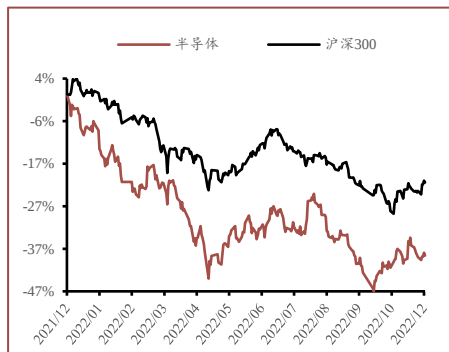


细致检测攻坚克难，精准度量引领进步

■ 证券研究报告

投资评级:看好(维持)

最近 12 月市场表现



分析师 张益敏

SAC 证书编号: S0160522070002

zhangym02@ctsec.com

相关报告

1. 《半导体设计行业更新: 周期探底雪中花开, 静待春色倍还人》 2022-11-23

量测设备行业报告

核心观点

- ❖ **集成电路生产工艺演进, 量测设备重要性提升:** 量测设备能在生产中监测、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。量测设备分为**尺寸测量**和**缺陷检测**两大类。集成电路工艺升级推动芯片生产的总步骤数不断上升。如今芯片生产涉及超 1000 道工序, 即使每道工序良率达到 99.9%, 芯片的最终良品率也只有 36.8%, 这对单个工序的良率提出了更高的要求。随着集成电路继续多层化、复杂化, 量测设备的重要性日趋凸显。
- ❖ **量测市场广阔细分赛道多, 海外巨头一家独大:** 量测设备开支占半导体前道设备整体开支的 13%, 2021 年全球市场规模约为 104 亿美元, 先进制程有望推动市场实现长远增长。量测设备种类多, 存在膜厚、套刻误差、关键尺寸、有图形缺陷检测、无图形缺陷检测、电子束等多个细分类赛道。美国科磊 (KLA) 为量测领域行业龙头, 产品覆盖广泛, 市场占比 52%, 超过第二名应用材料 4 倍以上。
- ❖ **量测设备自给率低, 国产化需求量大时间紧迫:** 量测设备涉及高端光学和电子学技术, 国内积累相对薄弱; 单个细分类设备市场小, 重视程度不足, 国内企业之前长期单打独斗。依据最新预估, 中国大陆量测设备市场规模 31.1 亿美元, 国产化率只有 2%。海外不断施加限制措施, 量测设备已成为光刻机之外威胁较大的短板。面对威胁, 国内晶圆厂积极引入国产量测设备进行工艺验证, 有望推动国内量测产业快速发展。
- ❖ **国内量测企业迎难而上, 全面布局成长可期:** 精测电子、睿励科学仪器、中科飞测、东方晶源等企业, 凭借多年的研发经验和技術积累, 逐步破茧而出。国内量测企业多维布局, 已实现对多种细分类设备的广泛覆盖, 并在光学系统和检测算法方面取得突破, 多种设备达到 28 纳米工艺节点, 多个 14 纳米级产品进入工艺验证阶段; 展望未来, 国内企业有望缩小与海外企业的差距并取得出色业绩。
- ❖ **投资建议:** 建议关注精测电子 (300567.SZ)、赛腾股份 (603283.SH)、中微公司 (688012.SH) (持股睿励科学仪器) 等企业。
- ❖ **风险提示:** 全球半导体市场步入下行周期, 晶圆厂削减资本开支; 贸易保护主义等因素导致国内晶圆厂扩产不及预期; 量测技术难度大, 企业研发进展可能不及预期。

表 1：重点公司投资评级：

代码	公司	总市值 (亿元)	收盘价 (12.02)	EPS (元)			PE			投资评级
				2021A	2022E	2023E	2021A	2022E	2023E	
300567	精测电子	158.29	56.91	0.72	0.90	1.30	100.60	63.23	43.78	增持
603283	赛腾股份	67.85	35.55	0.99	1.44	1.95	29.70	18.99	15.09	未覆盖
688012	中微公司	611.56	99.24	1.76	1.78	2.34	71.93	55.75	42.41	增持

数据来源：赛腾股份数据来源于 wind 一致预期，财通证券研究所

内容目录

1	量测设备保障良率，芯片生产中重要性显著.....	7
1.1	量测设备在晶圆制造中的应用.....	7
1.2	量测设备种类丰富，覆盖多种前道工序.....	9
1.2.1	膜厚测量：薄膜沉积与 CMP 关键参数.....	10
1.2.2	关键尺寸（CD）测量：栅极制造关键.....	11
1.2.3	套刻（Overlay）误差测量：确保光刻精准度.....	14
1.2.4	宏观缺陷检测：快速发现较大缺陷.....	15
1.2.5	无图形缺陷检测：识别杂质等缺陷.....	15
1.2.6	有图形缺陷检测：扫描电路图形，使用最广泛.....	16
1.2.7	电子束、X 射线检测与复检：精度最高.....	18
1.2.8	红外光谱仪测量(FTIR)：有效获取掺杂成分.....	20
1.3	量测设备技术复杂，行业壁垒高.....	20
1.3.1	光学检测技术分辨率提高.....	21
1.3.2	大数据检测算法和软件重要性凸显.....	21
1.3.3	设备检测速度和吞吐量的提升.....	22
2	量测市场前景广阔，海外龙头一家独大.....	23
2.1	量测设备市场规模持续扩大.....	23
2.2	量测设备国产率低，自主可控需求迫切.....	25
2.3	科磊公司：全球量测设备领跑者.....	27
3	中国企业奋起直追，技术突破前景可期.....	31
3.1	精测电子（300567.SZ）：全方位布局前道检测设备.....	31
3.2	睿励科学仪器（中微公司 688012.SH 持股）：国产量测设备领跑者.....	34
3.3	赛腾股份（603283.SH）：半导体领域有力竞争者.....	36
3.4	中科飞测（未上市）：深耕半导体质量控制设备.....	37
3.5	东方晶源（未上市）：发力突破电子束设备.....	39
3.6	上海优睿谱（未上市）：FTIR 领域拓荒者.....	40
3.7	上海御微（未上市）：掩模版晶圆检测同步发力.....	41
3.8	埃芯半导体（未上市）：X 射线检测领先者.....	42
4	风险提示.....	44

图表目录

图 1. 量测设备格局图.....	6
图 2. 量测设备分类与占比.....	6
图 3. 量测在整个芯片生产流程中的位置.....	7
图 4. 步骤数量和单个步骤良率对成品良率的影响.....	8
图 5. 步骤数量与单个步骤良率对成品良率影响的函数图.....	8
图 6. 晶圆良率分布图.....	9
图 7. 前道晶圆制造尺寸测量.....	9
图 8. 前道晶圆制造缺陷检测.....	9
图 9. 具有多层薄膜结构的集成电路.....	10
图 10. 两种光学膜厚测量方法.....	10
图 11. 椭圆偏振光谱测量.....	11
图 12. 四探针.....	11
图 13. FinFET 中的各种关键尺寸.....	12
图 14. 关键尺寸电子扫描显微镜工作原理.....	12
图 15. CD-SEM 结构图.....	13
图 16. CD-SEM 工作流程.....	13
图 17. 光学关键尺寸测量.....	13
图 18. 套刻误差示例图.....	14
图 19. 特殊目标图形.....	14
图 20. 常见的晶圆正面缺陷.....	15
图 21. 常见的晶圆背面缺陷.....	15
图 22. 无图形缺陷.....	15
图 23. 无图形缺陷检测原理图.....	16
图 24. 有图形缺陷检测.....	16
图 25. 明场光学缺陷检测系统.....	16
图 26. 暗场光学缺陷检测系统.....	16
图 27. 有图形缺陷检测.....	17
图 28. 常见的缺陷分布类型.....	17
图 29. 通过对比图形差异来锁定缺陷.....	18
图 30. 电子束缺陷检测结果.....	19

图 31. 电子束检测原理.....	19
图 32. 缺陷检测和复查流程.....	20
图 33. 缺陷检测设备剖面图.....	21
图 34. 量测设备软件系统运行流程.....	22
图 35. 全球量测设备市场规模(单位: 亿美元).....	24
图 36. 各类量测设备占比.....	24
图 37. 量测设备各公司市场占比.....	25
图 38. 中国半导体量测设备市场 (单位: 亿美元)	25
图 39. 科磊公司营收金额与增速 (单位: 亿美元)	27
图 40. 科磊公司利润金额与增速 (单位: 亿美元)	27
图 41. 科磊公司来自各地区收入金额 (单位: 亿美元)	27
图 42. 精测电子历年营业收入 (亿元)	32
图 43. 精测电子历年归母净利润 (亿元)	32
图 44. 精测电子各类业务营收 (亿元)	32
图 45. 睿励股权结构(2022 年 11 月 27 日数据)	34
图 46. 中科飞测主营业务营收 (亿元)	38
图 47. 优睿谱 Eos200 设备	41
 表 1. 量测设备的核心技术.....	 22
表 2. 2022 年 1-6 月国内 5 家晶圆厂设备招投标结果	26
表 3. 科磊公司产品介绍.....	28
表 4. 精测电子半导体量测产品.....	33
表 5. 睿励科学仪器产品.....	35
表 6. 赛腾股份半导体设备.....	37
表 7. 中科飞测产品.....	37
表 8. 东方晶源产品.....	39
表 9. 上海御微产品.....	41
表 10. 埃芯半导体产品.....	42

图1.量测设备格局图

2021年全球市场规模104亿美元中国市场 31 亿美元



数据来源：精测电子，中国电子专用设备工业协会，各公司官网，财通证券研究所

图2.量测设备分类与占比

量测大类	细分类	主流方法	其他方法	量测设备市场占比
参数测量	膜厚	光谱椭圆偏振	FTIR、四探针电阻	12%
	关键尺寸	CD-SEM、OCD	X 射线	约 12%
	掺杂化学成分	X 射线质谱仪	FTIR、X 射线	<10%
	光刻套刻误差	光学显微成像	SEM-OL	9%
缺陷检测	电路图形缺陷	明场、暗场有图形缺陷检测	EBI、X 射线	34%
	宏观缺陷检测	光学成像检测		6%
	颗粒等杂质缺陷	无图形缺陷检测	原子力显微镜	5%
	高精度缺陷检测复查	EBI、REVIEW-SEM	X 射线	12%

数据来源：《集成电路产业全书》，王阳元，华经产业研究院，财通证券研究所

1 量测设备保障良率，芯片生产中重要性显著

1.1 量测设备在晶圆制造中的应用

芯片的完整生产流程包括前道晶圆制造和后道封装测试。在晶圆制造中使用的设备为前道设备；封装测试中使用的设备为后道设备。

晶圆制造借助半导体前道设备及 EDA 等工业软件系统，以硅片、电子化学品、靶材、气体等为原材料，将设计的电路图转移到晶圆上。晶圆的制造过程包括光刻、刻蚀、薄膜沉积、清洗、热处理、离子注入、化学机械抛光、量测等多个工艺步骤。由于集成电路一般由多层结构组成，故在单个晶圆的生产中，需多次重复以上步骤，层层成形并最终构成完整的集成电路结构。

量测设备不直接参与对晶圆的光刻、刻蚀等工艺处理，但每个重要的工艺步骤后，量测设备会对晶圆进行检测，以验证并改善工艺的质量，并剔除不合格率过高的晶圆。

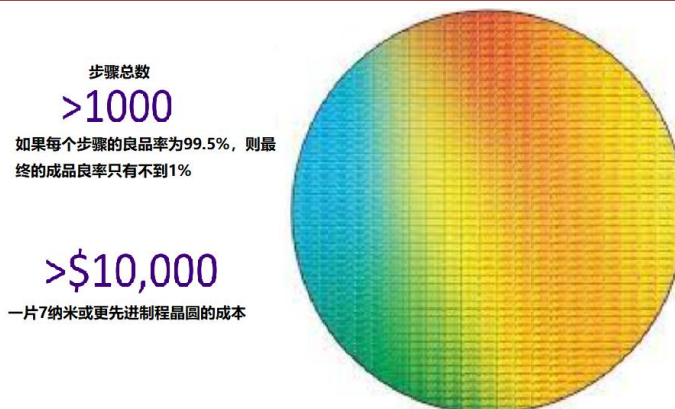
图3.量测在整个芯片生产流程中的位置



数据来源：HCLTech，财通证券研究所

随着制程升级，集成电路的结构日趋复杂化：鳍式场效晶体管、3D 堆叠、埋入式字线等新型 3D 结构带来了新的工艺挑战，晶圆制造所需要的工序数量不断攀升。据统计，28 纳米制程晶圆制造需要数百道工序，而采用多重曝光和多重掩膜技术的 14 纳米及以下制程，工艺步骤数量增加到近千。同时，单片晶圆制造所需的时间也长达 3 个月。高难度的工艺步骤增大了工艺缺陷的概率，工艺节点每推进一代，工艺中产生的致命缺陷数量会增加 50%。；漫长的生产时间，增大了晶圆被损坏、污染的可能性。

