

电子组

分析师：樊志远（执业 S1130518070003） 分析师：赵晋（执业 S1130520080004）

fanzhiyuan@gjzq.com.cn

zhaojin1@gjzq.com.cn

攻坚克难，国产量/检测设备 0-1 突破

投资逻辑

量/检测设备为半导体制造过程控制的重要组成部分，在生产中监测、识别、定位、分析工艺缺陷，对晶圆厂及时发现问题、改善工艺、提高良率起到至关重要的作用。其贯穿于芯片制造全程，根据功能可具体分为检测和量测设备，市场份额占比分别为 63%/34%。量/检测设备种类丰富，技术路线分为光学、电子束和 X 光检测三类，光学检测为主流技术路径占比超过 80%。量/检测设备种类众多，细分为晶圆缺陷检测、掩模版检测、关键尺寸量测、膜厚度量测、套刻精度量测等多种设备，其中纳米图形晶圆缺陷检测设备价值量最高，占比 25%，同时单台价值量和技术壁垒也较高。

全球量/检测设备百亿美元市场，美国科磊半导体（KLA）占比 54%一家独大。2021 年全球量/检测设备市场规模 104 亿美元，占半导体制造设备销售额的 11%。科磊占据全球市场的半壁江山，美国公司（科磊、应用材料、创新科技）全球市占率超过 70%。在美国 2022 年 10 月 7 日施行的 BIS 禁令后，量/检测设备是受影响最大的细分设备品类，国产化率亟待提升。目前国产厂商的技术工艺覆盖率以及所能应用制程的先进程度远远落后于海外龙头厂商。国产企业率先切入薄膜厚度量测、微米级晶圆缺陷检测等难度壁垒相对较低领域，产品获得市场认可，市占率稳步提升，2018-2022 年，中科飞测、上海精测、上海睿励三家国内量/检测设备标杆公司在国内检测量测设备的市占率由 0.7%提升至 4%。目前整体半导体设备的国产化率约在 15-20%，量/检测设备的国产化率仍远低于其他设备品类，是仅次于光刻机的国产化率较低的设备细分领域。

本土厂商通过自主研发和并购海外子公司持续拓展产品线，实现从 0 到 1 的突破，提升产品覆盖率、突破先进制程。以中科飞测、上海精测、上海睿励为代表的企业通过自主研发向半导体量/检测领域发力；以赛腾股份、天准科技为代表的公司通过收购海外公司构建产业生态，本土厂商产品覆盖率快速提升。国内量测企业多维布局，已实现对多种细分设备的广泛覆盖，并在光学系统和检测算法等高难度方面取得突破，设备订单快速增长。最早布局的膜厚度量测设备，多家公司设备达到 28nm 工艺节点，多个 14nm 级产品进入工艺验证阶段；中科飞测在无图形晶圆缺陷检测设备国内领先，28nm 设备量产；上海精测、中科飞测在价值量占比最高的纳米图形晶圆缺陷检测设备中布局，部分产品取得订单在下游验证导入；关键尺寸检测方面，上海精测实现 28nm 送机并量产。

投资建议与估值

投资建议：2022-2023 年，受行业去库存、美国制裁等多因素影响半导体设备板块起伏不定，而半导体量/检测设备国产替代空间大，下游客户重点加速导入，且现阶段重点面向成熟制程，设备种类更众多，在 0-1 的快速渗透中快速放量且有利于抵御半导体行业周期波动的冲击，给“买入”评级。重点推荐中科飞测、精测电子，建议关注赛腾股份、天准科技。

风险提示

半导体周期复苏不及预期、资本开支不及预期的风险；核心零部件供应风险；产品研发进度及性能不及预期的风险；中美贸易摩擦风险。

内容目录

一、半导体制造端“标尺”把关良率，全球百亿美元市场空间广阔.....	5
1、半导体量/检测设备贯穿制造全流程，前道占比 11%，全球百亿美元市场.....	5
2、量/检测设备细分种类众多.....	7
3、下游产能扩张+工艺节点推进驱动量/检测行业持续发展.....	8
二、量/检测设备种类丰富，技术原理不尽相同，行业壁垒高.....	9
1、检测设备：（纳米）图形晶圆缺陷检测占比最高，光学检测技术为主.....	9
2、量测设备：技术复杂、关键尺寸量测占比高.....	12
三、国外寡头垄断市场，国产设备不断突破.....	15
1、国外寡头垄断市场，KLA 占比超过 50%.....	15
2、KLA：半导体量/检测设备全球龙头，一家独大.....	17
3、国内设备国产化率空间极大，产品覆盖率及制程先进程度差距大.....	19
四、国内设备厂商内生+外延快速发展.....	21
1、中科飞测：国内无图形晶圆检测龙头，部分型号可对标 KLA.....	22
2、精测电子：前道量/检测设备订单爆发性增长.....	23
3、赛腾股份：收购 Optima 进军半导体晶圆缺陷检测领域.....	24
4、睿励仪器：中微公司持股 30%，国内最早的量测设备公司.....	25
5、天准科技：收购 MueTec：检测量测产品宽度广，掩膜版等领域填补空白.....	25
五、投资建议.....	25
六、风险提示.....	26

图表目录

图表 1：2022 年全球半导体设备销售额 1077 亿美元，中国大陆销售额 283 亿美元.....	5
图表 2：2022 年全球量/检测设备销售额约 108 亿美元.....	5
图表 3：量/检测设备占前道半导体晶圆制造设备约 11%.....	6
图表 4：过程控制量/检测设备根据工艺可细分为检测和量测两大环节.....	6
图表 5：技术原理分类上，检测和量测包括光学检测技术、电子束检测技术和 X 光量测技术.....	7
图表 6：量/检测设备贯穿半导体制造全流程.....	7
图表 7：量/检测设备核心技术设计光学、大数据、机器视觉、精确运动控制等技术.....	8
图表 8：SEMI 预计 2023 年全球 300mm 晶圆厂设备支出下滑，24-25 年增速回升.....	8
图表 9：集成电路向先进制程、复杂结构发展，过程控制及量/检测设备面临新挑战.....	9
图表 10：检测设备以光学检测为主，光学检测包括图形晶圆、无图形、掩膜版检测.....	10

图表 11: 暗场和明场图像照明和探测示意图	10
图表 12: 检测机台中的光收集、处理和晶圆映射	11
图表 13: 无图形晶圆的缺陷检测原理示意图	11
图表 14: 图形晶圆检测和无图形晶圆缺陷检测应用区别	12
图表 15: 量测技术主要包括三维形貌量测、薄膜膜厚度量测、套刻精度量测、关键尺寸量测	13
图表 16: 光学关键尺寸测量设备 OCD 原理示意图	13
图表 17: 套刻精度示例图以及套刻理想的套刻情况和出现偏移时的情况	14
图表 18: 具有多层膜的集成电路结构及光学膜厚测量原理	14
图表 19: 总结: 海外龙头及中国大陆量/检测设备公司产品系列对比	15
图表 20: 2022 年全球前十名半导体设备企业营收合计占比超过全球 75% 份额	15
图表 21: 2021 年 KLA 量/检测设备占比达 54.4%	16
图表 22: KLA 在部分检测设备领域全球市占率超过 70%	16
图表 23: 国外主要半导体量检测设备供应商情况	16
图表 24: KLA2016-2022 财年营收复合增长 21%	17
图表 25: KLA2016-2022 财年扣非后归母净利润复合增长 30%	17
图表 26: KLA 毛利率维持在 60% 左右, 净利率 20-35% 上下	17
图表 27: KLA 在中国大陆销售额 2016-2022 财年复合增长率为 35%, 2022 财年占总营收比例 29%	17
图表 28: KLA 成立后持续并购完善产品布局, 保持领先的产品竞争优势, 稳居全球龙头	18
图表 29: KLA 营收稳定性明显优于其余四家半导体设备龙头厂商	19
图表 30: KLA 毛利率显著高于其他四家半导体设备厂商	19
图表 31: 2022 年全球前五大半导体设备公司下游客户, 中国对外依赖度高	19
图表 32: 国内外细分领域产品覆盖度差异大, 价值量高的设备国产设备商尚未量产突破	20
图表 33: 2022 年本土三大量/检测设备厂商收入合计约为 7.4 亿元, 国内市场份额占比约 4%	20
图表 34: 国内半导体量测设备厂商成立时间短, 处在早期 0-1 快速渗透阶段	21
图表 35: 中科飞测/上海精测/上海睿励在各自布局领域研发和导入进展	21
图表 36: 中科飞测主要产品演变和技术发展历史	22
图表 37: 2019-2022 中科飞测营收持续增长 (单位: 亿元)	22
图表 38: 2019-2022 中科飞测归母净利润 (单位: 亿元)	22
图表 39: 2019-2022 年中科飞测合同负债大幅提升, 在手订单充足	23
图表 40: 中科飞测研发费用率高于国内可比公司	23
图表 41: 精测电子积极布局显示/半导体/新能源三大业务	23
图表 42: 2019-2022 精测电子营业收入	24
图表 43: 2019-2022 精测电子归母净利润	24
图表 44: 精测电子子公司上海精测 2019-2022 年营收及归母净利润	24
图表 45: 精测电子半导体设备在手订单快速增长	24

图表 46: 赛腾股份营收及归母净利润.....	25
图表 47: 赛腾股份半导体设备营收.....	25
图表 48: 国产量/检测设备厂商估值情况.....	26

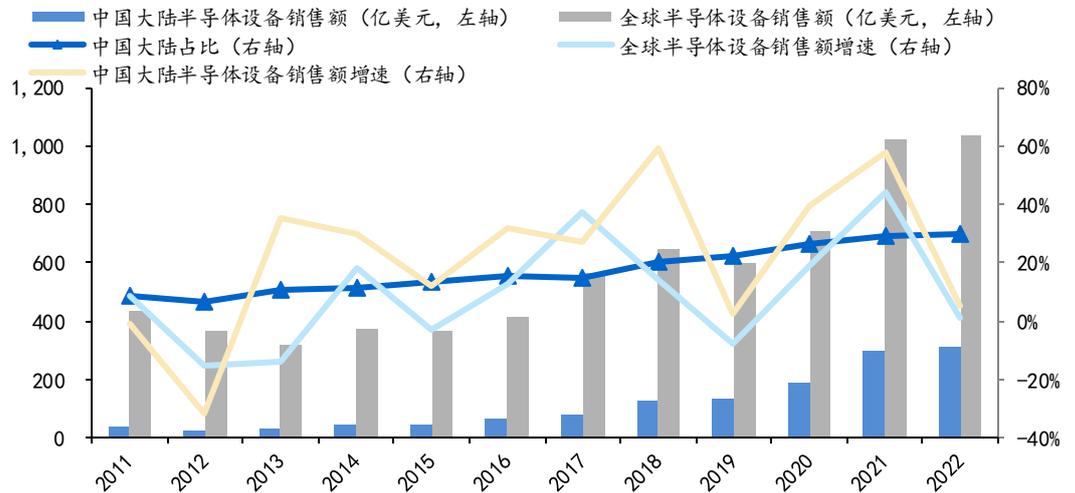
一、半导体制造端“标尺”把关良率，全球百亿美元市场空间广阔

1、半导体量/检测设备贯穿制造全流程，前道占比 11%，全球百亿美元市场

半导体过程控制（量/检测）设备为集成电路生产过程中的核心设备之一，是保证芯片生产良品率的关键。集成电路制造过程的步骤繁多，工艺极其复杂，仅在集成电路前道制程中就有数百道工序。随着集成电路工艺节点的提高，制造工艺的步骤将不断增加，工艺中产生的致命缺陷数量也会随之增加，因此每一道工序的良品率都要保持在几乎“零缺陷”的极高水平才能保证最终芯片的良品率。量/检测设备主要用在晶圆制造和先进封装等环节，主要以光学和电子束等非接触式手段，针对光刻、刻蚀、薄膜沉积、清洗、CMP、重布线结构、凸点与硅通孔等环节进行检测。

