

2022年12月12日  
 电子


行业深度分析

证券研究报告

# 芯片良率的重要保障，量检测设备国产替代潜力大

## 半导体量检测设备是芯片良率重要保障：

半导体检测设备分为前道和后道，贯穿芯片制造的各个环节，是芯片良率的重要保障。从市场规模来看，前道量检测设备2021年市场规模114亿美元，后道测试设备市场规模78亿美元，在前道设备中市场规模仅次于光刻机、薄膜沉积和刻蚀设备。从技术路径来看，前道量检测设备可以分为光学检测技术、电子束检测技术和X光量测技术，其中光学检测具备精度高、速度快等优势，是目前主流的技术路径。

## 海外巨头垄断前道量检测设备：

根据semi数据统计，2020年全球量测设备市场上，KLA市占率51%，应用材料市占率12%，日立科技市占率9%，行业前五大公司合计市场份额占比超过了80%，全球市场高度集中。从国内市场来看，目前国内市场国产化率较低，2020年我国半导体前道量测检测设备国产化率约为2%，国产替代空间巨大。

## 量检测设备国产替代持续推进，潜力巨大：

目前来看，国内在前道量检测设备已经实现了部分产品的突破，其中上海睿励主要聚焦于薄膜测量和尺寸光学检测设备，已成功进入三星和长江存储生产线，新研制的缺陷检测设备也已进入下游客户厂家；上海精测在膜厚产品（含集成式膜厚产品）、电子束、OCD量测等设备产品和相关技术通过自主研发均实现了技术突破，获得了国内一线客户的批量订单或验证通过；中科飞测在无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备系列具备较强竞争力，并获得了中芯国际、长电科技、长江存储等国内龙头客户订单，填补了国内量测设备市场的关键空缺领域。

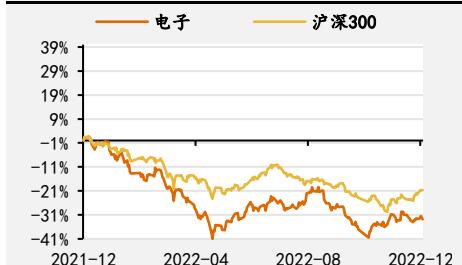
## 后道测试设备国产替代空间巨大，SoC测试机国产化快速推进：

据SEMI数据，后道测试设备市场规模2020年为60.1亿美元，预计2021/2022年为78/82亿美元，同比增长30%/5%。在后道测试设备中，测试机在整体占比达到63%，其中SoC、存储、模拟、射频测试机占比分别为50%、30%、12%、8%。目前，全球测试设备市场绝大部分被爱德万、泰瑞达、科休等海外厂商占据，国内在模拟测试机上率先突破，国产化率已经达到较高水平，但是在SoC、存储、射频测试机上国产化率依然较低，其中长川科技是国内SoC测试机的龙头，公司产品在核心性能以及指标上接近国外主流水平，在国内IC客户的份额正快速提高。

 投资评级 领先大市-A  
 维持评级

首选股票	目标价(元)	评级
688012 中微公司	148.00	买入-A
300604 长川科技	80.68	买入-A
688200 华峰测控	532.89	增持-A
688001 华兴源创	40.32	买入-A

## 行业表现



升幅%	1M	3M	12M
相对收益	-7.3	-5.3	-12.1
绝对收益	-1.7	-7.3	-32.8

马良 分析师

 SAC 执业证书编号：S1450518060001  
 maliang2@essence.com.cn

郭旺 分析师

 SAC 执业证书编号：S1450521080002  
 guowang@essence.com.cn

## 相关报告

台湾光罩急单涨价，掩膜版	2022-12-04
景气度高企	
欧盟敲定芯片法案，汽车芯片需求持续旺盛	2022-11-27
景气度趋于底部区间，IC设计板块低位静待反转	2022-11-20
中芯国际加大资本开支，利好上游设备材料企业	2022-11-13
VR计划重磅出台，Intel服务器CPU即将发布，关注产业链布局机遇	2022-11-07

■ **投资建议：**推荐国内刻蚀机龙头中微公司（持股上海睿励）、国内后道模拟测试机龙头华峰测控，SoC 测试机龙头长川科技以及国内领先 SoC 测试机供应商华兴源创；关注国内前道检测设备龙头精测电子、中科飞测（未上市）、半导体硅片检测设备龙头赛腾股份。

■ **风险提示：**技术开发与迭代升级的风险；半导体行业不及预期的风险；国际贸易摩擦风险；市场竞争加剧的风险。

## 内容目录

1. 半导体量检测设备：芯片良率的重要保障 .....	6
1.1. 半导体量检测设备分为前道和后道 .....	6
1.2. 前道量检测设备贯穿晶圆制造各个环节，是芯片良率的重要保障 .....	6
1.2.1. 前道量检测设备：针对晶圆制造中相关物理参数测量 .....	8
1.2.2. 检测设备：对晶圆生产过程中有无产生表面杂质等缺陷进行检测 .....	10
1.3. 后道测试分为晶圆检测和成品测试，主要关注电性能测试 .....	12
2. 半导体前道量测设备：市场规模达 114 亿美元，美国 KLA 垄断市场 .....	14
2.1. 半导体前道量检测设备市场超百亿美元 .....	14
2.2. 前道量测技术壁垒高，美国 KLA 垄断市场 .....	16
2.2.1. 科磊：全球半导体前道测量设备龙头企业 .....	17
2.2.2. 应用材料 .....	20
2.3. 量检测设备国产替代持续推进，潜力巨大 .....	21
3. 后道检测设备：模拟测试机国产替代率先突破，SoC、射频国产化有望快速推进 .....	27
3.1. 后道测试设备合计占半导体设备市场规模比例约 8% .....	27
3.2. 测试设备技术壁垒高，海外巨头垄断市场 .....	29
3.2.1. 泰瑞达 .....	31
3.2.2. 爱德万 .....	33
3.2.3. 科休 .....	35
3.3. 模拟测试机国产替代率先突破，SoC、射频国产化有望快速推进 .....	36
4. 相关标的 .....	37
4.1. 精测电子：半导体检测设备全面布局 .....	37
4.2. 长川科技：后道测试设备平台型公司，SoC 测试机国内领先 .....	40
4.3. 中科飞测（未上市）：量检测设备国内领先企业，引领实现国产突破 .....	41
4.4. 华兴源创：全球领先面板检测设备供应商，布局 SoC 测试打开成长空间 .....	43
4.5. 华峰测控：模拟测试机龙头，功率+SoC 开启第二成长极 .....	45
4.6. 赛腾股份：收购日本 Optima 切入半导体检测领域 .....	47
5. 风险提示 .....	49
5.1. 技术开发与迭代升级的风险 .....	49
5.2. 半导体行业不及预期的风险 .....	49
5.3. 国际贸易摩擦风险 .....	49
5.4. 市场竞争加剧的风险 .....	49

## 图表目录

图 1. 集成电路产业链 .....	6
图 2. 2020 年全球半导体检测和量测设备市场份额占比 .....	7
图 3. 半导体检测与量测技术 .....	8
图 4. 不同量测标识尺寸 .....	9
图 5. 不同量测标识尺寸 .....	10
图 6. 四探针台工作示意 .....	10
图 7. 楔偏仪工作示意 .....	10
图 8. 无图形表面检测系统原理图 .....	11
图 9. 无图案晶圆缺陷检测设备 .....	11
图 10. 图形晶圆成像检测原理图 .....	11

图 11. 光刻掩膜板成像检测原理图 .....	12
图 12. 集成电路生产及测试具体流程 .....	13
图 13. 探针台展示 .....	14
图 14. 全球半导体设备市场规模及增速（亿美元） .....	15
图 15. 2016-2022E 中国半导体设备市场规模及增速（亿美元） .....	15
图 16. 前道的晶圆制造设备投资占比 .....	16
图 17. 前道量测设备中各类产品细分占比 .....	16
图 18. 量测设备产品价值量细分占比 .....	16
图 19. 量检测设备涉及技术系统 .....	17
图 20. 2021 年检测和量测设备全球市场格局情况 .....	17
图 21. 2020 年科磊在各环节的市占率 .....	18
图 22. 2017-2022.9 年 KLA 营业收入及增速（亿美元） .....	19
图 23. 2017-2022.9 年 KLA 归母净利润及增速（亿美元） .....	19
图 24. 2021 年 KLA 全球市场分布 .....	20
图 25. AMAT 营业收入及毛利率（亿美元） .....	20
图 26. 2018 年 AMAT 晶圆生产线各类设备投资占比 .....	20
图 27. 上海睿励 TFX4000i 产品示意图 .....	23
图 28. 上海精测 EPROFILE 300FD 产品示意图 .....	24
图 29. 中科飞测主要客户 .....	26
图 30. 东方晶源 SEpA-i505 产品示意图 .....	26
图 31. 长江存储 2017-2021 设备招标厂商中标数量合计 .....	27
图 32. 全球半导体测试设备市场规模 .....	28
图 33. 全球半导体测试设备细分结构（2020 年） .....	28
图 34. 全球半导体测试设备市场结构（2020 年） .....	29
图 35. 历年全球半导体测试设备整体市场格局（单位：亿美元） .....	30
图 36. 泰瑞达部分产品展示 .....	32
图 37. 泰瑞达业务营收（单位：亿美元） .....	32
图 38. 泰瑞达净利润（单位：亿美元） .....	32
图 39. 泰瑞达重点产品领域增长情况 .....	33
图 40. 爱德万部分产品展示 .....	34
图 41. 爱德万业务营收（单位：亿美元） .....	34
图 42. 爱德万净利润（单位：亿美元） .....	34
图 43. 科休部分产品展示 .....	35
图 44. 科休业务营收（单位：亿美元） .....	36
图 45. 科休净利润（单位：亿美元） .....	36
图 46. 精测电子发展历史 .....	38
图 47. “光、机、电、算、软”一体化示意图 .....	39
图 48. 2021 年精测电子营收占比 .....	39
图 49. 精测电子营收及同比增速（单位：亿元） .....	40
图 50. 精测电子利润情况（单位：亿元） .....	40
图 51. 长川科技测试机类别 .....	40
图 52. 长川科技分选机类别 .....	40
图 53. 2017-2021 长川科技主营业务构成（单位：亿元） .....	41
图 54. 2021 年长川科技主营业务构成 .....	41

图 55. 长川科技营收及同比增速 (单位: 亿元) .....	41
图 56. 长川科技归母净利润及同比增速 (单位: 亿元) .....	41
图 57. 中科飞测公司设立情况 .....	42
图 58. 2021 年中科飞测营收占比 .....	42
图 59. 公司营收情况 (单位: 亿元) .....	43
图 60. 公司净利润情况 (单位: 亿元) .....	43
图 61. 华兴源创公司发展历程 .....	44
图 62. 2021 年华兴源创营收结构 .....	45
图 63. 华兴源创营收及同比增速 (单位: 亿元) .....	45
图 64. 华兴源创归母净利润及同比增速 (单位: 亿元) .....	45
图 65. 华峰测控部分产品示意图 .....	46
图 66. 华峰测控营收结构 .....	46
图 67. 华峰测控分业务毛利率 .....	46
图 68. 华峰测控营收情况 (亿元) .....	47
图 69. 华峰测控盈利情况 (亿元) .....	47
图 70. 来源于苹果公司的直接订单/终端品牌的收入、占比 .....	47
图 71. 赛腾股份半导体检测设备业务布局 .....	48
图 72. 赛腾股份营收结构 (亿元) .....	48
图 73. 赛腾股份营收情况 (亿元) .....	49
图 74. 赛腾股份盈利情况 (亿元) .....	49
 表 1: 不同技术应用情况及优劣势 .....	8
表 2: 量测设备分类 .....	9
表 3: 不同测试设备对比 .....	13
表 4: 重力、平移和转塔式分选机比较 .....	14
表 5: 科磊产品系列 .....	18
表 6: AMAT 产品系列 .....	21
表 7: 各公司关键设备 .....	22
表 8: 上海睿励发展历程 .....	23
表 9: 中科飞测无图形晶圆缺陷检测设备技术对比 .....	24
表 10: 中科飞测图形晶圆缺陷检测设备技术对比 .....	25
表 11: 中科飞测图形晶圆缺陷检测设备技术对比 .....	25
表 12: 全球前三大测试设备厂商部分优势产品简介 .....	30
表 13: 泰瑞达历史并购情况 .....	33
表 14: 爱德万历史并购情况 .....	35
表 15: 科休历史并购情况 .....	36
表 16: 2020 年测试机国产化情况 .....	37
表 17: 中科飞测主要设备销量和产品情况 (台) .....	43
表 18: 华兴源创半导体测试机和海外同行对比 .....	44

## 1. 半导体量检测设备：芯片良率的重要保障

### 1.1. 半导体量检测设备分为前道和后道

集成电路产业链包括集成电路设计、集成电路晶圆制造、芯片成品制造和测试、设备和材料行业。集成电路芯片成品制造与测试的客户是集成电路设计公司和系统集成商，设计公司设计出芯片方案或系统集成方案，委托集成电路制造商生产晶圆（芯片），然后将芯片委托封测企业进行封装、测试等，再由上述客户将产品销售给电子终端产品组装厂。

半导体量检测设备是半导体制造过程中对芯片性能与缺陷的进行检测的关键设备，分为前道和后道检测。前道检测主要用于晶圆加工环节，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，目的是检查每一步制造工艺后晶圆产品的加工参数是否达到设计的要求或者存在影响良率的缺陷，属于物理性的检测；半导体后道测试设备主要是用在晶圆加工之后、封装测试环节内，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，目的是检查芯片的性能是否符合要求，属于电性能的检测。

图1. 集成电路产业链



资料来源：华峰测控招股书，安信证券研究中心

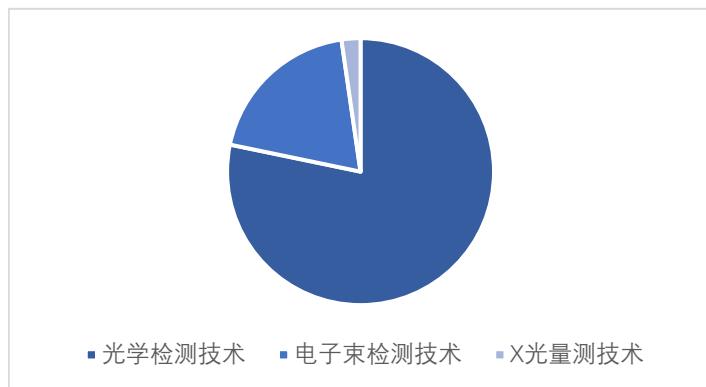
### 1.2. 前道量检测设备贯穿晶圆制造各个环节，是芯片良率的重要保障

量检测设备是芯片良率的重要保障，贯穿晶圆制造各个环节。芯片制造过程中产生的缺陷会影响产品设备的最终良率，额外增加厂商的生产成本。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。

按照检测技术分类来看，目前主要的检测技术主要分为光学检测技术、电子束检测技术和 X 光量测技术，其中光学检测是目前主流技术。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%，应用光学检测技术由于可以相对

较好实现有高精度和高速度的均衡，并且能够满足其他技术所不能实现的功能，因此采用光学检测技术的设备占比具有领先优势。

图2. 2020年全球半导体检测和量测设备市场份额占比



资料来源：中科飞测招股书，安信证券研究中心

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。光学检测是目前应用最广的技术，具备精度高、速度快的优点，能满足大规模生产。与电子束检测技术相比，光学检测技术在精度相同的条件下，检测速度更具有优势；与X光量测技术相比，光学检测技术的适用范围更广，而X光量测技术主要应用于特定金属成分测量和超薄膜测量等特定的领域，适用场景相对较窄。

- **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，并通过对光信号进行计算分析以获得晶圆表面的检测结果。可以满足规模化生产的速度要求，相对较好实现高精度和高速度的均衡，具有分辨率高、运用范围广和损伤性小的特点，但是需借助其他技术进行辅助成像并在检测精度上不及另外两种技术。光学检测技术可进一步分为无图形晶圆激光扫描检测技术、图形晶圆成像检测技术和光刻掩膜板成像检测技术，在量测环节中发挥了主要作用。
- **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，精度更高并可以直接成像进行测量，但速度相对较慢、分辨率低。
- **X光量测技术：**主要应用于特定金属成分测量和超薄膜测量等特定的领域，适用场景相对较窄。

总体来看，电子束具备精度优势，但是受限于检测速度，电子束无法满足规模化生产的速度要求，导致其应用场景主要在对吞吐量要求较低的环节。科磊半导体的总裁 Rick Wallace（任职 2008 年至今）曾直接提及光学技术的检测速度可以较电子束检测技术快 1,000 倍以上，电子的物理特性使得电子束技术难以在检测速度方面取得重大突破。相比而言，光学检测是最经济、最快的选择。

因此，结合三类技术路线的特点，在实际应用场景中往往会将光学技术与电子束技术相结合，即通过光学检测设备寻找并快速锁定缺陷位置，并由电子束检测设备重访已检测到的缺陷并进行成像处理，对部分关键区域表面尺度量测进行抽检和复查，确保设备检测的精度和速度，两种技术的结合使用能够提高量检测的效率，同时降低对芯片的破坏性。

另外，由于电子束检测通常接收的是入射电子激发的二次电子，无法区分具有三维特征的深度信息，因而部分测量无法用电子束技术进行检测，主要通过光学检测技术实现，如三维形貌测量、光刻套刻测量和多层膜厚测量等应用。

**表1：不同技术应用情况及优劣势**

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片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
先进制程工艺应用情况	应用于28nm及以下的全部先进制程。光学检测技术因其特点，目前广泛应用于晶圆制造环节	应用于28nm及以下的全部先进制程。因其具有精度高但速度慢特点，所以基于电子束检测技术的设备一部分应用于研发环节，一部分应用在部分关键区域抽检或尺寸量测等生产环节	应用于28nm及以下的全部先进制程，但鉴于X光具有穿透性强、无损伤特性，所以主要应用于特定的场景，如检测特定金属成分
优点	精度高，速度快，能够满足全部先进制程的检测需求，符合规模化生产的速度要求，并且能够满足其他技术所不能实现的功能，如三维形貌测量、光刻套刻测量和多层膜厚测量等应用	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，如检测超薄膜厚度，可以检测特定金属成分等
缺点	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

资料来源：华经情报网，安信证券研究中心

应用于前道制程和先进封装的质量控制根据工艺细分为检测（Inspection）和量测（Metrology）两大设备。检测指对晶圆表面上或电路结构中是否出现异质情况进行检测，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；量测主要针对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3. 半导体检测与量测技术**


资料来源：中科飞测公司招股书，安信证券研究中心

### 1.2.1. 前道量检测设备：针对晶圆制造中相关物理参数测量

集成电路制造和先进封装环节中的量测主要包括三维形貌量测、薄膜膜厚量测、关键尺寸量测、套刻精度量测等，主要对透明薄膜厚度、不透明薄膜厚度、关键尺寸、套准精度等指标进行测量，对应的设备分为四探针、椭偏仪、CD-SEM设备、OCD设备、原子力显微镜、薄膜量测等。

量测环节中光学检测技术发挥主要作用，运用光的波动性和相干性实现测量远小于波长的光学尺度，通过对光信号进行计算分析以获得晶圆表面的检测结果，若一条产线中量测结果持续偏离设计值，表明产线工艺出现了问题，需要进行问题的排查。

**表2：量测设备分类**

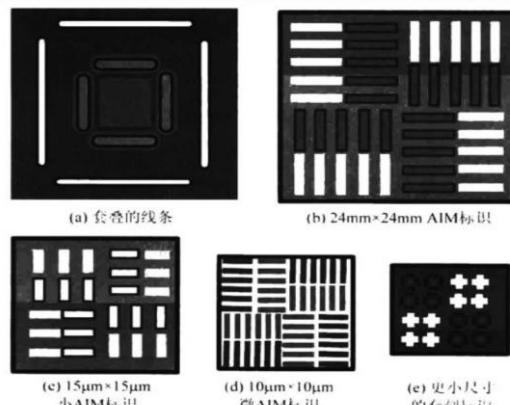
量测环节	量检测原理	细分	设备与技术
形貌量测设备	通过宽光谱大视野的相干性测量技术，得到晶圆芯片的三维形貌，从而测量晶圆表面的粗糙度、电路特征图案的高度均匀性等参数	—	—
套刻误差量测设备	为通过光学显微成像系统获得两层刻套目标图形的数字化图像，然后基于数字图象算法获得套刻误差	—	—
薄膜膜厚量测	通过测量反射光和电阻计算透明和不透明薄膜的厚度	透明薄膜 不透明薄膜	椭偏仪/椭圆偏振技术 四探针台
关键尺寸量测	通过测量从晶圆表面反射的宽光谱光束的光强、偏振等参数，来测量晶圆电路图形的线宽、高度和侧壁角度	关键尺寸扫描电子显微镜 (CD-SEM) 光学关键尺寸 (OCD) 测量	(CD-SEM) (OCD) 测量

资料来源：华经情报网，安信证券研究中心

**三维形貌量测：**通过宽光谱大视野的相干性测量技术，得到相关区域电路图形的高精度三维形貌，对晶圆表面的粗糙度、电路特征图案的高度均匀性等参数进行测量，从而对晶圆的良品率进行保证。

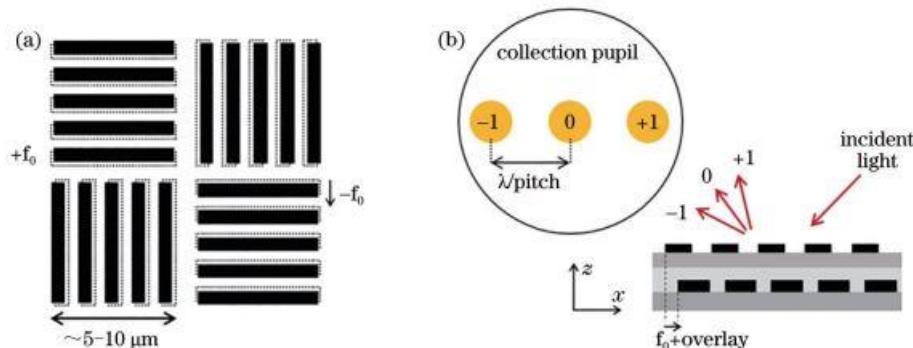
**套刻精度量测：**集成电路上电路图形每一部分之间相对位置的套刻对准直接影响了整个器件性能、成品率及可靠性。套刻精度测量原理是利用光学显微成像系统获得两层刻套目标图形的数字化图像，然后基于数字图象算法，计算每一层的中心位移，从而获得套刻误差。目前市面上使用较多的设备是 KLA-Tencor 的 Archer 系列和 ASML 的  $\mu$ DBO 产品。Archer 系列利用的是光的反射原理，ASML 的量测方法则是利用光的衍射原理。

➤ **Archer 系列：**采用光的反射进行量测，通过使用高分辨率显微镜将当层和前层(事先已经设置好)的量测标识叠在一起进行拍照，将拍好的照片传到分析软件通过模型对反射光信号进行计算，算出套刻误差。

**图4. 不同量测标识尺寸**


资料来源：《光刻套刻误差测量技术》，安信证券研究中心

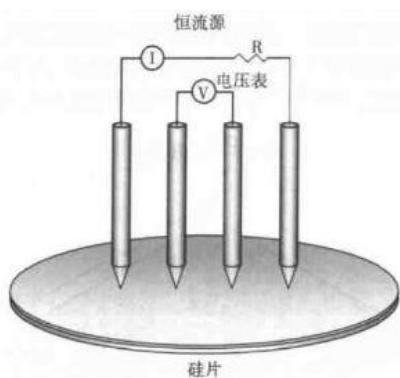
**ASML- $\mu$ DBO 系列：**DBO 设备在当前层和前一层上套叠的光栅打入一道均匀的光束，光束透过当成量测标识时发生衍射，衍射光束达到前层后反射，对反射回来的衍射光斑进行分析可求得套刻误差。由于前层和当层并不严格对准，光斑每个像素点的光强关于原点并不对称从而得到误差。

**图5. 不同量测标识尺寸**


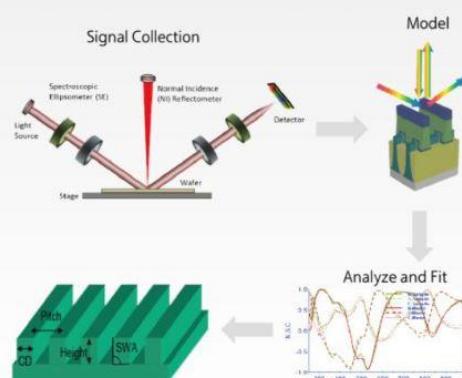
经典的套刻标记和原理示意图<sup>[31]</sup>。(a)典型的SCOL套刻标记示意图;(b)包含叠加光栅结构的横截面图

资料来源: 《光刻套刻误差测量技术》, 安信证券研究中心

**薄膜膜厚量测:** 在半导体制造过程中,晶圆要进行多次各种材质的薄膜沉积,因此薄膜的厚度及其性质会对晶圆成像处理的结果产生关键性的影响。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。膜厚测量可以根据薄膜材料划分为两个基本类型,即不透明薄膜和透明薄膜。业界内一般使用四探针通过测量方块电阻计算不透明薄膜的厚度;通过椭偏仪测量光线的反射、偏射值计算透明薄膜的厚度。

**图6. 四探针台工作示意**


资料来源: 《半导体制造技术》, 安信证券研究中心

**图7. 椭偏仪工作示意**


资料来源: 《半导体制造技术》, 安信证券研究中心

**关键尺寸量测:** 半导体制程中最小线宽一般称之为关键尺寸,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以保证工艺的稳定性。由于任何图形尺寸的偏离都会对最终器件的性能、成品率产生影响,因此先进的工艺控制都需要对关键尺寸测量。

根据设备运用原理的不同分为关键尺寸扫描电子显微镜设备(CD-SEM)和光学关键尺寸(OCD)测量设备,其中OCD设备弥补了CD-SEM设备需要将待测晶圆置于真空的缺陷,具备高精度与很好的稳定性与,可以一次性获得诸多工艺尺寸参数,目前已经成为先进半导体制造中的主要工具。

### 1.2.2. 检测设备: 对晶圆生产过程中有无产生表面杂质等缺陷进行检测

检测设备通过晶圆缺陷检测来监控工艺，减少产量损失。晶圆表面缺陷类型众多，综合考虑缺陷的物理属性和缺陷算法的针对性，一般将缺陷分为表面冗余物（颗粒、污染物等），晶体缺陷和图案缺陷。

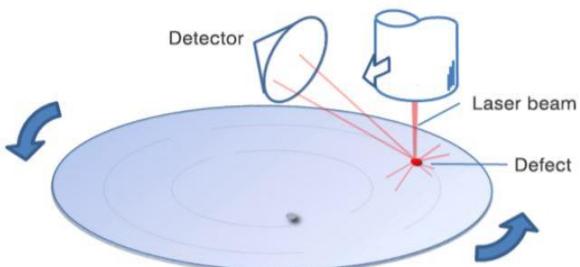
随着现在工艺尺寸向 14nm 以下制程方向发展，晶圆表面的缺陷尺寸变得越来越小，缺陷产生频率也来越高。目前行业内对硅片缺陷检测的普遍做法为：光学技术与电子束技术相结合。通过光学检测设备寻找并快速锁定缺陷位置，并由电子束检测设备对缺陷进行成像处理。光学检测技术可进一步分为无图形晶圆激光扫描检测技术、图形晶圆成像检测技术和光刻掩膜板成像检测技术，三种检测技术在检测环节的具体应用情况如下

### 无图形晶圆激光扫描检测

无图形化检测指在开始生产之前，裸晶圆在晶圆制造商处获得认证，半导体晶圆厂收到后再次认证的检测过程。

无图形的硅片一般是指裸硅片或有一些空白薄膜的硅片，由于晶圆没有形成图案，因此可以直接进行缺陷检测。其工作原理是将单波长光束照明到晶圆表面，当激光束在晶圆表面遇到粒子或其他缺陷时会散射激光的一部分，设备收集在缺陷散射光信号，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。

图8. 无图形表面检测系统原理图



资料来源：Hitachi, 安信证券研究中心

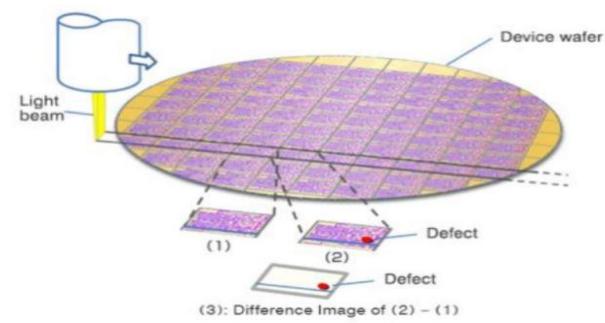
图9. 无图案晶圆缺陷检测设备



资料来源：中科飞测公司招股书，安信证券研究中心

**图形晶圆成像检测：**该类设备主要应用于先进封装环节的晶圆出货检测，可实现对晶圆表面高精度高速的成像，一般用明场/暗场照明，或两者的组合的方式进行缺陷检测。设备主要通过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，获取晶圆表面电路的图案图像，通过对比晶圆上的测试芯片图像和相邻芯片的图像，对电路图案进行对准、降噪和分析，实现晶圆表面图形缺陷的捕捉。

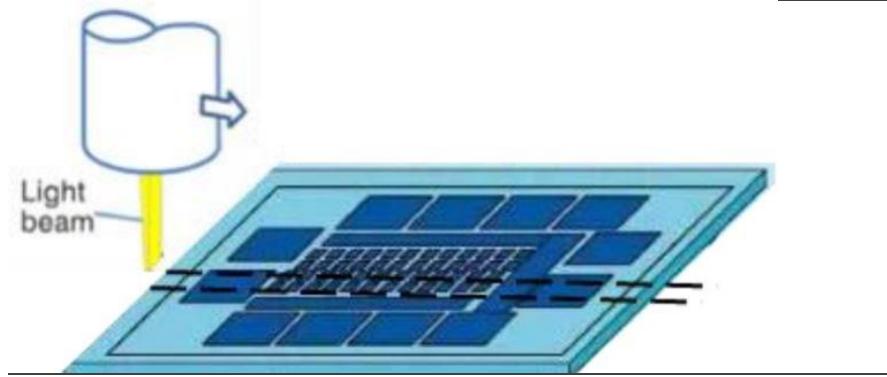
图10. 图形晶圆成像检测原理图



资料来源：中科飞测公司招股书，安信证券研究中心

**光刻掩膜板成像检测：**掩膜板在制程中起到关键作用，光罩上的缺陷或图案位置错误会被复制到产品晶圆上面的许多芯片中，因此对于光刻掩膜版的检测成为实现芯片制造高良率的关键因素之一。检测主要通过对晶圆上同一位置和同一特征尺度进行多次重复测量，通过宽光谱照明或者深紫外激光照明，获取光刻掩膜板上的图案图像，并将测量结果的标准差作为设备的重复性精度指标。该指标体现设备对晶圆同一位置和同一特征尺度的测量结果的波动幅度大小。

图11. 光刻掩膜板成像检测原理图



资料来源：中科飞测公司招股书，安信证券研究中心

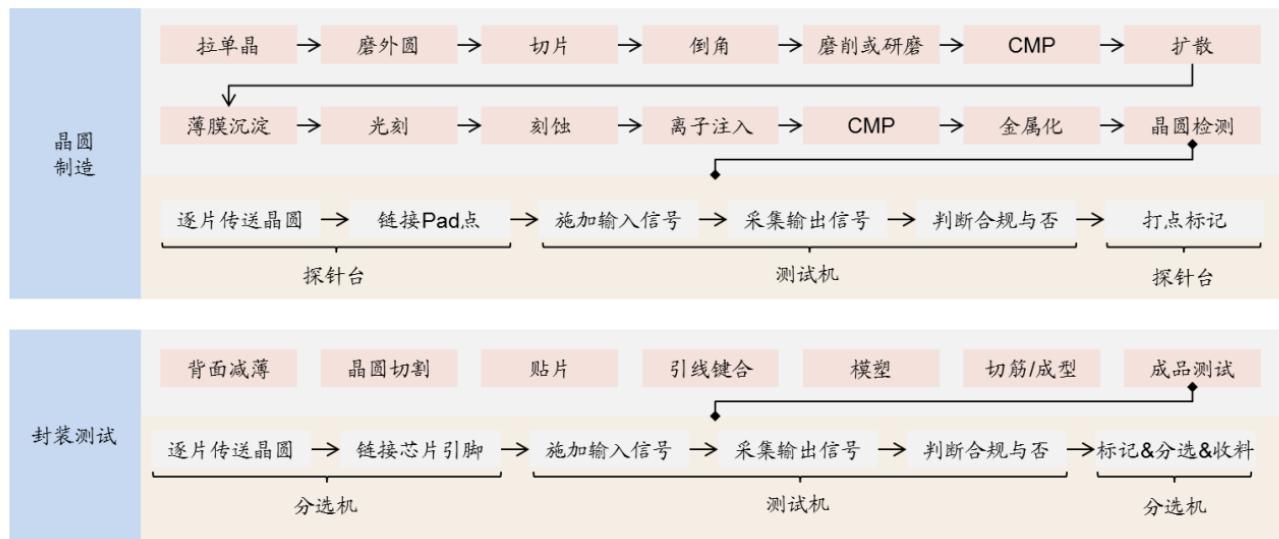
### 1.3. 后道测试分为晶圆检测和成品测试，主要关注电性能测试

后道检测分为晶圆检测和成品测试，晶圆检测环节需要使用测试机和探针台，成品测试环节需要使用测试机和分选机：

**晶圆检测环节：**晶圆检测是指在晶圆完成后进行封装前，通过探针台和测试机的配合使用，对晶圆上的裸芯片进行功能和电参数测试。探针台将晶圆逐片自动传送至测试位置，芯片的 Pad 点通过探针、专用连接线与测试机的功能模块进行连接，测试机对芯片施加输入信号并采集输出信号，判断芯片功能和性能在不同工作条件下是否达到设计规范要求。测试结果通过通信接口传送给探针台，探针台据此对芯片进行打点标记，形成晶圆的 Map 图。该环节的目的是确保在芯片封装前，尽可能地把无效芯片筛选出来以节约封装费用。

**成品测试环节：**成品测试是指芯片完成封装后，通过分选机和测试机的配合使用，对封装完成后的芯片进行功能和电参数测试。分选机将被测芯片逐个自动传送至测试工位，被测芯片的引脚通过测试工位上的基座、专用连接线与测试机的功能模块进行连接，测试机对芯片施加输入信号并采集输出信号，判断芯片功能和性能在不同工作条件下是否达到设计规范要求。测试结果通过通信接口传送给分选机，分选机据此对被测芯片进行标记、分选、收料或编带。该环节的目的是保证出厂的每颗集成电路的功能和性能指标能够达到设计规范要求。

图12. 集成电路生产及测试具体流程



资料来源：华峰测控招股说明书、安信证券研究中心

后道测试设备主要包含测试机、分选机和探针台三种设备，ATE 测试机的检测内容主要为功能和电参数检测：ATE 测试机通过计算机自动控制，能够自动完成对半导体的测试，加快检测电学参数的速度，降低芯片测试成本，主要测试内容为半导体器件的电路功能、电性能参数，具体涵盖直流参数（电压、电流）、交流参数（时间、占空比、总谐波失真、频率等）、功能测试等。

表3：不同测试设备对比

测试环节	测试对象	主要技术壁垒	下游厂商
ATE 测试机	晶圆制造、封装测试	集成电路参数项目越来越多，精度越来越高，响应速度越来越快，并且具备通用化软件开发平台，结合大数据应用	封测厂、Fabless 厂、晶圆厂
分选机	封装测试	对自动化高速重复定位控制能力和测压精度要求较高，达到 0.01mm，设备要求稳定性强，具备快速切换能力，抗干扰能力强	封测厂、Fabless 厂、晶圆厂
探针台	晶圆制造	精度要求严格 (0.001mm) 级别，对设备稳定性要求极高，需求具备视觉精密控测量和定位系统，对系统算法提出很高要求，工作环节必须洁净度极高	封测厂、Fabless 厂、晶圆厂

资料来源：半导体行业观察，安信证券研究中心

分选机在成品芯片测试环节搭配 ATE 使用，按照形态和适用情形分为重力式、平移式、转塔式、测编一体机。重力式结构简单，投资小，适合体积较大、测试时间一般的传统类型封装形式，如 DIP、QFN、SOP 等；平移式采用机械臂运输芯片，适合几乎所有类型的封装，在测试时间较长或先进封装情况下优势明显；转塔式适合体积小、重量小、测试时间短的芯片，UPH 最高，许多转塔式结合了视觉检测功能，多以测编一体机的形式存在。测编一体机将测试 (test)、视觉量测 (inspection & metrology)、激光打标 (mark)、编带等功能结合为一体，同样也可以分为重力式、平移式、转塔式等类型，由于集成功能较多，因此结构复杂，技术壁垒较高。

