

## 半导体检测设备深度报告

# 大道至“检”，“测”助功成

推荐（维持）

## 主要观点

### ❖ 半导体检测是提高产线良率、提高竞争实力的关键

半导体检测贯穿于产品生产制造流程始终，产品小组通过分析检测数据确保产品工艺参数符合设计需求，并用以确定问题来源，及时采取修正措施，从而达到减少缺陷、提升产线良率的目的。良率的提升直接影响厂商的生产成本和订单获取能力，半导体检测虽不直接参与生产，却是厂商市场竞争能力的关键影响因素。

### ❖ 前道量检测监控工艺流程，后道检测确保产品质量

检测工艺根据所处的环节主要有前道量检测和后道检测两类。前道量检测位于晶圆制造环节，可进一步细分为量测与检测，量测用于测量产品的制成尺寸和材料性质，确保其符合设计要求，检测用于识别并定位产品表面存在的各类缺陷。通过对制造流程的实时监控，可及时发现问题、锁定问题来源，进行工艺改进。

后道检测细分为 CP 测试与 FT 测试。CP 测试位于封装环节前，确保性能合格的产品才会进行封装，以节省不必要的封装成本。FT 测试位于封装环节后，根据产品是否正常工作进行取舍，并根据测试结果进行产品分类。

### ❖ 检测设备市场空间广阔，市场由海外巨头垄断

我们预计 2018 年前道量检测设备、后道检测设备市场空间分别达到 58 亿美元、56.5 亿美元，且随着半导体整体市场销售额的不断提升，设备需求将同步保持增长态势，新下游需求、新工艺的发展也不断扩大检测设备的市场需求。

目前检测设备市场由海外巨头垄断，前道量检测设备 KLA 一家独大，占据 52% 市场份额；后道检测设备中，爱德万、泰瑞达占据测试台 90% 份额，分选机、探针台市场海外寡头也占据 60% 以上市场空间。

### ❖ 国内企业厚积薄发，晶圆产线建设潮带来设备国产化黄金机会

上海睿励是前道量检测设备国内领军企业，产品已获得三星电子重复订单，并获得长江存储青睐。长川科技则在后道检测设备测试台、分选机领域实现了规模化的国产替代，探针台产品也已获得多项技术突破，有望填补国内空白。精测电子则凭借在面板检测领域的深厚积累，积极布局半导体检测。

中国大陆正迎来半导体晶圆产线建设潮，目前已投建产线已带来 460 亿前道量检测设备需求，并有望带动 450 亿后道检测设备需求空间，规划产线的持续落地有望进一步提升需求天花板，此次产线建设潮料将是实现设备国产化替代的黄金机会。

### ❖ 推荐标的

**长川科技**：后道检测设备领军企业，已实现规模化进口替代。**精测电子**：面板检测设备龙头，联手海外巨头进军半导体检测。同时建议关注**上海睿励**：国内前道量检测设备龙头，产品进入三星、长江存储产线。

### ❖ 风险提示：半导体行业发展不及预期，设备国产化进度不及预期。

## 华创证券研究所

### 证券分析师：李佳

电话：021-20572537  
邮箱：lijia@hcyjs.com  
执业编号：S0360514110001

### 证券分析师：鲁佩

电话：021-20572564  
邮箱：lupei@hcyjs.com  
执业编号：S0360516080001

### 证券分析师：赵志铭

电话：021-20572557  
邮箱：zhaozhiming@hcyjs.com  
执业编号：S0360517110004

### 证券分析师：姜湘虹

电话：021-20572552  
邮箱：louxianghong@hcyjs.com  
执业编号：S0360518050003

### 联系人：吴炜烨

电话：021-20572567  
邮箱：wuweiyue@hcyjs.com

## 行业基本数据

		占比%
股票家数(只)	319	9.03
总市值(亿元)	19,027.31	3.37
流通市值(亿元)	13,537.28	3.36

## 相对指数表现

%	1M	6M	12M
绝对表现	3.16	-23.92	-22.3
相对表现	0.3	-4.29	-16.91



## 相关研究报告

《机械行业 2018 第 28 周周报：国务院加强城市轨道交通管理，半导体设备销售额将达 627 亿美元》  
2018-07-15  
《国常会靴子落地，轨交重回正轨，工程机械继续受益》  
2018-07-25

# 目 录

一、检测工艺是集成电路产线的重要环节 .....	7
（一）检测工艺可分为设计验证、前道量检测和后道检测 .....	7
（二）检测是芯片厂商提高良率、降低成本、提高竞争实力的关键 .....	8
二、前道量检测监控加工工艺，KLA 一家独大傲视群雄 .....	9
（一）前道量检测贯穿晶圆制造环节始终，是芯片生产线的“监督员” .....	9
（二）量测是验证晶圆加工后应该呈现的结果 .....	10
（三）检测是寻找晶圆加工后不应该呈现的结果 .....	11
（四）前道量检测设备种类繁多 .....	12
（五）前道检测设备市场空间巨大，KLA 一家独大垄断市场 .....	14
1、前道量检测设备空间达 58 亿美元 .....	14
2、KLA-Tencor：前道检测设备绝对龙头，垄断半导体前道量检测设备市场 .....	15
3、新兴行业、工艺进步共同推动前道量检测设备需求增长 .....	17
三、后道检测验证产品质量，海外寡头垄断各细分市场 .....	19
（一）后道检测工艺是芯片生产线的“质检员” .....	19
1、CP 测试确保只有正常工作的芯片才会进入封装环节 .....	19
2、FT 测试确保只有性能合格的产品才会最终流入市场 .....	19
（二）后道检测主要设备：测试台、探针台、分选机 .....	20
1、测试台：芯片功能与性能的检测设备 .....	20
2、探针台：运用于 CP 环节晶粒与测试台的连接 .....	21
3、分选机：根据测试结果对产品进行筛选与分类 .....	22
（三）后道检测以 SoC 和存储器产品为主要标的 .....	23
1、SoC 和存储器测试台销售占比超过 80% .....	23
2、SoC 芯片：芯片未来发展的主流趋势 .....	24
3、存储器：集成电路最大的业务板块 .....	24
（四）后道检测设备市场空间巨大，国外寡头垄断市场 .....	25
1、后道检测设备整体市场空间将达到 56.5 亿美元，测试台需求将会继续增长 .....	25
2、泰瑞达：测试台整体市场份额第一，营收居行业首位 .....	26
3、爱德万：存储器测试台龙头企业，强势进军 SoC 市场 .....	29
4、东京精密：探针台细分市场领导者 .....	33
四、国内企业蓄势待发，星星之火可以燎原 .....	35
（一）大陆晶圆产线建设潮带来巨大的设备国产化空间 .....	35
（二）长川科技：国内后道检测设备领头羊 .....	36

（三）上海睿励：国内前道量检测设备的希望 .....	38
（四）精测电子：面板检测设备龙头，进军半导体检测产业 .....	39
五、风险提示 .....	40

# 图表目录

图表 1	检测工艺流程图.....	7
图表 2	前、后道检测工艺简介.....	8
图表 3	检测工艺控制良率流程图.....	8
图表 4	前道量检测分类及主要技术.....	9
图表 5	前道量检测特点对比.....	10
图表 6	前道量检测工艺全景图.....	10
图表 7	无图形晶圆与有图形晶圆示意图.....	12
图表 8	前道量检测标的、设备及原理.....	12
图表 9	椭偏仪实物图.....	13
图表 10	四探针设备实物图.....	13
图表 11	热波系统实物图.....	13
图表 12	相干探测显微镜实物图.....	13
图表 13	光学显微镜实物图.....	14
图表 14	扫描电子显微镜实物图.....	14
图表 15	半导体前道量检测设备销售额（单位：亿美元）.....	15
图表 16	前道量检测设备厂商市场份额汇总.....	15
图表 17	KLA-Tencor 部分展品实物图.....	15
图表 18	KLA-Tencor 营业收入（单位：亿美元）.....	16
图表 19	KLA-Tencor 盈利能力（单位：亿美元）.....	16
图表 20	KLA-Tencor 设备收入（单位：亿美元）.....	16
图表 21	KLA-Tencor 服务收入（单位：亿美元）.....	16
图表 22	KLA-Tencor 研发费用指出（单位：亿美元）.....	17
图表 23	KLA-Tencor 全球布局网络图.....	17
图表 24	全球半导体销售额（单位：千亿美元）.....	18
图表 25	全球半导体产品和设备销售额（单位：亿美元）.....	18
图表 26	晶圆工艺密度随制程缩小急剧增加（单位：MTr/mm <sup>2</sup> ）.....	18
图表 27	晶圆片加工成本随制程缩小快速提升（单位：美元）.....	18
图表 28	CP 测试晶圆喷墨示意图.....	19
图表 29	后道检测工艺流程图.....	20
图表 30	后道检测设备全景图.....	20
图表 31	测试台发展历史.....	21
图表 32	国内外先进厂商探针台对比.....	22

图表 33	重力式、转塔式、平移式分选机性能比较.....	23
图表 34	国内外先进厂商分选机性能比较.....	23
图表 35	2017 年全球半导体产品销售占比.....	24
图表 36	SoC 与存储器测试台销售额（单位：亿美元）.....	24
图表 37	SoC 测试台实物图.....	25
图表 38	存储器测试台实物图.....	25
图表 39	后道测试设备市场规模（单位：亿美元）.....	26
图表 40	测试台市场规模（单位：亿美元）.....	26
图表 41	泰瑞达部分主要产品实物图.....	27
图表 42	泰瑞达 SoC 测试设备市场营收（单位：亿美元）.....	27
图表 43	后道检测设备龙头企业营收（单位：亿美元）.....	27
图表 44	泰瑞达分项营业收入（单位：亿美元）.....	28
图表 45	泰瑞达盈利能力（单位：亿美元）.....	28
图表 46	泰瑞达全球各地区营收占比.....	29
图表 47	泰瑞达研发支出（单位：亿美元）.....	29
图表 48	爱德万部分主要产品实物图.....	30
图表 49	爱德万营业收入（单位：亿美元）.....	30
图表 50	爱德万盈利能力（单位：亿美元）.....	30
图表 51	爱德万全球各地区营收占比.....	31
图表 52	爱德万研发费用支出（单位：亿美元）.....	31
图表 53	爱德万存储器测试台发展史.....	31
图表 54	T2000 开放式架构测试设备原理图.....	32
图表 55	Advantest 测试设备市占率.....	33
图表 56	V93000 系列产品示意图.....	33
图表 57	东京精密部分主要产品实物图.....	34
图表 58	东京精密营业收入（单位：亿美元）.....	34
图表 59	东京精密盈利能力（单位：亿美元）.....	34
图表 60	东京精密细分产品占比.....	35
图表 61	东京精密研发费用支出（单位：亿美元）.....	35
图表 62	国内在建/规划中的 12 寸晶圆厂.....	36
图表 63	长川科技营业收入（单位：亿元）.....	37
图表 64	长川科技细分业务营收（单位：亿元）.....	37
图表 65	长川科技盈利能力（单位：亿元）.....	38
图表 66	长川科技研发费用支出（单位：亿元）.....	38

图表 67 睿励测试设备研发关键时点.....	39
图表 68 精测电子营业收入（单位：亿元） .....	40
图表 69 精测电子盈利能力（单位：亿元） .....	40
图表 70 精测电子细分业务营收（单位：亿元） .....	40
图表 71 精测电子研发支出（单位：亿元） .....	40



## 一、检测工艺是集成电路产线的重要环节

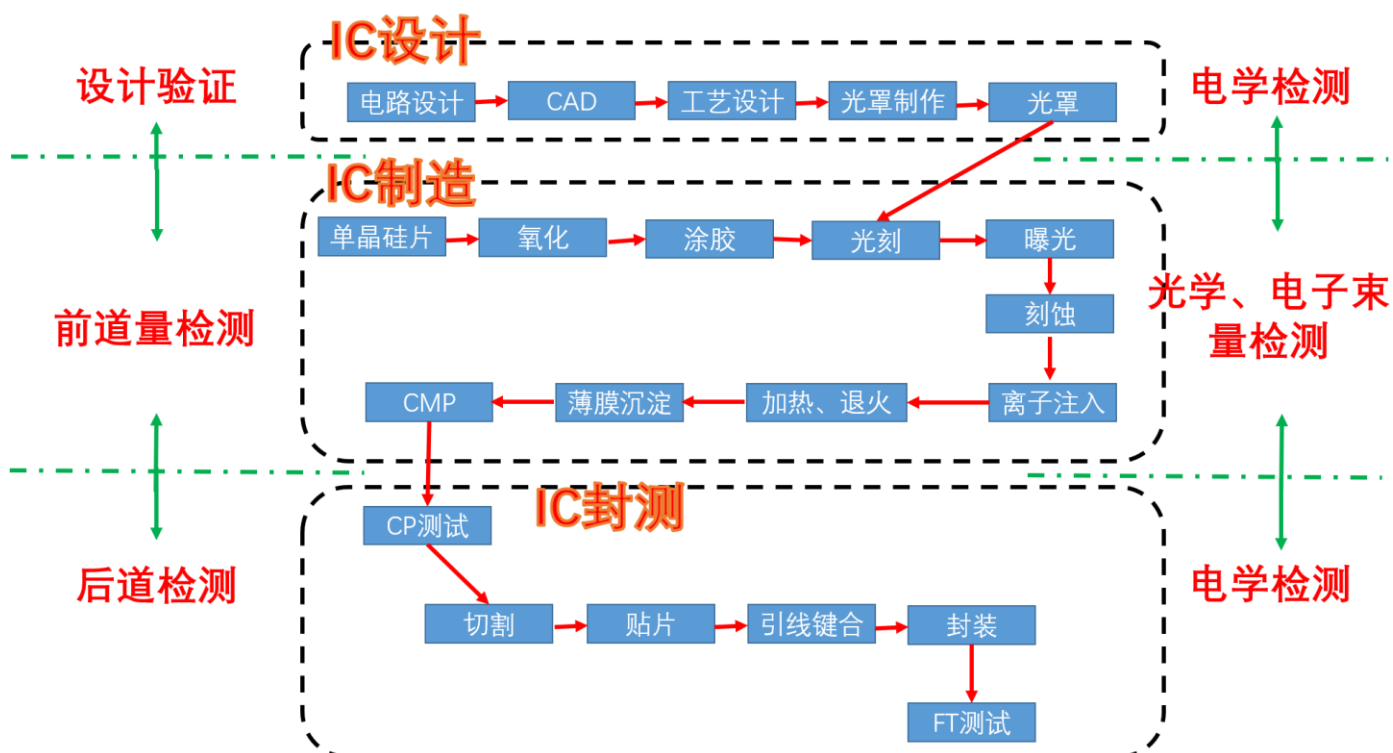
### （一）检测工艺可分为设计验证、前道量检测和后道检测

集成电路检测根据工艺所处的环节可以分为设计验证、前道量检测和后道检测。集成电路芯片的生产主要分为 IC 设计、IC 前道制造和 IC 后道封装测试三大环节，狭义上对集成电路检测的认识集中在封测环节，事实上集成电路检测贯穿生产流程的始终，起始于 IC 设计，在 IC 制造中继续，终止于对封装后芯片的性能检测，根据检测工艺所处的环节，集成电路检测被分为设计验证、前道量检测和后道检测。

设计验证用于 IC 设计阶段，主要采用电学检测技术验证样品是否实现预定的设计功能。前道量检测运用于晶圆的加工制造过程，它是一种物理性、功能性的测试，用以检测每一步工艺后产品的加工参数是否达到了设计的要求，并且查看晶圆表面上是否存在影响良率的缺陷，确保将加工产线的良率控制在规定的水平之上。后道检测主要运用于晶圆加工之后、IC 封装环节内，是一种电性、功能性的检测，用于检查芯片是否达到性能要求，后道检测又细分为 CP 测试、FT 测试。CP 测试确保工艺合格的产品进入封装环节，FT 测试确保性能合格的产品最终才能流向市场。

（设计验证和后道检测涉及到的检测原理、检测设备相同，其设备本质上属于一类设备，且设计验证所需检测产品数量很少，对应设备需求很小，因此本文主要研究前道量检测、后道检测工艺及相应设备。）

图表 1 检测工艺流程图



资料来源：华创证券整理

前、后道检测设备的研发具有很高的技术和资金壁垒，该市场同光刻、刻蚀一样，也呈现出国外巨头高度垄断的状况。前道量检测设备的下游客户是晶圆代工厂，在该领域内科磊以 52% 的市场份额稳坐第一把交椅，其薄膜厚度测量、缺陷检测产品具有较高的市占率。后道检测设备下游客户是 IC 封测企业，其中东京精密在探针台细分市场份额高达 60%，泰瑞达与爱德万在检测台市场共拥有超过 90% 的市占率，而爱德万、科休和爱普生的分选机产品拥有超过 60% 的市场份额。目前，检测设备已经可以与光刻、刻蚀等设备的精度保持同步发展，该工艺的设备精度也逐渐成为制约集成电路产业发展的瓶颈之一。

**图表 2 前、后道检测工艺简介**

工艺环节	主要技术	主要测试内容	主要测试设备	设备代表性企业	行业龙头市占率	下游厂商
前道检测	光学、电子量检测	量测：芯片制成尺寸、材料性质； 检测：识别芯片杂质颗粒、机械划伤、晶圆图案缺陷等。	椭偏仪、扫描电子显微镜、原子力显微镜	国外：科磊 国内：上海睿励	科磊：52%	晶圆代工厂
后道检测	电学检测	CP测试：封装前芯片电性测试； FT测试：封装后芯片的性能测试	探针台、测试台、拣选器	国外：泰瑞达、爱德万、东京精密 国内：长川科技、精测电子	测试台：泰瑞达+爱德万：90%； 分选机：爱德万+科休+爱普生>60%； 探针台：东京精密：60%；	半导体封测企业

