

半导体前道设备研究框架

核心观点

- **半导体设备长坡厚雪，行业黄金发展正当时。** 半导体设备在硅片制造以及芯片制造的前道/后道工艺中均发挥着重要作用。半导体设备行业壁垒高筑，当前为国产厂商黄金窗口期：**技术维度看**，半导体设备是由成千上万的零部件组成的复杂系统，需保障设备在 nm 级别的操作、长时间运行下的超高良率。**客户维度看**，由于设备本身和产线构成的复杂性，晶圆制造厂商对于上游设备的验证、验收有严苛的标准和流程，常规情况下导入新供应商意愿差，但受益贸易摩擦，下游晶圆厂积极导入国产设备，带来黄金窗口期。下游扩产及技术升级趋势明确，本土半导体设备厂商已实现初步导入，技术水平/工艺覆盖度有望快速提升，完成 0 到 1 向 1 到 N 的转变，有望加速放量。
- **国内半导体设备持续取得突破。** 近年来我国半导体设备领域发展迅猛，其中去胶设备已基本实现国产化，刻蚀、清洗、热处理等设备国产化率 20% 左右，相关厂商业绩持续放量，PECVD、涂胶显影设备、离子注入设备国产化率仅个位数，但产品验证、客户合作进展顺利，进入加速放量期。**1) 刻蚀设备：**中微公司、北方华创部分技术已达到国际一流水平；**2) 薄膜沉积设备：**拓荆科技引领 PECVD 国产化，北方华创 PVD 优势显著，中微公司主攻 MOCVD 设备，共同受益国产化率提升。**3) 光刻机：**上海微电子目前已可量产 90nm 分辨率的 ArF 光刻机，28nm 分辨率的光刻机也有望取得突破。**5) 清洗设备：**国内盛美上海、芯源微等厂商加速突破。盛美单片清洗设备最高可单台配置 18 腔体，达到国际先进水平；芯源微单片物理清洗设备国内领先，持续开拓单片化学清洗设备市场。**6) 涂胶显影设备：**芯源微为前道涂胶显影设备国内唯一供应商，有望按照 I-line→KrF→ArF→ArFi 的路径实现对海外涂胶显影设备的替代。**7) CMP 设备：**华海清科差异化技术布局打破海外垄断，是目前国内唯一一家能够提供 12 英寸 CMP 商业机型的高端半导体设备制造商。**8) 热处理设备：**屹唐半导体 19 年全球市占率 5%，北方华创立式炉、卧式炉达到国内领先水平。**9) 离子注入机：**应用材料垄断，国内凯世通（万业企业）、中科信引国产替代。**10) 去胶设备：**屹唐半导体为去胶设备全球龙头，市占率全球第一。
- **下游制造厂商大幅扩产为设备国产化提供土壤，国产化率提升可期。** 终端新兴应用对半导体需求量以及性能的升级推动半导体设备市场持续扩容。工艺层面，随着制程推进和工艺升级，单位产能下设备需求将进一步增加，推动设备行业附加值持续提升。需求层面，全球半导体产业资本支出保持强劲增长，根据 IC Insights 数据，2022 年全球半导体行业资本支出预计将达到 1904 亿美元，同比提升 24%。其中国内厂商扩产更为激进，预计我国将在十年中增加全球 40% 的新半导体制造能力，极大拉动国内半导体设备需求，有望助推国产替代进程。

投资建议与投资标的

- 我们认为半导体设备领域壁垒高，市场前景广阔，本土厂商在国产替代趋势下业绩确定性高，长期成长属性凸显。建议关注国内半导体设备领先企业拓荆科技、中微公司、北方华创、芯源微、万业企业、华海清科、盛美上海等。

风险提示

- 半导体设备国产化进度不及预期、半导体设备行业景气度不及预期、客户验证进展不及预期、零部件断供风险。

行业评级 看好（维持）

 国家/地区 中国
 行业 电子行业
 报告发布日期 2022 年 07 月 14 日


证券分析师

蒯剑 021-63325888*8514
 kuajian@orientsec.com.cn
 执业证书编号: S0860514050005
 香港证监会牌照: BPT856

联系人

李庭旭 litingxu@orientsec.com.cn

相关报告

半导体行业库存水位提升，部分细分领域供需紧张延续 2022-05-23
 半导体供应链本土化有望加速：后疫情时代的投资逻辑之电子行业 2022-05-14
 半导体自主可控需求紧迫，国内产业链大发展：——统筹发展和安全专题研究 2022-04-06

目录

1. 半导体设备行业介绍	6
1.1 半导体生产过程中有哪些工艺步骤，需要用到哪些设备？	6
1.2 半导体设备行业的壁垒在哪里，为什么难以突破？	9
1.3 为什么说现在是国内半导体设备行业的黄金时期？	11
1.4 如何看待本土设备厂商的竞争优势和未来前景？	12
1.5 半导体设备的验证流程是怎样的？	14
1.6 如何理解半导体设备厂商订单到收入确认的节奏？	15
2. 半导体前道设备各环节格局梳理	17
3. 半导体设备国产替代空间广阔，业绩确定性强	33
3.1 晶圆厂扩产+技术升级驱动半导体设备行业扩容	33
3.2 国内扩产更为激进，国产化率提升空间大	35
投资建议	36
风险提示	37

图表目录

图 1: 集成电路示意图.....	6
图 2: 半导体设备产业链示意图.....	6
图 3: 芯片生产过程详解.....	8
图 4: 半导体设备（光刻机-ASML）内部结构复杂.....	9
图 5: 设备的良率缺陷会在数百道生产工序中巨幅累积放大.....	9
图 6: 各制程晶圆单价-18Q2.....	10
图 7: 半导体设备验证壁垒高.....	10
图 8: 半导体设备厂商成功的核心要素.....	11
图 9: 国内半导体设备厂商优势与不足.....	12
图 10: 部分国产半导体设备长期有望实现对海外设备的超越.....	12
图 11: 芯源微持续进行产品平台升级、架构优化.....	13
图 12: 半导体设备验证流程.....	14
图 13: 半导体设备厂商签单、生产、验收流程（销售订单，非 Demo 订单）.....	15
图 14: 拓荆科技合同负债快速增长.....	16
图 15: 国内部分半导体设备厂商 2021 年各季度收入确认占比情况.....	16
图 16: 半导体设备细分市场规 模（单位：十亿美元）.....	17
图 17: 前道制造设备投资占比-2021.....	17
图 18: 全球半导体设备市场分布情况.....	17
图 19: 各地区半导体设备竞争力（按公司总部所在地划分）.....	17
图 20: 全球半导体设备市场格局及国内主要企业（下图市场规模为全球口径）.....	18
图 21: 刻蚀技术的分类.....	18
图 22: CCP 和 ICP 刻蚀设备.....	19
图 23: 全球刻蚀设备市场规模及预测.....	19
图 24: 全球半导体刻蚀设备市场格局-2019.....	19
图 25: 各厂商刻蚀设备与刻蚀工艺对比.....	20
图 26: 三种薄膜沉积工艺对比.....	20
图 27: 三种薄膜沉积工艺成膜效果简示.....	20
图 28: 全球薄膜沉积设备市场结构-2020.....	20
图 29: 全球 CVD 设备市场结构-2020.....	20
图 30: 全球薄膜沉积设备市场规模及预测.....	21
图 31: 全球薄膜沉积设备市场格局-2019.....	21
图 32: 国内主要薄膜沉积厂商产品对比.....	21
图 33: 光刻机发展历程.....	22
图 34: 光刻机 TOP3 企业销售结构-2021.....	22

图 35: 全球光刻机市场规模情况.....	23
图 36: 光刻机 TOP3 企业销售量情况	23
图 37: 光刻机市场竞争格局-2019.....	23
图 38: 光刻机 TOP3 企业销售情况及产品结构 (单位: 台)	23
图 39: 上海微电子 IC 前道光刻机主要技术参数.....	24
图 40: 检测设备主要分类和应用.....	24
图 41: 前道检测设备中各类设备占比 -2021	24
图 42: 全球检测设备市场规模	25
图 43: 全球检测设备市场格局-2021	25
图 44: 国内前道检测设备厂商产品及应用领域	25
图 45: 清洗技术分类及占比 (按清洗原理)	26
图 46: 全球清洗设备细分市场占比-2019	26
图 47: 清洗设备分类.....	26
图 48: 全球半导体清洗设备市场规模.....	26
图 49: 全球半导体清洗设备市场格局.....	26
图 50: 中国半导体清洗设备企业产品及相关技术情况.....	27
图 51: 光刻工艺中的涂胶显影	27
图 52: 国内涂胶显影设备分类市场份额-2021	27
图 53: 全球涂胶显影设备市场规模及预测	28
图 54: 全球涂胶显影设备市场格局-2019	28
图 55: 主要涂胶显影设备厂商工艺覆盖能力对比.....	28
图 56: CMP 工艺流程	29
图 57: 全球 CMP 设备市场规模及预测	29
图 58: 全球 CMP 设备市场格局-2019.....	29
图 59: 国内外主要 CMP 设备厂商对比	29
图 60: 热处理设备分类	30
图 61: 全球热处理设备市场规模及预测	30
图 62: 全球热处理设备市场格局-2019.....	30
图 63: 离子注入设备分类	31
图 64: 离子注入机分类市场份额	31
图 65: 全球离子注入设备市场规模	31
图 66: 全球离子注入设备市场格局-2019	31
图 67: 主要去胶方式对比	32
图 68: 全球干法去胶设备市场规模	32
图 69: 全球干法去胶设备市场格局-2020	32
图 70: 全球半导体行业市场规模	33
图 71: 全球晶圆厂资本开支 2022 年保持快速增长	33
图 72: 半导体行业摩尔定律	33

有关分析师的申明, 见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分, 或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

图 73: 不同制程 IC 产能占比情况	33
图 74: 不同制程刻蚀次数 (单位: 次)	34
图 75: 不同制程逻辑芯片产线薄膜沉积设备需求量	34
图 76: 每 5 万片晶圆产能的设备投资 (百万美元)	34
图 77: 新建产线资本支出产线	34
图 78: 不同地区芯片制造能力	35
图 79: 中国大陆 12 英寸晶圆月产能预测	35
图 80: 大基金一期投资领域情况	35
图 81: 大基金二期布局规划	35
图 82: 国内半导体设备领域国产化情况	36
图 83: 国内外主要半导体设备厂商产品线分布	37

1. 半导体设备行业介绍

1.1 半导体生产过程中有哪些工艺步骤，需要用到哪些设备？

集成电路系采用一定的工艺，把一个电路中所需的晶体管、电阻、电容和电感等元件及它们之间的连接导线全部制作在一小块半导体晶片如硅片或介质基片上，然后焊接封装在一个管壳内，成为具有所需电路功能的电子器件。

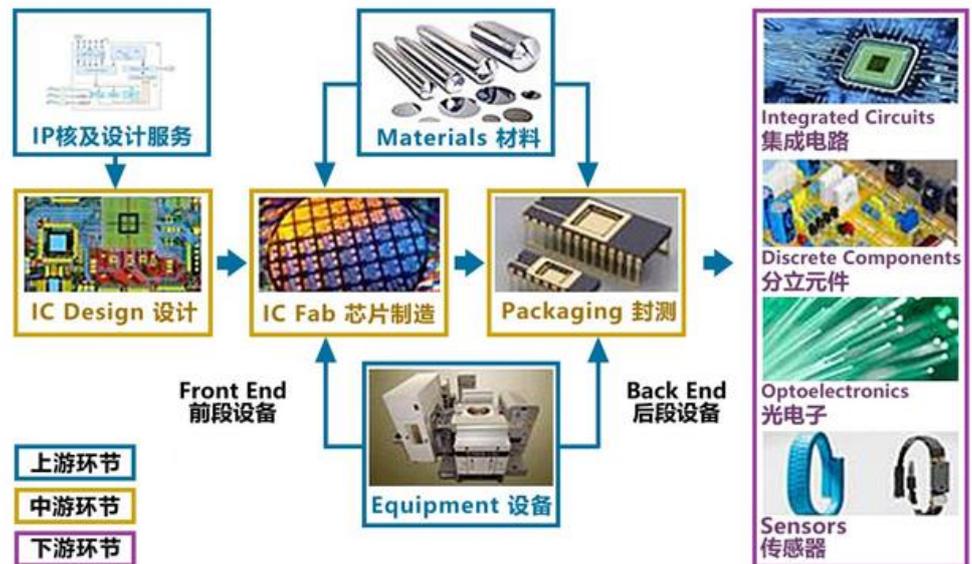
图 1：集成电路示意图



数据来源：网易新闻、东方证券研究所

半导体设备在芯片制造中发挥着重要作用。半导体设备是半导体制造的基石，是半导体行业的基础和核心。半导体工艺流程主要包括硅片制造、IC 设计、芯片制造和芯片封测，从产业链来看，半导体设备在硅片制造以及芯片制造的前道/后道工艺中均发挥着重要作用。

