

2020 年 09 月 24 日

半导体硅片行业全攻略

——半导体行业深度

看好

相关研究

"集成电路全产业链迎新政策红利-《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》解读" 2020 年 8 月 5 日

证券分析师

杨海燕 A0230518070003
yanghy@swsresearch.com

联系人

杨海燕
(8621)23297818×7467
yanghy@swsresearch.com

本期投资提示：

- **半导体产业内涵丰富，涵盖材料至芯片。**半导体是指常温下导电性能介于导体与绝缘体之间的材料。提尔在德仪用拉单晶方法制成了世界上第一枚硅晶体管，才开启了硅为主体的固态电子时代。除硅、锗等单元素半导体外，通过结合元素周期表第四族两边的元素，改变晶体的原子结构，形成 GaAs、SiC、GaN 等二元化合物半导体材料。化合物半导体的优越性能主要体现在速度、感光性以及功率三个方面。
- **半导体硅片是生产集成电路、分立器件、传感器等半导体产品的关键材料，目前 90% 以上的半导体产品使用硅基材料制造。**硅作为半导体材料的优势：1) 硅在地球上储量达到 26.8%，仅次于氧；2) 硅的能隙较大，使其具有较高的操作温度及较低的漏电流；3) 硅片表面的 SiO₂ 层能耐高温，对硅片起保护作用。半导体硅片是生产集成电路、分立器件、传感器等半导体产品的关键材料。
- **硅晶圆厂商将多晶硅加工成硅片。**硅晶圆制造厂将此多晶硅加热融解，并于熔融液掺入一小粒的硅晶体晶种，将其缓慢地拉出成形，让多晶硅被拉成不同直径大小的单晶硅晶棒，因硅晶棒是由一颗小晶粒在熔融态的硅原料中逐渐生成，此过程称为长晶。硅晶棒再经过切片、磨片、倒角、热处理、抛光、清洗等加工制程，即可成为集成电路产业重要原料硅晶圆（硅片），硅片表面的平坦度为 1 微米以下。
- **半导体硅片占半导体制造材料市场规模比重约 37%，位于半导体制造三大核心材料之首。**每块空白硅晶圆经过复杂的化学和电子制程后，可布设多层精细的电子电路，在晶圆厂内制造芯片电路后，再经切割、测试、封装等程序，即成为一颗颗 IC。半导体材料按应用领域分为晶圆制造材料和封装材料。晶圆制造端材料包括硅晶圆、光刻胶、光掩模版、特种气体、CMP 抛光材料、湿电子化学品、溅射靶材等组成，后端封装材料包括导线架和基板、陶瓷封装、封装树脂、焊线和黏合剂等。其中，硅晶圆、特种气体、掩膜版的市场规模占比较大，且以美日企业为主导。
- **硅晶圆市场周期性存在以下主要特点：**1) 12" 硅晶圆需求景气主要由手机、PC、Tablet 等消费电子产品创新周期驱动，8" 硅晶圆需求由汽车电子、功率、指纹识别等产品需求。2) 由于下游电子产品对硅片需求不断增长，全球 12 英寸出货量呈现稳定上升趋势。2013-2019，全球 12" 硅晶圆月出货量从 4KK 提升到 6KK。3) 硅晶圆行业价格受开工率、客户库存以及终端产品价格等因素影响，由于重资产属性，硅晶圆代表企业盈利能力也受波动影响。4) 由于硅晶圆供应商 50% 以上集中于日本，而半导体产业相对分散于全球，因此日元汇率也是造成硅晶圆与半导体市场周期背离的重要原因。**2019Q4 季度，8" 及 12" 硅晶圆市场需求均见底，自 2020Q1 起 200mm/300mm 需求稳步回升。**
- 建议重点关注国产替代的沪硅产业、中环股份、神工股份，国内硅晶圆产业起点低、起步晚，在下游晶圆厂及 IC 设计国产化趋势下，上升空间巨大。
- 风险提示：技术追赶进度、新产品送样不及预期。



申万宏源研究微信服务号

投资案件

结论和投资建议

半导体材料技术壁垒高，半导体行业国产化必然引发硅材料国产化需求。建议重点关注国产替代三个上市标的沪硅产业、中环股份、神工股份。

原因及逻辑

1) 跟随摩尔定律演进，集成电路制造所用的主流晶圆直径从 4 英寸、6 英寸、8 英寸发展到 12 英寸。新兴需求迭起，8 寸晶圆厂出现阶段性产能紧张；此外，450mm 晶圆投产节奏一再低于预期，节奏上给后进厂商追赶机会。

2) 从硅晶圆材料到芯片的国产化率均较低，12 英寸晶圆从 2018 年才开始有所突破。8 英寸晶圆在成熟制程及特殊制程具有优势，需求占比预计将维持 20% 以上。8 英寸产线因折旧完毕具有成本优势，同时在模拟电路、高功率等晶圆生产具有优势。据 SEMI 最新报告，2019 年底有 15 个新 Fab 厂开工建设，总投资金额达 380 亿美元，其中约有一半用于 8 英寸晶圆尺寸，为国产化提供了条件。

有别于大众的认识

市场认为国内硅晶圆会过度投资，我们认为国内硅晶圆产业起点低、起步晚，且长晶技术是决定硅片参数的核心环节，主要体现在炉内温度的热场和控制晶体生长形状的磁场设计能力。硅抛光晶圆的主要技术指标包括直径、晶体工艺、掺杂剂、晶向、电阻率、厚度等，其他质量指标包括缺陷密度、氧含量、碳含量、翘曲度等，其中大部分参数由长晶技术决定。下游芯片制程的技术节点越先进，对应的硅片上述指标控制越严格，不同的技术节点对应的指标控制参数会有相差。因此，硅晶圆产业技术难度决定了产业链公司从研发到具有市场竞争力，仍然是漫长的过程，只有技术积累和人才优势的厂商可以实现率先量产，此外扩产周期也受到半导体市场周期影响，因此只有少数公司可以在国产化实现弯道超车。

风险提示：技术追赶进度、新产品送样不及预期。

目录

1.硅片，从沙石到电路的载体	6
1.1 半导体材料纵观	6
1.2 从矿石到芯片	6
2.硅晶圆的三种重要分类.....	9
2.1 按制程分类	9
2.1.1 抛光晶圆	9
2.1.2 退火晶圆	10
2.1.3 外延晶圆	11
2.1.4 SOI，硅的异质外延	12
2.2 按应用场景分为正片、陪片和刻蚀电极	14
2.3 12 寸晶圆出货面积占比逾六成	15
3.硅晶圆的技术与投资壁垒	17
3.1 硅晶圆生长工艺及技术壁垒	17
3.2 硅晶圆厂商资金壁垒高.....	19
4 . 硅晶圆十年周期复盘.....	20
5 . 硅材料竞争格局分析.....	23
5.1 CR5 维持 90%市占率近 20 年	23
5.2 硅晶圆主要上市公司.....	23
5.2.1 信越化学	23
5.2.2 SUMCO	25
5.2.3 环球晶圆	25
5.2.4 Siltronic.....	26
5.2.5 SK Siltron.....	27
5.2.6 沪硅产业	27
5.2.7 中环股份	27
5.2.8 神工股份	28

图表目录

图 1：硅晶圆在硅产业链中的位置	7
图 2：从矿石到单晶硅片的加工流程	7
图 3：硅晶圆为半导体产业链上游材料	8
图 4：2016-2019 年度全球半导体硅材料市场规模（单位：亿美元）	8
图 5：从硅棒到抛光片、特殊硅片流程图	9
图 6：退火片结构及生产原理	10
图 7：外延晶圆结构图	11
图 8：SOI 硅片的四种结构	12
图 9：SOI 四种工艺	13
图 10：SOI 在手机、汽车、云计算、IoT 的应用	13
图 11：刻蚀用单晶硅用于电极材料	14
图 12：晶圆直径尺寸从 100mm 增至 450mm	15
图 13：全球晶圆 12 寸占 70%，8 寸占 23%，6 寸以下占 6%	16
图 14：直拉法生产单晶硅棒示意图	17
图 15：直拉法生产晶棒示意图	18
图 16：电子级晶体生长炉	18
图 17：单晶硅棒及抛光片加工流程	19
图 18：硅晶圆龙头固定资产周转率仅约 2 倍	20
图 19：沪硅产业硅晶圆成本结构	20
图 20：2013-2019，全球 12" 硅晶圆月出货量从 4KK 提升到 6KK	20
图 21：全球半导体及硅片市场规模（亿美元）	21
图 22：硅晶圆大厂营业利润率历史波动（%）	22
图 23：2007 全球半导体硅片行业格局	23
图 24：2018 年半导体硅片行业格局	23
图 25：信越化学发展历程	24
图 26：信越化学硅晶圆营业利润率升至 37%（十亿日元，%）	24
图 27：SUMCO 发展历程	25
图 28：环球晶圆发展历程	26

图 29 : Siltronic 发展历程.....	26
----------------------------	----

表 1 : 典型 1um CMOS 工艺条件下体硅和 SOI 器件的寄生电容 (pF/um ²)	12
---	----

表 2 : 抛光片核心技术参数.....	19
----------------------	----

1. 硅片，从沙石到电路的载体

1.1 半导体材料纵观

半导体产业内涵丰富，涵盖材料至芯片。半导体是指常温下导电性能介于导体与绝缘体之间的材料。原本半导体是指半导体材料，现在也指材料上做成的集成电路，用在电脑、手机、电视、数码音乐播放器、数码相机、手提游戏机等等，这些统称为半导体电子器件。

半导体与收音机的渊源。收音机经历了真空电子管、晶体管技术时代，晶体管收音机是半导体晶体管的第一个商业化产品，因此民间将收音机称为半导体。半导体收音机在上世纪 60 年代起风靡全球，成为重要的“家电”产品；1965 年，半导体收音机的产量超过了电子管收音机的产量；1980 年左右是收音机市场发展的高峰时期¹。

固态电子时代的开端，经历了从锗到硅。半导体的研究起源于固体物理及电子科学的研究，1938 年，萧基的论文《金属与半导体界面整流》首次将固体物理的基础研究与半导体组件性能连接起来，解释了 1874 年科学家布劳恩在矿石里发现的固体整流现象。1947 年底，首个晶体管在贝尔实验室诞生。因为锗的处理相对容易，锗晶的熔点低只有 900 多摄氏度，而硅的熔点在 1420 度，因此固体物理的早期研究基于锗晶做晶体管。但是，硅制晶体管最大的优点在于可以在 100 度的高温环境下运用，而锗晶体管到 70 度就没有功能，严重限制了应用范围。直到 1954 年，提尔在德仪用直拉单晶法长晶，并制成了世界上第一枚硅晶体管，才开启了硅为主体的固态电子时代。

硅作为半导体材料的优势：1) 硅在地球上储量达到 26.8%，仅次于氧；2) 硅的能隙较大（1.13V），使其具有较高的操作温度及较低的漏电流；3) 硅片表面的 SiO₂ 层能耐高温，对硅片起保护作用。半导体硅片是生产集成电路、分立器件、传感器等半导体产品的关键材料。