资料来源：华创证券整理

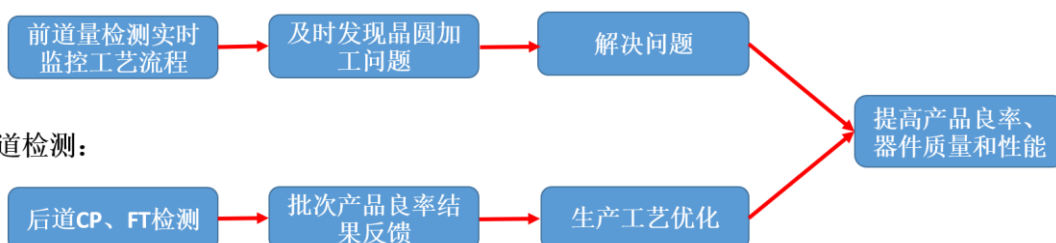
## （二）检测是芯片厂商提高良率、降低成本、提高竞争实力的关键

**前道量检测工艺对芯片制造有着至关重要的意义，它是提高产线良率、降低生产成本的重要环节，在很大程度上决定了代工厂的竞争能力。**晶圆代工厂商的成败依赖于产品的良率，良率不达标会显著影响厂商的成本与收益，据估计产品良率每降低一个百分点，晶圆代工厂商将损失 100-800 万美元。而且由于芯片新产品推广的市场窗口很小，加上市场份额的激烈竞争，客户会优先选择生产良率高，供应能力强的半导体企业进行供货，这也意味着减少产线缺陷将会极大提高企业的竞争实力。因此晶圆厂商会在制造流程中通过前道量检测设备监控加工工艺，确保工艺过程符合既定的要求，并通过定位生产中问题的根源，及时采取修正措施，从而达到减少缺陷、提升产线良率的目的。

**后道检测工艺有效降低封装成本，并确保出厂产品质量。**CP 测试在封装前对芯片进行测试，测试不合格的产品将不会进入封装环节，FT 测试则对最终产品进行性能测试，确保出厂产品均达到客户预定功能，同时也可根据产线良率反馈的结果，进行生产工艺上的优化。

**图表 3 检测工艺控制良率流程图**

前道检测：



资料来源：华创证券整理



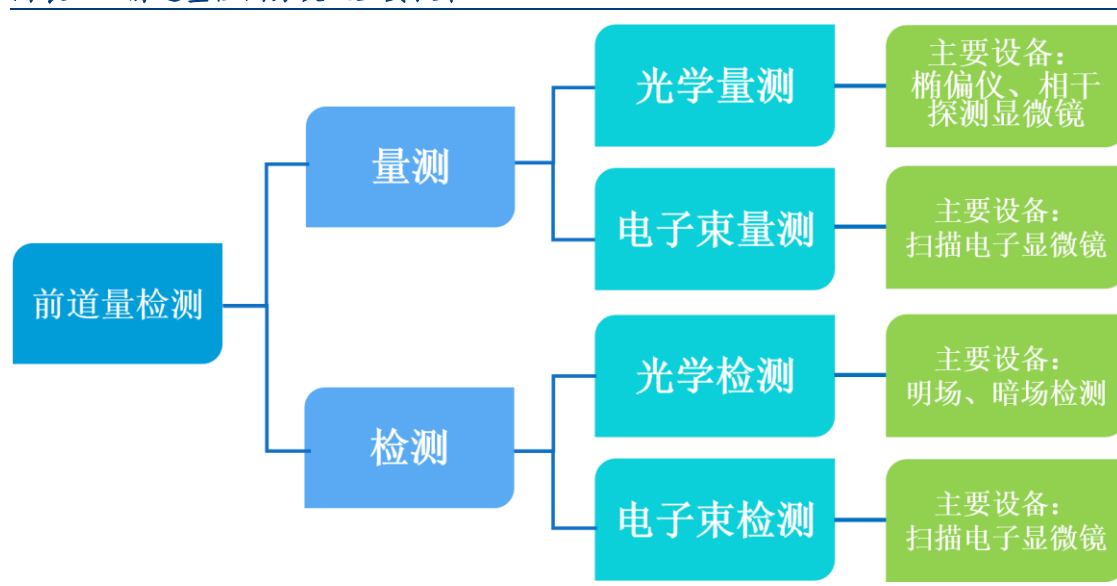
## 二、前道量检测监控加工工艺，KLA 一家独大傲视群雄

### （一）前道量检测贯穿晶圆制造环节始终，是芯片生产线的“监督员”

前道量检测使整条前道工艺产线的控制达到最佳化，同时也为追寻芯片生产中发现的问题提供了重要的追寻线索。半导体芯片制造工艺步骤极多，各步骤之间可能会相互影响，因此很难根据最后出厂产品的检测结果准确分析出影响产品性能与合格率的具体原因。而且如果不能在生产过程中及时检测到工艺缺陷，则此批次工艺中生产出来的大量不合格产品也会额外增加厂商的生产成本。因此前道量检测贯穿芯片制造环节始终，对加工制造过程进行实时的监控，确保每一步加工后的产品均符合参数要求。而且，产品小组可以通过分析前道量检测产生的检测数据及时发现问题根源，使之能够采取最有效的方式进行应对，从而制造出参数均匀、成品率高、可靠性强的芯片。

前道量检测根据测试目的可以细分为量测和检测。量测主要是对芯片的薄膜厚度、关键尺寸、套准精度等制成尺寸和膜应力、掺杂浓度等材料性质进行测量，以确保其符合参数设计要求；而检测主要用于识别并定位产品表面存在的杂质颗粒沾污、机械划伤、晶圆图案缺陷等问题。

图表 4 前道量检测分类及主要技术



资料来源：华创证券整理

前道量测、检测均会用到光学技术和电子束技术，但是两种技术在量测与检测下各具不同的特点。光学量测通过分析光的反射、衍射光谱间接进行测量，其优点是速度快、分辨率高、非破坏性，但缺点是需借助其他技术进行辅助成像；电子束量测是根据电子扫描直接放大成像，其优点是可以直接成像进行测量，但缺点是速度慢、分辨率低，而且使用电子束进行成像量测操作时需要切割晶圆，因此电子束量测具有破坏性。光学检测是通过光信号对比发现晶圆上存在的缺陷，其优点是速度快，但缺点是无法呈现出缺陷的具体形貌；而电子束检测可以直接呈现缺陷的具体形貌，但是该方法在精度要求非常高的情况下会耗费大量的时间。

在实际的芯片制造过程中，光学技术与电子束技术常常被结合使用，比如检测环节一般先采用光学检测定位缺陷位置，再使用电子束检测对缺陷进行精确扫描成像，两种技术的结合使用可以提高量检测的效率，并降低对芯片的破坏性。

图表 5 前道量检测特点对比

	光学量测	电子束量测	光学检测	电子束检测
优点	速度快、分辨率高、非破坏性	可直接成像进行测量	速度快	可以显示缺陷的具体形貌
缺点	不能直接成像，需要借助于其他技术进行测量	分辨率低（可导致1nm左右误差）、速度慢、具有破坏性（切割晶圆）	只能确定位置不能显示缺陷的具体形貌	速度慢（在精度高的情况下扫描整个晶圆要一天以上的时间）

资料来源：华创证券整理

前道量检测贯穿晶圆制造过程始终，如下图所示，每一道制造工艺完成后，都需要对数个参数进行测量，对缺陷情况进行检测，确保工艺的稳定性并达到设计要求。

图表 6 前道量检测工艺全景图

检测项目	注入	扩散	薄膜 金属	介质	抛光	刻蚀	曝光
膜厚		是	是	是	是	是	是
方块电阻	是	是	是				
膜应力		是	是	是			
折射率		是		是			
掺杂浓度	是	是					
无图形表面缺陷	是	是	是	是	是	是	
有图形表面缺陷						是	是
关键尺寸						是	是
台阶覆盖					是	是	
套刻标记							是
电容-电压特性		是					
接触角度							是

资料来源：华创证券整理

## （二）量测是验证晶圆加工后应该呈现的结果

量测的主要作用在于“量”，即测定晶圆制造过程中薄膜厚度、膜应力、掺杂浓度、关键尺寸、套刻精度等关键参数是否符合设计要求。对于一条正常运转的产线来说，量测的结果应该都是符合设计要求的，一旦出现量测结果持续偏离设计值的情况，就表明产线工艺出现了问题，需要进行问题的排查。

- **薄膜厚度量测：**芯片制造过程中需要不断地沉积各类薄膜，一般一个芯片会具有几十层薄膜结构，而薄膜的厚度、均匀性会对晶圆成像处理的结果产生关键性的影响。因此，为生产性能可靠的芯片，薄膜的质量是保证产品最终良率的关键。半导体薄膜按材料划分有金属、介质、多晶硅和光刻胶，它们或者是透明的薄膜或者是不

透明的薄膜。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；通过椭圆偏振仪测量光线的反射、偏射值计算透明薄膜的厚度。

- **膜应力测量：**在衬底表面上沉积多层薄膜可能会引入强的局部力量，这种局部力量被称之为膜应力。膜应力可能会导致衬底发生形变，进而影响器件的稳定性。产线上一般通过分析由于薄膜淀积造成的衬底曲率半径变化来进行膜应力测试，此种技术可用于包括金属、介质和聚合物在内的各种标准薄膜。进行薄膜应力测试时经常使用的技术有电子扫描显微镜、原子力显微镜。
- **掺杂浓度测量：**离子注入是半导体掺杂工艺中一种重要的技术，通过在硅片的一些区域内注入不同种类的离子，可以使不同区域硅片具有不同的电性能。工艺中使用的杂质浓度通常介于 $10^{10}$ 个粒子/ $\text{cm}^3$ 到 $10^{18}$ 个粒子/ $\text{cm}^3$ 之间，杂质粒子的浓度和分布会对半导体的性能产生重要影响。由于杂质粒子造成的晶格缺陷会改变硅片表面的光线反射率，根据此原理便可计算出杂质浓度。目前广泛应用于测量杂质浓度的方法为热波系统法。
- **关键尺寸：**半导体工艺技术的进步往往表现在器件关键尺寸的减小，在 COMS 技术中，栅宽决定了沟道长度，进而影响器件的反应速度。关键尺寸测量的一个重要原因是要达到对产品所有线宽的精确控制，因为芯片关键尺寸的变化通常显示出半导体制造工艺中一些关键环节的不稳定性。关键尺寸测量需要精度和准确性优于 2nm 的测量仪器，能够获得这种测量水平的仪器是扫描电子显微镜（SEM）。
- **套准精度：**集成电路最终的图形是用多个掩模版按照特定的顺序在晶圆表面一层一层叠加建立起来的。光刻套准精度测量用于确保整个电路图形必须被正确地定位于晶圆表面，并且电路图形上单独的每一部分之间的相对位置也必须是正确的，否则将会导致整个电路的失效。光刻操作步骤的数目之多和光刻工艺层的数量之大，导致光刻是半导体制造工艺的一个主要缺陷来源，因此，套准精度对整个半导体产线的良率起着重要的作用。现在测量套准精度的主要方法是相干探测显微镜，它根据干涉原理辨别出样品内部的结构，并以此判断光刻掩模版的套准精度。

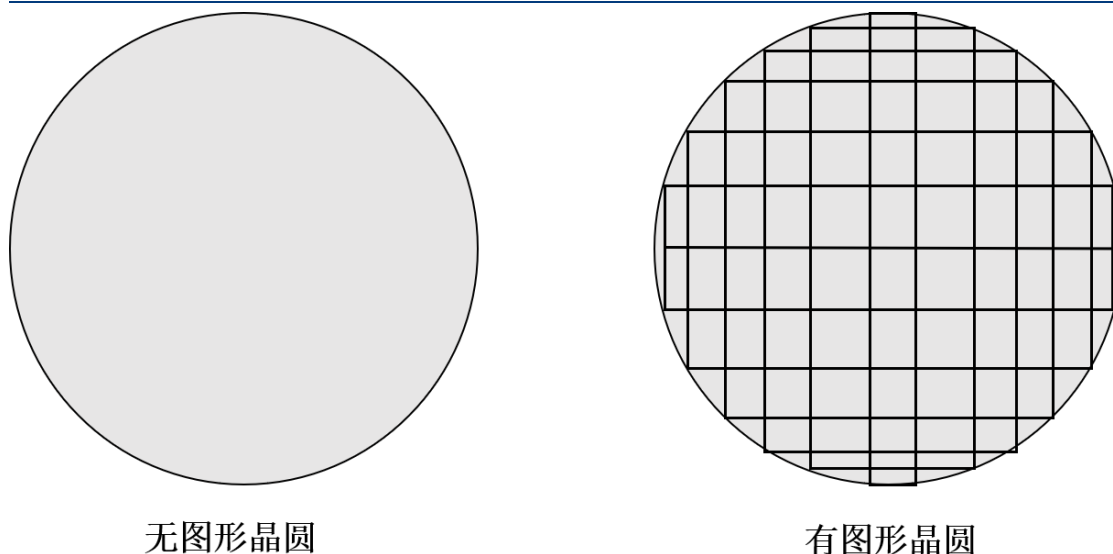
### （三）检测是寻找晶圆加工后不应该呈现的结果

检测重点在于“检”，即检查生产过程中有无产生表面杂质颗粒沾污、晶体图案缺陷、机械划伤等缺陷，晶圆缺陷可能会导致半导体产品在使用时发生漏电、断电的情况，影响芯片的成品率。通过晶圆缺陷检测来监控工艺，可以减少产量损失，提高工艺良率。尤其现在工艺尺寸正在向 14nm 以下制程方向发展，晶圆表面的缺陷尺寸变得越来越小，缺陷产生的原因也越来越多，频率也越来越高，前道检测的重要性已得到了广泛的认知。

**光学、电子束技术相结合，高效分析缺陷产生原因。**目前，根据光学检测快速定位，电子束检测直接成像的特点，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。其中光学检测设备用来寻找并快速锁定缺陷位置，电子束检测设备对缺陷进行成像处理，借此技术，工程师便可高效寻找缺陷产生原因，尽快提出解决方案。

**缺陷检测从无图形向有图形方向发展。**无图形的硅片主要是裸硅片或有一些空白薄膜的硅片，常用做生产流程的测试片，在工艺进行时可用以提供氧化层厚度、表面颗粒度等工艺条件的特征信息，无图形的硅片在工艺进行后通常可清洗及再利用。但由于无图形硅片与产品片在结构上存在不同，随着半导体产品制程越来越小，结构越来越复杂，晶圆代工厂开始转为使用生产中的有图形的产品片进行在线检测监控，以便更直接反映工艺流水线中发生的情况，为制作团队提供更加精准的信息，且有助于降低无图形硅片成本。对于表面缺陷的检测，常使用光学显微镜的光散射技术和扫描电子显微镜检查技术。

图表 7 无图形晶圆与有图形晶圆示意图



资料来源：华创证券

#### （四）前道量检测设备种类繁多

前道量检测设备种类繁多，但大体上都是根据光学和电子束原理进行工作。根据检测标的对良率的影响程度，椭偏仪、四探针、热波系统、相干探测显微镜、光学显微镜和扫描电子显微镜是前道量检测领域内比较重要的设备。为满足未来更加严格的精度要求，设备企业除了在原有技术的基础上进行工艺改进，性能提升外，还会增加扫描电子显微镜、隧道显微镜和原子力显微镜在前道量检测工艺中的应用比重。

图表 8 前道量检测标的、设备及原理

前道量检测	量检测标的	主要设备	量检测原理
量测	透明薄膜厚度	椭偏仪	通过测量反射光偏振计算薄膜厚度
	不透明薄膜厚度	四探针	测量方块电阻计算不透明薄膜厚度
	膜应力	原子力显微镜、扫描电子显微镜	测量衬底形变计算膜应力
	掺杂浓度	热波系统	注入的杂质离子产生的晶格缺陷会改变硅片表面入射光线的反射率
	关键尺寸	扫描电子显微镜	利用电子束对样品进行放大成像
	套准精度	相干探测显微镜	根据干涉图形分辨出图形内部的结构
检测	晶圆表面缺陷	光学显微镜	通过对比晶圆表面散射光的信号发现缺陷位置
		扫描电子显微镜	利用电子束对样品进行放大成像

资料来源：华创证券整理

**椭偏仪：**测量透明、半透明薄膜厚度的主流方法，它采用偏振光源发射激光，当光在样本中发生反射时，会产生椭圆的偏振。椭偏仪通过测量反射得到的椭圆偏振，并结合已知的输入值精确计算出薄膜的厚度，是一种非破坏性、非接触的测量薄膜厚度测试技术。在晶圆加工中的注入、刻蚀和平坦化等一些需要实时测试的加工步骤内，椭偏仪可以直接被集成到工艺设备上，以此确定工艺中膜厚的加工终点。

**四探针：**测量不透明薄膜厚度。由于不透明薄膜无法利用光学原理进行测量，因此会利用**四探针仪器测量方块电阻**，根据膜厚与方块电阻之间的关系间接测量膜厚。方块电阻可以理解为硅片上正方形薄膜两端之间的电阻，它与薄膜



的电阻率和厚度相关，与正方形薄层的尺寸无关。四探针将四个在一条直线上等距离放置的探针依次与硅片进行接触，在外面的两根探针之间施加已知的电流，同时测得内侧两根探针之间的电势差，由此便可得到方块电阻值。

图表 9 椭圆仪实物图



资料来源：中国仪器网

图表 10 四探针设备实物图



资料来源：中国仪器网

**热波系统：测量掺杂浓度。**热波系统通过测量聚焦在硅片上同一点的两束激光在硅片表面反射率的变化量来计算杂质粒子的注入浓度。在该系统内，一束激光通过氩气激光器产生加热的波使硅片表面温度升高，热硅片会导致另一束氦氖激光的反射系数发生变化，这一变化量正比于硅片中由杂质粒子注入而产生的晶体缺陷点的数目。由此，测量杂质粒子浓度的热波信号探测器可以将晶格缺陷的数目与掺杂浓度等注入条件联系起来，描述离子注入工艺后薄膜内杂质的浓度数值。

**相干探测显微镜：套准精度测量设备。**相干探测显微镜主要是利用相干光的干涉原理，将相干光的相位差转换为光程差。它能够获得沿硅片垂直方向上硅片表面的图像信息，通过相干光的干涉图形可以分辨出样品内部的复杂结构，增强了 CMP 后低对比度图案的套刻成像能力。

