

行业研究

— “明” — “暗” 检缺陷，相辅相成提良率

——半导体设备研究系列之明暗场缺陷检测设备

要点

前道量检测是半导体晶圆制造的关键工序之一，其中明场和暗场检测是重要的检测环节，对芯片制造起着至关重要的作用，是提高产品良率、降低生产成本、推进工艺迭代的重要环节，在多个方面存在很大的不同。

根据应用技术的不同，现阶段的前道缺陷检测主要包括电子束检测和光学检测，其中光学检测技术凭借速度快、无接触、非破坏和易于在线集成等优点被广泛应用。常见的光学缺陷检测系统分为明场系统和暗场系统，二者在照明方法、成像原理等方面存在较大差异，相应地，在技术难度上也有一定差别，整体而言明场系统对照明光束物理特征、成像系统、信噪比等方面的要求更加严格。一般来说，无图形晶圆的缺陷检测使用暗场系统，有图形晶圆的缺陷检测使用明场系统或是二者的结合。

2021 年，按销售额计，前道量检测设备在半导体制程设备市场中占比 11%，缺陷检测在前道量检测市场占比高达 55%，其中有图形晶圆检测设备市场占比约 34%，随着下游需求扩张，缺陷检测市场空间广阔。

半导体量检测设备是第四大制程设备环节，诞生大公司 KLA。量检测设备的市场规模小于刻蚀、薄膜沉积设备、光刻机，但大于清洗设备、CMP、离子注入、Track、电镀等环节。2021 年，按销售额计，前道量检测设备全球市场规模 104 亿美元，占 WFE 市场的 11%，随着新能源汽车、光伏产业、工业控制等下游需求不断扩张，半导体行业具有较大的发展空间，2021 年全球半导体设备市场增速高达 44.10%，国内市场增速高达 58.23%。SEMI 预测，全球半导体设备市场规模将在 2022 年达到 1175 亿美元，在 2023 年达到 1208 亿美元。前道量检测设备是半导体设备市场的重要组成部分，按销售额计，缺陷检测设备在前道量检测设备中占比约达 55%，更具体地，有图形晶圆检测设备占比约为 34%，缺陷检测市场前景广阔。

半导体量检测设备市场主要由国外厂商垄断，尽管目前中国大陆已经成为全球最大的前道量检测市场，国内厂商市场份额占比仍然较小。

国际市场上 KLA 一枝独秀。根据 Gartner 统计，在 2021 年全球半导体前道量检测设备市场中，KLA 一家独大，按销售额计，KLA 的全球占有率高达 52%，另外应用材料占比 12%，日立高新占比 11%，行业 CR3 达到 75%。

国内厂商后起直追，上海精测、中科飞测、东方晶源、睿励、御微等初露头角，天准科技通过收购 Muetec、赛腾股份通过收购 Optima，布局量检测业务。

明场缺陷检测、暗场缺陷检测也有本土厂商布局：上海精测、中科飞测。

精测电子：明场光学缺陷检测设备已取得突破性订单，参股公司上海精测已斩获两台明场检测 BF1100 型设备订单，该型号设备主要用于 65nm-180nm 的半导体产线制程监控。公司在有图形晶圆缺陷检测领域具有较大的发展潜力，有望加速推进进口替代并实现公司市场份额的进一步扩张。

中科飞测：具有暗场缺陷检测的核心技术储备，例如用以实现高精度无图形晶圆缺陷高速检测的深紫外成像扫描技术。

投资建议：建议关注在明场检测设备已有突破性进展的**精测电子**、专注晶圆缺陷检测的**中科飞测**。

风险分析：产品研发进度不及预期、下游需求量低于预期。

机械行业

买入（维持）

作者

分析师：杨绍辉

执业证书编号：S0930522060001

021-52523860

yangshaohui@ebsecn.com

行业与沪深 300 指数对比图



资料来源：Wind

相关研报

半导体行业景气度回升，先进制程工艺提升带动设备环节量价齐升——机械行业周报 2022 年第 48 周 (11.20-11.26) (2022-11-29)

量测设备空间大格局好，上海精测、中科飞测等国产品牌蓄势待发——半导体量测设备行业跟踪 (2022-11-24)

技术主权之争主导设备需求，半导体设备进口替代是主旋律——全球半导体设备与零部件行业 2022 年三季度总结 (2022-11-06)

目 录

1、前道缺陷检测：良率的关键	4
1.1、缺陷检测：半导体晶圆制造的“眼睛”	4
1.2、明场检测与暗场检测：系统原理大相径庭	4
1.3、无图形晶圆与有图形晶圆：检测方法有所不同	5
1.4、明场检测的技术难度与系统复杂程度更高	7
2、前道缺陷检测设备市场规模广阔	8
2.1、半导体设备持续增长，有图形晶圆检测前景广阔	8
2.2、海外垄断程度较高，KLA 龙头地位稳固	10
2.3、国内设备公司：初露锋芒，后起直追	10
3、重点公司分析	11
3.1、精测电子：明场缺陷检测设备取得突破性订单	11
3.2、上海睿励：深耕前道量检测，产品填补国内产业链重要空白	13
3.3、中科飞测：主打晶圆缺陷检测设备，交付多条主流产线应用	14
4、风险分析	16

