

中科飞测（688361.SH）新股分析

国内检测和量测设备巨头，新品拓展打开长期成长空间

中科飞测聚焦半导体检测和量测设备，2022年全球市场大约125亿美元，国内市场大约30-40亿美元，但国产化率不足5%，国产化空间巨大。公司2020年至今营收保持高增长，当前在手订单较为充沛，同时公司积极研发纳米级晶圆缺陷检测等设备，未来产品矩阵覆盖的市场空间有望大幅提升。公司成长动力充足，建议重点关注上市后表现。

- 中科飞测聚焦半导体检测和量测设备，客户遍布中芯国际、长江存储等头部产线。公司成立于2014年，为国内半导体检/量测设备领先企业，下游客户遍布中芯国际、士兰集科、长江存储、芯恩集成等。公司成员行业背景深厚，公司成立至今多次承担省级/国家级重点课题。公司产品包括无图形和图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备、薄膜膜厚度量测设备、套刻误差检测设备、3D曲面玻璃量测设备等，并正在开发纳米级图形晶圆检测设备、金属膜厚度量测设备等新品。
- 公司近年来营收和合同负债快速增长，持续加大研发力度。2019年至今，伴随国内需求提升和设备逐步通过验收，公司产品实现快速放量，整体销量从2019年的32台提升至2022年的138台，销售收入从2019年的0.56亿元快速提升至2022年的5.1亿元，2022年同比增长41%，23Q1收入1.62亿元，同比+254%。截至2022年底，公司合同负债为4.85亿元，同比大幅增长212%，23Q1末公司合同负债继续增长至5.45亿元。考虑到公司产品生产周期一般不超过8个月，验收周期2-7个月，因此伴随公司产品持续放量和设备不断升级，公司未来收入有望保持较高增长态势；公司毛利率伴随设备升级和规模效应提升，逐步从2018年的24%上升至2022年的49%，23Q1为55%，但由于公司研发投入力度较大，为满足纳米级晶圆缺陷检测设备等新品研发项目，2022年研发投入2.06亿元，同比翻倍以上增长，导致2022年扣非归母净利润出现亏损，23Q1公司扣非净利润继续亏损76万元。
- 2022年全球市场规模约125亿美元，国产化空间巨大。检测和量测是保证芯片良率的重要工艺，应用光学技术的设备市场占比高达75%，细分技术种类繁多，包括明场、暗场等光学检测，以及薄膜膜厚、套刻误差、关键尺寸光学量测等。根据VLSI Research和Gartner数据，2022年全年半导体检测和量测设备市场空间预计125亿美元，国内2022年市场空间约30-40亿美元市场份额主要被KLA、日立等海外厂商垄断，KLA份额超50%。国内厂商在产品种类、工艺覆盖度、制程等方面仍存在较大差距，2018-2022年，中科飞测、上海精测、上海睿励三家主要半导体检/量测设备厂商国内市占率由0.69%提升至大约3-4%，国产化空间巨大。
- 公司积极开发纳米级晶圆缺陷检测等设备，未来产品矩阵覆盖的市场空间有望大幅提高。公司产品线涵盖了无图形晶圆检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备、薄膜膜厚度量测设备和套刻精度量测设备等产品，对应市场份额占比为27.2%。公司正积极研发纳米图形晶圆缺陷检测设备、晶圆金属膜厚度量测设备等，根据VLSI Research的统计，上述2种设备在全球半导体检测和量测设备市场中占据25.2%份额，若未来项目能够成功落地并通过产业化验证，有望大幅开拓公司面向的市场容量。制程方面，公司已有

TMT及中小盘/电子

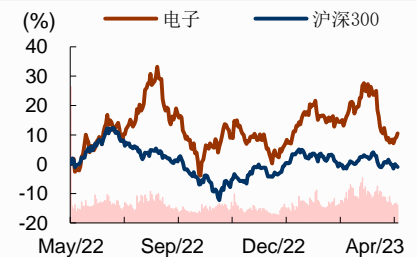
发行数据

发行前总股本(万)	24000
新发行股数(万)	8000
老股配售(万)	
发行后总股本(万)	32000
发行价(元)	23.6
发行市盈率(倍)	643.08(静态)
发行日期	2023-05-10
上市日期	2023-05-19

主要股东

	持股比例
苏州翌流明光电科技有限公司	11.81%
国投(上海)科技成果转化创业投资基金企业(有限合伙)	11.40%
深圳小纳光实验室投资企业(有限合伙)	5.89%
哈承姝	5.20%
北京芯动能投资基金(有限合伙)	4.81%

行业指数



资料来源：公司数据、招商证券

鄢凡 S1090511060002
 yanfan@cmschina.com.cn
曹辉 S1090521060001
 caohui@cmschina.com.cn

多台设备在 28nm 产线通过验收,另有对应 1Xnm 产线的 SPRUCE-900 型号设备正在研发,对应 2Xnm 以下产线的 DRAGON BLOOD-600 型号设备正在验证,已经取得两家客户的订单。

- **投资建议。** 公司是国内半导体检测/量测设备巨头,客户遍布中芯国际、士兰集科、长江存储等国内逻辑、存储和特色工艺头部产线。考虑到全球半导体检测量测设备市场空间超百亿美元,但国产化率不足 5%,国产化提升空间巨大,同时公司积极开发纳米级晶圆缺陷检测设备,并进行 28nm 以下设备的研发与验证,未来成长动力充沛。我们预计公司 2023/2024/2025 年收入分别为 7.7、10.7、14.1 亿元,按发行市值计算对应 PS 为 9.8、7.1、5.4,低于可比公司水平,预计归母净利润分别为 0.71、1.09、1.52 亿元,建议上市后重点关注。
- **风险提示:** 下游晶圆厂扩产不及预期、行业竞争加剧、研发费用率较高、研发/验证进展不及预期、客户集中度较高、核心零部件受限、股价大幅波动的风险。

主要财务数据

会计年度	2021	2022	2023E	2024E	2025E
营业总收入(百万元)	361	509	767	1070	1413
同比增长	52%	41%	51%	39%	32%
营业利润(百万元)	54	13	72	110	154
同比增长	34%	-76%	455%	52%	40%
归母净利润(百万元)	53	12	71	109	152
同比增长	35%	-78%	508%	52%	40%
每股收益(元)	0.22	0.05	0.22	0.34	0.48
ROE	10%	2%	5%	4%	6%

资料来源: 公司数据、招商证券

正文目录

一、国内半导体光学检测、量测设备巨头，核心产品矩阵持续拓展.....	6
1、产品布局光学检测、量测设备，在中芯国际、长江存储等头部产线持续量产.....	6
2、产品线自 2020 年以来快速放量，检测设备收入占比持续提升.....	9
二、光学类检、量测技术应用最为广泛，细分品类繁多同时工艺复杂.....	16
1、半导体质量控制设备是保证芯片良率的关键工艺，光学检、量测技术应用最广泛.....	16
2、明场和暗场光学检测技术相辅相成，用于图形、无图形和掩膜版成像检测等场景.....	18
3、光学量测技术可细分为三维形貌、薄膜膜厚、套刻精度、关键尺寸量测技术等.....	20
4、检/量测设备中运动与控制光学类零部件成本占比最高，主要包括 EFEM、光源等.....	22
三、全球前道检、量测设备市场超百亿美元，中科飞测成长天花板逐步打开.....	25
1、2022 年全球前道检测、量测设备市场约 125 亿美金，国产化率预计不足 5%.....	25
2、KLA 等龙头产品布局完善，国内厂商 28nm 以下产品正在研发或认证.....	28
3、中科飞测持续研发纳米级图形晶圆缺陷检测等新品，产品覆盖市场空间将快速提高.....	29
四、投资建议.....	33
1、盈利预测.....	33
2、估值分析.....	34
3、风险提示.....	34

图表目录

图 1：公司主要产品演变和技术发展情况.....	6
图 2：公司主要产品应用领域及对应客户情况.....	6
图 3：中科飞测股权结构（截至公司招股书）.....	8
图 4：公司员工专业结构（截至 2022 年底）.....	8
图 5：公司研发人员学历分布（截至 2021 年底）.....	8
图 6：2018-2023Q1 公司营业收入及增速.....	9
图 7：2018-2022 年公司分业务收入（百万元）.....	9
图 8：2018-2022 年公司检测设备销量及 ASP.....	11
图 9：2018-2022 年公司检测设备分产品销量及 ASP.....	11
图 10：2018-2022 年公司量测设备销量及 ASP.....	11
图 11：2018-2022 年公司量测设备分产品销量及 ASP.....	11

图 12: 公司客户拓展情况	13
图 13: 2018-2022 年国内主流半导体设备公司毛利率	13
图 14: 2018-23Q1 公司各业务及综合毛利率	13
图 15: 2018-23Q1 公司期间费用率	14
图 16: 2018-23Q1 公司研发费用情况 (百万元)	14
图 17: 2018-23Q1 公司归母净利润及扣非净利润情况 (百万元)	14
图 18: 2018-23Q1 公司存货情况 (百万元)	15
图 19: 2018-23Q1 公司预收账款及合同负债情况 (百万元)	15
图 20: 2019-2021 年公司在手订单金额情况 (亿元)	15
图 21: 半导体质量控制环节根据集成电路制造工艺的划分	16
图 22: 2020 年全球检/量测各技术市场占比	18
图 23: 明场和暗场检测原理图	19
图 24: 不同套刻误差测量示意图	21
图 25: 芯片划线槽内的目标光栅	22
图 26: 光学关键尺寸量测技术原理	22
图 27: 应用材料 Enlight 光学检测系统结构图	23
图 28: 2022 年全球半导体前道设备占比	25
图 29: 全球半导体检测和量测设备市场规模	25
图 30: 2020 年全球半导体检测和量测设备市场格局情况	26
图 31: 2020 年中国半导体检测和量测设备市场格局情况	26
图 32: 半导体过程控制设备市场份额	27
图 33: 国内半导体过程控制设备市场空间	27
图 34: KLA 历年前道检/量测设备收入 (扣除服务收入)	28
图 35: KLA 中国大陆和中国台湾地区收入占比	28
表 1: 公司主要产品介绍	7
表 2: 2020 年半导体检测和量测设备市场各类设备市场规模及占比	7
表 3: 募集资金使用方案 (亿元)	9
表 4: 中科飞测细分产品收入 (万元)	10
表 5: 各系列设备 2020 和 2021 年度升级情况 (单位: 万元, 台)	12
表 6: 主要客户情况	12
表 7: 公司主要产品型号毛利率	13

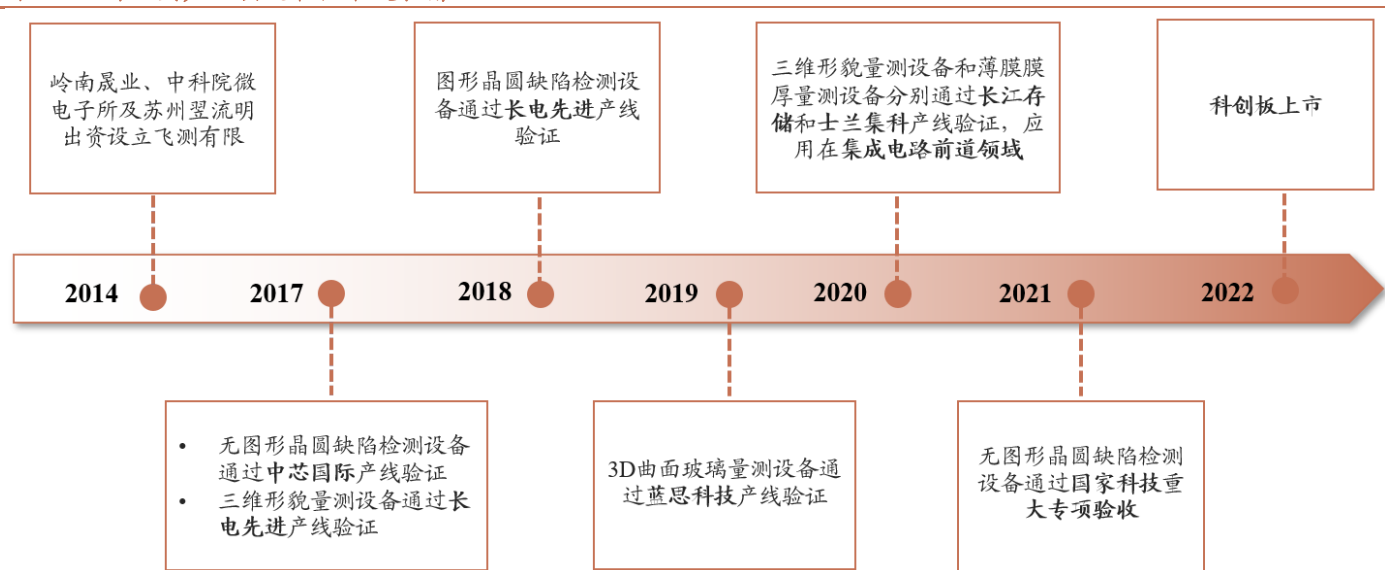
表 8: 主要设备生产及验收周期情况	15
表 9: 半导体检测和量测设备的主要类型及其在不同工序中的分布情况	17
表 10: 检测和量测技术发展情况	18
表 11: 光学检测技术的分类与发展	20
表 12: 光学量测技术的分类与发展	22
表 13: 中科飞测主要采购零部件	22
表 14: 中科飞测核心零部件及主要功能	23
表 15: 2020 年半导体检测和量测设备市场各类设备市场规模及占比	26
表 16: 国内主要检测和量测设备厂商市占率情况	27
表 17: 国内外主要公司产品覆盖情况	29
表 18: 国内外主要公司 28nm 以下制程覆盖情况	29
表 19: 公司主要核心技术情况	30
表 20: 公司无图形晶圆缺陷检测产品与主要竞争对手产品性能比较	30
表 21: 公司图形晶圆缺陷检测产品与主要竞争对手产品性能比较	31
表 22: 公司三维形貌量测产品与主要竞争对手产品性能比较	31
表 23: 公司 28nm 以下制程相关产品的具体研发进度及验证情况	31
表 24: 公司主要研发项目	32
表 25: 中科飞测盈利预测简表	33
表 26: 可比公司 PS 估值	34
附: 财务预测表	36

