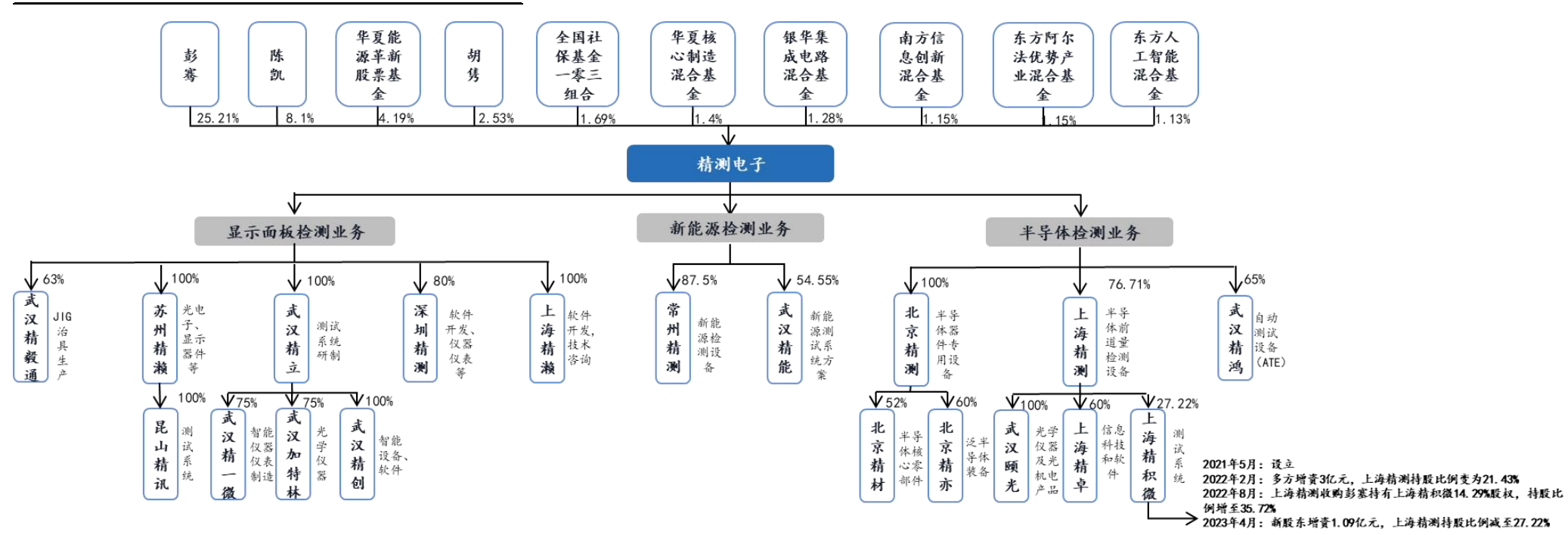
图表53：精测电子发展历程



资料来源：精测电子公司官网，wind，国海证券研究所

- ◆ 上海精测、武汉精鸿分别负责前道量检测和自动检测两大业务。公司主要有显示面板检测、半导体检测和新能源检测三大业务，其中半导体检测业务主要由子公司上海精测、武汉精测负责。
- ◆ 上海精测：设立于2018年7月，后成功引入国家集成电路产业投资基金股份有限公司、上海半导体装备产业投资基金合伙企业（有限合伙）等专业投资机构；主要聚焦半导体前道检测设备领域，子公司上海精积微在明场晶圆有图形缺陷检测设备领域取得较大进展，子公司武汉颐光负责高端光谱椭偏仪的研制。
- ◆ 武汉精鸿：设立于2018年3月；主要聚焦自动化测试设备（ATE）领域，主要产品是存储芯片测试设备。

图表54：股权结构（2023中报）



资料来源：精测电子公司公告，wind，国海证券研究所

- ◆ 上海精测：产品主要用于硅片加工、晶圆制造、科研实验室和第三代半导体四大领域，核心产品目前已覆盖2xnm及以上制程，先进制程的膜厚产品、OCD设备及电子束缺陷复查设备已取得头部客户订单。
- ◆ 武汉精鸿：据精测电子2023年半年报，老化（Burn-in）产品线在国内一线客户实现批量重复订单、CP（晶片探测）/FT（出厂测试）产品线已取得订单并完成交付，目前正在积极争取批量订单。

