

## 内容目录

第一章 前言	4
第二章 2023-2028 年半导体工艺控制设备市场前景及趋势预测	4
第一节 半导体工艺控制设备：芯片良率的关键，千种零部件技术壁垒高	4
一、技术壁垒：75%基于光学检测技术，19%应用电子束技术	5
二、发展趋势：软硬件结合，向高速/高精度/高吞吐量方向发展	6
（1）硬件：千种零部件，运动控制/光学系统是关键	7
（2）软件：大数据检测算法和软件重要性凸显	7
第二节 细分赛道：缺陷检测占比 62.6%，量测占比 33.5%	8
一、缺陷检测：明场光学检测高壁垒，主要用于图形晶圆检测	8
二、量测：关键尺寸/套刻误差为主要应用场景	10
第三节 市场空间：光刻/刻蚀/沉积外第四大赛道，2022 年全球需求 135 亿美元	12
一、全球市场：2024 年设备支出重回高位，量检测设备需求再超 100 亿美元	12
二、中国大陆：内资线持续扩产，在建产线合计量检测设备需求达 90 亿美元	13
第四节 全球格局：KLA 一家独大，二线厂商各有特色	13
一、KLA：兼收并购布局全面，2015 年迎来高速成长期，市占超 50%	14
二、AMAT：布局明场/掩模版/电子束，电子束应用领域全球市占近 50%	15
三、ASML：围绕光刻布局套刻误差/电子束量检测，2022 全球市占 5%	16
四、Onto Innovation：布局相对全面，2022 全球市占 6.2%	16
五、Lasertec：EUV 掩模板缺陷检测龙头，2022 年全球市占 6.4%	17
六、Nova：专注量测板块，2022 年全球市占 3.4%	17
七、Camtek：发力先进封装量检测，2022 年全球市占 2.4%	18
第五节 国产进展：各自突破，国产化率不到 5%	18
一、中科飞测：布局无图形/图形缺陷检测/膜厚/三维形貌测量，SAM 比例 27.2%	19
二、上海精测：布局明场检测/Review-SEM/CD-SEM/OCD/膜厚，SAM 比例 51.5%	20
三、睿励仪器：布局膜厚/OCD/图形缺陷检测，SAM 比例 20%	21
四、东方晶源：布局电子束量检测设备，SAM 比例 13.9%	21
第三章 半导体工艺控制设备企业数字化现状与趋势	21
第一节 半导体工艺控制设备企业数字化现状	21
一、数字化变革正在发生	21
二、数字化转型的机遇和挑战	23
第二节 半导体工艺控制设备企业数字化趋势预测	23
一、数字化趋势的必然性	23
二、未来的机遇就是数字化变革带来的	24
三、数字化带来的六大趋势	25
四、新消费时代数智化工具成标配	25
五、移动互联网对企业提出新要求	26
六、移动化、自助化、智能化将成为未来的重要发展方向	26
七、营销数字化趋势	26
八、数字化正在重构产业底层逻辑	27
九、企业数字化转型加速，开启精细化运营新时代	27

第三节 “数字化转型”成为企业生存关键词.....	27
一、企业数字化现状.....	27
二、“数字化转型”成为企业生存关键词.....	28
三、数字化转型的机遇和挑战.....	29
<b>第四章 企业“数字化转型”策略.....</b>	<b>29</b>
第一节 企业“数字化转型”策略.....	29
一、探路数字化增长模型.....	29
二、数字化解决方案.....	31
三、解决方案及策略建议.....	31
第二节 企业数字化成功要素及实施路径.....	32
一、企业数字化成功要素.....	32
二、企业数字化实施路径.....	34
(1) 价值定义.....	34
(2) 导入与起步.....	34
(3) 加速与实践.....	35
(4) 优化与拓展.....	35
第三节 传统企业数字化转型的问题与对策.....	36
一、传统企业数字化转型的问题.....	36
(1) 企业认识不到位，缺乏方法论支撑.....	36
(2) 数据资产积累薄弱，应用范围偏窄.....	36
(3) 核心数字技术及第三方服务供给不足.....	37
(4) 数字鸿沟明显，产业协同水平较低.....	37
二、传统企业数字化转型问题的对策.....	37
(1) 加快建设数字技术高效供给体系.....	37
(2) 着力解决数字创新人才紧缺问题.....	38
(3) 强化传统产业数字化转型政策支持.....	38
(4) 积极部署新一代信息基础设施.....	38
第四节 传统企业数字化转型能力体系构建研究.....	39
一、概念分析.....	39
(1) 企业数字化转型特征.....	39
(2) 数字化转型策略.....	40
二、传统企业数字化转型能力体系构建的挑战.....	40
(1) 保持业务增长的同时进行转型.....	40
(2) 组织结构层面的挑战.....	40
三、数字化转型能力模型.....	41
(1) 能力模型.....	41
(2) 管理能力.....	41
(3) 技术能力.....	42
(4) 案例应用.....	42
第五节 传统企业数字化转型策略研究.....	43
一、传统企业数字化转型发展现状分析.....	43
二、传统企业数字化转型发展的重要意义.....	44
(1) 提高企业工作效率.....	44
(2) 重构企业商业模式.....	44

(3) 降低企业经营成本 .....	45
三、传统企业的数字化转型策略实施 .....	45
(1) 企业运营管理转型，降本提效 .....	45
(2) 创新完善数字化转型发展方式，提升工作效率 .....	45
(3) 科学匹配数字化转型模式，实现企业成功转型 .....	46
(4) 优化改善数字化转型发展内容，提升管理工作质量 .....	47
第六节 传统企业数字化转型的误区和应对策略 .....	48
一、企业数字化转型的相关理论综述 .....	48
(一) 企业数字化转型概况 .....	48
(二) 企业数字化转型的特征 .....	48
(三) 企业数字化转型的本质 .....	48
二、传统企业数字化转型的发展 .....	48
(一) 传统企业数字化转型的历程 .....	49
(二) 传统企业数字化转型的特征 .....	49
三、企业数字化转型的误区 .....	49
四、传统企业数字化转型的实例分析 .....	50
(一) 金融服务企业 .....	50
(二) 制造业企业 .....	50
(三) 消费品和零售业企业 .....	50
五、传统企业数字化转型的发展策略 .....	51
(一) 建立完善数字化转型的战略 .....	51
(二) 制定企业数字化转型的具体目标 .....	51
(三) 企业要加强数字化转型的管理措施 .....	51
<b>第五章 半导体工艺控制设备企业《数字化转型策略》制定手册 .....</b>	<b>52</b>
第一节 动员与组织 .....	52
一、动员 .....	52
二、组织 .....	53
第二节 学习与研究 .....	54
一、学习方案 .....	54
二、研究方案 .....	54
第三节 制定前准备 .....	55
一、制定原则 .....	55
二、注意事项 .....	56
三、有效战略的关键点 .....	57
第四节 战略组成与制定流程 .....	59
一、战略结构组成 .....	60
二、战略制定流程 .....	60
第五节 具体方案制定 .....	61
一、具体方案制定 .....	61
二、配套方案制定 .....	63
<b>第六章 半导体工艺控制设备企业《数字化转型策略》实施手册 .....</b>	<b>64</b>
第一节 培训与实施准备 .....	64
第二节 试运行与正式实施 .....	64
一、试运行与正式实施 .....	64

二、实施方案 .....	65
第三节 构建执行与推进体系 .....	66
第四节 增强实施保障能力 .....	67
第五节 动态管理与完善 .....	67
第六节 战略评估、考核与审计 .....	68
第七章 总结：商业自是有胜算 .....	68

## 第一章 前言

在疫情影响下，企业不得不从生存的视角求助于数字化，重点关注业务的运转、客户的服务、供应链的恢复等。但在“后疫情时代”，数字化增长将成为企业与其他品牌竞争的重要壁垒。在消费需求快速变化、平台成本不断上升、供应链稳健度不高的挑战下，企业要从增长的视角去布局数字化，重点关注产业层面的供应链协同、社会化协作和多元化场景的融合。

那么，半导体工艺控制设备行业数字化转型的机遇和挑战在哪里？  
企业“数字化转型”策略是什么？  
数字化成功要素及实施路径在哪里？  
.....