目前 90% 以上的半导体产品使用硅基材料制造，除硅、锗等单元素半导体外，通过结合元素周期表第四族两边的元素（如 III-V 族），改变晶体的原子结构，形成 GaAs、SiC、GaN 等二元化合物半导体材料。化合物半导体的优越性能主要体现在速度、感光性以及功率三个方面：1) **速率：**GaAs 及 InP 之类的化合物半导体的运行速率可以比单晶硅高几个数量级。2) **光谱：**与单晶硅不同，化合物半导体可以生成、接受的频谱范围广泛，从高频紫外光至长波长的红外光。3) **功率：**SiC、GaN 类化合物导体可以高功率（高电压、大电流）运行，并且在功率转换、高频领域也十分有效。化合物半导体在宽禁带、电子迁移率上远高于单晶硅，尤其适用于射频、光电子、功率半导体。

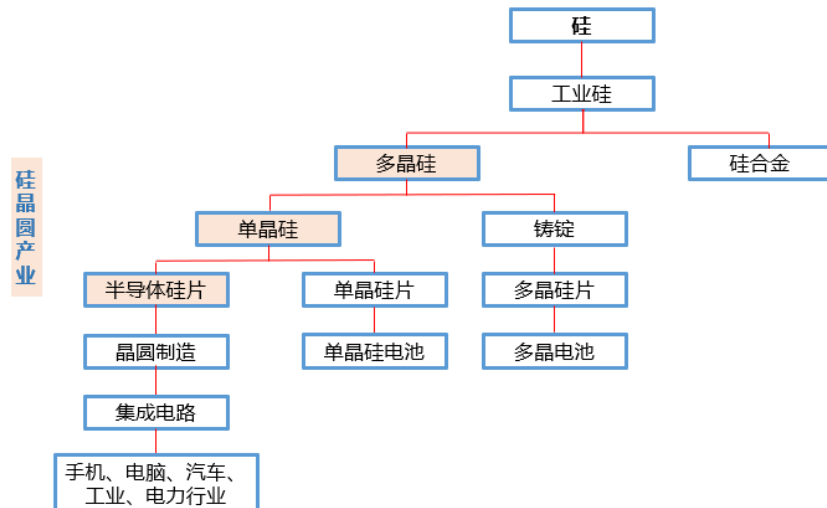
1.2 从矿石到芯片

硅片（又称晶圆，wafer）是光伏、半导体行业广泛使用的基底材料。其中，适用于集成电路行业的是半导体级的硅片。半导体硅片对产品质量及一致性要求极高，其纯度须达

¹ 电子发烧友，《为什么叫半导体收音机》。

99.9999999%以上，而最先进的工艺甚至需要做到 99.999999999%（11 个 9）。光伏级单晶硅片仅需 6 个 9 即可满足应用需求，所以半导体生产所用硅片的制备难度远大于光伏级硅片。

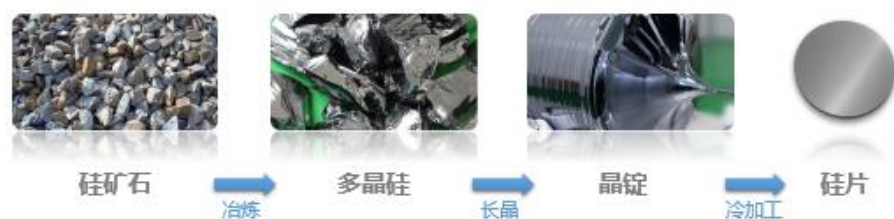
图 1：硅晶圆在硅产业链中的位置



资料来源：申万宏源研究

从矿石到多晶硅片。硅晶圆/硅片为目前制作集成电路的基底材料，其原始材料硅是第二丰富的元素，构成地壳总质量的 26.4%，仅次于第一位的氧 49.4%。地壳表面取之不尽、用之不竭的二氧化硅矿石，放入一个温度约为 2000°C 电弧熔炉中，在高温下，碳和沙石中的二氧化硅进行化学反应，得到纯度约为 98% 的冶金级硅，这对微电子器件来说不够纯，因为半导体材料的电学特性对杂质的浓度非常敏感，因此需对冶金级硅进行进一步提纯。将粉碎的冶金级硅与气态的氯化氢进行氯化反应，生成液态的硅烷，然后通过蒸馏和化学还原工艺，得到了纯度高达 9 个 9 以上的电子级多晶硅。多晶硅内部不同的区域晶向不同，在区域之间会产生晶界，仍容易滞留杂质。

图 2：从矿石到单晶硅片的加工流程



资料来源：上海新昇，申万宏源研究

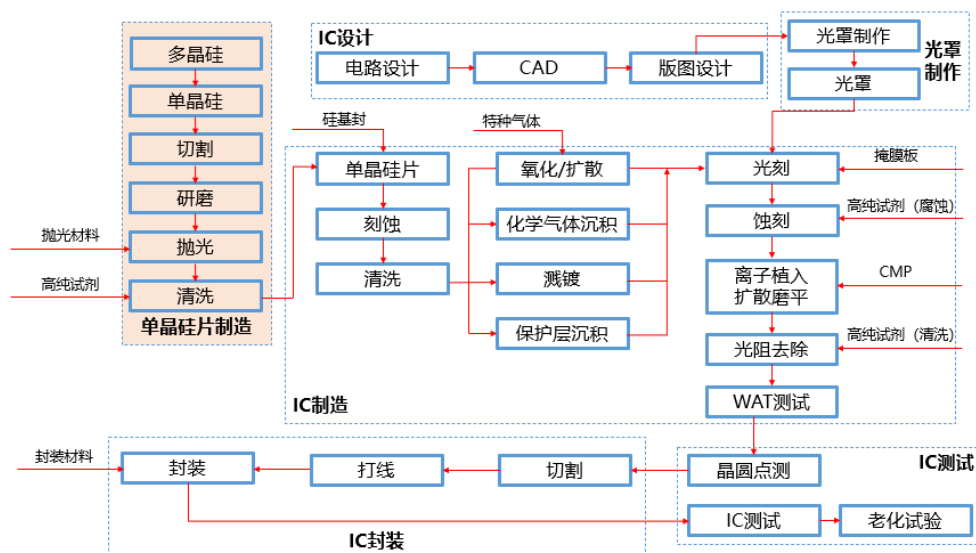
硅晶圆厂商将多晶硅加工成硅片。硅晶圆制造厂将此多晶硅加热融解，放入一根硅晶体籽晶，与熔融液接触并将其缓慢地拉出成形，拉出与籽晶同样晶向的单晶硅棒。因硅晶棒是由一根晶棒在熔融态的硅原料中逐渐生长而成，此过程称为长晶。硅晶棒再经过切片、

磨片、倒角、热处理、抛光、清洗等加工制程，即可成为集成电路产业重要原料硅晶圆（硅片），硅片表面的平坦度要求在微米及亚微米级。

每块空白硅晶圆经过复杂的化学和电子制程后，可布设多层精细的电子电路，在晶圆厂内制造芯片电路后，再经切割、测试、封装等程序，即成为一颗颗 IC。半导体制造流程系包括 IC 设计、IC 晶圆制造、IC 封装、IC 测试等阶段。随着整体半导体的垂直分工整合的趋势演进，依制造流程可区分为上游 IC 设计与硅晶圆制造公司，由 IC 设计公司依客户的需求设计出电路图，硅晶圆制造公司则以多晶硅为原料制造出硅晶圆；中游 IC 晶圆制造厂则根据设计好的电路图，在晶圆上以光罩印上电路基本图样，再以氧化、扩散、CVD、蚀刻、离子植入等方法，在晶圆上制作电路及电路上的组件；完成后再送往下游之 IC 封装、测试厂，将加工完成的晶圆，经切割过后的晶粒，以塑料、陶瓷或金属包覆，保护晶粒以免受污染且易于装配，并达成芯片与电子系统的电性连接与散热效果，最后进行 IC 功能、电性与散热等测试。

半导体硅片占半导体制造材料市场规模比重约 37%，位于半导体制造三大核心材料之首。半导体材料按应用领域分为晶圆制造材料和封装材料。晶圆制造端材料包括硅晶圆、光刻胶、光掩膜版、特种气体、CMP 抛光材料、湿电子化学品、溅射靶材等组成，后端封装材料包括导线架和基板、陶瓷封装、封装树脂、焊线和黏合剂等。其中，硅晶圆、特种气体、掩膜版的市场规模占比较大，且以美日企业为主导。

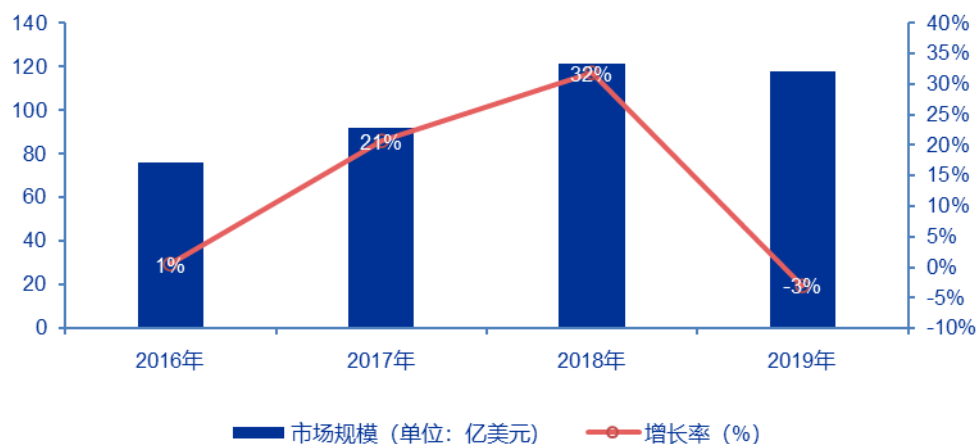
图 3：硅晶圆为半导体产业链上游材料



资料来源：申万宏源研究

受半导体市场规模下降影响，2019 年全球半导体材料市场规模为 521 亿美元，同比下降 1.1%。据 Semi 数据，2018 年全球半导体硅材料市场规模 121 亿美元，同比增长 32%；2019 年全球半导体硅片市场增长率为-3%。

图 4：2016-2019 年度全球半导体硅材料市场规模（单位：亿美元）



资料来源：SEMI，申万宏源研究

2. 硅晶圆的三种重要分类

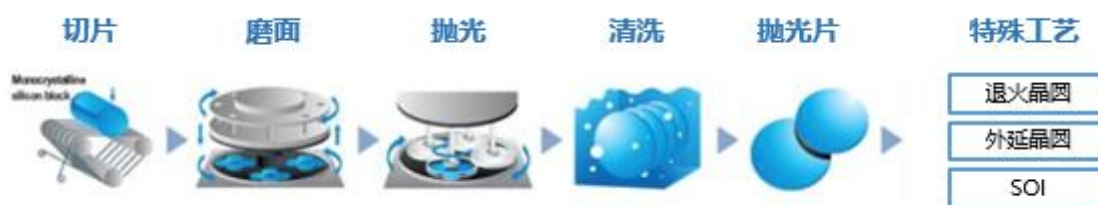
2.1 按制程分类

2.1.1 抛光晶圆

硅晶圆材料按照制程设计和产品差异，主要分为**抛光片**(polished wafer)、**退火片**(annealed wafer)及**外延片**(磊晶晶圆, epitaxial wafer)三种，其他特殊工艺包括 SOI 等。抛光片约占硅片应用的 70%，广泛用于数字与模拟集成电路及存储器、功率器件等芯片，其余约 30%硅片以退火晶圆、外延晶圆等形式出货。