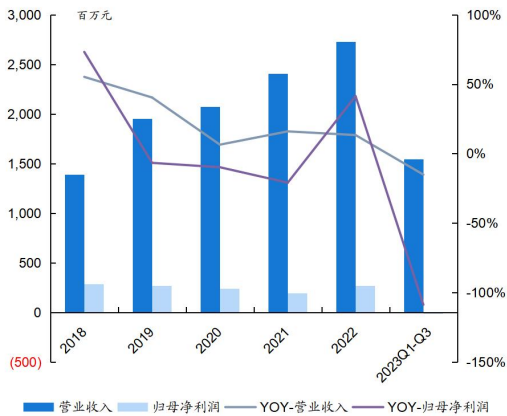
图表55：上海精测前道量测设备布局



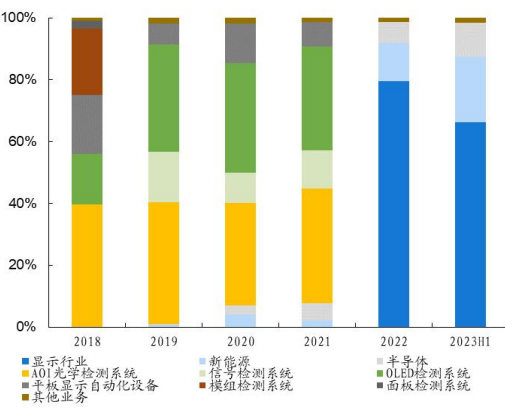
资料来源：精测电子公司公告

◆ 面板行业处于周期底部，2023E归母净利润同比下降33.78%-44.82%。受全球经济下行、消费电子市场需求疲软影响，显示面板行业仍处于周期性底部，2023H1公司实现收入11.10亿元，同比增长0.46%，实现归母净利润1209.40万元，同比下降58.56%。2023H1公司显示业务实现收入7.36亿元，同比下降18.85%，半导体业务实现收入1.23亿元，同比增长79.22%，新能源业务实现收入2.34亿元，同比增长111.71%。毛利率方面，2023H1公司综合毛利率43.76%，显示、新能源、半导体毛利率分别为47.84%、27.41%、49.32%。2023H1上海精测、武汉精鸿、上海精积微实现收入0.85亿元（同比+66.17%）、0.21亿元（同比+63.16%）、0.03亿元。根据公司2023年业绩预告，受面板终端需求不景气、半导体等新业务高研发投入等影响，2023年公司预计实现归母净利润1.5-1.8亿元，同比下降33.78%-44.82%。