**表4：重力、平移和转塔式分选机比较**

特征	重力式	平移式	转塔式
工作原理	芯片下滑到测试工位中	水平机械臂真空吸取芯片并放置到测试工位/并行测试	重力式
典型 UPH	10-15k/h	10k-20k/h	30-50K/h
典型情景	较大较坚固的封装	几乎所有类型封装	体积小、重量小的芯片
典型芯片大小	2*2 到 21*21mm	0.5*0.5 到 70*70mm	0.6*0.3 到 12*12mm
典型封装类型	TO、DIP、SOIC	BGA、CSP 等	分立器件、SOT、QFP、QFN 等
典型测试时间	—	>100ms	20ms 左右
优势	结构简单、便宜	兼容性最强，并行能力高最适用于先进封装和复杂芯片（长测试时间）	高产，常集成检测、打印等功能
劣势	封装类型限制较多	投资额较大，UPH 一般	—
典型应用份额	5%	55%	40%

资料来源：ETEL，安信证券研究中心

探针台主要应用于半导体行业、光电行业、集成电路以及封装的测试。广泛应用于复杂、高速器件的精密电气测量的研发，旨在确保质量及可靠性，并缩减研发时间和器件制造工艺的成本。探针台的核心在于真空XYZ工作台控制系统，工作过程中通过PC和控制器调整工作台位置和探针位置，使得探针对准每个芯片(Die)的Pad，完成电性能的测试。该系统对于控制速度和精度均有较高要求，例如摄像头采用CCD相机、工作台移动采用摩尔光栅闭环控制，以保证微米级控制精度。此外，为保证测试环境的稳定和低干扰度，对探针台的光衰减、光谱噪声、电流噪声等都有相当高的要求，对于某些特殊芯片如RF等有特殊要求。而真空腔、工作台、承片台的加工等也有一定难度，这一同构成了探针台的设计和制造壁垒。

**图13. 探针台展示**


资料来源：长川科技官网、安信证券研究中心

## 2. 半导体前道量测设备：市场规模达114亿美元，美国KLA垄断市场

### 2.1. 半导体前道量检测设备市场超百亿美元

根据SEMI的统计，2020年全球半导体设备市场规模约712亿美元，同比增长19.2%，其中前道晶圆制造设备613亿美元，占比86.1%；后道封装测试设备市场规模约为98.6

亿美元，占比约 14%，在所有地区均显示强劲增长，其中封装设备 38.5 亿美元，后道测试设备 60.1 亿美元。

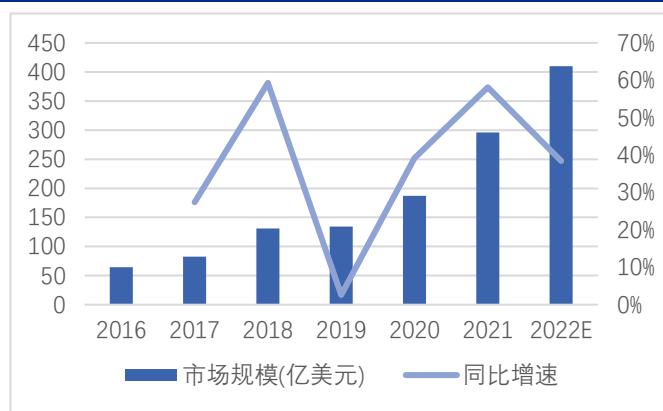
受消费电子、PC 等下游景气度提升和 5G、AI、云计算等新应用拓展，全球半导体需求整体向好，半导体厂商资本开支进入新一轮上升周期，半导体设备市场规模随之提升，2021 年全球半导体设备市场销售额达 1,026 亿美元，同比增长 44.1%，其中前道晶圆制造设备 880 亿美元，后道测试设备 78 亿美元，后道封装设备 70 亿美元。

分地区来看，2021 年中国大陆半导体设备市场达 296 亿美元，同比增长 58%，占全球市场比 29%，第二次成为全球最大半导体设备销售市场，近年来全球半导体产业链呈向中国大陆转移趋势，中国半导体设备市场国产替代进程明显。

图14. 全球半导体设备市场规模及增速（亿美元）



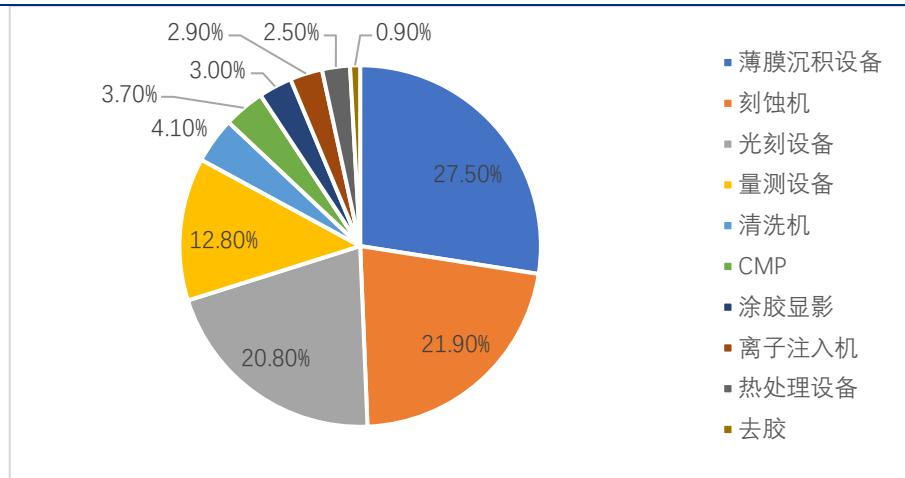
图15. 2016-2022E 中国半导体设备市场规模及增速（亿美元）



资料来源：SEMI、安信证券研究中心

资料来源：SEMI、安信证券研究中心

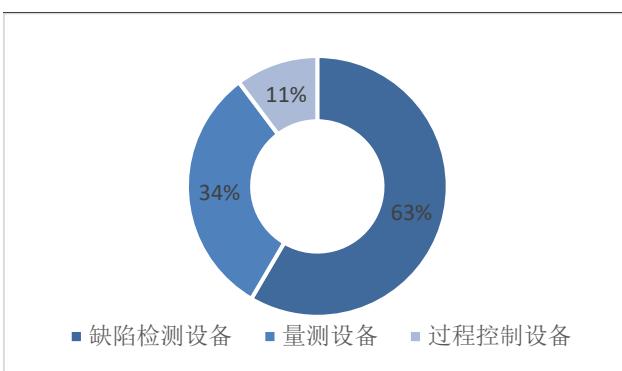
**2021 年前道量测设备市场规模 114 亿美元。**在前道的晶圆制造设备中，市场投资占比最高的是薄膜沉积设备和刻蚀设备分别为 28% 和 22%，其次是光刻设备占比约为 20%，累计合计市场规模占比近 70%；除此之外工艺过程量检测设备也是质量监测的关键，占前中道投资比重约 13%；其他设备占比相对较小。结合此前 SEMI 给出的 2021 年前道晶圆制造设备市场 880 亿美元的数据，按此比例测算，半导体前道量测设备 2021 年市场规模达到 114 亿美元。从国内来看，如果按照 2021 年半导体设备国内占全球 29% 的比例来测算，中国大陆半导体前道量测设备市场规模为 33 亿美元。

**图16. 前道的晶圆制造设备投资占比**


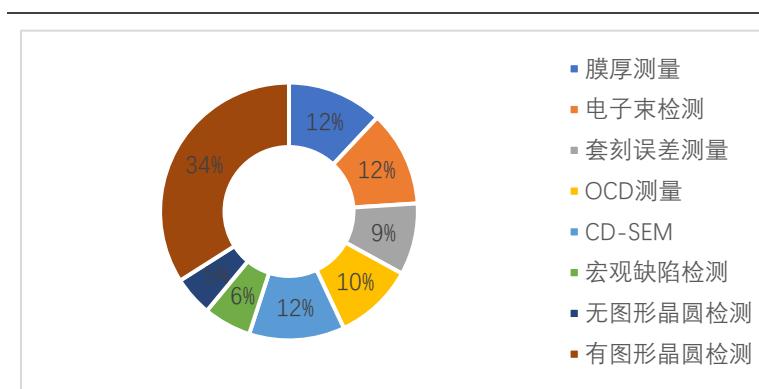
资料来源: SEMI, 安信证券研究中心

前道量测设备进一步细分为量测设备、缺陷检测设备以及过程控制软件，据 VLSI Research 数据，缺陷检测设备占前道检测设备市场规模比例最大，超一半以上达到 62.6%；量测设备占前道检测设备的 33.5%；过程控制软件占前道检测设备的 3.9%。

进一步按产品细分，根据智研咨询数据，价值量占比方面膜厚测量占比 12%、OCD-SEM 测量占比 10%，CD-SEM 占比 11%、套刻误差测量占比 9%；缺陷检测中有图形晶圆检测占比 32%、无图形晶圆检测占比 5%、电子束检测占比 12%、宏观缺陷检测占比 6%。

**图17. 前道量测设备中各类产品细分占比**


资料来源: VLSI Research, 安信证券研究中心

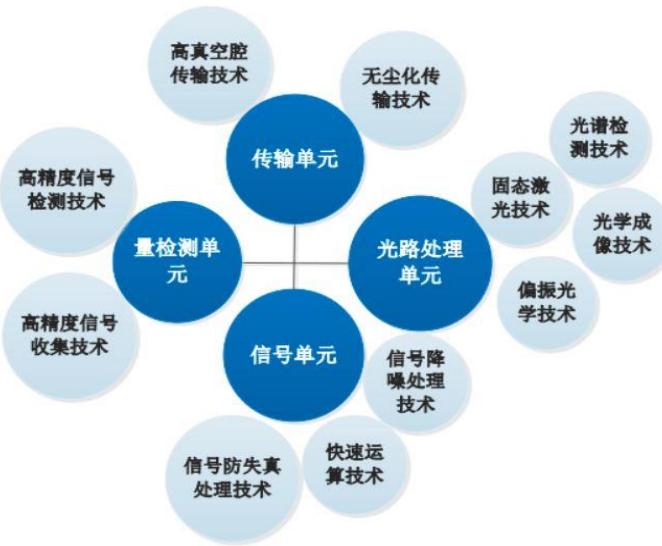
**图18. 量测设备产品价值量细分占比**


资料来源: 智研咨询, 安信证券研究中心

## 2.2. 前道量测技术壁垒高，美国 KLA 垄断市场

前道设备精密复杂、制造难度大，需要企业长时间的投入及技术积淀。量测设备涉及电学、光学、光声技术等多个技术领域，对设备制造企业的技术研发实力和跨领域技术资源整合能力有较高要求。国内设备厂商起步晚基础薄，国产设备仍有很大的突破空间。前道设备种类复杂，细分市场较多；其中膜厚量测技术门槛较低，集中度相对分散，为国内厂商进入检测设备的突破口。

图19. 量检测设备涉及技术系统

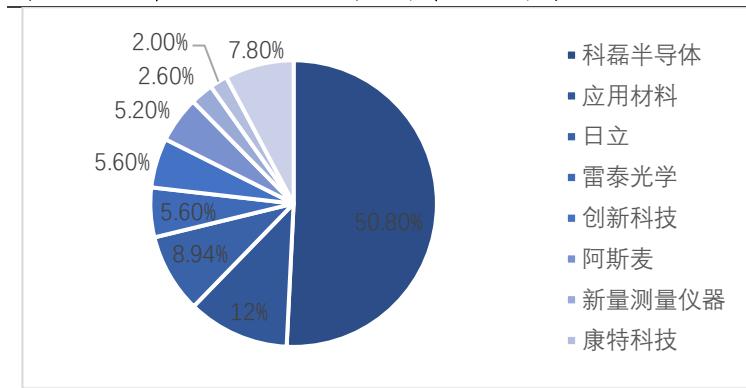


资料来源：中金企信国际咨询，安信证券研究中心

测试设备具有非标定制化的特点，客户需求多样化。根据性能要求的不同，在外观尺寸测试、视觉测试等方面存在高度不统一性，所需要的检测设备种类多，是所有半导体检测赛道中壁垒最高的环节，单机设备的价格比后道测试设备高，且不同功能设备价格差异也较大。

海外龙头企业垄断全球 80% 量测设备市场。根据 SEMI 资料，全球主要赛道由海外厂商主导并垄断，中高端领域由 KLA-Tencor 占据主要市场，并在大多细分领域具有明显优势。根据 Gartner 数据统计，2021 年全球量测设备市场上，KLA 市占率 51%，应用材料市占率 12%，日立科技市占率 9%，行业前五大公司合计市场份额占比超过了 80%，全球市场高度集中。国内市场国产化率较低，2020 年我国半导体量测检测设备国产化率约为 2%，市场主要由几家垄断全球市场的国外企业占据主导地位。

图20. 2021 年检测和量测设备全球市场格局情况



资料来源：中科飞测招股书，安信证券研究中心

### 2. 2. 1. 科磊：全球半导体前道测量设备龙头企业

KLA-Tencor 成立于 1976，是 IC 领域最大的量检测公司，半导体工艺控制是公司主要收入来源，其产品线涵盖了质量控制全系列设备，广泛应用于晶片制造、晶圆制造、光掩模制造、化合物半导体制造、互补式金属氧化物半导体 (CMOS) 和图像感应器制造等领域。其涵盖产品主要包括 Gen 5 (3900 系列) 有图形晶圆检测、Puma 激光扫描图案晶圆缺陷检测系

统；Archer 套刻误差检测；Teron 掩膜版测量（EUV）；Surfcan 无图形晶圆检测（DUV/EUV）等。

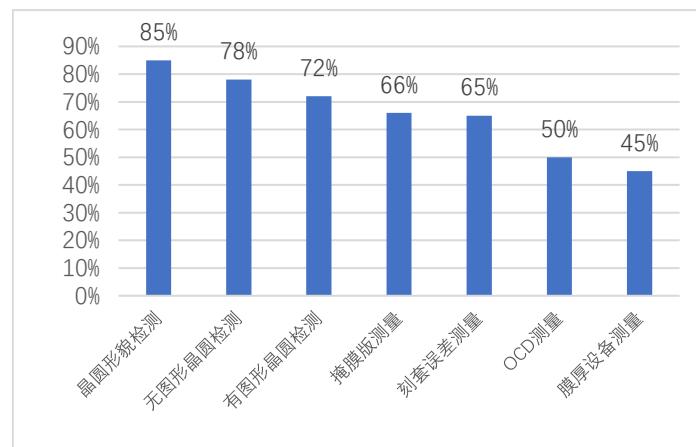
表5：科磊产品系列

系列名称		介绍
	Surfcan 无图案晶圆检测系列	
缺陷检测	Puma 91xx 图案晶圆检测系列	
	eDR™-5210 电子束晶圆缺陷检视系统	
量测设备	ASET-F5x Pro 薄膜量测系统	
	Archer 套刻量测系统	

资料来源：KLA 官网，公司公告，安信证券研究中心

**KLA 在检测设备领域市占率有绝对优势**，根据 Gartner 数据，2021 年 KLA 的前道检测设备领域占据全球市场 51% 份额，从产品应用领域上来看，科磊在检测设备领域的各环节占据市场主导优势，尤其在晶圆形貌检测、无图形晶圆检测、有图形晶圆检测领域市占率分别达到 85%、78%、72%，具有绝对垄断优势。

图21. 2020 年科磊在各环节的市占率



资料来源：华经产业研究院，安信证券研究中心

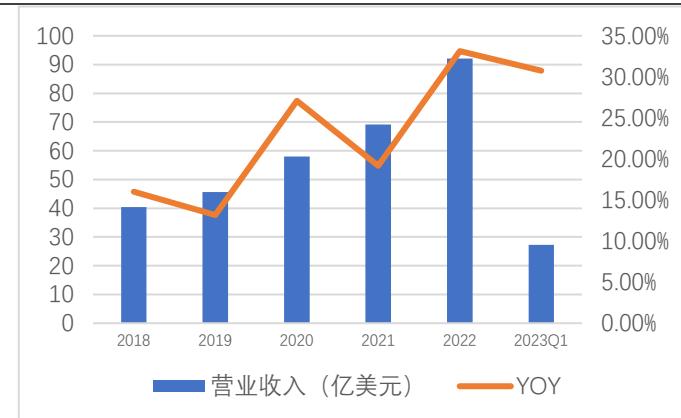
**盈利能力稳定，营收持续增长**。前道量检测设备具有较高市场准入和技术壁垒，公司的绝对龙头地位赋予其垄断市场产品定价的能力，保持常年很高的盈利能力。截止 2022 财年，

KLA 的营收 92.12 亿美元，同比增长 33.14%，归母净利润为 33.22 亿美元，同比增长 59.83%，其中半导体工艺控制营收 79.25 亿美元，占总体营收的 86%，是集成电路领域规模最大、覆盖最广的量检测公司。

2023 年 Q1 季度（2022.6 月-2022.9 月）实现营收 27.24 亿美元，同比+30.74%；实现净利润 10.26 亿美元，同比-3.97%。公司 23Q1 营收高于预期，主要受供应链改善影响，新产能得到开出，同时 EUV 掩膜版检测增势强劲，实现了连续增长。

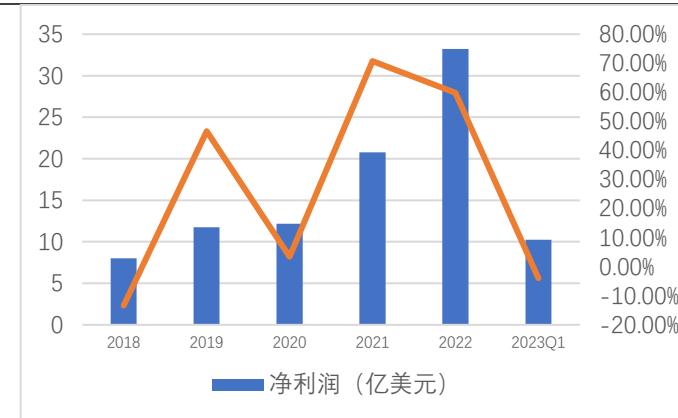
按照主营业务结构，2021 年科磊产品和服务收入分别占比 75% 和 25%；其中量测业务占比 23%，缺陷检测业务占 77%。多年来科磊的服务收入占比一直维持在 20% 的水平，高比例的服务收入和先进制造商订单，使得公司能够多年来保持稳定的盈利能力。同时公司约 70% 的产品订单来自先进制造商，具备比较稳定的市场需求。

图22. 2017-2022.9 年 KLA 营业收入及增速（亿美元）



资料来源：wind, 安信证券研究中心

图23. 2017-2022.9 年 KLA 归母净利润及增速（亿美元）

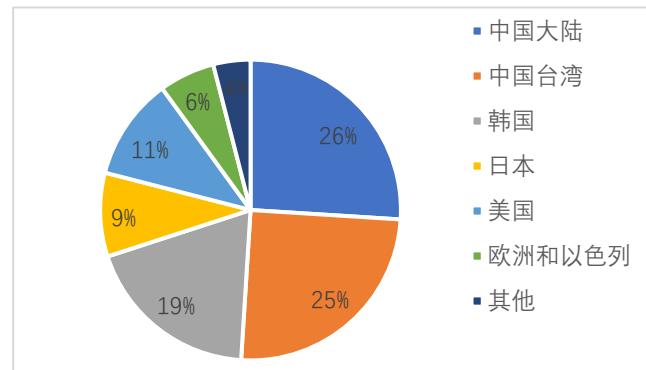


资料来源：wind, 安信证券研究中心

科磊在发展过程中，通过并购不断拓宽赛道。1997 年由 KLA 仪器公司和 Tencor 仪器公司合并创立 KLA-Tencor，此次合并使公司同时具备了在缺陷检测和量测解决方面的能力，开始进入公司密集并购期，通过一系列外延并购整合行业内资源，延伸公司产品线与服务，提高市场占有率。2007 年公司并购 OnWafer 以及 SensArray 公司，使得科磊成为目前市场上唯一一家能够提供晶圆级量测设备的厂商；2019 年以约 32 亿美元收购以色列公司 Orbotech

2021 年中国大陆成为公司全球最大市场。科磊半导体业务范围十分广泛，覆盖全球各个地区，其中三星电子、台积电、Intel、海力士、联华、华虹、中芯国际、东芝、美光等 IDM/Foundry 均是公司重要客户。2021 年中国大陆在公司的营业收入 18.3 亿美元，占比为 26%，首次超越台湾地区成为公司全球最大市场。

图24. 2021年KLA全球市场分布



资料来源：KLA 官网，安信证券研究中心

### 2.2.2. 应用材料

应用材料（AMAT）在量测设备方面优势领域在于电子束检测。2020年Applied Materials的量测业务收入增长46%，主要原因是光学晶圆检测新产品和E-beam新产品得到大客户的认可和采购。

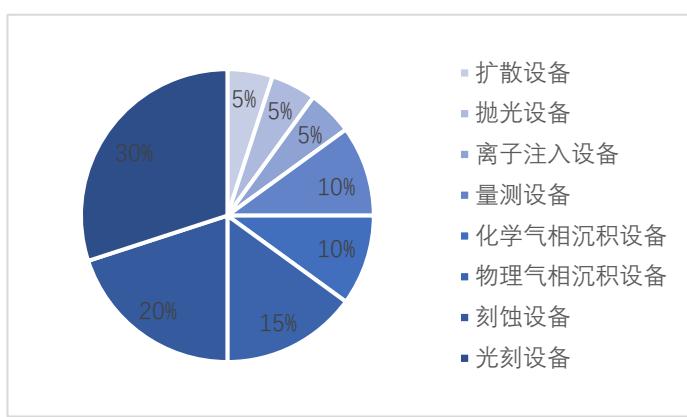
根据Gartner数据，2020年应用材料在刻蚀、沉积、CMP、离子注入、工艺控制领域的全球市场份额分别达到了17%、43%、64%、55%和12%。2022年公司总体收入257.85亿美元，同比增长11.80%，实现净利润65.25亿美元，同比增长10.82%。

图25. AMAT营业收入及毛利率（亿美元）



资料来源：SEMI，安信证券研究中心

图26. 2018年AMAT晶圆生产线各类设备投资占比

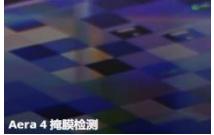


资料来源：SEMI，安信证券研究中心

2018年应用材料量测类产品在公司晶圆生产线中占比10%，其中主要量测设备包括：

- SEMVision G7 缺陷分析设备：具备对晶圆斜边和侧边的独特成像能力，能通过光学手段检测到微达18纳米的缺陷。
- UVision 8 检测设备：具有业内最小的光学检测像素尺寸，支持以低于10纳米的缺陷灵敏度进行尖端研发和大规模量产。
- VeritySEM 5i 计量设备：具备独一无二的内嵌三维功能，可对1x纳米及以下节点的逻辑和存储器件进行量产规模的测量。
- Aera4 掩膜检测设备：配备了新的光刻级镜头，该系统的掩膜检测灵敏度极高，可满足双重和四重图形化光刻技术的要求。
- PROvision 3E 电子束量测：具备领先业界的电子束镜筒技术，可实现当下的最高电子密度，能够完成当今最先进的芯片设计图形化的需求。

表6: AMAT 产品系列

设备	示意图	简介
SEMVision G7 缺陷分析		SEMVision G7 系统提供更丰富的成像功能，并对机器学习能力加以扩展，从而提升了自动缺陷分类 (ADC) 能力。新系统具备对晶圆斜边和侧边的独特成像能力。这些位置的缺陷如果未被发现，可能会降低器件的良率。为了对无图案的晶圆进行可靠的评估，新系统改进了光源和收集机制，改善了噪声抑制，能通过光学手段检测到微达 18 纳米的缺陷。
Uvision 8 检测		该系统具有业内最小的光学检测像素尺寸，支持以低于 10 纳米的缺陷灵敏度进行尖端研发和大规模量产。它还增强了 1x 纳米节点 FEOL 和 BEOL 应用中先进图形层的缺陷检测功能，解决了包括逻辑器件、DRAM、3D NAND、双重和四重图形化以及 EUV 层在内的多个技术难题。
VeritySEM5i 计量		VeritySEM 系列产品的最新 VeritySEM 5i CD-SEM 系统，具备独一无二的内嵌三维功能，可对 1x 纳米及以下节点的逻辑和存储器件进行量产规模的测量。新系统运用市场领先的 SEMVision® G6 核心技术，可解决测量尖端几何结构实际尺寸所面临的空前挑战。此系统配备最先进的高分辨率 SEM 镜柱，可测量小至 6 纳米的尺寸；
Aera4 掩膜检测		Aera 4 系统配备了新的光刻级镜头，在标准的高分辨率应用和空间检测中具有更出色的信噪比，因而成为 1x nm 技术节点以及早期生产中的 EUV 掩膜检测的首选工具。该系统的掩膜检测灵敏度极高，可满足双重和四重图形化光刻技术的要求，同时保持极低的误报率。
PROvision 3E 电子束量测		PROvision 3E 系统通过将纳米级分辨率、高速和穿透成像合而为一，可生成数百万个数据点来正确地完成当今最先进的芯片设计图形化的需求，包括 3 纳米晶圆代工逻辑芯片、全环绕栅极 (GAA) 晶体管以及下一代 DRAM 和 3D NAND。这些功能让该系统可突破光学量测的盲点，不仅可以在整片晶圆，也可以在芯片的多个不同层面之间执行准确的量测，生成多维数据集，满足实现最佳芯片性能、加快产品上市时间的需求

资料来源: AMAT 官网, 安信证券研究中心

## 2.3. 量检测设备国产替代持续推进，潜力巨大

国内量测设备厂家主要为中科飞测、上海睿励、上海精测、东方晶源、埃芯半导体、优睿谱等，其部分产品已进入一线产线验证，推动量测设备国产化发展。

**上海睿励：**主要聚焦于薄膜测量和尺寸光学检测设备，已成功进入三星和长江存储生产线，新研制的缺陷检测设备也已进入下游客户厂家。

**上海精测：**在膜厚产品（含集成式膜厚产品）、电子束、OCD 量测等设备产品和相关技术通过自主研发均实现了技术突破，获得了国内一线客户的批量订单或验证通过。

**中科飞测：**公司在无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备系列具备较强竞争力，并获得了中芯国际、长电科技、长江存储等国内龙头客户订单，填补了国内量测设备市场的关键空缺领域。

**东方晶源：**公司目前已实现国内首台套 EBI 设备在客户主流制程的验证，并完成了国内首台 CD-SEM 的研发。

**赛腾股份：**公司通过收购 Optima 进入高端半导体检测设备赛道，涉足硅片端和晶圆加工检测。目前公司完整收购后，主要检测产品有光学晶圆缺陷检测设备、宏观检测设备、封测自动端设备等，客户涵盖各国一线大厂，包括新晟、中环等客户。

**埃芯半导体：**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系列产品及解决方案。

**南京中安：**公司已量产具有国际领先水平的晶圆几何形貌量测设备，能够提供晶圆制造过程中所需要的应力、翘曲度等重要参数。

**御微半导体：**公司已经形成了掩模版检测、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。2022 年 5 月，公司首台半导体晶圆检测设备顺利发往长鑫存储，并且半导体晶圆缺陷检测设备 i12-F200 首次发往北京中芯京城。2022 年 7 月，公司首台全自动掩模缺陷检测设备 i6R-300 顺利发运国内集成电路先进制程生产线。

优睿谱：2022年6月，公司首台半导体专用FTIR(傅立叶变换红外光谱)测量设备Eos200正式交付客户，也是国内首家率先实现FTIR设备交付的半导体量测设备公司，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。

**表7：各公司关键设备**

公司名称	成立时间	主要客户	主要方向	设备	内容
			膜厚量测	eView™ 全自动晶圆缺陷复查设备	<ul style="list-style-type: none"> <li>是国内首台拥有完全自主知识产权的半导体前道检测设备</li> <li>可用于 10x nm 及以下集成电路制程的工艺缺陷自动检测；提供有图形和无图形晶圆检测</li> <li>已取得国内一线客户的批量重复订单</li> </ul>
上海精测	2018	长江存储、 广州粤芯等	光学关键尺寸测量	EPROFILE 300FD	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内首台 12 寸独立式光学线宽测量设备</li> <li>可以进行 45nm 以下、特别是 28nm 平面 CMOS 工艺的量测；支持 200mm/300mm 硅片</li> <li>业界独有的高精度微型化椭偏式膜厚量测技术，实现薄膜高精度测量</li> </ul>
			电子束测量	Review SEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内唯一 12 寸全自动电子束晶圆缺陷复查设备</li> <li>2020 年正式交付国内客户；2021 年通过验证。</li> </ul>
上海睿励	2005	三星电子、 长江存储、 上海华力等	光学膜厚测量设备	TFX3000 系列	<ul style="list-style-type: none"> <li>已应用在 28 纳米芯片生产线并在进行 14 纳米工艺验证，在 3D 存储芯片上达到 64 层的检测能力</li> <li>是目前进入该国际领先芯片生产企业唯一的国产集成电路设备产品</li> <li>新增加了反射测量模块和深紫外测量模块，具有更宽的光谱范围，涵盖了更广泛工艺段应用</li> </ul>
			缺陷检测设备	TFX4000i FSD200 FSD300	<ul style="list-style-type: none"> <li>适用于 150mm-200mm 硅片，可运用于有图案和无图案硅片。</li> <li>适用于 300mm 硅片，可运用于有图案和无图案硅片。</li> </ul>
中科飞测	2014	中芯国际、 长江存储、 青岛芯恩等	三维形貌测量系统 表面缺陷检测系统 智能视觉缺陷检测系统	SKYVERSE-900 系列 SPRUCE 系列 BIRCH 系列	<ul style="list-style-type: none"> <li>高精度：特有的宽光谱信号接收光路和自适应分析算法</li> <li>最有空间分辨率达到 10μm</li> <li>可适用于 200mm/300mm 硅片 线阵相机扫描，可配置裸硅片或图形暗场扫描</li> <li>可用于高速度、高精度先进封装的二维缺陷检测系统和三维尺度测量系统</li> <li>多模式的明暗场多角度的照明系统，智能缺陷检测和分类的检测模式</li> <li>面向 300mm 硅片的主流工艺制程。</li> <li>通过先进的电子束成像系统、高速工件台和强大的数据计算机，获取高分辨率图像，搭配缺陷检测算法、自动缺陷分类(ADC) 算法，为芯片制造过程提供高精度的缺陷检测和良率解决方案。</li> </ul>
东方晶源	2014	中芯国际等	关键尺寸量测装备 (CD-SEM)	SEpA-i SEpA-c	<ul style="list-style-type: none"> <li>面向 200mm/300mm 硅片工艺制程。</li> </ul>
			电子束缺陷复检设备 (DR-SEM) 产品	SEpA-r600	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前工程机(Alpha 机)已经通过首轮 wafer demo，图像质量达到国际主流设备第 6 代水平；</li> <li>高精度工件台与自研的坐标转换算法完美搭配，可以将高端光学检测设备报告的缺陷位置校准到 <math>\pm 1 \mu m</math> 误差范围内；</li> <li>可以满足 <math>\geq 28 nm</math> 制程需求，Beta 机集成工作加速推进中，已拿到客户订单，进入产线验证指日可待。</li> </ul>

资料来源：各家公司官网，安信证券研究中心

**上海睿励：**公司于 2005 年注册成立，致力深耕于半导体量测领域。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。其自主研发的 12 英寸光学测量设备 TFX3000 系列产品，已应用在 28 纳米芯片生产线并在进行 14 纳米工艺验证，在 3D

存储芯片上能够支持完成 64 层芯片生产能力。产品目前已成功进入世界领先芯片客户 3D 闪存芯片生产线，是目前进入该国际领先芯片生产企业唯一的国产集成电路设备产品。

2021 年 4 月，睿励首台自主研发的高精度光学缺陷检测设备（WSD200）装箱出货。2021 年 6 月，公司自主研发的第三代光学膜厚测量设备 TFX4000i 交付，TFX4000i 延续使用了与 TFX3000P 相同的主框架及软件架构，在保持二代产品的优良测量性能和可靠性的同时新增了反射测量模块和深紫外测量模块，由此涵盖了更广泛的工艺段应用，可以适用于 5nm 的前后道工艺、10 nm 级 DRAM、3D NAND 等制造生产线。2021 年，公司累计出货 TFX3000 和 TFX4000 系列设备 30 余台，并于一季度获得中微公司增资 1 亿元，推动布局工艺检测设备。

图27. 上海睿励 TFX4000i 产品示意图



资料来源：上海睿励官网，安信证券研究中心

上海睿励与中微公司关系紧密，二者第一大股东都是上海创业投资有限公司，同时在人事上交集往来密切，中微公司董事朱民也出任上海睿励的董事。2019 年 8 月，中微半导体投资 1375 万元，占股 10.41%。2020 年，国家大基金认缴 3758.24 万元，占股 12.12%。

表8：上海睿励发展历程

时间	发展历程
2005 年 6 月	睿励科学仪器（上海）有限公司正式成立
2008 年 3 月	公司 TFX10000 送 150mm 集成电路生产线
2011 年 5 月	公司 TFX3000 送 300mm 集成电路生产线
2015 年	光学薄膜测量设备获得国际知名客户订单
2018 年	国际知名客户追加 2 台光学薄膜测量设备订单
2019 年 8 月	中微半导体投资 1375 万元，占股 10.4%
2020 年 1 月	国家大基金认缴 3758.24 亿元，占股 12.12%

资料来源：上海睿励官网，安信证券研究中心

**上海精测：**上海精测成立于 2018 年 7 月，主要聚焦半导体前道检测设备领域，产品覆盖领域较为齐全，检测领域覆盖了电子束检测及缺陷复查设备，量测领域以椭圆偏振技术为核心开发了适用于半导体工业应用的膜厚量测以及光学关键尺寸量测系统，已经取得长江存储、广州粤芯等国内半导体客户的批量重复订单；电子显微镜相关设备已完成首台套的交付。

**半导体电子束检测设备顺利交付。**2020 年 12 月 23 日，上海精测半导体技术有限公司宣布推出首款半导体电子束检测设备：eViewTM 全自动晶圆缺陷复查设备，并于当日正式交付国内客户，助力半导体产业国产化。该设备采用了自主开发的扫描电子显微镜技术，具有超高的分辨率，满足 10x nm 集成电路工艺制程的需求。

**国内首台 OCD 设备完成出机。**2021 年 7 月 13 日，上海精测半导体技术有限公司实现国内首台 12 寸独立式光学线宽测量设备（OCD）与国内唯一 12 寸全自动电子束晶圆缺陷复查设备（Review SEM）顺利出机。12 寸独立式光学线宽测量机台（OCD）是该类型的国内首台机台，主要用于 45nm 以下、特别是 28nm 平面 CMOS 工艺的量测，并可以延伸支持上述先进工艺节点的快速线宽测量。EPROFILE 300FD 测量系统拥有完全自主知识产权，包括宽谱全穆勒椭偏测头、对焦对位系统、系统软件等核心零部件均为自主研发，是真正意义上的高端国产化机台。

图28. 上海精测 EPROFILE 300FD 产品示意图



资料来源：上海精测官网，安信证券研究中心

**中科飞测：**深圳中科飞测科技股份有限公司是与中科院微电子研究所达成深入合作、国内唯一一家自主研发先进封装检测设备和光学三维度量测设备的企业，代表性的产品和服务有：三维封装量测系统 SKYVERSE-900，表面缺陷检测系统 SPRUCE 系列以及智能视觉检测系统 BIRCH 系列等。目前也是唯一一家在 **Metrology** (量测) 和 **Inspection** (缺陷检测) 两大领域均在国内 TOP 的芯片厂商取得批量订单并安装使用的半导体光学检测设备供应商，在半导体与显示业界检测技术综合实力全国领先。

公司多年深耕技术领域布局，形成多系列具有自主知识产权的核心技术体系，并在量测、检测产品和服务上的多线布局，主要设备包括：三维封装量测系统 SKYVERSE-900，表面缺陷检测系统 SPRUCE 系列以及智能视觉检测系统 BIRCH 系列等。中科飞测经过多年技术累计与研发，相关核心技术在国内处于领先地位，并实现与产业的深度融合应用，相关设备已与国际竞品整体性能相当，可以在相关知名晶圆制造厂商的产线上实现无差别应用，助推检测设备国产化进程。

- **无图形晶圆缺陷检测设备系列：**公司 S1 和 S2 设备可实现的最小灵敏度分别为 60nm 和 23nm。其中，S1 在灵敏度为 102nm 时的吞吐量为 100wph，S2 在灵敏度为 26nm 时的吞吐量为 25wph。公司设备灵敏度和吞吐量可以满足不同客户需求，公司设备与国际竞品整体性能相当，已在中芯国际等知名晶圆制造厂商的产线上实现无差别应用。

表9：中科飞测无图形晶圆缺陷检测设备技术对比

公司	中科飞测	科磊半导体
设备型号	S1	Surfscan SP1TB1
工艺节点	130nm 或以上	130nm 或以上
最小灵敏度	60nm	60nm
吞吐量	100wph (灵敏度 102nm)	未披露
设备型号	S2	Surfscan SP3
工艺节点	2Xnm 或以上	2Xnm 或以上
最小灵敏度	23nm	23nm
吞吐量	25wph (灵敏度 26nm)	未披露

资料来源：公司招股书，安信证券研究中心

- **图形晶圆缺陷检测设备系列：**该型号设备主要应用于先进封装环节的晶圆出货检测，最小灵敏度可达到  $0.5\text{ }\mu\text{m}$ ，在灵敏度为  $3\text{ }\mu\text{m}$  时的吞吐量为  $80\text{wph}$ ，已在长电先进、华天科技等知名先进封装厂商的产线上实现无差别应用。

**表10：中科飞测图形晶圆缺陷检测设备技术对比**

公司	中科飞测	创新科技
设备型号	B2	Rudolph F30
最小灵敏度	$0.5\text{ }\mu\text{m}$	$0.5\text{ }\mu\text{m}$
吞吐量	$80\text{wph}$ (灵敏度 $3\text{ }\mu\text{m}$ )	$120\text{wph}$ (灵敏度 $10\text{ }\mu\text{m}$ )
缺陷复查模式	支持三种彩色复查模式	支持三种彩色复查模式

资料来源：公司招股书，安信证券研究中心

- **三维形貌量测设备系列：**公司该型号设备的重复性精度达到  $0.1\text{nm}$ ，能够支持  $2X\text{nm}$  及以上制程工艺中的三维形貌测量，已在长江存储等知名晶圆制造厂商的产线上实现无差别应用。

**表11：中科飞测图形晶圆缺陷检测设备技术对比**

公司	中科飞测	帕克公司
设备型号	C2	NX Wafer
重复性精度	$0.1\text{nm}$	$0.1\text{nm}$
量测方式	自动数据采集和分析	自动数据采集和分析

资料来源：公司招股书，安信证券研究中心

半导体设备技术的先进性和稳定性对产品的质量和生产效率起着重要作用，是下游客户选择的关键条件。公司多年在深耕半导体质量控制领域，进行持续研发创新，在灵敏度/重复性精度、吞吐量、功能性等不同维度技术上实现了多维度的创新：

- 在灵敏度方面，公司实现了无图形晶圆缺陷检测设备系列最小灵敏度  $23\text{nm}$  缺陷尺度的检测，图形晶圆缺陷检测设备系列最小灵敏度  $0.5\text{ }\mu\text{m}$  缺陷尺度的检测，三维形貌量测设备系列和薄膜膜厚量测设备系列重复性精度的显著提高，分别达到  $0.1\text{nm}$  和  $0.003\text{nm}$ 。公司技术实现了晶圆表面的纳米量级微小凹坑深度等不同重要尺度的高精度测量。
- 在吞吐量方面，无图形晶圆缺陷检测设备系列实现了灵敏度  $102\text{nm}$  下  $100\text{wph}$  的吞吐量、灵敏度  $26\text{nm}$  下  $25\text{wph}$  的吞吐量；图形晶圆缺陷检测设备系列实现了灵敏度  $3\text{ }\mu\text{m}$  下  $80\text{wph}$  的吞吐量。公司技术实现了设备高灵敏度下的高吞吐量。
- 在功能性方面，实现了对晶圆正面、背面和边缘的缺陷分布检测，能够满足客户对晶圆全维度的缺陷检测，可以在制程工艺的早期就及时发现  $3D\text{ NAND}$  多层 Bonding 工艺（边缘）和 CMP 工艺（背面）中的缺陷，从而提高晶圆制造的良率。

公司将技术创新在质量控制设备相关产品中进行平台化运用，进一步提升了公司整体的技术和产品优势，在国内主要集成电路制造厂商获得验证并取得批量订单，在国内市场上打破了国外厂商的垄断，其设备近年来陆续进入中芯国际、长江存储、士兰集科、长电科技、华天科技、通富微电等集成电路前道制程及先进封装知名客户，在精密加工领域，亦进入了蓝思科技等知名厂商。

图29. 中科飞测主要客户



资料来源：公司官网、安信证券研究中心

**东方晶源：**东方晶源微电子科技（北京）有限公司成立于2014年，是一家专注于集成电路良率管理的企业。公司现主要产品为纳米级电子束缺陷检测装备（EBI）和关键尺寸量测装备（CD-SEM）、计算光刻产品（OPC）以及微电子设计与制造智能良率优化平台（HPOTM）。

目前公司成功研发出国内首台电子束缺陷检测设备SEpA-i505，可提供完整的纳米级缺陷检测和分析解决方案，并已通过我国头部芯片制造厂商产线验证，主要指标与国外一线对标机台达到同等水平。同时在CD-SEM领域，实现国内首台关键尺寸量测设备的研制，并于2021年斩获订单并出机交付中芯国际，公司产品均为自主研发且处于国内领先水平，有效解决国内集成电路产业多个难点，为目前EBI与CD-SEM领域填补关键技术空缺。

此外，公司旗下首台12英寸关键尺寸量测设备CD-SEM于2021年6月进入产线验证，目前完成成熟制程量产验证；首台8英寸CD-SEM于今年3月进入产线验证，目前已经进入客户产线小规模试产。并致力于DR-SEM设备研发，其工程机（Alpha机）通过首轮wafer demo，可以满足28nm及以上的制程需求，Beta机已拿到客户订单，进入产线验证指日可待。

图30. 东方晶源 SEpA-i505 产品示意图

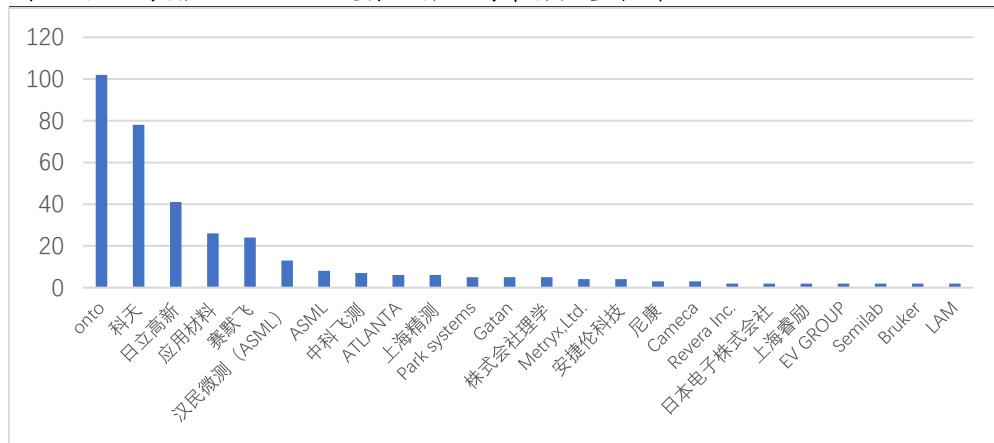


资料来源：东方晶源官网、安信证券研究中心

根据数据显示，2020 年我国半导体量测检测设备国产化率约为 2%，设备市场国产化率较低，与海外市场相比仍具备很大的发展空间。根据公开招投标信息统计，截止 2021 年长江存储项目累计中标过程控制类设备约 350 台，其中中科飞测、精测半导体、睿励科学仪器分别中标 7 台、6 台、2 台，中科飞测中标设备主要为光学表面三维形貌量测设备，精测半导体中标设备主要为膜厚光学关键尺寸量测仪，睿励科学仪器中标设备为介质薄膜测量系统。

目前，国内半导体市场步入高速增长期，国产化需求紧迫，本土企业加速替代进程，精测及睿励在集成式膜厚关键尺寸量测领域已获得重复订单，中科飞测在三维形貌量测设备领域及晶圆表面凹陷检测系统已获取该品类全部订单，有望在量检测领域加速实现国产替代，缩短与国外厂商差距。

**图31. 长江存储 2017-2021 设备招标厂商中标数量合计**



资料来源：中国国际招标网，安信证券研究中心

### 3. 后道检测设备：模拟测试机国产替代率先突破，SoC、射频国产化有望快速推进

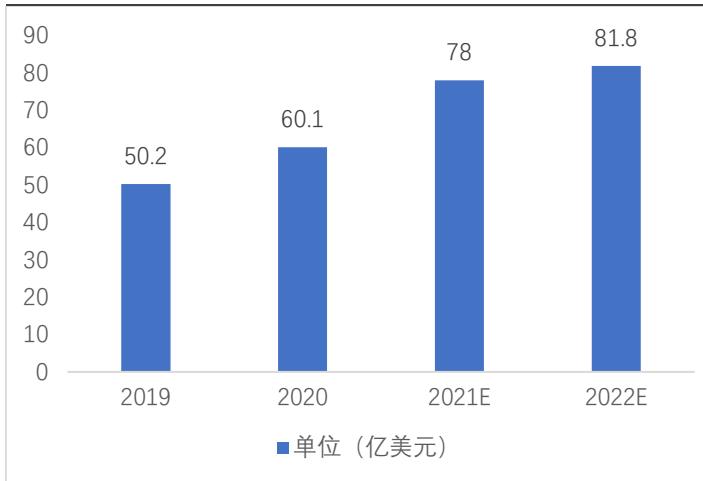
#### 3.1. 后道测试设备合计占半导体设备市场规模比例约 8%。

测试设备合计占半导体设备市场规模比例约 8%。全球半导体设备市场按照半导体生产过程的不同阶段，可以分为晶圆制造设备、封装设备、测试设备和前端其他设备。根据 SEMI 的数据，2021 年全球半导体设备市场 1030 亿美元，其中晶圆制造、测试、封装设备分别为 880 亿美元、78 亿美元、70 亿美元，占比分别为 85%、8%、7%，测试设备占半导体设备市场规模比例约 8%。

全球半导体测试设备市场 2021 年度增长 29.6% 至 78 亿美元，在 5G 和高性能计算 (HPC) 应用的需求推动下，预计 2022 年将继续增长 4.9% 至 82 亿美元。

根据 SEMI 数据，2021 年中国大陆在全球半导体设备市场占比约为 28.7%，如果按此比例推算，2021 年中国大陆测试设备市场规模约 22.4 亿美元。

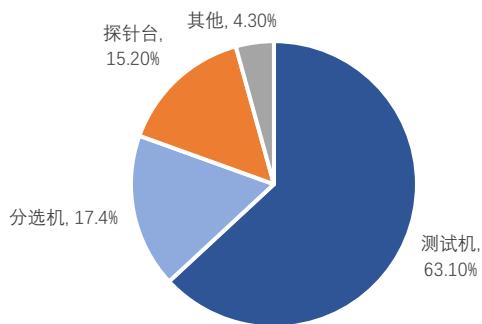
图32. 全球半导体测试设备市场规模



资料来源: SEMI, 安信证券研究中心

测试机为测试设备第一大细分领域。根据 2020 年 SEMI 数据, 从结构来看, 测试设备三大类产品, 测试机、分选机、探针台占比分别为 63.1%、17.4%、15.2%, 半导体测试机是半导体测试设备中占比最高的设备。

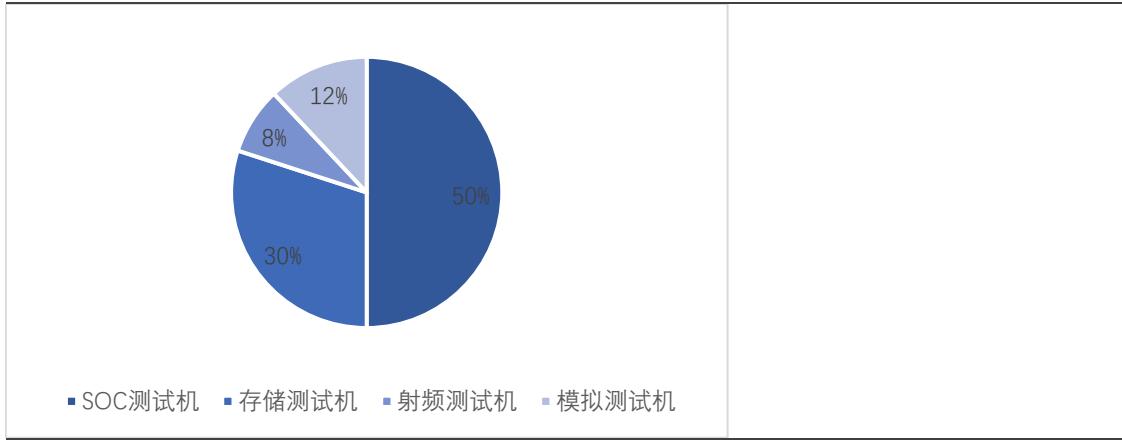
图33. 全球半导体测试设备细分结构 (2020 年)



资料来源: SEMI, 安信证券研究中心

从测试机的细分市场来看, SoC 测试机占比最大, 占据了测试机市场的 50%比例, 存储、模拟、射频占比分别为 30%、12%、8%。

图34. 全球半导体测试设备市场结构 (2020年)



资料来源: Gartner, 安信证券研究中心

### 3.2. 测试设备技术壁垒高, 海外巨头垄断市场

集成电路行业集计算机、自动化、通信、精密电子测试和微电子等技术于一身, 是技术密集、知识密集的高科技行业, 集成电路的可靠性、稳定性和一致性要求较高, 对生产设备要求较高, 集成电路测试设备技术壁垒较高:

#### (1) 测试机壁垒

- **模块需求多:** 由于集成电路参数项目越来越多, 如电压、电流、时间、温度、电阻、电容、频率、脉宽、占空比等, 对测试机功能模块的需求越来越多;
- **测试精度高:** 客户对集成电路测试精度要求越来越高 (微伏、微安级精度), 如对测试机钳位精度要求从 1% 提升至 0.25%、时间测量精度提高到微秒级, 对测试机测试精度要求越趋严格;
- **测试速度高:** 随着集成电路应用越趋广泛, 需求量越来越大, 对测试成本要求越来越高, 因此对测试机的测试速度要求越来越高 (如源的响应速度要求达到微秒级);
- **适应客户要求:** 集成电路产品门类的增加, 要求测试设备具备通用化软件开发平台, 方便客户进行二次应用程序开发, 以适应不同产品的测试需求;
- **对数据的高要求:** 测试设备供应商对设备状态、测试参数监控、生产质量数据分析等方面, 结合大数据的应用, 对测试机的数据存储、采集、分析方面提出了较高的要求。

#### (2) 分选机壁垒

- **精度要求高:** 由于集成电路的小型化和集成化特征, 分选机对自动化高速重复定位控制能力和测压精度要求较高, 误差精度普遍要求在 0.01mm 等级;
- **稳定性要求高:** 分选机的批量自动化作业要求其具备较强的运行稳定性, 例如对 UPH (每小时运送集成电路数量) 和 Jam Rate (故障停机比率) 的要求很高;
- **切换能力要求高:** 集成电路封装形式的多样性要求分选机具备对不同封装形式集成电路进行测试时能够快速切换的能力, 从而形成较强的柔性化生产能力及适应性;
- **测试环境要求高:** 集成电路测试对外部测试环境有一定要求, 例如部分集成电路测试要求在 -55—150°C 的多种温度测试环境、无磁场干扰测试环境、多种外场叠加的测试环境中进行, 如何给定相应的测试环境是分选机技术难点。

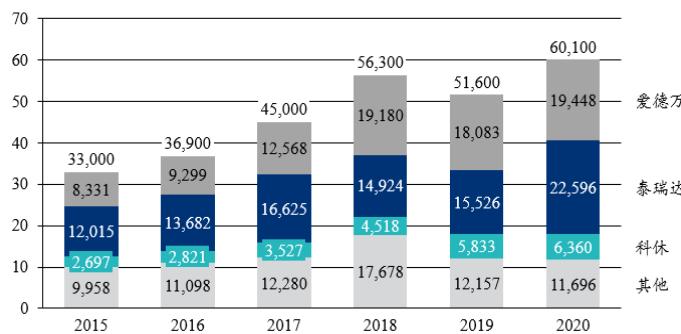
#### (3) 探针台壁垒

- **精度要求高:** 探针台精度要求非常严苛, 重复定位精度要求达到 0.001mm (微米) 等级;
- **稳定性要求高:** 晶圆检测对于设备稳定性要求极高, 各个执行器件均需进行多余度的控制, 晶圆损伤率要求控制在 1ppm (百万分之一) 以内;
- **功能要求高:** 晶圆检测需具备多套视觉精密测量及定位系统, 并具备视觉相互标定、

- 多个坐标系互相拟合的功能；
- **工作环境要求高：**探针台对设备工作环境洁净度要求极高，除需达到几乎无人干预的全自动化作业，对传动机构低粉尘提出要求，还需具备气流除尘等特殊功能。

从市场份额格局来看，全球测试设备市场竞争格局长期呈现出被海外巨头企业所垄断的局面，市场集中度高。根据 SEMI 数据，2020 年全球半导体测试设备市场规模约为 60.1 亿美元，其中泰瑞达占比 37.6%，爱德万占比 32.4%，科休占比 10.6%，位列市场规模前三甲。由于国内半导体测试机行业起步较晚，相比于境外成熟的供应商，国内厂商从技术到规模均弱势明显，市占率极低，未来提升空间广阔，半导体测试设备市场存在巨大国产化潜力。

**图35. 历年全球半导体测试设备整体市场格局（单位：亿美元）**



资料来源：SEMI，企业官网年报，安信证券研究中心

全球半导体测试设备市场规模的前三甲公司分别是泰瑞达、爱德万、科休，三家公司产品格局各有不同。双巨头泰瑞达与爱德万均属于全产品线的全能高端选手，泰瑞达在 SoC 测试机领域是绝对的龙头，而爱德万在存储器测试机上总体强于泰瑞达，科休除 SOC 测试机和 RF 测试机具有一定竞争力以外，也是高端三温型分选机领域的领先厂商。

**表12：全球前三大测试设备厂商部分优势产品简介**

泰瑞达	SoC 测试机	J750 系列	世界领先的汽车和消费应用类 MCU 产品测试与图像传感器测试解决方案；随着低成本产品的集成度不断增长，覆盖领域已延伸到指纹传感器，MEMS 和带有 MCU 无线功能的物联网（IOT）产品；倾向于偏简单的芯片测试，追求低成本解决方案
		UltraFLEX 系列	为移动应用处理器、数字基带处理器、高数据速率 RF Transceiver、RF Connectivity 芯片、毫米波、5G、电源管理 芯片（PMIC）、微处理器、网络处理器、高速 SERDES（串行器/解串器）和背板收发器、存储控制器、高端微控制器、音频和视频处理器等芯片的测试提供全方位的支持
		UltraFLEXplus 系列	聚焦解决人工智能和 5G 通信所带来的新兴数字测试需求；增加了工位数，提高并行测试效率，减少多工位测试时间开销，从而满足测试成本需求；芯片测试接口板设计采用了革命性 Broadside 技术，使接口板的应用区域更大，减少接口板 PCB 层数，简化原本复杂的 DIB 布局，实现更快的上市时间、更多的工位数和更高的 PCB 良率；采用了全新的 PACE 架构，以最小的工程量创造出最高的测试单元产能

<b>SoC 测试机</b> <b>爱德万</b>	<b>V93000 系列</b> <b>T5511 系列</b>	<p>提供了从入门级的消费类芯片到最复杂的高度集成 SoC 芯片测试所需要的全套功能，其中 V93000-A 和 V93000-C 配置以其极高的性价比，解决了低端应用中的成本控制问题。</p> <p><b>业界集成度最高的</b>测试处理器，用 CMOS 这样相对便宜的技术实现了高集成度，无需额外的昂贵部件，可以达到 Gbit/s 的频率；采用创新水冷技术提高稳定性，达到低成本高精度，在 ATE 中具有最高的集成度，实现了优异的性能、可重复性及良率</p>
<b>存储测试机</b> <b>科休</b>	<b>T5503HS 系列</b>	<p>业界最佳的 <b>8Gbps</b> 测试速度和 <b>±40ps</b> 的定时精度，支持速度极快的 GDDR5-SDRAM 设备；由于系统的所有测试引脚都支持 8Gbps，因此在高速运行时不会降低并行度；内置时钟训练控制功能与硬件 CRC 代码生成器功能，<b>支持尖端 DDR4-SDRAM 和 GDDR5-SDRAM 设备测试</b>；专用硬件自动生成 CRC 码，简化测试程序创建，减轻了操作员的负担；保有“实验室到工厂”的灵活性，系统配置范围从用于研发的 384 个引脚到用于批量生产的最多 6,144 个引脚，使客户能够将资本投资保持在最低限度，同时实现最高的测试效率。</p>
<b>SoC 测试机</b> <b>分选机</b>	<b>DiamondX 系列</b> <b>DELTA Eclipse</b>	<p>针对双倍数据速率 SDRAM 和其他下一代最先进的存储芯片提供高达 <b>4.5 Gbps</b> 的高速测试解决方案，进行全覆盖测试；使用单独的电平设置和数据总线反转 (DBI) 来最大限度地提高测试高速设备的吞吐量。自动生成循环冗余校验 (CRC) 码和命令/地址 (CA) 奇偶校验码，以匹配任何 DUT 的 I/O 数据速率和地址，快速高效地开发新的测试程序，从而减少对客户资源的需求，缩短上市时间；能够并行测试多达 <b>512 个 DDR4-SDRAM 设备</b>。实现高吞吐量；先进的计时训练功能有助于比全球市场上的其他系统更快地确定最有效的测试解决方案；可作为 Advantest 经过现场验证的 T5503 测试平台的完全兼容升级。</p> <p>PCI-Express 数据总线配置为在系统 CPU 和测试头之间实现高达 <b>80 Gbps</b> 的双向传输，Unison OS 提供一整套测试软件工具，包括扫描测试、并发测试、自适应测试、单元级可追溯性多站点设置，在汽车、移动、物联网/车联网/光电、工业和医疗以及消费市场得到广泛应用</p>
		<p>用于在 <math>-55^{\circ}\text{C}</math> 至 <math>+155^{\circ}\text{C}</math>* 的温度下并行测试多达 <b>16 个集成电路 (IC)</b>，吞吐量高达 <b>13,000 UPH</b>；采用 Cohu 专有的 T-Core 热控制器和各种冷却选项，为功耗 IC 提供精确的多站点温度管理；Eclipse XT A 配置带有工厂自动化接口，允许客户通过使用自动导引车 (AGV) 或高架运输与智能工厂进行交互，从而提高效率</p>

资料来源：各家公司官网，安信证券研究中心

### 3.2.1. 泰瑞达

泰瑞达 (Teradyne) 公司成立于 1960 年，总部设在美国马萨诸塞州的波士顿。经过近 60 年的专注发展，公司已经成为全球著名的自动测试设备 (ATE) 领导品牌，是唯一能够覆盖模拟、混合信号、存储器及 VLSI 器件测试的设备提供商，连续多年成为市场份额龙头，2020 年占据全球半导体测试设备市场份额的 37.6%，位列行业第一，同时公司是高端片上系统 (SoC) 测试领域的绝对市场领导者。

公司目前业务覆盖半导体测试、系统测试、无线测试与工业自动化四个领域，其中半导体测试为最主要业绩来源，近五年来业务收入占比均超过 70%。公司下游客户遍布半导体整条产业链，包括世界知名厂商台积电、JA 三井租赁株式会社、三星电子、Intel、美光、德州仪器、日月光、苹果等，其中台积电、JA 三井租赁株式会社是近两年来公司最大的客户。

图36. 泰瑞达部分产品展示



资料来源：泰瑞达公司官网，安信证券研究中心

公司下游客户遍布半导体整条产业链，包括世界知名厂商台积电、JA 三井租赁株式会社、三星电子、Intel、美光、德州仪器、日月光、苹果等，其中台积电、JA 三井租赁株式会社是近两年来公司最大的客户。从销售地区来看，中国台湾是其销售占比最大的地区，2021年占比30%，中国大陆占比从2016年的9.97%增长到2021年第三季度的18%，是最主要的业绩增长贡献地区。

根据公司财报，受半导体行业周期性影响，近四年公司半导体测试业务营收呈现波动上升的状态，由2017年的16.63亿美元增长至2021年的26.42亿美元，2017-2021年复合增长率为12.27%。2022年前三季度的营业收入为24.23亿美元，同比-14.00%，环比+51.82%；净利润5.43亿美元，同比-31.29%，环比+50.83%。主要是供应链限制有所缓解，因此内存存储器件、汽车和工业半导体测试客户的出货量超过预期。其中半导体测试实现营收15.99亿美元，占比66.00%，较去年占比55.36%上涨4.64pct，半导体测试业务不断扩张。

图37. 泰瑞达业务营收（单位：亿美元）



图38. 泰瑞达净利润（单位：亿美元）

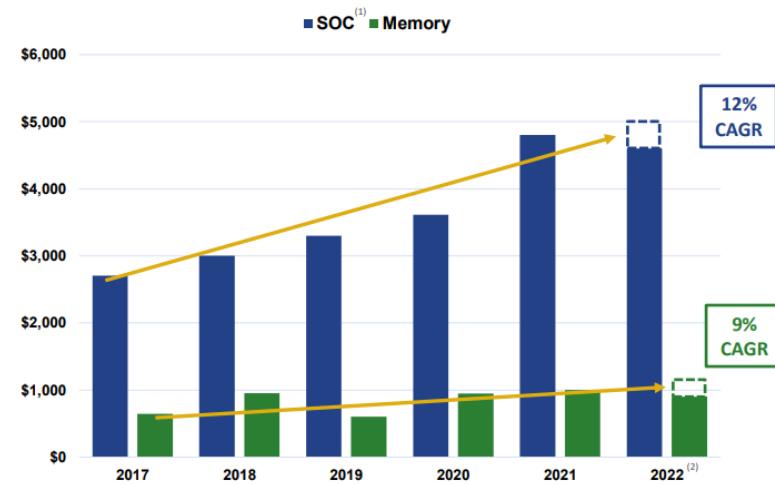


资料来源：Wind，安信证券研究中心

资料来源：Wind，安信证券研究中心

根据2021年第四季度季报，公司SOC产品销售额2017-2022的年复合增长率预计将达到12%，预计2022年产品服务销售额将超过48亿美元；存储器测试机产品2017-2022年复合增长率则达到9%，市场规模稳定逐年扩大，预计2022年产品服务销售额将达到10亿美元。

图39. 泰瑞达重点产品领域增长情况



资料来源：泰瑞达公司官网，安信证券研究中心

泰瑞达自成立以来一直致力于通过积极广泛的外延并购实现公司业务拓展，布局新市场，从而提供全领域、具有强竞争力的设备产品。四十多年来的收购兼并不断扩大测试机产品领域，跟随下游新兴市场方向，其中1995年收购Megatest推出Catalyst和Tiger测试系统，有力推动公司成为高端芯片上系统（SoC）测试的市场龙头，后续对Nextest、ETS、LitePoint、Lemsys等公司的收购兼并，则有力推动了公司在存储测试机、模拟测试机等领域的技术纵深发展和原有市场份额的扩大，为公司成长为世界顶级的模拟、混合信号、存储器及超大规模集成电路测试设备供应商奠定了深厚基础。

表13：泰瑞达历史并购情况

并购时间	被并购公司	拓展业务
1980	Adar	
1987	Zehntel	元件测试
1995	Megatest	半导体测试
1995	Hammer Tech	
1996	Midnight Networks	
1996	Control Automatic	
2000	Hero Technologies	
2000	Synthane-Taylor	
2001	GenRad	装配测试
2007	Mosaid	
2008	Nextest	内存测试
2008	Eagle Test Systems	模拟测试
2011	LitePoint	系统级电路板
2014	ZTEC	模块式无限测试
2019	Lemsys	功率半导体测试

资料来源：半导体行业观察，安信证券研究中心

### 3.2.2. 爱德万

爱德万（ATE）成立于1954年日本板桥区，于1971年进入半导体市场，凭借其优秀的经营理念和尖端技术，已经成为全球最大的半导体自动测试设备供应商之一。公司产品包括频谱分析仪、网络分析仪、光谱仪、光网络分析仪、误码仪等一系列应用于无线通信、微波通信、光通信、元器件测试的测量仪器，覆盖存储器、SoC、LCD芯片、MCU以及传感器IC等几乎所有芯片的测试，业务遍布亚洲、欧洲和北美洲。

图40. 爱德万部分产品展示



资料来源：爱德万公司官网，安信证券研究中心

2017-2021年爱德万营收由19.47亿美元增长至34.13亿美元，年复合增长率为15.06%；净利润由1.70亿美元增长至7.15亿美元，年复合增长率为43.21%；2021财年爱德万实现营收34.13亿美元，同比增长33.29%；净利润7.15亿美元，同比增长25.10%，其中半导体测试业务营收由2017年的13.23亿美元增长至2021年的23.64亿美元，年复合增长率为15.62%。

图41. 爱德万业务营收（单位：亿美元）

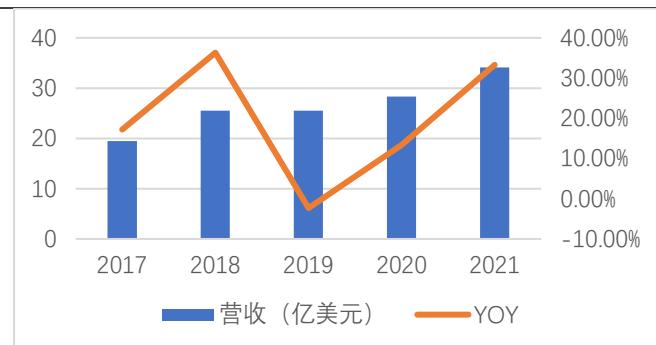


图42. 爱德万净利润（单位：亿美元）



资料来源：Wind，安信证券研究中心

资料来源：Wind，安信证券研究中心

在七十年发展年间，爱德万始终能够抓住产业发展最新方向，做出前瞻性的战略布局，紧抓技术迭代契机推出新产品，占据大量市场份额，领跑技术潮流。公司于日本电子产业高速发展的上世纪七十年代进入半导体测试领域，并于1972年发布日本首台LSI测试系统，1976年推出第一款存储器测试机，领跑泰瑞达20年。

同时公司积极进行外延并购介入LCD、SoC等测试机领域，不断开拓业务范围。2011年爱德万并购惠瑞捷后实现强强结合，使得公司在SoC测试设备领域的市场份额实现了巨大的提升，在惠瑞捷原V9300平台的基础上推出了V93000 Smart Scale测试台，它提供了从入门级的消费类芯片到最复杂的高度集成SoC芯片测试所需要的全套功能，实现了低成本与高性能的完美结合。

目前，爱德万仍然在系统级测试、5G芯片测试、SSD测试等领域积极布局，积极探索业务的全面覆盖。

表14：爱德万历史并购情况

并购时间	被并购公司	拓展业务
2000	Asia Electronics 半导体测试设备部门	半导体测试
2008	SZ Tessysyteme	
2008	Credence Systems GmbH	车载芯片测试
2011	Verigy	SoC 测试
2013	W2BI	无线系统级测试
2018	ATRO	半导体系统级测试

资料来源：半导体行业观察，安信证券研究中心

### 3.2.3. 科休

科休 (COHU) 成立于 1947 年，总部位于美国特拉华州，是全球测试分选机、半导体测试系统 领先企业。目前科休的业务板块包括：半导体分选机、裸板 PCB 测试系统及接口产品等，尤其在分选机领域产品线丰富，涵盖平移式分选机、重力式分选机、塔盘式分选机、test-in-strip 分选机等。

图43. 科休部分产品展示

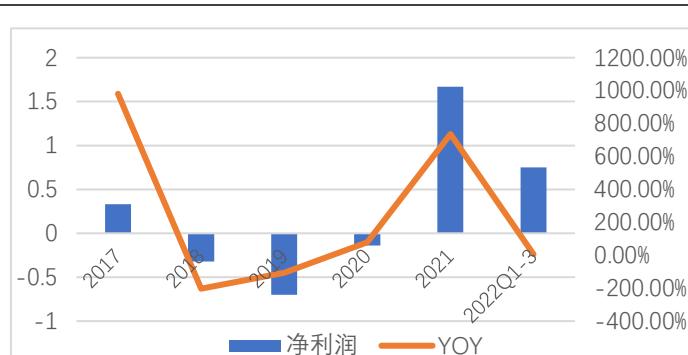


资料来源：科休公司官网，安信证券研究中心

2017-2021 年科休营收由 3.53 亿美元增长至 8.87 亿美元，年复合增长率为 25.90%。2021 财年科休实现营收 8.87 亿美元，同比增长 39.05%；净利润 1.67 亿美元，同比增长 1310%，这是科休自 2018 年收购 Xcerra 以来首次实现盈利。2022 年前三季度实现营收 6.22 亿美元，同比-10.6%，环比+49.88%；实现净利润 0.75 亿美元，同比-48.63%，环比+50.00%，主要受益于半导体测试业务的增长和接触器制造外包的增加。

**图44. 科休业务营收 (单位: 亿美元)**


资料来源: Wind, 安信证券研究中心

**图45. 科休净利润 (单位: 亿美元)**


资料来源: Wind, 安信证券研究中心

科休 1957 年进入公开市场交易，1967 年收购测试处理方案供应商 Delta Design 公司，1994 年进入纳斯达克。21 世纪以来 COHU 通过一系列收购实现多品牌运营，实现了半导体测试业务的有机增长，不断巩固在半导体后道测试市场的领导地位。2008 年收购 Rasco 拓展重力进给处理器业务，2013 年收购 Ismeca 拓展转塔处理器业务，2017 年收购 Kita 将用于最终测试接触器、探针卡、PCB 测试板和连接器的弹簧探针触点添加到产品组合中，2018 年收购半导体测试厂商 Xcerra 进入半导体测试系统领域，将 LTX-Credence 测试仪、Multitest 测试处理器和接触器以及 Everett Charles Technology (ECT) 弹簧探针添加到产品组合中，丰富产品类型以提供差异化的解决方案，同时扩大企业面向的行业市场空间。

**表15: 科休历史并购情况**

并购时间	被并购公司	拓展业务
2008	Rasco	重力进给处理器
2013	Ismeca	转塔处理器
2017	Kita	最终测试处理器、探针卡、PCB 测试版和连接器的弹簧探针触点
2018	Xcerra	LTX-Credence 测试仪、Multitest 测试处理器、ECT 弹簧探针

资料来源: 半导体行业观察, 安信证券研究中心

### 3.3. 模拟测试机国产替代率先突破, SoC、射频国产化有望快速推进

从国内测试机的国产化情况来看，模拟测试机已经实现了较高的国产化率，SoC、存储、射频测试机的国产化率依然较低。

据半导体行业观察数据显示，2020 年 SOC 测试机领域国产化率为 4%，国内主要代表厂商有长川科技、华兴源创、华峰测控等。总体来看，国内的测试机企业目前主要集中在中低端 SOC 测试机上，MCU、CIS、指纹等芯片的测试机将率先实现国产替代。

长川科技是国内 SoC 测试机的龙头，公司推出的 D9000 系列测试机处于国内领先地位，可以对标海外主流测试机。华兴源创通过海外引进人才的方式，在 SoC 测试机领域迅速崛起，公司自主研发的 T7600 系列测试机频率速率达到 400MHZ，技术参数已经达到行业内公认中

档 SOC 测试机水平，可以直接对标泰瑞达 J750，目前已在指纹、图像传感、MCU、TOF 等芯片测试上实现量产。另外，华峰测控 STS8300 主要面向 PMIC 和功率类 SoC 测试，目前成熟应用的 100M 板卡装机量已经不少，200M 和 400M 产品应用会在今年完成验证工作。

2020 年 RF 测试机领域国产化率为 5%，国内主要代表厂商有华兴源创。近年国内射频放大器、射频开关、滤波器、WIFI 等国产射频前端芯片厂商如卓胜微、唯捷创新、韦尔股份、好达等市场份额持续提高，营收快速成长。为提高价格竞争力，国内射频前端芯片厂商希望采用全部国产化的更有价格竞争力的 PCIe 架构测试解决方案。2021 年在 SEMIChina 展位，华兴源创发布了基于 PCIe 架构的各类板卡近十款，射频类矢量收发仪和分析仪板卡最高频率均最高可支持 6GHz，是国内唯一自主研发 Sub6GHz 射频信号板卡的厂商。华兴源创研发的基于 PCIe 架构的矢量网络信号收发仪以及矢量网络信号分析仪板卡主要性能指标已接近或超越对标产品（美国国家仪器 PCIe5646 和 S5090 射频信号板卡），最高频率达到 Sub6GHz，VST 板卡带宽达 200MHz，误差矢量幅度可以达到-40db，可满足所有 PA、滤波器、开关等 5G 射频前端芯片以及蓝牙芯片的测试要求。

2020 年存储测试机领域国产化率为 1%，国内主要代表厂商有精鸿电子。公司 2018 年由精测电子与韩国 IT&T 合资设立（65:35），2020 年已实现关键核心产品技术转移、核心零部件研发制造国产化，JH5320 存储器测试系统在国内一线客户实现批量重复订单，2021 年至今公司老化产品线已在国内一线客户实现批量重复订单，CP、FT 产线实现送样，相关订单正在积极争取。

2020 年模拟测试机领域国产化率为 85%，国内主要代表厂商有华峰测控和长川科技，其中华峰测控是国内模拟测试机的龙头。2008 年华峰测控推出了 STS8200，该系列平台成为国内模拟测试机市场的畅销机型，截止 2021 年 Q3 末，STS8200 系列设备全球装机量已经突破 4000 台。另外，STS 8300 是公司 2018 年推出的全新测试系统，能够测试更高引脚数、更高性能和更多工位的模拟及混合信号类集成电路，主要面向 PMIC 和功率类 SoC 测试，可同时满足 FT 和 CP 的测试需求。

**表16：2020 年测试机国产化情况**

测试领域	主要厂商	国产自给率
SOC 测试机	长川科技、华兴源创、华峰测控、冠中集创、悦芯半导体、胜达克	4%
RF 测试机	华兴源创	5%
存储器测试机	精鸿电子（精测与韩国 IT&T 合资企业）、芯晖	1%
模拟测试机	华峰测控、长川科技、宏邦电子、宏泰（宏测）半导体、联动科技等	85%
分立器件测试机		
数模混合测试机		

资料来源：半导体行业观察，安信证券研究中心

## 4. 相关标的

### 4.1. 精测电子：半导体检测设备全面布局

武汉精测电子集团创立于 2006 年，是国内面板检测系统龙头企业。公司起家于 Module 段电讯技术信号检测，经过多年的发展，公司目前 Module 制程检测系统的产品技术已处于行业领先水平，是国内面板 module 段领军企业，并开始向前端 Array 制程和 Cell 制程延伸，在 2014 年引进了宏灏光电和光达检测科技有限公司关于 AOI 光学检测系统和平板显示自动化设备相关的专利等知识产权后，开始构建自身的自动化检测及 AOI 体系，并完成了相应产品开发。公司目前已经成为行业内少数在基于机器视觉的光学检测、自动化控制，

和基于电讯技术的信号检测等方面均具有较高技术水平的企业，具有“光、机、电、算、软”一体化的整体方案解决能力。

图46. 精测电子发展历史



资料来源：精测电子公司官网，安信证券研究中心

平板显示检测业务方面，在深耕存量市场的基础上，在创新应用场景中不断拓展增量市场。并基于在“光、机、电、算、软”一体化的整体方案解决能力优势，不断向面板中、前道制程扩展，成功实现了 Array 制程和 Cell 制程产品的开发和规模销售，成为行业内少数几家能够提供平板显示三大制程检测系统的企业；

半导体检测业务方面，公司已形成在半导体检测前道、后道全领域的布局。子公司武汉精鸿主要聚焦自动检测设备（ATE）领域（主要产品是存储芯片测试设备），目前已实现关键核心产品技术转移，老化（Burn-In）产品线在国内一线客户实现批量重复订单；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测检测设备的研发及生产。其膜厚产品（含独立式膜厚设备）、电子束量测设备已取得国内一线客户的批量订单；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。

新能源检测业务方面，公司依托在平板显示和半导体检测设备领域的技术积累和装备制造经验，具备针对系统项目开发集成的研发生产经验，具有将运动控制、视觉检测、分布式处理系统等成熟技术结合动力电池厂商工艺特点进行定制开发的能力，为锂电池各工艺段生产装备的快速开发奠定了技术基础。

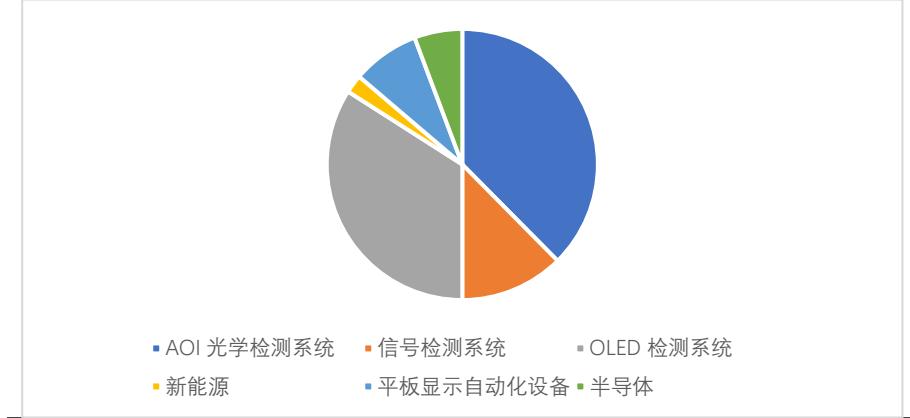
图47. “光、机、电、算、软”一体化示意图



资料来源：精测电子公司官网，安信证券研究中心

营收结构来看，公司主营业务包括AOI光学检测系统、信号检测系统、OLED检测系统、新能源、平板显示自动化设备和半导体等。2021年公司主营业务营业收入分别为8.93亿元(YOY+29.61%)、2.95亿元(YOY+47.5%)、8.09亿元(YOY+9.92%)、0.52亿元(YOY-35.80%)、1.91亿元(YOY-28.99%)、1.36亿元(YOY+109.23%)，占比分别为37.07%、12.25%、33.58%、2.16%、7.93%、5.65%，毛利率分别为37.74%、56.19%、48.46%、30.55%、32.95%、37.02%，同比分别-7.69pct、-0.59pct、-5.49pct、+25.87pct、-9.89pct、-1.14pct。

图48. 2021年精测电子营收占比

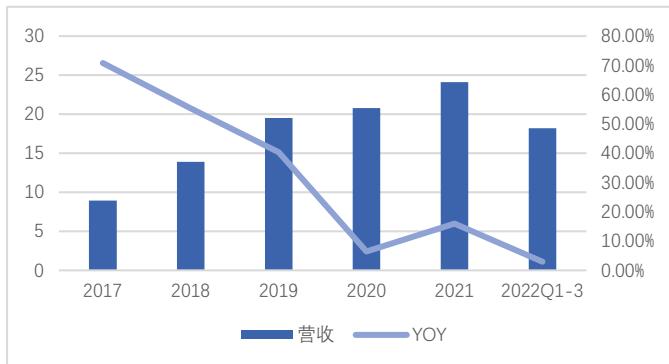


资料来源：wind，安信证券研究中心

从公司的财务数据来看，公司业务发展迅速，收入规模不断扩大，市场份额持续提升。2019-2021年，公司营业收入分别约为19.51亿元、20.77亿元和24.09亿元，归母净利润分别为2.70亿元、2.43亿元、1.92亿元，公司2021年整体营收有所提高，其中归母净利润下降主要系公司前期在半导体和新能源领域的持续投入产生亏损，对净利润产生了较大的影响。

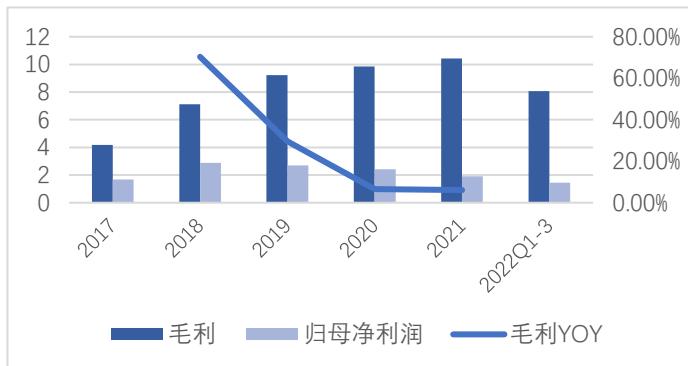
2022前三季度公司实现营业收入18.2亿元，同比+2.96%；归母净利润1.44亿元，较去年同比-1.25%；扣非归母净利润0.84亿元，较上年同比-47.86%。前三季度公司营收高增长主要原因二季度订单延期到三季度实现交付，外加新能源业务开始放量。从盈利能力来看，2022盈利能力持续提高，毛利率44.31%，环比+0.97pct，毛利率环比略有提高。

图49. 精测电子营收及同比增速 (单位: 亿元)



资料来源: wind, 安信证券研究中心

图50. 精测电子利润情况 (单位: 亿元)



资料来源: wind, 安信证券研究中心

#### 4.2. 长川科技: 后道测试设备平台型公司, SoC 测试机国内领先

长川科技成立于 2008 年, 是国内领先的集成电路测试设备及自动化解决方案供应商。公司目前主营产品包含测试机、分选机和探针台, 全面布局后道测试设备, 并通过并购 STI 进入前道晶圆检测领域。目前, 公司生产的集成电路测试机和分选机产品已获得长电科技、华天科技、通富微电、士兰微、华润微电子、日月光等多个一流集成电路企业的使用和认可。

公司目前主营产品包含测试机、分选机、探针台和 AOI 光学检测设备。测试机包括模拟/数模混合测试机 (CTA 系列)、功率测试机 (CTT3600、STT3280F 系列)、数字测试机 (D9000) 等类别, 适用于各类模拟/数模 混合类 和功率器件等集成电路的电参数性能测试。分选机包括重力式分选机 (C1、C3Q、C5、C7H、C8、C9、CC、CL、CV 等系列)、平移式分选机 (C6、C6100T、CS160、C7100、CF 等系列) 和自动化产品 (CM 系列), 适用于多种封装外型集成电路的自动分选。

公司在测试机方向持续放量, 技术指标可达国际一线水准。公司自推出第一代模拟/混合测试机 CTA8200 以来, 已实现三代迭代, 部分核心技术指标已达国际一流。并通过多年的前瞻性研发布局, 2018 年公司成功推出数字测试机 D9000, 集合 1024 个数字通道、100MHz 数字 测试速率、1G 向量深度, 并开发了 8 通道混合信号测试功能, 随着公司在大客户放量, 将成为业绩增长亮点。

图51. 长川科技测试机类别



资料来源: 长川科技公司官网, 安信证券研究中心

图52. 长川科技分选机类别



资料来源: 长川科技公司官网, 安信证券研究中心

从收入结构来看, 2021 年公司分选机、测试机营业收入分别为 9.36 亿元、4.89 亿元, 同比

分别+67.44%、+174.72%，毛利率分别为42.65%、67.67%，同比分别+0.22pct、-2.30pct，各项业务营收大幅提高，高毛利率的测试机业务占比32.36%，份额逐步提升。

图53. 2017-2021 长川科技主营业务构成（单位：亿元）

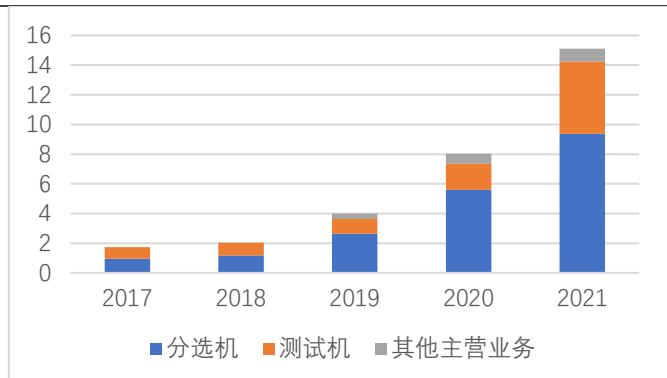
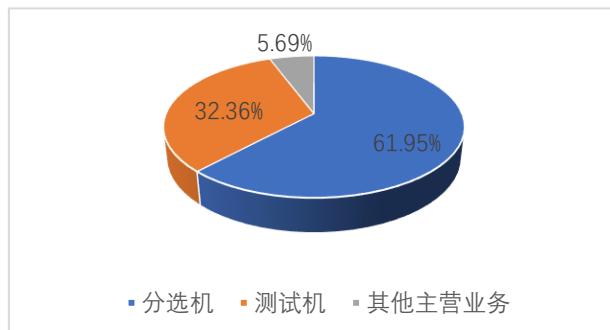


图54. 2021年长川科技主营业务构成



资料来源：Wind, 安信证券研究中心

资料来源：Wind, 安信证券研究中心

从公司的财务数据来看，公司近几年营收以及归母净利润呈现快速提高趋势，营收从2017年的1.8亿元提高到2021年的15.11亿元，归母净利润从2017年的0.50亿元提高到2021年的2.18亿元。2021年公司业绩全年营收及归母净利润大幅提高，主要受益于集成电路行业景气度较高，下游客户对公司设备需求旺盛以及国产替代的快速推进。另外，公司在期间开拓了探针台、数字测试机等产品，不断拓宽产品线，并积极开拓中高端市场。

2022前三季度公司实现收入17.54亿元，同比+64.09%，环比+47.64%；实现归母净利润3.25亿元，同比+151.33%，环比+32.65%。公司前三季度营收同比延续高增长，主要系Soc测试机、三温分选等新产品持续放量，带来成长动能。从盈利能力来看，公司Q3归母净利润0.80亿元，同比+101.13%，环比增加-54.02%；毛利率和净利率分别为54.06%、19.07%，同比分别+2.64pct、+6.10pct；环比分别-1.75pct、-2.00pct，公司整体利润率同比有所提高，主要是销售增加从而导致母公司盈利增加。

图55. 长川科技营收及同比增速（单位：亿元）



图56. 长川科技归母净利润及同比增速（单位：亿元）



资料来源：Wind, 安信证券研究中心

资料来源：Wind, 安信证券研究中心

#### 4.3. 中科飞测（未上市）：量检测设备国内领先企业，引领实现国产突破

中科飞测成立于2014年12月，并于2020年12月整体变更为股份公司，目前主要产品包括系列无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备以及薄膜膜厚量测设备系列等，公司所生产的产品设备已应用于国内28nm及以上制程的集成电路制造产线，打破了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，在相关细分领域填补了国内质量控制设备市场的空白，实现了国产化突破。

依托多年的技术深耕积累和自主创新，多项产品已完成相关产线验证，目前公司产品已经广泛应用于中芯国际、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厂商，在精密加工领域，亦进入了蓝思科技等知名厂商：2017 年公司无图形晶圆缺陷检测设备通过中芯国际产线验证，同年三维形貌量测设备通过长电先进产线验证，并于 2019 年通过了长江存储的产线验证；2018 年图形晶圆缺陷检测设备完成在长电先进产线的验证。

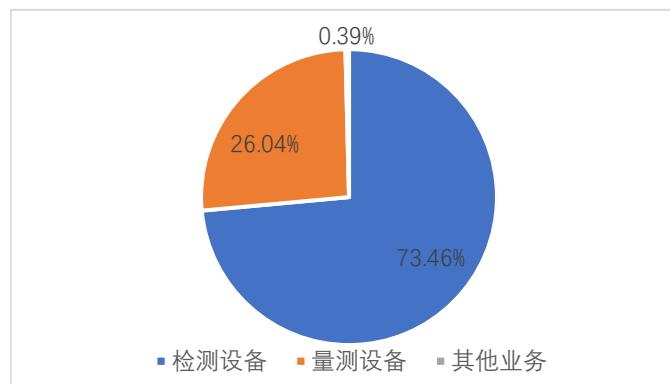
图57. 中科飞测公司设立情况



资料来源：中科飞测公司招股书，安信证券研究中心

公司营收主要由量测设备、检测设备构成，2021 年营收分别为 2.65 亿元、0.94 亿元，同比分别+69.87%、+14.63%，占公司整体收入比例分别为 73.40%、26.04%；毛利率分别为 51.66%、41.24%，同比+3.83pct、+13.02pct。公司各项业务营收及毛利率同比均大幅提高。

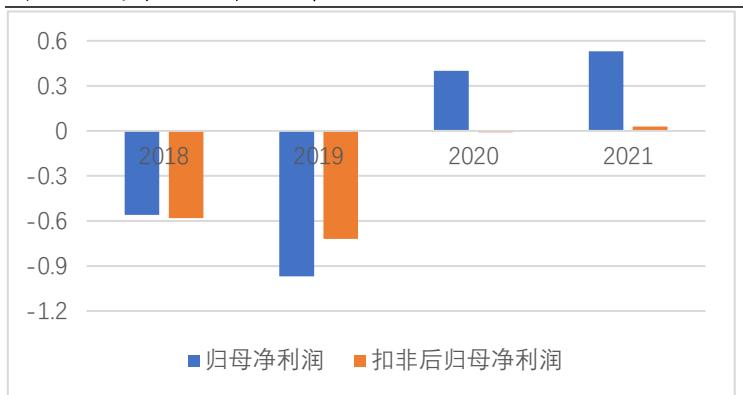
图58. 2021 年中科飞测营收占比



资料来源：中科飞测公司公告，安信证券研究中心

从公司的财务数据来看，受益于公司技术积累与设备市场持续景气，公司营业收入增势强劲。2018-2021年，公司营业收入分别为0.30亿元、0.56亿元、2.38亿元和3.61亿元，2018-2021年复合增长率达129.15%；净利润方面，由于公司前期保持较大强度的研发投入而销售规模有限，因此2018-2019年公司处于亏损阶段，但随着公司机台产品结构的改善和扩大规模所带来的规模经济效应影响，自2020年开始已成功实现盈利并快速增长，并于2021年完成了扣非后净利润由负转盈的突破，达348.01万元，同比增长362.49%。

**图59. 公司营收情况 (单位: 亿元)**

**图60. 公司净利润情况 (单位: 亿元)**


资料来源: wind, 安信证券研究中心

资料来源: wind, 安信证券研究中心

随着公司业务发展，客户认可度提升，公司在手订单大幅增长，设备产销量呈增长趋势。在手订单金额由2020年末的26,114.37万元增长至2021年末99,513.64万元，增长281.07%。为了满足公司业务发展，公司持续扩大产能，其中2021年检测设备产量115台，销量65台，销售量同比增长32.65%，实现销售收入2.65亿元，同比增长70.14%。

**表17: 中科飞测主要设备销量和产品情况 (台)**

设备类型	项目	2021 年度	2020 年度	2019 年度
检测设备	产量	115		21
	销量	65	49	14
	产销率	56.52%	94.23%	66.67%
量测设备	产量	77	58	25
	销量	43	52	18
	产销率	55.84%	89.66%	72.00%
合计	产量	192	110	46
	销量	108	101	32
	产销率	56.25%	91.82%	69.57%

资料来源: 中科飞测招股书, 安信证券研究中心

#### 4.4. 华兴源创: 全球领先面板检测设备供应商，布局 SoC 测试打开成长空间

华兴源创成立于2005年6月，于2019年成为全国第一家在科创板上市的企业。公司是国内领先的检测设备与整线检测系统解决方案提供商，主要从事平板显示及集成电路的检测设备研发、生产和销售。2018年公司进军半导体检测，2020年公司通过并购欧立通进军智能穿戴领域。公司产品主要应用于LCD与OLED平板显示及微显示、半导体、可穿戴设备、新能源汽车等行业，为客户提供从整机、系统、模块、SIP、芯片各个工艺节点的自动化测试设备。

图61. 华兴源创公司发展历程



资料来源：华兴源创公司公告，安信证券研究中心

从公司产品结构来看，公司在平板和半导体检测板块产品十分丰富，在平板检测业务保持业内领先水平，MiniLED、Micro-LED 及 Micro-OLED 等新一代显示检测技术储备不断升级，半导体检测业务包括测试机、分选机、AOI 缺陷检测设备在内的多个标准设备也陆续进入量产。消费电子检测及自动化设备业务是目前收入主要来源，半导体检测设备业务份额有望继续提升。根据公司公告，2021 年公司消费电子检测及自动化设备业务营收 14.94 亿元，同比大幅增长 83.62%，占总营收 73.94%；半导体检测设备制造业务营收 4.17 亿元，同比增长 36.45%，占总营收 20.66%。

在半导体测试机上，公司是全球为数不多的可以同时自主研发 ATE 架构 SOC 测试机和 PXIE 架构射频和系统模块测试机的企业，主打 SOC、射频测试机以及 SiP 测试解决方案。在 SoC 测试机上，公司自主研发的 T7600 系列测试机频率速率达到 400MHz，部分技术参数已经达到行业内公认的中档 SOC 测试机水平，直接对标泰瑞达的 J750-HD，目前已经获得下游知名 CIS、MCU 以及指纹识别等芯片客户订单。

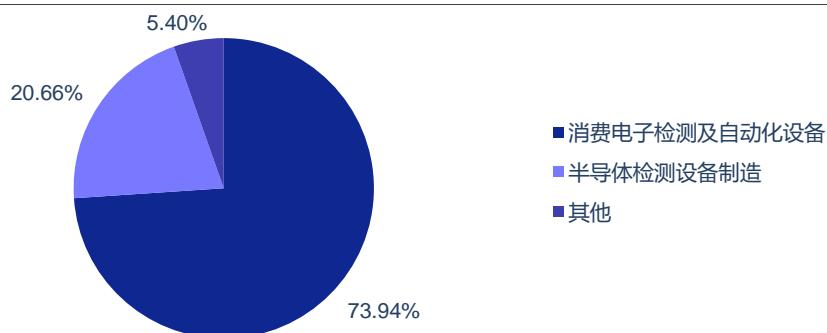
表18：华兴源创半导体测试机和海外同行对比

	数字通道数	速率	电源板卡 最大电流	模拟板卡 THD	高速串行板卡	射频板卡	机型
高端	>=2048	>=800Mhz	>=48A	<-120dB	有	有	UltraFlex、V93000
中端	>=1024	>=400Mhz	>=10A	<-80dB	无	无	J750、T2000、3680、Diamond X
低端	>=512	>=100Mhz	>=5A	<-70dB	无	无	3380、S100、S200
<b>T7600</b>	2304	400Mhz	32A	-115dB	无	有	

资料来源：半导体行业观察，安信证券研究中心

从公司的整体营收数据来看，2021 年，公司实现营业收入 20.20 亿元，同比增长 20.44%；2021 年归属于母公司所有者的净利润为 3.14 亿元，同比增长 18.43%。公司自动化检测设备产品的需求稳步扩大使得收入增长迅速，同时公司进一步优化了成本结构，使成本增长远低于公司收入增长。

图62. 2021年华兴源创营收结构



资料来源：华兴源创公司公告，安信证券研究中心

2022年Q1-3季度，公司实现营收16.69亿元，同比+16.69%；实现归母净利润3.05亿元，同比增长12.50%。公司22Q1-3营收大增，受欧立通一次性激励影响利润表现；归母净利润同比维持较高水平增长，主要原因是公司对国内外客户开发力度加大所致，其中消费电子、汽车电子、半导体检测设备均有大幅成长。

图63. 华兴源创营收及同比增速（单位：亿元）



资料来源：Wind，安信证券研究中心

图64. 华兴源创归母净利润及同比增速（单位：亿元）



资料来源：Wind，安信证券研究中心

#### 4.5. 华峰测控：模拟测试机龙头，功率+SoC开启第二成长极

华峰测控成立于1993年，是国内最早切入半导体测试设备领域的企业之一，聚焦于模拟和混合信号测试设备，在国内深耕发展20余年，是国内少数销售区域走出大陆，覆盖中国台湾、美国、欧洲、日本、韩国及东南亚国家和地区的设备公司。公司主要产品为半导体自动化测试系统和测试系统配件，其主要测试系统包括STS8200系列、STS8250系列和STS8300系列；测试系统配件主要包括浮动V/I源表、时间测量、数字测量、及电器控制、交流V/I源表等关键测试模块。

公司设备对标国际龙头泰瑞达，其STS8200对标泰瑞达模拟机型Eagle test system (ETS)系列，2021年已经凭借产品性能实现了国内模拟测试70%的市占率，实现全球装机量突破4000台；STS8300主要针对数模混合测试，是SOC入门级产品，面向简单PMIC和功率SOC，SOC是公司未来发展的重要目标。下一代产品将直接对标泰瑞达高端机型Ultra Flex，成长市场空间广阔。

图65. 华峰测控部分产品示意图

产品型号	产品图示	应用领域
STS 8200		用于各类电源管理、音频、模拟开关、LED 驱动等模拟及混合信号集成电路的测试
STS 8202		用于 MOSFET 晶圆的测试
STS 8203		用于中大功率分立器件的测试
STS 8250		用于高引脚数电源管理、高性能 LED 驱动器等复杂的模拟及混合信号集成电路的测试
STS 8300		用于更高引脚数、更多工位的模拟及混合信号集成电路测试

资料来源：华峰测控招股书，安信证券研究中心

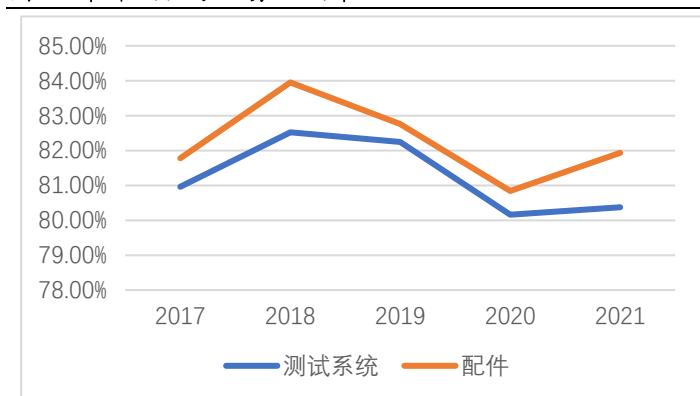
从营收结构来看，公司主要产品为半导体自动化测试系统及测试系统配件，2021年营收分别为8.21亿元(YoY+122.49%)、0.56亿元(+115.38%)，占公司整体收入比例分别为93.51%、6.38%；毛利率分别为80.37%、81.93%。受半导体行业扩产带动，公司2021年营收成显著增长。

图66. 华峰测控营收结构



资料来源：Wind，安信证券研究中心

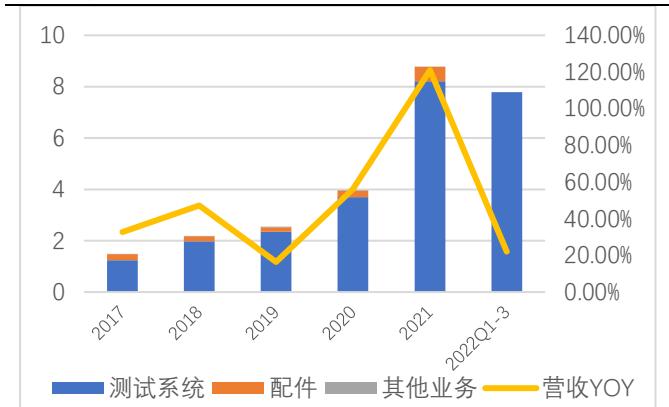
图67. 华峰测控分业务毛利率



资料来源：Wind，安信证券研究中心

从经营情况来看，2021年公司营业收入8.78亿元，同比增长120.96%。归属于上市公司股东的净利润4.39亿元，同比增长120.28%。归属于上市公司股东的扣除非经常性损益的净利润4.35亿元，同比增长193.79%。公司的业绩高增长主要受益于行业需求旺盛，产销两旺，同时公司加大客户拓展力度，不断推出新品扩宽业务体系，带动相关订单大幅增长。

2022年前三季度公司营业收入7.78亿元，同比+22.11%，环比+43.81%；归母净利润3.82亿元，同比+22.60%，环比+40.96%。公司前三季度业绩收入增长主要系新产品STS8300逐步装机放量及半导体检测设备市场需求拉动所致，同时公司的规模效应推动净利润有所提升。

**图68. 华峰测控营收情况 (亿元)**


资料来源: Wind, 安信证券研究中心

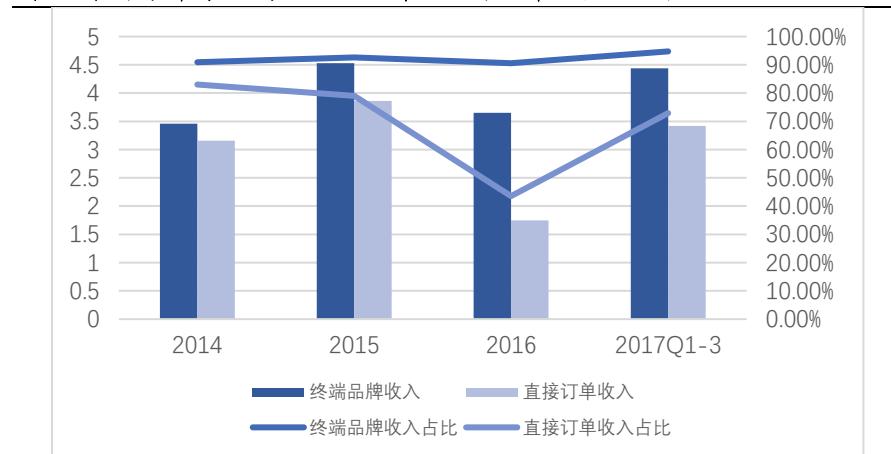
**图69. 华峰测控盈利情况 (亿元)**


资料来源: Wind, 安信证券研究中心

#### 4.6. 赛腾股份：收购日本 Optima 切入半导体检测领域

公司成立于 2001 年，起家于 3C 自动化设备，主要从事自动化生产设备的研发、设计、生产、销售及技术服务。2018 年公司购无锡昌鼎电子有限公司 51%的股份，2019 年赛腾股份拟以现金方式购买 Kemet Japan 株式会社持有的日本 Optima 株式会社 20,258 股股份，占标的公司股权比例为 67.53%，加码布局半导体设备领域。截至目前，公司主营业务为包括 3C、半导体、新能源汽车三大部分。

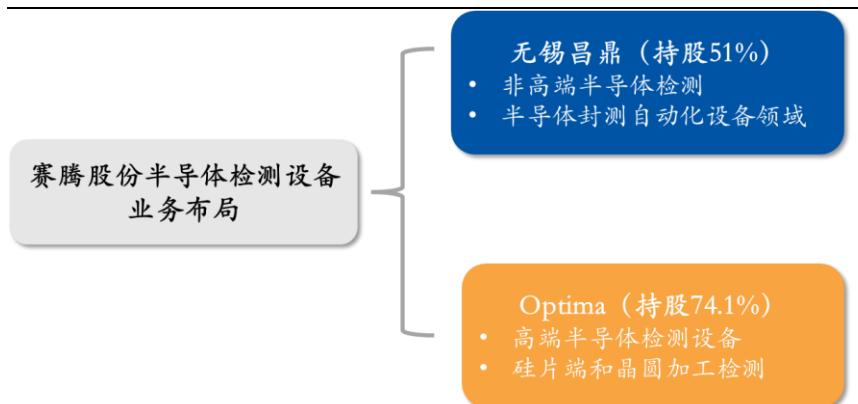
公司产品主要应用于苹果及其产业链上的厂商。自 2011 年通过苹果公司合格供应商认证，公司逐步拓展与苹果的合作领域，建立了长期合作关系，2014 年-2017 年，苹果连续 4 年成为公司销售收入占比最高的下游客户。其中 2017 年 Q1-Q3 苹果直接订单收入达到了公司总订单收入的 73%，公司应用于苹果公司终端品牌产品生产实现的收入维持在 90% 以上。

**图70. 来源于苹果公司的直接订单/终端品牌的收入、占比**


资料来源: 赛腾股份招股书, 安信证券研究中心

赛腾股份通过两次并购（无锡昌鼎、optima）布局半导体检测设备领域，业务内容涵盖半导体晶圆检测设备、封测端等。公司 2018 年收购无锡昌鼎 51% 股权，切入半导体检测设备领域。无锡昌鼎在半导体封测自动化设备领域有着丰富的客户资源和技术储备，有利于公司抓住半导体、集成电路行业的发展机遇，打造新的利润增长点。2019 年收购 Optima，进入高端半导体检测设备赛道，涉足硅片端和晶圆加工检测。目前公司完整收购后，主要检测产品有光学晶圆缺陷检测设备、宏观检测设备、封测自动端设备等，客户涵盖各一线大厂，包括新晟、中环等客户。

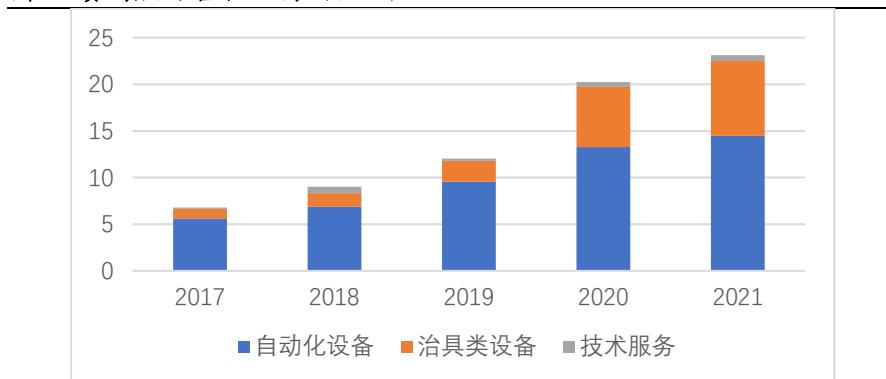
图71. 赛腾股份半导体检测设备业务布局



资料来源：赛腾股份官网，安信证券研究中心

从营收结构来看，公司主要产品为半导体自动化设备、治具类设备和技术服务，2021年营收分别为14.46亿元、8.06亿元、0.61亿元，占公司整体收入比例分别为62.52%、34.86%、2.64%；毛利率分别为39.18%、37.34%、63.50%。

图72. 赛腾股份营收结构（亿元）

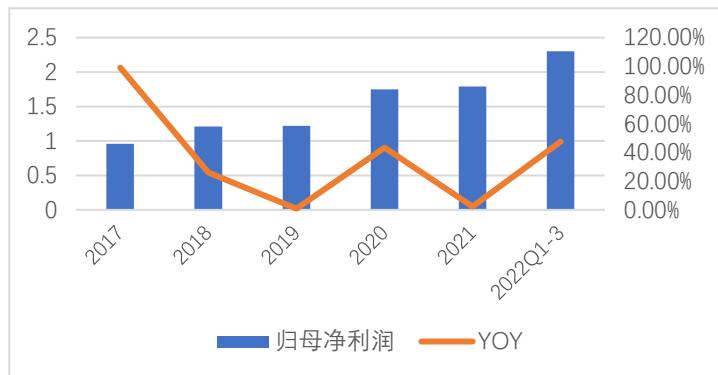


资料来源：wind，安信证券研究中心

从经营情况来看，2021年公司营业收入23.19亿元，同比增长14.31%。归属于上市公司股东的净利润1.79亿元，同比增长2.53%。归属于上市公司股东的扣除非经常性损益的净利润1.55亿元，同比增长12.77%。随着公司智能制造设备技术进一步得到市场的认可，公司产品进一步推向市场，为公司营收带来增长点。

2022年Q1-3公司营业收入21.11亿元，同比+27.73%，环比+111.52%；归母净利润2.30亿元，同比+47.63%，环比+500%。公司业绩增长迅速，公司产品及技术服务进一步得到市场认可。

**图73. 赛腾股份营收情况 (亿元)**

**图74. 赛腾股份盈利情况 (亿元)**


资料来源: Wind, 安信证券研究中心

资料来源: Wind, 安信证券研究中心

## 5. 风险提示

### 5.1. 技术开发与迭代升级的风险

高端光学检测和量测设备涉及光学、算法、软件、机电自动化等多项跨领域技术，对设备制造企业的技术研发实力和跨领域技术资源整合能力有较高要求。如果公司不能紧跟全球半导体质量控制设备领域技术发展趋势，及时进行行业技术升级迭代，或者无法保证持续的技术升级，公司将面临市场竞争力下降的风险，公司的产品和技术存在被替代的风险。

### 5.2. 半导体行业不及预期的风险

半导体行业受国际经济波动、终端消费需求变化等方面影响，若全球及中国宏观经济增长大幅放缓，或行业景气度下滑、全球新冠疫情持续蔓延，半导体厂商的资本性支出可能延缓或减少，对半导体测试系统的需求亦可能延缓或减少，从而对半导体设备的需求产生不利影响。

### 5.3. 国际贸易摩擦风险

我国检测设备与国际巨头存在差距，如果未来国际贸易摩擦进一步升级，可能会对公司原材料供应的稳定性、及时性和价格产生不利影响，进而影响公司业务的发展，通过产业链传导，可能会给公司的生产经营和盈利能力带来潜在的不利影响。

### 5.4. 市场竞争加剧的风险

半导体检测设备市场多数由国外龙头企业垄断，前道检测和量测设备市场主要由国外厂商科磊半导体、应用材料等垄断；后道检测设备市场的主要竞争泰瑞达、爱德万合计占中国集成电路测试机市场份额约 82%。若市场竞争加剧且公司无法持续保持较好的技术水平，可能导致公司客户流失、市场份额降低，从而对公司盈利能力带来不利影响。

## ■ 公司评级体系 ■■■

### 收益评级：

买入 —— 未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 15% 及以上；

增持 —— 未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 5%（含）至 15%；

中性 —— 未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-5%（含）至 5%；

减持 —— 未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 5% 至 15%（含）；

卖出 —— 未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 15% 以上；

### 风险评级：

A —— 正常风险，未来 6 个月的投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动；

B —— 较高风险，未来 6 个月的投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动；

## ■ 分析师声明 ■■■

### ■ 分析师声明 ■■■

本报告署名分析师声明，本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据，特此声明。

## ■ 本公司具备证券投资咨询业务资格的说明 ■■■

安信证券股份有限公司（以下简称“本公司”）经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告，是证券投资咨询业务的一种基本形式，本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向本公司的客户发布。

## 免责声明

本报告仅供安信证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推断仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推断不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息在不发出通知的情况下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及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服务，提请客户充分注意。客户不应将本报告作为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“安信证券股份有限公司研究中心”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

本报告的估值结果和分析结论是基于所预定的假设，并采用适当的估值方法和模型得出的，由于假设、估值方法和模型均存在一定的局限性，估值结果和分析结论也存在局限性，请谨慎使用。

安信证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

## 安信证券研究中心

深圳市

地 址： 深圳市福田区福华一路 19 号安信金融大厦 33 楼  
邮 编： 518026

上海市

地 址： 上海市虹口区东大名路 638 号国投大厦 3 层  
邮 编： 200080

北京市

地 址： 北京市西城区阜成门北大街 2 号国投金融大厦 15 层  
邮 编： 100034