图表 11 热波系统实物图



资料来源：中国仪器网

图表 12 相干探测显微镜实物图



资料来源：中国仪器网

**光学显微镜：快速定位表面缺陷。**光学显微镜使用光的反射或散射来检测晶圆表面缺陷，由于缺陷会导致硅片表面不平整，进而表现出对光不同的反射、散射效应。根据对收到的来自硅片表面的光信号进行处理，光学显微镜就可以定位缺陷的位置。光学显微镜具有高速成像，成本经济的特点，是目前工艺下的一种主要的缺陷检测技术。

**扫描电子显微镜：对缺陷进行精准成像。**扫描电子显微镜的放大倍数能够达到百万倍，能够提供尺寸更小缺陷的信息，其放大性能明显高于光学显微镜。扫描电子显微镜通过波长极短的电子束来扫描硅片，通过收集激发和散射出的二次电子、散射电子等形成硅片表面的图形，并得到不同材料间显著的成分对比。

图表 13 光学显微镜实物图



资料来源：中国仪器网

图表 14 扫描电子显微镜实物图



资料来源：中国仪器网

## （五）前道检测设备市场空间巨大，KLA 一家独大垄断市场

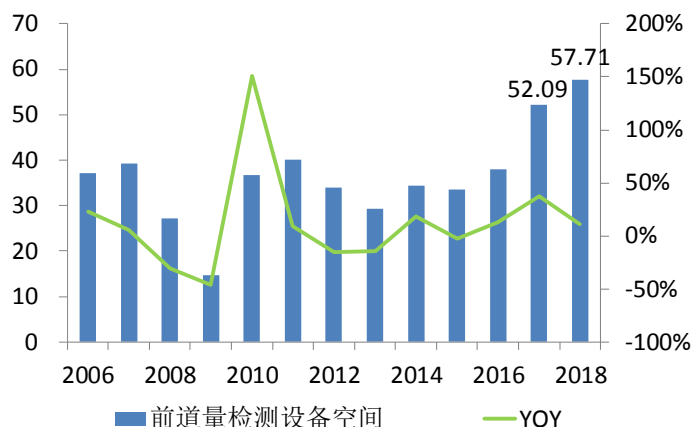
### 1、前道量检测设备空间达 58 亿美元

**2018 前道量检测设备市场空间将达到 58 亿美元。**据 SEMI 统计及预测，2017、2018 年全球半导体设备投资额分别为 566.20、627.30 亿美元，同比增长 37.29%、10.79%。其中晶圆厂前道制造设备投资额占比 80%，达到为 452.96、501.84 亿美元。按历史数据统计，前道量检测设备约占据晶圆厂前道制造设备 11.5%的投资比例，据此估计 2017 年该市场规模约为 52 亿美元，而 2018 年该市场规模将进一步扩大到 58 亿美元。

**KLA-Tencor 以 52%的市占率垄断前道量检测设备市场。**前道量检测设备行业具有极高的技术、资金壁垒，对业内公司研发能力有很强要求。目前市场呈现高度垄断的局面，美国厂商 KLA-Tencor 占据 52%的市场份额，是行业内的绝对龙头，遥遥领先排在第二位的 AMAT。凭借在前道量检测设备领域的垄断地位，KLA 在 2016 年名列全球半导体设备商第五位。



图表 15 半导体前道量检测设备销售额(单位: 亿美元)



资料来源: VLSI, 华创证券

图表 16 前道量检测设备厂商市场份额汇总

主要参与者	总部所在国	主要产品领域	16年公司量检测设备市场占有率
KLA-Tencor	美国	量检测	52.1%
Applied Material	美国	电子束检测	11.8%
HITACHI	日本	量测	10.7%
Nanometrics	美国	量测	3.9%
Hermes Microvision	中国台湾	电子束检测	3.1%
Nova	以色列	量测	2.6%
Others			15.8%

资料来源: theinformationnet.com, 华创证券

## 2、KLA-Tencor: 前道检测设备绝对龙头, 垄断半导体前道量检测设备市场

科磊 (KLA-Tencor) 于 1997 年由 KLA 仪器公司和 Tencor 仪器公司合并创立, 总部位于美国加州米尔皮塔斯市, 公司主要为半导体、数据存储、LED 及其他相关纳米电子产业提供前道工艺控制和良率管理的解决方案。科磊自成立以来便深耕于半导体前道量检测设备行业, 目前其产品种类已经覆盖加工工艺环节的各类前道光学、电子束量检测设备。凭借其检测产品高效、精确的性能特点, 科磊以 52% 的市场份额在行业内具有绝对的龙头地位。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。

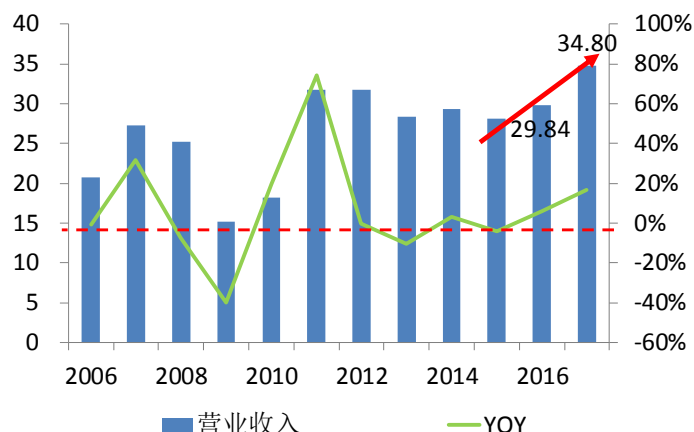
图表 17 KLA-Tencor 部分展品实物图



资料来源: KLA-Tencor 官网, 华创证券

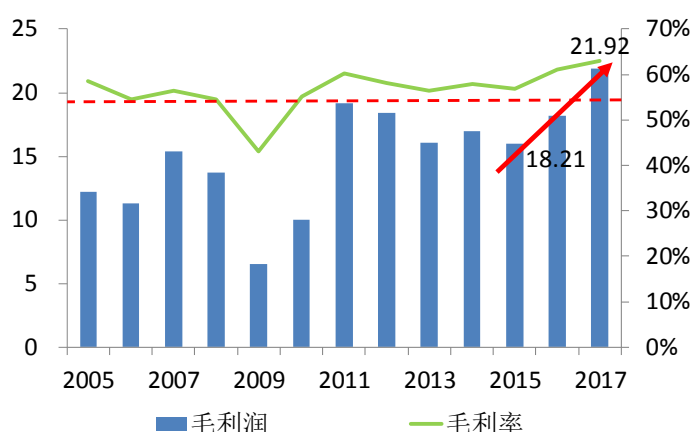
公司龙头地位巩固,高壁垒带来高盈利。公司 2017 财年营业收入创下历史新高,达到 34.80 亿美元,同比增长 16.60%。因为前道量检测设备具有较高的技术壁垒,公司的绝对龙头地位赋予了产品定价的能力,所以科磊常年具有很高的盈利能力。公司于 2017 年实现毛利润 21.92 亿美元,同比增长 20.37%,并于 2016、2017 年分别实现 61.02%、63.00% 的毛利率。

图表 18 KLA-Tencor 营业收入 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

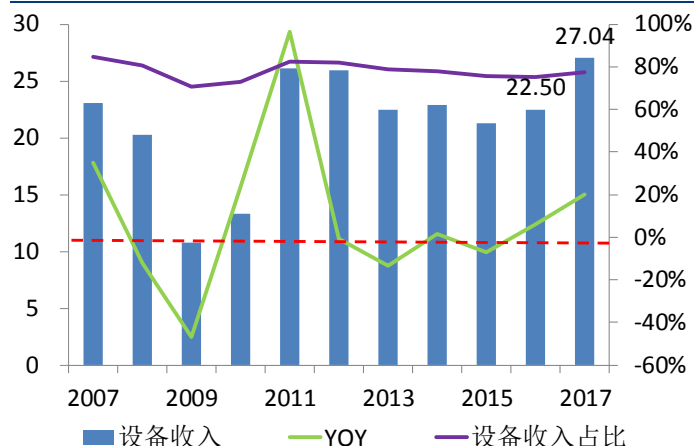
图表 19 KLA-Tencor 盈利能力 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

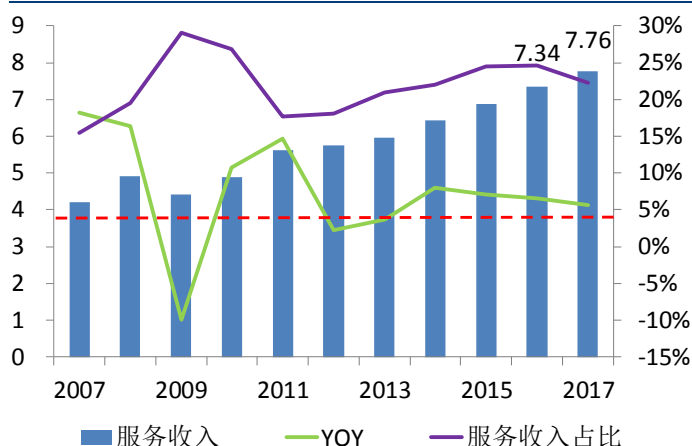
高比例的服务收入、先进制造商订单,使得公司总体上收入稳定、抗拒系统性风险的能力较强。与设备产品容易受到经济周期性的影响不同,设备服务业对经济周期波动的敏感程度较低。多年来科磊的服务收入占比一直维持在 20% 的水平,2016、2017 财年服务收入分别为 7.34、7.76 亿美元,同比增长 6.62%、5.70%,服务收入占比额分别为 25% 和 22%。此外,公司约 70% 的产品订单是来自先进的制造商,这部分客户对产能的扩充相对理性,而且先进制造商的市场需求是一直存在的,因此经济环境对公司设备需求的影响较小。截至 2018 年 6 月,在最近 24 个月内,公司的β值为 0.86,低于半导体上游行业市值前 30 名厂商 1.41 的平均值,同时期其他的行业巨头如 ASML、AMAT、LAM、泰瑞达的β值分别为 1.42、1.16、0.92、1.50。

图表 20 KLA-Tencor 设备收入 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

图表 21 KLA-Tencor 服务收入 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

高研发强度、全球合作、拓展产品研发的“朋友圈”、重视二手设备市场使得公司具有很强的后续增长空间。

公司始终重视产品研发,希望通过研发新的设备来帮助客户加快产品的开发周期,从而降低生产成本、尽快实现盈利。为此,科磊一直将研发投入占比维持在 15% 以上的水平,通过高额的研发费用支出维持创新能力。2017 年公司

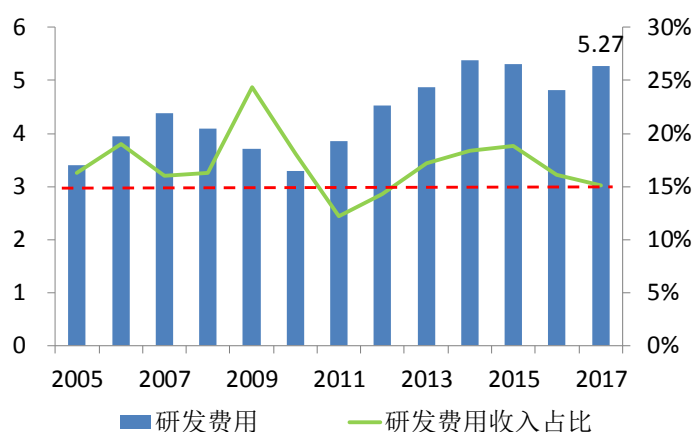
研发支出为 5.27 亿美元，同比增长 9.56%，研发支出占收入比为 15.14%。

**重视全球布局。**作为一家全球性的电子产品设备公司，科磊在世界各地设有专属的客户运营、产品研发和制造中心。在全球范围内，公司的工程师会在第一时间内了解客户的需求，借助自身强大的研发能力，充分调配全球市场资源来解决客户的难题，经过不断的反馈与修正，最终实现和客户之间的共同研发与进步。

**科磊积极拓展产品研发的“朋友圈”。**除了在前沿工艺上与晶圆厂紧密合作外，公司同时还与其他领先设备供应商进行合作研发，因此公司能够及早发觉先进工艺中可能存在的缺陷以指导客户进行量产。

**为满足市场对于二手设备的需求，科磊还提供“KT Certified”服务。**该项目采用公司的技术对设备进行翻新，并会持续跟踪设备的后期性能，支持客户取得一定的市场效益。通过该项服务，科磊进一步增强了在前道量检测设备的影响力，能够开发更多的潜在客户。

图表 22 KLA-Tencor 研发费用指出（单位：亿美元）



资料来源：wind，华创证券

图表 23 KLA-Tencor 全球布局网络图

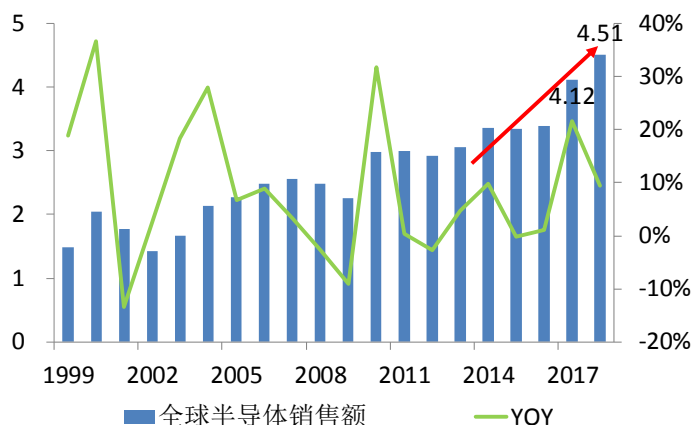


资料来源：KLA-Tencor 官网，华创证券

### 3、新兴行业、工艺进步共同推动前道量检测设备需求增长

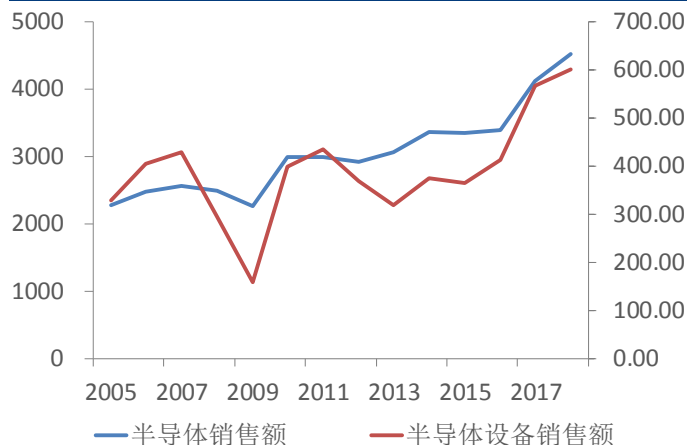
**新兴行业成长带动前道量检测设备需求。**2017 年半导体行业进入新一轮高成长周期，5G、AI、大数据、云计算等新兴行业需求的逐步提升是重要的行业驱动力。2017 年全球半导体销售额为 4122.21 亿美元，同比增长 21.60%。据估计 2018 年半导体销售额将达到 4512.30 亿美元，同比增长 9.50%。半导体设备需求与产品行业销售额具有高度一致性，行业的增长将持续推动前道量检测的设备需求。

图表 24 全球半导体销售额 (单位: 千亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

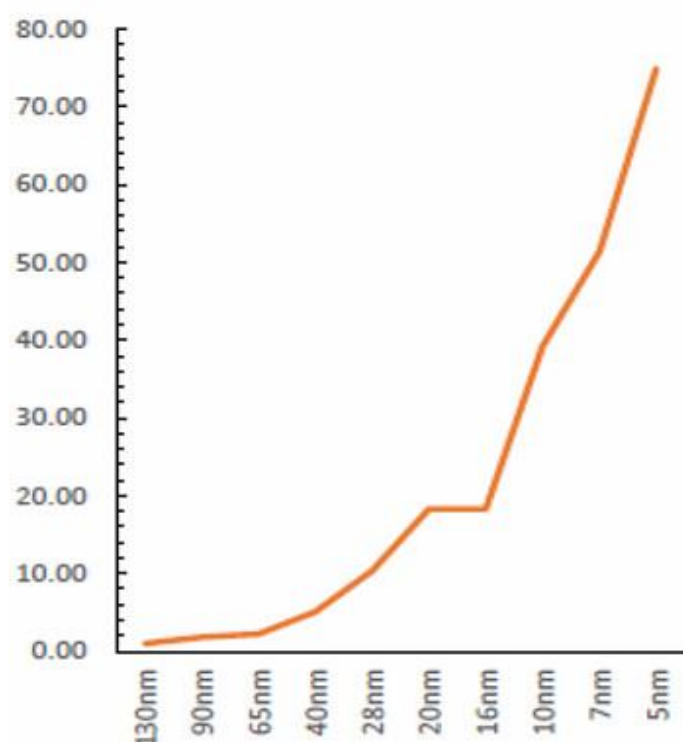
图表 25 全球半导体产品和设备销售额 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

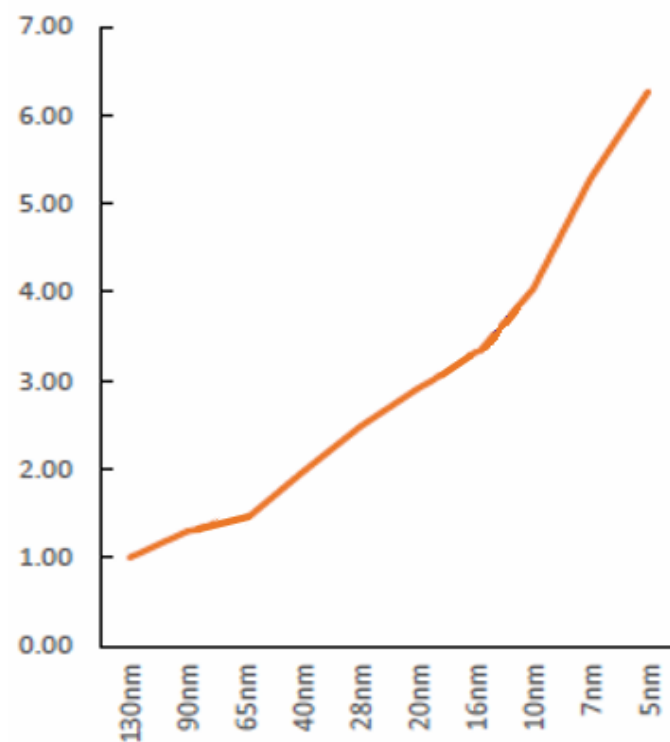
**新技术与新结构对良率控制有更高要求。**主流半导体制程正从 14nm 向 10、7nm 发展, 三维 finFET 晶体管、3D NAND 等新技术逐渐得到芯片厂商的重视。工艺越进步, 产品制程步骤越多, 微观结构越复杂, 生产成本会呈指数级提升, 因此需要更多、更精密的前道量检测设备保证产品的生产良率, 并不断发现与解决问题。

图表 26 晶圆工艺密度随制程缩小急剧增加 (单位: MTr/mm<sup>2</sup>)



资料来源: SMIC, 华创证券

图表 27 晶圆片加工成本随制程缩小快速提升 (单位: 美元)



资料来源: SMIC, 华创证券



### 三、后道检测验证产品质量，海外寡头垄断各细分市场

#### （一）后道检测工艺是芯片生产线的“质检员”

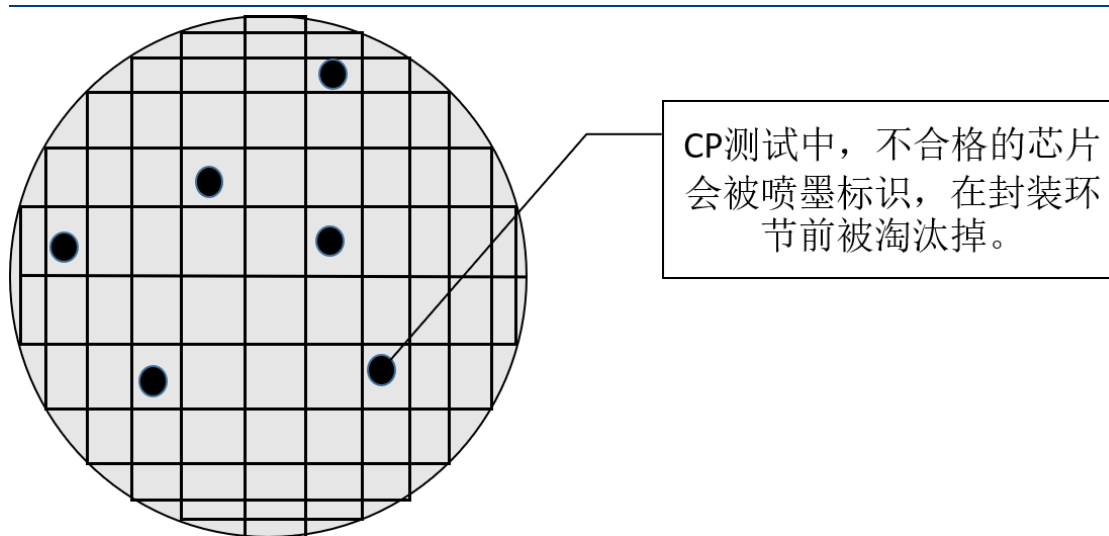
后道检测通过 CP、FT 测试能够对该批次产品进行结果检验，确保合格产品进入封装环节或进入市场，并得出产品的良率进行反馈。如此可以帮助前道厂商改进加工工艺，进一步提高产线的加工精度。根据工艺在封装环节的前后顺序，后道检测可以分为 CP 测试和 FT 测试。

#### 1、CP 测试确保只有正常工作的芯片才会进入封装环节

**CP 测试（Circuit Probing，电路测试）：**CP 检测位于芯片封装步骤之前，用于识别晶圆上能够正常工作的芯片，确保只有能实现正常数据通信，通过电参数、逻辑功能测试的芯片才会进入封装环节，以此节省不必要的封装成本，同时可以为晶圆厂提供批次产品的良率数据，及时发现工艺中存在的不足。此阶段的测试可能在晶圆厂进行，也可能被送到工厂附近的代工厂进行测试。

**CP 测试过程为：**进行 CP 测试时，探针台和测试台连接，根据测试台的算法完成测试。首先，待测硅片被放置到可以进行垂直移动的真空气托盘中，其次，探针在软件的控制下自动完成对准并接通电路完成测试。测试一旦完成，不合格的芯片会记录在计算机的数据库内并被墨水打点，这样不合格的芯片会在封装步骤前被放弃。

图表 28 CP 测试晶圆喷墨示意图



资料来源：华创证券

#### 2、FT 测试确保只有性能合格的产品才会最终流入市场

**FT 测试（Final Test，终测）：**FT 测试位于芯片封装步骤之后，是对封装后的单个芯片进行的性能测试，在此步骤内只有测试结果合格的产品才会最终被推向市场，同时分选器会根据测试结果对芯片进行分类。以 Intel “酷睿” 系列处理器的分类标准为例：若检测到处理器内损坏两个 CPU，则被用作“酷睿 i3” 处理器；CPU 若无损坏，但是工作频率不高，被用作“酷睿 i5” 处理器；如果一点问题都没有，那么被用作“酷睿 i7” 处理器。

**FT 测试过程为：**分选机将封装好的芯片传送至测试工位，芯片引脚通过测试工位上的金手指、专用连接线与测试台的功能模块进行连接。测试台对集成电路施加测试命令，采集输出信号，并判断芯片在不同工作条件下功能和性能的有效性。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、分类、收料或编带。

图表 29 后道检测工艺流程图

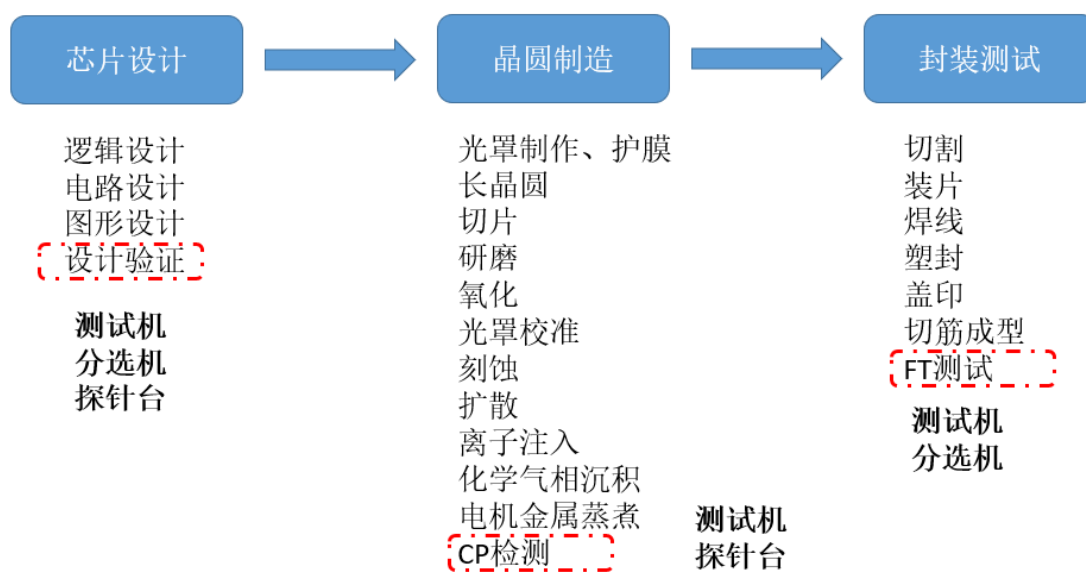


资料来源：华创证券整理

## （二）后道检测主要设备：测试台、探针台、分选机

后道检测工艺涉及到的检测设备主要有测试台、探针台和分选机。其中测试台与探针台组合运用于 CP 测试。因为此时的晶圆尚未进行产品封装，晶圆上集成着众多微小尺寸的待测芯片，需要通过探针台与晶圆芯片进行精确接触，以连通待测芯片与测试台之间的电路。而 FT 测试使用的设备主要有测试台和分选机。因为此时的芯片经历了封装环节，每个芯片上均有引脚可以与分选机上的“金手指”相连接。

图表 30 后道检测设备全景图



资料来源：长川科技招股说明书，华创证券

### 1、测试台：芯片功能与性能的检测设备

测试台是检测芯片功能和性能的专用设备。测试时，测试台对待测芯片施加输入信号，得到输出信号与预期值进行比较，判断芯片的电性性能和产品功能的有效性。在 CP、FT 检测环节内，测试台会分别将结果传输给探针台和分选机。当探针台接收到测试结果后，会进行喷墨操作以标记出晶圆上有缺损的芯片；而当分选器接收到来自测试台



的结果后，则会对芯片进行取舍和分类。

测试台的内部具有各种不同类型的测试功能电路板，它可对集成电路进行直流参数、交流参数和芯片功能测试。

**直流参数测试（DC）**是对电路的电学参数进行测量，主要考虑的是芯片每个引脚的测试效率和测试的准确度。该参数测试以电压或者电流的形式验证高低电平的电压、功耗、驱动能力和噪声干扰等电气参数。常用的方法有施加电压测量电流（IFVM）或施加电流测量电压（VFIM）。

**交流参数测试（AC）**是对电路工作时的时间关系进行测量，它最看重的是最大测试速率和重复性能，其次是准确度。该参数测试以时间为单位验证相关芯片电路的建立时间、保持时间、上升时间、下降时间以及传输延迟时间等参数。

**芯片功能测试**用来验证芯片是否能够实现设计的既定功能。所施加的激励信号以一定方式在电路中传输，确保能够对电路内部的所有部分都进行验证，以测试电路的所有部分是否都正常工作。功能测试的基本方法是，用一组有序的组合测试图形作用于待测器件，比较电路的输出与预期数据是否相同，以此判别该电路的功能是否正常。

测试台随着半导体工艺的发展，其检测的产品更加复杂、检测速度也在逐渐提高。从上世纪 60 年起，测试台已经从最初的针对简单、低芯片引脚数的低速测试系统逐步发展到适用于超大规模、复杂结构集成电路的高速测试系统。

**图表 31 测试台发展历史**

时间节点	集成电路	芯片引脚数（单位：个）	检测速度
60年代中期	小规模集成电路	16	测试速度慢，只是用连接导线、开关按钮等方式编写测试序列。
60年代末	中等规模集成电路	24	效率提高，可用计算机进行控制。
70年代初	大规模集成电路	60	测试速度大大提高，可达10MHZ。
70-80年代	电路种类增多，包括TTL型、CMOS型和ECL型等	128	测试速度提高。
80年代	超大规模集成电路	256	测试速度可达100MHZ。
21世纪后	3D NADA、SOC等	1024	大于1GHZ。

资料来源：华创证券整理

可以预见高测试速率、强通用性将会成为未来测试台发展的方向。提高检测速率可以使得测试台在单位时间内测试更多的芯片，如此便会降低单个芯片上所负担的生产成本。传统的检测台是面向分立器件、存储器、数字电路等特定类型的半导体产品，如今随着集成电路种类界限愈发模糊，柔性检测方式因其通用式的检测方法可以为下游半导体检测厂商极大的节省成本并缩短检测时间，故而通用性强的全自动检测设备已经成为未来各大生产厂商的主攻方向。

## 2、探针台：运用于 CP 环节晶粒与测试台的连接

探针台用于晶圆加工之后、封装工艺之前的 CP 测试环节，负责晶圆的输送与定位，使晶圆上的晶粒依次与探针接触并逐个测试。探针台的工作流程为，首先通过载片台将晶圆移动到晶圆相机下，通过晶圆相机拍摄晶圆图像，从而确定晶圆的坐标位置；再将探针相机移动到探针卡下面，从而确定探针头的坐标位置；得到两者的位置关系后，即可将晶圆移动到探针卡下面，通过载片台垂直方向运动实现对针功能。探针台是晶圆后道测试的高精密装备，其技术壁垒主要体现在系统的精准定位、微米级运动以及高准确率通信等关键参数。

探针台的发展历史可以追溯到上世纪 60 年代，经历了多年的技术耕耘，该行业如今主要为东京精密（Accretech）、东京电子（Tokyo Electron Ltd）与伊智（Electroglass）三家公司所垄断。虽然国内厂商近几年奋起直追，但是在设备的关键技术方面仍与国外先进厂商存在较大的差距，未来国产设备公司将会有很大的增长空间。

图表 32 国内外先进厂商探针台对比

性能指标	Precio nano™（东京电子）	TZ-603B（中电45所）
可测片经	12英寸	5，6，8英寸
XY定位精度	0.8微米	5微米
Z定位精度	5微米	3微米

资料来源：东京电子官网，中电45所官网，华创证券

### 未来探针台发展方向：增加测试标的&较少晶圆测试损伤

**测试品种增多。**早期的探针台主要针对一些分立器件进行测试，测试精度要求不是很高。随着信息化技术的发展其产品测试已经扩展到 SOC 等领域，预期在未来工艺的推动下，会有针对更加先进产品的探针台不断问世。

**微变形接触技术。**晶圆是高价值产品，所以在操作过程中尽量避免出现任何损坏晶圆的可能性。伊智公司推出“MircoTouch”微接触技术，它减少了晶圆测试时的接触破坏，并且实现了对垂直升降系统的精准控制，大大降低了探针接触晶圆时的冲击力，同时也提高了测试过程中探针的精确度。

**非接触测量技术。**随着电磁波理论和 RFID（射频识别）技术的成熟，非接触式测试将会因为更低的晶圆测试损伤、更短的测试时间以及更少的产品成本等优点，将会是行业未来发展的方向。目前，意法半导体公司已经提出非接触式 EMWS 技术，在此方法下的每个硅片内含天线，探针台通过电磁波与其通信，如此便可以消除在标准测试过程中偶然发生的测试盘被损事件。

### 3、分选机：根据测试结果对产品进行筛选与分类

**集成电路分选设备**应用于芯片封装之后的 FT 测试环节，它是提供芯片筛选、分类功能的后道测试设备。分选机负责将输入的芯片按照系统设计的取放方式运输到测试模块完成电路压测，在此步骤内分选机依据测试结果对电路进行取舍和分类。分选机按照系统结构可以分为三大类别，即重力式（Gravity）分选机、转塔式（Turret）分选机、平移拾取和放置式（Pick and Place）分选机。

**重力式分选机**以半导体器件自身的重力和外部的压缩空气作为器件运动的驱动力，器件自上而下沿着分选机的轨道运动，在半导体运动的同时分选机的各部件会完成整个测试过程。该类分选机的优点是设备结构简单，易于维护和操作；生产性能稳定，故障率低。缺点是因为器件由重力驱动，所以设备的每小时产量相对较低；而且该种类分选机的硬件结构也导致了设备不能支持体积比较小的产品和球栅阵列封装等特殊封装类型产品的测试。

**转塔式分选机**是以直驱电机为中心，各工位模块在旁协调运行的测试机。芯片通过转塔式分选机主转盘的转动，一步一步的被各个工位测试，直到芯片完成所有的测试。转塔式分选机的优点是设备的每小时产量比较高，当前市场上速度最快的设备每小时可以完成 5 万枚芯片的测试。而此类分选机最大的缺点来源于其旋转式传动所造成的离心作用力，使得该类设备不能应用于重量较重、外形尺寸较大的产品。

**平移拾取和放置式分选机**以真空方式吸取半导体，依靠传动臂的水平方向移动来完成产品在测试工位之间的传递，进而完成整个测试流程。该类设备优点是结构相对简单；可靠性高；对重量较重和外形较大的产品尤为合适。缺点是该类分选机的每小时产品比较低，对于体积较小的产品操作性能不佳。

图表 33 重力式、转塔式、平移式分选机性能比较

分选机种类	动力来源	设备优点	设备缺点
重力式分选机	半导体器件自身动力和外部压缩空气	机构简单，易于维护和操作；生产性能稳定，故障率低	产量较低；不支持体积较小、球栅阵列封装等特殊封装类型产品测试
转塔式分选机	主转盘内的直驱电机	每小时产量高，可以集成打印、外观检查、包装等功能	不能用于重量较大、外形尺寸较大的产品
平移拾取和放置式分选机	真空吸取半导体，水平传动臂传递产品	结构简单、可靠性高；适用于重量较重、体积较大的产品	每小时产量较低；不适用于体积较小的物体

资料来源：华创证券整理

在分选机市场，国外先进厂商凭借几十年设备研发的先动优势以及技术沉淀，已经形成了对该市场的绝对垄断，其产品性能可以很好的满足下游厂商对设备的需求。而国产设备经过多年的潜心研发，已经取得了很大的技术进步，未来将在设备的每小时产能、适用的芯片封装种类、换测时间以及系统的稳定性等方面取得重要的成果。

图表 34 国内外先进厂商分选机性能比较

	转塔式	格兰达转塔式	重力式	长川重力式	平移式	长川平移式
UPH（每小时产能，单位：个）	50000	36000	18000	8000	16000	11000
适用封装形式	Discrete, Leaded, Discrete DFN, QFN, SOIC, LED等	SOP、QFN、DPAK、TO、SOT、SOIC等	QFN、SOT（同一机台可通用）	ESOP8-16；TSSOP14-28（同一机台不可通用）	QFP、TQFP、TSOP、SOIC、CSP、BGA、QFN, WLCSP等	QFP、QFN等
换测时间	20-60mins		1h		30mins	20mins
产品稳定性/故障率	120mins		1/11000	1/5000	1/12000	1/5000

资料来源：Cohu 官网，格兰达官网，长川科技官网，华创证券

未来分选设备正朝着高速率、稳定性强、柔性化测试等方向发展。分选机的单位产能低和换测时间长意味着厂商在同样的时间内，只能测试数量较少的芯片，这样无疑会降低公司的竞争能力，为此，各家设备厂商会着重于提升分选机的测试能力，提高测试速率；而当分选机高批量进行自动化的作业方式时会对系统的稳定性提出更高的要求，会要求设备具有较低的故障率；此外，集成电路未来封装形式的多样性会要求分选机具备在不同的封装形式下快速切换测试模式的能力，从而形成更强的柔性化生产能力。