图目录

图 1: 镜面反射与明暗场检测基本原理.....	4
图 2: 明场检测 (左) 与暗场检测 (中: 成像法, 右: 非成像法) 示意图.....	5
图 3: 无图形晶圆的缺陷检测	6
图 4: 美国 KLA 公司 Surfscan SP1 缺陷检测系统原理图.....	6
图 5: 有图形晶圆的缺陷检测	7
图 6: 典型明场光学缺陷检测设备的光路原理.....	7
图 7: 2013-2021 年全球及中国半导体设备市场规模 (亿美元)	8
图 8: 2014-2021 年全球及中国半导体设备市场增速 (%)	8
图 9: 2021 年半导体设备细分市场规 模 (百万美元) 及占比 (以销售额计)	9
图 10: 2016-2022 年中国前道量检测设备市场规模 (亿美元)	9
图 11: 2021 年前道量检测设备细分市场规 模占比 (以销售额计)	9
图 12: 2021 年前道量检测设备进一步细分占比 (以销售额计)	9
图 13: 2021 年全球前道量检测设备竞争格局 (以销售额计)	10
图 14: 精测电子 2016-2021 年营业收入 (亿元)	12
图 15: 精测电子 2016-2021 年归母净利润 (亿元)	12
图 16: 精测电子 2016-2021 年毛利率、净利率与研发费用率情况	12
图 17: 精测电子 2021 年分产品营收占比 (%)	13
图 18: 上海睿励 TFX3000P 量测设备 (上)、FSD158e 检测设备 (下)	14
图 19: 中科飞测检测设备示例.....	14
图 20: 中科飞测量测设备示例.....	15

1、前道缺陷检测：良率的关键

1.1、缺陷检测：半导体晶圆制造的“眼睛”

半导体量检测设备贯穿晶圆制造的每一道制程工艺，从设计验证到工艺控制检测再到晶圆测试直至成品测试，量检测设备对晶圆制造的良率控制和提升有着至关重要的作用。

根据测试环节，半导体量检测可分为前道检测和后道检测，其中前道量检测发生在晶圆制备与硅片制造过程，包括硅片制造过程中所形成的各种薄膜厚度、纳米结构的关键尺寸（CD）、套刻误差等尺寸参数的量测、晶圆表面缺陷的检测，确保将加工产线的良率控制在规定的水平之上。

根据功能的不同，前道量检测设备又分为量测类和缺陷检测类，前者主要针对膜厚、膜应力、关键尺寸、掺杂浓度等，后者主要用于**晶圆表面缺陷检测，这是半导体制造过程中工艺控制与良率管理的关键之一**。缺陷检测目的在于对被检测晶圆上的关键缺陷（DOI，指被认为对良率、可靠性或性能有影响的任何缺陷类型）进行准确识别、定位以及分类，从而帮助缺陷和良率工程师快速解决缺陷问题，这对于晶圆厂降低生产成本、提升晶圆的良率意义重大。

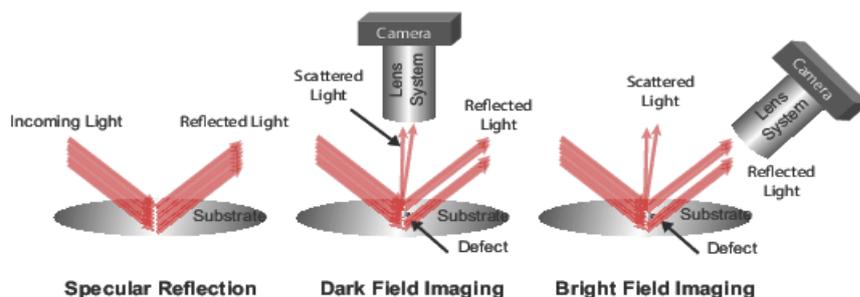
目前用于半导体量测的技术按技术原理可分为光学检测、电子束检测和其他，主要包括扫描电子显微镜（SEM）、透射电子显微镜（TEM）、原子力显微镜（AFM），以及光学量检测技术等。在缺陷检测领域，SEM、TEM、AFM 虽然都可以实现纳米级尺度的缺陷检测（如电子束检测），但是存在速度慢、成本高、设备操作复杂等缺点。相对地，光学检测技术因具有速度快、无接触、非破坏和易于在线集成等优点而被广泛应用。

1.2、明场检测与暗场检测：系统原理大相径庭

晶圆表面缺陷的光学检测技术，依据其基本光学原理，可分为衍射法、干涉法和散射法。其中，散射法利用缺陷对入射光的散射特性进行缺陷检测，是一种应用广泛的缺陷检测方法，散射法根据照明方法与成像原理等不同又可分为明场散射和暗场散射。

尽管明场与暗场均利用了光的散射，但二者在检测原理上存在较大差异。倘若晶圆表面是一个光滑面，其被光线照射时，会发生镜面反射，而事实上晶圆表面存在颗粒等诸多缺陷，会导致部分入射光的反射方向较预定方向发生偏离，即发生散射。明场检测和暗场检测的主要区别就在于，前者检测损失了一部分光强的反射光；后者直接检测散射光。

