



计算机行业研究

买入（维持评级）

 行业周报
 证券研究报告

计算机组

 分析师：刘高畅（执业 S1130525120005）
 liugaochang@gjzq.com.cn

 分析师：郑元昊（执业 S1130525120004）
 zhengyuanhao@gjzq.com.cn

 联系人：孙恺祈
 sunkaiqi@gjzq.com.cn

SiC 有望进入产业放量期

行业观点

■ CoWoS 迈入大尺寸、高 HBM、高热流密度新阶段。

TSMC 于 2025 年 4 月北美技术论坛明确下一代 CoWoS 演进方向，确立大尺寸、高 HBM 堆叠、高热流密度为先进封装核心主轴。公司规划 2026 年推出 5.5 倍光罩尺寸过渡版本，2027 年实现 9.5 倍光罩尺寸 CoWoS 规模化量产，单封装有效面积接近 8,000mm²，可支持 4 颗 3D 堆叠芯片系统、12 层及以上 HBM 与多颗逻辑芯片高密度集成，精准匹配 AI 大模型对内存容量与互联带宽的指数级需求。同期推出的 SoW-X 晶圆级系统集成方案，可实现 40 倍于当前 CoWoS 的计算能力，计划 2027 年同步量产。该路线与 NVIDIA 下一代 AI 芯片规划高度印证，RubinUltra 等产品采用 CoWoS-L 封装与 N3P 工艺，印证大尺寸、高带宽、高功耗密度成为未来 2-3 年高端封装核心竞争维度，先进封装已从配套环节升级为决定 AI 算力上限的关键变量。

■ CoWoS 瓶颈转向热管理与翘曲控制，热-机械耦合成量产核心制约。

伴随 CoWoS 向超大尺寸迭代，行业核心矛盾由产能约束转向热管理与翘曲控制。TSMC 研发的 110×110mm² CoWoS-R 方案可集成 4 颗 SoC+12 颗 HBM，集成度与算力量级跃升，但 ECTC2025 明确指出翘曲控制已成为紧迫挑战。超大尺寸封装下，芯片、中介层与基板间热膨胀系数失配加剧，回流焊与高低温循环易引发剧烈翘曲、开路、锡球破裂、层间分层等可靠性问题。高端 AI 封装具备高集成特性，单颗 HBM 或逻辑芯片损坏即可导致整颗报废，良率波动带来显著成本损失，热阻控制、翘曲抑制、组装良率成为规模化量产的关键卡点。行业竞争逻辑随之切换，从性能指标比拼转向系统级解决方案竞争，具备低热阻材料、低翘曲基板、高精度组装装备与应力仿真能力的环节有望深度受益。

■ SiC 材料优势突出，以热管理非核心层切入破解先进封装瓶颈。

SiC 凭借高热导率、高刚性、CTE 与硅芯片高度匹配的特性，成为破解 CoWoS 热-机械双重瓶颈的关键材料。4H-SiC 热导率达 370-490W/m·K，远高于传统硅中介层与有机 RDL 基板，同时具备高杨氏模量、低热膨胀系数与高温稳定性，可在芯片-中介层-基板之间构建低热阻、高刚性、应力适配的结构。在数千瓦级功耗、局部热点超 150℃ 的应用场景中，SiC 可快速均化热量、抑制翘曲形变、提升装配良率与长期可靠性。我们判断认为，SiC 有望以热扩散层、热承载层、结构支撑层渐进导入 CoWoS，充分发挥材料优势并降低工艺适配难度。

相关标的

■ SiC 衬底及设备标的：天岳先进、晶升股份、宇晶股份、扬杰科技、华润微、三安光电等。

风险提示

■ SiC 导入先进封装进度不及预期的风险；SiC 材料成本偏高、规模化应用受限的风险；先进封装技术路线变更风险；SiC 在封装环节良率与可靠性验证不及预期的风险。



内容目录

一、CoWoS 热管理问题凸显，SiC 衬底或为下一阶段方案	3
1.1 CoWoS 正在进入大尺寸、高 HBM、高热流密度阶段.....	3
1.2 CoWoS 的瓶颈正在从产能转向热管理+翘曲控制	4
1.3 SiC 具备材料优势，有望从热管理层切入.....	6
二、相关标的.....	8
三、风险提示.....	8

图表目录

图表 1: TSMC CoWoS 持续扩容，2027 年 9.5 倍光罩版将赋能下一代 AI 算力.....	3
图表 2: TSMC 同步推出 SoW-X 晶圆级系统集成方案，进一步强化大尺寸、高 HBM、高热流密度技术主轴	4
图表 3: TSMC 路线与 NVIDIA 规划高度契合，锚定先进封装核心方向.....	4
图表 4: CoWoS-R 封装面临翘曲挑战，热-机械耦合成量产核心瓶颈	5
图表 5: 随着先进封装向更大尺寸持续迭代，热阻控制、翘曲抑制、组装良率与板级可靠性已成为新阶段关键“卡脖子”环节.....	6
图表 6: SiC 导热率高、刚性强，CTE 适配硅芯，能够有效抑制翘曲、降低热应力。	7
图表 7: 当前 TSMC CoWoS 系列已形成清晰的技术分层架构	7

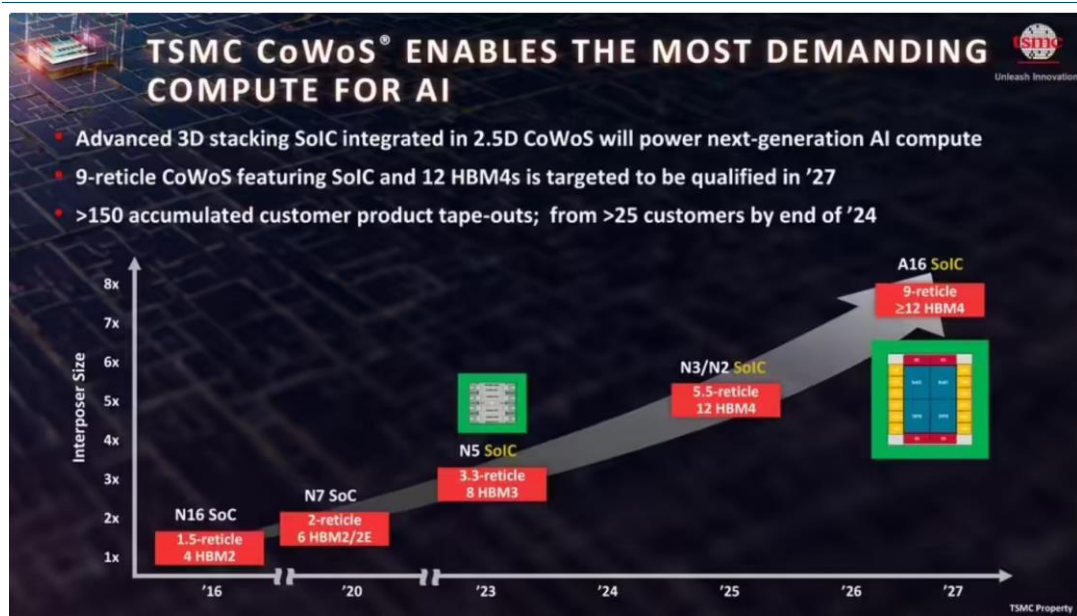


一、CoWoS 热管理问题凸显，SiC 衬底或为下一阶段方案

1.1 CoWoS 正在进入大尺寸、高 HBM、高热流密度阶段

TSMC 在 2025 年 4 月北美技术论坛正式披露下一代 CoWoS 演进路线，确立大尺寸、高 HBM 堆叠、高热流密度为先进封装核心演进方向。公司规划 2026 年率先推出 5.5 倍光罩尺寸过渡版本，2027 年实现 9.5 倍光罩尺寸 CoWoS 规模化量产，单封装有效面积接近 8,000mm²，可容纳四个 3D 堆叠集成芯片系统、支持 12 层及以上 HBM 与多颗逻辑芯片的高密度异构集成，直接匹配 AI 大模型对内存容量与互联带宽的指数级需求。这一官方路线清晰定义了下一代 AI/HPC 芯片封装的核心演进方向：更大的中介层面积允许单封装集成更多计算裸片与 HBM 堆栈，更高带宽直接缓解 AI 芯片“内存墙”瓶颈，更高功耗密度则支撑下一代 AI 加速器的算力密度跃升，三者共同构成高性能计算芯片的必由之路。

图表1：TSMC CoWoS 持续扩容，2027 年 9.5 倍光罩版将赋能下一代 AI 算力

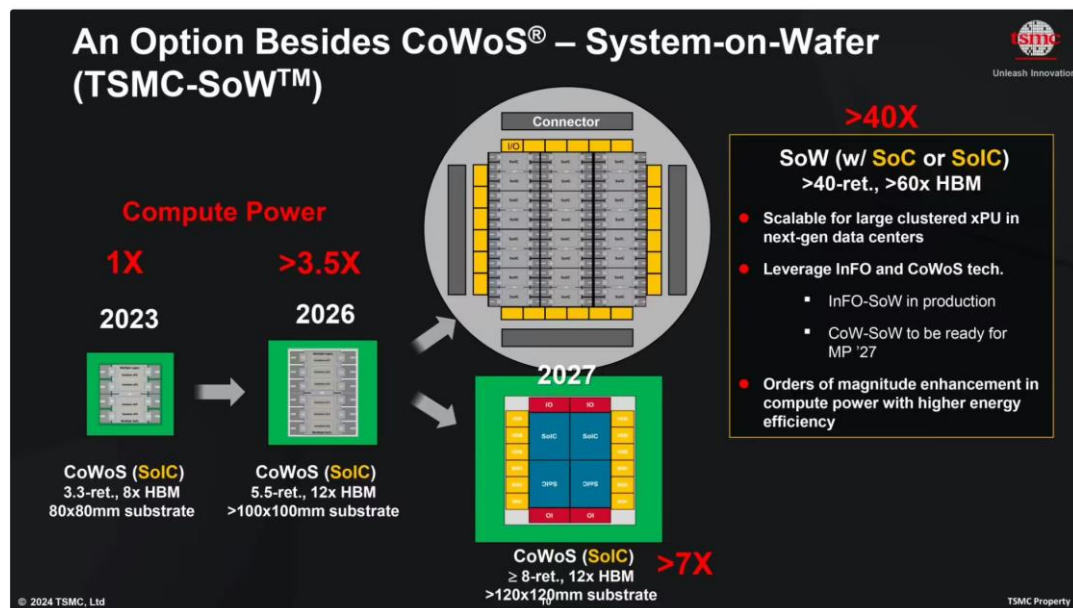


来源：IT之家，TSMC，国金证券研究所

在大尺寸 CoWoS 基础上，TSMC 同步推出 SoW-X 晶圆级系统集成方案，进一步强化大尺寸、高 HBM、高热流密度技术主轴。继 2024 年发布 TSMC-SoW 技术后，公司基于 CoWoS 架构推出 SoW-X，可构建计算能力达当前 CoWoS 解决方案 40 倍的晶圆级系统，计划 2027 年同步量产。为支撑下一代 AI 算力需求，TSMC 同步配套多项高性能集成方案：包括与 COUPETM 紧凑型通用光引擎的硅光子集成、面向 HBM4 的 N12/N3 逻辑基础芯片，以及垂直功率密度达传统电源管理芯片 5 倍的 AI 专用集成电压调节器(IVR)。上述技术组合与大尺寸 CoWoS 形成协同，持续提升封装集成度、带宽与散热能力，进一步夯实大尺寸、高 HBM、高热流密度为先进封装确定性演进方向。