从硅棒到硅片。高纯度电子级多晶硅经由长晶(crystal pulling)、切片(slicing)、磨边(beveling)、磨面(lapping)、蚀刻(etching)、抛光(polishing)、清洗(cleaning)等步骤，而生成一符合电性、表面物性、杂质标准等规格的抛光晶圆，退火、外延、SOI 等特殊工艺制程晶圆基于抛光晶圆加工而成。

图 5：从硅棒到抛光片、特殊硅片流程图



资料来源：SUMCO，申万宏源研究

长晶环节的掺杂剂决定硅片的导电类型。半导体中有两种载流子，即价带中的空穴和导带中的电子，以电子导电为主的半导体称之为 N 型半导体，以空穴导电为主的半导体称为 P 型半导体。在长晶环节中，超纯多晶硅在石英坩埚中熔化，掺杂 V 族元素(磷、砷、锑等)，当杂质原子以替位方式取代晶格中的锗、硅原子时，可提供除满足共价键配位以外的

一个多余电子，这就增加了半导体中电子浓度，称为 N 型半导体；若掺入 III 族硼元素则出现空穴，形成 P 型半导体。

以加入元素的比例不同分为轻掺杂、中掺杂和重掺杂。重掺杂的半导体中，掺杂物与半导体原子浓度比约千分之一；轻掺杂/低掺杂的浓度比可能会到十亿分之一。半导体的电阻率 ($10^{-3}\Omega\cdot\text{cm} < \rho < 10^9\Omega\cdot\text{cm}$)，利用掺杂技术可以决定硅单晶棒的种类以及相对应的电阻，重掺杂产品的电阻率通常小于 $1\Omega\cdot\text{cm}$ 。

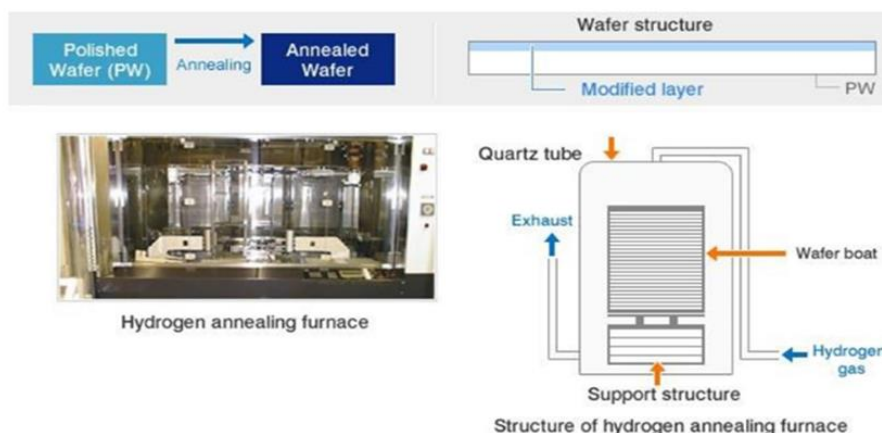
抛光片 (PW, polished wafer) 是单面或双面被抛光成具有原子级平坦度的硅芯片，约占硅片应用的 70%。单晶硅晶棒生产出来后，从晶棒的圆柱状单晶硅切割成薄片而成，属于高纯度的硅元素的晶圆片。抛光目的是进一步去除加工表面残留的损伤层，抛光片可直接用于制作器件，也可作为外延的衬底材料。

2.1.2 退火晶圆

退火晶圆 (退火片, Annealed wafer) 是将已抛光晶圆置于扩散炉中，利用高纯度氢气退火片是将抛光片置于退火炉/扩散炉中，在氢气或氩气氛中于 $1100\sim 1200^\circ\text{C}$ 高温下对硅晶圆片实施退火处理，经数小时之后可将晶圆片表层部的氧气向外加以扩散，可使表层之氧浓度大幅降低，同时可消除拉晶过程中所形成的微小 COP (Crystal Originated Particle) 缺陷。并且藉由高温热处理过程当中所形成的 BMD (Bulk Micro Defect) 来吸附晶圆表面快速扩散的金属杂质，以提升半导体 IC 制程良率及产品品质。

使用 Annealed wafer 制品之主要目的是消除晶圆表面及表层部的组件制作区域上的缺陷，并且具有很强的重金属污染捕获能力。一般 CMOS 组件制作及 DRAM 制造厂商对于晶圆片表层之缺陷要求相当的严格，故使用具有低缺陷密度 (COP、表 OSF) 的退火晶圆可以有较高的氧化层崩溃电压 (gate oxide breakdown voltage 或 GOI) 以增加产品良率。此外，从抛光片加工成退火片工艺相对简单，因此退火片的单价低于外延晶圆单价，可以部分替代薄膜外延片的需求。

图 6：退火片结构及生产原理



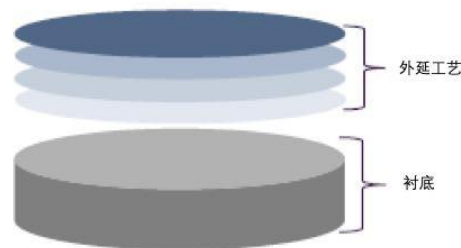
资料来源：SUMCO，申万宏源研究

2.1.3 外延晶圆

外延片 (磊晶晶圆 , epitaxial wafer)是指在抛光晶圆表面外延生长出一层不同电阻率的单晶薄膜。通过气相外延沉积的方法在衬底上进行长晶，与最下面的衬底结晶面整齐排列进行生长，新生长的单晶层称为**外延层**，长了外延片的衬底称为**外延片**。作为衬底的单晶硅片根据尺寸不同，厚度位于 500-800 微米，常用的外延层厚度为 2-20 微米。

为什么需要外延工艺？外延生长技术发展于 20 世纪 50 年代末 60 年代初，为了制造高频大功率器件，需要减小集电极串联电阻。随着半导体器件性能的要求不断提高，对单晶硅片的要求越来越高，控制硅单晶片的原生缺陷变得越来越难，因此硅外延片越来越多地被采用。外延片具有抛光片所不具有的某些电学特性，并消除了许多在晶体生长和其后的晶片加工中所引入的表面/近表面缺陷。外延用于生长元素、半导体化合物和合金薄结晶层，可以较好地控制膜的纯度、膜的完整性以及掺杂级别。

图 7：外延晶圆结构图



资料来源：IQE，申万宏源研究

外延片分类方式较多，可以按反应室、外延温度、材料异同、外延厚度、掺杂浓度、导电类型、外延生长方式等分类，以下介绍两种主要的分类方法：

按照衬底与外延层材料，可分为同质外延与异质外延。当外延膜在同一种材料上生长时，称为同质外延，如硅基外延硅；在不同材料上生长外延则称为异质外延，如硅基氮化镓 (GaN on Si)。

按照原子输入方式，主要分为气相外延 (VPE)、液相外延 (LPE)、固相外延 (SPE)。气相外延方式常用来生长 Si 外延材料、GaAs 外延材料等；液相外延主要用于生长制造光电器件所需的化合物外延功能薄层材料，其中，化学气相沉积 (CVD) 生长方法应用最为广泛，满足晶体的完整性、器件结构的多样化，装置可控简便，批量生产、纯度的保证、均匀性要求。在化合物半导体的广泛应用，分子束外延 (MBE)、金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 也成为重要的外延生长方式。MBE 广泛地用于获得超薄层异质结外延功能材料，优点是材料的质量非常好，但是生长速度比较慢。MOCVD 采用液相状态的金属有机化合物同汽态的氢化物作为沉积源原材料，以热分解反应方式沉积形成外延层，MOCVD 方法可以获得 III-V 族、II-VI 族化合物晶层及它们的多元超薄单晶层。

外延片主要技术指标包括产品直径、外延厚度、外延电阻率、外延层厚度均匀性、电阻均匀性、表面缺陷等。外延硅晶圆广泛使用在二极管、IGBT 功率器件、低功耗数字与模拟集成电路及移动计算通讯芯片等，为了满足不同的要求，衬底及外延层的技术参数通常根据客户要求及下游产品定制。

2.1.4 SOI，硅的异质外延

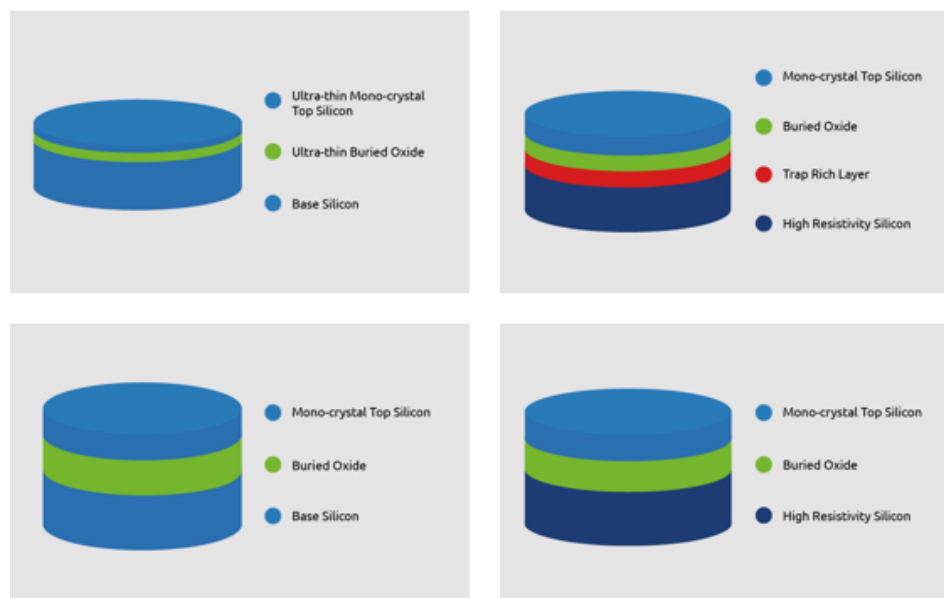
SOI（绝缘体上硅，Silicon-On-Insulator）属于硅的异质外延，原理是在硅晶体管之间加入绝缘层。SOI 硅片是差异化、功能性集成电路衬底材料，其全介质隔离特征能够实现全新的、不同于抛光片和外延片的器件设计。SOI 可使硅之间的寄生电容减少一半，由于 SOI 硅片具有寄生电容小、短沟道效应小、集成密度高、速度快、功耗低等优点。