一、国内半导体光学检测、量测设备巨头，核心产品矩阵持续拓展

1、产品布局光学检测、量测设备，在中芯国际、长江存储等头部产线持续量产

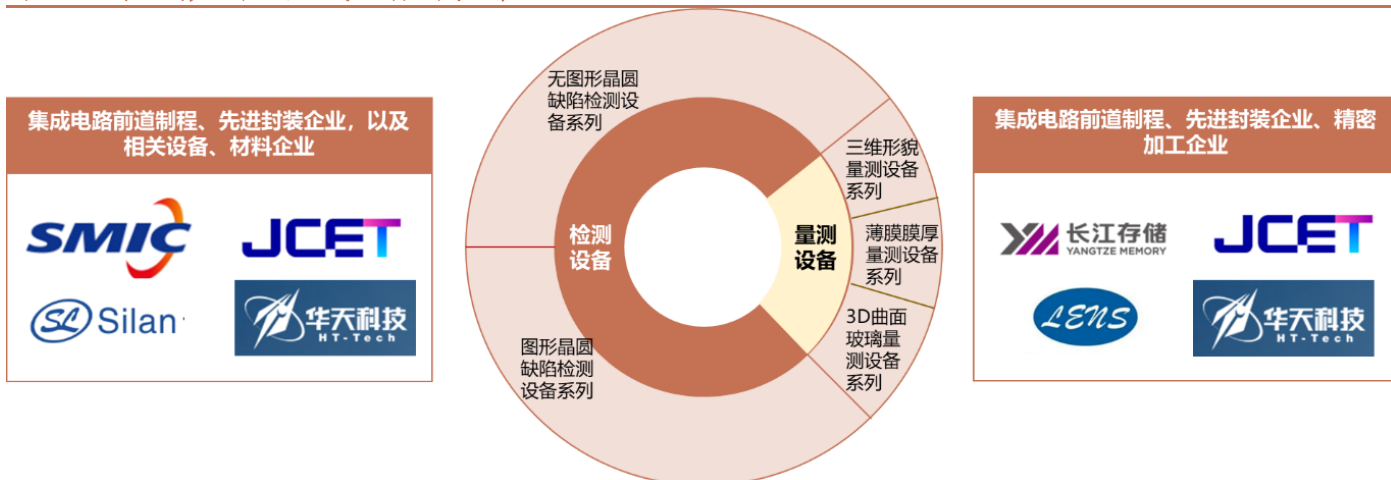
公司产品线覆盖检测设备和量测设备，成功切入中芯国际、长江存储等国内主流厂商。自 2014 年成立以来，中科飞测致力于检测和量测两大类集成电路专用设备；2017 年起，公司自主研发的无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备、3D 曲面玻璃量测设备以及薄膜膜厚量测设备陆续通过中芯国际、长江存储、士兰集科、长电先进等国内主流厂商产线认证并获得批量订单，广泛应用于集成电路前道制程及先进封装领域，部分填补了国内高端半导体质量控制设备市场的空白。2018-2021 年，公司承担“国家科技重大专项（02 专项）”项目，完成无图形晶圆缺陷检测设备升级型号 SPRUCE-800 的研发，适用工艺节点升级，适用于 2Xnm 或以上工艺节点，并已实现量产。

图 1：公司主要产品演变和技术发展情况



资料来源：中科飞测招股书、公司公告，招商证券

图 2：公司主要产品应用领域及对应客户情况



资料来源：中科飞测招股书、公司官网，招商证券

公司产品线涵盖无图形晶圆缺陷检测、图形晶圆缺陷检测、三维形貌量测、薄膜膜厚量测（晶圆介质薄膜量测）和套刻精度量测设备等系列产品，根据 VLSI Research，公司目前已覆盖的市场份额占比为 27.2%（其中无图形/图形检测、三维形貌量测、介质膜厚量测设备均量产，份额达 20%；套刻精度量测设备正在验证，份额为 7.3）；公司正在

积极研发纳米图形晶圆缺陷检测设备、晶圆金属薄膜量测设备等其他型号，对应市场份额分别为 24.7% 和 0.5%。

1) 无图形晶圆缺陷检测设备系列：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；2) 图形晶圆缺陷检测设备系列：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；3) 三维形貌量测设备系列：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；4) 薄膜膜厚度量测设备系列：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（n 指薄膜折射率、k 指薄膜的消光系数，n-k 值用来表征薄膜密度或硬度）的快速测量；5) 3D 曲面玻璃量测设备系列：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。同时，公司还存在多个系列设备处于研发及产业化验证中，随着公司对技术研发的持续投入，将进一步完善公司的产品布局。

表 1: 公司主要产品介绍

产品类别	产品名称	图示	应用领域
检测设备	无图形晶圆缺陷检测设备系列		集成电路前道制程，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
	图形晶圆缺陷检测设备系列		集成电路前道制程和先进封装，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
量测设备	三维形貌量测设备系列		集成电路前道制程和先进封装，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
	薄膜膜厚度量测设备系列		集成电路前道制程，主要应用于晶圆上纳米级的单/多层膜的膜厚测量
	3D 曲面玻璃量测设备系列		精密加工，主要应用于 3D 曲面玻璃等构件的轮廓、弧高、厚度、尺寸测量

资料来源：中科飞测招股书，招商证券

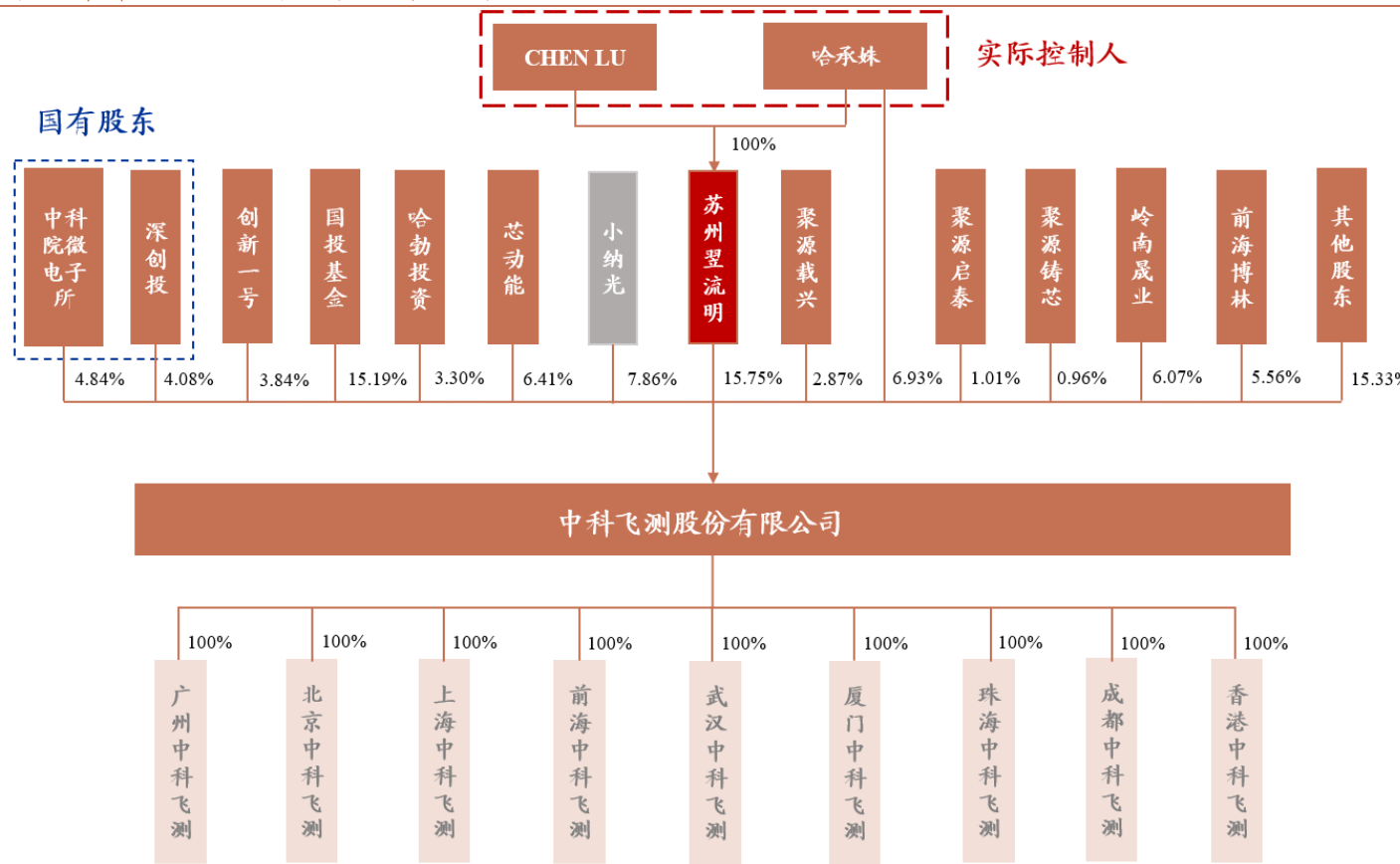
表 2: 2020 年半导体检测和量测设备市场各类设备市场规模及占比

	设备类型	市场规模(亿美元)	占比
检测设备(62.6%)	纳米图形晶圆缺陷检测设备	18.9	24.7%
	掩膜版缺陷检测设备	8.6	11.3%
	无图形晶圆缺陷检测设备	7.4	9.7%
	图形晶圆缺陷检测设备	4.8	6.3%
	电子束缺陷检测设备	4.4	5.7%
	电子束缺陷复查设备	3.8	4.9%
量测设备(33.5%)	关键尺寸量测设备	7.8	10.2%
	电子束关键尺寸量测设备	6.2	8.1%
	套刻精度量测设备	5.6	7.3%
	晶圆介质薄膜量测设备	2.3	3.0%
	X 光量测设备	1.7	2.2%
	掩膜版关键尺寸量测设备	1.0	1.3%
	三维形貌量测设备	0.7	0.9%
其他	晶圆金属薄膜量测设备	0.4	0.5%
	其他	2.9	3.9%

资料来源：中科飞测招股书，招商证券，注：红色表示公司已覆盖，蓝色表示在研

公司背靠中科院微电子所，实控人为董事长陈鲁。公司第一大股东为苏州翌流明，直接持股 15.75%，另通过员工持股平台小纳光间接持股 7.86%；陈鲁、哈承妹夫妇 100%控股苏州翌流明，为公司实际控制人，合计持股比例为 30.54%，其中董事长陈鲁为美国国籍。中科院微电子所和深创投为国有股东，合计持股 8.92%；另外，公司还拥有国投基金、芯动能、哈勃投资等一系列知名一级战略投资机构，其中哈勃投资为华为旗下专门从事战略投资的子公司，主要投资半导体、光电芯片、材料、软件等领域。

图 3：中科飞测股权结构（截至公司招股书）



资料来源：中科飞测招股书、公司公告，招商证券

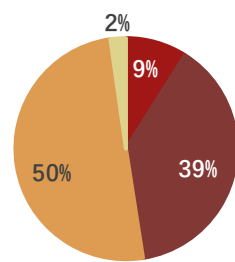
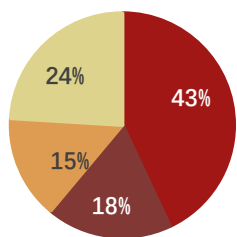
公司高管及核心技术人员设备开发经验丰富。1) 陈鲁：公司董事长兼总经理，毕业于中国科学技术大学少年班，物理专业，曾任科磊半导体资深科学家，并于 2010-2016 年任中科院微电子所研究员、博士生导师；2) 孙坚：公司董事，曾先后担任中国华大集成电路设计中心 IC 设计工程师、国家大规模集成电路 ICCAD 工程研究中心副主任、北京铨腾电子科技中国区战略发展总监；3) 黄有为：首席科学家，曾任中科院微电子所助理研究员和北京中航智研发工程师；4) 杨乐：首席科学家，曾在中科院微电子所任职助理研究员和高级工程师。截至 2022 年底，公司共有 324 名研发人员，占比 43%。

图 4：公司员工专业结构（截至 2022 年底）

图 5：公司研发人员学历分布（截至 2021 年底）

■ 研发人员 ■ 生产人员 ■ 管理人员 ■ 销售及技术支持人员

■ 博士研究生 ■ 硕士研究生 ■ 本科 ■ 大专



资料来源：中科飞测招股书、公司公告，招商证券

资料来源：中科飞测招股书、公司公告，招商证券

公司计划 10 亿元用于高端半导体质量控制设备产业化项目等。1) 高端半导体质量控制设备产业化项目: 项目计划投资 3.09 亿元, 在广州市黄埔区进行高端半导体质量控制设备产业化项目的建设, 大幅扩大公司检测和量测设备的产能, 已于 2021 年 4 月完成项目备案, 拟定建设周期 2.5 年; 2) 研发中心升级建设项目: 拟投资 1.46 亿元, 对深圳研发中心场地的改造升级, 重点针对无图形晶圆缺陷检测设备、纳米图形晶圆缺陷检测设备方向展开深入研发。

表 3: 募集资金使用方案 (亿元)

项目名称	项目投资总额	拟使用募集资金金额
高端半导体质量控制设备产业化项目	3.09	3.08
研发中心升级建设项目	1.46	1.42
补充流动资金	5.50	5.50
合计	10.05	10.00

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

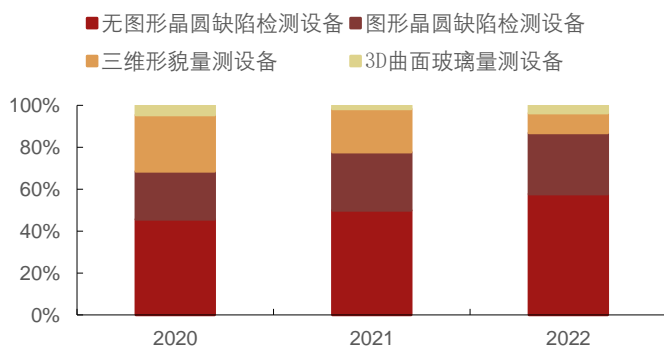
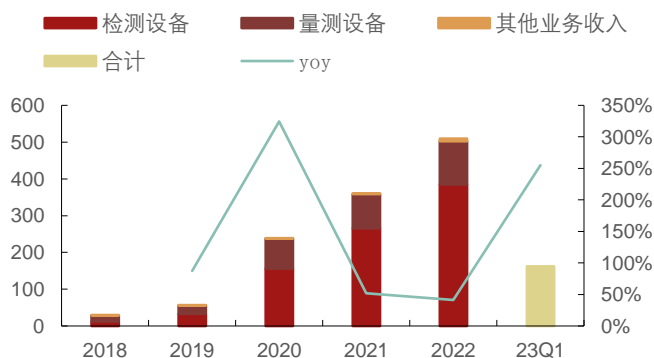
2、产品线自 2020 年以来快速放量, 检测设备收入占比持续提升

2020 年以来, 检测设备和量测设备快速放量带来营收高速增长。2018-2022 年, 公司营收从 0.3 亿元增长至 5.1 亿元, CAGR 为 103%; 公司收入规模快速增长, 一方面受益于半导体行业高景气和半导体设备国产替代的需求, 另一方面依托于公司主要产品市场认可度不断提升、产品型号日益丰富, 从而带来客户群体和客户订单的持续增长。2022 年全年公司实现收入 5.09 亿元, 同比增长 41%。

检测设备增速较快, 收入占比逐年提升。2022 年, 公司检测设备收入占比约 76%, 量测设备收入占比约 23%; 无图形晶圆缺陷检测、图形晶圆缺陷检测、三维形貌量测、3D 曲面玻璃量测四大类设备收入合计占比 87%, 其他收入来自薄膜膜厚量测设备、备品备件等。公司检测设备收入从 2018 年的 0.13 亿元增长至 2022 年的 3.85 亿元, CAGR 为 135%; 量测设备收入从 2018 年的 0.16 亿元增长至 2022 年的 1.18 亿元, CAGR 为 63.7%。检测设备销售收入呈高速增长趋势, 主要系销售数量增加及随检测精度更高、功能更优化的无图形晶圆缺陷检测设备推出带动平均单价上升所致; 量测设备销售收入增速在 2021 年有所下滑, 主要系应用在精密加工领域的 3D 曲面玻璃量测设备销量有所下滑, 但 2022 年量测设备收入实现加速增长, 同比+25%。23Q1 公司收入 1.62 亿元, 同比+254.8%。

图 6: 2018-2023Q1 公司营业收入及增速

图 7: 2018-2022 年公司分业务收入 (百万元)



资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券, 注: 按照招股书披露口径仅列举四大细分品类

表 4: 中科飞测细分产品收入 (万元)

