



# 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

## PCB：斜率之王

### 行业观点

#### ■ PCB 价值量斜率领跑 AI 硬件，层数材料品类迭代驱动升级。

AI 硬件升级浪潮中，PCB 成为价值量斜率最陡峭的核心环节。英伟达 VR200 NVL72 机柜 BOM 较 GB300 提升 95% 至 780.3 万美金，PCB 价值量同比暴涨 233%，单机柜价值从 3.51 万美元跃升至 11.67 万美元，为非内存品类涨幅第一。此轮暴涨由层数、材料、品类三重升级驱动：层数从 20-30 层提升至 44 层，Rubin Ultra 平台正交背板达 78 层；覆铜板从 M7/M8 进阶至 M9 级，搭配 HVLP4/5 铜箔与石英布，材料成本大幅抬升；同时新增 44 层 Midplane PCB 及 BlueField、ConnectX 模组配套板，以高多层 PCB 替代传统连接件，实现用量与单价双升。钻针等耗材因 M9 材料硬度提升，消耗量增至传统 5-8 倍，进一步推高价值。PCB 从普通承载载体转变为 AI 机柜核心互联组件，高层数、高阶 HDI、高频高速成为刚需，行业迎来量价齐升的结构性机遇，价值量斜率随代际迭代持续陡峭化。

#### ■ 正交背板与配套模组板用量激增，覆铜板材料升级驱动 PCB 价值量陡升。

英伟达 Rubin Ultra 平台 Kyber 机柜采用 78 层 M9 级正交背板，替代超 2 万根铜缆，使 PCB 首次成为机架级核心互联载体，其超低介电损耗、高热稳定性与极端长径比加工要求构筑极高工艺壁垒。同时，VR200 机柜新增 Midplane 中板、CPX 板及多款模组板，无线缆化设计提升集成效率，单机柜 PCB 品类与用量同步扩张。覆铜板材料开启从 M9 向 M10 迭代进程，M10 针对 M9 在高层数加工、信号衰减、热膨胀匹配等短板优化，适配 448Gbps 超高速传输，预计 2027 年下半年量产，供应链向多元化延伸。正交背板向百层级演进、材料代际升级与新品类持续落地，推动 PCB 单板价值与单机用量共振上行，价值量斜率在高基数上延续上行趋势，高端赛道利润与壁垒持续提升。

#### ■ M9 材料与 mSAP 工艺耦合推动 PCB 向半导体级跃迁，CoWoP 技术进一步强化行业头部集中格局。

松下 M9 覆铜板适配 224Gbps 单通道速率，搭配 mSAP 工艺将线宽 / 线距缩至 15-25 $\mu$ m，精度对标 IC 封装基板，支撑 78 层正交背板量产，设备与良率门槛显著提升。英伟达 CoWoP 技术打破 PCB 与封装基板边界，让 PCB 直接承担芯片级封装功能，优化信号路径、热管理与电源完整性，大幅降低插入损耗与热阻，提升供电稳定性。该技术对 PCB 热膨胀系数、平整度提出半导体级要求，全球仅少数头部厂商具备量产能力。PCB 行业从劳动密集型转向资本与技术密集型，头部企业凭借 mSAP、CoWoP 核心工艺与高端产能卡位，构筑技术护城河，行业集中度持续提升，率先突破技术瓶颈的厂商将独享量价齐升与份额集中的双重红利。

### 相关标的

- 1) PCB 板厂：胜宏科技、东山精密、鹏鼎控股、景旺电子、沪电股份、广合科技、生益科技、世运电路。
- 2) PCB 钻针：中钨高新、欧科亿、鼎泰高科、新锐股份、杰美特。
- 3) 覆铜板及电子布：生益科技、南亚新材、中国巨石、中材科技、宏和科技、国际复材、菲利华、莱特光电。
- 4) 其他海外算力：中际旭创、工业富联、江海股份、东阳光、天孚通信、天岳先进、新易盛、兆易创新、大普微、源杰科技、英维克、唯科科技、领益智造等；英特尔、SK 海力士、Lumentum、闪迪、铠侠、美光、中微公司、北方华创、拓荆科技、长川科技。

### 风险提示

- AI 服务器出货及 PCB 升级不及预期的风险；正交背板、CoWoP 及 M10 材料等新工艺/新材料商业化进度不及预期的风险；原材料供应紧张及价格波动的风险；行业扩产节奏过快导致竞争加剧与价格战的风险；大客户订单波动及客户集中度过高的风险。



## 内容目录

一、PCB 价值量斜率领跑 AI 硬件，层数材料品类迭代驱动升级 .....	3
1.1 PCB 价值量斜率陡峭领涨非内存品类，技术升级驱动其向高带宽传输枢纽跃迁.....	3
1.2 层数材料品类三线迭代叠加，PCB 价值量斜率持续陡峭化 .....	4
二、正交背板与配套模组板用量激增，覆铜板材料升级驱动 PCB 价值量陡升 .....	5
2.1 正交背板成为机架级核心互联载体，工艺与材料迭代驱动 PCB 价值量斜率持续陡峭 .....	5
2.2 Midplane、CPX 与模组板持续新增，单机柜用量加速扩张。 .....	6
2.3 覆铜板材料由 M9 向 M10 迭代，代际升级推动斜率逐代抬升 .....	7
三、M9 与 mSAP 耦合推动 PCB 半导体化，CoWoP 驱动壁垒向头部集中 .....	7
3.1 M9 材料与 mSAP 工艺耦合，PCB 工艺精度对标 IC 封装基板 .....	7
3.2 CoWoP 推动 PCB 承担芯片级封装功能，工艺壁垒抬升使斜率红利向头部集中.....	8
四、相关标的.....	10
五、风险提示.....	10

## 图表目录

图表 1: VR200 NVL72 机柜整体 BOM 较 GB300 提升约 95% 至 780.3 万美金, Memory 与 PCB 价值量领涨.....	3
图表 2: VR200 机柜新增多类 PCB 板, 各品类 ASP 与用量双升, 带动 PCB 价值量暴涨 233% .....	4
图表 3: 从 M7 到 M9, CCL 材料性能与层数大幅升级, 成本与工艺壁垒也同步飙升 .....	5
图表 4: 英伟达 Rubin Ultra 平台的核心板卡, 高规格 PCB 承载着算力互联的关键角色 .....	5
图表 5: VR200 NVL72 系统复杂度较 GB300 大幅抬升, 直接推升 Compute Blade 及配套模组用量 .....	6
图表 6: 对比不同代际 MEGTRON 覆铜板的信号损耗, MEGTRON9 在高频下表现最优 .....	8
图表 7: mSAP 在精度与材料利用率上优势显著, 适配高端 AI 服务器需求 .....	8
图表 8: CoWoP 架构下 PCB 将直接承担封装基板功能 .....	9
图表 9: CoWoP 较 CoWoS、Flip Chip 在散热、信号路径等方面优势显著, 更适配 AI/HPC 等高算力场景..	9



## 一、PCB 价值量斜率领跑 AI 硬件，层数材料品类逐代驱动升级

### 1.1 PCB 价值量斜率陡峭领涨非内存品类，技术升级驱动其向高带宽传输枢纽跃迁

判断 AI 硬件某一环节在价值量重估中的地位，关键不在于其当下的绝对金额，而在于其跨代际的价值量斜率。从这一维度审视，PCB 是斜率最陡峭的环节之一。英伟达下一代 AI 平台 Vera Rubin (VR200) NVL72 机柜 (代号 Oberon) 已进入生产爬坡阶段，官方确认将于 2026 年第三季度首批出货、第四季度规模量产。从 OEM 厂商整柜采购成本 (BOM) 拆分视角看，VR200 NVL72 机柜整体 BOM 达 780.3 万美金，相较 GB300 NVL72 机柜的 399.5 万美金提升约 95%，价值量近乎翻倍；与此同时，GPU 成本占比从 GB300 的约 65% 下降至 VR200 的约 51%，意味着增量价值正系统性向上游零部件扩散。

从各品类涨幅排序看，Memory 以同比+435%领涨，主要受 HBM4 与 LPDDR5X 供应紧张及单机容量跃升驱动；PCB 以同比+233%紧随其后，成为非内存品类涨幅第一，显著高于 GPU 本体 (+57%)、ABF 载板 (+82%) 等关键品类。据摩根士丹利供应链调研，VR200 单机柜 PCB 内容价值量从 GB300 的约 3.51 万美元跃升至约 11.67 万美元，增量不仅源于计算板层数升级 (从 22 层 HDI 升至 26 层)、CCL 材料等级抬升 (从 M7 升至 M8)、交换机托盘 PCB 层数提升 (从 24 层升至 32 层)，更包括新增的 44 层 Midplane PCB 及 ConnectX、BlueField 模组配套板。其中，ConnectX 模组 PCB (每机架 72 块，单价约 270 美元) 与 Midplane PCB (每机架 18 块，单价约 1500 美元) 两项新增模组即合计贡献约 4.64 万美元增量。

**图表1: VR200 NVL72 机柜整体 BOM 较 GB300 提升约 95% 至 780.3 万美金，Memory 与 PCB 价值量领涨**

Nvidia NVL72 Bill of Materials	GB300	VR200	Diff.
GPU	\$2,520,000	\$3,960,000	57%
CPU	\$180,000	\$180,000	0%
NVLink Switch chip	\$64,800	\$144,000	122%
Other networking chips	\$261,000	\$576,000	121%
Memory	\$373,939	\$2,001,600	435%
Cooling	\$64,610	\$72,080	12%
Power supply	\$57,600	\$76,000	32%
PCB	\$35,100	\$116,730	233%
ABF Substrate	\$11,160	\$20,340	82%
MLCC	\$1,530	\$4,320	182%
Others	\$402,412	\$623,278	55%
Rack assembly value add	\$22,400	\$28,800	29%
<b>Total</b>	<b>\$3,994,551</b>	<b>\$7,803,148</b>	<b>95%</b>

来源: wccftch, 国金证券研究所

PCB 作为承载高速信号互联、热管理与结构集成的核心载体，其价值弹性在 Rubin 世代被显著放大，角色正从传统的“电力/信号支撑载体”转变为“高带宽信号传输核心枢纽”。这一技术升级由 VR200 机架极端高带宽数据交互需求所驱动——整个机架的算力协同本质上依靠 PCB 层实现高带宽信号的极低损耗传输。展望未来，下一代 Rubin Ultra 将以正交背板替代铜缆，采用 M9 材料将 3 块 26 层板合成为 78 层板。每一代平台都在把材料等级往上推一个台阶，而每一个台阶都意味着更高的制造难度和更窄的供应商范围。



图表2: VR200 机柜新增多类 PCB 板, 各品类 ASP 与用量双升, 带动 PCB 价值量暴涨 233%

PCB ASP per board (US\$)	GB300	VR200
Compute PCB	\$650	\$1,400
Switch PCB	\$800	\$1,450
Midplane PCB	\$0	\$1,500
BlueField PCB	\$0	\$255
ConnectX PCB	\$0	\$270
Other peripheral PCB	\$50	\$50
PCB Units per rack	GB300	VR200
Compute PCB	36x	36x
Switch PCB	9x	9x
Midplane PCB	0x	18x
BlueField PCB	18x	18x
ConnectX PCB	0x	72x
Other peripheral PCB	90x	45x
Total PCB Content per rack	GB300	VR200
Compute PCB	\$23,400	\$50,400
Switch PCB	\$7,200	\$13,050
Midplane PCB	\$0	\$27,000
BlueField PCB	\$0	\$4,590
ConnectX PCB	\$0	\$19,440
Other peripheral PCB	\$4,500	\$2,250
<b>Total PCB Content per rack</b>	<b>\$35,100</b>	<b>\$116,730</b>

来源: 新浪财经, 国金证券研究所

## 1.2 层数材料品类三线逐代叠加, PCB 价值量斜率持续陡峭化

VR200 机柜 PCB 价值量同比 233% 的跃升, 仅是这条斜率曲线的起点。若将视角从单一代际拉长至 Rubin Ultra 乃至 Feynman 平台, PCB 的价值量曲线并未走平, 反而因层数、材料与品类的逐代升级而持续陡峭化。据捷配等产业平台信息, 当前 AI 服务器 PCB 层数最高已达 78 层, 采用 M9 级覆铜板与 HVLP4 铜箔, 工艺难度直接对标半导体封装; 而面向 Rubin Ultra 与 Feynman 平台的下一代材料 M10 已进入测试阶段, 正交背板等高多层板有望向更高层数演进。

PCB 价值量斜率的持续抬升, 源于层数、材料与品类三条主线的逐代叠加。其一, 层数逐级跃迁: 从传统服务器的 10 层左右, 到 GB300 时代常见的 20-30 层, 再到 VR200 时代的 44 层 Midplane、Rubin Ultra 正交背板的 78 层, 工艺复杂度呈指数级上升。其二, 材料代际切换: 覆铜板由 M7/M8 向 M9 升级, 配合 HVLP4/5 超低轮廓铜箔与石英布导入, 单板材料成本中枢逐代抬升; 下一代 M10 材料 (含氟碳氢树脂或 PTFE 复合体系) 面向 448Gbps 以上超高速传输, 预计 2027 年下半年量产, 在高频下信号衰减仅传统材料的十分之一。其三, 品类持续扩张: Midplane 中板、CPX 板、正交背板、800V 高压直流供电 PCB 等新品类逐代新增, 单机柜 PCB 用量与面积同步扩张。



图表3: 从 M7 到 M9, CCL 材料性能与层数大幅升级, 成本与工艺壁垒也同步飙升

特性维度	M7CCL(参照)	M8CCL(进展)	M9CCL(重大飞跃)	升级带来的影响分析
关键性能指标	基础水平	Df和CTE较M7优化约10-15%	Df较M8再降约15%, CTE优化约20%	显著降低高速信号损耗, 提升在高温多层的AI服务器PCB中的稳定性。
核心材料组合	标准电子布、HVL P3铜箔	二代布、HVL P4铜箔	石英布(Q布)、HVL P4/5铜箔、特种树脂	Q布和HVL P4/5铜箔供应紧缺, 成为产业链瓶颈和关键壁垒。
单张覆铜板价格(ASP)	约100-110美元	约160-180美元	超过400美元	M9材料价格约为M7的4倍, 显著提升单板价值和产业链空间。
典型PCB层数	约20-30层	30-40层	44层至78层以上 (如Rubin Ultra的正交背板)	层数大幅增加, 推动PCB制造走向高精度和复杂度, 单板价值量跃升。
对钻针的消耗	单针可钻约1000孔	单针寿命降至约800孔	单针寿命骤降至100-200次	因M9材料硬度高, 钻针磨损加剧, 需求量为传统材料的5-8倍, 并且钻针需要加长升级, 带来单价提升。

来源: 电子工程专辑, 国金证券研究所

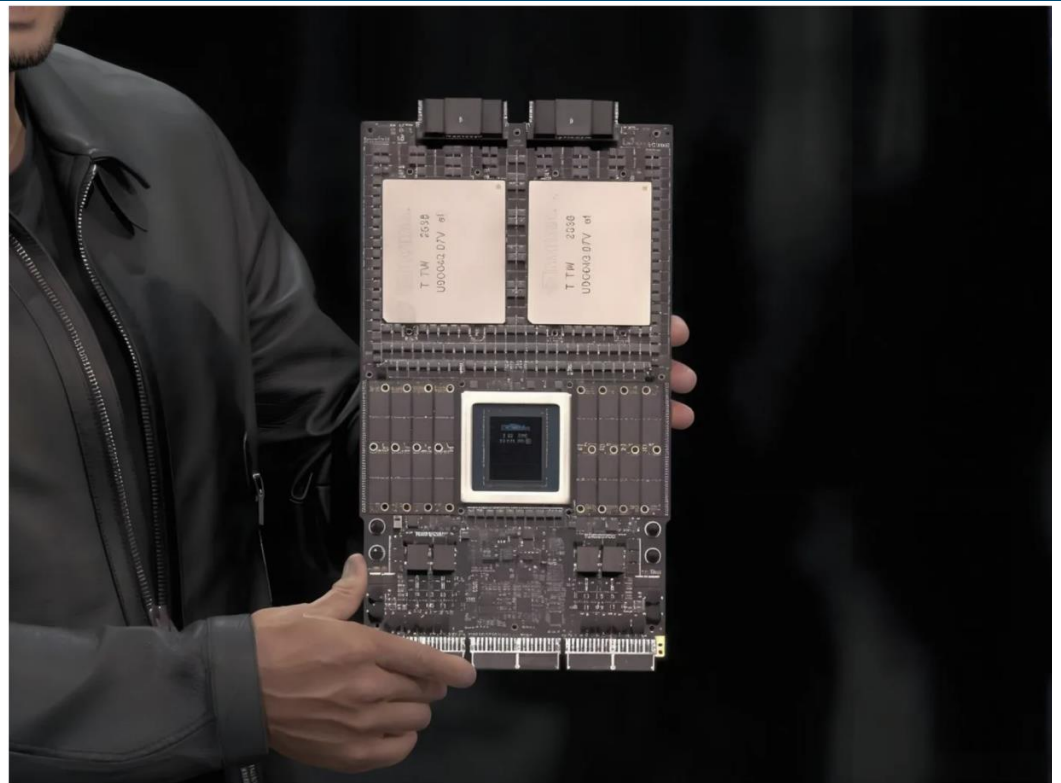
三条主线相互叠加, 使 PCB 成为 AI 硬件价值量曲线中斜率持续变陡、确定性最强的环节。从 M7 到 M9 再到 M10, CCL 材料性能与层数迭代升级, 成本与工艺壁垒同步飙升, PCB 正从传统的电力与信号支撑载体, 蜕变为承载高速互联、热管理与结构集成的核心枢纽, 当之无愧的“斜率之王”。

## 二、正交背板与配套模组板用量激增, 覆铜板材料升级驱动 PCB 价值量陡升

### 2.1 正交背板成为机架级核心互联载体, 工艺与材料迭代驱动 PCB 价值量斜率持续陡峭

随着 AI 算力竞争从单卡算力转向全系统互联带宽, PCB 在 AI 硬件中的角色正经历从“承载平台”到“核心互联介质”的关键跃迁。在这一进程中, 机柜级正交背板(Orthogonal Backplane)成为价值量抬升最陡峭的单品。英伟达在 GTC 2025 发布的 Rubin Ultra NVL576 平台(代号 Kyber)采用一块面积约 1 平方米、78 层 M9 级正交背板, 替代超过 2 万根传统铜缆, 实现机柜内 576 颗 GPU 与 NVSwitch 的全互联通信, 标志着 PCB 首次从板级组件跃升为机架级核心互联载体。

图表4: 英伟达 Rubin Ultra 平台的核心板卡, 高规格 PCB 承载着算力互联的关键角色



来源: UGPCB 技术博客, 国金证券研究所



正交背板的物理规格直接构筑了极高的工艺壁垒与价值量天花板。Rubin Ultra 采用的 M9 级高速层压板要求超低介电常数 ( $Dk \leq 3.0$ ) 与耗散因子 ( $Df \ll 0.0007$ )，并严格将热膨胀系数 (CTE) 控制在  $\leq 7 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，材料门槛极高。在制造端，1-2 cm 的板厚与超过 0.2 mm 的孔径形成 100:1 以上的极端长径比，通孔电镀均匀性极难控制，必须依赖脉冲电镀等先进工艺；同时，为保证高频信号完整性，需通过精密背钻去除多余孔铜，背钻深度公差需控制在  $\pm 50 \mu\text{m}$  以内。此外，78 层板要求阻抗公差需压缩至  $\pm 5\%$ ，并需应对高频下的表皮效应与密集走线串扰，工艺难度已直接对标半导体封装水平。

然而，M9 级材料体系在层数持续向上突破的过程中正面临严峻挑战。当前 M9 覆铜板搭配石英纤维 (Q-布) 的方案虽带来卓越的电气性能，但石英织物硬度极高，在钻孔过程中大幅缩短钻头寿命，迫使制造商采用昂贵的金刚石涂层钻头或激光烧蚀系统，显著抬升生产成本；同时，部分区域采用 PTFE (特氟龙) 以进一步优化信号路径，却引入了接近 30 倍的 CTE 热膨胀不匹配，需依赖专用粘结界膜与精确工艺控制以防止分层或变形。据供应链调研，该材料组合在面对 70-80 层甚至 100 层以上的超高多层板时，已暴露出信号衰减与高多层加工量产良率的明显短板，且层压芯较低的导热率 (约  $25 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ) 对 GPU 等高功耗元件的散热构成额外挑战，材料迭代已势在必行。

这一瓶颈为下一代材料创造了明确的替代空间与价值重估契机。英伟达已启动 M10 含氟碳氢树脂、改性 PTFE 等新材料的密集测试，预计 2026 年三季度 Rubin Ultra 正交背板方案定案；若 M10 中标，将锁定长期份额并开启新一轮放量。从产业演进看，正交背板不仅正向百层级演进，材料体系也在从 M9 向 M10 及改性碳氢化合物等方向持续迭代，同时封装与 PCB 技术的融合 (如嵌入式元件、SLP) 进一步模糊了板级制造与半导体封装的边界。由于石英织物等专用材料限制全球供应，制造能力高度集中于少数领先厂商，正交背板已成为高利润细分赛道；这意味着“价”的一端将随层数与材料代际同步抬升，PCB 价值量斜率有望持续陡升。

## 2.2 Midplane、CPX 与模组板持续新增，单机柜用量加速扩张。

在单板价值跃升的同时，AI 服务器机柜内 PCB 品类的扩张构成了价值量增长的另一条核心主线。VR200 NVL72 机柜集成 72 颗 Rubin GPU、36 颗 Vera CPU，并配套 NVLink 6、ConnectX-9 SuperNIC 与 BlueField-4 DPU，系统复杂度较 GB300 大幅抬升，直接推升 Compute Blade 及配套模组用量。更为关键的是，VR200 计算托盘首次引入 44 层高多层 Midplane 中板设计，采用 22+22 双层叠加结构与 M8/M9 级高阶材料，以“无缆替代传统机柜内线缆连接”模式，将计算托盘组装时间从近 2 小时压缩至 5 分钟；这一设计并非简单的结构优化，而是让 PCB 同时承担高速信号互联与机械支撑双重功能，标志着 PCB 从板级组件向机架级核心互联载体的角色跃迁。

图表5: VR200 NVL72 系统复杂度较 GB300 大幅抬升，直接推升 Compute Blade 及配套模组用量

Specification	GB300 NVL72 (Blackwell Ultra)	VR NVL72 (Vera Rubin)
GPU Count	72 Blackwell Ultra GPUs	72 Rubin GPUs
CPU Count	36 Grace CPUs	36 Vera CPUs
CPU Cores	72 ARM cores per CPU	88 Olympus ARM cores per CPU
FP4 Inference Performance	1.44 ExaFLOPS	3.6 ExaFLOPS
NVFP4 per GPU (Inference)	20 PFLOPS	50 PFLOPS
NVFP4 per GPU (Training)	10 PFLOPS	35 PFLOPS
GPU Memory Type	HBM3e	HBM4
GPU Memory Bandwidth	~8 TB/s	~22 TB/s
NVLink Generation	NVLink 5	NVLink 6
NVLink Bandwidth (per GPU)	1.8 TB/s	3.6 TB/s
Rack-Scale NVLink Bandwidth	130 TB/s	260 TB/s
Scale-Out NIC	ConnectX-8 (800 Gb/s)	ConnectX-9 (1.6 TB/s)
CPU-GPU Interconnect	NVLink-C2C (900 GB/s)	NVLink-C2C (1.8 TB/s)

来源: StorageReview, 国金证券研究所

据台湾电路板协会 (TPCA) 及产业链调研，VR200 时代 M9 级 CCL 与 HVLP4 铜箔已全面渗透至 Compute Blade 与 Switch Tray 核心 PCB，设计呈现多重创新：计算板层数从 GB300 的 22 层五阶 HDI 升级至 26 层，交换机托盘 PCB 从 24 层提升至 32 层；同时新增多块 22 层五阶 HDI 的 CPX 板 (采用 M9 材料+HVLP4 铜箔+石英布)、44 层 Midplane 正交背板，以及



高阶 HDI 主板与通孔 NVSwitch 板。

综合而言，PCB 价值量在 VR200 世代的暴涨并非单一因素驱动，而是“价升”与“量增”共振的结果。一方面，层数向 44 层乃至 78 层以上跃迁、M9 级材料与 HVL4/5 铜箔导入、石英布与特种树脂的应用，使单板工艺难度与均价倍数级抬升——M9 材料硬度导致钻针寿命从 1000 孔骤降至 100–200 孔，耗材需求量增至传统工艺的 5–8 倍，进一步夯实高价体系；另一方面，Midplane 中板新增、CPX 板扩张与 ConnectX/BlueField 配套模组板增加三重驱动下，单机柜 PCB 品类与用量持续扩张。层数跃迁带来的单价抬升叠加新品类扩张带来的用量增长，量价并行支撑 PCB 价值量斜率在 VR200 高基数上延续陡峭上行。

### 2.3 覆铜板材料由 M9 向 M10 迭代，代际升级推动斜率逐代抬升

PCB 价值量曲线逐代变陡的另一关键支撑，来自覆铜板（CCL）材料的代际迭代。据华尔街见闻等媒体报道，英伟达已就下一代覆铜板材料 M10 启动测试，目标应用涵盖 Rubin Ultra 及 Feynman 平台的正交背板与交换刀片主板；若测试顺利，M10 对应的 CCL 与成品 PCB 有望于 2027 年下半年进入量产阶段，该时点与英伟达新平台的上市节奏高度吻合。更值得关注的是，M10 的导入正重塑上游供应链格局——上一代 M9 材料主要由台光电单一厂商完成认证，而 M10 测试阶段已扩展至三家 CCL 供应商，新增中国大陆厂商，供应链趋于多元化，议价能力与供应韧性有望同步改善。

从材料演进的内在逻辑看，M10 是对 M9 在高速率、高层数场景下短板的直接回应。M9 搭配石英布（Q-布）的方案在面向 70–80 层甚至百层级超高多层板加工时，已暴露出信号抗衰减能力与终端标准存在约 5%–10% 的差距，且高多层加工量产良率难以匹配实际需求；同时，石英织物硬度极高导致钻针寿命大幅缩短，叠加 PTFE 局部应用带来的近 30 倍 CTE 热膨胀不匹配，进一步抬升工艺难度与生产成本。在此背景下，M10 及改性 PTFE 等新方案凭借更低的介电损耗与更优的热稳定性实现电性能突破，成为面向 Rubin Ultra 与 Feynman 正交背板的核心备选路径，材料代际切换已具备明确的产业必要性。

材料性能与层数要求的同步升级，使 PCB 价值量的提升并非一次性脉冲，而是逐代抬升的斜坡——这正是 PCB 被誉为 AI 硬件“斜率之王”的核心内涵。从 M7/M8 到 M9，再到面向百层级板的 M10 及 PTFE 复合体系，每一代材料迭代均对应着层数跃迁与工艺壁垒的指数级上升，推动单板价值量与单机柜用量共振上行。随着英伟达 2026 年三季度 Rubin Ultra 正交背板方案定案、2027 年下半年 M10 量产落地，PCB 环节将开启新一轮量价齐升周期，其价值量斜率有望在高基数上延续陡峭化趋势。

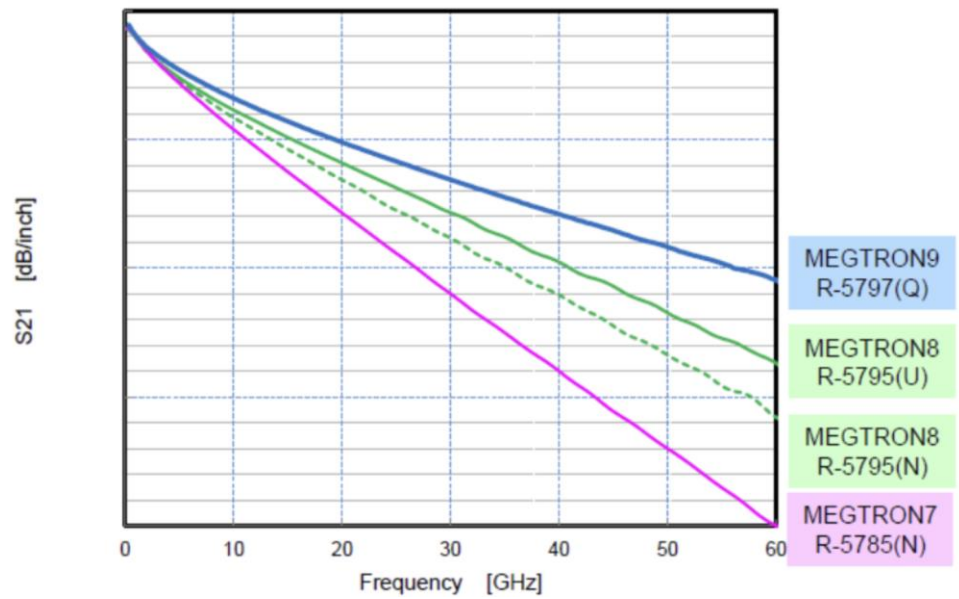
## 三、M9 与 mSAP 耦合推动 PCB 半导体化，CoWoP 驱动壁垒向头部集中

### 3.1 M9 材料与 mSAP 工艺耦合，PCB 工艺精度对标 IC 封装基板

支撑这条陡峭价值量斜率的底层逻辑，在于 PCB 工艺体系向半导体级的整体性跃迁。2025 年 1 月，松下产业电子材料正式发布 MEGTRON 9（M9）覆铜板体系，明确面向 224 Gbps 单通道速率设计。与此同时，改良型半加成法（mSAP）在半加成法基础上进行了三处关键改良以实现更高精度：其一，采用“PVD+化学镀铜”复合工艺制备超薄初始铜层，先以 PVD 形成 0.1–0.5 $\mu\text{m}$  金属薄膜，再叠加化学镀铜至 1–2 $\mu\text{m}$ ，初始铜层均匀性较纯化学镀铜提升 40%；其二，引入两次差分蚀刻替代传统一次性闪蚀，第一次蚀刻去除大部分多余种子层，第二次以低浓度蚀刻液精细修正线路边缘，使线路边缘粗糙度（Ra）控制在 1 $\mu\text{m}$  以下，线宽偏差缩小至  $\pm 1\mu\text{m}$ ；其三，以深紫外光刻（DUV）替代传统紫外光刻，曝光分辨率从 30 $\mu\text{m}$  提升至 10 $\mu\text{m}$ ，并搭配高精度显影设备解决细线路显影残留问题。通过上述改良，mSAP 将线宽/线距缩减至 15–25 $\mu\text{m}$  量级，侧壁倾角严格管控在 88°–92°理想区间，精度已直接对标类载板及 IC 封装基板的工艺门槛。



图表6: 对比不同代际 MEGTRON 覆铜板的信号损耗, MEGTRON9 在高频下表现最优



来源: 松下产业电子材料官方技术页面, 国金证券研究所

M9 材料体系与 mSAP 工艺的深层耦合, 正在 AI 服务器机柜内催生前所未有的高密度互联需求。英伟达 Rubin Ultra 平台采用的 78 层正交背板及 24- 32 层高阶计算/交换板, 已远超传统 PCB 物理极限: 一方面必须依托 M9 级覆铜板实现 224 Gbps 信号完整性, 另一方面需借助 mSAP 的 15- 25  $\mu\text{m}$  精细线路能力, 在有限板面积内完成数万条差分走线的精密排布。mSAP 工艺采用“PVD+化学镀铜”复合金属化方案, 使铜层抗拉强度达到 350 MPa 以上, 耐弯折次数较传统减成法提高 50%, 材料利用率超过 95%。正是 M9 与 mSAP 的深度协同, 使得 78 层正交背板得以突破量产瓶颈。

图表7: mSAP 在精度与材料利用率上优势显著, 适配高端 AI 服务器需求

工艺类型	核心逻辑	线宽 / 线距能力	铜层均匀性	材料利用率	适用场景
减成法	基板覆铜→蚀刻去除多余铜	$\geq 50\mu\text{m}$	较差 ( $\pm 10\%$ )	低 (50%-60%)	普通消费电子 PCB、玩具 PCB
半减成法	薄铜基板→电镀加厚→蚀刻	30-50 $\mu\text{m}$	一般 ( $\pm 8\%$ )	中 (70%-80%)	中端 HDI 板、路由器 PCB
半加成法 (SAP)	无铜基板→化学镀 + 电镀	30-40 $\mu\text{m}$	良好 ( $\pm 5\%$ )	高 (90%-95%)	高端 HDI 板、服务器 PCB
改良半加成法 (mSAP)	超薄种子层→差分蚀刻	15-25 $\mu\text{m}$	优秀 ( $\pm 3\%$ )	高 (95% 以上)	类载板、5G 模块、汽车高端 PCB

来源: IPCB, 国金证券研究所

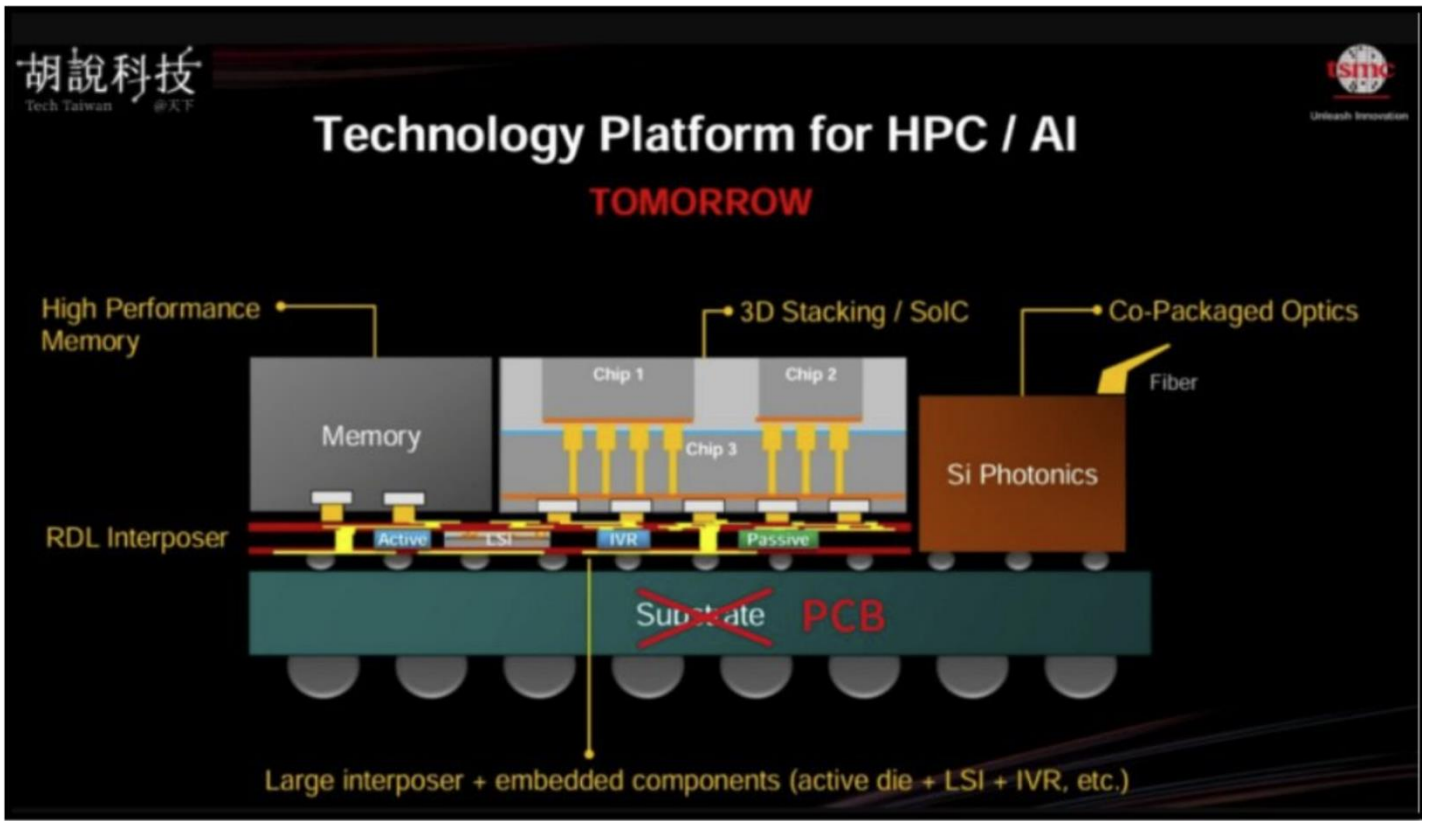
工艺精度的半导体化同时重构了产业竞争壁垒与价值分配格局。mSAP 需采用深紫外光刻设备、脉冲电镀系统及高洁净度生产环境, 其设备投资强度、良率控制难度与认证周期已与传统 PCB 制造形成显著代际差。在 CoWoP (Chip-on-Wafer-on-PCB) 技术推动下, PCB 被要求具备与硅片相匹配的极低热膨胀系数、超高平整度及介电特性, 角色正从系统互联载体向芯片最后一层封装载体跃迁。能够满足上述苛刻能力的 PCB 头部厂商, 有望承接原属于封装基板环节的价值增量, 在品类扩张与工艺溢价的双重驱动下打开全新成长空间。

### 3.2 CoWoP 推动 PCB 承担芯片级封装功能, 工艺壁垒抬升使斜率红利向头部集中

随着 AI 算力竞争从单芯片性能转向机柜级系统架构, 先进封装技术正推动 PCB 从传统的“承载平台”向“芯片级封装载体”跃迁。英伟达主导的 Chip-on-Wafer-on-PCB (CoWoP) 技术通过将硅中介层与 GPU/HBM 等核心芯片直接集成于强化型 PCB 之上, 省略传统 CoWoS 方案中的 ABF/BT 封装基板环节, 使 PCB 直接承担先进封装的基板功能。CoWoP 将使 PCB 成为芯片封装的“最后一层”, 标志着 PCB 角色从系统互联载体向芯片封装底座的根本性转变。



图表8: CoWoP 架构下 PCB 将直接承担封装基板功能



来源: globalsmt, 国金证券研究所

CoWoP 相对 CoWoS 在信号完整性、热管理与电源传输三大维度实现了可量化的系统性突破。在信号层面，56 GHz 下插入损耗由传统 CoWoS 的 -3 dB 优化至 -1.8 dB，相邻线间串扰控制在 -50 dB@28 GHz 以内，高频信号衰减与噪声耦合显著改善；在热管理层面，整体热阻由 0.15 °C/W 降至 0.09 °C/W，降幅达 40%，并通过在 PCB 背面集成微通道散热器、将热通孔密度提升至 5,000 个/cm<sup>2</sup>，配合直接液冷（Direct-to-Chip）方案，实现了对高功耗 GPU/HBM 芯片的精准散热；在电源传输层面，传统方案的 IR Drop 从大于 50 mV 大幅压缩至小于 20 mV，关键在于将 01005 尺寸 MLCC 直接嵌入 PCB 内层，缩短了电源传输路径并显著降低了寄生电阻，从而为机柜级高算力密度下的供电稳定性提供了底层保障。

图表9: CoWoP 较 CoWoS、Flip Chip 在散热、信号路径等方面优势显著，更适配 AI/HPC 等高算力场景

参数	CoWoP	CoWoS	Flip Chip
互连层级	Chip-Interposer-PCB	Chip-Interposer-ABF-PCB	Chip-Substrate-PCB
线宽/间距	8/8 μm	2/2 μm (ABF)	15/15 μm
热阻	0.09 °C/W	0.15 °C/W	0.25 °C/W
成本结构	PCB 占 60%	ABF 占 45%	Substrate 占 30%
信号路径	最短（去 ABF 层）	中等	最长
成本	中（高密度 PCB 成本高）	高（ABF 基板贵）	低
散热	最优（裸片直触散热）	中等（需 TIM 材料）	较差（依赖基板散热）
适用场景	AI/HPC/高频通信	高端 GPU/FPGA	APU/CPU

来源: 上海仪腾电子, 国金证券研究所

然而，CoWoP 工艺对 PCB 的物理性能提出半导体级严苛要求，直接重构行业竞争壁垒。由于硅芯片与 PCB 直接键合，PCB 需具备极低热膨胀系数（CTE）、极高平整度以及与硅片匹配的介电特性，必须配合 M9 级覆铜板与 mSAP 等半导体级工艺。CoWoP 要求 PCB 实现 10 μm 级的线宽/线距能力，远高于当前类载板（SLP）20-35 μm 的普遍水平；同时需采用“PVD+化学镀铜”复合金属化方案，使铜层抗拉强度达到 350 MPa 以上。这种技术门槛与客户认证周期已直接对标先进制程环节，全球范围内仅有少数厂商具备量产能力。

在 CoWoP 技术驱动下，PCB 行业属性正由传统电子制造向技术密集型高端制造加速演进。



目前英伟达(NVIDIA)正低调推进 CoWoP(Chip-on-Wafer-on-PCB)技术验证,目前仅剩 3 家 PCB 厂商参与开发,分别为中国台湾地区的臻鼎、欣兴;以及深圳景旺,封测环节英伟达已确定合作方为日月光投控旗下矽品,供应链高度集中。随着 AI 芯片不断迈向工程极限,PCB 厂商既要保持大尺寸量产能力,又必须满足芯片级封装的精度与可靠性要求,头部企业凭借 mSAP、CoWoP 等核心工艺与高端产能卡位,构筑起技术与规模护城河。全球具备高多层与半导体级工艺量产能力的厂商高度集中,份额向头部集中、单价与毛利率双升的逻辑将持续强化,率先突破技术瓶颈的头部厂商将享受量价齐升与份额集中的双重红利。

#### 四、相关标的

- 1) PCB 板厂: 胜宏科技、东山精密、鹏鼎控股、景旺电子、沪电股份、广合科技、生益科技、世运电路。
- 2) PCB 钻针: 中钨高新、欧科亿、鼎泰高科、新锐股份、杰美特。
- 3) 覆铜板及电子布: 生益科技、南亚新材、中国巨石、中材科技、宏和科技、国际复材、菲利华、莱特光电。
- 4) 其他海外算力: 中际旭创、工业富联、江海股份、东阳光、天孚通信、天岳先进、新易盛、兆易创新、大瀚能源科技、英维克、唯科科技、领益智造等; 英特尔、SK 海力士、Lumentum、闪迪、铠侠、美光、中微公司、北方华创、拓荆科技、长川科技。

#### 五、风险提示

##### ■ AI 服务器出货及 PCB 升级不及预期的风险

目前产业核心驱动力来自英伟达 Rubin/Rubin Ultra/Feynman 及谷歌、AMD、Meta 等 ASIC 芯片对高阶 AI PCB 的需求。若 AI 服务器量产节奏放缓、算力资本开支削减,或 PCB 层数/孔径升级速度不及预期,将直接影响 AI PCB 行业的“量价齐升”逻辑,进而压制 PCB 价值量斜率。

##### ■ 正交背板、CoWoP 及 M10 材料等新工艺/新材料商业化进度不及预期的风险

正交背板向百层级演进的高多层加工良率仍处于爬坡阶段,CoWoP 工艺量产时间表存在不确定性,下一代 M10 覆铜板预计 2027 年下半年量产、仍处测试验证阶段。若关键技术节点推迟,将影响相关厂商的业绩兑现节奏与价值量斜率的延续性。

##### ■ 原材料供应紧张及价格波动的风险

HVLP4 铜箔、M9 树脂、石英布及高多层板加工设备的关键原材料和设备仍处于紧缺状态。若上游紧缺幅度超预期或价格大幅上涨,将挤压 PCB 厂商毛利率;反之若供需缓和过快,则可能引发价格回调。

##### ■ 行业扩产节奏过快导致竞争加剧与价格战的风险

若下游 AI 服务器 PCB 需求增速不及产能释放节奏,中低端 PCB 市场可能出现价格战,行业整体毛利率承压。当前各家厂商高端 PCB 扩产资本开支规模较大,扩产兑现期需密切跟踪。

##### ■ 大客户订单波动及客户集中度过高的风险

头部 AI PCB 厂商对英伟达等少数核心客户依赖度较高,若大客户技术路线变更、订单转移或自身产能调整,将直接影响相关厂商订单兑现节奏。



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。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、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