图 1：镜面反射与明暗场检测基本原理



资料来源：MKS，光大证券研究所

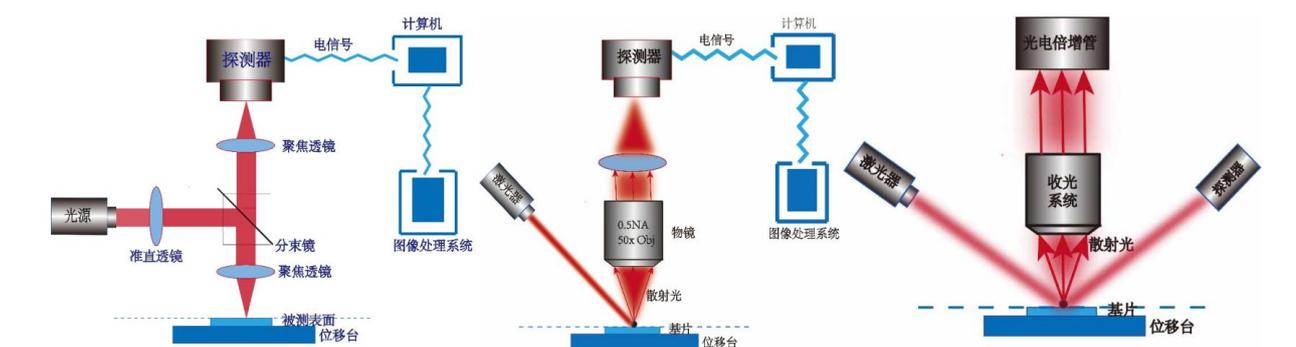
1、照明方法

在光学检测系统的设计中，一个重要的考虑是宽带与窄带光源的选择。宽带系统使用光强度极高的灯来提供一系列波长，窄带系统则使用激光来产生单独一个波长。现实中，晶圆厂大多在明场系统中使用宽带光源，在暗场系统中使用窄带光源。

2、成像原理

反射光或散射光经若干透镜构成的收光系统收集后，由 CCD（电荷耦合器件）或 PMT（光电倍增管）作为探测器进行记录，将光强信息转换为缺陷信息。在两类光子探测器中，CCD 可以检测一定波长范围内的所有谱线，且可以成像；而一个 PMT 只检测单个波长的谱线，因此基于上述照明方法差异，明场系统通常使用 CCD，暗场系统则可以使用 CCD 或 PMT。成像法中，明场系统利用反射光束构造图像，暗场系统则利用反射束之外的散射光构造图像。特别地，基于暗场原理的检测方法除成像法外还包括非成像法，非成像法本身不能直接成像，而是采用 PMT 收集晶圆表面缺陷的散射光，通过标准参照物与散射光强度之间的相关曲线将缺陷的散射光强度转化为等效尺寸，进而对得到的结果进行统计与分类。

图 2：明场检测（左）与暗场检测（中：成像法，右：非成像法）示意图



资料来源：中国科学院光电技术研究所《基于散射光暗场显微镜的晶片表面颗粒检测方法研究》，光大证券研究所

1.3、无图形晶圆与有图形晶圆：检测方法有所不同

无图形晶圆一般是指裸硅片或者有一些空白薄膜的硅片（主要用作测试片），其表面的典型缺陷包括颗粒、残留物、刮伤、晶体原生凹坑、裂纹等，这些缺陷会影响后续工艺的加工质量，并最终影响产品的良率。

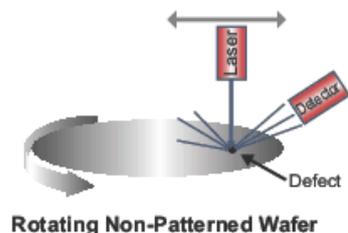
有图形晶圆是指经过光刻、刻蚀、沉积等关键工艺后形成纳米结构图形的硅片，其缺陷不仅包括纳米颗粒、凹陷、突起、刮伤、断线、桥接等表面缺陷，还包括空洞、材料成分不均匀等亚表面和内部缺陷。这些缺陷是在大批量生产制造过程中，不可避免的工艺误差和环境污染导致的。

一般来说，暗场检测是无图形晶圆缺陷检测的首选。这是由于当晶圆表面没有图形时，无需进行图像比较，而暗场检测具有高速、高灵敏度的特点，因而具有更高的产能。在检测系统中，激光束径向扫描旋转晶圆的表面，晶圆的旋转位置和光束的径向位置定义了缺陷在晶圆表面 X-Y 网格中的位置。

行业领军企业美国 KLA 公司的 SP 系列（Surfscan）无图形晶圆缺陷检测设备主要采用了暗场检测方法。其中 SP7 缺陷检测系统能够检测 7nm 尺寸的缺陷。以 SP1 为例，该系统有倾斜入射和垂直入射两个入射角（Incidence Beam）以及“宽”、“窄”两个信号收集通道（PMT），它们相互组合形成四种检测模式。

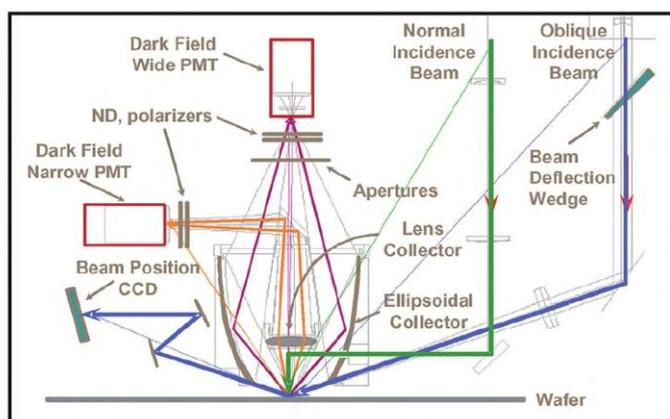
由于散射信号的强度分布与缺陷的形状、尺寸、材料，以及基体膜层有关，因而可以依据入射光和收集通道的模式不同对缺陷进行分类。

图 3：无图形晶圆的缺陷检测



资料来源：MKS，光大证券研究所

图 4：美国 KLA 公司 Surfscan SP1 缺陷检测系统原理图



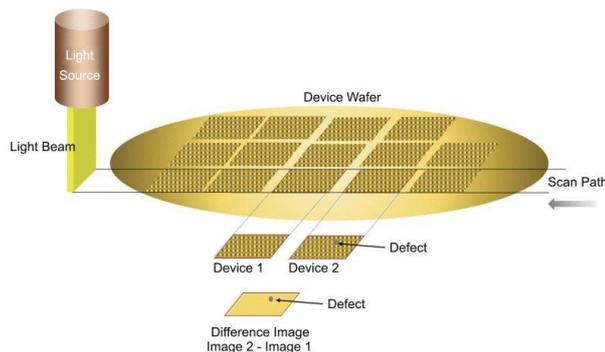
资料来源：中国科学院上海光学精密机械研究所《激光与光电子学进展》，光大证券研究所