细分产品收入	2020	2021	2022
检测设备			
无图形晶圆缺陷检测设备	10364.15	17030.65	25490.03
占比	43.6%	47.2%	50.1%
——SPRUCE-600	6912.83	7601.96	11590.81
销量/台	21	25	37
ASP/万元	329.18	304.08	313.27
——SPRUCE-800	3451.33	9428.69	13899.22
销量/台	2	6	10
ASP/万元	1725.66	1571.45	1389.92
图形晶圆缺陷检测设备	5224.40	9491.63	12970.86
占比	22.0%	26.3%	25.5%
——BIRCH-60	2509.46	789.19	427.43
销量/台	13	4	2
ASP/万元	193.04	197.30	213.72
——BIRCH-100	1987.98	5817.10	2198.11
销量/台	9	22	8
ASP/万元	220.89	264.41	274.76
量测设备			
三维形貌量测设备	6079.11	7021.73	4138.86
占比	25.6%	19.5%	8.1%
——CYPRESS-T910	4267.56	5377.68	2372.18
销量/台	21	23	11
ASP/万元	203.22	233.81	215.65
——CYPRESS-U950	1691.19	1583.88	1766.68
销量/台	4	4	4
ASP/万元	422.80	395.97	441.67
3D 曲面玻璃量测设备	1058.82	590.42	1655.25
占比	4.5%	1.6%	3.3%
销量/台	22	12	28
ASP/万元	48.13	49.20	59.12

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

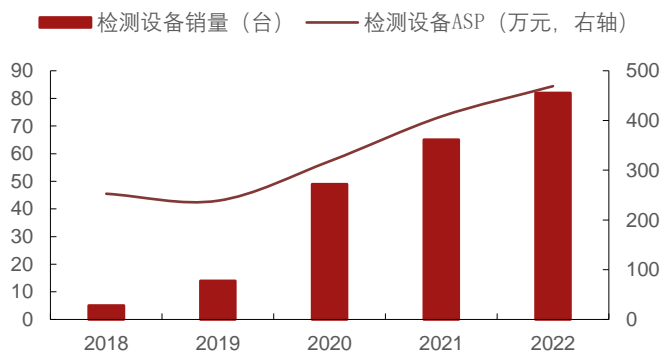
主要产品量价关系拆分:

1) 检测设备: 销量逐年增长, 检测设备单价较量测设备更高, 公司无图形产品单价高于图形产品。

①无图形晶圆缺陷检测设备: 主要用于前道制造 2018-2022 年, 无图形晶圆缺陷检测设备销量由 3 台逐年增加至 47 台, 单价由 246.5 万元增长至 542.3 万元。销量增加主要系第一代无图形晶圆缺陷检测设备通过下游知名客户验证, 获得市场广泛认可, 销售客户数量增加; 单价提升主要系 2020 年公司推出了 SPRUCE-600 型号的升级设备, 以及检测精度更高的 SPRUCE-800 型号设备, 高精度产品单价较高, SPRUCE-800 型号 2020 和 2021 年单价分别高达 1726 万元和 1571 万元, 同时高精度产品占比逐步提高;

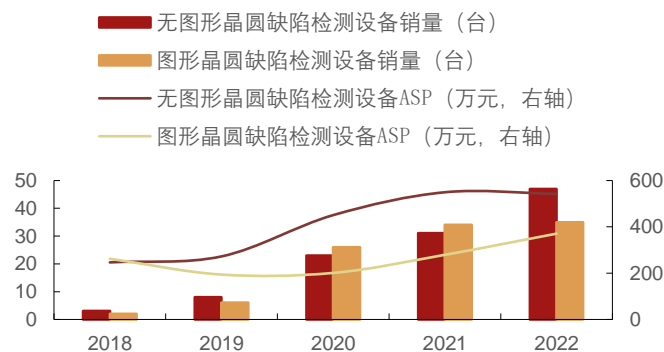
②图形晶圆缺陷检测设备: 2018 指 2022 年图形晶圆缺陷检测设备销量由 6 台大幅提升至 35 台, 主要系部分下游重点客户需求增长, 同时公司于 2020 年推出检测精度更高、吞吐量更高的 BIRCH-100 等升级型号设备, 成功进入前道市场; 2021 和 2022 年设备单价有所提升, 主要系 BIRCH-100 等升级型号设备推出后, 客户更多选择价格更高的升级型号产品, 同时随客户群体拓展与丰富, 售价较低的重点客户销售占比下降。公司图形检测产品单价低于无图形产品, 主要系公司图形晶圆缺陷检测设备主要用于后道先进封装, 产品灵敏度等性能较图形检测产品较低。

图 8：2018-2022 年公司检测设备销量及 ASP



资料来源：中科飞测招股书、招商证券

图 9：2018-2022 年公司检测设备分产品销量及 ASP



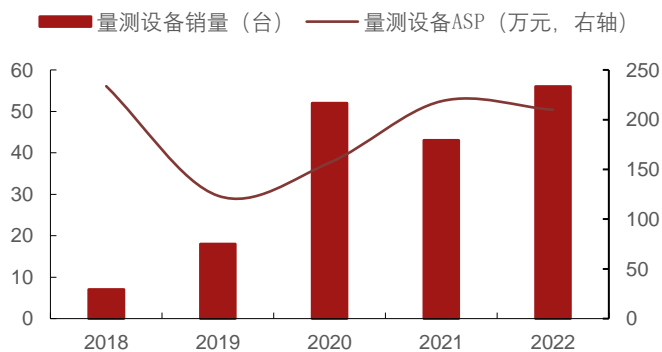
资料来源：中科飞测招股书、招商证券

2) 量测设备：2022 年整体销量回升，经过前期推广后三维形貌量测设备单价逐年提升，但量测设备整体单价随产品结构变化而波动。

①三维形貌量测设备：2020 年销售数量大幅增长，主要系通过客户验证后，部分重点客户对公司设备采购数量增加，从细分产品来看，主要以基础型号增长为主，升级型号尚未形成大规模增长。2022 年销量减少至 15 台，主要系部分重点客户采购数量减少；单价波动主要系各期销售的具体型号销售占比存在差异和重点客户销售策略所致，2020-2022 年呈逐年上升态势；

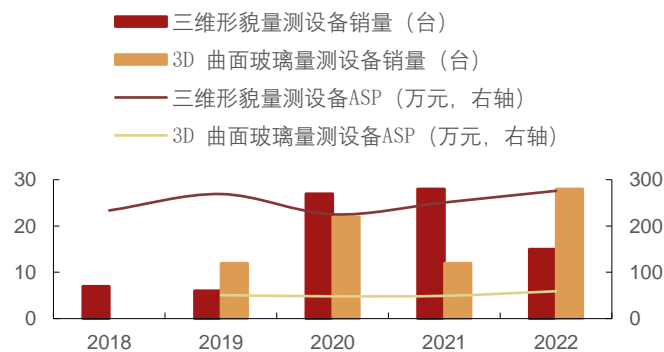
②3D 曲面玻璃量测设备：主要应用于精密加工领域对 3D 曲面玻璃等构件的轮廓、弧高、厚度、尺寸测量，2020 年销售数量大幅增长，主要系设备通过部分重点客户验证后，市场认可度的提升带来客户对公司设备采购订单增加。2021 年销量回落至 12 台，主要系客户需求变更导致 7 台设备无法满足客户需求被退回，但 2022 年销量快速回升至 28 台；单价较低，历年小幅波动但基本稳定。

图 10：2018-2022 年公司量测设备销量及 ASP



资料来源：中科飞测招股书、招商证券

图 11：2018-2022 年公司量测设备分产品销量及 ASP



资料来源：中科飞测招股书、招商证券

表 5: 各系列设备 2020 和 2021 年度升级情况 (单位: 万元, 台)

产品系列	基础型号			升级型号			完成升级年度	主要升级内容
	名称	2021 年单价	2021 年销量	名称	2021 年单价	2021 年销量		
无图形晶圆缺陷检测设备	S1	304.08	25	S2	1571.45	6	2020 年	基于深紫外成像扫描技术等核心技术, 适用于 28nm 工艺节点, 最小灵敏度达到 23nm
图形晶圆缺陷检测设备	型号一	197.30	4	B2	264.41	22	2020 年	增加大视场线扫功能, 并对相应软件流程及配套算法优化, 检测产能提升 20% 以上
三维形貌量测设备	型号二	233.81	23	C2	395.97	4	2021 年	采用干涉测量技术集成多种测量模式, 重复性精度提升至 0.1nm

资料来源: 中科飞测招股书、招商证券

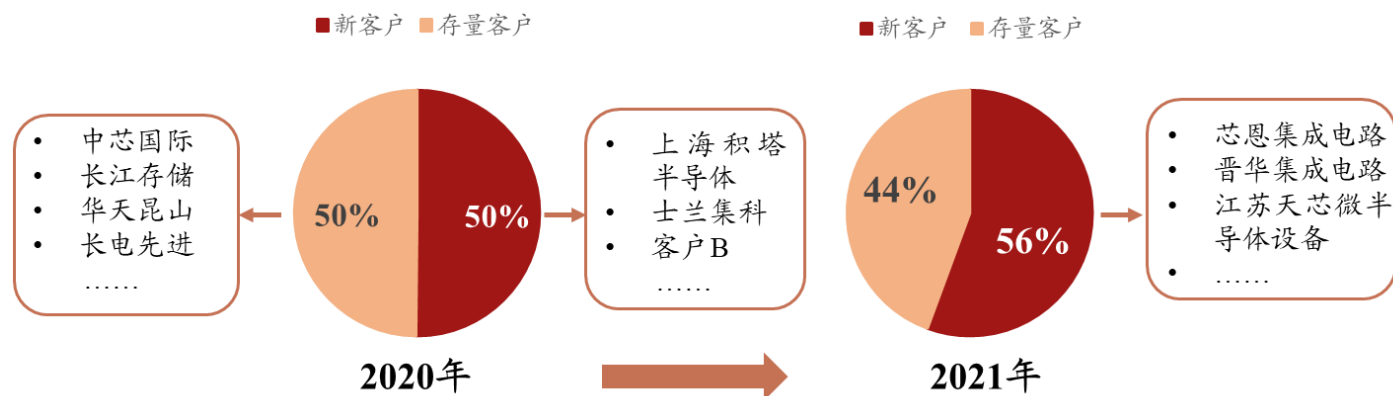
前五大客户集中度相对较低, 新客户收入贡献占比稳步上升。从客户结构来看, 公司积累了中芯国际、长江存储等集成电路前道制程厂商客户和华天科技、长电科技、通富微电等先进封装厂商客户, 该部分存量客户贡献公司稳定收入。与此同时, 随公司产品布局不断丰富, 品牌知名度不断提高, 公司成功拓展芯恩集成电路、士兰集科、上海积塔半导体等新客户群体。2022 年公司前五大客户收入占比为 33.3%, 第一大客户为中芯国际, 占比 8.17%, 长江存储为第三大客户, 占比 6.3%。

表 6: 主要客户情况

期间	客户名称	主要销售内容	销售金额 (万元)	占营业收入的比例
2022 年度	中芯国际	检测设备	4160.12	8.17%
	士兰集科	检测设备、量测设备	3879.86	7.62%
	长江存储	检测设备、量测设备	3212.36	6.31%
	芯恩集成	检测设备、量测设备	2937.03	5.77%
	浙江创芯	检测设备、量测设备	2750.96	5.40%
	合计		16940.33	33.27%
2021 年度	芯恩集成	检测设备、量测设备	4495.45	12%
	长电先进	检测设备、量测设备	4145.59	12%
	华天昆山	检测设备、量测设备	2816.49	8%
	中芯国际	检测设备	2365.57	7%
	福建晋华	检测设备	2155.00	6%
	合计		15978.09	44%
2020 年度	华天昆山	检测设备、量测设备	4732.58	20%
	客户 B	检测设备	2123.89	9%
	中芯国际	检测设备、量测设备	2097.99	9%
	长江存储	量测设备	1695.66	7%
	士兰集科	检测设备、量测设备	1516.22	6%
	合计		12166.34	51%
2019 年度	长电先进	检测设备、量测设备	1186.09	21%
	长江存储	量测设备	853.10	15%
	中芯绍兴	检测设备	806.40	14%
	通富微电	检测设备	667.32	12%
	华天昆山	检测设备	558.41	10%
	合计		4071.31	73%

资料来源: 中科飞测招股书、招商证券

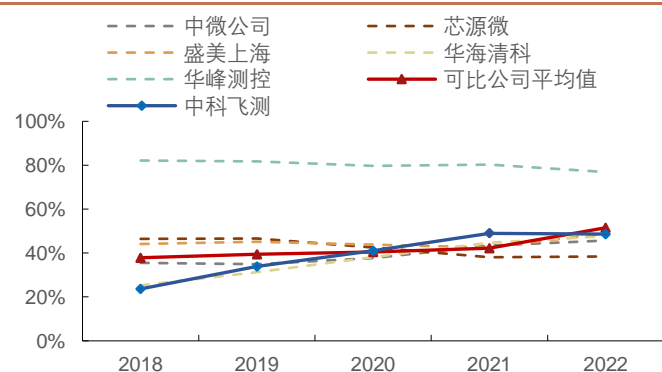
图 12: 公司客户拓展情况



资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

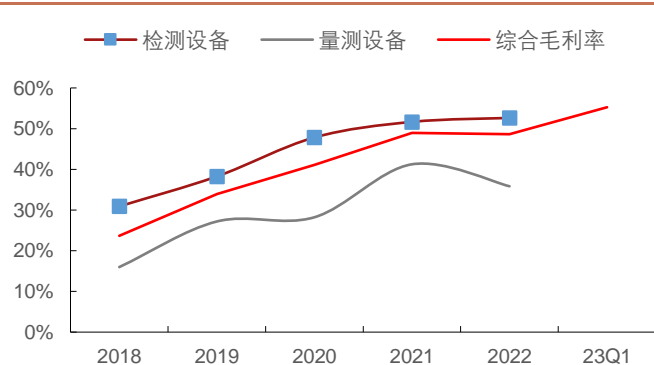
检测设备毛利率稳步提升, 量测设备毛利率较低同时历年毛利率有所波动。2018-2022 年, 伴随设备型号升级和规模效应提升, 公司整体毛利率水平由 24% 上升至 49%, 其中检测设备毛利率由 31% 上升至 53%, 量测设备毛利率由 16% 上升至 36%, 2022 年公司毛利率同比稳定。公司毛利率较高的产品型号主要为与 KLA 对标的无图形晶圆缺陷检测设备, SPRUCE-600/800 2022 年毛利率均高于 55%, 接近海外龙头水平; 图形检测设备 BIRCH-60 毛利率在 2022 年增幅较大, 主要系销量较小, 但售出一台单价的设备, BIRCH-100 毛利率在 2021 年增幅较大, 主要系经过了 2020 年前期的客户推广阶段; 三维形貌量测设备 CYPRESS-T910 毛利率在 2021 年增幅较大, 主要系产品结构升级和规模效应提升, CYPRESS-U950 毛利率在 2021 年突增, 主要系产品销量较少, 但售出部分研发样机, 样机成本较低, 对毛利率有一定影响。23Q1 公司综合毛利率 55.3%, 较 2022 年底快速提升。

图 13: 2018-2022 年国内主流半导体设备公司毛利率



资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

图 14: 2018-23Q1 公司各业务及综合毛利率



资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

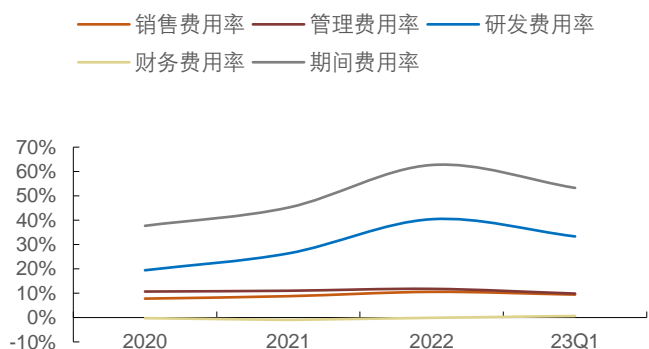
表 7: 公司主要产品型号毛利率

项目名称	2020	2021	2022
无图形检测设备			
SPRUCE-600	57.3%	57.2%	61.2%
SPRUCE-800	65.4%	58.4%	56.0%
图形检测设备			
BIRCH-60	26.3%	22.9%	42.1%
BIRCH-100	20.9%	39.3%	42.9%
三维形貌量测设备			
CYPRESS-T910	22.7%	38.1%	38.3%
CYPRESS-U950	29.2%	54.6%	34.1%

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

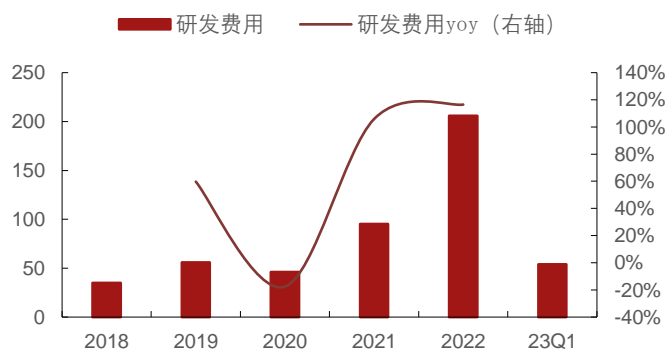
2020 年至今研发投入加速增长，研发费用率逐年提升。2020 年之前，公司处于成长阶段，营收体量较小，期间费用率较高；2020 年，随产品放量逐渐形成规模效应，公司期间费用率大幅下滑；由于公司始终保持高强度研发投入，2020 年研发投入规模较低，主要系研发项目步入调试优化阶段从而所需材料费减少，2021 年公司研发投入 0.95 亿元，同比增长 106%，2022 年研发费用为 2.06 亿元，同比加速增长，主要投入纳米级晶圆缺陷检测设备，研发费用率提升带动 2021-2022 年整体期间费用率逐年增长，23Q1 有所回落。

图 15: 2018-23Q1 公司期间费用率



资料来源：中科飞测招股书、招商证券

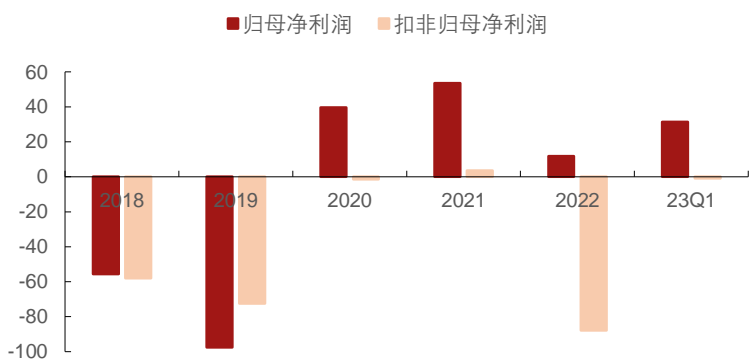
图 16: 2018-23Q1 公司研发费用情况 (百万元)



资料来源：中科飞测招股书、招商证券

公司 2019-2021 年业绩持续增长，2022 年扣非净利润受研发费用拖累而亏损。2018-2020 年公司归母净利润及扣非归母净利润均为负，主要系公司前期技术研发、市场培育等方面投入较高，同时经营规模相对较小，产品尚未放量，从而扣非归母净利润持续亏损；2021 年公司实现扣非归母净利润盈利，但 2022 年扣非归母净利润出现亏损，主要系纳米图形晶圆缺陷检测设备等主要研发项目存在持续的较大规模研发投入的需求，公司 2022 年研发投入 2.06 亿元，同比翻倍以上增长，研发人员增加 100 余人至 324 人。23Q1 公司盈利能力有所提升，实现归母净利润 0.31 亿元，扣非净利润亏损缩小至 79 万元。

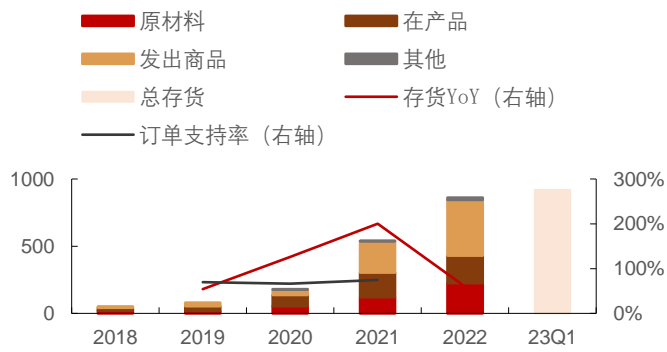
图 17: 2018-23Q1 公司归母净利润及扣非净利润情况 (百万元)



资料来源：中科飞测招股书，招商证券

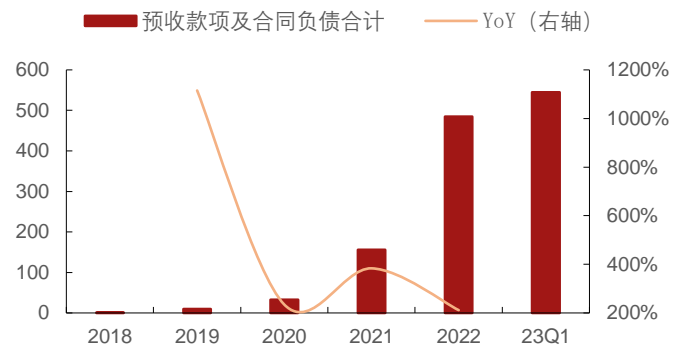
在手订单充足，未来有望延续收入高增长态势。存货账面价值由 2018 年的 0.52 亿元增长至 2022 年的 8.61 亿元，随公司履约订单规模的不断扩大，发出商品金额和占比不断提升，在产品占比有所下降；截至 2022 年，发出商品期末余额 4.14 亿元，同比+77%，在产品期末余额 2.06 亿元。截至 2021 年底，公司在手订单金额为 9.95 亿元，截至 2022 年底，公司预收款项及合同负债余额 4.85 亿元，同比增长 212%。23Q1 末公司存货和合同负债分别继续增长至 9.2 亿元和 5.45 亿元。公司各类型设备生产周期通常不超过 8 个月，验收周期通常为 2-7 个月，未来随设备验收确认，公司收入有望继续维持高增长态势。

图 18: 2018-23Q1 公司存货情况 (百万元)



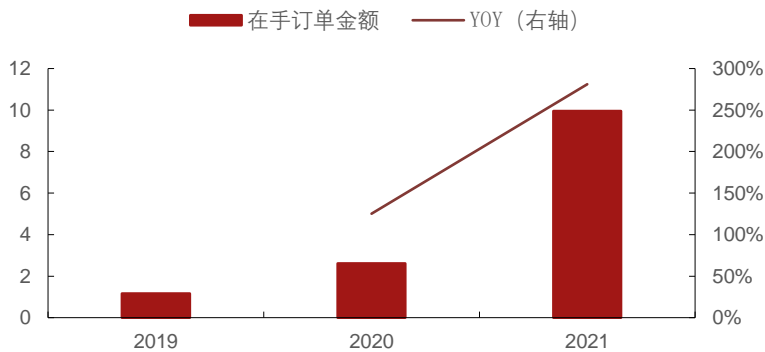
资料来源: 中科飞测招股书、招商证券

图 19: 2018-23Q1 公司预收账款及合同负债情况 (百万元)



资料来源: 中科飞测招股书、招商证券

图 20: 2019-2021 年公司在手订单金额情况 (亿元)



资料来源: 中科飞测招股书、招商证券

表 8: 主要设备生产及验收周期情况

产品系列	生产周期	验收周期
无图形晶圆缺陷检测设备	3-8 月	2-6 月
图形晶圆缺陷检测设备	2-6 月	2-6 月
三维形貌量测设备	2-6 月	2-6 月
薄膜膜厚量测设备	2-6 月	2-6 月
3D 曲面玻璃量测设备	1-4 月	3-7 月

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

二、光学类检、量测技术应用最为广泛，细分品类繁多同时工艺复杂

1、半导体质量控制设备是保证芯片良率的关键工艺，光学检、量测技术应用最广泛

质量控制环节贯穿 IC 制造全过程，是保证半导体良率的重要工艺。工艺检测设备是应用于工艺过程中的测量类设备和缺陷（含颗粒）检查类设备的统称，集成电路制造过程步骤繁多、工艺复杂，只有每一道工序的良品率都保持在几乎“零缺陷”的极高水平才能保证最终的良品率。质量控制环节根据 IC 生产工艺的细分进一步分为前道检测、中道检测和后道测试。

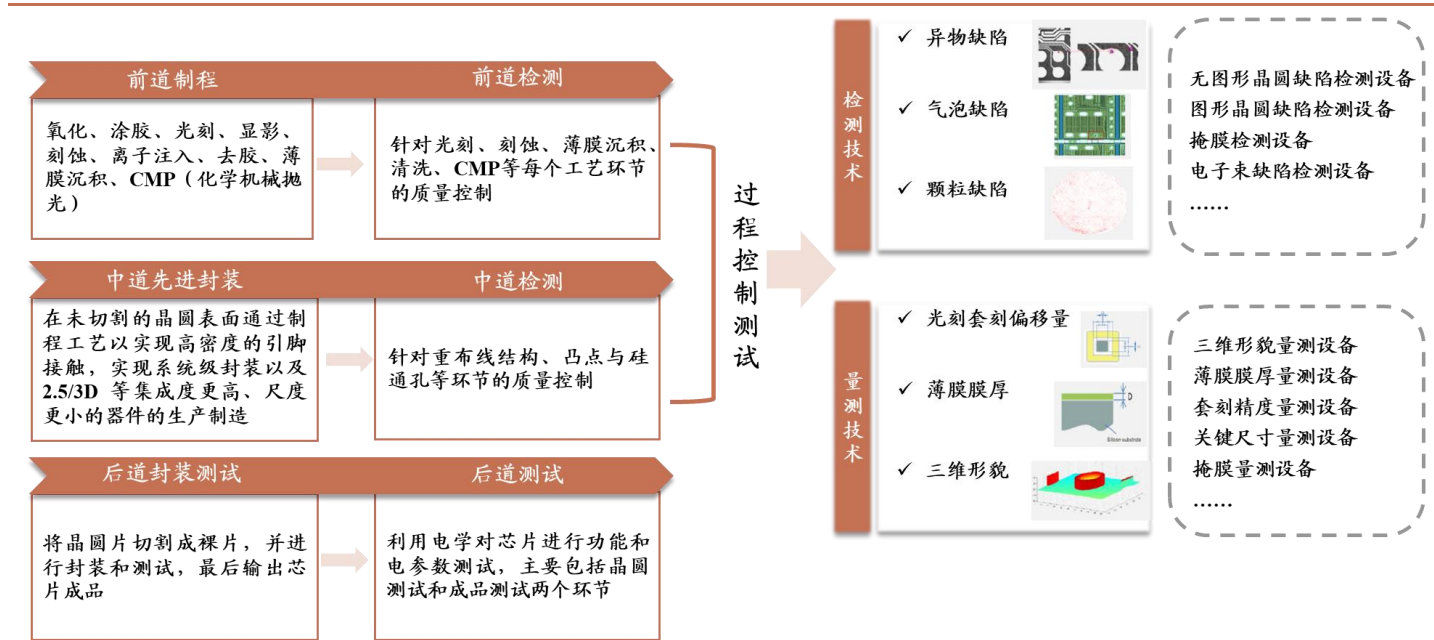
1) 前道检测：主要是针对光刻、刻蚀、薄膜沉积、清洗、CMP 等每个工艺环节的质量控制的检测，主要检测过程内容包括①晶圆表面的颗粒和残留异物检查，以及工艺过程中晶圆的缺陷和异物的检查和分类；②薄膜材料的厚度和物理常数（如折射率、消光系数、组分和应力等）的测量；③晶圆在光刻胶曝光显影后、刻蚀后和 CMP 工艺后的关键尺寸（CD）和形貌结构的参数测量；④套刻对准的偏差测量；

2) 中道检测：面向先进封装环节，主要为针对凸点（Bump）、通孔（TSV）、铜柱（Copper pillar）等的缺损/异物残留及形状、间距、高度的一致性，以及重布线层（RDL）进行无接触定量检查和测量；

3) 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。

检测（Inspection）和量测（Metrology）两大工艺分别用于检测晶圆异质情况和对晶圆结构做出量化描述。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。根据检测类型不同，半导体质量控制设备也相应分为检测设备和量测设备两大类。

图 21：半导体质量控制环节根据集成电路制造工艺的划分



资料来源：中科飞测招股书，招商证券

表 9：半导体检测和量测设备的主要类型及其在不同工序中的分布情况

主要产品	前道制程						先进封装				
	薄膜沉积	光刻	掩膜	刻蚀	离子注入	CMP	清洗	光刻	刻蚀	电镀	键合
掩膜版缺陷检测设备			★								
无图形晶圆缺陷检测设备	★	★		★	★	★	★				
图形晶圆缺陷检测设备		★		★	★	★	★	★	★	★	★
纳米图形晶圆缺陷检测设备		★		★	★	★					
电子束缺陷检测设备		★		★	★	★					
电子束缺陷复查设备		★		★	★	★					
关键尺寸量测设备				★				★	★	★	★
电子束关键尺寸量测设备		★		★				★	★		
套刻精度量测设备		★									
晶圆介质薄膜量测设备	★	★						★	★	★	★
X 光量测设备	★				★		★				
掩膜版关键尺寸量测设备			★								
三维形貌量测设备						★	★	★	★	★	★
晶圆金属薄膜量测设备	★					★			★		
计数	4	8	2	7	6	7	4	5	5	5	4

资料来源：中科飞测问询函，招商证券

检测和量测技术主要分为光学检测、电子束检测和 X 光量测，相较于电子束和 X 光技术，光学检测技术能够更好实现高精度和高速度的均衡，成为应用在晶圆制造端的最主要关键检测技术。

- 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。光学检测技术是指基于光学原理，通过对光信号进行计算分析以获得晶圆表面的检测结果；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。光与电子束的主要区别在于波长的长短，电子束的波长远短于光的波长，而波长越短，精度越高。在相同条件下，光学技术的检测速度比电子束检测技术快，速度可以较电子束检测技术快 1000 倍以上。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；
- 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。

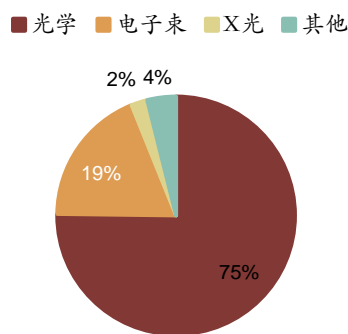
2020 年全球半导体检测和量测设备市场中，光学检测技术的设备市场份额占比高达 75%。根据 VLSI Research, 2020 年全球半导体检测和量测设备市场中，应用光学检测技术、电子束检测技术及 X 光量测技术的设备市场份额占比分别为 75.2%、18.7%及 2.2%。虽然光学检测技术与电子束检测技术存在一定的潜在竞争可能，但由于电子束检测技术自身局限性以及二者之间的优势互补性，光学检测技术面临技术迭代的风险较小。根据 VLSI Research, 2016 至 2020 年期间所有电子束检测设备在全球半导体检测和量测设备市场中的占比分别为 19.3%、20.4%、21.0%、17.4%和 18.7%，其中，电子束缺陷检测设备和电子束缺陷复查设备两种设备占比分别为 9.3%、10.8%、11.5%、9.2%和 10.6%。电子束检测设备及部分细分产品市场占有率总体保持平稳，未见大幅增长的原因主要系受集成电路制程中的大部分质量控制环节无法通过电子束检测技术实现或设备无法达到检测速度要求。

