

电子组

分析师：樊志远（执业 S1130518070003） 分析师：赵晋（执业 S1130520080004）

fanzhiyuan@gjzq.com.cn

zhaojin1@gjzq.com.cn

第三方测试快速增长，测试服务及测试设备迎来发展良机

行业观点：

半导体测试是半导体后道工艺的核心环节，起到了保证芯片良率、降低芯片制造成本的重要作用。根据台湾地区工研院的统计，集成电路测试成本约占设计营收的 6%-8%，假设取中值 7%，可测算出国内 2022 年半导体测试服务市场约为 374 亿元。一方面，在自主可控的趋势下，半导体制造产业链正逐步向国内进行转移。伴随着制造产业链的转移，半导体测试行业有望迎来快速发展。另一方面，我国高端芯片正处于崛起前夕，而芯片的高端化会对测试的需求量及测试的单位价格均产生向上的拉动。自主可控叠加“量价双增”，我国半导体测试行业市场规模有望快速扩容。

投资逻辑：

- **第三方测试公司：产业链专业化、精细化分工的必然结果。** 相比于封测一体厂家，第三方测试服务厂家主要具备以下特点：1) 测试平台更具多样性，通用化程度高；2) 测试机台更先进，重资产属性强，专业第三方测试机构购买先进设备以满足高端测试平台所需；3) 专业性更强，测试相关专利占比更高；4) 出具独立测试报告，结果客观公正，避免权责纠纷。此时推荐第三方测试公司我们判断主要有三大逻辑：1) 高端芯片制造产业链有望回流。CPU/GPU/FPGA 等大芯片制造产业链有望迁移回国内，进而带动国内测试产业发展。2) 精细化分工是半导体行业发展必然结果，测试有望从封测一体厂商中分离。3) 国内晶圆厂资本开支维持高位，扩产持续进行，与之配套测试产业有望迎来快速发展。在台湾成熟产业链中，京元电子、欣铨、矽格凭借紧靠台积电的区位优势成为全球龙头第三方测试厂商，以此为鉴，我们认为：在晶圆制造产业向中国内地进行转移的过程中，内地第三方测试公司有望深度受益，迎来崛起契机。
- **测试机：重要后道检测设备，已初步实现部分机型国产替代。** 测试机为后道测试设备中最大的细分领域，在 CP、FT 两个环节皆有应用。测试机在后道设备中的价值量占比最大，接近 70%，而分选机、探针台占比分别为 17%、15%。模拟/数模混合测试机相对价值量小开发难度小，目前已初步实现国产替代；SoC 及存储测试机价值量较高技术难度大，国产替代空间仍较大，目前 SoC 及存储测试机主要还是被爱德万和泰瑞达垄断，目前国内仅存在部分替代机型，整体来看还是存在较大国产替代空白。此外，近年来我国晶圆厂建设迎来高峰期，国产替代白热化趋势下，下游国产封测厂商密集启动募投，带动测试机的需求浪潮，驱动国产测试机市场快速扩容。我们认为：在国产替代和大量新增需求的背景下，国产测试机公司将深度受益。
- **探针卡：晶圆与测试机连接者，自给率低，国产替代大有可为。** 从工艺路线上来看，探针卡主要可分为三代：悬臂类、垂直类以及 MEMS 探针卡。目前，MEMS 探针卡正占比逐年提升，并已成为主流探针卡方案。根据 VLSI Research 的数据显示，2021 年探针卡市场规模达 23.70 亿美元，其中 MEMS 探针卡市场规模为 16.38 亿美元，约占总探针卡的 69%，预计 MEMS 探针卡有望继续保持快速成长，2026 年 MEMS 探针卡市场规模将继续扩展有望达 22.56 亿美元。目前，国内探针卡自给率极低，主要被海外巨头垄断，国产替代空间巨大。

投资建议

建议积极关注第三方测试公司：伟测科技、利扬芯片；测试设备及核心耗材厂商：长川科技、华兴源创、和林微纳等。

风险提示

半导体行业周期下行、中美贸易摩擦和美国收紧技术出口管制、竞争格局恶化的风险。

内容目录

一、半导体测试是贯穿半导体设计、生产及封测的核心步骤.....	4
1、测试环节贯穿半导体生产制造，是芯片质量的把关者.....	4
2、产业链专业化分工，第三方测试公司应运而生.....	6
3、Chiplet 新技术及自主可控大趋势共同驱动我国半导体测试行业快速成长.....	10
二、测试机：全球市场呈双寡头垄断格局，国产化率提升空间大.....	14
1、重要后道检测设备，客户粘性强且盈利水平高.....	14
2、模拟及功率测试机已实现初步国产替代，SoC/存储测试机逐步突破.....	16
3、需求侧：下游需求稳定及国产替代共驱我国半导体测试机市场扩容.....	19
三、探针卡：晶圆与测试机连接者，自给率低，国产替代大有可为.....	21
1、探针卡是晶圆测试的核心耗材，MEMS 探针卡已逐渐成为主流.....	21
2、探针价值量占比高，是探针卡最关键的组成部分.....	24
3、竞争格局相对集中，国产化率极低.....	26
四、投资建议.....	27
五、风险提示.....	28

图表目录

图表 1： 半导体检测设备主要分为前道量测设备和后道检测设备.....	4
图表 2： 晶圆制造环节主要进行过程控制检测，封测环节主要进行电性能检测.....	5
图表 3： CP 测试系统示意图.....	5
图表 4： Mapping 示意图.....	5
图表 5： FT 测试系统示意图.....	6
图表 6： CP 与 FT 测试的区别.....	6
图表 7： 半导体制造产业精细化分工，第三方测试厂商应运而生.....	7
图表 8： 第三方测试厂商受半导体行业下行周期影响相对较小.....	8
图表 9： 第三方测试厂商测试专利数量相对较高.....	8
图表 10： 第三方测试厂商测试相关专利占比大.....	8
图表 11： 集成电路测试服务产业链概况.....	9
图表 12： 中国大陆和中国台湾主要第三方测试企业营收情况（单位：百万元）.....	10
图表 13： 全球 IC 测试服务市场规模（单位：亿元）.....	10
图表 14： 中国大陆 IC 测试服务市场规模（单位：亿元）.....	10
图表 15： Chiplet 技术相比 SoC 技术每个模块可以采用不同的工艺.....	11
图表 16： Chiplet 提高良率和集成度，降低成本，加速芯片迭代.....	11
图表 17： Chiplet 提升芯片良率.....	12

图表 18: 不同芯片与 Chiplet 芯片测试对比.....	12
图表 19: 中国大陆正在承接第三次产业迁移.....	13
图表 20: 2021-2022 年全球共新建晶圆厂 29 座.....	13
图表 21: 中国大陆晶圆产线有望扩产至原有产能 2.8 倍.....	13
图表 22: 国内主流晶圆厂及 IDM 厂商资本开支处于高位.....	14
图表 23: 半导体后道测试设备市场结构.....	15
图表 24: 测试机公司、封测厂商、IC 设计公司形成协同生态.....	15
图表 25: 高毛利高投入带来盈利正循环.....	16
图表 26: 测试机公司毛利率高于其他半导体设备公司.....	16
图表 27: 爱德万、泰瑞达半导体测试设备营收规模领先.....	17
图表 28: 爱德万、泰瑞达半导体测试设备市场份额达 65%.....	17
图表 29: SoC/存储测试机市场空间领先.....	17
图表 30: SoC/存储测试机市场份额合计占 81%.....	17
图表 31: 不同种类测试机区别对比.....	18
图表 32: 国内外各大厂商测试机性能指标对比.....	19
图表 33: 2023 年全球半导体测试设备市场规模有望达 70.7 亿美元, 中国半导体测试设备市场占比达 36%..	20
图表 34: 2022 年我国 IC 设计企业数量达 3243 家.....	20
图表 35: 2022 年我国 IC 设计企业销售额达 5345.7 亿元.....	20
图表 36: 2022 年度国产封测厂商募资扩产项目情况.....	21
图表 37: 探针卡是晶圆测试的核心耗材.....	22
图表 38: MEMS 探针卡相比悬臂式探针卡、垂直式探针卡优势显著.....	23
图表 39: 2D MEMS 探针卡与 2.5D/3D MEMS 探针卡参数比较.....	24
图表 40: MEMS 探针卡市场规模成长快、比重大.....	24
图表 41: 探针卡断面结构图.....	25
图表 42: 探针卡产业链.....	25
图表 43: 和林微纳已量产的用于 FT 测试的弹簧探针.....	25
图表 44: 2021 年全球前五大厂商共掌握探针卡市场 68%份额.....	26
图表 45: 前十大主流探针卡厂商.....	26

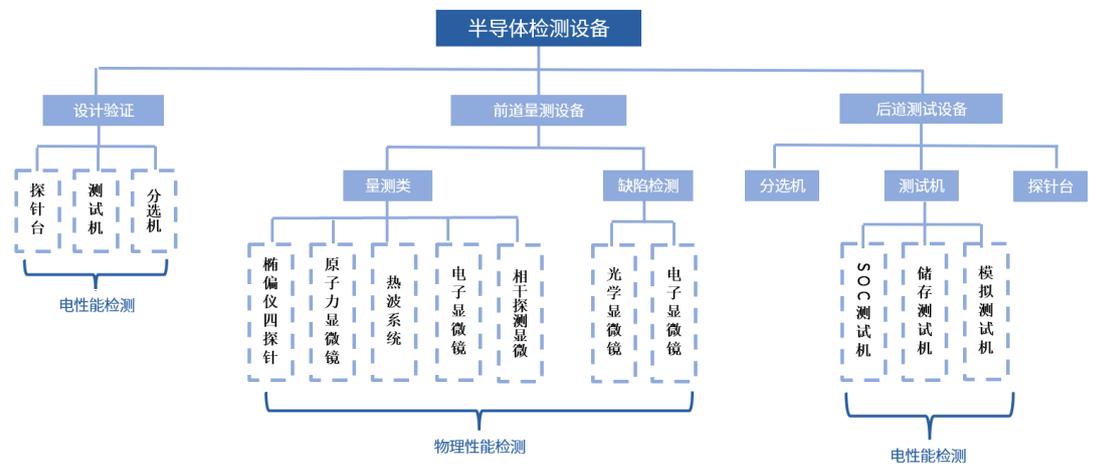
一、半导体测试是贯穿半导体设计、生产及封测的核心步骤

1、测试环节贯穿半导体生产制造，是芯片质量的把关者

半导体工艺制程越来越复杂，检测设备愈发重要。随摩尔定律的进一步发展，半导体芯片晶体管密度越来越高，相关产品复杂度及集成度呈现指数级增长。新应用需求驱动了制程微缩和三维结构的升级，使得工艺步骤大幅提升，成熟制程（以 45nm 为例）工艺步骤数大约需要 430 道，到了先进制程（以 5nm 为例）将会提升至 1250 道，工艺步骤将近提升了 3 倍；结构上来看包括 GAAFET、MRAM 等新一代的半导体工艺都是越来越复杂，在数千道制程中，每一道制程的检测对芯片的良率起到至关重要的作用。

半导体检测根据使用的环节以及检测项目的不同，可分为前道检测和后道检测。其中，前道量测包括量测类和缺陷检测类，主要用于晶圆加工环节，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，属于物理性检测；后道测试根据功能的不同包括分选机、测试机、探针台，主要是用在晶圆加工之后、封装测试环节内，目的是检查芯片的性能是否符合要求，属于电性能检测。

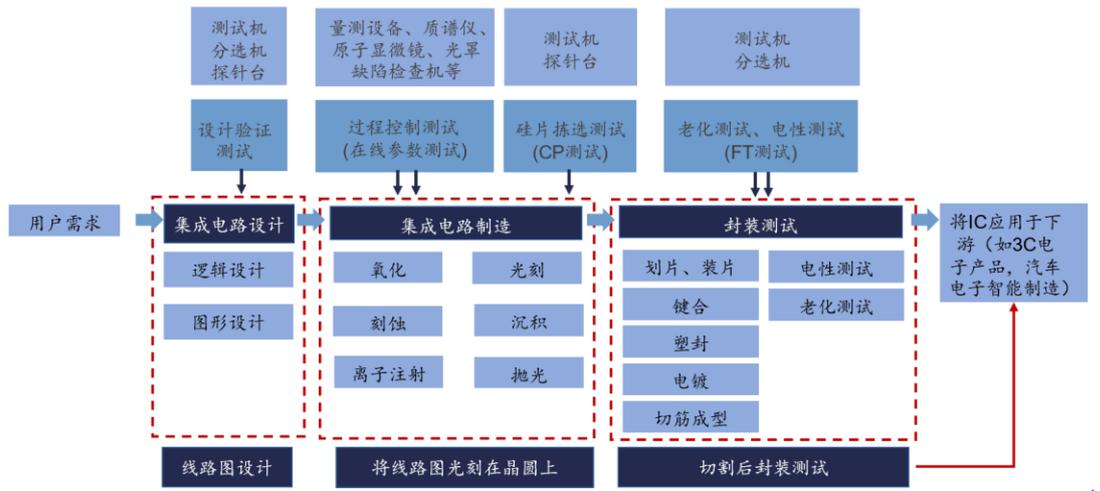
图表1：半导体检测设备主要分为前道量测设备和后道检测设备



来源：前瞻研究院，国金证券研究所

晶圆制造环节检测主要进行光学检测，封测环节主要进行电性能检测。**半导体测试环节是避免“十倍成本”的关键。**所谓“十倍成本”是指芯片故障若未在测试环节中发现，那么在后续电路板级别中发现故障导致的成本将在十倍以上。其中，封测环节主要可以分为：晶圆测试和成品测试。晶圆测试主要是针对加工完的晶圆，进行电性测试，识别出能够正常工作的芯片，需要使用的设备主要为测试机和探针台。成品测试主要是指晶圆切割变成芯片后，针对芯片的性能进行最终测试，需要使用的设备主要为测试机和分选机。