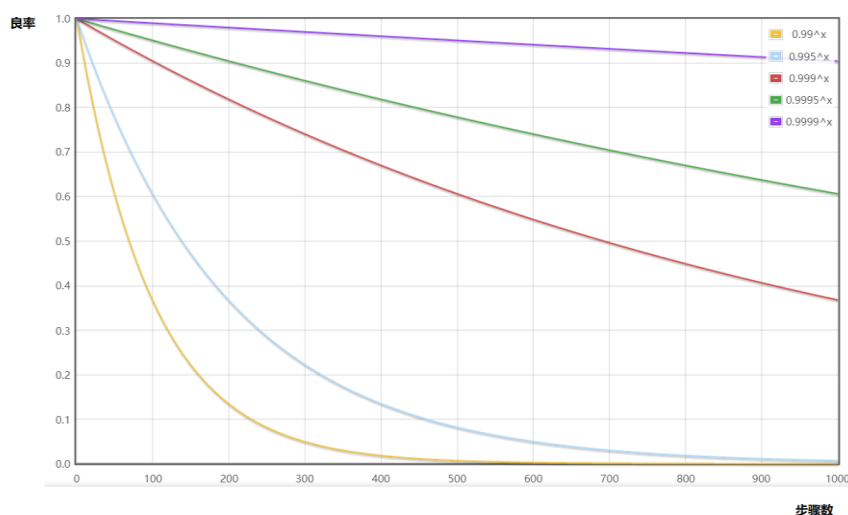
图4.步骤数量和单个步骤良率对成品良率的影响



数据来源：KLA 官网，财通证券研究所

晶圆生产近千道的工艺步骤数量，对芯片的最终良率带来较大压力。单个7纳米晶圆制造的成本超过10,000美元，涉及超1000道工序。如果每个步骤的良品率为99.5%，则最终只有价值小于100美元的芯片能够出售，良品率低于1%。即使每道工序良率达到99.95%，成品良率也只有 $99.9\%^{1000}=60.65\%$ ，价值约4,000美元的芯片被报废。据此可知，晶圆生产的良率，对晶圆厂的毛利率有着重大影响；达到并保持高良率水平，能显著增强晶圆厂的盈利能力。

图5.步骤数量与单个步骤良率对成品良率影响的函数图

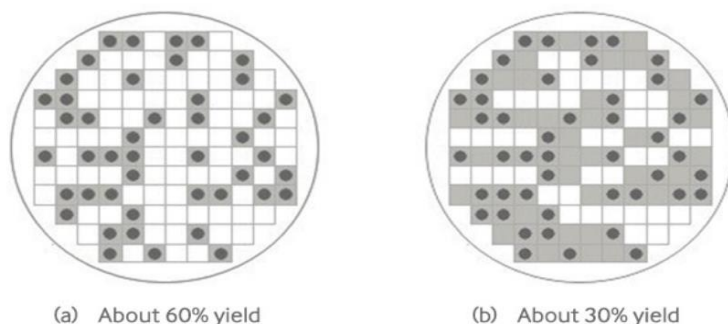


数据来源：财通证券研究所

通过上方的良率函数图可知，相比于步骤数量在500次左右的成熟制程，步骤数量1000次的先进制程对于单步骤良率要求更高。单步骤良率99.9%的先进制程最

终良品率只有 36.8%。随着集成电路制程继续朝高端推进，晶圆生产对工艺良率控制提出了更高的要求。量测设备能在晶圆生产中监测、识别、定位、分析工艺缺陷，帮助晶圆制造企业及时发现问题、改善工艺、提高良率。高端集成电路生产对于量测设备的依赖将加深，量测设备的市场规模有望持续扩大。

图6.晶圆良率分布图



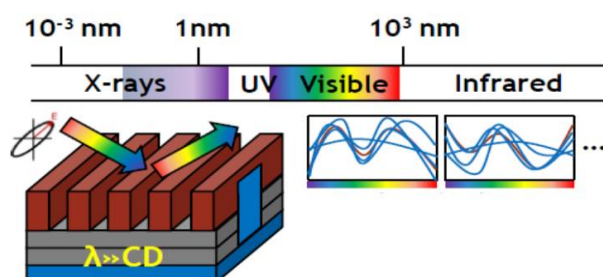
数据来源：三星官网，财通证券研究所

在量测与测试步骤结束后，晶圆上的良率统计结果会以晶圆分布图的方式反馈给工艺人员。合格与不合格的芯片在晶圆上的位置，会通过工业软件录入到计算机系统中，以晶圆图的形式记录下来。较早的技术会在不良芯片的表面上涂上墨点（Inking）；晶圆移送到封装厂后，就不会去封装这些带墨点的芯片，从而节省大量的人力物力成本。此外，部分芯片会被判定为不合格，但是可以修复；这些芯片经过专用的激光修复机处理后，会重新进入测试流程。

1.2 量测设备种类丰富，覆盖多种前道工序

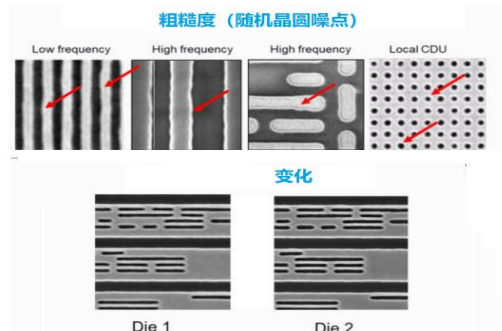
量测设备可分为尺寸测量设备(Metrology)、缺陷检测设备(Defect Inspection)两大类，两类设备均广泛运用于晶圆生产流程中。测量设备对单步工艺（或若干次相似工艺）处理的晶圆进行测量，确保关键工艺参数（厚度、线宽、成分等）符合集成电路的工艺指标。测量设备主要包括膜厚测量、关键尺寸测量、套刻测量等。缺陷检测设备对晶圆表面的电路结构进行扫描，发现并定位异常的电路图形，主要包括有图形检测、无图形检测、电子束检测三大类。

图7.前道晶圆制造尺寸测量



数据来源：semiwiki，财通证券研究所

图8.前道晶圆制造缺陷检测

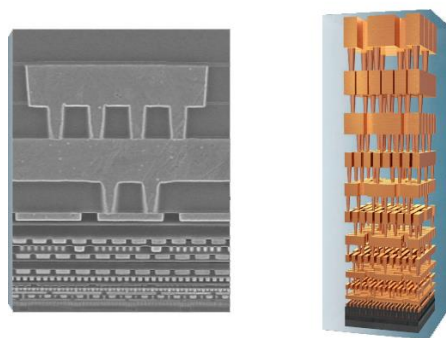


数据来源：BACUS 协会，Andrew Cross 等，财通证券研究所

1.2.1 膜厚测量：薄膜沉积与 CMP 关键参数

集成电路的制造需要在晶圆表面多次沉积各种薄膜。随着工艺制程的进步，薄膜沉积的次数由 90 纳米制程的 40 次上升到 14 纳米制程的超过 100 次；薄膜种类也由 6 种上升到近 20 种。薄膜的厚度和均匀性会对集成电路的最终性能产生较大影响；故高质量、厚度精确的薄膜沉积和薄膜形貌保持，是实现高良率关键。薄膜的种类主要包括硅（单晶硅、多晶硅），电介质（二氧化硅、单晶硅），金属膜（铝、钛、铜、钨）。不同透明度的薄膜，量测设备会采用不同的方式测量膜厚。

图9.具有多层薄膜结构的集成电路



数据来源：AMAT 官网，财通证券研究所

针对透明的介质薄膜（氮化物、氧化物）、半导体薄膜（硅）、很薄的金属薄膜（Ti、Ta 及其氧化物），可基于多界面光学干涉原理对其进行膜厚测量。这种测量方式称为光学薄膜测量，具有快速、精确、无损伤的特点。

图10.两种光学膜厚测量方法

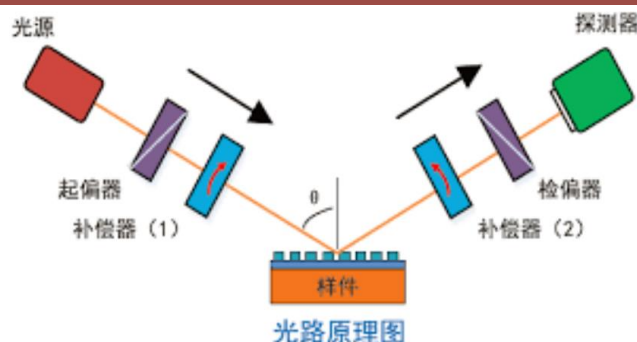


数据来源：Shnti，财通证券研究所

光学薄膜测量设备有椭圆偏振光谱测量和垂直测量两种方式。椭圆偏振测量方式更为精确，其主要原理是：光源发出的光以一定角度入射晶圆片表面，被薄膜层和衬底层反射的光，经过光学系统和检偏器，最终由质谱仪接收。其中，光学系统需要兼顾入射光在晶圆表面的光斑大小、光通量、光谱系统的分辨率，从而实

现在以毫秒为单位的短时间内,微小区域内的光谱收集。质谱仪收集光学信号后,软件系统依据光学色散模型,及多界面光学干涉原理,对入射信号进行算法处理,最终得到精确的薄膜厚度,并上传到数据系统当中。在工作过程中,移动平台会移动晶圆从而测量多个位置;光谱采集、数学计算、晶圆移动一般并行进行。

图11.椭圆偏振光谱测量

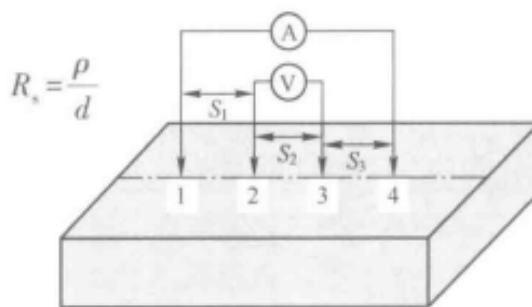


数据来源: 仪器信息网,财通证券研究所

对于较厚的不透光导电金属,一般使用四探针仪对其进行厚度测量。由于铝、铜这样的纯金属材料,电阻率是一个常数,故对金属膜层方块电阻率的测量,能同时计算出薄膜厚度。

四探针测量电阻的具体方法为:在1,4两点外接电流源,将一个恒定电流通过探针注入样品,使用电流表计量电流大小 I ;同时在2,3探针之间用精准电压表测得内部电压 U ,从而凭借 $R=U/I$ 得出电阻,再除以金属的单位厚度电阻率,最终得出膜厚。

图12.四探针



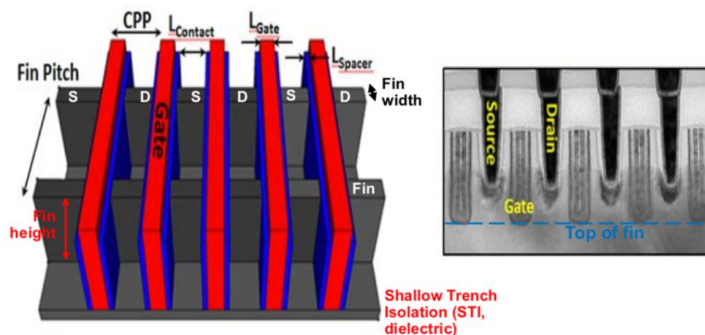
数据来源:《集成电路产业全书》,王阳元,财通证券研究所

1.2.2 关键尺寸(CD)测量:栅极制造关键

随着晶圆制造技术的不断发展,集成电路中各类尺寸不断微缩,对尺寸误差的容忍度也不断降低。其中,集成电路栅极的关键尺寸大小非常重要,其任何变化都会严重影响芯片性能,需要光刻和刻蚀等高难度工艺。此外,关键尺寸测量有助于实现工艺的均一性和稳定性。因为集成电路关键尺寸的变化,会反映出刻蚀、

光刻等设备和工艺的波动偏差，或光刻胶等关键材料的性能变化。由于栅极是集成电路中最微小的结构，故测量关键尺寸通常需要关键尺寸扫描电子显微镜(CD-SEM)和光学关键尺寸测量设备(OCD)。

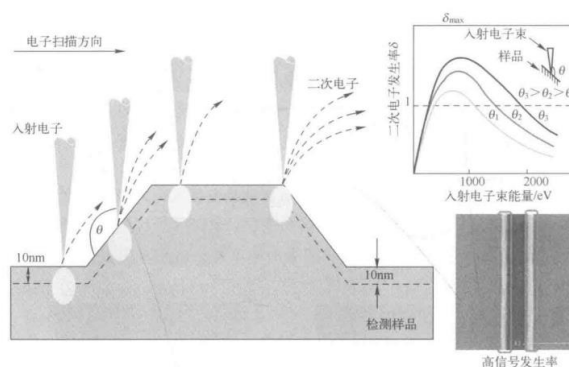
图13.FinFET 中的各种关键尺寸



数据来源：SemiEngineer,财通证券研究所

关键尺寸电子扫描显微镜用于测量关键尺寸，并监控光刻与显影涂胶设备的运行状况,其工作的基本原理是:被测物体的原子被显微镜电子枪发射的电子束激发,产生二次电子。由于斜坡处入射电子有效作用面积大,产生的二次电子数量最多,转换为电镜图像时,图像边缘亮度高,可以此为依据计算关键尺寸。

图14.关键尺寸电子扫描显微镜工作原理



数据来源：《集成电路产业全书》,王阳元，财通证券研究所

集成电路大批量生产对于关键尺寸扫描显微镜(CD-SEM)的产能有较高要求,故其需要具备快速准确的图像识别能力。设备中承载晶圆的移动平台,通常以微米为单位进行移动,CD-SEM 会在低放大倍数上,通过光学方式初步搜索特征图形,然后依据特征图形与待测图形的相对位置,对准最终需要测量的关键尺寸图形(高精度的电子束用以确保对准精度)。电子扫描并完成成像后,会将图像和数据上传到系统中,系统依据算法构建出集成电路结构的 2D 或 3D 图形。