表 1：典型 1um CMOS 工艺条件下体硅和 SOI 器件的寄生电容（pF/um²）

电容类型	体硅	SOI (SIMOX)	电容比（体硅/SOI）
栅	1.3	1.3	1
结与衬底	0.2-0.35	0.05	4-7
多晶硅与衬底	0.1	0.04	2.5
金属 1 与衬底	0.05	0.027	1.85
金属 2 与衬底	0.021	0.018	1.16

资料来源：百度，申万宏源研究

图 8：SOI 硅片的四种结构



资料来源：SOITEC，申万宏源研究

SOI 硅片的原理比较简单，核心目标就是在衬底中间加入一层绝缘层，一般为二氧化硅 SiO₂ 层。SOI 硅片的制造方法主要有四种：SIMOX 技术、Bonding 技术、Sim-bond 技术和 Smart-Cut 技术。

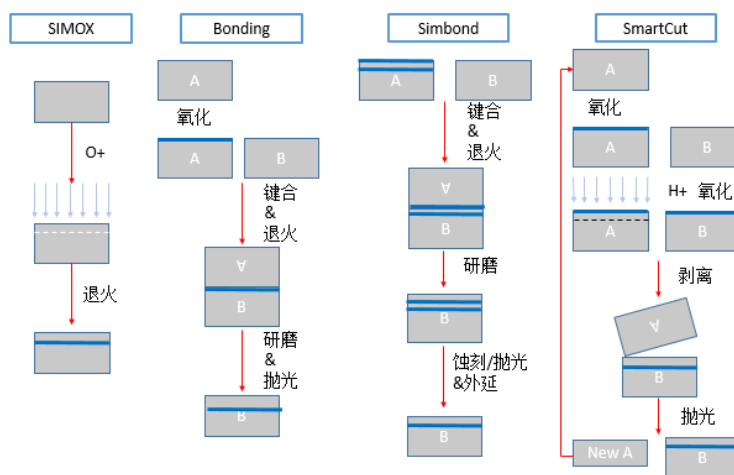
SIMOX 即注氧隔离技术，通过氧离子注入和退火两个关键步骤在普通半导体硅片内部嵌入氧化物隔离层，从而制备 SOI 硅片。SIMOX 适合于制作薄膜全耗尽超大规模集成电路。

Bonding 即键合技术，是通过将两片普通半导体硅片氧化、键合以及退火加固后，通过研磨与抛光将其中一个半导体硅片减薄到所要求的厚度来制备 SOI 硅片的方法。

Sim-bond 即注氧键合技术，通过在硅材料上注入离子并结合高温退火，形成分布均匀的离子注入层作为化学腐蚀阻挡层，实现对最终器件层的厚度及其均匀性的良好控制。Sim-bond 技术制备的 SOI 硅片具有优越的顶层硅均匀性，同时也能得到厚的绝缘埋层，因此广泛应用于汽车电子、硅光子等领域。

Smart Cut 即智能剥离技术，是世界领先的 SOI 制备技术，通过氢离子注入实现硅层的可控转移。氢注入不会导致硅片晶格的损伤，大幅度提升了顶层硅晶体质量，达到与体硅晶体质量相同的水准。此外，剥离的硅片衬底经过抛光加工后重复使用，大幅度降低了生产成本；顶层硅厚度可以通过氢离子的注入能量来调节，可以满足顶层硅厚度 1.5 μm 以下各类 SOI 硅片领域的应用。因此广泛应用于汽车电子、硅光子、射频前端芯片等领域。

图 9：SOI 四种工艺

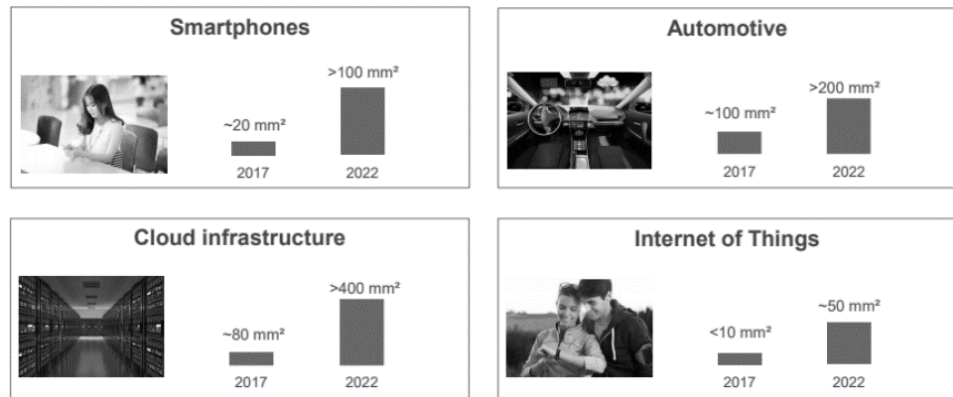


资料来源：沪硅股份，申万宏源研究

SOI 产品主要应用包括数字 SOI、RF-SOI、功率 SOI、FD SOI、光学 SOI，近年应用从数字向射频、功率等领域拓展。数字 SOI 用于处理器芯片和连接 SoC；RF SOI 应用于射频应用，目前已经成为智能手机的开关和天线调谐器的最佳解决方案；POWER SOI 用于智能功率转换电路，主要应用于汽车、工业、家电消费类等高可靠性高性能场景；FD SOI 具有减少硅几何尺寸同时简化制造工艺的优点，主要应用在智能手机、物联网、5G、汽车等对于高可靠性、高集成度、低功耗、低成本的应用领域；光学 SOI 应用于数据中心、云计算等光通信领域²。

图 10：SOI 在手机、汽车、云计算、IoT 的应用

² 参考来源：SOITEC。



资料来源：SOITEC，申万宏源研究

2.2 按应用场景分为正片、陪片和刻蚀电极

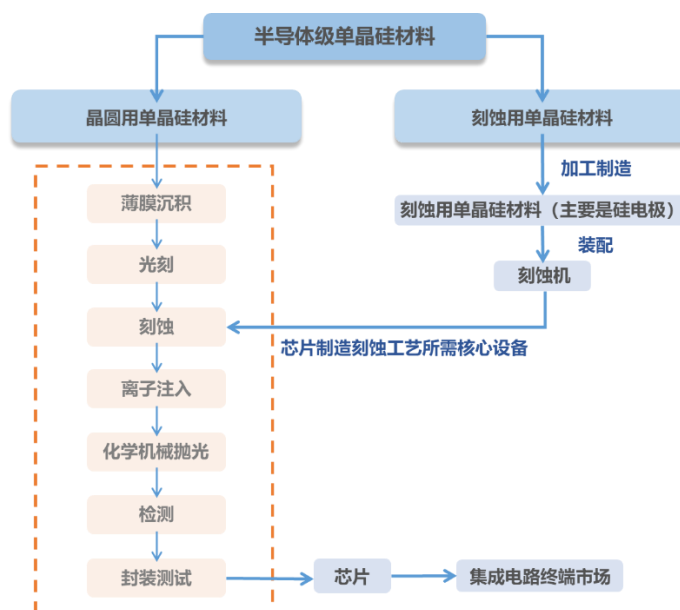
从硅片在晶圆厂的应用场景角度来看，硅片可以分为正片（Prime Wafer）和陪片。陪片又按功能分为测试片（Test Wafer）、挡片（Dummy Wafer）和控片（Monitor Wafer），测试片与控片的用途也有所重叠。

测试片主要用于实验及检查等用途，也用于制造设备投入使用初期以提高设备稳定性；**挡片**用于新产线调试以及晶圆生产控制中对正片的保护；**控片**多用于正式生产前对新工艺测试、监控良率，同时为监控正式生产过程中的工艺精度及良率，需要在晶圆正片生产过程中插入控片增加监控频率。

挡片和控片一般是由晶棒两侧品质较差段切割出来。另外，部分挡控片可重复使用。由于挡控片作为辅助生产使用且用量巨大，晶圆厂通常会回收用过的挡片，经研磨抛光，重复使用数次；而控片则需具体情况具体对待，用在某些特殊制程的控片无法回收使用，可以回收重复利用的挡控片又被称为可再生硅片。

刻蚀用硅材料，13-19 英寸大硅片的细分市场。除作为直接生产材料，半导体硅材料还可用于刻蚀设备的电极。集成电路刻蚀用单晶硅材料，经硅电极制造商机械加工为硅电极，用于芯片制造刻蚀机中的反应腔中，是晶圆制造刻蚀环节所必需的核心耗材。刻蚀用硅电极半导体，直径大于正片，目前主流晶体尺寸覆盖 13-19 英寸以适用不同型号刻蚀设备，全球范围内已实现商用的最大尺寸可达 19 英寸。刻蚀用硅材料全球市场规模约 15 亿元，属于半导体级单晶硅材细分市场。

图 11：刻蚀用单晶硅用于电极材料



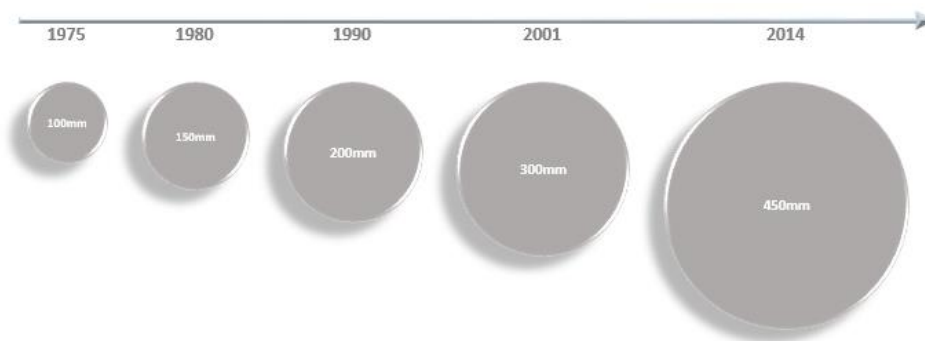
资料来源：神工股份，申万宏源研究

2.3 12 寸晶圆出货面积占比逾六成

跟随摩尔定律演进，集成电路制造所用的主流晶圆直径从 4 英寸、6 英寸、8 英寸到 12 英寸。直径越大的圆片，所能刻制的集成电路越多，芯片的单位成本越低，因此晶圆持续向大尺寸发展。尺寸演变节奏上，1980 年代以 4 英寸硅片为主流，1990 年代是 6 英寸占主流，2000 年代 8 英寸占主流，2002 年英特尔与 IBM 首先建成 12 英寸生产线，到 2005 年 12 英寸硅片的市场份额已占 20%，2008 年升至 30%，2008 年以来 12 寸成为晶圆主要尺寸，2017 年继续上升至 66.01%。据 SEMI 统计，2019 年，全球 12 英寸半导体硅片出货面积占全部半导体硅片出货面积的 67.22%。