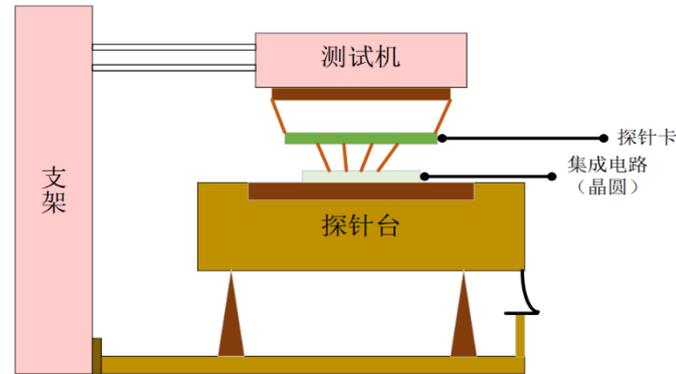
图表2: 晶圆制造环节主要进行过程控制检测, 封测环节主要进行电性能检测



来源: 华峰测控招股书, 国金证券研究所

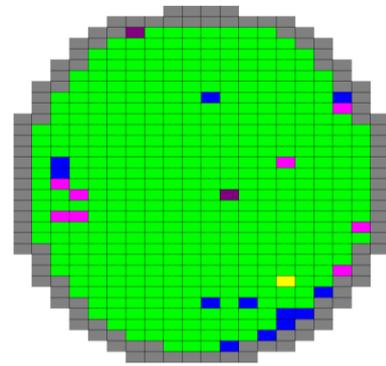
晶圆测试 (Chip Probing), 简称 CP 测试, 是指通过探针台和测试机的配合使用, 对晶圆上的裸芯片 (gross die) 进行功能和电学性能参数的测试。测试过程主要为: 探针台将晶圆逐片传送至测试位置, 芯片端点通过探针、专用连接线与测试机的功能模块进行连接, 测试机对芯片施加输入信号并采集输出信号, 以判断芯片功能和性能是否达到设计规范要求。对裸片的测试结果通过通信接口传送至探针台, 探针台会根据相应的信息对芯片进行打点标记, 形成晶圆的 Mapping, 即晶圆的电性能测试结果。CP 测试设备主要由支架、测试机、探针台、探针卡等部件组成。CP 测试会统计出晶圆上的芯片合格率、不合格芯片的确切位置和各类形式的良率等, 可用于指导芯片设计和晶圆制造的工艺改进。

图表3: CP 测试系统示意图



来源: 伟测科技招股说明书, 国金证券研究所

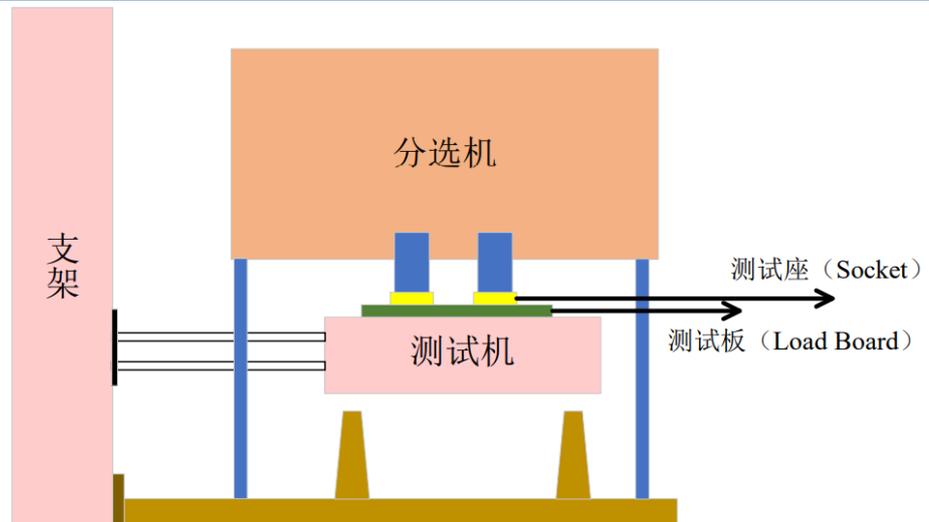
图表4: Mapping 示意图



来源: 伟测科技招股说明书, 国金证券研究所

芯片成品测试 (Final Test), 简称 FT, FT 测试是在芯片封装后按照测试规范对电路成品进行全面的电路性能检测, 目的是挑选出合格的成品芯片, 保障芯片在任何环境下都可以维持设计规格书上所预期的功能及性能。通过分选机和测试机配合使用, 测试过程主要为: 分选机将被测芯片逐个传送至测试工位, 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是否达到设计规范要求。测试结果通过通信接口传送至分选机, 分选机据此对被测芯片进行标记、分选、收料或编带。FT 测试系统通常由支架、测试机、分选机、测试板和测试座组成。FT 测试环节的数据可以用于指导封装环节的工艺改进。

图表5: FT 测试系统示意图



来源：伟测科技招股说明书，国金证券研究所

CP 测试的主要目的在于挑出坏的裸片，减少后续的封装和 FT 测试成本；FT 测试的主要目的确保芯片符合交付要求，避免将不合格的芯片交付给下游用户。相比于 FT 测试，CP 测试的技术要求更高，难度更大。芯片在完成封装后处于良好的保护状态，体积也较晶圆状态的裸片增加几倍至数十倍，因此 FT 测试对洁净等级和作业精细程度的要求较 CP 测试低一个级别，但测试作业的工作量和人员用工量更大。CP 测试和 FT 测试在确保芯片良率、控制生产成本、指导 IC 设计和生产工艺改进等方面都起到了至关重要的作用。

图表6: CP 与 FT 测试的区别

	晶圆测试 (CP)	芯片成品测试 (FT)
产业链位置	芯片封装前	芯片封装后
测试设备	测试机、探针台	测试机、分选机
测试目的	挑出坏的裸芯片，以减少后续封装和成品测试成本，测试数据用于指导芯片设计和晶圆制造的工艺改进	确保每颗芯片成品向客户交付前能够达到设计要求的指标
客户群体	IC 设计公司、晶圆厂、封装厂、IDM	IC 设计公司、封装厂、IDM

来源：伟测科技招股说明书，国金证券研究所

2、产业链专业化分工，第三方测试公司应运而生

受成本、专业度及研发精力投入方向等多重因素影响，半导体产业链趋于精细化、专业化。IDM 模式是集成电路产业最早采用的经营模式，即覆盖集成电路设计、晶圆制造、封装、测试等集成电路的全产业链环节。随着集成电路技术遵循摩尔定律快速迭代，集成电路产业技术更新换代加越来越快，传统 IDM 模式由于投资成本高、难以响应市场对于速度和产品多样性等劣势越来越明显，于是以 Fabless+Foundry+OSAT 为代表的集成电路专业分工模式应运而生，凭借高效和协同推动集成电路产业向专业化分工的方向发展，已逐步成为行业的主流经营模式。Fabless 厂商负责芯片设计环节，Foundry 厂商进行晶圆制造的代工服务，之后 OSAT 厂商进行封装和测试。

然而随着测试的地位愈加重要，高端测试机台的巨大投入，专注于测试的第三方测试厂商应运而生。以京元电子、伟测科技为首的第三方测试企业相较于半导体行业内的其他竞争者具有独立可观、专业高效、服务面广、单位成本低等优势，因此我们认为第三方测试行业具有良好的成长性。相比于封测一体厂家，第三方测试服务厂家主要具备以下特点：

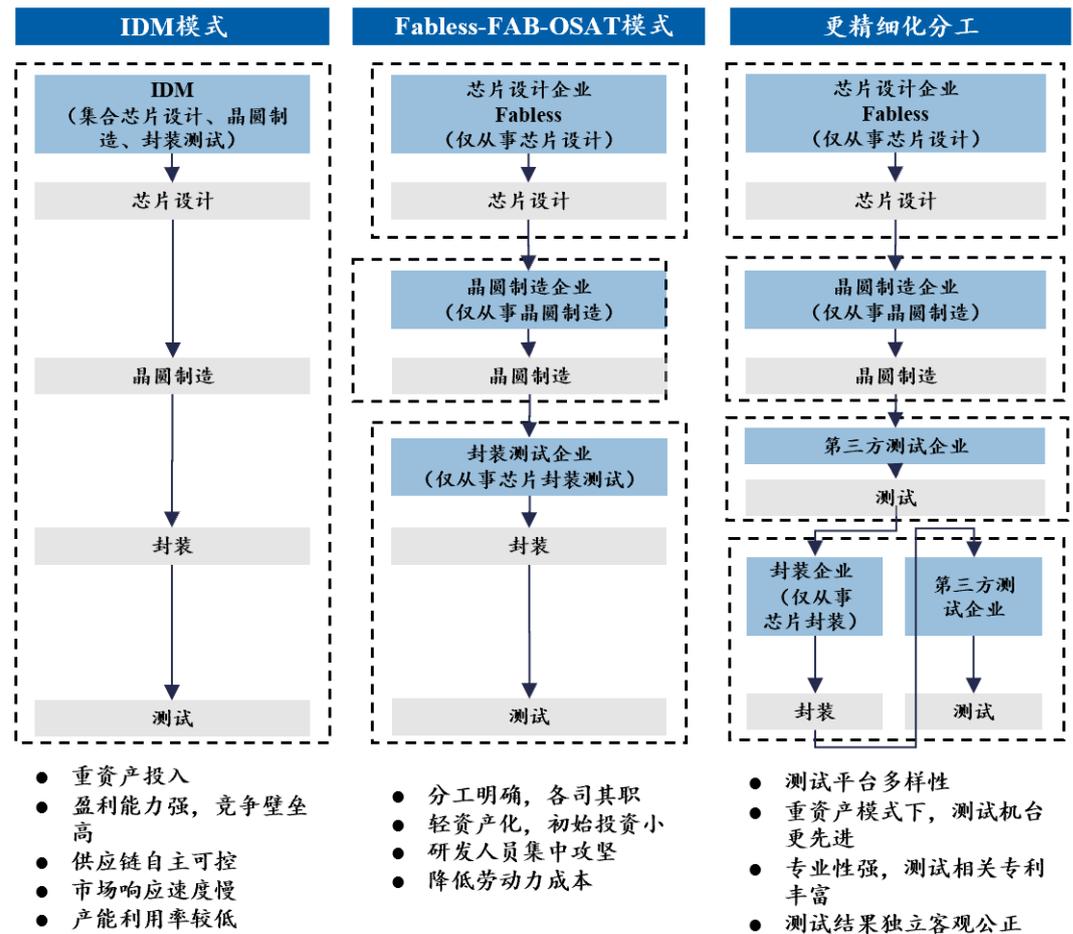
- 测试平台更具多样性：测试平台可兼容测试品类更多，抗行业周期性更强，产能利用率有机会维持高位；
- 测试机台更先进：行业重资产属性强，专业第三方测试机构购买先进设备以满足高端

测试平台所需；

- 专业性更强：注重测试开发解决方案，持续优化测试能力，而封装企业更多专注于先进封装，与制造厂商联合开发先进封装技术；
- 更加独立客观：出具独立测试报告，结果客观公正，避免权责纠纷。

此时推荐第三方测试公司我们判断主要有三大逻辑：1) 高端芯片制造产业链有望回流。CPU/GPU/FPGA 等大芯片制造产业链有望迁移回国内，进而带动国内测试产业发展。2) 精细化分工是半导体行业发展必然结果，测试有望从封测一体厂商中分离。3) 国内晶圆厂资本开支维持高位，扩产持续进行，与之配套测试产业有望迎来快速发展。

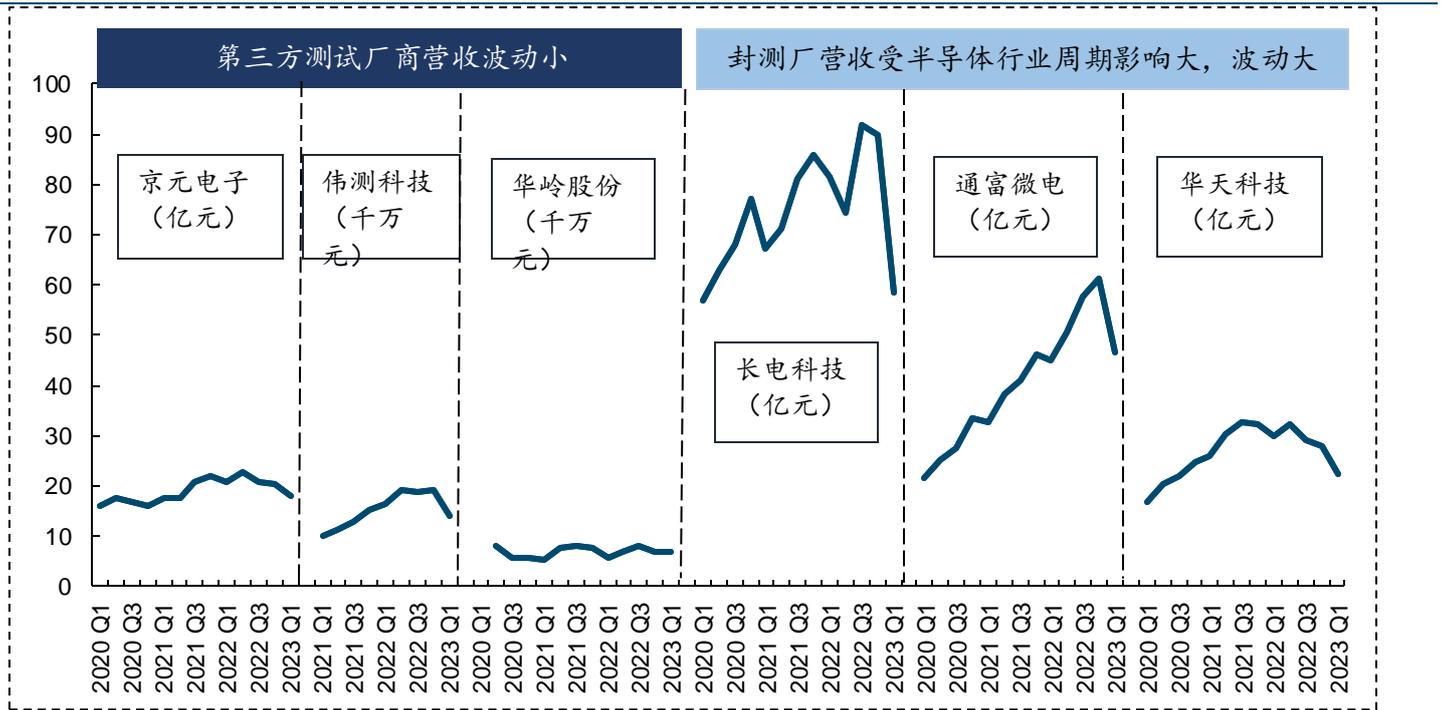
图表7：半导体制造产业精细化分工，第三方测试厂商应运而生



来源：国金证券研究所

第三方测试厂商受行业景气度波动影响小。相较于封测厂商，第三方测试服务厂商2020-2023年Q1分季度营收水平波动较为平缓，在景气度下行时期依然能实现稳定的营收水平，能有效抵御跨行业周期的波动。首先，第三方测试厂商CP测试的稼动率主要是和晶圆厂流片的稼动率息息相关，FT测试稼动率与封装厂的稼动率相关性高，因此公司整体稼动率呈现波动性小的特点是晶圆厂及封装厂共同作用的结果。其次，第三方测试厂商测试平台通用性相对较高，测试平台可以承接不同封装厂、不同客户的产品，使得第三方测试厂商抗行业下行周期属性强劲。

