

智能制造行业专题报告(四)

半导体设备：十数年终日乾乾，大潮涌起或跃在渊

中性(维持)

行情走势图



相关研究报告

《行业专题报告(三)*机械*高功率激光器国产化加速，激光加工设备成长动能足》 2018-06-19

《行业专题报告(二)*机械*运动控制系统：智能装备的大脑，工业控制的核心》 2018-06-01

《行业专题报告(一)*机械*工业机器人产业链大起底，国产品牌于大浪潮中崛起》 2018-03-20

证券分析师

胡小禹 投资咨询资格编号
S1060518090003
021-38643531
HUXIAOYU298@PINGAN.COM.CN

研究助理

吴文成 一般从业资格编号
S1060117080013
021-20667267
WUWENCHENG128@PINGAN.COM.CN

请通过合法途径获取本公司研究报告，如经由未经许可的渠道获得研究报告，请慎重使用并注意阅读研究报告尾页的声明内容。

- **十数年缺芯之痛，巨大缺口亟待填补：**半导体产品分为集成电路/分立器件/光电器件/传感器，其生产包含设计、制造、封测三大流程。目前我国封测能力较强，设计和制造环节经过数十年的追赶，涌现出了像中芯国际等优秀企业，但进一步的成长仍受到装备水平和材料工艺的制约。半导体产品中，集成电路(IC)占比超过80%，是最主要的细分品类，其广泛应用于信息、通信、计算机等领域，下游需求庞大(2017年大陆需求超过1000亿美元)，但大陆供应能力不足(2017年大陆自制率仅为29%)，供需格局存在巨大缺口。“缺芯之痛”不仅痛在经济利益流失，也痛在对国家安全的担忧。
- **国之重器，大基金第二期再出手：**2014年，工信部颁布《国家集成电路产业发展推进纲要》，并提出设立集成电路产业投资基金。大基金通过兼并收购和股权支持等系列动作，深刻改变了国内行业生态。大基金一期共募集资金1400亿元，目前二期正在募集，预计再有超过千亿的资金进入集成电路产业。
- **大陆迎来晶圆厂投建高潮：**随着大陆成为全球电子制造中心，半导体市场需求庞大，加之产业政策支持，全球半导体产业正加速向大陆转移。目前大陆代工厂(中芯、华力微电子)和存储器企业(长江存储、合肥长鑫、福建晋华)正加紧研发先进工艺，带动国内先进晶圆厂投资。2017-2020年，全球共有62座晶圆厂投建，其中26座将在中国大陆(SEMI)。大陆半导体设备市场庞大、增长显著，但国内设备企业自制率低于20%。我们认为，随着全球半导体产能向大陆转移，叠加国产设备自制率提升，为国产半导体设备带来了历史性的机遇。
- **半导体设备进口替代空间广阔、由易到难：**据我们统计，目前我国在建的8寸和12寸晶圆厂分别有5座和16座，近几年设备投资金额预计超过630亿美元。2018年大陆半导体设备市场将达到118.1亿美元，同比增长43.5%，显著高于全球10.8%的增速。集成电路制造设备分为晶圆加工设备和辅助设备。晶圆加工设备中，光刻机/刻蚀机/PVD设备/CVD设备/量测设备/离子注入机/CMP设备/扩散设备占比分别为30%/20%/15%/10%/10%/5%/5%/5%(Global Foundries)。我国晶圆加工设备中仅有介质刻蚀机成功进入了国际一流IC制造厂的最先进工艺线，部分设备(氧化炉、硅/金属刻蚀机、光刻机、PVD、PECVD、部分CMP设备)已经小批量销售，部分设备(离子注入机)还在验证阶段。晶圆加工设备难度大，其中以光刻机、刻蚀机难度最高，国内企业还需加大研发投入、提高设备水平。辅助设备技术难度略低于晶圆加工设备，国内检测设备和清洗设备已经率先突破，在获得国内品牌认可之后，有望抢占更多的全球份额，诞生出大体量的设备公司。
- **投资建议：**全球半导体产能正在向中国大规模转移，未来几年其势更盛，中国将成为下一个半导体生产中心，巨大的需求为国产设备带来机遇和挑

战。我们认为：1.技术难度不是最高的设备已率先突破，如清洗设备、后道检测设备均有所突破，有望率先受益，建议关注长川科技、至纯科技，盛美半导体。2.晶圆加工设备技术难度高，但是在国家大力支持以及企业持续不断的研发投入下，具备研发实力的公司一旦突破核心技术，有望享受到巨大市场红利，推荐北方华创，建议关注非上市公司中微半导体。

- **风险提示：**1)国内晶圆厂投资不及预期。未来几年，大陆将有 20 余座晶圆厂建设，将带动半导体设备需求增长。如果晶圆厂投资落地数量或进度不及预期，则设备需求增速或放缓，半导体设备公司业绩增长可能不达预期。2)国内设备技术进步不及预期。半导体设备行业门槛高，技术难度大，如果国产设备企业技术研发不足或技术突破不及预期，将严重影响到国产设备的进口替代的节奏。3)竞争加剧的风险。半导体设备行业高度垄断，随着大陆市场的快速成长，外资巨头加大对大陆市场的重视程度，大陆半导体市场竞争可能加剧，影响到国内相关公司的发展。4)国内先进工艺研发不及预期。我国半导体设备市场主要依赖国产晶圆厂的投建和扩建，如果国内先进工艺(包括代工厂和存储器工艺)的研发不及预期，将会影响到部分晶圆厂投扩建节奏，进而影响到设备招标采购节奏。

股票名称	股票代码	股票价格		EPS			P/E				评级
		2018-09-27	2017A	2018E	2019E	2020E	2017A	2018E	2019E	2020E	
北方华创	002371	47.60	0.27	0.50	0.78	1.13	176.29	95.2	61.03	42.12	推荐
至纯科技	603690	21.14	0.23	0.42	0.65	0.92	91.91	45.08	32.52	22.98	未评级
长川科技	300604	39.79	0.34	0.53	0.82	1.18	117.03	75.08	48.52	33.72	未评级
未评级公司按照 wind 一致预期											

正文目录

一、十数年“缺芯之痛”，巨大缺口亟待填补	6
1.1 国内每年对半导体产品的需求达数千亿	6
1.2 大基金入股改变国内集成电路行业生态	9
二、全球产能大转移，大陆迎来晶圆厂投建大潮	12
2.1 国内代工和存储器厂加紧研发先进工艺	12
2.2 全球半导体产能向大陆转移，8 英寸和 12 英寸晶圆厂迎来建厂高峰	15
2.3 大陆半导体设备市场增速领跑全球	19
三、进口替代、由易到难：大陆半导体设备商砥砺前行	21
3.1 “02 专项”支持下，国内集成电路装备企业逐步追赶	21
3.2 晶圆加工设备技术难度高，打铁还需自身硬	24
3.3 检测和清洗设备率先突破，内资企业大有机会	35
四、投资建议	40
五、风险提示	42

图表目录

图表 1	半导体产品分类介绍	6
图表 2	全球半导体销售额及增速	6
图表 3	全球半导体构成(2017 年).....	6
图表 4	半导体产业链	7
图表 5	全球半导体销售额区域分布(2017Q4)	8
图表 6	我国集成电路及设计业产值及增速.....	8
图表 7	我国集成电路产业连年逆差	8
图表 8	集成电路进口额超越原油和汽车	8
图表 9	近年来集成电路产业不断受到政策支持	9
图表 10	大基金发展历史.....	10
图表 11	大基金股东方及出资金额	10
图表 12	大基金主要投资方向和相关公司	11
图表 13	2016 年全球代工厂销售额及市场份额	12
图表 14	2016 年中国最大的十家集成电路制造商.....	13
图表 15	国内外领先的 IDM 和代工厂先进制程进展情况	13
图表 16	国内外存储器领先公司对比.....	14
图表 17	全球半导体产业区域转移发展历程.....	15
图表 18	我国已有的 8 寸晶圆厂.....	16
图表 19	我国已有的 12 寸晶圆厂.....	17
图表 20	我国在建的 8 寸晶圆厂.....	17
图表 21	我国在建的 12 寸晶圆厂.....	17
图表 22	全球半导体设备市场规模及增速	19
图表 23	中国半导体设备市场规模及增速	19
图表 24	2017 年大陆半导体设备市场位居全球第三	19
图表 25	预计 2018 年大陆半导体设备市场跃居全球第二	19
图表 26	2017 年全球半导体设备十强(按照销售收入排名).....	20
图表 27	国产半导体设备比重一直低于 20%.....	21
图表 28	2017 年我国半导体设备五强单位.....	21
图表 29	半导体产业链环节及核心装备	22
图表 30	芯片制造流程	22
图表 31	全球半导体设备构成情况	23
图表 32	晶圆加工设备投资占比拆分.....	23
图表 33	02 专项对半导体装备的规划	23

图表 34	半导体核心设备上市公司一览	24
图表 35	三类高温炉展示	25
图表 36	传统立式炉与 RTP 对比	25
图表 37	氧化/扩散炉市场竞争格局	26
图表 38	光刻工艺的 8 个步骤	27
图表 39	ASML 光刻机实图及示意图	27
图表 40	2017 年 ASML 占据全球出货量的 67%	28
图表 41	2011-2017 年 ASML 是全球高端光刻机绝对领导者	28
图表 42	上海微电子第 100 台高端光刻机交付产线	28
图表 43	三种刻蚀设备展示	29
图表 44	刻蚀设备市场竞争格局	29
图表 45	离子注入机示意图	30
图表 46	离子注入机国内外主要竞争者	31
图表 47	CVD 传输与反应步骤	31
图表 48	各种类型的 CVD 系统及其优缺点	32
图表 49	我国 CVD 市场竞争格局	32
图表 50	溅射 PVD 示意图	33
图表 51	CMP 工艺及机台设备示意图	34
图表 52	国内外 CMP 设备市场竞争格局	34
图表 53	国内晶圆加工设备的领先企业与发展阶段	34
图表 54	海外巨头研发投入远高于国内龙头	35
图表 55	不同质量测量含义、测量方法及应用环节	36
图表 56	半导体光学测量设备和缺陷检查设备	37
图表 57	全球质量测量设备市场竞争格局	37
图表 58	三类电学测试及所需设备	38
图表 59	国内外电学检测设备主要竞争者	38
图表 60	全球单片式清洗设备市场空间	39
图表 61	国内外集成电路清洗设备竞争格局	40
图表 62	国内检测设备和清洗设备的领先企业与发展阶段	40
图表 63	半导体设备国内外主要代表	41

一、十数年“缺芯之痛”，巨大缺口亟待填补

1.1 国内每年对半导体产品的需求达数千亿

半导体产品主要分为集成电路、分立器件、光电器件和传感器。

- 光电器件指利用半导体光生伏特效应工作的光电池和半导体发光器等，如光导管、光电池、光电二极管等。
- 半导体传感器指利用半导体材料特性制成的传感器，如光传感器、温度传感器、压力传感器等。
- 分立器件指具有单一功能的电路元器件，如二极管、晶体管、电阻、电容、电容等。
- 集成电路指把基本电路元器件制作在晶片上然后封装起来，形成具有一定功能的单元。集成电路进一步分为逻辑电路(传递和处理离散信号，实现数字信号的逻辑运算和操作的电路)、模拟电路(处理和传递连续变化信号的电路)、微处理器(大规模集成电路组成的中央处理器，执行控制部件和算术逻辑部件的功能)和存储器(用于保存信息的记忆设备)。

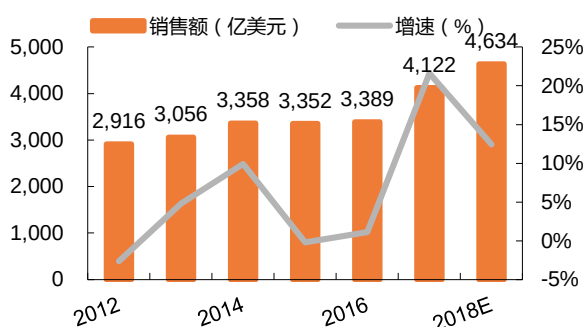
图表1 半导体产品分类介绍



资料来源：SEMI China，平安证券研究所

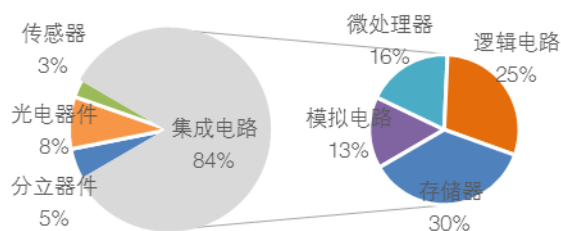
据全球半导体贸易统计组织数据，2017 年全球半导体销售额高达 4122 亿美元，其中集成电路销售额 3432 亿美元，占比 84%(逻辑电路/存储器/微处理器/模拟电路分别为 25%/30%/16%/13%)，剩余的 16%分别由光电器件(8%)、分立器件(5%)、传感器(3%)构成。集成电路是半导体最主要、也是技术难度最高的产品。

图表2 全球半导体销售额及增速



资料来源：全球半导体贸易统计组织，平安证券研究所

图表3 全球半导体构成(2017 年)



资料来源：全球半导体贸易统计组织，平安证券研究所

半导体生产主要分为设计、制造、封测三大流程，在此环节中，需要用到半导体材料和设备，这些是最重要的五大组成部分。

设计：即按照功能要求设计出所需要的电路图，最终的输出结果是掩膜版图。电路设计要求尽量减小面积、降低设计成本、缩短设计周期，以保证全局优化。对于设计类公司，由于他们没有 Fab(工厂)，所以被称为 Fabless，例如高通、英伟达、联发科、华为海思等。

制造：将设计好的电路图转移到硅片等衬底材料上的环节称为制造流程。半导体行业中，不同的公司站位和布局是不同的，早期的公司多为 IDM(Integrated Device Manufacture)模式，即包揽设计、制造、封测全部流程，具体公司包括三星、英特尔等巨头。后来发展出专做代工、不做设计的公司，被称为 Foundry(代工厂)，典型的代表如台积电、中芯国际等公司。

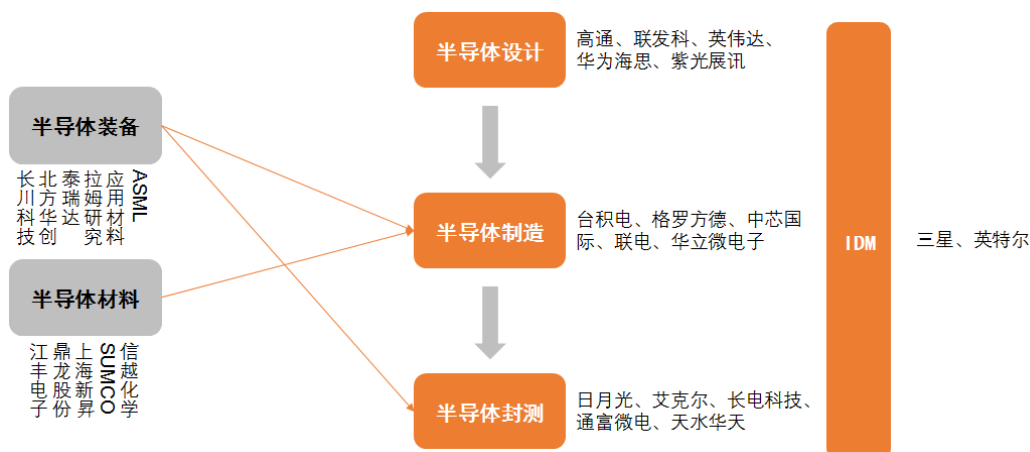
封测：半导体封装指制造与测试工作完成之后，产品将从硅片或其他衬底上分离出来并装配到最终电路管壳中，引入接线端子，并通过绝缘介质固定保护，构成一体化结构的工艺技术。检测贯穿全部工艺流程，封装前和封装后均需要检测。封装和测试一般在封测厂完成，目前全球顶尖的封测厂包括合资的日月光，美国的艾克尔等。内资企业中，长电科技、通富微电、华天科技均跻身全球前十大封装厂，是我国半导体产业链发展最好的环节之一。