为什么 450mm 晶圆投产节奏一再低于预期？ 晶圆尺寸历史上约 10 年升级一次，从 2011 年起，业界即预测在摩尔定律的驱动下，18 英寸晶圆将于 2017 年投产，随着 18 寸硅片的生产技术逐渐成熟，原本预计 12 英寸未来也将朝着 18 英寸过渡，但 18 英寸晶圆未如期而至。大尺寸晶片对材料、技术、设备投资的要求也越高，高额的投资成本是主因。SEMI 曾预测每个 450mm 晶圆厂将耗资 100 亿美元，但单位面积芯片成本只下降 8%。目前，市场预期 18 英寸晶圆预计于最早也将于 2022 年后才得以推进，并且三大 IC 制造巨头将投资转向 EUV，18 英寸的前途更加不明朗。

图 12：晶圆直径尺寸从 100mm 增至 450mm



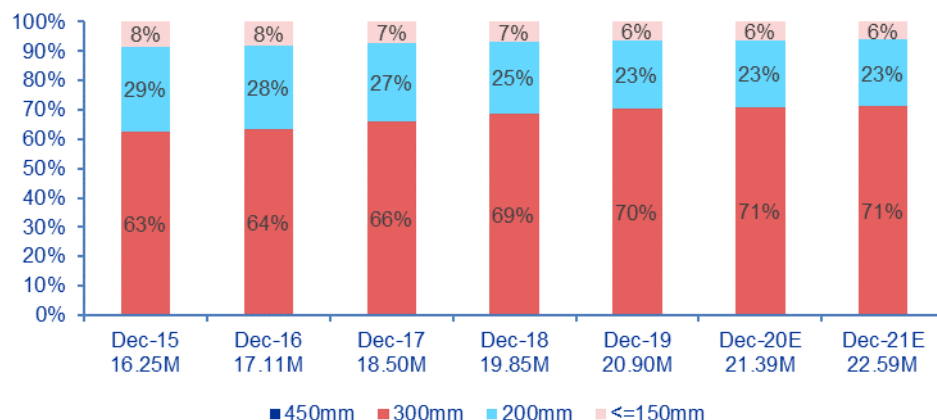
资料来源：Wafer Pro，申万宏源研究

8 英寸与 12 英寸晶圆适应产品领域略有差异，12 英寸为成长主力。8 英寸主要用于成熟制程及特种制程，在应用端，对 8 英寸晶圆代工的强劲需求主要来源于功率器件、电源管理 IC、影像传感器、指纹识别芯片和显示驱动 IC 等；12 英寸主要适用于 28nm 以下的先进制程，主要成长动力来自于存储和逻辑芯片。SUMCO 预计 2018-2022 年，12 寸硅片需求量 CAGR 达 4.1%。

8 英寸晶圆在成熟制程及特殊制程具有优势，需求占比预计将维持 20%以上。8 英寸产线因折旧完毕具有成本优势，同时在模拟电路、高功率等晶圆生产具有优势。据 SEMI 最新报告，2019 年底有 15 个新 Fab 厂开工建设，总投资金额达 380 亿美元，其中约有一半用于 8 英寸晶圆尺寸。IC Insights 预计未来 2 年，8 寸晶圆产能预计维持 23%左右市占率。

新兴需求迭起，8 寸晶圆厂出现阶段性产能紧张。8 寸硅片目前主要用于指纹识别芯片、电源管理芯片、功率器件、微控制器等半导体产品的生产。2016 年以来，随着存储计算、边缘计算、物联网等新应用的兴起带动了 NOR Flash、指纹识别芯片、电源芯片等产品对 8 寸晶圆的需求，汽车电子兴起带动功率器件需求，市场随之出现供应紧张状态。2017Q2 起，8 寸硅片的需求开始超过产能，8 寸硅片的供给开始趋紧。

图 13：全球晶圆 12 寸占 70%，8 寸占 23%，6 寸以下占 6%



资料来源：IC Insights，申万宏源研究

注：截至 12 月的月产能份额（200mm 当量）

3.硅晶圆的技术与投资壁垒

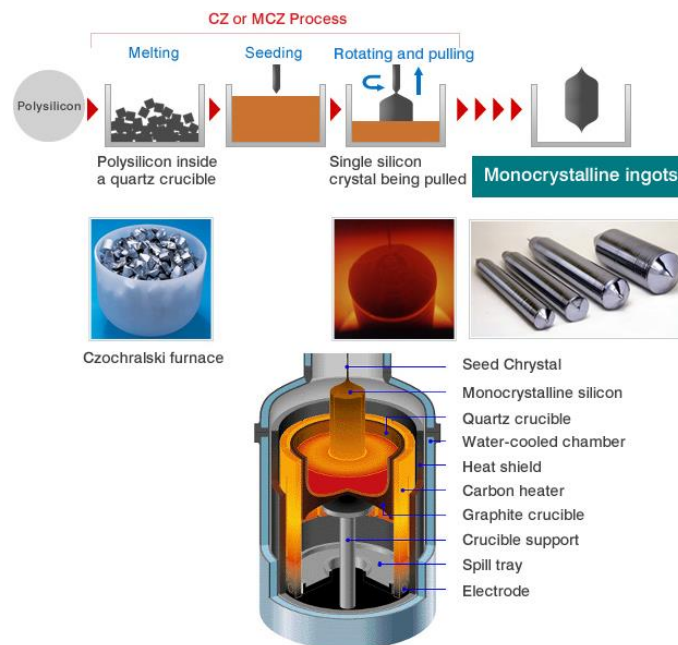
3.1 硅晶圆生长工艺及技术壁垒

将多晶硅拉制成单晶硅主要有直拉法和区熔法两种工艺。1947年，俄国人切克劳尔斯基发明了拉制金属单晶的直拉CZ法工艺。1951年，美国人蒂尔和利特把CZ法移植到硅单晶生长工艺上来，拉出了 $\Phi 100\text{mm}$ 的单晶。1952年，美国人普凡采用高频感应加热发明了硅单晶生长的无坩埚悬浮区域熔炼FZ法。此后，CZ法和FZ法的工艺与设备不断发展，使之成为现代硅单晶生产的主要技术。

大部分半导体硅片使用直拉法生产。硅区熔单晶硅(FZ-Si)主要用于制作电力电子器件(SR、SCR、GTO等)、射线探测器、高压大功率晶体管等；直拉单晶硅(CZ-Si)主要用于制作集成电路、晶体管、传感器及硅光电池等。**目前，90%以上的单晶硅采用直拉法生产。**

直拉法生产过程：半导体用单晶硅片纯度在9N（99.9999999%）-11N(99.999999999%)左右，纯度要求最低是光伏单晶硅片的1000倍以上，原材料使用的多晶硅纯度通常为8-9个9。首先将多晶硅和掺杂剂放入单晶炉内的石英坩埚中，将温度升高至 1420°C 以上，得到熔融状态的多晶硅。其中，通过调控放入掺杂剂的种类(B、P、As、Sb)及含量，可以得到不同导电类型及电阻率的硅片。待多晶硅溶液温度稳定之后，将籽晶缓慢下降放入硅熔体中（籽晶在硅熔体中也会被熔化），然后将籽晶以一定速度向上提升进行引晶过程。随后通过缩颈操作，将引晶过程中产生的位错消除。当缩颈至足够长度后，通过调整拉速和温度使单晶硅直径变大至目标值，然后保持等径生长至目标长度。最后为了防止位错反延，对单晶锭进行收尾操作，得到单晶锭成品，待温度冷却后取出。

图 14：直拉法生产单晶硅棒示意图



资料来源：SUMCO，申万宏源研究

长晶技术主要体现在炉内温度的热场和控制晶体生长形状的磁场设计能力。单晶炉由炉体、热场、磁场、控制装置等部件组成，硅料经过提炼提纯成为高纯度的多晶硅后，在单晶炉中长成单晶硅棒，集成电路刻蚀用单晶硅材料在生产中需要对热场进行合理的设计，精确控制原材料和掺杂剂配比，持续动态控制晶体的固液共存界面形状、晶体成长速度、旋转速率、腔体温度场分布及气流气压等诸多生产参数并实现上述生产参数之间的动态匹配，技术难度较高，且随着产品尺寸增加，对应的生产难度也成倍增长。

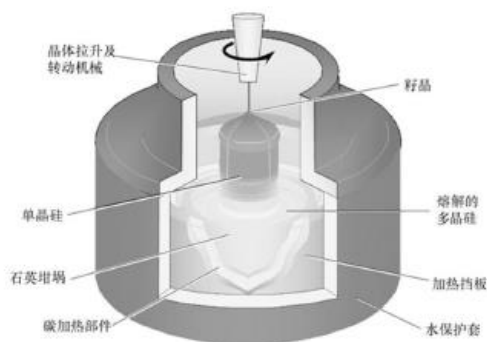
直拉法单晶硅生长工艺的挑战：

(1) 单晶硅生长对生长炉内热场设置要求很高，实际生产中热场复杂且不容易实现精确测量和控制；

(2) 生长炉内包含硅熔体和气体复杂的对流与传热作用，导致硅晶体的生长过程难以预测，并且对流会影响缺陷分布，影响晶体的质量；

(3) 直拉法生产周期较长、能耗较大且成品率低，因此生产方案的设计对产品质量、成本影响差别很大。

图 15：直拉法生产晶棒示意图



资料来源：《半导体制造技术》，申万宏源研究

图 16：电子级晶体生长炉



资料来源：晶盛机电，申万宏源研究

单晶硅生长技术决定了硅片的主要质量参数。当高纯度多晶硅在石英坩埚内熔化后，由于硅元素与其他元素的结晶效率存在差异，部分杂质元素进入硅单晶体的难度较大，部分杂质元素将随着时间的推移逐渐沉积到多晶硅熔液底部并形成残留物，生长成单晶硅材料产品的纯度高于原材料多晶硅的纯度。由于长晶过程中使用石英坩埚和加热元件，仍然会形成碳和氧杂质。**硅抛光晶圆的主要技术指标包括直径、晶体工艺、掺杂剂、晶向、电阻率、厚度等，其他质量指标包括缺陷密度、氧含量、碳含量、翘曲度等，其中大部分参数由长晶技术决定。**

下游芯片制程的技术节点越先进，对应的硅片上述指标控制越严格，不同的技术节点对应的指标控制参数会有相差。产业链下游的半导体芯片制造通常采用不同工艺制程完成，不同的芯片制程工艺技术节点，对应于半导体硅片不同的纯度、晶体原生缺陷和杂质控制水平、硅片表面和边缘平整度、翘曲度、厚度均匀性等指标要求。伴随半导体厂商晶圆制程朝细微化前进，对上游硅晶圆表面的洁净度要求更为严苛，因此硅晶圆制程中拉晶工程技术(例：氧浓度及微缺陷多寡)的提升及制程上的支持就愈显得重要。

表 2：抛光片核心技术参数

参数	
直径	2-12 英寸
晶体	CZ, MCZ, FZ, NTD
掺杂剂	磷, 硼, 砷, 锑
晶向	<100>, <111>
电阻率	0.001-1000 ohm.cm
厚度	200-1200um

资料来源：环球晶圆，申万宏源研究

晶圆经成型工艺加工成片。切片，将单晶晶棒通过切片设备切成合适厚度的硅片；边缘倒角是使晶圆边缘圆滑的机械工艺，将硅片边缘修正成圆弧状，改善硅片的机械强度，减少应力集中造成的硅片缺陷；磨片是磨料研磨工艺，它的主要目的是去除切片工程残留的表面损伤，同时改善硅片的总平坦度、翘曲度；化腐，硅片经过切片和磨片后，其表面因加工应力会形成一层损伤层，腐蚀则是利用混酸蚀刻硅片去除表面损伤层，使整片硅片维持高质量的单晶特性；抛光，抛光制程使用抛光浆与抛光布，搭配适当的温度，压力与旋转速度，可消除前制程所留下的机械伤害层，改善硅片表面粗糙度，并且得到表面平坦度极佳的硅片，避免客户曝光制程中遭遇的聚焦问题。

图 17：单晶硅棒及抛光片加工流程



资料来源：环球晶圆，申万宏源研究

半导体技术密集度高，其制程技术与产品产出良率决定生产成本高低。而研发人才与制程技术具有密切关系，但研发专业人才培养及延揽不易。我国半导体硅片产业起步较晚，国内关键技术人才非常稀缺。加上产品需经过客户认证后方能取得订单，客户认证周期长，一个新供应商的认证周期至少需要 9-18 个月，造成新竞争者有较高之进入门槛。

3.2 硅晶圆厂商资金壁垒高

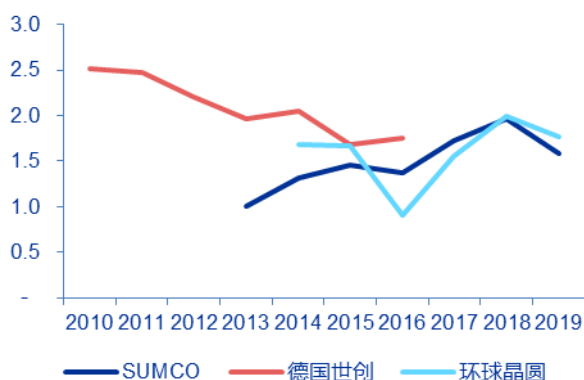
除了技术壁垒高、人才壁垒高，半导体硅片行业具有资金壁垒高的特点，行业准入门槛较高。2018 年前，300mm 半导体硅片仅由前五大硅晶圆供应商提供，国内拥有 300mm 半导体硅片供应能力的企业较少。

半导体产业是资本与技术高度密集的工业，由于生产机台昂贵且产品技术变化快速，需要投入之资本支出越发庞大。硅晶圆与晶圆厂类似，均为重资产行业，硅晶圆大厂 SUMCO、Siltronic、环球晶圆的固定资产周转率通常小于 2，2016 年最低点小于 1。

参考国内硅晶圆代表企业沪硅产业近几年的成本结构：直接材料占比 40-50%，直接人工占比 10-15%，制造费用占比 40-50%。

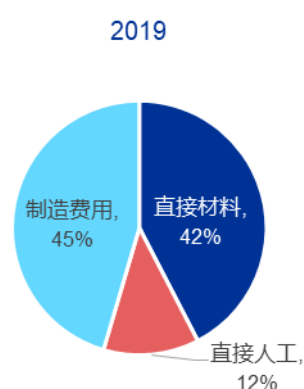
硅晶圆生产原材料主要包括电子级多晶硅、石英坩埚、石墨坩埚、切割线、抛光液等。参考沪硅产业 2018 年直接材料构成，多晶硅占比 31%，衬底片（用于外延及 SOI 晶圆生产）占比 21%，石英坩埚占比 9%，其他材料合计占比 22%。

图 18：硅晶圆龙头固定资产周转率仅约 2 倍



资料来源：Wind，申万宏源研究

图 19：沪硅产业硅晶圆成本结构

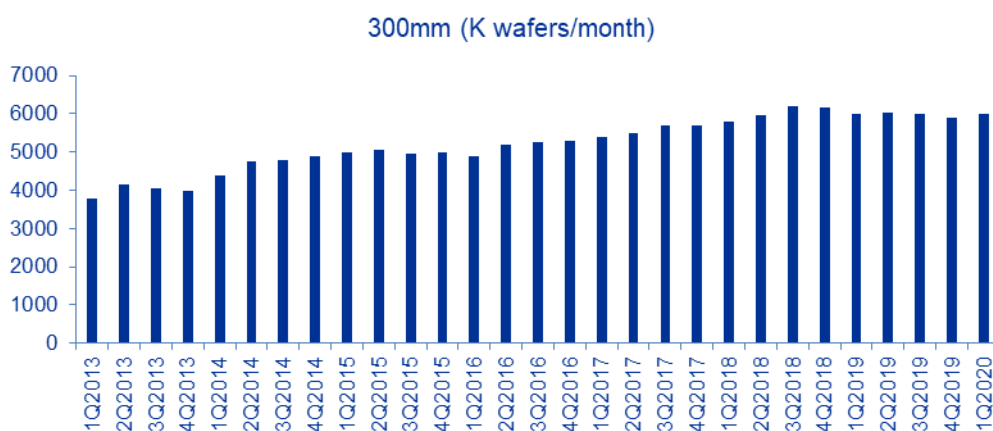


资料来源：沪硅产业，申万宏源研究

4. 硅晶圆十年周期复盘

硅晶圆制造业产业于整个半导体产业架构中材料供应角色，随着半导体产业的蓬勃发展，对硅晶圆材料之需求亦急速增加。半导体行业呈周期性波动和螺旋式上升的趋势，半导体硅片行业的市场波动基本同步于整个半导体行业的波动周期。

图 20：2013-2019，全球 12" 硅晶圆月出货量从 4KK 提升到 6KK



资料来源：SUMCO，申万宏源研究

2009-2019 年间，硅晶圆市场规模高增时段为 2010 年、2014 年、2016-2018 年；显著下降期为 2011-2013 年。

图 21：全球半导体及硅片市场规模（亿美元）



资料来源：Semi，WSTS，申万宏源研究

2009-2010 年，金融危机的半导体市场与硅片市场快速复苏。2008 年，受金融危机影响，半导体硅片市场自 2008 年 9 月起大幅下滑，直到 2009Q1 触底反弹，随后缓慢复苏。2009-2010 年间，经济刺激政策促进全球经济复苏，半导体市场持续增长。

2011-2013 年，日元连续大幅贬值，硅片市场与半导体市场规模趋势背离。2011-2013 年间，受益于智能手机与平板电脑普及，半导体市场规模温和上涨，但美元对日元汇率分别上涨 12.8%、21.4%、13.7%，且从整体供应厂商结构来看，日厂占整体硅晶圆比重五成以上，致硅晶圆市场规模连续下滑。从下游看来，智能手机与平板市场持续增长，个人电脑市场增长缓慢，其他消费电子产品需求熄火。微处理器、功率半导体产量下降，8 寸硅片需求迅速下降。

2013-2015H1，中低端智能手机普及，半导体市场规模再次成长。受惠于智能手机与平板计算机等手持装置需求提升，尤其是中低阶手机下半年出货量高于高阶机种，半导体产业景气自 2013 年起逐渐复苏。2014 年在行动智能装置出货量持续呈现成长态势，特别是中低阶市场的拉抬，且汽车电子需求也呈现稳定增长，以及对全球宏观经济情势改善的预期之下，2014 年全球半导体销售额成长力道亦有所增强。内存、处理器及通讯芯片等 IC 零部件持续供不应求，让各半导体厂的产能利用率居高不下，也间接使得半导体材料持续成长，尤其半导体 12 吋硅晶圆需求更为显著；8 吋晶圆的需求中电源管理、指纹辨识、LCD 驱动和车用电子等，目前没有向上升级到 12 吋必要，也导致需求大增。在这样快速增长的情况下，全球的大硅片依然显得供不应求。**2013-2015Q2，硅片同比出货量均维持了高景气度，全球 12 吋硅晶圆出货量从 2013Q1 约 3.6KK/M，增至 2015Q2 出货量 5.2KK/M，增长约 40%。**但硅晶圆厂 2013 年度开工率环比下降 1pct，且 DRAM、NAND 均大幅降价，因此 2013-2015H1 半导体市场规模及硅晶圆市场规模仅发生微小变化。

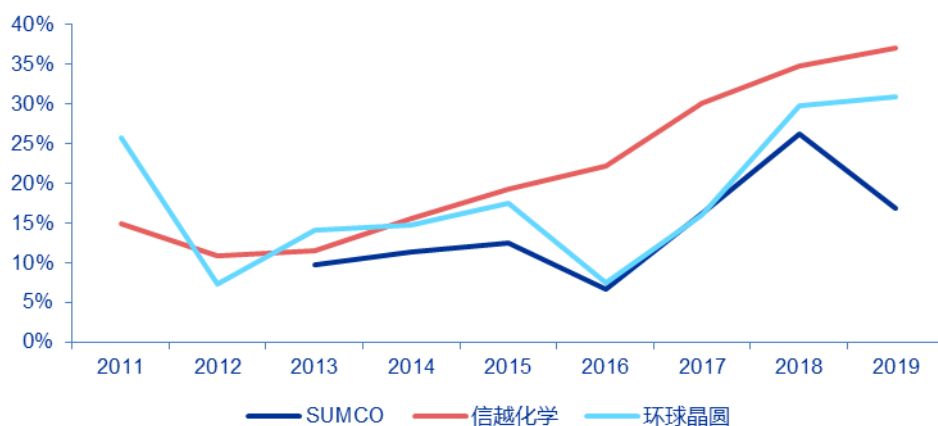
2015H2-2016H1，硅晶圆市场需求盘整期。NAND 价格于 2015 年触底反弹，DRAM 价格直到 2016 年 5 月才有起色。2016 年，由于功率组件(MOSFET、Schottky)等产品需

求强劲，中小尺寸产品全年皆维持近乎满产能生产，但全球智能型手机及 PC 并未见明显成长，因此大尺寸(8" & 12")产品表现持平。

2016H2-2018 年，半导体与晶圆市场再度成长，晶圆大厂盈利均显著改善。

2016Q2 智能手机库存调整结束，晶圆厂景气复苏；自 2016Q4 起，8" 及 12" 晶圆库存均快速下调，晶圆需求增长显著。2018 年初，主要硅片厂商纷纷将价格上调了 10~20%，SUMCO 将 12 英寸硅片价格上调了 20%，相比 2016 年底增幅达 60%。2016-2018 年在此背景下，晶圆大厂营业利润率连续攀升。

图 22：晶圆大厂营业利润率历史波动（%）



资料来源：Wind，申万宏源研究

半导体市场在 2019 年受到内存市场需求不振与平均售价(ASP)下滑等因素影响，加上贸易战争及地缘政治带来的不确定性，使得全球总体经济与半导体市场规模萎缩。从产品角度，2019 年逻辑器件需求已稳定，存储仍在调库存。**2019Q4 季度，8" 及 12" 晶圆市场需求均见底，自 2020Q1 起 200mm/300mm 需求稳步回升。**