图表8: 第三方测试厂商受半导体行业下行周期影响相对较小

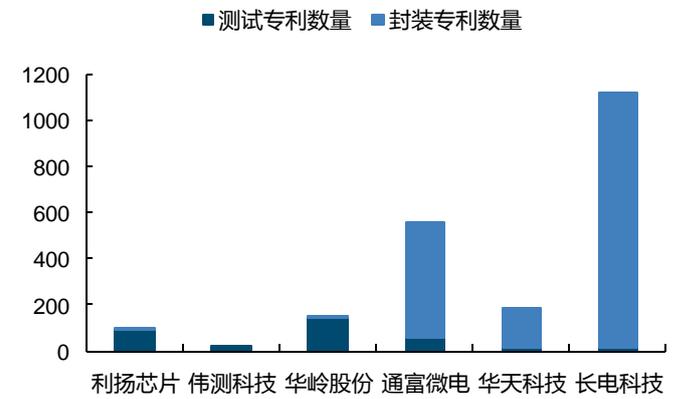
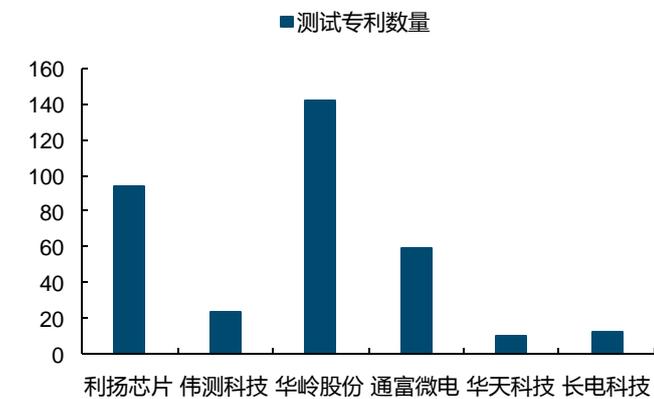


来源: 各公司官网, 国金证券研究所 (注: 京元电子营收按照新台币: 人民币=1: 0.23 进行汇率换算)

第三方测试厂商具有更强的专业性。从专利数量来看, 通富微电、华天科技、长电科技等封测一体厂商测试专利数量相对较少、占总专利数比例低。而以利扬芯片、伟测科技为例的第三方测试厂商专攻测试技术研发, 专注于提升检测的质量及效率, 在半导体测试细分行业内实力更强, 具备更强的专业性。

图表9: 第三方测试厂商测试专利数量相对较高

图表10: 第三方测试厂商测试相关专利占比大



来源: 天眼查, 国金证券研究所

来源: 天眼查, 国金证券研究所

从产业链来看, 集成电路测试服务行业上游的测试机、探针台等设备主要由美国、日本的海外设备厂商垄断。测试服务厂家主要分为两类: 1) 封测厂自有测试产线; 2) 专业的第三方测试公司。芯片设计厂商是芯片测试服务行业的主要客户, 以 SoC/MCU/FPGA 等设计行业为主。早期的 IC 设计公司会将订单直接下达至封测厂, 再由封测厂外包至第三方的集成电路测试公司, 随后逐步演进为 IC 设计公司直接下订单至第三方测试公司。

图表11: 集成电路测试服务产业链概况

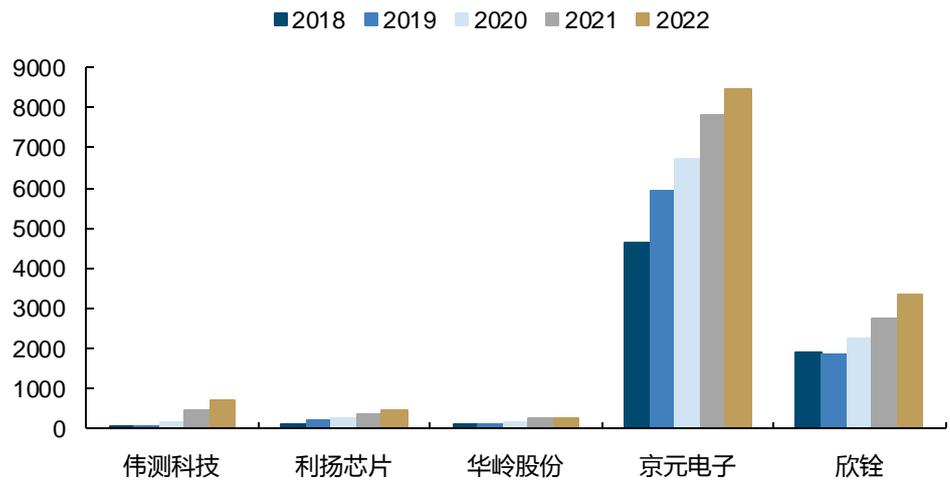
上游采购	测试服务厂家	下游厂商
测试机 ✓ 泰瑞达 (美国) ✓ 爱德万 (日本) ✓ Semics (韩国) ✓ 致茂电子 (中国台湾)	封测厂 (OSAT) ✓ 通富微电 ✓ 长电科技 ✓ 华天科技 ✓	芯片设计公司 ✓ 高通 (美国) ✓ 海思 ✓ 紫光展锐 ✓ 中兴 ✓ 晶晨半导体 ✓
探针台 ✓ Semics (韩国) ✓ Tokyo Seimitsu (日本)		
分选机 ✓ 鸿劲精密 (中国台湾) ✓ 长川科技	第三方测试公司 ✓ 京元电子 (中国台湾) ✓ 欣铨 (中国台湾) ✓ 矽格 (中国台湾) ✓ 伟测 ✓ 华岭股份 ✓ 利扬科技 ✓	IDM ✓ 三星 (韩国) ✓ 华润微电子 ✓
探针卡等耗材 ✓ 强一半导体 ✓ Form Factor (美国) ✓ 泽丰半导体 ✓ 道格特		晶圆厂 ✓ 台积电 (中国台湾) ✓ 中芯国际 ✓ 武汉新芯 ✓

来源: 伟测科技招股说明书, 国金证券研究所

从下游客户来看, IC 设计公司是集成电路测试行业最大的需求方, 在 Fabless 模式下, IC 设计公司专注于芯片设计, 自身不具备制造、封装和测试的能力, 因此需要选择封测一体企业或独立的第三方测试企业来完成晶圆和芯片成品的测试需求。封测厂也是半导体测试服务的需求方。封装是“封测一体厂商”最核心的业务, 测试是第二大业务, 随着先进封装制程的资金投入越来越大以及测试技术难度的提升, 封测厂将测试业务外包给第三方测试企业的比例逐步提升。IDM 企业覆盖芯片设计、制造、封装、测试全流程, IDM 公司的封测产能一般不对外, 测试产能全部服务于内部设计和制造的产品, 但随着行业竞争加剧以及先进制程的资本支出急剧上升, 为专注于设计和制造等核心环节, IDM 企业有意减少封测环节的投资, 将部分测试需求外包给封测一体企业、独立第三方测试企业来完成。晶圆代工厂为服务内部产能, 通常会配备少量晶圆测试产能, 一旦测试需求超过晶圆代工厂负荷, 晶圆代工厂就会将测试外包给独立的第三方测试企业或封测厂完成。从京元电子官网公布的下游客户结构来看, 京元电子 76% 的营收来自 IC 设计公司, IDM 客户占比为 22%, 而晶圆代工厂的收入占比仅为 2%。

京元电子作为全球最大的专业第三方测试厂商, 全球排名前 50 的半导体公司中有 54% 为其客户。存储 IC 厂商华邦电子、旺宏电子、晶豪科技, 驱动 IC 厂商联咏, 国际大厂英特尔、英伟达、意法半导体、恩智浦等均为京元电子的客户。据京元电子公告, 京元电子最大的客户为联发科, 2020~2021 年联发科占京元电子营收均超 10%。联发科的营业收入从 2019 年的 572.71 亿元增长至 2021 年的 1,137.28 亿元, 期间复合增速为 28.84%, 联发科业务规模的迅速成长带动了京元电子的业务增长。

图表12: 中国大陆和中国台湾主要第三方测试企业营收情况 (单位: 百万元)



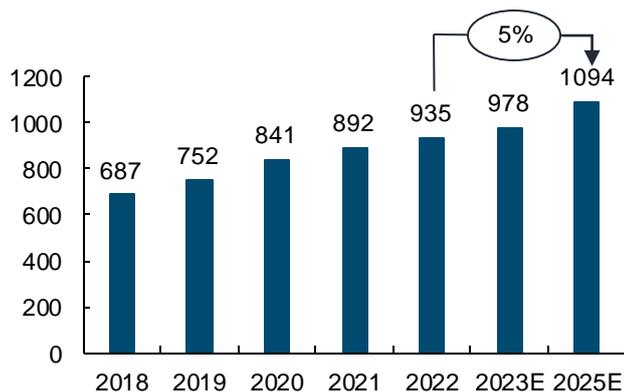
来源: Wind, 国金证券研究所

从营收规模上来看,中国台湾地区的第三方测试企业遥遥领先于内资的三家上市公司,但独立第三方测试的台资巨头在大陆地区的业务进展速度较慢,为内资厂商创造了追赶的机会。以公司、利扬芯片和华岭股份为代表的内资企业正通过加大技术研发,缩小与中国台湾地区巨头的技术差距,利用内资企业的本地化高效率的服务优势和“自主可控”的股东背景优势,获得大陆优质客户的认可,赢得了更多的发展空间和发展机会。

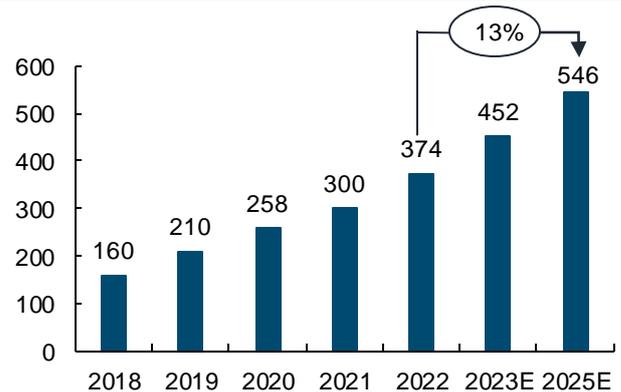
3、Chiplet 新技术及自主可控大趋势共同驱动我国半导体测试行业快速成长

中国测试服务市场增速领跑,国内市场持续快速扩容。据中国半导体行业协会设计分会(CSIA)的数据统计,2022 国内半导体设计行业销售预计为 5345.7 亿元,国内的集成电路设计行业将于 2026 年突破万亿元的市场规模,2022-2026 年期间年均复合增速达 20.78%。根据台湾地区工研院的统计,集成电路测试成本约占设计营收的 6%-8%,假设取中值 7%,结合 CSIA 的数据,可测算出国内 2022 年半导体测试服务市场约为 374 亿元,2025 年约为 546 亿元,相比 2021 年的 300 亿有接近 250 亿元的巨大提升,2022-2025 国内测试服务市场 CAGR 达 13%,复合增速远超全球整体的 5%水平,国内测试服务市场增长空间广阔。

图表13: 全球 IC 测试服务市场规模 (单位: 亿元)



图表14: 中国大陆 IC 测试服务市场规模 (单位: 亿元)



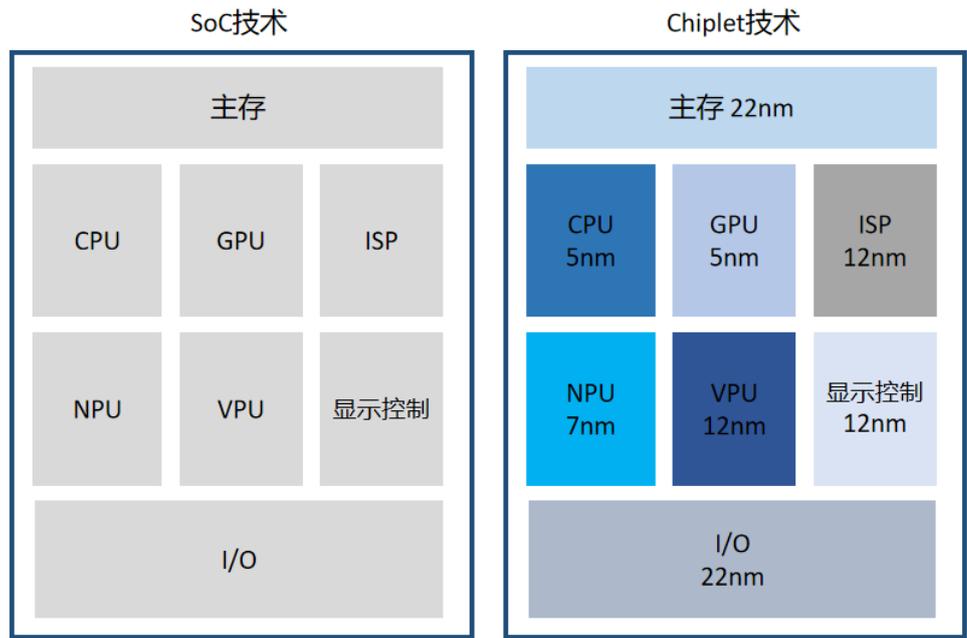
来源: CSIA, 台湾工研院, Gartner, 国金证券研究所

来源: CSIA, 台湾工研院, Gartner, 国金证券研究所

Chiplet (芯粒) 的加速发展拉动测试服务需求, 自主可控趋势推动半导体国产化进程加速, 双重驱动下, 我国半导体测试厂商将深度受益 Chiplet 新技术以及国产化替代打开的巨大市场空间。

Chiplet 指小型模块化芯片, 通过 die-to-die 内部互联技术将多个模块芯片与底层基础芯片封装在一起形成一个整体的内部芯片。与 SoC 不同, SoC 是在设计阶段将不同的模块设计到一颗 die (芯片裸片) 中, 晶圆制造完成后封装; Chiplet 则将不同模块从设计时就按照不同计算或者功能单元进行分解, 制作成不同 die 后使用先进封装技术互联封装, 不同模块制造工艺可以不同。