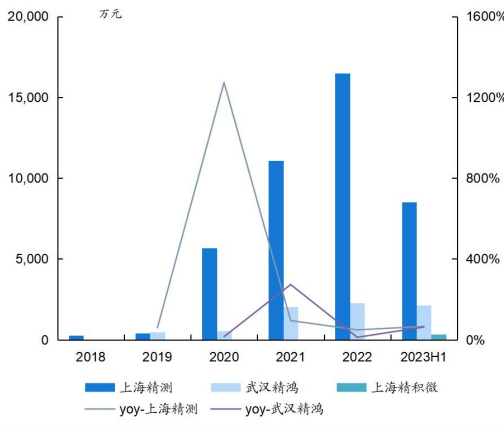
图表56：精测电子收入及归母净利润



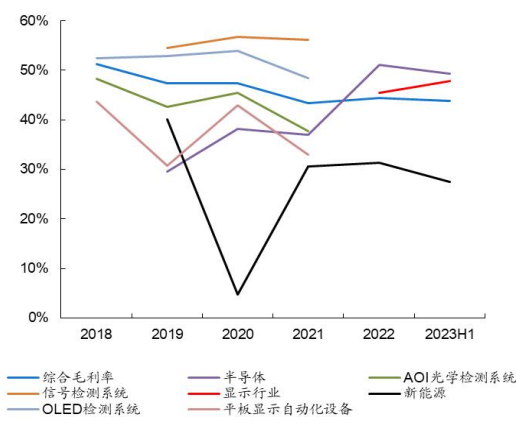
图表57：精测电子收入结构（分产品）



图表58：精测电子子公司收入



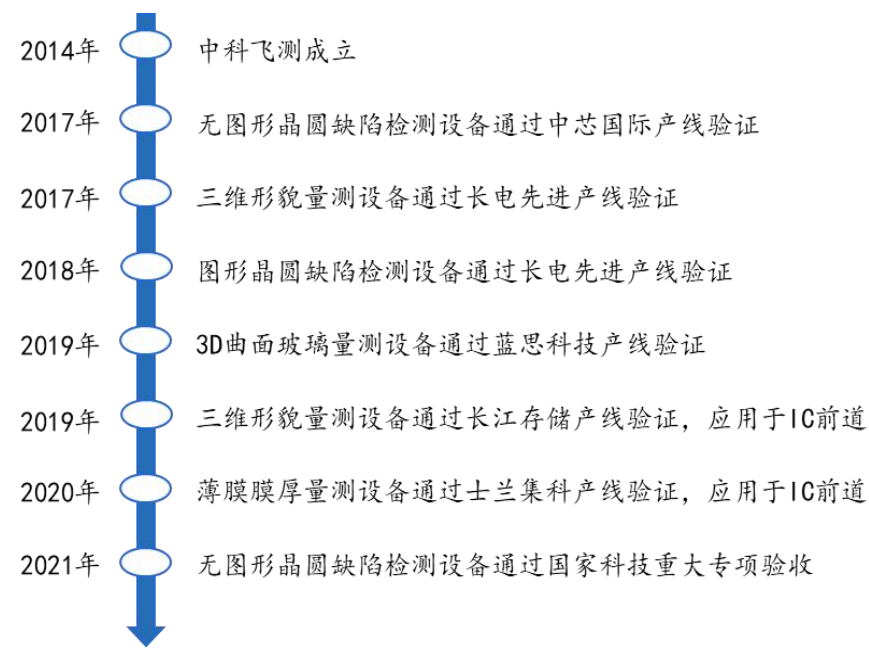
图表59：精测电子毛利率（分产品）



资料来源：wind，精测电子公司公告，国海证券研究所

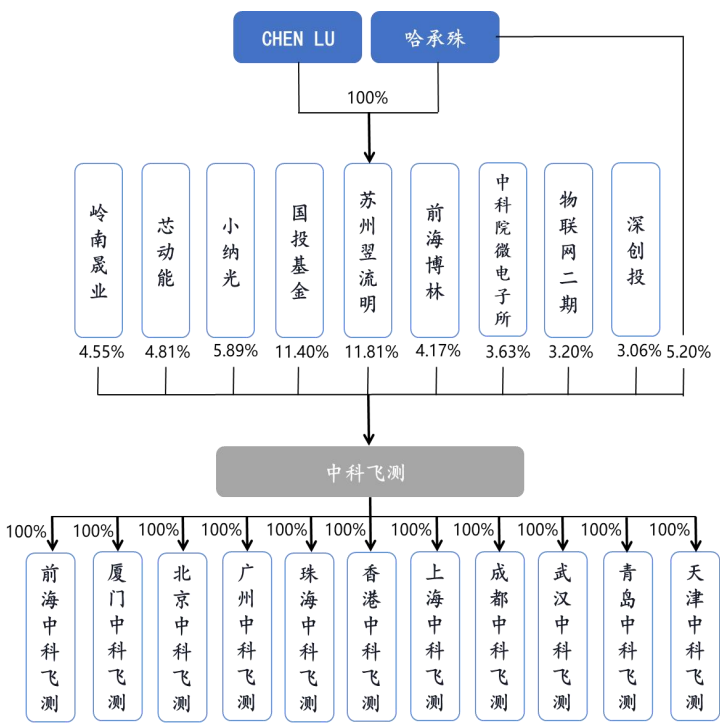
◆ 聚焦量检测设备近十年，产品种类持续丰富。中科飞测成立于2014年，成立至今始终专注于半导体检测和量测设备研发、生产和销售，现已推出无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备、薄膜膜厚量测设备和3D曲面玻璃量测设备等多个系列产品。

图表60：中科飞测发展历程



资料来源：中科飞测招股说明书，国海证券研究所

图表61：股权结构图（截至20240112）



资料来源：wind，国海证券研究所

◆ **管理层技术实力显著。**据中科飞测招股书（2023/05），公司核心技术人员包括董事长陈鲁、首席科学家黄有为和杨乐，其中陈鲁是美国布朗大学物理学博士，曾任KLA资深科学家。公司部分员工曾于中科院微电子所和中科飞测双边任职，曾在中科院微电子所担任研究员、助理研究员或高级工程师等职务。

图表62：中科飞测核心技术人员

姓名	职位	学历	任职经历
陈鲁	董事长	中国科学技术大学少年班，物理学专业学士； 美国布朗大学物理学专业，博士研究生	Rudolph Technologies（现创新科技）系统科学家；科磊半导体资深科学家；中科院微电子所研究员、博士生导师
黄有为	首席科学家	北京理工大学光学工程专业，博士研究生；	清华大学博士后；中科院微电子所助理研究员；北京中航智科技有限公司研发工程师
杨乐	首席科学家	中国科学院长春光学精密机械与物理研究所光学工程专业，博士研究生	中科院微电子所助理研究员、高级工程师

资料来源：中科飞测招股说明书，国海证券研究所

图表63：中科飞测部分员工双边任职情况

姓名	中科院微电子所的职务	公司现任或曾任职务	双边任职期间
陈鲁	研究员、博士生导师	董事长	2015.3-2016.8
杨乐	助理研究员、高级工程师	首席科学家	2015.3-2020.2
马砚忠	助理研究员	资深总监	2015.3-2019.3
王天民	助理研究员	研发项目负责人	2015.6-2018.5
张朝前	高级工程师	研发项目负责人	2018.8-2020.9
刘涛	副研究员	资深研发经理	2015.6-2018.5
王安凯	助理研究员	部门经理	2015.3-2018.2

资料来源：中科飞测招股说明书，国海证券研究所

◆ 纳米图形晶圆缺陷检测、关键尺寸量测等设备加速研发。截至2023年6月末，公司已批量出货产品线涵盖无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备、晶圆介质薄膜量测设备、晶圆金属薄膜量测设备和套刻精度量测设备等系列产品，同时，公司正在积极研发纳米图形晶圆缺陷检测设备、关键尺寸量测设备等其他系列设备。

图表64：中科飞测量检测产品进展

产品		制程	进度
检测	无图形晶圆缺陷检测设备	2Xnm及以上	已批量出货
		14nm	在研
	图形晶圆缺陷检测设备		已批量出货
	明场纳米图形缺陷检测设备	2Xnm	在研
	暗场纳米图形缺陷检测设备	2Xnm	在研
量测	三维形貌量测设备	2Xnm及以上	已批量出货
	薄膜膜厚度量测设备	成熟工艺和先进工艺	已批量出货
	套刻精度量测设备	90nm及以上	已批量出货
		2Xnm	通过国内头部客户产线验证， 获得多个国内领先客户订单
	关键尺寸量测设备	2Xnm	在研

