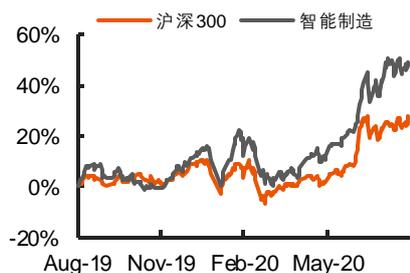


## 智能制造行业专题报告（八）

## 半导体清洗设备：筑芯片良率保障墙，看国产品牌角逐差异化

## 强于大市（维持）

行情走势图



## 相关研究报告

《智能制造行业专题报告（五）：锂电设备：分化还未定型，淘汰正在发生，宜居危而思安》 2018-11-27

《智能制造行业专题报告（六）：超快激光，能量激光领域的下一个制高点》 2019-4-24

《智能制造行业专题报告（七）：3D打印产业链全梳理，高成长赛道的机遇和挑战》 2019-7-31

## 证券分析师

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

**吴文成** 投资咨询资格编号  
S1060519100002  
021-20667267  
WUWENCHENG128@PINGAN.COM.CN



- 半导体清洗：芯片制造的重要环节，物理辅助方法是工艺难点。** 半导体清洗对于芯片制造意义重大，如果清洗不达标要求，残留的沾污杂质将导致芯片失效。半导体清洗贯穿硅片制造、晶圆制造、封装三大环节。半导体清洗方法分为湿法清洗和干法清洗，目前湿法清洗占据90%以上的份额。湿法清洗可选用化学药液清洗，同时辅以物理方法辅助，如洗刷器、超/兆声波、旋转喷淋、二流体等方法。清洗过程中，化学药液基本相同，辅助方法往往成为不同工艺的主要差别，也成为半导体清洗工艺的主要难点。
- 清洗设备：高价值、高毛利，芯片良率的重要保障。** 半导体清洗设备是芯片制造良率的重要保障，主要分为单片设备和槽式设备两类。在40nm及以下的先进工艺中，单片清洗设备凭借无交叉污染和良率优势，已替代槽式设备成为主流。不同的清洗方法往往构成不同设备厂家的核心竞争力，相关厂家通过专利对各自的技术路线进行保护。对于同一类型、相同清洗方法的设备而言，不同的硬件组合和工艺方案，也会产生明显的设备性能差别。清洗设备单台价值量和利润率均非常高，以盛美为例，其单片清洗设备单价超过2500万元，毛利率约45%。
- 全球格局：全球市场超30亿美元，日本迪恩士是绝对龙头。** 2019年全球半导体清洗设备市场超30亿美元，占全部设备的5%。其中单片、槽式设备占比分别为75%、18%。随着芯片工艺节点不断缩小，及芯片结构的复杂化（2D转向3D），清洗设备市场有望量价齐升。竞争格局方面，全球领先企业包括迪恩士、东京电子、拉姆研究，2019年全球份额分别为50%、27%、12%，迪恩士是绝对龙头。盛美股份、北方华创是国产设备商代表，2019年的全球份额分别为3%、1%。
- 国产替代：差异化路线追赶，国内份额快速提升。** 海外巨头清洗设备多采用旋转喷淋技术，国内设备厂商采取差异化路线，积极研发兆声波、二流体等技术进行追赶。盛美股份在单片清洗设备、北方华创在槽式清洗设备中已经取得成效。2019年清洗设备国产化率达到约13%。长江存储第14-38批清洗设备招标中，盛美股份、北方华创分别获得20%、2%的份额，高于其全球平均水平。截至2019年底，中国大陆共有14条8英寸及以上的产线在建，12条线产能正在爬坡，7条线规划中。受益于大陆芯片厂的扩产大潮，国产清洗设备商的份额有望快速提升。
- 投资建议：** 国产半导体清洗设备厂商迎来行业扩容和国产替代的重要机遇：一方面，随着芯片工艺的进步及芯片结构的复杂化，清洗设备量价齐升，行业规模有望扩容；另一方面，受益于国内芯片产线的加速建设和产能爬坡，国内清洗设备厂商通过差异化路线追赶，份额有望快速提升。建议关注国产半导体清洗设备代表盛美股份、北方华创、至纯科技和芯源微。

- **风险提示：**1) 全球半导体周期向下风险。若半导体行业周期向下，全球半导体厂商资本开支下滑，将影响全球半导体设备公司业绩。2) 国内晶圆厂投资不及预期风险。如果大陆晶圆厂投资落地数量或进度不及预期，半导体清洗设备公司订单将不达预期。3) 国内设备公司技术进步不及预期风险。半导体清洗设备行业门槛高，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，将影响国产替代的节奏。4) 竞争加剧的风险。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，半导体清洗设备市场竞争可能加剧，影响到国内相关公司的发展。

股票名称	股票代码	股票价格		EPS				P/E			评级
		2020-08-28	2019A	2020E	2021E	2022E	2019A	2020E	2021E	2022E	
北方华创	002371	190.74	0.62	0.87	1.12	1.46	305.59	218.17	170.83	130.47	推荐
芯源微	688037	114.70	0.35	0.62	0.92	1.46	329.10	183.70	124.32	78.42	未评级
至纯科技	603690	40.40	0.43	0.76	1.13	1.59	93.95	53.49	35.66	25.45	未评级
盛美股份	A20142	-	0.35	0.55	0.84	1.22	-	-	-	-	未评级

资料来源：wind，未评级公司参考wind一致预期

# 正文目录

<b>一、 序言</b>	<b>5</b>
<b>二、 半导体清洗，芯片制造的重要环节</b>	<b>5</b>
1.1 污染源：颗粒、金属、有机物等沾污，芯片良率下降的罪魁祸首	5
1.2 清洗方法：湿法清洗占据主导，物理方法决定工艺难度	7
1.3 本章小结	10
<b>三、 清洗设备：全球市场超 30 亿美元，DNS 是绝对龙头</b>	<b>11</b>
2.1 清洗设备：芯片良率的重要保障，单片设备成为主流	11
2.2 全球市场规模超 30 亿美元，DNS 是绝对龙头	13
2.3 本章小结	15
<b>四、 国产替代：差异化路线追赶，国内份额快速提升</b>	<b>16</b>
3.1 差异化路线研发，国产单片、槽式清洗设备全方位追赶	16
3.2 大陆芯片厂开启扩建大潮，清洗设备加速国产替代	17
3.3 本章小结	20
<b>五、 投资建议</b>	<b>20</b>
<b>六、 风险提示</b>	<b>20</b>

## 图表目录

图表 1	主要污染物、来源及主要危害 .....	5
图表 2	半导体清洗主要用于芯片制造的三大环节 .....	6
图表 3	晶圆制造环节中清洗步骤最多 .....	7
图表 4	IMEC 清洗技术路线图 .....	8
图表 5	盛美股份兆声波清洗设备原理图 .....	9
图表 6	旋转喷淋法原理示意图 .....	9
图表 7	几种清洗方法对比分析 .....	10
图表 8	几种清洗设备对比分析 .....	11
图表 9	单片清洗和槽式清洗原理示意图 .....	11
图表 10	批示旋转喷淋法原理示意图 .....	12
图表 11	单片槽式组合清洗设备原理示意图 .....	12
图表 12	2019 年全球半导体设备结构 .....	13
图表 13	全球清洗设备市场规模超 30 亿美元 .....	13
图表 14	单片清洗设备是主流设备 .....	14
图表 15	工艺进步带来清洗步骤的增加 .....	14
图表 16	存储技术正从 2D 向 3D 转变 .....	14
图表 17	2019 年全球清洗设备竞争格局 .....	15
图表 18	2019 年单片清洗设备竞争格局 .....	15
图表 19	2019 年槽式清洗设备竞争格局 .....	15
图表 20	几种清洗方法对比分析 .....	16
图表 21	全球半导体设备销售额年度值 .....	17
图表 22	全球半导体设备销售额季度值 .....	17
图表 23	中国大陆半导体设备销售额年度值 .....	18
图表 24	中国大陆半导体设备销售额季度值 .....	18
图表 25	中国大陆 8 英寸及以上规划、在建、产能爬坡的产线项目（截至 2019 年底） ..	18
图表 26	长江存储清洗设备中标份额（14-38 批） .....	20