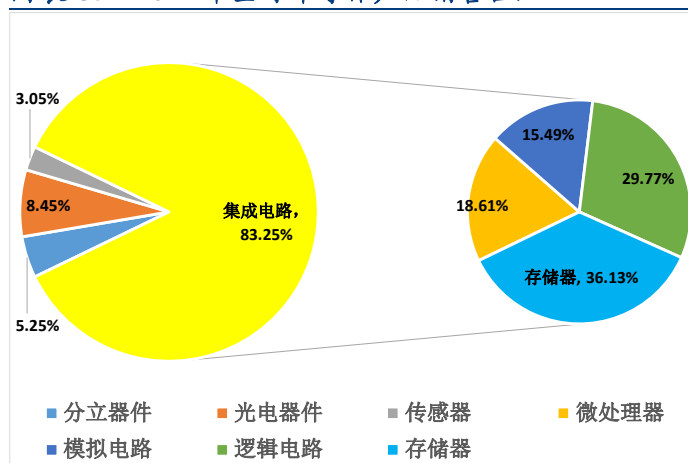
### （三）后道检测以 SoC 和存储器产品为主要标的

#### 1、SoC 和存储器测试台销售占比超过 80%

随着芯片内晶体管集成度逐渐提高与产品开发周期逐渐减小，以 IP 核复用为核心技术的 SoC 产品应运而生，并以极快的速度在电子产品各细分行业内得到了全面的推广。而近年来由于对高速、高容存储器的大量需求，使得存储器市场成为集成电路最大的业务板块，2017 年存储器在集成电路市场的销售占比为 36.13%。根据下游产品的市场份额，SoC、存储器多年来一直是后道测试台的主要测试标的，2017 年 SoC 与存储器产品的测试台销售占比达到了 91.04%，为近几年的历史最高值。

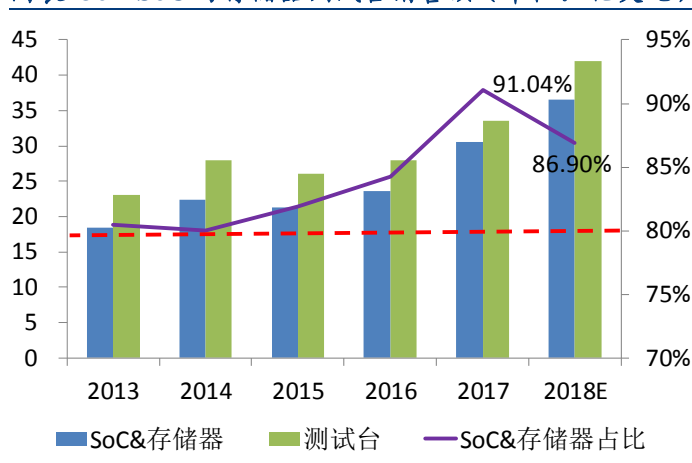


图表 35 2017 年全球半导体产品销售占比



资料来源: WSTS, 华创证券

图表 36 SoC 与存储器测试台销售额 (单位: 亿美元)



资料来源: 华创证券

## 2、SoC 芯片: 芯片未来发展的主流趋势

集成电路经过几十年的技术发展, 已经达到了可以在单个芯片上集成上亿枚晶体管的水平。在集成电路向集成系统的转变过程中, 以超深亚微米工艺和 IP 核复用技术为支撑的系统芯片 (System on Chip, SoC) 应运而生。它通过 IP 核复用的设计技术, 将整个系统映射到单个芯片上。该芯片以其体积小、功耗低、性能强大和开发周期短等优点而具有广阔的市场空间。但是随着 SoC 内核 IP 数目的增多, 对该芯片内部的 IP 核测试访问也变得越发困难。

以往的 SoC 芯片测试, 大多数采用的是分模块测试的方法, 比如先测试数字部分的电路, 再测试内存部分, 最后测试模拟电路等板块。这种方法比较简单, 可以直接从现有的各种设备进行转移以节省设备成本。但显而易见的是, 此种方法步骤过于繁杂、测试时间较长。

目前对 SoC 有一种新的并行测试方法, 即通过算法调配 SoC 测试总线和测试顺序, 对芯片内部不同的功能模块进行并行测试。这就要求测试设备具有多个独立的测试通道, 每个测试通道内具有自己独立的测试处理器、驱动器、比较器、参数测试单元和测试向量存储器, 以使得每条通道都具有强大的测试功能。并行测试设备把 SoC 芯片不同功能模块的管脚划分为不同的端口, 利用每个端口的独立性, 实现各个模块的并行测试。

并行测试与传统的串行测试方法相比较, 会极大的节省测试厂商的时间。但该方法对测试台软件系统的并行控制能力要求较高, 需要软件系统对硬件资源进行合理的调度, 使得芯片不同功能板块在测试时可以避免彼此之间的相互干扰。

## 3、存储器: 集成电路最大的业务板块

如今, 存储器的性能正朝着容量更大、体积更小、功耗更低、速度更快的趋势发展, 面对如此迅猛发展的半导体存储技术, 行业对相应的测试技术也提出了更高的要求。在实际应用中, 对存储器的测试主要分为性能测试和功能测试。性能测试主要是检测产品能否在规定的温度、工作电压和电流、负载等设计参数下正常工作; 而芯片的功能测试是存储器测试中测试频率最高的部分, 其主要工作是通过测试算法检测存储器是否能实现设计方案所要求的正确操作。

存储器因其结构的特殊性决定了该器件的功能测试不能采用传统的直接物理检测。比较可行的办法就是建立与存储器结构相适应的故障失效模型。具体做法是, 通过对存储单元进行不断的读写, 然后与正确的存储单元状态进行比较。根据比较结果检测存储单元阵列中所有单元是否能正常地进行读/写操作和存储数据, 并检验行列地址译码器、

读写驱动器等外围电路是否正常工作等。这样做就可以使得故障的物理表现形式转化为逻辑显示的形式，通过失效模型表征存储器缺陷，采用一定的算法去检查故障，从而找出失效的存储单元。

存储器经过长时间的发展，技术日臻成熟，对存储器生产厂商来说，在实际生产中降低产品上市前的测试成本、缩短芯片测试周期是降低生产成本的重要渠道。然而，存储器的器件特性直接决定了其测试周期较长，因此厂商在加快设备自身测试速率的同时，采取了在同样的测试时间内尽可能多的增加并行测试的器件数量，如此便可以降低单位芯片的测试成本。此外，在存储器的测试过程中，最耗费时间的便是程序擦除操作，一次擦除往往会耗时数秒。为此在实际应用中，单独使用某个测试台对多枚芯片并行擦除数据，而另外的测试台用于读、写、测试操作，如此可以有效地形成流水线操作，节省测试时间。

图表 37 SoC 测试台实物图



资料来源：爱德万官网

图表 38 存储器测试台实物图



资料来源：爱德万官网

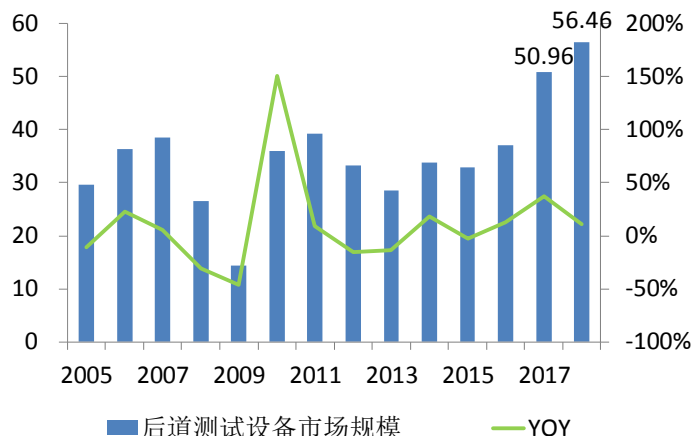
#### （四）后道检测设备市场空间巨大，国外寡头垄断市场

##### 1、后道检测设备整体市场空间将达到 56.5 亿美元，测试台需求将会继续增长

受下游半导体产品市场增长的影响，2017、2018 年半导体后道检测设备市场同样迎来新的增长。按照历史平均数据，后道检测设备市场投资额与半导体设备总体投资额的比值约为 9%，据此估计 2017 年该设备的市场规模为 50.96 亿美元，2018 年该市场规模预计将扩大到 56.46 亿美元，同比增长 10.79%。

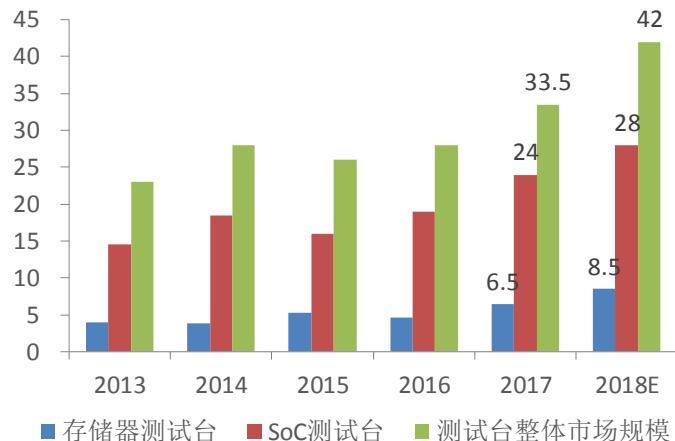
测试台是后道检测中最为重要的设备，始终占据着后道检测设备市场 60% 以上的投资比例。2017 年全球测试台销量达到 33.5 亿美元，同比增长 19.64%，占后道设备总投资比值为 66%；2018 年测试台销量将维持高速增长趋势，达到 42 亿美元，同比增长 25.37%，投资占比值上升至 78%。在测试台细分领域内，由于 5G 通信，AI，物联网，数字货币等产业兴起将推动 SoC 测试台 2018 年的销售额达到 28 亿美元，同比增长 16.67%；而高容、高速存储器的强劲需求将拉动存储器测试台销量出现大幅增长，预计 2018 年销售额将到达 8.5 亿美元，同比增长 30.77%。

图表 39 后道测试设备市场规模（单位：亿美元）



资料来源：wind，华创证券

图表 40 测试台市场规模（单位：亿美元）



资料来源：VLSI research，华创证券

后道检测设备市场呈现寡头垄断的局面，这是因为后道检测设备具有较高的技术壁垒，设备的核心技术均掌握在少数几个西方国家的厂商手中。其中，爱德万与泰瑞达两家公司以超过 90% 的市场份额垄断测试台市场；在探针台领域内，东京精密一家公司的市占率已经达到了 60%；同样的在分选机市场内，爱德万、科休、爱普生三家公司的市场份额已经超过了 60%。

## 2、泰瑞达：测试台整体市场份额第一，营收居行业首位

泰瑞达（Teradyne）公司由两位毕业于麻省理工学院的工程师于 1960 年创立，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。公司的下游客户遍布半导体整条产业链，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、意法半导体、伟创力、高通公司、德州仪器、联发科、恩智浦、日月光、安靠、苹果、西部数据、希捷、东芝等都是其重要客户，其中台积电、JA 三井租赁株式会社连续两年成为公司最大的客户。



图表 41 泰瑞达部分主要产品实物图

型号:ETS-600, 模拟&混合信号测试台 型号:IP750, 模拟电路测试台 型号:Magnum, DRAM存储器测试台



型号:FLEX, 功率器件测试台



型号:J750, 逻辑电路测试台



型号:UltreFLEX, SoC测试台

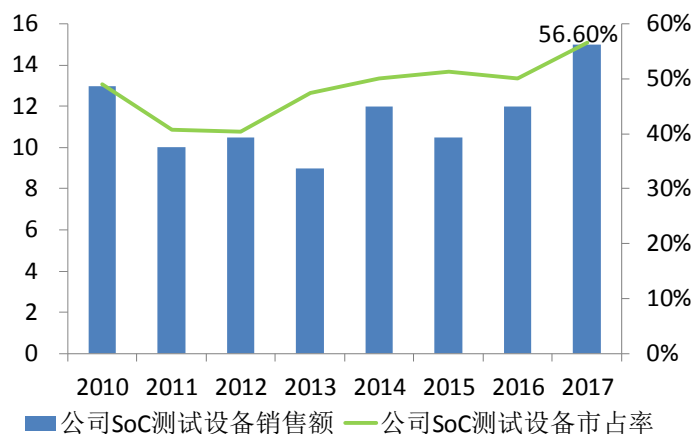


资料来源: 泰瑞达官网, 华创证券

公司测试台整体市占率全球居首, 又是 SoC 测试台的绝对龙头。公司是世界领先的测试台制造商和供应商, 测试台整体市场份额长期处于行业第一位, 其中 2017 年市场份额为 50%, 预计该值在 2021 年将增加至 54%-56%。细分市场看, 公司是 SoC 测试台领域的绝对龙头, 2017 年在 SoC 测试台的市占率为 56.60%, 提升了 6.60 个百分点, 为业界最高水平。

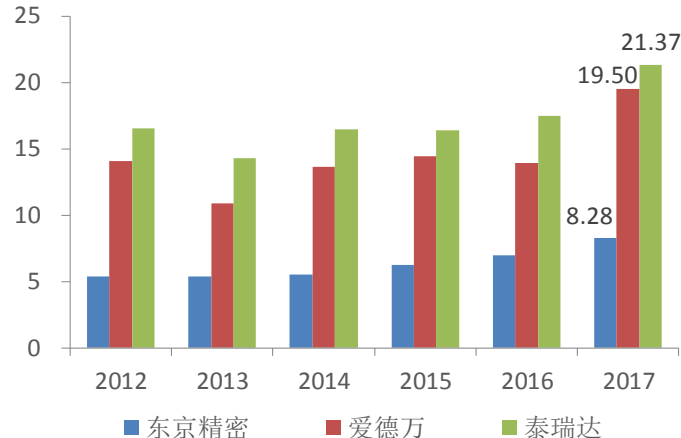
泰瑞达营收多年居于后道检测设备行业榜首。2017 年公司营收创造新高达到 21.37 亿美元, 同比增长 21.91%, 公司营业收入连续 6 年为后道检测设备行业第一名。

图表 42 泰瑞达 SoC 测试设备市场营收(单位:亿美元)



资料来源: 泰瑞达年报, 华创证券

图表 43 后道检测设备龙头企业营收(单位:亿美元)

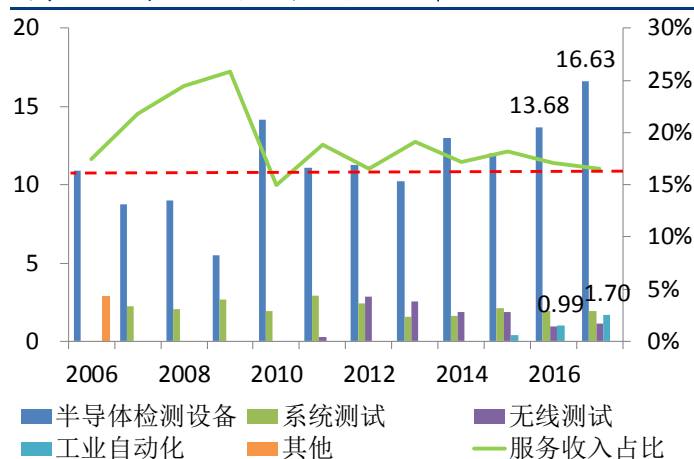


资料来源: wind, 华创证券

报告期内业绩增长主要来源于半导体检测设备和工业自动化业务板块。2017 年物联网、车用半导体销量增长拉动公司 SoC 半导体检测设备收入实现放量增长，实现营收 16.63 亿美元，同比增长 22%；公司于 2015 年 6 月成功并购丹麦企业优傲机器人，此后公司的工业自动化板块业绩进入快速上升通道，2017 财年公司并购效应继续显现，实现 1.70 亿美元营业收入，同比增长 72%。

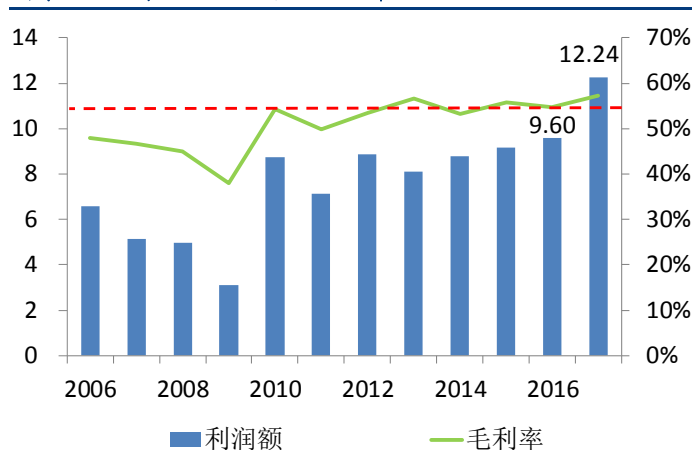
**龙头地位为公司带来强大盈利能力。**凭借测试台产品具有较高的技术门槛，以及公司在行业内的龙头地位，近几年，泰瑞达的毛利率一直维持在 55% 以上的水平。2017 财年公司实现毛利润 12.24 亿美元，同比增长 27.50%，实现毛利率 57.28%，比上一年增加 2.55 个百分点。

图表 44 泰瑞达分项营业收入（单位：亿美元）



资料来源：wind，华创证券

图表 45 泰瑞达盈利能力（单位：亿美元）



资料来源：wind，华创证券

后道检测设备与前道量检测设备相比，其技术门槛相对较低，而泰瑞达作为行业内的领先企业，其成长哲学值得国内有志于在后道检测市场发展的相关企业进行学习。即公司通过全球布局增加营收来源，借助敏锐嗅觉积极开拓新兴市场，以高额的研发费用支撑产品创新能力，成功的并购策略紧紧抓住最大市场份额。

**全球布局有助于公司抓住产业转移的机遇。**自 2010 年起泰瑞达每年约 85% 以上的收入份额便来自于海外市场，作为最近一轮产业转移的目的地，台湾地区一直是公司最大的市场。但是随着近年来半导体产业出现向中国大陆转移的趋势，为全力支持快速发展的中国电子市场，泰瑞达于 2001 年在上海成立了分公司。2007 年，公司将主要的生产业务——半导体测试设备的生产和测试全部外包给了苏州伟创力（Flex International Ltd），在美国仅保留了新产品的生产线。目前，泰瑞达在中国大陆的收入占比为 12.19%，已经超越美国成为公司第二大市场。