图15.CD-SEM 结构图



数据来源：TCK 公司官网，财通证券研究所

图16.CD-SEM 工作流程

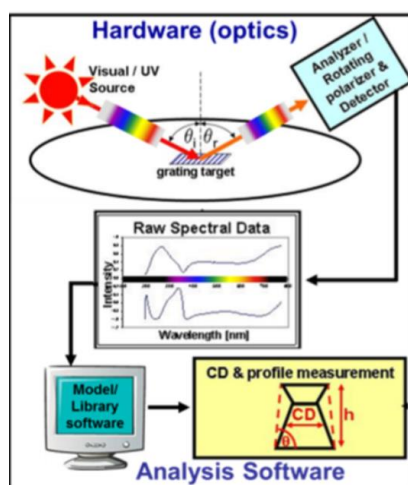


数据来源：《集成电路产业全书》，王阳元，财通证券研究所

CD-SEM 也存在一些缺点：测量需在高真空环境中进行，设备体积大，测量速度慢；高能电荷可能损坏集成电路结构。

针对这些缺点，光学关键尺寸测量设备（OCD）可以有效进行弥补。光学关键尺寸测量具有较好的重复性和稳定性，可以一次测量得到较多的工艺参数，在先进制程中得到广泛应用。

图17.光学关键尺寸测量



数据来源：GlobalFoundries 官网，财通证券研究所

如图所示，可见光源或紫外光源入射到晶圆表面，经过晶圆表面衍射产生的衍射光中，包含了晶圆表面的电路结构、材料等重要信息。衍射光被光谱分析仪收集后，计算机软件系统将接收到的光谱与系统数据库中的光谱模型进行对比、匹配，经过调整和计算后，得出正确的关键尺寸模型和参数。由此可知，光谱数据库和建模算法，是光学关键尺寸测量等各种设备的重要组成部分。

1.2.3 套刻 (Overlay) 误差测量：确保光刻精准度

套刻误差的定义是两层图形结构中心之间的平面距离。随着集成电路的层数不断增多，多重图形和多重曝光的光刻工艺被广泛应用，不同步骤形成的电路图形之间的套刻精度愈发重要。套刻误差过大形成的错位，会导致整个电路失效报废。套刻误差测量设备，用于确保不同层级电路图形，和同一层电路图形的正确对齐和放置。套刻误差测量通常在每道光刻步骤后进行。

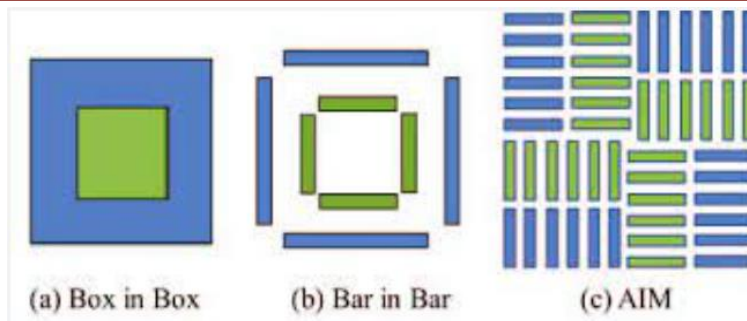
图18.套刻误差示例图



数据来源：EETimes, KLA 官网, 财通证券研究所

套刻误差测量有光学显微成像 (IBO)、光学衍射成像 (DBO)、扫描电子显微镜 (SEM-OL) 三种方法。光学显微成像设备比较常用，通过光学显微系统获得两层套刻目标图形的数字化图形，然后通过软件算法定位每一层图形的边界位置，进一步计算出中心位置，从而获得套刻误差；光学衍射设备将一束单色平行光，照射到不同层套刻目标的光栅上，通过测量衍射射束强度的不确定性来确定误差。扫描电子显微镜的主要用于刻蚀后的最终套刻误差测量，对应的目标图形尺寸更小，但测量速度较慢。

图19.特殊目标图形



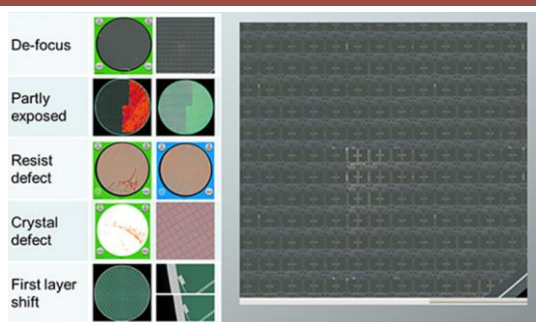
数据来源：IEEE, Nan-Nan Zhang; Man-Hua Shen; Yi-Shih Lin, 财通证券研究所

套刻测量需要在模板上设计专用的**套刻目标图形**以方便对准测量，这些图形通常出现在划片槽区域。在高端芯片制程中，对准图形的边缘数量不断增加，常见的对准图形包括：块中块、条中条、特殊目标图形。

1.2.4 宏观缺陷检测：快速发现较大缺陷

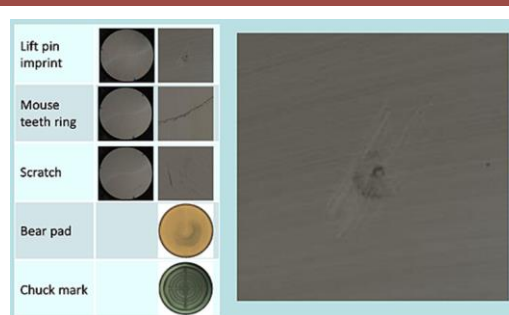
宏观缺陷检测设备基于光学图像技术，用于晶圆片上较大缺陷的识别检测，通常针对尺度大于 0.5 微米的缺陷。宏观缺陷检测有两种方式：一种是全晶圆表面一次性图像成形，检测速度快；另一种方法为每次检测晶圆部分区域，通过连续扫描成像，最终得到完整的晶圆图形。检测的光学原理与其他光学设备类似：光源入射到晶圆片表面，光学传感器捕捉晶圆反射或衍射的光，计算机系统对比分析光学数据，通过异常值来捕捉缺陷。

图20.常见的晶圆正面缺陷



数据来源：天准公司官网,财通证券研究所

图21.常见的晶圆背面缺陷



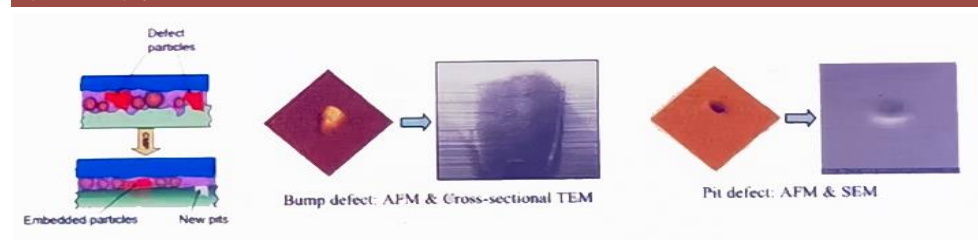
数据来源：天准公司官网,财通证券研究所

宏观缺陷类型通常分为晶圆正面缺陷、晶圆背部缺陷、边缘缺陷三种。晶圆正面缺陷通常包括聚焦缺陷、部分曝光、光刻胶、颗粒污染缺陷、套刻错误、划痕等；晶圆背面缺陷主要为划痕和裂纹；晶圆边缘缺陷主要为边缘去除覆盖度缺陷、边缘缺口、裂纹等。

1.2.5 无图形缺陷检测：识别杂质等缺陷

无图形缺陷检测设备使用光学的检测方法，主要针对的缺陷类型包括颗粒污染、凹坑、水印、划伤、外延垛堆、CMP 凸起等。在前道晶圆制造流程中，无图形缺陷检测主要用于来料品质检测、薄膜沉积与 CMP 的工艺控制、晶圆背面污染检测、测试设备洁净度等领域。

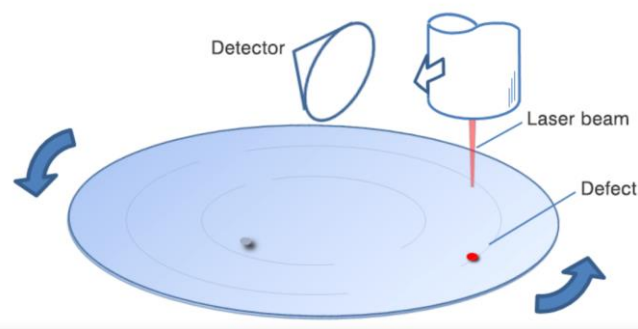
图22.无图形缺陷



数据来源：精测电子官网,财通证券研究所

无图形缺陷检的主要工作原理为：将激光照射在晶圆表面某一区域，晶圆在移动平台的作用下做旋转和直线运动，从而实现激光对晶圆表面的完整扫描。当激光光束扫描到缺陷时，缺陷部位会产生特殊的散射信号。设备通过多通道采集散射光信号，排除表面背景噪声，通过算法进行分析比较，从而识别缺陷并确定其位置。量产时的晶圆处理速度可达到 100 片每小时。

图23.无图形缺陷检测原理图

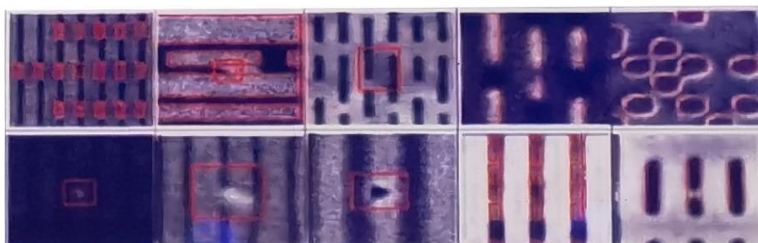


数据来源：日立官网，财通证券研究所

1.2.6 有图形缺陷检测：扫描电路图形，使用最广泛

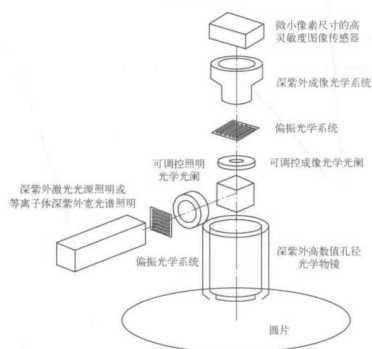
有图形缺陷检测设备采用高精度的光学技术，对晶圆表面纳米及微米尺度的缺陷进行识别和定位。针对不同的集成电路材料和结构，缺陷检测设备在照明和成像的方式、光源亮度、光谱范围、光传感器等光学系统上，有不同的设计。有图形缺陷检测设备主要可分为明场缺陷检测和暗场缺陷检测两大类。

图24.有图形缺陷检测



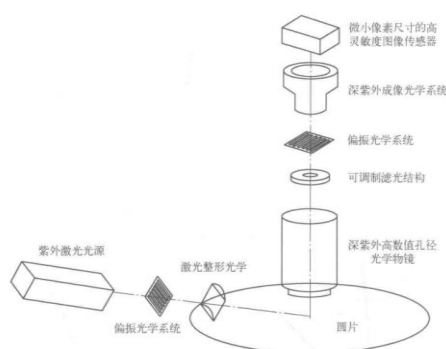
数据来源：精测电子官网，财通证券研究所

图25.明场光学缺陷检测系统



数据来源：《集成电路产业全书》，王阳元，财通证券研究所

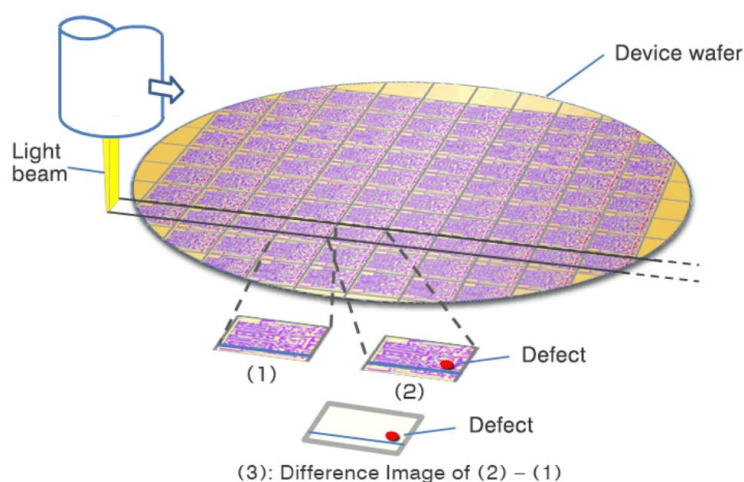
图26.暗场光学缺陷检测系统



数据来源：《集成电路产业全书》，王阳元，财通证券研究所

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。明场设备的照明光路和采集光路共用一个显微物镜；而暗场检测设备的照明光路和采集光路存在物理隔离。

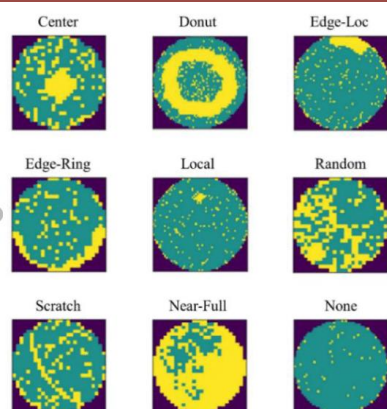
图27.有图形缺陷检测



数据来源：日立官网，财通证券研究所

晶圆表面的缺陷可分为系统性缺陷和随机缺陷两大类。随机缺陷通常由晶圆生产中的杂质污染（灰尘，金属颗粒）所导致，具有较强的不可预测性；而系统性缺陷通常由掩膜版或晶圆制造过程中的工艺问题所导致，具有较强的重复性。系统性缺陷通常出现在一批晶圆的相似位置（如晶圆的边缘或中心位置）。