图 2：半导体设备产业链示意图



数据来源：中微公司招股说明书、东方证券研究所

半导体生产过程中有哪些工艺步骤，需要用到哪些设备？

前道晶圆制造工艺复杂，分别为氧化/扩散、光刻、刻蚀、离子注入、薄膜生长、抛光、金属化，清洗和检测是贯穿半导体制造的重要环节，简化来看，按照工艺次序可分为：

氧化：在硅片表面形成二氧化硅层，由于二氧化硅硬度高且致密，可以保护晶圆表面不被划伤并且阻挡污染物。

涂胶：通过涂胶机在晶圆表面均匀涂覆光刻胶。

光刻：通过光刻曝光将设计好的电路图从掩膜版转移到晶圆表面。

显影：在显影机中利用显影剂去除被曝光的光刻胶，在光刻胶膜上显示出电路图形。

刻蚀：在刻蚀机中通过离子撞击去除多余的氧化层或其他薄膜层，将电路图形从光刻胶膜永久转移到晶圆表面。

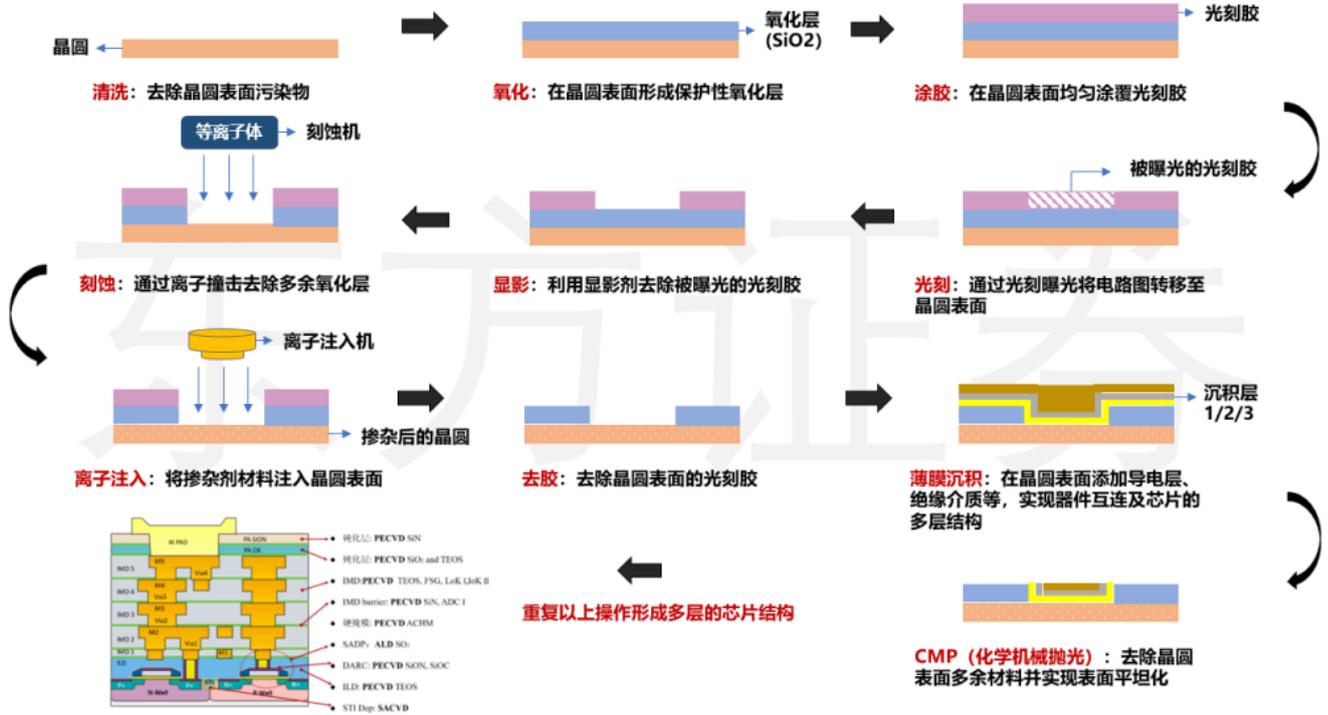
离子注入：将掺杂剂材料射入晶圆表面（也可通过热扩散工艺实现）。该步骤的主要目的是形成 PN 结，PN 结是晶体管工作的基本结构。（即利用 PN 结的导通和截止分别代表 1 和 0）

去胶：光刻胶仅作为转移电路图形的中介，最终并不在电路中发挥实际作用，因此需要通过去胶机去除。

薄膜沉积：前述操按照预定的电路图在相应位置形成了核心器件 PN 结，但这些结构是分立的，需要添加导电层实现互连（相当于电路中的导线），薄膜沉积操作可将金属层等结构添加在晶圆表面。薄膜沉积也可以在晶圆表面添加绝缘介质或其他半导体，沉积好的薄膜将作为电路的功能材料层（类比 3D 打印）。

CMP（化学机械抛光）：该过程可去除之前晶圆表面形成的多余材料，并实现晶圆表面平坦化。直观理解即集成电路的制造过程好比建多层的楼房，每搭建一层楼层都需要让楼层足够平坦齐整，才能在其上方继续搭建另一层楼，否则楼面就会高低不平，影响整体性能和可靠性。

图 3：芯片生产过程详解



数据来源：东方证券研究所整理

1.2 半导体设备行业的壁垒在哪里，为什么难以突破？

技术壁垒：

从技术角度看，我们认为半导体设备技术壁垒可分为三个层次：

- 1) 半导体设备是由成千上万的零部件组成的复杂系统，将成千上万的零部件有机组合在一起实现精细至 nm 级别的操作是第一个难点。

图 4：半导体设备（光刻机-ASML）内部结构复杂



数据来源：ASML、东方证券研究所

- 2) 保障设备在 nm 级别的操作基础上的超高良率是半导体设备制造过程中的第二个难点。制造一块芯片通常需要上百台设备紧密配合，历经 400-500 道工序，若单工序良率仅能做到 99%，则历经 500 道工序最终良率不足 1%；提升至小数点后两位的水平才能使良率达到 95%以上。

图 5：设备的良率缺陷会在数百道生产工序中巨幅累积放大

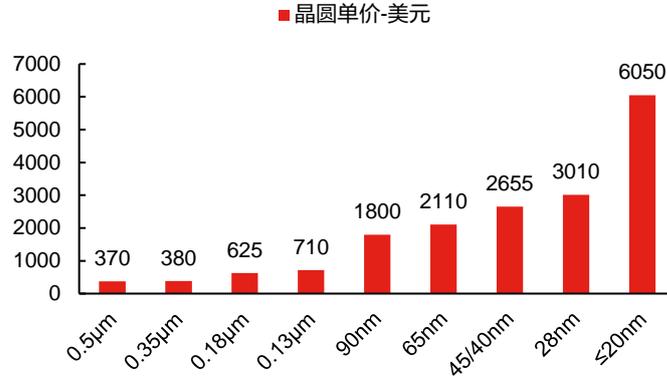
单步骤良率	90%	99%	99.9%	99.99%	99.999%
最终良率	0.0%	0.7%	60.6%	95.1%	99.5%

注：以上按照经历 500 道 IC 制造工序测算

数据来源：东方证券研究所测算

- 3) 保障设备在实现以上两个要求的基础上长时间稳定的运行是半导体设备制造过程中的第三个难点。与上述同理，一条芯片产线上百台设备，每一台设备稳定运行时间的微小降低将在整个体系内被巨额放大。若发生设备宕机造成该批假设 1000 片晶圆的报废，在 28nm 及以下的制程级别对应的损失超过 300 万美元，近 2000 万人民币。

图 6：各制程晶圆单价-18Q2



数据来源：IC insight、东方证券研究所

客户验证壁垒：

正是由于设备本身和产线构成的复杂性，单设备的良率、稳定性会在整个体系内产生累积效应的影响，同时可能带来巨额的潜在损失，因此晶圆制造厂商对于上游设备的验证、验收有严苛的标准和流程。同时，对于晶圆制造厂而言，配合上游设备验证需要付出大量的人力（合作研发、调试）、物力（拿出其他设备配合验证的机会成本损失、验证过程中的物料损失），以及采用新设备供应商面临的巨大潜在风险（批量晶圆报废的风险、向客户延迟交货的风险），很少有晶圆厂愿意承担以上的损失和风险去验证新供应商的设备。

图 7：半导体设备验证壁垒高



数据来源：腾讯网、东方证券研究所

1.3 为什么说现在是国内半导体设备行业的黄金时期？

我们认为半导体设备公司成功需要四大要素：契机、人才、资金、时间。目前国内环境四大要素均具备，因此处于发展的黄金时期：

- 1) **契机**：下游制造厂商正常情况下不愿意冒风险和承担额外成本去验证新供应商的设备，中美贸易摩擦和设备禁令带来的供应链安全问题给国内制造厂商足够的理由接受国产设备。另一方面，近两年半导体行业高景气带动下游积极扩产。
- 2) **人才**：目前国内既有科研院所、头部企业等培养出来内地人才，也有众多海外设备大厂从业背景的海归人才积极创业。
- 3) **资金**：科创板支持科技类企业融资。
- 4) **时间**：部分半导体设备厂商切入前道领域时间较短，处于样机和小批量订单阶段，未来有望加速放量。

图 8：半导体设备厂商成功的核心要素



数据来源：东方证券研究所整理

1.4 如何看待本土设备厂商的竞争优势和未来前景？

成本和价格并非本土标签以外的唯一竞争力，快速响应的定制化服务为重要优势。基于本土优势，一方面可以提供低成本、定制化、及时的服务（海外设备厂商往往委托国内团队做售后服务，同时服务定制化程度弱），另一方面能够针对客户技术需求进行联合攻关、定制化开发，适配性的提升会带动稳定性和良率的提升。

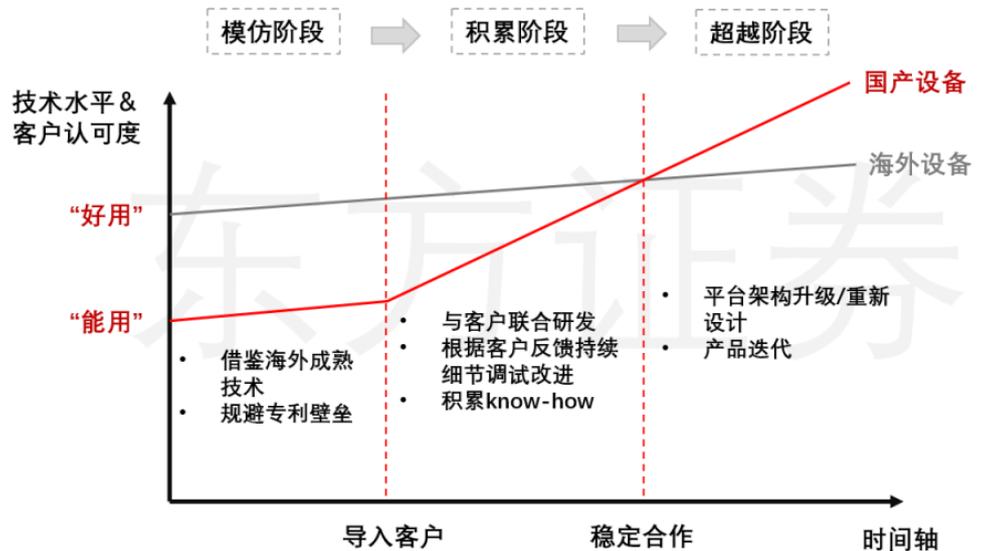
图 9：国内半导体设备厂商优势与不足

国产设备优势	国产设备不足
<ul style="list-style-type: none"> • 供应链安全：减少非商业因素的干扰，保障企业正常生产经营 • 服务优势：及时、完善、低成本、定制化的售后服务 	<ul style="list-style-type: none"> • 产品线覆盖度：国际巨头产品线覆盖度完善，国内企业工艺覆盖度较低 • 技术水平：在先进工艺应用的技术水平、设备稳定性及良率方面仍然与国际巨头存在差距

数据来源：东方证券研究所整理

伴随客户导入，国产设备技术水平/工艺覆盖度有望快速提升。尽管部分国产设备目前稳定性、良率方面等相较国际大厂仍有差距，但只要下游厂商愿意导入国产设备，长远来看，部分国产设备技术能力、稳定性、良率将随与下游客户的积累持续加速提升，将实现从“能用”到“好用”的转变，如：中微公司在部分 MOCVD 设备市场已实现对海外巨头的超越。

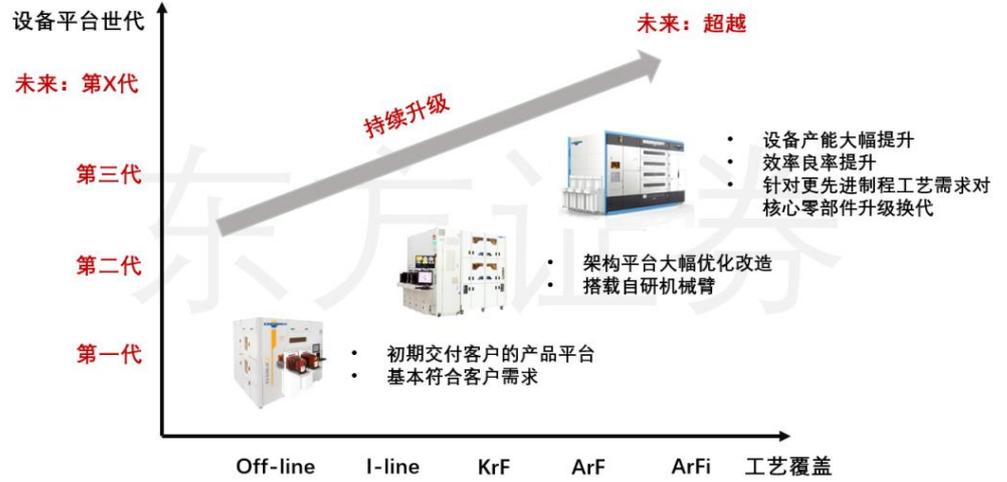
图 10：部分国产半导体设备长期有望实现对海外设备的超越



数据来源：东方证券研究所整理

以芯源微为例，在与客户的持续合作中，公司不断进行产品架构优化、平台升级。相比于公司初期交付客户的前道涂胶显影机产品，第二代设备对第一代使用的架构平台进行了大幅度优化改造，机械手也使用了公司自研的机械手；目前在客户端验证的第三代平台产品设备产能相比第二代机型大幅提升、效率良率提升、并且针对更先进制程工艺需求对核心零部件进行了升级换代。

图 11：芯源微持续进行产品平台升级、架构优化



数据来源：芯源微、东方证券研究所

1.5 半导体设备的验证流程是怎样的？

半导体设备验证流程复杂，周期长。设备厂商与下游客户在首次合作或某种工艺机台的首次合作前，需要先向客户发送验证机台，该机台验证通过后下游晶圆厂才会给到设备厂批量订单。客户验证首台设备的主要流程为（以CMP设备的验证为例）：机台交付并运送至客户厂区后，由公司人员在客户现场完成机台的装机和调试工作，经过工艺测试和产品片验证满足客户要求后，按照客户验证对设备进行小批量测试、马拉松测试，以对机台稳定性进行考察，之后启动机台验收，总耗时需要8-18个月。

图 12：半导体设备验证流程



数据来源：华海清科公司公告、东方证券研究所

1.6 如何理解半导体设备厂商订单到收入确认的节奏？

签单阶段：除了直接签署正式订单的模式外，部分情况下具有明确采购意向的客户会跟设备公司先形成意向订单（一般无纸质或电子材料）。正式订单签署后设备公司一般收取 30%的预付款（依设备公司和客户不同而存在差异，部分无预收款）。

交付阶段：意向订单形成或直接签署正式订单后，设备厂商会根据客户进行生产，一般在 3-6 个月实现交付（不同类型设备、不同厂商交期存在差异）。

验收阶段：设备交付客户后，设备厂商一般会收取 60%到货款，验收通过后收取 10%尾款，并确认收入。

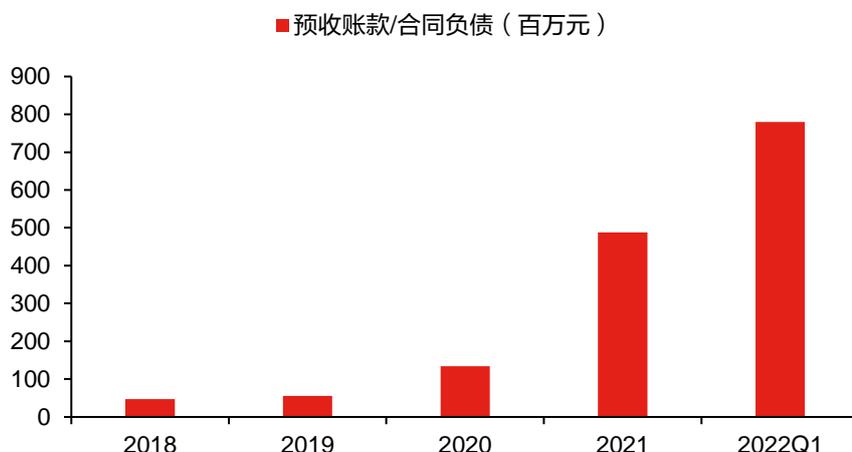
图 13：半导体设备厂商签单、生产、验收流程（销售订单，非 Demo 订单）



数据来源：东方证券研究所整理

合同负债情况可一定程度反映设备厂商在手订单情况，订单反映到业绩上需要 6-12 个月的周期。以拓荆科技为例，截至 2022 年第一季度末，拓荆科技合同负债达到 7.8 亿元，相比 2021 年末增长幅度达到 60%。一方面反映了国内半导体设备行业的持续景气，另一方面也反映了公司自身业务的快速推进。订单到业绩层面，由于半导体设备生产交付、验收均需要 3-6 个月左右的时间周期，因此订单反映到公司收入上一般需要 6-12 个月时间。

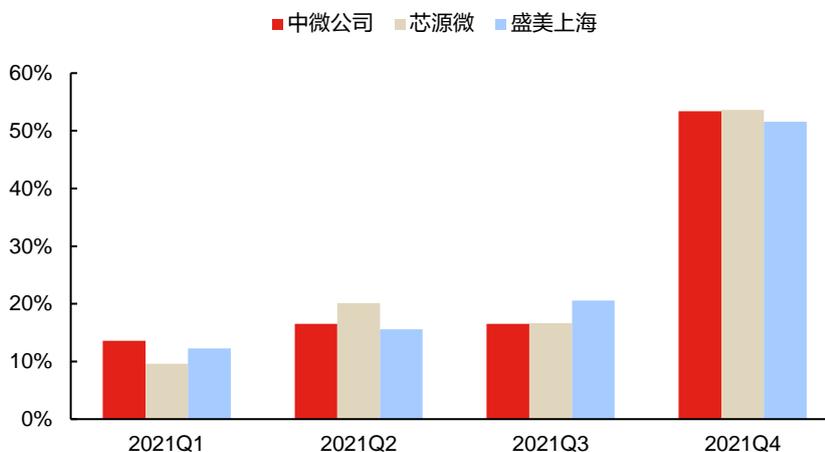
图 14: 拓荆科技合同负债快速增长



数据来源: wind、东方证券研究所

每年下半年为半导体设备厂商收入确认高峰期。晶圆厂通常于前一年末或当年初作出全年的资本性支出计划,此后开展采购、安装、调试、验收,导致半导体设备公司取得客户验收、确认收入的时点相对集中于下半年,尤其集中于第四季度。

图 15: 国内部分半导体设备厂商 2021 年各季度收入确认占比情况

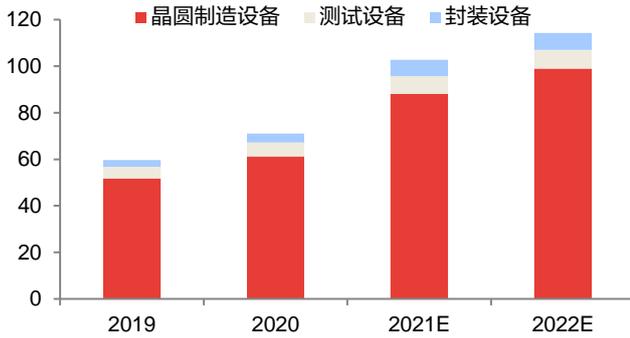


数据来源: wind、东方证券研究所

2. 半导体前道设备各环节格局梳理

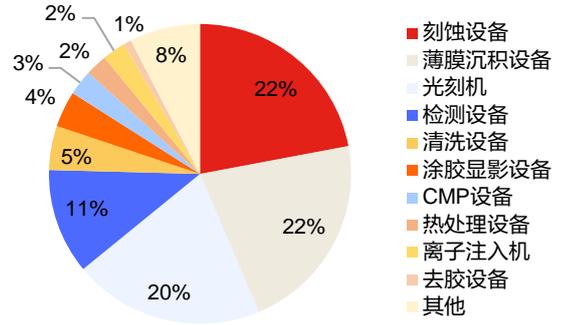
晶圆制造设备是半导体设备行业需求最大的领域，光刻、刻蚀和沉积设备为主要组成部分。根据 SEMI 数据来看，目前半导体设备主要为晶圆制造设备，市场占有率超过 85%。其中，刻蚀机、薄膜沉积、光刻机设备为半导体设备的核心设备，这三类半导体设备的市占率分别为 22%、22% 和 20%。

图 16: 半导体设备细分市场规模 (单位: 十亿美元)



数据来源: SEMI、东方证券研究所

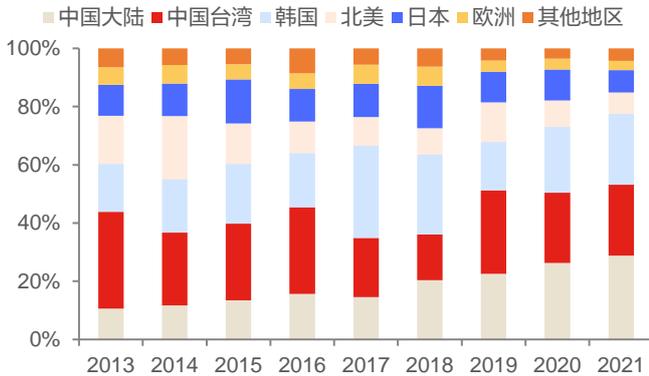
图 17: 前道制造设备投资占比-2021



数据来源: Gartner、东方证券研究所

国内为全球半导体设备最大市场，先进技术由美欧日等国主导。从地区分布来看，中国大陆半导体设备市场占比呈持续提升之势，2021 年市场规模达到 296 亿美元，占全球市场的比重为 29%，是半导体设备的最大市场。先进半导体设备技术仍由美欧日等国主导，其中美国的刻蚀设备、离子注入机、薄膜沉积设备、测试设备、程序控制、CMP 等设备的制造技术位于世界前列；荷兰凭借 ASML 的高端光刻机在全球处于领先地位；日本则在刻蚀设备、清洗设备、测试设备等方面具有竞争优势。

图 18: 全球半导体设备市场分布情况



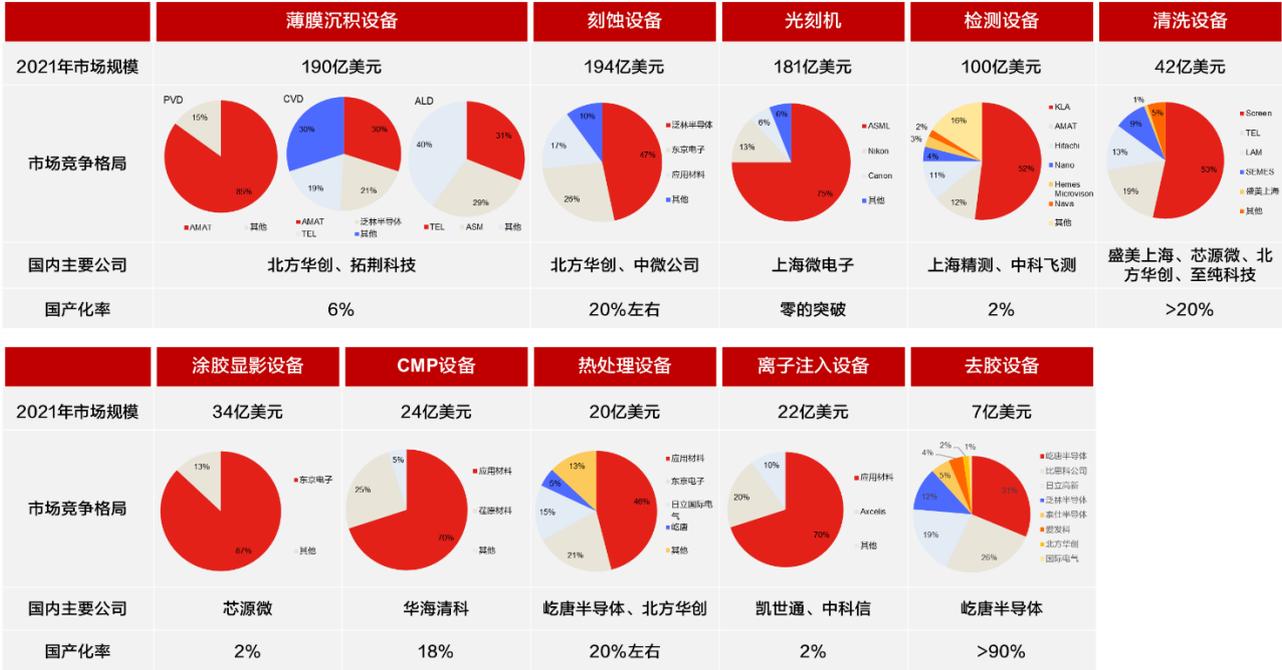
数据来源: SEMI、前瞻产业研究院、东方证券研究所

图 19: 各地区半导体设备竞争力 (按公司总部所在地划分)



数据来源: CSET、VLSI Research、东方证券研究所

图 20：全球半导体设备市场格局及国内主要企业（下图市场规模为全球口径）

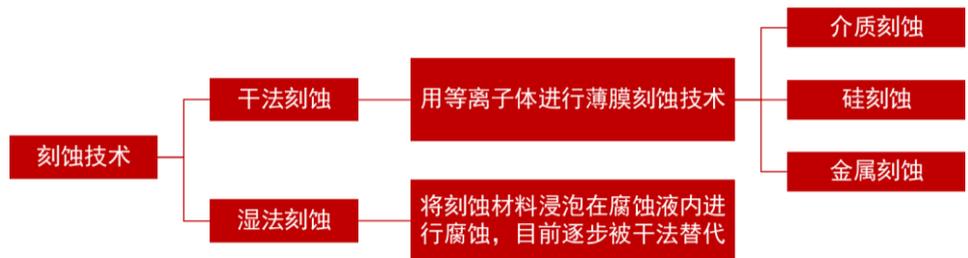


数据来源：SEMI、前瞻产业研究院、华经产业研究、东方证券研究所

（1）刻蚀设备

干法刻蚀在半导体刻蚀中占主流地位，ICP 与 CCP 是应用最广泛的刻蚀设备。刻蚀是使用化学或者物理方法有选择地从硅片表面去除不需要材料的过程。刻蚀分为湿法刻蚀和干法刻蚀，干法刻蚀市场占比超 90%。干法刻蚀也称等离子刻蚀，是使用气态的化学刻蚀剂去除部分材料并形成可挥发性的生成物，然后将其抽离反应腔的过程。等离子体刻蚀机根据等离子体产生和控制技术的不同而大致分为两大类，即电容性等离子体（CCP）刻蚀机和电感性等离子体（ICP）刻蚀机。CCP 刻蚀机主要用于电介质材料的刻蚀工艺，ICP 刻蚀机主要用于硅刻蚀和金属刻蚀。

图 21：刻蚀技术的分类



数据来源：中国半导体协会、前瞻产业研究院、东方证券研究所

图 22: CCP 和 ICP 刻蚀设备

器件类型	适用工艺	面临挑战	主要厂商	市场份额
CCP (电容性等离子体刻蚀设备)	逻辑 IC 前段工艺中的栅侧墙、硬掩膜刻蚀和封装环节的接触孔、铝垫刻蚀、NAND 中的深斜孔槽	极高离子能量下对高深宽比结构的刻蚀能力、新型刻蚀气体研发	拉姆研究、东京电子、中微公司	39%
ICP (电感性等离子体刻蚀设备)	浅沟槽隔离、多晶硅栅、金属栅、应变硅、金属导线、镶嵌式刻蚀金属硬掩膜等	刻蚀后关键尺寸均匀度、刻蚀条件精确调控、等离子体引起的损伤等	拉姆研究、应用材料、北方华创、中微公司	61%

数据来源: 中微公司招股书, 阿尔法经济研究, 东方证券研究所

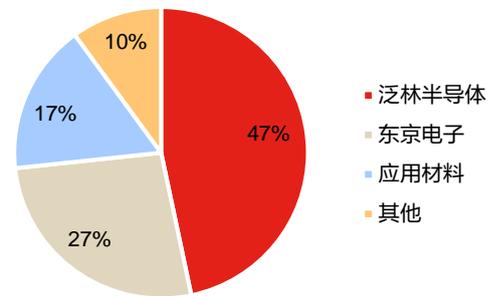
刻蚀设备市场集中度较高, 中微公司、北方华创部分技术已达到国际一流水平。刻蚀设备占据半导体设备超 20% 的市场, 2021 年全球刻蚀设备市场规模为 194 亿美元, 预计 2022 年将达到 216 亿美元。刻蚀设备市场集中度高, 被三家龙头企业垄断, 其中泛林半导体技术实力最强, 占据 47% 的市场份额, 东京电子和应用材料分别占据 27% 和 17%。从国内市场来看, 刻蚀机是我国最具优势的半导体设备领域, 北方华创与中微公司分别在硅刻蚀领域和介质刻蚀领域, 处于国内领先地位, 中微公司的介质刻蚀已经进入台积电 5nm 产线, 北方华创在 ICP 刻蚀领域优势显著, 已进入中芯国际 14nm 产线验证阶段。

图 23: 全球刻蚀设备市场规模及预测



数据来源: Wind、Gartner、东方证券研究所

图 24: 全球半导体刻蚀设备市场格局-2019



数据来源: 华经产业研究、东方证券研究所

图 25：各厂商刻蚀设备与刻蚀工艺对比

		应用材料	泛林半导体	中微公司	北方华创
技术种类	CCP	√	√	√	-
	ICP	√	√	√	√
刻蚀种类	硅刻蚀	√	√	√	√
	介质刻蚀	√	√	√	-
	金属刻蚀	√	√	-	√
工艺制造技术节点	5nm	-	√	-	-
	7nm	√	√	√	-
	14/16nm	√	√	√	-
	28nm	√	√	√	√
客户情况	国际一流晶圆厂	√	√	√	-
	国内一流晶圆厂	√	√	√	√

数据来源：头豹研究院、中微公司招股说明书、东方证券研究所

(2) 薄膜沉积设备

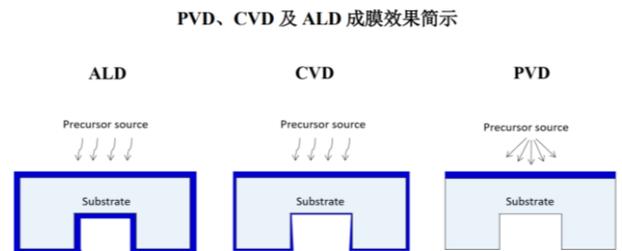
薄膜沉积设备主要分 CVD、PVD、ALD 三大类，其中 CVD 市场占比最高。薄膜沉积是指在硅片衬底上沉积一层待处理的薄膜材料，如二氧化硅、氮化硅、多晶硅等非金属以及铜等金属。薄膜沉积设备主要包括 CVD 设备、PVD 设备/电镀设备和 ALD 设备，三者各有所长，CVD 主要用于各种氮化物、碳化物、氧化物、硼化物、硅化物涂层的制备，PVD 主要用于金属涂层的制备，ALD 属于新兴领域，一般用于 45nm 以下制程芯片的制备，具备更好的膜厚均匀性，同时在高深宽比的器件制备方面更有优势。

图 26：三种薄膜沉积工艺对比

	ALD	普通的 CVD	PVD
原理	表面反应沉积	气相反应沉积	蒸发凝固
膜厚范围	<20nm	>20nm	>20nm
均匀可控性	0.1nm	1nm	5nm
成膜质量	化学成分很均一，轻微空隙杂质	化学成分很均一，轻微空隙杂质	受外界限制，有较多空隙杂质
保形性	很好	较好	一般
粒子数	少	多	多
可延展性	无限制	90-65nm	100nm
真空度要求	中等	中等	高

数据来源：华经产业研究、前瞻产业研究院、东方证券研究所

图 27：三种薄膜沉积工艺成膜效果简示

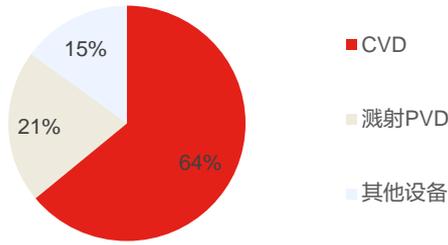


数据来源：拓荆科技招股书、东方证券研究所

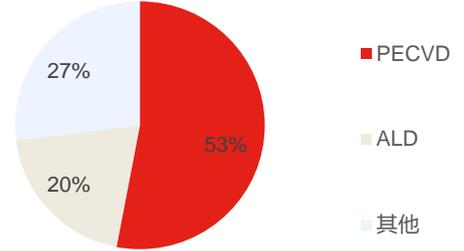
目前，全球薄膜沉积设备中 CVD 占比最高，2020 年占比 64%，溅射 PVD 设备占比 21%。CVD 设备中，PECVD 占比 53%，ALD 设备占比 20%。

图 28：全球薄膜沉积设备市场结构-2020

图 29：全球 CVD 设备市场结构-2020



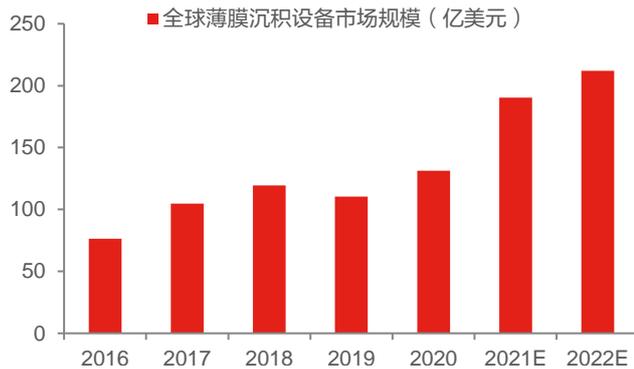
数据来源：Gartner、东方证券研究所



数据来源：Gartner、东方证券研究所

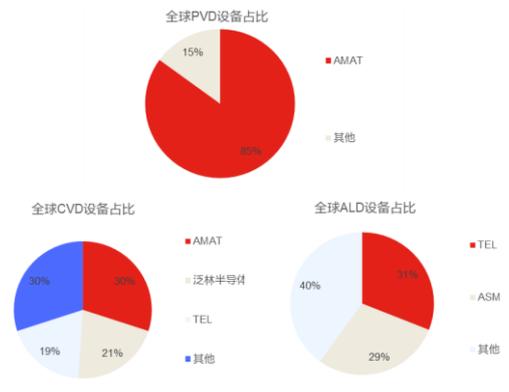
薄膜沉积设备市场美系厂商具备强话语权。薄膜沉积设备在半导体设备中占比稳定在 20%左右，2021 年全球半导体薄膜沉积设备市场规模达 190 亿美元，预计 2022 年将达到 212 亿美元。细分领域来讲，AMAT 独占鳌头，约占全球 PVD 市场份额的 80%以上；CVD 领域，AMAT、LAM、TEL 三家约占全球市场份额的 70%以上。

图 30：全球薄膜沉积设备市场规模及预测



数据来源：Wind、Gartner、东方证券研究所

图 31：全球薄膜沉积设备市场格局-2019



数据来源：Gartner、东方证券研究所

国内厂商尚不存在直接竞争，共同受益国产化率提升：

- 1) 拓荆科技引领 PECVD 国产化：拓荆科技具备 CVD、ALD 供应能力，CVD 产品包括 PECVD 和 SACVD，其中主力产品为 PECVD，尽管北方华创也有 PECVD 产品，但目前主要应用于光伏 /LED 领域。拓荆科技 SACVD 也是国内唯一一家产业化生产该设备的厂商，而北方华创 CVD 产品除 PECVD 外主要为 LPCVD、APCVD。ALD 产品方面，拓荆科技与北方华创产品应用工艺有所差异（拓荆科技 ALD 应用于 SADP 工艺、STI 表面薄膜；北方华创 ALD 应用于 HKMG 工艺）。由此可见，拓荆科技与北方华创尚不存在直接竞争。
- 2) 北方华创 PVD 优势显著：北方华创薄膜沉积产品线较为全面，具备 PVD、CVD、ALD 产品供应能力，在 PVD 设备领域竞争优势显著，国内产线导入的国产 PVD 设备基本均出自北方华创。拓荆科技、中微公司尚不具备 PVD 产品供应能力。
- 3) 中微公司主要为 MOCVD 设备，为北方华创、拓荆科技未产业化涉足的领域，产品应用于化合物半导体，其主要客户为乾照光电、三安光电等 LED 生产厂商。

图 32：国内主要薄膜沉积厂商产品对比

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

产品大类	产品类型	技术原理	应用领域	应用工艺	主要客户	
拓荆科技	CVD	PECVD	集成电路	前后段介质层 前后段抗反射层 前段刻蚀硬掩膜/阻挡层 后段钝化层	中芯国际、华虹集团、长江存储等晶圆制造企业	
	PEALD	100-400℃，真空环境，射频能量源，多种反应气体先后送入反应腔		SADP 工艺 STI 表面薄膜	ICRD	
	SACVD	400-550℃，30-600 Torr，热反应能量源，多种反应气体腔内同时反应		STI 沟槽填充等	北京燕东微电子	
中微公司	CVD	MOCVD	LED	LED 领域	乾照光电、三安光电、华灿光电等 LED 生产厂商	
北方华创	PVD	PVD	集成电路	金属导电薄膜	长江存储、中芯国际、华虹、华力微、积塔半导体等晶圆制造企业	
	CVD	LPCVD		650℃，0.1-1 Torr，热反应能量源，多种反应气体腔内同时反应		高温氧化物、栅极
		APCVD		350-550℃，760 Torr，热反应能量源，多种反应气体腔内同时反应		6/8 英寸硅外延
		Thermal ALD		180-400℃，10 Torr 以下，多种反应气体前后送入腔体		HKMG 工艺
		PECVD	100-400℃，真空环境，射频能量源，多种反应气体腔内同时反应	光伏 /LED	晶硅抗减反膜等	通威太阳能、隆基绿能、晶澳太阳能等光伏组件厂商

数据来源：拓荆公司公告、东方证券研究所

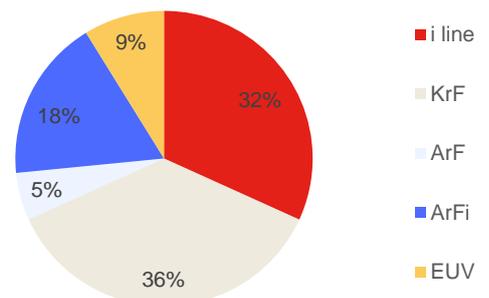
(3) 光刻机

光刻机是集成电路制造的核心设备之一，技术难度极高。光刻是决定集成电路集成度的核心工序，光刻即将电路图形信息从掩模版上保真传输、转印到半导体材料衬底上，其基本原理是，利用涂敷在衬底表面的光刻胶的光化学反应作用，记录掩模版上的电路图形，从而实现转印的目的。光刻机发展至今，经历了 5 代产品的迭代，已从最初的 g-line, i-line 历经 KrF、ArF 发展到了如今的 EUV。全球 TOP3 光刻机厂商 2021 年销量结构中，EUV、ArFi、ArF、KrF、I-line 设备分别占比 9%、18%、5%、32%、36%。

图 33：光刻机发展历程



图 34：光刻机 TOP3 企业销售结构-2021



有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

数据来源：前瞻产业研究院、东方证券研究所

数据来源：ChipInsights、东方证券研究所

根据全球半导体设备市场规模估算，2021 年全球光刻机市场规模为 181 亿美元，预计 2022 年将达到 201 亿美元。全球光刻机前三大厂商的市场份额占比达 90%以上，根据前三大厂商的销售数据显示，2015-2021 年，全球光刻机销售量总体增长，2021 年达 478 台。

图 35：全球光刻机市场规模情况



数据来源：Wind、Gartner、东方证券研究所

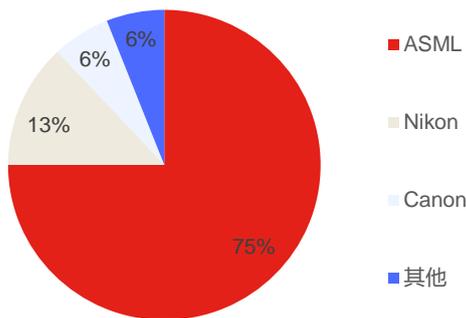
图 36：光刻机 TOP3 企业销售量情况



数据来源：ChipInsights、前瞻产业研究院、东方证券研究所

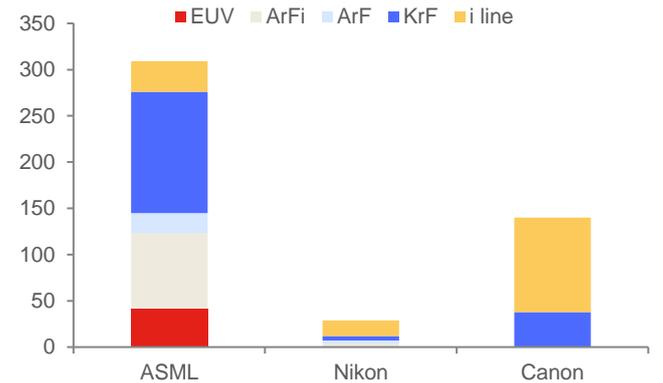
ASML 垄断全球光刻机市场，国内厂商实现零的突破。光刻机市场集中度高，ASML、Nikon、Canon 市场占有率超过 90%，其中 ASML 由于其技术领先，垄断了 EUV 光刻机，独占 75% 的市场份额，Nikon 与 Canon 分别占据 13% 和 6% 的市场份额。ASML 的光刻机技术在全球处于绝对领先地位，EUV 领域 ASML 市占率为 100%，ArFi、ArF 领域市占率分别高达 96%、88%。

图 37：光刻机市场竞争格局-2019



数据来源：SEMI、前瞻产业研究院、东方证券研究所

图 38：光刻机 TOP3 企业销售情况及产品结构 (单位：台)



数据来源：ChipInsights、东方证券研究所

长期以来，我国的光刻技术落后于先进国家，近年来，在国家政策的扶持下，我国光刻机技术也开始了飞速的发展，上海微电子目前已可量产 90nm 分辨率的 ArF 光刻机，28nm 分辨率的光刻机也有望取得突破。

图 39：上海微电子 IC 前道光刻机主要技术参数

型号	分辨率	曝光光源	镜头倍率	硅片尺寸
SSA600/20	90nm	ArF excimer laser	1: 4	200nm/300nm
SSC600/10	110nm	KrF excimer laser	1: 4	200nm/300nm
SSB600/10	280nm	i-line mercury lamp	1: 4	200nm/300nm

数据来源：上海微官网、东方证券研究所

(4) 检测设备

检测设备是应用于工艺过程中的测量类设备和缺陷（含颗粒）检查类设备的统称。随着芯片结构的不断细微化和工艺的不断复杂化，工艺检测设备在先进前段生产线中发挥着越来越重要的作用。目前工艺检测设备投资占前端设备总投资的 11%。

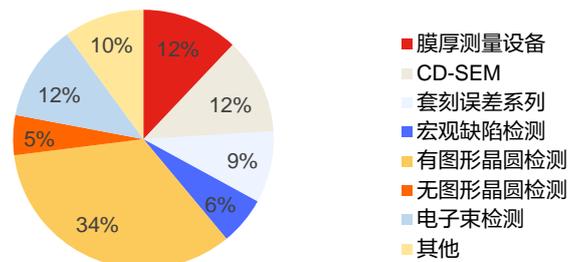
图 40：检测设备主要分类和应用

设备种类	设备细分	量检测应用	功能细分	量检测原理
量测工艺	厚膜量测设备/光学 OCD 设备	透明/不透明薄膜厚度	椭偏仪、四探针	通过测量反射光和电阻计算透明和不透明薄膜的厚度
		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
	形貌测量设备/掩模板测量设备/套刻误差测量设备	参杂浓度	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成像
缺陷检测工艺	无图形晶圆检测/有图形晶圆检测/电子束检测设备	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成像

数据来源：华经产业研究、东方证券研究所

按全球各类量测设备产品市场份额来看，膜厚测量设备占比约 12%；CD-SEM 占比约 12%；套刻误差测量占比约 9%；宏观缺陷检测占比约 6%；有图形晶圆检测占比约 34%；无图形晶圆检测占比约 5%；电子束检测占比约 12%。

图 41：前道检测设备中各类设备占比 -2021



数据来源：Semi、智研咨询、东方证券研究所

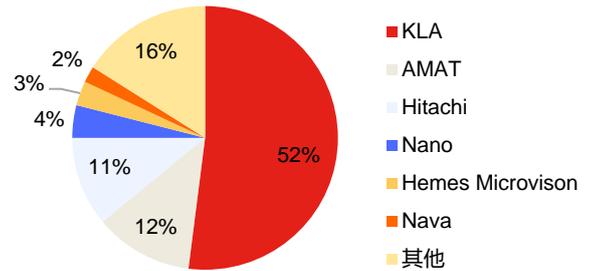
KLA 独霸检测设备市场，国内企业积极推动国产量测设备发展。全球半导体检测和量测设备市场保持高速增长态势，2021 年全球市场规模达 100 亿美元，预计 2022 年将达到 112 亿美元。前道检测设备领域中，KLA 具有绝对优势，占 52% 的市场份额；另外，AMAT、Hitachi 分别占 12%、11% 的市场份额。

图 42：全球检测设备市场规模



数据来源：Wind、Gartner、东方证券研究所

图 43：全球检测设备市场格局-2021



数据来源：Gartner、智研咨询、东方证券研究所

国内前道检测企业主要有中科飞测、上海精测、上海睿励等。中科飞测目前产品覆盖无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备、三维形貌量测设备、薄膜膜厚量测设备，已广泛应用在中芯国际、长江存储、士兰集科、长电科技、华天科技、通富微电等国内主流集成电路制造产线。上海精测目前主要收入来源于平板显示领域，半导体量测设备覆盖膜厚量测系统、光学关键尺寸量测系统、电子束缺陷检测系统、光学缺陷检测系统等。上海睿励致力于集成电路生产前道工艺检测，主要产品为光学膜厚测量设备和光学缺陷检测设备，以及硅片厚度及翘曲测量设备等，同时开发了应用在 LED 领域的检测设备。

图 44：国内前道检测设备厂商产品及应用领域

	主要产品	应用领域
中科飞测	无图形晶圆缺陷检测设备、图形晶圆缺陷检测设备	集成电路
	三维形貌量测设备、薄膜膜厚量测设备	集成电路
	3D 曲面玻璃量测设备	精密加工
精测电子	信号检测系统系统、AOI 光学检测系统、OLED 调测系统、平板显示自动化设备	平板显示领域
	膜厚量测系统、光学关键尺寸量测系统	集成电路
	电子束缺陷检测系统、光学缺陷检测系统	集成电路
	Memory 老化测试设备、Memory 晶圆探测自动测试设备、Memory 最终测试自动测试设备	集成电路
	锂电池检测和生产设备	新能源
上海睿励	缺陷检测设备	LED/集成电路
	光学薄膜量测设备、光学关键尺寸测量设备	集成电路

数据来源：公司官网/公告、东方证券研究所

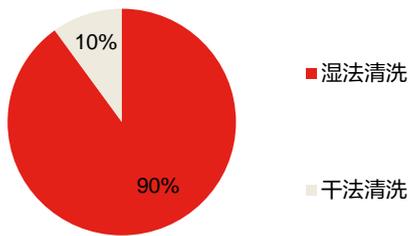
(5) 清洗设备

清洗设备为半导体制造的重要设备之一，清洗步骤约占整体步骤的 1/3。半导体清洗是指针对不

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

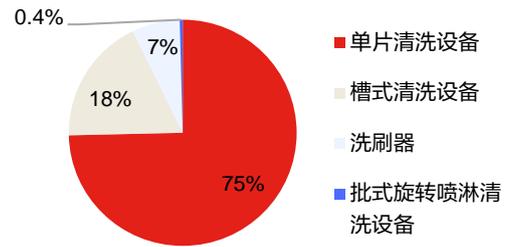
同的工艺需求对晶圆表面进行无损伤清洗以去除半导体制造过程中的颗粒、自然氧化层、金属污染、有机物、牺牲层、抛光残留物等杂质的工序。为减少杂质对芯片良率的影响，实际生产中不仅需要提高单次清洗效率，还需在几乎所有制程前后进行频繁清洗。按照清洗原理来分，清洗工艺可分为干法清洗和湿法清洗，目前 90%以上的清洗步骤以湿法工艺为主。在湿法清洗工艺路线下，主要包括单片清洗设备、槽式清洗设备、组合式清洗设备和批式旋转喷淋清洗设备等，其中以单片清洗设备为主流。

图 45：清洗技术分类及占比（按清洗原理）



数据来源：前瞻产业研究院、东方证券研究所

图 46：全球清洗设备细分市场占比-2019



数据来源：华经产业研究、东方证券研究所

图 47：清洗设备分类

设备种类	清洗方式	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。
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。
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。

数据来源：前瞻产业研究院、东方证券研究所

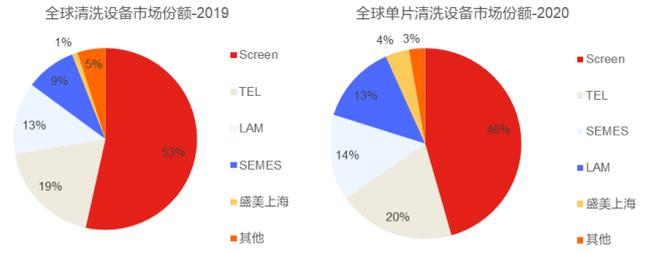
Screen 为全球清洗设备市场龙头，国内盛美上海、芯源微等厂商加速突破。半导体清洗设备约为半导体设备总规模的 5%，2021 年起半导体清洗设备市场增长迅速，市场规模达到 42 亿美元，预计 2022 年将达到 47 亿美元。全球半导体清洗设备市场高度集中，Screen、TEL、LAM 与 SEMES 四家公司合计市场占有率达到 90%以上，其中 Screen 市场份额最高，超过 50%。我国半导体清洗领域的重要参与者包括盛美上海、至纯科技、北方华创、芯源微等，其中，盛美单片清洗设备最高可单台配置 18 腔体，达到国际先进水平；芯源微单片物理清洗设备国内领先，持续开拓单片化学清洗设备市场。

图 48：全球半导体清洗设备市场规模

图 49：全球半导体清洗设备市场格局



数据来源: Wind、Gartner、东方证券研究所



数据来源: 产业信息网、华经产业研究、东方证券研究所

图 50: 中国半导体清洗设备企业产品及相关技术情况

企业名称	主要清洗设备产品	已具备技术 (nm)	在研技术 (nm)
盛美上海	单片清洗机单片、槽式组合清洗设备、全自动槽式清洗设备等	14-130	5/7
北方华创	槽式清洗机	28-130	14
至纯科技	槽式&单片清洗机	28-130	14
芯源微	单片清洗机、全自动 SCRUBBER 清洗机、KS-M300 半自动机台	28-130	14

数据来源: 前瞻产业研究院、东方证券研究所

(6) 涂胶显影设备

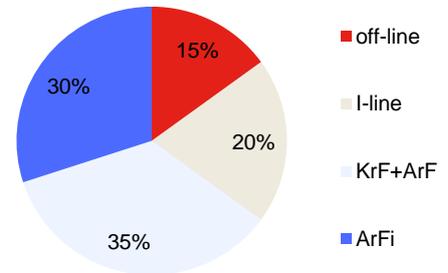
涂胶显影设备是集成电路制造过程中不可或缺的关键处理设备。涂胶显影设备是与光刻机配合进行作业的关键处理设备，主要负责涂胶、烘烤及显影。涂胶/显影机作为光刻机的输入（曝光前光刻胶涂覆）和输出（曝光后图形的显影）设备，主要通过机械手使晶圆在各系统之间传输和处理，从而完成晶圆的光刻胶涂覆、固化、显影、坚膜等工艺过程，其直接影响到光刻工序细微曝光图案的形成，从而影响后续蚀刻和离子注入等工艺中图形转移的结果。在早期的集成电路和较低端的半导体制造工艺中，此类设备往往单独使用，随着集成电路制造工艺自动化程度及客户对产能要求的不断提升，多与光刻设备联机作业，KrF、ArF 以及 ArFi 工艺设备逐渐占领市场。

图 51: 光刻工艺中的涂胶显影



数据来源: 芯源微招股书、东方证券研究所

图 52: 国内涂胶显影设备分类市场份额-2021



数据来源: 华经产业研究、东方证券研究所

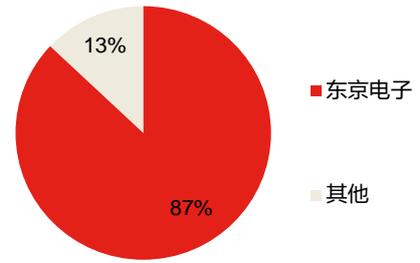
东京电子占据近 90% 的市场份额，芯源微引领涂胶显影设备国产替代。涂胶显影设备约为半导体设备总规模 4%，2021 年全球涂胶显影设备行业市场规模为 34 亿美元。东京电子在涂胶显影设备市场一家独大，2019 年市场份额 87%。

图 53：全球涂胶显影设备市场规模及预测



数据来源：Wind、Gartner、东方证券研究所

图 54：全球涂胶显影设备市场格局-2019



数据来源：华经产业研究、东方证券研究所

芯源微为前道涂胶显影设备国内唯一供应商，产品可覆盖 PI、Barc、SOC、SOD、I-line、KrF、ArF 等工艺，ArFi 工艺设备也正在研发验证过程中，有望按照 I-line→KrF→ArF→ArFi 的路径实现对海外涂胶显影设备的替代，同时在胶膜涂覆均匀性、平均故障间隔时间、产能等核心技术指标方面有望逐步追平甚至赶超海外厂商。

图 55：主要涂胶显影设备厂商工艺覆盖能力对比

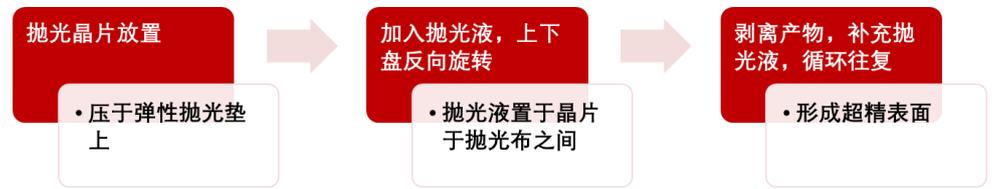
	PI	Barc	SOC	SOD	I-line	KrF	KrFi	ArF	ArFi	EUV
东京电子	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
迪恩士	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×
芯源微	√	√	√	√	√	√	×	√	研发及验证	×

数据来源：芯源微招股书，东方证券研究所

(7) CMP 设备

CMP 技术即化学机械抛光，通过化学腐蚀与机械研磨的协同配合作用，实现晶圆表面多余材料的高效去除与全局纳米级平坦化。CMP 设备一般由检测系统、控制系统、抛光垫、废物处理系统等组成，是集成电路制造设备中较为复杂和研制难度较大的设备之一。其工作过程是：抛光头将晶圆抵在粗糙的抛光垫上，借助抛光液腐蚀、微粒摩擦、抛光垫摩擦等耦合实现全局平坦化，抛光盘带动抛光垫旋转，通过先进的终点检测系统对不同材质和厚度的磨蹭实现 3-10nm 分辨率的实时厚度测量防止过抛。

图 56: CMP 工艺流程



数据来源：前瞻产业研究院、东方证券研究所

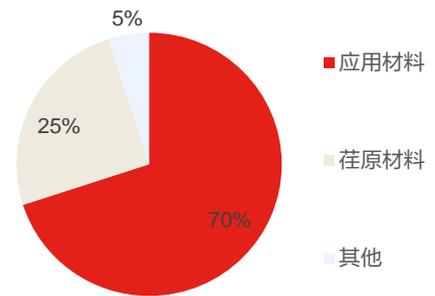
CMP 设备市场被应用材料、荏原机械高度垄断。CMP 设备约为半导体设备总规模 3%，2021 年全球 CMP 设备市场估计为 24 亿美元。目前全球 CMP 设备市场处于高度集中状态，主要由美国应用材料和日本荏原两家设备制造商占据，合计拥有超过 90% 的市场份额。

图 57: 全球 CMP 设备市场规模及预测



数据来源：Wind、Gartner、东方证券研究所

图 58: 全球 CMP 设备市场格局-2019



数据来源：SEMI、前瞻产业研究院、东方证券研究所

华海清科技术实力强，差异化技术布局打破海外垄断。国内市场中，华海清科 CMP 设备可广泛应用于 12 英寸和 8 英寸的集成电路大生产线，是目前国内唯一一家能够提供 12 英寸 CMP 商业机型的高端半导体设备制造商，并采用与国际大厂差异化的技术路线。

图 59: 国内外主要 CMP 设备厂商对比

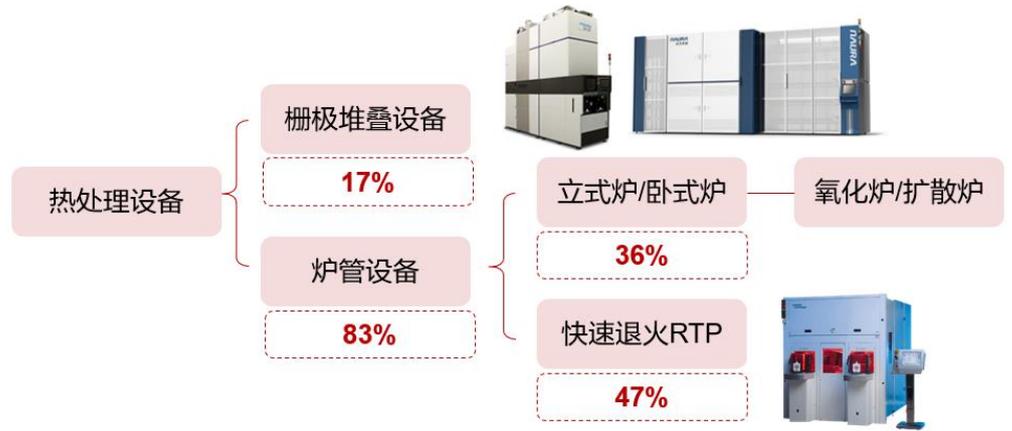
		华海清科	应用材料	日本荏原
技术实力	应用制程工艺水平	已实现 28nm 制程的成熟产业化应用，14nm 制程工艺技术正处于验证中	应用于最先进的 5nm 制程工艺	应用于部分材质的 5nm 制程工艺
	最大晶圆尺寸	12 英寸	12 英寸	12 英寸
	抛光头技术	7 分区抛光头	7 分区抛光头	7 分区抛光头
	产品技术特点	直驱式抛光驱动技术； 归一化抛光终点识别技术； VRM 垂直干燥技术	皮带传动或直驱驱动技术； 电机电流终点检测技术； 提拉干燥技术	皮带传动或直驱驱动技术； 电机电流终点检测技术； 水平刷洗技术

数据来源：华海清科招股书，东方证券研究所

(8) 热处理设备

热处理主要包括氧化、扩散和退火工艺。氧化是将硅片放入高温炉中，加入氧气，在晶圆表面形成二氧化硅。扩散是在硅衬底中掺杂特定的掺杂物，从而改变半导体的导电率。退火是一种加热过程，通过加热使晶圆产生特定的物理和化学变化，并在晶圆表面增加或移除少量物质。半导体热处理设备包括快速热处理、氧化/扩散炉和栅极堆叠设备，热处理炉管设备分为卧式炉、立式炉和快速热处理炉三类。

图 60：热处理设备分类



数据来源：华经产业研究、东方证券研究所

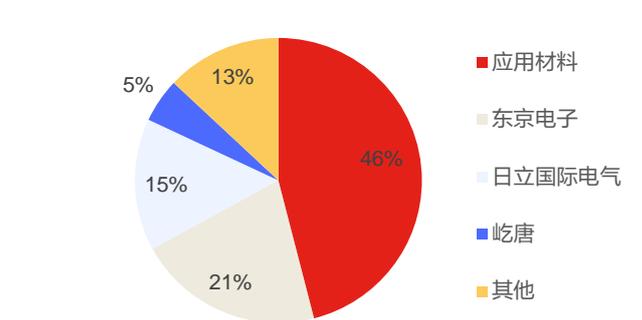
应用材料为全球热处理设备市场龙头，屹唐半导体、北方华创引领国产替代。半导体热处理设备约为半导体设备总规模 2%，2021 年全球热处理设备市场规模 20 亿美元。全球热处理设备整体市场呈现出寡头垄断的格局，应用材料、东京电子和日立国际电气 2019 年的市占率分别为 46%、21%和 15%。屹唐半导体 2019 年全球市占率达 5%；另外，北方华创立式炉、卧式炉达到国内半导体设备的领先水平。

图 61：全球热处理设备市场规模及预测



数据来源：Wind、Gartner、东方证券研究所

图 62：全球热处理设备市场格局-2019



数据来源：华经产业研究、东方证券研究所

(9) 离子注入机

离子注入是一种掺杂技术，以离子加速的方式将掺杂元素注入到半导体晶片内部，改变其导电特性并最终形成所需的器件结构。根据离子束电流和束流能量范围，一般可以把离子注入机分为低能大束流离子注入机、高能离子注入机和中低束流离子注入机。

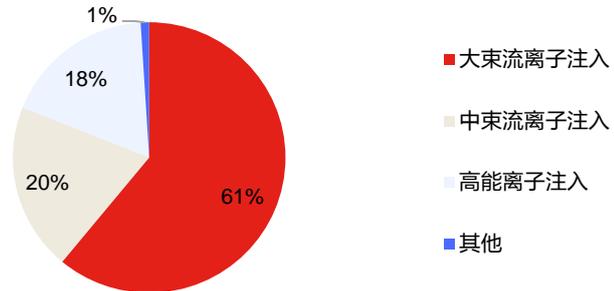
图 63：离子注入设备分类

离子注入机类型	能量范围	注入剂量范围	工艺中的主要应用
低能大束流离子注入机	离子束流电流大于 10mA，极值为 25mA，束流能量小于 120k eV	10^{13} - 10^{16} cm ⁻²	超浅结、源漏注入、多晶硅栅极注入等
高能离子注入机	束流能量超过 200k eV，极值在 5M eV 左右	10^{11} - 10^{13} cm ⁻²	深埋层等
中低束流离子注入机	离子束电流大于 10mA，束流能量小于 180k eV	10^{11} - 10^{17} cm ⁻²	栅阈值调整、轻掺杂漏区、SIMOX、SmartCut 穿透阻挡层等

数据来源：智研咨询、东方证券研究所

目前，全球离子注入机仍以大束流离子注入机为主，据 Gartner 数据，大束流离子注入机占离子注入机市场总份额的 61%。

图 64：离子注入机分类市场份额



数据来源：华经产业研究、Gartner、东方证券研究所

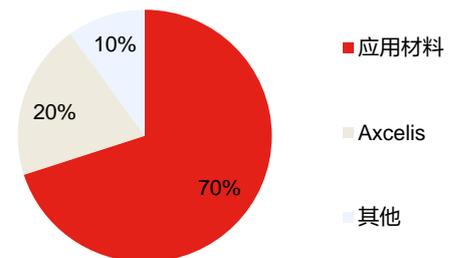
应用材料垄断全球离子注入机市场。全球离子注入机市场呈现增长态势，2019 年全球离子注入机市场规模达 11 亿美元，2021 年市场规模超过 22 亿美元。应用材料几乎垄断了全球离子注入机市场，占据了 70% 的市场份额，其次为 Axcelis，占 20%。

图 65：全球离子注入设备市场规模



数据来源：Wind、Gartner、东方证券研究所

图 66：全球离子注入设备市场格局-2019



数据来源：SEMI、前瞻产业研究院、东方证券研究所

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

凯世通、中科信引领国内离子注入机国产替代。2021年5月，凯世通自主研发的首台低能大束流离子注入机率先在国内12英寸主流集成电路芯片制造厂完成设备验证和验收工作。2021年第四季度，凯世通的低能大束流重金属离子注入机、低能大束流超低温离子注入机成功通过验证和验收，高能离子注入机顺利在另一家12英寸集成电路芯片制造厂完成交付。2022年一季度，凯世通获得重要客户的批量订单，包含12英寸低能大束流离子注入机和低能大束流超低温离子注入机，并与另一家集成电路制造厂签订了一台低能大束流离子注入机订单，截止22Q1在手订单金额超人民币6.8亿元。中科信也已成功实现离子注入机全谱系产品国产化，包括中束流、大束流、高能、特种应用及第三代半导体等离子注入机，工艺段覆盖至28nm。

(10) 去胶设备

去胶即刻蚀或离子注入完成之后去除残余光刻胶的过程。去胶工艺类似于刻蚀，操作对象是光刻胶。去胶工艺可分为湿法去胶和干法去胶，湿法去胶工艺使用溶剂对光刻胶等进行溶解，干法去胶工艺可视为等离子刻蚀技术的延伸，主要通过等离子体和薄膜材料的化学反应完成，目前主流工艺是干法去胶。

图 67：主要去胶方式对比

去胶方式	主要去胶方式	主要应用领域	主要优点	主要缺点
氧化去胶	硫酸/过氧化氢的强氧化性将光刻胶中的主要成分 C、H 氧化形成 CO ₂ 、H ₂ O，从而达到去胶目的	容易腐蚀金属，不适合 Al/Cu 等制程	工艺相对简单	清除光刻胶不彻底、部分工艺不适合、去胶速度慢
干法去胶	等离子体电离 O ₂ 形成游离基 O，具有很强活性，与光刻胶中的 C 结合形成 CO ₂ 、CO 被真空系统抽走	适用于绝大部分的去胶工艺	去除彻底、速度快	容易被反应残留物污染
溶剂去胶	特殊溶剂将聚合物溶胀并分解，溶于该溶剂，从而达到去胶的目的	适用于金属制成后的去胶	工艺相对简单	清除光刻胶不彻底、部分工艺不适合、去胶速度慢

数据来源：华经产业研究、东方证券研究所

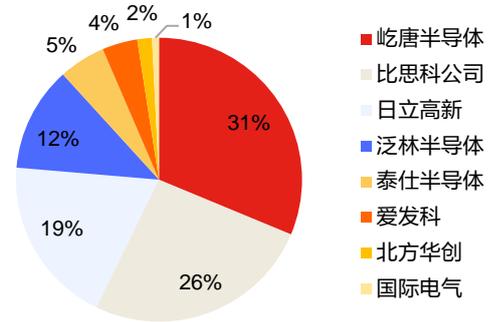
屹唐半导体为去胶设备全球龙头。随着先进芯片制造工艺的发展，干法去胶设备的技术不断提高，逐渐成为先进光刻中关键步骤，市场规模也在逐渐扩大，2021年，全球干法去胶设备市场规模超过7亿美元。全球干法去胶设备领域呈现多寡头竞争的发展趋势，前五大厂商的市场份额合计超过90%。屹唐半导体市占率位居全球第一，已全面覆盖全球前十大芯片制造商和国内行业领先芯片制造商，可用于90nm-5nm逻辑芯片、1y到2x纳米系列DRAM芯片以及32层到128层3D闪存芯片制造中若干关键步骤的大规模量产。

图 68：全球干法去胶设备市场规模

图 69：全球干法去胶设备市场格局-2020



数据来源: Wind、Gartner、东方证券研究所



数据来源: 屹唐半导体招股书、Gartner、东方证券研究所

3. 半导体设备国产替代空间广阔，业绩确定性强

3.1 晶圆厂扩产+技术升级驱动半导体设备行业扩容

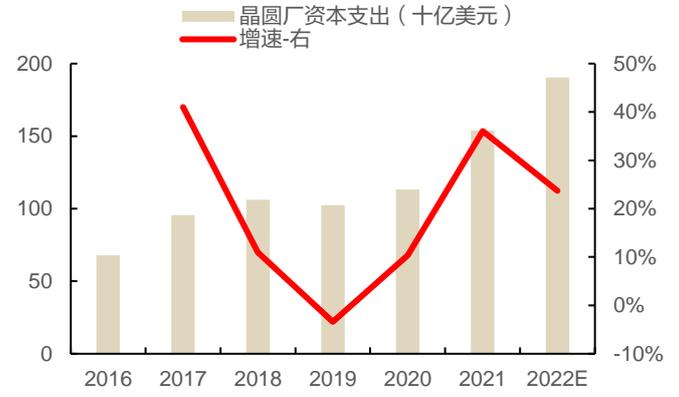
半导体设备市场持续增长的底层逻辑是科技产业发展对半导体需求量的提升，直接驱动因素是下游晶圆制造厂商的扩产。2021 年半导体市场规模实现同比增长 26%，达 5530 亿美元。全球半导体产业资本支出保持强劲增长，根据 IC Insights 数据，2021 年，全球半导体行业资本支出达到 1539 亿美元，预计 2022 年将达到 1904 亿美元。

图 70: 全球半导体行业市场规模



数据来源: WSTS、Wind、东方证券研究所

图 71: 全球晶圆厂资本开支 2022 年保持快速增长

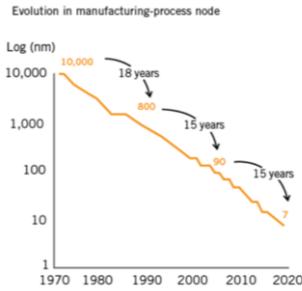


数据来源: IC Insights、东方证券研究所

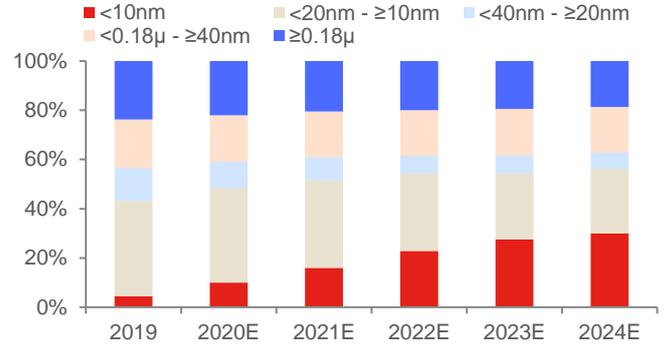
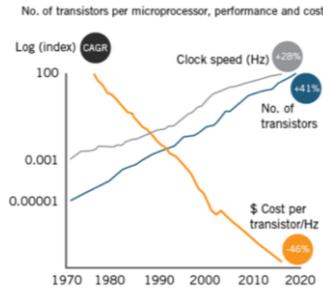
摩尔定律推动产业发展，设备行业壁垒将持续提升。根据摩尔定律演进，每隔 18-24 个月芯片性能将提升一倍。先进制程 IC 产能具有强劲的增长势头，根据 IC Insights 预测，2024 年先进制程 (<10 nm) 的 IC 产能预计增长并在全球产能占比提升至 30%。每更新一代工艺制程，则需更新一代更为先进的制程设备，更加精密的制程带来半导体设备难度直线上升，行业壁垒不断提高。

图 72: 半导体行业摩尔定律

图 73: 不同制程 IC 产能占比情况



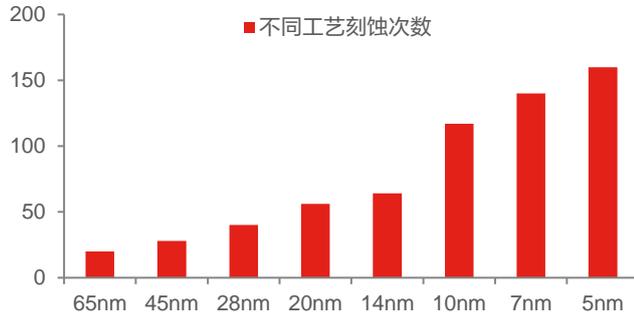
数据来源：ITIF、东方证券研究所



数据来源：IC Insights、东方证券研究所

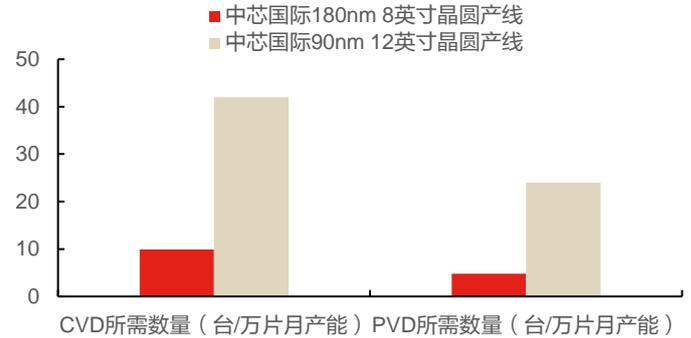
随着制程推进和工艺升级，单位产能下设备需求将进一步增加。制程和工艺升级推动芯片复杂度提升，更复杂的结构需要更多的制造工序完成，各类设备的用量显著增加。以刻蚀环节为例，14nm 制程所需使用的刻蚀步骤达到 64 次，7nm 所需刻蚀步骤达 140 次，较 14nm 提升 118%。设备用量方面，以中芯国际 180nm8 寸产线和 90nm12 寸产线所用到的薄膜沉积设备为例，每万片月产能所需的 CVD 设备、PVD 设备分别增加 3 倍和 4 倍左右。

图 74：不同制程刻蚀次数（单位：次）



数据来源：SEMI、前瞻产业研究院整理、东方证券研究所

图 75：不同制程逻辑芯片产线薄膜沉积设备需求量

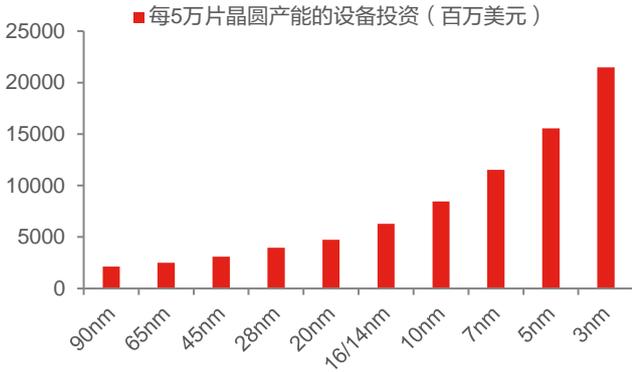


数据来源：拓荆科技招股说明书，华经产业研究院、东方证券研究所

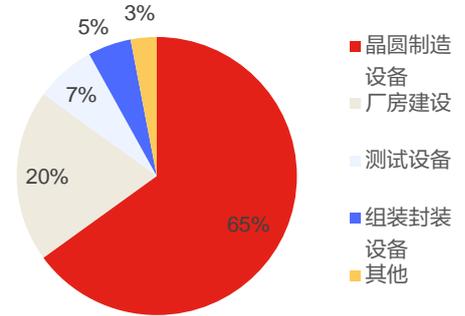
先进工艺单位产能投资几何级数提升。随着技术节点的不断缩小，集成电路制造的设备投入呈大幅上升的趋势，5 万片月产能的 5nm 技术节点的投资成本高达 156 亿美元，是 14nm 的两倍以上。一条新建生产线最大的资本支出来自于半导体设备，新建产线资本支出中晶圆制造设备占比达 65%。

图 76：每 5 万片晶圆产能的设备投资（百万美元）

图 77：新建产线资本支出产线



数据来源：中芯国际招股书、东方证券研究所

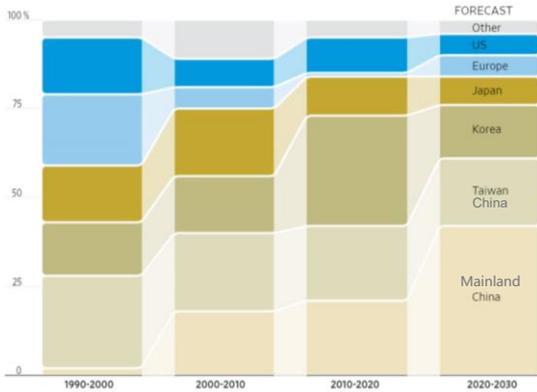


数据来源：SEMI、东方证券研究所

3.2 国内扩产更为激进，国产化率提升空间大

晶圆产能向大陆转移，国内厂商积极扩产。全球半导体产业向中国大陆转移，中国的半导体行业正高速增长，成为世界上最大的区域，根据 SEMI 数据，仅从 2015 年到 2020 年，中国 IC 行业收入以 20% 的复合年增长率快速增长至 1280 亿美元。大陆在半导体制造方面保持强劲增长，预计我国将在十年中增加全球 40% 的新半导体制造能力。集微咨询统计，目前大陆 12 英寸晶圆月产能约为 104 万片，预计 2026 年底，总月产能将超过 276 万片，提高 165%。

图 78：不同地区芯片制造能力



数据来源：Cabot Microelectronics、东方证券研究所

图 79：中国大陆 12 英寸晶圆月产能预测

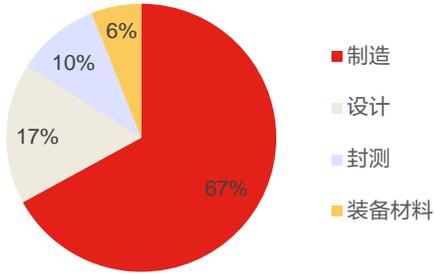


数据来源：爱集微、东方证券研究所

国家大力支持半导体设备产业的发展。大基金一期重点投资集成电路芯片制造业，占比达到 67%，国家大基金二期投资向半导体产业链上游的设备和材料领域倾斜，将对在刻蚀机、薄膜设备、测试设备和清洗设备等领域已布局的企业保持高强度的持续支持，推动龙头企业做大做强，形成系列化、成套化装备产品。

图 80：大基金一期投资领域情况

图 81：大基金二期布局规划



数据来源：前瞻产业研究院、东方证券研究所

支持龙头企业做大做强	产业聚焦 抱团发展	持续推进国产材料下游应用
<ul style="list-style-type: none"> 首期基金主要完成产业布局，二期基金将对在刻蚀机、薄膜设备、测试设备和清洗设备等领域已布局的企业保持高强度的持续指出，推动龙头企业做大做强，形成系列化、成套化装备产品 对照《纲要》继续填补空白，加快开展光刻机、化学机械研磨设备等核心设备以及关键零部件的投资布局，保障产业链安全 	<ul style="list-style-type: none"> 推动建立专属的集成电路装备产业园区，吸引装备零部件企业集中投资研发中心或产业化基地，实现产业资源和人才的聚焦，加强上下游联系交流。提高研发和产品化配置能力，形成产业聚焦合力 积极推动国内外资源整合重组，壮大骨干企业。培育中国大陆“应用材料”或“东京电子”的企业苗子 	<ul style="list-style-type: none"> 持续推进国产装备材料的下游应用。充分发挥基金在全产业链布局的优势，持续推进装备与集成电路制造、封测企业的协同。加强基金所投企业间的上下游结合，加速装备从验证到“批量采购”的过程，为本土装备材料企业争取更多的市场机会

数据来源：前瞻产业研究院、东方证券研究所

大陆半导体设备的成长空间较大，国产化率有望加速。中国大陆半导体设备企业经过多年的技术研发和工艺积累，在部分领域实现了技术突破和创新，成功通过部分集成电路制造企业的验证，成为制造企业的设备供应商。去胶设备已基本实现国产化，CMP 设备、清洗设备、热处理设备、刻蚀设备等的国产化率为 20%左右；涂胶显影设备、离子注入设备、光刻设备也实现了突破。国产半导体设备进入生产线后，在不同产线持续测试和应用，可以及时掌握晶圆厂的技术需求，有针对性的对设备进行研发、升级，推动其技术的不断完善、进步和创新。目前国内晶圆厂积极扩产，极大拉动国内半导体设备需求；终端半导体产品的不断迭代推动晶圆厂开发新的工艺，随着国内晶圆制造产业的迅速发展，国产半导体设备种类将不断增加，性能也将不断提升，国产设备厂商将迎来增长机遇，进入加速成长阶段。

图 82：国内半导体设备领域国产化情况

设备名称	国产化率	主要国内厂家
去胶设备	90%以上	屹唐半导体
CMP 设备	18%	华海清科
清洗设备	>20%	盛美、北方华创、芯源微、至纯科技
热处理设备	20%左右	屹唐半导体、北方华创
刻蚀设备	20%左右	中微公司、北方华创、屹唐股份
薄膜沉积设备	6%	拓荆科技、北方华创、中微公司
离子注入设备	2%	万业企业
涂胶显影设备	2%	芯源微
光刻设备	1%	上海微电子

数据来源：半导体行业协会、前瞻产业研究院、东方证券研究所

投资建议

我们认为半导体设备领域壁垒高，市场前景广阔，本土厂商在国产替代趋势下业绩确定性高，长期成长属性凸显。建议关注拓荆科技-U(688072，买入)、中微公司(688012，买入)、北方华创(002371，未评级)、芯源微(688037，买入)、万业企业(600641，增持)、华海清科(688120，未评级)、盛美上海(688082，未评级)。

图 83：国内外主要半导体设备厂商产品线分布

	光刻		干法刻蚀	薄膜沉积			热处理	离子注入	CMP	清洗	检测	去胶
	光刻机	涂胶显影设备		CVD	PVD	ALD						
AMAT			√	√	√	√	√	√	√	√	√	
TEL		√	√	√	√	√	√			√	√	
LAM			√	√		√				√	√	
KLA											√	
ASML	√										√	
北方华创			√	√	√	√	√			√		
中微公司			√	√								
拓荆科技				√		√						
芯源微		√								√		
华海清科									√			
中科飞测											√	
盛美上海							√			√		
万业企业									√			
北京屹唐			√				√					√

注：图表标色为国内该环节领先企业

数据来源：各公司官网，东方证券研究所

风险提示

半导体设备国产化进度不及预期：半导体设备国产化进程为当前阶段半导体设备厂商业绩的核心决定因素，若国产化进度不及预期，业内公司收入将受到负面影响。

半导体设备行业景气度不及预期：半导体行业高景气，芯片制造环节资本开支大幅提升，若景气度下滑，总体设备支出水平下滑，业内公司收入水平将受到负面影响。

客户验证进展不及预期：半导体设备需要在客户端验证通过才能实现批量销售，若验证进展不及预期，将导致行业内公司收入不及预期。

零部件断供风险：尽管国内半导体设备厂商积极进行上游零部件国产化，但目前仍有部分零部件仍依赖海外供应商，存在断供风险。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究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；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

- 买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；
- 增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
- 减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

- 看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
- 看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有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，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者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。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn