

电子

2024年07月09日

先进封装助力产业升级，材料端多品类受益

——行业深度报告

投资评级：看好（维持）

罗通（分析师）

刘天文（分析师）

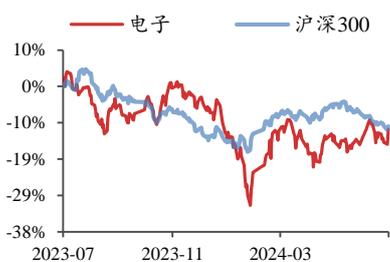
luotong@kysec.cn

liutianwen@kysec.cn

证书编号：S0790522070002

证书编号：S0790523110001

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

《国家集成电路大基金三期成立，重点关注半导体设备及相关零部件投资机会——行业点评报告》-2024.5.27

《半导体景气度持续回暖，重视消费电子、AI、自主可控——电子行业2024年中期投资策略》-2024.5.7

《台股3月营收同比表现较优，景气复苏逐步确认——行业点评报告》-2024.4.17

● 互连工艺升级是先进封装的关键，材料升级是互连工艺升级的基础

先进封装技术在重布线层间距、封装垂直高度、I/O密度、芯片内电流通过距离等方面提供更多解决方案，助力芯片集成度和效能进一步提升。通过凸块（Bumping）、重布线（RDL）、硅通孔（TSV）及混合键合等关键互连工艺，满足半导体行业快速发展中日益提升的集成化需求。而工艺的升级，往往会伴随着材料端的升级与需求的提升，国产先进封装材料方兴未艾。

● 先进封装带动半导体材料新需求，多品类有望受益

PSPI 光刻胶：PSPI 是先进封装核心耗材之一，主要应用于再布线（RDL）工艺，不仅为封装提供必要的电气、机械和热性能，还能实现高分辨率的图案化，大幅减少了光刻工艺流程。目前，全球 PSPI 市场被外企高度垄断，CR4 全球市占率合计达到 93%，国产替代需求迫切。国内企业如**鼎龙股份**正积极突破，放量在即。

深孔刻蚀类电子特气：深孔刻蚀类电子特气以含氟特气如 SF₆、C₄F₈ 等为主，主要应用于 TSV 工艺。国内企业正加速刻蚀气体国产替代，如**华特气体**、**中船特气**、**金宏气体**等在刻蚀气体领域均取得了技术突破，并开始逐步替代进口产品。

电镀液：电镀工艺广泛应用于先进封装，电镀液是核心原材料。具体而言，TSV、RDL、Bumping、混合键合都需要进行金属化薄膜沉积，这将显著拉动电镀液需求。目前，全球电镀液供应以外企为主，CR5 全球市占率 69.49%。中国电镀液正经历由依赖进口向国产化转变的重要阶段，**上海新阳**、**艾森股份**进展国内领先。

靶材：靶材为薄膜制备技术中的关键原材料，主要作用为制作导电层，通常配合电镀液使用。在先进封装工艺中，靶材在 RDL、TSV、Bumping、混合键合工艺中均有使用。国内靶材企业已经基本实现国产替代，其中**江丰电子**为代表性企业。

CMP 材料&临时键合胶：CMP 材料在先进封装中的作用主要为抛光和减薄，因此其在 TSV 工艺中应用较多。目前 CMP 材料已经具备国产替代条件，其中抛光垫代表企业为**鼎龙股份**、抛光液代表企业为**安集科技**。临时键合胶的作用为在晶圆减薄过程中提供机械支撑，目前全球临时键合胶市场由外资高度垄断 CR3 全球市占率约 40%。中国大陆企业起步较晚，**鼎龙股份**有望率先实现突破。

环氧塑封料&硅/铝微粉：环氧塑封料核心作用是为芯片提供防护、导热、支撑等，先进封装尤其是 2.5D/3D 封装，对环氧塑封料的流动性、均匀性和散热性提出了更高的要求，进而对其核心原材料硅/铝微粉的粒径大小、均一性、放射性等要求更加严格。目前，先进封装用高端环氧塑封料和硅/铝微粉依旧被日韩企业所垄断，国内企业如**华海诚科**、**联瑞新材**、**壹石通**等正加速突破。

● 投资建议

推荐标的：鼎龙股份、金宏气体、江丰电子、上海新阳。

受益标的：联瑞新材、安集科技、华特气体、中船特气、强力新材、艾森股份、华海诚科、壹石通。

风险提示：景气复苏不及预期、技术进展缓慢、国产替代不及预期。

目 录

1、互连工艺升级是先进封装的关键，材料升级是互连工艺升级的基础.....	5
1.1、凸块（Bumping）：多种先进封装形式的基础工艺.....	5
1.2、重布线层（RDL）：芯片电气延伸与互连的桥梁.....	8
1.3、硅通孔（TSV）：立体集成工艺的核心关键.....	9
1.4、混合键合：缩小 Bump pitch 间距，扩大互连带宽.....	12
2、先进封装带动半导体材料新需求，多品类有望受益.....	14
2.1、PSPI 光刻胶.....	14
2.2、深孔刻蚀类电子特气.....	18
2.3、电镀液.....	21
2.4、靶材.....	24
2.5、CMP 材料&临时键合胶.....	28
2.5.1、抛光垫.....	30
2.5.2、抛光液.....	33
2.5.3、临时键合胶.....	35
2.6、环氧塑封料&硅/铝微粉.....	37
2.6.1、环氧塑封料.....	37
2.6.2、硅微粉/铝微粉.....	40
3、国内先进封装产业链受益标的.....	45
4、风险提示.....	46

图表目录

图 1：各类型先进封装主要包含 bumping、RDL、TSV 及键合等互连工艺.....	5
图 2：凸块（bumping）工艺流程主要分为 8 个步骤.....	7
图 3：Bump 尺寸与间距随着技术提高，逐步缩小.....	8
图 4：重布线层（RDL）将 I/O 重新分配到芯片边缘.....	8
图 5：重布线层（RDL）关键工序流程主要由十个步骤组成.....	9
图 6：FAN IN 和 FAN OUT 型 RDL 工艺.....	9
图 7：RDL 在台积电 InFO_OS 技术中为核心关键.....	9
图 8：TSV（硅通孔）工艺将多层平面进行堆叠互连.....	10
图 9：TSV 中介转接层加工工艺主要由 12 个工艺流程组成.....	11
图 10：低深宽比 TSV 图像传感器封装工艺主要包含十个工艺流程.....	11
图 11：TSV 制造成本结构（Via-Middle 方案）中临时键合/解键合占比最高，为 17%.....	12
图 12：TSV 制造成本构成（Via-Last 方案）中铜电镀占比最高，为 18%.....	12
图 13：混合键合显著提升键合技术性能.....	12
图 14：Hybrid Boding 工艺比传统焊接工艺步骤减少.....	13
图 15：Hybrid Bonding 工艺在 3D 封装中的应用.....	13
图 16：混合键合工艺中 Wafer-to-wafer 工艺流程.....	14
图 17：混合键合工艺中 Die-to-wafer 工艺流程.....	14
图 18：PSPI 组合体系复杂.....	15
图 19：传统光刻胶方法和光敏聚酰亚胺方法光刻图案制作过程.....	16
图 20：PSPI 是封装阶段 RDL 过程中的关键材料.....	16

图 21: 中国集成电路晶圆制造用 PSPI 市场规模增长较快 (亿元, %)	17
图 22: 全球四家主要生产厂商占据 PSPI 市场 93% 的份额 (%)	17
图 23: 刻蚀为电子特气主要应用环节	18
图 24: 干法刻蚀所用气体即为刻蚀气体	18
图 25: 蚀刻气体 SF ₆ 、C ₄ F ₈ 等为 TSV 工艺关键原材料	19
图 26: 全球刻蚀气体市场规模预计将在 2029 年突破 14 亿美元	20
图 27: 外资企业约占据全球刻蚀气体市场大头 (2022 年)	20
图 28: 电镀液是前道铜互连电镀工艺核心原材料	21
图 29: 电镀液广泛应用于芯片制造后道先进封装电镀	21
图 30: 芯片铜互连工艺成为主流技术	22
图 31: 晶圆凸块 (Bumping) 镀铜工艺拉动电镀液需求	22
图 32: 电镀液广泛应用于晶圆硅通孔 (TSV) 镀铜工艺	22
图 33: 全球高纯电镀液销售额稳步增长 (亿美元, %)	23
图 34: 2029 年中国高纯电镀液销售额预计 3.52 亿美元	23
图 35: 我国电镀液及配套试剂需求保持稳定增长 (万吨)	23
图 36: 2022 年全球铜电镀液产品占比最高 (%)	23
图 37: 2022 年全球半导体用高纯电镀液需求旺盛 (%)	23
图 38: 全球电镀市场依旧被国外企业所占据 (%)	24
图 39: 溅射靶材主要由靶坯、背板等部分构成	25
图 40: 溅射靶材应用以平面显示领域、半导体集成电路、太阳能电池领域为主	26
图 41: 半导体集成电路用溅射靶材主要用于芯片封装与晶圆制造	26
图 42: 全球半导体靶材市场规模增速回升 (亿美元)	27
图 43: 中国半导体靶材市场规模稳步增长 (亿元)	27
图 44: 全球靶材竞争格局以美日企业为主导 (2021 年)	27
图 45: 国内竞争格局内资与外资五五开 (2018 年)	27
图 46: CMP 抛光模块示意图	28
图 47: CMP 抛光作业原理图	28
图 48: CMP 抛光速率对比	28
图 49: CMP 平坦化效果图	28
图 50: CMP 技术应用广泛	29
图 51: CMP 抛光步骤随集成电路技术进步而增加 (次)	29
图 52: CMP 抛光步骤随存储芯片技术升级而增加 (次)	29
图 53: TSV 工艺示意图	30
图 54: 2021 年全球 CMP 抛光材料占晶圆制造材料 7.10% (%)	30
图 55: 2021 年全球抛光液和抛光垫占抛光材料 82% (%)	30
图 56: CMP 抛光垫核心参数	31
图 57: 全球 CMP 抛光垫市场规模波动增长 (亿美元, %)	32
图 58: 中国 CMP 抛光垫市场规模加速增长 (亿元, %)	32
图 59: 2022 年全球 CMP 抛光垫市场份额集中 (%)	32
图 60: 抛光液主要由研磨粒子、表面活性剂、缓蚀剂等组成	33
图 61: 全球抛光液市场规模稳步增长 (亿美元)	34
图 62: 中国抛光液市场规模中速增长 (亿元)	34
图 63: 2020 年全球抛光液市场竞争格局 (%)	34
图 64: 2021 年中国抛光液市场竞争格局 (%)	34
图 65: 临时键合胶在晶圆级封装中的应用及热滑移解键合过程	35

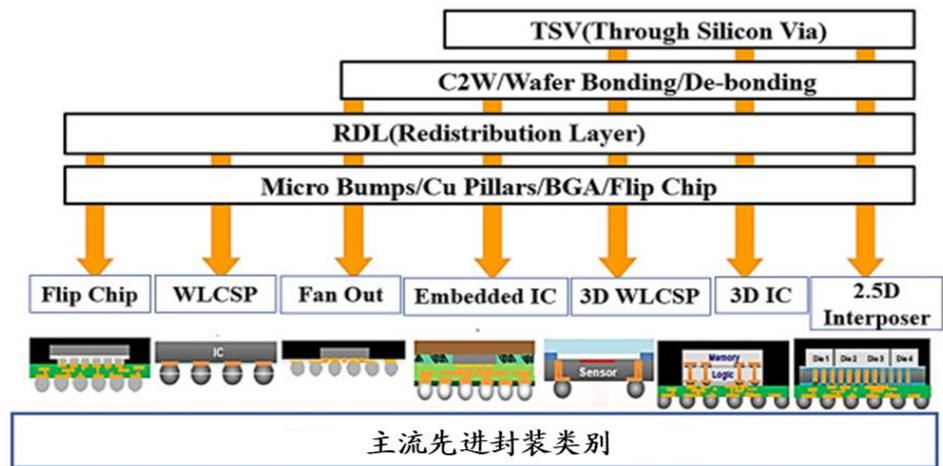
图 66: 全球临时键合胶市场规模将稳步增长 (亿元)	36
图 67: 前三大厂商占有全球超过 40% 的份额 (2022 年)	36
图 68: 环氧塑封料是一种以环氧树脂为基础的复合材料	37
图 69: 全球半导体用环氧塑封料市场规模稳健增长 (亿美元)	39
图 70: 中国封装材料市场规模稳步发展 (亿元)	39
图 71: 封装材料中环氧塑封料占据 90% 份额	39
图 72: 全球环氧塑封料前十大厂商外企占据大多数	40
图 73: 角形硅微粉产品外观及颗粒形貌如下图所示	41
图 74: 硅微粉是环氧塑封料中重要组成部分	42
图 75: 全球硅微粉市场预计将不断增长 (亿美元)	42
图 76: 中国硅微粉市场规模预计保持高速增长 (亿元)	42
图 77: 全球球形硅微粉市场被外资企业寡头垄断 (2023 年)	43
图 78: 球形氧化铝颗粒形貌如下图所示	43
图 79: 全球球形氧化铝市场规模预计将保持高速增长 (亿元)	44
图 80: 中国球形氧化铝市场总值及其占比不断提升 (亿元, %)	44
图 81: 2022 年全球球形氧化铝市场以中日企业为主	45
图 82: 2022 年国内球形氧化铝市场内资企业占比较高	45
表 1: 不同类型凸块材料与互连方法有所不同	6
表 2: TSV 技术主要分为 Via-first 与 Via-last 两种方案	10
表 3: 混合键合在存储与逻辑应用领域均有技术突破	13
表 4: 光敏聚酰亚胺亦有正负性之分, 且正性 PSPI 性能更为优越	15
表 5: 国内多家厂商纷纷布局, 先进封装用 PSPI 未来可期	17
表 6: 蚀刻用含氟电子气体种类繁多各有特点	18
表 7: 国内厂商正逐步推进刻蚀气体国产替代化进程	20
表 8: 国内电镀液厂商正向先进封装领域进发	24
表 9: 溅射靶材的种类众多	25
表 10: 半导体用溅射靶材需求旺盛、性能要求最高	26
表 11: 国内企业已实现大部分半导体用靶材国产替代	27
表 12: 抛光垫具体分类情况	31
表 13: 海外主要厂商产品品类情况	32
表 14: 抛光液分类及其应用领域	33
表 15: 国内 CMP 抛光材料厂商正逐步扩产抢占市场	34
表 16: 国内临时键合胶厂商正加紧研发推进客户验证	36
表 17: 环氧塑封料类别多样, 各自针对不同的封装形式	37
表 18: 历代封装技术对环氧塑封料的主要性能及产品配方要求逐步递增	38
表 19: 国内环氧塑封料厂商产品布局正从传统封装领域向先进封装领域逐步推进	40
表 20: 硅微粉性能优越, 下游应用广泛	41
表 21: 两种形态氧化铝的应用场景有所不同	44
表 22: 国内电子功能粉体材料厂商逐步扩产推进市场开发	45
表 23: 国内先进封装材料相关估值表	46

1、互连工艺升级是先进封装的关键，材料升级是互连工艺升级的基础

先进封装技术路径多元化，技术持续创新迭代，在 market 需求的推动下，传统封装不断创新、演变，出现了各种新型的封装结构。随着封装技术进步和下游市场对于产品小型化需求增长，SiP（系统级封装）和 PoP（Package on package，叠成封装技术）奠定了先进封装时代的开始，以实现更高的集成密度。2D IC 封装技术（如倒装芯片 Flip-Chip、晶圆级封装 WLP）和 3D IC 封装技术（如硅通孔，TSV）的出现，进一步缩短了芯片之间的互连距离。近年来，先进封装的发展势头迅捷，如台积电的 InFO（集成扇出）和 CoWoS（Chip On Wafer On Substrate）、日月光 FOCoS（基板上扇出芯片）、Amkor 的 SLIM（无硅集成模块）和 SWIFT（硅晶圆集成扇出技术）等。

先进封装主要技术平台包括：倒装（FC）、晶圆级封装（WLP）、2.5D、3D 封装等。支持这些平台技术的主要互连工艺包括凸块（Bumping）、重布线（RDL）、硅通孔（TSV）、混合键合等，互连工艺升级是先进封装的关键。

图1：各类型先进封装主要包含 bumping、RDL、TSV 及键合等互连工艺



资料来源：Challenges and prospects for advanced packaging

1.1、凸块（Bumping）：多种先进封装形式的基础工艺

凸块（bumping）为先进的晶圆级工艺技术之一，将晶圆切割成单个芯片之前，在基板上形成由各种金属制成的“凸块”或“球”。晶圆凸块为倒装芯片或板级半导体封装的重要组成部分，已成为当今消费电子产品互连技术的标准。凸块在管芯和衬底之间提供比引线键合更短的路径，以改善倒装芯片封装的电气、机械和热性能。倒装芯片互连可减少信号传播延迟，提供更好的带宽，并缓解功率分配的限制。

不同类型的凸块材料，其互连方法有所不同。凸块按照材料成分来区分，主要包括以铜柱凸块（Cu Pillar）、金凸块（Au Bump）、镍凸块（Ni Bump）、铟凸块（In Bump）等为代表的单质金属凸块和以锡基焊料为代表的焊料凸块（Solder Bump）及聚合物凸块等。凸块互连相关技术包括材料选择、尺寸设计、凸块制造、互连工艺及可靠性和测试等。不同的凸块材料，其加工制造方法各不相同，对应的互连方法

和互连工艺中的焊（黏）接温度也不尽相同。

表1：不同类型凸块材料与互连方法有所不同

凸块类型	凸块材料	互连温度/C (对焊料凸点)	互连方法	能否电镀
单质金属凸点	AU	-	黏接、热声或热压焊	能
	Ni	-	黏接	能
	Cu	-	黏接	能
	In	-	回流焊	能
Pb-Sn 焊料凸点	95Pb5Sn	370	回流焊	能
	90Pb10Sn	350	回流焊	能
	37Pb63Sn	220	回流焊	能
无铅焊料凸点	80Au20Sn	310 330	回流焊或热压焊	能
	共晶 SnAg	260	回流焊	能
	共晶 SnAgCu	260	回流焊	能
聚合物凸点	导电聚合物	-	黏接	否

数据来源：《集成电路先进封装材料》、开源证券研究所

晶圆凸块技术制作过程复杂，需要清洗、溅镀、曝光、显影、电镀去胶、蚀刻和良品测试等环节，其对应材料需求为清洗液、靶材、电镀液、光刻胶、显影液、蚀刻液等。具体工艺如下：

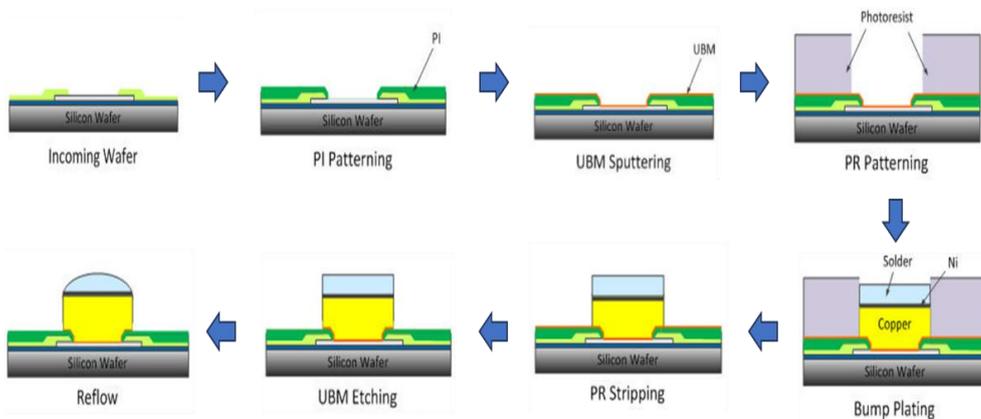
首先，采用溅射或其他物理气相沉积的方式在圆片表面沉积一层钛或钛钨作为阻挡层，再沉积一层铜或其他金属作为后面电镀所需的种子层。在沉积金属前，圆片先进入溅射机台的预清洁腔体，用氩气等离子去除焊盘金属表面的氧化层。

其次，在圆片表面旋涂一定厚度的光刻胶，并运用光刻曝光工艺，以改变其在显影液中的溶解度。光刻胶与显影液充分反应后，得到设计所需的光刻图形。

再则，圆片进入电镀机，通过合理控制电镀电流、电镀时间、电镀液液流、电镀液温度等，得到一定厚度的金属层作为 UBM（Under Bump Metallization，凸点下金属化层）。在有机溶液中浸泡后，圆片表面的光刻胶被去除；再用相应的腐蚀液去除圆片表面 UBM 以外区域的溅射种子层和阻挡层。

最后，在植球工序中，需要用两块开有圆孔的金属薄板作为掩模板，位置与圆片表面 UBM 的位置相对应。在植球前，先用第 1 块金属掩模板将助焊剂印刷到 UBM 表面；再用第 2 块金属掩模板将预成型的锡球印刷到 UBM 上；最后，圆片经过回流炉使锡球在高温下熔化，熔化的锡球与 UBM 在界面上生成金属间化合物，冷却后锡球与 UBM 形成良好的结合。