2020 受疫情影响，晶圆需求存在不确定性。WSTS 原预期 2020 年全球半导体市场将达 4,330 亿美元，较 2019 年增长 5.9%。但新型冠状病毒疫情持续扩散，全球半导体产业销售规模预计受影响，即使有客户增加安全库存，达到 WSTS 成长预测值概率较小。

综上，晶圆市场周期性存在以下主要特点：1) 12" 晶圆需求景气主要由手机、PC、Tablet 等消费电子产品创新周期驱动，8" 晶圆需求由汽车电子、功率、指纹识别等产品需求。2) 由于下游电子产品对硅片需求不断增长，全球 12 英寸出货量呈现稳定上升趋势。2013-2019，全球 12" 晶圆月出货量从 4KK 提升到 6KK。3) 晶圆行业价格受开工率、客户库存以及终端产品价格等因素影响，由于重资产属性，晶圆代表企业盈利能力也受波动影响。4) 由于晶圆供应商约 65%集中于日本，而半导体产业相对分散于全球，因此日元汇率也是造成晶圆与半导体市场周期背离的重要原因。

5. 硅材料竞争格局分析

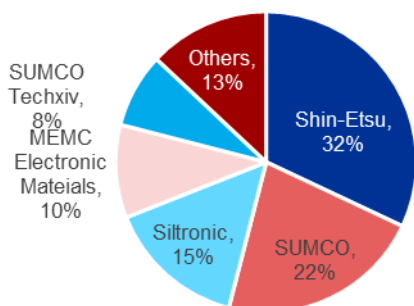
5.1 CR5 维持 90%市占率近 20 年

近 20 年，半导体硅片市场均由日、德、韩寡头企业垄断，前 5 大企业市占率达 94%。上世纪 90 年代末，日本、德国和韩国资本控制的 8 大硅片公司的销量占世界硅片销量的 90%以上。根据 SEMI 提供的 2002 年世界硅材料生产商的市场份额显示，Shin-Etsu、SUMCO、Wacker、MEMC、Komatsu 等 5 家公司占市场总额的比重达到 89%，垄断地位已经形成；硅片市场经过多次并购重组，集中度进一步提升。

Gartner 数据显示，2018 年全球半导体硅片销售额前 5 家企业为 Shin-Etsu[日] (28%)、SUMCO[日] (25%)、Global Wafer[台] (17%)、Siltronic[德] (15%)、SK Siltron[韩] (9%)，前两大厂商信越、SUMCO 占全球晶圆营业额近 50%以上，前五大厂份额达到 94%。2018 年全球五大硅晶圆供货商总销售额 109 亿美元，较 2017 年前五大供应商的销售额 87 亿美元成长 25.29%。其他所有供货商纷争 6%的市场份额，竞争十分激烈。

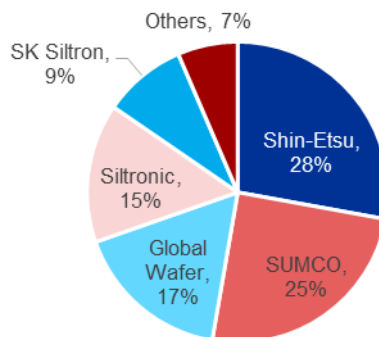
中国 12 英寸硅片几乎全部依赖进口，8 英寸硅片也只有少数厂商可以供应。8 英寸硅片及外延片的国内供应商有浙江金瑞泓、昆山中辰(台湾环球晶圆)、北京有研、河北普兴、南京国盛、中电科 46 所以及上海新傲等。

图 23：2007 全球半导体硅片行业格局



资料来源：Gartner，申万宏源研究

图 24：2018 年半导体硅片行业格局



资料来源：Gartner，申万宏源研究

5.2 硅晶圆主要上市公司

5.2.1 信越化学

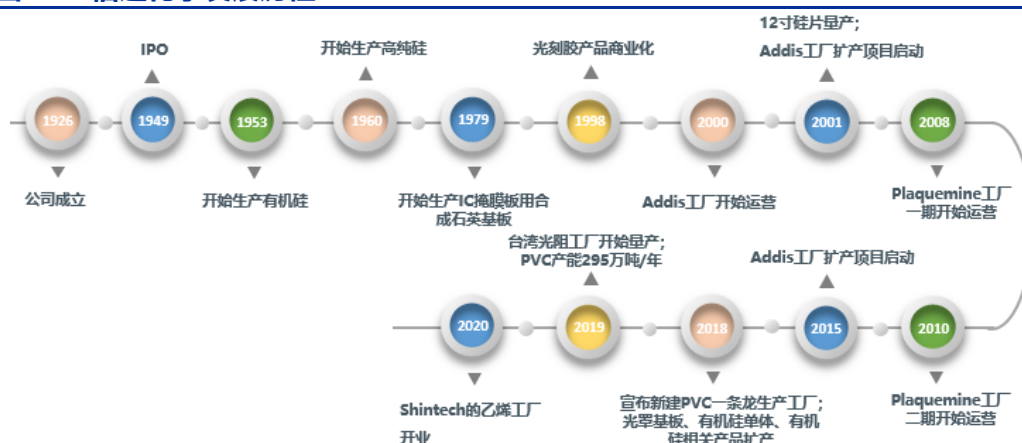
日本信越化学工业株式会社 (Shin-Etsu) 是日本最大的化工厂商之一，成立于 1926 年，主营业务包括 PVC (聚氯乙烯)、有机硅塑料、纤维素衍生物、半导体硅片、磷化镓、稀土磁体、光刻胶等，目前在全球拥有员工 2.2 万人。

信越化学采取多元化发展战略，在多个产品领域均全球领先。信越目前包括六大事业部：半导体硅材料业务 (全球第一)；电子功能材料业务 (稀土、封装材料、LED 涂层、

光致抗蚀剂及配套试剂、光掩膜、合成石英、氧化物单晶等，全球第二）；有机硅业务（全球第四）；特种化学品业务（纤维素衍生物、金属硅、聚乙烯醇等，全球第二）；PVC/氯碱业务（全球第一）和多元化经营业务等。

信越化学的半导体材料业务发展历程。信越化学 1926 年创立之初名为“信越氮肥料株式会社”，最早产品是碳化物和石灰氮。1949 年，公司在东京证券交易所上市，随后 1953 年和 1960 年分别开始生产有机硅、高纯硅。早在 2001 年，信越化学即开始大规模量产 300mm 半导体硅片。目前信越化学已是全球排名第一的半导体硅片制造商，半导体硅片产品类型包括 300mm 半导体硅片在内的各尺寸硅片，市占率逾 30%。在通常的硅晶圆之外，子公司信越半导体也面向功率半导体和高频半导体，开发及销售 Silicon on Insulator（SOI）晶圆及 GaN on Silicon 晶圆等基板。

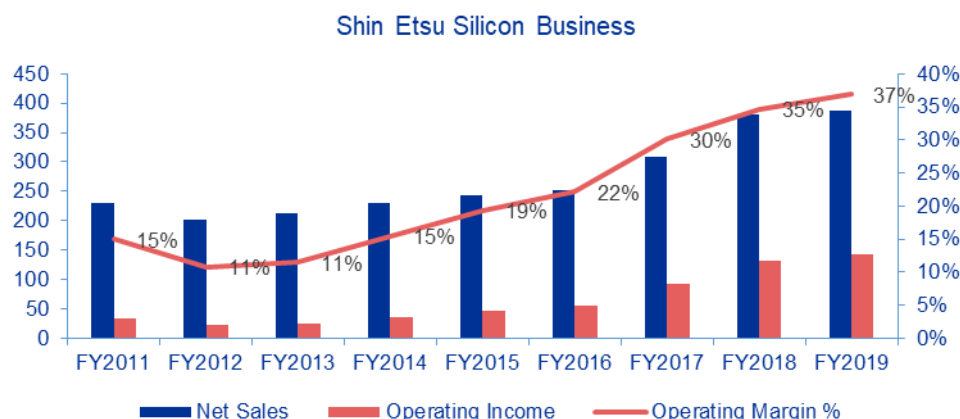
图 25：信越化学发展历程



资料来源：信越化学，申万宏源研究

根据 FY2019 财务数据，信越半导体硅事业部收入为 3,876 亿日元，为集团第二大事业部，半导体硅晶圆约占公司营收 25%，营业利润占比 35%，为第一大利润中心。

图 26：信越化学硅晶圆营业利润率升至 37%（十亿日元，%）



资料来源：信越化学，申万宏源研究

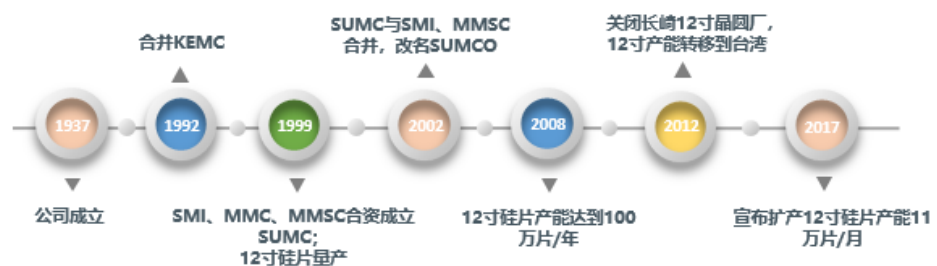
5.2.2 SUMCO

SUMCO 前身 Osaka Special Steel Manufacturing Co. 成立于 1937 年，主要做特殊金属制造业务。1999 年，SMI（住友金属工业）、MMC（三菱材料）和 MMSC（三菱硅材料）合资成立 SUMC（株式会社联合硅制造），开始 300mm 半导体硅片的研发和生产。2002 年，联合硅制造和三菱硅材料合并，同时整并住友金属工业的硅制造业务，更名三菱住友硅株式会社。2005 年，商号变更为株式会社 SUMCO，并于东京证券交易所上市。2006 年并购原属小松制作所的小松电子金属，2008 年小松电子金属改组为 SUMCO Techxiv 子公司。

SUMCO 主营业务为半导体硅片制造和销售，目前主要的产品类型包括高纯单晶硅锭、高质量硅抛片、AW 高温退火晶片、EW 外延片、JIW 结隔离硅片、SOI 绝缘体上单晶硅片、RPW 再生抛光硅片等。其中，高纯硅抛光片、退火晶片和外延片等可以提供 100-300mm 大硅片，SOI 硅片为 200mm 尺寸产品。

SUMCO 是全球排名第二的半导体硅片制造商，2018 年市占率 28%。公司长期服务于全球前十大晶圆厂商，海外销售占比 80%。2019 年底，SUMCO 拥有约 3400 项专利，位列行业第一。

图 27：SUMCO 发展历程



资料来源：SUMCO，申万宏源研究

5.2.3 环球晶圆

中国台湾环球晶圆公司的前身是中美硅晶制品股份有限公司的半导体事业处。中美硅晶于 1981 年成立于中国台湾新竹科学工业园区，是中国台湾地区最大的 12 英寸半导体硅片的供应商。2011 年 10 月，中美硅晶完成了企业体制的独立分割，将半导体事业处正式成立为环球晶圆。

