

# 创视智能市场报告

——半导体设备行业

# 市场背景

中国大陆半导体设备未来发展的主要驱动因素在于国家政策的支持、下游应用市场的需求和技术引进基础上的融合创新。从半导体最初的发源地美国，再到日本、韩国、中国台湾地区，在半导体行业发展的 70 多年间一共经历了 3 次产业中心的重大转移。大基金二期重点推进我国半导体设备发展，下游应用市场变革推动半导体设备行业不断演化，

**大基金二期重点推进我国半导体设备发展。**在日益紧张的中美贸易战局势下，我国集成电路产业受到政府高度关注。国家集成电路产业投资基金二期股份有限公司（“**国家大基金二期**”）于 2019 年 10 月注册成立，注册资本为 2041.5 亿元，注册资本比一期的两倍还多。大基金二期将锁定芯片研发与制造、设备材料与封装测试等。大基金二期将支持龙头企业做大做强，提升产业链成线能力。一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支持，推动龙头企业做大做强，形成系列化、成套化装备产品。此外，大基金二期将继续填补空白，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。

**下游应用市场变革推动半导体设备行业不断演化。**过去几年来，我国半导体行业发展的主要驱动力是智能终端等消费电子的迭代升级，以及云计算与人工智能等新兴领域的落地。在未来十几年，汽车电子和工业电子有望成为半导体行业增长最迅速的两大领域，而消费电子、数据处理和通讯电子的增速将趋于稳定。根据德勤咨询预测，2022 年全球半导体行业销售收入将达到 5426.4 亿美元。下游应用市场的变革将推动芯片的需求，从而影响半导体制造设备的需求。

# 半导体产业链

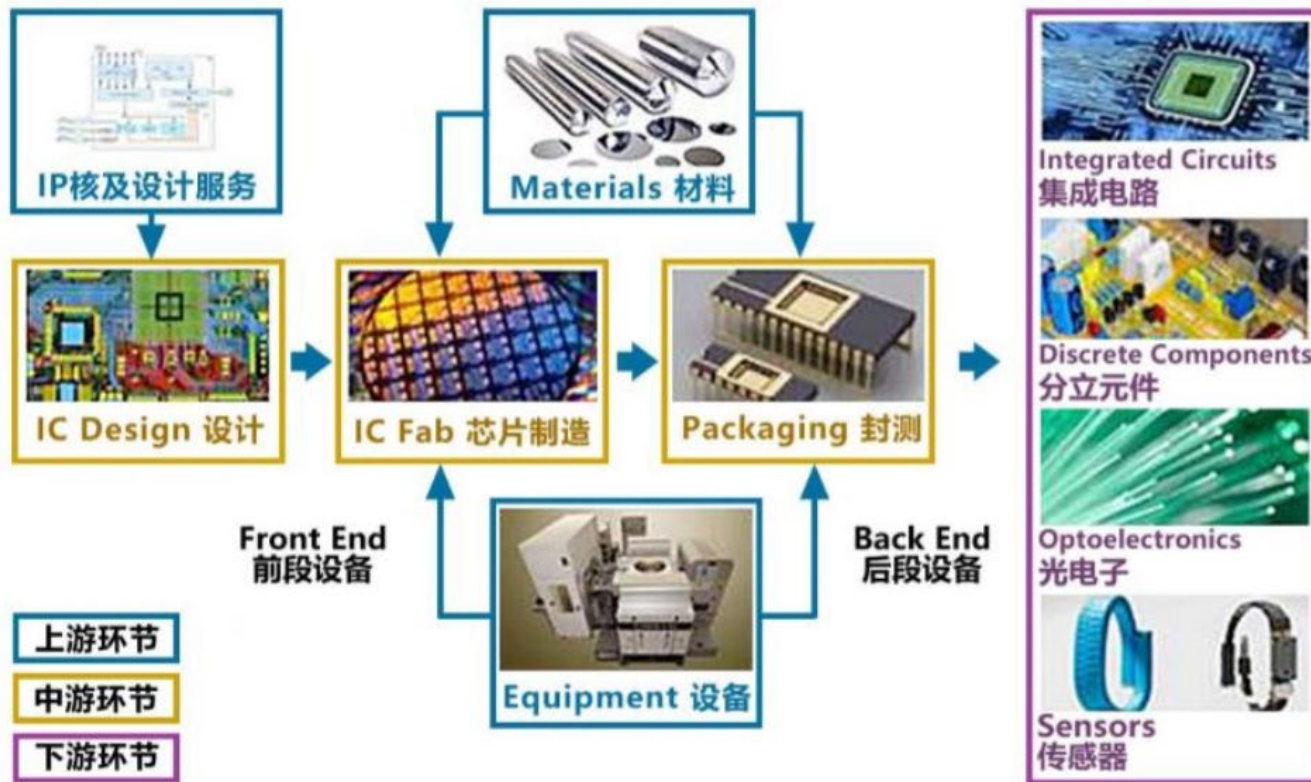


表 1：半导体五大细分行业的核心成分股信息

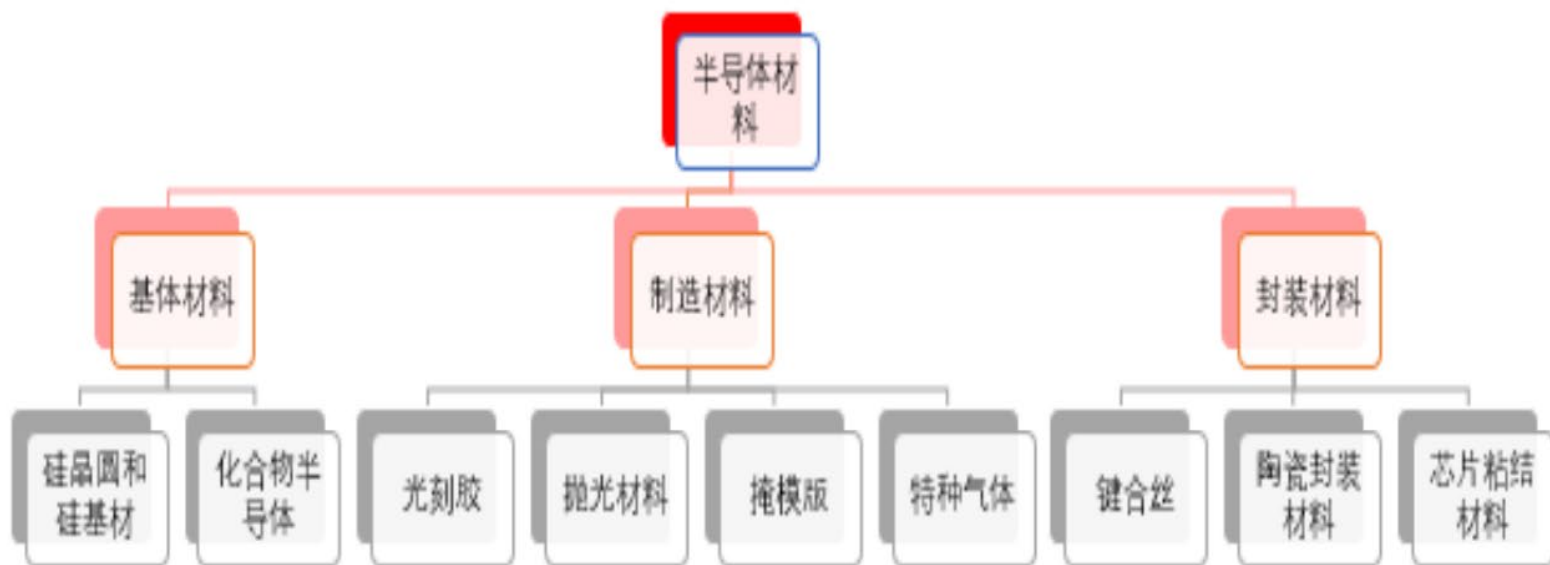
半导体材料	半导体设备	半导体设计	半导体制造	半导体封测
沪硅产业	中微公司	韦尔股份	闻泰科技	长电科技
安集科技	北方华创	兆易创新	三安光电	华天科技
上海新阳	晶盛机电	澜起科技	华润微	通富微电
鼎龙股份	精测电子	汇顶科技	斯达半导	晶方科技
南大光电	华峰测控	卓胜微	士兰微	
江丰电子	至纯科技	紫光国微	扬杰科技	
华特气体	长川科技	圣邦股份	捷捷微电	
方邦股份		北京君正	华微电子	
晶瑞股份		瑞芯微	苏州固锟	
江化微		睿创微纳		
阿石创		晶晨股份		
		景嘉微		
		乐鑫科技		
		上海贝岭		
		全志科技		
		博通集成		
		国科微		
		富瀚微		
		中颖电子		
		晶丰明源		
		富满电子		

资料来源：根据各券商研究报告整理，西部证券研发中心

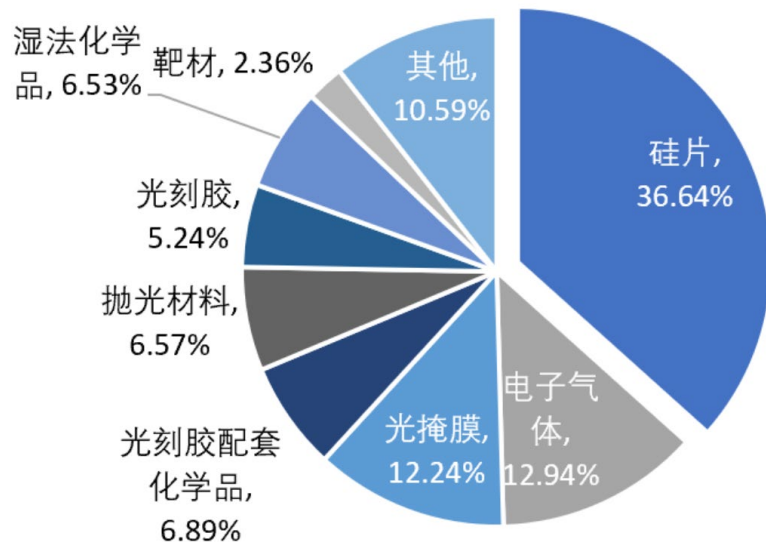
# 半导体产业链-半导体材料

## 2.2 半导体材料

半导体材料是产业链上游环节非常重要的一环，在芯片的制造过程中起到关键性的作用。根据半导体芯片制造过程，一般可以将半导体材料分为基体、制造、封装三大材料，其中基体材料主要是用来制造硅晶圆半导体或者化合物半导体，制造材料主要是将硅晶圆或者化合物半导体加工成芯片的过程中所需用到的各种材料，封装材料则是将制好的芯片封装切割过程中所用到的材料。



半导体制造主要材料成本占比





# 半导体产业链-半导体材料

表 10: 硅片种类及应用

硅片种类	应用领域	产品
6 寸硅片	电子电力开关	功率半导体、射频、MEMS
8 寸硅片	汽车电子和物联网	功率器件、模拟 IC、低像素的 CIS、指纹识别、显示驱动和智能卡
12 寸硅片	手机和服务器	存储器、逻辑芯片、CIS

LED、化合物、功率器件行业发展前景广阔，为 6 英寸设备提供市场。

汽车电子市场规模扩大将拉动特别是 8 英寸硅片需求 汽车电子芯片主要使用 8 英寸及以下抛光片与 SOI 硅片。近年来，车用功率器件、传感器等领域的生产商开始将部分产能从 6 英寸转移至 8 英寸。汽车电子市场规模的扩大将拉动 8 英寸抛光片与 SOI 硅片的需求，该领域的需求自 2018 到 2022 年的复合增速预计将达到 11%（等效 8 英寸）。

向大尺寸硅片演进能够提高生产效率并降低成本 硅片尺寸越大，在单片硅片上制造的芯片数量就越多，单位芯片的成本随之降低。同时，在圆形硅片上制造矩形的芯片会使硅片边缘处的一些区域无法被利用，会导致部分硅片面积被浪费。硅片的尺寸越大，相对而言硅片边缘的损失会越小，有利于进一步降低芯片的单位成本。在同样的工艺条件下，12 英寸（300mm）半导体硅片的可使用面积超过 8 英寸（200mm）硅片的两倍以上，可使用率（衡量单位晶圆可生产的芯片数量的指标）达到 8 寸硅片的 2.5 倍左右。

# 半导体产业链-半导体材料

**SiC 功率器件在新能源汽车领域的推广有望拉动市场快速增长。**按晶圆材料的不同，**半导体器件可划分为传统 Si 基（或 Ge 基）、第二代化合物（GaAs、InP）、第三代化合物（SiC、GaN）。**导电性 SiC 衬底经 SiC 外延，主要用于功率器件的制造，半绝缘型 SiC 衬底经 GaN 主要用于射频器件的制造。功率半导体是用电执行器的硬件驱动基础，据 Yole 数据及预测，2019 年全球 SiC 功率半导体市场规

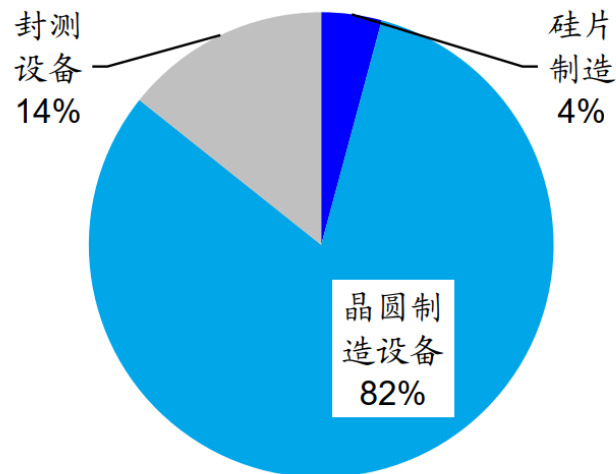
**SiC 优异幅频特性、电控性能，符合新能源车工况，有望创造可观降本空间。**SiC 功率器件优异的幅频特性使其适应高压、高频工况，并能在高频电控时取得理想的动态性能，以此取得更低关断和导通损耗。根据 Cree 的测算，SiC 功率器件可节省 5-10% 的电量损耗，对于 80KWh 载电量的新能源汽车可节省 400~800 美元的电池成本，扣除 SiC 功率器件溢价的 200 美元成本，**通过应用 SiC 功率器件单台新能源车可节省 200~600 美元的制造成本，**况且伴随 SiC 功率器件应用渗透，生产规模、工艺良率尚有较大提升空间。

**长晶炉、外延炉是 SiC 制备的核心设备。**

# 半导体产业链-半导体设备

半导体设备是半导体制造环节中的核心发动机，根据摩尔定律，每 18~24 个月更新一代半导体工艺制程，而这也需要更先进一代的制程设备。半导体设备主要应用于硅片制造、晶圆制造、测试三大领域，其中硅片制造领域的半导体设备主要有长晶炉、模切抛设备等；晶圆制造领域的半导体设备有光刻机、刻蚀机、薄膜沉积设备、扩散/离子注入设备、热处理设备、过程控制设备等；测试领域的半导体设备包括测试机、分选机、探针台等。根据 SEMI 数据统计，晶圆制造设备投资金额约占总设备投资额的 80%，是集成电路设备投资中的最主要部分。

图 7：2018 年全球半导体设备销售额按设备类型分



数据来源：SEMI，国泰君安证券研究

# 半导体产业链-半导体设计

半导体设计是半导体生产三道工序中的第一道，这个过程可以分为确定项目需求、系统级设计、逻辑设计、硬件设计四个部分。按照是否拥有自建工厂，芯片设计公司可以分为无晶圆厂的 fabless 模式、有晶圆厂的 IDM 模式，其中，典型的 fabless 芯片设计商，比如英伟达、高通、华为海思等；典型的 IDM 芯片设计商，比如英特尔、德州仪器等。

从地区分布看，2019 年美国在全球芯片设计领域的市场占有率为 65%，居全球第一，中国台湾地区的市场占有率为 17%，中国大陆的市场占有率为 15%。

表 2：芯片设计 fabless 公司全球 Top 10

2019 Rank	公司名称	2019 年营收（百万美元）	2018 年营收	同比增速
1	博通(Broadcom)	17246	18547	-7.0%
2	高通(Qualcomm)	14518	16370	-11.3%
3	英伟达(NVIDIA)	10125	11163	-9.3%
4	联发科(Media Tek)	7962	7882	1.0%
5	超威(AMD)	6731	6475	4.0%
6	赛灵思(Xilinx)	3236	2868	12.8%
7	美满(Marvell)	2708	2823	-4.1%
8	联咏科技(Novatek)	2085	1813	15.0%
9	瑞昱半导体(Realtek)	1965	1518	29.4%
10	戴乐格半导体(Dialog)	1421	1442	-1.5%
Top 10 Total		67997	70901	-4.1%

资料来源：拓璞产业研究院，西部证券研发中心



# 半导体产业链-半导体制造

半导体制造作为半导体生产的第二道工序，是承接半导体设计厂商的制造需求。它是通过在硅单晶抛光片上制造出数以亿计的晶体管，以实现逻辑运算、数据存储等功能，制造工艺直接决定了芯片的性能水平。半导体制造和设计类似，在商业模式上也分为两种，IDM 和纯代工，目前晶圆代工已经成为主流模式。

半导体制造行业的集中度很高，根据拓璞产业研究院统计的 2020 年第二季度的数据，全球前十大晶圆代工厂的营业收入占比达到 96.4%，其中台积电一家公司的营收占比就达到了 51.5%，行业的马太效应十分明显。

表 3：2020 年第二季度全球前十大晶圆代工厂营业收入

排名	公司名称	2Q20（百万美元）	2Q19	YoY	M/S
1	台积电(TSMC)	10105	7750	30.4%	51.5%
2	三星(Samsung)	3678	3180	15.7%	18.8%
3	格芯(GlobalFoundries)	1452	1358	6.9%	7.4%
4	联电(UMC)	1440	1162	23.9%	7.3%
5	中芯国际(SMIC)	941	791	19.0%	4.8%
6	高塔半导体(TowerJazz)	310	306	1.3%	1.6%
7	力积电(PSMC)	298	174	71.0%	1.5%
8	世界先进(vis)	265	223	18.9%	1.4%
9	华虹半导体(Hua Hong)	220	230	-4.4%	1.1%
10	东部高科(DB HiTek)	193	185	4.6%	1.0%
前十大合计		18903	15359	23.1%	96.4%

资料来源：拓璞产业研究院，西部证券研发中心

# 半导体产业链-半导体封测



半导体封测作为半导体生产的最后一道工序，是将制造环节生产出的芯片进行一个封装保护以及测试筛选。随着芯片制造工艺的不断发展，封测行业也在经历着从传统封装向先进封装的转型。据**市场研究和战略咨询公司 Yole** 的预测，2018~2024 年全球半导体封装市场的营业收入将以 5% 的复合增长率增长，其中，先进封装的复合增长率将达到 8.2%，而传统封装的复合增长率只有 2.4%。

在全球半导体封测格局下，中国台湾、中国大陆、美国占了市场绝大多数份额。其中，根据 2020 年一季度数据，中国大陆的长电科技、通富微电和华天科技的营业收入总共为 13.7 亿美元，占全球封测市场 23.2% 的份额。

表 4：2020 年第一季度全球前十大封测厂营业收入

排名	公司名称	1Q20（百万美元）	1Q19	YoY	M/S
1	日月光	1355	1116	21.4%	23.0%
2	安靠	1153	895	28.8%	19.5%
3	江苏长电	818	600	22.7%	13.8%
4	矽品	806	666	34.4%	13.7%
5	力成	624	469	33.1%	10.6%
6	通富微电	310	253	27.1%	5.3%
7	天水华天	242	244	-4.0%	4.1%
8	京元电	232	171	35.9%	3.9%
9	南茂	185	145	27.8%	3.1%
10	颀邦	177	152	16.4%	3.0%

资料来源：拓璞产业研究院，西部证券研发中心

注：1、日月光的营收为日月光投控封装与测试占比营收，并扣除矽品营收后之数值；2、市占率以前十大封测厂营收占比为主

# 半导体制造流程

半导体的生产制造流程主要分为硅片制造、晶圆制造、IC 封测。

**硅片制造：**硅片制造的原料是硅锭，硅锭在要经历许多工艺步骤才能制成合乎要求的硅片，包括研磨、刻印定位槽、切片、磨片、倒角、刻蚀、抛光、清洗、检测和包装。

**晶圆制造：**晶圆指制造半导体晶体管或集成电路的衬底。晶圆制造过程主要包括扩散、光刻、刻蚀、离子注入、薄膜生长、化学机械抛光、金属化七个相互独立的工艺流程。

**晶圆封测：**导体封装测试是指将通过测试的晶圆按照产品型号及功能需求加工得到独立芯片的过程。晶圆封测过程主要包括晶圆电测、切割、贴片、引线键合、封装、老化测试。

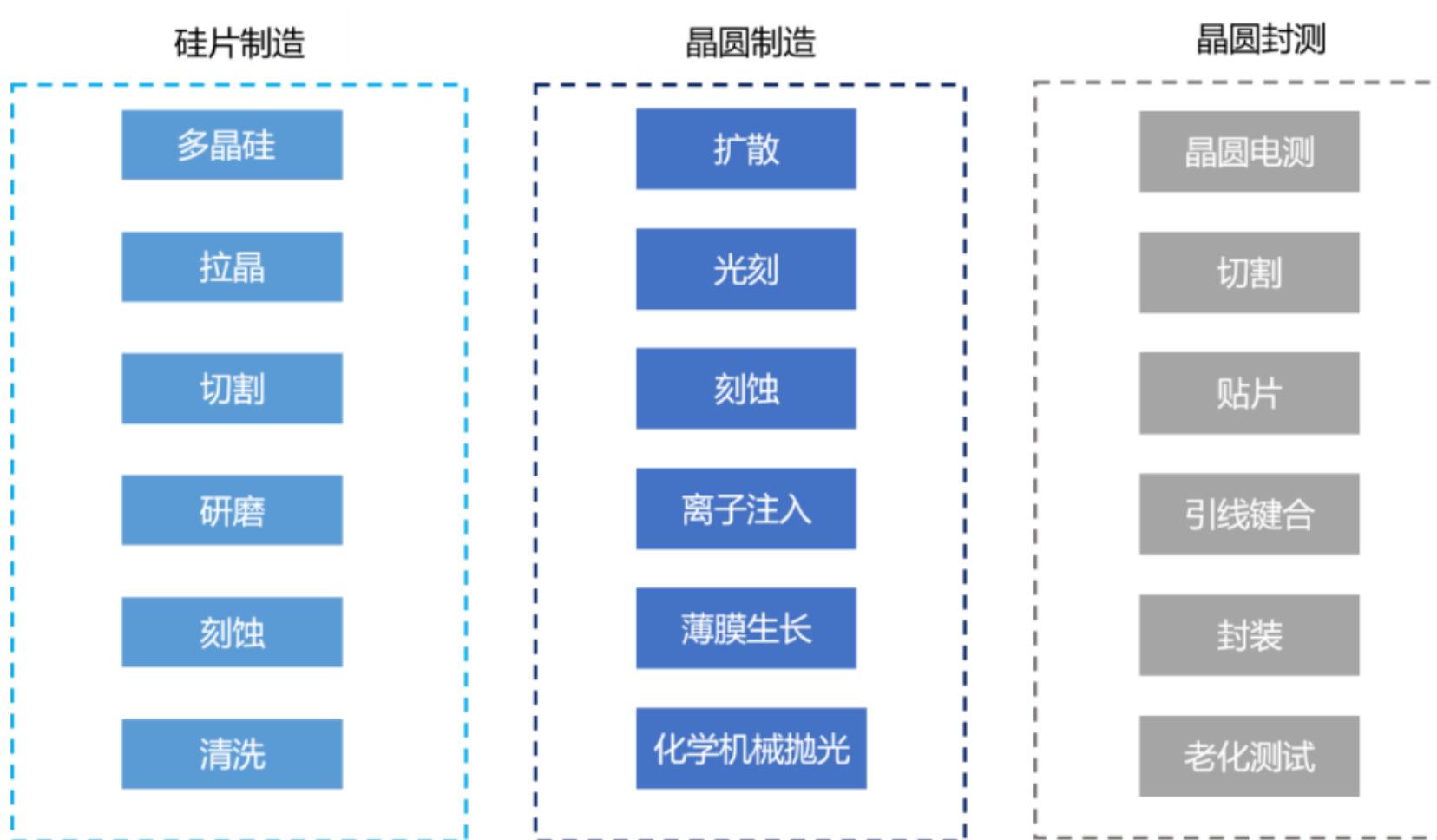
硅片制造是半导体加工的第一大环节。硅片制造过程中涉及的设备主要分为生长炉以及其他加工设备，后者包括切割机、磨片机、刻蚀机、抛光机、清洗机等。全球硅片市场较成熟，国内市场尚处于起步状态。全球硅片市场呈现大宗商品周期性波动特点，硅片

晶圆制造过程复杂，涵盖的工序较多。硅片在经过研磨，抛光，切片后，形成硅晶圆片，也就是晶圆。晶圆制造的工艺流程主要包括扩散、光刻、刻蚀、离子注入、薄膜生长、抛光、金属化。典型的晶圆制造过程复杂耗时，需要花费 6-8 周的时间，涵盖 350 多道步骤。晶圆制造过程中，主要运用到的核心设备有薄膜沉积设备、光刻设备和刻蚀设备。

封装与测试是集成电路的后道工序。半导体封装为芯片提供一种保护并将它黏贴到更高级装配板上的措施。测试阶段所涉及的主要设备有测试机、分选机和探针机。封装过程中主要涉及的产品有引线焊接设备、贴片机、倒装机、热压机、划片机、塑封设备和切筋成型设备。其中，引线焊接设备、贴片机、划片机的占比较高。全球封装设备市场格局相对比较集中，ASM Pacific、Shinkawa、Besi、K&S、Towa 五家龙头瓜分近 80% 的市场份额。2020 年，全球封装设备市场规模约为 63 亿元。

# 半导体制造流程

图 1：半导体制造流程



数据来源：《半导体制造技术》，国泰君安证券研究



# 半导体制造设备



创 视 智 能



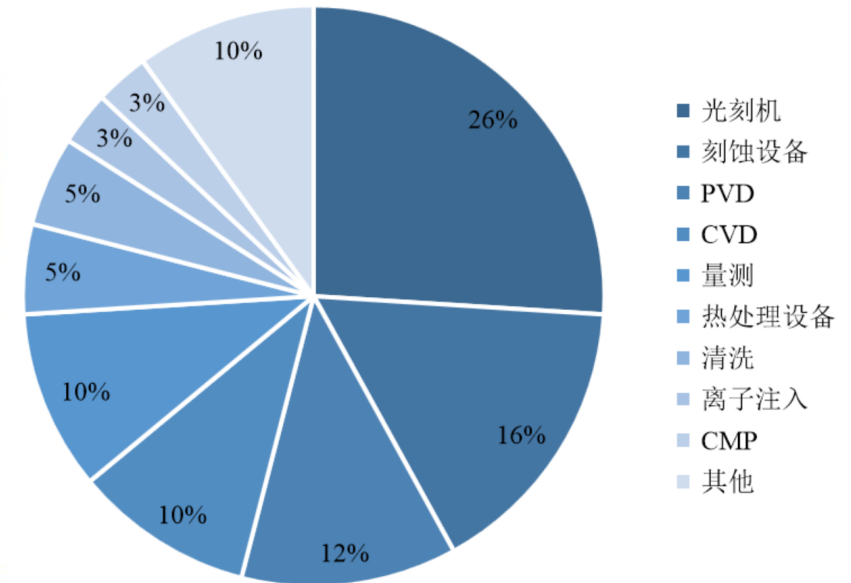
数据来源：《半导体制造技术》

# 半导体制造设备

图 38: 各类设备在晶圆厂资本开支占比

图 4: 半导体制造主要设备

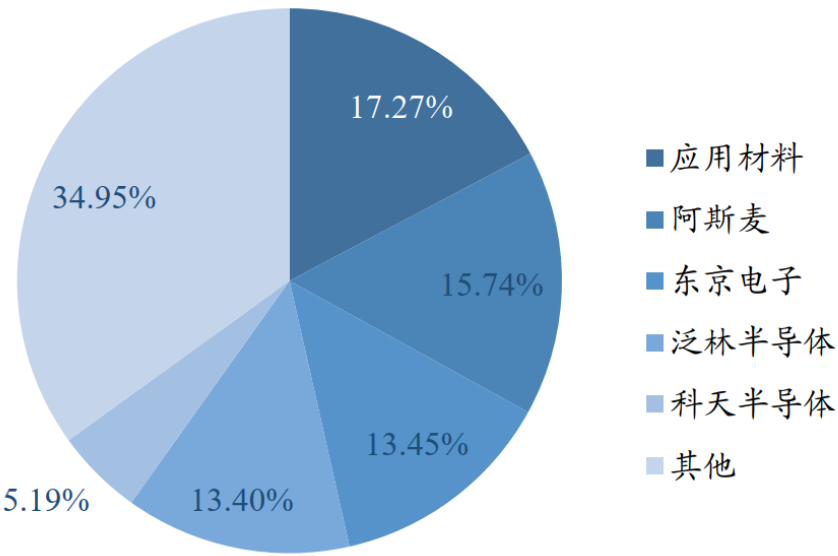
半导体设备分类						
氧化/扩散	光刻	刻蚀	清洗设备	离子注入	薄膜生长	抛光
扩散炉	涂胶显影设备	介质刻蚀设备	单片清洗设备	离子注入设备	金属沉淀设备	机械抛光设备
氧化炉	光刻设备	金属刻蚀设备	槽式清洗设备		介质层沉积设备	
退火炉	对准检测设备	边缘刻蚀设备	组合式清洗设备		原子层沉积设备	
单片氧化设备					电镀设备	



资料来源: 盛美股份招股书, 长城证券研究院

# 半导体设备主要厂商

图 11: 2018 年全球半导体设备市场格局



数据来源: VLSI Research, 东吴证券研究所

表 6 2019 全球半导体设备厂商前 10 强

2019 排名	公司	所在地	2019 营收 (百 万美元)	2018 营收 (百 万美元)	YoY
1	应用材料	美国	11,049	12,874	-14.18%
2	阿斯麦	荷兰	10,800	9,911	8.97%
3	东电电子	日本	10,338	11,639	-11.18%
4	泛林半导体	美国	9,549	10,871	-12.16%
5	科磊	美国	3,913	3,320	17.86%
6	斯科半导体	日本	2,200	2,239	-1.74%
7	爱德万测试	日本	1,853	2,539	-27.02%
8	ASMPT	新加坡	1,770	2,206	-19.76%
9	泰瑞达	美国	1,553	1,492	4.09%
10	日立高科	日本	1,412	1,335	5.77%
			54,437	58,246	-6.83%

# 半导体设备国产厂商

表 8 半导体设备国产化率

设备	国产化率	国内供应商
单晶炉	<20%	晶盛机电、华盛天龙、北方华创等
光刻机	<10%	上海微电子、中电科 45 所、沈阳芯源
刻蚀机	<5%	中微半导体、北方华创等
离子注入设备	<10%	中电科 48 所、中科信等
CVD/PVD	10%-15%	北方华创、中电所 45 所等
氧化扩散设备	<10%	上海微电子、北方华创、中电科 48 所
键合机	<20%	上海微电子、中电科 45 所等
划片机	<20%	中电科 45 所、大族激光等
减薄机	<20%	中电科 45 所、方达研磨等
检测设备	<20%	上海微电子、长川科技、华峰测控等
分选机	<20%	中电科 45 所、长川科技、长海中艺等
探针台	<20%	中电科 45 所、长川科技等

资料来源：产业研究院，东海证券研究所



# 半导体设备国产厂商

公司	设备	主营业务
北方华创	刻蚀、沉积、扩散、清洗设备	公司已建立起丰富而有竞争力的产品体系，刻蚀机、PVD、CVD、ALD、氧化/扩散炉、退火炉、清洗机、外延设备等产品在集成电路及泛半导体领域实现量产应用，成为国内主流半导体设备供应商。
中微公司	刻蚀、沉积设备	公司主要从事高端半导体设备的研发、生产和销售。公司的等离子体刻蚀设备已应用在国际一线客户从65纳米到14纳米、7纳米和5纳米的集成电路加工制造生产线及先进封装生产线。公司的MOCVD设备在行业领先客户的生产线上大规模投入量产，公司已成为世界排名前列的氮化镓基LED设备制造商。
华峰测控	测试设备和系统	公司专注于半导体自动化测试系统的研发、生产和销售，以其自主研发的产品实现了模拟及混合信号类半导体自动化测试系统的进口替代。目前，公司已成长为国内最大的半导体测试系统本土供应商，也是为数不多进入国际封测市场供应商体系的中国半导体设备厂商。产品销售区域覆盖中国大陆、中国台湾、美国、欧洲、日本、韩国等全球半导体产业发达的国家和地区。
芯源微	涂胶/显影机、喷胶机、清洗机、去胶机、湿法刻蚀设备	公司产品包括光刻工序涂胶显影设备和单片式湿法设备，可用于8/12英寸单晶圆处理及6英寸及以下单晶圆处理。公司生产的涂胶显影设备产品成功打破国外厂商垄断并填补国内空白，其中，在集成电路前道晶圆加工环节，作为国产化设备已逐步得到验证，实现小批量替代；在集成电路制造后道先进封装、化合物、MEMS、LED芯片制造等环节，作为国内厂商主流机型已广泛应用在国内知名大厂，成功实现进口替代。
万业企业	离子注入设备	2019年子公司凯世通的低能大束流离子注入机迁机成功，顺利进入离子注入晶圆验证阶段，产品在低能和大束流等核心指标，特别是束流强度指标上表现优秀，满足国内集成电路行业实际应用。同时公司持续加大集成电路低能大束流离子注入机产品的开发投入，该设备关键部件离子注入平台在已得到客户验收，并实现销售。

# 半导体设备国产厂商

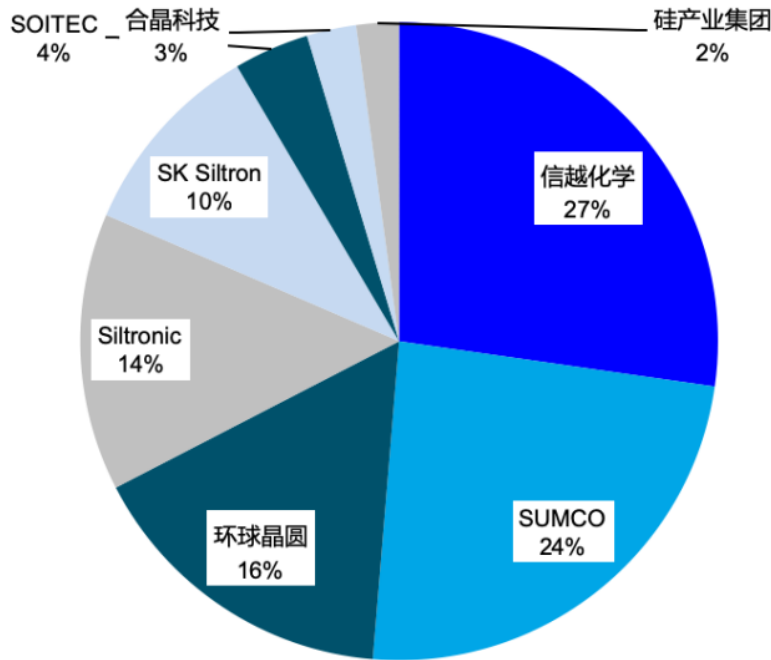
至纯科技	清洗设备	公司致力打造高端湿法设备制造开发平台。公司产品腔体、设备平台设计与工艺技术都和国际湿法设备厂商路线一致，采用先进二流体产生的纳米级水颗粒技术，能高效去除微粒子的同时，还可以避免兆声波的高成本。公司已经具备生产8-12寸高阶单晶圆湿法清洗设备和槽式湿法清洗设备的相关技术，能够覆盖包括晶圆制造、先进封装、太阳能在内多个下游行业的市场需求，且已经取得部分一线客户的订单。
华海清科	CMP设备	公司主要从事半导体专用设备的研发、生产、销售及技术服务，主要产品为化学机械抛光（CMP）设备。公司所生产CMP设备可广泛应用于12英寸和8英寸的集成电路大生产线，产品总体技术性能已达到国际先进水平。公司推出了国内首台拥有核心自主知识产权的12英寸CMP设备并实现量产销售，是目前国内唯一一家为集成电路制造商提供12英寸CMP商业机型的高端半导体设备制造商；
长川科技	测试机、分选机、探针台等测试设备	公司集成电路测试设备主要包括测试机、分选机、探针台、自动化半导体光学检测设备等，目前本公司主要销售产品为测试机、分选机及自动化生产线，自主设计研发探针台。公司生产的测试机包括大功率测试机、模拟/数模混合测试等；分选机包括重力式分选机、平移式分选机、测编一体机；自动化半导体光学检测设备包括HexaEVO系列、晶圆光学检测iFocus系列、Sort系列。
晶盛机电	硅单晶长晶、切片、抛光、外延设备	公司实现了集成电路200-300mm半导体长晶炉的量产突破，并以此为基础，成功开发了150-300mm晶体滚圆机、截断机、双面研磨机及6-300mm的全自动硅片抛光机、200mm硅单晶外延设备，完成硅单晶长晶、切片、抛光、外延四大核心环节设备布局。公司最新开发出第三代半导体碳化硅单晶炉、外延设备，其中碳化硅单晶炉已经交付客户使用，外延设备完成技术验证，产业化前景较好。

# 硅片制造

图 9：2018 年全球硅片市场竞争格局

**硅片制造是半导体加工的第一大环节。**硅片制造通过将多晶硅熔化，提炼出单晶硅棒，再加工制成硅片。硅片制造过程中涉及的设备主要分为生长炉以及其他加工设备，后者包括切割机、磨片机、刻蚀机、抛光机、清洗机等。

**中国硅片制造设备市场空间广阔。**从国内市场来看，目前中国大陆硅片制造商主要生产 6 英寸及以下的硅片，基本可以满足需求，但是 6 英寸以上的硅片主要依靠进口。2018 年以来，中国大陆多个大硅片项目陆续投入生产，根据芯思想研究院数据，



数据来源：SEMI，国泰君安证券研究



# 硅片制造

## 3.2.1. 单晶硅生长设备

单晶硅生长是指把半导体级多晶硅块熔炼成单晶硅锭。单晶硅生长设备即单晶炉，是硅片制造设备中的核心，市场规模最大。单晶硅加工主要包括 CZ 直拉法和垂直区熔法，使用的设备分别对应直拉单晶炉及区熔单晶炉。1) CZ 直拉法：将高纯度的半导体级多晶硅在一个坩埚中被加热至熔融状态。诸如硼原子和磷原子的杂质原子可以精确定量地被掺入熔融的硅中，这样就可以使硅变为 P 型或 N 型硅。将晶种置于一根精确定向的棒的末端，并使末端浸入熔融状态的硅。然后，将棒缓慢地向上提拉，同时进行旋转。如果对棒的温度梯度、提拉速率、旋转速率进行精确控制，那么就可以在棒的末端得到一根较大的、圆柱体状的单晶晶锭。2) 垂直区熔法：在生长装置中，在生长的晶体和多晶棒之间有一段熔区，该熔区有表面张力所支持。熔区自上而下或自下而上移动，以完成结晶过程。目前以 CZ 直拉法为主，占比高达 90%。

图 10：直拉单晶炉



数据来源：晶盛机电公司官网

图 11：区熔单晶炉



数据来源：晶盛机电公司官网



# 硅片制造

直拉法是单晶硅棒的主流工艺，单晶硅生长炉的核心是热系统。按照晶体生长方式的不同，硅棒生产可分为单晶生长、多晶铸锭两种工艺，分别对应单晶硅生长炉、多晶硅铸锭炉两类设备；单晶硅生长炉又分为：直拉法、区熔法两种工艺方案，其中直拉法是光伏硅片的主流工艺。用于直拉法的单晶硅生长炉，其组成部分包括：炉体（基座、炉室、炉盖、液压），晶体升降及旋转机构，坩埚升降及旋转机构，氩气和真空系统，热系统，冷却系统，控制系统等。直拉单晶的主要工艺步骤包括：装料、抽真空、检漏、调压、化料、稳定化、引晶、放肩、转肩、等径、收尾、停炉、清炉，热场控制是各工艺步骤得以顺利实施的关键，高性能的热系统既是热场控制的硬件保障，也是单晶硅生长炉的技术核心。

表 5、直拉法生产单晶硅棒的主要工艺步骤

工艺项目	工艺步骤
装料、抽空、检漏、调压	多晶硅原料与掺杂剂装入石英坩埚，炉体密闭后抽真空并检查泄露率，并开启真空阀和氩气阀
化料、稳定化	开启加热器融化硅料，引晶前温度需稳定 1 小时以上
引晶、放肩	降低炉功率至引晶温度，籽晶与熔硅熔接，提拉籽晶引出细长单晶；降低温度和拉速使得晶体棒直径放大
转肩、等径、收尾	放肩到目标直径后，通过控制温度、拉速使得晶体直径保持在预设范围内；晶棒达到目标长度后控制晶棒直径逐步缩小，并与硅液分离
停炉、清炉	晶棒冷却；降低炉体功率，设备维护

资料来源：光为绿色新能源官网，兴业证券经济与金融研究院整理

# 硅片制造

## 3.2.2. 硅片加工设备

硅片制造工序大致可分为拉晶、切片、磨片、倒角、刻蚀、抛光、清洗和检测。全球硅片制造设备及技术被欧美、日韩企业所垄断，包括德国 CGS 公司、日本 SPEEDFAM、日本 Advantest、美国 MTI 等。国内的硅片设备商主要有晶盛机电、北方华创、中电科 45 所、华峰测控等企业，技术水平还处于发展阶段。



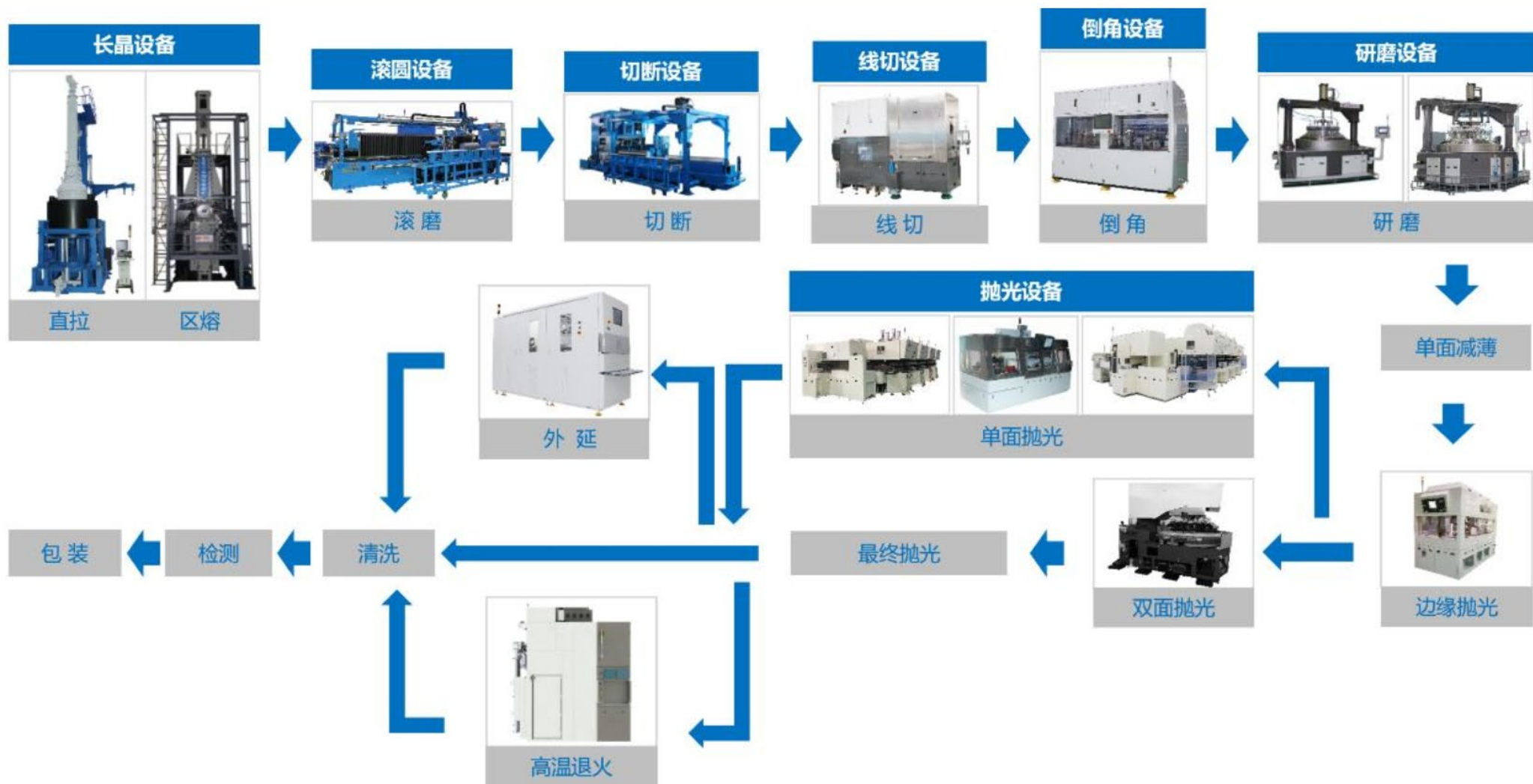
表 4: 硅片加工设备及厂商

工艺	设备	国际厂商	国内厂商
切片	切割机、滚圆机、截断机	东京精密、齐藤精机、瑞士 HCT、M&B	中电科 45 所
磨片	研磨系统	日本东京精密	北京京仪世纪、中西远大、晶盛机电
倒角	倒角机	日本东京精密、日本 SPEEDFAM	——
抛光	硅刻蚀设备	美国 SEMITOOl、德国 RENA	北方华创
	边缘抛光机	日本 SPEEDFAM、日本 BBS 金明	——
	双面抛光机	日本 SPEEDFAM、日本不二越、美国 PRHOFFMAN、德国莱玛特	晶盛机电、苏州赫瑞特
	单面抛光机	日本 SPEEDFAM、日本不二越、日本冈本机械、德国莱玛特	中电科 45 所
清洗	清洗设备	美国科林 Lam Research、东京电子、日本 DNS	北方华创、盛美半导体、至纯科技
检测	厚度仪、颗粒检测仪、硅片分选仪	日本 Advantest、美国 MTI、韩国 FORTIX	北京华峰测控、长川科技