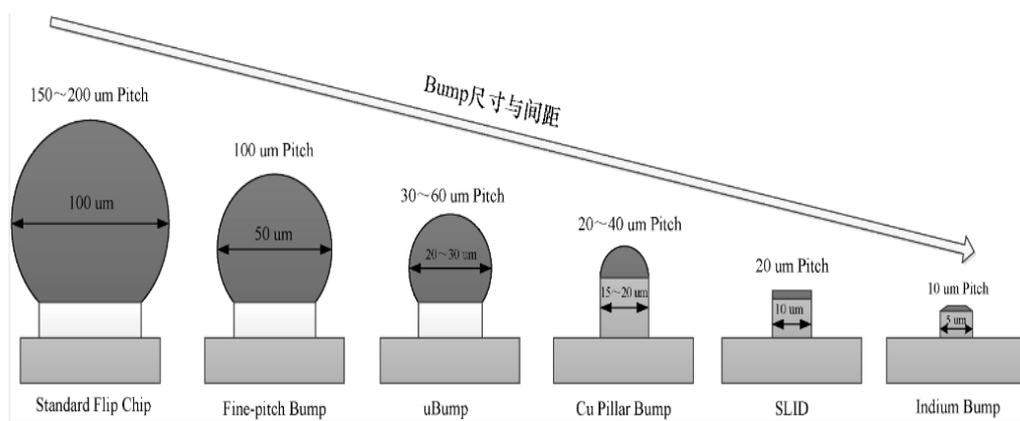
采用电镀的方式也可以得到焊球凸块，即在电镀 UBM 完成后，接着电镀焊料；去除光刻胶和腐蚀溅射金属后，经过回流，得到焊球凸块。电镀方式也是铜柱凸块和金凸块加工的常用方法。

图2：凸块（bumping）工艺流程主要分为 8 个步骤


资料来源：华进半导体

电子器件向更轻薄、更微型和更高性能进步，促使凸块尺寸减小，精细间距愈发重要。凸块间距（Bump Pitch）越小，意味着凸点密度增大，封装集成度越高，难度越来越大。行业内凸点间距正在朝着 $20\ \mu\text{m}$ 推进，而实际上巨头已经实现了小于 $10\ \mu\text{m}$ 的凸点间距。如果凸点间距超过 $20\ \mu\text{m}$ ，在内部互连的技术上采用基于热压键合（TCB）的微凸块连接技术。面向未来，混合键合（HB）铜对铜连接技术可以实现更小的凸点间距（ $10\ \mu\text{m}$ 以下）和更高的凸点密度（ 10000 个/ mm^2 ），并带动带宽和功耗双提升。随着高密度芯片需求的不断扩大带来倒装需求的增长，Bumping 的需求将不断提升，相关材料需求也将不断提升。

图3: Bump 尺寸与间距随着技术提高, 逐步缩小

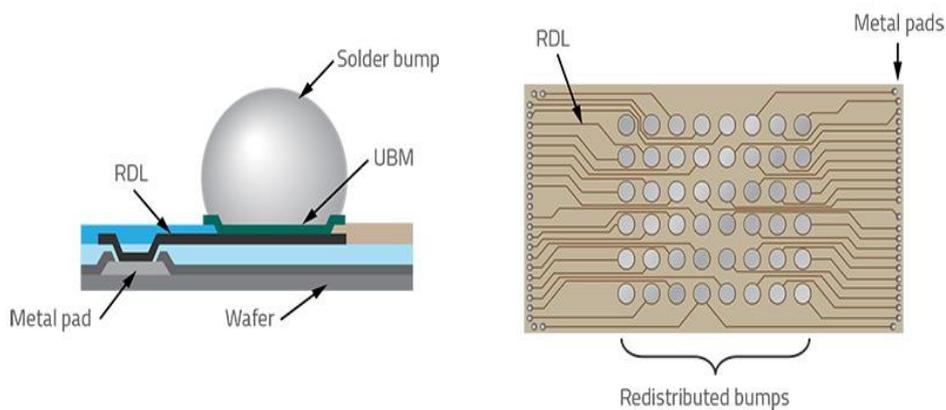


资料来源:《基于 SIP 技术的微系统》, 作者: 李扬

1.2、重布线层 (RDL): 芯片电气延伸与互连的桥梁

RDL (Re-Distribution Layer, 重布线层) 为先进封装的关键互连工艺之一, 可将多个芯片集成到单个封装中。在介电层顶部创建图案化金属层的过程, 将 IC 的输入/输出 (I/O) 重新分配到新位置。新位置通常位于芯片边缘, 可以使用标准表面贴装技术 (SMT) 将 IC 连接到印刷电路板 (PCB)。RDL 技术使设计人员能够以紧凑且高效的方式放置芯片, 从而减少器件的整体占地面积。

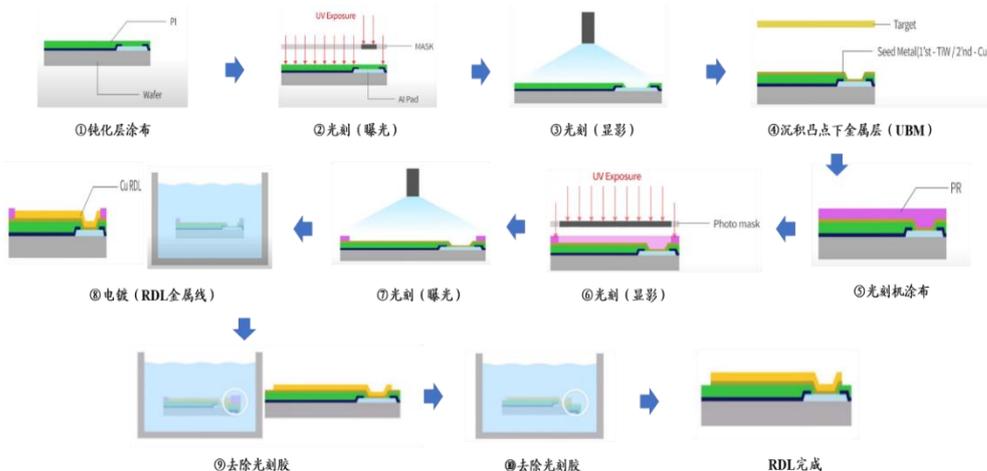
图4: 重布线层 (RDL) 将 I/O 重新分配到芯片边缘



资料来源: Lam Research

晶圆级金属重布线制程在 IC 上涂布一层绝缘保护层, 再以曝光显影的方式定义新的导线图案, 然后利用电镀技术制作新的金属线路, 以连接原来的芯片引脚和新的凸点, 达到芯片引脚重新分布的目的。重布线层的金属线路以电镀铜材料为主, 根据需要也可以在铜线路上镀镍金或者镍钯金材料, 相关核心材料包括光刻胶、电镀液、靶材、刻蚀液等。

图5：重布线层（RDL）关键工序流程主要由十个步骤组成

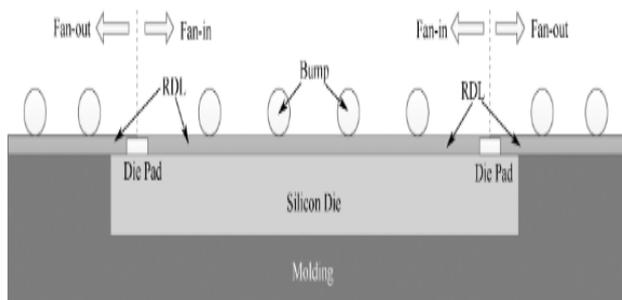


资料来源：LB Semicon

重布线层（RDL）在延伸和互连 XY 平面方面发挥关键作用。在扇入晶圆级封装（FIWLP）和扇出晶圆级封装（FOWLP）等先进封装中，RDL 为核心关键工艺。使得封装厂能够在扇出封装技术与晶圆代工厂展开竞争。通过 RDL，IO Pad 可以制成 FIWLP 或 FOWLP 中不同类型的晶圆级封装。在 FIWLP 中，凸块全部生长在芯片上，芯片和焊盘之间的连接主要依靠 RDL 的金属线。封装后，IC 的尺寸几乎与芯片面积相同。在 FOWLP 中，凸块可以生长在芯片外，封装后的 IC 比芯片面积大（1.2 倍）。

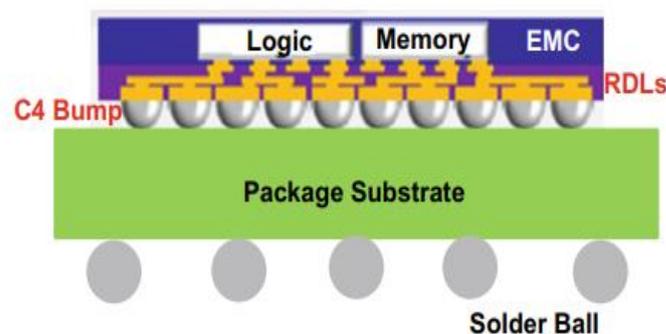
以 2.5D 先进封装的代表台积电的 InFO 为例，InFO 在载体上使用一个或多个裸芯片，然后将其嵌入到模塑料的重构晶圆中。并在晶圆上制造 RDL 互连和介电层，这是“芯片优先”的工艺流程。单芯片 InFO 提供高凸点数量，RDL 线从芯片区域向外延伸，形成“扇出”拓扑。

图6：FAN IN 和 FAN OUT 型 RDL 工艺



资料来源：《基于 SIP 技术的微系统》，作者：李扬

图7：RDL 在台积电 InFO_OS 技术中为核心关键



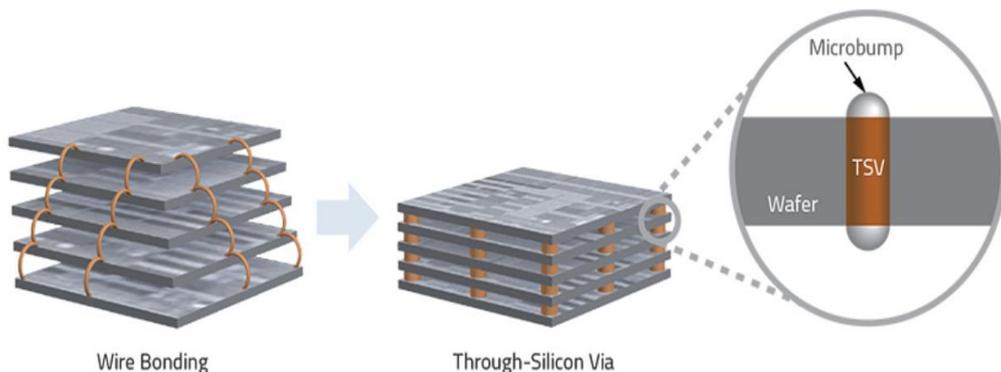
资料来源：《Heterogeneous Integrations》，作者：John H. Lau

1.3、硅通孔（TSV）：立体集成工艺的核心关键

TSV（Through Silicon Via，硅通孔）技术主要用于立体封装，在芯片的垂直方向上提供电气扩展和互连的功能。通过在芯片和芯片之间、晶圆和晶圆之间制作垂直导通孔，实现芯片之间互连的最新技术。与传统 Wire Bonding 的芯片堆叠技术不同，TSV 技术能够使芯片在 3D 堆叠的密度最大，外形尺寸最小，并且大幅改善芯片运行速度，降低功耗。因此，TSV 技术曾被称为继 Wire Bonding、TAB 和 Flip Chip

之后的第 4 代封装技术。

图8：TSV（硅通孔）工艺将多层平面进行堆叠互连



资料来源：LAM Research

通过 TSV 技术将多层平面型芯片进行堆叠互连，减小芯片面积，大大缩短整体互连线的长度，互连线长度的缩短能有效降低驱动信号所需的功耗。TSV 技术可以集成到制造工艺的不同阶段，主要分为 Via-first、Via-middle、Via-last 三种方案。

TSV（Via-First）方案：在晶圆制造完成之前生成 TSV，可以在 Fab 厂前端金属互连之前进行，实现 Core-to-Core 的连接。该方案目前在微处理器等高性能器件领域应用较多，主要作为系统级芯片（System on a Chip, SoC）的替代方案。Via-first 也可以在 CMOS 完成之后在晶圆厂进行 TSV 的制作，然后再完成后端的封装。

TSV（Via-Middle）方案：通常在 FEOL 步骤完成后，制作硅通孔（TSV），其中包括许多高温工艺。并在执行多层金属布线 BEOL 处理之前，完成片内互连工艺。

TSV（Via-Last）方案：将 TSV 放在封装生产阶段，该方案的明显优势是可以不改变现有集成电路生产和设计流程。目前，部分厂商已开始在高端的 Flash 和 DRAM 领域采用 Via-Last 方案，即在芯片的周边进行打孔，然后进行芯片或晶圆的堆叠。

表2：TSV 技术主要分为 Via-first 与 Via-last 两种方案

	Via-first/Via-Middle	Via-last
设计阶段	CMOS 或 BEOL 之前	BEOL 之后
介入时间	IC 设计阶段介入	晶圆生产完成后开始
加工地点	IDM 晶圆厂	OSAT 封测厂
通孔大小	通孔宽度 5~20μm	通孔宽度 20~50μm
关键尺寸	控制严格	控制相对宽松
纵宽比	3:1 到 10:1	3:1 到 15:1

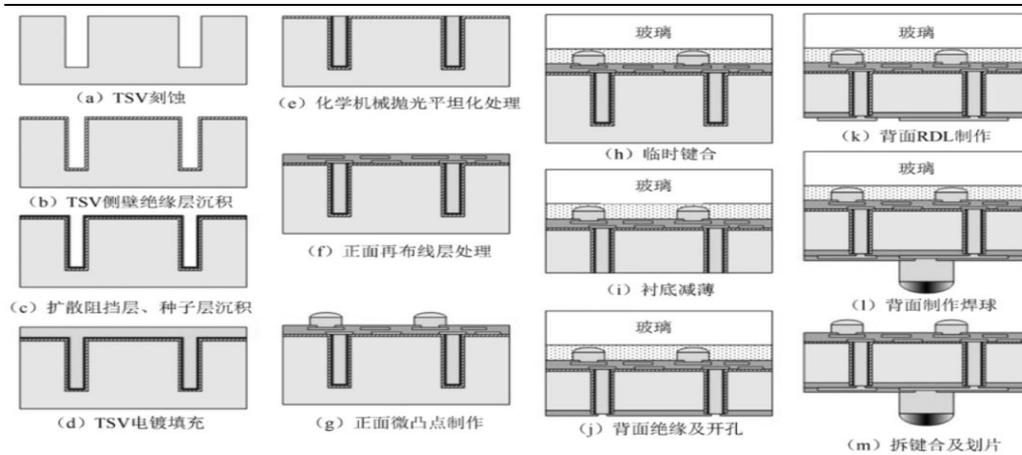
数据来源：《基于 SIP 技术的微系统》，作者：李扬、开源证券研究所

TSV 主要有三大应用领域，分别是 2.5D 中介转接层（Interposer）封装、三维集成电路（3D IC）封装和三维圆片级芯片尺寸（3D WLCSP）封装。对应 TSV 生产流程，会涉及到深孔刻蚀、PVD、CVD、铜填充、微凸点及电镀、清洗、减薄、键合等二十余种工艺，其中深孔刻蚀气体、电镀液、靶材、CMP 研磨材料等材料最为关键。

(1) **2.5D 中介转接层封装：**细线条布线中介转接层针对的是 FPGA、CPU 等

高性能的应用，其特征是正面有多层细节距再布线层和细节距微凸点，主流 TSV 深宽比达到 10:1，厚度约为 100 μ m。TSMC 的 CoWoS（Chip on Wafer on Substrate，晶圆级封装）采用的 2.5D TSV 技术。CoWoS 技术把芯片安装到硅转接板上，并使用硅转接板上的高密度走线进行互连。

图9：TSV 中介转接层加工工艺主要由 12 个工艺流程组成

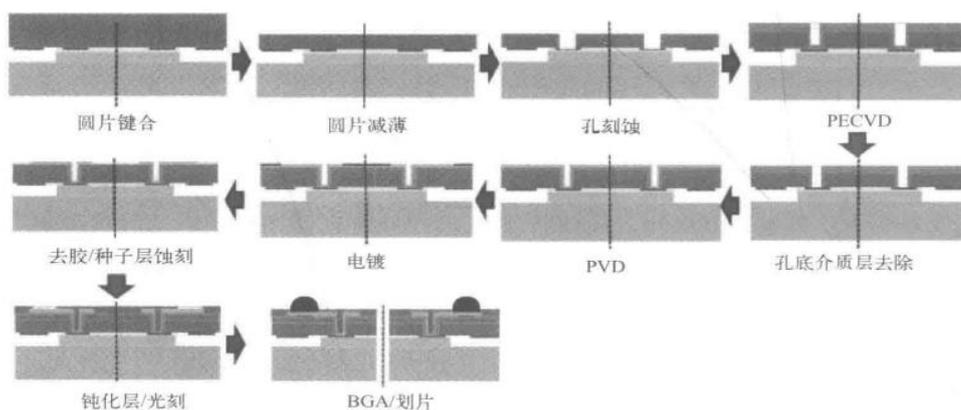


资料来源：《集成电路产业全书》，作者：王阳元

(2) **3D IC 封装**：应用方向主要是存储类产品，其原因是存储类产品引脚密度小，版图布局规律，芯片功率密度小等。通过 TSV 通孔实现三维集成，可以增加存储容量，降低功耗，增加带宽，减小延迟，实现小型化。

(3) **3D WLCSP**：主要应用于图像、指纹、滤波器、加速度计等传感器封装领域。其特点是采用 Via Last 工艺，TSV 深宽比较小（1:1~3:1），孔径较大出于对成本的考虑，目前图像传感器封装大多采取低深宽比的 TSV 结构。

图10：低深宽比 TSV 图像传感器封装工艺主要包含十个工艺流程

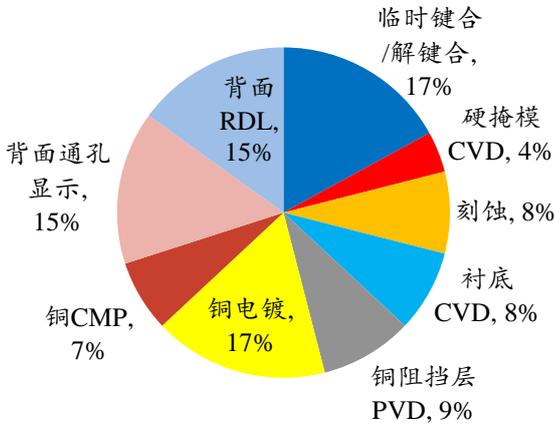


资料来源：《集成电路产业全书》，作者王阳元

TSV 工艺中临时键合/解键合、铜电镀成本占比最高。根据《A Cost Model Analysis Comparing Via-Middle and Via-Last TSV Processes》论文数据，在 Via-Middle 的 TSV 工艺制造成本中，临时键合/解键合与铜电镀成本占比均为 17%，背面通孔显示（主要包括背面减薄和抛光、刻蚀、CVD、CMP 等）和背面 RDL（主要包括 PVD、光刻、电镀等）成本占比约为 15%左右，其他关键工艺包括刻蚀、CVD、铜阻挡层 PVD 等。而 Via-Last 的 TSV 工艺中，铜电镀成本占比 18%，临时键合/解键合与铜阻挡层 PVD 成本占比均为 17%，背面 RDL（主要包括 PVD、光刻、电镀等）成本占比约为

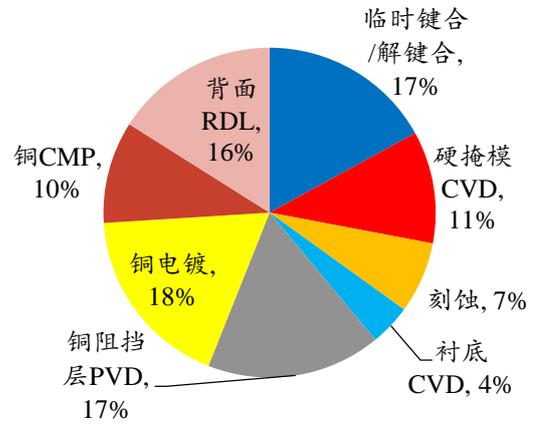
16%，其他核心工艺与 Via-Middle 方案类似。

图11: TSV 制造成本结构 (Via-Middle 方案) 中临时键合/解键合占比最高, 为 17%



数据来源:《A cost model analysis comparing via-middle and via-last TSV processes》, 作者: K.-J. Chui 等、开源证券研究所

图12: TSV 制造成本构成 (Via-Last 方案) 中铜电镀占比最高, 为 18%

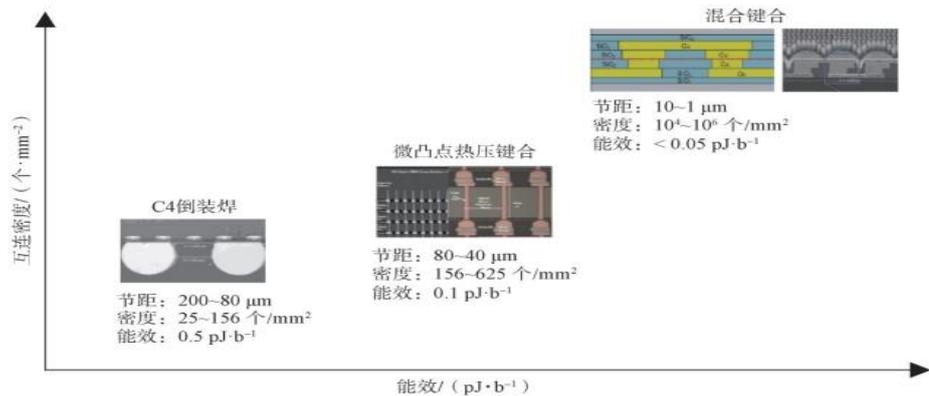


数据来源:《A cost model analysis comparing via-middle and via-last TSV processes》, 作者: K.-J. Chui 等、开源证券研究所