下面，我们先从半导体工艺控制设备行业市场进行分析，然后重点分析并解答以上问题。

相信通过本文全面深入的研究和解答，您对这些信息的了解与把控，将上升到一个新的台阶。这将为您经营管理、战略部署、成功投资提供有力的决策参考价值，也为您抢占市场先机提供有力的保证。

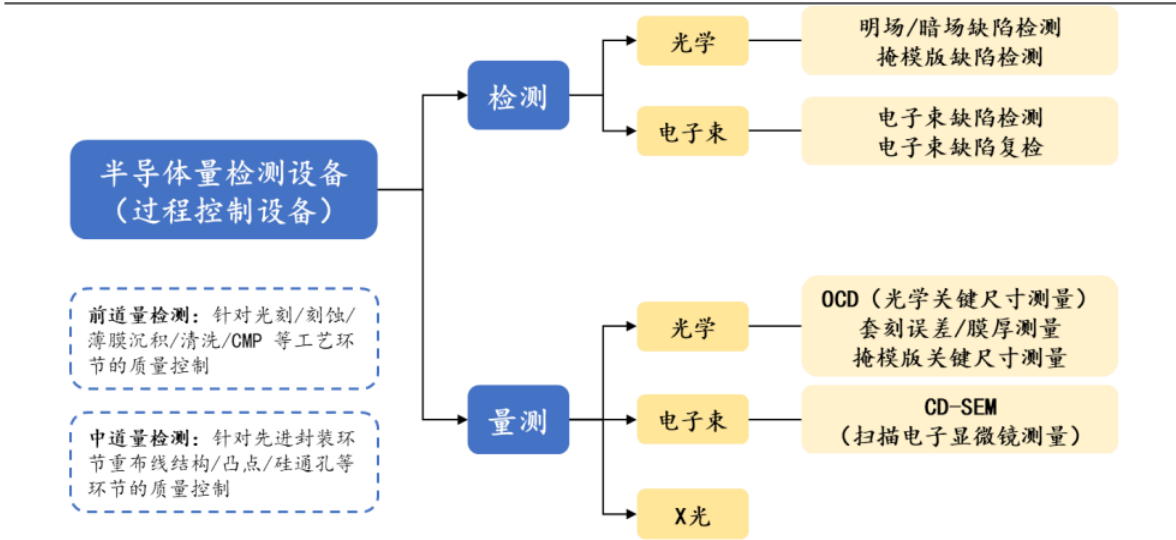
## 第二章 2023-2028 年半导体工艺控制设备市场前景及趋势预测

### 第一节 半导体工艺控制设备：芯片良率的关键，千种零部件技术壁垒高

半导体工艺控制设备对芯片良率至关重要，随着制程微缩需求倍增。主流半导体制程正从 28/14nm 向 10/7/5/3nm 发展，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。随着技术的进步发展，集成电路前道制程的步骤越来越多，工艺也更加复杂。28nm 工艺节点的工艺步骤有数百道工序，由于采用多层套刻技术，14nm 及以下节点工艺步骤增加至近千道工序。根据 Yole 的统计，工艺节点每缩减一代，工艺中产生的致命缺陷数量会增加 50%，因此每一道工序的良品率都要保持在非常高的水平才能保证最终的良品率。当工序超过 500 道时，只有保证每一道工序的良品率都超过 99.99%，最终的良品率方可超过 95%；当单道工序的良品率

下降至 99.98%时，最终的总良品率会下降至约 90%，因此，制造过程中对工艺窗口的挑战要求几乎“零缺陷”。检测和量测环节贯穿制造全过程，是保证芯片生产良品率非常关键的环节。随着制程越来越先进、工艺环节不断增加，行业发展对工艺控制水平提出了更高的要求，制造过程中检测设备与量测设备的需求量将倍增。