资料来源：中科飞测公告，国海证券研究所

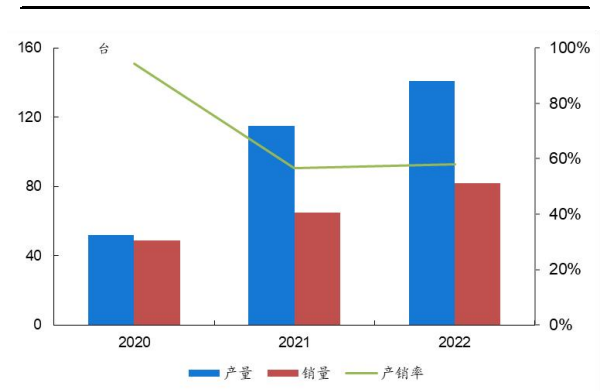
图表65：中科飞测TOP5客户

年份	客户名称	主要销售内容	销售金额（万元）	营收占比
2022	中芯国际	检测设备	4160.12	8.17%
	士兰集科	检测设备、量测设备	3879.86	7.62%
	长江存储	检测设备、量测设备	3212.36	6.31%
	芯恩(青岛)集成电路有限公司	检测设备、量测设备	2937.03	5.77%
	浙江创芯集成电路有限公司	检测设备、量测设备	2750.96	5.40%
	合计		16940.33	33.27%
2021	芯恩(青岛)集成电路有限公司	检测设备、量测设备	4495.45	12.47%
	长电先进	检测设备、量测设备	4145.59	11.50%
	华天昆山	检测设备、量测设备	2816.49	7.81%
	中芯国际	检测设备	2365.57	6.56%
	福建省晋华集成电路有限公司	检测设备	2155	5.98%
	合计		15978.09	44.32%
2020	华天昆山	检测设备、量测设备	4732.58	19.92%
	客户B	检测设备	2123.89	8.94%
	中芯国际	检测设备、量测设备	2097.99	8.83%
	长江存储	量测设备	1695.66	7.14%
	士兰集科	检测设备、量测设备	1516.22	6.38%
	合计		12166.34	51.21%

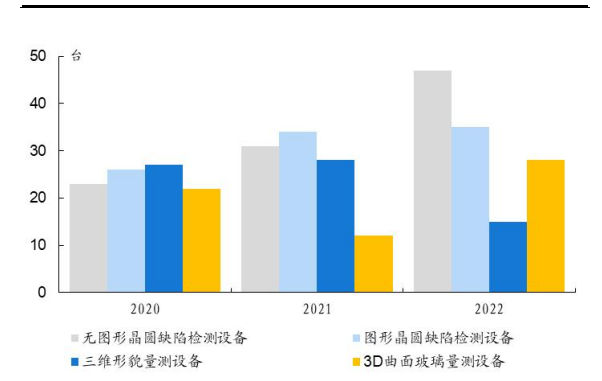
资料来源：中科飞测招股说明书，国海证券研究所

◆ **高端产品加速扩充。**销量方面，公司持续丰富产品种类，拓展客户群体，2020-2022年检测设备和量测设备产销量整体呈现增长趋势。单价方面，公司持续升级产品功能，2020-2022年无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备、3D曲面玻璃量测设备等产品均价呈现增长趋势。2023年公司IPO项目募资18.89亿元，其中3.08亿元用于高端半导体质量控制设备产业化项目，主要产品产能有望进一步扩充。