有图形晶圆的缺陷检测是一个很慢的过程且相对复杂，需根据具体应用来决定采用明场、暗场，或是二者结合。有图形晶圆检测系统将晶圆上的晶粒与相邻晶粒（或已知的无缺陷的“黄金”晶粒）的图像进行比较，图像处理软件对图像进行扣除处理，在扣除过程中晶粒的任何随机缺陷都不会变为零，反而会在扣除后的图像中清晰地显示出来。

在很多情况下，基于照明方法与成像原理等方面的特征，明场系统能够检测到更广泛的缺陷类型。当前半导体行业主流的硅片图形结构缺陷检测设备仍然是基于明场光学散射原理。典型的明场光学缺陷检测设备采用柯勒照明光路将高亮宽谱等离子体光源光束调制成超均匀、特定光束截面形状的偏振光束；随后利用高 NA（数值孔径，用以衡量光学系统能够收集的光的角度范围）低像差的物镜收集硅片结构图形缺陷引起的散射光，再通过折反混合透镜组与变焦透镜组相结合的成像光路将散射光成像至时间延迟积分相机（TDI-CCD）；最后利用基于片对片的图像差分处理算法实现缺陷信号的准确识别。

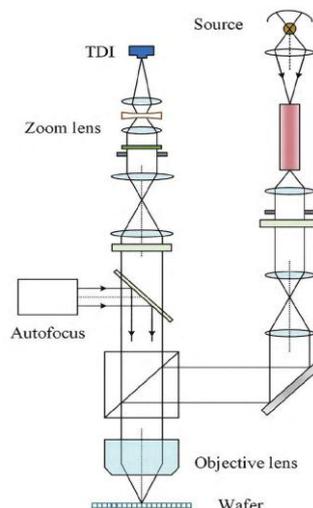
目前，美国 KLA 公司所开发的高端 K39XX 系列和 K29XX 系列明场光学缺陷检测设备能够实现亚 30nm 的缺陷检测灵敏度，并且产能能够维持 1WPH（Wafer Per Hour）@36nm，能够适用于 1Xnm 及以下节点工艺生产线上的硅片图形缺陷检测。

图 5：有图形晶圆的缺陷检测



资料来源：MKS，光大证券研究所

图 6：典型明场光学缺陷检测设备的光路原理



资料来源：中国科学院上海光学精密机械研究所《激光与光电子学进展》，光大证券研究所

1.4、明场检测的技术难度与系统复杂程度更高

鉴于明场光学缺陷检测设备的缺陷检测性能强烈依赖于照明与成像系统的检测配置条件，例如，照明光束的偏振态控制、波段选择、截面形状、入射角，以及物镜 NA 等，都将影响缺陷散射信号信噪比，而信噪比是决定检测系统对晶圆表面缺陷检测极限的一个关键参数。因此，相较暗场系统，明场系统对技术的要求更高，系统也更复杂。

明场和暗场系统各有优缺点。例如，某些样品在明场系统下对比度好，而另一些则在暗场系统下更清晰，也就是说明场可以帮助更好地捕获特定层上的某些缺陷类型，而暗场能够帮助更好地捕获其它层上的其它缺陷类型。使用明场还是暗场系统主要取决于对被检测层表面关键缺陷的捕获率及工具的所有成本（产能）的平衡考虑。

近年来，多数晶圆厂使用明场和暗场结合的检测系统，以确保发现所有层上的全部关键缺陷。如今的明场系统通常具备暗场操作模式，这基本上通过采用特殊的

专业光圈实现。另一方面，某些暗场系统也通过增加新的采集器或探测器引入了明场模式。

2、前道缺陷检测设备市场规模广阔

2.1、 半导体设备持续增长，有图形晶圆检测前景广阔

根据 IC Insights 最新数据，2021 年全球半导体 IC 市场总销售额达到了 5098 亿美元，较 2020 年增长了 25%，预计 2022 年半导体总销售额将增长 11%，达到创纪录的 5651 亿美元。随着市场需求的不断增加，芯片制造商，设备供应商等众多产业链参与者都在加速前行，新能源汽车、光伏产业、工业控制、高端制造等领域的高速发展将为半导体行业提供巨大发展机遇。

全球及中国半导体设备市场规模持续增长，中国占比攀升。

国际半导体产业协会（SEMI）数据显示，2013-2021 年全球半导体设备市场规模由 318 亿美元增长至 1026 亿美元，年均增长率达 15.77%，同期中国市场规模由 34 亿美元增长至 296 亿美元，年均增长率达 31.07%。其中，2021 年是半导体行业加速扩大投资、产能的关键一年，全球半导体设备市场增速高达 44.10%，较 2020 年提高 25.04 个百分点，国内市场增速高达 58.23%，较 2020 年的 38.67% 提高 19.56 个百分点。

2013-2021 年中国半导体设备市场规模占全球的比重整体上呈现稳步上升趋势，2021 年这一比例达到 29%，中国再次成为全球最大的半导体设备市场。除 2017 年外，2013-2021 年中国半导体设备市场增速均远高于全球。