1.4、混合键合: 缩小 Bump pitch 间距, 扩大互连带宽

混合键合 (Hybrid Bonding) 是通过铜—铜金属键合和二氧化硅—二氧化硅介质层键合实现无凸点永久键合的芯片三维堆叠高密度互连技术。据《先进封装的发展与机遇》论文数据, 混合键合技术可实现极小间距的芯片焊盘互连, 每平方毫米可互连的芯片焊盘数为 $10^4 \sim 10^6$ 个, 可以提供更高的互连密度、更小更简单的电路、更大的带宽、更小的电容和更低的功耗。

图13: 混合键合显著提升键合技术性能

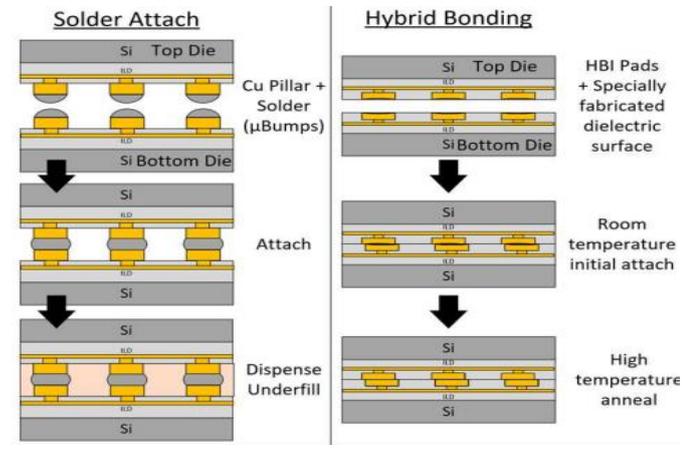


资料来源:《先进封装技术的发展与机遇》, 作者: 曹立强等

混合键合工艺提供更高互连密度, 逐渐取代传统焊接工艺。与传统 C4 焊点和微凸点连接技术相比, 混合键合技术主要优点有: ①实现芯片之间无凸点互连, 微凸点的取消将进一步降低芯片之间通道的寄生电感和信号延时; ②实现芯片之间超细间距的互连, 比微凸点提高 10 倍以上, 超细间距的互连将增加布线有效使用面积, 大幅增加通道数量, 简化 I/O 端口电路; ③实现超薄芯片制备, 通过芯片减薄可使芯片厚度和重量大幅降低, 并且可进一步提升系统中芯片的互连带宽; ④实现键合可靠性的提高, 铜—铜触点间以分子尺度融合, 取消了焊料连接, 二氧化硅—二氧化

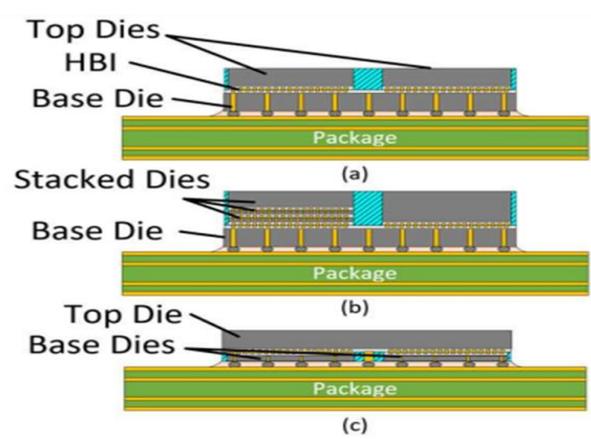
硅以分子共价键键合取消了底填材料，极大提高了界面键合强度，增强了芯片的环境适应性。

图14: Hybrid Bonding 工艺比传统焊接工艺步骤减少



资料来源:《Enabling Hybrid Bonding on Intel Process》, 作者: Adel Elsherbini 等

图15: Hybrid Bonding 工艺在 3D 封装中的应用



资料来源:《Enabling Hybrid Bonding on Intel Process》, 作者: Adel Elsherbini 等

混合键合工艺主要包含 D2W (Die-to-Wafer) 和 W2W (Wafer-to-Wafer) 两类键合。根据 EVG 报告《Bonding Technologies for the Next Generation Integration Schemes》(发布于 2021 年 6 月 10 日) 数据, Wafer-to-Wafer 的工艺更加成熟, 但需要每个芯片尺寸相同, 且整体良率较低。下游应用端, 在背光 CIS 及存储领域 3D NAND 等领域均已实现量产。而 D2W 下游应用前景更广, 但产品仍处于研发及量产爬坡阶段。

表3: 混合键合在存储与逻辑应用领域均有技术突破

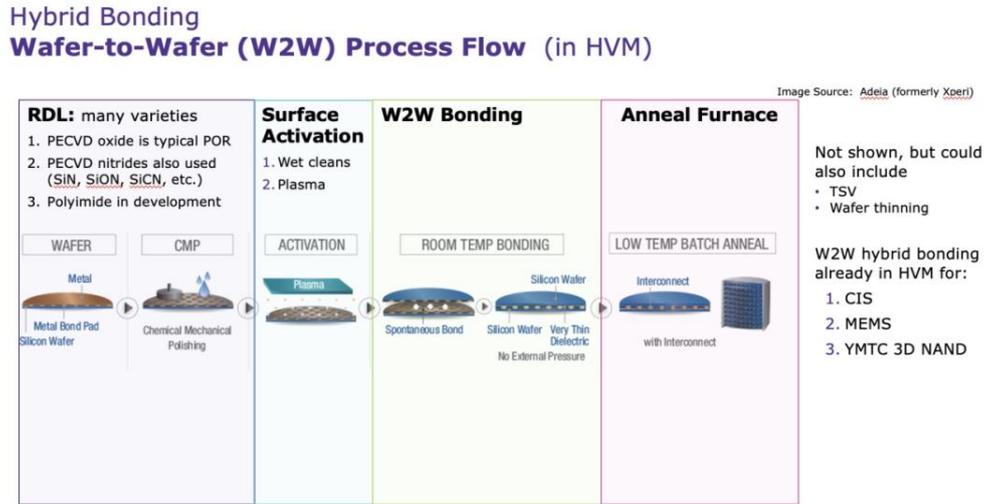
	背光 CIS	存储			逻辑		
		3D NAND	HBM Stacks	DDR6+	Next Gen. Memory	SoC Partitioning	Scaling
堆叠芯片	光电二极管 + DRAM + 逻辑芯片	NAND + 外围电路	12+层堆叠	Peri under DRAM	Peri on MRAM, FeRAM, PCM	SoIC	背面 PDN (5nm)
键合方式	W2W	W2W	W2W/D2W	W2W	W2W	W2W/D2W	W2W
间距	2 μm → 1 μm	2 μm → 1 μm	5 μm → 3 μm	2 μm → <1 μm	2 μm → <1 μm	9 μm → 2 μm	2 μm
技术进展	量产	量产	研发	研发	研发	量产爬坡	量产爬坡
相关公司	Sony	YMTC	Xperi	IMEC	IMEC	台积电	IMEC

数据来源: EVG、开源证券研究所

混合键合的关键工艺步骤包括电镀 (电化学沉积、ECD)、CMP、等离子体活化、对准、键合、分离和退火, 对应材料主要为电镀液、靶材、CMP 研磨材料等。

W2W (Wafer-to-Wafer, 晶圆到晶圆键合) 是指将两片晶圆高精度对准、接合, 实现两片晶圆之间功能模块集成的工艺。晶圆级键合设备可用于存储器堆叠、3D 片上系统 (SoC)、背照式 CMOS 图像传感器堆叠以及芯片分区等多个领域, 是目前混合键合中能够进行大量生产的技术。

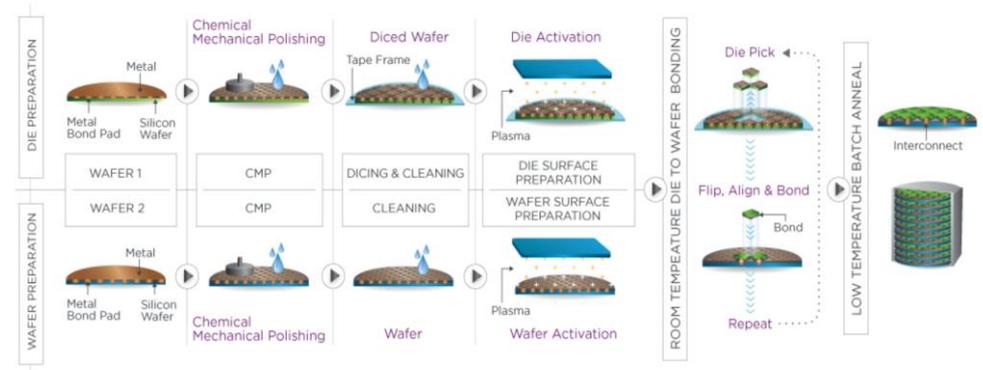
图16: 混合键合工艺中 Wafer-to-wafer 工艺流程



资料来源: 半导体产业研究

D2W (Die to Wafer, 芯片到晶圆) 是指将单个芯片逐个键合到目标晶圆上的过程。模具尺寸越大, 使用 D2W 堆叠越有利, 成本效益越高。D2W 通常是混合键合的主要选择, 因为它支持不同的芯片尺寸、不同的晶圆类型和已知的良好芯片, 而 W2W 通常只支持相同节点的芯片。

图17: 混合键合工艺中 Die-to-wafer 工艺流程



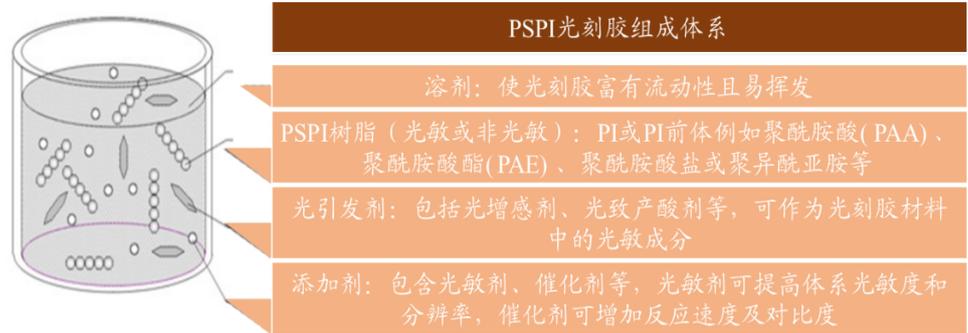
资料来源: 半导体产业研究

2、先进封装带动半导体材料新需求, 多品类有望受益

2.1、PSPI 光刻胶

光敏聚酰亚胺光刻胶是一种复合材料, 包含溶剂、PSPI 树脂(可光敏或非光敏)、光引发剂、添加剂, 故其光敏性可能源自 PSPI 树脂本身或与其混合的添加剂。各成分分开来看, PSPI 使用的树脂可以是聚酰亚胺或其前体如聚酰胺酸 (PAA), 其使用的催化剂一般包括光敏剂、增感剂、光活性催化剂及其他催化剂。

图18: PSPI 组合体系复杂



资料来源: 八亿时空

类似于传统光刻胶, 光敏聚酰亚胺可分为正性和负性两种类型。正性 PSPI 在紫外光照射后可溶解于显影剂, 而负性 PSPI 在光照后交联变得不溶。正性 PSPI 相较于负性 PSPI 在光刻时容易去除曝光区域, 减少污染引起的错误, 并提供高分辨率的图案, 是未来 PSPI 的发展趋势。根据感光原理以及合成工艺不同, 可将正负性 PSPI 进一步细分为若干类型, 其各自特点如下表所示。

表4: 光敏聚酰亚胺亦有正负性之分, 且正性 PSPI 性能更为优越

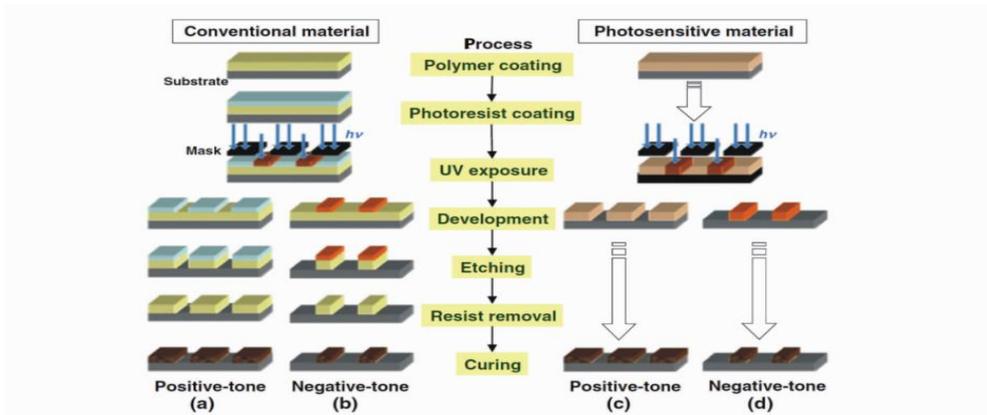
类别名称	细分种类	简介及性能特点
正性光敏聚酰亚胺	自增感型 PSPI	包括邻硝基苄基型、侧链含光敏基团型和主链可降解型。自增感型 PSPI 本身结构中带有光敏基团, 不需外加光敏剂即可实现光刻
	外加光敏剂型 PSPI	包括 PI 前体外加正性光敏剂型、反应显影制图型、化学增幅型。相比于自增感型 PSPI, 外加光敏剂赋予了主链分子设计更多的灵活性, 光刻性能也可以通过调节外加光敏剂的结构与浓度等实现调控, 自由度很高。
	酯型 PSPI	光敏性基团与聚合物主链以酯键的形式进行连接。制备步骤复杂、反应周期长, 感光基团的吸收波长通常低于 230nm。
负性光敏聚酰亚胺	离子型 PSPI	羧基负离子与氨基正离子以离子键键合的盐类络合物。具有优异的热稳定性、光敏性和介电性能。
	化学增幅型 PSPI	可进一步细分为光产酸型 PSPI 和光产碱型 PSPI。光子利用率高, 具有更高的灵敏度和较低的固化收缩率
	自增感型 PSPI	自增感型 PSPI 依靠自身特有二苯甲酮结构发生交联反应。改善了酯型和离子型 PSPI 的体积收缩问题, 避免了光引发剂残留导致 PSPI 的热力学、力学、电学性能的下降, 但其曝光条件严格, 灵敏度低。

资料来源: 《负性光敏聚酰亚胺的种类及研究进展》孙孟冉、《正性光敏型聚酰亚胺的研究和应用进展》王思恩、开源证券研究所

光敏聚酰亚胺 (PSPI) 是先进封装工艺中的核心耗材。在集成电路中, PSPI 通常作为缓冲层、钝化层或用于多层互连结构的平坦化层, 其主要功能是保护集成电路的特定区域不受外力影响。同时, 伴随光刻技术的发展和芯片布线及封装技术的创新, 现代封装技术要求单个半导体芯片能够连接至其他芯片的输入输出通路, 这就需要在封装阶段进行精密的再布线 (RDL) 工作。在这些金属导线与芯片单元之间, PSPI 被视作最常用的绝缘介质材料, 不仅为封装提供必要的电气、机械和热性能, 还能实现高分辨率的图案化, 是 RDL 过程中的关键材料。因此特性, PSPI

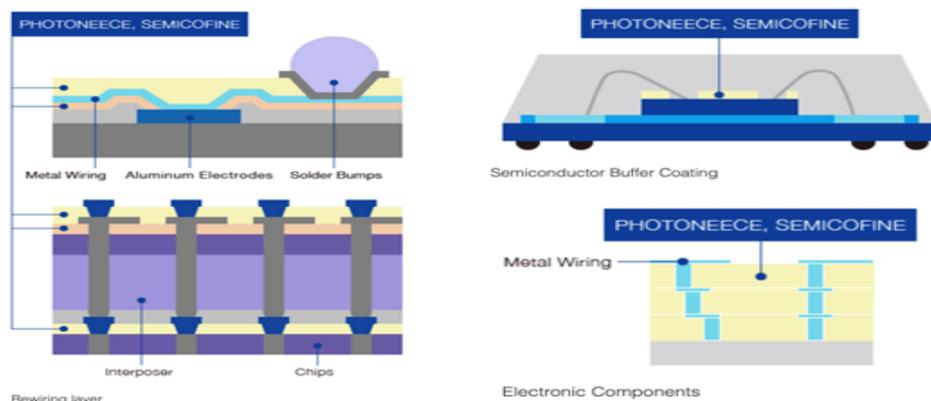
光刻胶在先进封装工艺中普遍应用，是一种核心耗材，有望充分受益于先进封装行业的发展。

图19：传统光刻胶方法和光敏聚酰亚胺方法光刻图案制作过程



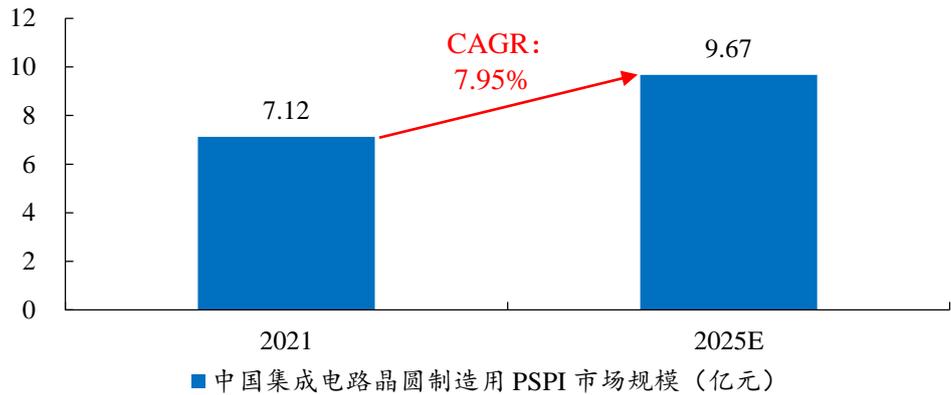
资料来源：《光敏聚酰亚胺光刻胶研究进展》郭海泉等

图20：PSPI 是封装阶段 RDL 过程中的关键材料



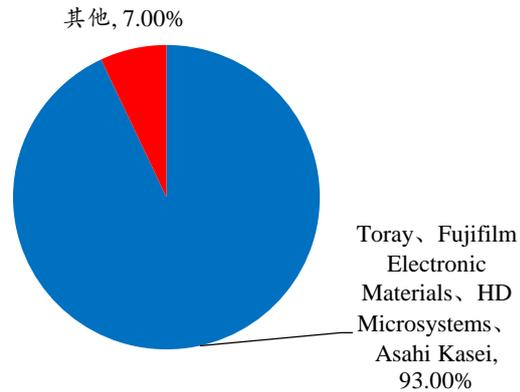
资料来源：日本东丽官网

集成电路用 PSPI 光刻胶市场空间保持稳定增长。根据艾森股份 2023 年 12 月 25 日投资者关系记录中援引中国电子材料行业协会的数据，2021 年中国集成电路晶圆制造用 PSPI 市场规模 7.12 亿元，预计到 2025 年中国集成电路晶圆制造用 PSPI 市场规模将增长至 9.67 亿元，2021-2025 年均复合增速为 7.95%，整体空间较大且保持较快增长。

图21：中国集成电路晶圆制造用 PSPI 市场规模增长较快（亿元，%）


数据来源：中国电子材料行业协会公众号、艾森股份公告、开源证券研究所

全球 PSPI 市场被外商高度垄断，国产替代需求迫切。我国 PSPI 光刻胶布局较为落后，目前全球主要的 PSPI 生产厂商包括 Toray、HD Microsystems、Asahi Kasei、Fujifilm Electronic Materials、中国台湾长兴材料、SK Materials 等，上述前四家厂商市占率合计达到 93%，呈现出高度垄断的市场竞争格局，国产替代需求迫切。

图22：全球四家主要生产厂商占据 PSPI 市场 93% 的份额(%)


数据来源：简乐尚博 168 百家号、开源证券研究所

我国 PSPI 前景广阔未来可期。随着《中国制造 2025》政策的推动，我国在工业、机械、电子等多个领域正逐步实现国产化替代，伴随着行业整体景气度的提升，国内从事 PSPI 生产的企业数量呈现出持续增长的态势，研究深度亦在不断加深。目前，多家企业已经掌握了 PSPI 产品的生产技术，并开始批量生产，逐渐融入下游客户的供应链体系。从国内企业近期的发展来看，PSPI 产品在过去两年内实现了从无到有的关键突破。随着下游应用的不断扩大以及企业对量产工艺掌握度的提高，PSPI 在我国未来的技术进步与市场拓展中，势必展现出更加广阔的发展前景。

表5：国内多家厂商纷纷布局，先进封装用 PSPI 未来可期

公司名称	先进封装用 PSPI 产品情况
鼎龙股份	公司封装光刻胶产品已完成客户端送样，验证工作稳步推进，截至目前客户验证反馈良好。此外，公司持续根据市场情况和客户需求拓展封装光刻胶的产品型号布局，新增型号预计于 2023 年年底前完成小试送样。先进封装材料应用评价平台建设完成并投入使用，加速相关产品开发、验证进度；封装光刻胶产业化建设已实施完成，具备量产供货能力。
强力新材	2023 年 9 月，公司研发生产的光敏性聚酰亚胺（PSPI）应用于封装领域，目前 PSPI 处于下游客户验证阶段。

公司名称

先进封装用 PSPI 产品情况

公司光敏性正胶产品已经占领了国内市场约 15% 份额；用于晶圆级封装的负胶产品在长电和盛合晶微已经实现批量供货；波米科技 其中一款光敏性负胶产品，已在株洲时代新材完成了 60% 的国产化替代，用于 IGBT（绝缘栅双极晶体管）。2023 年下半年出口韩国产品达 55 公斤，标志着公司成功打开了韩国市场。

公司自主开发的芯片封装用聚酰亚胺薄膜（COF 封装用高强高模 PI 薄膜）经下游客户试用反馈，产品综合性能优秀，达国风新材 到国际先进水平；与中科大先研院联合开发的半导体封装用光敏聚酰亚胺（PSPI）光刻胶，取得阶段性成果，目前处于实验室送样检测阶段。