## 一、 序言

半导体清洗，用于去除芯片生产中产生的各种沾污杂质，是芯片制造中步骤最多的工艺。每一步光刻、刻蚀、沉积、离子注入、CMP（化学机械抛光）后均需要清洗。长久以来，半导体清洗设备没有光刻机、刻蚀机、沉积设备的耀眼光芒，常常被人们所忽视，甚至有人认为，芯片生产中所用的清洗设备，并不具有很高的技术门槛。事实真的如此吗？半导体清洗设备是好的投资赛道吗？国产替代进度又如何？本文将从半导体清洗工艺、清洗设备技术难度、市场空间、竞争格局等角度，来探讨上述问题。

## 二、 半导体清洗，芯片制造的重要环节

### 1.1 污染源：颗粒、金属、有机物等沾污，芯片良率下降的罪魁祸首

芯片制造需要在无尘室中进行，如果在制造过程中，有沾污现象，将影响芯片上器件的正常功能。沾污杂质是指半导体制造过程中引入的任何危害芯片成品率及电学性能的物质。沾污杂质导致芯片电学失效，导致芯片报废。据估计，80%的芯片电学失效都是由沾污带来的缺陷引起的。通常，无尘室中的沾污杂质分为六类：

- **颗粒：**颗粒是能粘附在硅片表面的小物体，颗粒能引起电路开路或短路。从尺寸上来说，半导体制造中，颗粒必须小于最小器件特征尺寸的一半，大于这个尺寸的颗粒会引起致命缺陷。从数量上来说，硅片表面的颗粒密度代表了特定面积内的颗粒数，颗粒数越多，产生致命缺陷的可能性也越大。一道工序引入到硅片中超过某一关键尺寸的颗粒数，术语表征为每步每片上的颗粒数（PWP），随着先进制程的进步，PWP指标要求越来越高。
- **金属杂质：**危害半导体工艺的典型金属杂质是碱金属，如钠、钾、锂等；重金属也会导致金属污染，如铁、铜、铝、铬、钨、钛等。金属杂质可能来自化学溶液或者半导体制造中的各种工序，如离子注入等，也可能来自化学品与传输管道和容器的反应。
- **有机物沾污：**有机物主要指包含碳的物质，它们可能来自于细菌、润滑剂、蒸汽、清洁剂、溶剂和潮气等。
- **自然氧化层：**如果硅片被暴露于室温下的空气或含溶解氧的去离子水中，硅片的表面将被氧化，这一薄氧化层被称为自然氧化层。自然氧化层一方面妨碍其他工艺步骤，如单晶薄膜的生长；另一方面增加接触电阻，减少甚至阻止电流流过。
- **牺牲层：**为了形成半导体微结构的空腔或可活动的微结构，往往需要牺牲层支持，牺牲层起分层作用，当上层膜形成后，需要将此层腐蚀掉。牺牲层若未被清洗干净，将造成器件电性失效。
- **抛光残留物：**要获得质量好的抛光片，必须使抛光过程中的化学腐蚀作用与机械磨削作用达到一种平衡。抛光过后，残留物对后续工艺会造成较大影响，因此需要及时清洗。

图表1 主要污染物、来源及主要危害

污染物	来源	主要危害
颗粒	环境，其他工艺工程中产生	影响后续光刻、干法刻蚀工艺，造成器件短路
自然氧化层	环境	影响后续氧化、沉积工艺，造成器件电性失效

金属污染	环境，其他工艺工程中产生	影响后续氧化工艺，造成器件电性失效
有机物	干法刻蚀副产物，环境	影响后续沉积工艺，造成器件电性失效
牺牲层	氧化/沉积工艺	影响后续特定工艺，造成器件电性失效
抛光残留物	研磨液	影响后续特定工艺，造成器件电性失效

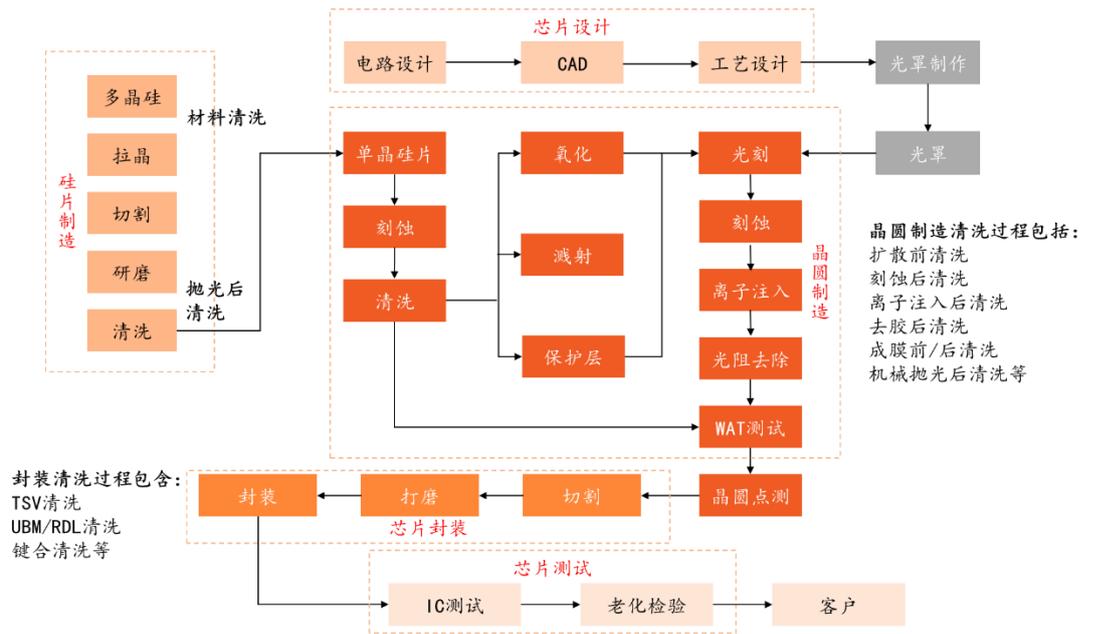
资料来源：盛美股份招股书，平安证券研究所

半导体清洗指对晶圆表面进行无损伤清洗，用于去除半导体硅片制造、晶圆制造和封装测试每个步骤中可能产生的杂质，避免杂质影响芯片良率和性能。

清洗工艺贯穿整个半导体生产过程：

- 1) 在硅片制造环节，经抛光后的硅片，需要通过清洗工艺保证其表面的平整度和性能，从而提高后续工艺中的良率。
- 2) 在晶圆制造环节，晶圆经过光刻、刻蚀、沉积等关键工序前后均需要清洗，去除晶圆沾染的化学杂质，减小缺陷率。
- 3) 在芯片封装阶段，芯片需要根据封装工艺进行 TSV (硅穿孔) 清洗、UBM/RDL (凸点底层金属/薄膜再分布技术) 清洗。

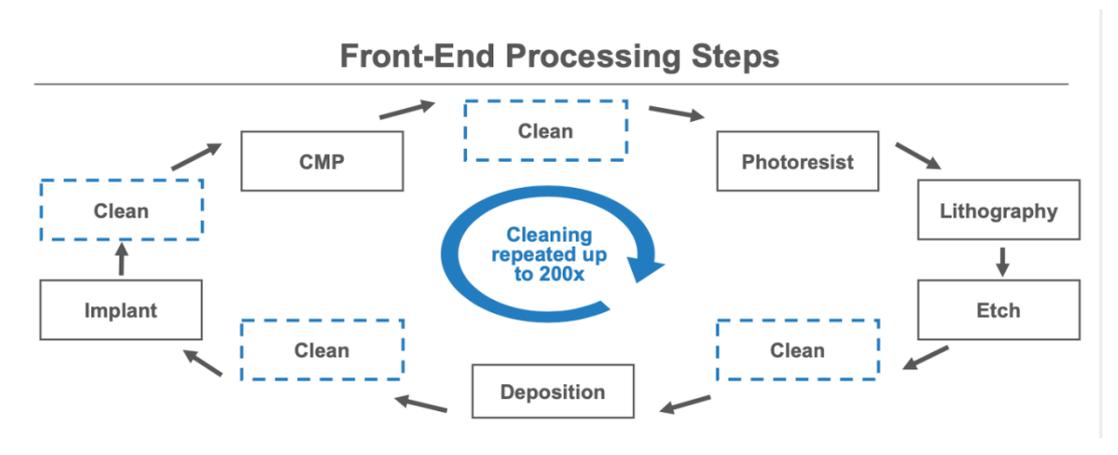
图表2 清洗在芯片制造中的应用



资料来源：盛美股份招股书，平安证券研究所

三大环节中，晶圆制造环节的清洗步骤最多，清洗设备运用也最多，几乎每一步光刻、刻蚀、沉积、离子注入、CMP (化学机械抛光) 均需要经历清洗工艺。

图表3 晶圆制造环节中清洗步骤最多



资料来源：DNS，平安证券研究所

## 1.2 清洗方法：湿法清洗占据主导，物理方法决定工艺难度

根据清洗介质不同，半导体清洗技术主要分为湿法清洗和干法清洗两种工艺路线。目前湿法清洗是主流的技术路线，占芯片制造清洗步骤数量的 90%以上。

- 湿法清洗是针对不同的工艺需求，采用特定化学药液和去离子水，对晶圆表面进行无损伤清洗，以去除晶圆制造过程中的颗粒、自然氧化层、有机物、金属污染、牺牲层、抛光残留物等物质，可同时采用超声波、加热、真空等物理方法。
- 干法清洗指不使用化学溶剂的清洗技术，主要包括等离子清洗、超临界气相清洗、束流清洗等。

### 1) 湿法清洗——化学方法

湿法清洗可以进一步分为化学方法和物理方法。化学方法采用化学液实现清洗，随着工艺的改进，化学清洗方法朝着减少化学液的使用量和减少清洗步骤两个方向发展。化学清洗方法包括包括 RCA、改进 RCA、IMEC 等。

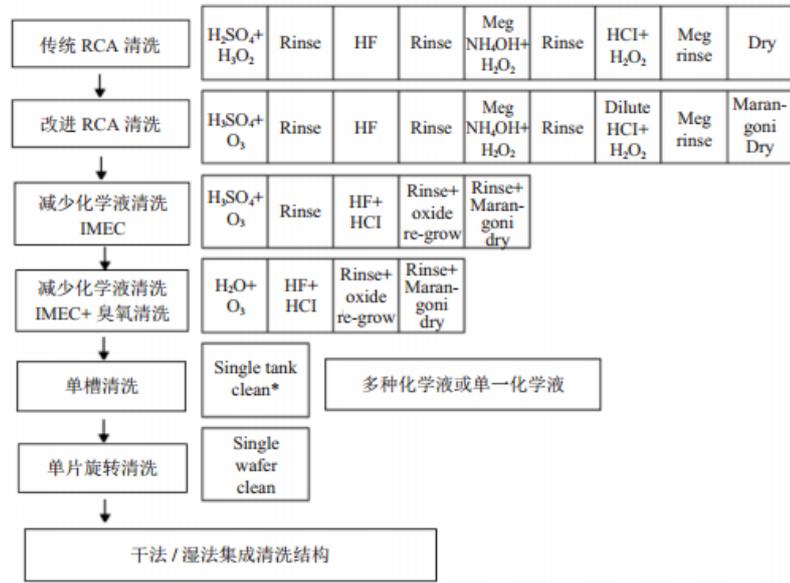
①RCA 清洗：由美国无线电公司（RCA）于 20 世纪 60 年代提出，目前被认为是工业标准湿法清洗工艺。该方法主要由一系列有序侵入不同的化学液组成，即 1 号标准液（SC1）和 2 号标准液（SC2）。1 号标准液化学配料为： $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}(1:1:5)$ ，2 号标准液化学配料为： $\text{HCL}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}(1:1:6)$ 。

②改进 RCA 清洗：RCA 清洗使用了大量的化学液，实际应用中做了改进。改进 RCA 清洗方法主要稀释了化学液，SC1 化学液比例由传统的 1:1:5 稀释为 1:4:50。稀释化学液对人体健康安全有很多改善，同时减少了化学液的使用，降低了工厂成本及对环境的污染。

③臭氧清洗：臭氧清洗是一种高效而简单的清洗方法。通过加入臭氧及双氧水到氢氟酸中可有效去除金属离子。

④IMEC 清洗：IMEC（Interuniversity Microelectronics Center）在清洗工艺技术中做了大量的研究工作，其中最重要的贡献是应用了稀释的 RCA 清洗技术，并且 IMEC 已经描绘出未来的清洗技术发展方向：清洗技术是朝着减少化学液及清洗流程的方向发展。

图表4 IMEC 清洗技术路线图



资料来源：CNKI，平安证券研究所

## 2) 湿法清洗——物理方法

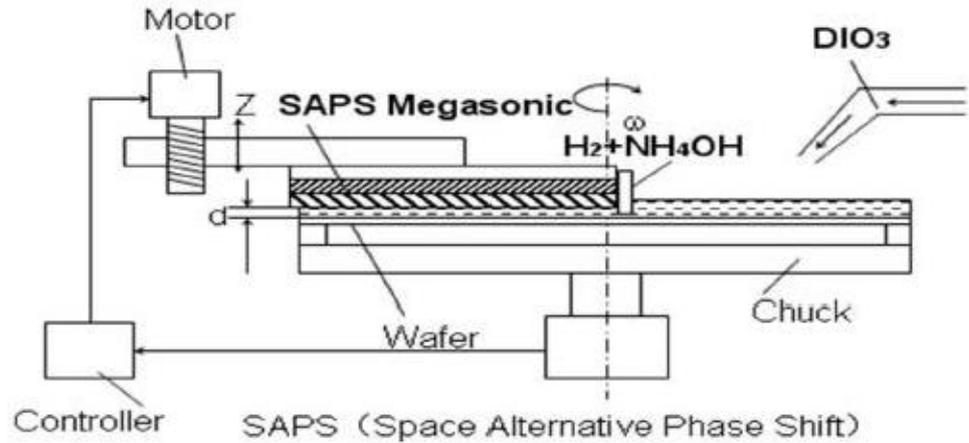
物理清洗方法：物理方法通常作为辅助方法，结合化学液实现更好的清洗效果。物理清洗方法包括机械刷洗法、超声波/兆声波清洗法、二流体清洗法、旋转喷淋法等。当今半导体清洗工艺，化学药液基本相同，辅助的物理方法往往成为不同工艺的主要差别，也成为半导体清洗工艺的核心难点。