环球晶圆成立之后，进行多项企业收购兼并活动，行业排名跃至第三。2012 年收购了以东芝陶瓷为前身的 Covalent Materials（现为 CoorsTek）的半导体晶圆业务，扩大了业务范围。2016 年 6 月，环球晶圆又以 3.2 亿丹麦克朗 100% 收购 FZ（区熔）硅片产品主要供应商丹麦 Topsil 半导体事业群。2016 年 12 月，环球晶圆以 6.83 亿美元收购全球

第 4 大硅片厂商美国 Sun Edision Semiconductor (其前身为 MEMC) , 从第六大晶圆厂跃升为全球第 3 大半导体硅片供应商。

环球晶圆拥有多条完整的半导体硅片生产线, 可以提供的硅片产品包括硅抛光片、硅扩散片、硅外延片、退火晶片和磊晶片等。2017 年, 环球晶圆又宣布两项投资计划, 即对旗下日本 GWJ 的两座工厂进行扩产, 总投资为 85 亿日元。2018、2019 年, 公司先后研发成功了 7nm 和 5nm 制程硅片。同时, 公司 2018 年起扩建 300mm 硅片韩国产线, 预计 2020 年扩建产线将正式投产。环球晶圆专注于半导体硅片业务, 主要产品有硅锭、50-300mm 硅片。

图 28 : 环球晶圆发展历程



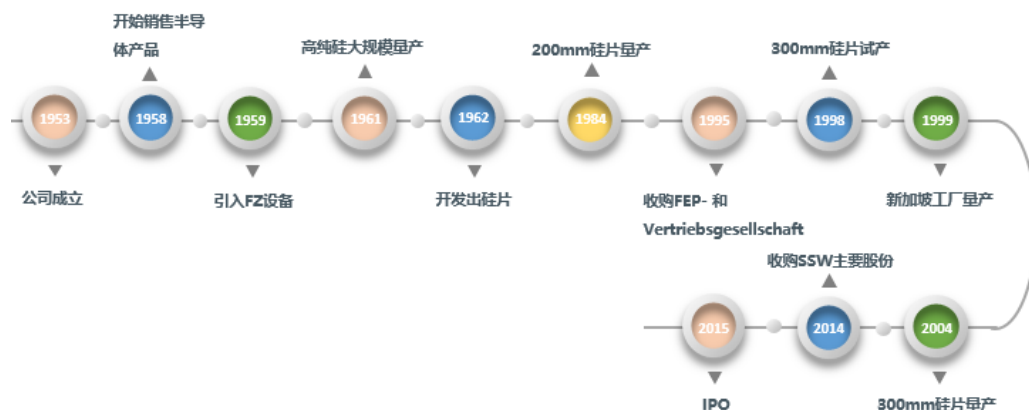
资料来源：环球晶圆，申万宏源研究

5.2.4 Siltronic

德国世创 (Siltronic) 的前身是成立于 1968 年的德国 Wacker 公司, 1994 年更名为 Wacker Siltronic GmbH, 2004 年再次更名为 Siltronic AG。Siltronic 在 1984、1998 年分别实现了 200、300mm 硅片的量产, 是全球首个推出 300mm 硅晶圆的公司。2006 年, Siltronic 与韩国三星成立合资公司 Siltronic Silicon Wafer Pte. Ltd., 在新加坡运行全球最大的 200mm (23 万片/月) 和 300mm (32.5 万片/月) 硅片生产工厂, 2008 年开始硅片出货。2014 年收购了 Siltronic Silicon Wafer Pte. Ltd. 主要股权, 获得 78% 股权。2015 年, Siltronic 成功上市。

目前 Siltronic 是全球排名第四的半导体硅片制造商, 产品从未抛光硅片到退火片, 主要产品包括 125-300mm 半导体硅片。Siltronic 生产基地分布于德国的布格豪森、弗兰贝格、美国波特兰和新加坡等地。2019 年营收 12.7 亿欧元, EBIT 2.98 亿欧元。

图 29 : Siltronic 发展历程



资料来源：Siltronic，申万宏源研究

5.2.5 SK Siltron

SK Siltron 是韩国排名第一的硅晶圆厂，前身是韩国 LG Siltron，成立于 1983 年。1995 年前后，SK Siltron 合并了韩国 Lucky Advanced Material 的硅片业务部和韩国 Dongyang Electronic Metals 的硅片制造部。2017 年年初，韩国 SK 集团收购了 LG Siltron，更名为 SK Siltron。

SK Siltron 依靠自身技术设计单晶硅生长炉，精确控制硅的晶体缺陷和化学成分，实现高纯度的晶体品质。SK Siltron 两项核心技术：一、为了制造高纯度晶体提高自主设计生长炉的能力；二、控制污染和缺陷以及控制氧浓度的晶体技术。

1994 年，8 英寸晶片生产线竣工；2002 年 12 英寸生产工厂竣工；2014 年，SK Siltron 还推出了 18 英寸硅片。除硅晶圆外，公司可生产直径为 100mm&150mm 的 SiC 晶圆和外延片，主要用于 Diode、MOSFET 等大功率模块。2018 年，SK Siltron 销售额为 1 兆 3462 亿韩元，员工数 3056 人（2019 年 3 月）。

5.2.6 沪硅产业

上海硅产业集团主要从事半导体硅片的研发、生产和销售，是中国大陆规模最大的半导体硅片制造企业之一，也是中国大陆率先实现 300mm 半导体硅片规模化生产和销售的企业。公司是中国大陆率先实现 300mm 半导体硅片规模化销售的企业，打破了我国 300mm 半导体硅片国产化率几乎为 0% 的局面。目前已成为包括台积电、格罗方德、中芯国际在内的多家主流半导体企业的供应商，提供的产品类型涵盖 300mm 抛光片及外延片、200mm 及以下抛光片、外延片及 SOI 硅片。

2019 年，沪硅产业收入 14.9 亿元，合计员工数 1375 人。预计 2020 年底，公司 12 英寸硅片月产能有望提升至 20 万片以上。

5.2.7 中环股份

中环股份致力于半导体节能产业和新能源产业，是一家集科研、生产、经营、创投于一体的国有控股高新技术企业。在半导体材料领域，公司是国内唯一同时具备直拉法和区

熔法半导体硅片制备技术的硅片制造商。中环股份 12 英寸大硅片于 2018 年实现样品试制，2020 年处于加速通过从认证到量产的过程，目前已具备 3-12 英寸全尺寸半导体硅片产品的量产供应能力，涵盖抛光片、外延片、退火片等多种生产加工工艺。

2019 年，中环股份实现营收 169 亿元，其中半导体材料 11 亿元。2020 年中报显示，中环股份正推动公司半导体硅片对 IGBT、MEMS、Sensor、BCD、PMIC、CIS、Logic、Memory 等各类芯片的覆盖。国际业务销售占比快速提升，产品在全球前十大功率半导体客户的销售收入持续攀升，与全球 TOP25 芯片客户中的 10 家以上陆续开展业务合作，持续增强全球化竞争力。

5.2.8 神工股份

神工股份专注集成电路刻蚀单晶硅材料，成为主要供应商。神工股份生产高纯单晶硅材料，用于刻蚀设备上下电极及外套环等，现有客户包括三菱材料、SK 化学、CoorsTek、Hana、Silfex 等国际半导体材料企业，2018 年市场占有率约 13%-15%。

神工股份核心团队具有 20 余年海外从业经验，公司无磁场大直径单晶硅制造技术、固液共存界面控制技术、热场尺寸优化工艺等技术已处于国际先进水平。刻蚀硅材量产尺寸最大可达 19 英寸，处于国际领先水平，2019 年需求疲软的市场环境下，公司 16 寸以上产品销售额实现 54% 同比增长，2016-2019 年公司毛利率从 44% 提升至 69%。2020 年上市，向 8 英寸低掺杂硅抛光片进军。

附表：半导体行业重点公司估值表

证券代码	证券简称	投资评级	2020/9/23		PB	申万预测净利润（百万元）			PE		
			收盘价 (元)	总市值 (亿元)	2019A	2020E	2021E	2022E	2020E	2021E	2022E
002129	中环股份	增持	23.06	699	2.5	1,433	1,985	2,523	49	35	28
002156	通富微电	增持	22.93	265	3.1	380	636	847	70	42	31
300661	圣邦股份	增持	295.79	461	25.9	267	382	519	173	121	89
300666	江丰电子	增持	57.76	129	14.5	90	114	145	144	113	89
600584	长电科技	买入	36.70	588	2.9	748	1,185	1,638	79	50	36
603986	兆易创新	增持	182.70	862	13.3	1,026	1,363	1,811	84	63	48
688019	安集科技	增持	325.20	173	8.1	91	129	168	190	134	103
688126	沪硅产业-U	增持	39.25	974	0.0	-5	68	149	-	1431	654
688233	神工股份	买入	48.27	77	0.0	84	104	133	92	74	58

资料来源：wind、申万宏源研究

信息披露

证券分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

与公司有关的信息披露

本公司隶属于申万宏源证券有限公司。本公司经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司关联机构在法律许可情况下可能持有或交易本报告提到的投资标的，还可能为或争取为这些标的提供投资银行服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。客户可通过 compliance@swsresearch.com 索取有关披露资料或登录 www.swsresearch.com 信息披露栏目查询从业人员资质情况、静默期安排及其他有关的信息披露。

机构销售团队联系人

华东	陈陶	021-23297221	chentao1@swhyse.com
华北	李丹	010-66500631	lidan4@swhyse.com
华南	陈左茜	755-23832751	chenzuoxi@swhyse.com
海外	朱凡	021-23297573	zhufan@swhyse.com

股票投资评级说明

证券的投资评级：

以报告日后的 6 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

买入 (Buy)	：相对强于市场表现20%以上；
增持 (Outperform)	：相对强于市场表现5% ~ 20%；
中性 (Neutral)	：相对市场表现在 - 5% ~ + 5%之间波动；
减持 (Underperform)	：相对弱于市场表现5%以下。

行业的投资评级：

以报告日后的6个月内，行业相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

看好 (Overweight)	：行业超越整体市场表现；
中性 (Neutral)	：行业与整体市场表现基本持平；
看淡 (Underweight)	：行业弱于整体市场表现。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。申银万国使用自己的行业分类体系，如果您对我们的行业分类有兴趣，可以向我们的销售员索取。

本报告采用的基准指数：沪深300指数

法律声明

本报告仅供上海申银万国证券研究所有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

客户应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司 <http://www.swsresearch.com> 网站刊载的完整报告为准，本公司并接受客户的后续问询。本报告首页列示的联系人，除非另有说明，仅作为本公司就本报告与客户的联络人，承担联络工作，不从事任何证券投资咨询服务业务。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。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。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为作出投资决策的惟一因素。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本公司特别提示，本公司不会与任何客户以任何形式分享证券投资收益或分担证券投资损失，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。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。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。市场有风险，投资需谨慎。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告作出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告的版权归本公司所有，属于非公开资料。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。