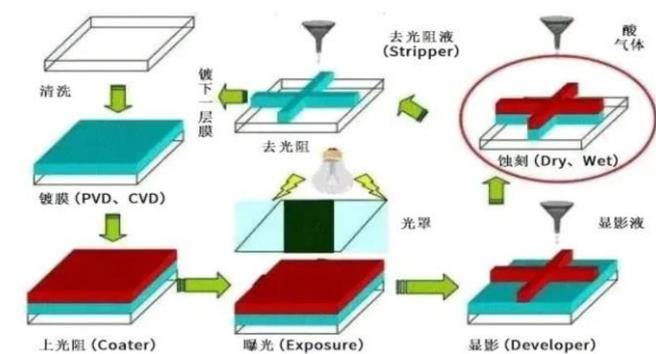
针对先进封装市场，明士新材推出高、低温固化之 PSPI 产品，计划用三年时间分四期建成 2000 吨以光敏聚酰亚胺（PSPI）明仕新材 为核心的系列产品生产线。项目总投资 28 亿元，其中一期投资 5 亿元，2024 年底达到 100 吨产能，并于国内多个 OSAT 厂家进行验证测试，计划 2024 年开始批量供应。

资料来源：各公司公告、高分子材料纵横公众号、势银膜链公众号、阳谷党建公众号、开源证券研究所

2.2、深孔刻蚀类电子特气

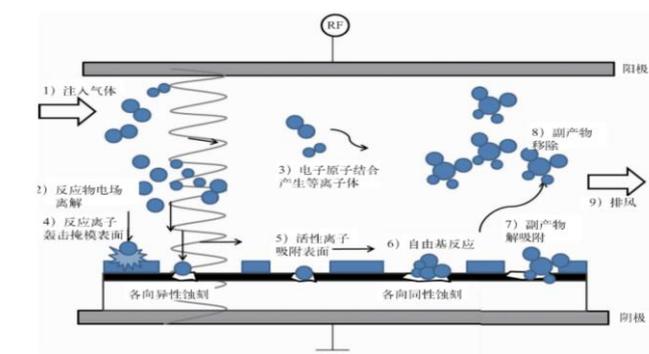
在集成电路芯片制造中，蚀刻是一项核心技术，也是 IC 芯片制造中的关键环节。该工艺通过有序去除或改变特定材料层，对电路图案进行精密的加工与雕刻，是实现芯片构造的必要步骤。蚀刻技术分为湿法化学蚀刻和干法化学蚀刻两种形式，其中干法蚀刻是以气体为主要媒体的刻蚀方法，晶圆不需要液体化学品或冲洗，其所用气体称为蚀刻气体，这类气体常以氟化物为主。

图23：刻蚀为电子特气主要应用环节



资料来源：天极科技公众号

图24：干法刻蚀所用气体即为刻蚀气体



资料来源：天极科技公众号

含氟蚀刻气体种类繁多，各自具备不同性能特点。含氟蚀刻剂品种主要包括四氟化碳、六氟丁二烯、六氟乙烷、八氟环丁烷、三氟甲烷、六氟化硫等，根据其化学式原子构成不同其性能特点及应用之处也不尽相同。例如四氟化碳可以提供很高的蚀刻速率，但对多晶硅的选择比很低；三氟甲烷、二氟甲烷除了作为主蚀刻剂外，还可用作其它主蚀刻剂的辅助气，调节氟/碳比。具体各气体特点如下表所示。

表6：蚀刻用含氟电子气体种类繁多各有特点

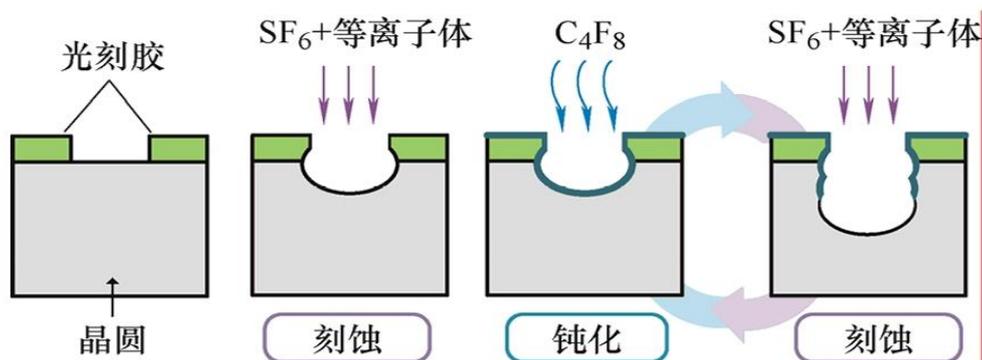
名称	化学式	材质	特点
四氟化碳	CF ₄	金属氧化硅	各向异性，应用于硬膜开放和其它高宽比蚀刻工艺
一氟甲烷	CH ₃ F	氧化硅	各向异性，主要用于集成电路中的等离子蚀刻，尤其是 HDP (高密度等离子) 蚀刻。
二氟甲烷	CH ₂ F ₂	氧化硅	各向异性，在硅和氧化硅中形成高宽比
六氟乙烷	C ₂ F ₆	氧化硅	各向异性，在硅和氧化硅蚀刻中产生理想的高宽比。在蚀刻形成聚合物薄膜(光刻胶)对侧壁起保护作用
六氟丁二烯	C ₄ F ₆	氧化硅	各向异性，在硅和氧化硅蚀刻中产生理想的高宽比。在蚀刻形成聚合物薄膜(光刻胶)对侧壁起保护作用

名称	化学式	材质	特点
八氟环戊烯	C ₅ F ₈	氧化硅	各向异性，在硅和氧化硅蚀刻中产生理想的高宽比。在蚀刻形成聚合物薄膜(光刻胶)对侧壁起保护作用
八氟环丁烷	C ₄ F ₈	氧化硅	各向异性，在蚀刻中产生理想的高宽高比
三氟甲烷	CHF ₃	金属氧化硅	各向异性，在蚀刻中产生理想的高宽高比
六氟化硫	SF ₆	多晶硅	各向异性，在蚀刻中产生理想的高宽高比
三氟化氮	NF ₃	多晶硅	各向异性，在蚀刻中产生理想的高宽高比

资料来源：《含氟电子气体研究进展》李盛姬等、开源证券研究所

先进封装中，TSV 工艺对蚀刻气体需求增加。在 TSV 工艺通孔环节中，Bosch 刻蚀技术因其良好的刻蚀速率均匀性以及高深宽比刻蚀能力被广泛应用。Bosch 刻蚀分为刻蚀和钝化两个循环周期，在刻蚀周期，通过 SF₆ 与 Si 的短暂接触完成一次纵向刻蚀；在钝化周期，C₄F₈ 在等离子体中形成氟化碳类高分子聚合物，沉积在 Si 表面上以形成一层钝化膜，防止 SF₆ 与 Si 继续反应。由此可以看出，TSV 工艺对蚀刻气体的性能提出了新的挑战。

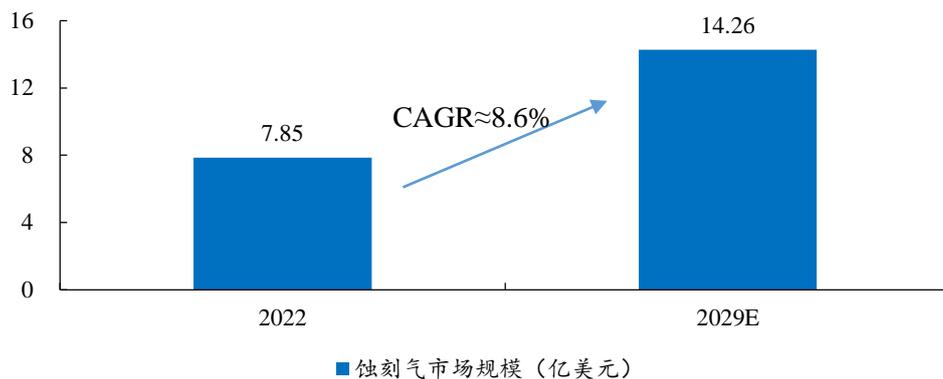
图25：蚀刻气体 SF₆、C₄F₈ 等为 TSV 工艺关键原材料



资料来源：《三维系统级封装(3D-SiP)中的硅通孔技术研究进展》王美玉等

全球刻蚀气体市场规模稳健增长。根据 QYResearch 预测，2029 年全球刻蚀气体市场规模将从 2022 年 7.85 亿美元增长至 14.26 亿美元，2022 至 2029 年年均复合增长率达到 8.6%。后续随着半导体先进封装产业不断发展，有望带动蚀刻气体需求持续上升。

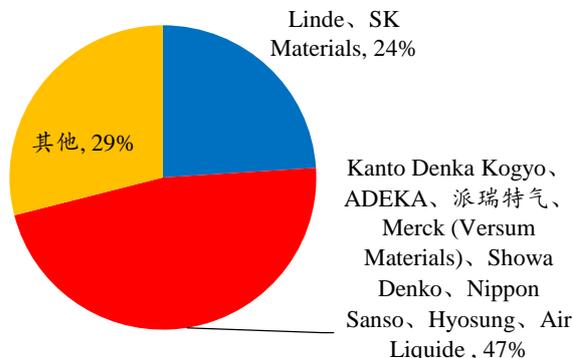
图26：全球刻蚀气体市场规模预计将在 2029 年突破 14 亿美元



数据来源：QYResearch、Wind、开源证券研究所

蚀刻气体产业呈现出高度集中的特点。全球高纯蚀刻气体市场主要集中在中日韩及欧美各地区，行业的核心企业包括 Linde 和 SK Materials 等，这两家公司合计占据了全球市场约 24% 的份额。全球领先的公司除上述两家以外，还包括 Kanto Denka Kogyo、ADEKA、中船派瑞特气、Merck (Versum Materials)、Showa Denko、Nippon Sanso、Hyosung、Air Liquide 等。在全球市场中，排名前十位的企业共同占有约 71% 的市场份额。

图27：外资企业约占据全球刻蚀气体市场大头（2022 年）



数据来源：QYResearch、Wind、开源证券研究所

国内企业在刻蚀气体国产替代方面取得了一系列突破。近年来随着中国半导体产业的快速发展以及政府对半导体自主可控的强调，国内企业开始加大在电子特气研发和生产方面的投入，以实现高端电子特气的国产替代。例如华特气体、中船特气、金宏气体等在电子刻蚀气体领域均取得了关键的技术突破，并开始逐步替代进口产品。

表7：国内厂商正逐步推进刻蚀气体国产替代化进程

公司名称	刻蚀气体生产情况
华特气体	公司的特种气体实现了包括高纯四氟化碳、高纯六氟乙烷、光刻气、高纯二氧化碳、高纯一氧化碳、高纯氨、高纯一氧化氮等众多产品的进口替代。自主研发的氟碳类、光刻稀混气类、氢化物、氮氧化合物等产品主要应用在芯片制程工艺中的刻蚀、清洗、光刻、外延、沉积/成膜、离子注入等环节。
金宏气体	公司电子级六氟丁二烯、电子级一氟甲烷主要用于半导体蚀刻领域，是一种新型的电子刻蚀气体，不仅可作为制备众

公司名称 **刻蚀气体生产情况**

多含氟聚合物材料的单体，还可应用于超大规模集成电路的干法刻蚀方面，目前已完成中试产能放大装置运行并即将实现工业化生产。

中船派瑞特气 高纯八氟环丁烷（5N 以上）用于超大规模集成电路蚀刻剂和清洗剂，公司八氟环丁烷年产 220 吨，国内三氟化氮厂商中，派瑞特气产能最大，年产 9250 吨。

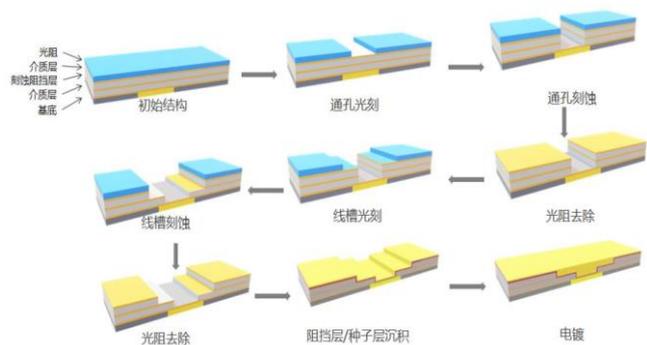
绿菱气体 公司自主研发生产的高纯溴化氢产品通过了华力微、华力集、华虹宏力等国内知名芯片企业的认证，即将开始批量供应。这标志着绿菱气体成功完成高纯溴化氢国产替代，将为国内半导体终端用户提供可靠的原料支持。公司凭借多年的研发经验，在位于天津南港工业区的新工厂成功实现高纯 HBr 批量生产，年产量可达 300 吨。

资料来源：各公司公告、半导体前沿公众号、新材料标准化公众号、红刊财经公众号、开源证券研究所

2.3、电镀液

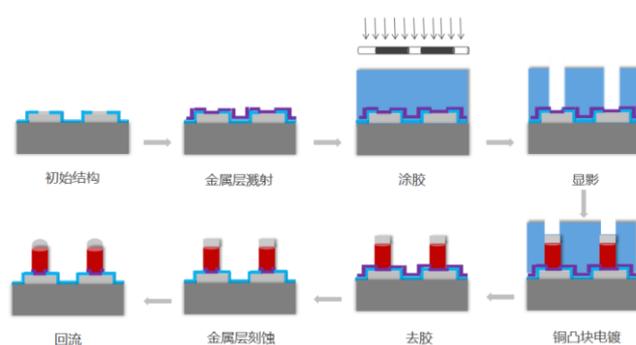
电镀工艺广泛应用于芯片制造和封装，电镀液是核心原材料。前端制造过程的电镀是指在芯片制造和封装过程中，将电镀液中的金属离子电镀到晶圆表面形成金属互连的工艺；后端封装的电镀是指在芯片封装过程中，在三维硅通孔、重布线、凸块工艺中进行金属化薄膜沉积的过程。电镀液作为电镀工艺的核心原材料，主要由加速剂、抑制剂及整平剂组成，通过不同组分相互作用，能够实现从下到上的填充效果以及改善镀层晶粒、外观及平整度。

图28：电镀液是前道铜互连电镀工艺核心原材料



资料来源：盛美上海招股说明书

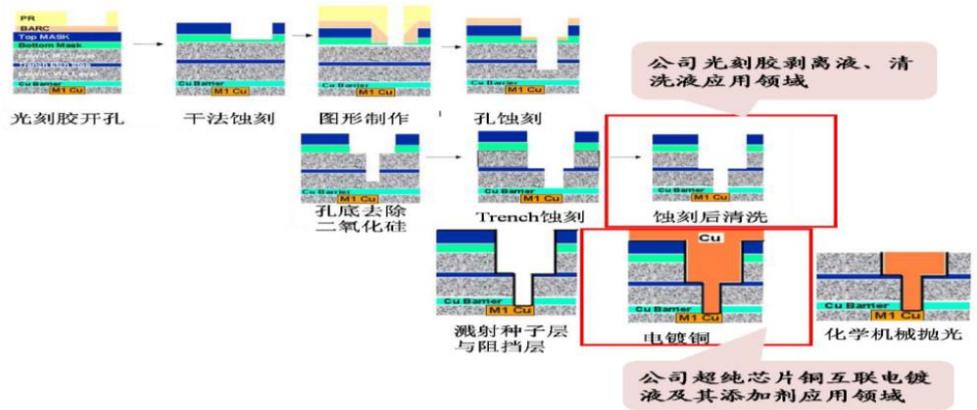
图29：电镀液广泛应用于芯片制造后道先进封装电镀



资料来源：盛美上海招股说明书

晶圆制造方面，随着制程越来越先进，芯片铜互连成为主流技术。芯片铜互连的制造工艺是在晶圆的沟槽上采用电镀的方法沉积、填充铜金属的工艺，铜互连工艺具有更低的电阻率、抗电迁移性，能够满足芯片尺寸更小、功能更强大、能耗更低的技术性能要求。

图30：芯片铜互连工艺成为主流技术

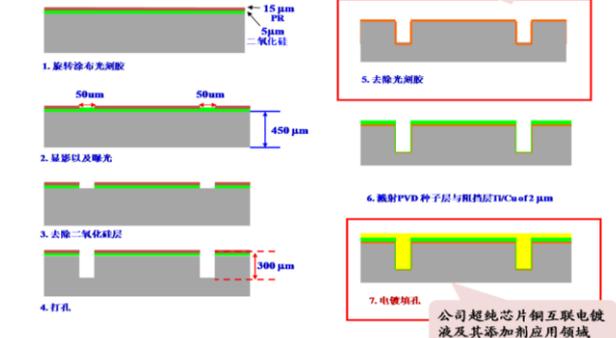
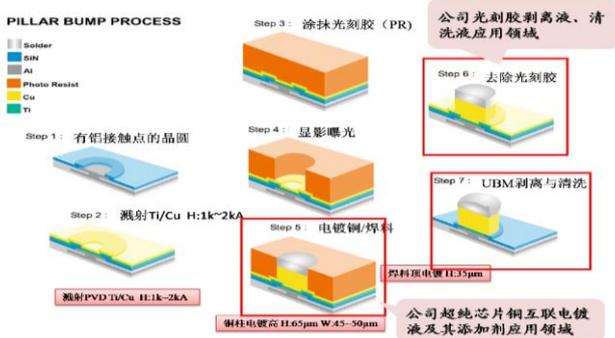


资料来源：上海新阳招股说明书

先进封装方面，凸块电镀、再分布线、硅通孔（TSV）电镀等是超越摩尔定律的关键。为了进一步提高集成电路性能，需要缩短晶圆间、晶圆与印刷电路板间连线距离，因此超越摩尔技术变得越来越重要，三维硅通孔、重布线、凸块工艺等先进封装工艺也因此开始大规模使用。而这三种封装工艺都需要进行金属化薄膜沉积，这将显著拉动相关电镀液的需求，如铜、镍、锡、银、金电镀液等。

图31：晶圆凸块（Bumping）镀铜工艺拉动电镀液需求

图32：电镀液广泛应用于晶圆硅通孔（TSV）镀铜工艺

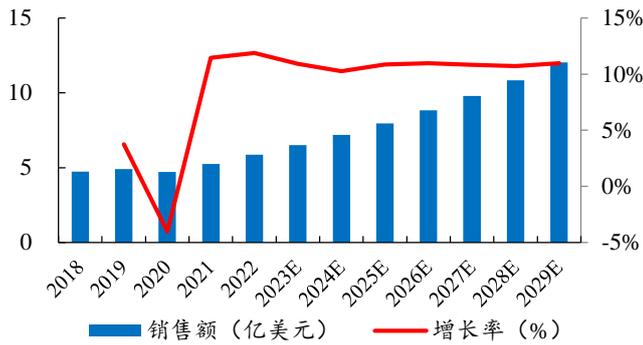


资料来源：上海新阳招股说明书

资料来源：上海新阳招股说明书

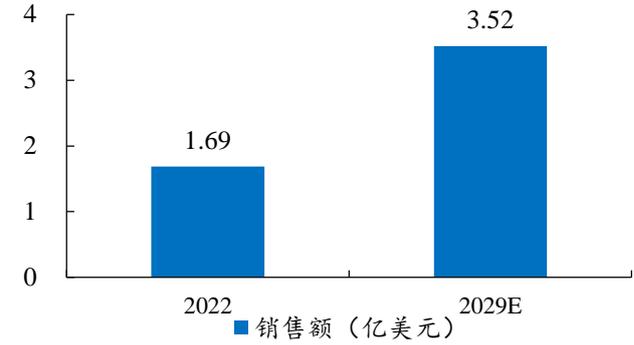
需求方面，预计2029年全球电镀液销售额将达12.03亿美元，我国将达3.52亿美元。随着先进逻辑器件节点带来的互连层的增加，先进封装对重新布线层和铜柱结构应用的增加，以及广泛运用铜互连技术的半导体器件整体增长，带动了电镀液及其添加剂市场的增长。根据QYResearch统计数据，2022年全球高纯电镀液市场规模为5.87亿美元，同比+11.89%，预计2029年将增长至12.03亿美元，2022-2029年均复合增速将达到10.79%。我国2022年高纯电镀液的市场规模为1.69亿美元，2021年电镀液及配套试剂需求量为2.15万吨。预计2029年市场规模将增长至3.52亿美元，2022-2029年均复合增速将达到11.05%，全球市场份额占比也将增长至29.23%。

图33：全球高纯电镀液销售额稳步增长（亿美元，%）



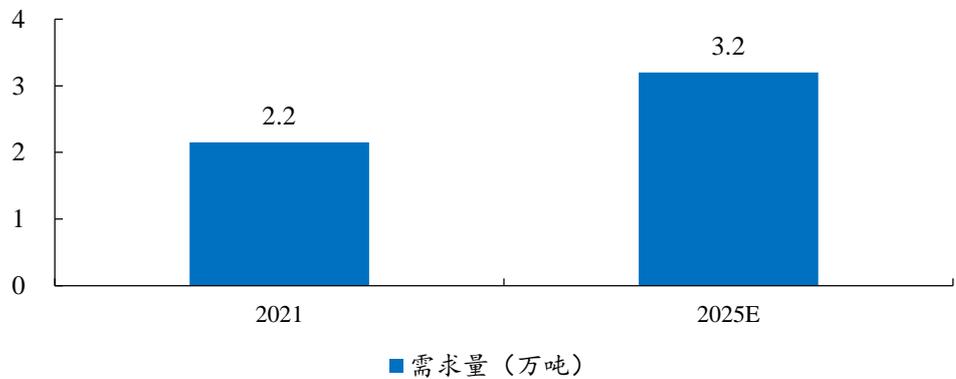
数据来源：QYResearch、开源证券研究所

图34：2029年中国高纯电镀液销售额预计3.52亿美元



数据来源：QYResearch、开源证券研究所

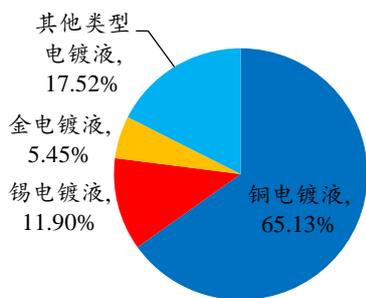
图35：我国电镀液及配套试剂需求保持稳定增长（万吨）



数据来源：中国电子材料行业协会、电镀圈、开源证券研究所

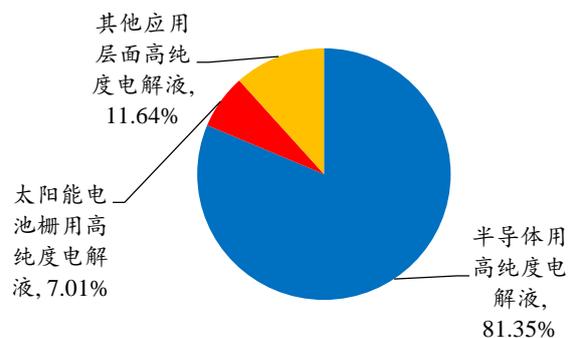
需求结构方面，铜电镀液占比最高达 65.13%。从产品类型和技术的角度来看，铜电镀液占据行业主流，2022 年需求占比达 65.13%，其次为锡电镀液和金电镀液，占比分别为 11.90%和 5.45%。QYResearch 预计，2023-2029 年各类型电镀液将保持相对稳定的格局，市场份额比重变化不大。从产品下游应用的角度考虑，半导体用高纯电镀液占据绝大多数市场份额，2022 年需求占比达 81.53%。其次为太阳能用高纯电镀液，2022 年需求占比为 7.01%

图36：2022年全球铜电镀液产品占比最高（%）



数据来源：QYResearch、开源证券研究所

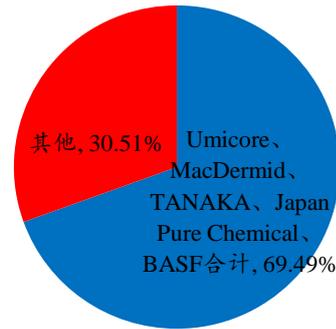
图37：2022年全球半导体用高纯电镀液需求旺盛（%）



数据来源：QYResearch、开源证券研究所

从供给端来看，电镀液市场份额依旧被国外企业占据，我国产业升级迫切。目前全球主要电镀液生产商为 Umicore、MacDermid、TANAKA、Japan Pure Chemical 和 BASF 等，根据 QYResearch 统计，2022 年五大厂商市场销售额合计达到 4.08 亿美元，占全球高纯度电镀液市场规模的 69.49%，行业依旧呈现寡头垄断格局。我国方面，目前国内企业生产的电镀液下游应用依旧以传统封装为主，晶圆制造和先进封装依旧被外国企业所占据，因此我国电镀液产业升级需求迫切。

图38：全球电镀市场依旧被国外企业所占据（%）



数据来源：QYResearch、开源证券研究所

中国电镀液行业的竞争格局正在经历由依赖进口向国产化转变的重要阶段。国内企业积极投身于电镀液的研发和生产，以实现关键技术和高端产品的国产替代。目前以上海新阳为代表的厂商正不断开发新一代电镀产品并逐步开发市场进行客户导入，以抓住未来先进封装领域带来的巨大机遇。

表8：国内电镀液厂商正向先进封装领域进发

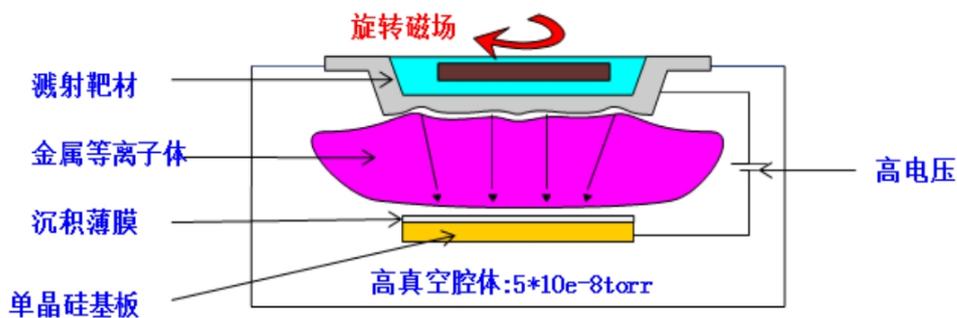
公司名称	产品布局
上海新阳	晶圆制造及先进封装用电镀液和添加剂系列产品为公司面向芯片制造领域开发的第二代电子电镀产品，公司晶圆制造用电镀液及添加剂系列产品市场份额快速增长，深入开发铜互连电镀液及添加剂。
安集科技	公司研发产品已覆盖多种电镀液及添加剂产品，并有多款产品在先进封装领域已进入客户量产导入阶段。
艾森股份	公司电镀液产品能够适用于多种间距、不同引脚数的引线框架产品，除了覆盖 DIP、TO、SOT、SOP 等常用封装形式外，亦适用于 DFN、QFN 等多种中高端芯片中应用的无引脚封装。

资料来源：上海新阳 2023 年年报、艾邦半导体网公众号、CINNO 公众号、开源证券研究所

2.4、靶材

靶材为薄膜制备技术中的关键原材料。在超大规模集成电路的制造过程中，溅射工艺作为物理气相沉积（PVD）技术的一种重要方式被广泛应用于电子薄膜材料的制备中。该技术通过利用离子源生成的离子，在高真空环境下经过加速后形成高速离子束流对固体表面进行轰击。此过程中，离子与固体表面原子之间发生动能交换，导致固体表面原子脱离并在基底上沉积形成薄膜。作为溅射过程中被轰击的固体即为用于沉积薄膜的原材料，称之为溅射靶材。

图39：溅射靶材主要由靶坯、背板等部分构成



资料来源：江丰电子招股说明书

溅射靶材的种类繁多，即便是相同类型的溅射靶材，亦存在多种规格。根据不同的分类标准，溅射靶材可以被划分为若干类别。例如根据化学成分划分，靶材可以分为金属靶材、合金靶材以及陶瓷化合物靶材，而合金靶材具有不同于单一金属材料的物理和化学特性，如改进的机械强度、耐腐蚀性或特定的电磁特性等。靶材主要分类情况如下表所示。

表9：溅射靶材的种类众多

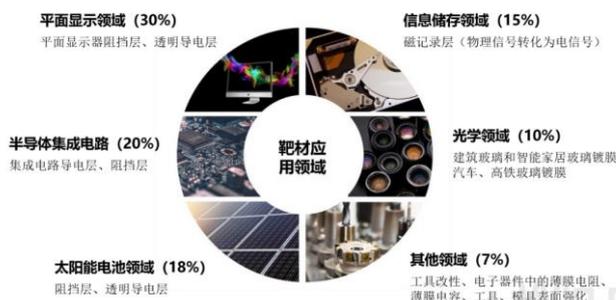
分类标准	产品类别
按形状分类	长靶、方靶、圆靶
按化学成分分类	金属靶材（纯金属铝、钛、铜、钽等）、合金靶材（镍铬合金、镍钴合金等）、陶瓷化合物靶材（氧化物、硅化物、碳化物、硫化物等）
按应用领域分类	半导体芯片靶材、平面显示器靶材、太阳能电池靶材、信息存储靶材、工具改性靶材、电子器件靶材、其他靶材

资料来源：江丰电子招股说明书、开源证券研究所

靶材终端应用以平面显示、半导体集成电路领域为主，包含针对各类市场需求利用封装好的元器件制成面向最终用户的产品，如汽车电子设备、智能手机、平板电脑以及家庭电器等消费电子产品。此外，靶材在终端应用也包括太阳能电池的制备、光学薄膜的镀覆、工具的性能改善及高端装饰品的制作等方面，应用技术涉及领域广泛，展现出多样化的特点。

在半导体领域中，靶材主要用于晶圆的制造和封装过程。在半导体靶材溅射镀膜后，需要将镀膜硅片切割并进行芯片封装，该步骤涉及将电路通过导线与外部接口连接，以实现与其他电子组件的互连。封装过程不仅保护了芯片，也将其与外部环境隔离，避免空气中的污染物侵蚀芯片电路，从而保障了其导电性能。

图40：溅射靶材应用以平面显示领域、半导体集成电路、太阳能电池领域为主



资料来源：映日科技招股说明书、头豹研究院

图41：半导体集成电路用溅射靶材主要用于芯片封装与晶圆制造



资料来源：欧莱新材招股说明书

半导体芯片行业是金属溅射靶材的主要应用领域之一，也是对靶材的成分、组织和性能要求最高的领域。信息技术的迅猛发展推动了集成电路集成度的持续提升以及电路中单元器件尺寸的逐渐缩小，这对溅射靶材的需求产生了直接影响。在集成电路的每个单元器件中，无论是衬底、绝缘层、介质层、导电层还是保护层，溅射镀膜工艺均扮演了不可或缺的角色，由此可以看出溅射靶材是集成电路制备过程中的关键原材料。用于集成电路领域镀膜的靶材主要涵盖铝、钛、铜、钽、钨钛等多种材料，这些靶材通常要求具有极高的纯度，一般达到5N（99.999%）或更高。

表10：半导体用溅射靶材需求旺盛、性能要求最高

材料	应用说明	备注
铜靶	导电层	高纯铜材料因其电阻很低，对芯片集成度的提高非常有效，因此在110nm以下技术节点中被大量用作布线材料。
钽靶	阻挡层	高纯钽靶主要用在12英寸晶圆片90nm以下的高端半导体芯片上。
铝靶	导电层	高纯铝靶在制作半导体芯片导电层方面应用甚广，但因其响应速度方面的原因，而在110nm以下技术节点中很少应用。
钛靶	阻挡层	高纯钛靶主要用在8英寸晶圆片130和180nm技术节点上。
镍铂合金靶	接触层	可与芯片表面的硅层生成一层薄膜，起到接触作用。
钴靶	接触层	可与芯片表面的硅层生成一层薄膜，起到接触作用。
钨钛合金靶	接触层	钨钛合金，由于其电子迁移率低等优点，可作为接触层材料用在芯片的门电路中。

资料来源：隆华科技可转债发行说明书、开源证券研究所

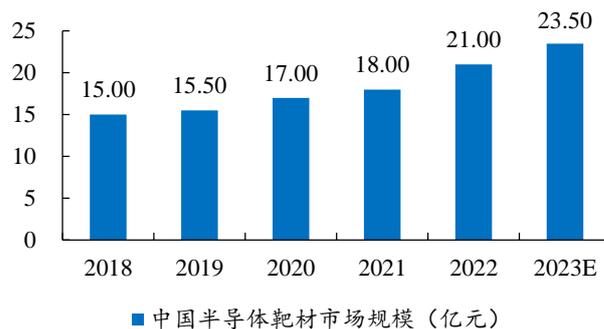
全球半导体靶材市场持续稳健增长，中国市场增速超过全球平均水平。2022年全球半导体用靶材市场的总值达到18.43亿美元，同比+8.73%，且在2017至2022年间年均复合增长率CAGR保持在8.27%，表现出稳定的增长趋势。2022年中国的半导体材料市场总值为21亿元，预计2023年将达到23.50亿元，同比+11.90%，2018至2022年间的年均复合增长率CAGR达到8.78%，高于全球平均增速。

图42: 全球半导体靶材市场规模增速回升 (亿美元)



数据来源:《溅射靶材在集成电路领域的应用及市场情况》侯洁娜等、开源证券研究所

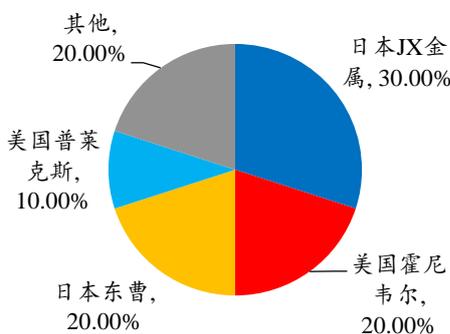
图43: 中国半导体靶材市场规模稳步增长 (亿元)



数据来源: 行行查、开源证券研究所

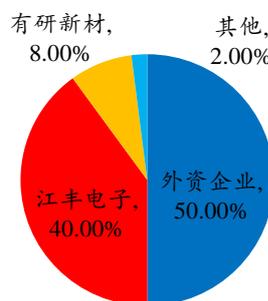
从国外市场来看, 呈现出高度集中的竞争格局。溅射镀膜技术源自国外, 对溅射靶材的性能和专业应用提出了高标准要求。代表性企业如日矿金属、霍尼韦尔、东曹、普莱克斯等厂商较早进入此领域, 在全球溅射靶材市场中占据领先地位, 掌握约 80% 市场份额。从国内市场来看, 内外资企业呈现出五五开的竞争格局。国内靶材市场中, 外资企业占据 50% 的市场份额, 而以江丰电子、有研新材为主的内资企业占据国内市场份额的 48%, 打破了美日企业在该领域的长期垄断, 对推动我国实现国产替代具有重要意义。

图44: 全球靶材竞争格局以美日企业为主导 (2021 年)



数据来源:《溅射靶材在集成电路领域的应用及市场情况》侯洁娜等、开源证券研究所

图45: 国内竞争格局内资与外资五五开 (2018 年)



数据来源: 头豹研究院、开源证券研究所

国内靶材厂商已开始突破一系列技术壁垒, 实现对部分关键靶材的国产化。国内企业如江丰电子已能够生产出满足国内外半导体制造企业需求的多种靶材产品, 包括铜靶、钛靶、铝靶等, 这些产品已被广泛应用于集成电路制造、平板显示生产等领域。预计随着国内企业技术实力的进一步增强和市场竞争地位的提升, 中国将在全球半导体用靶材市场中占据更重要的位置。

表11: 国内企业已实现大部分半导体用靶材国产替代

公司名称	半导体用靶材生产情况
江丰电子	目前公司生产的超高纯铜靶、超高纯铜钎合金靶材已经在客户端批量生产。江丰电子的超高纯金属溅射靶材品类比较稳定, 主要产品包括超高纯铝靶材、超高纯钛靶材及环件、超高纯钽靶材及环件、超高纯铜靶材及环件、钨钛靶、镍靶和钨靶等。
有研新材	有研新材是半导体靶材生产的主力厂商, 公司的 12 英寸高纯钴靶和钴阳极产品也已突破关键技术, 产品性能达到国际先进水平。
隆华科技	隆华科技旗下公司丰联科光电主要产品包括 TFT-LCD/AMOLED 用高纯钼及钼合金靶材、高纯银合金、高纯钨及钨合金靶

公司名称

半导体用靶材生产情况

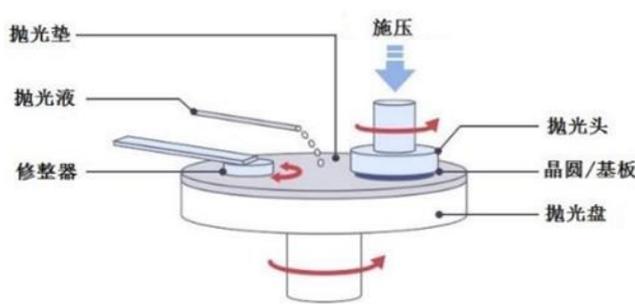
材、高纯钛、等系列金属靶材产品、半导体 IC 制造用超高纯溅射靶材。

资料来源：半导体产业纵横公众号、友财投资公众号、珠海高新招商公众号、开源证券研究所

2.5、CMP 材料&临时键合胶

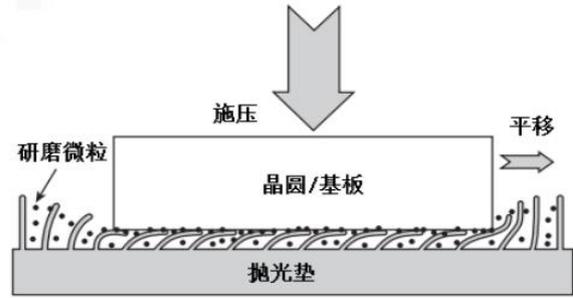
化学机械抛光（Chemical Mechanical Polishing, CMP）是一种用于处理硅晶圆或其他衬底材料的表面平坦化技术。CMP 设备包括抛光、清洗和传送三个模块。在抛光过程中，抛光头将晶圆的待抛光面与粗糙的抛光垫接触，并通过让研磨液填充在研磨垫的空隙中，使圆片在研磨头的带动下高速旋转，与研磨垫和研磨液中的研磨颗粒相互作用，实现全局平坦化。由于当前集成电路元件采用多层立体布线，因此集成电路制造的前道工艺需要进行多次循环，并且随着芯片尺寸的减小，对表面平整度的要求也越来越高。在这个过程中，CMP 技术是实现晶圆表面平坦化的关键工艺，也是推进集成电路制造中工艺节点升级的重要环节。

图46：CMP 抛光模块示意图



资料来源：华海清科招股说明书

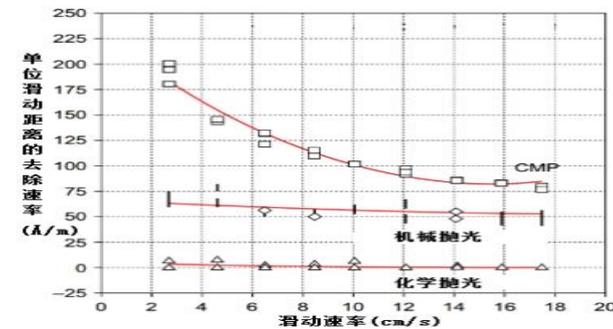
图47：CMP 抛光作业原理图



资料来源：华海清科招股说明书

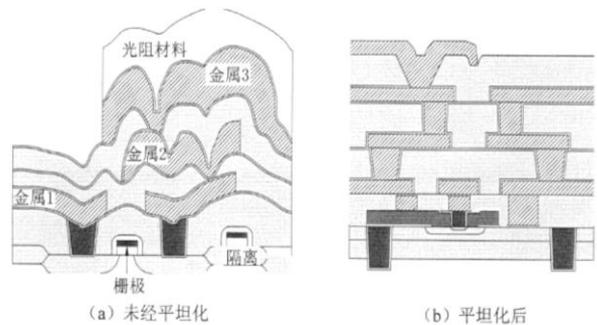
CMP 超越传统平面化技术，是目前几乎唯一的可以提供全局平面化的技术。CMP 技术最早出现在 1965 年，当时提出了以二氧化硅为抛光浆料的 CMP 技术。在此之前，半导体基片的抛光主要以机械抛光为主，采用诸如氧化镁、氧化锆等机械抛光方法，得到的表面损伤极其严重。而运用 CMP 硅片平坦化技术能够极大的提高抛光精度、抛光速率和抛光破坏深度等方面，而且加工方法简单，成本低廉，也是目前几乎唯一能够实现全局平坦化的技术。

图48：CMP 抛光速率对比



数据来源：华海清科招股说明书

图49：CMP 平坦化效果图

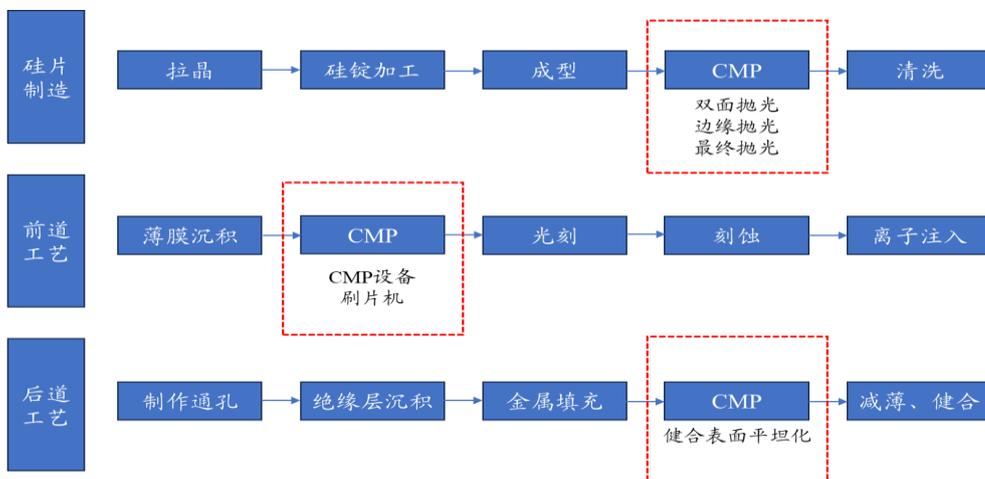


资料来源：华海清科招股说明书

CMP 在硅片制造、前道工艺以及后道工艺中均有应用，其中集成电路制造是 CMP 工艺的主要应用场景。在硅片制造环节中，经过刻蚀、离子注入等工艺后，硅片表面会出现不平整和多余的表面物质，通过 CMP 来实现硅片表面的平坦化。在集

成电路制造过程中，CMP 主要用于多层立体布线中的平坦化，确保各层之间的良好连接和信号传输。在封测环节中，CMP 工艺被广泛应用于先进封装领域，包括硅通孔（TSV）技术、扇出（Fan-Out）技术、3DIC 等都将用到大量 CMP 工艺。