数据来源：金智创新，国泰君安证券研究

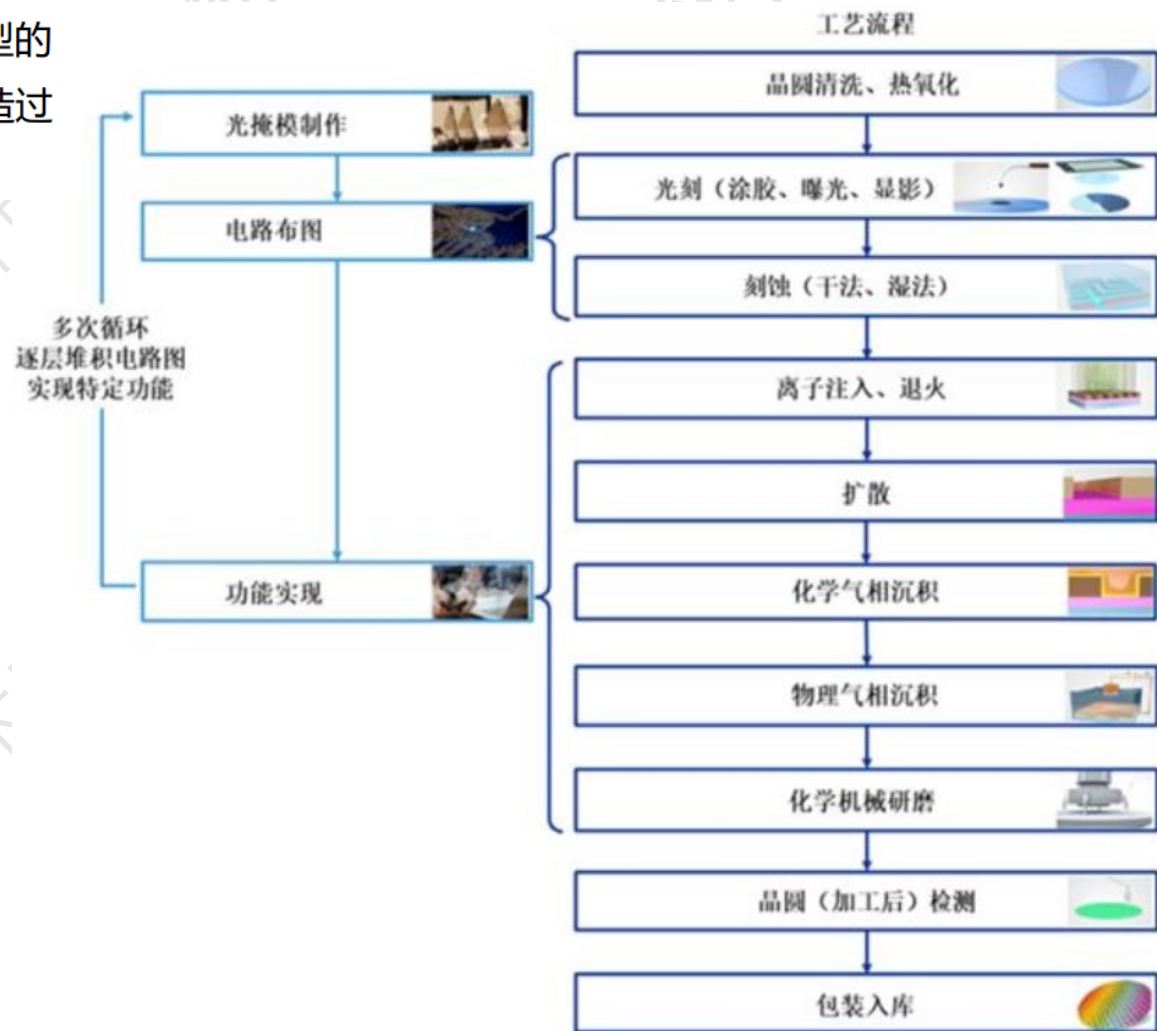
# 硅片制造

图 28、半导体硅片制造工艺链与设备



# 晶圆制造

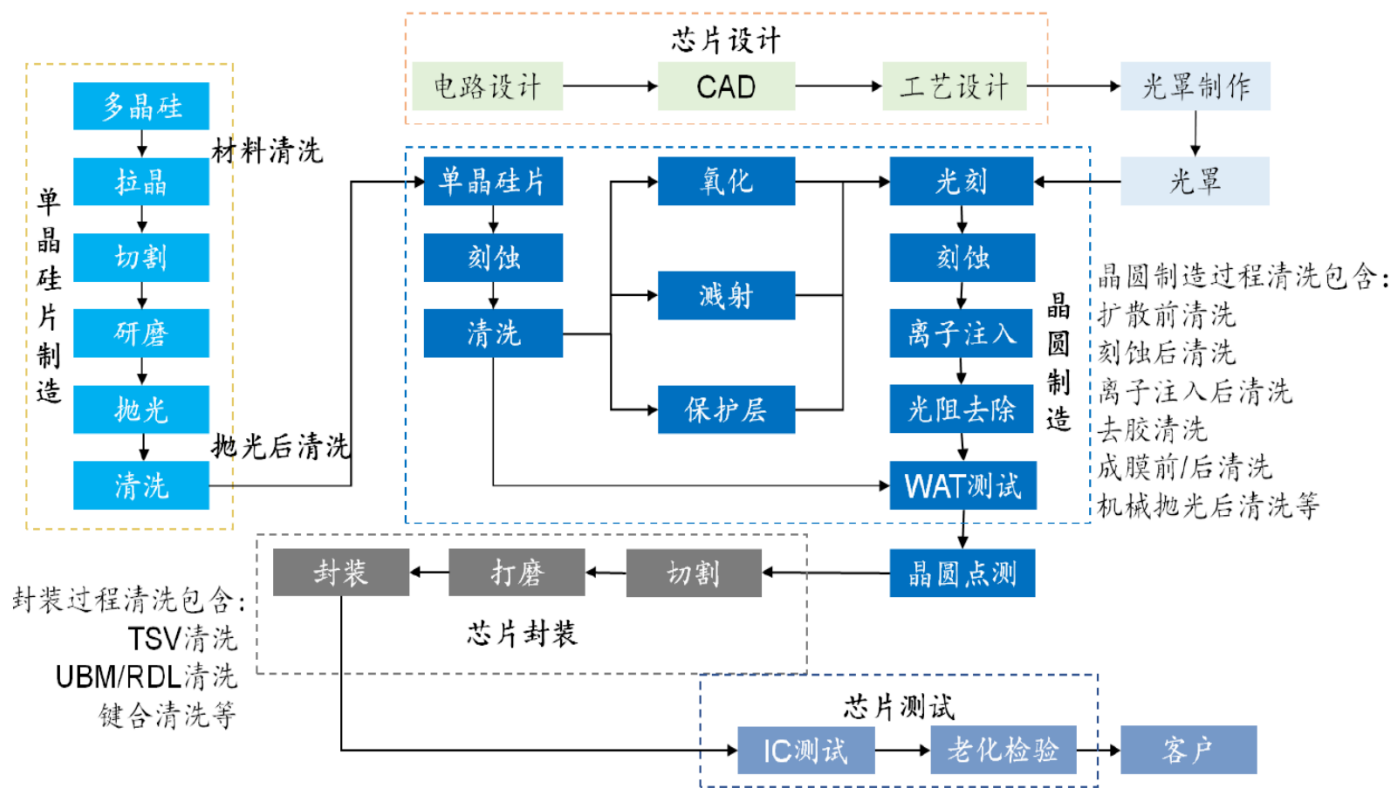
**晶圆制造过程复杂。**晶圆是指制作半导体积体电路所用的硅晶片，其原始材料是硅片。硅片在经过研磨，抛光，切片后，形成硅晶圆片，也就是晶圆。晶圆制造的工艺流程主要包括扩散、光刻、刻蚀、离子注入、薄膜生长、抛光、金属化。典型的晶圆制造过程复杂耗时，需要花费 6-8 周的时间，涵盖 350 多道步骤。晶圆制造过程中，主要运用到的核心设备有薄膜沉积设备、光刻设备和刻蚀设备。





# 晶圆制造-清洗

清洗是贯穿半导体产业链的重要工艺环节。在半导体硅片的制造过程中，需要清洗抛光后的硅片，保证其表面平整度和性能，从而提高在后续工艺中的良品率；而在晶圆制造工艺中要在光刻、刻蚀、沉积等关键工序前后进行清洗，去除晶圆沾染的化学杂质，减小缺陷率；而在封装阶段，需根据封装工艺进行 TSV 清洗、UBM/RDL 清洗等。清洗工序的技术是影响芯片成品率、品质及可靠性最重要的因素之一。



# 晶圆制造-清洗

清洗是指针对不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，避免杂质影响芯片良率和芯片产品性能。

表 3： 半导体清洗中污染物

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，长城证券研究院

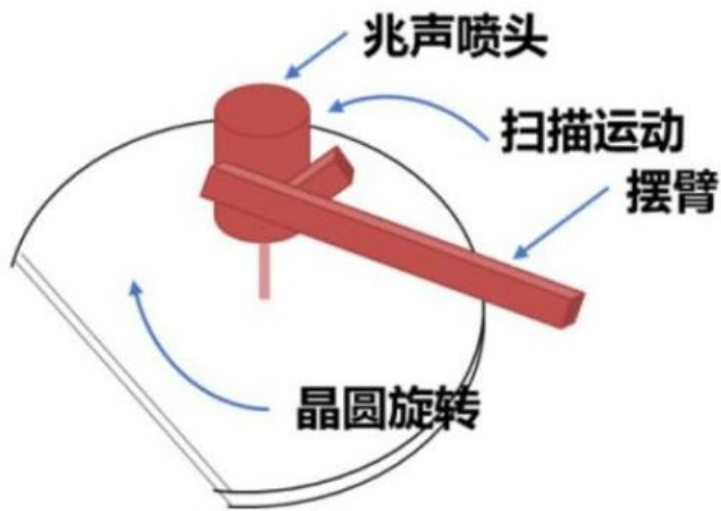
清洗步骤数量约占有所有芯片制造工序步骤的 30%以上，是所有芯片制造工艺步骤中占比最大的工序。随着半导体制造技术不断进步，半导体器件集成度不断提高，芯片工艺节点在不断缩小。光刻、刻蚀、沉积等重复性工序步骤以倍速增长，因而清洗工序的数量和重要性也随着提升，在实现相同芯片制造产能的情况下，对清洗设备的需求量也将快速增长。

根据清洗介质的不同，目前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。湿法清洗是针对不同的工艺需求，采用特定的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、真空等辅助技术手段；干法清洗是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、束流清洗等技术。目前湿法清洗是主流的清洗技术路线，占芯片制造清洗步骤数量的 90%以上。

# 晶圆制造-清洗

在集成电路制造的先进工艺中，单片清洗已逐步取代槽式清洗成为主流。首先，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；其次，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影响会更大，进而危及整批晶圆的良率，会带来高成本的芯片返工支出。

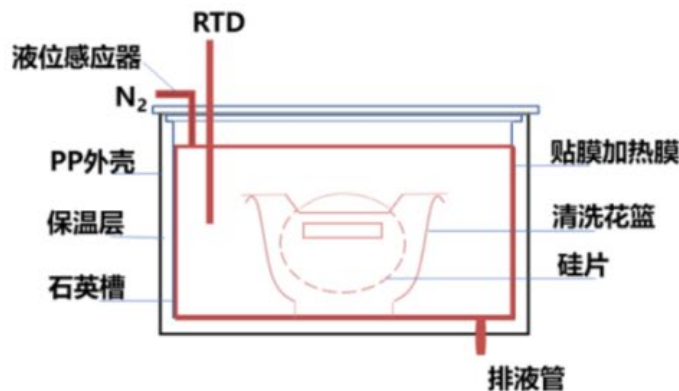
图 15: 单片清洗



资料来源：盛美股份招股书，长城证券研究院

图 16: 槽式清洗

槽式清洗原理：



资料来源：盛美股份招股书，长城证券研究院



# 晶圆制造-光刻

## 4.2. 光刻设备：集成电路制造工艺发展的驱动力

光刻的本质是把临时电路结构复制到以后要进行刻蚀和离子注入的硅片上。这些结构首先以图形形式制作在名为掩模板石英膜板上。紫外光透过掩模版把图形转移岛硅片表面光敏薄膜上。通常的光刻是这样进行的：光刻显影后图形出现在硅片上，然后用一种化学刻蚀工艺把薄膜图形成像在下方的硅片上，或者被送到离子注入工作区来完成硅片图形区中可选择的掺杂。光刻工艺经过八个复杂的步骤：气相成底膜、旋转涂胶、软烘、对准和曝光、曝光后烘焙、显影、坚膜烘焙、显影检查。

图 23：光刻工艺步骤



图 13.9 光刻的 8 个步骤

**光刻定义：**将掩模板上的图形曝光至预涂了光刻胶的晶圆表面上。光刻胶（正胶）受到照射的部分，将发生化学变化，从而易溶于显影液。光刻机是芯片制造的支柱设备，一般分为准直透镜系统（EUV 除外）、掩模板对准系统、曝光系统等。光刻机设备的核心零部件包括光源、镜头以及精密结构等。

数据来源：《半导体制造技术》

**光刻行业的关键定理——瑞利公式：** $CD=k1*(\lambda/NA)$ 。CD 为关键尺寸，为了降低 CD，有三种方式：（1）降低波长  $\lambda$ ；（2）提高镜头的数值孔径 NA；（3）降低综合因素 k1。

**生产参数：**（1）分辨率：可达的最小光刻图形尺寸；（2）**套准精度**：图形尺寸在亚微米数量级上，套刻误差在特征尺寸 10%；（3）产率：对给定掩模板，每小时能曝光的晶片数量。

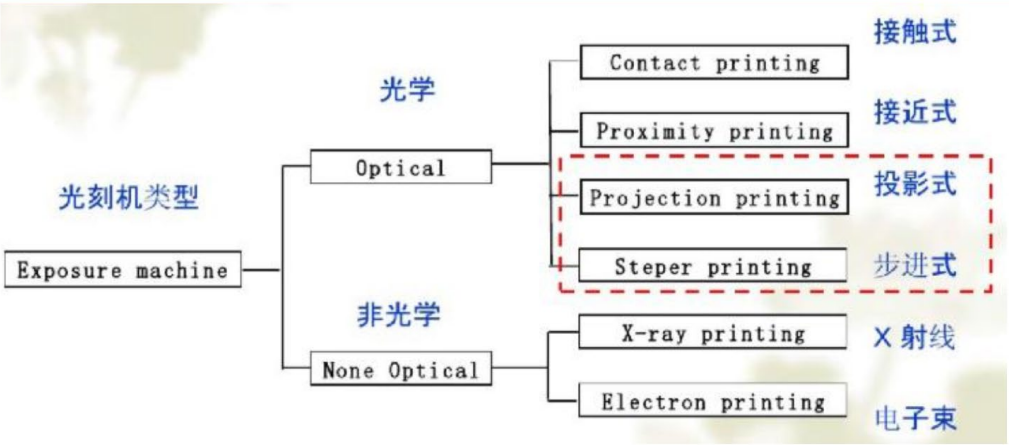


# 晶圆制造-光刻

## 4.2.1. 光刻设备主要产品

从早期的硅片制造以来，按照曝光方式来分类，光刻设备可以分为五代：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。最早的接触式光刻机依赖人为操作，并且容易被沾污，因为掩模版和光刻胶式直接接触的，同时颗粒周围的区域存在分辨率问题。接近式光刻机式从接触式光刻机发展而来的，它缓解了接触式光刻机的沾污问题，但是工作能力减少了。扫描投影光刻机解决了沾污问题、边缘衍射、分辨率限制和依赖于操作者的问题，如今依然有使用。分布重复光刻机只投影一个曝光场，然后步进到硅片另一个位置重复曝光。步进扫描光刻机融合了扫描投影光刻机和分布重复光刻机技术，通过使用缩小透镜扫描一个大曝光场图像到硅片上一部分实现。

图表 3: 光刻机类别



资料来源：《集成电路产业全书》、国盛证券研究所

表 5: 硅片加工设备及厂商

光刻机种类	光源	波长	分辨率	工艺节点
接触式光刻机	g 线	0.5um 以上	2um	0.5um 以上
接近式光刻机	i 线	0.35-0.5um	200-500nm	0.35-0.5um
扫描投影光刻机	KrF	0.15-0.25um	80-150nm	0.15-0.25um
分布重复光刻机	ArF	65nm-0.13um	65-90nm	65nm-0.13um
步进扫描光刻机	极紫外	7nm 以下	<8nm	7nm 以下

数据来源：《半导体制造技术》，国泰君安证券研究

# 晶圆制造-光刻涂胶设备

表 2：涂胶/显影机和喷胶机介绍

半导体设备	原理	作用
涂胶/显影机	通过机械手使晶圆在各系统之间传输和处理。	完成晶圆的光刻胶涂覆、固化、显影、坚膜等工艺过程。
喷胶机	光刻胶雾化成雾滴，并由氮气喷涂衬底或晶圆表面，通过热板加热后形成均匀覆盖。	覆盖不规则表面晶圆的光刻胶涂覆，可以有效、均匀地涂覆带有沟槽图形的晶片表面。

资料来源：芯源微招股说明书，浙商证券研究所

东京电子几乎垄断全球涂显设备市场，目前国内只有芯源微打破技术壁垒。在光刻工序涂胶显影设备领域，主要企业有日本东京电子、日本迪恩士、德国苏斯微、台湾亿力鑫、韩国 CND 等，其中东京电子以绝对的市场以 90%左右的市占率成为第一，而芯源微长在以国内 4%的市占率突破这一围城。

# 晶圆制造-光刻胶

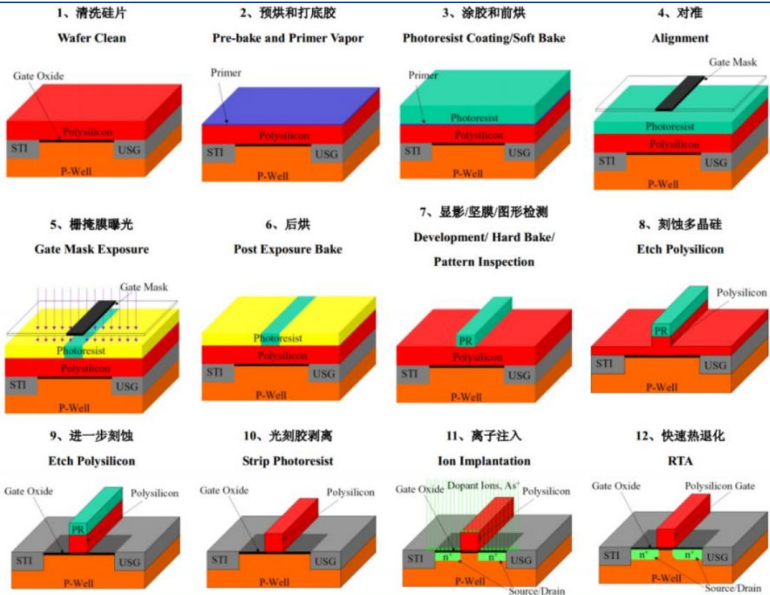
在光刻机曝光下，光刻胶（未）被曝光的部分将溶于显影液，从而实现将图形从掩模板转移至光刻胶，并在后续的刻蚀环节将图形进一步转移至薄膜。根据反应机理和显影原理，可以将光刻胶分为正性光刻胶和负性光刻胶。正性光刻胶形成的图形与掩膜版（光罩）相同，负性光刻胶显影时形成的图形与掩膜版相反。根据感光树脂的化学结构，光刻胶可分为光聚合型，光分解型和光交联型。

图表 7: 光刻胶分类

分类标准	具体类别	备注
应用领域	IC 光刻胶	g 线光刻胶、i 线光刻胶、KrF 光刻胶、Arf 光刻胶、聚酰亚胺光刻胶、掩模版光刻胶等
	PCB 光刻胶	干膜光刻胶、湿膜光刻胶、光成像阻焊油墨等
	LCD 光刻胶	彩色光刻胶及黑色光刻胶、LCD 衬垫料光刻胶、TFT 配线用光刻胶等
按曝光波长	g 线	曝光波长：436nm 对应集成电路尺寸：0.5 $\mu\text{m}$ 以上适用芯片：6 寸
	i 线	曝光波长：365nm 对应集成电路尺寸：0.5-0.35 $\mu\text{m}$ 适用芯片：6 寸，8 寸，12 寸
	KrF	曝光波长：248nm 对应集成电路尺寸：0.25-0.15 $\mu\text{m}$ 适用芯片：8 寸，12 寸
	Ar	曝光波长：193nm 对应集成电路尺寸：65-130nm 适用芯片：12 寸
	EUV	曝光波长：134nm 对应集成电路尺寸：32nm 以下适用芯片：12 寸及以上
按相应紫外线的特征	正性胶	未曝光的部分溶于显影液高分辨率，抗干法蚀刻性强，耐热性好，去胶方便，台阶覆盖度好，对比度好，随着 2-5 $\mu\text{m}$ 图形尺寸出现，正胶分辨率优势逐渐凸显
	负性胶	曝光的部分溶于显影液，抗酸抗碱，粘附性好，热稳定性好，感光速度快