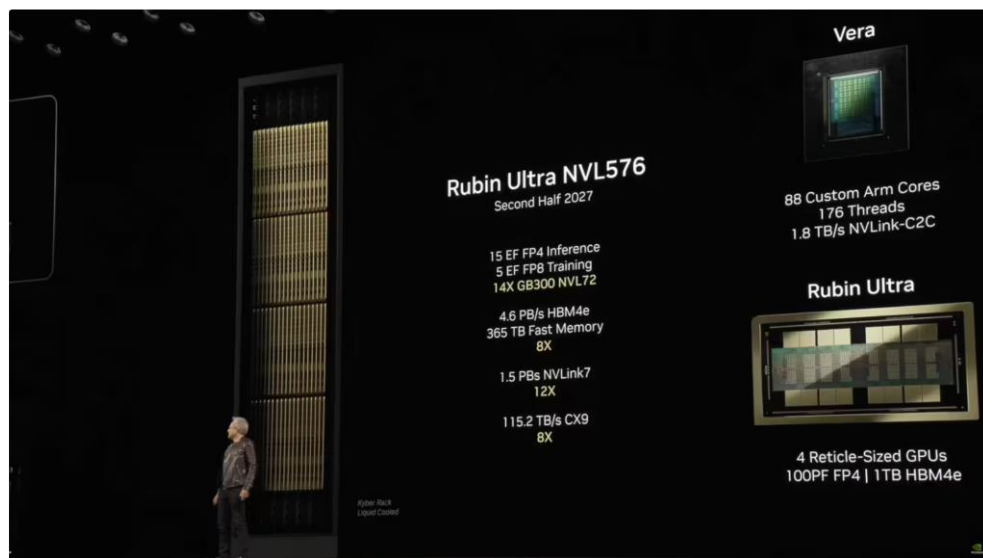
图表2: TSMC 同步推出 SoW-X 晶圆级系统集成方案, 进一步强化大尺寸、高 HBM、高热流密度技术主轴



来源: IT 之家, TSMC, 国金证券研究所

TSMC 官方技术路线与 NVIDIA 等头部客户下一代产品规划高度印证, 进一步夯实大尺寸、高带宽、高功耗密度为先进封装的确定性主轴。市场流传的 NVIDIA2027 封装演进图, 本质是对 9.5 倍光罩 CoWoS 路线的落地演绎, 其 Rubin Ultra 等下一代 AI 芯片采用 TSMC N3P 工艺节点, 结合 CoWoS-L 先进封装技术实现多颗加速器与 12 层 HBM 的高效集成, 与 TSMC 2027 年量产规划完全一致。这一路径清晰表明, 先进封装已从芯片配套环节升级为决定 AI 算力上限的核心变量, 大尺寸、高 HBM 堆叠、高热流密度将成为未来 2-3 年高端封装的核心竞争维度, 封装技术迭代直接决定 AI 芯片性能天花板。