半导体材料：半导体是在各类薄膜材料之上制造电路的技术，其加工和制备需要各种辅助功能材料。半导体材料包括硅片、靶材、CMP 抛光材料、光刻胶、光罩等。全球知名的材料公司包括外资的信越化学、SUMCO 等，内资的江丰电子、上海新昇等。

半导体设备：半导体设备是制造企业的重要利器。以最主要的集成电路制造为例，分为晶圆加工设备和辅助设备。晶圆加工设备(俗称 Baseline 设备)包括光刻机、刻蚀机、薄膜设备、离子注入机、CMP 设备等；辅助设备包括检测设备、清洗设备等。全球半导体设备龙头有 ASML、应用材料、拉姆研究、泰瑞达等，国内集成电路设备公司有北方华创、长川科技、至纯科技等。

目前，我国半导体产业链的现状是：下游产品需求旺盛，国内企业供给能力薄弱，正在全方位追赶。以集成电路为例，IC 设计能力在华为海思的带领下角逐全球领先水平；IC 制造以中芯国际为代表正奋力追赶；IC 封测领域国产化最为成功，诞生了长电科技、通富微电等一批领先的封测厂；半导体材料和设备领域相对薄弱，与海外一流企业差距较大。

图表4 半导体产业链

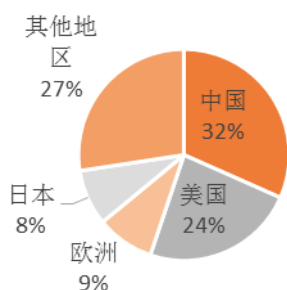


资料来源：SEMI，各公司公告，平安证券研究所

半导体尤其是集成电路广泛运用于信息、通信、计算机、消费电子、汽车、航空航天等领域，市场规模庞大。21 世纪之后，随着 PC 和智能手机的普及，以及人工智能和区块链技术的发展，全球半导体销售额持续上升。根据全球半导体贸易统计组织数据，2017 年全球半导体销售额 4122 亿美元，其中集成电路销售额 3432 亿美元。大陆作为全球最大的电子制造中心，半导体销售额全球占比约 30%(2017Q4 全球占比 32%，半导体产业协会(SIA)数据)。假设大陆/全球集成电路占比也是 30%，我们测算 2017 年大陆地区集成电路销售额达到 1030 亿美元，市场需求庞大。

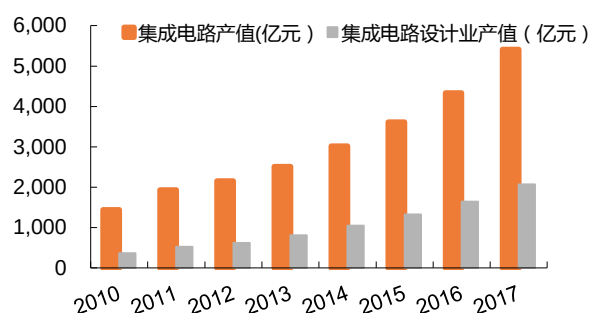
与巨大需求不对称的，是我国的集成电路供应能力。根据中国半导体行业协会统计，2017 年我国集成电路产业规模达 5411 亿元人民币，同比增长 24.80%。按照国际通行准则，仅设计业的产值才可以计入集成电路产品的销售，2017 年我国集成电路设计业产值为 2074 亿元，按照最新汇率(1 美元=6.87 元人民币)折算，合计美元 302 亿美元。302 亿美元的供给量无法满足 1030 亿美元的需求量，我国集成电路自制率仅为 29%。

图表5 全球半导体销售额区域分布(2017Q4)



资料来源: SIA, 平安证券研究所

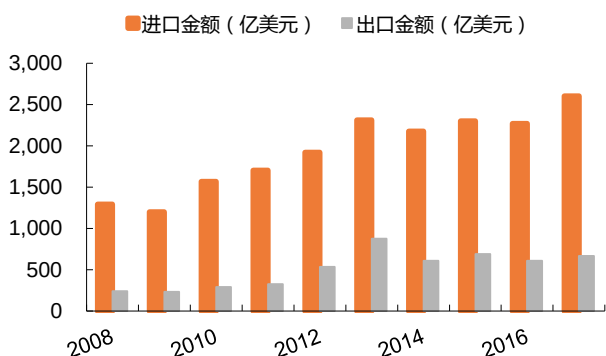
图表6 我国集成电路及设计业产值及增速



资料来源: 中国半导体行业协会, 平安证券研究所

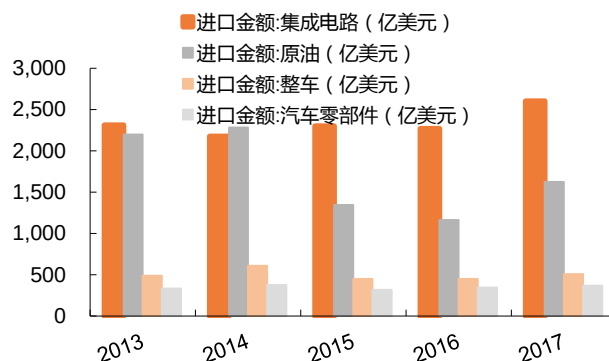
巨大的供需缺口导致我国每年花费巨资进口集成电路产品。2017 年我国集成电路出口金额为 669 亿美元，而同期进口金额高达 2601 亿美元，贸易逆差高达 1932 亿美元。我国每年集成电路进口金额超过原油和汽车。值得一提的是，此处的进口金额并不全是国内消耗，大量作为中间品做成最终产品卖到国外，故不计入国内销售额。集成电路领域严重的进口依赖，使我国的能源安全、军事安全、信息安全也受到影响。

图表7 我国集成电路产业连年逆差



资料来源: 海关总署, 平安证券研究所

图表8 集成电路进口额超越原油和汽车



资料来源: wind, 平安证券研究所

1.2 大基金入股改变国内集成电路行业生态

集成电路的技术壁垒和资金壁垒极高，从无到有、从小到大的成长，离不开国家层面的支持。2018年4月，中兴通讯遭遇美国“禁售令”，美国提出将停止向中兴通讯销售零部件、商品、软件和技术，其中限制芯片供应对中兴通讯打击最大。受中美贸易冲突事件的刺激，我国发展集成电路产业之心更加坚决。我国集成电路产业相对落后的局面早已受到国家的高度关注，近些年国家出台一系列政策支持集成电路产业发展：

- 2012年《集成电路产业“十二五”发展规划》发布，提出到“十二五”末，产业规模再翻一番，关键技术和产品取得突破性进展。
- 2014年，《国家集成电路产业发展推进纲要》发布，提出到2020年，集成电路全行业销售收入年均增速超过20%，16/14nm制造工艺实现规模量产，并设立国家集成电路产业投资基金(简称大基金)。
- 2016年年底，国务院颁布《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划的通知》，要求启动集成电路重大生产力布局规划工程，加快先进制造工艺、存储器、特色工艺等生产线建设。
- 2018年3月，财政部、发改委等四部门联合发文《关于集成电路生产企业有关企业所得税政策问题的通知》，计划对集成电路企业给予税收优惠支持。
- 2018年5月，工信部发言人指出国家大基金第二期正在募集，预计再有超过千亿的资金进入集成电路产业。

图表9 近年来集成电路产业不断受到政策支持

时间	部门	政策	相关内容
2012.02	工信部	《集成电路产业“十二五”发展规划》	到“十二五”末，产业规模再翻一番以上，关键核心技术和产品取得突破性进展，结构调整取得明显成效，产业链进一步完善，形成一批具有国际竞争力的企业，基本建立以企业为主体的产学研用相结合的技术创新体系。
2012.07	国务院	《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》	大力提升高性能集成电路产品自主开发能力，突破先进和特色芯片制造工艺技术，先进封装、测试技术以及关键设备、仪器、材料核心技术，加强新一代半导体材料和器件工艺技术研发，培育集成电路产业竞争新优势。
2014.06	国务院	《国家集成电路产业发展推进纲要》	到2020年，集成电路产业与国际先进水平的差距逐步缩小，全行业销售收入年均增速超过20%；16/14nm制造工艺实现规模量产。设立国家产业投资基金。主要吸引各类资金，重点支持集成电路制造领域，兼顾设计、封装测试、装备、材料环节。支持设立地方性集成电路产业投资基金。
2015.05	国务院	《中国制造2025》	将集成电路及专用装备作为“新一代信息技术产业”纳入大力推动突破发展的重点领域。形成关键制造装备供货能力。
2016.11	国务院	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划的通知》	启动集成电路重大生产力布局规划工程，加快先进制造工艺、存储器、特色工艺等生产线建设，提升安全可靠CPU、数模/模数转

时间	部门	政策	相关内容
			换芯片、数字信号处理芯片等关键产品设计开发能力和应用水平，推动封装测试、关键装备和材料等产业快速发展。
2018.3	财政部、发改委、工信部、税务总局	《关于集成电路生产企业有关企业所得税政策问题的通知》	分别给予 2018 年 1 月 1 日后投资新设的集成电路线宽小于 130nm、小于 65nm 或投资额超过 150 亿元的企业减免企业所得税。

资料来源：长川科技招股说明书、政府网站整理，平安证券研究所

这些产业政策中，2014 年由工信部颁布的《国家集成电路产业发展推进纲要》具有重要意义。《纲要》提出要“着力发展集成电路设计业；加速发展集成电路制造业；提升先进封装测试业发展水平；突破集成电路关键装备和材料”，并提出设立大基金，“主要吸引大型企业、金融机构以及社会资金，重点支持集成电路等产业发展，促进工业转型升级”，“支持设立地方性集成电路产业投资基金。鼓励社会各类风险投资和股权投资基金进入集成电路领域”。

大基金于 2014 年 9 月 26 日正式成立，由华芯投资、国开金融、财政部、紫光通信、北京亦庄、中国电子科技集团、中国移动、中国烟草总公司、上海国盛等股东发起设立。大基金采用公司制形式，以股权入股形式进行投资(一级市场参与)，不干预原有公司的正常经营，重点支持集成电路制造环节，兼顾设计、封装测试、装备、材料等环节，推动相关企业提升产能以及实行兼并重组，提升公司竞争力。

图表10 大基金发展历史



资料来源：各新闻网站，启信宝，平安证券研究所

截止 2017 年年底，大基金股东承诺出资 987.2 亿元，实际出资 697.4 亿元，其中财政部认缴 360 亿元，国开金融认缴 220 亿元，北京亦庄认缴 100 亿元，财政部是最大的出资方。2015 年一季度，大基金发行优先股募集资金 400 亿元，大基金一期累计募集资金 1387.2 亿元。

图表11 大基金股东方及出资金额

出资方	认缴资金(亿元)	实缴资金(亿元)
中华人民共和国财政部	360.00	253.45
国开金融有限责任公司	220.00	154.85
中国烟草总公	110.00	77.43
北京亦庄国际投资发展有限公司	100.00	80.00
武汉金融控股(集团)有限公司	50.00	28.76

出资方	认缴资金(亿元)	实缴资金(亿元)
中国移动通信集团有限公司	50.00	35.19
上海国盛(集团)有限公司	50.00	35.19
中国电信集团有限公司	14.00	9.85
中国联合网络通信集团有限公司	14.00	9.85
中国电子信息产业集团有限公司	5.00	3.53
中国电子科技集团有限公司	5.00	3.53
大唐电信科技产业控股有限公司	5.00	3.53
华芯投资管理有限责任公司	1.20	0.85
福建三安集团有限公司	1.00	-
北京紫光通信科技集团有限公司	1.00	0.71
上海武岳峰浦江股权投资合伙企业(有限合伙)	1.00	0.71
合计	987.20	697.40

资料来源：启信宝，平安证券研究所

截止目前，大基金投资方向围绕集成电路设计、制造、封装测试、材料、装备等全方位展开，其中以行业龙头公司为主，帮助相关公司扩充产能、完成兼并收购、补充发展资金等。

图表12 大基金主要投资方向和相关公司

IC设计	半导体装备	半导体材料	IC制造	IC封测
紫光展讯	沈阳拓荆	世纪金光	中芯国际	长电科技
国科微	长川科技	安集微电子	华力集成	通富微电
兆易创新	北方华创	江苏鑫华	士兰微	晶方科技
汇顶科技	中微半导体	中巨芯	北京燕东	华天科技
瑞芯微电子		德邦科技	长江存储	
纳思达		上海新昇	华虹	
		江苏雅克	三安光电	

资料来源：各新闻网站，启信宝，平安证券研究所

大基金的设立以及投资对我国集成电路产业产生了重要影响。集成电路是技术密集和资本密集的产业，大基金的加入有效缓解了国内集成电路企业的资金压力。目前，大基金的投资扶持了国内一批优秀的集成电路企业，涉及产业链条各个环节，同时通过兼并收购和股权支持促成了国内集成电路产业的一系列重大事件：如入股紫光集团，协助收购展讯；携手中芯国际开发 14nm 技术；携手紫光集团成立长江存储研发 3D NAND Flash 存储器；入股长电科技，协助收购星科金朋，打造国内最大、全球领先的封测厂；促成北方微电子和七星电子合并为北方华创，成就国内集成电路设备龙头公司等。

二、全球产能大转移，大陆迎来晶圆厂投建大潮

2.1 国内代工厂和存储器厂加紧研发先进工艺

半导体领域中，集成电路运用最广泛、占比最高、技术难度最大，因而集成电路制造是半导体制造核心，后文将主要围绕集成电路制造和相关设备展开来讲。

集成电路(IC)主要分为存储器、逻辑电路、微处理器和模拟电路，2017 年全球各类产品销售额分别是 1240 亿美元/1022 亿美元/639 亿美元/531 亿美元(合计销售额超过 3432 亿美元)。一般我们将存储器、逻辑电路和微处理器合称为数字电路，其符合摩尔定律(当价格不变时，集成电路上可接纳的元器件数目，每隔 18-24 个月便会增加一倍，性能也将提升一倍)。摩尔定律驱动集成电路线宽距离不断缩小(IC 生产工艺中最小导线宽度被称为线宽，是先进水平的主要指标)，因而数字电路制造对先进制程要求较高。模拟电路对先进制程要求低一些。摩尔定律推动数字电路先进制程不断缩小，这也是全球半导体设备市场不断增长的重要驱动因素。

- 微处理器方面，全球电脑微处理器由英特尔和 AMD 高度垄断，英特尔属于 IDM，自己设计自己制造。ADM 属于 IC 设计企业，制造业务交给格罗方德等代工厂。电脑微处理器领域，目前国内企业的水平远远落后。手机微处理器除英特尔之外，其他厂家均采用垂直分工模式，设计厂家包括高通、苹果、三星、联发科、华为海思等企业，制造业务全部交给代工厂。
- 逻辑电路方面，垂直化分工比较普遍，主要交由代工厂完成生产(代工厂除了代工逻辑电路和模拟电路以外，也会代工部分微处理器和存储器的生产)，中芯国际、华力微电子是我国主要代表的追赶企业。
- 存储器方面，全球存储器企业多为 IDM 企业，包括韩国三星和 SK 海力士，两家占据了全球 60% 以上的市场份额。存储器的设计难度低于微处理器，我国企业以长江存储、合肥长鑫、福建晋华为代表，正在努力追赶韩国企业。

先进工艺的研发带动先进晶圆厂投资，目前国内企业主要在两方面进行追赶：

一是代工厂环节。从 2016 年全球代工厂销售额来看，中国台湾的台积电一家独大，占据全球 59% 的份额，紧随其后是美国的格罗方德、中国台湾联华电子、中芯国际和中国台湾力晶。仅从代工厂产值来看，大陆在全球前十企业中，仅有中芯国际和华虹半导体两家代表，合计市场份额不过 7%。与此同时，国内 IDM 厂规模非常小，所以我们判断，国内与销售额直接对应的晶圆产能占比不足全球的 10%。

图表13 2016 年全球代工厂销售额及市场份额

排名	单位名称	销售额(亿美元)	市场份额(%)
1	台积电	294.88	59%
2	格罗方德	55.45	11%
3	联华电子	45.82	9%
4	中芯国际	29.21	6%
5	力晶科技	12.75	3%
6	美国 Tower Jazz	12.49	2%
7	台湾先进积体	8.00	2%
8	华虹半导体	7.12	1%
9	韩国 Dongbu hiTek	6.72	1%
10	德国 X-Fab	5.10	1%
	其他	22.51	5%