图1. 半导体量检测设备分类及应用



资料来源：安信证券研究中心

头条 @未来智库

半导体工艺控制设备主要包括“面向晶圆制造的前道检测”和“面向先进封装的中道检测”。传统的集成电路工艺主要分为前道和后道，随着集成电路行业的不断发展进步，后道封装技术向晶圆级封装发展，从而衍生出先进封装工艺。先进封装工艺指在未切割的晶圆表面通过制程工艺以实现高密度的引脚接触，实现系统级封装以及 2.5/3D 等集成度更高、尺度更小的器件的生产制造。因此，集成电路工艺进一步细分为前道制程、中道先进封装和后道封装测试；贯穿于集成电路领域生产过程的质量控制环节进一步可分为前道检测、中道检测和后道测试。前道检测主要是针对光刻、刻蚀、薄膜沉积、清洗、CMP 等每个工艺环节的质量控制的检测；中道检测面向先进封装环节，主要为针对重布线结构、凸点与硅通孔等环节的质量控制；后道测试主要是利用电学对芯片进行功能和电参数测试，主要包括晶圆测试和成品测试两个环节。我们本文所谈论的半导体检测和量测设备主要包括面向晶圆制造环节的前道检测和面向先进封装环节的中道检测两大部分。

## 一、技术壁垒：75%基于光学检测技术，19%应用电子束技术

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。目前，在所有半导体检测和量测设备中，应用光学检测技术的设备占多数。光学检测技术、电子束检测技术和 X 光量测技术的差异主要体现在检测精度、检测速度及应用场景上。根据 VLSI

Research 和 QY Research 的报告，2020 年全球半导体检测和量测设备市场中，应用光学检测技术、电子束检测技术及 X 光量测技术的设备市场份额占比分别为 75.2%、18.7%及 2.2%，应用光学检测技术的设备占比具有领先优势，电子束检测技术亦具有一定的市场份额。

**光学检测：**检测速度快，比电子束快 1000 倍以上。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：**电子束波长比光波短，因而检测精度高，目前主要用于电子束缺陷检测和电子束缺陷复查。电子束检测技术是指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得检测结果。电子束的波长远短于光的波长，而波长越短，精度越高。因此，电子束检测技术的相对低速度导致其应用场景主要在对吞吐量要求较低的环节，如纳米量级尺度缺陷的复查，部分关键区域的表面尺度量测以及部分关键区域的抽检等。

**X 光量测技术：**用于特定金属成分测量和超薄膜测量等领域，应用场景相对较窄。

在实际应用中，光学与电子束技术经常互补配合使用，即当光学技术检测到缺陷后，用电子束重访已检测到的缺陷，对部分关键区域表面尺度量测的抽检和复查，确保设备检测的精度和速度。两种技术之间存在优势互补的情况。

## 二、发展趋势：软硬件结合，向高速/高精度/高吞吐量方向发展

半导体质量控制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。质量控制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。总体上，集成电路检测和量测技术的发展呈现出以下趋势：随着集成电路器件物理尺度的缩小，需要检测的缺陷尺度和测量的物理尺度也在不断缩小；随着集成电路器件逐渐向三维结构发展，对于缺陷检测和尺度测量的要求也从二维平面中的检测逐渐拓展到三维空间的检测。为满足检测和量测技术向高速度、高灵敏度、高准确度、高重复性、高性价比的发展趋势和要求，行业内进行了许多技术改进，例如增强照明的光强、光谱范围延展至 DUV 波段、提高光学系统的数值孔径、增加照明和采集的光学模式、扩大光学算法和光学仿真在检测和量测领域的应用等，未来随着集成电路制造技术的不断提升，相应的检测和量测技术水平也将持续提高。

## (1) 硬件：千种零部件，运动控制/光学系统是关键

半导体工艺控制设备作为贯穿晶圆制造全过程、不可或缺的质量控制设备，涉及光学、物理学、机械学、算法等多领域学科，对设备供应商的技术实力和跨学科技术资源的整合能力有较高要求。硬件层面，设备涉及的零部件种类和型号繁多，不同型号和规格的零部件数量高达上千种。按大类来看，主要可分为六大类：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；其中，运动与控制系统类和光学类零部件为半导体量检测设备核心零部件。

半导体量检测设备厂商对于标准零部件通常采用向供应商直采的模式，而部分关键零部件则由公司设计并由供应商按照设计要求的规格制造。从中科飞测近年供应商来看，运动与控制类零部件主要供应商包括日本的Rorze、韩国Soonhan、华卓精科、美国AEROTECH、美国Brooks、北京锐洁机器人等；光学类零部件供应商主要为美国相干公司、日本滨松光子学等。行业部分关键零部件仍主要依赖美日厂商，国产化程度仍相对偏低。

采用更短波长光源、使用更大数值孔径光学系统提高光学分辨率。随着DUV、EUV光刻技术的不断发展，集成电路工艺节点不断升级，对检测技术的空间分辨精度也提出了更高要求。目前最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，并且能够实现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。此外，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。未来，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) 软件：大数据检测算法和软件重要性凸显

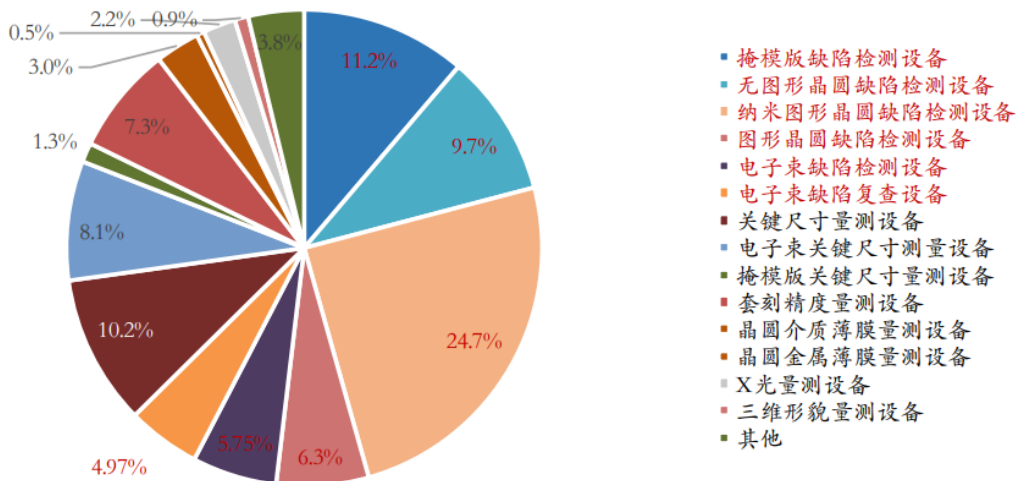
达到或接近光学系统极限分辨率的情况下，最新的光学检测技术已不再简单地依靠解析晶圆的图像来捕捉其缺陷，而需结合深度的图像信号处理软件和算法，在有限的信噪比图像中寻找微弱的异常信号。晶圆检测和量测的算法专业性很强，检测和量测设备对于检测速度和精度要求非常高，且设备从研发到产业化的周期较长。因此，目前市场上没有可以直接使用的软件。业内企业均在自己的检测和量测设备上自行研制开发算法和软件，未来对检测和量测设备相关算法软件的要求会越来越高。

## 第二节 细分赛道：缺陷检测占比 62.6%，量测占比 33.5%

工艺目的上看，半导体工艺控制设备=检测+量测。应用于前道制程和先进封装的质量控制根据工艺可细分为检测（Inspection）和量测（Metrology）两大环节。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。

缺陷检测设备市场占比 62.6%，量测设备市场占比 33.5%。根据中商产业研究院数据，2020 年半导体量检测设备市场结构中，检测设备占比为 62.6%，包括无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、纳米图形缺陷检测设备、掩膜检测设备，其中纳米图形缺陷检测设备需求最大，整体占比 24.7%；量测设备占比为 33.5%，包括三维形貌量测设备、薄膜膜厚量测设备（晶圆介质薄膜量测设备）、套刻精度量测设备、关键尺寸量测设备、掩膜量测设备等，其中关键尺寸测量应用占比 18.3%（包括电子束关键尺寸测量）。

图4. 2020 年全球半导体工艺控制设备市场结构



资料来源：中商产业研究院，安信证券研究中心

头条 @未来智库

### 一、缺陷检测：明场光学检测高壁垒，主要用于图形晶圆检测

缺陷检测（62.6%）=光学检测（51.9%）+电子束检测（10.7%）。在缺陷检测环节，无图形晶圆检测、图形晶圆检测以及掩模版缺陷检测通常采用光学检测技术，合计占比 51.9%，而电子束技术主要用于部分关键区域的检测以及缺陷复检，合计占比 10.7%。



**无图形晶圆缺陷检测：**无图形晶圆一般指裸硅片或有一些空白薄膜的硅片，后者主要用作测试片，检测的缺陷主要包括表面的颗粒、残留物、刮伤、裂纹等，这些缺陷会影响后续工艺质量，最终影响产品良率。目前，国际主流无图形缺陷检测设备主要采用“暗场散射”原理，即用单波长光束照射晶圆表面，光束会被晶圆表面反射，但当光束遇到晶圆表面的缺陷时，缺陷会散射一部分激光，设备通过接收采集缺陷散射光信号判断缺陷种类和位置。

全球格局上，KLA 一直处于领先地位，其推出的 Surfscan SP 系列产品可实现晶圆表面纳米级缺陷的检测，最新推出的 Surfscan SP7XP 缺陷检测系统可检测 5nm 及以下的缺陷。国产角度看，目前中科飞测已推出 SPRUCE-600 和 SPRUCE-800 两大型号产品，分别应用于 130nm 及以上节点和 2Xnm 以上节点，部分实现国产替代；最小灵敏度指标上来看，SPRUCE-800 最小灵敏度 23nm，与 KLA SP3 相当；吞吐量上看，KLA SP3 大于 100wph，中科飞测 SPRUCE800 在 26nm 灵敏度时吞吐量为 25wph，国产设备仍有提升空间。

**有图形晶圆缺陷检测：**有图形缺陷检测是指晶圆在光刻、刻蚀、沉积、离子注入、抛光等工艺过程中，对晶圆进行检测，主要的缺陷不仅包括纳米颗粒、凹陷、凸起、刮伤、断线、桥接等表面缺陷，还包括空洞、材料成分不均匀等亚表面和内部缺陷。图形化晶圆缺陷检测系统将测试芯片的空间像与相邻芯片的空间像进行比较，以获得仅有非零随机缺陷特征信号的空间差分图像。目前，产业界主流的图形结构检测设备仍然是基于光学显微镜技术的明场或暗场成像原理。明场照明是最常用的照明配置，通常包括与收集光路大致重合的定向照明光路，暗场照明是指与收集光路明显分离的定向照明光路，暗场照明在对高反射表面成像或产生边缘效应的情形中十分有效。此外，电子束也应用于部分缺陷检测及复检场景。在明场/暗场缺陷检测领域，KLA 同样处于领先地位，其明场缺陷检测设备主要分为 29xx 和 39xx 两大系列，29xx 系列最新产品 2950/2955 和 39xx 系列 3920/3925 均可应用于 7nm 及以下节点；国产厂商中，上海精测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。KLA 暗场有图形缺陷检测设备主要为 PUMA 系列，最新 PUMA 9980 可应用于 1Xnm。