表 10: 检测和量测技术发展情况

技术名称	主要内容	应用情况	优势	劣势	发展方向
光学检测技术	通过对光信号进行计算分析以获得检测结果	应用于 28nm 及以下的全部先进制程，广泛应用于晶圆制造环节	精度高，速度快，满足规模化生产的速度要求	精度存在一定劣势	提高光学分辨率、结合图像信号处理算法
电子束检测技术	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	应用于 28nm 及以下的全部先进制程，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	精度比光学检测技术更高	速度相对较慢，满足规模化生产存在一定劣势	提高吞吐量，由单一电子束向多通道电子束技术发展
X 光量测技术	基于 X 光的穿透力强及无损伤特性进行特定场景的测量	应用于 28nm 及以下的全部先进制程，主要用于检测特定金属成分等特定的场景	穿透性强，无损伤	速度相对较慢，只限于特定应用需求	扩大应用的场景范围

资料来源：中科飞测招股书，招商证券

图 22: 2020 年全球检/量测各技术市场占比



资料来源：VLSI Research，招商证券

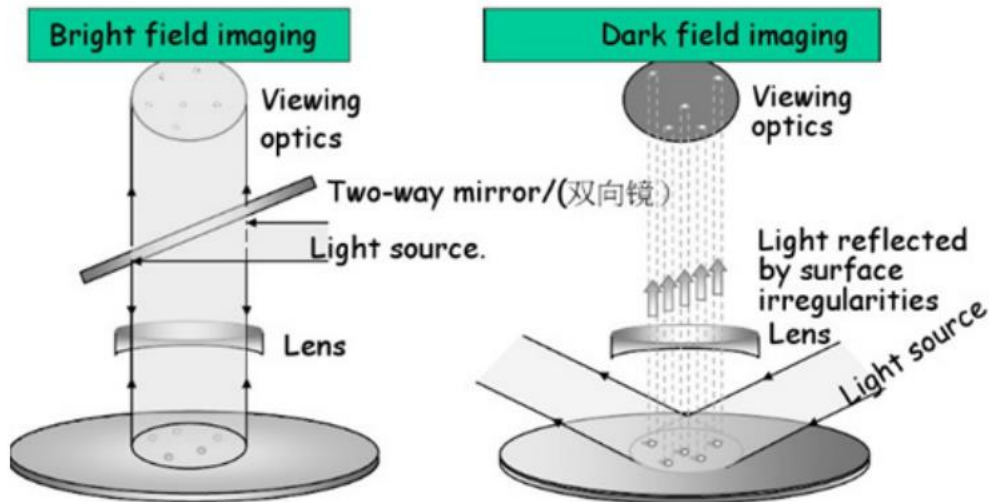
2、明场和暗场光学检测技术相辅相成，用于图形、无图形和掩膜版成像检测等场景

光学检测可分为明场和暗场检测两大类，定义基于传统光学显微镜针对照明光和采集光角度的相互关系，目前主流图形缺陷检测设备主要依靠明场检测技术。

1) 明场检测：直接用反射的可见光测量晶圆表面的缺陷，优点是清晰度高，能够形成整体图案形貌。明场检测的照明光角度和采集光角度完全相同或部分相同，在光电传感器上最终形成的图像是由照明光入射圆片表面并反射回来的光形成的。采用明场检测时，晶圆水平表面反射大部分光，而倾斜或竖直方向几乎不反射，明场检测设备通过收集反射光信息进行分析，能够形成晶圆整体形貌；

2) 暗场检测：检测位于晶圆表面的缺陷散射出来的光，优点是能够找出微小缺陷并且检测速度更快。暗场检测的照明光角度和采集光角度完全不同，所以在光电传感器上最终形成的图像是由照明光入射晶圆表面并被图形表面的 3D 结构散射回来的光形成的。暗场检测表现为在所有平坦表面都是黑色的，在不平整处出现亮线，但无法形成晶圆整体形貌。

图 23: 明场和暗场检测原理图



资料来源: 半导体芯科技, 招商证券

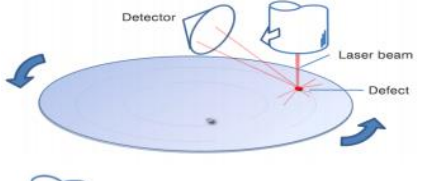
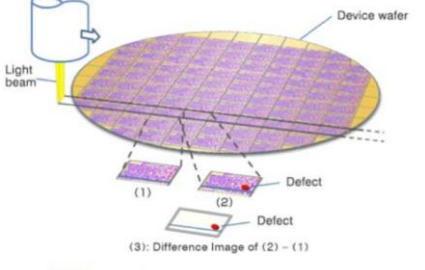
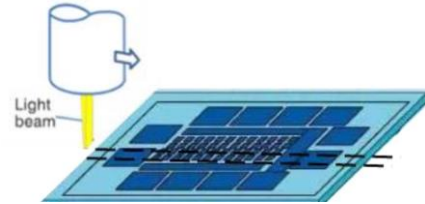
- **图形晶圆成像检测:** 作用于晶圆, 用于前道制造和出厂的先进封装领域, 能够实现在图形电路上的全类型缺陷检测。光学图形晶圆缺陷检测设备采用高精度光学检测技术, 结合晶圆表面的材料属性和结构特性, 在照明和成像的光学系统、光源亮度和光谱范围, 以及光电传感器的设计上, 进行精密的选择和设计, 进而对晶圆的 nm/um 尺度的缺陷和污染进行检测和识别。

图形晶圆成像检测一般采用明场检测为主、暗场检测为辅。图形的表面散射减少了探测器的总通光量, 晶圆检测需要更长的积分时间, 对检测速度要求不如无图形晶圆那么高。由于明场检测直接采集反射光信息, 能够形成晶圆图片, 对晶圆整体形貌刻画较好, 因此图形晶圆成像检测一般多采用明场检测技术, 并结合暗场检测技术。

- **无图形晶圆检测:** 针对裸硅片或有一些空白薄膜的硅片, 后者主要用于测试片, 用于硅片厂检测之后到晶圆厂的二次检测。无图形晶圆检测内容主要包括颗粒污染、凹坑、残留物、裂纹、CMP 凸起等; 设备工作原理是, 将激光照射到晶圆表面, 通过多通道采集散射光, 经过表面背景噪声抑制后, 通过算法提取和比较多通道的表面缺陷信息, 最终获得缺陷的尺寸和分离; 另外, 也可以借助其他光学辅助方法, 如干涉方法, 来综合实现无图形晶圆表面的微观缺陷和宏观特征检测。

无图形晶圆的表面由于没有图案, 因此需要的检测时间更短, 相较于明场检测, 暗场散射检测具有更快的检测速度, 更加适用于高频的空间形貌, 并且可以检测远小于系统分辨率和光斑尺寸的缺陷, 因而尤其适用于生产线上无图形晶圆表面的微纳缺陷检测。

表 11: 光学检测技术的分类与发展

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

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

3、光学量测技术可细分为三维形貌、薄膜膜厚、套刻精度、关键尺寸量测技术等

➤ **三维形貌量测:** 晶圆级别、芯片级别和关键区域电路图形的高精度三维形貌,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。

➤ **薄膜膜厚度量测:** 在前道制造过程中,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(如折射率和消光系数)需要准确地确定,以确保每一道工艺均满足设计规格。基于多界面光学干涉原理的光学薄膜测量设备是生产线上最常用的薄膜测量设备,其优点是快速、精确,对被测样品无损伤,可测量集成电路制造工艺中的各种透明介质膜(如氧化物薄膜、氮化物薄膜等)、半导体薄膜(如多晶硅薄膜、SiGe 薄膜等)及很薄的导电类薄膜(如 TiN 薄膜、T 薄膜、Ta 薄膜、TaN 薄膜等)。

为了控制晶圆之间或芯片之间的工艺一致性,薄膜及其光学常数的测量必须在产品晶圆上进行。光学薄膜膜厚度量测设备会根据预设的配方选取待测晶圆,通过智能化的图像识别来移动到测量位置,并完成测量和数据收集,再将数据上传至生产线终端系统。测量数据的采集、反馈或前馈并调整工艺生产设备参数的过程是通过 IC 产线专用的先进工艺控制系统自动实现的。

➤ **套刻精度量测:** 在前道制造过程中,关键层的光学套刻对准直接影响器件的性能、成品率及可靠性,套刻误差(Overlay, OL)是最主要的指标之一。套刻误差的定义式第 n 层图形结构中心与第 n+1 层图形结构中心的平面距离。随着芯片集成度的增加,器件关键尺寸不断减小,晶圆尺寸不断增大,以及多重曝光工艺的应用,需要更加严格控制层与层之间的套刻误差。

常见的套刻误差测量包括光学显微成像(Image-based Overlay, IBO)、光学衍射(Diffraction-based Overlay, DBO)和扫描电子显微镜(SEM-OL)系统。

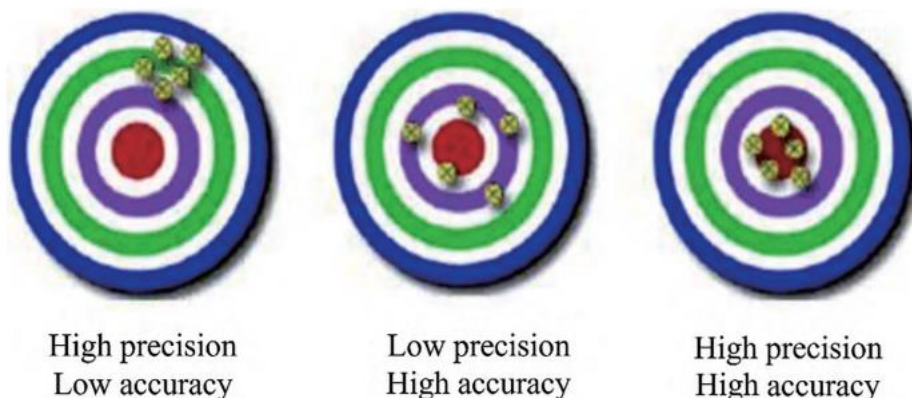
1) **光学显微成像系统:** 应用最广泛。它通过光学显微成像系统获得包括两层套刻目标图形的数字化图像,然后基于数字图像处理算法,分别提取每一层的套刻目标图形的边界位置,再进一步计算每一层图形的中心位置,从

而获得套刻误差;

2) 光学衍射系统: 是一种非成像的套刻误差测量系统。它使用特定设计的光栅目标图形和光强传感器, 将一束单色平行光照射到在两个不同层上的套刻目标光栅上。利用一对光强传感器分别测量由光栅反射的至不同空间方向的第一衍射射束的强度, 通过测量两个第一衍射射束强度的不对称性来确定套刻误差。这种系统的优点是使用的光学元件较少, 对像差的敏感度较小, 重复性比成像系统好, 常用于先进的光刻工艺控制中;

3) 扫描电子显微镜系统: 主要用于经过刻蚀后的最终套刻误差测量。相应的套刻目标图形尺寸更小, 通常设计在芯片器件内部, 而不是在画线槽区域, 这种系统的缺点是测量速度较慢。

图 24: 不同套刻误差测量示意图



资料来源: 《Diffraction-based and image-based overlay evaluation for advanced technology node》, 招商证券

先进工艺控制中最常用的光学套刻设备是 KLA 的 Archer 750 系列和 ASML 公司的 YieldStar S 系列, KLA 使用光学显微镜成像 (IBO) 和激光衍射 (DBO) 技术, ASML 使用光学衍射 (DBO) 技术; 另外, 还有 Hitachi 公司的 CV5000 系列等, 使用扫描电子显微镜 (SEM-OL) 技术。

- 关键尺寸量测: 任何 IC 制造工艺参数的微小变化都会造成器件尺寸的变化, 其中最为关键的一个参数就是栅极线条宽度。任何经过光刻后的光刻胶线条宽度或刻蚀后栅极线条宽度与设计尺寸的偏离都会直接影响最终器件的性能、成品率及可靠性, 所以先进的工艺控制都需要对线条宽度进行在线测量通常称为关键尺寸 (Critical Dimension, CD) 测量。

基于衍射光学原理的非成像光学关键尺寸 (OCD) 测量设备已成为先进 IC 制造工艺中的主要工具。衍射 OCD 测量设备可以实现对器件关键线条宽度及其他形貌尺寸的精确测量, 并具有很好的重复性和长期稳定性。通过 OCD 测量可以一次性获得诸多工艺尺寸参数, 而在以前这些参数通常需要使用多种设备 (如扫描电子显微镜、原子力显微镜、光学薄膜测量仪等) 才能完成。

图 25: 芯片划线槽内的目标光栅

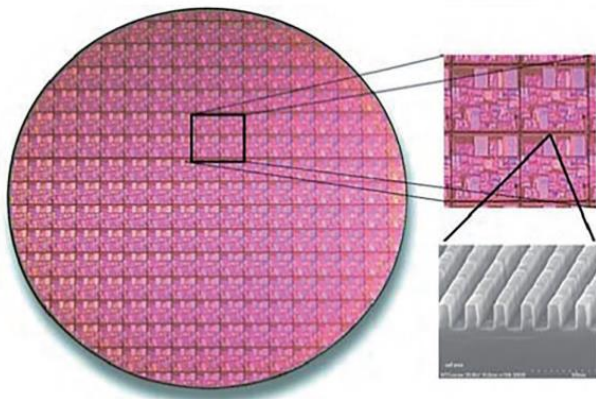
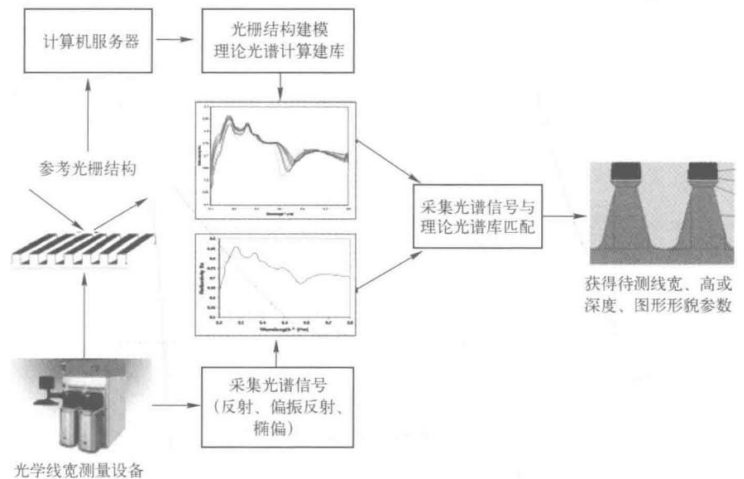


图 26: 光学关键尺寸量测技术原理



资料来源: 《Spectroscopic ellipsometry and polarimetry for materials and systems analysis at the nanometer scale: state-of-the-art, potential, and perspectives》、招商证券

资料来源: 《集成电路产业全书》、招商证券

表 12: 光学量测技术的分类与发展

技术名称	应用范围
三维形貌量测	得到晶圆级别、芯片级别和关键区域电路图形的高精度三维形貌, 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
薄膜膜厚量测	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
套刻精度量测	用于电路制作中不同层之间图案对图案对齐的误差测量, 并将数据反馈给光刻机, 帮助光刻机优化不同层之间的光刻图案对齐误差
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, 来测量光刻胶曝光显影、刻蚀和 CMP 等工艺后的晶圆电路图形的线宽、高度和侧壁角度

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

4、检/量测设备中运动与控制及光学类零部件成本占比最高, 主要包括 EFEM、光源等

质量控制设备核心零部件包括 EFEM 模块、光源、镜头等运动和控制在及光学类部件。1) 运动和控制类系统类零部件: 包括 EFEM、机械手、精密运动系统等, 主要承担晶圆传输和检测运动过程中高精度定位的作用。2) 光学类零部件: 包括光源、镜头、相机、探测器、光学元件等, 与产品检测和量测性能的相关度较高。3) 机械加工件: 包括机加工件、样品台等, 主要用于保证所有零部件能够在整机设备中进行高精度定位和高稳定性使用。