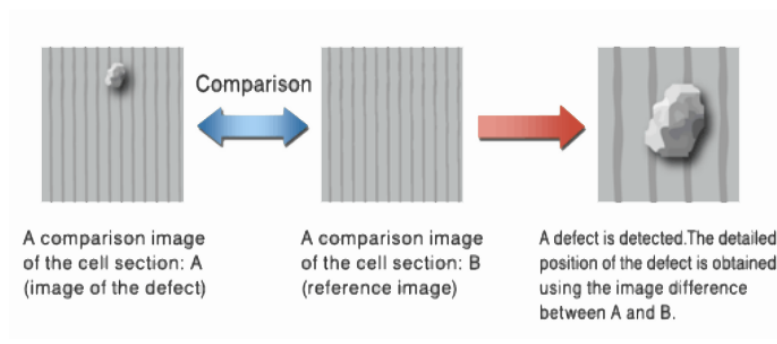
图28.常见的缺陷分布类型



数据来源：ResearchGate, Muhammad Saqlain, Qasim Abbas, Jong Yun Lee,财通证券研究所

有图形缺陷检测的具体步骤为：移动平台吸附晶圆；通过预对准确定晶圆中心位置和旋转角度；通过图像识别功能，精确校准并确定每个芯片的位置；运动系统以S形轨迹运动；运动中，光学系统对晶圆上的各个芯片进行扫描、拍照；有图形缺陷检测设备将图像和数据上传系统，通过算法进行处理。

图29.通过对比图形差异来锁定缺陷



数据来源：日立官网，财通证券研究所

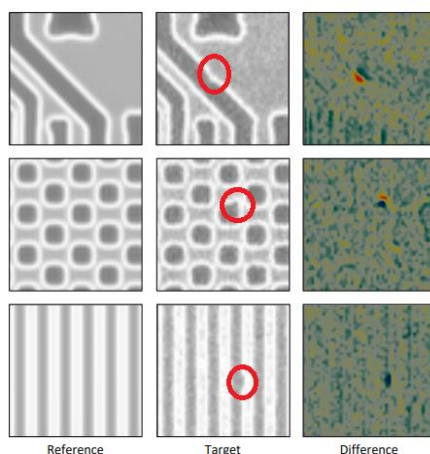
由于随机缺陷重复出现的概率极低，故有图形缺陷检测可对比两个相邻芯片的电路图形，搜寻电路图形差异从而定位缺陷。相对的，系统性缺陷可能同时出现在相邻芯片上，故邻近对比的陷检测方式可能无法发现。为进一步提高有图形缺陷识别的准确性，缺陷扫描系统通常会确定“黄金芯片”作为图形对比基准（reference）。“黄金芯片”可以通过人工选择得到，也可以通过若干芯片的图形组合叠加得到。

1.2.7 电子束、X射线检测与复检：精度最高

电子束图形缺陷检测设备（EBI），是一种利用电子扫描显微镜，对晶圆进行缺陷检测的量测设备。其核心部件电子扫描显微镜，通过聚焦离子束对晶圆表面进行扫描，接收放射回来的二次电子和背散射电子，经过计算处理后将其转换为晶圆形貌的灰度图像。

传统的光学检测技术晶圆处理速度快；但随着集成电路制程的发展，光学检测方法受制于光线波长，图像识别时的分辨率和灵敏度面临越来越大的挑战。集成电路产线通常采用光学、电子束相结合的检测方法：光学检测快速定位缺陷，电子束设备对缺陷进行高精度的扫描成像。

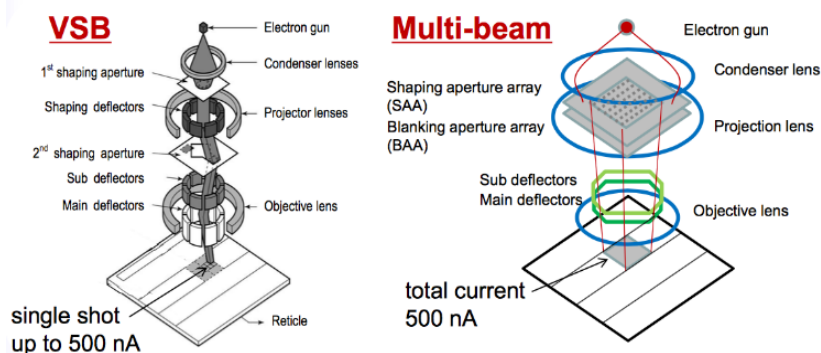
图30.电子束缺陷检测结果



数据来源：KLA 官网，财通证券研究所

相比于光学检测设备，电子束检测设备对图形的物理缺陷（颗粒、凸起、桥接、空穴）具有更高的识别率，对具备隐藏缺陷的检测能力。虽然电子束设备性能占优势，但是其检测速度较慢，不能单独满足晶圆厂的需求，故不能完全替代光学检测。为提高电子束设备的检测速率，并行多筒和单筒多电子束设备为未来的主要发展方向。

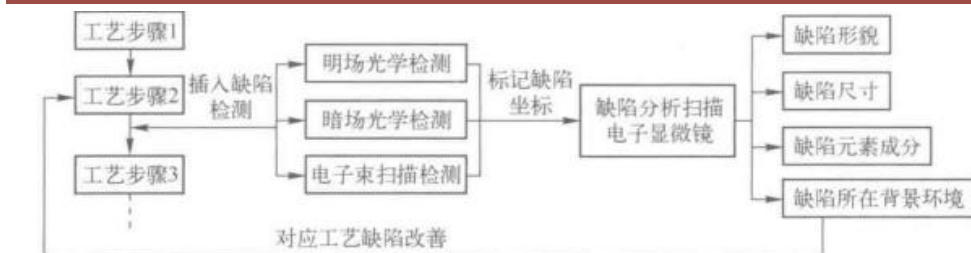
图31.电子束检测原理



数据来源：NuFlare,财通证券研究所

X 射线检测设备主要由 X 射线管和 X 射线质谱仪组成，这种检测方法具备穿透力强，低损伤的特点，同时具备测定金属成分的能力，可运用在超薄膜的测量中。与电子束检测类似，单独的 X 射线检测速度慢，主要运用在多层、高深宽比结构（例如：3D NAND 存储器的 ON Stack）等特定场景中。

图32.缺陷检测和复查流程



数据来源:《集成电路产业全书》,王阳元,财通证券研究所

在完成对晶圆表面缺陷的检测后,识别出的缺陷位置和特征会录入到缺陷数据库中。随后,缺陷分析扫描电子显微镜(Review-SEM)用于高精度地分析缺陷的形貌和成分。Review-SEM 通过收集散射的二次电子、背散射电子来观测缺陷的尺寸、形貌、背景环境,通过收集特征 X 射线信号来确定缺陷的元素成分。与 EBI 相比,Review-SEM 具有更高的分辨率,但检测速度更慢。

1.2.8 红外光谱仪测量(FTIR): 有效获取掺杂成分

傅里叶变换红外光谱仪(FTIR)采用红外线(2.5-25 微米)的高压汞灯或碳硅棒光源,可以测量膜层物质的化学组成和分子结构。FTIR 主要运用在硅外延膜层的膜厚和成分测量,及硼磷硅玻璃膜等特殊膜层的掺杂成分测量当中。

FTIR 工作的主要原理为:由红外光源发出的红外光经准直为平行红外光束进入干涉系统(由定镜和动镜组成),由于光程差形成干涉。干涉光信号到达探测器上,经过傅里叶变换处理得到红外光谱图,进而得到化学成分等所需信息。

1.3 量测设备技术复杂,行业壁垒高

量测设备需要光学、电子学、移动平台、传感器、数据计算软件等多个系统密切配合,每个设备厂商针对上述系统都有独特设计和大量的独家 knowhow,行业壁垒较高。

此外,制程升级也带来了新的难点。等同样大小的缺陷在成熟制程中是非致命的,在先进制程中却极有可能是导致电路失效的致命性缺陷。因此量测设备需要更高的灵敏度,更快速、更精确的测量能力。超薄膜(厚度小于 10 埃)、极高深宽比、非破坏性的图形等结构的测量,也提出了新的要求。量测设备的主要技术难点包括分辨率、软件算法、产能等。

图33.缺陷检测设备剖面图



数据来源：KLA 官网，财通证券研究所

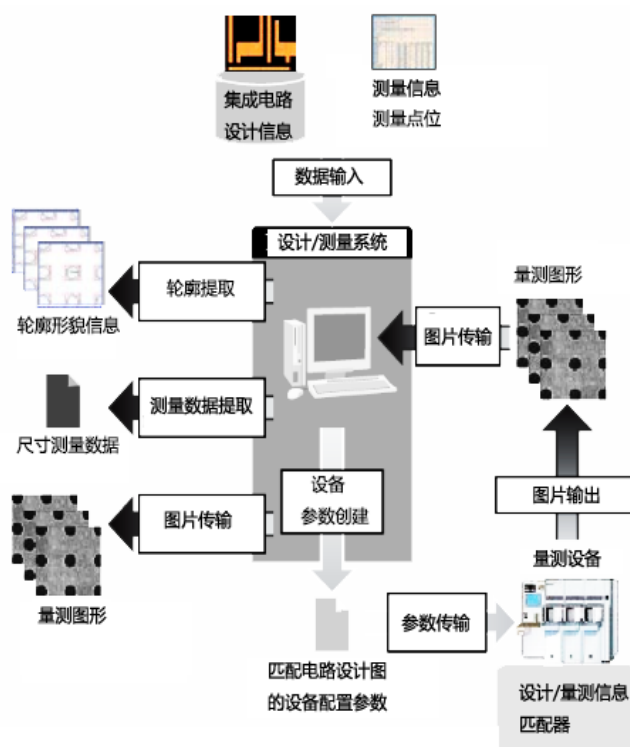
1.3.1 光学检测技术分辨率提高

随着光刻技术的不断发展，集成电路构造不断缩小，对检测技术的分辨精度也提出了更高要求。目前较先进的量测设备已使用 DUV 波段光源，能够检测小于 14 纳米的缺陷，并实现 0.003 纳米的膜厚测量；展望未来，量测设备会更多使用波长更短的 VUV、EUV 光源来捕捉更小的缺陷。此外，光源光谱范围的拓宽和光学系统数值孔径的提升以提高光学分辨率，也是重要突破方向。

1.3.2 大数据检测算法和软件重要性凸显

量测设备已不单纯依赖图像解析来捕捉缺陷，而是结合了图像信号处理软件和算法，在信噪比图像中寻找异常信号。量测算法的专业性强、难度大，需要较长时间的工艺经验积累，开发周期长。量测设备企业均在自家产品上研发算法和软件，算法不对外单独出售。随着量测设备收集的数据量继续增长，未来对量测设备算法软件的要求会越来越高。

图34.量测设备软件系统运行流程



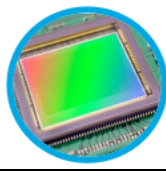
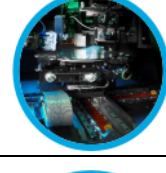
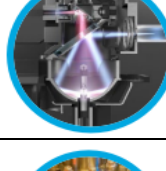
数据来源：ResearchGate, S. Koshihara, Yoshihiro Ota, Hideo Sakai, R. Matsuoka, 财通证券研究所

1.3.3 设备检测速度和吞吐量的提升

量测设备的产能关系到晶圆生产的效率和经济效益。量测设备的产能提升，将有效降低每片晶圆的检测成本，从而在提高良品率的同时，更好地控制晶圆厂的生产成本。

表1.量测设备的核心技术

	光源发生器	量测设备采用宽波段光、激光等多种光源。传统的光源包括氙气灯、汞放灯，新型光源为激光持续放电灯。由于晶圆表面不同材料的光谱不同，更宽的光谱能够提供对不同材料缺陷更强的信号选择。
	深紫外、可见光、X光、电子束光学系统	量测设备具备复杂的光学系统，包括偏振光学系统、激光整形光学系统、曲面反射镜与透镜、可调节滤光器、深紫外高数值孔径光学物镜等，这些系统确保光线能够精准地衍射和反射，并被光学信号传感器收集。
	高性能数据传输与处理能力	量测设备在工作过程中，其传感器会收集晶圆的各种光学和电学信号，生产海量的数据传输量；同时，量测设备的软件系统在参考数据库分析收集到的信号，并构建模型时，需要强大的计算能力。这对量测设备计算机系统的数据传输和计算能力提出了极高的要求。

	人工智能、算法、机械学习	量测设备的计算机系统使用先进算法处理收集到的光电信号，提高数据处理效率的同时降低系统的负荷。量测设备企业在数据库中保存有大量晶圆缺陷的信号特征，经过其训练的人工智能，有能力以更高的精准度和效率找出缺陷。
	图像传感器与摄像头	量测设备需要在短时间内处理大量晶圆，故设备的图像传感器需要在较短的时间内完成对晶圆片的高分辨，高精度的照相曝光。
	精密运动平台与机械控制装置	量测设备通过吸附晶圆的运动平台的移动，实现晶圆片不同部位的检测、测量、拍照处理。移动平台需要同时具备高移动速度和高移动精准度，和光刻机双工件台的技术要求类似。
	宽频等离子检测技术	传统光学检测设备对于微小或埋藏的缺陷发现概率较低，而电子束设备检测速度较慢。KLA 的宽频等离子检测技术采用新的光源（SR-DUV 或 DUV+UV），同时具备较为灵敏的检测能力和较高速的晶圆处理速度。
	电子枪与 X 射线枪	电子枪和 X 射线枪是电子显微镜等检测设备的核心组成部分，具有较高的技术难度；电子束检测需要在真空环境下进行，对真空系统有较高的要求。

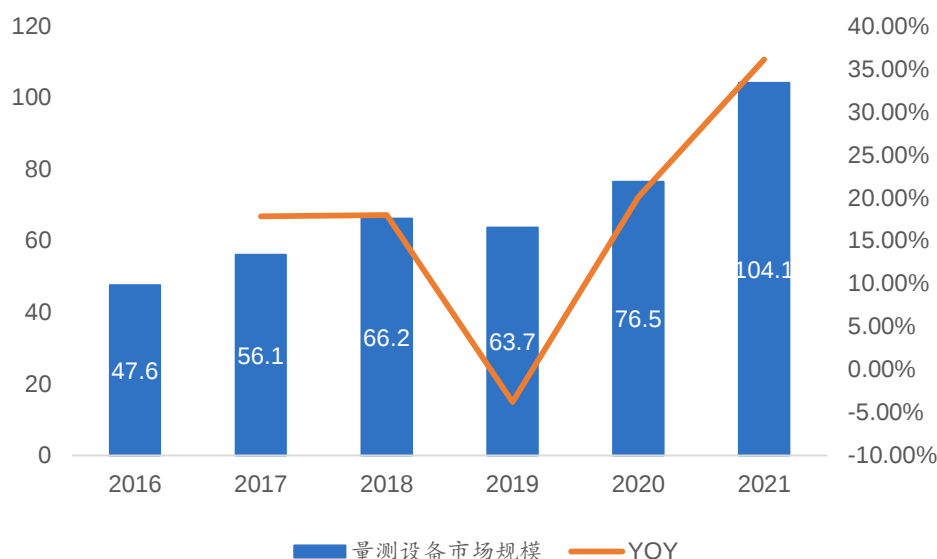
数据来源：KLA 官网，财通证券研究所

2 量测市场前景广阔，海外龙头一家独大

2.1 量测设备市场规模持续扩大

量测是除光刻、薄膜沉积、刻蚀外，最大的半导体设备细分类市场。随着集成电路制程的进步，量测设备的市场规模逐年上升，2021 年全球市场规模达到 104.1 亿美元，仅次于刻蚀、光刻、CVD，相比于 2020 年的 76.5 亿美元增长 36.5%。

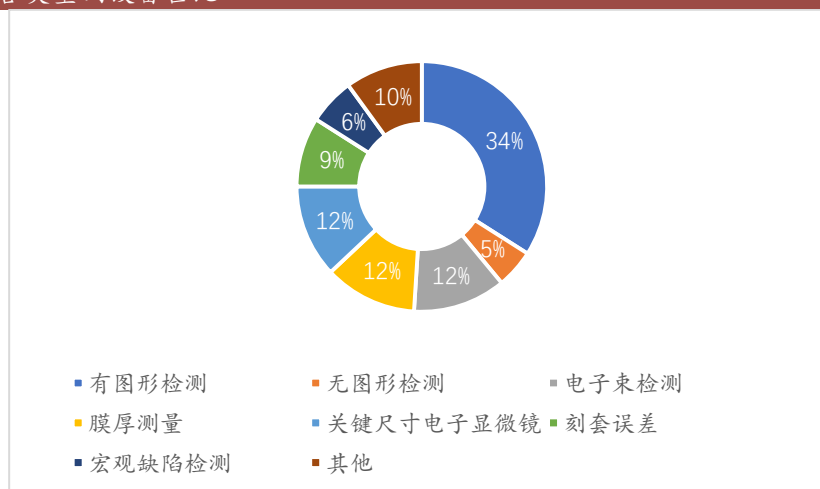
图35.全球量测设备市场规模(单位: 亿美元)



数据来源: 中科飞测招股说明书, 财通证券研究所

由于量测设备种类较多, 量测设备市场存在多个细分类。有图形缺陷检测设备市场规模最大, 占量测设备整体销售额的 34%; 关键尺寸扫描显微镜占 12%; 膜厚测量设备占 12%; 电子束检测设备占 12%; 套刻误差设备占 9%; 宏观缺陷检测设备占 6%; 无图形晶圆检测设备占 5%。

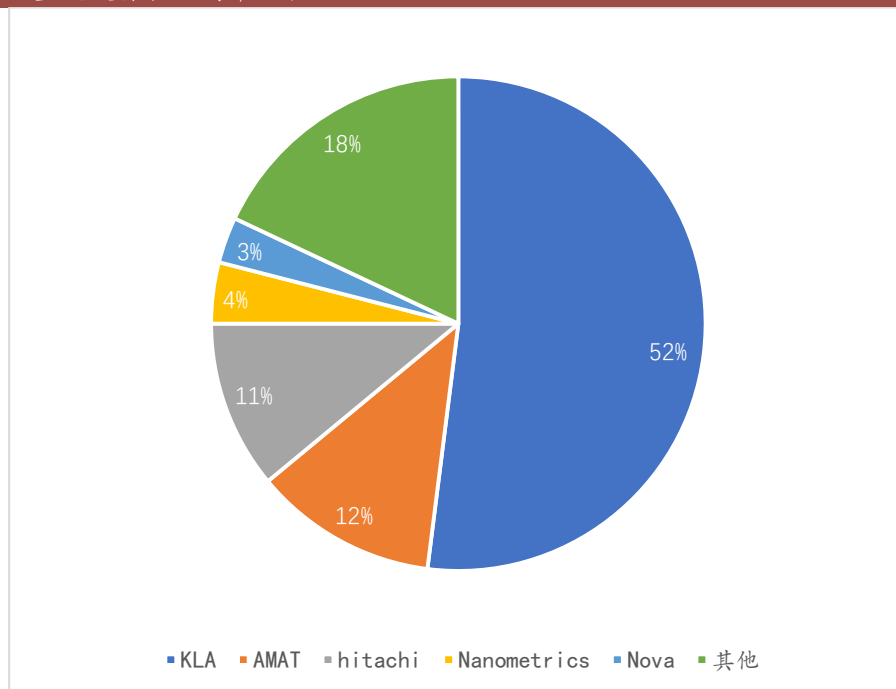
图36.各类量测设备占比



数据来源: 华经产业研究院, 财通证券研究所

量测设备市场呈现出高度垄断的格局, 行业前 5 名分别为科磊、应用材料、日立、Nanometrics、Nova, 市场占比分别为 52%, 12%, 11%, 4%, 3%, 行业 TOP3 占据 75%的市场份额。美国的科磊公司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。

图37.量测设备各公司市场占比

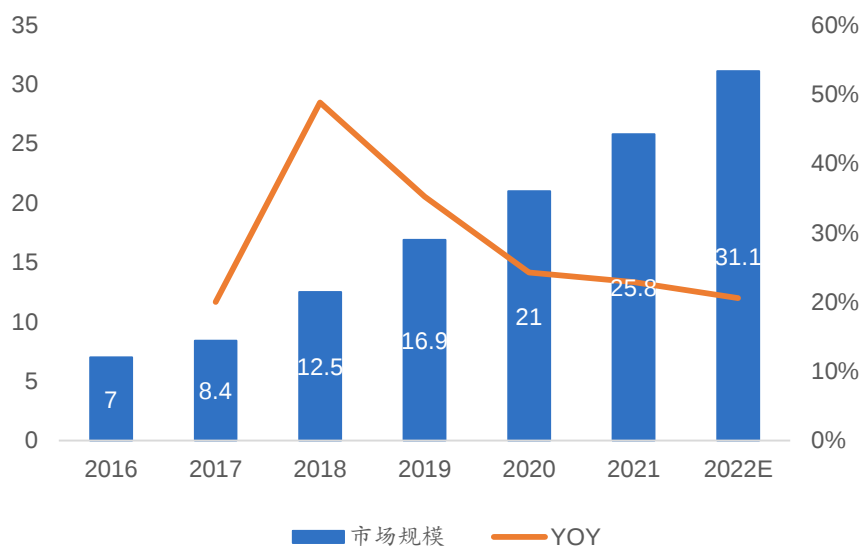


数据来源：精测电子官网，财通证券研究所

2.2 量测设备国产率低，自主可控需求迫切

受益于国内晶圆厂的大幅扩产，中国大陆量测设备市场规模不断攀升，2020 年市场规模已达到 21 亿美元，折合人民币约 150 亿元，占全球量测设备市场总额的 27.4%。据精测电子预估，目前中国半导体量测设备市场已进一步上升到 31.1 亿美元，未来 5 年预计复合增长率为 14%。

图38.中国半导体量测设备市场（单位：亿美元）



数据来源：中科飞测招股说明书，财通证券研究所

量测设备涉及多种光学、电子学尖端技术，国内企业在相关领域起步晚，技术积累薄弱，相比于科磊等海外企业有着很大的差距。国内包含成熟制程在内的所有半导体生产线中，国产前道量测设备的整体占比只有 2%。2022 年 1-6 月，国内晶圆厂公开招标量测设备中（几乎全部为成熟或特色工艺制程），国产化比例只有 12%。考虑到大量 12 寸设备，晶圆厂未进行公开招标，实际国产化率更低。

表2.2022 年 1-6 月国内 5 家晶圆厂设备招投标结果

设备类型	国产中标台数	国产化率
光刻设备	1	8%
涂胶显影设备	7	37%
薄膜沉积设备	30	31%
刻蚀设备	40	50%
CMP 设备	9	45%
清洗设备	14	42%
离子注入设备	3	9%
检测/量测设备	8	12%
测试设备	4	9%
炉管设备	33	35%
去胶机	25	86%
剥离设备	6	60%
刷片机	5	56%
其他设备	20	48%
合计	205	35%

数据来源：半导体产业研究院，财通证券研究所

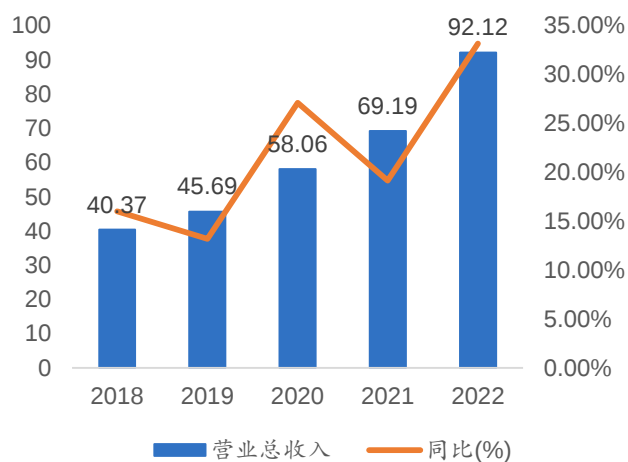
2022 年 1-9 月，中国大陆光学类半导体量测设备的进口额已达 25.21 亿美元，已接近去年 26.70 亿美元的水平。同期，中国大陆电子显微镜与衍射仪进口额 9.89 亿美元，已超过去年全年（有部分电子显微镜与衍射仪用于半导体生产）。国内量测设备市场规模大，进口替代空间充裕，国产设备企业成长空间广阔。

随着海外对中国半导体施加更多限制，量测设备的重要性不断凸显。科磊（KLA）和应用材料（AMAT）两家美国公司，占据全球量测设备市场份额超过 60%，欧洲和日本企业能够替代的美系产品有限。科磊公司 2021 财年来自中国市场的销售额，高达 26.6 亿美元（包括备件、服务收入），国内晶圆厂对其依赖程度较高。美国企业在量测设备领域的优势地位，是国内半导体产业突破本轮新限制、冲击高端制程所面临的严峻挑战。

2.3 科磊公司：全球量测设备领跑者

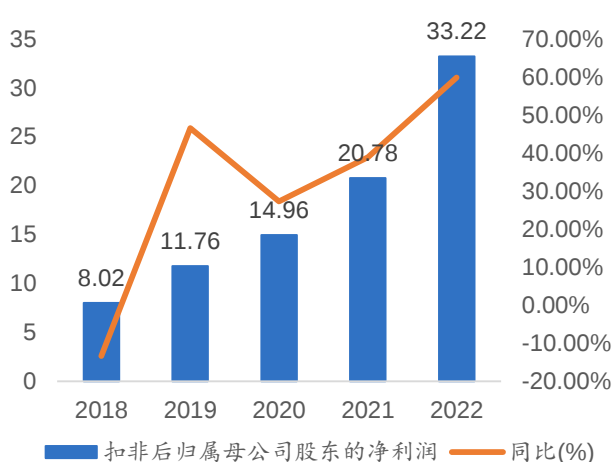
科磊 (KLA) 于 1976 年创立，总部在美国旧金山湾区的米尔皮塔斯，全球最大的量测设备企业。公司的业务已扩张到全球 19 个国家，拥有员工超过 13200 人，65% 的员工拥有博士或硕士学位，2022 年实现营业收入 92.12 亿美元，同比增长 33.14%。科磊公司的业务可分为服务和量测设备两大类，其中 2022 财年服务收入 19.10 亿美元，占比 20.74%；量测设备收入 73.01 亿美元，占比 79.26%。公司 2022 年的研发支出达 11.05 亿美元。