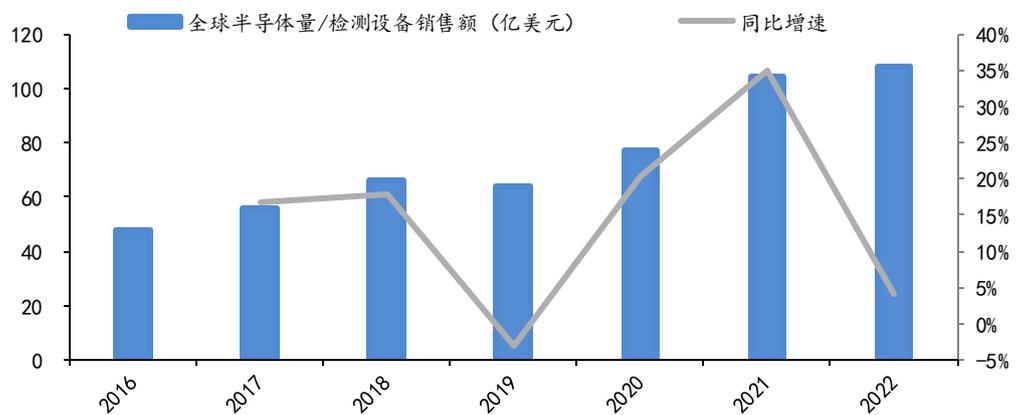
根据 SEMI 报告，2022 年全球半导体设备销售额 1077 亿美元，同比增长 5%，中国大陆销售额 283 亿美元，同比下滑 5%。其中全球前道晶圆制造设备占设备总市场约 85-87%，SEMI 预计前道晶圆制造设备销售额 2023 年下滑 22%至 760 亿美元，2024 年恢复性增长 21%至 920 亿美元。量/测设备在半导体前道制造设备价值量中占比约为 11%，是仅次于薄膜沉积、光刻和刻蚀的第四大核心设备，其价值量显著高于清洗、涂胶显影、CMP 等细分领域设备。量/测设备在半导体制造设备中占比较为稳定，根据 SEMI，2022 年全球量/检测设备市场规模约 108 亿美元，中国大陆市场规模约为 32 亿美元。

图表 1：2022 年全球半导体设备销售额 1077 亿美元，中国大陆销售额 283 亿美元



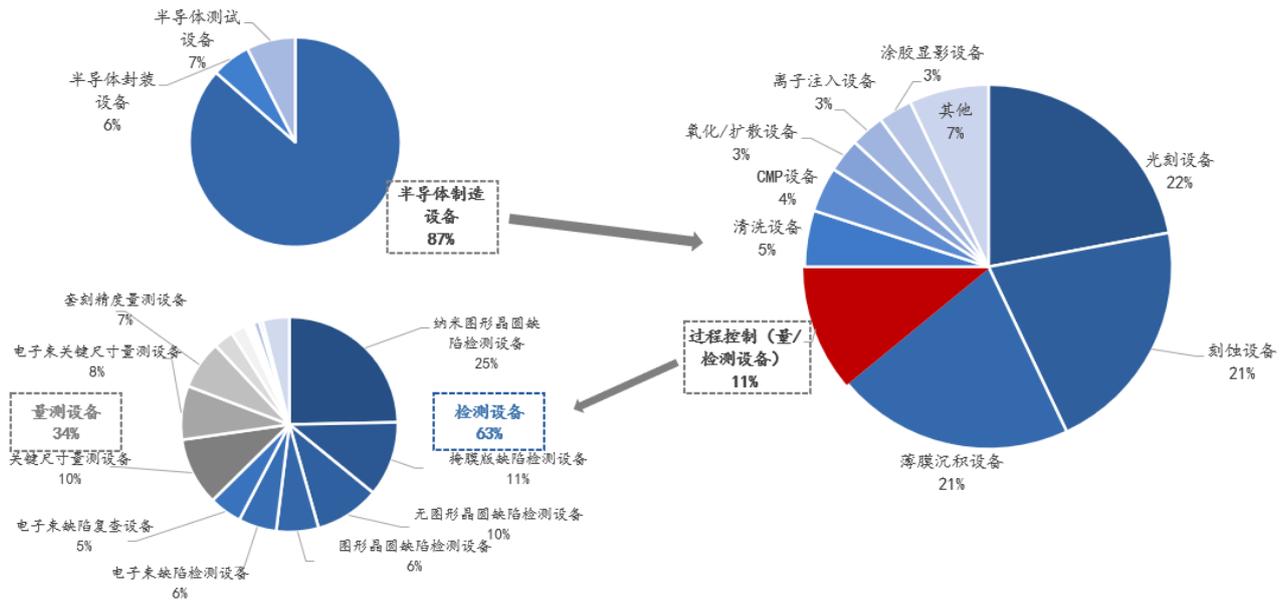
来源：SEMI，国金证券研究所

图表 2：2022 年全球量/检测设备销售额约 108 亿美元



来源：SEMI，国金证券研究所

图 3：量/检测设备占前道半导体晶圆制造设备约 11%

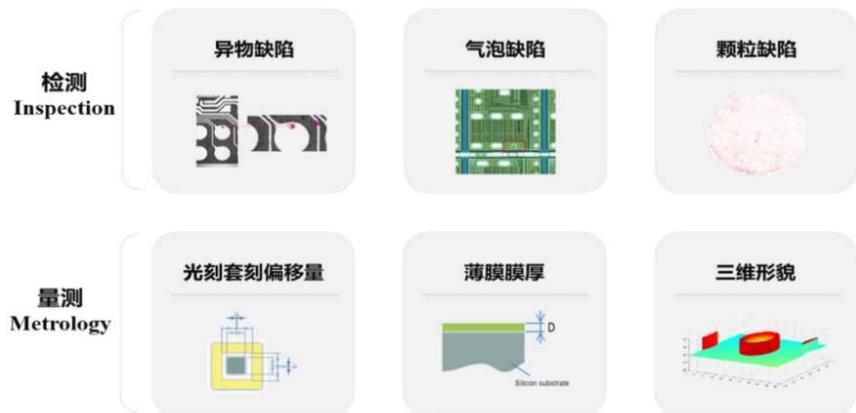


来源：SEMI，国金证券研究所

从工艺上看，量/检测设备为检测（Inspection）和量测（Metrology）两大环节。根据 VLSI Research，市场份额分别占比 63%、34%。

- ✓ 检测指在晶圆表面上或电路结构中，检测其是否出现异质情况，如颗粒污染、表面划伤、开短路等对芯片工艺性能具有不良影响的特征性结构缺陷；
- ✓ 量测指对被观测的晶圆电路上的结构尺寸和材料特性做出的量化描述，如薄膜厚度、关键尺寸、刻蚀深度、表面形貌等物理性参数的量测。

图 4：过程控制量/检测设备根据工艺可细分为检测和量测两大环节



来源：中科飞测招股说明书，国金证券研究所

从技术原理上看，检测和量测包括光学检测技术、电子束检测技术和 X 光量测技术等，根据 VLSI Research、QY Research 统计市场份额占比分别为 75.2%、18.7%、2.2%。

- ✓ 光学检测技术基于光学原理，通过对光信号进行计算分析以获得检测结果，光学检测技术对晶圆的非接触检测模式使其具有对晶圆本身的破坏性极小的优势；通过对晶圆进行批量、快速的检测，能够满足晶圆制造商对吞吐能力的要求。在生产过程中，晶圆表面杂质颗粒、图案缺陷等问题的检测和晶圆薄膜厚度、关键尺寸、套刻精度、表面形貌的测量均需用到光学检测技术。
- ✓ 电子束检测技术通过聚焦电子束扫描样品表面产生样品图像以获得检测结果，通常用于部分线下抽样测量部分关键区域。精度比光学检测技术更高，但速度相对较慢，适用于部分晶圆的部分区域的抽检应用。

- ✓ X光量测技术基于X光的穿透力强及无损伤特性进行特定场景的测量,具有穿透性强,无损伤的特点,在特定应用场景的检测具有优势,可以检测特定金属成分等。

图表 5: 技术原理分类上,检测和量测包括光学检测技术、电子束检测技术和X光量测技术

技术名称	光学检测技术	电子束检测技术	X光量测技术
主要内容	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	通过聚焦电子束扫描样品表面产生样品图像以获得检测结果,通常用于部分线下抽样测量部分关键区域	基于X光的穿透力强及无损伤特性进行特定场景的测量
先进制程	应用于28nm及以下的全部先进制程	应用于28nm及以下的全部先进制程	应用于28nm及以下先进制程
优势	精度高,速度快,能够满足全部先进制程的检测需求,并且能够满足其他技术所不能实现的能,如三维形貌测量等应用	精度比光学检测技术更高	具有穿透性强,无损伤的特点,在特定应用场景的检测具有优势,可以检测特定金属成分等
劣势	与电子束检测技术相比,精度存在一定的劣势	速度相对较慢,适用于部分晶圆的部分区域的抽检应用,在满足规模化生产存在一定的劣势	速度相对较慢,应用场景相对较少,只限于特定应用需求
未来发展方向	通过提高光学分辨率,结合图像信号处理算法,进一步提高检测精度	提升检测速度,提高吞吐量,由单一电子束向多通道电子束技术发展	基于X光的穿透性特性,扩大应用场景范围

来源: 中科飞测招股说明书, 国金证券研究所

2、量/检测设备细分种类众多

根据 VLSI Research 划分,全球量/检测设备共包含检测 6 类、量测 8 类共计 14 小类,是半导体设备中细分种类最多的设备。不同的细分设备技术原理不尽相同,市场份额占比差距大。检测设备主要以光学检测为主,包括图形晶圆检测、无图形晶圆检测、掩膜版缺陷检测等设备。市场份额占比由高到低的为(纳米)图形晶圆缺陷检测、掩膜版缺陷检测、无图形晶圆缺陷检测、电子束缺陷检测(复查)设备。量测设备同样使用光学、电子束和 X 光等检测手段,市场份额占比由高到低为关键尺寸量测(光学&电子束)、套刻精度量测、薄膜量测(介质&金属)、X 光量测和三维形貌量测等。从半导体主要工艺环节看,光刻、刻蚀、离子注入、CMP 等环节对量检、检测设备需求量较大。

图表 6: 量/检测设备贯穿半导体制造全流程

设备类型	市场份额	前道晶圆制造							先进封装				合计		
		薄膜沉积	光刻	掩膜	刻蚀	离子注入	CMP	清洗	光刻	刻蚀	电镀	键合			
检测设备	掩膜版缺陷检测设备	11.30%			●										1
	无图形晶圆缺陷检测设备	9.70%	●	●		●	●	●	●						6
	图形晶圆缺陷检测设备	6.30%		●		●	●	●	●	●	●	●	●		9
	纳米图形晶圆缺陷检测设备	24.70%		●		●	●	●							4
	电子束缺陷检测设备	5.70%		●		●	●	●							4
	电子束缺陷复查设备	4.90%		●		●	●	●							4
量测设备	关键尺寸量测设备	10.20%				●				●	●	●	●		5
	电子束关键尺寸量测设备	8.10%		●		●				●	●				4
	套刻精度量测设备	7.30%		●											1
	晶圆介质薄膜量测设备	3.00%	●	●						●	●	●	●		6
	X光量测设备	2.20%	●				●		●						3
	掩膜版关键尺寸量测设备	1.30%			●										1
	三维形貌量测设备	0.90%						●	●	●	●	●	●		6
	晶圆金属薄膜量测设备	0.50%	●					●				●			3
合计	100%	4	8	2	7	6	7	4	5	5	5	4			

来源：中科飞测招股说明书，国金证券研究所

量/检测设备的核心技术涉及光学检测技术、大数据检测算法及自动化控制软件等方面，涵盖运动控制、光学、电气、精密加工、人工智能等多个学科，包括：激光、DUV/UV，可见光，电子束，x 射线光学、高速数据处理，高性能计算、人工智能算法，机器学习，机器视觉，计算物理学，成像技术、精确的运动控制，机器人、宽带等离子体等。

图表 7：量/检测设备核心技术设计光学、大数据、机器视觉、精确运动控制等技术

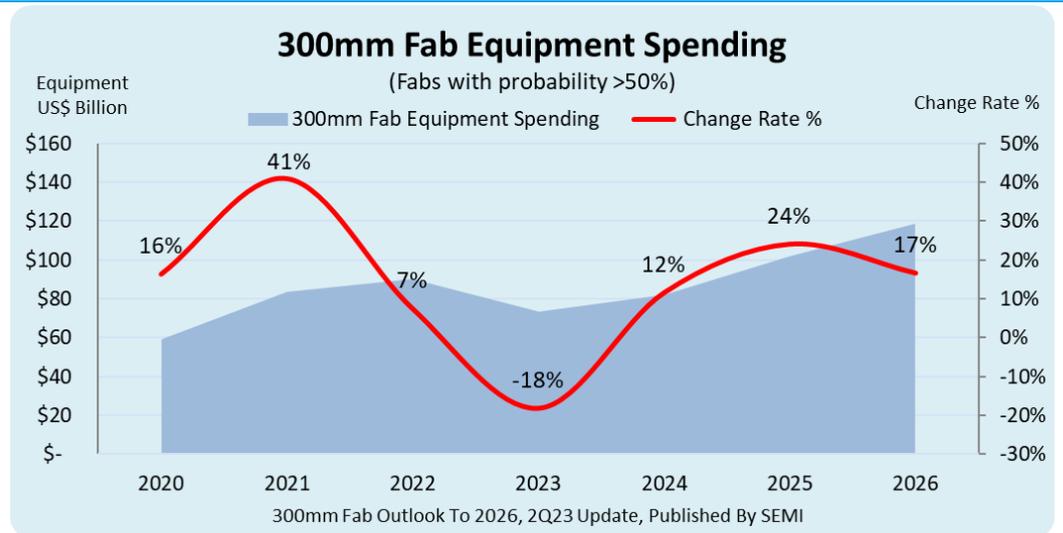


来源：KLA 官网，KLA 公告，国金证券研究所

3、下游产能扩张+工艺节点推进驱动量/检测行业持续发展

根据 SEMI 《300mm 晶圆厂展望报告-至 2026 年》，预计 2023 年全球今年 300mm 晶圆厂设备支出预计将下降 18%至 740 亿美元，2024 年将增长 12%至 820 亿美元，2025 年增长 24%至 1019 亿美元，2026 年增长 17%至 1188 亿美元。对高性能计算、汽车应用的强劲需求和存储需求提升将推动支出增长。

图表 8：SEMI 预计 2023 年全球 300mm 晶圆厂设备支出下滑，24-25 年增速回升

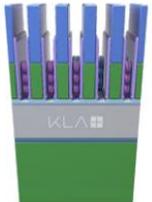
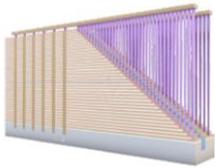
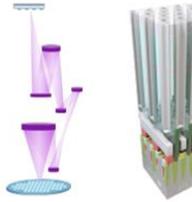


来源：SEMI，国金证券研究所

主流半导体制程正从 28nm、14nm 向 10nm、7nm 发展，部分先进半导体制造厂商已实现 5nm 工艺的量产并开始 3nm 工艺的研发，三维 FinFET 晶体管、3D NAND 等新技术亦逐渐成为

目前行业内主流技术。随着工艺不断进步，产品制程步骤越来越多，微观结构逐渐复杂，生产成本呈指数级提升。为了获取尽量高的晶圆良品率，必须严格控制晶圆之间、同一晶圆上的工艺一致性，因此对集成电路生产过程中的量/检测需求将越来越大。未来检测和量测设备需在灵敏度、准确性、稳定性、吞吐量等指标上进一步提升，保证每道工序均落在容许的工艺窗口内，保证整条生产线平稳连续的运行。

图表 9：集成电路向先进制程、复杂结构发展，过程控制及量/检测设备面临新挑战

GAA ¹ Transistor Architecture	Wafer Backside Power Distribution	Memory	Packaging	EUV
				
Transistor density	Scalable power routing	Vertical scaling	High speed data communication	Logic in HVM Ramping in DRAM
过程控制的挑战				
<ul style="list-style-type: none"> 隐藏的缺陷 复杂的堆栈 	<ul style="list-style-type: none"> 堆叠晶圆的新检测和量测要求 	<ul style="list-style-type: none"> 高深宽比结构 形状变化 	<ul style="list-style-type: none"> 互连质量 潜在缺陷 	<ul style="list-style-type: none"> 板小缺陷，高分辨率 掩膜结构
过程控制的需求				
<ul style="list-style-type: none"> 多层膜厚量测 套刻尺寸量测 	<ul style="list-style-type: none"> 光学晶圆缺陷检测 晶圆形貌检测 	<ul style="list-style-type: none"> X射线量测 晶圆形貌检测 套刻尺寸量测 	<ul style="list-style-type: none"> 光学晶圆缺陷检测 可追溯性软件 套刻尺寸量测 	<ul style="list-style-type: none"> 新一代光学晶圆缺陷检测 掩膜版缺陷检测

来源：KLA 公告，KLA 官网，国金证券研究所

所有芯片制造阶段都需要过程控制，过程控制的目的是为了提升良率和产能，研发和量产的挑战主要体现在精确度和速度上。量/检测设备技术进步方向：

1) 更高的光学检测空间分辨精度。目前先进的检测和量测设备所使用的光源波长已包含 DUV 波段，能够稳定地检测到小于 14nm 的晶圆缺陷，能够实现 0.003nm 的膜厚测量重复性。检测系统光源波长下限进一步减小和波长范围进一步拓宽是光学检测技术发展的重要趋势之一。提高光学系统的数值孔径也是提升光学分辨率的另一个突破方向，以图形晶圆缺陷检测设备为例，光学系统的最大数值孔径已达到 0.95，探测器每个像元对应的晶圆表面的物方平面尺寸最小已小于 30nm。为满足更小关键尺寸的晶圆上的缺陷检测，必须使用更短波长的光源，以及使用更大数值孔径的光学系统，才能进一步提高光学分辨率。

2) 提升检测速度和吞吐量。半导体量/检测设备是晶圆厂的主要投资支出之一，设备的性价比是其选购时的重要考虑因素。量/检测设备检测速度和吞吐量的提升将有效降低集成电路制造厂商的平均晶圆检测成本，从而实现降本增效。因此，检测速度和吞吐量更高的检测和量测设备可帮助下游客户更好地控制企业成本，提高良品率。

3) 大数据检测算法和软件重要性凸显。结合深度的图像信号处理软件和算法，在有限的信噪比图像中寻找微弱的异常信号。晶圆检测和量测的算法专业性很强，检测和量测设备对于检测速度和精度要求非常高，且设备从研发到产业化的周期较长。因此，目前市场上没有可以直接使用的软件，企业均在自己的检测和量测设备上自行研制开发算法和软件，未来对检测和量测设备相关算法软件的要求会越来越高。

二、量/检测设备种类丰富，技术原理不尽相同，行业壁垒高

1、检测设备：（纳米）图形晶圆缺陷检测占比最高，光学检测技术为主

在检测环节以光学检测为主，光学检测技术可进一步分为无图形晶圆检测技术、图形晶圆成像检测技术和光刻掩模板成像检测技术。少部分有图形晶圆缺陷检测和复查使用电子束来检测。

图表 10: 检测设备以光学检测为主, 光学检测包括图形晶圆、无图形、掩膜版检测

分类	技术原理	图示
图形晶圆成像检测	通过从深紫外到可见光波段的宽光谱照明或者深紫外单波长高功率的激光照明, 以高分辨率大成像视野的光学明场或暗场的成像方法, 获取晶圆表面电路的图案图像, 实时地进行电路图案的对准、降噪和分析, 以及缺陷的识别和分类, 实现晶圆表面图形缺陷的捕捉	
无图形晶圆激光扫描检测	通过将单波长光束照明到晶圆表面, 利用大采集角度的光学系统, 收集在高速移动中的晶圆表面上存在的缺陷散射光信号。通过多维度的光学模式和多通道的信号采集, 实时识别晶圆表面缺陷、判别缺陷的种类, 并报告缺陷的位置	
光刻掩膜版成像检测	针对光刻所用的掩膜板, 通过宽光谱照明或者深紫外激光照明, 以高分辨率大成像口径的光学成像方法, 获取光刻掩膜板上的图案图像, 以很高的缺陷捕获率实现缺陷的识别和判定	

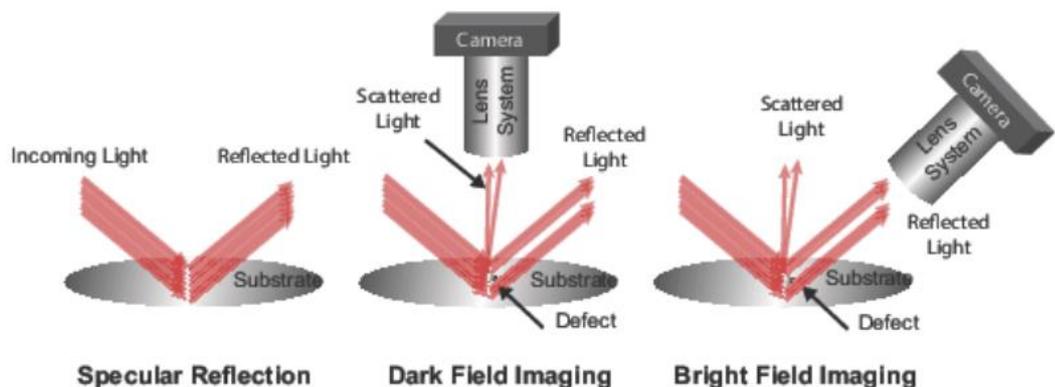
来源: 中科飞测招股说明书, Hitachi High-Tech 官网, 国金证券研究所

1.1、有图形晶圆检测设备

图形化是指使用光刻或光学掩膜工艺来刻印图形, 引导完成晶圆表面的材料沉积或清除。有图形缺陷检测设备采用高精度的光学技术, 对晶圆表面纳米及微米尺度的缺陷进行识别和定位。针对不同的集成电路材料和结构, 缺陷检测设备在照明和成像的方式、光源亮度、光谱范围、光传感器等光学系统上, 有不同的设计。

图形缺陷检测设备主要可分为明场缺陷检测和暗场缺陷检测两大类。明场缺陷检测设备, 采用等离子体光源垂直入射, 入射角度和光学信号的采集角度完全或部分相同, 光学传感器生成的图像主要由反射光产生; 暗场缺陷检测设备通常采用激光光源, 光线入射角度和采集角度不同, 光学图像主要由被晶圆片表面散射的光生成。其皆通过对晶圆上的图形进行成像后与相邻图像对比来检测缺陷并记录其位置坐标。

图表 11: 暗场和明场图像照明和探测示意图

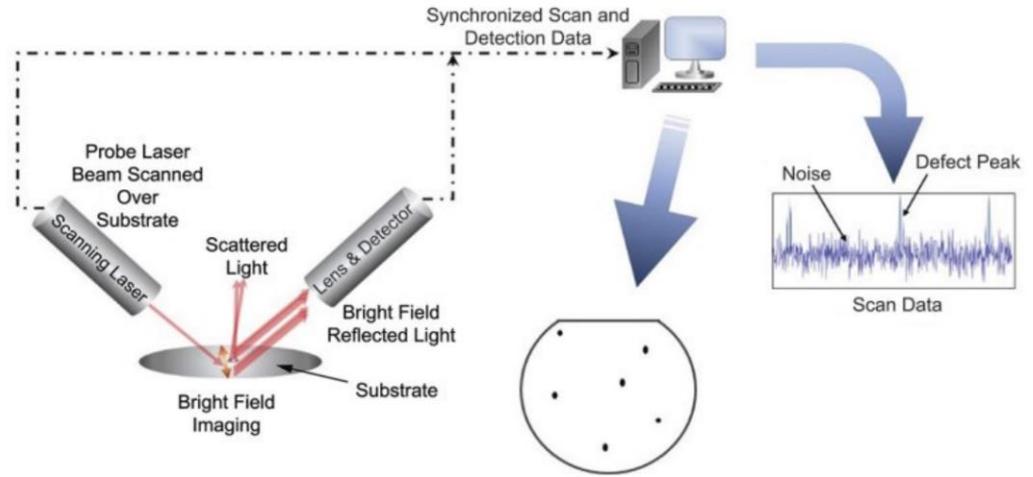


来源: MKS 官网, 国金证券研究所

光学晶圆缺陷检测设备使用晶圆的旋转位置和光束的径向位置定义晶圆表面上缺陷的位

置。在晶圆检测机台中，使用光谱仪检测器 PMT 或 CCD 以电子方式记录光强度，并生成晶圆表面上散射或反射强度的图。该图提供了有关缺陷大小和位置以及缺陷的信息由于颗粒污染等问题导致的晶圆表面的状况。

图表 12: 检测机台中的光收集、处理和晶圆映射



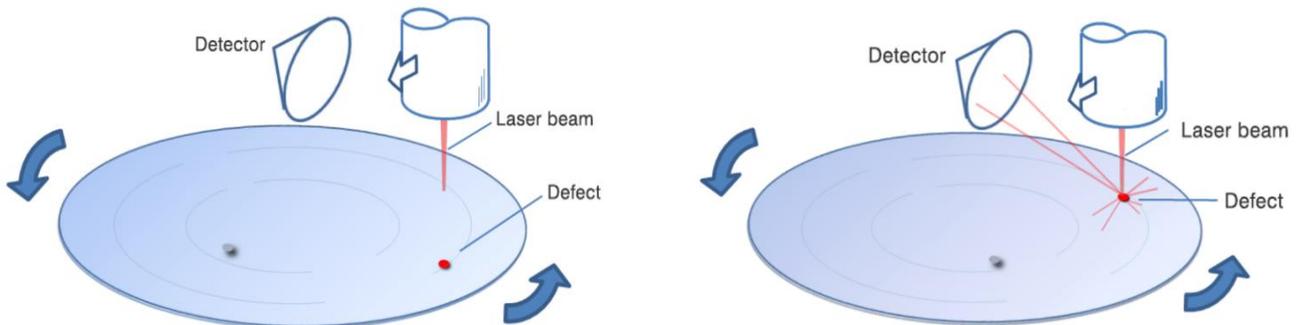
来源: MKS 官网, 国金证券研究所

明场光学图形缺陷检测设备的供应商包括美国科磊半导体 (39xx 系列及 29xx 系列)、应用材料 (UVision 系列), 暗场光学图形缺陷检测设备的供应商包括科磊 (Puma 系列)。

1.2、无图形晶圆检测设备

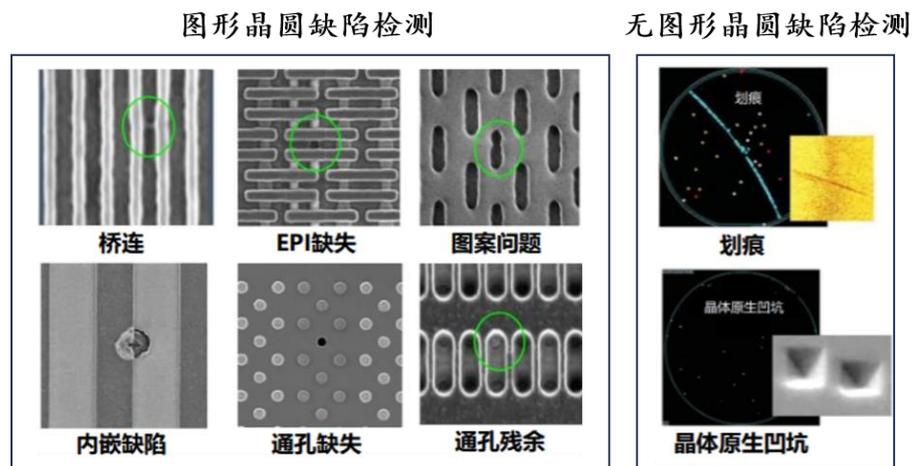
无图形晶圆检测是针对裸硅片和表面没有图形的晶圆的检测。一般用于在开始生产之前硅片在硅片厂处获得认证, 半导体晶圆厂收到后再次认证的检测过程, 同时在生产过程中一些用于对比及环境测量的控片挡片的检测。由于晶圆表面没有图案, 因此无需图像比较即可直接检测缺陷, 其工作原理是将激光照射在圆片表面, 通过多通道采集散射光, 经过表面背景噪声抑制后, 通过算法提取和比较多通道的表面缺陷信号, 最终获得缺陷的尺寸和分离。无图形圆片表面检测系统能够检测的缺陷类型包括颗粒污染、凹坑、水印、划伤、浅坑、外延堆垛、CMP 突起。一般来说暗场检测是非图案化晶圆检测的首选, 因为可以实现高速扫描, 从而实现高的晶圆产量。主要供应商包括 KLA (Surfscan 系列)、Hitachi High-Tech (LS 系列)。

图表 13: 无图形晶圆的缺陷检测原理示意图



来源: Hitachi High-Tech 官网, 国金证券研究所

图表 14：图形晶圆检测和无图形晶圆缺陷检测应用区别



来源：KLA 官网，国金证券研究所

1.3、掩膜版缺陷检测设备

掩膜/光罩检测：掩膜在使用过程中很容易吸附粉尘颗粒，而较大粉尘颗粒很可能会直接影响掩膜图案的光刻质量，引起良率下降。因此，在利用掩膜曝光后，通常会利用集成掩膜探测系统对掩模版进行检测，如果发现掩模版上存在超出规格的粉尘颗粒，则处于光刻制程中的晶圆将会全部被返工。针对光刻所用的掩模板，通过宽光谱照明或者深紫外激光照明，以高分辨率大成像口径的光学成像方法，获取光刻掩模板上的图案图像，以很高的缺陷捕获率实现缺陷的识别和判定。

1.4、电子束图形晶圆检测/复查设备

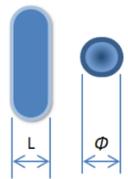
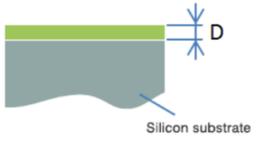
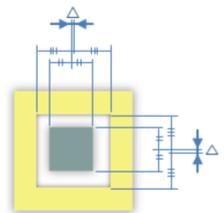
电子束成像也用于缺陷检测，尤其是在光学成像效果较低的较小几何形状中。电子束检测动态分辨率范围比光学检测系统大。随着半导体集成电路工艺节点的推进，光学缺陷检测设备的解析度无法满足先进制程需求，必须依靠更高分辨率的电子束设备。

电子束的原理为通过聚焦电子束对晶圆表面进行扫描，接受反射回来的二次电子和背散射电子，进而将其转换成对应的晶圆表面形貌的灰度图像。通过比对晶圆上不同芯片(Die)同一位置的图像，或者通过图像和芯片设计图形的直接比对，可以找出刻蚀或设计上的缺陷。电子束检测的优势为可以不受某些表面物理性质的影响，且可以检测很小的表面缺陷，如栅极刻蚀残留物等，相较于光学检测技术，电子束检测技术灵敏度较高，但检测速度较慢，因此主要用于在研发环境和工艺开发中对新技术进行鉴定，以及光学检测后的复查，对缺陷进行清晰地图像成像和类型的甄别。主要供应商包括 KLA (eDR7XXX 系列、eSL10 系列)、AMAT (SEM VISION 系列)。

2、量测设备：技术复杂、关键尺寸量测占比高

在量测环节，光学检测技术基于光的波动性和相干性实现测量远小于波长的光学尺度，集成电路制造和先进封装环节中的量测主要包括关键尺寸量测、薄膜膜厚度量测、套刻精度量测等，这三类量测环节在产业链中的应用如下：

图表 15: 量测技术主要包括三维形貌量测、薄膜膜厚度量测、套刻精度量测、关键尺寸量测

分类	应用简介	图示
关键尺寸量测 (OCD)	关键尺寸测量技术通过测量从晶圆表面反射的宽光谱光束的光强、偏振等参数，来测量光刻胶曝光显影、刻蚀和 CMP 等工艺后的晶圆电路图形的线宽、高度和侧壁角度，从而提高工艺的稳定性	
套刻精度量测	套刻精度测量通过对晶圆表面特征图案的高分辨率成像和细微差别分析，用于电路制作中不同层之间图案对图案对齐的误差测量，并将数据反馈给光刻机，帮助光刻机优化不同层之间的光刻图案对齐误差，从而避免工艺中可能出现的问题	
薄膜膜厚度量测	在前道制程中，需在晶圆表面覆盖包括金属、绝缘体、多晶硅、氮化硅等多种材质的多层薄膜，膜厚测量环节通过精准测量每一层薄膜的厚度、折射率和反射率，并进一步分析晶圆表面薄膜膜厚的均匀性分布，从而保证晶圆的高良品率	

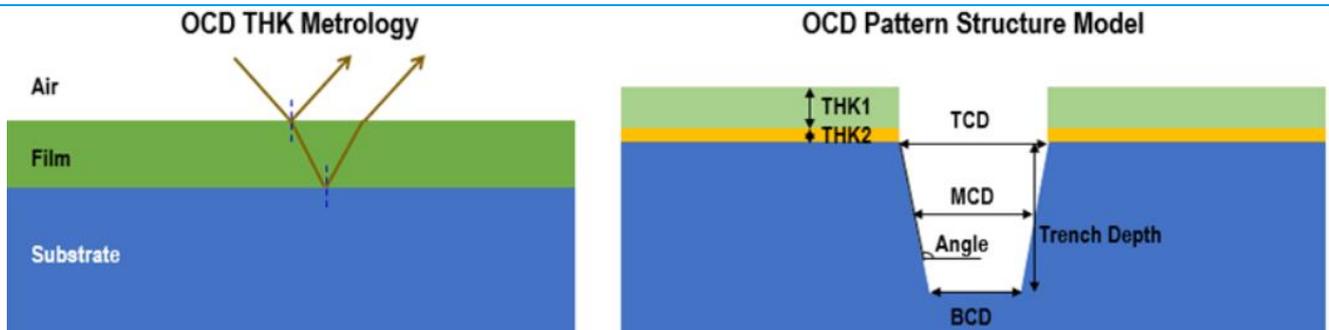
来源：中科飞测招股说明书，Hitachi High-Tech 官网，国金证券研究所

2.1、关键尺寸 (CD) 量测

半导体制程中最小线宽一般称之为关键尺寸，其变化是半导体制造工艺中的关键。半导体关键尺寸量测在半导体晶圆的指定位置测量电路图案的线宽和孔径。光学和电子束技术均可用于关键尺寸测量，使用的设备分别光学关键尺寸测量设备 (OCD, optical critical dimension) 和扫描电子显微镜 (CD-SEM)

目前基于衍射光学原理的非成像光学关键尺寸 (OCD) 测量设备为主要工具，它可以实现对器件关键线条宽度及其他形貌尺寸的精确测量，并具有很好的重复性和长期稳定性。OCD 的用途比较广泛，可以测关键尺寸，还可以测单层或多层膜厚、深度甚至角度。OCD 是通过收集到的反射光谱特征，来与模型中的数据库对比，得出光谱吻合度最高的数据，得到相应特征数据的量测方式。

图表 16: 光学关键尺寸测量设备 OCD 原理示意图



来源：CSDN Chip Talk，国金证券研究所

电子束关键尺寸量测设备的原理是通过入射电子轰击待测样品表面，表面原子吸收并激发产生二次电子，通过收集到的二次电子，将探测到的物理信号转化为样品图像信息。

光学关键尺寸量测设备主要供应商包括 KLA (Spectra Shape 系列)、NanoMetrics、上海睿励 (TFX 3000)、上海精测 (EPROFILE 300FD)。电子束关键尺寸扫描电子显微镜 (主要供应商包括 Hitachi High-Tech、应用材料 (VeritySEM5i) 等)。

2.2、套刻精度量测

套刻技术：多层高精细的版图一般都需要进行多次曝光才能制作完成，每一次曝光需要不

图表 19：总结：海外龙头及中国大陆量/检测设备公司产品系列对比

量检测产品种类	海外公司				中国大陆公司		
	KLA	AMAT	Hitachi High-Tech	Onto	上海精测	中科飞测	上海睿励
缺陷检测设备	掩膜版缺陷检测	Archer	Aera 4				
	明场光学图形缺陷检测	39xx/29xx	Uvision				
	暗场光学图形缺陷检测	Puma 系列		IS 系列			
	无图形晶圆缺陷检测	Surfscan		LS 系列	AWX FSI	S1、S2 系列	
	电子束缺陷检测（复查）	eDR7xxx、eSL10	SEM Vision		Dragonfly	AeroScan、eView	
	宏观缺陷检测	CIRCL 系列			Spark、NSX	SPRUCE	FSD 系列
量测设备	光学关键尺寸量测	Spectra Shape	VeritySEM		AtlasV、Aspect	EPROFILE	
	电子束关键尺寸量测		PROVion			eMetric	
	膜厚测量	Aleris、SpetraFilm			Echo、Iris	SCALE、EFILMm	TFX3/4xxx
	套刻误差测量	Archer					
	X 光量测	Axion					

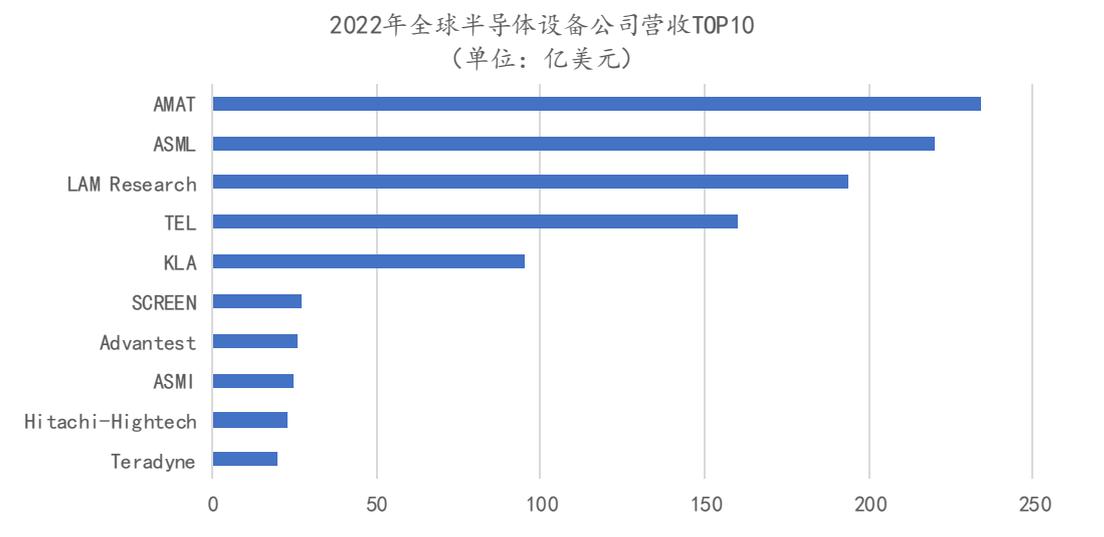
来源：各公司官网及公告，国金证券研究所

三、国外寡头垄断市场，国产设备不断突破

1、国外寡头垄断市场，KLA 占比超过 50%

全球半导体设备市场目前处于寡头垄断局面，市场上美日技术领先，以应用材料 AMAT（美国）、阿斯麦 ASML（荷兰）、拉姆研究 LAM Research（美国）、东京电子 TEL（日本）、科磊半导体 KLA（美国）等为代表的国际知名半导体设备企业占据了全球市场的主要份额。根据 CINNO Research 的统计，2022 年全球前十大半导体设备厂商均为境外企业，市场份额合计超过 75%。