图表15: Chiplet 技术相比 SoC 技术每个模块可以采用不同的工艺



来源: IBS, 国金证券研究所

Chiplet 相比传统 SoC 芯片优势明显。Chiplet 能利用最合理的工艺满足数字、射频、模拟、I/O 等不同模块的技术要求,把大规模的 SoC 按照功能分解为模块化的芯粒,在保持较高性能的同时,大幅度降低了设计复杂程度,有效提高了芯片良率、集成度,降低芯片的设计和制造成本,加速了芯片迭代速度。

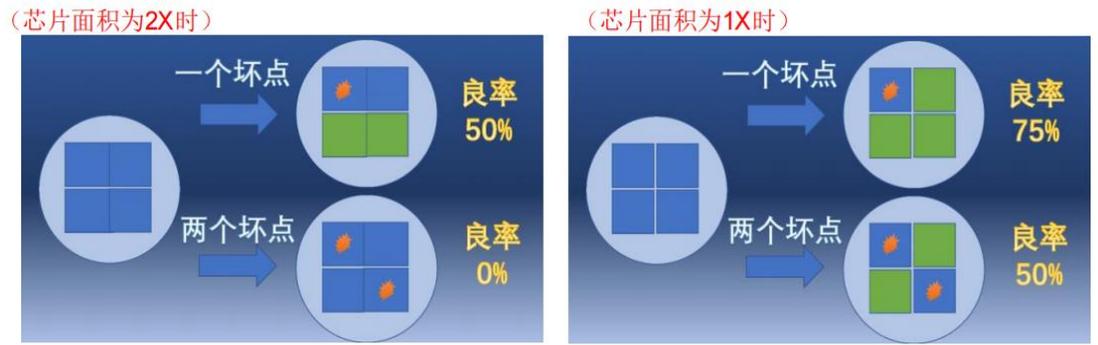
图表16: Chiplet 提高良率和集成度,降低成本,加速芯片迭代

Chiplet 的优势	原因
良率提高	大面积的 SoC 放大了芯片生产中的工艺误差和加工缺陷,而 Chiplet 只需要保障各个被集成的裸片的良率即可,有效降低了先进制程的研发和制造风险,提高了良率
集成度提高	Chiplet 通过多个芯片片间集成,可以在封装层面突破单芯片上限,提高集中度、复杂度
设计成本降低	Chiplet 设计灵活,且可以重复使用
制造成本降低	Chiplet 可针对不同模块采取最合适的制程分开制造,制造成本大幅降低
芯片迭代速度加快	Chiplet 将已有合格裸片进行集成设计,缩短了芯片的研发和设计周期,且不同模块可以分别迭代,加快芯片迭代速度

来源: 国金证券研究所

Chiplet 技术发展潜力大,有望助力国产半导体厂商突破海外科技领域制裁。2020 年美国将中芯国际列入“实体清单”,限制 14nm 及以下制程的扩产,导致国产 14nm 制程处于存量市场无法扩张。Chiplet 技术可部分规避海外限制,向下超越封锁: 1) Chiplet “化整为零”,将单颗芯片裸片面积缩小,使坏点出现时对整体晶圆的影响缩小,即良率提高,因此在国内 14nm 产能为存量的局面下提升了实际芯片产出。2) Chiplet 可仅对核心模块如 CPU、GPU 采用先进制程,其他模块采用成熟制程,有效降低对先进制程的依赖,减少了 14nm 晶圆的用量。3) Chiplet 可通过将两颗 14nm 芯片堆叠互联,单位面积晶体管数量翻倍,实现超越 14nm 芯片的性能。Chiplet 技术成为中国半导体行业实现弯道超车的逆境突破口之一。

图表17: Chiplet 提升芯片良率



来源：唯芯派，国金证券研究所

Chiplet 技术的兴起，拉动测试产业整体需求。在 CP 测试环节，因为 Chiplet 封装成本高，为确保良率、降低成本，需要在封装前对每一颗芯片裸片进行 CP 测试，相较于 SoC，Chiplet 对芯片的 CP 测试需求按照芯片裸片数量成倍增加；在 FT 测试环节，随着 Chiplet 从 2D 逐渐发展到 2.5D、3D，测试的难度提升，简单测试机减少，复杂测试机增加。Chiplet 技术拉动了测试需求，半导体测试厂商有望迎来需求起量。

图表18: 不同芯片与 Chiplet 芯片测试对比

芯片类型	子模块	CP 测试		封装成本	FT 测试	
		测试情况	测试机需求		测试情况	测试机需求
简单模拟芯片	-	不测或抽测，只有应用场景要求高的才会全测	-	低	全测	-
复杂模拟芯片	-	抽测或全测	-	中、高	全测	-
存储器芯片	-	全测，但有可能简化测试项目	-	高	全测	-
数字芯片	-	全测，但有可能简化测试项目	-	高	全测	-
复杂 SoC 芯片	涵盖模拟、存储、数字等	全测，但有可能简化测试项目	-	高	全测	简单测试机减少、复杂测试机增加
Chiplet 芯片	模拟	全测	增加、持平或减少	高	全测	简单测试机减少、复杂测试机增加
	存储	全测	增加		全测	
	数字	全测	增加		全测	

来源：国金证券研究所

此外，中国大陆正承接产业迁移，带动国内半导体测试产能扩张。自从上世纪 70 年代半导体产业在美国形成规模以来，半导体产业沿着“美国→日本→韩国和中国台湾→中国大陆”的顺序共经历了三次产业迁移。中国大陆凭借着劳动力成本、技术、人才等优势，完成了半导体产业的原始积累，从 21 世纪初到如今正在承接第三次产业迁移。此外，随着国际关系及地缘政治的恶化，建立自主可控的产业链已成为当前阶段的重要目标，半导体国产化进程持续加深，带动国内半导体测试新产能不断扩张。

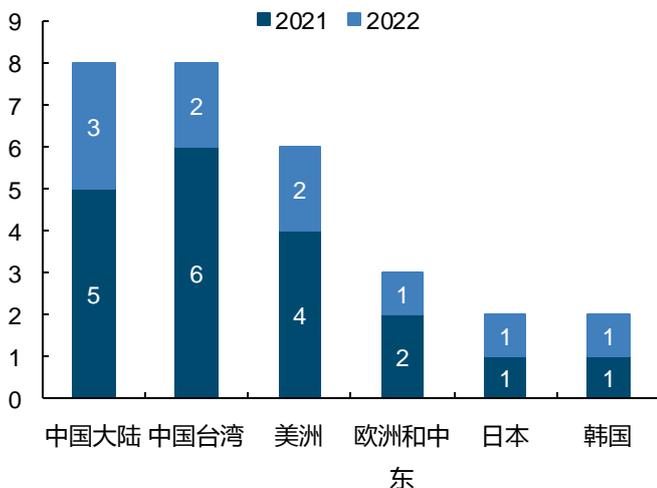
图表19：中国大陆正在承接第三次产业迁移



来源：自然资源部，国金证券研究所

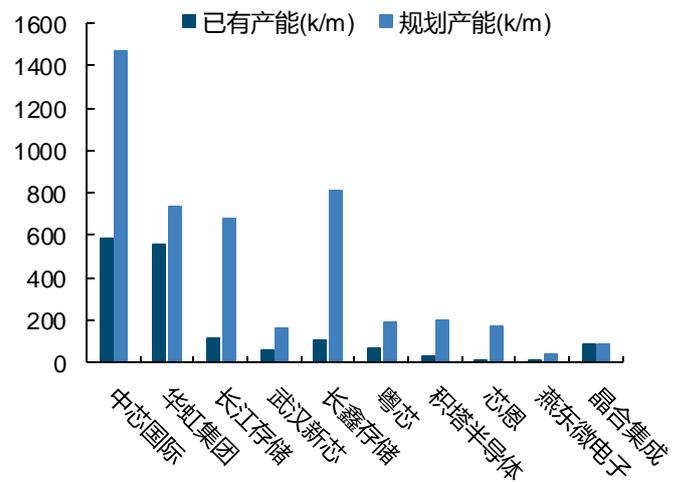
中国大陆晶圆厂扩产趋势明朗，下游测试行业有望维持高景气度。据 SEMI 数据统计，全球半导体制造商 2021 年新建 19 座新的高产能晶圆厂，并于 2022 年开工建设 10 座晶圆厂，其中中国大陆和中国台湾新建晶圆厂数量领跑，各为 8 座，SEMI 预计 2023 年全球将继续新建 28 座晶圆厂。截止 2022 年 12 月，中国大陆晶圆产线产能合计（约当 8 寸）1625k/m，各企业额外扩产计划完成后的产能（约当 8 寸）将达 4545k/m，合计扩产至原有产能 2.8 倍，在产能扩充的趋势的带动下中国大陆测试行业将深度受益，测试行业市场规模有望快速增长。

图表20：2021-2022 年全球共新建晶圆厂 29 座



来源：SEMI，国金证券研究所

图表21：中国大陆晶圆产线有望扩产至原有产能 2.8 倍

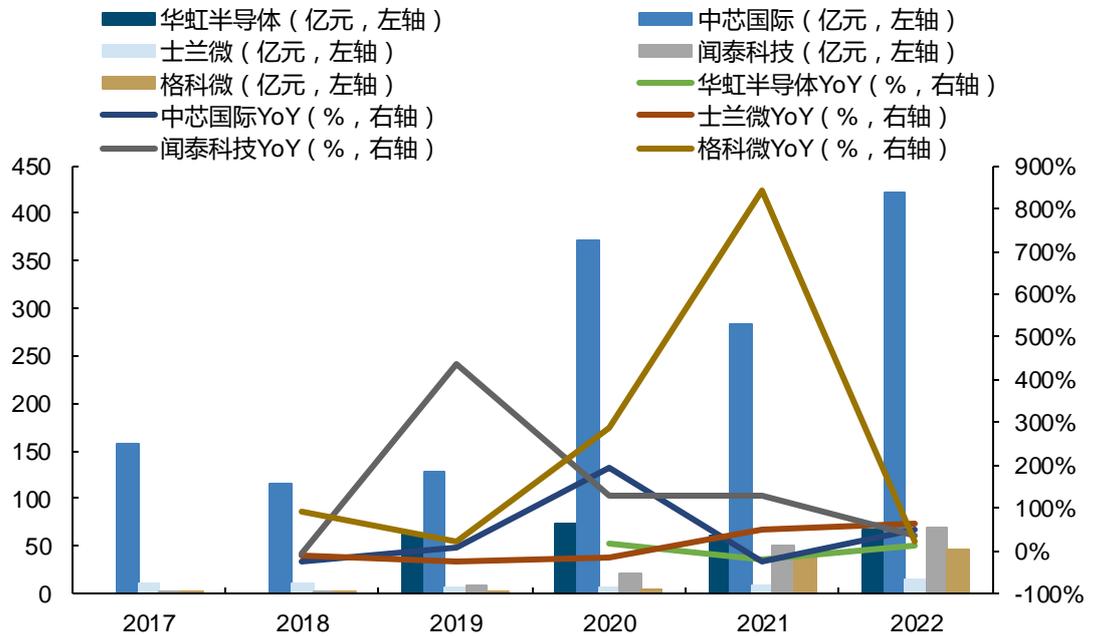


来源：中微公司业绩说明会，国金证券研究所（注：统计数据截止 2022 年 12 月，12 寸晶圆均折合成 8 寸晶圆产能）

国内晶圆厂及 IDM 厂商资本开支处于高位，扩产趋势明显，有望拉动整体测试需求。受产业链转移趋势影响，国内晶圆厂及 IDM 厂商资本开支持续处于高位，正处于不断扩产的过

程。测试在产业链中的位置紧贴晶圆厂，伴随着晶圆制造产能的迁移，测试产能有望随之向国内转移。展望未来，国内晶圆厂资本开支有望持续处于高位，与之配套的测试服务产能有望迎来快速增长。

图表22：国内主流晶圆厂及 IDM 厂商资本开支处于高位



来源：Wind，国金证券研究所

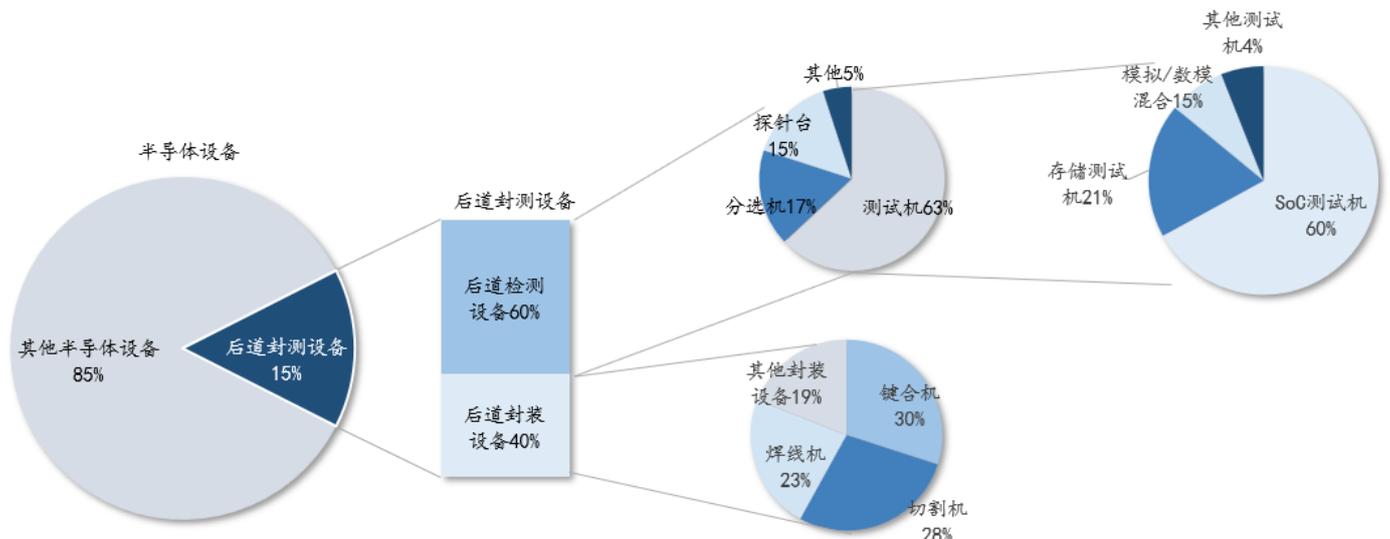
二、测试机：全球市场呈双寡头垄断格局，国产化率提升空间大

1、重要后道检测设备，客户粘性强且盈利水平高

测试机为后道测试设备中最大的细分领域。从结构来看，测试设备中，测试机在 CP、FT 两个环节皆有应用，而分选机和探针台分别仅在设计验证和成品测试环节及晶圆检测环节与测试机配合使用，且测试机研发难度大、单机价值量更高，因此测试机价值量占比最大，达到接近 70%的比例，而分选机、探针台占比分别为 17%、15%。

存储、SoC 测试机，结构占比高、技术难度相对较大。按照测试机所测试的芯片种类不同，测试机可以分为模拟/数模混合类测试机、SoC 测试机及存储器测试机等。模拟类测试机主要针对以模拟信号电路为主、数字信号为辅的半导体而设计的自动测试系统；SoC 测试机主要针对 SoC 芯片即系统级芯片设计的测试系统；存储测试机主要针对存储器进行测试，一般通过写入一些数据之后在进行读回、校验进行测试。在测试机市场空间占比中 SoC、存储器、模拟/数模混合类、其他测试机分别为 60%、21%、15%、4%。

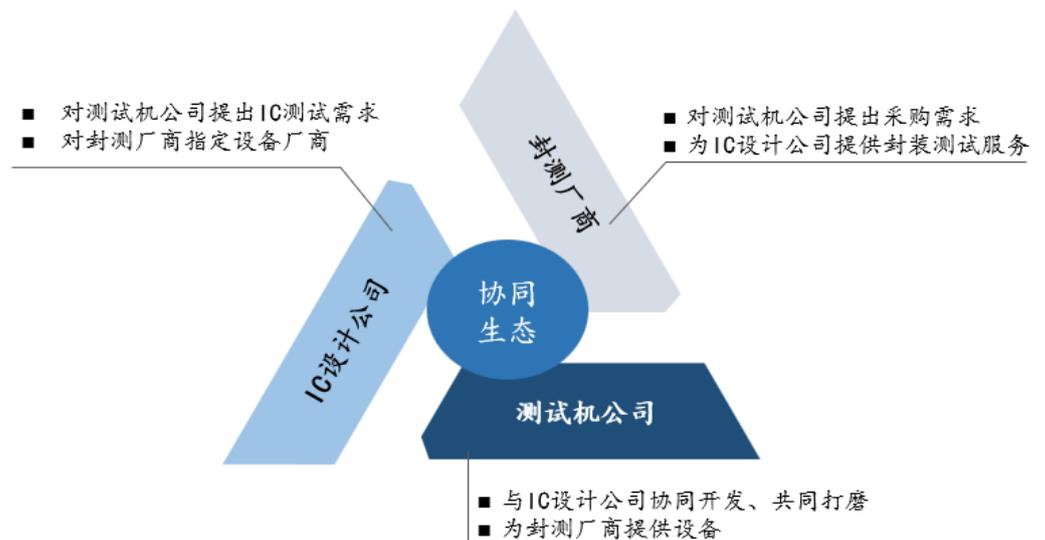
图表23：半导体后道测试设备市场结构



来源：SEMI，国金证券研究所

测试机位于行业流程重要环节，定制化生态增强客户黏性。半导体行业分工细化趋势下，检测设备在产业链上的协同性不断增强，测试机厂商需要进入集成电路设计公司合作体系，承接 IC 设计厂商和封测厂商的需求，针对性、定制化地提供配套设备。测试机厂商与设计厂商往往需要进行联合开发，不断测试打磨产品，长期的默契合作和技术匹配使测试机生产厂商具有较强的定制化能力、稳固的客户资源和较高的行业协同壁垒。

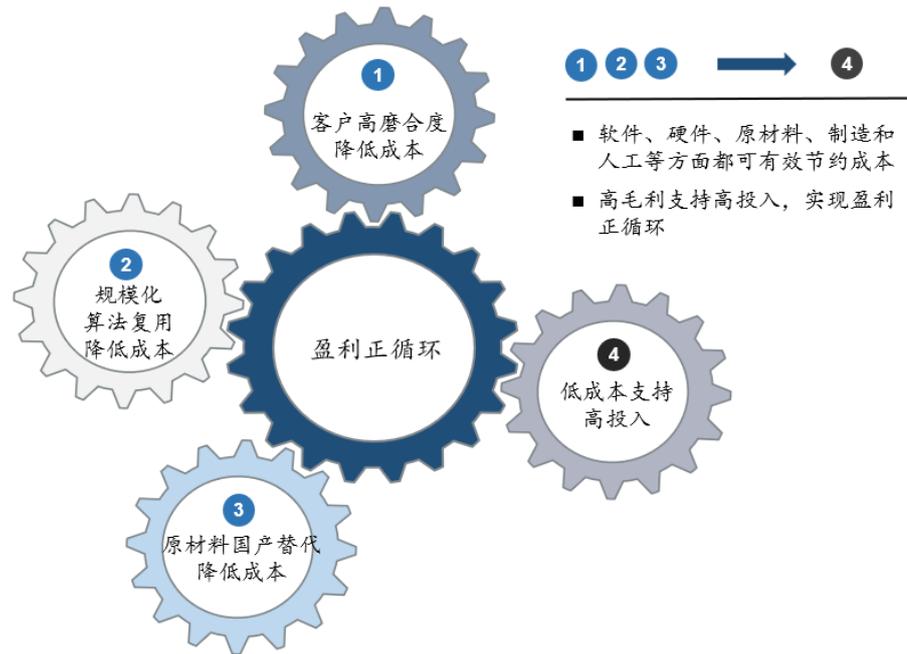
图表24：测试机公司、封测厂商、IC设计公司形成协同生态



来源：国金证券研究所

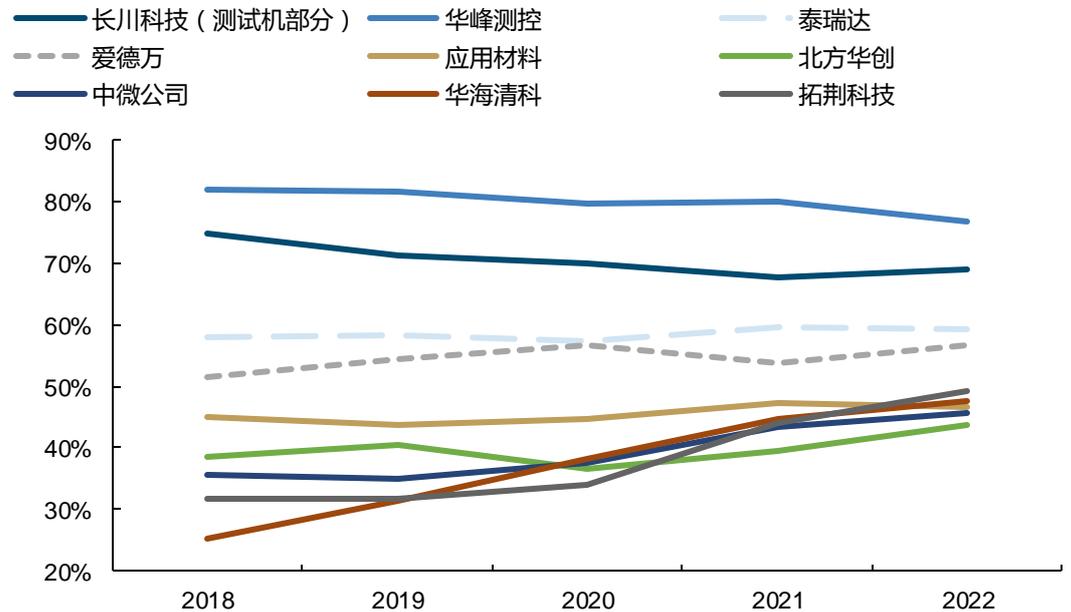
规模化控制成本，高毛利高投入带来盈利正循环。测试机的毛利率水平远高于其他半导体设备，主要原因如下：1) 协同生态带来高客户黏性，客户资源优质稳定，与客户的高磨合度一定程度上缩短了制造周期。2) 已规模化，具备成熟软件算法，在定制化产品时可以算法复用，可维护性强，开发周期缩短，带来更高的生产效率和更低的生产成本，尤其随着产品收入规模提升，算法复用带来的成本降低效应更为显著。3) 材料、元器件国产化推进，相比进口原材料，成本降低毛利率提升。基于以上几点，测试机生产厂商在软件、硬件、原材料、制造和人工等方面都可有效节约成本，获得较高毛利。高毛利可支持高投入，为更深入的技术研发提供了空间，使软件算法、技术人员数量、专利数量都进一步升级，形成持续盈利正循环。

图表25: 高毛利高投入带来盈利正循环



来源: 国金证券研究所

图表26: 测试机公司毛利率高于其他半导体设备公司

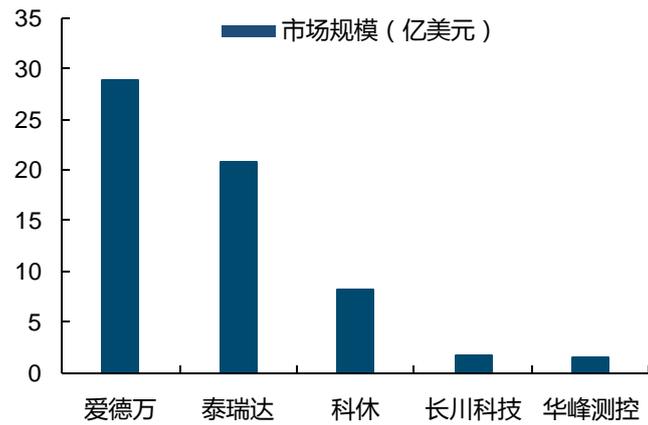


来源: Wind, 各公司官网, 国金证券研究所 (注: 美股公司均使用财年数据)

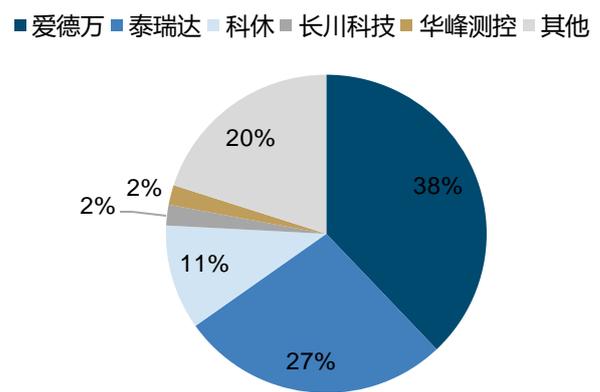
2、模拟及功率测试机已实现初步国产替代, SoC/存储测试机逐步突破

半导体测试设备行业集中度高, 海外双寡头垄断。海外龙头凭借较强的技术、品牌优势在半导体测试设备市场占据领先地位, 2022 年爱德万与泰瑞达测试设备业务占全球半导体测试设备市场份额合计高达 65%, 科休占比 11%, 国产龙头厂商远居其后, 长川科技与华峰测控各自占 2%。半导体测试设备市场形成双寡头垄断局面, 爱德万与泰瑞达两家独大。

图表27: 爱德万、泰瑞达半导体测试设备营收规模领先



图表28: 爱德万、泰瑞达半导体测试设备市场份额达 65%

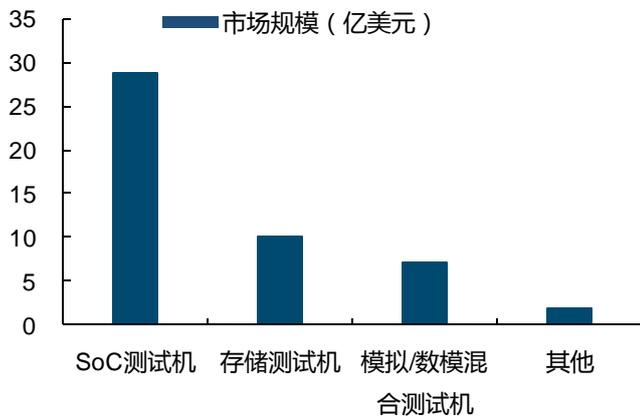


来源: SEMI, 各公司官网, 国金证券研究所 (注: 美股公司均采用财年数据, 按照美元: 人民币=1: 6.98, 美元: 日元=1: 139.7 进行汇率换算)

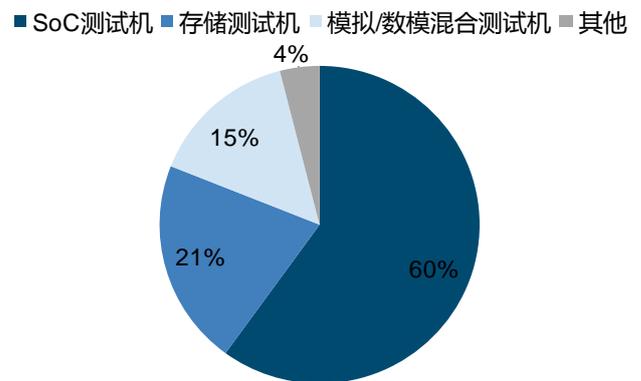
来源: SEMI, 各公司官网, 国金证券研究所

在测试机的细分品类中, SoC/存储测试机市场空间领先于模拟、射频等其他品类测试机。SEMI 估计 2022 测试设备市场空间约为 76.3 亿美元, 据 SoC/存储/数模混合分别占测试机总市场份额的 60%/21%/15%来进行测算, 2022 年全球 SoC 测试机、存储测试机市场空间合计达 38.94 亿美元, 共占测试机市场空间的 81%。模拟/数模混合以及其他测试机市场空间合计约 9.13 亿美元, SoC/存储测试机市场空间是模拟类及其他测试机市场的 4.27 倍, 市场空间遥遥领先, 对国产厂商而言市场拓展潜力大。

图表29: SoC/存储测试机市场空间领先



图表30: SoC/存储测试机市场份额合计占 81%



来源: SEMI, 国金证券研究所

来源: SEMI, 国金证券研究所

模拟测试机价值量小开发难度小, 目前已初步实现国产替代; SoC/存储测试机价值量较高技术难度大, 国产替代空间仍较大。模拟测试机的价格区间在 5-15 万美元, 且技术难度普遍不高, 目前国内华峰测控等公司已实现初步国产替代。SoC/存储测试机价格相对较高且由于引脚数量更多、频率更高、对配套软件算法要求更高等特点, 相比模拟测试机技术难度跃升, 生产厂商需要持续研发以适应不断迭代的高端芯片及新的技术标准和协议, 生产难度大, 研发投入多, 目前国内仅存在部分替代机型, 整体来看还是存在较大国产替代空白。

图表31：不同种类测试机区别对比

测试机分类		测试对象		单芯片 引脚数	主要参数	技术特点和难点	技术难度	价格区 间	国产 化率
模拟 测试 机	分立器 件测试 机	分立器件、 大功率器 件	MOS管、二 极管、三极 管、IGBT元 件等	10个引 脚以内	速度 5-10MHz，向 量深度 8-16MV，调 试工具 1-3种，协 议 1-2种，并测几 十到几百引脚	除 IGBT 等大电压、大电流的测试机 相对有一定难度外普通分立器件测 试对测试软件、算法和工具几乎没有 什么特别要求	除 IGBT 有 一定难度 外，其他都 难度不高	5-15 万 美金	较高
	模拟测 试机	模拟电路	放大器、电 源芯片等	几个至 几十个 引脚		相对测试要求不高，对测试软件、算 法和工具要求不高	难度不高		
	数模混 合测试 机	模拟电路/ 逻辑电路	低端 AD/DA 芯片等	几十个 引脚		对电压和电流的量测较多，几乎不需 要太多的数字通道，只需要最基本的 少量数字通道和矢量，对速度、向量 深度、算法软件和工具要求不高	难度不高		
SOC 测试机		微处理器/ 逻辑芯片/ 通信芯片 等纯数字 或数模混 合/数字射 频混合芯 片	CPU、GPU、 ASIC、DSP、 MCU、CIS、 显示驱动 芯片、高端 AD/DA 芯 片、射频芯 片等	几十至 上千个 引脚	速度 100MHz-1.6GHz、向 量深度 256-512MV、调试工 具 5-10种、协议 100余种、并测几 百到几千引脚	SOC 芯片总体测试要求非常高，对测 试板卡速度、精度、向量深度、种类、 测试方法和算法、调试工具、软件等 要求非常高，且还要求高并测，因此 其硬件系统和软件系统的复杂度和 技术要求极高，需要持续研发以适应 不断迭代的高端芯片及新的技术标 准和协议	难度非常 高	20-150 万美金	较低
存储器测试机		存储器	DRAM、NAND Flash 等存 储芯	几百个 引脚	速度 200MHz-6GHz、向量 深度 256-512MV、 调试工具 2-3种、 协议 2-3余种、并 测几百上万个引脚	DRAM/NAND 测试对测试机要求非常 高，系统、软件、算法、调试工具系 统庞大复杂、对新的 DRAM 标准持续 支持研发投入大，技术难度大，同测 数量要求可达 1024DUT，系统非常昂 贵	难度非常 高	100-300 万美金	极低
射频 (RF) 测 试机		PA/FEM/射 频开关	射频芯片	一般不 超过 10 个引脚	速度 50MHz、向量 深度 8-16MV、调试 工具近 10种、协议 近 20种、并测几十 到上百个引脚	射频板卡 VST TX/RX 需支持最新协议 标准，频率要求高、带宽宽、量测精 度要求高，核心射频板卡研发难度非 常大，但软件和系统方面相对于 SOC 测试机没有那么复杂	难度较高	30-40 万美金	较低

来源：半导体行业观察，国金证券研究所

模拟测试机已初步国产替代，SoC/存储测试机实现大规模国产替代任重而道远。技术难度较低的模拟测试机国内自给率超 85%，已经基本实现自产自销。SoC 测试机方面，国内长川科技、华峰测控、联动科技等厂商已能够量产，在存储测试机领域，精测电子已有涉足。虽然国内厂商相比于海外龙头在规模和技术方面仍有一定差距，在 SoC/存储测试机方面国产替代尚不成规模，还处于起步阶段，但在国产龙头厂商带动下，国产测试机性能在向海外龙头靠近，测试机的国产化进程在不断加速。

图表32: 国内外各大厂商测试机性能指标对比

测试类型	公司	典型设备	电流电压	通道数	时钟频率	数字速率	适用领域
数字	长川科技	D9000	-	最多 1024 个数字通道	-	200Mbps	ADC 和 DAC 等
数模混合	长川科技	CTA8290D	最大电压 1000V, 最大电流 10A	最高 VI 源 352 个通道	100MHz	-	电源管理、霍尔器件、运放、功放、PMIC 及数字功能要求较强的产品
	华峰测控	STS 8200/8300	最大电压 2000V, 最大电流 100A	128/256 路数字通道; 最多可支持 500 多个 VI 通道	-	-	AD/DA、模拟开关、电源管理器件、数字电位计、驱动电路、收发器、压频/频压转换器、采样保持器等
	联动科技	QT-8100/QT-8100HP	最大电压 1000V, 最大电流 40A	最多 224 个模拟通道, 256 个数字通道	100MHz	-	电源管理类、数码消费类、音频类、汽车、节能环保电子类、特殊专用或定制类 IC 以及晶圆测试
	爱德万	T7912	最大电压 2000V	-	-	-	通用逻辑 IC、模拟 IC、光学半导体器件、分立器件等
	泰瑞达	ETS-88	最大电压 1000V, 最大电流 100A	最多 128 个数字通道, 288 个模拟通道	132MHz	-	简单模拟芯片、大功率芯片、汽车电子芯片、音视频芯片、复杂混合信号芯片、SiC/GaN 芯片
	科休	PIN96-64	-	-	200MHz	100Mbps	数字和混合信号
	Chroma	Model 3380	-	1024 个数字通道管脚, 最高 1280	-	-	-
存储	精测电子	存储器晶圆探测自动测试设备	-	9984	400MHz	800Mbps	NOR Flash/NAND Flash/DDR 等存储类器件
	精测电子	存储器最终测试自动测试设备	-	最多 9216PEM I/O 通道和 1728 个 DPS 通道	400MHz	1.6Gbps	覆盖主流存储芯片测试, 测试器件类型包括 NOR/NAND/DRAM/eMMC/eMCP/UFS/uMCP/SSD 等
	爱德万	T5503HS2	-	16256	4.5GHz	8Gbps	新一代 SDRAM 半导体、LP-DDR5 和 DDR5 设备、高带宽存储器
	泰瑞达	Magnum V	-	20480	3.4GHz	1.6Gbps	超高性能快闪存储器及 DRAM 存储器
SoC	精测电子	显示驱动芯片晶圆探测自动测试设备	-	-	1.25GHz	2.5Gbps	应用于 Driver IC 芯片的 CP 测试
	爱德万	V93000	最大电流 500A 或以上	-	-	高速测试板卡支持 32Gbps	IoT 芯片、汽车电子芯片、高集成度多核处理器等芯片
	泰瑞达	Ultra Flex	-	-	-	2.2Gbps	从低引脚数、以模拟为主导的器件到高端处理器等各种规模的器件
	Chroma	Model 3680	-	2048 个数字通道管脚	-	150Mbps, 最高 1Gbps	SOC、MCU、DSP、FPGA、数字音频等

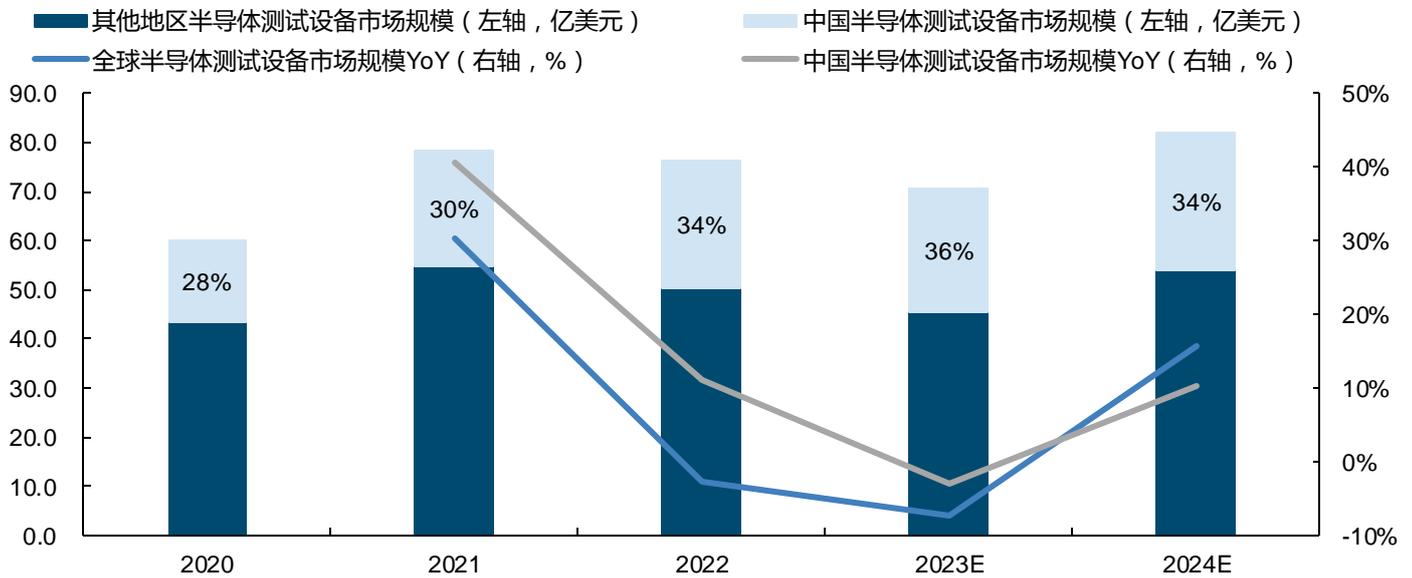
来源: 各公司官网, 国金证券研究所

3、需求侧: 下游需求稳定及国产替代共驱我国半导体测试机市场扩容

受封测厂资本开支下修影响, 全球半导体测试设备市场短期承压, 中国半导体测试设备市场规模占比提升。半导体行业下行周期内, 封测厂资本开支出现明显下滑, 全球半导体测试设备市场规模短期承压, 其中中国半导体测试设备市场规模下滑幅度较小, 占全球市场规模比重提升。据 SEMI 和沙利文公司 2022 年预测数据显示, 2023 年半导体测试设备市场规模有望达 70.7 亿美元, 同比-7.3%; 其中中国半导体测试设备市场规模预计为 25.3

亿美元，同比-3.1%，占比提升至 36%。2024 年市场有望迎来拐点，预计全球半导体测试设备市场规模有望达 81.9 亿美元，同比+15.8%；其中中国半导体测试设备市场规模约为 27.9 亿美元，同比+10.3%，占全球 34%。

图表33：2023 年全球半导体测试设备市场规模有望达 70.7 亿美元，中国半导体测试设备市场占比达 36%



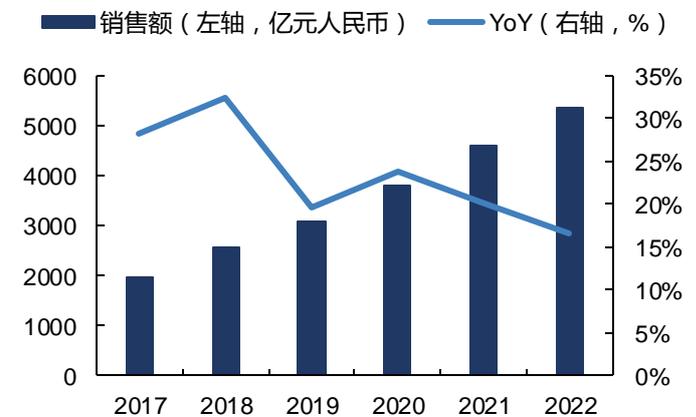
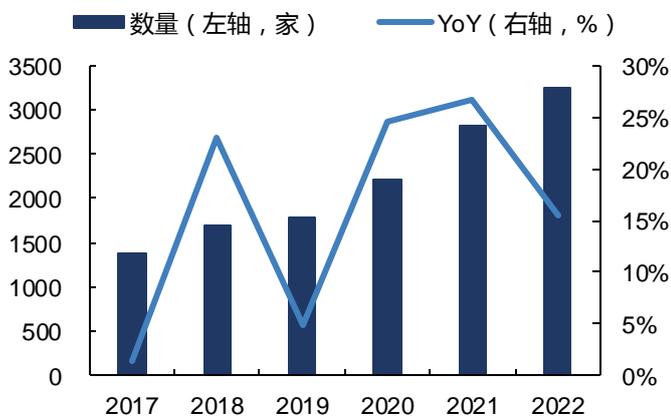
来源：SEMI，沙利文公司，国金证券研究所（注：按照美元：人民币=1：6.98 进行汇率换算）

国产替代进程加速，设计企业和封测厂商共同拉动国产测试机需求。测试设备公司、封测厂商、IC 设计公司已形成协同生态，在国产化率不断提升的大环境下，IC 设计端国产企业数量和规模不断扩大，封测端国产厂商产能密集扩张，两端发力共同驱动我国半导体测试机市场需求扩展。

中国 IC 设计企业数量 and 市场规模不断扩大，带动测试设备市场起量。在设计端，测试机主要用于晶圆样品及芯片封装后样品进行测试及验证，检测样品是否符合设计要求。制造端，设计公司及封测厂会批量采购测试设备进行芯片性能的测试。据中国半导体行业协会数据统计，2022 年中国 IC 设计企业达 3243 家，同比+15.4%，2017-2022CAGR 为 18.6%。2022 年中国 IC 设计企业销售额约 5345.7 亿元，同比+16.5%，2017-2022CAGR 为 22.4%。中国 IC 设计企业的数量和规模都以较快速度持续增长，此趋势将带动测试机市场需求持续扩大。

图表34：2022 年我国 IC 设计企业数量达 3243 家

图表35：2022 年我国 IC 设计企业销售额达 5345.7 亿元



来源：中国半导体行业协会，国金证券研究所

来源：中国半导体行业协会，国金证券研究所

封测企业密集扩产，拉升测试机需求。在封测端，测试机的需求主要来源于封测企业的扩产。近年来我国晶圆厂建设迎来高峰期，国产替代白热化趋势下，下游国产封测厂商密集启动募投，募集资金主要用于芯片测试产能扩充、封测产业化、新建测试中心等项目，建成后企业产能将大幅增加，技术和测试工艺将大幅提升。封测端扩产，各封测厂商加大设备购买以支持产能需求和研发进展，带动测试机的需求浪潮，驱动国产测试机市场快速扩

容。

图表36：2022年度国产封测厂商募资扩产项目情况

公司名称	募投项目	计划投资额	说明	项目达到预定可使用状态日期
长电科技	年产36亿颗高密度集成电路及系统级封装模块项目	26.6亿元	仍在建设过程中	2023年（可能延期）
	年产100亿块通信用高密度混合集成电路及模块封装项目	8.4亿元	部分产线开始小批量验证生产	2023年（可能延期）
华天科技	集成电路多芯片封装扩大规模项目	10.9亿元	仍在建设过程中，建成后将形成年产MCM（MCP）系列集成电路封装测试产品18亿只的生产能力	2023年底
	高密度系统级集成电路封装测试扩大规模项目	10.3亿元	仍在建设过程中，达产后将形成年产SiP系列集成电路封装测试产品15亿只的生产能力	2023年底
	TSV及FC集成电路封测产业化项目	9亿元	仍在建设过程中，达产后将形成年产晶圆级集成电路封装测试产品33.60万片、FC系列产品4.8亿只生产能力	2023年底
	存储及射频类集成电路封测产业化项目	13.8亿元	仍在建设过程中，达产后将形成年产BGA、LGA系列集成电路封装测试产品13亿只生产能力	2023年底
通富微电	高性能计算产品封装测试产业化项目	4.6亿元	仍在建设过程中，建成后年新增封装测试高性能产品3.216亿块生产能力，其中FCCSP系列3亿块，FCBGA系列2160万块	2025年12月
	5G等新一代通信用产品封装测试项目	0.156亿元	仍在建设过程中，建成后年新增5G等新一代通信用产品24.12亿块生产能力	2025年12月
	功率器件封装测试扩产项目	0.491亿元	仍在建设过程中，建成后年新增功率器件封装测试产能14.496亿块生产能力	2025年12月
华岭股份	临港集成电路测试产业化项目	4.2亿元	仍在建设过程中，达产后公司将新增测试设备83套，测试产能相比2021年度增长71.75%	2024年12月31日
利扬芯片	芯片测试产能建设项目	3.18亿元	已建成投产	2022年12月
气派科技	高密度大矩阵小型化先进集成电路封装测试扩产项目	3.18亿元	仍在建设过程中，建成后将新增封装测试产能16.1亿只/年	2024年6月
甬矽电子	高密度SiP射频模块封测项目	11亿元	仍在建设过程中，达产后，每月将新增14,500万颗SiP射频模块封测产能，公司系统级封装制程能力将进一步增强	2023年12月
伟测科技	无锡伟测半导体科技有限公司集成电路测试产能建设项目	4.9亿元	仍在建设过程中，拟新增测试设备12余台，配置相关生产、测试设备及厂房装修，提高公司集成电路测试服务的效率和交付能力	2023年10月
	集成电路测试研发中心建设项目	0.73亿元	仍在建设过程中	2023年11月
汇成股份	12吋显示驱动芯片封测扩能项目	9.7亿元	仍在建设过程中，达产后，公司12吋晶圆凸块制造、晶圆测试、玻璃覆晶封装与薄膜覆晶封装产能将大幅提升	2024年

来源：各公司官网，国金证券研究所

三、探针卡：晶圆与测试机连接者，自给率低，国产替代大有可为

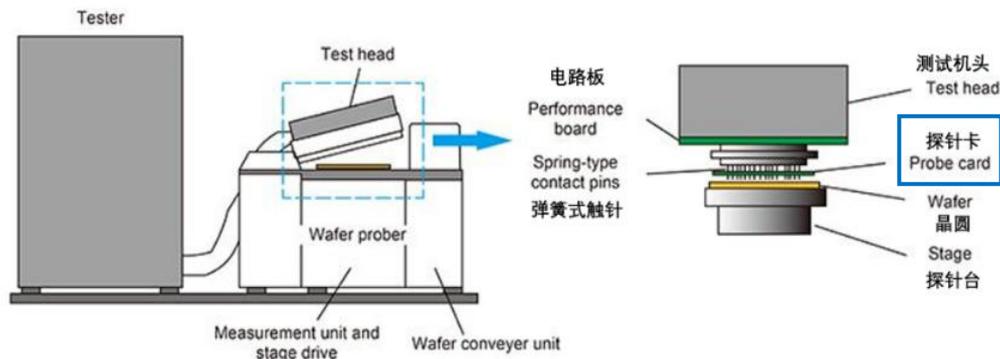
1、探针卡是晶圆测试的核心耗材，MEMS探针卡已逐渐成为主流

探针卡是半导体晶圆测试中被测芯片和测试机之间的接口，被认为是测试设备的“指尖”，是晶圆测试的核心耗材。晶圆测试时，被测对象安置于探针台之上，然后用探针卡上的探针与芯片上的pad（焊垫）或Bump（凸块）直接接触，使得测试机和芯片直接进行信号通

讯，并将被测器件中的反馈信号传输回测试机，从而完成测试机对芯片的参数测试。

探针卡属于定制器件，不具备通用性，但使用寿命相对较长，因而具备设备和耗材的双重属性。每一种芯片的引脚排列、尺寸、间距变化、频率变化、测试电流、测试机台有所不同，都需要供应商根据芯片设计公司提供的输入信息进行探针卡的定制化设计，以满足特定产品的测试需求。所以随着芯片产品型号增加、产量增长，晶圆测试需求增加，对探针卡的消耗量也将成倍增长。

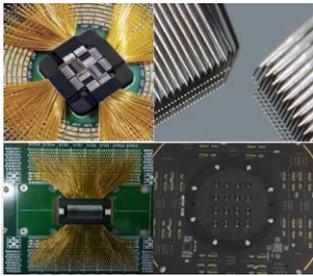
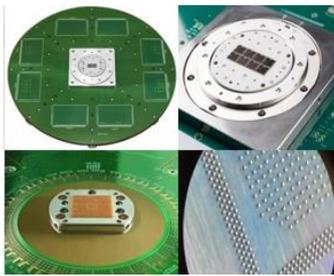
图表37：探针卡是晶圆测试的核心耗材



来源：HIOKI，国金证券研究所

MEMS（微机电系统）探针卡优势显著成为主流。随着技术的迭代发展，探针卡已从悬臂式探针卡、垂直式探针卡发展进入 MEMS 探针卡时代。传统探针是通过特定合金进行拉丝工艺得到的，使用传统方法难以得到一致性良好的微米直径级别的材料。使用 MEMS 制造技术可制作出微米级结构的 MEMS 探针用于探针卡，这一创新技术打破传统工艺的限制。此外，MEMS 探针卡可以实现整个晶圆的同测，避免了反复测试对晶圆的伤害。MEMS 探针卡凭借高密度细间距的阵列排布、满足整个晶圆同测、可测试超高频、吞吐量、测试可靠性高等优势，逐渐成为探针卡的主流应用。

图表38: MEMS 探针卡相比悬臂式探针卡、垂直式探针卡优势显著

	悬臂式探针卡	垂直式探针卡	MEMS 探针卡
示意图			
介绍	以悬臂针为主要材料, 绝大部分工序需要复杂的结构设计, 可以应用于所有的 IC 产品上, 但受工艺限制, 只能解决线性 PAD 结构及少量 SITE 同测	探针同 PCB 板垂直, 且在垂直方向上有一定的弹性, 以解决阵列 PAD 结构为主; 探针和探针之间的间距可以非常小, 可多 SITE 同测; 受产品结构限制, PITCH 不能太小	以 MEMS 探针为主要材料, 主要目的是解决整个晶圆同测, 即 1T/D, 需要高精密的微机电制程
构成	探针/陶瓷针环/PCB, 不使用 MLC (多层陶瓷空间转换基体)	探头 (陶瓷外壳+垂直引脚)/空间转换基体 (MLC or MLO)/PCB/补强板	探针/空间转换基体 (MLC)/PCB/补强板
制造过程	由成熟的作业者手工高精度组装而成	三维设计与微米级制造设备	在 12 寸晶圆上生长出探针, 然后剥离、切割、焊接到陶瓷基板上
应用场景	各类芯片	逻辑芯片	逻辑、存储、CIS 芯片等
针数	2000 针以下	2000-10000 针	10000-150000 针
应用制程	45nm 以上	28nm 以上	28nm 以下
测试频宽	高频 400-800MHz	超高频可达 20GHz	超高频
同测能力	少量 SITE 同测	多 SITE 同测	整个晶圆同测
吞吐量	低	中	高
测试可靠性	底	较好	良好
组装难度/维修难度	易/易	中/中	高/高
产品价格	低	较低	高

来源: 产业调研, 国金证券研究所

2. 5D/3D MEMS 探针卡相比 2D MEMS 探针卡更匹配先进制程测试需求。随着半导体工艺的发展, 芯片上焊垫尺寸减小、数量增加, 焊盘金属层和 low-k (低介电常数材料) 层间介质层变薄, 芯片结构转向 2.5D、3D, 进一步要求在晶圆测试环节采用尺寸和接触力较小的探针。2.5D/3D MEMS 探针卡通过将硅材料加工成 3 维结构并进行密封, 使之便于安装和组装, 并具有精度高、单位体积小、功耗低的特点。相比于 2D MEMS 探针卡, 2.5D/3D MEMS 探针卡拥有更高的空间分辨率, 能够在垂直方向进行运动和测试, 可以处理多层次结构芯片的测试, 功能性更强, 灵活性更高, 更能有效匹配先进制程芯片的测试需求。

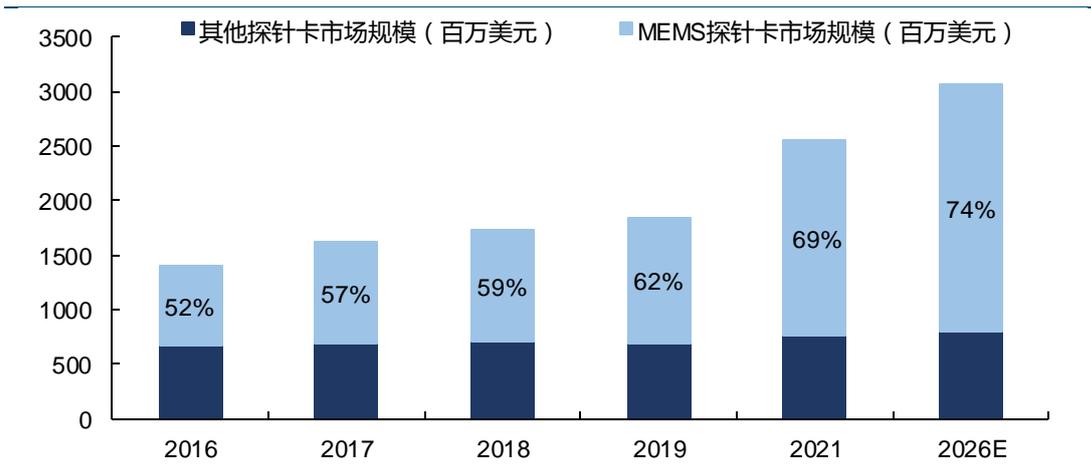
图表39: 2D MEMS 探针卡与 2.5D/3D MEMS 探针卡参数比较

	2D MEMS 探针卡	2.5D/3D MEMS 探针卡
结构	整齐排列在一个平面上	采用多种不同针型, 因此探针出现了不在一个平面上的现象, 形成了多维度的视觉
焊点	探针的下方, 集中一个焊点上	焊点为多个
工艺难度	较易	较难
探头尖端形状/尺寸	方杆 (10x10>20um)	截锥 (6x6-25x25um)
尖端放置精度	+/-5um	+/-5um
尖端材料	PA-11	PA-11
最大超程	250um	150um
弹簧体-宽度	固定 35-50um	锥形 - 更坚固
焊垫间距	>70um	>50um
布局能力	70um	60um
尖端磨损是否导致尖端尺寸增长	否	是
使用寿命	中等	长
探针是否可替换	部分可替换	是
空间分辨率	平面	除平面外可在垂直方向提供准确的测量

来源: Form Factor, 国金证券研究所

MEMS 探针卡市场规模整体快速成长、占比越来越大。先进制程的推进, 叠加 Chiplet 要求晶圆测试由抽检变成全检对前道探针带来的增量需求, 共同驱动探针卡市场不断扩展, 打开 MEMS 探针卡的市场空间。根据 VLSI Research 的数据显示, 2021 年探针卡市场规模达 23.70 亿美元, 其中 MEMS 探针卡市场规模成长迅速, MEMS 探针卡 2021 年市场规模达 16.38 亿美元, 2016-2021CAGR 为 17.85%, 占探针卡总份额从 2016 年 52% 扩张至 2021 年 69%, 一跃成为探针卡领域最大细分市场。VLSI Research 预计 MEMS 探针卡将持续受益于半导体产能扩张, 有望继续保持快速成长, 2026 年 MEMS 探针卡市场规模将有望达 22.56 亿美元。

图表40: MEMS 探针卡市场规模成长快、比重大



来源: VLSI Research, 国金证券研究所

2、探针价值量占比高, 是探针卡最关键的组成部分

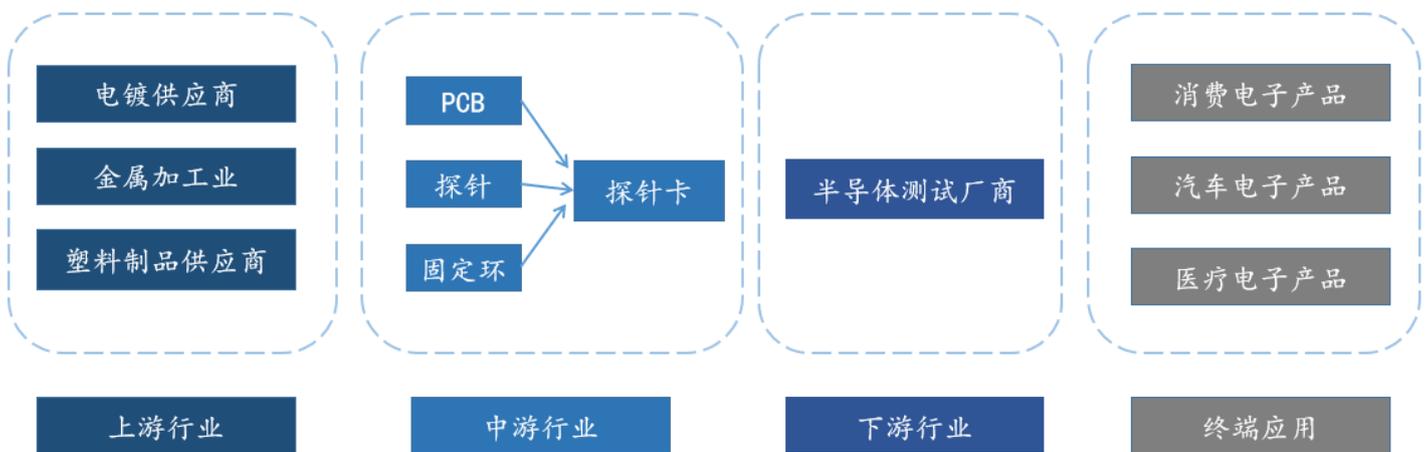
探针卡主要由 PCB、探针、MLC/MLO 陶瓷基板等构成, 探针卡中价值量最大的是探针。PCB 板主要用于承载探针, 为确保针距不发生较大位移, 依据应用环境选用不同的材料 (包括金属片、陶瓷片、环氧树脂及垂直头等), 将探针固定于 PCB 板。探针的价值量占到探针卡总成本的近五成。