资料来源：赛瑞研究，前瞻产业研究院整理，国盛证券研究所

图表 8: 集成电路光刻和刻蚀工艺流程



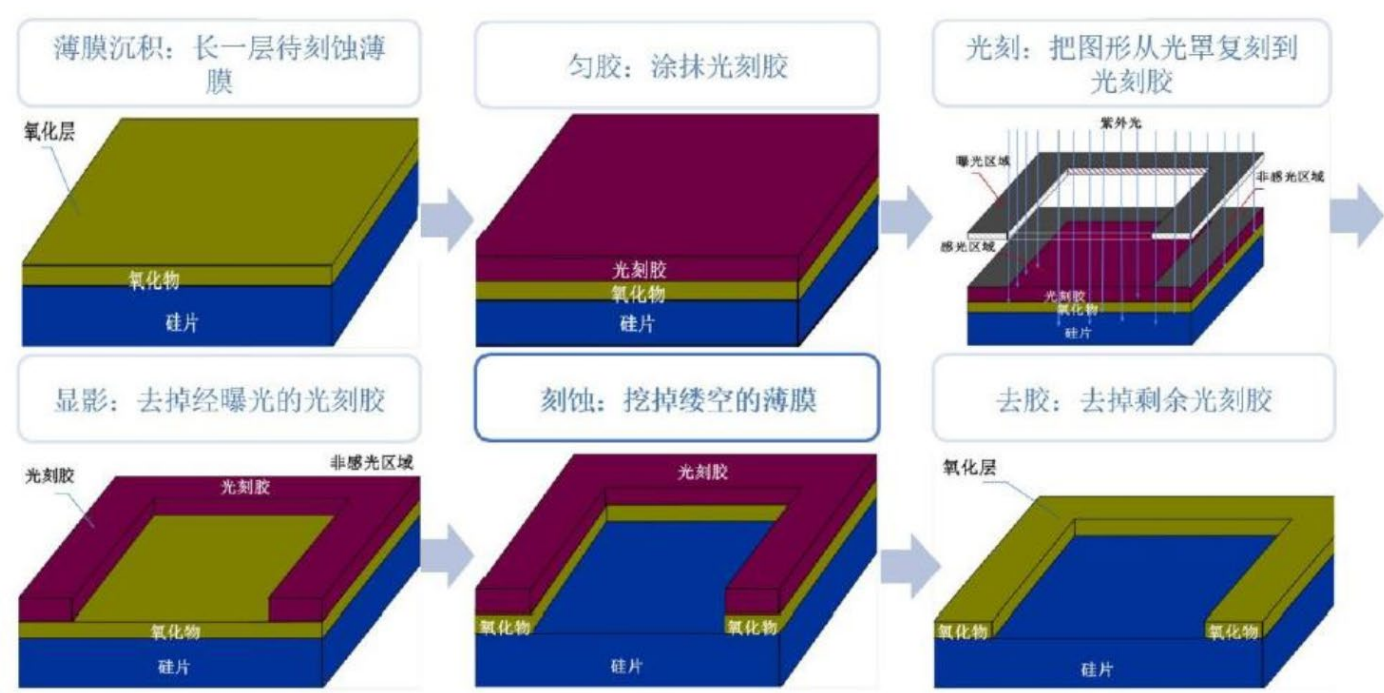
资料来源：晶瑞股份招股说明书，国盛证券研究所



# 晶圆制造-刻蚀

刻蚀是用化学、物理、化学物理结合的方法有选择的去除（光刻胶）开口下方的材料。被刻蚀的材料包括硅、介质材料、金属材料、光刻胶。刻蚀是与光刻相联系的图形化处理工艺。刻蚀就是利用光刻胶等材料作为掩蔽层，通过物理、化学方法将下层材料中没有被上层遮蔽层材料遮蔽的地方去掉，从而在下层材料上获得与掩模板图形对应的图形。

图表 1: 刻蚀的目的是把图形从光刻胶转移到待刻蚀的薄膜上





# 晶圆制造-刻蚀

## 4.3.1. 刻蚀设备主要产品

在半导体制造中有两种基本的刻蚀工艺：干法刻蚀和湿法刻蚀。干法刻蚀是把硅片表面暴露在气态中产生的等离子体，等离子体通过光刻胶中开出的窗口，与硅片发生物理或化学反应，从而去掉暴露的表明材料。湿法刻蚀是液体化学试剂以化学方式去除硅片表面的材料。

在半导体生产过程中，干法刻蚀是最主要的生产方法。等离子体刻蚀在集成电路制造中已有 40 余年的发展历程，自 70 年代引入用于去胶，80 年代成为集成电路领域成熟的刻蚀技术。刻蚀采用的等离子体源常见的有电容性耦合等离子体（CCP）、感应耦合等离子体（ICP）和微波等离子体（ECR）等。

## 4.3.2. 刻蚀设备市场情况

**2020 年全球刻蚀机市场规模约为 208 亿元，呈现寡头垄断竞争格局。**泛林、应用材料和东京电子三足鼎立，瓜分刻蚀机市场。2018 年，泛林市占率最高，达到 52%，东京电子为 20%，应用材料为 19%。泛林是后起之秀，于 20 世纪 90 年代推出 ICP

# 晶圆制造-刻蚀

**湿法刻蚀：**用液体化学剂去除衬底表面的材料。早期普遍使用，在 3um 以后由于线宽控制、刻蚀方向性的局限，主要用干法刻蚀。目前，湿法刻蚀仍用于特殊材料层的去除和残留物的清洗。

**干法刻蚀：**常用**等离子体刻蚀**，也称等离子体刻蚀，即把衬底暴露于气态中产生的等离子，与暴露的表面材料发生物理反应、化学反应。

**刻蚀主要参数：**刻蚀速率、均匀性、选择比（对不同材料的刻蚀速率比）、刻蚀坡面（各向异性、各向同性）

应用最广泛的刻蚀设备是 **ICP** 与 **CCP**，技术发展方向是原子层刻蚀（**ALE**）。

**电容性等离子体刻蚀 CCP：**能量高、精度低，主要用于介质材料刻蚀（形成上层线路）——诸如逻辑芯片的栅侧墙、硬掩膜刻蚀、中段的接触孔刻蚀、后端的镶嵌式和铝垫刻蚀等，以及 3D 闪存芯片工艺（氮化硅/氧化硅）的深槽、深孔和连线接触孔的刻蚀等。

**电感性等离子体刻蚀 ICP：**能量低、精度高，主要用于硅刻蚀和金属刻蚀（形成底层器件）——硅浅槽隔离（STI）、锗（Ge）、多晶硅栅结构、金属栅结构、应变硅（Strained-Si）、金属导线、金属焊垫（Pad）、镶嵌式刻蚀金属硬掩模和多重成像技术中的多道刻蚀工艺。

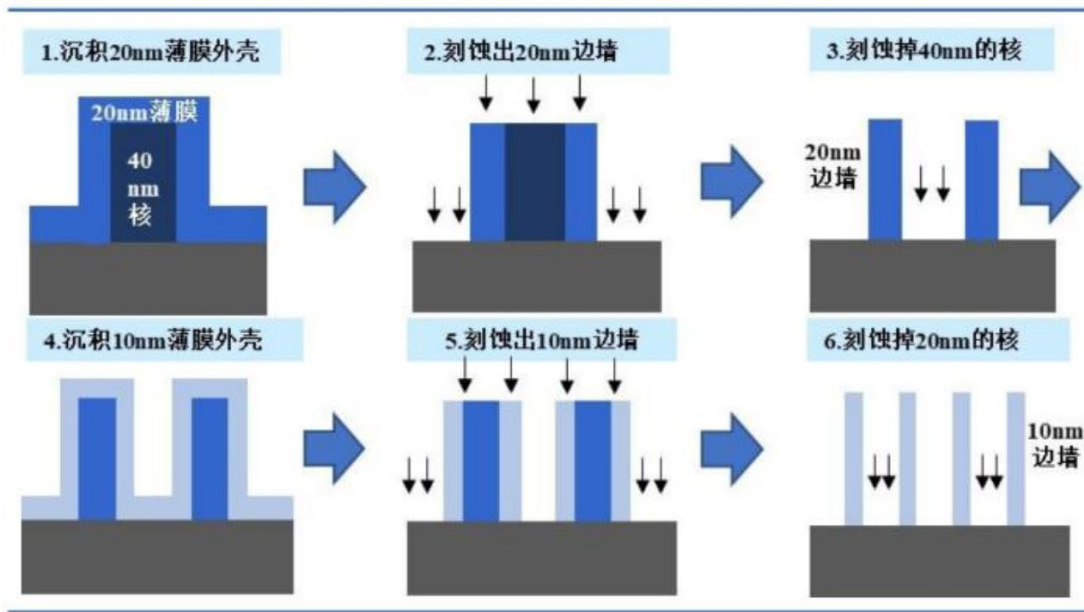
**ALE：**技术发展方向，能精确刻蚀到原子层（约 0.4nm），具有超高刻蚀选择率。应用广泛。

# 晶圆制造-刻蚀

光刻技术中许多先进制程涉及多重图形技术。即使是 EUV，波长为 13.5nm，要实现 7nm 的精度，仍需要依靠多重图形技术，即**多次刻蚀**。因此制程升级，精度越高，需要的刻蚀复杂度、步骤数量也在提升。所以**刻蚀设备和化学薄膜设备**成为更关键的设备。

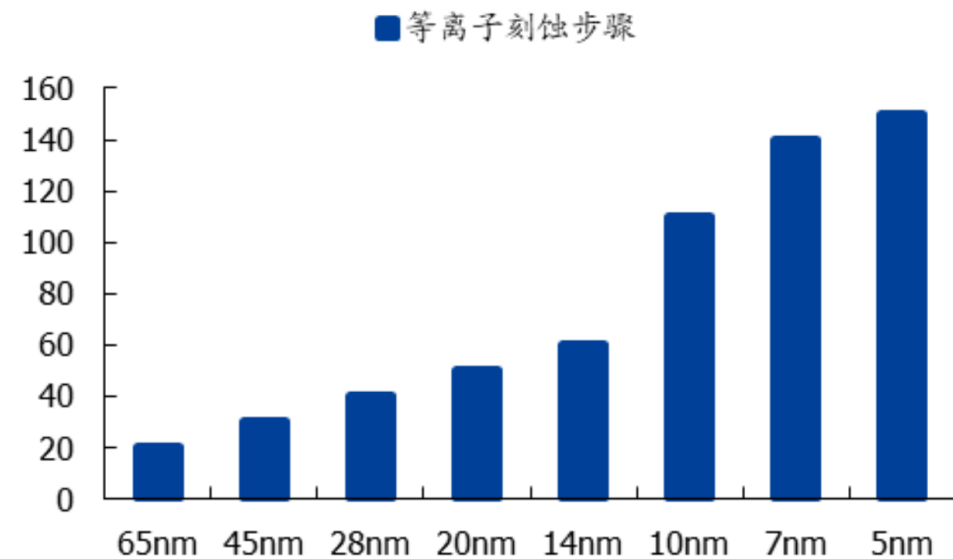
图表 7: 多重成像技术

10 纳米多重模板工艺原理，涉及多次刻蚀



资料来源：公司公告、国盛证券研究所

图表 9: 刻蚀步骤逐渐增加（步骤数量）

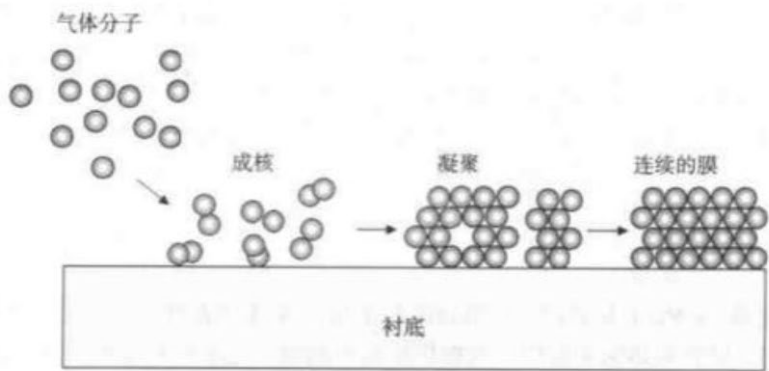


资料来源：digitimes、国盛证券研究所

# 晶圆制造-薄膜沉积

薄膜沉积是指在硅片衬底上沉积一层待处理的膜。沉积膜可以是二氧化硅、氮化硅、多晶硅等非金属以及铜等金属。沉积的膜可以为无定形、多晶的或者单晶的。在半导体制造过程中，这三种膜都会被用到。起隔离作用的膜或金属膜通常是无定形或多晶的；在氧化物层上沉积的硅是多晶的。薄膜生长主要有三个不同的阶段：1）晶核形成，成束的稳定小晶核形成，是薄膜进一步生长的基础；2）聚集成束，也成为岛生长。岛束依照表面的迁移率和束密度来生长；3）形成连续的膜，岛束汇集合并形成固态的薄层并延伸铺满衬底表面。

图 16：薄膜生长阶段





# 晶圆制造-薄膜沉积

## 4.1.1. 薄膜沉积设备主要产品

薄膜沉积方法分为化学气相沉积( CVD )、物理气相沉积( PVD )和原子层沉积( ALD )。

化学气相沉积( CVD )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。硅片的表面及邻近区域被加热来向反应系统提供附加的能量。物理气相沉积( PVD )是通过溅射的物理过程，高能粒子撞击具有高纯度的靶材料固体平板，按物理过程撞击出原子。这些被撞击出的原子穿过真空，最后沉积在硅片上。原子层沉积( ALD )在 CVD 的基础上，使用脉冲调制技术，用清除气体将每种反应剂分离，分阶段地生长薄膜。

## 4.1.2. 薄膜沉积设备市场情况

**2020 年薄膜沉积设备市场规模约为 216 亿元，市场格局为国际寡头垄断。**薄膜沉积设备是晶圆制造过程中的核心设备，在各晶圆制造流程设备中市场规模最大，占比达到 26%。按工艺类型分，如今化学气相沉积( CVD )市占率最高，达到 57%；其次是物理气相沉积( PVD )，市占率为 29%；原子气相沉积( ALD )市占率最低，为 14%。各工艺的薄膜沉积设备市场均呈现国际寡头垄断的局面，代表性企业有 AMAT、LAM、ASM、TEL 等。

# 晶圆制造-离子注入

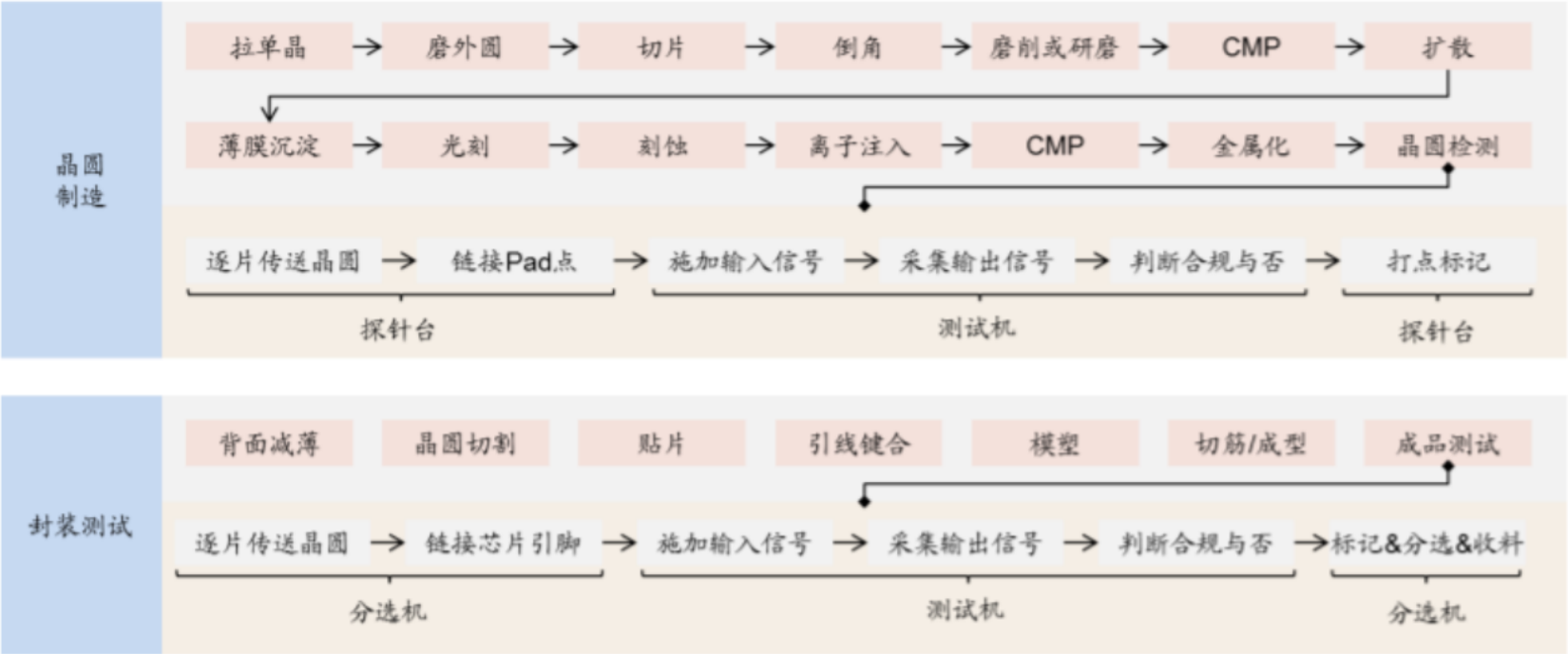
离子注入制造更优 PN 结。目前常用的光伏电池制备流程，PN 结在扩散制结工艺处实现。制结有热扩散、离子注入和外延生长等方法，目前主要以传统热扩散为主，通过坩埚加热硅片至 900 摄氏度左右，使掺杂离子通过热扩散进入硅片内部。离子注入技术应用于扩散工艺，相较传统“热扩散”工艺优势明显：其一，能够实现单面准直掺杂；其二，具备良好的掺杂均匀性、掺杂元素的单一性；其三，容易实现掺杂区域的图形化注入，从而大幅提升光电转换效率，延长光伏电池使用寿命。

离子注入是薄膜成型的关键工艺之一。芯片生产制造的核心流程是光刻、刻蚀和薄膜成型工艺，不断重复循环这三个步骤，从而形成一层层不同的图案结构。此核心循环工艺，逻辑或存储芯片需要重复几十至上百次，对相关设备的良率产率需求最高。核心循环中的薄膜成型工艺主要有三种，离子注入、氧化、外延生长或溅射。

# 晶圆封测

**封装与测试是集成电路的后道工序。**半导体封装是指将通过测试的晶圆按照产品型号及功能需求加工得到独立芯片的过程，具备电力传送、讯号传送、散热功能以及电路保护四大功能。测试是指检测不良芯片，确保交付芯片的完好。

图 35：集成电路测试流程



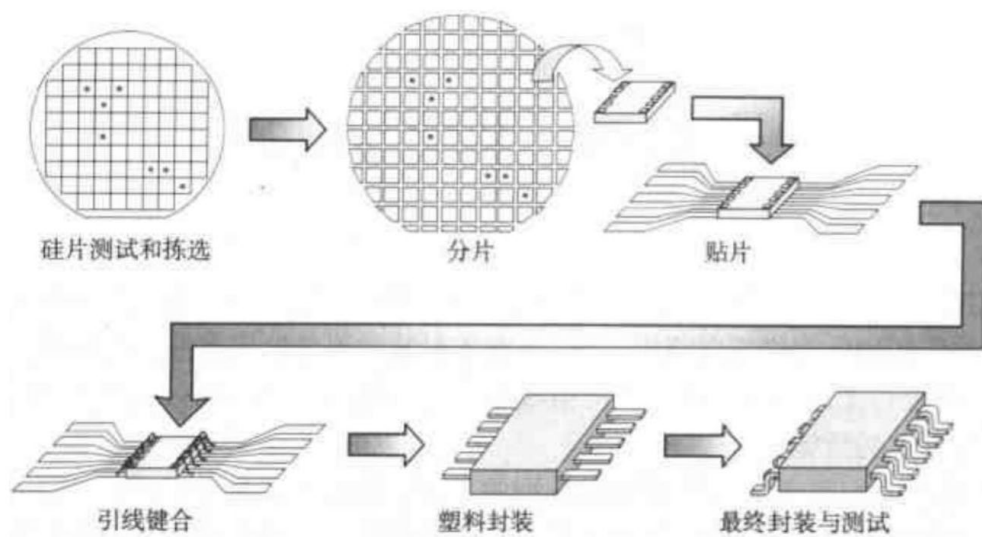
数据来源：华峰测控招股说明书

# 晶圆封测

## 5.1. 封装设备

封装的过程是取出电性能良好的器件，将它们放入管壳，用引线将器件上的压点与管壳上的电极互相连接起来。封装为芯片提供一种保护并将它黏贴到更高级装配板上的措施。

图 36：封装过程



数据来源：《半导体制造技术》



# 晶圆封测

## 5.1.1. 封装设备主要产品

对于电子元件有两种不同的封装层次。第一级封装即 IC 封装，是将印刷电路板上固定金属管脚。第二级封装是将集成电路块装配到具有许多元件和连接件的系统中。在大多数第二级封装中，使用 Sn/Pb 焊料将集成电路块焊在印刷电路板上。印刷电路板（PCB），又被称为底板或载体，用焊料将载有芯片的集成电路块黏贴在板上的电路互连，同时使用连接件作为其余产品的电子子系统的接口。然后将已装配好的电路板放入最终产品中。

封装过程中主要涉及的产品有引线焊接设备、贴片机、倒装机、热压机、划片机、塑封设备和切筋成型设备。其中，引线焊接设备、贴片机、划片机的占比较高。

表 7：国内外封装设备各产品代表公司

封测设备种类	全球领先企业	国内相关企业
引线焊接设备	Shinkawa、ASM Pacific、K&S	中电科 45 所、深圳翠涛
贴片机	Besi、ASM Pacific、Shinkawa、K&S	苏州艾科瑞斯、大连佳峰
倒装机	ASM Pacific、K&S、Shinkawa	中电科 45、大连佳峰
热压机	ASM Pacific	-
划片机	Disco、ASM Pacific、K&S	中电科 45 所
塑封设备	Towa、ASM Pacific、Besi、YAMADA	富仕三佳
切筋成型设备	Besi、ASM Pacific	-

数据来源：华峰测控招股说明书，国泰君安证券研究

## 5.2. 测试设备

集成电路的电学测试在芯片工艺的不同阶段进行。这些测试在早期设计阶段开始，在硅片制造的重要步骤继续，以最后封装的 IC 产品测试结束。

表 8: IC 产品不同阶段涉及的电学测试

测试	IC 生产阶段	硅片/芯片级	测试描述
1. IC 设计验证	生产前	硅片级	描述、测试和检验新的芯片设计，保证符合规格要求
2. 在线参数测试	硅片制造过程中	硅片级	为了监控工艺，在制造过程的早期( 前端 )进行的产品工艺检验测试
3. 硅片拣选测试( 探针 )	硅片制造后	硅片级	产品功能测试，验证每个芯片是否符合产品规格
4. 可靠性	封装的 IC	封装的芯片级	集成电路加电并在高温下测试，以发现早期失效( 有时候，也在在线参数测试中进行硅片级的可靠性测试 )
5. 终测	封装的 IC	封装的芯片级	使用产品规格进行的产品功能测试

数据来源：《半导体制造技术》，国泰君安证券研究

# 晶圆封测

## 5.2.1. 测试设备主要产品

测试阶段所涉及的主要设备有测试机、分选机和探针机。半导体测试机测试半导体器件的电路功能、电性能参数，具体涵盖直流参数（电压、电流）、交流参数（时间、占空比、总谐波失真、频率等）、功能测试等。探针台与分选机实现被测芯片与测试机功能模块的连接。测试机按照测试芯片种类分，可以分为 SOC 测试机、存储测试机、模拟测试机和大功率测试机等，其中 SOC 测试机市场规模最大，占比高达 66%。

测试机种类	测试芯片种类	引脚	主要特点	国内外企业
SOC 测试机	微处理器/Logic/通信芯片等 纯数字或数模混合、数字射频混合、高端 AD/DA 芯片	1000 个以内	引脚多、信号频率高、技术更新换代快、芯片种类多，需要多引脚间的信号同步性要好、满足多种芯片测试需要的板卡	国际：Advantest、Teradyne、Xcerra 国内：华锋测控（研发）
存储测试机	存储器、DRAM、NAND 等	大于 10000 个	难点是需要大量引脚，支持高速设计信号测试	国际：Advantest、Teradyne 国内：贯中集创
模拟测试机	模拟芯片	100 个以内	频率较低，但对精度要求很高	国际：Teradyne 国内：华锋测控、长川科技
大功率测试机	MOS、IGBT、其他分立器件	10 个以内	测试芯片的耐高压耐电流特性，需要高压大电流	国内：华锋测控（研发）

域是半导体产业链中劳动密集型产业，技术门槛较低，也是早年日本、韩国和中国台湾地区发展半导体产业的切入口，中国大陆也不例外。目前，中国大陆在封测细分领域的市场占比已经达到 20%以上，在全球封测细分领域前六强的企业中，有 3