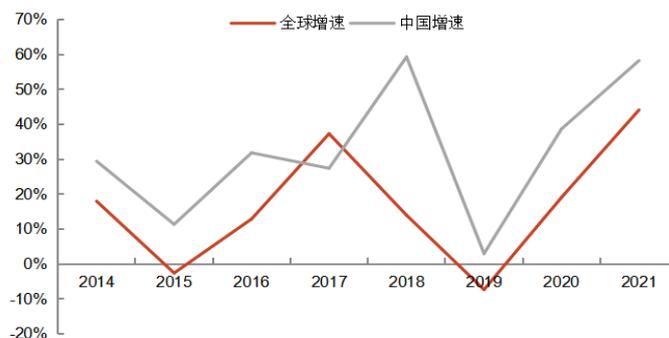
SEMI 预计，半导体设备（包括晶圆制造设备、检测设备和封装设备）的全球总销售额将在 2022 年达到 1175 亿美元，较 2021 年增长 15%，并将在 2023 年增长至 1208 亿美元。

图 7：2013-2021 年全球及中国半导体设备市场规模（亿美元）



资料来源：SEMI，光大证券研究所

图 8：2014-2021 年全球及中国半导体设备市场增速 (%)



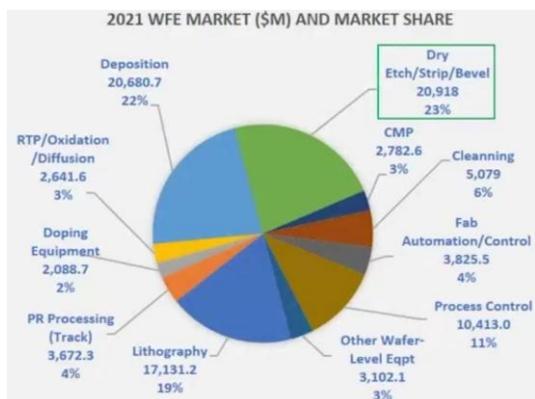
资料来源：SEMI，光大证券研究所

按销售额计，前道量检测设备市场占设备市场比重超 10%，缺陷检测设备细分占比过半。

作为半导体设备市场的重要组成部分，前道量检测设备市场规模仅次于薄膜沉积设备、刻蚀设备和光刻机。根据 Gartner 统计，以销售额统计，2021 年全球前道量检测设备市场规模为 104 亿美元，约占半导体制程设备（WFE）市场规模的 11%。

得益于半导体行业的整体的快速发展，我国前道量检测市场规模增长较快，由2016年的7亿美元增长至2021年的24亿美元，年复合增长率达到27.94%，已成为全球最大的前道量检测市场。根据VLSI Research预测，2022年我国前道量检测市场规模将达到28亿美元，较2021年增长17%。

图 9：2021 年半导体设备细分市场（百万美元）及占比（以销售额计）



资料来源：Gartner, 上证路演中心, 中微公司, 光大证券研究所

图 10：2016-2022 年中国前道量检测设备市场规模（亿美元）

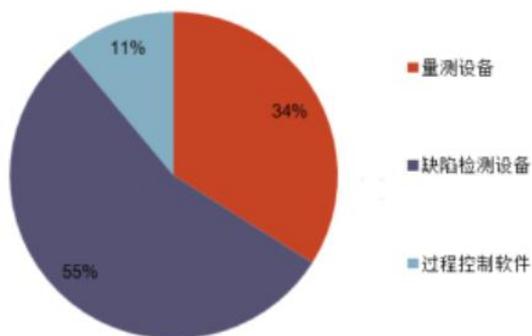


资料来源：VLSI Research, 光大证券研究所; 预测机构：VLSI Research

前道量检测设备可以细分为量测设备、缺陷检测设备以及过程控制软件，根据SEMI统计，以销售额统计，缺陷检测设备在前道量检测设备中占比最高，达到55%，第二是量测设备，占比34%，过程控制软件占比11%。

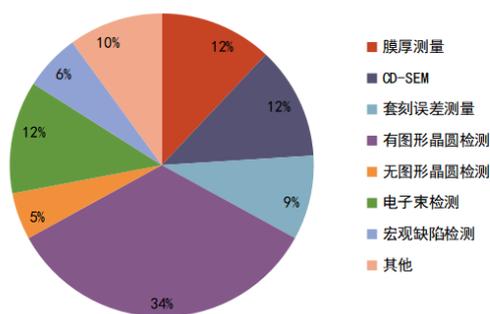
前道量检测设备市场中，膜厚量测设备、关键尺寸扫描电子显微镜（CD-SEM）以及套刻误差量测设备的销售额占比分别为12%、12%以及9%；有图形晶圆检测设备、无图形晶圆检测设备、电子束检测设备以及宏观缺陷检测设备的销售额占比分别为34%、5%、12%以及6%；其他设备占比10%。由此可见，有图形晶圆缺陷检测设备的市场空间巨大。无图形晶圆缺陷检测多使用暗场系统，有图形晶圆缺陷检测多使用明场系统，由此可以预测，未来基于明场光学技术的有图形晶圆缺陷检测设备发展前景广阔。

图 11：2021 年前道量检测设备细分市场占比（以销售额计）



资料来源：SEMI, 华经产业研究院, 光大证券研究所

图 12：2021 年前道量检测设备进一步细分占比（以销售额计）



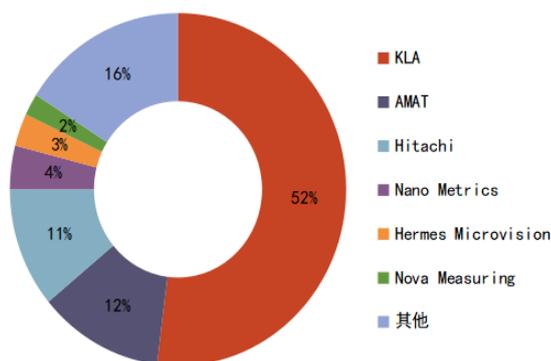
资料来源：SEMI, 华经产业研究院, 光大证券研究所

2.2、海外垄断程度较高，KLA 龙头地位稳固

据 Gartner 统计，按照销售额的口径计算，2021 年全球半导体前道量检测设备市场中，美国的科磊（KLA）独占 52% 的份额，应用材料（AMAT）占比 12%，日本的日立高新（Hitachi）占比 11%，三家公司合计占比 75%，市场集中度较高。随后是市占率 4% 的 Nano、3% 的 Hermes 以及 2% 的 Nova，前道量检测设备市场基本被美资等海外公司垄断，国内企业市场份额不足 1%。