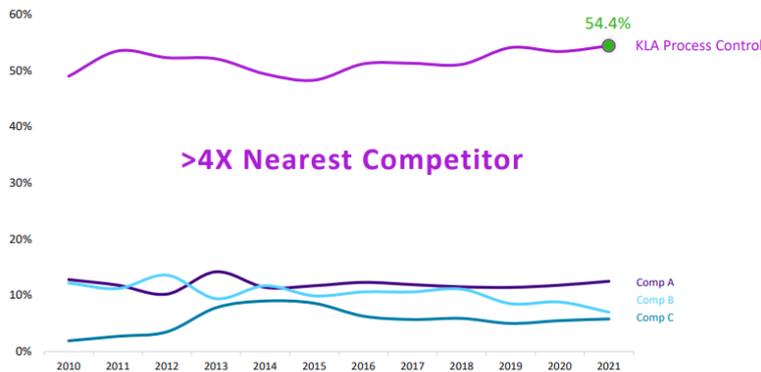
图表 20：2022 年全球前十名半导体设备企业营收合计占比超过全球 75% 份额



来源：CINNO Research, Bloomberg, 国金证券研究所

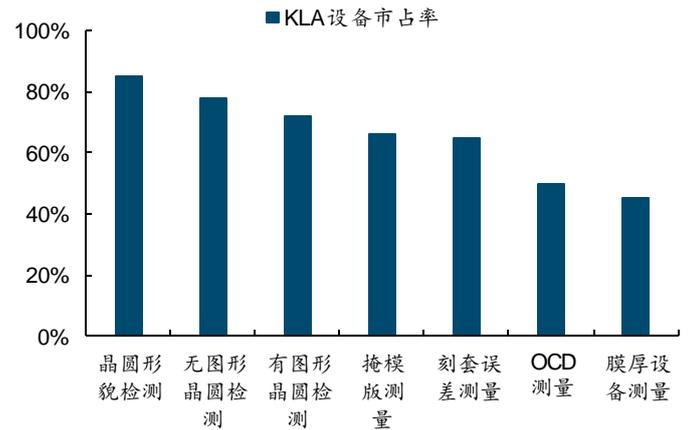
全球量/检测设备厂家中，KLA 一家独大。量测设备市场呈现出高度垄断的格局，根据 Gartner 数据 2021 年行业前 5 名分别为 KLA、AMAT、日立高新（Hitachi High-Tech）、创新科技（Onto Innovation）、新星测量仪器（Nova Measuring），行业 TOP3 占据 75% 的市场份额。美国的 KLA 牢牢占据行业的龙头地位，市场占有率超过行业第二的四倍。根据 Gartner，KLA 长期在半导体制造中过程控制业务领域份额超过 50%，2021 年以 54% 位列第一，是第二名竞争对手市场份额的 4 倍以上。尤其是在晶圆形貌检测、无图形晶圆检测、有图形晶圆检测领域，KLA 在全球的市场份额更是分别高达 85%、78%、72%。

图表 21：2021 年 KLA 量/检测设备占比达 54.4%



来源：Gartner，KLA 公司公告，国金证券研究所

图表 22：KLA 在部分检测设备领域全球市占率超过 70%



来源：华经产业研究院，国金证券研究所

图表 23：国外主要半导体量检测设备供应商情况

公司名称	国家	成立时间	涉及领域与主要产品	2022 年营业收入 (亿美元)	备注
科磊半导体 (KLA)	美国	1976 年	检测设备的研发、生产和销售，其产品线涵盖了量/检测全系列设备	79 亿美元	KLA Instruments 和 Tencor 相继成立于 1976 年和 1977 年，并于 1997 年合并成立科磊半导体。
应用材料 (AMAT)	美国	1967 年	主要提供刻蚀设备、离子注入机、化学气相沉积设备、物理气相沉积设备、晶圆检测和测量等各类半导体设备	258 亿美元	
创新科技 (Onto Innovation)	美国	2019 年合并成立	主要提供关键尺寸量测、薄膜膜厚量测、三维形貌量测、缺陷检测设备，以及半导体制程控制软件等产品	10 亿美元	Rudolph 和 Nanometrics 分别成立于 1940 年和 1975 年，并于 2019 年合并成立创新科技。
新星测量仪器 (Nova Measuring)	以色列	1993 年	产品主要为半导体量测设备，包括关键尺寸测量、薄膜膜厚测量、材料性能测量等。	5.7 亿美元	
康特科技 (Camtek)	以色列	1987 年	半导体行业高端检测和量测设备的制造商，其产品应用于前道、先进封装等领域	3.2 亿美元	
帕克公司 (Park System)	韩国	1988 年	纳米领域的形貌、力学量测和半导体先进制程领域的检测，主要生产原子力显微镜产品	852.50 亿韩元 (2021 年)	

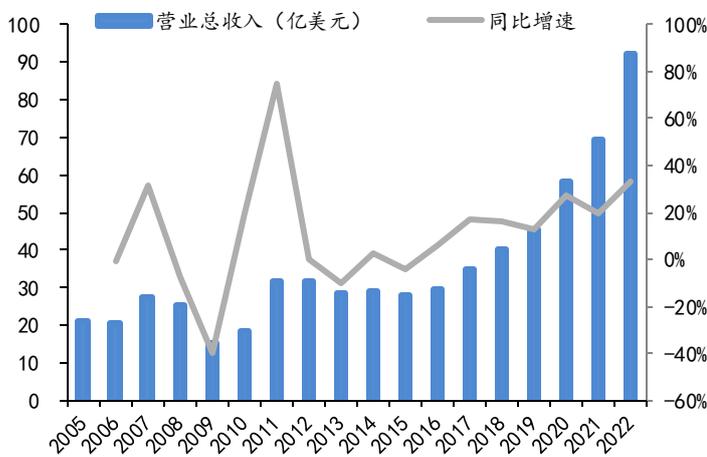
来源：各公司公告，Wind，Bloomberg，国金证券研究所

2、KLA：半导体量/检测设备全球龙头，一家独大

KLA 成立于 1976 年，总部位于美国硅谷，为半导体制造提供全方位的在线检测、量测和数据分析，以及过程控制和良率管理的全方面解决方案和服务。截至 2022 财年末（2022 年 6 月 30 日），公司在全球 19 个国家和地区建立分部，员工人数约 1.4 万人。

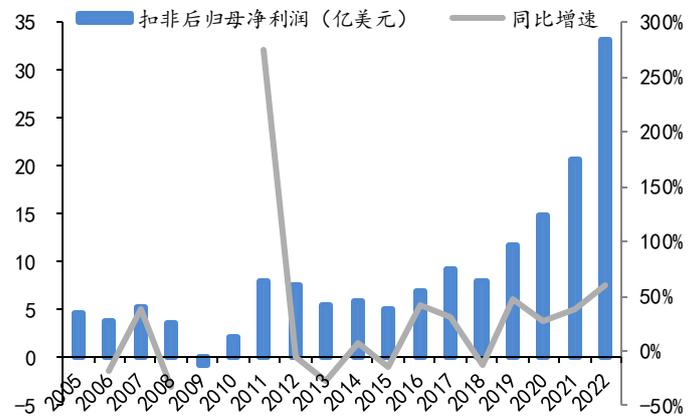
2004-2015 财年，KLA 表现相对比较平稳，收入复合增速 3.3%，净利润复合增速 3.7%，2016 财年开始进入快速成长期，2016~2022 财年收入复合增速 21%，净利润复合增速 30%，2022 财年收入同比增速 33%，净利润复合增速提升至 60%。根据 KLA 的长期经营目标，2022~2026 财年，公司收入复合增速目标为 9~11%。同时 KLA 的盈利能力持续提升，除 2008 财年外，近十几年 KLA 的毛利率长期维持在 60%左右的高位，净利率在 20%-30%左右波动，2021-2022 财年净利率逐渐提升至 30%和 36%。分区域来看，中国大陆是 KLA 的第一大市场，2016-2022 财年 KLA 在中国大陆市场的销售额复合增速约 35%，显著高于其在全球约 21%的复合增长率。

图表 24：KLA2016-2022 财年营收复合增长 21%



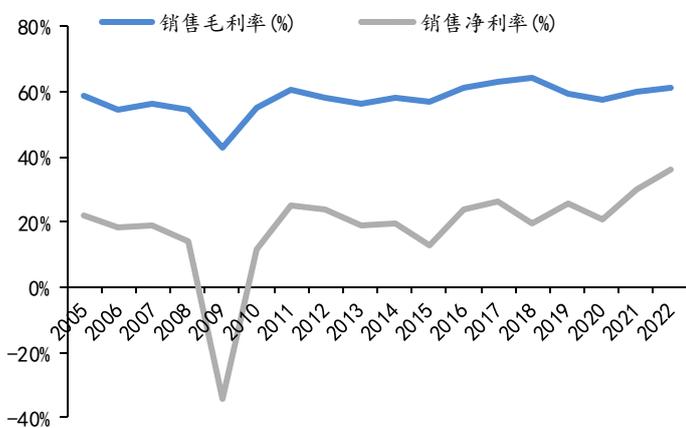
来源：Bloomberg，KLA 公司公告，国金证券研究所

图表 25：KLA2016-2022 财年扣非后归母净利润复合增长 30%



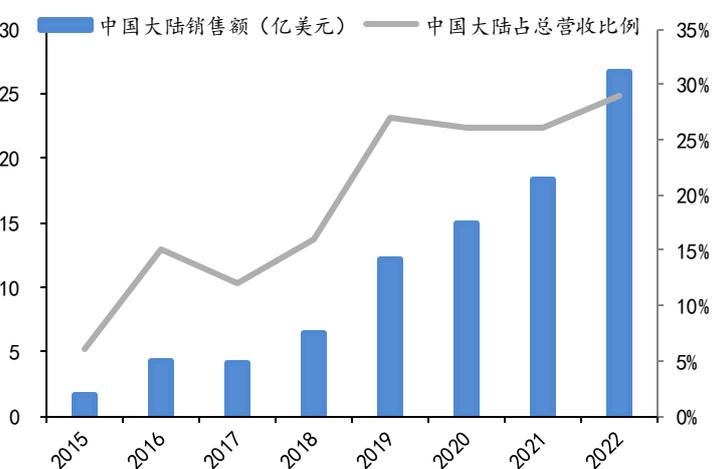
来源：Bloomberg，KLA 公司公告，国金证券研究所

图表 26：KLA 毛利率维持在 60%左右，净利率 20-35%上下



来源：Bloomberg，KLA 公司公告，国金证券研究所

图表 27：KLA 在中国大陆销售额 2016-2022 财年复合增长率为 35%，2022 财年占总营收比例 29%

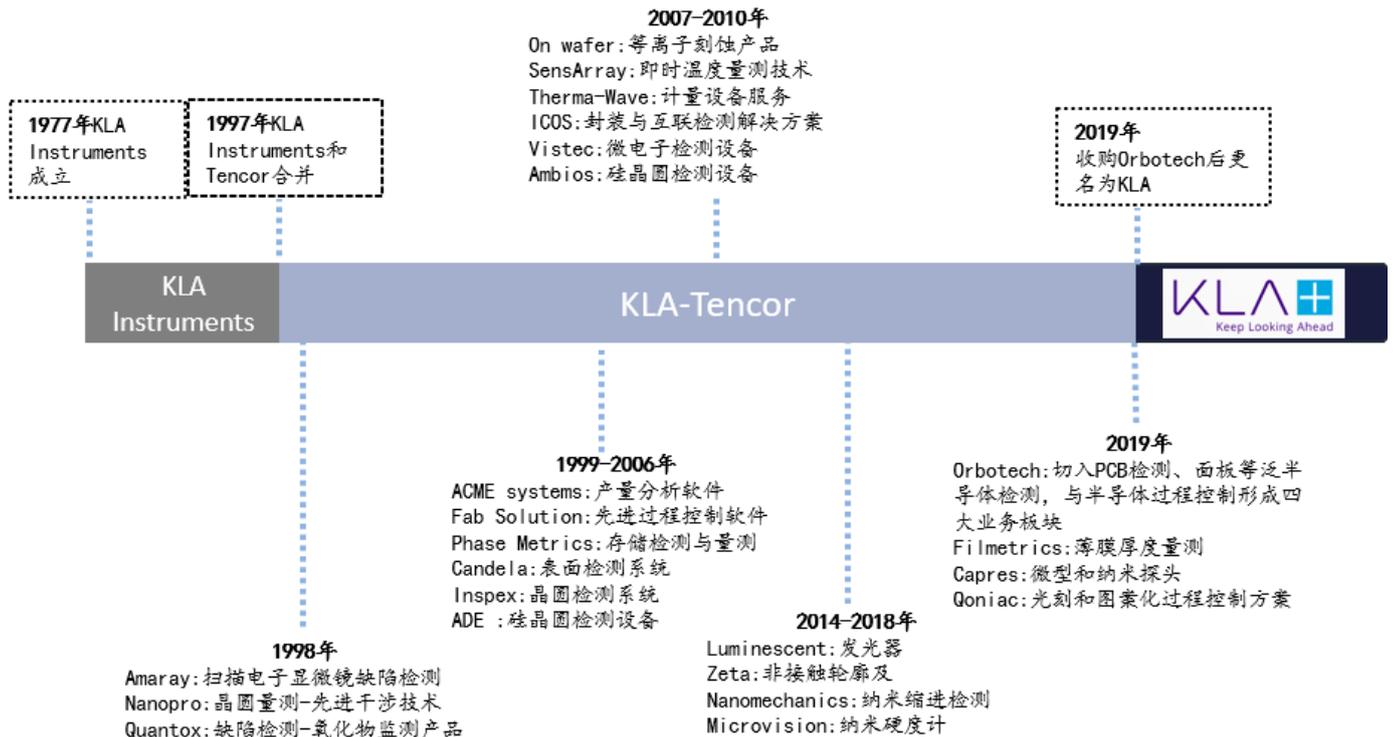


来源：Bloomberg，KLA 公司公告，国金证券研究所

KLA 在持续创新、产品组合全面以及服务体系健全等竞争优势下稳居全球龙头位置。KLA 50

年以来通过持续创新和并购领跑各种复杂尖端的量测技术，完善产品局部。半导体制程技术日新月异，KLA 需要不断投入高额的研发费用用于开发新的量测设备。2012-2022 年 KLA 的研发支出占比一直在 10% 以上，2021 年研发投入占比 15%，高达 9 亿美元，超过了行业标准。公司构建的混合研发结构以客户为中心，进行跨产品线的核心技术创新。并购方面，KLA 早期产品包括用于掩膜版光学检测设备 RAPID 系列、晶圆检测 WISARD 系列产品，从 20 世纪 90 年代开始公司产品及解决方案由离线检测转向在线检测，1997 年 KLA 与 Tencor 两家半导体设备公司合并改名 KLA-Tencor，KLA 从此增加了半导体量测解决方案，实现了量/检测设备细分领域的互补，奠定了在量检测设备领域的龙头地位。之后的 20 多年间，公司持续并购，标的的基本覆盖了半导体量测检测领域的主要细分方向，不断整合和获取行业资源与先进技术。

图表 28: KLA 成立后持续并购完善产品布局，保持领先的产品竞争优势，稳居全球龙头

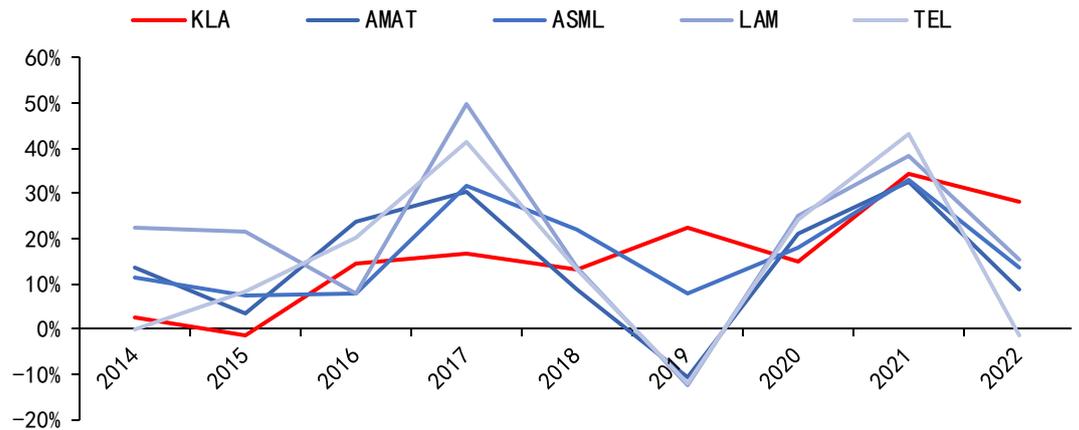


来源: Bloomberg, KLA 官网, KLA 公告, 国金证券研究所

KLA 服务体系建设完善，2022 年设备服务收入占总营收的 21%。KLA 全球装机量近 6 万台，超过 50% 设备使用寿命达 18 年，平均使用寿命为 12 年，历史上交付的 80% 的设备仍在客户现场使用中，在完全折旧 (2-3 倍) 很长一段时间后，客户继续在生产中使用。半导体设备的长使用寿命强化先发优势，加强与客户的长期绑定关系；服务类收入受益于长使用寿命将不断增加，且受行业周期波动影响小。

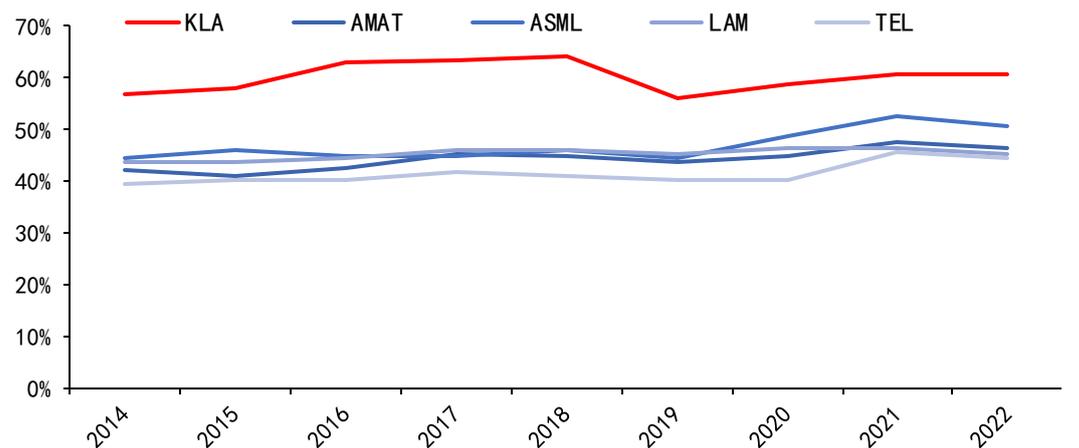
量测设备龙头 KLA 在前道设备全球 5 大龙头企业中，表现出了相对更优秀的成长性和盈利能力。AMAT、ASML、LAM Research、TEL 和 KLA 前五大前道设备龙头 2022 年收入相较于 2015 年分别成长 175%、236%、223%、198%、268%。KLA 是五家中唯一一家自 2015 年以来持续成长的公司，营收的稳定性明显优于其余四家。从盈利能力来看，KLA 的毛利率水平也显著高于其余 4 家。我们认为，这是由于量测设备相较于其他工艺设备，更受益于工艺和技术节点进步的变化，同时细分种类更多，持续创新全面布局的公司更有机会获得超额收益。

图表 29: KLA 营收稳定性明显优于其余四家半导体设备龙头厂商



来源: Bloomberg, 国金证券研究所

图表 30: KLA 毛利率显著高于其他四家半导体设备厂商



来源: Bloomberg, 国金证券研究所

3、国内设备国产化率空间极大，产品覆盖率及制程先进程度差距大

中国大陆半导体设备海外依赖度高。2022 年全球前五的设备厂商中，除 ASML 外中国大陆均为第一大客户。

图表 31: 2022 年全球前五大半导体设备公司下游客户，中国对外依赖度高

AMAT (美国)		ASML (荷兰)		Lam Research (美国)		TEL (日本)		KLA (美国)	
中国大陆	33%	中国台湾	39%	中国大陆	35%	中国大陆	29%	中国大陆	29%
韩国	22%	韩国	33%	韩国	27%	韩国	20%	中国台湾	27%
中国台湾	20%	中国大陆	15%	中国台湾	14%	中国台湾	18%	韩国	16%
美国	9%	美国	9%	日本	9%	日本	14%	美国	10%
日本	8%	日本	3%	美国	6%	美国	11%	日本	8%
欧洲	5%	欧洲	0.7%	东南亚	6%	欧洲	5%	欧洲	7%
东南亚	3%	其他	0.8%	欧洲	3%	东南亚	4%	东南亚	3%

来源: Bloomberg, 各公司公告, 国金证券研究所

国产量测检测设备公司产品线已涵盖了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、薄膜膜厚度量测设备和套刻精度量测设备等系列产品。在国内主要集成电路制造厂商取得批量订单，打破了国外厂商的垄断，国产化进程加快将进一步助力公司持续快速发展。同时，公司正在积极研发纳米图形晶圆缺陷检测设备、晶圆金属薄膜量测设备等其他型号的设备，相关产品研发成功后有望进一步提高产品线覆盖广度。

国内量测设备主要厂家有中科飞测、上海睿励、上海精测、赛腾股份、东方晶源、埃芯半导体、上海御微等，其部分产品已进入一线产线验证，推动量测设备国产化。国内外厂商的差距：

1) 产品覆盖度差距大，国内龙头的产品覆盖度为 27%，更多品类待开发和导入。量/检测设备种类多，龙头公司通过自身持续创新和并购拥有很高的工艺覆盖率，全球占比 54% 的龙头美国公司 KLA 对于量测+检测产品线覆盖率达 85% 以上，且几乎在每一个所涉产品线中均市场份额最高；其他海外龙头如美国 AMAT、ONTO 等产品覆盖率也分别达到 50% 和 35% 以上。

根据中科飞测招股说明书，公司产品线涵盖份额占比为 27%。同时中科飞测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细分领域的机型，对应的市场份额为 25% 和 10%，研发成功后将提高产品线覆盖度。

图表 32：国内外细分领域产品覆盖度差异大，价值量高的设备国产设备商尚未量产突破

		国外企业			国内企业		
		KLA	AMAT	ONTO	上海睿励	上海精测	中科飞测
检测设备	掩膜版缺陷检测设备	●	●				
	无图形晶圆缺陷检测设备	●		●			●
	图形晶圆缺陷检测设备	●	●	●	●	●	●
	纳米图形晶圆缺陷检测设备	●	●	●		○	○
	电子束缺陷检测设备	●		●			
	电子束缺陷复查设备	●	●			●	
量测设备	关键尺寸量测设备	●	●	●	●	●	
	电子束关键尺寸量测设备		●				
	套刻精度量测设备	●		●			●
	晶圆薄膜量测设备	●		●	●	●	●
	X 光量测设备						
	掩膜版关键尺寸量测设备	●					
	三维形貌量测设备	●					●

来源：各公司公告，各公司官网，国金证券研究所

1) 工艺节点上，国内企业目前仅能覆盖 28nm 及以上制程。国际竞争对手的先进产品普遍能够覆盖 28nm 以下制程，国内产品已能够覆盖 28nm 及以上制程，应用于 28nm 以下制程的量/检测设备在研发中。

2022 年三大量/检测设备企业在本土市场份额合计 4%，国产化率较低。作为晶圆制造前道设备国产化率最低的设备之一，量/检测设备本土前三大厂商收入合计为 7.4 亿元，国内市场份额占比仅为 4%。由于国外知名企业规模大，产品线覆盖广，品牌认可度高，导致本土企业的推广难度较大。近年来国内企业在检测与量测领域突破较多，受益于国内半导体产业链的迅速发展，该领域国产化率有望在未来几年加速提升。

图表 33：2022 年本土三大量/检测设备厂商收入合计约为 7.4 亿元，国内市场份额占比约 4%

单位：亿元	2018		2019		2020		2021		2022	
	销售收入	市占率								
上海精测	0.03	0.03%	0.04	0.03%	0.57	0.39%	1.11	0.66%	1.64	0.90%
中科飞测	0.3	0.35%	0.56	0.47%	2.38	1.62%	3.61	2.15%	5.02	2.76%
上海睿励	0.27	0.31%	0.12	0.10%	0.2	0.14%	0.41	0.24%	0.72	0.40%
合计	0.6	0.69%	0.72	0.60%	3.15	2.14%	5.13	3.05%	7.38	4.05%

来源：中科飞测招股说明书，SEMI，Wind，各公司公告，国金证券研究所

四、国内设备厂商内生+外延快速发展

国内半导体处于高速增长期，本土企业存在较大的国产化空间。国内量测设备主要厂家有中科飞测、上海睿励、上海精测、赛腾股份、东方晶源、埃芯半导体、南京中安等，其部分产品已进入一线产线验证，推动量测设备国产化。

图表 34：国内半导体量测设备厂商成立时间短，处在早期 0-1 快速渗透阶段

公司	股票代码	成立时间	22 年营收 (亿元)	客户	产品系列
中科飞测	688261.SH	2014 年	5	中芯国际、士兰集科、长电科技、长江存储等	无图形晶圆缺陷检测、膜厚测量、三维形貌量测、套刻尺寸量测
上海精测	精测电子持股 77%	2018 年	1.6	中芯国际、长江存储、粤芯、合肥长鑫等	膜厚测量、光学关键尺寸量测、电子束量测
上海睿励	中微公司持股 35%	2005 年	0.7	长江存储、华力微电子、三星电子等	膜厚测量、光学缺陷检测、硅片厚度及翘曲测量设备
赛腾股份	603283.SH	2001 年，2019 年收购日本 Optima	29.3 (半导体设备 2.9 亿元)	三星、索尼、新昇半导体、奕斯伟、SUMCO 等	硅片边缘缺陷监测、晶圆背面检测、边缘/表背面复合检测、晶圆制造外观检测
东方晶源	未上市	2014 年	--	中芯国际等	电子束缺陷检测设备、电子束关键尺寸量测设备
上海御微	未上市	2018 年	--	中芯国际等	掩模版缺陷检测设备、晶圆缺陷检测、套刻尺寸量测设备
埃芯	未上市	2020 年	--	中芯国际等	X 光薄膜量测、X 光材料性能量测、X 光成分及表面污染量测
南京中安	未上市	2020 年	--	国内硅片厂	无图形晶圆缺陷检测等

来源：各公司官网、各公司公告，国金证券研究所

图表 35：中科飞测/上海精测/上海睿励在各自布局领域研发和导入进展

	中科飞测	上海精测	上海睿励
(纳米) 图形晶圆缺陷检测	最小灵敏度为 0.5 μm 应用于先进封装环节的设备量产、纳米暗场设备研发推进	获得明场纳米图形晶圆检测设备订单并出机、180-65nm 制程	8 寸量产，12 寸精度达到 0.1 μm
无图形晶圆缺陷检测	S1: 适用于 130nm 及以上 S2: 适用于 2Xnm 及以上		
电子束晶圆缺陷检测			
电子束晶圆缺陷复查		2021 年 12 寸机台出机	
关键尺寸量测	研发中	2021 年国内首台 OCD 机，用于 45-28nm；2022 年通过 28nm 工艺验证量产	研发中
套刻精度量测	28nm 产品验证，取得订单		
薄膜厚度量测	产品适用于 28nm 以上工艺节点	适用于 28nm 及以上节点	适用于 28nm 及以上节点
三维形貌量测	支持 2Xnm 以上制程，已经在长江存储等厂商线上应用		

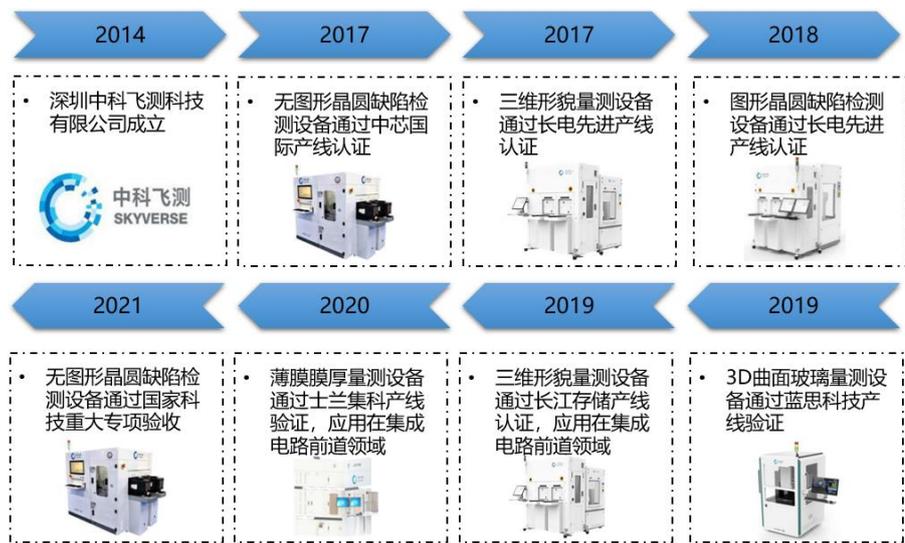
来源：各公司公告，各公司官网，国金证券研究所

1、中科飞测：国内无图形晶圆检测龙头，部分型号可对标 KLA

中科飞测成立于 2014 年，目前在半导体量/检测设备收入体量上为国内龙头，主要产品包括无图形晶圆缺陷检测、图形晶圆缺陷检测、三维形貌量测、薄膜膜厚度量测等产品，已应用于国内 28nm 及以上制程的集成电路制造产线，同时正在积极研发纳米图形晶圆缺陷检测、晶圆金属薄膜量测等设备。公司 22 年实现营收 5.09 亿元，同比+41.2%；归母净利润 0.12 亿元，同比-78.0%。下游客户包含中芯国际、长江存储、士兰集科、长电科技、通富微电等国内主流制造及封装厂。

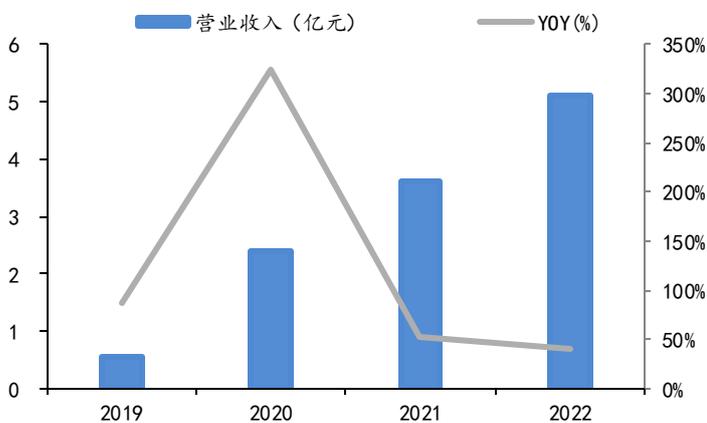
公司多项研发产业化取得积极进展。2019 年，应用在集成电路前道领域的三维形貌量测设备通过长江存储产线认证，2020 年，应用在集成电路前道领域的薄膜膜厚度量测设备通过士兰集科产线验证，2021 年，无图形晶圆缺陷检测设备通过国家科技重大专项验收等。目前，公司正在积极研发纳米图形晶圆缺陷检测设备、晶圆金属薄膜量测设备等其他型号的设备。公司目前在研项目数量较多，长期重视研发为公司发展建立了长期壁垒，后续新产品研发成功并客户导入后，有望为公司打开长期发展天花板。

图表 36：中科飞测主要产品演变和技术发展历史



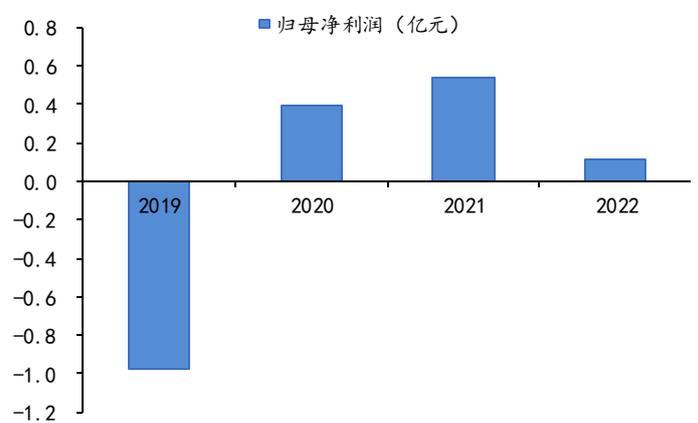
来源：中科飞测招股说明书，国金证券研究所

图表 37：2019-2022 中科飞测营收持续增长（单位：亿元）



来源：Wind，国金证券研究所

图表 38：2019-2022 中科飞测归母净利润（单位：亿元）

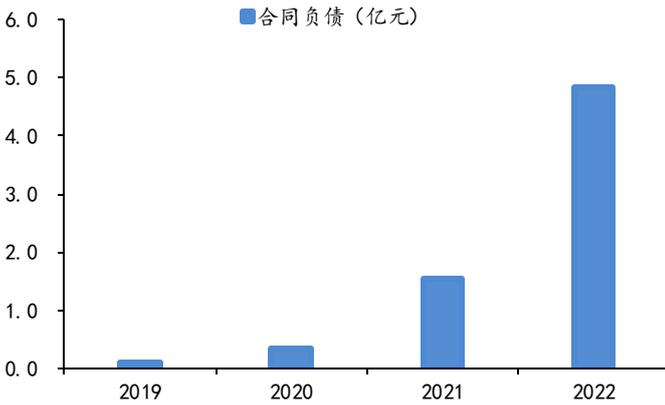


来源：Wind，国金证券研究所

2022 年末公司合同负债 4.8 亿，存货中发出商品 4.3 亿，在手订单充足。公司 21/22 年合同负债为 1.6/4.8 亿元，同比+384%/+217%，发出商品为 2.4/4.3 亿元，同比+425%/+76%，在手订单充沛且销售强劲，快速成长动力足。

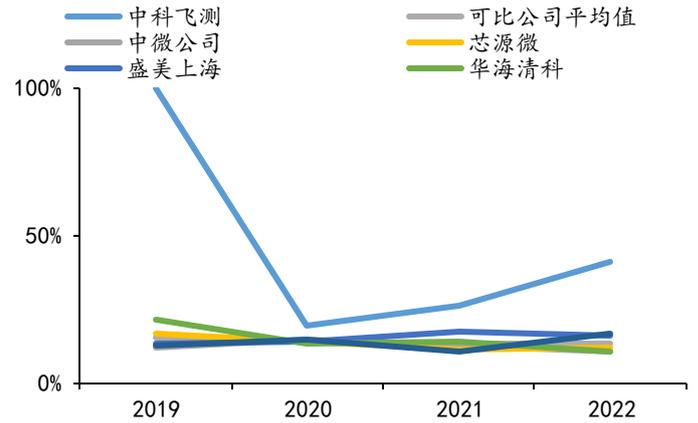
公司作为以研发为驱动的半导体设备企业，公司研发费用占营业收入比重高于同行业可比公司，2022 年研发费用占营收比例 40%。半导体设备行业为技术密集型行业，公司竞争力与研发实力密不可分，公司持续吸引行业内优秀人才，研发人员数量快速增长，2019-2023 年研发人员占总人数比例维持在 43% 上下。

图表 39: 2019-2022 年中科飞测合同负债大幅提升，在手订单充足



来源：中科飞测公告，国金证券研究所

图表 40: 中科飞测研发费用率高于国内可比公司



来源：各公司公告，国金证券研究所

2、精测电子：前道量/检测设备订单爆发性增长

公司深耕检测行业 17 年，已成为国内平板显示检测龙头，2018 年以来公司积极布局平板显示/半导体/新能源三大业务。半导体设备成功供货中芯国际、长江存储等国内龙头客户。公司全面布局半导体前后道量检测环节，膜厚、OCD 测量、电子束、明场检测等设备已进市场，2022 年公司半导体设备业务实现收入 1.83 亿元，同比增长 34.12%。截至 2023 年 4 月 24 日，半导体业务在手订单 8.91 亿元，前道设备业务爆发。公司半导体业务经过前期积累，在研发能力、产品力、客户等方面已占先机，将成为国产化主力。

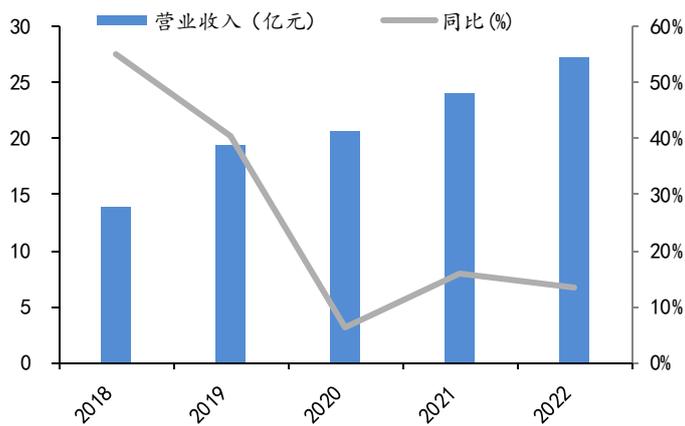
图表 41: 精测电子积极布局显示/半导体/新能源三大业务



来源：Wind，精测电子公司公告，国金证券研究所

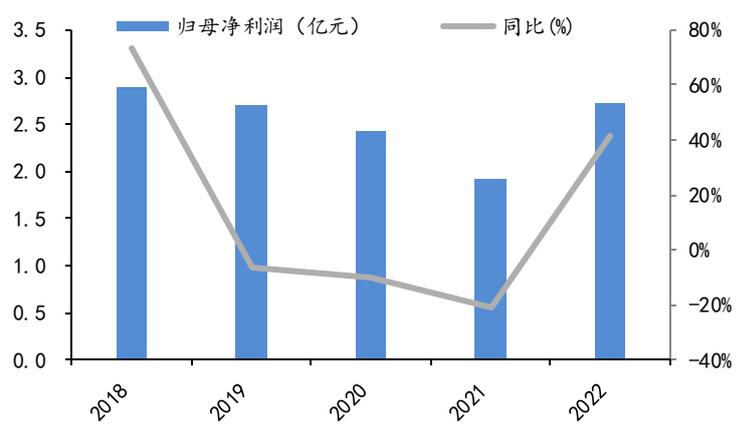
公司子公司上海精测前道检测产品覆盖度进一步提升，半导体硅片应力测量设备也取得客户订单并完成交付，明场光学缺陷检测设备已取得突破性订单，且已完成首台套交付；其余储备的产品目前正处于研发、认证以及拓展的过程中。