①机械刷洗法：配置专用刷洗器，利用刷头与晶圆表面的摩擦力，配合去离子水以达到去除颗粒杂质的清洗方法。

②超声波/兆声波清洗：超声波常被用作一种辅助的能量来源，它可以配合 SC1 等药液，加强清洗效果。其原理是超声波通过清洗液体传播，液体中的气泡在声波的驱动下，会快速的变大变小，产生冲击力，从而驱动颗粒脱离硅片表面。但当振幅很大时，有些气泡会破裂，在局部产生非常大的冲击力。

- 超声波的频率是重要的参数，频率越低，气泡破裂的可能性越大，冲击力越大；频率越高，气泡振幅越小，来不及破裂就进入缩小周期，同时也减少了气泡数量，降低了冲击力。通常将频率 20-40kHz 称为超声波清洗，1-4MHz 工艺频率称为兆声波清洗。随着特征尺寸的减小，冲击力大容易导致图形倒塌，因此常用的频率为 1-4MHz，以保持适当的冲击力。
- 超声波技术的关键是如何得到均匀的能量，盛美专利技术 SAPS( Space Alternative Phase Shift, 空间交替相移技术)，通过周期性变化的超声波与硅片的距离，以及间断性的开关兆声波发生器，使得一定时间内，传递到硅片上的总能量相等。克服了超声波能量均匀性难题，在实际运用中效果良好。

图表5 盛美股份兆声波清洗设备原理图

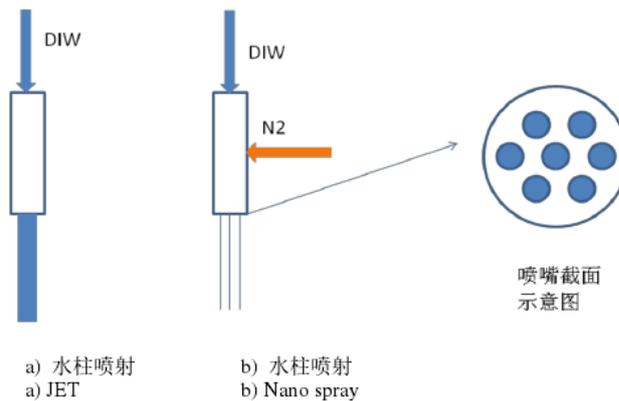


资料来源：CNKI，平安证券研究所

③**旋转喷淋法**：基于喷嘴的清洗方法（Nozzle based），特点是通过不同的喷嘴，喷出不同的药液，例如水柱、水雾等，利用冲击力去除颗粒。冲击力的大小取决于液体颗粒的大小以及速度。该技术的发展分为两个阶段：

- 早期的 Jet 工艺：直接喷水柱到旋转的硅片上，冲击力大，清洗效果不错，但容易导致图形坍塌。
- 之后推出 Nano Spray 技术：将 N<sub>2</sub>通入去离子水中，形成水雾，以很高的速度喷到硅片表面，成为去除颗粒的动力，以解决图形坍塌问题。这种技术中，水珠颗粒越大，冲击力越大。如何得到小且均匀的水珠是关键技术。水珠的大小主要通过改变喷嘴孔径实现，通过调节 N<sub>2</sub>的大小也能改变冲击力。

图表6 旋转喷淋法原理示意图



资料来源：CNKI，平安证券研究所

④**二流体清洗方法**：一种精细化的水气二流体雾化喷嘴，在喷嘴的两端分别通入液体介质和高纯氮气，使用高纯氮气为动力，辅助液体微雾化成极微细的液体粒子被喷射至晶圆表面，从而达到去除颗粒的效果。这样的流体接近液体的密度，接近气体的表面张力以及粘性，适用于高深宽比结构，或是不能沾水表面的清洗。

### 3) 干法清洗

除湿法清洗外，同样存在几种干法清洗方法，不过运用较少，包括：

- ①**等离子体基干法清洗**：在强电场作用下，使氧气产生等离子体，迅速使光刻胶气化成为可挥发性气体状态物质并被抽走。
- ②**气相清洗**：利用液体工艺中对应物质的气相等效物与圆片表面的沾污杂质相互作用。
- ③**束流清洗**：利用高能量的、呈束流状的物质流，与圆片表面的沾污杂质发生相互作用，从而清除晶圆表面杂质。

**图表7 几种清洗方法对比分析**

	清洗方法	使用介质	简介	主要厂家
湿法清洗	溶液浸泡法	化学药液	应用广泛，针对不同的杂质可选用不同的化学药液；产能高，同时可进行多片晶圆浸泡工艺；成本低，分摊在每片晶圆上的化学品消耗少；容易造成晶圆之间的交叉污染。	DNS(迪恩士)、东京电子
	旋转喷淋法	N <sub>2</sub> 、去离子水	减少化学药液使用量，通过改变喷出的水珠大小和调节 N2 大小调整冲击力，得到小且均匀的水珠是关键技术。	DNS、东京电子、拉姆研究、至纯科技
	机械刷洗法	去离子水	成本低，工艺简单，对微米级的大颗粒去除效果好；清洗介质一般为水，应用受到局限；易对晶圆造成损伤。一般用于机械抛光后大颗粒的去除和背面颗粒的去除。	DNS、东京电子
	二流体清洗	SC-1 溶液、去离子水等	效率高，广泛用于辅助颗粒去除的清洗步骤中；对精细晶圆图形结构有损伤的风险，且对小尺寸颗粒去除能力不足。	芯源微
	超声波/兆声波清洗	化学溶剂加超声辅助	超声波能清除晶圆表面附着的大块污染和颗粒；易造成晶圆图形结构损伤。兆声波对小颗粒去除效果优越，在高深宽比结构清洗中优势明显，精确控制空穴气泡后，兆声波也可应用于精细晶圆图形结构的清洗；造价较高。	盛美股份、北方华创
	批式旋转喷淋法	高压喷淋去离子水或清洗液	与传统的槽式清洗相比，化学药液的使用量更低；机台占地面积小；化学药液之间存在交叉污染风险，若单一晶圆产生碎片，整个清洗腔室内所有晶圆均有报废风险。	东京电子
干法清洗	等离子清洗	氧气等离子体	工艺简单、操作方便好、表面干净无划伤、；较难控制、造价较高。	-
	气相清洗	化学试剂的气相等效物	化学品消耗少，清洗效率高；但不能有效去除金属污染物；较难控制、造价较高。	-
	束流清洗	高能束流状物质	技术较新，清洗液消耗少、避免二次污染；较难控制、造价较高。	-

资料来源：盛美股份招股书，平安证券研究所

### 1.3 本章小结

经过以上分析，我们得出以下结论：

(1) 半导体清洗是芯片制造的重要环节。如果清洗精度不够，残留杂质将导致芯片电学失效。芯片生产中，80%的电学失效都是由沾污带来的缺陷引起的，半导体清洗工艺对芯片良率至关重要。

(2) 半导体清洗工艺难点在于不同的物理辅助方法。半导体清洗主要采用湿法工艺，即利用化学药液清洗，同时常常借助物理方法增强清洗效果，如超声波/兆声波、旋转喷淋、二流体等方法。清洗过程中，化学药液基本相同，辅助方法往往成为清洗工艺的主要难点。

### 三、清洗设备：全球市场超 30 亿美元，DNS 是绝对龙头

#### 2.1 清洗设备：芯片良率的重要保障，单片设备成为主流

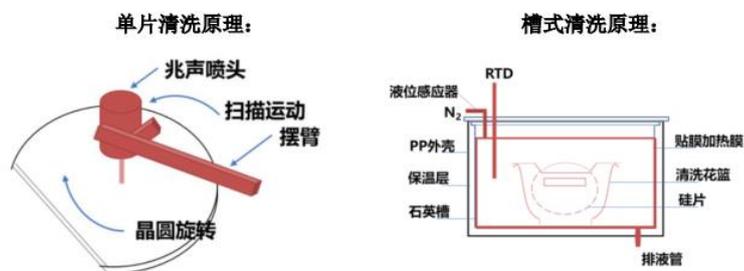
半导体清洗设备通过不断将各种污染杂质控制在工艺要求范围内，提高芯片的良率和性能，是芯片良率的重要保障。随着芯片技术的不断提升，清洗设备的要求也越来越高。根据结构清洗设备可分为单片清洗设备、槽式清洗设备、批式旋转喷淋清洗设备、洗刷器等。

图表8 几种清洗设备对比分析

设备种类	清洗方法	应用特点
单片清洗设备	旋转喷淋，兆声波清洗，二流体清洗，机械刷洗等	具有极高的工艺环境控制能力与微粒去除能力，有效解决晶圆之间交叉污染的问题；每个清洗腔体内每次只能清洗单片晶圆，设备产能较低。
槽式清洗设备	溶液浸泡，兆声波清洗等	清洗产能高，适合大批量生产；但颗粒，湿法刻蚀速度控制差；交叉污染风险大。
批式旋转喷淋清洗设备	旋转喷淋	相对传统槽式清洗设备，批式旋转设备可实现 120°C 以上甚至达到 200°C 高温硫酸工艺要求；各项工艺参数控制困难，晶圆碎片后整个清洗腔室内所有晶圆均有报废风险。
组合式清洗设备	溶液浸泡+旋转喷淋组合清洗	产能较高，清洗精度较高，并可大幅降低浓硫酸使用量；产品造价较高。
洗刷器	机械刷洗法	配置专用刷洗器，利用刷头与晶圆表面的摩擦力，配合去离子水以达到去除颗粒的清洗方法。

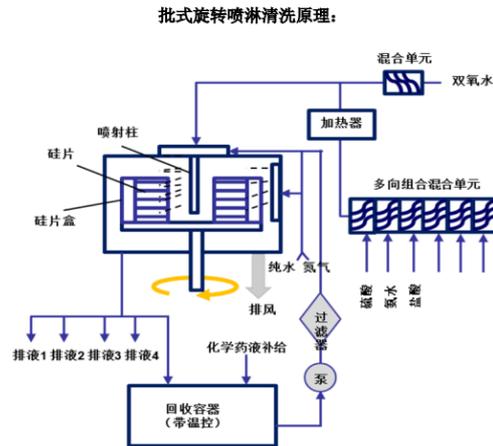
资料来源：盛美股份招股书，平安证券研究所

图表9 单片清洗和槽式清洗原理示意图



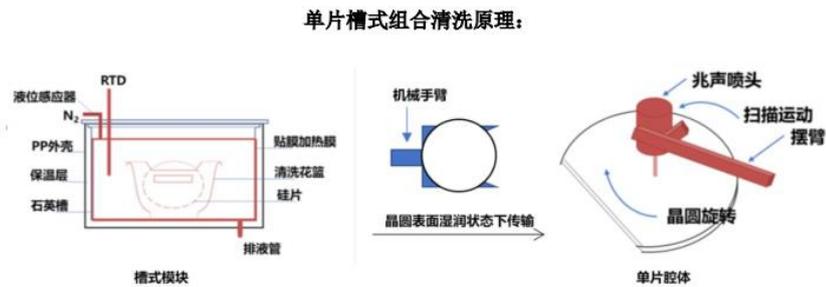
资料来源：盛美股份招股书，平安证券研究所

图表10 批式旋转喷淋法原理示意图



资料来源：盛美股份招股书，平安证券研究所

图表11 单片槽式组合清洗设备原理示意图



资料来源：盛美股份招股书，平安证券研究所

在集成电路制造的先进工艺中，单片清洗设备已取代槽式设备成为主流，主要由于：

- 1) 单片清洗能够在整个制造周期提供更好的工艺控制，改善了单个晶圆和不同晶圆间的均匀性，提高了产品良率；
- 2) 更大尺寸的晶圆和更先进的工艺对于杂质更敏感，槽式清洗出现交叉污染的概率更大，进而危及整批晶圆的良率，带来高成本的芯片返工支出。在 40nm 以下工艺，单片清洗设备已成为主流。

清洗方法和工艺方案构成清洗设备的技术门槛。

- 1) 不同的清洗方法往往构成不同设备厂家的核心竞争力，相关厂家通过专利对各自的技术路线进行保护。例如对于单片清洗设备，不同厂家可以选择旋转喷淋、兆声波等不同方法进行清洗。不同方法拥有不同的优势，这也给予了后起玩家进行差异化竞争的机会。
- 2) 对于同一类型、相同清洗方法的设备而言，不同的硬件组合和工艺方案，也会产生明显的设备性能差别。对于后起玩家而言，如何避免已有玩家的专利，并进行性价比的追赶，是竞争中获胜的核心要点。

清洗设备单台价值和毛利率均非常高。对比盛美股份和中微公司产品，我们发现，清洗设备单价高于刻蚀设备，毛利率和刻蚀设备接近。

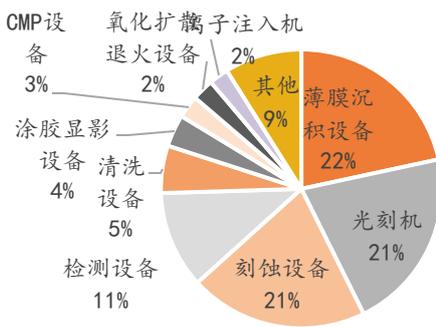
- 从单价来看，2018年盛美股份单片清洗设备单价约 2500 万元，槽式清洗设备单价约 1600 万元（2019 年数据，2018 年没有槽式设备数据）；而 2018 年中微公司半导体刻蚀设备单价约为 800 万元。
- 从利润水平来看，2018 年中微公司刻蚀设备毛利率达 47.52%，盛美股份单片清洗设备毛利率为 44.50%，与刻蚀设备毛利率基本相当。

## 2.2 全球市场规模超 30 亿美元，DNS 是绝对龙头

半导体清洗设备跟随全球半导体行业景气度共同变化。根据 Gartner 数据，2019 年全球半导体清洗设备市场规模为 30.49 亿美元，相比 2018 年的 34.17 亿美元下滑 10.77%，占全球半导体设备的 5%，是第五大设备构成。2019 年大陆半导体设备全球占比约 23%，若假设大陆清洗设备全球占比同样为 23%，则 2019 年大陆半导体清洗设备市场规模达 7 亿美元。

SEMI 最新预测，2020 年、2021 年全球半导体设备市场将分别增加 6%，11%。我们假设清洗设备占比不变，则 2020 年、2021 年全球半导体清洗设备市场规模将分别达 32.32 亿美元、35.87 亿元。

图表 12 2019 年全球半导体设备结构



资料来源：Gartner，平安证券研究所

图表 13 全球清洗设备市场规模超 30 亿美元



资料来源：Gartner、SEMI，平安证券研究所

从结构来看，2019 年单片清洗设备、槽式清洗设备、批式旋转喷淋清洗设备、洗刷器等类型清洗设备的市场规模分别为 22.76 亿美元、5.52 亿美元、0.13 亿美元、2.08 亿美元，占比分别为 74.63%、18.10%、0.44%、6.83%。单片清洗设备是目前市场的绝对主流，且随着集成电路特征尺寸的进一步缩小，单片清洗设备在 40nm 以下制程中的运用更加广泛，未来占比有望逐步提高。