图39.科磊公司营收金额与增速（单位：亿美元）



数据来源：WIND，财通证券研究所 注：2022 年数据为截至 2022 年 6 月 30 日的财年

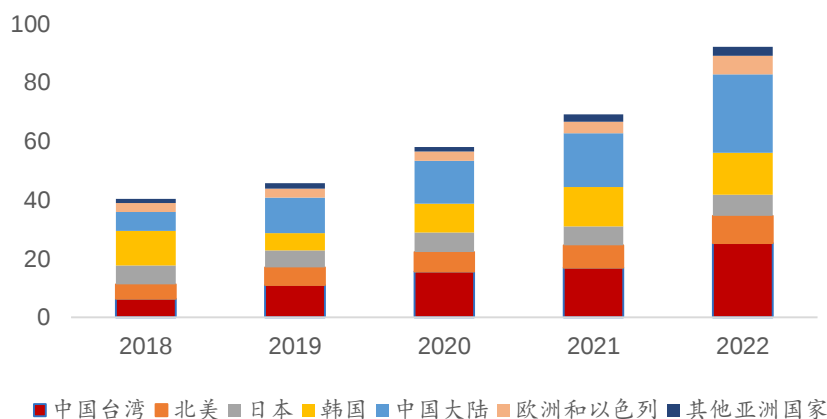
图40.科磊公司利润金额与增速（单位：亿美元）



数据来源：WIND，财通证券研究所 注：2022 年数据为截至 2022 年 6 月 30 日的财年

2022 财年，科磊公司有 26.6 亿美元的收入来自中国大陆，占比 28.88%；中国台湾 25.28 亿美元；占比 27.45%；韩国 14.3 亿美元占比 15.53%；北美 9.28 亿美元占比 10.07%；日本 7.25 亿美元占比 7.87%。科磊公司来自各地区的历年营收金额如下图所示，来自中国大陆的营收占比不断升高，从侧面反映出国内晶圆厂对其的依赖。

图41.科磊公司来自各地区收入金额（单位：亿美元）



数据来源: WIND, 财通证券研究所 注:2022 年数据为截至 2022 年 6 月 30 日的财年

科磊公司产品种类丰富, 覆盖几乎全部量测设备细分类。其中, 科磊公司在宏观晶圆形貌检测, 无图形缺陷检测, 有图形缺陷检测、掩模版检测、套刻误差检测等领域具有较强的技术优势, 市场占比预估超过 50%。

表3.科磊公司产品介绍

设备型号	设备类型	设备技术特点	设备图片
Aleris series	光谱椭偏仪-膜厚测量仪	Aleris 系列薄膜量测设备利用宽带光谱椭偏仪 (BBSE) 技术可为 32nm 节点及以下节点提供可靠的、精确的薄膜厚度、折射率、应力以及成分测量。其中, Aleris 8330 用于金属间电介质、光阻、底部抗反射涂层、厚氧化物和氮化物以及后段层等非关键薄膜层。Aleris 8350 用于超薄扩散层、超薄栅极氧化物、先进光阻、193nm ARC 层、超薄多层堆叠以及 CVD 层。Aleris 8510 进一步覆盖到 High-k 金属栅极和超薄去耦等离子体氮化 (DPN) 工艺层。	
SpectraFilm	光谱椭偏仪-膜厚测量系统	SpectraFilm: 设采用高亮度光源驱动光谱椭偏仪技术, 新的 FoG (光栅上的薄膜) 算法可以在类似器件的光栅结构上实现薄膜测量, 从而进一步提高测量值的准确性。该设备可为 16nm 及以下逻辑制程和高端存储器中的各种薄膜层, 提供可靠的高精度厚膜厚度、折射率和应力测量。	
Archer 系列	光学散射-套刻测量	Archer 600 凭借新型的成像测量技术和弹性的工艺目标设计, 能够对不同工艺层、器件类型、设计节点的多种结构 (多层材料结构, 芯片内部结构) 进行套刻测量。 ATL: 基于散射测量的套刻测量系统, 可以支持 7 纳米及以下设计节点的高精度套刻量测。	
SpectraShape 系列	光学-关键尺寸和晶圆形貌测量	Archer 500: 基于双重成像和散射的测量模块, 可以为 2Xnm/1Xnm 设计节点的存储器, 进行高性能和低成本的套刻误差测量。 SpectraShape10K: 可以对 1Xnm 及以下的 FinFET、多层叠堆 3D NAND 的关键尺寸 (CD) 和三维形貌进行测量和监控。设备采用各种光学技术和独特算法, 可以测量包括临界尺寸, 金属栅极凹槽, high-k 凹槽, 侧壁角度, 光阻高度, 硬光罩高度, 间距偏移在内的各种参数。 SpectraShape 9000: 可以对 20 纳米及以下的集成电路进行光学 CD 测量和晶圆形貌测量。	

SpectraShape 8810/8660: 可以对 32 纳米及以下的集成电路进行光学 CD 测量和晶圆形貌测量。

WaferSight
系列

光学-无图案裸晶
圆几何形貌测量

WaferSight: 可对抛光硅晶圆、外延硅晶圆、先进基板进行质量认证。设备可测量得到晶圆平坦度, 双面纳米级形貌、高分辨率边缘碾轧数据。



PWG 系列

光学-晶圆几何形
貌测量

PWG5: 具有高分辨率和高密度采样, 可以测量 3D NAND 多层叠堆结构中, 薄膜应力引起的晶圆曲翘等形状变化、晶圆厚度变化、晶圆正面和背面的形貌变化。设备具有高灵敏度, 可同时测量晶圆正面和背面与平面度的任何偏差, 在线测量速度和分辨率也可支持先进的 DRAM 和逻辑电路的生产。



TERON 系
列

光学-有图案掩膜
版缺陷检测

Teron 640: Teron 640 型光罩检测设备通过芯片与数据库或芯片与芯片之间的图案对比, 检测关键图案和颗粒缺陷, 具备处理各种堆叠材料和复杂的 OPC 结构的能力, 缺陷捕获率和洁净度满足 EUV 光罩生产的要求。

Teron 630: 用于 1Xnm / 2XHP 光学和 EUV 光罩检测

Teron 610: 用于 2Xnm / 3XHP 光学光罩检测



TeraScan 500XR: 用于 3Xnm / 4XHP 光学光罩检测

LMS IPRO
系列

光学-掩膜版缺陷
检测

LMS IPRO7: 光罩定位测量系统采用 KLA 独有的模型量测算法, 可以高精度地测量目标和多个器件上的多个特征图案的定位误差, 为 7 纳米节点使用的 EUV 光罩提供准确快速的图案定位。LMS IPRO7 可以在光罩的开发和生产过程中收集数据, 校正电子束光罩写入仪并提升光罩的质量。

LMS IPRO6: 用于 10nm 设计节点的光罩量测系统, 能够测量标准定位标记和器件上图形特征。

LMS IPRO4: 用于 32nm / 28nm 设计节点的光罩测量系统。LMS IPRO4 在行业内独具灵活的 4 寸至 8 寸的光罩尺寸处理能力。



Surfscan 系
列

光学-无图案检测

Surfscan SP7: 无图案晶圆检测系统可用于先进的逻辑芯片和存储器芯片制造, 覆盖 EUV 光刻工艺, 也可用于先进衬底制造 (如特级硅晶圆、外延和 SOI 晶圆)。设备采用具备峰值功率控制的 DUV 激光光源、全新的光学架构、一系列光斑尺寸变化以及先进的算法, 为裸晶圆、光滑和粗糙的薄膜以及精细的光阻和光刻堆栈结构提供灵敏度极高的检测和更好的缺陷分类。



Surfscan SP5XP: 无图案晶圆表面检测系统, 不仅产量高也具有 DUV 灵敏度, 适用于 1Xnm 设计节点的 IC、衬底制造。

Surfscan SP5: 无图案晶圆表面检测系统, 不仅产量高也具有 DUV 灵敏度, 适用于 2X / 1Xnm 设计节点的 IC、衬底制造。

Surfscan SP3: 无图案晶圆表面检测系统, 不仅产量高也具有 DUV 灵敏度, 适用于 2Xnm 设计节点的 IC、衬底制造。

392x 系列宽光带等离子缺陷检测系统, 配备深紫外 (SR-DUV) 波段光源、新型传感器、pixel-point 和 nano-cell 设计识别算法, 具有超分辨率。392x 型设备对特殊类型缺陷具有高灵敏度的捕获能力, 可以为 ≤7 纳米设计节点的逻辑电路及先进存储器制造, 提供晶圆级别的缺陷检测、良率改进、在线监测服务。

3900 系列 有图形缺陷检测 392x 系列还配有先进的 pixel•poin 和 nano•cell™ 设计认知算法, 能够在对良率关键的图案位置捕获缺陷并对其进行分类。

3900 and 3905: 宽光谱等离子晶圆缺陷检测仪, 针对 10nm 及以下的逻辑和高级内存器件进行针对影响良率的关键缺陷的检测。



2950 和 2955 宽光谱等离子缺陷检测仪采用增强型宽光谱等离子照射技术以及 pixel-point 和 nano-cell 设计识别算法, 具备在各种电路层级、材料类型、制程堆叠上捕获关键缺陷所需的灵敏度。

2900 系列 有图形缺陷检测 2930 and 2935: 对 10nm 及以下的逻辑电路和存储器提供影响良率的关键缺陷的检测。

2920 and 2925: 对 16nm 及以下的逻辑电路和存储器提供影响良率的关键缺陷的检测。

2910 and 2915: 针对 2X / 1Xnm 的逻辑电路和存储器提供影响良率的相关缺陷检测。

2900 and 2905: 对 2Xnm 的逻辑电路和存储器提供影响良率的相关缺陷的检测。



PUMA 系列 激光-有图形暗场缺陷检测 Puma 9980 激光扫描检测系统增强了多项灵敏度, 能实现对多重模板工艺图案等图案层缺陷的捕获。设备采用了 NanoPoin 这一设计解析功能, 提升了缺陷检测灵敏度、更好的系统性噪音分离、更高的缺陷定位精度。

Puma 9850: 为 2X / 1Xnm 内存和逻辑器件提供全芯片 (Die) 区域的高灵敏度偏移监控。



Puma 9650: 为 $\leq 28\text{nm}$ 的内存和逻辑器件提供全芯片 (Die) 区域的高性能偏移监控。

Puma 9500: 为 $\leq 32\text{nm}$ 的内存和逻辑设备提供高性能的偏移监控。

Voyager 系 激光-有图形缺陷
列 检测

Voyager1015 激光扫描检测系统适用于浸没式 (193i) 和 EUV 光刻工艺的显影后检测 (ADI)，因为这一工艺步骤下的晶圆仍可进行返工。针对先进制程的 ADI 层上间距紧密的图案，Voyager1015 采用 DUV 激光、新光学设计、高采集立体角度，提供了检测所需的高灵敏度。特殊的传感器和能量可控的激光光源，能够检测精细的光阻材料。倾斜的照射方式和先进算法可以抑制 ADI 检测中固有的噪声源，从而提高检测的精确性。



eDR7000 系 电子束-缺陷检查
列 系统

eDR7380 电子束缺陷检测系统设备内置多种电子光学元件和专用的镜头内探测器，能实现对脆弱的 EUV 光刻层、高宽比沟槽层、电压对比层等各种结构中缺陷的高分辨率可视化，采用的 Simul-6 技术可以通过一次电子束检测生成完整的 DOI (关注缺陷) 柱状分部图，从而精确定位缺陷根源并迅速检测工艺偏差。

此外，设备能与宽光谱图案检测仪或裸片晶圆检测仪进行数据连接与通信，从而加速良率改进。



eDR7280: 采用第五代电子束浸没光学元件的电子束晶圆缺陷检视和分类系统，适用于 $\leq 16\text{nm}$ 设计节点的 IC 开发和生产。

数据来源: KLA 公司官网, Direct Industry, 财通证券研究所

3 中国企业奋起直追，技术突破前景可期

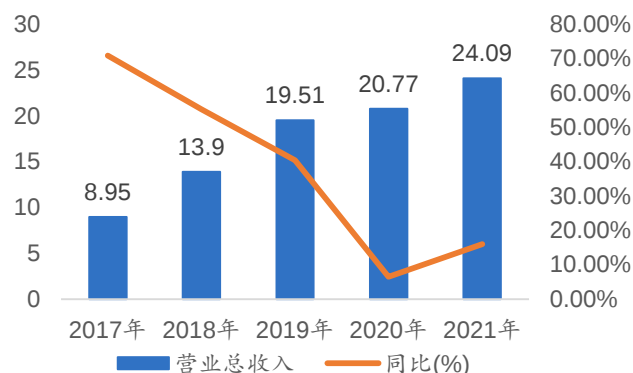
经过长时间的技术研发与经验积累，中国企业在膜厚测量、缺陷检测、关键尺寸测量等领域取得了部分突破。数家国内企业脱颖而出，成功打入中芯国际，长江存储等企业的量产产线。国内企业在产品种类、工艺覆盖、算法软件、制程支持、核心零部件等方面，相比海外巨头还有较大差距。但随着国内晶圆厂积极引入国产设备验证，国内量测设备企业有望在技术上实现快速追赶，业绩预期加速兑现。

3.1 精测电子 (300567.SZ): 全方位布局前道检测设备

武汉精测电子集团股份有限公司创立于 2006 年 4 月，是一家致力于为半导体、显示以及新能源等测试领域提供卓越产品和服务的高新技术企业。公司产业布局日趋完善，在中国的武汉、苏州、上海、香港、台湾等地，及美国、日本等国拥有

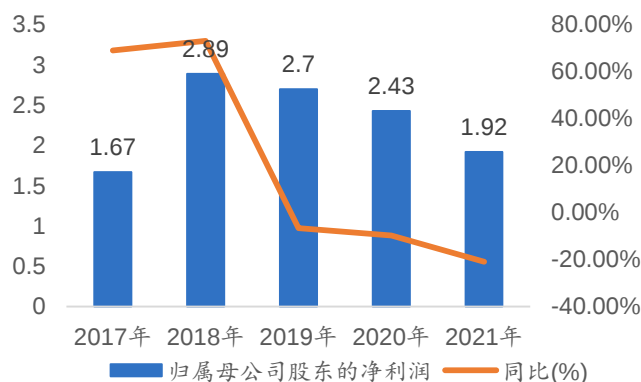
众多家分子公司。公司于2018年进军半导体设备领域，成立上海精测半导体技术有限公司、武汉精鸿电子技术有限公司，分别布局前道、后道测试设备领域。

图42.精测电子历年营业收入（亿元）



数据来源：WIND, 财通证券研究所

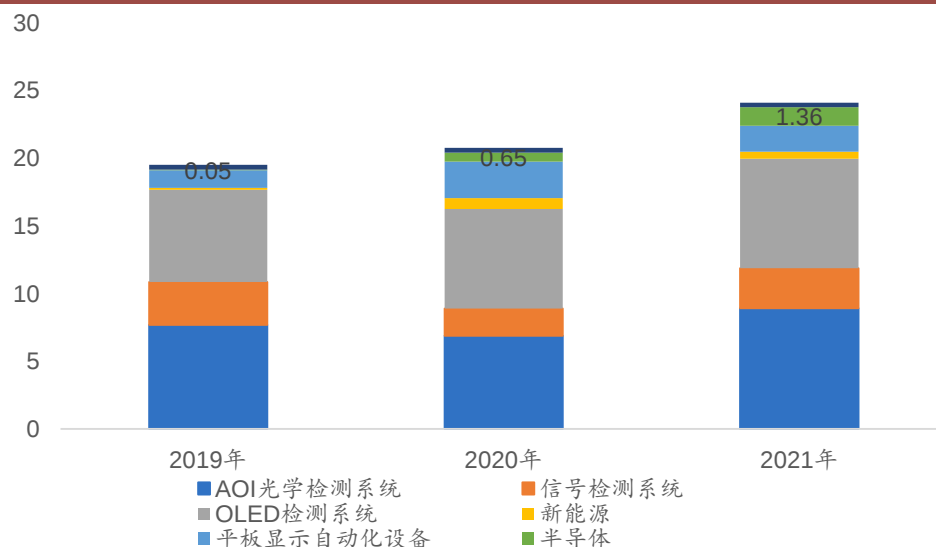
图43.精测电子历年归母净利润（亿元）



数据来源：WIND, 财通证券研究所

精测电子2021年实现营收24.09亿元，同比增长16.01%；其中半导体检测设备实现收入1.36亿元，同比增长109%，占比呈逐步提升态势。公司保持高研发投入，2021年研发费用4.26亿元，占营收17.70%。同期由于面板扩产速度放缓，公司AOI检测系统和OLED检测系统毛利率下降，公司利润增速放缓。

图44.精测电子各类业务营收（亿元）



数据来源：WIND, 财通证券研究所

表4.精测电子半导体量测产品

产品名称	工艺类型	产品特点	产品图片
TG 300IF	硅片形貌及应力	为集成电路制造提供全面的晶圆平坦度、纳米形貌数据。此外也可以用于测量应力诱导的晶圆形状、晶圆形状引起的套刻补偿、晶圆厚度变化以及晶圆正面和背面的形貌。设备可帮助晶圆厂实现更快速的良率提升、叠加控制以及光刻聚焦窗口控制	
EPROFILE 300FD	膜厚及 OCD	EPROFILE300FD 是集成电路生产线 200/300mm 硅片全自动光学薄膜测量及光学关键尺寸(OCD)测量系统	
ULTRAVIEW	电子束	暂无相关信息	
AeroScan DUO	FIB-SEM 双束系统	FIB-SEM 双束系统：集成电子显微镜 SEM 和聚焦离子束 FIB 的切割取样功能于一体，可以实现缺陷位置的微纳加工，用于集成电路的失效分析和修改。	
J-Profiler	OCD 核心算法软件	功能强大、易于使用的 OCD 分析软件套装	

数据来源：上海精测半导体公司官网,财通证券研究所

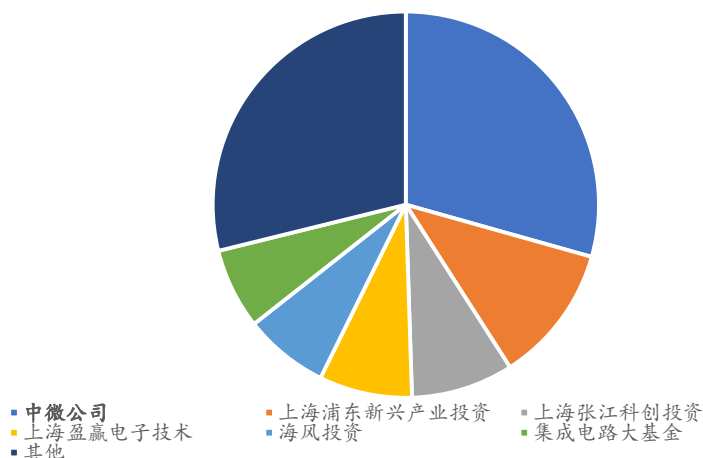
2022 前三季度,公司半导体业务营收 1.12 亿,同比增长 43.7%。在产品方面,膜厚、电子束均获得批量订单。OCD 测量设备通过关键客户 28nm 工艺验证,顺

利进入量产生产线并投入使用。公司半导体光学量测再发新品，向国内最大晶圆制造厂之一的华东大客户交付光学形貌量测 TG 300IF 设备。公司在前道量测领域布局最为全面，有望充分受益国产替代，未来在半导体领域将有良好发展。

3.2 睿励科学仪器（中微公司 688012.SH 持股）：国产量测设备领跑者

睿励科学仪器（上海）有限公司是于 2005 年创建的合资公司，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。

图45.睿励股权结构(2022 年 11 月 27 日数据)



数据来源：爱企查，财通证券研究所

随着国内对量测设备的重视程度不断提高，睿励科学仪器的融资规模不断扩大：2019 年 8 月中微投资 1375 万元获得睿励 10% 股份；2019 年 11 月睿励获得科创投集团、同祺投资、海风投资、国家集成电路产业投资等的战略融资超 1.2 亿；2020 年 12 月中微公司增资 1 亿元，成为第一大股东，股份占比 20%；2022 年 3 月中微公司再次增资 1.08 亿元，占股比例 29.35%。中微公司为睿励科学仪器第一大股东，持股比例为 29.36%；由于量测设备研发周期长，初期投入较大，2021 年睿励科学仪器实现收入 4084 万元，归母净利润为负 3541 万元。

表5.睿励科学仪器产品

产品类别	产品名称	产品图片	产品特点
光学薄膜测量设备	TFX4000E/ i		TFX4000E——薄膜厚度测量设备，应用于 12 英寸大规模集成电路前端、化合物半导体生产线，可量测透明或半透明介质材料、金属硅化物、金属氧化物等半导体材料薄膜，提供薄膜可靠和精确的厚度、折射率、成分比率和应力测量，输出产能高，可量测范围更宽广，超厚膜和超薄膜量测能力更稳定，采用新的椭圆偏振光路设计，机械运动性能可靠。设备配备高亮度光源驱动光谱技术，有较强的的图像识别功能。
光学薄膜测量设备	TFX3000P		TFX3000 系列 300mm 全自动精密薄膜测量系统的应用范围包括刻蚀（Etch）、化学气相沉积（CVD）、光刻（Photolithography）和化学机械抛光（CMP）等工艺段的测量，能准确的确定半导体制造工艺中的各种薄膜参数和细微变化（如膜厚、折射率、应力等）。
光学关键尺寸测量设备	TFX3000 OCD		TFX3000 OCD 300mm 硅片全自动光学关键尺寸（OCD）和形貌测量系统。其在 TFX3000 系统基础上集成光学关键尺寸测量模块，除具有 300mm 全自动光学膜厚测量能力外，还可以进行显影后检查（ADI）、刻蚀后检查（AEI）等多种工艺段的二维或三维样品的线宽、侧壁角度（SWA）、高度/深度等关键尺寸（CD）特征或整体形貌测量。可测量二维多晶硅栅极刻蚀（P0）、隔离槽（STI）、隔离层（Spacer）、双重曝光（Double Patterning）或三维连接孔（VIA）、鳍式场效应晶体管（FinFET）、闪存（NAND）等多种样品。具有高速、准确和非破坏性等特点。
光学薄膜测量设备	TFX3200		TFX3200——薄膜厚度测量设备，应用于 8 英寸大规模集成电路前端、化合物半导体生产线，可量测透明或半透明介质材料、金属硅化物、金属氧化物等半导体材料薄膜，提供薄膜可靠和精确的厚度、折射率、成分比率和应力测量。设备具备低持有成本（COO），输出产能高，机械运动性能可靠，图像识别能力强，有功能丰富、易用的软件和算法。

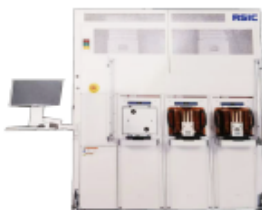
缺陷检测
设备

FSD158e



FSD158e——外观缺陷检测设备，应用于 2 寸、3 寸、4 寸、5 寸、6 寸及 8 寸图形或无图形晶圆，适用于 LED、化合物半导体以及光通讯等领域，配置自主开发的缺陷检测增强算法，具备低持有成本、高稳定性和高可靠性的设计，具备晶圆全表面检测、自动缺陷分类以及高分辨率的缺陷复查功能，自动存储缺陷图像系统，最小检测精度可达 1.5um，支持工厂自动数据传递。

缺陷检测
设备 WSD200/WSD300
/WSD320/WSD380



WSD 系列外观缺陷检测设备，应用于 6 寸、8 寸、12 寸晶圆 ADI、AEI、API、OQC 等各类工艺的有图形或无图形缺陷检测，最高缺陷检测精度为 0.25 微米，最高速度模式的晶圆处理速度为 150 片每小时。在研的 380 型设备检测精度可达 0.1 微米。设备配备气浮大理石减震扫描平台，具备自动聚焦功能，可以输出通用格式或定制化格式的文件。

光学关键尺寸
测量设备

TFX5000

在研

数据来源：睿励科学仪器官网，财通证券研究所

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，截至 2022 年 6 月已完成多台设备出货，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 3D NAND 芯片的生产，并正在 96 层 3D NAND 芯片产线上进行工艺验证。

3.3 赛腾股份（603283.SH）：半导体领域有力竞争者

赛腾股份成立于 2001 年，由 3C 自动化设备起家，后通过收购切入半导体量测设备赛道，在 2011 年成为苹果产业链的供应商后，公司发展速度逐步提高。2019 年 9 月赛腾股份收购日本 Optima 株式会社 67.53% 股份。收购价款约合人民币 16395 万元，通过不断增资，截至 2021 年公司持有 Optima 约 74.10% 股权。Optima 公司主要产品有光学晶圆缺陷检测设备（精度 0.2 μm），如晶圆边缘检测、晶圆正面/背面检测、宏观检测、针孔检测等。

Optima 服务于一线大厂，韩国、日本、中国台湾的客户如 sumco、三星、memc Korea 等。国内包括新晟、中环、奕斯伟、立昂微等客户。目前 Optima 已覆盖国内多家领先晶圆厂，国内市场是企业未来的主要发展方向。

表6.赛腾股份半导体设备

产品型号	产品功能	半导体制造工艺	产品图片
RXW-1200 硅片边缘缺陷自动检测设备	在硅片、晶圆片制造环节，倒角/表面研磨/表面抛光/清 检出和分类硅片、晶圆片边 缘部的缺陷，及对要求部位SOI/成膜/光刻/CMP/修边/键 的尺寸进行量测	洗/干燥/PW 终检/外延、 合/减薄	
BMW-1200 晶圆片用背面检测设备	对晶圆片工艺中在晶片背面 产生的缺陷和异物进行三维 测量	成膜/光刻/蚀刻/CMP	
RXM-1200 边缘/表背面复合检测设备	在硅片制造（抛光，外延） 过程中，检测其边缘、正面 背面出现的各种缺陷	倒角/表面研磨/表面抛光/清 洗/干燥/PW 终检/Epi、SOI 等	
AXM-1200	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	硅片制造工艺中的边缘/正 面/背面/Notch 检查	

数据来源：赛腾股份官网，财通证券研究所

3.4 中科飞测（未上市）：深耕半导体质量控制设备

中科飞测在 2014 年 12 月，由岭南晟业、中科院微电子所及苏州翌流明共同出资设立。公司是一家国内领先的高端半导体质量控制设备公司，自成立以来始终专注于检测和量测两大类集成电路专用设备的研发、生产和销售，产品主要包括无图形晶圆缺陷检测设备系列、图形晶圆缺陷检测设备系列、三维形貌量测设备系列、薄膜膜厚度量测设备系列等产品，已应用于国内 28nm 及以上制程的集成电路制造产线。

表7.中科飞测产品

产品名称	产品图片	产品性能	应用领域
无图形晶圆缺陷检测设备系列		主要应用于硅片的出厂品质管控、晶圆的入厂质量控制、半导体制程工艺和设备的污染监控。该系列的设备能够实现无图形晶圆表面的缺陷计数，识别缺陷的类型和空间分布	集成电路前道制程

有图形晶圆缺陷检测设备系列



主要应用于晶圆表面亚微米量级的二维、三维图形缺陷检测，能够实现在图形电路上的全类型缺陷检测。拥有多模式明/暗照明系统、多种放大倍率镜头，适应不同检测精度需求，能够实现高速自动对焦，可适用于面型变化较大翘曲晶圆

集成电路前道制程和先进封装

三维形貌量测设备系列



主要应用于晶圆上的纳米级三维形貌测量、双/多层薄膜厚度测量、关键尺寸和偏移量测量，配合图形晶圆智能化特征识别和流程控制、晶圆传片和数据通讯等自动化平台

集成电路前道制程和先进封装

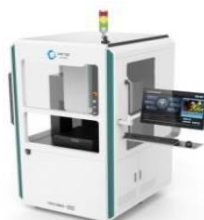
薄膜膜厚度量测设备系列



主要应用于晶圆上纳米级的单/多层膜的膜厚测量，采用椭圆偏振技术和光谱反射技术实现高精度薄膜膜厚、n-k 值的快速测量

集成电路前道制程

3D 曲面玻璃量测设备系列



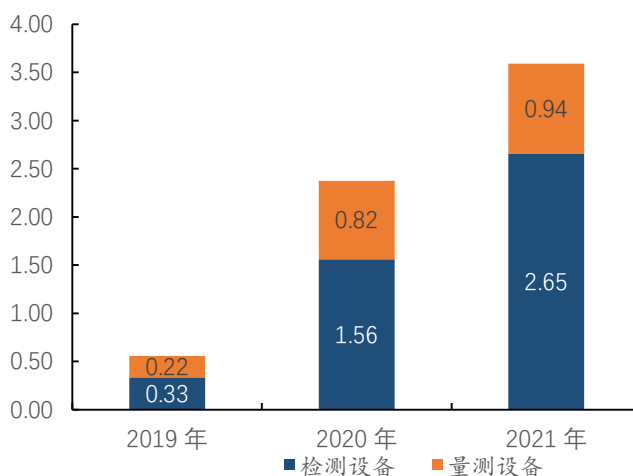
主要应用于 3D 曲面玻璃等构件的轮廓、弧高、厚度、尺寸测量，采用光谱共焦技术，实现高精度、高速度的非接触式测量。搭载可配置的全自动测量软件工具和完整的测试及结果分析界面

精密加工

数据来源：中科飞测官网，财通证券研究所

公司依托多年在光学检测技术、大数据检测算法和自动化控制软件等领域的深耕积累和自主创新，公司得以向集成电路前道制程、先进封装等企业以及相关设备、材料厂商提供关键质量控制设备。公司产品已广泛应用在中芯国际、长江存储、士兰集科、长电科技、华天科技、通富微电等国内主流集成电路制造产线，打破在质量控制设备领域国际设备厂商对国内市场的长期垄断局面。

图46. 中科飞测主营业务营收（亿元）



数据来源：中科飞测招股说明书，财通证券研究所

公司 2021 年度实现营收 3.59 亿元，其中检测设备收入 2.65 亿元，占营收 73.84%，同比增长 8.18%。主营业务营收从 2020 年 2.37 亿元增长至 2021 年 3.59 亿元，同比增长 51.48%。

3.5 东方晶源（未上市）：发力突破电子束设备

东方晶源微电子科技（北京）有限公司成立于 2014 年，总部位于北京亦庄经济技术开发区，是一家专注于晶圆制造良率管理的公司。公司的产品有计算光刻软件、电子束缺陷检测设备、关键尺寸量测设备三种。东方晶源于 2022 年 10 月购置价值 2800 万元的北京土地，用于新建厂房；并于 2022 年 11 月完成新一轮股权融资，总融资额为 10 亿。

东方晶源的国内首台电子束缺陷检测设备出货以来，公司持续对其进行升级优化。设备开机率已由 2021 年 6 月的 57% 提升至 2022 年 6 月的月平均 90.5%，最时期高达到 98%。经过三次重大改进，晶圆产量较改进前提升 250%~400%。2022 年 6 月东方晶源研发的新一代产品 SEpA-i515 正式发货，经过优化升级，使 SEpA-i515 具有更高的 TPT 和更优的平台设计，设备运行效率、性能指标均有大幅提升。

表8.东方晶源产品

产品名称	技术路线	产品性能	产品图片
SEpA-i 系列 电子束缺陷检测		SEpA-i505 是步进式扫描设备，定位精度高，适用于高分辨率检测；SEpA-i605 是连续式扫描设备，在硅片上进行连续区域的扫描，检测速度快。SEpA-i 系列设备能进行高分辨度物理缺陷检测和高灵敏度的电性能缺陷检测，设备具有基于 DNA 数据库的高性能缺陷检测引擎和灵活多元的缺陷分类算法引擎。此外，设备采集二次电子及背散射电子信号，改善信噪比。	

SEpA-C 系列

电子束关键尺寸
测量设备

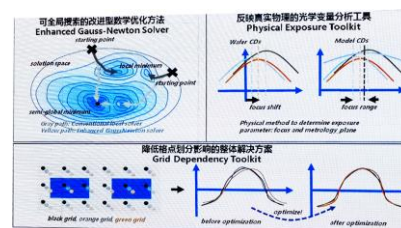
SEpA-C 系列设备分为适用 8 寸晶圆的 C300 型，和适用于 12 寸晶圆的 C400 型。设备具备高精度 Z 向高度定位功能以辅助高速 SEM 聚焦补偿；可根据设计数据离线自动生成量测 Recipe 文件；设备可选多探测器方案，支持多样化量测应用；此外，设备支持精确的 SEM，凸显轮廓抽取功能。



PanSim 光刻
计算软件

光刻仿真软件

东方晶源所推出的光刻计算产品，对光掩膜版图及光刻过程进行严格的物理仿真，最大程度还原真实的光刻步骤。该项产品将最昂贵，最复杂，耗时最长的光刻工艺，移植到计算机中进行提前预演，大幅减少了芯片设计和制造的花费。同时，设计与制造两端的工程师都可以依据光刻仿真的结果，提前对制造工艺和设计进行调整，不必等光刻机真正启动，这有效提高了芯片研发生产的效率。



数据来源：东方晶源官网，财通证券研究所

东方晶源研发出国内首 12 寸 CD-SEM，打破了国际巨头的长期垄断。入驻国内知名晶圆厂后，28nm 制程产品的 90nm 以上关键尺寸已完成验收，更小线宽工艺验证持续推进中，设备开机率也已超过 90%。

2022 年 6 月，公司新一代型号为 SEpA-c410 的 CE-SEM 发货。该设备服务于 300mm 硅片工艺制程，通过先进的电子束成像系统和高速硅片传输方案，搭配精准的量测算法，可实现高重复精度、高分辨率及高产能的关键尺寸量测。

3.6 上海优睿谱（未上市）：FTIR 领域拓荒者

优睿谱位于上海张江高科技园区，由长期从事半导体行业的海归博士、国内优秀的量测设备技术团队共同发起成立。公司团队核心成员均长期深耕量测设备行业，产业链相关资源积累丰厚。优睿谱的主要产品为 FTIR(傅立叶变换红外光谱)，首台设备型号 Eos200 于 2022 年 6 月正式交付客户，是国内首家实现 FTIR 设备交付的公司。此外，公司正在研制适用于 12 寸制程的 Eos300 系列产品。

图47.优睿谱 Eos200 设备



数据来源：优睿谱官网，财通证券研究所

FTIR 是一款利用红外光谱经傅里叶变换进而分析各种外延层厚度以及元素浓度的测量设备，可用于测量一代半导体（硅外延片）、二代半导体（砷化镓、磷化铟衬底外延）、三代半导体（碳化硅、氮化镓外延片）、分子束外延（MBE）等的外延层厚度、光刻胶厚度及 CMP 抛光后的厚度，以及测定半导体制程各种元素浓度。长期以来，半导体 FTIR 市场被 Nanometrics、赛默飞等国际设备厂商所垄断。

Eos200 设备采用模块化等多种创新设计，降低了客户的使用及维护成本。同时，优睿谱通过整合供应链资源，有效缩短了该设备的交付周期。

3.7 上海御微（未上市）：掩模版晶圆检测同步发力

御微半导体生产出国内首台集成电路掩模版缺陷检测设备，关键性能已经达到国际领先水平，并获取得全球半导体协会 SEMI S2 认证，通过全球顶尖集成电路制造商认可并获得重复订单。此外，公司所生产的前道晶圆缺陷检测产品，成功通过知名集成电路制造商认证。公司掌握整套尖端光学设备设计、集成及成像等核心技术。研发项目团队采用光刻机技术标准，应用于半导体量检测，致力提高国产半导体量检测设备的国际竞争力。

表9.上海御微产品

产品名称	技术路线	产品性能	产品图片
i6R	掩模版缺陷检测	设备具有高分辨率，采用高分辨率成像系统，提升颗粒探测灵敏度至微米量级；配置多种照明模式，提高不同缺陷检测工艺适应性，从而提高缺陷的检出率；配备 3 个独立晶圆机械接口掩模版版库，从而提高设备检测效率；气浴模块，可清洁玻璃表面颗粒。	

i12/ i8/i6 晶圆缺陷检测

用于显影后，刻蚀后，CMP 后缺陷检测。
 设备采用高速同步运动控制技术，检测效率高；
 设备有基于特征机器学习算法，能有效识别细微缺陷，
 提高缺陷检出率。



OV 系列 套刻对准测量

用于光刻步骤中的套刻对准测量。
 设备具有高灵敏度，采用高孔径数值，低像差的高性能
 成像系统；配备宽光谱光源且可加偏振，对 FinFET 制
 程具有良好的工艺适应性；设备体验超精高速运动平
 台，并配备高性能量测算法。



数据来源：上海御微官网，财通证券研究所

3.8 埃芯半导体（未上市）：X 射线检测领先者

深圳埃芯半导体成立于 2020 年 10 月，公司产品涵盖光学薄膜量测、光学关键尺寸量测、X 射线薄膜量测、X 射线材料性能量测、X 射线成分及表面污染量测等领域。其中，公司的 X 射线测量技术在国内居于领先地位。公司在深圳拥有 1000 多平米的研发及生产厂房，包括千级装配调测洁净间、百级和十级实验室洁净间。

表10.埃芯半导体产品

产品名称	技术路线	产品性能	产品图片
Åthena 系列	X 射线测量	Åthena Xcellenc T 系列 X 射线薄膜量测系统采用自由组合式的快速 X 射线反射技术 (XRR) 及 X 射线荧光技术 GIXRF, XRF (掠入射角或常规入射角)，可以对应先进或成熟制程薄膜、超薄膜，包括复杂多层结构的量测，提供精确快速的各类金属薄膜、金属化合物，以及部分轻元素，例如 P 薄膜的成分、膜厚、密度、粗糙度等多种薄膜特性参数量测。该设备可应用于 Logic、SDRAM 或高深宽比的先进 3D NAND 制程。	
		Åthena Xcellence LE 系列采用自主研发的高通量 X 射线荧光 (XRF) 技术，提供 B、P、C、O、N、F 等各种轻元素的成分量测。	
		Åthena Fulfillment 系列全反射 X 射线荧光 (TXRF) 测量	

技术为晶圆加工提供了快速、准确的表晶圆表面污染检测手段。

Åthena XcellenceD 系列快速 X 射线衍射 (XRD) 量测设备，提供对各类 Epi 材料晶格结构及膜厚的分析手段，此系统适用于工艺开发、材料应力工程开发、设备监控，工艺设备匹配等复杂应用

High Yield
系列

光学薄膜量测

埃芯自主研发的 High Yield 系列产品采用穆勒矩阵反射式光谱混合技术，可以量测薄膜的厚度、光学常数 (折射率 n 、消光系数 k 等)、能带宽度、缺陷等膜层参数，具备多层堆叠等复杂结构的量测能力。此系统适用于材料能隙监控、工艺开发及在线工艺监控、工程分析、工艺设备匹配等复杂应用



HighYield
Competence
系列

光学关键尺寸量测

埃芯自主研发的 HighYield Competence 系列光学关键尺寸量测平台适用于 FinFET、V-NAND、DRAM 以及其他前沿技术节点等复杂结构的关键尺寸量测。用于显影后 (ADI)、刻蚀后 (AEI) 等多个工艺段的二维或三维样品微尺度形貌，例如侧壁高度、深度、宽度等高精度关键尺寸测量。此系统适用于在线制程监测，图形控制，制程窗口控制及其扩展，先进制程控制 (APC)，工程分析等复杂应用。



数据来源：埃芯官网，财通证券研究所

4 风险提示

全球半导体市场步入下行周期，晶圆厂削减资本开支：量测设备的需求量与下游晶圆厂扩产进度密切相关。2022年下半年以来，全球各大晶圆厂开始逐步削减产能和资本开支，国内晶圆厂的产能利用率也出现下滑，可能拖累国产量测设备的需求。

贸易保护主义等因素延缓国内晶圆厂扩产步伐。美国行政当局于2022年10月出台针对中国企业的新限制措施，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。

研发或工艺验证进度不及预期：量测设备涉及到光学、电子学、算法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；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；量测设备整体研发难度较大，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。

信息披露**● 分析师承诺**

作者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，具备专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解。本报告清晰地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，作者也不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

● 资质声明

财通证券股份有限公司具备中国证券监督管理委员会许可的证券投资咨询业务资格。

● 公司评级

买入：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅大于 10%；

增持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在 5%~10%之间；

中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间；

减持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5%；

无评级：由于我们无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使我们无法给出明确的投资评级。

● 行业评级

看好：相对表现优于同期相关证券市场代表性指数；

中性：相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平；

看淡：相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数。

● 免责声明

本报告仅供财通证券股份有限公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司不保证该等信息的准确性、完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的邀请或向他人作出邀请。

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。

本公司通过信息隔离墙对可能存在利益冲突的业务部门或关联机构之间的信息流动进行控制。因此，客户应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。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。在任何情况下，本公司不对任何人使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告仅作为客户作出投资决策和公司投资顾问为客户提供投资建议的参考。客户应当独立作出投资决策，而基于本报告作出任何投资决定或就本报告要求任何解释前应咨询所在证券机构投资顾问和服务人员的意见；

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。