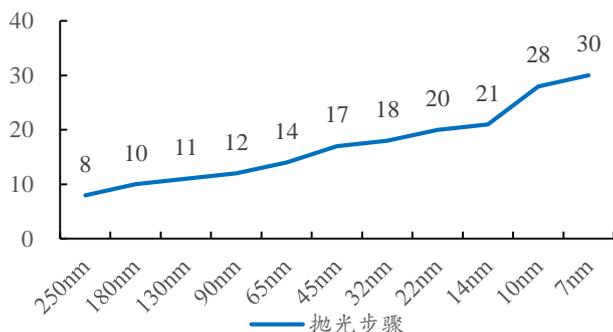
图50：CMP 技术应用广泛



资料来源：华海清科招股说明书、开源证券研究所

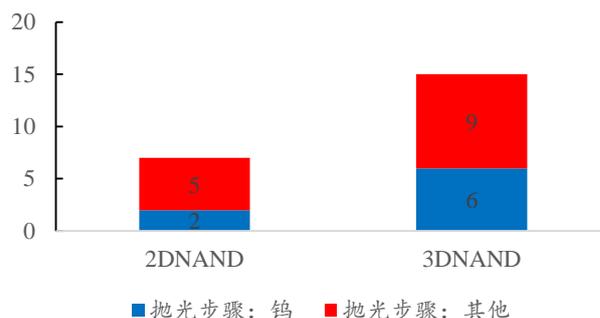
CMP 抛光步骤随着晶圆制造技术进步而不断增加，CMP 抛光材料用量也与晶圆芯片制程变化高度相关。逻辑芯片方面，14 纳米以下逻辑芯片要求的 CMP 工艺将达到 21 步，使用的抛光液将从 90 纳米的五六种抛光液增加到二十种以上，使用种类和用量都迅速增长；7 纳米及以下逻辑芯片工艺中 CMP 抛光步骤将会达到 30 步及以上，使用的抛光液种类接近三十种。存储芯片方面，在由 2DNAND 向 3DNAND 发展的过程中，抛光步骤从 7 步提升到了 15 步，提升了两倍之多，并且 3DNAND 堆叠层数也会带动 CMP 抛光材料的需求。

图51：CMP 抛光步骤随集成电路技术进步而增加（次）



数据来源：公司公告、开源证券研究所

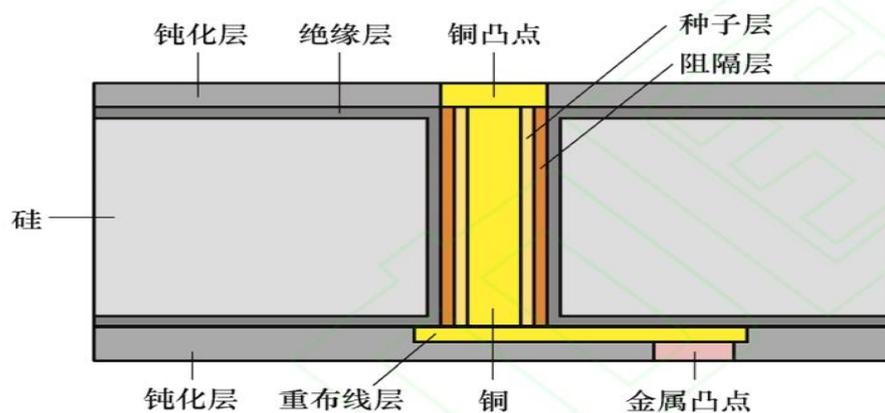
图52：CMP 抛光步骤随存储芯片技术升级而增加（次）



数据来源：公司公告、开源证券研究所

先进封装的应用使 CMP 从晶圆制造前道工艺走向后道工艺。在封装领域，传统的 2D 封装并不需要 CMP 工艺，但随着系统级封装等新的封装方式的发展，出现了倒装、凸块、晶圆级封装、2.5D 封装和 3D 封装等先进封装技术。其中 TSV 技术通过铜、钨、多晶硅等导电物质的填充，实现硅通孔的垂直电气互连，是实现芯片之间互连的最新技术，也是继线键合（Wire Bonding）、TAB 和倒装芯片（FC）之后的第四代封装技术。并且由于 TSV 技术中需要将 CMP 工艺用于 TSV 背面金属的露出，为背面互连的加工做好准备，故将 CMP 从前道工艺带入到了后道工艺之中，进一步加大了 CMP 抛光材料的需求。

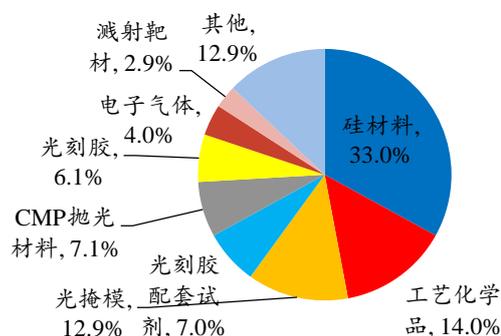
图53: TSV 工艺示意图



资料来源:《三维系统级封装(3D-SiP)中的硅通孔技术研究进展》王美玉等

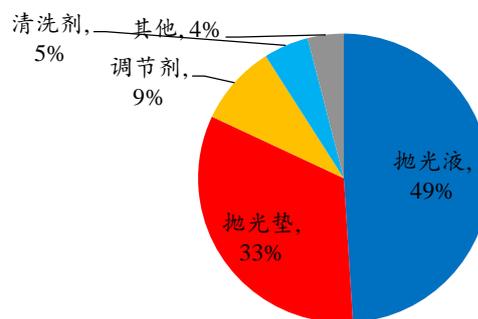
在 CMP 材料中，抛光垫与抛光液市场份额占比总和超过 80%，价值最高。根据 SEMI 统计，在晶圆制造材料中，CMP 抛光材料份额占比 7.1%。而 CMP 抛光材料又包括抛光液、抛光垫、调节剂、清洗剂以及其他添加剂，其中抛光液和抛光垫分别占据 CMP 材料 49%和 33%的市场份额。其次为调节剂和清洗剂，主要用于去除残留在晶圆表面的微尘颗粒、有机物、无机物、金属离子、氧化物等杂质。

图54: 2021 年全球 CMP 抛光材料占晶圆制造材料 7.10% (%)



数据来源: SEMI、华经产业研究院、开源证券研究所

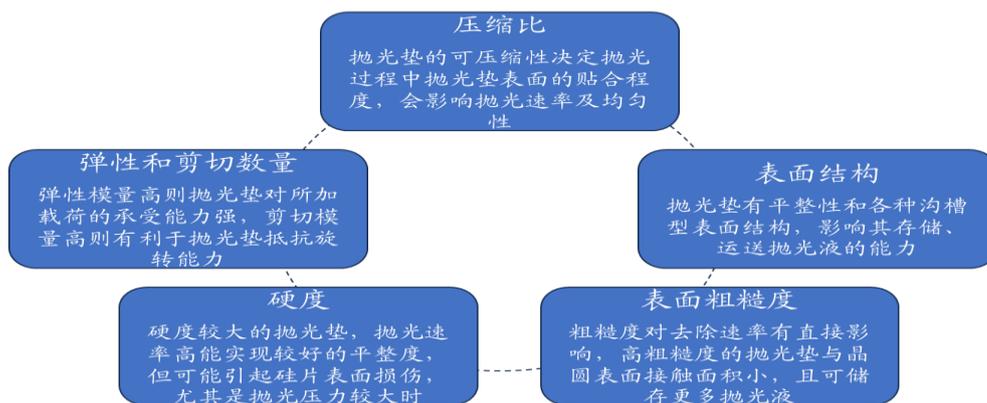
图55: 2021 年全球抛光液和抛光垫占抛光材料 82%(%)



数据来源: SEMI、前瞻产业研究院、开源证券研究所

2.5.1、抛光垫

抛光垫是 CMP 实现平坦化的核心部件。抛光垫是一种柔软疏松的材料，一般由聚氨酯、聚乙烯构成，其表面通常有许多小孔，可以容纳抛光液。抛光垫的作用主要有存储和运输抛光液、排出抛光过程中产生的废物、去除机械负荷保证抛光的平稳进行。抛光垫的参数指标，如材质硬度、弹性、压缩比等都起到重要作用，同时，其表面结构和表面粗糙度可通过影响抛光液流动和分布，来影响抛光效率和平坦性指标。

图56：CMP 抛光垫核心参数


资料来源：华经产业研究院、开源证券研究所

抛光垫品类丰富。抛光垫根据是否含有磨料可分为磨料抛光垫以及无磨料抛光垫；根据基材可分为聚氨酯抛光垫、无纺布抛光垫和复合型抛光垫，其中聚氨酯抛光垫为目前主流的抛光垫种类，它的聚合物对抛光面适应性好、种类多因而加工性好、成本较低，但是聚氨酯垫片硬度高，适合粗抛；根据表面结构可分为平面型抛光垫和网格型抛光垫。

表12：抛光垫具体分类情况

分类标准	分类名称	性能
按是否含有磨料	磨料抛光垫	磨料抛光垫的表面有磨料颗粒，可以对晶圆表面进行物理抛光，抛光效率高，但容易对晶圆表面造成损伤。
	无磨料抛光垫	无磨料抛光垫的表面没有磨料颗粒，只能对晶圆表面进行化学抛光，对晶圆表面损伤小，但抛光效率低。
按基材	聚氨酯抛光垫	聚氨酯表面有许多空球体微孔封闭单元结构，能起到收集加工去除物、传送抛光液以及保证化学腐蚀等作用，有利于提高抛光均匀性和抛光效率，孔尺寸越大其运输能力越强
	无纺布抛光垫	无纺布抛光垫的原材料聚合物棉絮类纤维渗水性能好，容纳抛光液的能力强，但是其硬度较低、对材料去除率低，因此会降低抛光片平坦化效率。常用在细抛工艺中。
	复合型抛光垫	复合型抛光垫采用“上硬下软”的上下两层复合结构，兼顾平坦度和非均匀性要求，将目前抛光垫的回弹率大幅降低，减少了抛光垫的凹陷和提高了均匀性，解决了因抛光垫使用过程中易釉化的问题。
按表面结构	平面型抛光垫	平面型抛光垫表面平坦，抛光效率高，缺点是容易对晶圆表面造成损伤
	网格型抛光垫	网格型抛光垫的表面上有许多网格状的孔洞，对晶圆表面损伤小，缺点是抛光效率低

资料来源：集成电路材料研究公众号、开源证券研究所

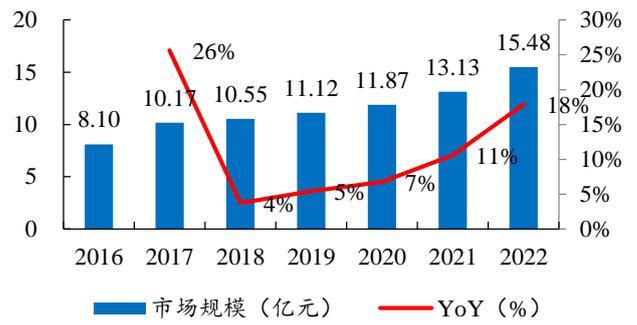
全球 CMP 抛光液、抛光垫市场规模创新高。抛光垫方面，随着全球晶圆厂产能不断提高以及先进制程工艺的快速发展，全球抛光垫市场增长速度可观。根据 TECHCET，2021 年全球 CMP 抛光材料市场规模达到 30 亿美元，其中抛光垫市场规模达到 11.3 亿美元，2016-2021 年 CAGR 达到 11.69%。中国 CMP 抛光垫 2016-2021 年市场规模从 8.10 亿元增长到 13.13 亿元，CAGR 达到 10.15%，基本与全球增速保持一致。

图57：全球 CMP 抛光垫市场规模波动增长(亿美元, %)



数据来源：TEHCET、集成电路材料研究公众号、开源证券研究所

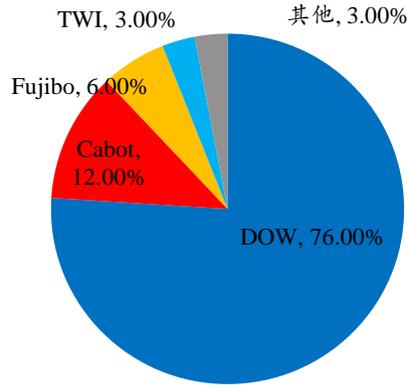
图58：中国 CMP 抛光垫市场规模加速增长 (亿元, %)



数据来源：TEHCET、集成电路材料研究公众号、开源证券研究所

从竞争格局来看，全球抛光垫方面市场呈现寡头垄断的格局。美国陶氏杜邦市占率达到 76%，其他依次为 Cabot (12%)、Fujibo (6%)、TWI (3%) 等，基本为美日企业所垄断。国内厂商以鼎龙股份为代表，在 CMP 抛光垫产品方面，公司是国内唯一一家全面掌握 CMP 抛光垫全流程核心研发技术和生产工艺的 CMP 抛光垫供应商，确立 CMP 抛光垫国产供应行业领先地位。

图59：2022 年全球 CMP 抛光垫市场份额集中 (%)



数据来源：集成电路材料研究公众号、开源证券研究所

从抛光垫产品布局来看，海外厂商各有专攻。其中，Cabot 公司主要以聚氨酯类抛光垫为主，可定制精确的硬度、孔径、可压缩性和凹槽图案；陶氏杜邦公司可以提供全系列的可定制抛光垫产品，其最早推出的 IC1000 抛光垫已经成为抛光垫行业的测试标准；Fujibo 以聚氨酯及无纺布类抛光垫及背垫为主。

表13：海外主要厂商产品品类情况

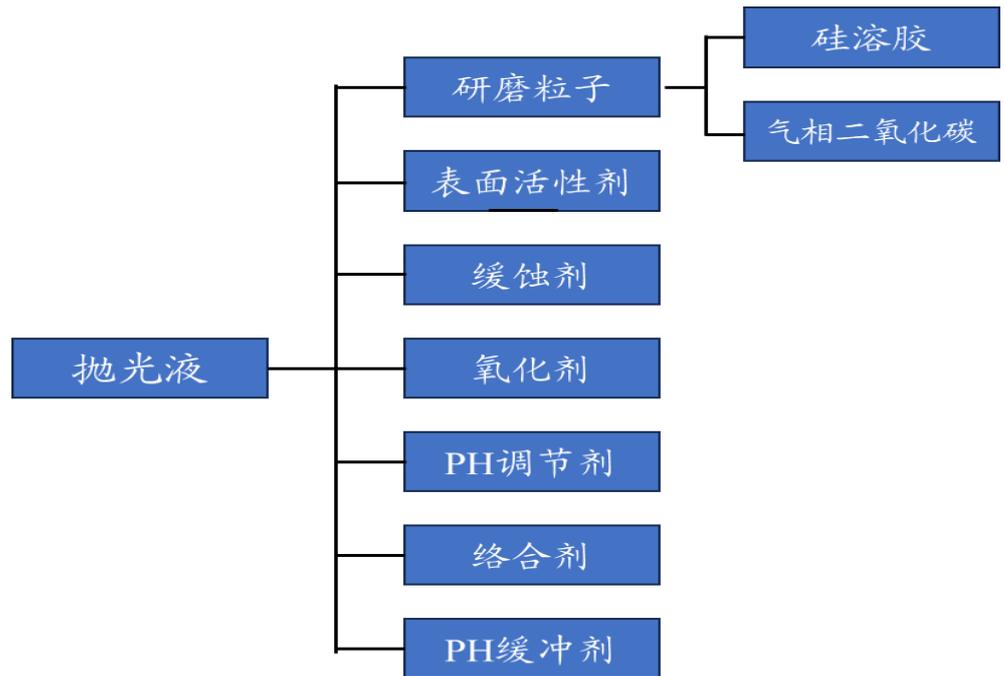
公司	产品类别	产品系列
陶氏	全系列可定制抛光垫产品	IC1000™ M、Ikonic™、Optivision™、Optivision™ PRO、Politex™、Suba™、Visionpad™
Cabot	聚氨酯类抛光垫，可定制精确的硬度、孔径、可压缩性和凹槽图案	NexPlanar®、MEDEA、Epic™、Epic Power
Fujibo	聚氨酯及无纺布类抛光垫及背垫	FP series、FX seires、FXA series、Suede series
TMI	不同硬度抛光垫产品	PuRa、WestPad

资料来源：集成电路材料研究公众号、开源证券研究所

2.5.2、抛光液

抛光液是一种水溶性试剂，主要组成成分有研磨粒子、氧化剂和其他一些化学试剂。磨料可以是二氧化硅、氧化铝或其他硬质材料；氧化剂可以是过氧化氢、高锰酸钾或其他强氧化剂；其他化学试剂可以是表面活性剂、络合剂或其他化学物质。其中磨料起到机械磨削的作用，是决定抛光液性能的关键原料。在抛光过程中，抛光液与硅片表面材料产生化学反应，在其表面产生一层薄膜，后由抛光液中的研磨粒子在按压和摩擦的作用下将其去除，最终实现抛光。

图60：抛光液主要由研磨粒子、表面活性剂、缓蚀剂等组成



资料来源：华经产业研究院、开源证券研究所

抛光液种类繁多，定制化产品居多，研磨粒子是关键。根据应用领域的不同，大致分为硅抛光液、铜及铜阻挡层抛光液、钨抛光液、钴抛光液、层间介质层抛光液、浅槽隔离层抛光液和3D封装硅通孔抛光液。在集成电路制造抛光的过程中，晶圆厂会根据每一步晶圆芯片平坦度的加工要求，选择符合去除率和表面粗糙度等相关指标要求的CMP抛光液，来提升其良率，因此研磨液中的研磨粒子是关键。

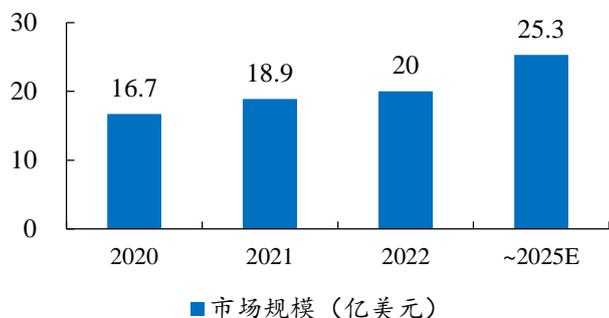
表14：抛光液分类及其应用领域

分类	应用领域
硅抛光液	用于单晶硅/多晶硅的抛光，主要用于硅晶圆初步加工
铜及铜阻挡层抛光液	芯片中铜及阻挡层的去除和平坦化。生产逻辑、存储芯片需大量使用
钨抛光液	芯片中钨塞和钨通孔的平坦化。生产存储芯片需大量使用，逻辑芯片只用于部分工艺
钴抛光液	用于10nm节点以下芯片中钴的去除和平坦
层间介质层(TDL)抛光液	用于集成电路制造工艺中层间电介质(inter-layerdielectric, ILD)和金属间电介质(inter-metaldielectric, IMD)的去除和平坦化
浅槽隔离层(STI)抛光液	用于集成电路制造工艺中浅槽隔离的抛光。
3D封装硅通孔(TSV)抛光液	用于对硅通孔(TSV)的抛光

资料来源：华经产业研究院、开源证券研究所

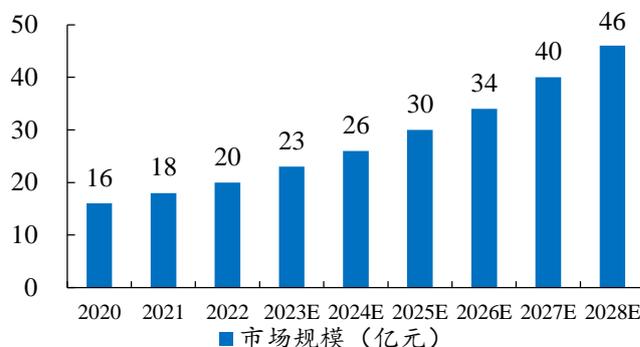
全球 CMP 抛光液市场规模稳健增长。根据 TECHCET, 2022 年全球抛光液市场规模达到 20 亿美元, 同比+5.82%, 预计 2021-2025 年复合增长率为 6%。2023 年国内 CMP 抛光液市场规模预计将达到 23 亿元, 预计 2023-2028 年复合增长率达到 15%, 显著高于全球市场复合增速, 主要得益于中国晶圆产能的快速增长。

图61: 全球抛光液市场规模稳步增长 (亿美元)



数据来源: TECHCET、安集科技公告、开源证券研究所

图62: 中国抛光液市场规模中速增长 (亿元)

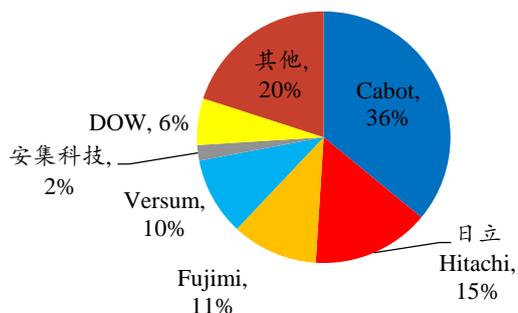


数据来源: SEMI、前瞻产业研究院、开源证券研究所

注: 2024-2027 年数据为采用年均 15% 增速倒推计算得出

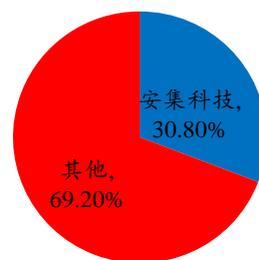
从竞争格局来看, 全球市场产品集中度较高, 主要由美日企业所长期垄断, 2020 年占据超过 65% 的市场份额。其中 Cabot 微电子占比第一, 达到 36%, 其他依次为 Hitachi (15%)、Fujimi (11%)、Versum (10%)。国内厂商则以安集科技为代表, 逐步突破国外垄断奋起直追, 2020 年占据全球抛光液市场 2% 的份额, 2021 年占据国内 30.8% 的市场份额。