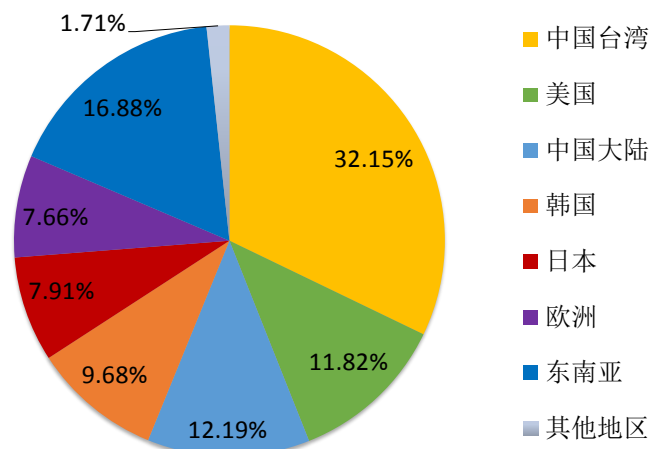
**凭借对新兴产品的敏锐嗅觉，公司捷足先登 SoC 测试设备市场。**SoC 产品作为一门新兴技术，自上世纪 90 年代初才逐渐兴起并成为产业重要的发展趋势。泰瑞达凭借其对市场发展的敏锐嗅觉，于 1997 年便率先发布第一款 SoC 测试设备 Catalyst。随后公司针对高性能 SoC 产品又发布 Tiger 测试台。借助于 Catalyst 和 Tiger 两款测试系统，公司于 21 世纪初便已经成为 SoC 测试的市场领导者。并通过潜心研发进行产品创新，逐渐扩大公司在该领域的市场份额。

**公司高度重视企业的创新能力。**不论行业经济景气度如何，公司始终将研发支出占比维持在 15% 以上的水平以支撑公司的创新能力。也正是因为公司重视研发，使得产品能够紧跟市场需求，让泰瑞达能够成为世界电子工业界之先导。2017 财年公司研发费用支出为 3.06 亿美元，同比增长 5.15%。

**成功的外延收购策略帮助公司重夺 SoC 测试设备的龙头位置。**2011 年爱德万收购美国公司惠瑞捷（Verigy）后，该公司在 SoC 测试设备的市占率曾一度达到世界首位。但由于多元化的企业融合过程并不是十分顺利，爱德万在两年后市场份额逐渐回落。与此形成鲜明对比的是，泰瑞达分别于 2007、2008 年收购了美国同行 Nextest 和 Eagle Test。并购后因经营得当，公司高管层非常注重供应链的优化整合及财务方面对现金流进行有效的管理，公司业绩蒸蒸日上。

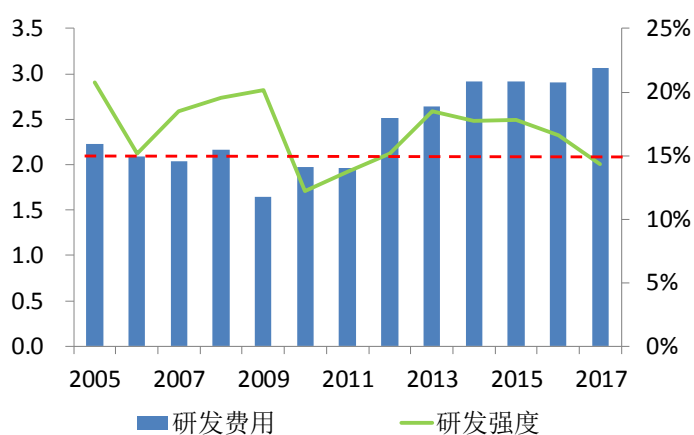
上，不仅于 2013 年重新夺回市场桂冠，而且在后期持续拉开与爱德万在该领域的差距。

图表 46 泰瑞达全球各地区营收占比



资料来源: wind, 华创证券

图表 47 泰瑞达研发支出 (单位: 亿美元)



资料来源: 泰瑞达年报, 华创证券

### 3、爱德万: 存储器测试台龙头企业, 强势进军 SoC 市场

爱德万 (Advantest) 成立于 1954 年, 总部位于日本东京市, 1972 年爱德万正式跨足半导体测试领域, 经过 40 多年的发展, 公司已经成为世界上后道检测设备领先企业。公司一直致力于集成电路测试技术的开发, 拥有种类完善的半导体后道测试台和分选机, 公司的主要客户有 Intel、三星电子、AMD、德州仪器、安靠、日月光、台星科、长电科技、力成、西部数据、通富微电等企业。

在存储器测试台细分市场领域, 爱德万以 40% 的市占率长期位居全球首位, 2011 年爱德万成功收购惠瑞捷 (Verigy) 进军 SoC 测试, 并一度成为全球最大的测试台设备厂商, 目前仅次于泰瑞达位居第二。此外公司分选机的性能已经达到了业界的先进水平, 其中存储芯片分选机的并行测试容量为 768, 非存储类芯片分选机可同时测量 32 枚芯片。公司既有能满足高端产品测试需求的解决方案, 也兼顾工程研发初期或小规模量产验证的测试设备。

图表 48 爱德万部分主要产品实物图

型号:T5503SH2, DRAM存储器测试 型号:T7912, 模拟电路测试系统 型号:M4171, 逻辑电路分选机



型号:V9300 Smart Scale, SoC测试系统

型号:T5773ES, NAND存储器测试



型号:M6245, 存储器分选机

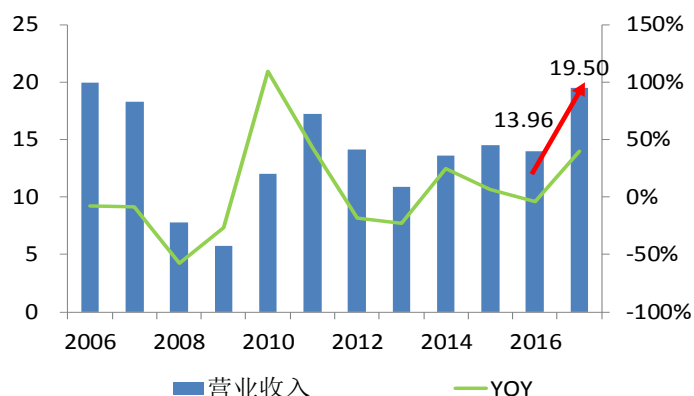


资料来源: 爱德万官网, 华创证券

**2017 财年公司业务创新高。**受下游存储器、车用半导体、面板企业投资方向调整影响, 公司存储器、非存储器业务均出现增长, 公司 2017 财年业绩创下自 2006 年以来的历史新高, 其中营业收入大幅增长到 19.50 亿美元, 同比增长 39.70%, 进一步缩小了与泰瑞达之间的营收差距; 公司接收订单共计 23.32 亿美元, 同比增加 50.50%。

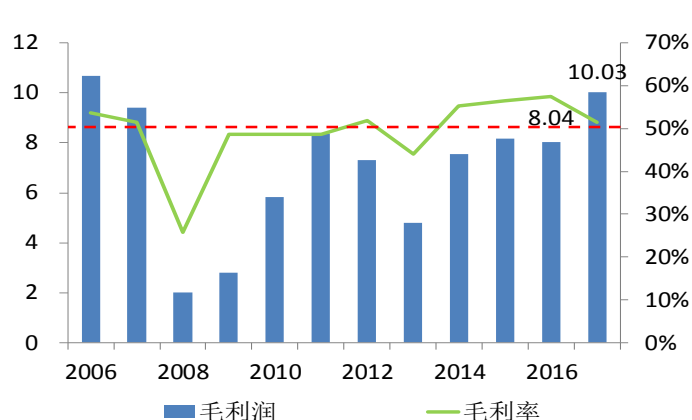
**公司常年呈现出强劲的盈利能力。**凭借着行业的技术壁垒以及在 SoC 测试台、分选机上的垄断地位, 公司将毛利率基本维持在 50% 以上的水平。报告期间, 公司实现毛利率 51.44%, 而且受益于公司经营效率的提升, 2017 财年营业净利润达到 1.70 亿美元, 同比增长 27.5%。

图表 49 爱德万营业收入 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

图表 50 爱德万盈利能力 (单位: 亿美元)



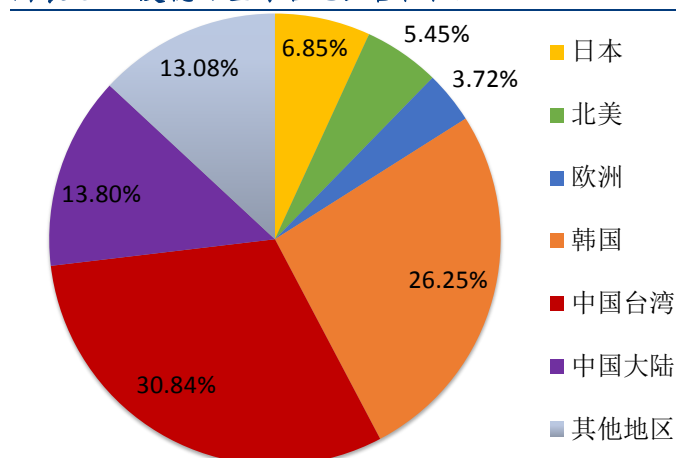
资料来源: wind, 华创证券



通过全球布局抢占市场份额、紧跟行业趋势进行产品更新、强势进军 SoC 测试台市场，爱德万立志垄断整个后道检测设备市场。

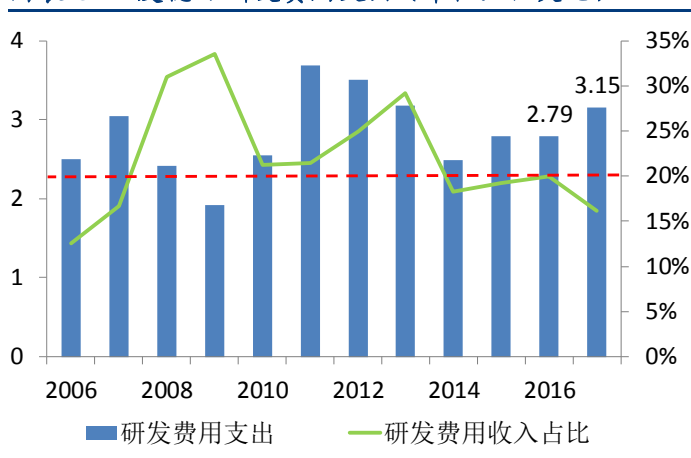
在全球布局策略下，公司在全球 50 多个国家和地区一共拥有超过 4400 名员工，由此为公司及时占领全球市场提供了坚定的支撑。海外市场已经成为公司主要的营收来源，2017 财年公司 93.15% 的营收来自于日本本土以外的地区，其中台湾、韩国稳居收入榜前两名，中国大陆是公司第三大市场，其收入占比为 13.80%，与去年相比大陆收入占比有所增加。凭借其全球销售网络，截至 2017 年 7 月，公司在全球共销售超过 20000 台测试台，6000 台分选机，在半导体供应链中起着不可忽视的重要作用。

图表 51 爱德万全球各地区营收占比



资料来源: wind, 华创证券

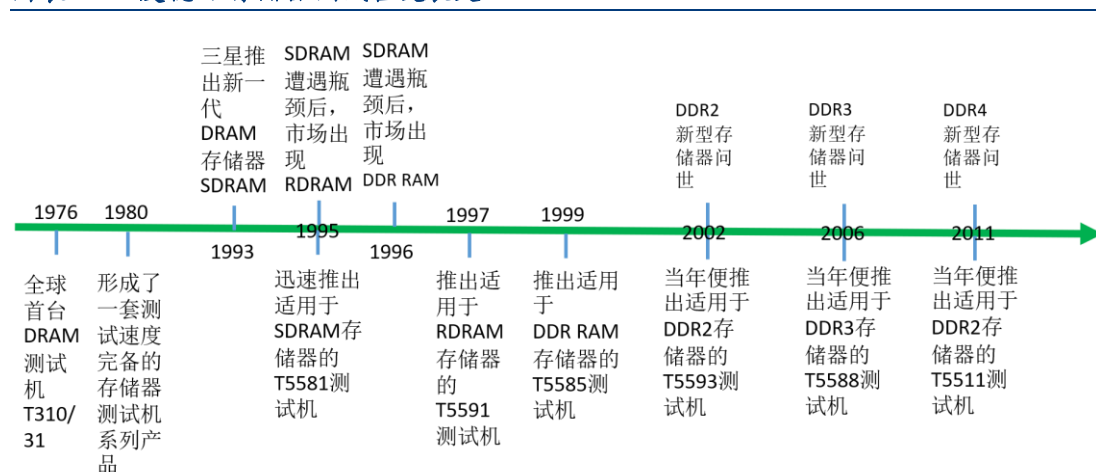
图表 52 爱德万研发费用支出 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

凭借每年近 20% 的研发强度，公司能够及时开发新产品满足市场需求。爱德万始终重视公司的研发投入，即使是在 2009 年市场低迷阶段，也能维持 20% 以上的研发强度，因此公司具有很强的产品开发能力。以存储芯片为例，纵观整个存储芯片的发展历史，也可以将其看作是爱德万存储器测试设备的发展史。公司于 1971 年进入半导体市场，仅用时 5 年，便于 1976 年开发出世界首台 DRAM 测试设备 T310/31，在全球市场获得巨大的成功。随着 1980 年 T-3331 推向市场，公司形成一套测试速度完备的存储器测试机系列产品。多年的技术沉淀使得公司具备惊人的研发能力。上世纪 90 年代，公司在新存储器问世 2-3 年内便可迅速推出相应种类的测试设备。而在 2000 年后，公司已经可以在当年内就开发出相应的测试台。目前，公司在存储器测试设备市场拥有 50% 以上的市场份额。

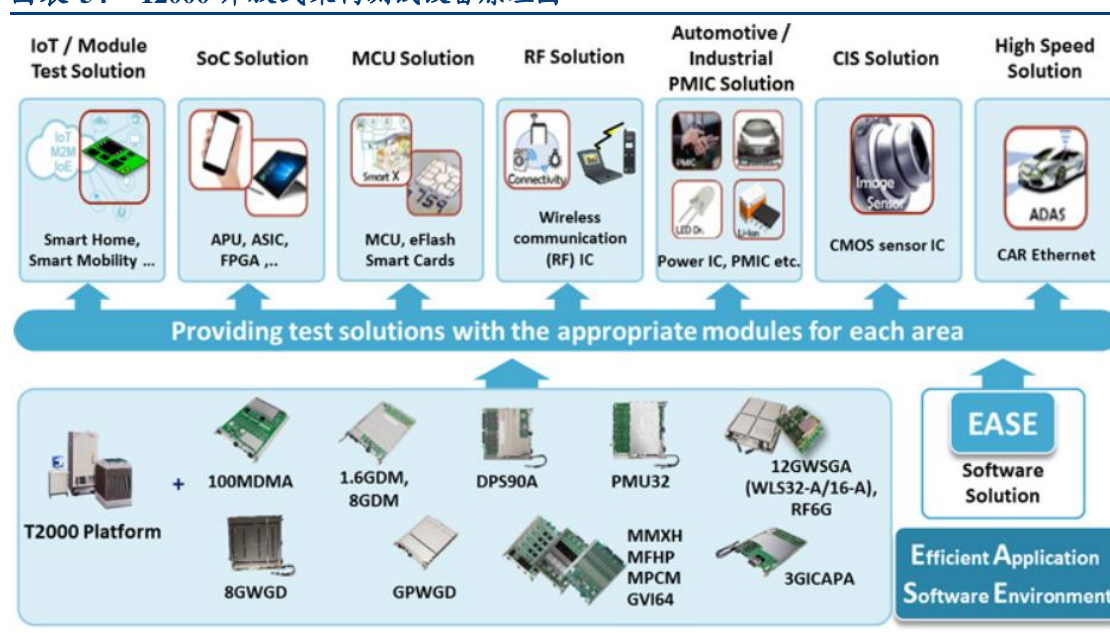
图表 53 爱德万存储器测试台发展史



资料来源: 华创证券整理

推出业界第一款基于开放式架构测试台、收购测试设备先进厂商惠瑞捷，爱德万强势进军 SoC 市场。SoC 伴随芯片高度集成的需求而问世，并成为产业重要的发展趋势。爱德万紧跟时代潮流，是继泰瑞达、惠瑞捷之后第三个进入 SoC 市场的参与者。2003 年公司另辟蹊径地推出了全球第一款基于开放式架构的 T2000 测试系统，该系统以单体测试模块为基础，通过配置不同的测试模块使得用户具有测试不同功能芯片的能力。T2000 拥有丰富多样、功能强大的测试模块，除了对 SoC 进行测试外，还可以实现数字测试、电源测试、模拟测试、功率器件测试等功能。用户可以根据特定的测试需求来组合不同的测试模块，实现更加复杂的测试方案，因此产品一经上市便受到了广泛的关注。

图表 54 T2000 开放式架构测试设备原理图

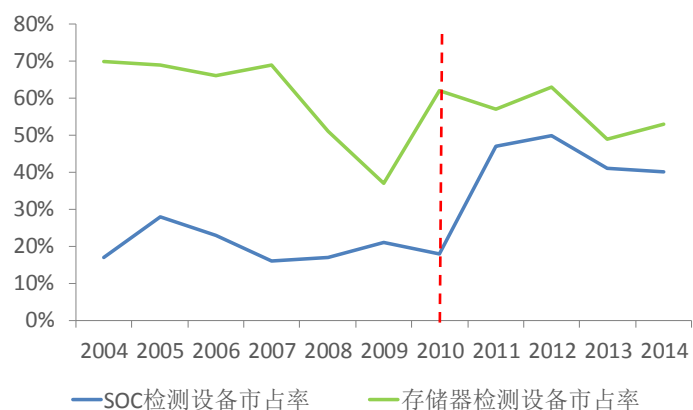


资料来源：爱德万官网

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。V93000 平台是惠瑞捷于 1999 年推出的针对 SoC 产品的测试系统，是当时行业内最为畅销的 SoC 测试系统之一。爱德万于 2011 年完成收购惠瑞捷后，结合自身技术积累在原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。该平台按照不同配置后根据测试的芯片范围可被分为 V93000-A、V93000-C、V93000-S 和 V93000-L 四种机台系列，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。