表 13: 中科飞测主要采购零部件

类型	主要零部件	2022 年采购占比
运动与控制系统	EFEM、机械手、精密运动系统等	21.52%
光学类	光源、镜头、相机、探测器、光学传感器、光学元件等	15.08%
电气类	继电器、接触器、断路器、电源类、工控机、显示屏、图像采集卡、工业传感器、仪器仪表、操作指示类等	2.98%
机械加工件	机加工件、钣金及型材、装调工装、样品台等	0.45%
机械标准件	光机标准件、运动及结构类机械标准件、气路控制元件、气源处理元件、气路执行元件、液体类控制元件、液体类处理元件、管接头、风机过滤机组等	0.03%
其他	网线、电线电缆、端子/接插件、紧固件、工具类等	

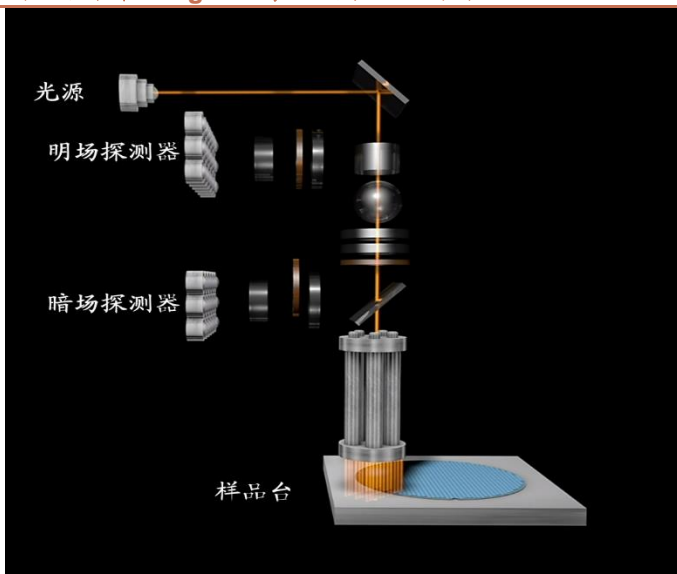
资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

表 14: 中科飞测核心零部件及主要功能

	核心零部件	主要功能
运动与控制系统	EFEM	晶圆传输系统，可用于晶圆产线和检测设备之间的晶圆传输，负责将晶圆从晶圆盒传送到检测腔中
	机械手	传输晶圆到系统中不同位置的高速高精度的机械操作手臂，可以完成晶圆抓取、平移、旋转和升降的功能
	精密运动系统	定位精度达微米或纳米级别的定位与传输运动模组，为承载的被测量晶圆实现精密运动或定位
光学类	光源	产生检测所需的合理光谱范围和强度的稳定光束，为对晶圆的表面高精度成像，或者对从晶圆表面返回的光束强度和其他重要参数的细微变化进行测量提供了必要的前提条件
	镜头	将从晶圆表面待测区域反射或散射的光线采集并成像到后续的光学模块中，完成成像信号的传递，对成像的质量有重要影响，包括分辨率、对比度、景深及各种像差等重要指标
	相机	相机的感光芯片平面置于光线从晶圆表面返回并聚集的像平面，生成图像，从而将光学信息转变成有序的图像数据信息，对采集图像的速度、成像视野的大小、成像的像素分辨率等指标均有影响
	探测器	完成非成像光学信号的光电信号转换，采集光信号并转化为和强度、光谱分布等参数相关的数字信号，对信号采集速度、光学参数的分辨率等重要参数有影响
	光学元件	光学系统的基本组成单元之一，在光学系统中起改变光路、分光、汇聚光束、滤波、变焦、整形、偏振调制等作用通过切削加工、打侧孔和精加工等工序定制而成的精密加工部件，是公司设备的重要组成部分，对零件表面粗糙度、平整度及尺寸公差有较高要求
机械加工件	机加工件	将待测晶圆或样品进行固定、整平和定位的高精密机械部件，是影响测量精度的重要因素之一，对基底材质、表面洁净度、导电性、表面形位公差等有很高的要求
	样品台	将从晶圆表面待测区域反射或散射的光线采集并成像到后续的光学模块中，完成成像信号的传递，对成像的质量有重要影响，包括分辨率、对比度、景深及各种像差等重要指标

资料来源：中科飞测招股书，招商证券

图 27: 应用材料 Enlight 光学检测系统结构图



资料来源：应用材料官网，招商证券

检测与量测设备开发难度大、研发壁垒高，同时定制化及差异化程度高。检测和量测设备需要光学、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，研发及生产技术横跨高精密的自动化装备和新一代信息技术领域，

敬请阅读末页的重要说明

涉及光学、算法、软件、机电一体化控制等多学科知识的综合运用。同时，海外龙头设备厂商布局质量控制领域较早，每个厂商针对设备关键系统不断优化和升级，并推出许多独特设计和大量独家专利，如科磊半导体 Surfscan SP7^{XP} 使用 DUV 激光器和优化的检查模式，为先进技术节点研发和生产能力提供最高灵敏度，可以检测裸晶圆、平滑和粗糙膜以及精细的光阻和光刻涂层中独特的缺陷类型；应用材料公司的 Enlight 光学检测系统配合 ExtractAI 技术，与电子束检视分类系统 SEMVision 建立实时连接，从而能够逐一检视小至 0.001% 的潜在缺陷。

制程升级和工艺进步对检测技术在精度和速度方面提出更高要求。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扩展到三维空间的检测。未来，光学检测技术分辨率将进一步提高，大数据检测算法和软件重要性越发凸显，设备检测速度和吞吐量有待进一步提升，从而保证整条生产线平稳连续的运行。

三、全球前道检、量测设备市场超百亿美元，中科飞测成长天花板逐步打开

1、2022 年全球前道检测、量测设备市场约 125 亿美金，国产化率预计不足 5%

2022 年全球前道检测和量测设备市场空间大约 125 亿美元。根据 VLSI Research 数据，2016 年全球检测和量测设备合计规模为 47.6 亿美金，2020 年增长至 76.5 亿美金，CAGR 达 12.6%。根据 Gartner，2021 年和 2022 年全球工艺控制设备市场占比大约为 11%和 12%，结合全球前道设备市场空间，2021 和 2022 年全球半导体检测和量测设备市场规模预计分别为 100 亿美元和 125 亿美元。

图 28：2022 年全球半导体前道设备占比

■ 光刻 ■ 刻蚀 ■ 薄膜沉积 ■ 工艺控制 ■ 清洗
■ 涂胶显影 ■ CMP ■ 离子注入 ■ 氧化退火 ■ 其他

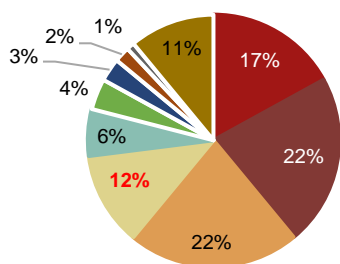
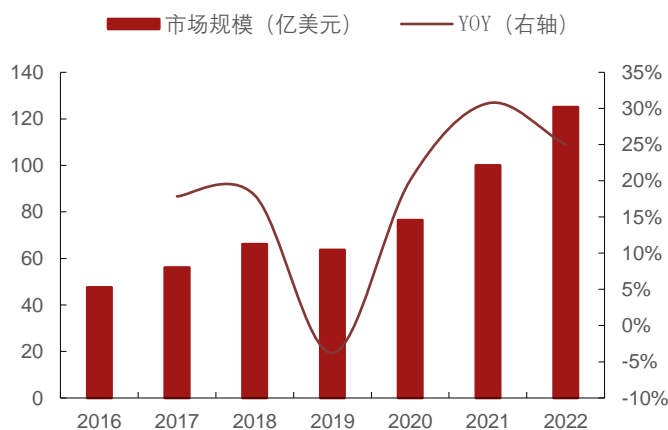


图 29：全球半导体检测和量测设备市场规模



资料来源：Gartner，招商证券

资料来源：VLSI Research、Gartner，招商证券

检测和量测设备市场中，检测设备占比超 60%，纳米图形晶圆缺陷检测设备和掩膜版缺陷检测设备占比最高。2020 年全球过程控制测试设备中缺陷检测设备占比为 62.6%，量测设备占比 33.5%。根据测试对象及应用领域进一步拆分：缺陷检测设备中纳米图形晶圆缺陷检测设备占比最高，其次为掩膜版缺陷检测设备、无图形晶圆缺陷检测设备和图形晶圆缺陷检测设备，电子束缺陷检测及复查设备占比较低；量测设备中关键尺寸占比较高，套刻精度其次，薄膜量测占比较低。

表 15: 2020 年半导体检测和量测设备市场各类设备市场规模及占比

设备类型	市场规模(亿美元)	占比
检测设备(62.6%)		
纳米图形晶圆缺陷检测设备	18.9	24.7%
掩膜版缺陷检测设备	8.6	11.3%
无图形晶圆缺陷检测设备	7.4	9.7%
图形晶圆缺陷检测设备	4.8	6.3%
电子束缺陷检测设备	4.4	5.7%
电子束缺陷复查设备	3.8	4.9%
量测设备(33.5%)		
关键尺寸量测设备	7.8	10.2%
电子束关键尺寸量测设备	6.2	8.1%
套刻精度量测设备	5.6	7.3%
晶圆介质薄膜量测设备	2.3	3.0%
X 光量测设备	1.7	2.2%
掩膜版关键尺寸量测设备	1.0	1.3%
三维形貌量测设备	0.7	0.9%
晶圆金属薄膜量测设备	0.4	0.5%
其他	2.9	3.9%

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

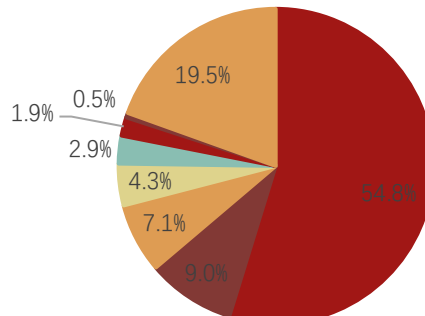
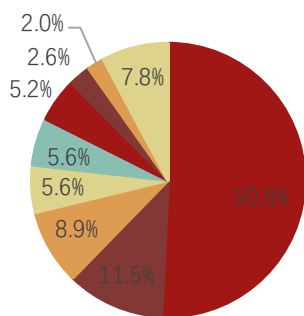
半导体过程测试设备市场主要为国外企业垄断, KLA 市场份额超 50%。从全球市场格局看, 半导体过程测试设备市场被美日企业垄断, 主要市场份额由科磊 KLA-Tencor、日本日立 Hitachi、阿斯麦 ASML、应用材料 Applied Materials 等占据, 其中科磊是全球过程工艺控制领域龙头, 2020 年其市场份额超过 50%, 特别在缺陷检测、膜厚测量等领域有极高的市场占有率。从中国市场格局看, 几家垄断全球市场的国外企业仍占据主导地位, 其中科磊半导体在中国市场占比 54.8%, 具有绝对优势。

图 30: 2020 年全球半导体检测和量测设备市场格局情况

图 31: 2020 年中国半导体检测和量测设备市场格局情况

■ 科磊半导体 ■ 应用材料 ■ 日立
■ 雷泰光电 ■ 创新科技 ■ 阿斯麦
■ 新星测量仪器 ■ 康特科技 ■ 其他

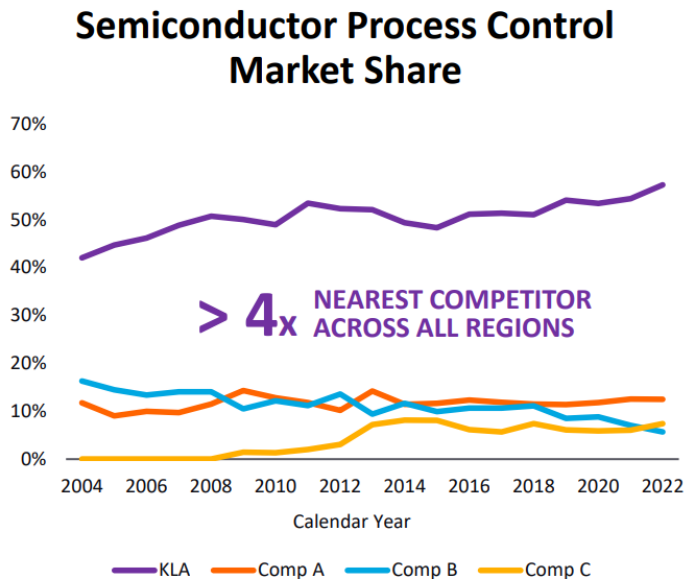
■ 科磊半导体 ■ 应用材料 ■ 日立 ■ 雷泰光电
■ 阿斯麦 ■ 康特科技 ■ 迪恩士 ■ 其他



资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

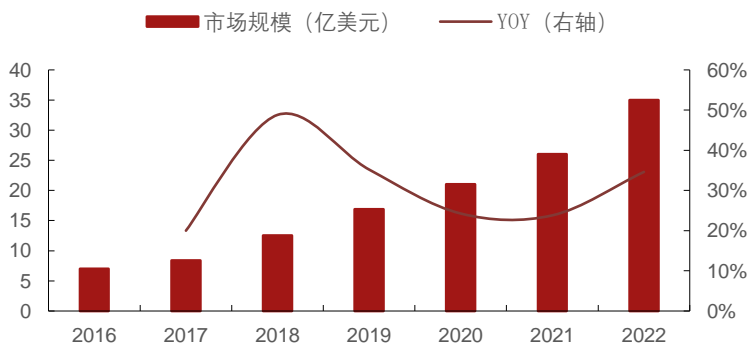
图 32: 半导体过程控制设备市场份额



资料来源: KLA, Gartner, 招商证券

2022 年国内半导体检测与量测设备市场规模约 30-40 亿美元, 预计国产化率不足 5%。根据 VLSI Research 数据, 中国大陆半导体检测与量测设备市场规模呈现快速增长, 从 2016 年 7.0 亿美金提升至 2020 年的 21.0 亿美金, 复合增长率达 31.6%, 远高于全球平均增长水平; 根据 QY Research, 2022 年国内市场空间预计增至 32 亿美元; KLA 2022 年中国地区收入占比 29%, 按照占国内份额 50% 测算, 2022 年国内前道检测和量测设备市场空间预计 40 亿美元。综合来看, 2022 年国内市场空间大约 30-40 亿美元。国内主要的检测/量测设备厂商包括中科飞测、上海精测和上海睿励等, 2022 年营收总计大约 7.5 亿元, 按照营收测算, 2022 年国产化率仍不足 5%, 预计 3-4% 之间。

图 33: 国内半导体过程控制设备市场空间



资料来源: KLA, QY Research, VLSI Research, 招商证券

表 16: 国内主要检测和量测设备厂商市占率情况

公司 名称	2018 年度		2019 年度		2020 年度		2021 年度		2022 年度	
	收入	市占率	收入	市占率	收入	市占率	收入	市占率	收入	市占率
上海睿励	0.27	0.31%	0.12	0.10%	0.2	0.15%	0.41	-	0.72	-
上海精测	0.03	0.03%	0.04	0.03%	0.57	0.42%	1.11	-	1.65	-
中科飞测	0.3	0.35%	0.56	0.47%	2.38	1.74%	3.61	-	5.09	-
合计	0.6	0.69%	0.72	0.60%	3.15	2.31%	5.13	2-3%	7.46	3-4%

资料来源: 中科飞测问询函, 招商证券

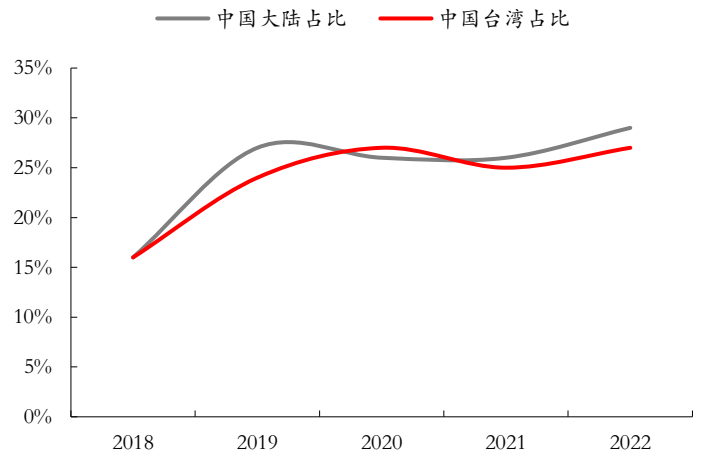
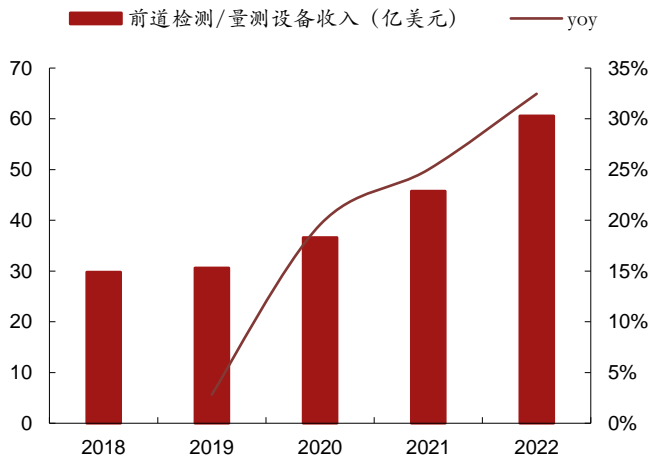
2、KLA 等龙头产品布局完善，国内厂商 28nm 以下产品正在研发或认证

国际巨头已完成平台化建设，国内企业在产品种类、工艺覆盖、制程支持等方面仍存在较大差距。全球范围内主要的过程控制测试设备企业包括科磊半导体、应用材料、日立等；国内企业包括中科飞测、上海精测、上海睿励等。国外龙头企业由于起步早已形成规模优势，产品线覆盖广度完善，品牌认可度高，当前科磊半导体的产品线已涵盖质量控制全系列设备，国内厂商产品布局有待进一步丰富和完善。此外，科磊半导体、应用材料等海外企业先进产品普遍能够覆盖 28nm 以下制程，国内设备厂商尚未覆盖，与国际龙头企业存在一定的差异。

KLA 是全球最大的检测和量测设备厂商，各细分品类均处于龙头地位。KLA 成立于 1975 年，从成立至今便专注于半导体晶圆和掩模的缺陷检测设备，通过对数十家企业的并购不断确立在检测量测领域的垄断地位。目前，在图形、无图形、掩模版、套刻误差检测设备细分领域，KLA 均处于龙头地位，2022 年 KLA 总营收 92 亿美元，其中过程控制设备收入 79.25 亿美元，扣除服务费用后纯半导体前道设备收入大约 65 亿美元，中国大陆地区收入占比从 2018 年的 16% 提升至 2022 年的 29%。

图 34: KLA 历年前道检/量测设备收入（扣除服务收入）

图 35: KLA 中国大陆和中国台湾地区收入占比



资料来源：KLA 财报、招商证券

资料来源：KLA 财报、招商证券

国内厂商产品主要集中于 28nm 及以上节点，部分厂商 28nm 以下节点正在验证或研发。1) 上海睿励自主研发的 12 英寸光学膜厚测量设备 TFX3000 系列产品，已应用在 65/55/40/28 纳米芯片生产线并在进行了 14 纳米工艺验证；2) 上海精测斩获两台明场检测 BFI100 型设备订单，用于 65nm-180nm 的半导体产线制程监控，打破了国外公司在该领域的垄断；3) 中科飞测的几款前道检测设备实现国产设备零的突破，得到中芯国际、长江存储等国内大厂的广泛认可。

表 17: 国内外主要公司产品覆盖情况

	科磊半导体	应用材料	创新科技	新星测量仪器	康特科技	帕克公司	上海睿励	上海精测	中科飞测
检测设备	掩膜版缺陷检测设备	★	★						
	无图形晶圆缺陷检测设备	★		★					★
	图形晶圆缺陷检测设备	★		★		★	▲	▲	★
	纳米图形晶圆缺陷检测设备	★	★						
	电子束缺陷检测设备	★							
	电子束缺陷复查设备	★	★					▲	
量测设备	关键尺寸量测设备	★		★	★		▲	★	
	电子束关键尺寸量测设备		★						
	套刻精度量测设备	★		★					▲
	晶圆介质薄膜量测设备	★		★	★		★	★	★
	X 光量测设备								
	掩膜版关键尺寸量测设备	★							
	三维形貌量测设备	★							★
	晶圆金属薄膜量测设备			★			★		★
计数	11	4	6	2	1	1	3	4	5

资料来源：中科飞测问询函，招商证券，注：▲表示尚在验证或未披露销售信息

表 18: 国内外主要公司 28nm 以下制程覆盖情况

	公司名称	28nm 以下制程覆盖情况
国外主要设备厂商	科磊半导体	是
	应用材料	是
	创新科技	是
	新星测量仪器	是
	康特科技	未披露
	帕克公司	未披露
国内主要设备厂商	上海睿励	未披露（根据网站信息，相关产品正在进行 14nm 工艺验证）
	上海精测	未披露（根据网站信息，相关产品正在进行 1Xnm 工艺验证）
	中科飞测	否

资料来源：中科飞测问询函，招商证券

3、中科飞测持续研发纳米级图形晶圆缺陷检测等新品，产品覆盖市场空间将快速提高

公司包括深紫外成像扫描技术在内的 9 项自主研发的关键核心技术均国内领先并实现量产。公司的核心技术主要体现在半导体质量控制设备的方案设计开发和调试环节，最终实现整机的性能指标。公司 9 项核心技术涉及光学检测技术、大数据检测算法及自动化控制软件等方面，其中，光学检测技术主要用以收集与晶圆表面缺陷种类、尺寸、位置或电路结构中的物理尺度相关的光学信号，大数据检测算法主要用以解析上述光学信号并得出结果，自动化控制软件主要用以控制零部件和整机设备的运行。依托于公司掌握的核心技术，公司在半导体质量控制设备灵敏度/重复性精度、吞吐量、功能性等关键的性能指标上实现了持续提高和突破，从而满足了客户持续提升产品良率和降低客户成本等方面的需求。

- 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 23nm 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 μm 缺陷尺度的检测，三维形貌量测设备系列和薄膜膜厚度量测设备系列重复性精度的显著提高，分别达到 0.1nm 和 0.003nm。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，公司无图形晶圆缺陷检测设备系列实现了灵敏度 102nm 下 100wph 的吞吐量、灵敏度 26nm 下 25wph 的吞吐量；图形晶圆缺陷检测设备系列实现了灵敏度 3 μm 下 80wph 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，公司实现了对晶圆正面、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 NAND 多层 Bonding 工艺（边缘）和 CMP 工艺（背面）中的缺陷，从而提高晶圆制造良率。

表 19: 公司主要核心技术情况

技术名称	技术来源	是否有专利保护	技术水平	应用和贡献情况
深紫外成像扫描技术	自主研发	是	国内领先	已量产
高精度多模式干涉量测技术	自主研发	是	国内领先	已量产
基于参考区域对比的缺陷识别算法技术	自主研发	是	国内领先	已量产
晶圆正边背全维度检测技术	自主研发	是	国内领先	已量产
高深宽比结构的膜厚量测技术	自主研发	是	国内领先	已量产
高速目标定位和量测路径规划技术	自主研发	是	国内领先	已量产
光谱共聚焦多视角拼接三维重构技术	自主研发	是	国内领先	已量产
高速扫描和成像中的对准及补偿技术	自主研发	申请中	国内领先	已量产
高精度宽光谱偏聚焦技术	自主研发	申请中	国内领先	已量产

资料来源：中科飞测招股书，招商证券

公司产品已达到国内领先水平，并可与国际主流企业同类竞品形成竞争。衡量无图形和图形缺陷检测设备的主要性能指标包括最小灵敏度和吞吐量，①最小灵敏度：表示设备能够检测到晶圆表面最小颗粒缺陷的直径，指标数值越小，表明设备能检测到晶圆表面更小尺寸的缺陷。通常来说最小灵敏度是生产工艺节点的 0.5-1 倍左右的关系；②吞吐量：表示该设备单位时间内完成检测的晶圆数量，指标数值越大，设备的检测速度越快；衡量三维形貌量测设备性能的关键指标为重复性精度，即对晶圆上同一位置和同一特征尺度进行多次重复测量，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，下游客户会根据该指标来实现对制程工艺的控制精度。该指标数值越小，客户或产线对制程工艺的精度越高。

- 无图形晶圆缺陷检测设备：设备与国际精品整体性能相当，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。公司通过高精度的光学检测技术和信噪比的增强，使得最小灵敏度远小于设备所使用的光源波长所对应的光学成像分辨率，公司 SPRUCE-600 和 SPRUCE-800 设备可实现的最小灵敏度分别为 60nm 和 23nm。其中，SPRUCE-600 在灵敏度为 102nm 时的吞吐量为 100wph，SPRUCE-800 在灵敏度为 26nm 时的吞吐量为 25wph；

表 20: 公司无图形晶圆缺陷检测产品与主要竞争对手产品性能比较

公司	中科飞测	KLA	中科飞测	KLA
设备型号	SPRUCE-600	Surfscan SP1 ^{TI}	SPRUCE-800	Surfscan SP3
工艺节点	130nm 或以上	130nm 或以上	2Xnm 或以上	2Xnm 或以上
最小灵敏度	60nm	60nm	23nm	23nm
吞吐量	100wph (灵敏度 102nm)	未披露	25wph (灵敏度 26nm)	未披露

资料来源：中科飞测招股书，招商证券

- 图形晶圆检测设备：公司设备与国际竞品整体性能相当，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。公司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 μm，在灵敏度为 3 μm 时的吞吐量为 80wph。公司设备灵敏度和吞吐量可以满足不同客户需求；

表 21: 公司图形晶圆缺陷检测产品与主要竞争对手产品性能比较

公司	中科飞测	创新科技
设备型号	BIRCH-100	Rudolph F30
最小灵敏度	0.5um	0.5um
吞吐量	80wph (灵敏度 3um)	120wph (灵敏度 10um)
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: 中科飞测招股书, 招商证券

➤ **三维形貌量测设备:** 公司设备与国际竞品整体性能相当, 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。公司该型号设备的重复性精度达到 0.1nm, 能够支持 2Xnm 及以上制程工艺中的三维形貌测量。公司设备重复度精度可以满足不同客户需求。

表 22: 公司三维形貌量测产品与主要竞争对手产品性能比较

公司	中科飞测	创新科技
设备型号	CYPRESS-U950	NX Wafer
重复性精度	0.1nm	0.1nm
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: 中科飞测招股书, 招商证券

公司多台设备在 28nm 产线通过验收, 积极推进 28nm 以下制程相关产品的研发和验证。半导体检测和量测技术在进入 28nm 以下制程后, 灵敏度、准确性、稳定性、吞吐量的要求大幅提升, 进而对光学检测技术的分辨率和大数据检测算法的复杂度提出了更高要求。公司已有多台设备在 28nm 产线通过验收, 另有对应 1Xnm 产线的 SPRUCE-900 型号设备正在研发, 对应 2Xnm 以下产线的 DRAGONBLOOD-600 型号设备正在产线进行验证, 并取得两家客户的订单。

表 23: 公司 28nm 以下制程相关产品的具体研发进度及验证情况

产品系列	研发进度	验证情况
无图形晶圆缺陷检测设备	型号十八型号设备已完成部分研发内容, 正在对模块组装测试与系统集成和软件算法进行研发	尚未在客户处进行验证
套刻精度量测设备	型号十七型号设备已完成装配调试以及性能测试等	正在客户产线进行验证, 已取得两家客户的订单

资料来源: 中科飞测问询函, 招商证券

公司致力于开发纳米图形晶圆缺陷检测系列设备等新品, 产品矩阵未来面向市场天花板有望大幅提高。公司无图形晶圆缺陷检测系列设备研发及产业化、图形晶圆及晶圆封装缺陷检测系列设备研发及产业化等九项研发项目均已通过产业化验证, 应用在集成电路前道和先进封装领域。公司产品线涵盖了无图形晶圆检测设备(量产)、图形晶圆缺陷检测设备(量产)、三维形貌量测设备(量产)、薄膜膜厚度量测设备(量产)和套刻精度量测设备(验证)等产品, 对应市场份额占比为 27.2%, 同时公司正积极研发纳米图形晶圆缺陷检测设备、晶圆金属膜厚度量测设备等, 根据 VLSI Research 的统计, 上述 2 种设备在全球半导体检测和量测设备市场中占据 25.2% 份额, 若未来项目能够成功落地并通过产业化验证, 有望成为公司新的增长动能, 进一步开拓公司面向的市场空间。

表 24: 公司主要研发项目

主要研发项目	拟达到目标	阶段	应用
无图形晶圆缺陷检测系列设备研发及产业化	开发能够全面覆盖半导体先进工艺中的各种无图形晶圆缺陷的检测设备, 实现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	产业化验证	集成电路前道
纳米图形晶圆缺陷检测系列设备研发及产业化	研发能够实现在极复杂的集成电路纳米图层结构中快速检测和定位纳米量级缺陷的检测设备	设计阶段	集成电路前道
图形晶圆及晶圆封装缺陷检测系列设备研发及产业化	研发应用于检测图形晶圆及晶圆封装中的亚微米量级缺陷的检测设备, 实现在图形电路上的全类型缺陷检测	产业化验证	集成电路前道、先进封装
晶圆正边背全维度缺陷检测系列设备研发及产业化	采用多位置、多角度、多光谱的光学检测系统和正边背多维度数据融合算法, 使设备同时支持高精度晶圆正表面、边缘和背部的三合一缺陷检测	产业化验证	集成电路前道、先进封装
晶圆三维形貌量测系列设备研发及产业化	研发采用光学干涉测试技术实现纳米级、高速高吞吐量的晶圆三维形貌量测设备	产业化验证	集成电路前道、先进封装
晶圆介质薄膜量测系列设备研发及产业化	研发具备光谱反射高速测量和光谱椭圆高精度测量两种模块集合于一体的晶圆介质薄膜量测设备, 满足半导体工艺中对晶圆表面复杂膜厚、折射率、消光系数等物理性质的量测需求	产业化验证	集成电路前道
晶圆金属薄膜量测系列设备研发及产业化	研发能够测量单层和多层金属薄膜厚度的金属薄膜量测设备, 实现快速并且无损伤测量晶圆表面单层和多层金属膜厚	产业化验证	集成电路前道
OLED 面板缺陷检测系列设备研发及产业化	研发针对亚微米量级的 OLED 柔性显示屏的缺陷检测设备, 实现 OLED 面板上缺陷的自动化和智能化检测, 并通过产线验证实现量产	产业化验证	OLED 面板 Array 制程
三维轮廓量测系列设备研发及产业化	研究运用新型的 3D 光学测量技术的三维轮廓量测设备, 能够具有非接触、高速度、高精度、自动聚焦、无阴影效应的测量特点	产业化验证	工业检测
套刻精度量测系列设备研发及产业化	研发光学精密套刻测量关键技术和设备, 实现纳米尺度层间套刻对准误差的准确测量	产业化验证	集成电路前道
图形晶圆光学关键尺寸测量设备研发及产业化	研发光学关键尺寸测量关键技术和设备, 实现半导体工艺制程中关键尺寸的纳米量级精度测量	设计阶段	集成电路前道
图形晶圆缺陷激光检测系列设备研发及产业化	研发采用激光光源照明结合高精度成像系统, 实现集成电路图层结构中快速缺陷检测和定位的缺陷检测设备	设计阶段	集成电路前道
图形晶圆缺陷宽光谱检测系列设备研发及产业化	研发采用宽光谱光源照明结合高精度成像系统, 实现集成电路图层结构中快速缺陷检测和定位的缺陷检测设备	设计阶段	集成电路前道

资料来源: 中科飞测招股书, 招商证券

四、投资建议

1、盈利预测

1) **营业收入预测:** 公司拥有检测和量测两大产品线, 由于国内下游客户持续扩产, 同时国产化需求不断提升, 公司产品整体需求旺盛, 在手订单充沛, 截至 2022 年底, 合同负债为 4.85 亿元, 同比+212%, 因此预计公司 2023 年整体收入保持快速增长态势。考虑到公司当前持续投入研发检测和量测设备最大的细分市场——纳米图形晶圆缺陷检测设备, 因此我们预计 2024-2025 年收入增速依旧稳健。我们预计 2023-2025 年公司整体收入为 7.7、10.7、14.1 亿元, 同比增长 51%、39%、32%。

2) **毛利率预测:** 公司 2022 年毛利率为 49%, 毛利率较高的主要产品型号为与 KLA 对标的无图形晶圆检测设备, SPRUCE-600 和 SPRUCE-800 型号 2022 年毛利率分别为 61%和 56%, 而 KLA 2022 年毛利率为 61%, 公司对标型号毛利率已与海外龙头较为接近; 但考虑到公司规模效应持续提升, 因此预计未来毛利率小幅增长。我们预计 2023-2025 年公司整体毛利率为 53%、54%、55%。

3) **期间费用率预测:** 考虑到公司规模效应逐步提升, 因此预计未来销售和管理费用率逐年降低; 公司主要费用来自研发投入, 由于公司产品覆盖度与海外 KLA 等龙头尚有差距, 因此我们预计公司未来几年将保持较高水平的研发投入; 考虑到公司上市募资, 因此我们预计公司未来将产生一定规模的利息收入。

4) **归母净利润预测:** 公司其他收益主要为政府补助, 投资收益、减值损失和所得税费用均较少, 我们预计 2023-2025 年公司归母净利润分别为 0.71、1.09、1.52 亿元。

表 25: 中科飞测盈利预测简表

单位: 百万元	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E
检测设备收入	155.9	265.2	384.6	598.5	858.3	1158.7
—无图形检测	103.6	170.3	254.9	407.8	591.4	798.3
—图形检测	52.2	94.9	129.7	190.7	266.9	360.4
量测设备收入	81.5	94.0	117.5	158.7	198.3	238.0
其他收入	0.2	1.4	7.1	10.0	12.9	16.2
营收增长率						
检测设备		70%	45%	56%	43%	35%
—无图形检测		64%	50%	60%	45%	35%
—图形检测		82%	37%	47%	40%	35%
量测设备		15%	25%	35%	25%	20%
毛利率	41%	49%	49%	53%	54%	55%
检测设备	48%	52%	53%	56%	57%	58%
量测设备	28%	41%	36%	42%	43%	43%
其他	70%	55%	46%	46%	46%	46%
期间费用率	38%	45%	64%	54%	50%	48%
销售费用率	8%	9%	11%	9%	8%	7%
管理费用率	11%	11%	12%	10%	9%	8%
研发费用率	19%	26%	42%	37%	35%	34%
财务费用率	0%	-1%	0%	-2%	-1%	0%
总营业收入	237.6	360.5	509.2	767.1	1069.6	1412.9
yoy		52%	41%	51%	39%	32%
归母净利润	39.6	53.4	11.7	71.4	108.6	152.1

资料来源: 公司数据, 招商证券

2、估值分析

公司是国内前道检测/量测设备巨头，综合考虑产品特性、收入结构、客户类型等方面，我们选取中微公司、盛美上海、拓荆科技、华海清科、芯源微、华峰测控等作为可比公司。考虑到公司研发投入较大，2022 年扣非归母净利润亏损，因此我们选取 PS 相对估值法进行对比。可比公司对应 2023-2025 年 PS 分别为 14.4、10.8、8.4，按照中科飞测发行市值 75.5 亿市值，公司 2023-2025 年 PS 分别为 9.8、7.1、5.4，低于可比公司。

2022 年全球检测/量测设备市场空间大约 125 亿美元，国内市场空间大约 30-40 亿美元，但市场份额主要被 KLA、日立等海外厂商垄断，国产化率预计不足 5%，中科飞测为国内半导体前道检测和量测设备巨头，持续受益于国产化需求提升，同时公司当前积极开发纳米级晶圆缺陷检测设备和 28nm 以下制程的设备，面向的市场空间有望逐步增长。公司长期成长动力充沛，建议重点关注上市后表现。

表 26: 可比公司 PS 估值

公司	代码	股价 (元)	总市值 (亿元)	营业收入 (亿元)			市销率 PS (倍)		
				23E	24E	25E	23E	24E	25E
中微公司	688012.SH	168.6	1042	62.41	80.70	100.76	16.7	12.9	10.3
盛美上海	688082.SH	101.7	441	38.62	49.42	60.67	11.4	8.9	7.3
拓荆科技	688072.SH	381.0	482	28.42	39.77	53.28	17.0	12.1	9.0
华海清科	688120.SH	332.7	355	26.93	35.93	45.70	13.2	9.9	7.8
芯源微	688037.SH	244.2	226	20.12	27.54	37.59	11.2	8.2	6.0
华峰测控	688200.SH	230.9	210	12.42	16.55	20.51	16.9	12.7	10.2
平均值							14.4	10.8	8.4
中位值							14.9	11.0	8.4

资料来源: Wind, 招商证券; 注: 业绩预测取自万得一致预期; 股价和总市值取 2023 年 5 月 13 日收盘数

3、风险提示

- 1) 下游晶圆厂扩产不及预期的风险。**测试设备行业和下游晶圆厂景气度高度相关，2021 年来由于下游产能紧张，海内外扩产带来行业市场规模不断提高，但进入 2022 年来，全球半导体行业景气度持续下滑。一旦未来下游晶圆产线扩产力度不及预期，将影响对设备的采购金额；
- 2) 行业竞争加剧的风险。**公司目前是国内前道晶圆检测/量测设备巨头，随着国内厂商研发能力提高，未来若更多厂商逐步切入，可能会加剧竞争，不利于行业发展；
- 3) 研发费用率较高的风险。**公司 2022 年研发费用率高达 41%，较高的研发投入侵蚀了公司业绩，2022 年扣非归母净利润出现亏损，假如公司研发费用率持续增加，那么将对盈利能力产生一定不利影响；
- 4) 研发/验证进展不及预期。**公司需要持续加大研发投入以推动公司产品升级换代。然而，如果公司的技术研发方向不能顺应市场需求，或公司在关键技术、关键产品的研发进展落后于行业内竞争对手，亦或公司研发出的新产品不能满足客户要求，公司将面临技术研发投入无法取得预期效果的风险，进而对公司经营业绩造成一定不利影响；
- 5) 客户集中度较高的风险。**虽然前五大客户收入占比呈现逐年降低趋势，但客户集中度仍然较高。目前，公司正积极进行市场拓展，客户结构亦呈现日趋多元，但未来如果公司主要客户的生产经营或财务状况发生重大不利变化进而减少对公司产品的需求，或公司未能持续拓展新客户，将对公司的生产经营和业绩产生不利影响；
- 6) 核心零部件供应受限的风险。**公司核心零部件的供应商主要为有产品优势的知名企业，其中 EFEM 和机械手主要来源于境外采购。公司相关核心零部件不存在单一依赖，但随着未来公司经营规模快速增长，若部分核心零部件的供应商生产能力无法满足公司采购需求，有可能导致公司生产进度、交付周期等受到影响；
- 7) 上市后股价大幅波动的风险。**

参考报告:

- 1、《北方华创深度：国产设备龙头，深度受益下游加速扩产和国产化稳步提升》2021/11/01
- 2、《中微公司深度报告：ICP 开启刻蚀第二成长曲线，内生外延打造泛半导体平台》2021/08/26
- 3、《盛美上海深度报告：国内单片清洗设备龙头，电镀、先进封装、炉管等多产品线打造平台化企业》2021/11/17
- 4、《华海清科新股报告：国内 CMP 设备龙头加速国产替代，耗材及维保业务构筑第二利润曲线》2022/06/05
- 5、《芯源微深度报告：国内涂胶显影设备龙头，前道产品线全面突破》2022/01/21
- 6、《拓荆科技深度报告：国内 CVD 设备龙头，成长动力强劲》2022/08/28

附：财务预测表

资产负债表

单位：百万元	2021	2022	2023E	2024E	2025E
流动资产	959	1410	3382	3771	4207
现金	205	240	1771	1571	1357
交易性投资	40	0	0	0	0
应收票据	2	12	19	26	35
应收款项	92	131	172	240	317
其它应收款	6	8	11	16	21
存货	539	861	1178	1600	2060
其他	75	157	230	319	418
非流动资产	124	242	317	388	456
长期股权投资	0	0	0	0	0
固定资产	12	109	191	269	343
无形资产商誉	5	35	31	28	25
其他	108	98	94	91	88
资产总计	1083	1652	3698	4159	4663
流动负债	475	973	1060	1412	1796
短期借款	100	165	0	0	0
应付账款	151	164	226	307	396
预收账款	156	485	669	909	1170
其他	70	160	164	196	230
长期负债	53	110	110	110	110
长期借款	0	0	0	0	0
其他	53	110	110	110	110
负债合计	528	1083	1170	1522	1906
股本	240	240	320	320	320
资本公积金	219	222	2030	2030	2030
留存收益	95	107	178	287	407
少数股东权益	0	0	0	0	0
归属于母公司所有者权	555	569	2528	2637	2757
负债及权益合计	1083	1652	3698	4159	4663

现金流量表

单位：百万元	2021	2022	2023E	2024E	2025E
经营活动现金流	(100)	67	(167)	(175)	(131)
净利润	53	12	71	109	152
折旧摊销	8	15	14	18	22
财务费用	(2)	2	(15)	(11)	0
投资收益	(2)	(1)	(80)	(65)	(50)
营运资金变动	(158)	39	(179)	(252)	(282)
其它	0	0	22	26	27
投资活动现金流	71	(76)	(21)	(36)	(51)
资本支出	(61)	(117)	(101)	(101)	(101)
其他投资	132	41	80	65	50
筹资活动现金流	84	39	1719	11	(32)
借款变动	60	(22)	(184)	0	0
普通股增加	0	0	80	0	0
资本公积增加	4	3	1808	0	0
股利分配	0	0	0	0	(32)
其他	20	58	15	11	0
现金净增加额	55	30	1531	(201)	(214)

利润表

单位：百万元	2021	2022	2023E	2024E	2025E
营业总收入	361	509	767	1070	1413
营业成本	184	261	361	490	631
营业税金及附加	1	1	0	0	0
营业费用	32	54	69	80	92
管理费用	40	60	77	91	106
研发费用	95	206	284	374	480
财务费用	(4)	(0)	(15)	(11)	0
资产减值损失	(9)	(15)	0	0	0
公允价值变动收益	0	(0)	0	0	0
其他收益	48	100	80	65	50
投资收益	2	1	0	0	0
营业利润	54	13	72	110	154
营业外收入	0	0	0	0	0
营业外支出	0	1	0	0	0
利润总额	53	12	72	110	154
所得税	0	0	1	1	2
少数股东损益	0	0	0	0	0
归属于母公司净利润	53	12	71	109	152

主要财务比率

	2021	2022	2023E	2024E	2025E
年成长率					
营业总收入	52%	41%	51%	39%	32%
营业利润	34%	-76%	455%	52%	40%
归母净利润	35%	-78%	508%	52%	40%
获利能力					
毛利率	49.0%	48.7%	53.0%	54.2%	55.3%
净利率	14.8%	2.3%	9.3%	10.2%	10.8%
ROE	10.2%	2.1%	4.6%	4.2%	5.6%
ROIC	8.6%	1.7%	3.4%	3.8%	5.6%
偿债能力					
资产负债率	48.8%	65.6%	31.6%	36.6%	40.9%
净负债比率	10.6%	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%
流动比率	2.0	1.4	3.2	2.7	2.3
速动比率	0.9	0.6	2.1	1.5	1.2
营运能力					
总资产周转率	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
存货周转率	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
应收账款周转率	3.4	4.3	4.6	4.7	4.6
应付账款周转率	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8
每股资料(元)					
EPS	0.22	0.05	0.22	0.34	0.48
每股经营净现金	-0.42	0.28	-0.52	-0.55	-0.41
每股净资产	2.31	2.37	7.90	8.24	8.62
每股股利	0.00	0.00	0.00	0.13	0.27
估值比率					
PE					
PB					
EV/EBITDA					

资料来源：公司数据、招商证券

分析师承诺

负责本研究报告的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

鄢凡：北京大学信息管理、经济学双学士，光华管理学院硕士，14年证券从业经验，08-11年中信证券，11年加入招商证券，现任研发中心董事总经理、电子行业首席分析师、TMT及中小盘大组主管。11/12/14/15/16/17/19/20/21/22年《新财富》电子最佳分析师第2/5/2/2/4/3/3/4/3/5名，11/12/14/15/16/17/18/19/20年《水晶球》电子第2/4/1/2/3/3/2/3/3名，10/14/15/16/17/18/19/20年《金牛奖》TMT/电子第1/2/3/3/3/2/2/1名，2018/2019年最具价值金牛分析师。

曹辉：上海交通大学工学硕士，2019/2020年就职于西南证券/浙商证券，2021年加入招商电子团队，任电子行业分析师，主要覆盖半导体领域。

王恬：电子科技大学金融学、工学双学士，北京大学金融学硕士，2020年在浙商证券，2021年加入招商电子团队，任电子行业分析师。

程鑫：武汉大学工学、金融学双学士，中国科学技术大学硕士，2021年加入招商电子团队，任电子行业研究助理。

湛薇：华中科技大学工学学士，北京大学微电子硕士，2022年加入招商电子团队。

涂银山：昆士兰大学金融学学士，伦敦大学学院金融学硕士，2023年加入招商电子团队。

评级说明

报告中所涉及的投资评级采用相对评级体系，基于报告发布日后6-12个月内公司股价（或行业指数）相对同期当地市场基准指数的市场表现预期。其中，A股市场以沪深300指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普500指数为基准。具体标准如下：

股票评级

强烈推荐：预期公司股价涨幅超越基准指数20%以上

增持：预期公司股价涨幅超越基准指数5-20%之间

中性：预期公司股价变动幅度相对基准指数介于±5%之间

减持：预期公司股价表现弱于基准指数5%以上

行业评级

推荐：行业基本面向好，预期行业指数超越基准指数

中性：行业基本面稳定，预期行业指数跟随基准指数

回避：行业基本面转弱，预期行业指数弱于基准指数

重要声明

本报告由招商证券股份有限公司（以下简称“本公司”）编制。本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告基于合法取得的信息，但本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。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。报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价，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。除法律或规则规定必须承担的责任外，本公司及其雇员不对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失负任何责任。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。

本报告版权归本公司所有。本公司保留所有权利。未经本公司事先书面许可，任何机构和个人均不得以任何形式翻版、复制、引用或转载，否则，本公司将保留随时追究其法律责任的权利。