KLA 在全球半导体前道量检测设备领域具有绝对领先地位。KLA 创立于 1997 年，总部位于美国加州，主要为半导体、数据存储、LED 以及其他相关纳米电子产业提供前道工艺控制和良率管理的解决方案。目前，其产品种类覆盖加工工艺流程的各类前道光学、电子束量检测设备，具有高效、精确的性能特点。三星电子、台积电、Intel、海力士、联华电子、华虹、中芯国际等公司均是其重要客户。2021 财年，KLA 营业收入达到 69.2 亿美元，同比增长 19.2%；归母净利润达到 20.78 亿美元，同比增长 70.7%。据 SEMI 统计，2021 年 KLA 在晶圆形貌检测、无图形晶圆检测、有图形晶圆检测领域的市占率分别达到 85%、78%、72%，具有绝对垄断优势。

图 13：2021 年全球前道量检测设备竞争格局（以销售额计）



资料来源：Gartner，光大证券研究所整理

2.3、国内设备公司：初露锋芒，后起直追

尽管相较国际知名龙头企业，国内半导体前道量检测设备公司在进入市场时间、经营规模、产品种类、技术发展等方面相对落后，但我国半导体产业发展快速，相关厂商纷纷通过自主研发或收购的方式进行布局，截至目前部分公司已取得较大进展。

进行自主研发的公司主要包括上海精测、睿励、中科飞测、东方晶源、御微等。其中上海精测依托母公司精测电子在平板检测领域的技术经验与客户资源积累，得到迅速发展，其膜厚、电子束量测、光学缺陷检测、OCD 设备均已获得国内客户订单。睿励和中科飞测分别在资金与技术上背靠中微公司和中科院微电子所，均实现了量测设备和检测设备的技术突破并获得客户订单。东方晶源成立于 2014 年，公司承担国家 02 重大专项——电子束硅片图形缺陷检测设备研发与产业化项目并验收通过，首台套电子束缺陷检测设备（EBI）已完成产线验证并获得重复订单，关键尺寸量测设备（CD-SEM）也已取得多个订单。御微半导体成立于 2019 年，聚焦于集成电路光学量检测系统设计与系统集成，现已形成掩模

版检测、晶圆检测、泛半导体检测、晶圆测量等 4 大领域 6 大类量检测产品，公司成立以来已有多台设备顺利发运至客户。

采用参股方式布局量检测业务的公司主要有天准科技和赛腾股份。天准科技于 2020 年收购德国主营晶圆高精度光学检测和量测设备公司 Muetec，Muetec 的客户包括国际主流半导体厂商，覆盖欧洲、中国、美国、日本、东南亚等区域。2021 年公司完成收购 Muetec 100% 股权，在此基础上积极推进 Muetec 产品线技术升级，以覆盖 55nm、28nm 等工艺节点。赛腾股份于 2019 年收购日本主营半导体检查与曝光设备公司 Optima，Optima 的主要产品为晶圆缺陷检测设备，现已覆盖三星、台积电、沪硅产业等国内外一线客户。截至 2021 年底，公司顺利实现 Optima 的中日两地协同运营并在国内晶圆产能大幅扩张的背景下迅速拓展国内市场。

3、重点公司分析

3.1、精测电子：明场缺陷检测设备取得突破性订单

武汉精测电子集团股份有限公司于 2006 年 4 月创立，于 2016 年 11 月在深交所创业板上市，主要从事显示、半导体及新能源检测系统的研发、生产与销售。公司自创立以来注重技术积累，坚持自主创新，经过多年的发展，集合“光、机、电、软、算”一体化系统优势，在平板显示测试领域已处于行业领先水平，未来将依托在显示测试领域积累的优势，加大向半导体、新能源行业测试领域的渗透力度。

公司目前在**显示领域**的主营产品涵盖 LCD、OLED、Mini/Micro-LED 等各类显示器件的检测设备，包括信号检测系统、OLED 调测系统、AOI 光学检测系统和平板显示自动化设备等；在**半导体领域**的主营产品分为前道和后道测试设备，包括膜厚量测系统、光学关键尺寸量测系统、电子束缺陷检测系统和自动检测设备（ATE）等；在**新能源领域**的主营产品为锂电池生产及检测设备，主要用于锂电池电芯装配和检测环节等，包括锂电池化成分容系统、切叠一体机、锂电池视觉检测系统和 BMS 检测系统等。

公司 2021 年实现营业收入 24.09 亿元，同比增长 16.01%；归母净利润为 1.92 亿元，同比下降 20.94%；扣非归母净利润为 1.16 亿元，同比下降 50.9%；毛利率为 43.34%；净利率为 5.81%。研发投入的增加给公司净利润造成了一定影响，公司 2021 年研发投入为 4.54 亿元，同比增长 41.05%，其中半导体领域研发投入为 1.61 亿元，同比增长 140.14%；显示领域研发投入为 2.70 亿元，同比增长 14.31%；新能源领域研发投入为 0.24 亿元，同比增长 23.71%。自 2018 年以来，公司研发费用率持续攀升，2021 年达到 17.7%。