图表14 单片清洗设备是主流设备

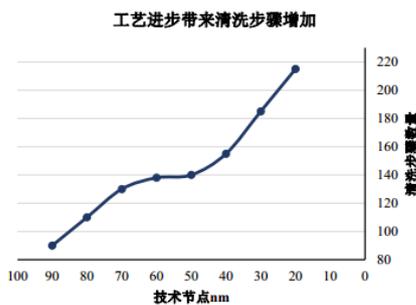


资料来源: Gartner, 平安证券研究所

随着芯片先进制程的进步及芯片结构的复杂化, 清洗设备市场有望量价齐升。

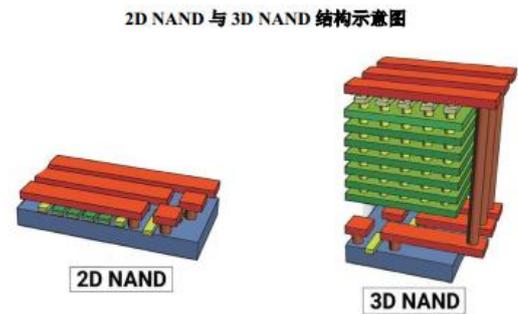
- 1) 根据摩尔定律, 芯片工艺节点不断缩小, 由  $12\mu\text{m}$ - $0.35\mu\text{m}$  (1965年-1995年) 到  $65\text{nm}$ - $22\text{nm}$  (2005年-2015年), 且还在向更先进的方向发展, 如  $14\text{nm}$ - $5\text{nm}$ 。随着芯片工艺的不断进步, 清洗工序的数量大幅提高, 所需的清洗设备数量也在持续增长。
- 2) 当工艺尺寸达到  $14\text{nm}$  之后, 存储技术将会达到尺寸缩小的极限, 存储芯片逐步从二维 (2D) 结构向三维 (3D) 结构推进。例如在 3D NAND (计算机闪存设备) 制造中, 需将原来 2D NAND 中二维平面横向排列的串联存储单元改为垂直排列, 通过增加立体层数, 解决平面上难以微缩的工艺问题, 堆叠层数也从 32 层、64 层向 128 层发展。存储技术从 2D 向 3D 转变, 清洗晶圆表面的基础上, 还需在无损情况下清洗内部污染物, 对清洗设备提出了更高的技术要求, 清洗设备单台价值量不断提升。

图表15 工艺进步带来清洗步骤的增加



资料来源: 盛美股份招股书, 平安证券研究所

图表16 存储技术正从 2D 向 3D 转变



资料来源: 盛美股份招股书, 平安证券研究所

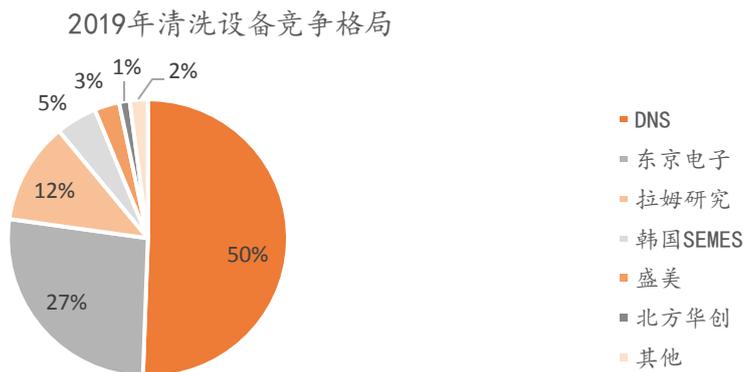
竞争格局方面, 迪恩士、东京电子、拉姆研究是全球半导体清洗设备龙头, 2019年 CR3 接近 90%。其中, 迪恩士 (DNS) 是绝对龙头, 全球份额达 50%。国内公司中, 盛美股份、北方华创 2019 年全球份额分别为 3%、1%。

- 迪恩士: 成立于 1943 年, 总部位于日本京都, 是日本半导体专用设备和 LCD 生产设备公司, 客户遍及日本、韩国和中国台湾地区。DNS 主要产品包括清洗设备、刻蚀设备、涂胶/显影设备等, 其中清洗设备在半导体业界具有极高的市占率, 全球市占率达 50%。

- 东京电子：成立于 1963 年，总部位于日本东京，主要从事半导体设备的研发、生产和销售，其主要产品包括涂布/显像设备、热处理成膜设备、干法刻蚀设备、CVD、湿法清洗设备及测试设备，其清洗设备 2019 年全球份额达 27%。

拉姆研究：成立于 1980 年，总部位于美国加州弗里蒙特，是向全球半导体产业提供晶圆制造设备和服 务的主要供应商之一。该公司的主要产品包括用于制造集成电路的刻蚀设备、气相沉积设备、电 镀设备、清洗设备等半导体加工设备。其清洗设备 2019 年全球份额达 12%。

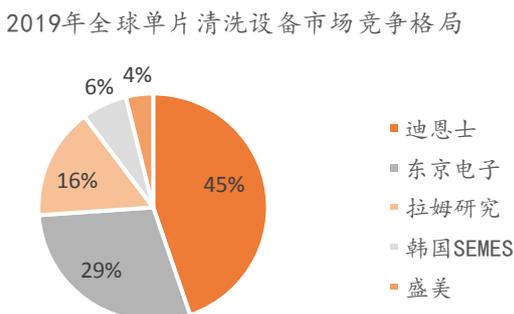
图表 17 2019 年全球清洗设备竞争格局



资料来源：Gartner, 平安证券研究所

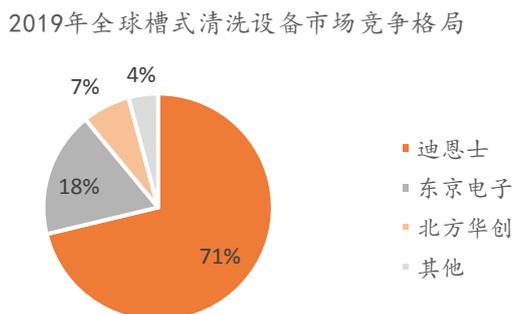
两大类核心清洗设备中：1) 单片清洗设备的全球供应商分别为迪恩士、东京电子、拉姆研究、韩国 SEMES、盛美股份。2019 年迪恩士、东京电子、拉姆研究份额分别为 45%、29%、16%，CR3 达到 90%。2) 槽式清洗设备中，2019 年迪恩士、东京电子、北方华创份额分别为 71%、18%、7%，迪恩士一家独大。

图表 18 2019 年单片清洗设备竞争格局



资料来源：Gartner, 平安证券研究所

图表 19 2019 年槽式清洗设备竞争格局



资料来源：Gartner, 平安证券研究所

### 2.3 本章小结

根据以上分析，我们认为：

- (1) 单片清洗设备凭借无交叉污染和良率优势，已替代槽式设备成为主流。半导体清洗设备单价和毛利率均非常高。

(2) 不同的清洗方法往往构成不同设备厂家的核心竞争力,相关厂家通过专利对各自的技术路线进行保护。不同方法拥有不同的优势,这也给予了后起玩家进行差异化竞争的机会。对于同一类型、相同清洗方法的设备而言,不同的硬件组合和工艺方案,也会产生明显的设备性能差别。后起玩家如何避免已有玩家的专利,并进行性价比的追赶,是其发展中关注的要点。

(3) 全球清洗设备市场规模超 30 亿美元,大陆市场约 7 亿美元。随着芯片先进制程的进步及芯片结构的复杂化,清洗设备市场有望量价齐升。

(4) 全球竞争格局方面,迪恩士是全球龙头,市占率达 50%,其次是东京电子和拉姆研究,CR3 接近 90%。国内公司中,盛美股份、北方华创 2019 年全球份额分别为 3%、1%。

## 四、国产替代：差异化路线追赶，国内份额快速提升

### 3.1 差异化路线研发，国产单片、槽式清洗设备全方位追赶

国内半导体清洗设备企业盛正在多方位追赶。其中,盛美股份在单片清洗设备、北方华创在槽式清洗设备领域均取得了较好的效果。2019 年盛美股份在全球单片清洗设备份额达 4%,北方华创在槽式清洗设备份额达 7%。

- 盛美股份:成立于 2005 年,总部位于上海,是国内半导体清洗设备龙头企业,主要产品为集成电路领域的单片清洗设备,其中包括单片 SAPS 兆声波清洗设备、单片 TEBO 兆声波清洗设备、单片背面清洗设备、单片刷洗设备、槽式清洗设备和单片槽式组合清洗设备等,产品线较为丰富。
- 北方华创:成立于 2001 年,是由北京七星华创和北方微电子于 2016 年战略重组而成,总部位于北京市;主要产品分为精密元器件、半导体设备、真空设备、锂电设备等。2018 年北方华创收购了美国半导体清洗设备公司 Aktron,完善了清洗设备产线。目前公司主要清洗设备产品为单片和槽式清洗设备,可适用于技术节点为 65nm、28nm 工艺的芯片制造。
- 芯源微:成立于 2002 年,总部位于辽宁沈阳,主要产品包括光刻工序涂胶显影设备(涂胶/显影设备、喷胶设备)和单片式湿法设备(清洗设备、去胶设备、湿法刻蚀设备),可用于 6 英寸及以下单片处理(如 LED 晶圆制造环节)及 8/12 英寸单片处理(如晶圆制造及先进封装环)。
- 至纯科技:成立于 2000 年,总部位于上海。公司产品包括高纯工艺集成系统、光传感及光器件、半导体清洗设备等,公司具备生产 8-12 英寸高阶单晶圆湿法清洗设备和槽式湿法清洗设备的相关技术,能够覆盖包括晶圆制造、先进封装、太阳能在内多个下游行业的市场需求。

国内企业采用差异化竞争路线。从技术原理来说,海外巨头清洗设备多采用旋转喷淋技术,国内设备厂商采取差异化研发路线,积极研发兆声波、二流体清洗法等技术实行追赶,并以盛美为代表,取得了非常好的效果,实现了单片清洗设备在先进工艺上的进口替代。

图表 20 几种清洗方法对比分析

国内 外品 牌	公司	主要技术	产品特征
海 外 品 牌	DNS、 东京电 子、拉姆 研究	旋转喷淋法。主要通过纳米喷射的方式将高密度液滴通过氮气喷射至晶圆表面,达到杂质去除目的。	产品系列较为完整,可用于集成电路制造领域 7nm 及以上工艺节点的单片式物理清洗、单片化学清洗及槽式化学清洗(含高温化学品工艺)等领域

国内品牌	盛美股份	盛美股份主要通过独创的空间交变相移兆声波清洗 (SAPS) 技术和时序能激气泡震荡兆声波清洗 (TEBO) 技术, 达到杂质去除目标并降低晶片损伤。	产品可用于集成电路制造领域 28nm 及以上工艺节点的单片式化学清洗领域 (不含高温化学工艺)。
	北方华创	主要通过兆声波清洗的方式达到杂质去除目的。	产品单片式化学清洗 (不含高温化学工艺)、集成电路后道先可用于集成电路制造领域 28nm 及以上工艺节点的进封装、MEMS 等领域。
	芯源微	通过二流体喷嘴技术精确控制惰性气体及水流量, 达到杂质去除目标。	目前产品用于集成电路制造领域 0.13 μm 及以上工艺节点的单片式物理清洗领域, 以及后道先进封装领域。
	至纯科技	采用 Nano Spray 旋转喷淋法。	具备生产 8-12 英寸高阶单晶圆湿法清洗设备和槽式湿法清洗设备的相关技术, 能够覆盖包括晶圆制造、先进封装、太阳能在内多个下游行业的市场需求

资料来源: 芯源微招股书、各公司公告, 平安证券研究所

### 3.2 大陆芯片厂开启扩建大潮, 清洗设备加速国产替代

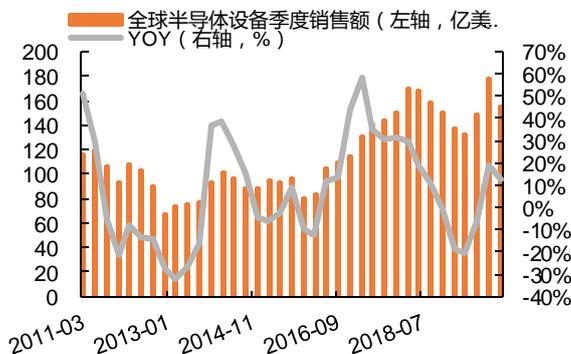
全球半导体设备市场空间庞大。根据日本半导体制造装置协会 (SEAJ) 统计, 2016-2018 年, 全球半导体设备销售额分别为 412.4 亿美元、566.2 亿美元、645.3 亿美元, 同比增长 13%、37%、14%, 呈现三年景气向上周期。2019 年受贸易战等多方面因素影响, 全球半导体设备销售额下滑 7% 至 597.5 亿美元。2020 年一季度, 全球半导体设备销售额达 155.70 亿美元, 同比增长 13%。

图表 21 全球半导体设备销售额年度值



资料来源: SEAJ, 平安证券研究所

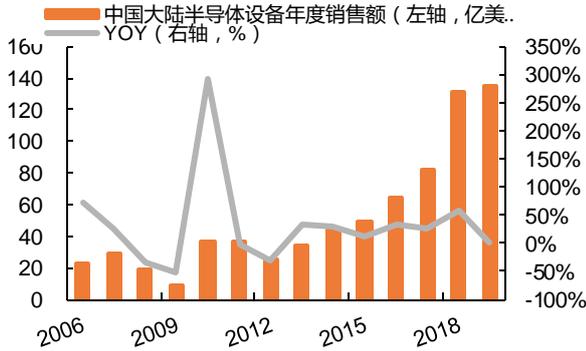
图表 22 全球半导体设备销售额季度值



资料来源: SEAJ, 平安证券研究所

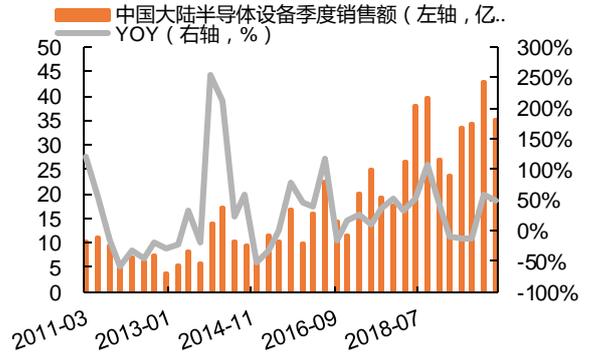
中国大陆半导体设备连续多年景气向上。2013-2019 年中国大陆半导体设备市场持续 6 年景气向上。2019 年尽管全球半导体设备销售额下滑, 但大陆半导体设备依然实现正增长, 同比增长 3% 至 134.5 亿美元, 占全球比重达 23%。2020 年一季度, 大陆半导体设备销售额达 35.0 亿美元, 同比增长 48%, 维持高景气趋势。