图表 55 Advantest 测试设备市占率



资料来源：爱德万官网，华创证券

图表 56 V93000 系列产品示意图



资料来源：爱德万官网

#### 4、东京精密：探针台细分市场领导者

东京精密（TOKYO SEIMITSU）成立于 1949 年，是一家主要从事半导体设备和精密测量仪器研发、生产和销售的上 市公司，公司于 1986 年在东京证券交易所 1 部上市。在半导体制造装置方面，东京精密于 1964 年便研发出第一 台晶圆探针台设备，该公司探针台产品占有国际市场 60% 的份额，为世界第一大探针台制造商。目前公司在全球共 有雇员 2821 人。

图表 57 东京精密部分主要产品实物图

型号:UF3000EX, 300mm探针台



型号:FP2000, 200mm探针台



型号:Fortia, 功率器件测试系统



型号:UF60A, 半自动探针台



型号:UF200R, 逻辑电路探针台



型号:UF190R, 分立器件探针台



资料来源: 东京精密官网, 华创证券

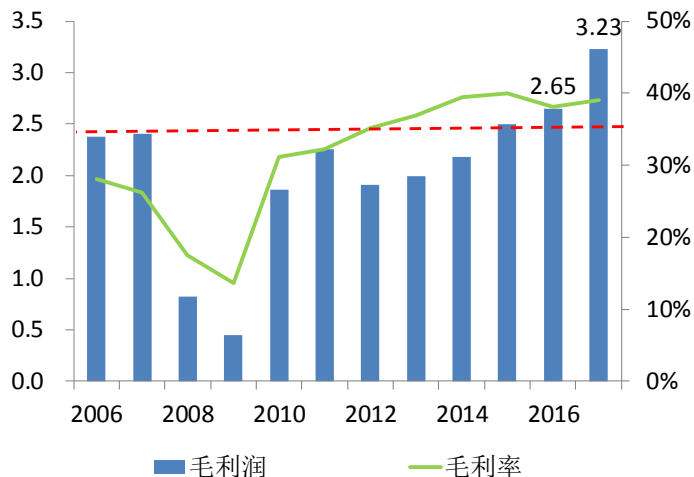
**2017 财年公司营收和盈利能力双双出现放量增长。**报告期间, 公司实现营业收入 8.28 亿美元, 同比增长 19.03%。业绩增长主要是因为半导体设备业务强劲的市场需求和精密测量仪器板块业务开始逐渐复苏。公司具有较强的盈利能力, 自 2012 年后毛利率水平始终维持在 35% 以上。报告期间, 公司实现毛利润 3.23 亿美元, 同比增长 21.89%, 实现毛利率 38.99%。

图表 58 东京精密营业收入 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

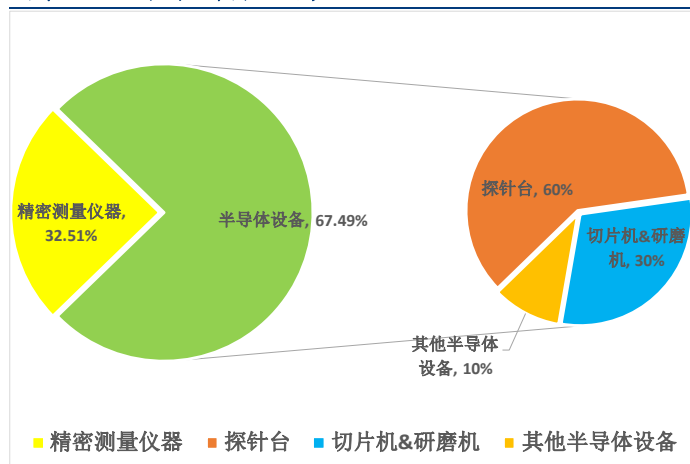
图表 59 东京精密盈利能力 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

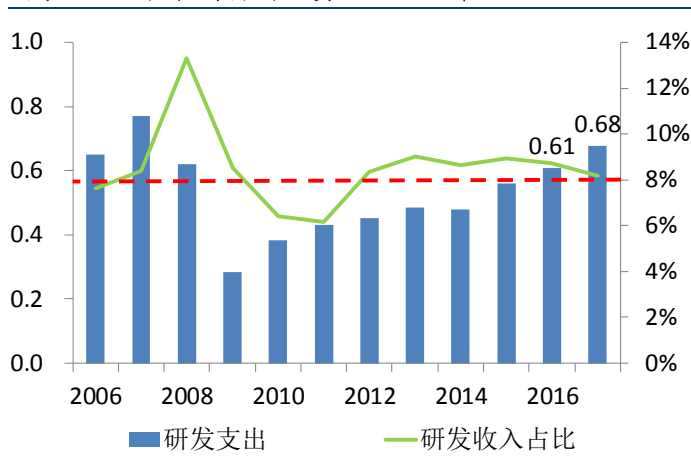
探针台是东京精密占比最大的业务板块，预期 2018 财年该业务板块占比将会继续扩大。2017 财年，探针台收入占比约为 40.49%，是公司最大的业务板块。同时，该年度内公司增加研发支出至 0.68 亿美元，同比增长 11.24%，其目的在于支持探针台产品得到进一步的发展。2018 财年，受 5G 通讯、人工智能、物联网和中国新建晶圆厂的影响，公司预计探针台的销售占比将达到 44.75%，与此相应，东京精密也在预算中增加了 9.72% 的研发费用。

图表 60 东京精密细分产品占比



资料来源: wind, 华创证券

图表 61 东京精密研发费用支出 (单位: 亿美元)



资料来源: wind, 华创证券

## 四、国内企业蓄势待发，星星之火可以燎原

### (一) 大陆晶圆产线建设潮带来巨大的设备国产化空间

多部文件相继出台，政策支持力度持续加强。继 02 专项、《国家集成电路产业发展推进纲要》以及《中国制造 2025》等重磅政策之后，今年 3 月的十三届全国人大一次会议上，李克强总理在政府工作报告中论述实体经济发展时，将集成电路产业放在实体经济的首位进行强调。3 月底财政部又发布了《关于集成电路生产企业有关企业所得税政策问题的通知》，在税收上给予集成电路企业优惠，展现出政府对于发展半导体产业的坚决态度。

大基金二期募集在即，全国产业基金总额望破万亿。大基金一期计划募资 1000 亿，实际募集资金 1387 亿元，实际投资额超 1000 亿元，此外大基金还撬动了超 3600 亿的地方产业基金，合计 5000 亿的半导体产业基金为高资本投入的半导体产业发展提供了强力的支持。目前第二期大基金正在成立中，年内将完成募集，预计募资 1500-2000 亿（更有国外媒体透露募资额可能达 3000 亿）。按照 1: 3 的撬动比计算，二期大基金还将撬动 4500-6000 亿的地方产业基金，全国半导体产业基金总额将破万亿。

国家政策及产业基金催化行业发展，中国大陆半导体产业已经迎来了新的风口。作为第三次产业转移的目的地，中国大陆迎来了晶圆产线的扩建潮。据统计目前大陆正兴建 17 座、规划 5 座 12 寸晶圆厂，合计市场空间超 7000 亿，这将为前道量检测设备厂商带来庞大的市场需求。

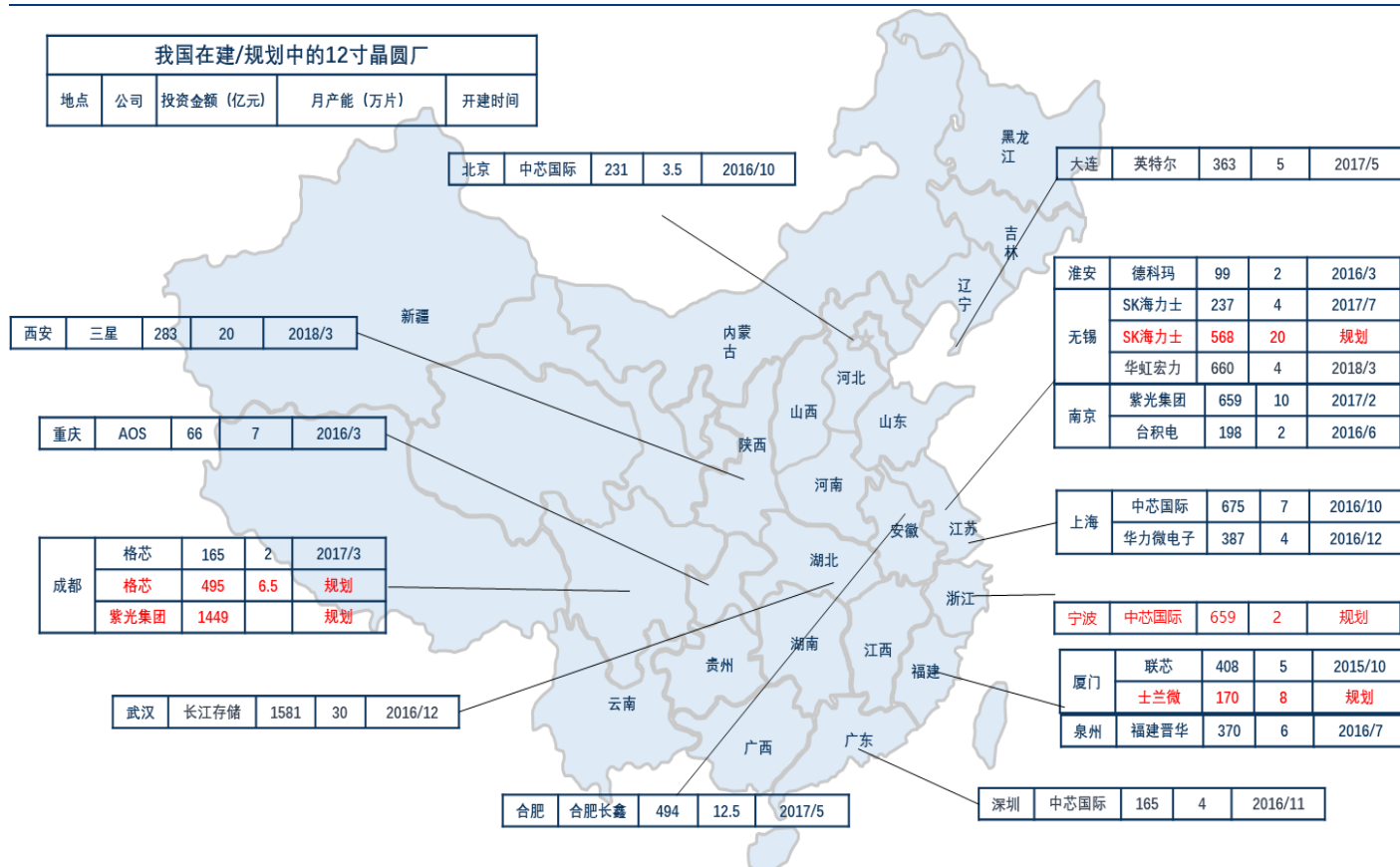
封测厂商接力扩产，带动后道检测设备需求。晶圆产线扩建推动晶圆厂产能扩张将传导至产业链后端封测环节，带动封测厂商扩产产能，以匹配新增的前道制造产能。2018 年 7 月 7 日，华天科技发布公告称，公司拟在南京浦口经济开发区投资建设南京集成电路先进封测产业基地项目。该项目总投资 80 亿元，分三期建设，主要进行存储器、MEMS、人工智能等集成电路产品的封装测试。华天科技扩产封测产能预示着扩产需求已传导至封测端，封测环节的扩产将拉开帷幕，有力带动后道检测设备的市场需求。

已投建的 17 座晶圆厂合计设备投资已达 5000 亿元。据计算，其中前道量检测设备的市场空间将达到 460 亿元，后

续有望带动 450 亿元的后道检测设备需求，随着规划晶圆厂的不断落地，前、后道检测设备空间将不断提升。

国内企业有望搭上新建产线扩产的“顺风车”。一般情况下，晶圆厂为了实现新厂顺利量产的目标，新建的第一条产线几乎全部使用国外设备。但是在第一条产线工艺成熟后，晶圆厂产线扩产时会因价格优势、服务及时、产品共同研发等原因更多的考虑采用国产化设备。而对于国产半导体设备商来说，晶圆产线的产能扩产阶段也是实现设备进口替代的黄金时期。

图表 62 国内在建/规划中的 12 寸晶圆厂



资料来源：华创证券整理

## （二）长川科技：国内后道检测设备领头羊

长川科技成立于 2008 年，是一家专注于从事集成电路后道检测设备的研发、生产和销售的上市公司。公司主要为集成电路封装测试企业、晶圆制造企业、芯片设计企业等提供测试设备。目前，公司产品已经先后进入了本土封测龙头企业以及国际一流公司的生产线，长电科技、华天科技、通富微电、士兰微、华润微电子等国内企业以及日月光等国际封测行业龙头都是公司的重要客户。

长川目前的主营设备包括测试台和分选机。公司生产的测试台包括大功率、模拟/数模混合测试机等；分选机包括重力下滑式分选机、平移式分选机。此外公司已开始进行对探针台的研发工作，目前已经完成了前期技术的预研工作以及各个模块的设计和搭建。

公司的测试台已经实现了规模化国产替代，未来将会进一步向 SoC 测试台方向发展。长川科技新一代的模拟电路测试台 CTA8290 测试技术和配置规模达到了业内高端设备的水平，已经可以直接替代国外高端测试系统。而公司的



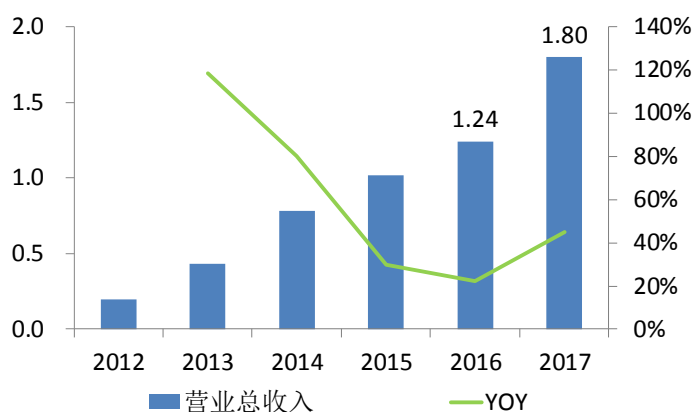
功率器件测试台 CCT3320 在测试精度、测试速度、并测效率等方面都有了显著的提升，已经成为国内并测能力最强的设备。目前，在测试台领域内公司已经着手对更加复杂的 SoC 测试台进行研发，并已经取得了巨大的研发成果。

丰富的产品机型助推公司成为国内分选设备行业的领头羊，公司将会研发出更加先进的分选机。长川在集成电路分选机领域持续进行新机型的研发和测试领域的拓展，成功推出了 C8H、C9D、C6、CF160、CS160 等升级或全新机型，为我国集成电路产业提供了高性价比的选择。公司分选机的测试功能正在进一步向高温测试、系统级测试、平移式测编一体机等先进方向发展。

探针台突破多项技术短板，有望填补国产设备在此领域空白。探针台的精密程度更胜测试台与分选机，目前国内尚未有针对 12 寸大硅片的探针台。在此背景下，公司重点突破探针台产品，正在开发具备 8-12 寸各类晶圆测试能力的 CP12 探针台，已经攻克了超精密视觉定位、微米级运动控制、高冗余控制系统等技术难关，现在正处于分模块的系统性测试和验证阶段，产品有望在一年内上市，填补国产设备空白。

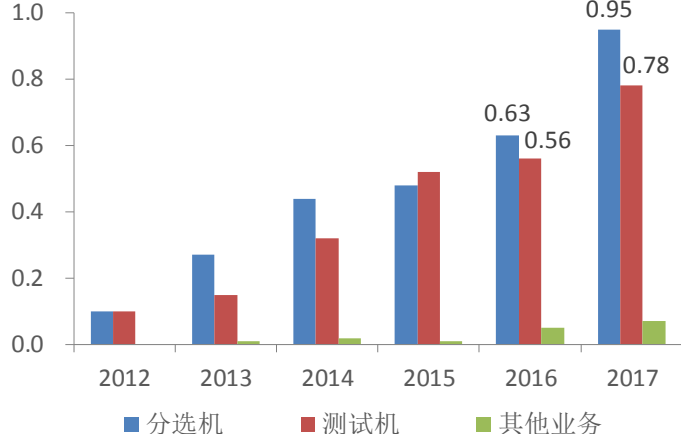
受国内晶圆厂扩建浪潮推动，以及检测设备国产化替代水平提高等因素影响，报告期内公司营收有较大幅度提升。2017 年公司实现营业收入 1.80 亿元，同比增长 44.84%。其中测试台实现营收 7766 万元，同比增长 38.01%；分选机实现营收 9548 万元，同比增长 50.92%。

图表 63 长川科技营业收入（单位：亿元）



资料来源：wind，华创证券

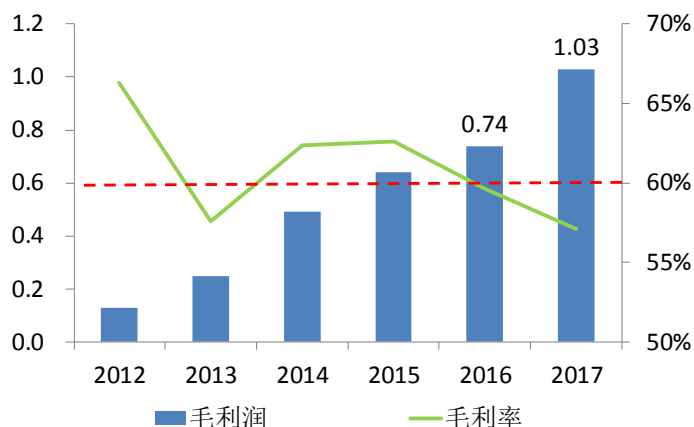
图表 64 长川科技细分业务营收（单位：亿元）



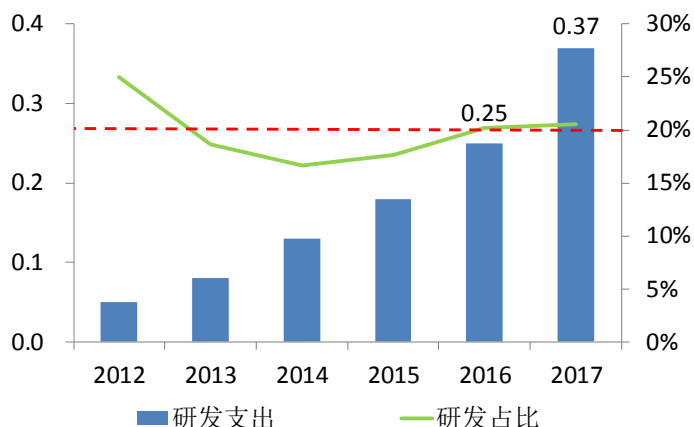
资料来源：wind，华创证券

作为国内稀缺的检测设备企业，公司具有较高的盈利能力，2017 年公司实现毛利润 1.03 亿元，同比增长 39.19%，实现毛利率 57.10%，其中技术难度较高的测试台毛利率达到了 76.66%。

重视研发，成长潜力巨大。2012-2017 年间公司研发费用支出持续增加，5 年内复合增长率为 49.23%。2017 年长川研发费用支出为 0.37 亿元，同比增长 48%，研发占收入比值为 20.51%。虽然公司研发投入绝对值较小，但增长快速，营收占比高，表现出公司对研发的高度重视。

**图表 65 长川科技盈利能力（单位：亿元）**


资料来源：wind，华创证券

**图表 66 长川科技研发费用支出（单位：亿元）**


资料来源：wind，华创证券

### （三）上海睿励：国内前道量检测设备的希望

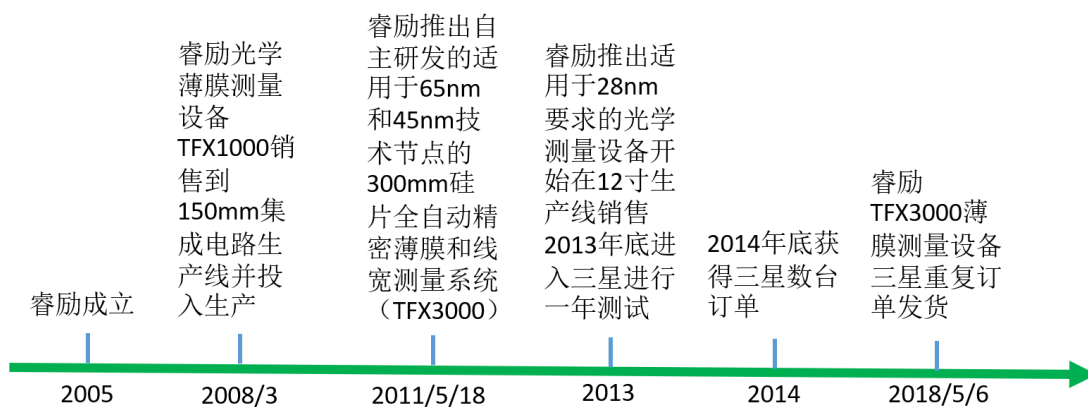
睿励科学仪器公司成立于 2005 年，是一家拥有自主核心技术的半导体设备企业。目前，国内生产半导体检测设备的企业，其覆盖范围均在半导体的后道检测领域，而进入半导体前道量检测产业的设备厂商国内只有睿励一家企业。公司产品填补了国家半导体产业链中的重要空白。其检测设备已挺进国际一流大客户的生产线。

公司产品主要是膜厚、线宽测量设备，其 12 英寸、28nm 制程的膜厚、线宽测量系统已经实现在生产线上的小批量应用，而应用于 14nm 制程的光学尺寸测量设备也已经步入生产线验证阶段。TFX3000 与 TFX3000 OCD 是公司两款明星产品，TFX3000 是由睿励自主研发，可应用于 12 英寸硅片的全自动光学膜厚测量系统；而 TFX3000 OCD 是睿励在 TFX3000 系统的基础上集成了光学关键尺寸测量模块。除具有膜厚测量能力外，还可以进行关键尺寸、特征和形貌的测量。

**公司重视研发，掌握多项核心技术。**前道检测设备具有极高的技术壁垒，公司自成立之初就选择了自主研发核心技术的荆棘之路，多年来通过持续地产品研发，睿励已掌握多项自主核心技术，具有各种类型专利共计 90 余项，实现国产设备在前道量检测领域内零的突破。

**公司潜心研发，在光学测量设备领域成功突破国际垄断，并得到三星的认可。**在经过三星一年的设备测试后，2014 年底公司获得了三星数台订单，其后又多次获得三星重复订单，是唯一进入韩国三星集成电路生产线的国内厂商，由此充分说明了睿励在技术层面上的竞争力。凭借这个核心 IP，**睿励成功取代 Nanometrics，成为三星膜厚测量设备的第二梯队供应商。**另外，国内公司长江存储也于近期对公司产品下了订单，并表示如果第一批产品性能良好，将在未来实现 50% 的设备替代。我们预计公司在未来将会收到更多来自海内外公司的订单。

图表 67 睿励测试设备研发关键时点



资料来源：华创证券整理

#### （四）精测电子：面板检测设备龙头，进军半导体检测产业

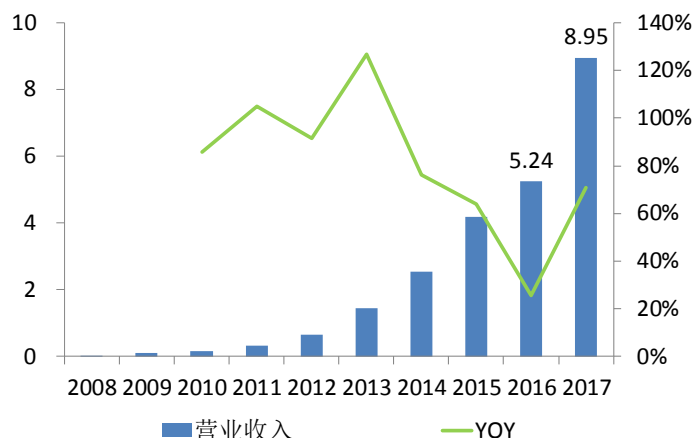
精测电子成立于 2006 年 4 月，是一家专业从事面板测试系统研发、生产、销售与服务的高科技企业。2016 年 11 月，公司首次公开发行股票并在创业板上市。公司产品贯穿于平板显示产品的整个制造过程，考察整个生产工艺的可行性与稳定性。公司在国内面板检测领域处于绝对领先地位，经过 10 多年的技术积累，已经具备了提供全面的面板检测解决方案的能力，并形成了光、机、电一体化产品体系。目前，公司产品已在京东方、夏普、华星光电、中电熊猫、富士康、友达光电等国内外知名企业得到批量应用，2017 年公司正式进入苹果、三星供应商体系。

**强强联手进军半导体检测设备产业。**精测联手韩国半导体检测设备公司 IT&T 成立合资公司，依托其技术基础与合资公司平台加快公司半导体测试设备的产品突破和产业化进程，推动公司在半导体检测设备业务的突破和落地。合资公司已完成工商注册登记手续，并取得了《营业执照》。合资公司的技术及业务团队正处于组建扩充过程中，产品技术认证亦在同步推进之中。此外，面板检测和半导体检测在技术上具有很高相通性，公司在面板检测领域的技术积累和龙头地位将为公司开拓半导体市场提供强大助力。

**成立全资子公司，多渠道实现设备国产化。**2018 年 6 月 19 日，经董事会一致同意，公司拟出资人民币 1 亿元在上海成立全资子公司。该公司将通过自主构建研发团队及海外并购引入国产化等手段，实现半导体测试、制程设备的技术突破及产业化，并依靠精测电子在国内面板检测市场的领先地位实现快速做大做强。

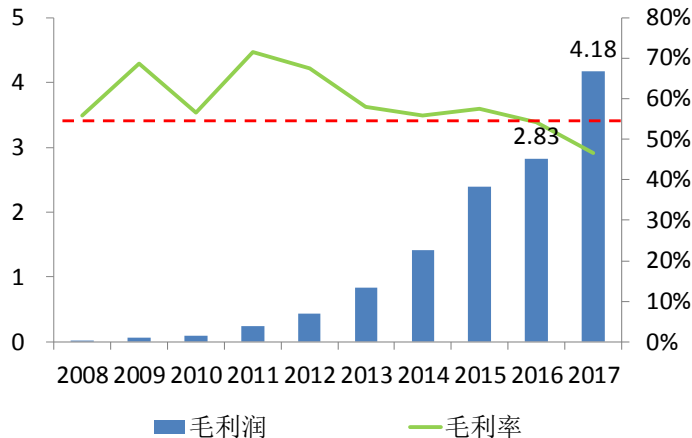
2017 年，国内面板行业持续加大投资，面板检测设备的市场规模亦同步增长，**公司紧抓下游面板投资增长的景气机遇，业务规模不断扩大，销售收入稳定增长，业绩同比有所上升。**报告期内，公司实现营业总收入 8.95 亿元，同比增长 70.81%。凭借国内面板检测行业龙头地位以及模组检测业务高达 60.67% 的毛利率，因此公司具有很强的盈利能力。2017 年公司毛利润同比增长 47.70%，达到 4.18 亿元，实现毛利率 46.66%。

图表 68 精测电子营业收入（单位：亿元）



资料来源: wind, 华创证券

图表 69 精测电子盈利能力（单位：亿元）

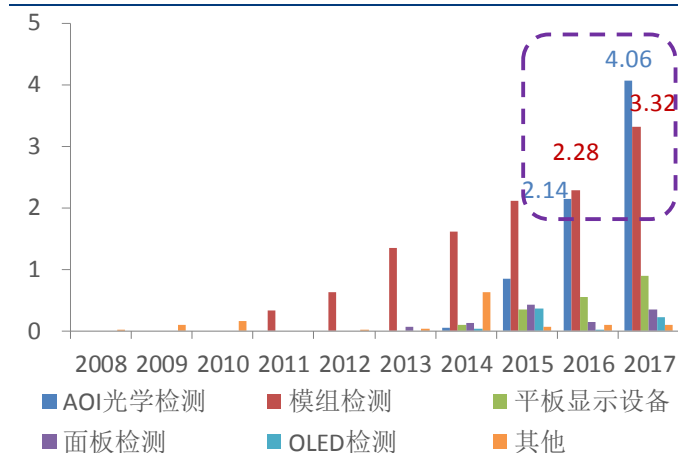


资料来源: wind, 华创证券

公司业务结构得到优化，行业地位有望进一步巩固。精测电子近 2 年将产品发展方向进行了纵向延伸，AOI 检测设备实现了 Array 和 Cell 制程的突破，打开了公司在面板检测领域的成长空间。受此影响，2017 年，公司 AOI 光学检测设备实现营收 4.06 亿元，同比增长 89.12%，占营业总收入 45.31%，AOI 光学检测设备收入首次超过模组检测设备。但是公司的模组检测设备依然保有强大的竞争力，2017 年实现营收 3.32 亿元，同比增长 45.59%。未来公司通过不断深入面板制程，大力推进 AOI 产品发展，有望进一步巩固公司的行业龙头地位。

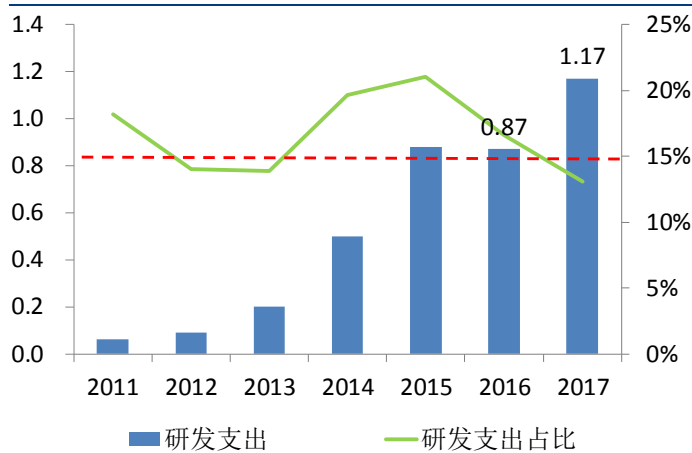
精测极其重视研发投入，近几年研发强度始终维持在 15% 上下的水平。通过技术引进和自主创新，公司不断优化改善 Module、Cell 和 Array 各个制程的光学测试能力，不断提升面板自动化测试系统的竞争力。2017 年公司研发费用支出为 1.17 亿元，同比增长 33.99%。截至 2017 年 12 月，公司已经取得 300 多项专利，80 多项软件著作权，以及 43 项软件产品登记证书，呈现出强大的创新活力。未来公司将进一步加强研发投入，通过产品创新与资源整合，保持公司的竞争实力。

图表 70 精测电子细分业务营收（单位：亿元）



资料来源: wind, 华创证券

图表 71 精测电子研发支出（单位：亿元）



资料来源: wind, 华创证券

## 五、风险提示

半导体行业发展不及预期，设备国产化进度不及预期。



## 机械组团队介绍

### 所长助理、首席分析师：李佳

伯明翰大学经济学硕士。2014 年加入华创证券研究所。2012 年新财富最佳分析师第六名、水晶球卖方分析师第五名、金牛分析师第五名，2013 年新财富最佳分析师第四名，水晶球卖方分析师第三名，金牛分析师第三名，2016 年新财富最佳分析师第五名。

### 分析师：鲁佩

伦敦政治经济学院经济学硕士。2014 年加入华创证券研究所。2016 年十四届新财富最佳分析师第五名团队成员。

### 分析师：赵志铭

瑞典哥德堡大学理学硕士。2015 年加入华创证券研究所。

### 分析师：娄湘虹

上海交通大学工学硕士。2016 年加入华创证券研究所。

### 助理研究员：吴纬烨

上海财经大学经济学硕士。2017 年加入华创证券研究所。

## 华创证券机构销售通讯录

地区	姓名	职 务	办公电话	企业邮箱
北京机构销售部	张昱洁	北京机构销售总监	010-66500809	zhangyujie@hcyjs.com
	申涛	高级销售经理	010-66500867	shentao@hcyjs.com
	杜博雅	销售助理	010-66500827	duboya@hcyjs.com
	侯斌	销售助理	010-63214683	houbin@hcyjs.com
	过云龙	销售助理	010-63214683	guoyunlong@hcyjs.com
	侯春钰	销售助理	010-63214670	houchuny@hcyjs.com
广深机构销售部	张娟	所长助理、广深机构销售总监	0755-82828570	zhangjuan@hcyjs.com
	王栋	高级销售经理	0755-88283039	wangdong@hcyjs.com
	汪丽燕	高级销售经理	0755-83715428	wangliyan@hcyjs.com
	罗颖茵	销售经理	0755-83479862	luoyingyin@hcyjs.com
	段佳音	销售经理	0755-82756805	duanjiayin@hcyjs.com
	朱研	销售助理	0755-83024576	zhuyan@hcyjs.com
	杨英伟	销售助理	0755-82756804	yangyingwei@hcyjs.com
上海机构销售部	石露	华东区域销售总监	021-20572588	shilu@hcyjs.com
	沈晓瑜	资深销售经理	021-20572589	shenxiaoyu@hcyjs.com
	朱登科	高级销售经理	021-20572548	zhudengke@hcyjs.com
	杨晶	高级销售经理	021-20572582	yangjing@hcyjs.com
	张佳妮	销售经理	021-20572585	zhangjiani@hcyjs.com
	沈颖	销售经理	021-20572581	shenyin@hcyjs.com
	乌天宇	销售经理	021-20572506	wutianyu@hcyjs.com
	柯任	销售助理	021-20572590	keren@hcyjs.com
	何逸云	销售助理	021-20572591	heyiyun@hcyjs.com
	张敏敏	销售助理	021-20572592	zhangminmin@hcyjs.com
	蒋瑜	销售助理	021-20572509	jiangyu@hcyjs.com

## 华创行业公司投资评级体系(基准指数沪深 300)

### 公司投资评级说明:

**强推:** 预期未来 6 个月内超越基准指数 20% 以上;  
**推荐:** 预期未来 6 个月内超越基准指数 10% - 20%;  
**中性:** 预期未来 6 个月内相对基准指数变动幅度在 -10% - 10% 之间;  
**回避:** 预期未来 6 个月内相对基准指数跌幅在 10% - 20% 之间。

### 行业投资评级说明:

**推荐:** 预期未来 3-6 个月内该行业指数涨幅超过基准指数 5% 以上;  
**中性:** 预期未来 3-6 个月内该行业指数变动幅度相对基准指数 -5% - 5%;  
**回避:** 预期未来 3-6 个月内该行业指数跌幅超过基准指数 5% 以上。

## 分析师声明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的分析师在此作以下声明:

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断; 分析师对任何其他券商发布的所有可能存在雷同的研究报告不负有任何直接或者间接的可能责任。

## 免责声明

本报告仅供华创证券有限责任公司(以下简称“本公司”)的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告所载资料的来源被认为是可靠的, 但本公司不保证其准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断。在不同时期, 本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司在知晓范围内履行披露义务。

报告中的内容和意见仅供参考, 并不构成本公司对具体证券买卖的出价或询价。本报告所载信息不构成对所涉及证券的个人投资建议, 也未考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况, 自主作出投资决策并自行承担投资风险, 任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的预期收入可能会波动。

本报告版权仅为本公司所有, 本公司对本报告保留一切权利。未经本公司事先书面许可, 任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用本报告的任何部分。如征得本公司许可进行引用、刊发的, 需在允许的范围内使用, 并注明出处为“华创证券研究”, 且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

证券市场是一个风险无时不在的市场, 请您务必对盈亏风险有清醒的认识, 认真考虑是否进行证券交易。市场有风险, 投资需谨慎。

## 华创证券研究所

北京总部	广深分部	上海分部
地址: 北京市西城区锦什坊街 26 号 恒奥中心 C 座 3A 邮编: 100033 传真: 010-66500801 会议室: 010-66500900	地址: 深圳市福田区香梅路 1061 号 中投国际商务中心 A 座 19 楼 邮编: 518034 传真: 0755-82027731 会议室: 0755-82828562	地址: 上海浦东银城中路 200 号 中银大厦 3402 室 邮编: 200120 传真: 021-50581170 会议室: 021-20572500