合计

500.05

100%

资料来源: IC Insights, 平安证券研究所

如果仅看国内市场, 根据 IC Insights 数据, 2016 年我国前十大集成电路制造商中, 国产制造商依次为中芯国际、华润微电子、华虹宏力半导体、上海华力微电子、西安微电子技术研究所五家企业, 其余五家均为外资厂。

图表14 2016 年中国最大的十家集成电路制造商

排名	单位名称	销售额(亿元)
1	三星(中国)半导体	237.5
2	中芯国际	202.2
3	SK 海力士	122.7
4	华润微电子	56.7
5	华虹宏力	50.2
6	英特尔(大连)	45.8
7	台积电(中国)	39.6
8	华力微电子	30.3
9	西安微电子技术研究所	25.0
10	和舰科技(苏州)	17.5

资料来源: IC Insights, 平安证券研究所

IC 制造环节, 以线宽为表征的先进工艺往往最能体现制造能力。当今国际一流代工厂台积电已经量产 7nm 芯片, 并在积极研发 5nm 制程。目前国内代工厂最先进的制程为 28nm, 追赶海外先进水平的主要角逐者是中芯国际和华力微电子, 正积极研发 14/28nm 制程。国内领先的代工厂落后国际先进水平 2-3 代技术。

- 中芯国际是全球领先、国内第一的集成电路晶圆代工企业, 能够提供 0.35 μm 到 28nm 不同技术节点的晶圆代工与技术服务。目前, 公司在北京、上海、天津、深圳、江阴、意大利分别建有多座 8 寸和 12 寸晶圆厂。为了提升 28nm 产能、追赶 14nm 先进制程, 中芯国际近年来筹划在北京、深圳扩建 12 寸晶圆厂。项目已于 2016 年启动, 今明两年内有望投产。
- 华力微电子隶属于华虹集团, 是国家“909”工程升级改造项目承担主体, 拥有中国大陆第一条全自动 12 寸晶圆厂(华虹五厂), 工艺技术覆盖 55-40-28nm 各节点, 月产能 3.5 万片。目前正在上海康桥建设第二条 12 英寸晶圆厂(华虹六厂), 计划制程是 28nm/14nm, 设计月产能 4 万片。

图表15 国内外领先的 IDM 和代工厂先进制程进展情况

企业类型	企业	量产先进制程	下一代制程
IDM	三星	10nm	7nm
	英特尔	14nm	10nm
	台积电	7nm	5nm
代工厂	格罗方德	14nm	10nm
	联华电子	14nm	改良版的 12nm
	中芯国际	28nm	14nm
	华力微电子	40nm	28nm

资料来源: Digitimes Research, 平安证券研究所

二是存储器的设计和制造。存储器分为内存和闪存。闪存形象理解为大仓库，发挥大容量存储功能，分为 NAND Flash 和 Nor Flash。NAND Flash 一般用于高端智能产品如智能手机等，容量包括 16G/32G/64G/128G 等，Nor Flash 一般用于 MP3、USBkey 等低端产品，容量在 64Mb 以下。内存主要是 DRAM，形象理解为生产车间和大仓库之间的小仓库，方便快速生产，通常容量较小，如 2G/4G 等。

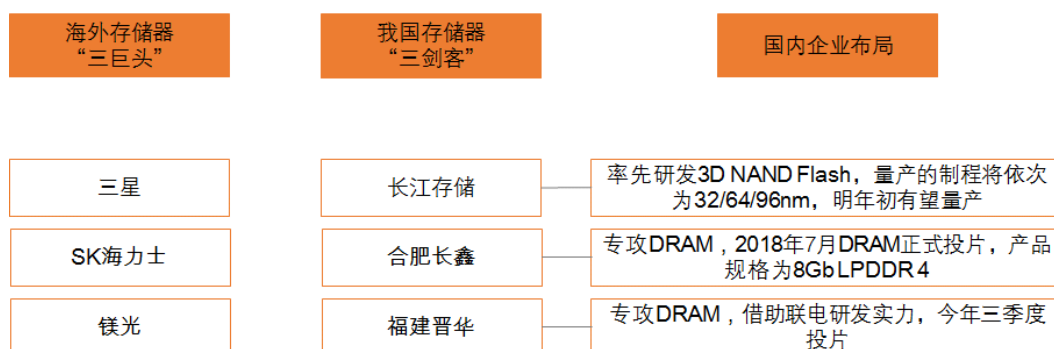
全球存储器领域，韩国三星、SK 海力士、美国镁光垄断了全球 80%以上的市场份额。存储器设计和制造难度低于微处理器，国内企业大有机会。

目前国内 Nor Flash 产品已经具备全球竞争力，兆易创新已经成为全球第五大设计商。NAND Flash 目前正经历从 2D 向 3D 发展(利用垂直方向的空间，扩大存储容量)，正是各家厂商大力投资的好时机。而 DRAM 产品功能变化相对较小，开始出现明显的周期性。2017 年以来，DRAM 产品价格暴涨，让下游诸多国内智能产品厂商叫苦不迭，进口替代呼声越来越大。总结而言，在存储器产品上，国内厂商将在 DRAM 和 NAND Flash 两大领域追赶。

目前国内存储器领域，主要有长江存储、合肥长鑫、福建晋华三股力量。这三家公司均成立不久，背后拥有强有力的股东以及可靠的技术支持。长江存储的背后是武汉市政府以及紫光集团，紫光集团全方位布局集成电路，具有较强的影响力。合肥长鑫背后是合肥市政府和兆易创新。福建晋华背后是福建省政府和联电。

- 长江存储和 Spansion 合作开发 3D NAND Flash，有望成为国内 NAND Flash 领域的突破口。公司初期产能是 2 万片/月，总产能计划是 30 万片/月，量产的制程将依次为 32nm/64nm/96nm。目前公司已经拥有 32 层 NAND Flash 自主知识产权，今年下半年有望开始量产。同时长江存储也在积极布局 DRAM，中国台湾 DRAM 教父高启全目前担任紫光集团全球执行副总裁暨长江存储执行董事。
- 合肥长鑫和福建晋华专攻 DRAM 领域。合肥长鑫依赖兆易创新的技术支持，兆易创新是国内存储器的龙头，其 Nor flash 产品市场规模位于全球第五，兆易创新主要研发 19nm 工艺制程的 12 英寸晶圆移动型 DRAM，其技术研发人员主要来自 SK 海力士、日本尔必达以及中国台湾华亚科的高级技术人才。2018 年 7 月合肥长鑫 DRAM 正式投片，产品规格为 8Gb LPDDR 4，国产 DRAM 迈出重要一步。
- 福建晋华技术来源是委托联电开发而来，联电作为中国台湾领先的半导体企业，深度布局超过 30 年，技术实力雄厚。预计 2018 年三季度投片。

图表16 国内外存储器领先公司对比



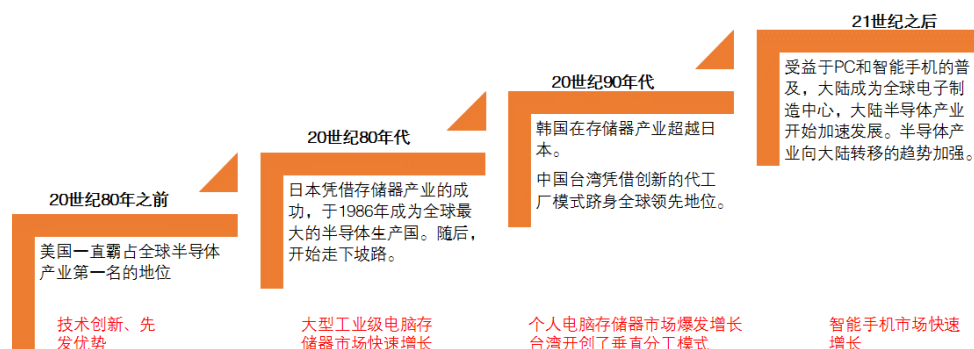
资料来源：各公司官网，平安证券研究所

2.2 全球半导体产能向大陆转移，8 英寸和 12 英寸晶圆厂迎来建厂高峰

回顾历史，全球半导体产业发展经历过由美国向日本、向韩国和中国台湾地区几轮转移，未来几年预计将大面积向大陆转移。扣除政策大力支持外，全球半导体产业每一轮的转移均伴随下游需求的爆发增长。

- 半导体技术起源于美国，在 20 世纪 80 年代以前，美国一直霸占全球半导体产业第一名的地位，并诞生了诸如英特尔、格罗方德、TowerJazz 等一批领先的半导体企业。美国半导体产业的发展源于技术创新和先发优势。
- 日本早期接受美国扶持发展半导体，随后在日本政府的大力支持下，存储器技术超越美国，并在 1986 年成为全球最大的半导体生产国。此后，由于美国政府逼迫日本政府签订“日美半导体协定”，给予了美国半导体产业喘息之机，之后美国半导体产业凭借英特尔的创新而再次腾飞。同时随着手提电脑和智能手机的出现，日本半导体企业僵化的体制未能跟上新产品市场的发展节奏，被韩国企业和中国台湾企业所超越。日本半导体产业发展的背后是大型工业级电脑存储器市场的快速增长。
- 韩国半导体产业早期通过吸引美国和日本企业来韩国建厂而起步，随后在一系列的政策支持下，韩国存储器产业开始崛起。1994 年，韩国凭借三星、LG、现代三家存储器企业的快速发展，成功超越了日本。目前韩国拥有三星、SK 海力士等一批优秀的 IDM 和存储器生产企业。韩国半导体产业壮大的背后是个人电脑存储器市场的爆发增长。
- 在韩国半导体产业崛起的同时，中国台湾地区半导体产业成功进入全球市场。台湾半导体产业的成功得益于产业模式的创新，以台积电为代表的企业率先摒弃了 IDM 模式，开创了代工厂模式(Fabry)。代工厂专营 IC 制造，将 IC 设计独立出来交给专业的 Fabless 公司(IC 设计公司)，代工厂可以更加专心的从事制造工艺的提升。垂直化的分工更加符合市场日新月异的发展需求，凭借该模式的创新，中国台湾地区诞生了台积电、联华电子等优秀的代工厂，及联发科等领先的 IC 设计公司。台湾地区半导体产业壮大的背后是个人电脑和手机市场的快速增长。
- 21 世纪之后，随着个人电脑和智能手机的普及，大陆成为全球电子制造中心。此外，随着人工智能和区块链技术的发展，大陆半导体产业下游需求旺盛，有望承接全球半导体产业新一轮的区域转移。2014 年之后，随着《国家集成电路产业发展推进纲要》的颁布，大陆半导体产业迎来新一轮的投资大潮。根据 SEMI 统计，2017-2020 年，全球共有 62 座晶圆厂投建，其中 26 座将在中国大陆。大陆半导体产业有望承接全球新一轮区域转移的背后是智能手机、人工智能、区块链市场的快速增长。

图表17 全球半导体产业区域转移发展历程



资料来源: sohu, 平安证券研究所

晶圆按照直径尺寸可以分为 4 英寸、5 英寸、6 英寸、8 英寸、12 英寸，考虑到晶圆加工问题，晶圆尺寸越大，单片晶圆能够制作的芯片数量越多，单个芯片的成本越便宜。因而晶圆的尺寸总是朝着大尺寸发展。大尺寸的晶圆制造难度更高，目前，市场主流的晶圆是 8 英寸(直径为 200mm)和 12 英寸(直径为 300mm)，18 英寸晶圆有望几年后量产。不同的晶圆厂加工处理的晶圆尺寸大小不同，因而通常按照加工的晶圆尺寸对晶圆厂进行划分。目前 8 英寸晶圆具备成熟的特种工艺，能够支持尺寸较小的晶粒包含更多的模拟内容，或者支持较高电压，主要运用于 DC-DC 转换器、马达驱动器、电池充电器 IC、指纹识别芯片和显示驱动 IC 等。12 英寸晶圆用来量产先进工艺，包括先进制程的逻辑电路、存储器和微处理器等。

对于我国集成电路装备企业而言，当前阶段，由于海外装备巨头的优势地位，国内设备销往海外集成电路制造企业难度巨大，更大的机会是销往国内晶圆厂。在全球集成电路产业向大陆转移的重要时机，我国集成电路产业在先进制程和存储器领域双双发力的同时，大陆将纷纷建设一批 8 寸和 12 寸的晶圆厂，集成电路设备市场将迎来爆发式增长。

目前，我国拥有超过 16 条的 8 寸晶圆厂，其中中芯国际和华虹宏力各三条，是国内当之无愧的龙头。上海先进、华润上华、华润微电子等企业均拥有 8 寸线。此外大陆拥有三家外资晶圆厂，分别是德州仪器的成都厂、和舰科技苏州厂(联电)、台积电的上海厂。大多数 8 寸晶圆厂的生产工艺均为功率半导体。

在已有的 12 寸晶圆厂中，我国企业格局呈现为“4+4”，即四家外资企业(三星西安厂、英特尔大连厂、SK 海力士无锡厂、联电厦门厂)和四家内资企业(中芯国际北京两条线&上海一条线&深圳一条线、华力微电子上海线、武汉新芯线、合肥晶合线)，11 条线合计产能约 58.2 万片/月。其中，四条外资线合计月产能为 38 万片/月，占比超过 65%，7 条内资线月产能 20.5 万片，占比为 35%，外资厂仍然占据我国 12 寸晶圆厂的多数产能。未来几年，内资 12 寸晶圆厂将快速成长，产能占比将显著提升。

图表18 我国已有的 8 寸晶圆厂

企业性质	公司名称	厂区地址	产能(万片/月)
内资	中芯国际	上海	109
		深圳	30
		天津	50
	华虹宏力	上海	65
		上海	59
		上海	48
	上海先进	上海	52
	华润上华	无锡	65
	华润微电子	重庆	47
	中车株机所	株洲	50
	北京燕东	北京	50
	大连宇宙	大连	20
	士兰微	杭州	40
外资厂	德州仪器	成都	50
	台积电	上海	120
	和舰科技	苏州	60

资料来源：各公司官网和公告，平安证券研究所

图表19 我国已有的 12 寸晶圆厂

企业性质	公司名称	厂区地址	产能(万片/月)	生产项目/工艺
外资	三星	西安	12	NAND Flash
	英特尔	大连	4	65nm
	SK 海力士	无锡	17	DRAM
	联芯(联电)	厦门	5	40nm-28nm
内资	中芯国际	北京全资	4.6	0.13um-55nm
		北京合资	2.9	40nm-28nm
		上海	1.7	40nm-28nm
	华力微电子	深圳	0.3	-
		上海	3.5	55-40-28nm
		武汉	2.7	NOR FLASH+ BSI
		合肥	4	110nm

资料来源：前瞻产业研究院、各公司公告，平安证券研究所

近年来，由于 8 寸晶圆制造的部分关键设备停产，全球 8 寸晶圆产能普遍吃紧。国内建设 8 寸晶圆厂的动力仍然十足：中芯国际、德科码、积塔半导体在大陆纷纷扩建或新建 8 寸晶圆厂。

图表20 我国在建的 8 寸晶圆厂

公司名称	厂区地址	产能(万片/月)	生产项目/工艺	投资金额(亿美元)	开工时间	计划量产时间
中芯国际	天津	9	0.35um-90nm	15	2016 年 10 月	2020 年
	绍兴	4.25	特色工艺	8.65	2018 年 5 月	2020 年 1 月
德科玛	南京	4	CMOS 图像传感器芯片	-	2017 年 2 月	-
积塔半导体	上海	6	特色工艺	13	2018 年 8 月	2020 年

资料来源：各公司公告与官网，平安证券研究所

我国目前在建的 12 寸晶圆厂主要有三股力量：1.外资厂或合资厂的扩建及新建，如三星、英特尔、SK 海力士均有扩建计划，同时格罗方德、台积电、AOS、德科玛纷纷新建 12 寸晶圆厂；2.大陆存储器势力的爆发：以长江存储、晋华集成、合肥长鑫三大存储器力量，以及紫光、武汉新芯(二期)带动的存储器新线投资；3.大陆代工厂的扩建和新建，以中芯国际上海线、华力微电子上海线、华虹无锡线、粤芯广州线为主。