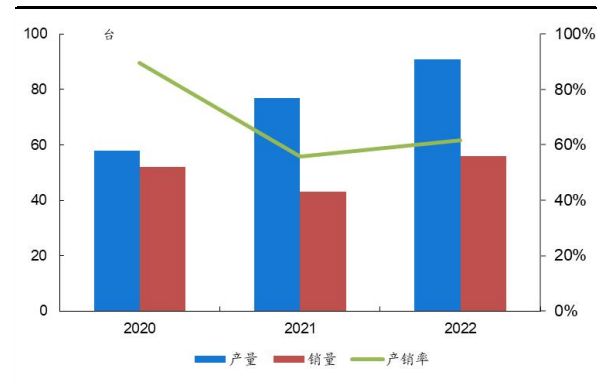
图表66：中科飞测检测设备产销情况



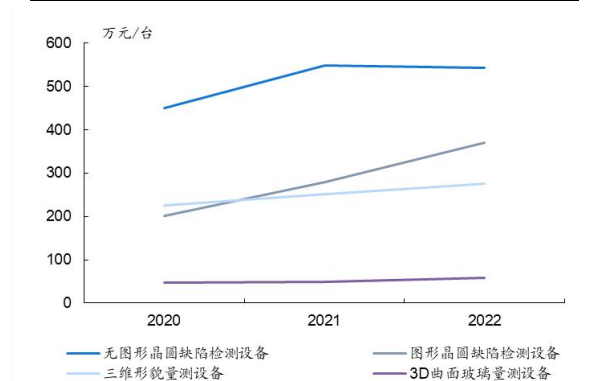
图表68：中科飞测主要设备销量



图表67：中科飞测量测设备产销情况



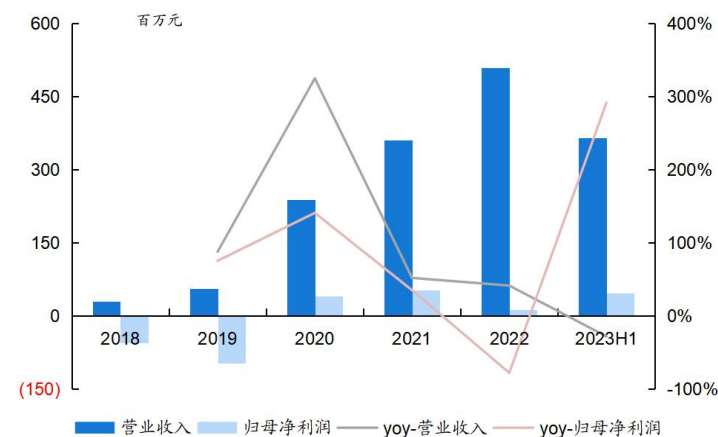
图表69：中科飞测主要设备均价



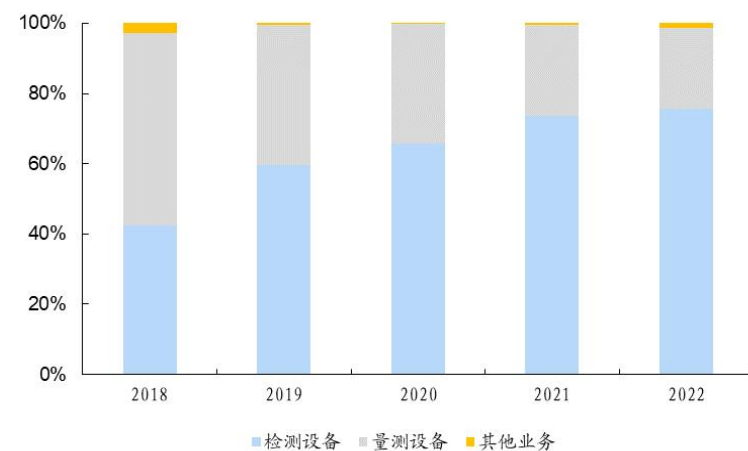
资料来源：中科飞测招股说明书，国海证券研究所

◆ **2023E归母净利润大幅增长。**公司产品种类日趋丰富、客户群体持续扩大，2023H1公司实现收入3.65亿元，同比增长202.25%，实现归母净利润4593.91万元，同比增长242.88%。毛利率方面，2022公司综合毛利率48.67%，检测设备、量测设备、其他业务毛利率分别为52.63%、35.84%、46.38%。根据公司2023年业绩预告，2023年公司预计实现收入8.5-9亿元，同比增长66.92%-76.74%，预计实现归母净利润1.15-1.65亿元，同比增长860.66%-1278.34%，下游客户国产替代加速背景下，公司产品种类、客户群体持续丰富，客户订单量持续增长，业绩实现快速增长。

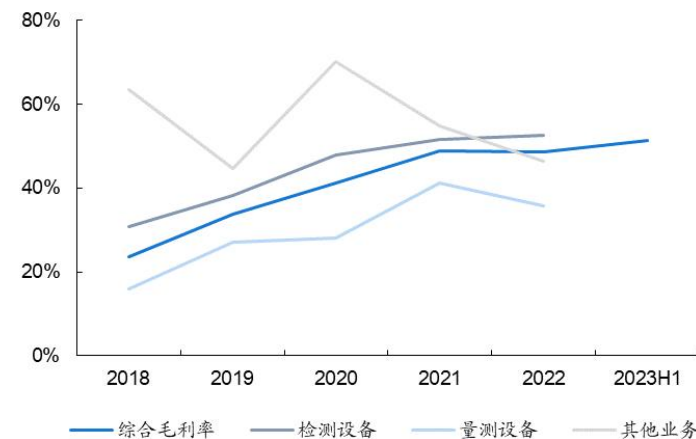
图表70：中科飞测收入及归母净利润



图表71：中科飞测收入结构（分产品）



图表72：中科飞测毛利率（分产品）



资料来源：wind，国海证券研究所

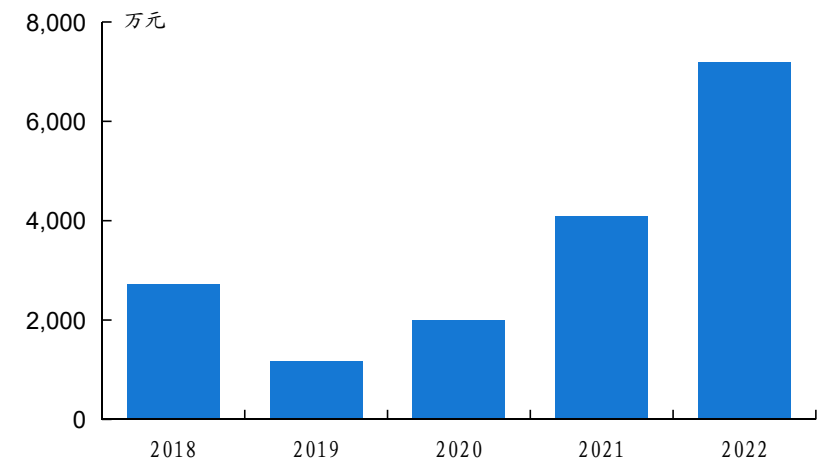
- ◆ 聚焦前道量检测设备，先进制程加速验证。睿励仪器成立于2005年6月，聚焦集成电路前道检测设备研发和生产，是国内少数几家进入国际领先的12英寸生产线的高端装备企业之一，是国内唯一进入某韩国领先芯片生产企业的国产集成电路设备企业。睿励仪器主营产品是光学膜厚测量设备、光学缺陷检测设备、硅片厚度及翘曲测量设备等，自主研发的12英寸光学测量设备TFX300系列产品已应用在65/55/40/28纳米芯片生产线，14纳米工艺正在验证，在3D存储芯片产线支持64层3D NAND芯片的生产，正在验证96层3D NAND芯片的量测性能。
- ◆ 中微公司多次增资，目前持股36.49%。2020年10月，中微公司以500万元的债权向睿励仪器出资；2020年12月、2022年3月，中微公司以现金方式对睿励仪器增资1亿元、1.08亿元，并于2023年受让国家集成电路产业投资基金所持睿励仪器6.76%股权，目前共持有睿励仪器36.49%股权。

图表73：中微公司对睿励仪器多次增资

时间	事件
2019年8月	中微公司拟向上海睿励投资1375万元，投资完成后持股比例为10.41%。
2020年10月	中微公司拟将对上海睿励的投资额由1375万元调整为500万元，以500万元的债权向上海睿励出资。
2020年12月	中微公司拟以现金方式对上海睿励增资1亿元，投资完成持股比例增至20.45%
2022年3月	中微公司拟以现金方式对上海睿励增资1.08亿元，投资完成后持股比例增至29.36%。
2022年	中微公司以0.43亿元的对价受让上海睿励老股东转让的部分股权。
2023年5月	中微公司以挂牌价取得国家集成电路产业投资基金持有的上海睿励6.76%股权，挂牌价为5790万元。

资料来源：中微公司公告，国海证券研究所

图表74：2018-2022年睿励仪器营业收入



资料来源：wind，国海证券研究所

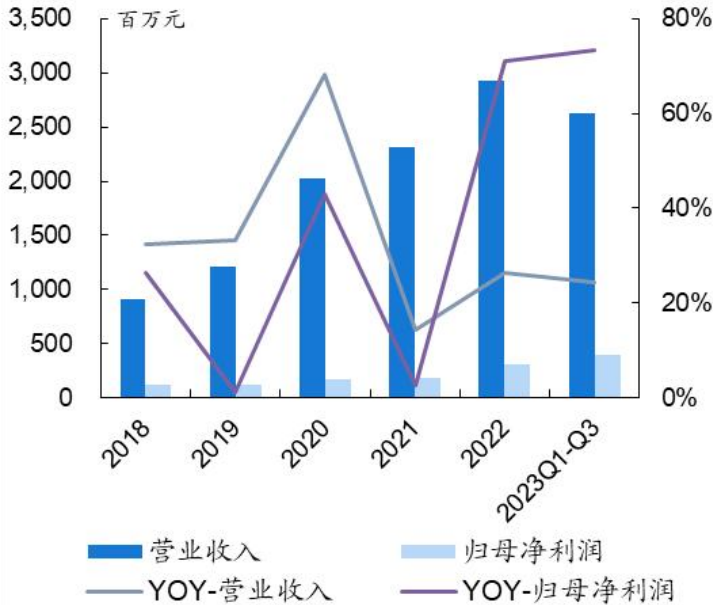
◆ 赛腾股份专注于自动化设备领域，主要产品包括自动化设备、治具及相关技术服务，2022年收入占比分别为61.56%、32.83%和5.37%，下游应用主要包括消费电子、半导体及新能源汽车，2022年收入占比分别为83.69%、9.94%和6.13%。消费电子领域，主要产品为组装设备和检测设备；半导体领域，主要产品为封测设备和晶圆检测设备；新能源汽车领域，产品包括汽车发动机IMS传感器、磁铁支架传感器装配线、电机转子组装线等。

图表75：赛腾股份发展历程

年份	事件
2001	公司成立
2011	进入苹果公司合格供应商体系
2017	上交所成功上市
2018	收购苏州智冠光电（LED芯片/图形化蓝宝石衬底/氮化镓外延片/光电设备及配件等）
2018	收购无锡昌鼎电子（IC及分立器件封测设备）
2018	收购苏州赛腾昆山平成电子（载治具和自动化半自动化设备）
2018	收购苏州菱欧（数控自动化工业设备/数控低压配电系统/机电设备等）
2019	收购日本株式会社Optima（IC晶圆检测设备）
2020	吴淞江创新制造产业园投产，昆山赛腾平成厂房开工建设
2022	在美国、越南等地购置研发和生产用地，成立赛腾越南智能制造有限公司、新设泰国赛腾售后基地，成立赛腾精密（泰国）有限公司