图表3: TSMC 路线与 NVIDIA 规划高度契合, 锚定先进封装核心方向



来源: IT 之家, 国金证券研究所

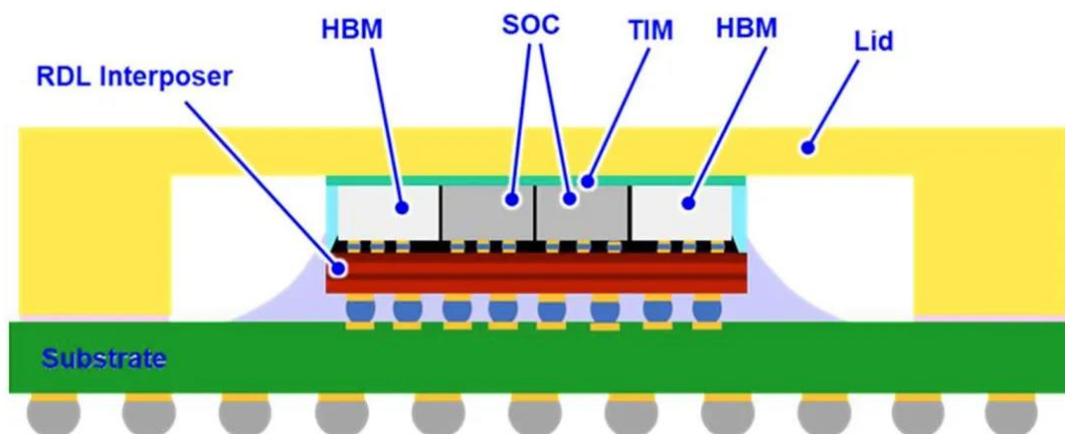
1.2 CoWoS 的瓶颈正在从产能转向热管理+翘曲控制

ECTC 2025 官方 Tipsheet 披露, TSMC 正面向下一代 AI 算力平台研发 $110 \times 110\text{mm}^2$ 超大尺寸 CoWoS-R 封装方案, 可实现 4 颗高性能 SoC+12 颗 HBM 堆栈的高密度异构集成, 单封装集成度与算力规模较当前主流方案实现量级跃升, 与公司 5.5 倍/9.5 倍光罩尺寸 CoWoS 演进路线形成技术衔接与前瞻验证。该方案以有机 RDL 中介层为核心载体, 旨在突破传统硅中介层在尺寸、成本与良率上的约束, 适配多芯粒、高 HBM 堆叠、高热流密度的下一代 AI 训练与推理芯片需求。但会议官方明确强调, warpage control is becoming an urgent challenge,



标志超大尺寸封装的力学可靠性已从次要约束上升为必须优先解决的系统性难题，热与机械应力的耦合作用成为制约技术落地与规模化量产的核心矛盾。

图表4：CoWoS-R 封装面临翘曲挑战，热-机械耦合成量产核心瓶颈

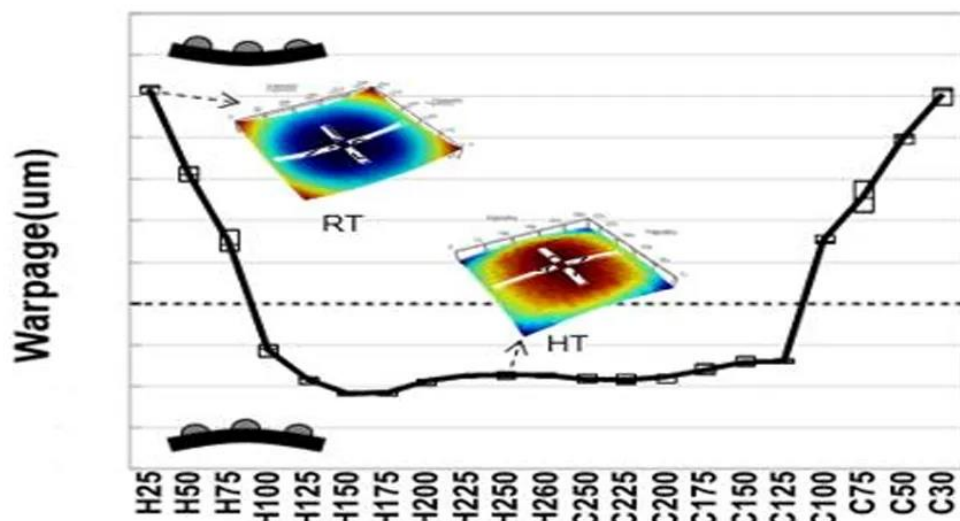


来源：道通科技，国金证券研究所

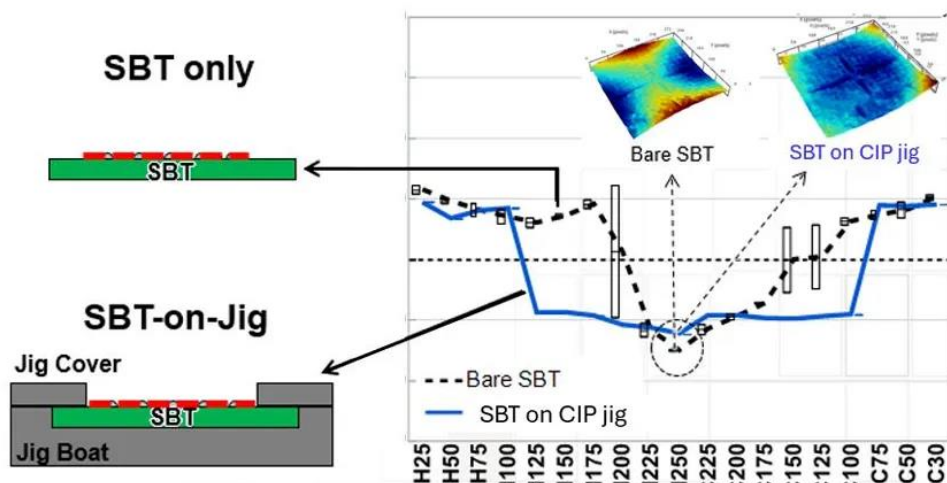
伴随 CoWoS 加速向大尺寸、高 HBM 堆叠、高热流密度方向演进，封装内部材料体系趋于多元、功耗密度快速提升、结构尺寸持续逼近物理极限，传统封装工艺正面临前所未有的可靠性挑战。超大尺寸 CoWoS-R 在集成 4 颗 SoC 与 12 颗 HBM 后，芯片、中介层与基板之间的热膨胀系数（CTE）失配显著加剧，在回流焊与高低温循环过程中易产生剧烈翘曲形变，不仅影响装配精度，更易引发开路风险；在持续热循环作用下，金属疲劳、锡球破裂与层间分层等失效模式频发，直接导致元件功能丧失。从产业实践来看，高端 AI 封装模组具备高度集成特性，任一 HBM 或逻辑芯片损坏均会造成整颗封装报废，以单颗高端 GPU 搭配 8 颗 HBM3E 的组合为例，封装环节良率每下降 1%，即对应数万美元级硬件成本损失，“沉没成本放大效应”已成为侵蚀芯片设计厂商毛利率的核心因素。随着先进封装向更大尺寸持续迭代，热阻控制、翘曲抑制、组装良率与板级可靠性已成为新阶段关键“卡脖子”环节，直接决定超大尺寸 CoWoS 能否从技术验证走向规模化量产商用。



图表5：随着先进封装向更大尺寸持续迭代，热阻控制、翘曲抑制、组装良率与板级可靠性已成为新阶段关键“卡脖子”环节



(8a) CoW warpage behavior



(8b) Substrate warpage behavior

来源：道通科技，国金证券研究所

超大尺寸 CoWoS-R 所面临的翘曲与热阻双重约束，本质是先进封装由“尺寸扩张”迈向“系统级集成”所必须跨越的技术鸿沟，也标志行业竞争逻辑发生根本性切换。此前阶段，封装竞争聚焦于中介层面积、HBM 堆叠层数、互连带宽等性能指标；下一阶段，竞争核心将转向翘曲控制、低热阻界面、高精度组装、高可靠性加固等系统级解决方案能力。对产业链而言，能够提供低热阻材料、低翘曲基板、高精度组装装备与应力仿真方案的环节，将直接受益于先进封装技术瓶颈的价值重估，成为支撑大尺寸、高 HBM、高热流密度封装落地的关键支柱，具备先发技术卡位的厂商有望获得显著超额收益。

1.3 SiC 具备材料优势，有望从热管理层切入

从材料科学维度审视，碳化硅（SiC）的物理特性与超大尺寸 CoWoS-R 所面临的热-机械耦合约束形成高度精准的战略匹配。Wolfspeed 官方材料手册数据显示，4H-SiC 热导率可达 3.9–4.9W/cm·K（约 370-490W/m·K），较传统硅中介层（约 150W/m·K）及有机 RDL 基板（约 0.2-0.5W/m·K）实现量级跨越，同时兼具高硬度（莫氏硬度 9.0+）、低热膨胀系数（CTE 约 4.0×10^{-6} /K，与硅芯片匹配度显著优于有机材料）、宽禁带（3.26eV）及优异的高温化学稳定性。这意味着，在 $110 \times 110\text{mm}^2$ 封装尺度下，SiC 并非以“替代硅互连”的逻辑切入，而是作为热扩散层、热承载结构或应力缓冲层，在芯片-中介层-基板的复杂热路径中构建低热阻、高刚性、CTE 适配的功能梯度结构。我们判断，这种“热-机械双优”特性使其成为破解“翘



曲控制"与"热阻攀升"双重挑战的关键材料选项，而非简单的工艺改良。

在 TSMC 披露的 4 颗 SoC+12 颗 HBM 超高密度集成场景中，单封装功耗密度预计突破数千瓦级，局部热点（hotspot）温度可达 150° C 以上，传统铜-硅-有机物的多层结构面临热阻叠加与 CTE 失配的系统性风险。SiC 在此场景下的工程价值体现在三重维度：其一，高热导率可实现热量的面内快速均化，抑制多芯片协同工作时的局部热积聚；其二，高杨氏模量（约 400-450GPa）为超大尺寸封装提供结构性支撑，在回流焊及高低温循环过程中显著抑制 warpage 形变，改善微凸点的接触一致性与长期疲劳寿命；其三，耐高温与化学惰性使其可以在高达 200℃ 甚至更高的环境温度下稳定工作，确保其在集成微冷却器等下一代散热架构中保持性能稳定。这意味着，SiC 的导入不仅是对现有热界面材料的线性升级，更是对"大尺寸、高 HBM、高热流密度"封装范式下系统级可靠性架构的底层重构，具备明确的技术卡位价值与产业投资前景。

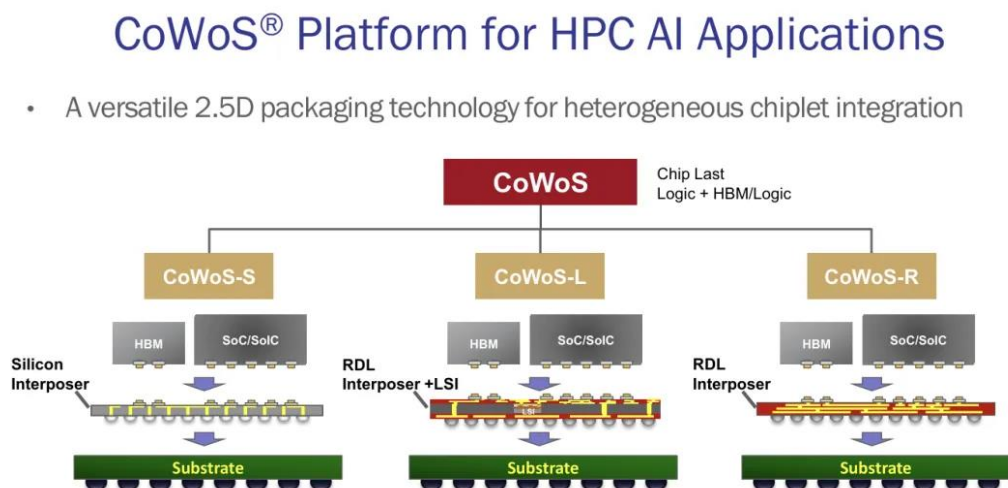
图表6: SiC 导热率高、刚性强，CTE 适配硅芯，能够有效抑制翘曲、降低热应力。

特性参数	4H-SiC	Si Interposer	Organic RDL	关键意义
热导率(W/cm·K)	3.9-4.9 (a 向最高 4.9)	≈1.5	≈0.02-0.05 (约 0.2-0.5W/m·K)	SiC 较硅中介层提升约 2.5-3.3 倍，较有机 RDL 基板提升约 2 个数量级，实现热路径上的量级跨越
热膨胀系数 CTE(×10 ⁻⁶ /K)	≈4.0	≈2.6	≈17-50	SiC 的 CTE 与硅芯片（≈2.6）匹配度显著优于有机材料，可有效降低界面热应力与翘曲风险
杨氏模量(GPa)	≈450	≈130-170	≈5-10 (典型值)	SiC 的高刚性使其可作为热承载结构层，抑制 110×110mm ² 超大尺寸封装的整体形变
莫氏硬度	9.0-9.5 (创半导体材料之最)	≈7	≈2-3	SiC 具有卓越的抗磨损与结构稳定性
带隙宽度(eV)	\$3	\$1	—	宽禁带赋予 SiC 优异的高温化学稳定性与电绝缘性能
核心功能角色	热扩散层/热承载结构/应力缓冲层	高密度互连中介层	低成本有机中介层	SiC 以"热-机械双优"材料定位介入，非替代硅互连，而是构建低热阻、高刚性、CTE 适配的功能梯度结构