图表21 我国在建的 12 寸晶圆厂

企业性质	公司名称	厂区地址	产能(万片/月)	生产项目/工艺	投资金额(亿美元)	开工时间	计划量产时间
外资	三星	西安(扩建)	20	NAND Flash	70	2018 年 3 月	2019 年
	英特尔	大连(扩建)	-	新一代 Nor Flash	55	2017 年	2018 年下半年
	SK 海力士	无锡(扩建)	20	10nm	86	2017 年下	2021 年后

		士				半年	
内资 存储器	格芯(格罗方德)	成都	8.5	22nmFD-SOI+CMOS	90.53	2017年2月	一期2018年底投产,二期2019年四季度投产
	台积电	南京	2	16nm	30	2017年7月	2018年下半年
	万代半导体(AOS)	重庆	7	功率半导体芯片 MOSFET	7	2016年3月	2018年
	德科玛	淮安	2	CMOS	99	2016年3月	2018年
	武汉新芯(二期)	武汉	1.3	0.8万片/月 NOR FLASH+0.5万片/月微控制器+三维特种工艺	17.8	2018年8月	-
	紫光	南京	10	3D NAND Flash、DRAM	100	2017年2月	2020年
	合肥长鑫/兆易创新	合肥	总规划12.5万片/月,2019年一期量产,产能为2万片/月	19nmDRAM	72	2017年7月	2019年
	福建晋华	泉州	6	利基型 DRAM	56.5	2016年7月	2018年年底
	长江存储	武汉	30万片/月(分三期建设,一期规划10万片/月)	3D NAND Flash	240(分三期,一期约80)	2016年年底	2019年
	中芯国际	上海	3.5	14nm	102.4	2016年10月	2019年
内资 代工 厂	华力微	上海	4	28nm-14nm	-	2016年年底	2020年
	华虹宏力	无锡	4	90-65nm	25	2018年3月	2020年
	粤芯	广州	3	-	约10	2017年年底	2019年

资料来源:前瞻产业研究院、各公司公告,平安证券研究所

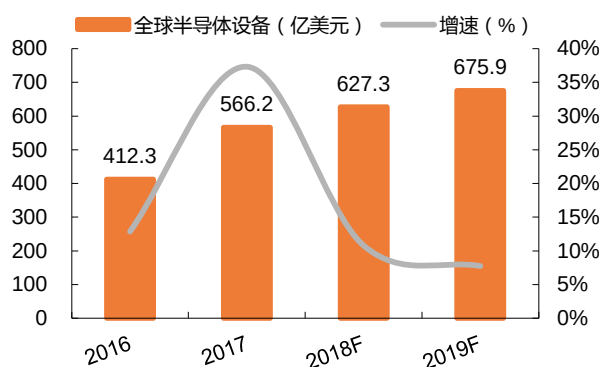
一般而言,晶圆厂投资总金额中,设备投资占比7-8成,基建和洁净室投资占比2-3成。我们统计了目前在建的8寸和12寸晶圆厂,总投资金额超过900亿美元,按照70%的比例测算,累计的相关设备投资超过630亿美元。晶圆厂投资设备招标伴随土建工作开展而同时进行,在洁净室竣工前全部搬入,因而这些设备投资将分布在近几年内,未来几年大陆晶圆厂设备市场呈现高度景气。

2.3 大陆半导体设备市场增速领跑全球

根据国际半导体产业协会(SEMI)统计,大陆未来几年将建成 26 座晶圆厂,一般晶圆厂开工建设的同时便需要招标设备,大陆集成电路设备将迎来需求爆发增长期,国产设备企业有机会把握本轮投资高峰期,提升市场影响力。

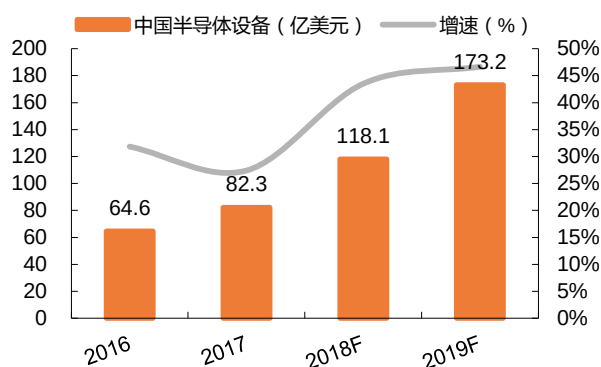
根据 SEMI 最新统计数据,2017 年全球半导体设备市场规模 566 亿美元,预计 2018 年将达到 627 亿美元,同比增长 10.8%。随着众多晶圆厂在大陆投建,大陆设备市场增速将超过全球增速水平,2017 年大陆半导体设备市场规模约 82.3 亿美元,全球占比 14.5%。预计 2018 年达到 118.1 亿美元,同比增长 43.5%,2017 年设备市场全球排名第三。SEMI 预计 2019 年有望上升到第二的位置,大陆半导体设备市场空间巨大、成长迅速。

图表22 全球半导体设备市场规模及增速



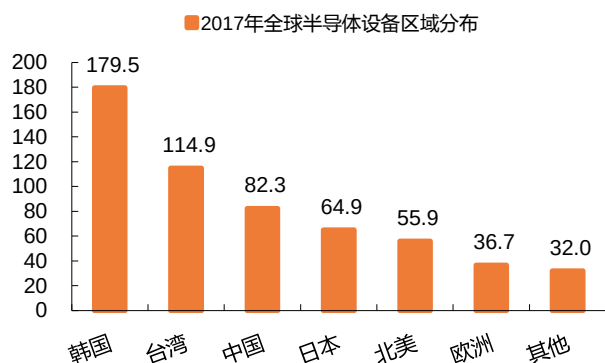
资料来源:SEMI, 平安证券研究所

图表23 中国半导体设备市场规模及增速



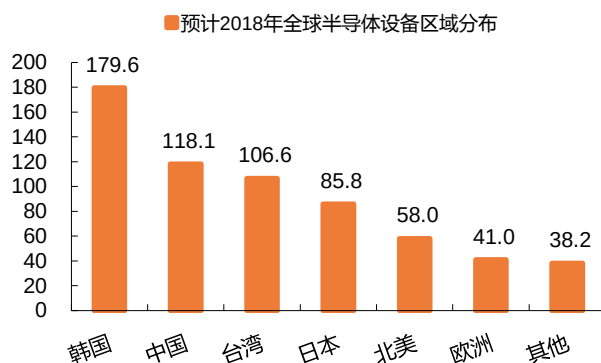
资料来源:SEMI, 平安证券研究所

图表24 2017 年大陆半导体设备市场位居全球第三



资料来源:SEMI, 平安证券研究所

图表25 预计 2018 年大陆半导体设备市场跃居全球第二



资料来源:SEMI, 平安证券研究所

半导体设备技术难度高、研发周期长、投资金额高、依赖高级技术人员和高水平的研发手段,具备非常高的技术门槛。高门槛导致全球设备市场格局高度集中。目前全球半导体设备市场主要被美国、日本、荷兰企业所垄断,2017 年全球 IC 设备前十大供应商中,应用材料(美国)、拉姆研究(美国)、东京电子(日本)、阿斯麦(荷兰)、科磊半导体(美国)占据榜单前五。CR5 占比 64%,CR10 占比 73%,全球半导体设备呈现高度集中状态。

图表26 2017 年全球半导体设备十强(按照销售收入排名)

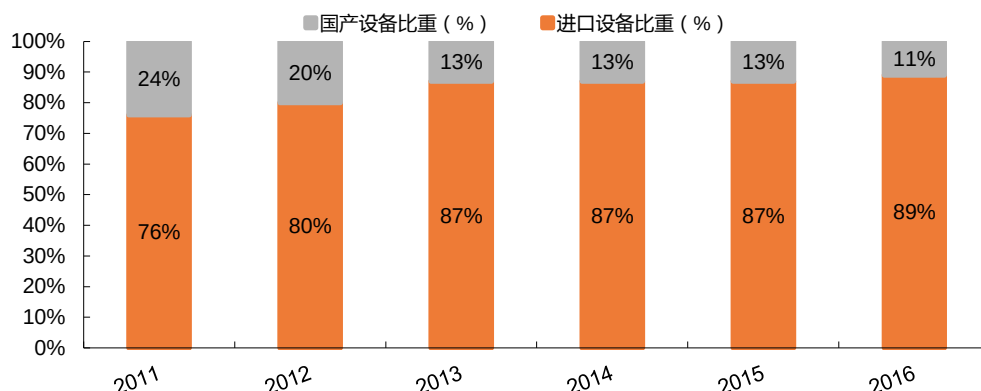
排名	单位英文名	中文名	主要产品领域	国别	2017 年营收 (亿美元)	增速(%)
1	Applied Materials	应用材料	沉积、刻蚀、离子注入、化学机械研磨等	美国	107	38%
2	Lam Research	拉姆研究	刻蚀、沉积、清洗等	美国	84.4	62%
3	Tokyo Electron	东京电子	沉积、刻蚀、匀胶显影设备等	日本	72.03	48%
4	ASML	阿斯麦	光刻设备	荷兰	71.86	41%
5	KLA-Tencor	科磊	硅片检测, 测量设备	美国	28.2	17%
6	Screen Semiconductor Solutions	迪恩士	刻蚀、清洗设备	日本	13.9	1%
7	SEMES	细美事	清洗、光刻、封装设备	韩国	10.5	142%
8	Hitachi High-Technologies	日立高新	沉积、刻蚀、检测设备、封装贴片设备等	日本	10.3	5%
9	Hitachi Kokusai	日立国际电气	热处理设备	日本	9.7	84%
10	Daifuku	大福	无尘室搬运等	日本	6.9	46%

资料来源: Gartner, 平安证券研究所

尽管需求旺盛, 但国内设备供给能力目前并不能满足需求。目前半导体设备商主要集中于美国、日本、欧洲、韩国四个地区, 国内半导体设备体量尚小, 技术水平与海外龙头还有较大差距。根据 Gartner 的数据, 全球列入统计的、规模以上的半导体设备企业共有 58 家, 其中日本 36 家、欧洲 13 家、北美 10 家、韩国 7 家、中国大陆 4 家(上海盛美、上海中微、Mattson、北方华创), 数量占比 7%, 市场规模占比不足 5%, 与庞大的市场需求不相匹配。

根据中国电子专用设备工业协会数据, 2011-2016 年, 国内设备企业平均自制率仅为 16%, 国产设备自制率还有较大的提升空间。据北方华创公司公告信息, 我国计划到“十三五”末期, 国产集成电路装备在国内芯片制造厂的替代率至少达到 30%, 全球半导体产能大转移为国内集成电路装备企业带来重要历史机遇。

图表27 国产半导体设备比重一直低于 20%



资料来源: SEMI, 中国电子专用设备工业协会, 万业企业公司公告, 平安证券研究所

根据中国半导体设备协会数据, 2017 年中国半导体设备五强企业包括中电科电子装备集团、北方华创、中微半导体、沈阳拓荆、上海微电子五家企业, 半导体体量最大的企业收入约为 10 亿元, 与海外巨头规模差别较大。半导体行业尤其是集成电路领域, 技术升级快, 常表现为“一代技术、一代设备”。国内半导体设备企业有望把握国内晶圆厂投资高峰, 迎来重要的发展时机。

图表28 2017 年我国半导体设备五强单位

排名	单位名称
1	中电科电子装备集团有限公司
2	北方华创科技集团股份有限公司
3	中微半导体设备(上海)有限公司
4	沈阳拓荆科技有限公司
5	上海微电子装备(集团)股份有限公司

资料来源: 中国半导体行业协会, 平安证券研究所

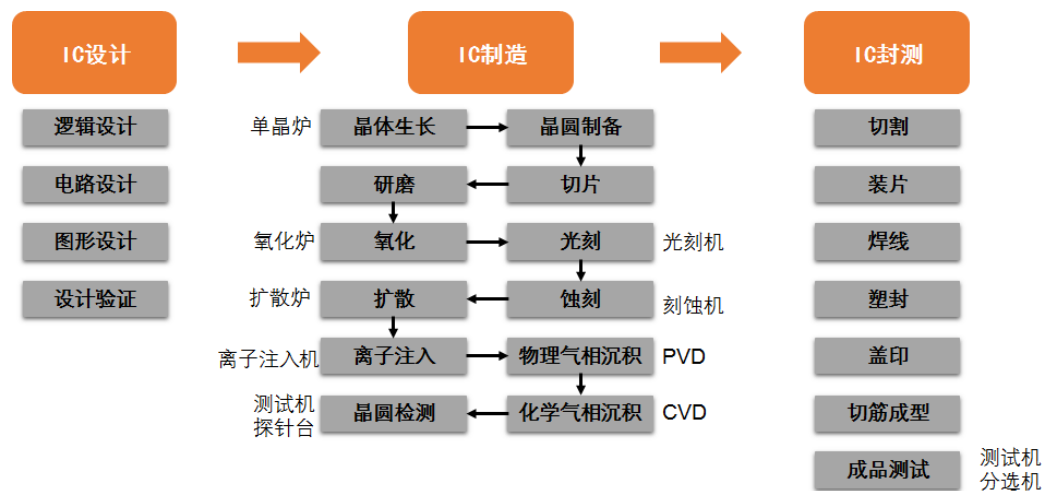
三、进口替代、由易到难: 大陆半导体设备商砥砺前行

3.1 “02 专项”支持下, 国内集成电路装备企业逐步追赶

不同的半导体产品制造略有区别, 我们以最主要产品集成电路来展开剖析。集成电路制造环节包括 IC 设计、IC 制造、IC 封测, 其中 IC 制造和 IC 封测环节设备需求较大, IC 设计对设备需求较低。

芯片制造一般从晶体生长开始, 晶圆经历氧化(晶圆表面绝缘)、光刻和刻蚀(设计图形转移)、离子注入和退火(激活晶体电性)、气相沉积和电镀(形成金属连线和绝缘层)、化学机械研磨(结构层表面平整), 一直到晶圆测试。其中核心设备包括氧化/扩散炉、光刻机、刻蚀机、离子注入机、PVD、CVD、清洗机、检测设备等。

图表29 半导体产业链环节及核心装备



资料来源：长川科技招股说明书，平安证券研究所

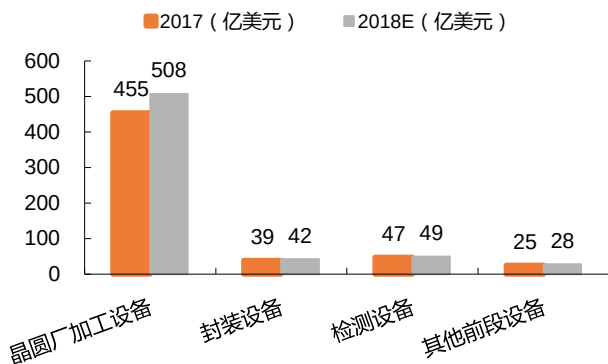
图表30 芯片制造流程

步骤	主要功能
晶圆表面绝缘：氧化	芯片制造的第一步是对晶圆表面进行氧化，形成一层绝缘层，一是可做后期工艺的辅助层，二是协助隔离电学器件，防止短路。
设计图形转移：光刻和刻蚀	把氧化后的晶圆表面旋涂一层光刻胶，随后对其进行曝光，再通过显影把电路图形显现出来，光刻层数多达几十层，每一层之间的校准必须非常明确，接下来进行刻蚀，用化学腐蚀反应的方式，或用等离子体轰击晶圆表面的方式，光刻胶覆盖的位置被保护，没有被覆盖的位置被刻蚀，形成凹陷，实现电路图形的转移。
离子注入、退火：激活晶体电性	离子注入就是把杂质离子轰击半导体晶格中，使得晶格中的原子排列混乱或者成为非晶区，退火是将离子注入后的半导体放在一定温度下进行加热，恢复晶体的结构消除缺陷，从而激活半导体材料的不同电学性能。
形成金属连线或绝缘层：气相沉积、电镀	物理气相沉积用于形成各种金属层，连通不同的器件和电路，以便进行逻辑和模拟计算；化学气相沉积用于形成不同金属层之间的绝缘层。电镀则专用于生长铜连线金属层。
结构层表面平整：化学机械研磨	每个结构层完成后用化学腐蚀和机械研磨相结合的方式对晶圆表面进行磨抛，实现表面平坦化。
后期处理	最后，晶圆再经过背面减短、切片、封装、检测，一个完整的芯片产品制备完成
重复流程	芯片制造的主要步骤需要循环反复几十次甚至上百次