图 14：精测电子 2016-2021 年营业收入（亿元）



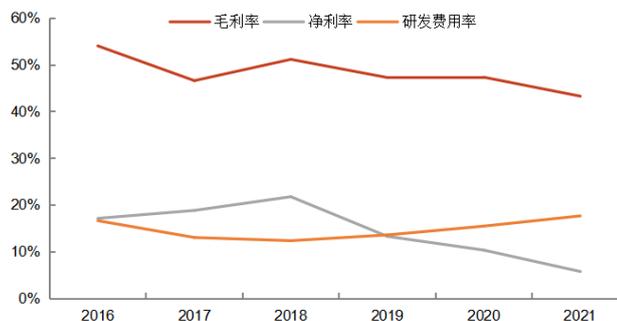
资料来源：公司年报，光大证券研究所整理

图 15：精测电子 2016-2021 年归母净利润（亿元）



资料来源：公司年报，光大证券研究所整理

图 16：精测电子 2016-2021 年毛利率、净利率与研发费用率情况

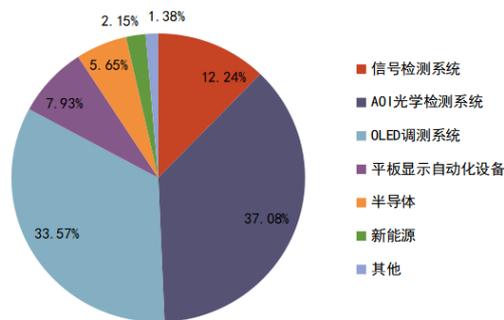


资料来源：CSMAR，精测电子年报，光大证券研究所整理

2021 年，公司平板显示检测业务实现销售收入 21.88 亿元，同比增长 10.31%；半导体检测业务实现销售收入 1.36 亿元，同比增长 110.54%；新能源检测业务实现销售收入 0.52 亿元，同比减少 35.88%，但是储备了较好的客户资源，具备持续拓展其他锂电池客户的能力。具体地，公司 2021 年营业收入中，信号检测系统占比 12.24%，AOI 光学检测系统占比 37.08%，OLED 调测系统占比 33.57%，平板显示自动化设备占比 7.93%，半导体业务占比 5.65%，新能源业务占比 2.15%，其他主营产品占比 0.50%，其他业务收入占比 0.88%。

公司子公司上海精测主要聚焦半导体前道检测设备领域，致力于半导体前道量检测设备的研发及生产。上海精测膜厚产品（含独立式膜厚设备）、电子束量测设备已取得国内一线客户批量订单；明场光学缺陷检测设备已取得突破性订单；OCD 设备也获得国内一线客户验证通过，半导体硅片应力测量设备等产品目前正处于研发、认证以及拓展过程中。其中明场光学缺陷检测设备致力于 8/12 英寸晶圆制造过程中的微小缺陷检测，前期产品能够满足 65nm 需求，28nm 主力制程产品正在研发中。2022 年 3 月，公司斩获两台明场检测 BFI100 型设备订单，该型号设备主要用于 65nm-180nm 的半导体产线制程监控，成为国内首个量产型号的明场检测设备。凭借多年的技术积累与持续的研发投入，公司有望在国内明场光学缺陷检测设备，以及有图形晶圆检测领域占据领先地位，进一步掣肘国内前道量检测设备市场由海外厂商垄断的竞争格局，助力国产化的推进。

图 17：精测电子 2021 年分产品营收占比 (%)



资料来源：精测电子年报，光大证券研究所整理

风险提示：市场竞争加剧的风险，下游需求不及预期的风险，产品研发进度不及预期的风险。

3.2、上海睿励：深耕前道量检测，产品填补国内产业链重要空白

睿励科学仪器（上海）有限公司成立于 2005 年 6 月，致力于集成电路生产前道工艺检测领域设备研发和生产，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，并且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。上海睿励的第一大股东是中微公司，截至 2022 年上半年，中微公司的持股比例为 29.36%。

上海睿励的主营产品为光学膜厚测量设备和光学缺陷检测设备，以及硅片厚度及翘曲测量设备等。**在量测设备方面**，公司自主研发的 12 英寸光学测量设备 TFX3000 系列产品，已应用在 65/55/40/28nm 芯片生产线并正在进行 14nm 工艺验证，在 3D 存储芯片产线支持 64 层 3D NAND 芯片的生产并正在验证 96 层 3D NAND 芯片的测量性能。**在检测设备方面**，公司的 FSD158e 设备、WSD200&WSD300 系列设备可分别应用于 2、3、4、5、6、8 寸图形或无图形晶圆以及 8、12 寸图形或无图形晶圆的外观缺陷检测。

图 18：上海睿励 TFX3000P 量测设备（上）、FSD158e 检测设备（下）

**TFX3000P**

TFX3000P——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 and 应力测量！低持有成本（COO），输出产率高，具有极高的性价比！机械运动性能可靠，稳定性表现卓越！性能强大的图像识别功能！功能丰富、易用的软件和算法！全面支持工厂自动化要求

[查看详情 >](#)
**FSD158e——外观缺陷检测设备**

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！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

[查看详情 >](#)

资料来源：上海睿励官网，光大证券研究所

风险提示：技术研发不及预期的风险，客户集中度较高的风险。

3.3、 中科飞测：主打晶圆缺陷检测设备，交付多条主流产线应用

深圳中科飞测科技股份有限公司成立于 2014 年 12 月，由中国科学院微电子研究所持股 4.84%，是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。公司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、薄膜膜厚量测设备系列等，已应用于国内 28nm 及以上制程的集成电路制造产线。

图 19：中科飞测检测设备示例

产品名称	图示	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
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