来源: Wolfspeed 官方材料手册, 国金证券研究所

当前 CoWoS 系列已形成清晰的技术分层架构: CoWoS-S 以硅中介层（silicon interposer）为核心互连载体，依托 TSV 技术实现高密度布线；CoWoS-R 采用有机 RDL 中介层方案，通过聚合物与铜线重分布层提供灵活的异构集成能力；CoWoS-L 则为 RDL 中介层与嵌入式 LSI（Local Silicon Interconnect）的混合架构，兼顾硅基高精度互连与有机材料的尺寸扩展性。截至目前，尚无任何证据表明 SiC 将直接替代现有 Si interposer 或 LSI 主互连体系。主互连层承担超高密度布线（亚微米级铜线）、TSV 导通与多芯粒高速互联等核心功能，其工艺成熟度、良率控制与供应链生态已形成稳定的技术锁定效应，短期不具备被颠覆性替换的产业基础。

图表7: 当前 TSMC CoWoS 系列已形成清晰的技术分层架构



来源: 道通科技, 国金证券研究所



从工程逻辑推演，SiC 若强行切入主互连层将面临功能错配与成本失控的双重困境。一方面，SiC 虽具备高热导率，但其半导体加工工艺（如刻蚀、掺杂、金属化）与现有硅基 CMOS 产线兼容性有限，且无法实现硅中介层所要求的亚微米级高精度布线密度；另一方面，主互连层的核心挑战在于信号完整性与布线密度，而非热导率，SiC 的材料优势在此场景下无法形成差异化价值。TSMC 在 $110 \times 110\text{mm}^2$ 超大 CoWoS-R 方案中明确将 warpage control 列为 urgent challenge，标志热-机械可靠性已成为制约尺寸扩张的硬约束。这一技术瓶颈恰恰发生在芯片-中介层-基板的多层界面，而非主互连层内部，为 SiC 的潜在导入提供了战略窗口。

基于上述分析，我们推演认为，SiC 在 CoWoS 中的最优导入位置并非高密度互连主结构，而是热界面材料（TIM）周边的热扩散层、热承载层或结构支撑层。该导入位置无需改动既有 RDL/Si-interposer/LSI 主互连链路，不影响 I/O 密度与布线精度，同时可充分发挥 SiC 高热导率、高刚性的核心优势，直接缓解芯片—中介层—基板之间的热阻与翘曲耦合问题，快速均化热点、提升结构刚性、抑制高低温循环下的翘曲形变，同步改善散热效率与组装可靠性，成为破解超大尺寸先进封装“热—机械双重瓶颈”的关键材料解决方案。

二、相关标的

SiC 衬底及设备标的：天岳先进、晶升股份、宇晶股份、扬杰科技、华润微、三安光电等。

三、风险提示

■ SiC 导入先进封装进度不及预期的风险。

目前 SiC 在 CoWoS 等先进封装中仍以热管理、结构支撑等非核心层切入为主，尚未进入主互连体系，若材料验证、工艺适配与客户导入节奏慢于预期，或对相关标的业绩兑现产生扰动。

■ SiC 材料成本偏高、规模化应用受限的风险。

SiC 衬底与器件单价显著高于传统封装材料，若大尺寸、低成本量产技术突破不及预期，或难以满足先进封装大规模商用的成本要求，导致市场渗透缓慢。

■ 先进封装技术路线变更风险。

CoWoS、SoW-X 等先进封装路线仍在迭代，若台积电、NVIDIA 等头部厂商转向其他低热阻、低翘曲材料方案，SiC 的替代逻辑与市场空间或被压缩。

■ SiC 在封装环节良率与可靠性验证不及预期的风险。

超大尺寸先进封装对热-机械耦合、高低温循环可靠性要求严苛，若 SiC 材料在装配良率、长期可靠性上未达量产标准，或难以实现规模化商用。



行业投资评级的说明:

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。



特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员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。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-80234211	电话：010-85950438	电话：0755-86695353
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	邮编：100005	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号 紫竹国际大厦 5 楼	地址：北京市东城区建国门内大街 26 号 新闻大厦 8 层南侧	地址：深圳市福田区金田路 2028 号皇岗商务中心 18 楼 1806



【小程序】
国金证券研究服务



【公众号】
国金证券研究