图表23 中国大陆半导体设备销售额年度值



资料来源: SEAJ, 平安证券研究所

图表24 中国大陆半导体设备销售额季度值



资料来源: SEAJ, 平安证券研究所

半导体设备国产化率提升空间巨大。根据中国电子专用设备工业协会统计, 2019年我国国产半导体设备销售收入约 67 亿元人民币, 按照 1:7 汇率换算, 2019年我国半导体设备国产化率仅为 7%, 其中半导体清洗设备国产化率仅约为 13%。

半导体设备国产替代机会来自于国内晶圆厂的扩产。根据芯思想研究院统计数据, 截至 2019 年底, 中国大陆共有 14 条 8 英寸及以上的产线在建, 同时 12 条线产能正在爬坡, 此外 7 条线规划中。

图表25 中国大陆 8 英寸及以上规划、在建、产能爬坡的产线项目 (截至 2019 年底)

项目节奏	项目
产能爬坡	上海华力集成电路制造有限公司
	长江存储科技有限责任公司
	长鑫存储技术有限公司
	12 英寸
	合肥晶合集成电路有限公司
	联芯集成电路制造 (厦门) 有限公司
	中芯国际集成电路制造 (深圳) 有限公司
	台积电 (南京) 有限公司
	英特尔半导体 (大连) 有限公司
	8 英寸
中芯国际集成电路制造 (天津) 有限公司	
中芯集成电路 (宁波) 有限公司	
杭州士兰集昕微电子有限公司	
上海新进芯微电子有限公司	
在建产线	12 英寸
	厦门士兰集科微电子有限公司
	武汉弘芯半导体制造有限公司
	三星 (中国) 半导体有限公司二期二阶段
	成都紫光国芯存储科技有限公司
	芯恩 (青岛) 集成电路有限公司
	泉芯集成电路制造 (济南) 有限公司
8 英寸	
芯恩 (青岛) 集成电路有限公司	
赛莱克斯微系统科技 (北京) 有限公司	

		上海积塔半导体有限公司
		中芯集成电路（宁波）有限公司二期
		杭州士兰集昕微电子有限公司二期
		海辰半导体（无锡）有限公司
		济南富能半导体有限公司
		吉林华微电子股份有限公司
		华润微电子（重庆）有限公司
规划建设	12 英寸	上海积塔半导体有限公司
		紫光（重庆）DRAM 项目
		青岛城芯半导体科技有限公司
		华润微电子（无锡）项目
	8 英寸	四川中科晶芯集成电路制造有限责任公司
		赣州名芯半导体项目

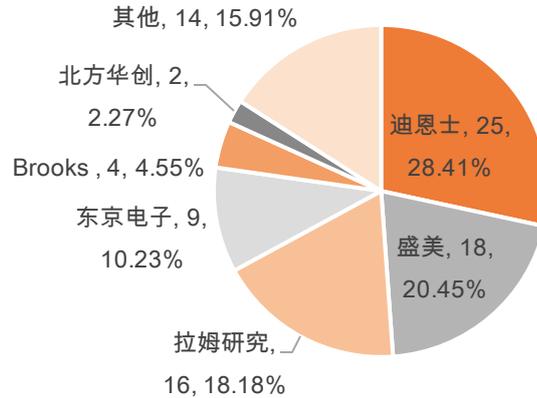
资料来源：芯思想研究院，平安证券研究所

除上述产能外，中芯国际和长江存储作为国内代工厂和存储厂的代表，2020年以来，多次公布新的扩产计划。

- 中芯国际进一步扩产将带来新的设备需求。2020年，中芯国际登录科创板，募集资金457亿元，用于12英寸芯片SN1项目、成熟工艺生产线建设项目、先进及成熟工艺研发项目和补充流动资金，公司计划将14nm及以下产能从当前的6千片/月提高到3.5万片/月。此外，公司近期与北京管委会签订合作框架协议，成立合资公司聚焦于生产28纳米及以上集成电路项目（公司控股51%），项目首期规划是10万片/月的12英寸晶圆产能。
- 2020年6月，长江存储二期开工建设。长江存储为国家存储器基地项目，总投资达240亿美元，分两期建设，一期项目期主要实现技术突破，并建成10万片/月产能；二期规划产能20万片/月，两期项目达产后月产能共计30万片。项目一期2016年开工建设，截至2019年底产能约2万片/月，预计2020年底产能将达到5万片/月。随着一期产能持续爬坡，和二期的开工建设，长江存储将为国内半导体设备商带来巨大的订单机会。

在国产芯片厂产能扩张中，优秀的国产设备商不断进取，把握住了重要机会。在半导体清洗设备领域，盛美股份凭借创新的技术优势，取得了显著的进步。据中国国际招标网数据，长江存储第14-38批设备招标中，公布了88台清洗设备中标名录，其中迪恩士、盛美股份、拉姆研究占据榜单前三，中标台数分别为25台、18台、16台，份额分别为28%、20%、18%。盛美股份获得20%的清洗设备份额，远高于其全球3%的份额。北方华创中标了2台清洗设备，占比为2%，亦高于其全球1%的份额。

图表26 长江存储清洗设备中标份额（14-38批）



资料来源：中国国际招标网，平安证券研究所

### 3.3 本章小结

根据以上分析，我们可以得出以下几点结论：

- （1）国际清洗设备巨头多采用旋转喷淋技术，国内清洗设备厂商采用差异化路线进行追赶，如盛美股份、北方华创研发兆声波清洗技术，芯源微研发二流体清洗技术，并取得了不错的成效。
- （2）目前大陆集成电路设备自主化率仅为 7%，国产替代空间巨大。大陆将开启芯片投资大潮，新建、产能爬坡、规划的芯片产线众多，有望为国产半导体设备商带来重要机会。
- （3）在长江存储近几年的半导体清洗设备招标中，盛美股份获得 20%的清洗设备份额，北方华创份额为 2%，均高于其全球平均水平。国产清洗设备厂有望把握国产芯片产线扩产大潮，提高市占率。

## 五、 投资建议

我们认为，国产半导体清洗设备厂商迎来行业扩容和国产替代的双重机遇：一方面，随着芯片工艺的进步及芯片结构的复杂化，清洗设备量价齐升，行业规模有望进一步扩容；另一方面，受益于国内芯片产线的加速建设和产能爬坡，国内清洗设备厂商通过差异化路线追赶，份额有望快速提升。建议关注国产半导体清洗设备领先企业盛美股份、北方华创、至纯科技和芯源微。

## 六、 风险提示

### 1) 全球半导体周期向下风险

半导体行业存在周期性，若行业周期向下，全球半导体厂商资本开支下滑，将影响全球半导体设备公司业绩。

### 2) 国内晶圆厂投资不及预期风险

未来几年，如果大陆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，半导体清洗设备公司业绩增长可能不达预期。

### 3) 国内设备公司技术进步不及预期风险

半导体清洗设备行业门槛高，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，将影响国产替代的节奏。

### 4) 竞争加剧的风险

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，半导体清洗设备市场竞争可能加剧，影响到国内相关公司的发展。

## 平安证券研究所投资评级：

### 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 2020 版权所有。保留一切权利。

## 平安证券

### 平安证券研究所

电话：4008866338

#### 深圳

深圳市福田区福田街道益田路 5023 号平安金融中心 B 座 25 层  
邮编：518033

#### 上海

上海市陆家嘴环路 1333 号平安金融大厦 26 楼  
邮编：200120  
传真：(021) 33830395

#### 北京

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