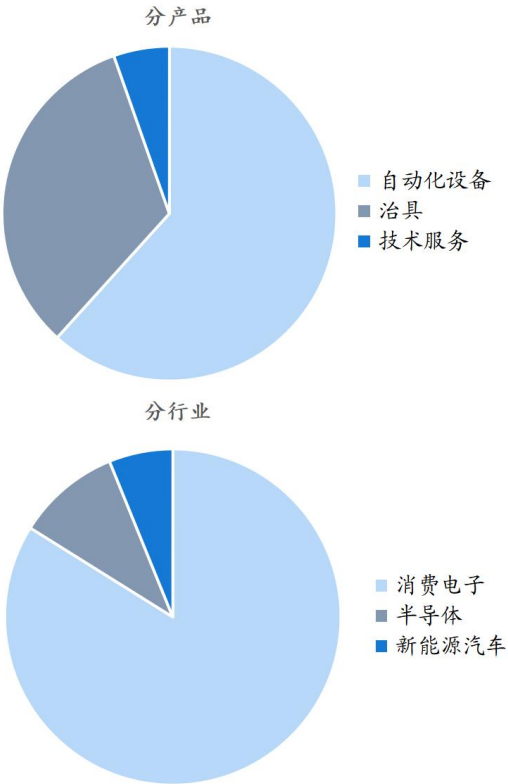
资料来源：赛腾股份招股说明书，赛腾股份官网，国海证券研究所

图表76：赛腾股份营业收入及归母净利润



资料来源：wind，国海证券研究所

图表77：赛腾股份收入结构（2022年）



资料来源：wind，国海证券研究所

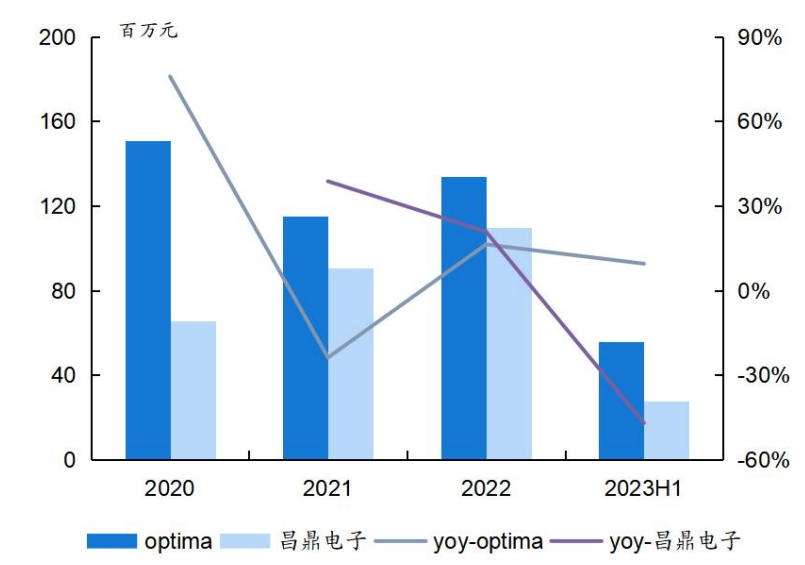
◆ 2019年收购日本Optima布局前道检测。2018年公司收购无锡昌鼎电子有限公司，布局后道封装检测设备，主要产品包括全自动组焊线、测试编带一贯机、外观检查机、套管机和自动打标机等。2019年公司以现金方式收购日本Optima株式会社67.53%股权（截至2023中报持股74.10%），布局前道检测设备，主要产品包括硅片边缘缺陷自动检测设备、晶圆片用背面检测设备、边缘/表背面复合检测设备等。公司半导体领域主要客户包括sumco、SK siltron、三星、奕斯伟、中环半导体、金瑞泓等。

图表78：optima主要产品

型号	类型	功能	应用
RXW-1200	硅片边缘缺陷自动检测设备	在硅片、晶圆片制造过程，对硅片边缘部的缺陷检出和分类，要求部位的尺寸进行量测。	倒角/表面研磨/表面抛光/清洗/干燥/PW终检/外延、SOI/成膜/光刻/CMP/修边/键合/减薄
BMW-1200	晶圆片用背面检测设备	能够以高灵敏度检测，晶圆片工艺中在晶片背面产生的缺陷和异物并测量提取缺陷的微小三维形状的检测设备。	成膜/光刻/蚀刻/CMP
RXM-1200	边缘/表背面复合检测设备	检测硅片制造（抛光，外延）过程中，检测出边缘/表背面出现的各种缺陷的复合设备。	倒角/表面研磨/表面抛光/清洗/干燥/PW终检/Epi、SOI等
AXM-1200	晶圆制造外观检测设备	最先进设备，从Notch检查新方法开始，进一步提高了边缘/正面/背面的检查能力，通过新开发的原始算法自动进行缺陷分类，并且配备了各种新功能。	硅片制造工艺中的边缘/正面/背面/Notch 检查