资料来源：中芯国际，平安证券研究所

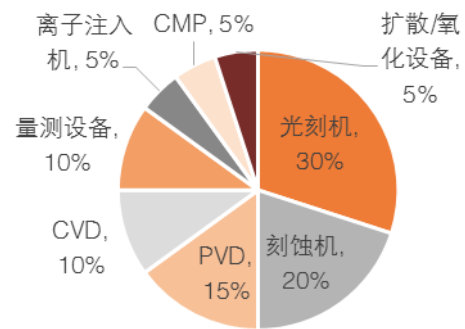
根据 SEMI 数据，2017 年全球半导体设备市场达到 566 亿美元，其中晶圆加工设备/封测设备/检测设备/其他前段设备分别为 455 亿美元/39 亿美元/47 亿美元/25 亿美元。根据 Global Foundries 数据，晶圆加工设备中，光刻机、蚀刻机、PVD 设备、CVD 设备、量测设备、离子注入机、CMP 设备、扩散设备占比分别为 30%/20%/15%/10%/10%/5%/5%/5%。各细分市场空间均较大，按照 2017 年全球晶圆加工设备 455 亿美元来计算，最小的细分市场空间亦超过 20 亿美元。

图表31 全球半导体设备构成情况



资料来源:SEMI, 平安证券研究所

图表32 晶圆加工设备投资占比拆分



资料来源: Global Foundries, 平安证券研究所

我们将半导体设备分为晶圆加工设备和辅助设备。对比而言，与摩尔定律相关、影响先进制程的设备技术难度最高，包括光刻机、刻蚀设备；晶圆加工的生产线设备技术难度高，包括氧化/扩散炉、PVD 设备、CVD 设备、离子注入机、CMP 设备等；辅助设备技术难度较高，但低于晶圆加工设备，包括清洗设备和检测设备。

针对半导体设备，国务院于“十二五”规划期间推出“极大规模集成电路制造装备及成套工艺”重大专项，是 16 个国家重大专项的第二个，简称“02 专项”，旨在突破集成电路制造装备、材料、工艺、封测等核心技术，形成完整的产业链，具备国际竞争力。在“02 专项”的带动下，北方华创的 28nm 硅栅刻蚀机和 12 英寸的氧化炉、上海中微半导体 90-65nm 等离子介质刻蚀机、盛美半导体的 12 英寸单晶圆兆声波清洗机得到重大突破。“02 专项”对于我国半导体装备行业发展起到了关键的引领扶持作用。

图表33 02 专项对半导体装备的规划

	相关内容
02 专项“十二五”目标	重点进行 45-22nm 关键制造装备攻关，开发 32-22nm 互补金属氧化物半导体(CMOS)工艺、90-65nm 特色工艺，开展 22-14nm 前瞻性研究，形成 65-45nm 装备、材料、工艺配套能力及集成电路制造产业链，进一步缩小与世界先进水平差距，装备和材料占国内市场的份额分别达到 10%和 20%，开拓国际市场。
02 专项“十三五”目标	攻克 14nm 刻蚀设备、薄膜设备、掺杂设备等高端制造装备及零部件，突破 28nm 浸没式光刻机及核心部件，研制 300 毫米硅片等关键材料，研发 14nm 逻辑与存储芯片成套工艺及相应系统封测技术，开展 75nm 关键技术研究，形成 28-14nm 装备、材料、工艺、封测等较完整的产业链，整体创新能力进入世界先进行列。

资料来源: 国务院网站, 平安证券研究所

在国家政策的强烈支持以及半导体产业向中国转移的浪潮中，国产设备研发加速，功能不断提升，逐步实现进口替代。上市公司中，北方华创核心设备最为丰富，包括刻蚀机、PVD、CVD、清洗设备等，长川科技封测设备国内领先，至纯科技主要提供高纯工艺系统，并积极布局清洗设备。

图表34 半导体核心设备上市公司一览

公司名称	所属环节	供应设备	核心客户
北方华创	芯片制造	清洗机、氧化炉、刻蚀机、CVD、PVD、ALD 等核心设备	中芯国际、长江存储、力晶、联电、华力、华虹等
长川科技	芯片封装检测	分拣机、测试机	长电科技、华天科技、通富微电、士兰微、日月光、华润微电子等
至纯科技	全流程	半导体制造工艺所需的高纯工艺系统、布局清洗设备	海士力、新进芯微电子、华力等
盛美半导体	全流程	清洗设备	中芯国际、长江存储、SK海力士

资料来源: wind、各公司公告, 平安证券研究所

备注: 盛美半导体在美股上市

3.2 晶圆加工设备技术难度高, 打铁还需自身硬

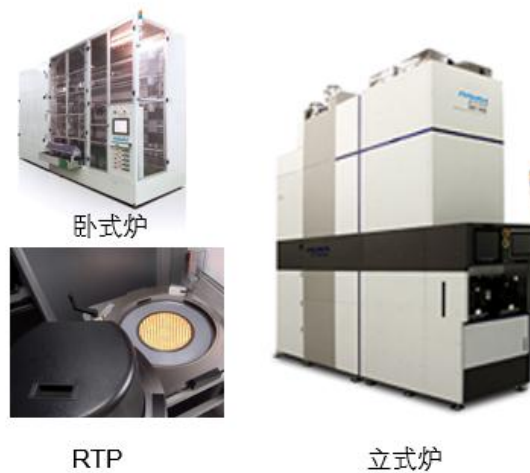
晶圆加工包括氧化、光刻、刻蚀、扩散、离子注入、物理气相沉积、化学气相沉积、机械研磨抛光等流程。对应的设备分别为氧化炉、光刻机、刻蚀机、扩散炉、离子注入机、PVD 设备、CVD 设备、CMP 设备。晶圆加工设备难度高, 其中以光刻机和刻蚀机难度最高。目前, 晶圆加工设备主要由海外巨头供应, 国内以北方华创、中微半导体等企业代表, 正努力追赶。下文将按照加工流程逐步分析每一款设备的具体情况和国内外竞争格局。

(1)氧化/扩散炉(高温炉)

芯片的制造流程中, 晶圆厂先从硅片厂获得完美无缺的硅片, 然后在硅片表面通过氧化的方式生长一层氧化层(二氧化硅), 通过在氧化层上刻印图形和刻蚀, 达到对硅衬底进行扩散掺杂, 激活硅片的半导体属性, 从而形成有效的 PN 结(具备单向导电性的空间电荷区)。这层氧化层既可以做后面离子注入工艺的掩蔽板, 又可以做金属导电层的介质层(二氧化硅不导电)。

氧化环节所使用的高温炉在半导体制造领域中具备多种应用: 如扩散、离子注入后硅片表面的热退火、各种薄膜工艺、玻璃体的回流、硅化物膜的形成等。通常, 用于这些热工艺的高温炉分为三类: 卧式炉、立式炉、快速热处理(RTP)。目前, 制造工艺中最主要使用立式炉, 相比卧式炉, 立式炉更易自动化、可改善操作者的安全以及减少颗粒沾污。RTP 以高达每秒几百度的升温速率对硅片加热, 最广泛的应用是离子注入后的退火, 优点是缩短了加热时间, 从而减少了热预算, 它常与其他工艺步骤相结合。

图表35 三类高温炉展示



资料来源：北方华创、应用材料官网，平安证券研究所

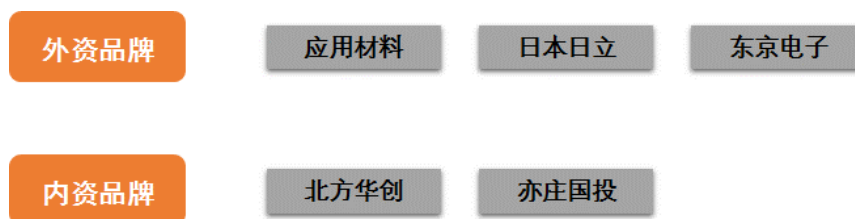
图表36 传统立式炉与 RTP 对比

	立式炉	RTP
处理数量	一批	单片
壁沿温度	热壁	冷壁
加热时间	长时间加热和冷却炉子	短时间加热和冷却硅片
热梯度	硅片较小热梯度	硅片较大热梯度
周期长短	长周期	短周期
测量指标	测量气氛温度	测量硅片温度
结果	大的热预算 颗粒 气氛控制	温度均匀性 杂质运动最小 硅片间的重复性 产量 由于快速加热产生应力 绝对的温度测量

资料来源：《半导体制造工艺》，平安证券研究所

目前，我国高温炉市场主要被外资品牌占据，如应用材料、日本日立、东京电子等企业，CR3 市场份额超过 90%。内资品牌中，北方华创 12 英寸立式氧化炉陆续通过 90nm/65nm/45nm/28nm 技术代集成电路生产线的工艺验证，实现产线应用。同时，随着国内 8 英寸产线的建设和扩产，北方华创利用 12 英寸立式氧化炉多年的积累，积极开发出全新的 8 英寸立式高温氧化炉，并中标国内多个 8 英寸和 12 英寸项目订单。此外，亦庄国投 2016 年收购了美国公司 Mattson，Mattson 是半导体设备供应商，在 RTP、光刻胶剥离及清洗设备具有领先优势。

图表37 氧化/扩散炉市场竞争格局



资料来源：各公司官网，平安证券研究所

(2)光刻设备

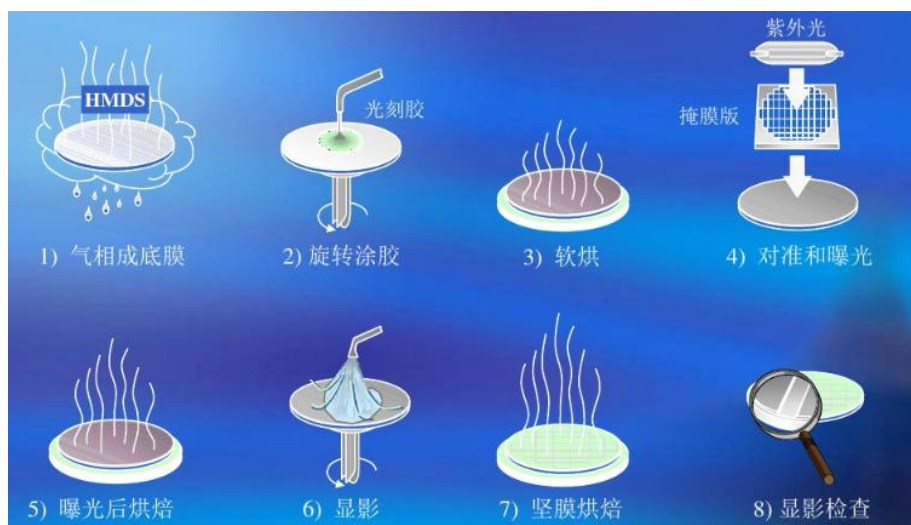
光刻的本质是把电路结构图复制到硅片上的光刻胶上，方便之后进行刻蚀和离子注入。光刻技术对集成电路制造非常重要，从集成电路诞生之初，光刻就被认为是集成电路制造工艺发展的驱动力。IC 生产工艺中最小导线宽度被称为线宽，是先进水平的主要指标，光刻技术与线宽指标密切相关。当今国际一流代工厂台积电目前已经量产 7nm 芯片，并在积极研发 5nm 工艺，中芯国际 14nm 工艺于 2018 年 8 月开始流片测试。

光刻对于芯片有两个重要意义：从价格方面来讲，一片硅片的处理费用与硅片上的芯片数目关联性不强，即工艺步骤、材料总量、硅片的传送对于两个包含不同芯片数量的硅片而言，几乎完全相同。如果一个硅片能够接纳更多的芯片，则单个芯片的成本将降低；从性能上来讲，摩尔定律指出，当价格不变时，集成电路上可接纳的元器件数目，每隔 18-24 个月便会增加一倍，性能也将提升一倍。集成电路产业不断升级的背后是光刻技术的持续进步。

光刻工艺一般分为 8 个步骤：

- 1)气相成底膜：光刻的第一步需要清洗、脱水和硅片表面成底膜处理，以便增强硅片和光刻胶之间的粘附性。
- 2)旋转涂胶：成底膜处理后，通过旋转涂胶的方法涂上光刻胶材料。
- 3)软烘：涂胶后进行软烘，用以去除光刻胶中的溶剂。
- 4)对准和曝光：将掩模版和硅片精确对准，然后进行曝光处理。
- 5)曝光后烘焙：曝光后需要对硅片再次烘焙，这样做可以使之后的化学反应更加充分，从而提高显影后的图形尺寸和分辨率。
- 6)显影：通过旋转、喷雾、浸润等方式，利用化学显影剂溶解光刻胶上的可溶解区(一般是曝光环节中被光照射过的区域)，将电路图形留在硅片表面，这一步非常关键。
- 7)坚膜烘焙：显影后通过热烘挥发掉存留的光刻胶溶剂，同时提高光刻胶对硅片表面的粘附性。
- 8)显影检查：检查显影后的电路图是否完美无缺。

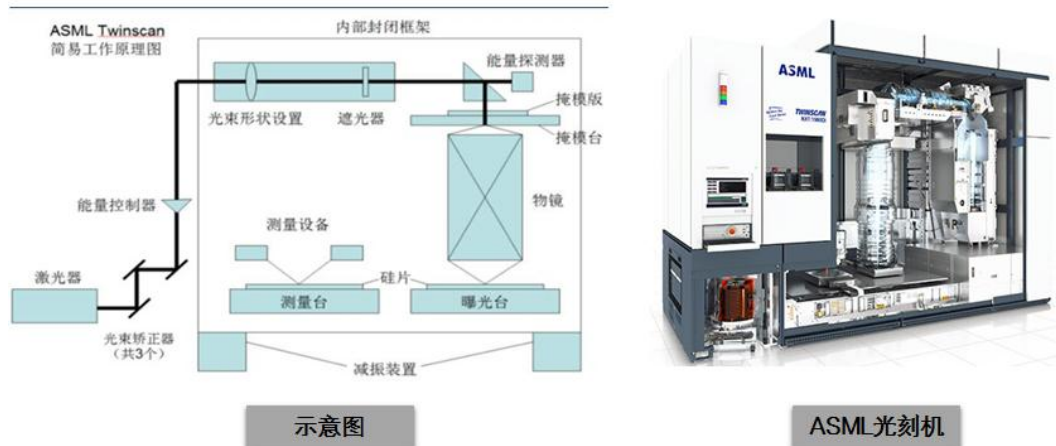
图表38 光刻工艺的 8 个步骤



资料来源:《半导体制造技术》, 平安证券研究所

光刻技术经过数十年的发展, 逐步发展出接触式光刻机、接近式光刻机、扫描投影光刻机、分步重复光刻机、步进扫描光刻机、极紫外光刻机; 光源也由 G 线(436nm)、H 线(405nm)、I 线(365nm) 向 KrF(248nm)、ArF(193nm)方向演变。目前市场上主流的光刻机为 ArF 光刻机, 包括步进扫描投影光刻机、浸没式步进扫描投影光刻机(ArFi 光刻机), 同时最新一代光刻机-极紫外(EUV)光刻机于 2010 年由 ASML 推出。

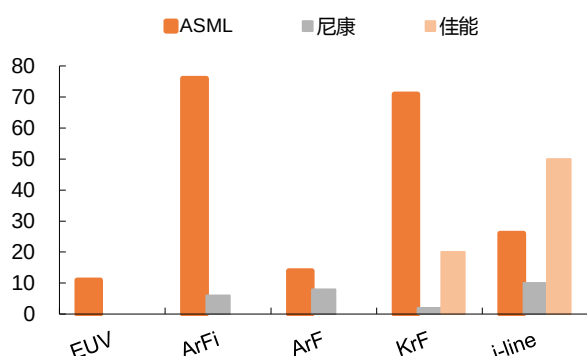
图表39 ASML 光刻机实图及示意图



资料来源: ASML, 平安证券研究所

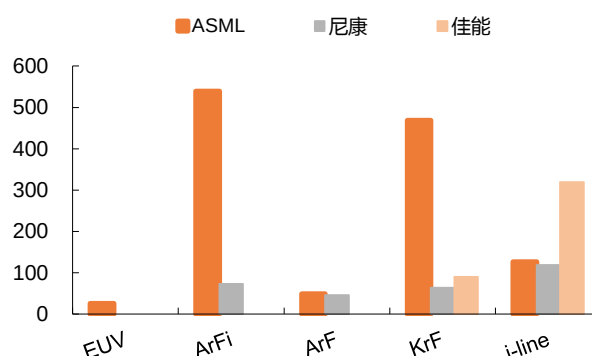
目前, 全球光刻机市场主要由荷兰的阿斯麦(ASML)、日本尼康、和佳能三家把持, 其中 ASML 垄断了高端光刻机市场。2017 年全球光刻机出货 294 台, 其中 ASML 出货 198 台, 占比 67%, 高端光刻机 EUV 全球 11 台出货量全部由 ASML 供应, 主流机型 ArFi 光刻机 ASML 出货 76 台, 占比超过 93%。日本佳能 2017 年出货 70 台, 均属于中低端机型。尼康出货量 26 台, 市场份额仅为 9%, 影响力较小。从 2011-2017 年累计数据来看, ASML 同样处于高端机型的绝对领导地位。

图表40 2017年ASML占据全球出货量的67%



资料来源:各公司公告, 平安证券研究所

图表41 2011-2017年ASML是全球高端光刻机绝对领导者



资料来源:各公司公告, 平安证券研究所

国产光刻机领域中,上海微电子(SMEE)一枝独秀。2018年3月,上海微电子承担的“02专项”的“90nm光刻机样机研制”顺利通过验收,成为国产光刻机的优秀代表。上海微电子早期光刻机主要用于90nm后道封装测试阶段,在该领域较早实现了国产替代。2018年5月,上海微电子第100台国产高端光刻机交付长电科技产线。目前公司SMEE 600系列IC前道投影光刻机兼容200mm和300mm硅片,可用于90nm关键层和非关键层的前道IC制造,有望进入客户前道工艺,逐步扩大市场份额。

图表42 上海微电子第100台高端光刻机交付产线



资料来源:SMEE官网, 平安证券研究所

(3)刻蚀设备

光刻是将掩模版上的图形转移到了硅片表面的光刻胶上,还没有转移到硅片的材料层上,之后将硅片上未被光刻胶掩蔽的部分通过选择性刻蚀去掉,从而将预先定义的图形转移到硅片的材料层上。该步骤中,有选择性地去除材料的工艺过程,叫做刻蚀。一般刻蚀之后再通过去胶工艺将衬底表面的光刻胶去掉。刻蚀和光刻技术与先进工艺高度相关,是芯片制造的两大核心环节,相关设备难度系数最高。

刻蚀工艺分为湿法刻蚀和干法刻蚀，目前湿法工艺已经被干法刻蚀所取代，仅在漂去氧化硅、去除残留物、剥离表层以及大尺寸图形腐蚀等领域继续使用，可以理解为湿法清洗。

作为目前主流的刻蚀工艺，干法刻蚀按照被刻蚀材料可以分为介质刻蚀、硅刻蚀和金属刻蚀。根据 Gartner 数据，三种刻蚀工艺对应的设备中，介质刻蚀机、硅刻蚀机分别占比 48%和 47%，是市场上最主流的刻蚀设备，金属刻蚀机占比不足 5%。

- 介质的干法刻蚀：二氧化硅是最主要的介质，介质蚀刻主要在二氧化硅上刻蚀，形成集成电路的接触孔和通孔。
- 硅的干法刻蚀：硅刻蚀主要是制作多晶硅栅和单晶硅沟槽。
- 金属的干法刻蚀：金属刻蚀主要应用是进行铝合金刻蚀形成金属互连线。

图表43 三种刻蚀设备展示



资料来源：拉姆研究、北方华创公司官网，平安证券研究所

根据 Factor & Equilibrium 数据，全球刻蚀设备有望由 2016 年的 78 亿美元增加到 2025 年的 138.9 亿美元，CARG 达 6.8%。2016 年全球刻蚀设备竞争格局方面，拉姆研究占比 52.7%、东京电子 19.7%、应用材料 18.8%，TOP3 市占率超过 90%，呈现高度集中的格局。国内企业中，中微半导体的介质刻蚀领域、北方华创的硅刻蚀机和金属刻蚀机国内领先，尤其是中微半导体介质刻蚀机，由 28nm-10nm-7nm 不断进步，最先进一代的 7nm 刻蚀机已经进入台积电产线，成为国内极少数的进入国际一流代工厂最先进工艺的集成电路设备。

图表44 刻蚀设备市场竞争格局



资料来源：Factor & Equilibrium，各公司官网，平安证券研究所

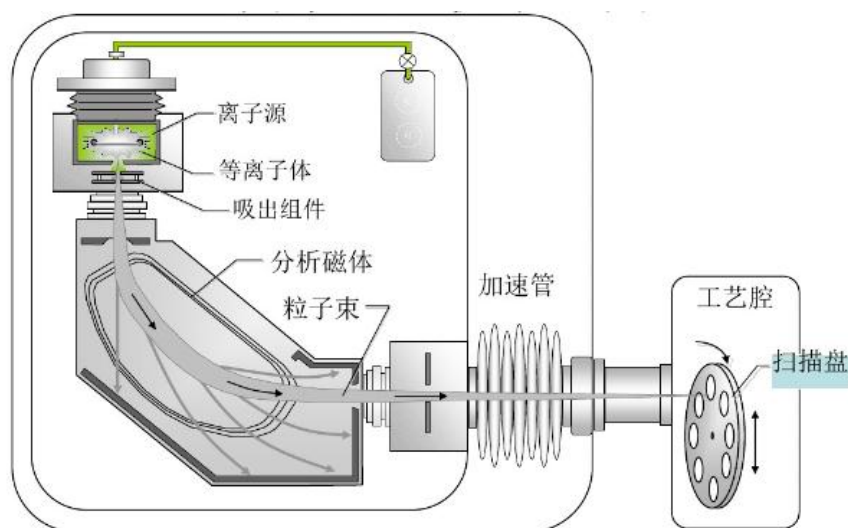
(4)离子注入设备

一般而言，本征硅(即最原始不含杂质的硅单晶)导电性能很差，只有当硅中加入少量杂质，使其结构和电导率发生改变时，硅才成为真正有用的半导体。这个过程被称为掺杂，离子注入是最主要的掺杂方法。

离子注入机是离子注入工艺最重要的设备，离子注入机一般包括 5 个部分，分别是离子源、引出电极(吸极)和离子分析器、加速管、扫描系统和工艺室。

离子注入机具体的工作流程是：离子源从源材料中产生带正电荷的杂质离子，被吸出后，用质量分析仪将它们分开以形成需要掺杂离子的束流，这些离子束在电场中加速，使其拥有足够的动能注入到硅片的晶格结构中。离子束扫描整个硅片，使硅片表面均匀掺杂，最后通过退火工艺(利用高温炉加热)激活晶格结构中的杂质离子。

图表45 离子注入机示意图



资料来源：凯世通，平安证券研究所

全球离子注入机龙头为美国应用材料、美国 Axcelis、台湾汉辰科技、日本住友、日新公司、日本真空公司等，其中美国应用材料公司和美国 Axcelis 公司是全球第一大和第二大离子注入机厂家，占据全球接近 90% 的市场份额，市场集中度非常高。

国内企业中，只有凯世通和中科信具备集成电路离子注入机的研发和生产能力。2011 年，凯世通、中科信联合清华大学、北京大学和中科院一起承担了国家“02 专项”的“45-22nm 超低能注入设备研发与产业化”，凯世通负责核心部件——离子源和低能减速系统的配套部件系统。目前凯世通离子注入机广泛运用于太阳能电池、AMOLED 等领域，属于国内领先，集成电路离子注入机目前正处于验证阶段。2018 年，上市公司万业企业拟收购凯世通，助推我国离子注入机企业进入资本市场。2017 年年底，中科信“90-65nm 大角度离子注入机研发及产业化”项目以较高分数通过国家重大专项验收，多种型号的 45-28nm 离子注入机通过国际尖端工艺的验证。

图表46 离子注入机国内外主要竞争者



资料来源：万业企业公司公告，平安证券研究所

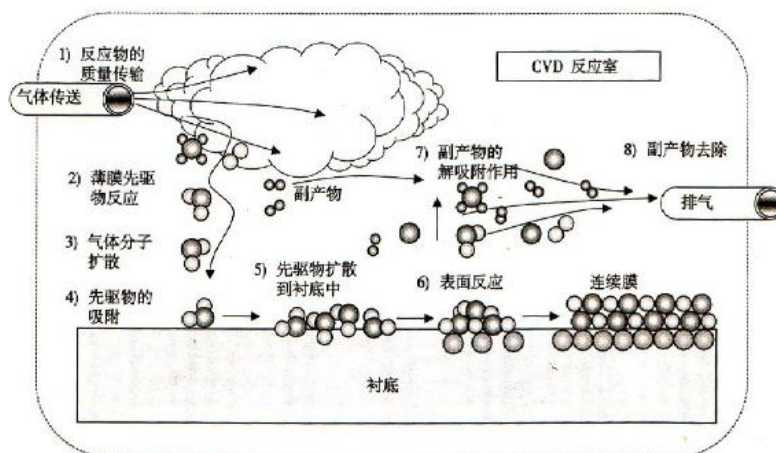
(5)CVD 设备

薄膜指一种在衬底上生长的薄固体物质，集成电路制造中的薄膜沉积指在硅片衬底上沉积一层膜的工艺，这层膜可以是导体、绝缘物质或者半导体材料，导电薄膜层或者绝缘薄膜层对于能否在硅衬底上成功制作出半导体器件而言至关重要。通俗的理解，沉积的金属连线是连接各个器件的导线，沉积的绝缘物质相当于包住导线的绝缘层。薄膜沉积分为化学工艺和物理工艺，常见工艺即化学气相沉积(CVD)和物理气相沉积(PVD)。

化学气相沉积是通过气体混合的化学反应在硅片表面沉积一层固体膜的工艺。CVD 的具体工艺流程包括：

- 1)气体传输至沉积区域：反应气体从反应腔入口区域流动到硅片表面的沉积区域。
- 2)膜先驱物的形成：气相反应导致膜先驱物(将组成膜最初的原子和分子)和副产物的形成；
- 3)膜先驱物附着在硅片表面：大量的膜先驱物运输到硅片表面。
- 4)膜先驱物的粘附：膜先驱物粘附在硅片表面。
- 5)膜先驱物的扩散：膜先驱物向膜生长区域的表面扩散。
- 6)表面反应：表面化学反应导致膜沉积和副产物的生成。
- 7)副产物从表面移除：吸附(移除)表面反应的副产物。
- 8)副产物从反应腔移除：反应的副产物从沉积区域随气流流动到反应腔出口并排出。

图表47 CVD 传输与反应步骤



资料来源：《半导体制造技术》，平安证券研究所

目前 CVD 需要用到 CVD 设备,包括 APCVD(常压 CVD)、LPCVD(低压 CVD)和等离子体辅助 CVD。三种设备最主要的区别在于 APCVD 系统在常压环境下工作; LPCVD 在中等真空度下进行,反应温度一般为 300°C-900°C; 等离子体辅助 CVD 在真空腔中工作,反应温度一般为 250°C-450°C, 等离子体辅助 CVD 进一步又可以细分为等离子体增强 CVD(PECVD)和高密度等离子体 CVD(HDPCVD),以 PECVD 为主流。

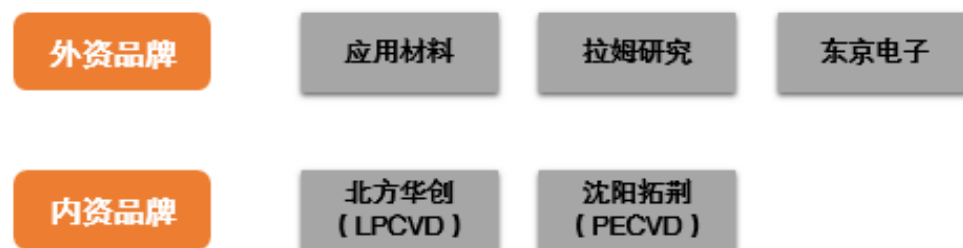
图表48 各种类型的 CVD 系统及其优缺点

工艺	优点	缺点	应用
APCVD	反应简单, 低温, 沉积速度快	台阶覆盖能力差, 有颗粒污染, 低产出率	低温二氧化硅(掺杂或不掺杂)
LPCVD	高纯度和均匀性, 一致的台阶覆盖能力, 大的硅片容量	高温(300-900°C), 低的沉积速率, 需要更多的维护, 要求真空系统支持	高温二氧化硅(掺杂或不掺杂)、氮化硅、多晶硅、钨等
等离子体辅助 CVD	低温(250°C-450), 快速沉积、好的台阶覆盖能力, 好的间隙填充能力	要求 RF(射频)系统, 高成本, 压力远大于张力, 化学物质和颗粒污染	高的深宽比间隙的填充, 金属上的低温二氧化硅等

资料来源:《半导体制造工艺》, 平安证券研究所

全球 CVD 市场上,应用材料占据龙头地位,全球市场份额达到 30%,其次是东京电子和拉姆研究,市场集中度较高。国内在 CVD 设备方面,北方华创的 LPCVD,以及沈阳拓荆的 PECVD,已通过主流晶圆代工厂验证,实现了小批量的设备交付。

图表49 我国 CVD 市场竞争格局



资料来源: Gartner, 平安证券研究所

(6)PVD 设备

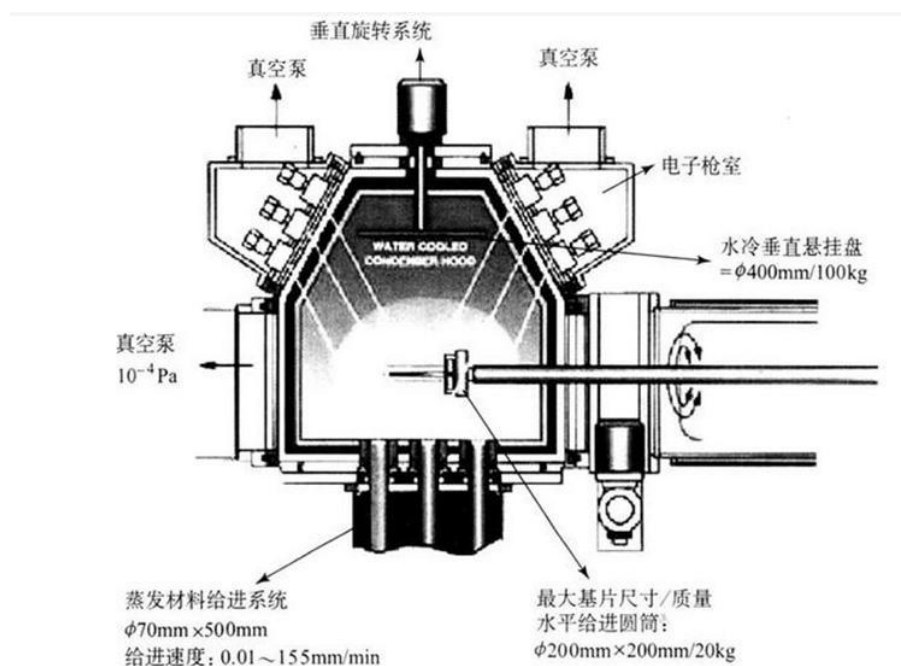
PVD 沉积金属属于集成电路工艺的金属化环节,金属化是芯片制造过程中在绝缘截止薄膜上沉积金属薄膜以及随后刻印图形以便形成互连金属线和接触孔或通孔连接。高性能的微处理器用金属线在一个芯片上连接几千万个器件。金属化传统方法均是物理过程,近年来逐步开始采用 CVD 化学反应来沉积部分金属。物理气相沉积(PVD)最常用的方法是蒸发和溅射。

- 蒸发: 在真空系统中,金属原子获得足够的能量后便可以脱离金属表面的束缚成为蒸汽原子,在其运动过程中遇到晶片,就会在晶片上沉积,形成金属薄膜。
- 溅射: 在真空系统中,充入一定的惰性气体 Ar,在高压电场的作用下,由于气体放电形成离子,这些离子在强电场作用下被加速,然后轰击靶材料,使其原子逸出并被溅射到晶片上,形成金属膜。采用这种方法可以沉积各种合金和难熔金属薄层,是目前集成电路工艺中广泛采用的形成金属膜的方法。

溅射 PVD 一般拥有六个流程：

- 1)在高真空腔等离子体中产生正氩离子，并向具有负电势的靶材料加速。
- 2)在加速过程中离子获得能量，并轰击靶。
- 3)离子通过物理过程从靶上撞击出(溅射)原子，靶具有想要的材料组分。
- 4)被撞击出(溅射)的源自迁移到硅片表面。
- 5)被溅射的原子在硅片表面凝聚并形成薄膜。
- 6)额外材料由真空泵抽走。

图表50 溅射 PVD 示意图



资料来源：《半导体制造工艺》，平安证券研究所

目前全球 PVD 市场高度垄断，应用材料一家独大，占据全球超过 85% 的市场份额。内资企业北方华创实力领先，公司 28nm 氮化钛硬掩膜(Hardmask PVD)、Al-Pad PVD 设备已率先进入中芯国际供应链体系，成为国产 PVD 的佼佼者。

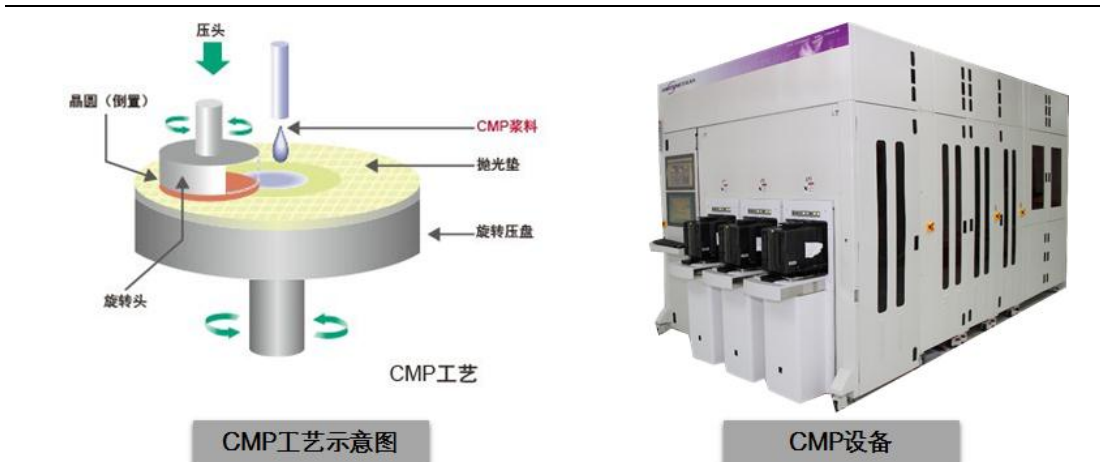
(7)CMP 设备

硅片制造过程中，通过刻蚀、离子注入形成各器件，然后通过薄膜沉积形成金属连线或绝缘层。目前先进的 IC 需要 6 层甚至更多的金属布线层，每一层由层间介质(ILD)隔开。但是，这种制作方法难以避免出现表面起伏现象，即硅片上的器件结构和多层内连线出现高低不平的台阶，层数越多，表面起伏越显著，因此需要通过适当的方法将硅片进行局部或者全局的平坦化。传统的平坦化方法包括反刻、玻璃回流和旋涂膜层，但是这些方法无法满足先进工艺的需要，目前最主流的方法是化学机械抛光(CMP)。

CMP 具体的工作原理是抛光机的抛光头夹持住硅片相对抛光垫做高速运动，抛光液在硅片和抛光点之间连续流动，抛光液中的氧化剂不断接触裸露的硅片表面，产生氧化膜，然后借助抛光液中的微粒机械研磨作用去除氧化膜。这个过程中，凹处的氧化膜难以被去除，凸出的氧化膜被去除，裸露

出新的表面，然后再次产生氧化膜，再次被去除，如此反复作用，使得最后的抛光表面形成光洁表面，达到全局平整化。

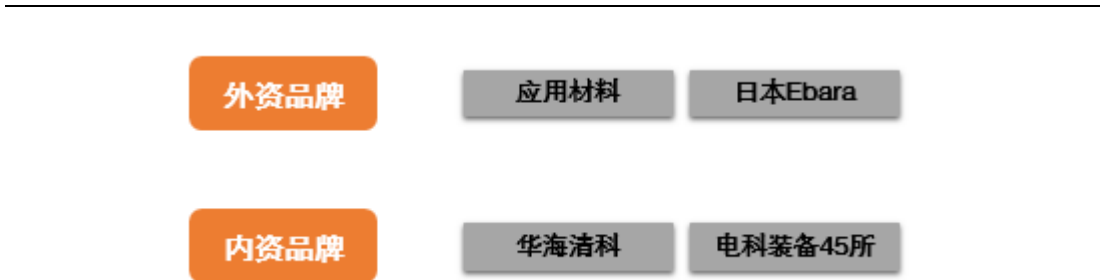
图表51 CMP 工艺及机台设备示意图



资料来源：华海清科官网，平安证券研究所

CMP 需要使用 CMP 机台和耗材，耗材以抛光液和抛光垫为主，全球市场被日本和美国的几家材料公司垄断。CMP 机台市场被应用材料和日本的 Ebara 高度垄断，两者市占率接近 90%。国内市场上，华海清科和电科装备 45 所是主要的研发力量，2015 年 11 月，两家公司联合参与的 02 专项“28-14nm 抛光设备及工艺、配套材料产业化”正式获批。华海清科 12 英寸 CMP 设备于 2016 年 3 月获得客户验收采购，国产首台 8 英寸 CMP 设备于 2017 年 8 月实现出厂销售；电科装备 45 所自主研发的 8 英寸 CMP 商用机完成了内部测试，于 2017 年 11 月发往中芯国际天津公司进行上线验证。

图表52 国内外 CMP 设备市场竞争格局



资料来源：各公司官网，平安证券研究所

总结而言：晶圆加工设备技术壁垒高、竞争格局高度集中，应用材料、拉姆研究、东京电子三大龙头遥遥领先其他竞争对手。国内设备中，仅有中微半导体的介质刻蚀机成功进入了国际一流 IC 制造厂的最先进工艺线，其他设备部分已经小批量销售，部分还在验证阶段，到大批量销售还要一段路程要走。

图表53 国内晶圆加工设备的领先企业及其发展阶段

企业	设备	阶段
中微半导体	介质刻蚀机	进入台积电 7nm 工艺线
北方华创	氧化炉(8 英寸、12 英寸 90nm/65nm/45nm/28nm)、硅/金属刻蚀机	小批量销售

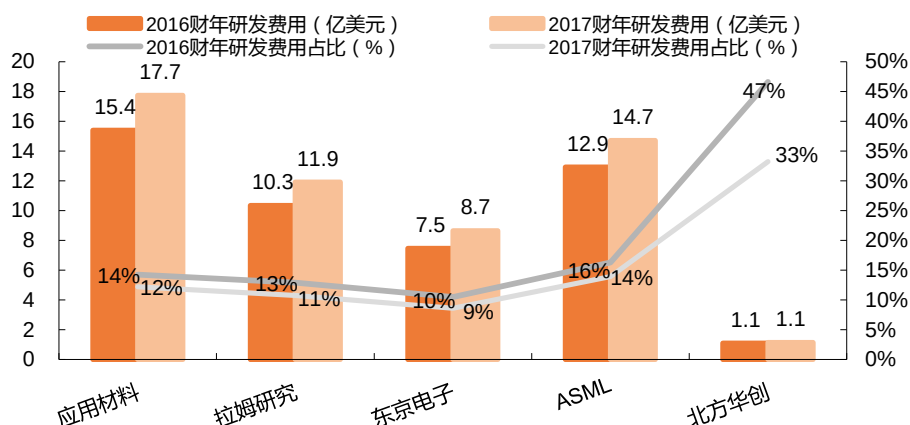
(28nm 实现销售)、LPCVD(验证阶段)、
PVD(28nm 成为中芯国际 Baseline)

沈阳拓荆	PECVD	40-28nm 小批量销售
上海微电子	光刻机	90nm 后道封测阶段小批量销售
华海清科	CMP 设备	中芯国际小批量销售
电科装备 45 所	CMP 设备	8 英寸装备进入中芯国际(天津)验证阶段
凯世通	离子注入机	太阳能领域领先, 集成电路领域处于验证阶段
中科信	离子注入机	45-28nm 刚通过验证

资料来源: 公司公告, 公司官网, 平安证券研究所

集成电路设备行业研发投入高, 研发投入占比一般 10%-15%。2017 财年国际巨头应用材料、拉姆研究、东京电子、ASML 研发投入分别为 17.7 亿/11.9 亿/8.7 亿/14.7 亿美元, 收入占比分别为 12%/11%/9%/14%。国内龙头北方华创由于体量尚小, 研发投入 1.1 亿美元, 收入占比 33%。国际巨头研发投入远高于国内企业。国内企业还需要借助政策优势, 继续加大研发投入, 突破核心技术。

图表54 海外巨头研发投入远高于国内龙头



资料来源: wind, 平安证券研究所

我们认为, 对于晶圆加工设备企业而言, 首要目标是获得中芯国际、长江存储等国内制造厂的认可, 伴随大陆晶圆厂投资高峰的到来而成长。其次是重点发力优势产品, 早日打进国际最先进的工艺领域, 从而进军全球集成电路设备市场。

3.3 检测和清洗设备率先突破, 内资企业大有机会

除晶圆加工设备外, 还需要配备相关的辅助设备, 包括检测设备、清洗设备等, 这些设备贯穿加工制造的全流程, 在多个环节需要用到。相比晶圆加工设备而言, 辅助设备技术难度要低一些, 进口替代的节奏有望早于晶圆加工设备。

(1) 光学测量和缺陷检测

半导体制造环节的检测流程分为前道检测和后道检测。其中, 前道检测主要分为光学测量和缺陷检测, 统称为质量测量。后道检测通常包括晶圆测试和成品测试。其中光学测量是测量制造工艺的性能以确保质量规范标准的一种方法, 缺陷检测用于检测硅片表面缺陷从而提供特征信息的方法。在

半导体全部制造环节中，在每个重要流程之后均伴随质量测量，通过收集测试样片或者生产硅片上的大量数据，从而说明硅片生产的工艺是否满足要求。

集成电路的质量测量包括测试膜厚、膜应力、折射率、掺杂浓度、表面缺陷、关键尺寸(CD)等 12 种参数，这些不同的质量测量用于不同的制造环节，某些环节需要多种类型的质量测量。相关设备可以分为光学测量设备、缺陷检查设备等(部分统计口径将此部分设备计入晶圆加工设备，我们按照设备运行原理归为检测设备)。

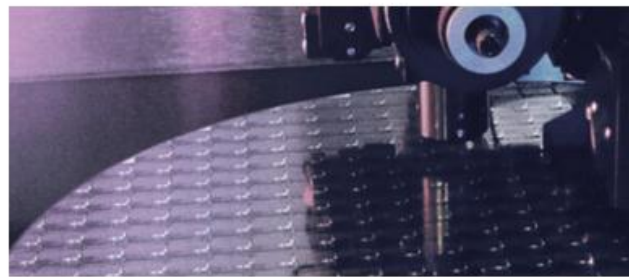
图表55 不同质量测量含义、测量方法及应用环节

质量测量	测量含义	测量方法及设备	应用环节
膜厚	测量不同类型膜的厚度	四探针法	扩散、薄膜、抛光、刻蚀、光刻
方块电阻	测量膜上的电阻	四探针法	注入、扩散、薄膜
膜应力	薄膜上可能引入强的局部应力，导致衬底变形，利用薄层应力测量工具可以测量这种形变	测试硅片的曲率	扩散、薄膜
折射率	折射率的改变表明薄层中有沾污，并造成厚度测量不正确	利用椭偏仪测量	扩散
掺杂浓度	掺杂浓度直接影响到半导体性能	利用四探针法、红外线干涉和延长电阻探针来测试	注入、扩散
无图形表面缺陷	测试裸硅片或有一些空白薄膜的硅片的表面，提供工艺条件的特征信息	光学显微镜测量	注入、扩散、薄膜、抛光、刻蚀、光刻
有图形表面缺陷	测试有图形硅片的表面缺陷，包括颗粒、划伤和图形缺陷	光学显微镜测量	刻蚀、光刻
关键尺寸(CD)	关键尺寸是硅片上的最小特征尺寸，通俗的称为“技术节点”	扫描电子显微镜(SEM)测量	刻蚀、光刻
台阶覆盖	良好的台阶覆盖要求厚度均匀的材料覆盖于台阶的全部区域，包括侧墙和拐角	台阶仪测量	抛光、刻蚀
套刻标记	测量光刻机和光刻胶图形与刻蚀图形的对准程度	自动套刻测量仪测量	光刻
电容-电压(C-V)特性	测试栅氧化区域的离子污染情况	专用的 C-V 测试法	扩散
接触的角度	测量液体与硅片表面的粘附性，计算表面能或粘附性力	接触角度仪	光刻

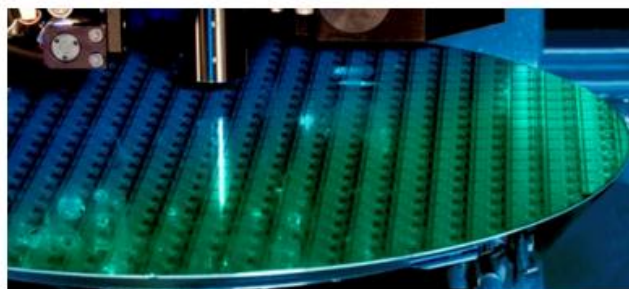
资料来源：《半导体制造工艺》，平安证券研究所

备注：扩散区工艺包括氧化、沉积、扩散、退火和合金

图表56 半导体光学测量设备和缺陷检查设备



光学测量设备

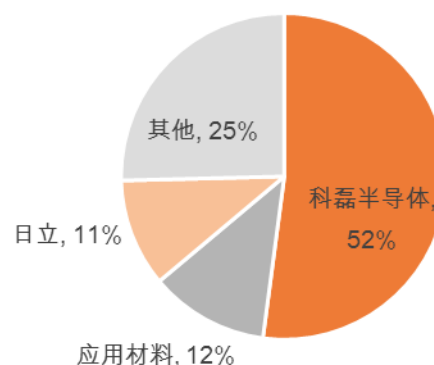


缺陷检查设备

资料来源：科磊半导体，平安证券研究所

目前集成电路测量设备全球主要的供应商是科磊半导体(KLA-Tencor)，占据全球超过 52%的市场份额，其次是应用材料(12%)和日本日立(11%)，市场格局集中度较高，科磊半导体在测量设备领域优势突出。国产企业主要代表是上海睿励科学仪器公司，睿励科学目前具备 12 英寸全自动光学膜厚测量系统、12 英寸全自动光学关键尺寸和形貌测量系统、自动宏观缺陷检测系统等测量设备，国内技术领先，其 300mm 硅片光学测量设备(TFX3000)于 2014 年获得三星数台订单，并于 2018 年获得三星的重复订单。此外，上海微电子晶圆缺陷自动检测设备于 2018 年 8 月顺利通过了专业公司的安全认证测试，获得 SEMI S2 认证证书。

图表57 全球质量测量设备市场竞争格局



资料来源：科磊半导体，平安证券研究所

(2)电学检测设备

集成电路的电学测试在芯片工艺的不同阶段进行,包括IC设计验证、晶圆检测环节和成品测试环节,其中设计验证阶段需要用到测试机、分选台、探针台;晶圆检测阶段需要用到测试机和探针台;成品测试阶段需要测试机和分选机。这三个环节的检测均为电学测试,通常我们将晶圆测试和成品测试阶段称为后道检测。

图表58 三类电学测试及所需设备

环节	具体介绍	所需设备
设计验证环节	设计验证指芯片设计公司分别使用测试机和探针台、测试机和分选机对晶圆样品检测和集成电路封装样品的成品测试,验证样品功能和性能的有效性。	测试机、分选台、探针台
晶圆检测环节	晶圆检测是指在晶圆制造完成后进行封装前,通过探针台和测试机配合使用,对晶圆上的芯片进行功能和电参数性能测试。	探针台、测试机
成品测试环节	成品测试是指芯片完成封装后,通过分选机和测试机配合使用,对集成电路进行功能和电参数性能测试,保证出厂的每颗集成电路的功能和性能指标能够达到设计规范要求。	测试机、探针台

资料来源:长川科技招股说明书,平安证券研究所

在电学检测环节中,核心设备包括测试机、探针台和分选机。测试机指能够在测试结构上快速、准确、重复地测量亚微安级电流和微法级电容的自动测试设备(ATE)。探针台和分选机分别在晶圆检测阶段和封装成品状态下批量测试时使用的机电一体化设备,其最重要的功能是实现自动化测试,测试机分别与探针台和分选机配合使用。

目前国内外测试设备商各有侧重,外资品牌如泰瑞达(Teradyne)主要产品为测试机、爱德万(Advantest)主要产品为测试机和分选机,科利登(Xcerra)主要产品为测试机,东京电子(Tokyo Electron)主要产品为探针台,内资品牌中长川科技主要产品为测试机和分选机,北京华峰主要产品为测试机,上海中艺主要产品为分选机。目前,该电学检测设备市场集中度很高,其中测试机主要被爱德万和泰瑞达垄断,分选机被爱德万、科休半导体、爱普生等企业垄断,探针台被东京电子、东京精密和伊智所垄断。国内龙头长川科技已经布局测试机和分选机市场,积极研发探针台。

图表59 国内外电学检测设备主要竞争者

公司	主要产品
外资	泰瑞达
	测试机
	爱德万
	测试机、分选机
	科利登
	测试机
	科休半导体
内资	分选机
	爱普生
	分选机
	东京电子
	探针台
	东京精密
	探针台
内资	长川科技
	测试机、分选机
	北京华峰
内资	测试机
	上海中艺
内资	分选机

资料来源:长川科技招股说明书,各公司官网,平安证券研究所

我国集成电路材料、装备、设计、制造、封测五大环节中，封测水平最为领先，诞生了如长电科技、通富微电、华天科技、晶方科技四大封测厂，长电科技、通富微电和华天科技甚至跻身全球前十品牌。长电科技等封测厂是电学检测设备商的重要客户，在我国集成电路检测设备中，电学检测设备有望率先取得突破。目前长川科技的测试机和分选机等产品已获得长电科技、华天科技、通富微电、士兰微、华润微电子、日月光等多家一流企业的认可和使用，探针台的研发也在顺利开展，未来市场占有率有望逐步提升。上海华峰承担了“02 专项”的“高端模拟/混合电路测试系统”于 2017 年获得验收。国内面板检测龙头精测电子正积极布局集成电路光学检测和电学检测设备，凭借公司面板检测领域的多年布局，公司半导体检测有望取得新突破。

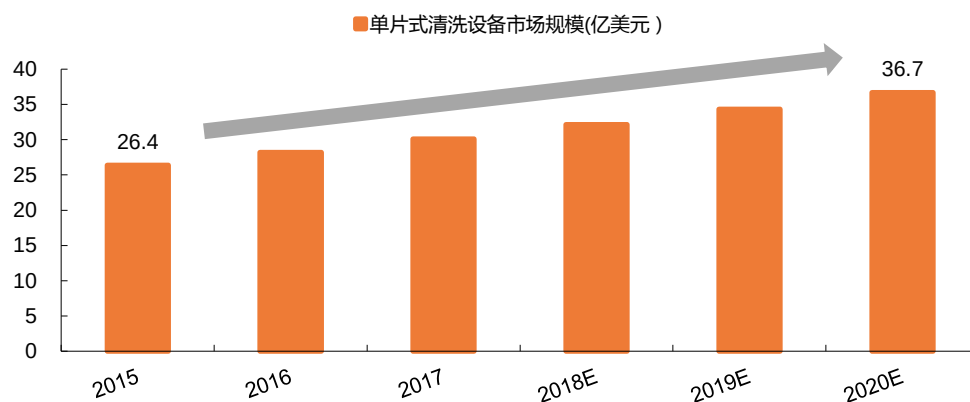
(3)清洗设备

集成电路制造过程中硅片清洗的目标是去除所有表面沾污，包括颗粒、有机物、金属和自然氧化层。目前占统治地位的硅片清洗方法是湿法清洗。清洗的具体流程是利用硫酸、超纯水等物质按顺序清洗，去除污染物质。

湿法清洗设备分为单片清洗设备和槽式清洗设备，槽式清洗设备可以批量清洗硅片，但是可能会导致互相污染现象。随着半导体技术节点的不断迭代，对于沾污的控制要求越来越严格，清洗设备更多的向单片式发展。目前，全球湿法清洗设备中，接近 8 成的设备为单片式，剩下 2 成为槽式。

根据 Transparency Market Research(TMR)研究数据，2015 年全球单片式清洗设备市场规模约为 26.4 亿美元，预计到 2020 年将超过 36.7 亿美元，CARG 为 6.8%。

图表60 全球单片式清洗设备市场空间



资料来源：TMR，平安证券研究所

在清洗设备全球竞争格局中，迪恩士(SCREEN)、东京电子和拉姆研究占据榜单前三，合计市占率接近 90%，其中迪恩士一家占比超过 50%，是全球绝对的龙头。国内企业中，盛美半导体是国产清洗设备的优秀代表，主流产品得到国际一流品牌包括中芯国际、长江存储、SK 海力士等企业的认可。北方华创收购美国 Akron，进一步拓展公司槽式和单片式清洗设备。此外，至纯科技也在积极布局集成电路清洗设备，已经形成 6 台订单的销售。

图表61 国内外集成电路清洗设备竞争格局



资料来源：各公司官网，平安证券研究所

总结而言：检测设备和清洗设备贯穿集成电路制造各个环节，由于运用广泛，部分设备技术难度略低于前道设备。目前，全球检测设备和清洗设备竞争格局同样高度集中，但是国内企业在电学检测、清洗设备突破顺利，包括长川科技、北京华峰的检测设备、北方华创、盛美半导体和至纯科技的清洗设备均有十足的进步。在光学检测领域中，上海睿励的光学检测设备国内领先，精测电子正积极布局，未来 2-3 年内有望开花结果。我们认为，国内检测设备和清洗设备率先突破，在获得国内品牌认可之后，抢占更多的全球份额，相关领域有望诞生出大体量的设备公司。

图表62 国内检测设备和清洗设备的领先企业及发展阶段

企业	设备	阶段
长川科技	测试机和分选机	进入长电科技、华天科技、日月光等多家一流企业的产线
北京华峰	测试机	进入国内一流封测厂
盛美半导体	清洗设备	进入中芯国际、长江存储、SK海力士等企业的产线
北方华创	清洗设备	28nm 单片清洗机形成批量销售
至纯科技	清洗设备	小批量订单进入中芯国际
上海睿励	光学检测设备	获得三星的重复订单
精测电子	检测设备	积极布局光学检测和电学检测

资料来源：公司公告，公司官网，平安证券研究所

四、投资建议

我们认为，全球半导体设备行业发展有如下特征：

- 1.市场空间足够大。**全球半导体设备数百美元的市场，诞生了多家营业收入接近 100 亿美元的大市值公司。
- 2.竞争格局高度集中。**全球半导体设备商 CR5 占比 64%，CR10 占比 73%，竞争格局高度集中。细分设备行业如光刻机、刻蚀机、薄膜设备竞争格局同样高度集中。
- 3.龙头企业产品布局丰富。**除 ASML 之外，全球设备龙头均布局多类产品，如全球龙头应用材料产品线包括薄膜设备、刻蚀设备、离子注入机、CMP 设备等，几乎涵盖了除光刻机之外的全部前道设备。

4.研发投入居高不下。集成电路行业伴随摩尔定律不断进步，设备龙头企业必须始终保持高研发投入(每年超过 10 亿美元)才能持续保持领先优势。

反观国内：

1.相比市场空间，国内设备公司体量较小。根据 SEMI 数据，大陆半导体设备市场空间 2018 年将达到 118 亿美元，最小的细分设备市场都不低于 5 亿美元。目前国内最大的半导体设备公司收入体量约 10 亿元人民币，相比市场空间，国内设备公司完全有机会成长大市值公司。

2.内资设备企业数量少。除外资企业外，目前国内每一类设备主要的竞争者均不超过 3 家，良好的竞争格局决定了目前国内企业主要的任务是进口替代，相互间竞争的時刻远未到来。

3.设备自制率提升意愿强烈。近几年，国内半导体设备平均自制率仅为 16%，在中兴事件的刺激下，我国提升半导体设备自制率意愿强烈，给国内半导体设备厂商带来了非常好的发展机遇。

图表63 半导体设备国内外主要代表

	外资企业			内资企业		
氧化/扩散设备	应用材料	日本日立	东京电子	北方华创	亦庄国投	
光刻设备	ASML	日本尼康	日本佳能	上海微电子		
刻蚀设备	拉姆研究	东京电子	应用材料	中微半导体	北方华创	
离子注入设备	应用材料	美国Axcelis	台湾汉辰科技	凯世通	中科信	
CVD设备	应用材料	拉姆研究	东京电子	北方华创	沈阳拓荆	
PVD设备	应用材料			北方华创		
CMP设备	应用材料	日本Ebara		华海清科	电科装备45所	
光学测量和缺陷检测设备	应用材料	科磊半导体	日本日立	上海睿励	上海微电子	精测电子
电学检测设备	泰瑞达	爱德万	东京电子	长川科技	北京华峰	上海中艺
清洗设备	迪恩士	东京电子	拉姆研究	北方华创	盛美半导体	至纯科技

资料来源：各公司官网，平安证券研究所

技术的突破总是由易到难，最终实现弯道超车。我们认为：1.技术难度不是最高的设备有望率先突破，如清洗设备、后道检测设备均有所突破，有望率先受益，建议关注长川科技、至纯科技。2.晶圆加工设备技术难度高，但是在国家大力支持以及企业持续不断的研发投入下，具备研发实力的公司一旦突破核心技术后，有望享受到巨大的市场红利，推荐北方华创。

北方华创(002371)——国产半导体设备集大成者

北方华创由七星电子和北方微电子重组而来，主营半导体设备、真空设备、锂电设备、精密电子元器件 4 类业务。半导体设备领域，公司拥有刻蚀机、PVD、CVD、氧化炉、扩散炉、MFC、清洗机 7 类设备，是国内半导体设备龙头企业，客户包括中芯国际、华力微电子、长江存储等国内一线半导体制造商。目前公司半导体设备收入占比已经超过 50%，借力行业高景气度，公司发展驶入快车道。2018 年上半年公司实现营业收入 13.95 亿元(+33.44%)，归母净利润 1.19 亿元(+125.44%)。

公司作为国内半导体设备龙头，拥有三大核心竞争优势：品类齐全(拥有芯片制造前段工艺的 7 大设备，国内公司中最齐全)、技术领先(28nm 设备已经量产，14nm 设备开始工艺验证，国内公司中最前端)、竞争格局良好(行业门槛高，国内几乎无相同体量相同赛道的竞争对手)。公司成长逻辑清晰：未来几年，大陆将迎来晶圆厂投建高峰期，半导体设备需求快速上升。公司成熟工艺设备率先放量，

先进设备加紧研发。随着公司成熟工艺设备的放量、新兴设备跟随中芯国际共同研发，在不久的将来有望放量，公司将呈现阶梯式发展趋势。

长川科技(300604)——国产半导体检测设备龙头

长川科技主营半导体电学检测设备，核心产品包括测试机和分选机，是国产检测设备龙头企业。公司测试机和分选机已经获得长电科技、华天科技、通富微电、士兰微、华润微电子、日月光等多个一流集成电路企业的使用和认可。2018年上半年公司实现营业收入1.16亿元(+76.78%)，归母净利润0.25亿元(+47.58%)。

公司作为国产半导体检测设备龙头，客户资源丰富。凭借领先的技术优势和先发优势，享受了较高的利润水平，2016年/2017年/2018H1公司综合毛利率分别为59.67%/57.10%/61.47%，净利率分别为33.36%/27.95%/21.64%。我们认为，国产半导体设备中，检测设备和清洗设备率先突破，公司作为检测设备龙头，未来几年，业绩上涨有所保障。

至纯科技(603690)——高纯工艺系统供应商，积极布局清洗设备

至纯科技主要为电子、生物医药等先进制造业企业提供高纯工艺系统的整体解决方案，产品包括高纯工艺系统和高纯工艺设备。公司下游运用中，半导体领域占比最高(2018年上半年占比为70%)，客户包括上海华力、中芯国际、长江存储、合肥长鑫、士兰微、南京台积电、无锡海力士、西安三星等众多国内外半导体制造企业。2018年上半年公司实现收入1.88亿元(+19.13%)，归母净利润0.19亿元(-23.71%)。上半年公司新签订单5.47亿元，确保今明两年公司业绩增长无忧。

公司于2017年形成了槽式湿法清洗设备和单片式湿法清洗设备产品系列，并取得了6台的批量订单。公司湿法事业部目标是未来5年内有超过200台各类湿法清洗机台的装机量，将形成公司第二大主营业务。伴随大陆晶圆厂投资加速，公司高纯工艺系统和清洗设备均有望放量，业绩得以持续提升。

五、风险提示

1)国内晶圆厂投资不及预期。

未来几年，大陆将有20余座晶圆厂建设，将带动半导体设备需求增长。如果晶圆厂投资落地数量或进度不及预期，则设备需求增速或放缓，半导体设备公司业绩增长可能不达预期。

2)国内设备技术进步不及预期。

半导体设备行业门槛高，技术难度大，如果国产设备企业技术研发不足或技术突破不及预期，将严重影响到国产设备的进口替代的节奏。

3)竞争加剧的风险。

半导体设备行业高度垄断，随着大陆市场的快速成长，外资巨头加大对大陆市场的重视程度，大陆半导体市场竞争可能加剧，影响到国内相关公司的发展。

4)国内先进工艺研发不及预期。

我国半导体设备市场主要依赖国产晶圆厂的投建和扩建，如果国内先进工艺(包括代工厂和存储器工艺)的研发不及预期，将会影响到部分晶圆厂投扩建节奏，进而影响到设备招标采购节奏。

平安证券综合研究所投资评级：

股票投资评级：

强烈推荐 (预计 6 个月内，股价表现强于沪深 300 指数 20%以上)
推 荐 (预计 6 个月内，股价表现强于沪深 300 指数 10%至 20%之间)
中 性 (预计 6 个月内，股价表现相对沪深 300 指数在 $\pm 10\%$ 之间)
回 避 (预计 6 个月内，股价表现弱于沪深 300 指数 10%以上)

行业投资评级：

强于大市 (预计 6 个月内，行业指数表现强于沪深 300 指数 5%以上)
中 性 (预计 6 个月内，行业指数表现相对沪深 300 指数在 $\pm 5\%$ 之间)
弱于大市 (预计 6 个月内，行业指数表现弱于沪深 300 指数 5%以上)

公司声明及风险提示：

负责撰写此报告的分析师(一人或多人)就本研究报告确认：本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格。

平安证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本公司研究报告是针对与公司签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本公司研究报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。未经书面授权刊载或者转发的，本公司将采取维权措施追究其侵权责任。

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识，认真考虑是否进行证券交易。

市场有风险，投资需谨慎。

免责条款：

此报告旨为发给平安证券股份有限公司(以下简称“平安证券”)的特定客户及其他专业人士。未经平安证券事先书面明文批准，不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其他人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被平安证券认为可靠，但平安证券不能担保其准确性或完整性，报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价，报告内容仅供参考。平安证券不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任，除非法律法规有明确规定。客户并不能仅依靠此报告而取代行使独立判断。

平安证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断，可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问，此报告所载观点并不代表平安证券的立场。

平安证券在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

平安证券股份有限公司 2018 版权所有。保留一切权利。



平安证券
PING AN SECURITIES

平安证券综合研究所

电话：4008866338

深圳	上海	北京
深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 62 楼 邮编：518033	上海市陆家嘴环路 1333 号平安金融大厦 25 楼 邮编：200120 传真：(021)33830395	北京市西城区金融大街甲 9 号金融街中心北楼 15 层 邮编：100033