图表 42: 2019-2022 精测电子营业收入



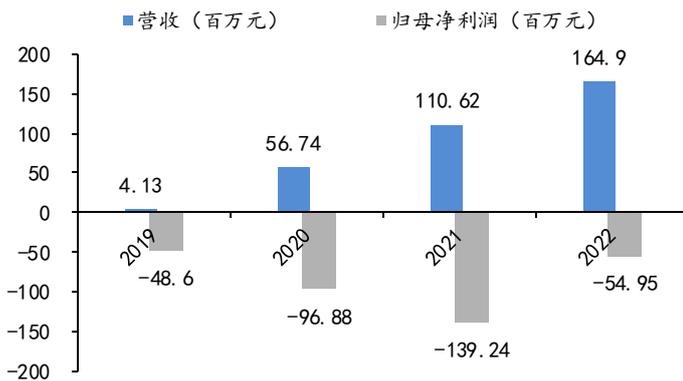
来源: Wind, 国金证券研究所

图表 43: 2019-2022 精测电子归母净利润



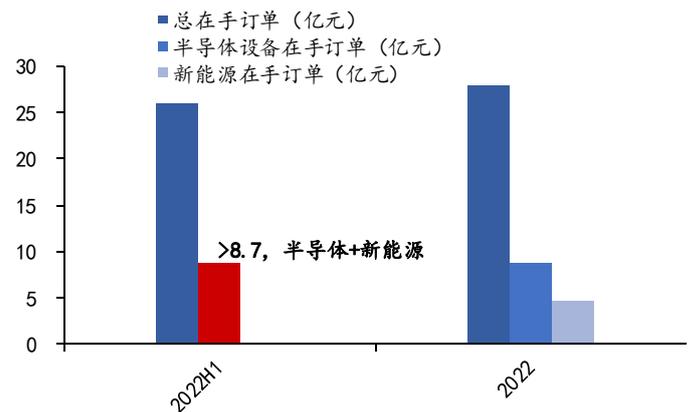
来源: Wind, 国金证券研究所

图表 44: 精测电子子公司上海精测 2019-2022 年营收及归母净利润



来源: 精测电子公告, 国金证券研究所

图表 45: 精测电子半导体设备在手订单快速增长



来源: Wind, 国金证券研究所

2022 年下半年面板价格触底, 23 年价格持续修复, 部分型号修复至现金成本线之上, 稼动率环比亦有提升。公司受益于 OLED、Mini、Micro LED 等新技术路线以及由 Module、Cell 拓展至前段 Array, 面板业务仍有望实现平稳增长, 24 年苹果新机 MR 有望带来新的面板检测需求。

新能源方面, 精测公司聚焦中后道工序, 其中化成分容已批量出货, 切叠一体机已获认证通过, 同时布局锂电池视觉检测系统、电芯装配线和激光模切机等新品, 与中创新航签署战略合作伙伴协议, 受益于其持续扩产。公司 2022 年公司新能源设备实现收入 3.4 亿元, 截至 2023 年 4 月 23 日在手订单新能源订单 4.8 亿元。

3、赛腾股份: 收购 Optima 进军半导体晶圆缺陷检测领域

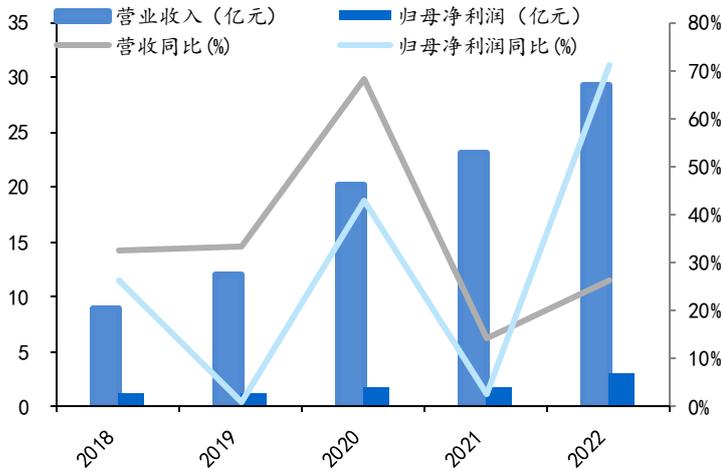
赛腾股份是国内消费电子设备龙头企业, 通过外延并购将主营业务拓展至半导体、新能源汽车等行业。2022 年公司实现营收 29.34 亿元, 同比+26.55%。实现净利润 2.93 亿元, 同比增长 63.5%。

半导体设备: 赛腾股份 2018 年通过收购无锡昌鼎, 进入半导体封测设备领域。2019 年通过收购日本 Optima, 进入晶圆检测设备领域。无锡昌鼎主要生产测试编带一体机、全自动组焊线机、自动打标机等半导体封装测试设备; Optima 拳头产品包括 RXW-1200、RXM-1200、BMW-1200(R)、AXM-1200 四大类, 产品覆盖边缘、背面、正面等缺陷检测, 是全球领先的硅片、晶圆外观缺陷检测设备龙头公司。

目前产品主要是无图形晶圆检测设备, 已成功进入 SUMCO、SK、SAMSUNG、协鑫、奕斯伟、中环、金瑞泓、沪硅等国内外龙头厂商, 今年有望在国内晶圆厂有所突破, 同时有图形晶

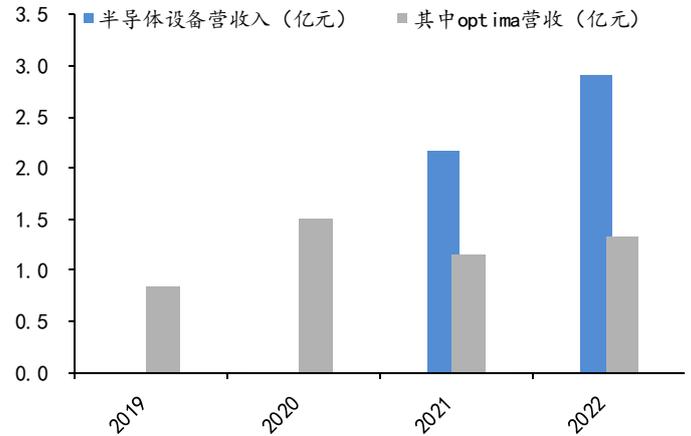
圆检测设备正在稳步研发中。2022 年半导体设备板块营收达 3.75 亿元、同比增长 73%。

图表 46：赛腾股份营收及归母净利润



来源：公司招股说明书，国金证券研究所

图表 47：赛腾股份半导体设备营收



来源：Wind，国金证券研究所

消费电子设备：受益北美大客户 2023 年新机搭载潜望式摄像头及 MR 新产品，2023 年有望快速增长。公司将持续受益于北美大客户三大边际变化：2023 年新机搭载潜望式摄像头带来设备增量需求，MR 新品即将发布带来的设备增量需求，以及产能向东南亚迁移带来的设备增量需求。

新能源汽车设备：下游新能源车高景气度且公司充分绑定龙头客户。2018 年公司收购菱欧科技（现更名为赛腾菱欧），切入汽车零部件智能装备行业。主要客户为日本电产、村田新能源、松下能源等。

4、睿励仪器：中微公司持股 30%，国内最早的量测设备公司

睿励科学仪器（上海）有限公司成立于 2005 年（中微公司持股 29.36%，是上海睿励的第一大股东），目前公司拥有的主要产品包括光学薄膜测量设备、光学关键尺寸测量设备、缺陷检测设备。睿励科学仪器是国内少数进入国际先进制程 12 英寸生产线的量测设备企业之一，是国内唯一进入三星存储芯片生产线的量测设备企业。

目前，睿励的膜厚测量，缺陷检测及光学关键尺寸测量设备已为国内近 20 家前道半导体晶圆制造客户所采用，公司光学膜厚测量设备已应用在 65/55/40/28 纳米芯片生产线，并正在进行 14nm 工艺验证；设备支持 64 层 3DNAND 芯片的生产，并正在 96 层 3DNAND 芯片产线上进行工艺验证。

5、天准科技：收购 MueTec：检测量测产品宽度广，掩模版等领域填补空白

天准科技于 2021 年 5 月以 1819 万欧元完成收购德国 MueTec 公司 100% 股权。MueTec 的主要产品为高精度的光学测量和检测解决方案，2021 年营业收入仅为 0.4 亿元。MueTec 深耕检测量测行业三十余年，重点覆盖 65nm 及以上制程，具备较宽产品线并为多行业提供产品解决方案。MueTec 的主要产品包括晶圆宏观缺陷检测、晶圆微缺陷检测、掩模版检测、红外线检测等检测设备，以及关键尺寸量测、套刻精度量测、薄膜膜厚量测、掩模版量测、红外线量测等量测设备，其中掩模版、套刻精度等产品在国内供应中均具备稀缺性。MueTec 主要服务于晶圆制造、先进封装、光掩模版、MEMS 传感器、电子元件、OLED、LED 等多个先进制造领域，主要客户包括英飞凌、恩智浦、台积电等。

五、投资建议

半导体量/检测设备贯穿整个晶圆制造过程，同时也在硅片生产和先进封装过程广泛使用，是集成电路制造过程的“标尺”，虽不是工艺制程设备，但良率提升、控制成本离不开过程控制，离不开量/检测设备。从竞争格局来看，以 KLA 为代表的海外龙头占据竞争优势地位，全球市占率超过 50%，国内市场上，国产设备渗透率很低，2022 年中科飞测、上海精测和上海睿励的国内市占率低于 5%。但近年来，本土企业通过自主研发和收并购持续开拓市场，产品线日趋健全，核心产品覆盖率和市占率持续提升，同时向 28nm 一下的先进制程迈进，国产替代进程加速。以中科飞测、上海精测、上海睿励为代表的企业依托自

主研发向半导体检测量测领域发力；以赛腾股份、天准科技为代表的公司通过收购海外子公司快速拓展产品线，并借助海外子公司的技术优势和销售渠道优势积极打造产品生态。

2022-2023 年，受行业去库存、美国制裁等多因素影响半导体设备板块起伏不定，而半导体量/检测设备国产替代空间大，下游客户重点加速导入，且现阶段重点面向成熟制程，设备种类更众多，在 0-1 的快速渗透中快速放量且有利于抵御半导体行业周期波动的冲击，给“买入”评级。重点推荐中科飞测、精测电子，建议关注赛腾股份、天准科技。

图表 48：国产量/检测设备厂商估值情况

股票代码	股票名称	股价(元)	EPS					PE				
			2021A	2022A	2023E	2024E	2025E	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
300567	精测电子	88.61	0.69	0.98	1.26	1.73	2.32	104.77	51.37	72.28	52.55	39.12
688361	中科飞测-U	73.74	0.22	0.05	0.13	0.29	0.50	N/A	N/A	585.98	267.13	152.27
603283	赛腾股份	41.49	0.99	1.61	2.24	2.93	3.69	29.82	18.67	17.93	13.70	10.88
688003	天准科技	45.85	0.69	0.78	1.12	1.48	1.77	54.88	40.45	38.40	29.11	24.35
中位数								54.88	40.45	55.34	40.83	31.73
平均数								63.16	36.83	178.65	90.62	56.65

来源：wind，国金证券研究所（注：股价截至 2023.6.26，天准科技为 wind 一致预期）

六、风险提示

半导体周期复苏不及预期、资本开支不及预期的风险。根据 Semi 数据，2023 年受行业周期和美国出口限制等因素影响，国内半导体设备支出大幅下修。设备厂商比较依赖下游的资本开支，若半导体厂商受各种原因影响，资本开支及采购金额或进度不及预期，可能会对业务较集中于半导体设备企业带来影响。

核心零部件供应风险。国内半导体设备多个核心零部件依赖进口，国际形势变化将对供应链产生影响，影响原材料的价格进而影响公司的盈利能力。

产品研发进度及性能不及预期的风险。量/检测设备涉及到光学、大数据、算法、运动控制等领域的高难度技术，成功进入量产产线需要在客户端进行较长时间的工艺验证，同时缺陷识别算法和缺陷数据库需要长期的缺陷特征数据积累，整体研发难度较大，若研发或工艺验证进度不及预期，会拖累相关企业未来的业绩，面临产品被淘汰风险。

中美贸易摩擦风险。贸易保护主义等因素延缓国内晶圆厂扩产步伐，美国于 2022 年 10 月出台针对中国企业的新限制措施；2023 年 5 月 23 日日本颁布半导体设备出口管制政策，对 23 类半导体设备实施出口管制，对国内晶圆厂造成一定冲击，若扩产大幅放缓，会对国内量测设备的市场需求造成较大影响。

行业投资评级的说明：

- 买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
- 增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
- 中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
- 减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-60753903	电话：010-85950438	电话：0755-83831378
传真：021-61038200	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	传真：0755-83830558
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮编：100005	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	地址：北京市东城区建内大街 26 号	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号	新闻大厦 8 层南侧	地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心
紫竹国际大厦 7 楼		18 楼 1806