资料来源：optima官网，国海证券研究所

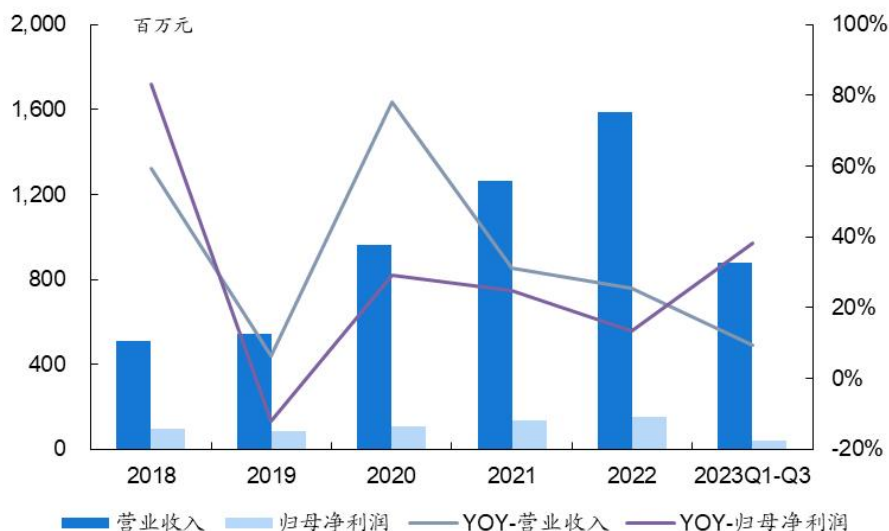
图表79：optima及昌鼎电子营业收入



资料来源：wind，国海证券研究所

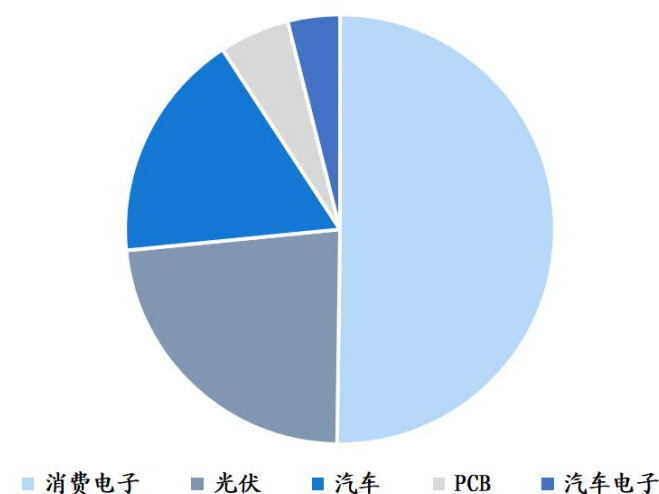
- ◆ **首台明场检测设备已交付客户试用。**天准科技聚焦视觉装备，主要产品包括视觉量测设备、视觉检测设备、视觉制程设备和智能网联方案，下游应用涉及消费电子、光伏、汽车、PCB等领域。公司积极布局半导体领域，2021年5月成功收购德国MueTec公司100%股权，积极推进MueTec产线技术升级，以覆盖55nm、28nm等工艺节点。作为对MueTec产线的补充，2021年11月公司联合设立苏州矽行半导体技术有限公司（截至2023中报持股13.72%），2023年8月苏州矽行首台半导体前道微观缺陷检测的明场检测设备TB1000交付客户试用。

图表80：天准科技营业收入及归母净利润



资料来源：wind，国海证券研究所

图表81：天准科技收入结构（2022年）



资料来源：wind，国海证券研究所

- ◆ **芯片良率关键保障，国产替代正在加速。**半导体行业需求回暖叠加中国大陆晶圆厂持续扩产，国内半导体设备市场长期有望稳健增长。质量控制贯穿晶圆制造全过程，是芯片生产良率的关键保障，先进制程将对工艺控制水平提出更高要求，量检测设备价值量有望倍增。目前量检测设备国产化率较低，本土主要供应商包括上海精测、中科飞测和睿励仪器，地缘因素影响下，量检测设备国产替代正在加速。
- ◆ **关注本土设备商新品突破及订单进展。**建议关注精测电子、中科飞测、中微公司、赛腾股份、天准科技。1) 精测电子：立足面板检测主业，半导体产品持续完善，明场检测设备进展领先；2) 中科飞测：聚焦量检测设备近十年，纳米图形晶圆缺陷检测、关键尺寸量测等设备加速研发；3) 中微公司：多次增资睿励仪器，量检测收入持续增长；4) 赛腾股份：收购日本Optima，布局晶圆检测设备；5) 天准科技：加速布局半导体领域，首台明场检测设备已交付客户试用。首次覆盖，给予半导体前道量检测设备行业“推荐”评级。

- ◆ 1、半导体行业景气度复苏不及预期。目前全球半导体市场处于逐步回暖阶段，2024年消费电子各类新品销售情况，以及车用、数据中心、工业及AI等新兴增长点发展情况均具有不确定性，行业景气度复苏存在不及预期风险。
- ◆ 2、半导体设备国产替代不及预期。目前半导体设备国产化率较低，国内设备商在原材料自主化、先进制程产品研发、客户渗透率等方面均落后国际巨头，设备是半导体产品稳定生产的重要基础，晶圆、封测等终端客户对于设备商的选择较为谨慎，半导体设备国产替代速度存在不及预期风险。
- ◆ 3、行业竞争加剧风险。半导体量检测设备处于国产替代初期，国内仅少数设备商能够具备主要产品的研制能力，潜在竞争者或将通过自研、收购等方式加速布局量检测设备赛道，存在行业竞争加剧风险。
- ◆ 4、市场空间测算偏差风险。文中各类量检测设备市场规模测算，存在较多假设，部分数据并非引用最新年度，市场空间测算存在偏差风险。
- ◆ 5、重点关注公司业绩不及预期。
- ◆ 6、研究报告使用的公开资料可能存在信息滞后或更新不及时的风险。

机械小组介绍

姚健，复旦大学财务学硕士，7年证券从业经验，现任国海证券机械研究团队首席分析师，主要覆盖锂电设备、光伏设备、激光、检测检验、工业机器人、自动化、工程机械等若干领域，专注成长股挖掘。

杜先康，中国人民大学金融硕士，现任国海证券机械分析师，主要覆盖光伏设备、半导体设备等领域。

李亦桐，美国宾夕法尼亚大学硕士，哈尔滨工业大学学士，现任国海证券机械分析师，主要覆盖通用自动化、刀具、工控等领域。

分析师承诺

姚健, 杜先康, 本报告中的分析师均具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立，客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收取到任何形式的补偿。

国海证券投资评级标准

行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深300指数；

中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深300指数；

回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深300指数。

股票投资评级

买入：相对沪深300 指数涨幅20%以上；

增持：相对沪深300 指数涨幅介于10%～20%之间；

中性：相对沪深300 指数涨幅介于-10%～10%之间；

卖出：相对沪深300 指数跌幅10%以上。

免责声明

本报告的风险等级定级为R3，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，也不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

风险提示

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

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。本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

郑重声明

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。

国海证券 · 研究所 · 机械研究团队

心怀家国，洞悉四海



国海研究上海

上海市黄浦区绿地外滩中心C1栋
国海证券大厦

邮编：200023

电话：021-61981300

国海研究深圳

深圳市福田区竹子林四路光大银
行大厦28F

邮编：518041

电话：0755-83706353

国海研究北京

北京市海淀区西直门外大街168
号腾达大厦25F

邮编：100044

电话：010-88576597