资料来源：中科飞测招股说明书

图 20：中科飞测量测设备示例

产品名称	图示	产品性能	应用领域
三维形貌测量测设备系列		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
薄膜膜厚测量测设备系列		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 曲面玻璃测量测设备系列		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

资料来源：中科飞测招股说明书

公司自成立以来始终坚持自主研发和自主创新的原则，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，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。截至 2022 年上半年，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。

公司拟于上交所科创板上市，现已提交注册。根据招股说明书数据，2021 年公司主营业务收入合计 3.59 亿元，其中检测设备收入为 2.65 亿元，占比 73.84%；量测设备收入为 0.94 亿元，占比 26.16%。由此可见，公司在业务上侧重于检测设备，同时拥有无图形晶圆和图形晶圆缺陷检测的系列设备，其中图形晶圆缺陷检测设备具有多模式明/暗照明系统。根据招股说明书披露的核心技术情况，公司具有深紫外成像扫描技术这一暗场缺陷检测技术储备，能够通过使用深紫外波段 266nm 波长的照明和成像，实现高精度无图形晶圆缺陷的高速扫描检测、高速检测信号处理和实时缺陷自动分类识别。

风险提示：经营业绩波动风险，市场竞争加剧的风险，下游晶圆厂扩产进度不及预期的风险。

4、风险分析

产品研发进度不及预期

半导体行业的研发存在周期较长、工艺复杂等特点，相关研发项目进度以及研发成果产业化依赖良率提升、客户验证等环节的进展，存在较大不确定性。如果产品研发进度未达预期或无法在市场竞争中占据优势，现有技术可能被赶超，导致产品的市场竞争力下降或被替代，前期的研发投入也将无法收回，同时，如果研发资金投入不足，研发进度可能难以保证。

下游需求量低于预期

目前全球半导体行业市场需求略有放缓，子板块景气度分化明显，其中智能手机等消费电子领域终端需求尚未回暖，可能对半导体设备公司的业务造成一定消极影响。

行业及公司评级体系

	评级	说明
行业及公司评级	买入	未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15%以上
	增持	未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5%至 15%；
	中性	未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至 5%；
	减持	未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5%至 15%；
	卖出	未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15%以上；
	无评级	因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，致使无法给出明确的投资评级。
基准指数说明：		A 股主板基准为沪深 300 指数；中小盘基准为中小板指；创业板基准为创业板指；新三板基准为新三板指数；港股基准指数为恒生指数。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

分析师声明

本报告署名分析师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、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。负责准备以及撰写本报告的所有研究人员在此保证，本研究报告中任何关于发行商或证券所发表的观点均如实反映研究人员的个人观点。研究人员获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户反馈、竞争性因素以及光大证券股份有限公司的整体收益。所有研究人员保证他们报酬的任何一部分不与、不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

法律主体声明

本报告由光大证券股份有限公司制作，光大证券股份有限公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格，负责本报告在中华人民共和国境内（仅为本报告目的，不包括港澳台）的分销。本报告署名分析师所持中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格编号已披露在报告首页。

中国光大证券国际有限公司和 Everbright Securities(UK) Company Limited 是光大证券股份有限公司的关联机构。

特别声明

光大证券股份有限公司（以下简称“本公司”）创建于 1996 年，系由中国光大（集团）总公司投资控股的全国性综合类股份制证券公司，是中国证监会批准的首批三家创新试点公司之一。根据中国证监会核发的经营证券期货业务许可，本公司的经营范围包括证券投资咨询业务。

本公司经营范围：证券经纪；证券投资咨询；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问；证券承销与保荐；证券自营；为期货公司提供中间介绍业务；证券投资基金代销；融资融券业务；中国证监会批准的其他业务。此外，本公司还通过全资或控股子公司开展资产管理、直接投资、期货、基金管理以及香港证券业务。

本报告由光大证券股份有限公司研究所（以下简称“光大证券研究所”）编写，以合法获得的我们相信为可靠、准确、完整的信息为基础，但不保证我们所获得的原始信息以及报告所载信息之准确性和完整性。光大证券研究所可能将不时补充、修订或更新有关信息，但不保证及时发布该等更新。

本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次发布时光大证券研究所的判断，可能需随时进行调整且不予通知。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本报告中的信息或所表述的意见并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

不同时期，本公司可能会撰写并发布与本报告所载信息、建议及预测不一致的报告。本公司的销售人员、交易人员和其他专业人员可能会向客户提供与本报告中观点不同的口头或书面评论或交易策略。本公司的资产管理子公司、自营部门以及其他投资业务板块可能会独立做出与本报告的意见或建议不相一致的投资决策。本公司提醒投资者注意并理解投资证券及投资产品存在的风险，在做出投资决策前，建议投资者务必向专业人士咨询并谨慎抉择。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。投资者应当充分考虑本公司及本公司附属机构就报告内容可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一信赖依据。

本报告根据中华人民共和国法律在中华人民共和国境内分发，仅向特定客户传送。本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、复制、转载、刊登、发表、篡改或引用。如因侵权行为给本公司造成任何直接或间接的损失，本公司保留追究一切法律责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

光大证券股份有限公司版权所有。保留一切权利。

光大证券研究所

上海

静安区南京西路 1266 号
恒隆广场 1 期办公楼 48 层

北京

西城区武定侯街 2 号
泰康国际大厦 7 层

深圳

福田区深南大道 6011 号
NEO 绿景纪元大厦 A 座 17 楼

光大证券股份有限公司关联机构

香港

中国光大证券国际有限公司
香港铜锣湾希慎道 33 号利园一期 28 楼

英国

Everbright Securities(UK) Company Limited
64 Cannon Street, London, United Kingdom EC4N 6AE