**电子束缺陷检测与复检：**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，具有高精度、速度较慢的特点，通常用于纳米级尺度缺陷的复查以及部分关键区域的抽检等。目前，应用材料在电子束量检测技术方面占据主导地位，2021 年全球市占率 51%；其推出推出电子束缺陷复检系列产品 SEMVision G10 和电子束缺陷检测系列产品 PrimeVision 10 两大系列产品。国际巨头 KLA 在 1998 年收购 Amray Inc 公司后获得电子束检测技术，目前已推出电子束图形晶圆检测系统 eSL10 和电子束缺陷复检系统 eDR7xxx 两大系列。

**掩模板缺陷检测：**光刻光源从 DUV 到 EUV 时代，对掩模版缺陷检测提出了更高的要求。在光刻工艺中，必须事先设计并制备一组具有特定几何图形的光刻掩模（mask），作为复制批量生产用版，供光刻工艺曝光之用。在实际的光刻掩模生产制造过程中，也不可避免地会存在各种缺陷，而且这些缺陷会经由光刻工艺批量复制到所有硅片中。随着光刻工艺进入 KrF 及 ArF 光源

主导的深紫外（DUV）光刻时代，掩模误差增强因子也将在曝光过程中显著地增加，掩模关键尺寸均匀性与掩模缺陷越来越难以控制，同时掩模上的缺陷尺寸逐渐从百纳米量级缩减至数十纳米量级，这对掩模缺陷检测波长与光刻波长的波长一致性、缺陷检测灵敏度、缺陷检测效率提出了更高的要求。日本 Lasertec 公司在 EUV 掩模缺陷检测领域占据垄断地位，其研制出了首台 EUV 掩模缺陷检测系统 ACTIS A150。ACTIS A150 使用了 13.5 nm 波长的 EUV 光源，可分辨半周期为 35 nm 的光栅掩模，实现了 20 nm 以下尺度的掩模结构缺陷的检测。

## 二、量测：关键尺寸/套刻误差为主要应用场景

2020 年市场结构上看，集成电路制造和先进封装环节中的量测设备中，OCD（光学关键尺寸量测）/CD-SEM（电子束关键尺寸量测）/掩模板关键尺寸量测/套刻精度量测/晶圆膜厚量测/X 光量测/三维形貌量测设备分别占比 10.2%/8.1%/1.3%/7.3%/3.5%/2.2%/0.9%。其中 OCD、CD-SEM、套刻误差量测、膜厚量测占据主要份额。

**关键尺寸测量：CD-SEM 测量+OCD 测量。**当前行业关键尺寸测量主要采用扫描电子显微镜测量（CD-SEM）和光学线宽测量（OCD）两种方式。扫描电子显微镜测量（CD-SEM）作为传统的测量技术，可实现纳米级尺度的尺寸测量，但也存在测量速度慢、成本高、设备操作复杂的缺点。与之对比，光学测量技术具有速度快、成本低、无接触对样本无损的优点。在 IC 制造中，应用光学原理对纳米结构 CD（关键尺寸）、高度、侧壁角等形貌参数的测量主要采用“非成像式光学技术——光学散射仪”，也称为 OCD 测量仪。CD-SEM（电子束关键尺寸测量）：当前市场主流产品型号包括 AMAT 的 VeritySEM 系列和 PROvision 系列，以及日立高科的 SEM 系列；国产突破上看，东方晶源面向 8 吋产线的首台 CD-SEM 设备 SEpA@-C300 系列已于 2022 年 4 月出货给燕东微，面向 12 吋产线的首台设备已于 2021 年 7 月出机中芯国际。

**OCD（光学关键尺寸量测）：**光学散射测量本质上是通过测量周期性纳米结构的散射信息，求解逆散射问题来重构纳米结构的三维形貌。因此，其基本流程主要包括两个问题，即正问题和反问题。正问题是通过合适的散射测量装置获取待测纳米结构的散射信息，主要涉及仪器测量问题；反问题是从测量得到的散射数据中提取待测纳米结构的三维形貌参数。目前，市场主流型号主要包括 KLA 的 SpectraShape 系列以及 Onto Innovation 的 Aspect 系列、Atlas 系列和 IMPULSE 系列；国产突破上，上海精测 OCD 产品 IM 系列已取得多家批量订单。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/998064037021006072>