图表41: 探针卡断面结构图



来源: 中国集成电路, 国金证券研究所

图表42: 探针卡产业链



来源: 和林微纳招股书, 国金证券研究所

目前国内测试探针的主要生产厂商是和林微纳, 其生产的探针已成功进入海外龙头厂商英伟达。和林微纳的半导体芯片测试探针系列产品主要包括半导体芯片测试探针深抽拉套筒产品、射频芯片测试一体化探针、高频高速 50GHz 测试探针以及组件及引脚 0.15pitch 及以下微型测试探针等。和林微纳目前生产的探针主要使用在 FT 测试, CP 测试的探针公司尚处于研发阶段, 并未量产。

图表43: 和林微纳已量产的用于 FT 测试的弹簧探针



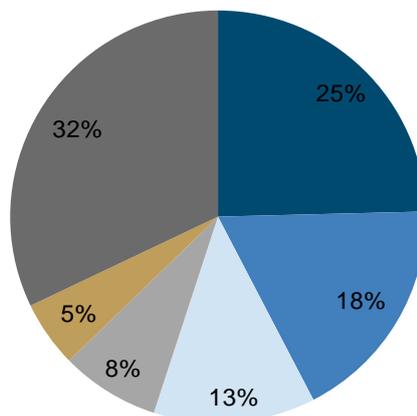
来源: 和林微纳公司官网, 国金证券研究所

3、竞争格局相对集中，国产化率极低

探针卡竞争格局相对集中，海外巨头垄断。海外厂商进入探针卡领域较早，研发技术较为领先，全球绝大多数探针卡市场被海外厂商占据。2021 年全球前五大厂商共掌握探针卡市场 68% 份额，其中 Form Factor 约占全球 25% 市场份额，为全球第一大探针卡生产商，Technoprobe 凭借 18% 的市场份额紧随其后。

图表44：2021 年全球前五大厂商共掌握探针卡市场 68% 份额

■ From Factor ■ Technoprobe ■ Micronics Japan ■ JEM ■ MPI ■ 其他



来源：Yole, 国金证券研究所

图表45：前十大主流探针卡厂商

序号	企业名称	国家	公司简介	2022 年营收
1	Form Factor	美国	成立于 1993 年，收购 MicroProbe、Cascade Microtech，成为稳居全球第一的探针卡厂商	7.48 亿美元
2	Technoprobe	意大利	成立于 1993 年，2019 年收购 Microfabrica	
3	MJC	日本	成立于 1970 年，日本东京主板上市公司，2021 年在中国大陆设立麦克芯微电子（嘉兴）有限公司	443.21 亿日元
4	JEM	日本	成立于 1960 年 4 月，曾生产出全世界第一张探针卡	207.81 亿日元
5	旺矽科技（MPI）	中国台湾	成立于 1995 年 7 月，2021 年收购美国 Celadon	74.39 亿新台币
6	Korea Instrument	韩国	成立于 1996 年 6 月，产品主要面向存储器及 LSI 集成电路	1060.01 亿韩元
7	Nidec SV TCL	日本	日本电产集团旗下子公司，2017 年收购新加坡 SV Probe	
8	TSE	韩国	公司成立于 1994 年，是韩国的半导体测试设备厂商，提供 FLASH、DRAM、MCP 多晶片封装、LED 测试解决方案，以及提供探针卡与插座等测试产品	2243.61 亿韩元
9	Will Technology	韩国	成立于 2001 年，产品主要面向非存储器市场	
10	Protec Mems Technology	韩国	成立于 2004 年 5 月，产品覆盖存储器和非存储器领域，原名 Microfriend，2023 年 4 月更名为 Protec Mems Technology	382.44 亿韩元

来源：各公司官网，国金证券研究所

四、投资建议

根据前述,受益于 IC 产能回流国产化率提升及芯片高端化趋势对半导体测试行业的拉动,建议积极关注第三方测试厂商(伟测科技、利扬芯片),半导体测试设备厂商(长川科技、华峰测控、华兴源创、金海通、联动科技、矽电股份(未上市)、深科达、悦芯科技(未上市)),半导体测试环节所需核心耗材厂商(和林微纳、强一半导体(未上市)、道格特(未上市))。

伟测科技:公司是大陆领先第三方芯片测试服务企业。公司以中高端晶圆及成品芯片测试为核心,积极拓展工业级、车规级及高算力产品的测试能力,测试的产品广泛应用于通讯、计算机、汽车电子、工控、消费电子等领域。公司 2022 年实现营收 7.33 亿元,同比增长 48.64%,归母净利润为 2.43 亿元,同比提升 84.09%。公司主营业务分为 CP 和 FT 测试,公司 22 年 CP 测试营收占比达 57.57%,FT 测试营收占比为 38.26%,公司 CP 测试营收占比高于华岭股份及利扬芯片。公司成立时间晚,后发优势聚焦高端产品测试,公司进口的高端机台设备数量多、测试技术指标领先另外两家上市公司。客户方面,公司客户覆盖紫光展锐、中颖、北京君正、卓胜微、中芯国际等头部厂商。公司业绩增速行业领先,22 年实现归母净利润同比大幅提升,而另外两家上市公司利扬和华岭 22 年归母净利润同比都有所下降。

利扬芯片:公司是国内最大的第三方芯片测试服务公司之一。公司成立于 2010 年,自成立以来,公司一直专注于集成电路测试领域,目前公司产品主要应用于通讯、计算机、消费电子、汽车电子及工控等领域,工艺涵盖 3nm、5nm、8nm、16nm 等先进制程。公司 2022 年实现营收 4.52 亿元,同比增长 15.65%,归母净利润为 0.32 亿元,同比下降 69.75%。公司覆盖 CP 和 FT 测试,FT 占比较高。公司 22 年 CP 测试营收占比为 33.83%,FT 测试营收占比为 62.08%。公司目前客户包括汇顶科技、全志科技、国民技术、东软载波、博通集成、比特微、西南集成、中兴微、智芯微、紫光同芯、集创北方、博雅科技、华大半导体等。

长川科技:公司是平台型后道检测设备公司,产品覆盖测试机、分选机、探针台以及 AOI 检测设备。1) 测试机:公司模拟测试机已达领先水平,具备市占率提升、持续扩张的条件;数字测试机市场规模约为模拟测试机 6-7 倍,国产化率较低,公司前瞻性布局多年,有望放量打开成长空间。2) 分选机:公司是本土稀缺供应商,2023 年收购长奕科技(核心资产为 EXIS)过会,实现重力式、平移式和转塔式分选机全覆盖,夯实核心竞争力。3) 探针台:已成功开发一代产品 CP12,募投项目重点加码探针台,2023 年有望进一步贡献业绩增量。4) AOI:2019 年公司并购新加坡 STI,STI 可为公司探针台等产品在光学领域技术难题的突破提供有力支持,STI 与德州仪器、安靠、三星、日月光、美光、力成等多家国际 IDM 和封测厂商建立了长期稳定的合作关系,为公司进入国际知名半导体企业的供应体系提供了有力支持。公司 2022 年实现营收 25.77 亿元,同比增长 70.49%,归母净利润为 4.61 亿元,同比增长 111.28%。

华峰测控:公司是国内模拟测试机龙头公司,在模拟、数模混合测试机领域已基本实现国产替代。根据半导体行业观察数据显示,2021 年我国模拟测试机国产化率已接近 85%,其中华峰测控占据近 50%市场份额,长川市占率约 28%。1) 公司 STS8200/8300 平台拓展性强,STS8300 切入 SoC 测试领域。目前,公司 STS8300 测试机测试范围从传统模拟拓展到数模混合、功率及 SoC 等领域。SoC 测试机市场空间更大,打开公司成长空间。2) STS6100 覆盖各类数字电路测试功能,公司成功切入存储测试机领域。数字 IC 测试系统每个管脚都有独立测试资源,与数字电路测试系统相比,存储器测试系统还包含某些特定功能测试模块,故常采用内存测试系统进行并行测试。STS6100 可用于存储器测试,相较于通用数字测试机功能更加丰富,进一步打开公司成长天花板。公司 2022 年实现营收 10.71 亿元,同比增长 21.89%,归母净利润为 5.26 亿元,同比增长 19.95%。

华兴源创:面板检测龙头公司,SoC 测试机未来可期。1) 公司主营业务包括消费电子检测及自动化设备、半导体检测设备制造、新能源汽车及其他检测设备,2022 年收入占比分别为 65%、24%、11%,2022 年公司收入为 23.2 亿元、同增 14.8%,归母净利为 3.3 亿元、同增 5.4%。2) 公司是 AMOLED 检测设备领军者,在中后端(成盒 Cell 及模组 Module 制程段)检测设备份额达 32%,此外公司在 MiniLED、Micro-LED 及 Micro-OLED 三条技术路线技术储备丰厚,并在 2022 年获得下游客户索尼、终端北美 A 客户首条 Micro-OLED 产线检测设备订单,目前是终端客户在 Micro-OLED 系列产品检测设备的唯一供应商。3) 2022 年公司半导体设备收入为 5.7 亿元、同增 36%,公司半导体测试设备以标准设备为主、非标设备为辅,标准设备定位于 SOC 测试机、射频专用测试机、SIP 等先进系统封装模块测试机。其中公司自主研发的 ATE 架构 T7600 系列测试机频率达 400MHZ,技术参数已达业内公认中档 SOC 测试机水平,直接对标泰瑞达的 J750。4) 新能源领域,公司主要客户

为北美 T 公司，产品覆盖域控制器等小电流、低电压零部件测试，积极布局 ADAS 传感器（激光雷达、传感器、摄像头等）的生产测试设备。

金海通：国产分选机领军公司，三温分选机已实现突破。1) 技术指标层面，公司分选机温度范围、每小时产出等性能已满足中高端场景需求，同时性价比优势突出，客户方面公司已与通富微电、长电科技、安靠、博通、瑞萨科技等一线客户。2) 三温分选机方面，公司已实现温控技术的突破，三温分选机有望迎来批量出货。工业&车规级芯片常用于恶劣复杂工况下，其可靠性考核过程中必须进行三温测试。随着高端芯片市场规模扩大，三温测试分选机有望成主流。公司三温分选机，核心温控模块系自研，突破了高低温测试、转移制冷、回温等技术，分选机温度范围、温控精度、温度稳定性均达国际领先水平。公司目前已推出 9000 系列三温产品，有望带动业绩高增。3) 产能方面，公司拟投 5.5 亿建设半导体测试设备零部件制造及整机制造基地。项目达产后，公司设备零配件及组件需求将得到保障，零部件自制比例有望提高；分选机年产能将新增 500 台，保障公司业绩快速增长。公司 2022 年实现营收 4.26 亿元，同比增长 1.39%，归母净利润为 1.54 亿元，同比增长 0.14%。

联动科技：公司是国产半导体分立器件测试设备核心标的。公司目前以半导体分立器件测试设备为主，具体包括：功率半导体分立器件测试系统和小信号器件高速测试系统，涵盖了低、中、高功率半导体的测试，同时公司也在模拟芯片和数模混合芯片的封装测试领域也形成了一定的销售收入，此外公司还有一部分半导体激光打标设备，下游客户均为半导体封装企业，如安森美、通富微电、华天科技、长电科技等。公司 2022 年实现营收 3.5 亿元，同比增长 1.92%，归母净利润为 1.26 亿元，同比下降 1%。

和林微纳：公司是国内探针核心标的，生产的 FT 测试探针已进入英伟达、英特尔、博通等海外龙头公司产业链。1) 公司 2022 年实现营收 2.88 亿元，同比下降 22.06%，归母净利润为 0.38 亿元，同比下降 63.11%。公司主营业务可分为 MEMS 精微电子零部件及半导体芯片测试探针两部分，2022 年分别占总营收的 52.55%/42.10%。2) 半导体测试探针：首先，公司是国内探针领域稀缺标的，该领域国产化率极低，国产替代空间大。其次，公司产品已成功切入多家海外龙头厂商，反映出公司强技术实力及研发能力的特点。展望未来，公司 FT 测试探针有望随老客户份额的提升及新客户的导入而进一步放量。此外，公司积极进行 CP 测试 MEMS 探针的研发，有望为公司打开长期成长天花板。3) MEMS 精微零部件：此板块业务受宏观经济及消费电子下行周期影响，业绩短期承压。展望未来，伴随经济形势回暖，消费电子需求有望逐步复苏，加之压力传感器、光学传感器零部件进入放量期，公司 MEMS 精密零部件收入及毛利均有望企稳回升。

五、风险提示

半导体行业周期下行的风险：半导体行业与宏观经济形势密切相关，且具有周期性特征。半导体下行周期中，受景气度下滑的影响，各厂商资本开支会有所下修，对半导体测试的需求会整体减少。

中美贸易摩擦和美国收紧技术出口管制的风险：若美国继续收紧对设备、材料和 EDA/IP 等美国技术的出口管制，行业发展或面临一定的不确定性。

竞争格局恶化的风险：后道环节相对壁垒较低，测试设备有较多新进入玩家，面临竞争格局恶化的可能性。若市场格局恶化且没有很强的核心竞争力，会对业绩造成比较大的影响。

行业投资评级的说明：

- 买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
- 增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
- 中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
- 减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-60753903	电话：010-85950438	电话：0755-83831378
传真：021-61038200	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	传真：0755-83830558
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮编：100005	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	地址：北京市东城区建内大街 26 号	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号	新闻大厦 8 层南侧	地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心
紫竹国际大厦 7 楼		18 楼 1806