图63: 2020 年全球抛光液市场竞争格局 (%)



数据来源: 集成电路材料研究公众号、开源证券研究所

图64: 2021 年中国抛光液市场竞争格局 (%)



数据来源: SEMI、前瞻产业研究院、开源证券研究所

国内抛光材料龙头已实现大部分 CMP 抛光产品的国产替代。随着中国半导体产业的快速发展, 对 CMP 抛光材料的需求也不断增加。目前, 中国已经有一批具有一定规模和实力的 CMP 抛光液企业, 如鼎龙股份、安集科技等, 在成熟制程领域已经实现了 CMP 材料的国产替代, 并在先进制程领域也取得了一定的突破。

表15: 国内 CMP 抛光材料厂商正逐步扩产抢占市场

品类	公司名称	产品布局
抛光垫	鼎龙股份	公司抛光垫产品实现了全制程 (氧化物、铜、钨、铝、浅沟槽隔离、阻挡层等)、全技术节点 (28nm 及以上的成熟制程、28nm 以下的先进制程) 覆盖, 并向低密度抛光垫产品的新方向开展创新性研究。
	万华化学	公司基于其本身在国内化工行业的龙头地位, 正在烟台经济技术开发区内建设大规模集成电路平坦化关键材料 (抛光垫+抛光液) 项目, 建成后希望实现 60-100 万片/年产能。

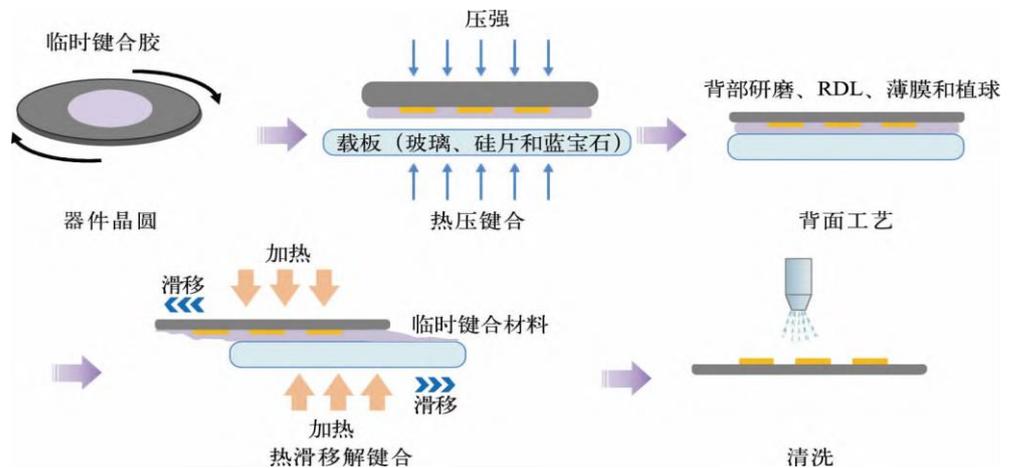
苏州观胜	公司于 2017 年投入 CMP 抛光垫生产，其股东台湾智胜在抛光垫领域有 15 年生产经验，在这一领域已经积累了 100 多项专利技术，目前主要面向国内半导体市场生产以聚氨酯为基材制作的 CMP 抛光垫。
上海芯谦	公司致力 CMP 耗材生产研发，计划年产半导体用抛光垫约 10 万片，目前已实现投产运营。
安集科技	安集科技是国内抛光液领域主流的供应商，产品包括 CMP 抛光液、清洗液等，先后完成铜及铜阻挡层系列、钨抛光液、硅抛光液、氧化物抛光液等产品的研发和产业化，已在 14~130nm 技术节点实现规模化销售，7~10nm 技术节点产品正在研发中。
鼎龙股份	抛光液方面，公司在 28nm 节点 HKMG 制程的铝制程抛光液解决了海外厂商的技术“卡脖子”问题，已在 Oxide (氧化物)、SiN (氮化硅)、Poly (多晶硅)、Cu (铜)、Al (铝) 等 CMP 制程进行抛光液新产品的开发。
上海新阳	目前上海新阳抛光液主要是氧化硅和氧化铈基的抛光液，包括适用于浅槽隔离 (STI)、介质层、钨、铜以及铜阻挡层抛光液的系列产品，可覆盖 14nm 及以上技术节点。公司已有成熟产品成功进入客户端，实现销售。
万华化学	公司正在烟台经济技术开发区内建设大规模集成电路平坦化关键材料 (抛光垫+抛光液) 项目，建成后抛光液有望实现 1.5-2 万吨/年产能。

资料来源：集成电路材料研究公众号、雪域资本公众号、国华投资公众号、开源证券研究所

2.5.3、临时键合胶

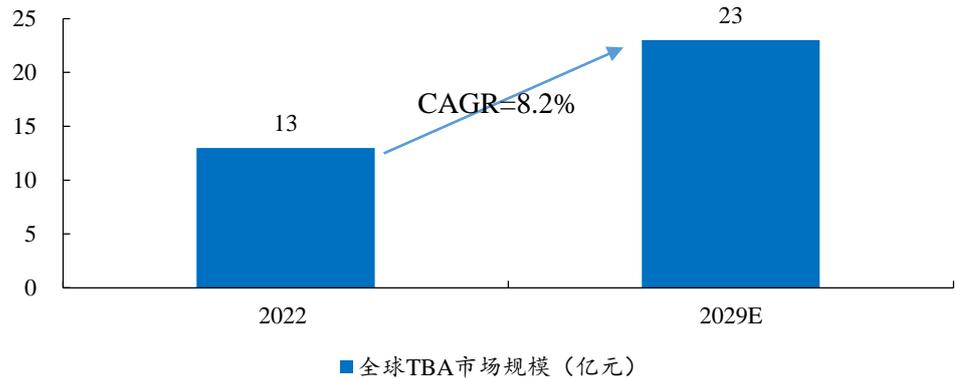
临时键合技术被广泛应用于半导体先进封装中，临时键合胶是核心材料。临时键合/解键合作为超薄晶圆减薄、拿持的核心技术，通过将器件晶圆固定在承载晶圆上，可为超薄器件晶圆提供足够的机械支撑，保证器件晶圆能够顺利安全地完成后续工艺制程，如光刻、刻蚀、钝化、溅射、电镀和回流焊等。在先进封装制程快速发展的当下，临时键合/解键合技术已经得到大力发展并广泛运用到了晶圆级封装 (WLP) 领域，如 PoP 层叠封装、扇外型封装、eWLB、硅通孔 (TSV)、2.5D/3D 封装等。随着先进封装的快速发展，临时键合的关键材料临时键合胶的需求也有望快速提升，市场增量空间可观。

图65：临时键合胶在晶圆级封装中的应用及热滑移解键合过程



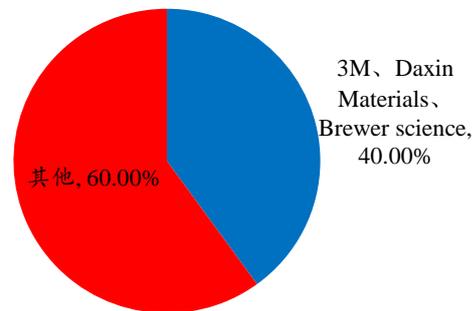
资料来源：《临时键合技术在晶圆级封装领域的研究进展》王方成等

全球临时键合胶市场预计将稳步发展。随着信息技术的迅速发展，对于更加先进的半导体封装技术的需求也在增加，这直接推动了对临时键合胶市场的需求增长。根据 QYResearch 数据显示，2022 年全球 TBA 市场规模为 13 亿元，预计 2029 年将达到 23 亿元，自 2022 年至 2029 年年均复合增长率 CAGR 为 8.2%，呈现出稳健增长态势。

图66：全球临时键合胶市场规模将稳步增长（亿元）


数据来源：QYResearch、开源证券研究所

全球临时键合胶市场外资高度垄断。全球临时键合胶市场的主要参与者包括3M、Daxin Materials、Brewer Science、AI Technology、YINCAE Advanced Materials、Micro Materials、Promerus 和 Daetec 等，前三大厂商占据全球约 40% 市场份额。鉴于我国大陆地区临时键合胶行业起步时间较晚，目前实现规模化量产的企业数量较少，基本处于海外垄断的竞争格局。

图67：前三大厂商占有全球超过 40% 的份额（2022 年）


数据来源：QYResearch、开源证券研究所

国内企业加快临时键合胶布局。临时键合胶市场长期以外资龙头企业 3M、达兴材料所垄断，近些年国内上市公司以鼎龙股份、飞凯材料为主正加紧临时键合胶的产品开发与客户验证导入工作，对推动临时键合胶实现国产替代具有重要意义。

表16：国内临时键合胶厂商正加紧研发推进客户验证

厂商名称	产品布局情况
美国 3M	3M 开发了 3M™ One Film WSS 半导体临时粘合薄膜系列（3M One Film）和 3M™ 晶圆支持系统（3MWSS）等解决方案，通过解决关键的耐热性和耐化学性难题，帮助客户实现晶圆级和面板级封装以及复杂的扇外型晶圆级和面板级封装，并具备 3M™ UV-Curable Adhesive LC-3200 临时键合胶产品。
鼎龙股份	新产品开发、验证如期推进，其中临时键合胶产品在国内某主流集成电路制造客户端的验证及量产导入工作基本完成，预计于 2023 年年内获得首笔订单。此外，公司持续根据市场情况和客户需求拓展临时键合胶的产品型号布局，新增型号预计于今年年底

厂商名称

产品布局情况

前完成小试送样。先进封装材料应用评价平台建设完成并投入使用，加速相关产品开发、验证进度；临时键合胶产业化建设已实施完成，具备量产供货能力。

2022年，公司用于半导体先进封装 Fanout 制程工艺的先进封装 Fanout 键合胶已实现飞凯材料部分客户量产；用于泛半导体制造的 LED 芯片巨量转移工艺的泛半导体临时键合转印胶正处于产品研发阶段

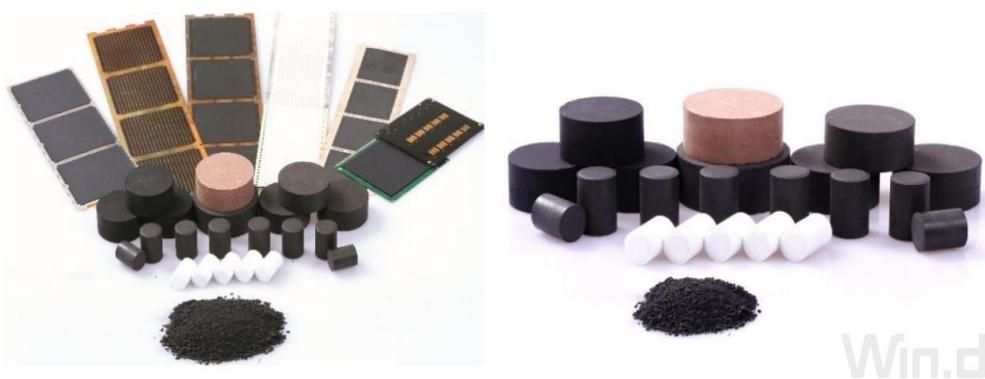
资料来源：各公司公告、3M 官网、开源证券研究所

2.6、环氧塑封料&硅/铝微粉

2.6.1、环氧塑封料

环氧塑封料以其优异的保护性能和电气特性，成为电子封装领域不可或缺的材料。环氧树脂模塑料（Epoxy Molding Compound, EMC）是一种用于封装半导体的热固性化学材质，其基础成分为环氧树脂，采用高性能酚醛树脂作为固化剂，并融合了硅微粉等填充材料及多种助剂制备而成。其核心作用在于防护半导体芯片免受外部环境因素（如水分、温差、污染物等）的侵扰，并提供综合性能如导热、电绝缘、抗湿性、耐压力以及支撑等。

图68：环氧塑封料是一种以环氧树脂为基础的复合材料



资料来源：华海诚科招股说明书

针对不同的下游封装技术、应用领域及性能需求，环氧塑封料可细分为基础类、高性能类、先进封装类以及其他特定应用类。基础型环氧塑封料主要适用于 TO、DIP 等传统封装方式，广泛应用于消费电子产品和家庭电器等领域；而高性能型环氧塑封料则多用于 SOD、SOT、SOP 等封装形式，其特点为极低的应力水平、优异的粘接能力和卓越的电性能或高度可靠性，这类产品的主要应用领域包括消费电子、汽车电子和新能源等。

表17：环氧塑封料类别多样，各自针对不同的封装形式

产品类别	应用的封装形式	代表型号	终端类型
基础类	DO/TO/SMX/桥块	EMS-100、EMS-250、EMG-100/120、EMG-200/250	消费电子（如玩具、充电器等）、家用电器、工业应用等
	DIP	EMG-350	工业应用、消费电子、家用电器等
	TO220F/TO3PF/TO247	EMG-500/550	家用电器、消费电子、

		新能源等	
高性能类	SOD/SOT/SOP/TSSOP/QFP/LQFP/TO252/263/IGBT	EMG-400-C、EMG-400-S、EMG-480-1Y、EMS-600-S、EMG-600-S、EMG-600-2、EMG-700-2EF	工业应用、消费电子、家用电器、网络通信、汽车电子等
先进封装类	LGA/BGA/能源 SiP/IPM	EMG-700-N、EMG-700-B、EMG-700-BH、EMG-900-H、EMG-900-A	信息通讯（如基站）、汽车电子、新能源产业等
	FOWLP/FOPLP	EMG-900-G 系列	消费电子（如手机、电脑）、信息通讯等
其它应用类	DIP/SOT	EMOG-300/500 系列	智能家居、工业应用等
	稀土永磁无铁芯电机、电磁屏蔽、PoP	EMM/EMG-900-LDS 系列	消费电子、汽车电子、物联网等

资料来源：华海诚科招股说明书、开源证券研究所

随着半导体芯片向更高的集成度和功能多样化发展，环氧塑封料制造厂商需不断开发新产品来满足下游客户日益增长的复杂性能需求。尤其是随着 2.5、3D、HBM 堆叠层数的增加，对环氧塑封综合性能要求更高。因此，针对不同世代的封装技术，必须定制开发特定的产品配方，这一过程涉及到精细的原材料选择与配比调整。生产过程中的关键工艺参数，如加料顺序、混合温度、混炼时间以及搅拌速度等，对于不同的产品线均有所区别，导致各类环氧塑封料在物理化学性质、加工特性及最终应用效能等方面各异，业界称之为“一代封装，一代材料”。

表18：历代封装技术对环氧塑封料的主要性能及产品配方要求逐步递增

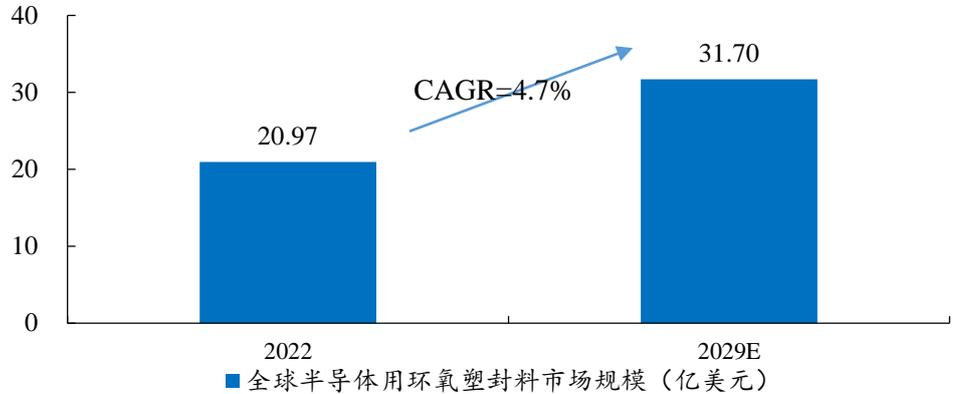
封装技术发展阶段	对应封装形式	环氧塑封料性能要求	发行人对应产品
第一阶段	TO、DIP 等	重点考察环氧塑封料的热性能与电性能，要求在配方设计中关注固化时间、Tg、CTE、导热系数、离子含量、气孔率等因素	基础类环氧塑封料
第二阶段	SOT、SOP 等	重点考察环氧塑封料的可靠性、连续模塑性等性能，要求在配方设计中关注冲丝率、固化时间、流动性、离子含量、吸水率、粘接力、弯曲强度、弯曲模量等因素	高性能类环氧塑封料
第三阶段	QFN、BGA 等	重点考察环氧塑封料的翘曲、可靠性、气孔等性能，要求在配方设计中关注流动性、粘度、弯曲强度、弯曲模量、Tg、CTE、应力、吸水率、粘接力等因素	先进封装类环氧塑封料
第四、第五阶段	SiP、FOWLP 等	对环氧塑封料的翘曲、可靠性、气孔提出了更高的要求，部分产品以颗粒状或液态形式呈现，要求在配方设计中关注粘度、粘接力、吸水率、弯曲强度、弯曲模量、Tg、CTE、离子含量、颗粒状材料的大小等因素	先进封装类环氧塑封料

资料来源：华海诚科招股说明书、开源证券研究所

伴随着信息技术的持续进步以及电子产品的发展，全球半导体市场正在稳步扩展，从而带动环氧塑封料的需求逐年攀升。根据 QYResearch 调研团队发布的

《2023-2029 年全球半导体用环氧塑封料市场研究报告》，预计至 2029 年，全球半导体用环氧塑封料的市场规模将从 2022 年的 20.97 亿元增长至 31.70 亿元，期间复合年增长率 CAGR 为 4.7%。

图69：全球半导体用环氧塑封料市场规模稳健增长（亿美元）



数据来源：QYResearch、Wind、开源证券研究所

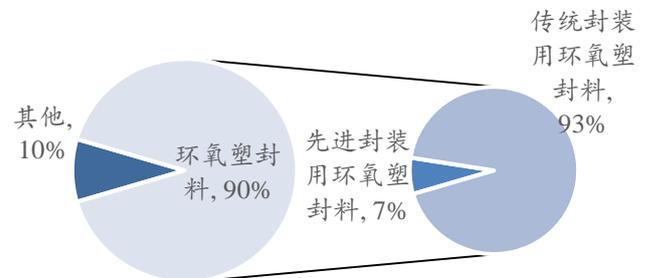
国内包封材料市场与环氧塑封料市场同步发展。封装用材料，尤其是包封材料，构成了芯片封装的关键组成部分，在传统与先进封装技术中皆扮演着相当重要的角色。截至 2022 年，中国的包封材料市场规模已达到 77.2 亿元，过去五年的复合年增长率 CAGR 保持在 5.8%，在此范畴内，环氧塑封料占包封材料的市场份额超过了 90%。进一步细分来看，传统封装用环氧塑封料占据整个环氧塑封料市场的 93%。

图70：中国包封材料市场规模稳步发展（亿元）



数据来源：粉体网、开源证券研究所

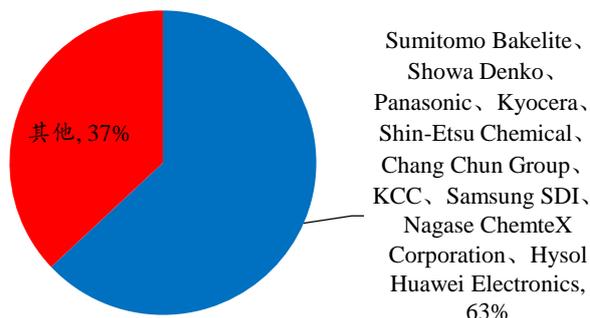
图71：包封材料中环氧塑封料占据 90% 份额



数据来源：粉体网、开源证券研究所

全球半导体用环氧塑封料市场以外资企业为主。依据 QYResearch 头部企业研究中心分析，全球在半导体领域使用的环氧塑封料的主要生产商包括住友电木 (Sumitomo Bakelite)、昭和电工 (Showa Denko)、松下 (Panasonic)、京瓷 (Kyocera)、信越化学 (Shin-Etsu Chemical)、长春集团 (Chang Chun Group)、KCC、三星 SDI (Samsung SDI)、永泽化学 (Nagase ChemteX Corporation) 以及华为新材料 (Hysol Huawei Electronics) 等。2022 年上述前十大头部企业在全全球环氧塑封料市场中共同占据了约 63% 的份额。

图72：全球环氧塑封料前十大厂商外企占据大多数



数据来源：QYResearch、Wind、开源证券研究所

国内环氧塑封料厂商立足传统封装，积极布局先进封装领域。在中高端半导体封装材料市场长期受到外资企业控制的现状下，国内生产商从传统封装领域出发，逐渐扩展其市场份额，并且积极向先进封装技术领域进军，促进了高端产品向产业化方向的发展。在传统封装技术方面，国内企业在高性能产品领域的市场占有率持续增长，已经在长电科技、华天科技等主流封装企业中，实现了对部分进口产品的替代。在先进封装技术方面，领先的国内企业的产品已经得到了长电科技和通富微电等知名客户的认可，并已开始小规模生产和销售；同时，其它相关产品也正在逐步通过客户评估验证，预期将逐渐步入产业化阶段。

表19：国内环氧塑封料厂商产品布局正从传统封装领域向先进封装领域逐步推进

公司名称	产品布局
衡所华威	公司 1983 年开始涉足环氧塑封料业务，现有生产线 12 条，拥有 Hysol 品牌及 KL、GR、MG 系列等一百多个型号的产品。公司 2021 年全资收购韩国 ESMO Materials 并将其更名为 Hysolem，韩国子公司主要产品包括用于半导体封装的黑色环氧塑封料，用于光电器件封装的白色及透明环氧塑封料，用于 LCD 电视和手机的底部填充及高导热涂层材料，以及用于 FOWLP 的液态 EMC。
华海诚科	公司近期重点研究开发了半导体器件及集成电路的 S0P、TSSOP、QFP 等主流封市场专用材料并批量供货，同时研发了 MIS/pQFN 封装专用材料并批量供货，新材料 BGA/CSP、QFN 封装专用材料等前沿技术产品，为公司快速可持续发展提供了较强的技术支撑。
科化新材	公司自成立以来，不断推出新技术、新产品，目前在售产品有微电子封装用环氧塑封料、电子级液体硅橡胶、大功率 LBD 封装树脂等产品，“科化”已成为国内半导体封装材料行业的知名品牌。
长兴昆电	专业生产应用于半导体器件、集成电路等封装所需的环氧塑封料，可提供标准型、低应力型和高导热型等系列产品，为业界主要供货商之一。

资料来源：衡所华威公众号、智研咨询公众号、华海诚科招股说明书、开源证券研究所

2.6.2、硅微粉/铝微粉

硅微粉是一类用途广泛的无机非金属材料。硅微粉作为一种精细加工的二氧化硅粉末材料，其制备过程包括以结晶石英或熔融石英作为起始原料，并通过研磨、精密分级和杂质去除等一系列工艺步骤。该材料因具备高温耐受性、卓越的绝缘特性、低热膨胀系数及良好的热导性，而被视为一种高性能的无机非金属功能性填充剂。硅微粉在众多应用领域都有广泛的用途，包括但不限于覆铜板、环氧塑封料、电工绝缘材料、粘合剂、陶瓷和涂料制造等。

图73：角形硅微粉产品外观及颗粒形貌如下图所示



资料来源：联瑞新材招股说明书

硅微粉产品作为一类卓越的先进无机非金属矿物功能性填料，表现出一系列杰出的物理属性，包括高耐温性、卓越的电绝缘能力、低线性膨胀系数、优良的热导性以及低介电常数和低介电损耗。这些特性能够显著提升下游产品的相关物理性能，如增强散热效果、减少膨胀系数和增强机械强度。因此，在覆铜板、环氧塑封料、电工绝缘材料、胶粘剂等关键应用领域，硅微粉依托其多项突出的性能，充当着关键的功能填料角色。

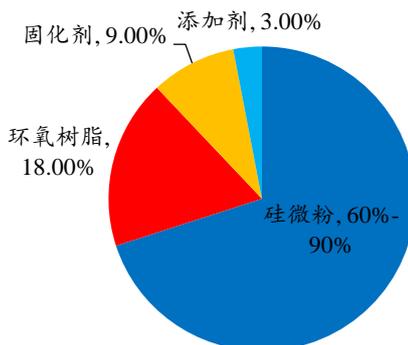
表20：硅微粉性能优越，下游应用广泛

产品	分类	性能	应用领域	用途
硅微粉	结晶硅微粉、熔融硅微粉、球形硅微粉	①无机材料，耐酸碱腐蚀，耐高温，化学性能稳定；②高绝缘，制品安全性高；③低线性膨胀系数，制品稳定性高；④良好的热传导率，制品散热性好；⑤低介电常数和介电损耗，介电性能优异	覆铜板	在电子电路用覆铜板中加入硅微粉可以改善印制电路板的线性膨胀系数和热传导率等物理特性，从而有效提高电子产品的可靠性和散热性，且具备良好的介电性能，能够提高电子产品中的信号传输速度和传输质量，基于硅微粉不可或缺的重要物理、化学特性，其已成为电子产品里的关键性材料之一
			环氧塑封料	硅微粉填充到芯片封装用环氧塑封料中可显著提高环氧树脂硬度，增大导热系数，降低环氧树脂固化物反应的放热峰值温度，降低线性膨胀系数与固化收缩率，减小内应力，提高环氧塑封料的机械强度，使其无限接近于芯片的线性膨胀系数，可以减少环氧塑封料的开裂现象从而有效防止外部有害气体、水分及尘埃进入电子元器件或集成电路，减缓震动，防止外力对芯片造成损伤和稳定元器件性能
			电工绝缘材料	硅微粉用作电工绝缘产品环氧树脂绝缘封填料，能够有效降低固化物的线性膨胀系数和固化过程中的收缩率，减小内应力，提高绝缘材料的机械强度，从而有效改善和提高绝缘材料的机械性能和电学性能
			胶粘剂	硅微粉作为无机功能性填充材料，填充在胶粘剂树脂中可有效降低固化物的线性膨胀系数和固化时的收缩率，提高胶粘剂机械强度，改善耐热性、抗渗透性和散热性能，从而提高粘结和密封效果

资料来源：联瑞新材招股说明书、开源证券研究所

硅微粉是环氧塑封材料中无机填料的首选材料。环氧塑封料通常由 60-90% 的填充材料、不超过 18% 的环氧树脂、不超过 9% 的固化剂以及大约 3% 的其他添加剂构成。目前所使用的无机填充物几乎全是硅微粉，其含量可能高达 90%。硅微粉在作为填充物时，降低了塑封料的热膨胀系数，提高了热传导能力，降低了介电常数，并且因其环保和阻燃特性、减少内部应力、防潮作用以及增强塑封料强度而被广泛使用，同时有助于降低封装成本。

图74：硅微粉是环氧塑封料中重要组成部分



数据来源：英凌泰科技公众号、开源证券研究所

海内外硅微粉市场规模不断增长，发展空间广阔。根据 Mordor Intelligence 数据显示，全球硅微粉市场在 2021 年的规模约为 39.6 亿美元，预测至 2027 年将达到 53.3 亿美元，年均复合增长率 CAGR 为 5.1%。同时，新思界产业研究中心发布的研究报告指出，中国在 2021 年的硅微粉市场规模约为 24.6 亿元，预计到 2025 年市场规模将增至 55 亿元，年复合增长率 CAGR 高达 22.3%。

图75：全球硅微粉市场预计将不断增长（亿美元）

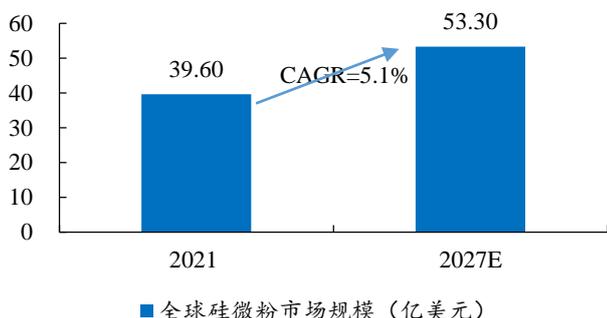
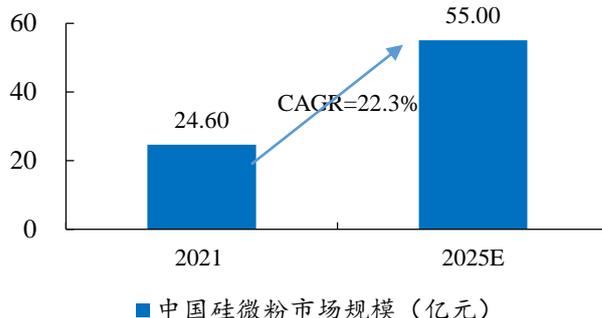


图76：中国硅微粉市场规模预计保持高速增长（亿元）

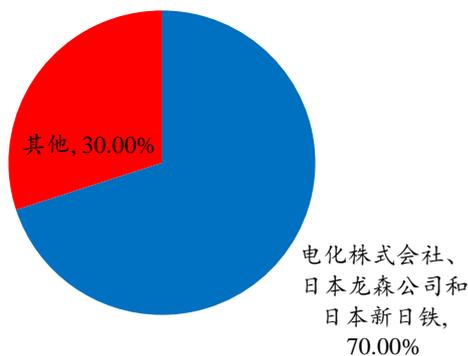


数据来源：Mordor Intelligence、英凌泰科技公众号、开源证券研究所

数据来源：瓜州工业微刊、Mordor Intelligence、开源证券研究所

日本企业在球形硅微粉领域的市场份额超过 70%，表现出明显的市场主导地位。在全球范围内，硅微粉的生产与供应主要集中于日本、美国和中国的企业。特别是在高端硅微粉，尤其是球形硅微粉的制造与应用领域，日本企业凭借早期的市场进入优势和技术障碍，稳固其行业领先地位。电化株式会社、日本龙森公司和日本新日铁公司这三大企业共占全球球形硅微粉市场约 70% 的份额，日本雅都玛公司更是垄断了 1 微米以下的球形硅微粉市场。

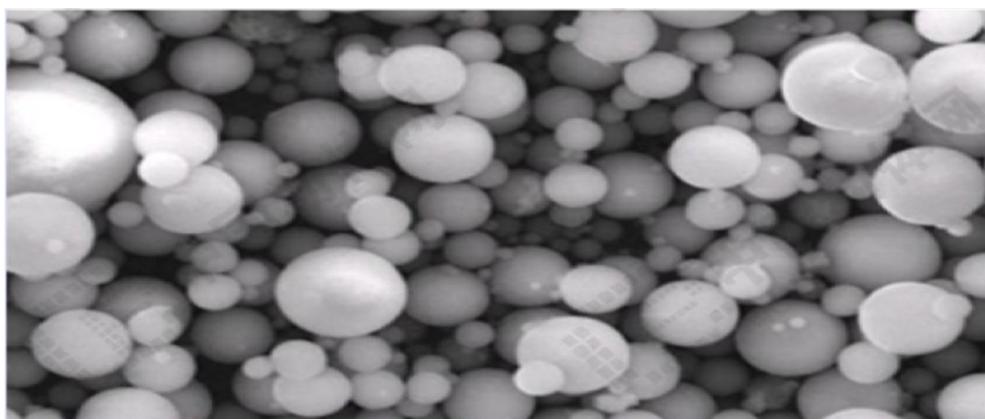
图77：全球球形硅微粉市场被外资企业寡头垄断（2023年）



数据来源：瓜州工业微刊、开源证券研究所

球形氧化铝是一种通过特定工艺处理后，形成球状颗粒的氧化铝材料。它具备了高度的均一性、流动性以及特定的物理和化学稳定性。由于其球形结构，这种材料在提高填充物分散性和降低粘结剂用量方面表现优异，同时也能增强最终产品的机械强度和热稳定性。球形氧化铝因此被广泛应用于高温耐火材料、陶瓷、研磨材料、涂料、塑料及橡胶增强填充等多个领域，特别是在先进陶瓷和电子封装材料中，球形氧化铝由于其优异的性能而成为了一种重要的工业材料。

图78：球形氧化铝颗粒形貌如下图所示



资料来源：粉体网

角形氧化铝和球形氧化铝的主要区别在于其物理特性以及技术难度，这些差异直接影响它们在各自应用场景中的表现。角形氧化铝，由于其具有较尖锐的边缘和角度，通常用于磨料、研磨和抛光材料，以及某些特定的耐火材料中，生产技术难度一般。相比之下，技术难度较高的球形氧化铝因其球状的形态，具有更好的流动性和填充性，能够在材料中均匀分布，减少空隙，从而提高材料的密度和均一性。在先进封装领域中，球形氧化铝可作为填充材料，增强封装材料的热导性、机械强度和电绝缘性能，同时保持较低的热膨胀系数，确保电子器件在热循环过程中的可靠性和稳定性。

表21: 两种形态氧化铝的应用场景有所不同

类别	生产成本	应用场景	技术难点
角形氧化铝	较低	主要用于低导热系数的导热垫片、导热灌封胶、导热硅胶等复合材料, 应用场景如低功率芯片的导热胶, 低发热器件的粘接胶和部分新能源汽车电池用胶等	粉体的高温煅烧、研磨及精密分级, 技术难度一般
球形氧化铝	较高	覆盖大多数中高导热系数的导热垫片、导热凝胶, 导热灌封胶, 导热硅胶等复合材料, 应用场景广泛, 如中高功率芯片的导热胶, 新能源汽车灌封胶, 新能源汽车粘接结构胶等	粉体的熔融球化、晶体相纯度控制、精确给料及精密分级, 技术难度较高

资料来源: 百图股份招股说明书、开源证券研究所

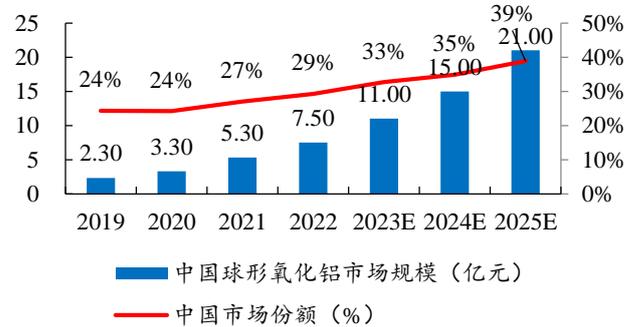
海内外球形氧化铝市场规模预计将保持高速增长。依据高工产业研究院的统计数据, 预计从 2022 年至 2025 年, 全球球形氧化铝导热材料市场的年均复合增长率 CAGR 将达到 28.2%, 并且市场规模在 2025 年将达到 54 亿元。在中国市场, 2022 年球形氧化铝导热粉体的市场规模达到 7.5 亿元, 同比+41.5%。中国在全球球形氧化铝导热粉体市场中的份额逐年增加, 2022 年达到了 29.3%。预计到 2025 年, 中国球形氧化铝导热粉体的市场规模将增至 21 亿元, 届时在全球市场中的份额预计将升至 38.9%。

图79: 全球球形氧化铝市场规模预计将保持高速增长 (亿元)



数据来源: 百图股份招股说明书、高工产业研究院、开源证券研究所

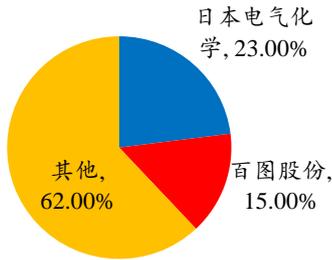
图80: 中国球形氧化铝市场总值及其占比不断提升 (亿元, %)



数据来源: 百图股份招股说明书、高工产业研究院、开源证券研究所

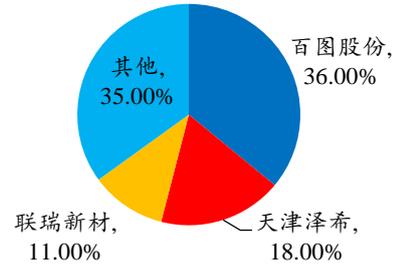
海内外球形氧化铝导热粉体市场的竞争环境较为稳定, 主导企业集中在中日两国。依据高工产业研究院的数据, 2022 年日本电气化学、百图股份在全球球形氧化铝导热粉体市场中分别约占 23%、15% 的市场份额, 占据全球前二。同样根据高工产业研究院的数据, 2022 年中国球形氧化铝导热粉体的总出货量达到 2.75 万吨, 百图股份在中国市场的份额达到 36%, 位居行业领先地位。行业前三家企业的总出货量占比达到 65%, 表明市场集中度较高。

图81：2022 年全球球形氧化铝市场以中日企业为主



数据来源：百图股份招股说明书、高工产业研究院、开源证券研究所

图82：2022 年国内球形氧化铝市场内资企业占比较高



数据来源：百图股份招股说明书、高工产业研究院、开源证券研究所

国内厂商大力开发，微粉国产替代进程加速。近些年国内厂商打破之前高纯度硅微粉市场在很大程度上依赖于进口的垄断状态，尤其是在要求严格的电子封装材料领域。国内头部厂商如联瑞新材、百图股份等推出多种 Low- α 硅微粉以及球形氧化铝产品，积极推动客户送样验证以及后续产能扩充，对推动国产化替代具有重要意义。

表22：国内电子功能粉体材料厂商逐步扩产推进市场开发

公司名称	产品布局
联瑞新材	公司持续推出多种规格低 CUT 点 Low- α 微米/亚微米球形硅微粉、球形氧化铝粉，高频高速覆铜板用低损耗/超低损耗球形硅微粉，新能源汽车用高导热微米/亚微米球形氧化铝粉。2023 年 10 月拟投资 12800 万元建设集成电路用电子级功能粉体材料建设项目，设计产能 2.52 万吨/年；2024 年 3 月拟投资 12900 万元建设先进集成电路用超细球形粉体生产线建设项目，设计产能 3000 吨/年
百图股份	公司主要产品包括球形氧化铝、亚微米氧化铝、氮化硼、氮化铝等功能性粉体材料。2023H1 公司球形氧化铝产能为 5664 吨，2022 年产能为 10848 吨；2023H1 公司亚微米氧化铝产能为 510 吨，2022 年产能为 751 吨 电子材料产品方面，公司再融资募投项目年产 1.5 万吨电子功能粉体材料建设项目、首次公开发行募投项目年产 5,000 吨电子通讯用功能粉体材料建设项目，正在按既定规划有序推进建设，有望在 2023 年下半年实现陆续投产。规划扩产的“年产 9,800 吨导热用球形氧化铝建设项目”有望在 2023 年下半年投产，公司将围绕国内外下游龙头企业进行市场开拓和重点合作；公司规划新建的年产 200 吨高端芯片封装用 Low- α 球形氧化铝项目，有望在 2023 年下半年实现部分投产，目前日韩客户已陆续送样验证，客户初步反馈良好。
雅克科技	公司 2022 年 MUF 用球形硅微粉设计产能 3000 吨，在建产能 3000 吨；覆铜板用球形硅微粉设计产能 2000T/年，在建产能 2000 吨；Low- α 球形硅微粉设计 1000T/年，在建 1000 吨；球形硅微粉设计 10500T/年，产能利用率达到 100.00%，目前 6 条球形硅微粉生产线已投产
凯盛科技	公司半导体封装用高纯超细球形二氧化硅样品和抛光液已通过国内外客户验证，形成小批量销售。年产 5000 吨半导体二氧化硅生产线项目目前期相关的审批手续已经办理，正在土建施工，设备基本采购完毕，按计划要求制造，预计 2023 年下半年完成厂房建设和设备安装调试,进行试生产。电子封装用球形粉体材料项目目前 2400t/a 电子封装球形粉体材料项目已建成投产；6000t/a 电子封装球形粉体材料项目能评已完成，其他手续正在办理中。

资料来源：各公司公告、开源证券研究所

3、国内先进封装产业链受益标的

PSPI 光刻胶厂商：鼎龙股份、强力新材等；**深孔刻蚀类电子特气厂商：**金宏气体、华特气体、中船特气等；**电镀液厂商：**上海新阳、艾森股份等；**靶材厂商：**江丰电子等；**CMP 材料&临时键合胶厂商：**鼎龙股份、安集科技等；**环氧塑封料&硅微粉/铝微粉厂商：**联瑞新材、华海诚科、壹石通等。

综上，推荐标的为：鼎龙股份、金宏气体、江丰电子、上海新阳。

受益标的为：联瑞新材、安集科技、华特气体、中船特气、强力新材、艾森股份、华海诚科、壹石通。

表23：国内先进封装材料相关估值表

证券代码	证券简称	最新市值 (百万元)	归母净利润 (百万元)				PE			
			2023A	2024E	2025E	2026E	2023A	2024E	2025E	2026E
300054.SZ	鼎龙股份	20773.6	222.0	441.9	622.4	887.7	93.6	47.0	33.4	23.4
688019.SH	安集科技	15682.3	402.7	486.9	623.8	769.3	38.9	32.2	25.1	20.4
688300.SH	联瑞新材	8757.9	174.0	233.7	295.6	356.0	50.3	37.5	29.6	24.6
300666.SZ	江丰电子	12659.3	255.5	354.1	463.4	604.6	49.6	35.8	27.3	20.9
688106.SH	金宏气体	8376.4	315.0	404.7	505.9	624.7	26.6	20.7	16.6	13.4
688268.SH	华特气体	5654.5	171.1	233.5	308.0	382.8	33.0	24.2	18.4	14.8
688146.SH	中船特气	14712.4	334.9	410.1	509.6	568.0	43.9	35.9	28.9	25.9
688535.SH	华海诚科	5300.1	31.6	45.9	60.9	79.2	167.5	115.4	87.1	66.9
300236.SZ	上海新阳	9498.6	166.8	224.6	246.0	274.2	56.9	42.3	38.6	34.6
688720.SH	艾森股份	3446.0	32.7	52.8	73.5	101.7	105.5	65.3	46.9	33.9
300429.SZ	强力新材	5832.8	-45.9	173.0	205.0	270.0	-127.1	33.7	28.5	21.6
688733.SH	壹石通	2687.0	24.5	75.3	122.5	189.7	109.6	35.7	21.9	14.2

数据来源：Wind、开源证券研究所 注：鼎龙股份、金宏气体、江丰电子、上海新阳盈利预测数值来自开源证券研究所，其余选自 Wind 一致预期；数据截至 2024 年 7 月 8 日收盘

4、风险提示

景气复苏不及预期。当前半导体行业下游需求仍较为低迷，若复苏节奏较慢，下游需求回暖低于预期，封测行业的业绩增长也会受到影响。

技术进展缓慢。“后摩尔时代”先进封装技术成为持续提升芯片集成度和效能的新路径，如果先进封装技术未能如预期实现高渗透率，市场规模增速可能不及预期。

国产替代不及预期。先进封装对技术和工艺的要求越来越高，需要先进生产设备和研发资金的不断投入，成本显著提高，如未能准确把握市场需求或取得如期成果，容易在快节奏竞争中落后。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R4（中高风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。

因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
	减持（underperform）	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡（underperform）	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的 6~12 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中 A 股基准指数为沪深 300 指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普 500 或纳斯达克综合指数。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。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于商业秘密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，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金融工具的邀请或向人做出邀请。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，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。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。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做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。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。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。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼3层
邮编：200120
邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座9层
邮编：100044
邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层
邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn