方正证券
FOUNDER SECURITIES
正 在 你 身 边

证券研究报告 | 机械设备 | 2026年07月18日

机械团队·行业专题报告

关注光模块及CoWoP中mSAP工艺的应用及设备投资机会

分析师 | 赵璐 登记编号：S1220524010001

随着集成电路封装向着高密度、高精度方向发展，封装基板、PCB的线路越来越精细化，例如在光模块PCB、CoWoP封装工艺中，尤其在CoWoP工艺中，PCB要承担部分载板的功能，在线宽线距≤40μm的情况下，传统高多层、HDI加工工艺使用的减成法难以满足要求，而作为精细线路制作的主流工艺之一的改良型半加成工艺应用也越来越广泛。

核心逻辑：“薄铜层+图形电镀+差分蚀刻工艺+光刻工艺升级”。相比减成法全板镀铜，mSAP采用加成法，图形电镀方式，更节省材料且铜层均匀性更好，且在蚀刻阶段，mSAP工艺由于拥有更薄的起始铜层，并采用的差分蚀刻，其侧蚀量远小于减成法工艺。

用途：1）光模块PCB：1.6T光模块采用8×224Gbps PAM4通道设计，奈奎斯特频率高达56GHz，信号对插损、回波损耗、串扰及阻抗波动极度敏感，且OSFP-XD封装尺寸受限，需在有限空间内集成16-20层线路，最小线宽/线距需缩小至15μm/15μm，布线密度较800G提升50%-100%。传统减成法，主要适用于≥50μm线宽线距新路设计，蚀刻精度低、线路侧壁不规则，无法实现细线路和高阻抗稳定性。而mSAP通过超薄种子铜层、图形电镀、闪蚀等流程，可实现陡直的线路侧壁和±1-2μm的线宽公差，有效降低高频信号损耗，适配高密度互联需求。

2）CoWoP工艺：核心理念是中介层直接贴装于高端先进 PCB，信号传输路径最短。ABF或BT基板从堆叠结构中消失，为了实现这一点，PCB必须变得更像基板（载板）。这需要线宽/间距在15-20μm范围内的超高密度互连（Ultra-HDI）板，需要多次层压工艺，以及精心设计的材料来控制翘曲和热膨胀系数（CTE）。这与目前主流的服务器主板相比还有很大的提升空间，需要使用mSAP工艺。传统PCB以及HDI板的线宽和线距尺寸大于30/30μm，而IC载板的线宽和线距通常小至15/15μm。因此，将L/S达到小于30/30 μm的HDI板称为SLP。IC 载板与PCB的生产工艺技术是相同的，只是载板生产需要更高水平的设备，IC载板一般需要SAP/mSAP工艺，因此类载板（SLP）的生产也需要相比传统PCB更高端的设备。

对设备的要求：1）钻孔设备：需实现60-80μm的微孔加工和±3μm的孔位精度，避免钻孔碳化影响信号传输，超快激光钻孔有望受益；**2）激光直接成像（LDI）设备**：需实现±0.5μm的成像精度和±1.5μm的对位精度，确保细线路图形的精准呈现；**3）脉冲电镀设备**：需控制铜厚均匀性在±5%以内，保证线路分布均匀、无凹陷；**4）多层压合与对位**：多序压合与对位：分序压合+光学对位系统，层间对位精度≤25μm，控制翘曲<0.5%；**5）AOI/3D AOI检测设备**：需精准识别15μm线宽的缺陷，为工艺良率提供保障，全套精密设备的投入也提升了工艺门槛。另据iPCB，在其生产光模块PCB过程中，每序压合后进行X-ray空洞检测，激光钻孔后100% AOI检查，确保隐蔽缺陷零遗漏。

投资建议：建议关注**大族数控、芯碁微装、东威科技、洪田股份、三孚新科**。

风险提示：技术进展不及预期风险、下游需求不及预期风险、宏观经济波动风险、行业竞争加剧风险

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1 mSAP工艺的优势
1.1 减成法（Sustractive）、标准半加成法（SAP）、改良半加成法（mSAP）对比
1.2 SAP vs mSAP：更薄初始铜层 +图形电镀 + 差分蚀刻 + 光刻工艺升级
1.3 各类工艺参数对比
1.4 mSAP工艺的挑战

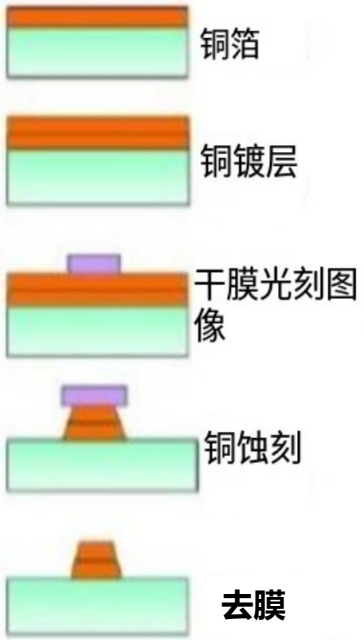
2 mSAP工艺的应用
2.1 mSAP的应用：1）1.6T光模块：最小线宽/线距缩小至15μm，mSAP成为必选项
2.2 SAP的应用：2）CoWoP封装：类载板SLP的应用，MSAP工艺成为必选项

3 MSAP工艺对设备的要求和相关标的

4 风险提示

1.1 减成法（Sustractive）、标准半加成法（SAP）、改良半加成法（mSAP）对比

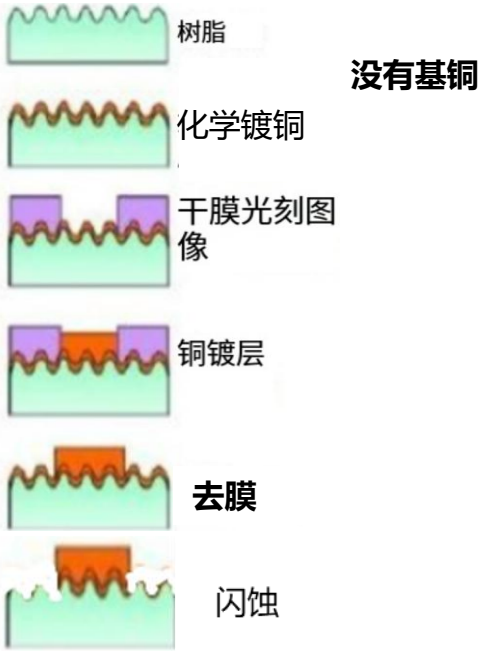
减成法（Sutractive）



传统减成法：衬底工艺PCB层压板覆盖一层铜箔，需要保留的线路覆盖一层涂层，通过**蚀刻去除暴露的铜箔+铜镀层，形成所需线路。**



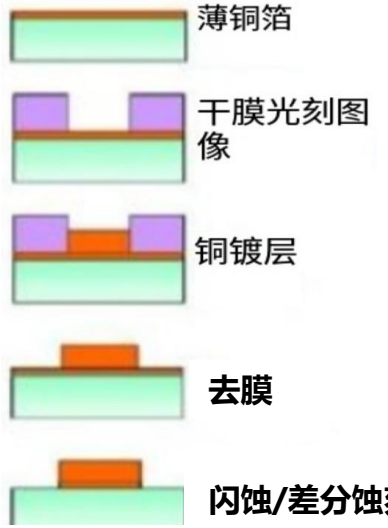
标准半加成法（SAP：Semi-Additive Process）



SAP（半加成法）-通过复印/印刷/激光启动的方式，直接在板上形成初步的铜电路，然后通过电镀或化学镀进行加厚，最后去除**非线路区域薄铜**，形成所需的电路。

技术定位：“**中高端 PCB 制造方案**”，适用于线宽 / 线距 **30-40μm** 的高密度互连（HDI）板，如**服务器 PCB、中高端智能手机中层板**等。

改良型半加成法（mSAP：Modified Semi-Additive Process）



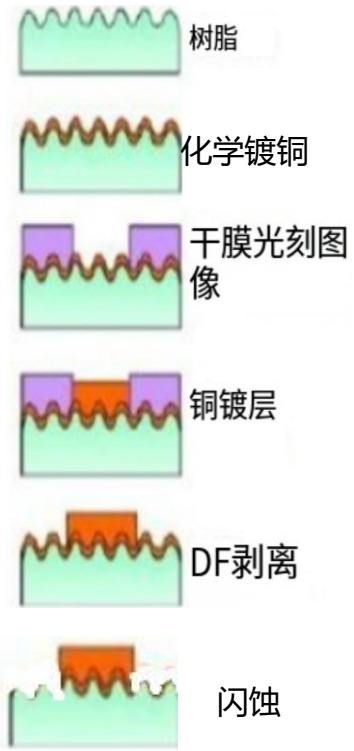
mSAP（改良半添加工艺）-首先在材料表面形成一层非常薄的铜层，用涂层覆盖不需要保留的线路，并暴露出所需的线路并通过电镀添加。 再去除涂层后，通过微蚀刻去除**未增厚的薄铜层**，最终形成所需的电路。可以实现**几乎垂直的布线设计特性**，还可以最大限度地提高电路组装密度。

核心是：1） “**初始铜层厚度缩减**” ：初始化学镀铜层厚度从 SAP 的 2-5μm 降至 1-2μm。2）引入 “**差分蚀刻**” 技术，大幅提升线路边缘精度。mSAP 的线宽 / 线距能力可达 **15-25μm**，是**类载板（SLP）、5G 毫米波模块**等高端产品的核心制造工艺。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.2 SAP vs mSAP：更薄初始铜层 +图形电镀 + 差分蚀刻 + 光刻工艺升级

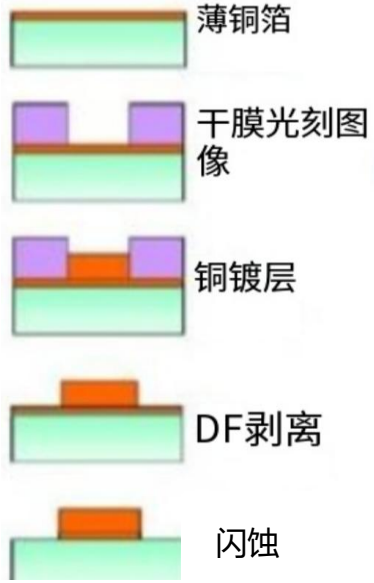
标准半加成法（SAP：Semi-Additive Process）



标准半加成法（SAP）		改良环节	改良型半加成法（mSAP）
基板预处理	选用玻璃纤维布基板（如 FR-4）或高频基板（如 PTFE），通过 **“脱脂→微蚀→粗化”** 处理，去除基板表面油污及杂质，**增加表面粗糙度**。此步骤需**控制微蚀深度（通常 50-100nm），确保后续化学镀铜层的附着力。**		
化学镀铜（种子层形成）	将预处理后的基板浸入**化学镀铜液**（主要成分：硫酸铜、甲醛、EDTA），在常温（25-30℃）下反应 15-20 分钟，形成 **2-5μm** 的均匀薄铜层。这层铜是后续电镀的“种子”，需保证无针孔、无漏镀。	**超薄初始铜层制备**	采用 **“物理气相沉积（PVD）+ 化学镀铜”** 复合工艺，先通过 **PVD 形成 0.1-0.5μm** 的金属薄膜，再叠加**化学镀铜至 1-2μm**，相比 SAP 的纯化学镀铜，初始铜层的均匀性提升 40%，为精细线路制造奠定基础。
光刻胶涂覆与显影	在化学镀铜层表面涂覆感光光刻胶（干膜或湿膜），通过紫外光曝光（曝光能量 80-120mJ/cm²），将线路图案转移至光刻胶层；再用显影液（如碳酸钠溶液）去除未曝光区域的光刻胶，露出需电镀加厚的线路区域。	**光刻工艺升级**	采用 **“深紫外光刻（DUV）”** 替代传统紫外光刻，曝光分辨率从 30μm 提升至 10μm，同时搭配高精度显影设备，解决细线路（≤20μm）的显影残留问题。
图形电镀（线路加厚）	将显影后的基板放入电镀槽（电镀液含硫酸铜、硫酸），以基板为阴极、纯铜为阳极，通以 1-2A/dm² 的电流密度，**电镀** 20-30 分钟，使露出的铜层厚度从 2-5μm **加厚至 15-30μm**（根据设计需求调整）。		
光刻胶剥离	用剥离液（如氢氧化钠溶液）去除线路表面残留的光刻胶，此时基板表面形成 “加厚线路 + 未加厚的种子层”两种结构。		
闪蚀（去除多余种子层）	采用**弱蚀刻液**（如过硫酸铵溶液）**轻微蚀刻**（蚀刻时间 30-60 秒），去除未被电镀线路保护的种子层（2-5μm），最终保留完整的加厚线路。此步骤需**严格控制蚀刻时间**，避免损伤目标线路。	**差分蚀刻技术**	传统 SAP 的闪蚀为 “一次性蚀刻”，而 mSAP 采用 **“两次差分蚀刻”**：第一次蚀刻去除大部分多余**种子层**，第二次用低浓度蚀刻液（如盐酸 + 双氧水）**精细修正线路边缘**，使线路边缘粗糙度（Ra）控制在 1μm 以下，线宽偏差缩小至 ±1μm。

对比维度	标准半加成法（SAP）	改良型半加成法（mSAP）
初始铜层厚度	**2-5μm**	**1-2μm**
线宽 / 线距能力	30-40μm	15-25μm
蚀刻方式	常规闪蚀	差分蚀刻（精细控制）
核心优势	成本适中、工艺成熟	超高精度、线路均匀性好
适用产品	中高端 HDI 板、服务器 PCB	类载板、5G 模块、汽车高端 PCB

改良型半加成法（mSAP：Modified Semi-Additive Process）



核心：需蚀刻的初始铜层更薄（1-2μm），减轻侧蚀，且分两次蚀刻

1.3 各类工艺参数对比

工艺类型	核心逻辑	线宽 / 线距能力	铜层均匀性	侧蚀影响	镀层厚度均匀性	树脂附着力	材料利用率	适用场景
减成法	基板覆铜→蚀刻去除多余铜	≥50μm	较差（±10%）	侧蚀量多	全板电镀，电镀均匀性好	附着力好	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	30-50μm	一般（±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	30-40μm	良好（±5%）	侧蚀量少	图形电镀中电流分布不均匀，导致图形均匀性下降	附着力差，需对树脂表面粗化处理及改进沉铜工艺	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	15-25μm	优秀（±3%）	侧蚀量少	图形电镀中电流分布不均匀，导致图形均匀性下降	附着力好	高（95% 以上）	类载板、5G 模块、汽车高端 PCB

半加成法能成为高端 PCB 制造主流工艺的核心优势：

1. 支持超精细线路制造，适配小型化需求：随着智能手机、可穿戴设备的 “微型化”，PCB 线路从 “毫米级” 向 “微米级” 跨越。mSAP 工艺可实现 15μm 线宽 / 15μm 线距（甚至更细），相比传统减成法（≥50μm），线路密度提升 3 倍以上，能在相同基板面积上集成更多元器件，满足设备小型化需求。

2. 铜层质量更高，提升 PCB 可靠性：半加成法的铜层形成过程为 “化学镀（均匀覆盖）+ 电镀（加厚）”，铜层晶粒更细小、结晶更致密，且无传统减成法 “蚀刻残留” 问题。测试数据显示，mSAP 工艺制造的 PCB 铜层抗拉强度可达 350MPa 以上，耐弯折次数（-40℃~125℃循环）比减成法产品提升 50%，适用于汽车电子、工业控制等对可靠性要求高的场景。

3. 适配高端基板材料，拓展应用边界：传统减成法对基板表面平整度要求高，难以适配高频基板（如 PTFE）、柔性基板（PI）等特殊材料。而半加成法的 “化学镀铜” 可在非导体表面均匀成膜，即使是表面粗糙度较高的高频基板，也能形成稳定的铜层。这一特性使其在 5G 通信（需高频基板）、柔性电子（需 PI 基板）领域具有不可替代的优势。

4. 材料利用率高，符合环保趋势：传统减成法需蚀刻掉 70% 以上的覆铜，不仅浪费铜资源，还产生大量蚀刻废液（含重金属离子）。半加成法仅需蚀刻 “种子层”（占总铜量的 10%-20%），铜资源利用率提升至 90% 以上，蚀刻废液排放量减少 60%，符合国家 “双碳” 政策及 PCB 行业绿色制造趋势。

资料来源：半加成法工艺研究，黄勇等，

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.4 mSAP工艺的挑战

然而，mSAP也并非完美。其挑战主要体现在以下几个方面：

1. **工艺控制难度大：**mSAP要求在铜沉积、图形形成和蚀刻步骤中实现极高的一致性，对生产设备、制程参数与材料稳定性要求极高。
2. **良率控制压力大：**线宽线距越小，工艺容错率越低。微小瑕疵都可能导致开路、短路或信号干扰，增加良率控制成本。
3. **成本偏高：**相比传统SAP工艺，mSAP在设备、材料与检测环节投入更大，目前多用于高端载板与高频高速应用，尚未大规模普及至中低端领域。

相较而言，SAP工艺因其稳定性较强、良率较高，目前在多数高端智能手机和消费类电子中仍是主力工艺。SAP更适合量产和成本敏感型产品；而mSAP则以其极限微细线路优势，在高端IC载板、AI芯片封装、服务器主板等领域展现出强劲潜力。

mSAP与SAP并不是非此即彼的关系，而是两种处于不同发展阶段、适应不同需求的先进制程。随着材料技术进步与制程设备精度提升，mSAP有望逐步降低成本、提升良率，迈向更广泛的产业应用。对于追求极致性能的电子产品来说，mSAP无疑代表了HDI发展的重要方向。

2 mSAP的应用：1）1.6T光模块：最小线宽/线距缩小至15μm，mSAP成为必选项

随着光模块速率从800G向1.6T跨越，信号传输带宽、线路密度、尺寸约束等核心指标迎来质的突破，传统PCB减成法工艺难以满足其严苛要求，改良半加成法（mSAP）成为1.6T光模块量产的核心工艺选择。

线宽/线距：1.6T光模块采用8×224Gbps PAM4通道设计，奈奎斯特频率高达56GHz，信号对插损、回波损耗、串扰及阻抗波动极度敏感，且OSFP-XD封装尺寸受限，需在有限空间内集成16-20层线路（单通道速率提升近一倍，**每通道配套均衡、FEC、时钟、模拟驱动、电源、监控引脚同步增多，总 I/O 引脚数量提升**），**线宽/线距需缩小至15μm/15μm**（尤其DSP焊球投影内层区域，布线通道狭窄，仅mSAP可实现15μm 扇出线路），**布线密度较800G提升50%-100%**。传统减成法，主要适用于≥50μm线宽线距新路设计，蚀刻精度低、线路侧壁不规则，无法实现细线路和高阻抗稳定性。而mSAP通过超薄种子铜层、图形电镀、闪蚀等流程，可实现陡直的线路侧壁和**±1-2μm的线宽公差**，有效降低高频信号损耗，适配高密度互联需求。

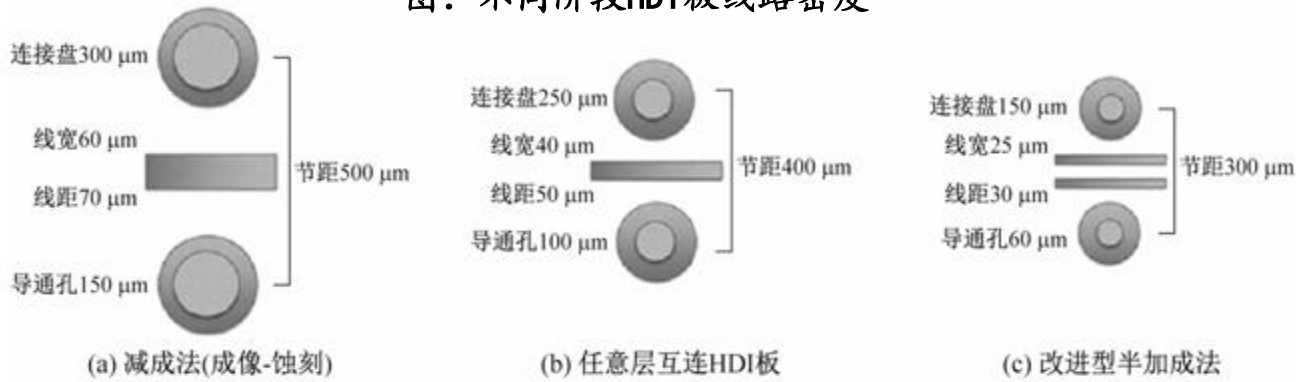
基材：1.6T光模块需采用**超薄超低轮廓铜箔**，厚度需控制在2μm以下，表面粗糙度Rz≤1.2-1.8μm，以此降低高频趋肤效应带来的信号损耗，且铜箔需具备高附着力、低针孔率和可剥离特性，目前国内此类铜箔仍高度依赖进口。同时，基材需选用**超低介电常数（Dk<3.5）、超低介质损耗（Df<0.003）的高速材料**，且需满足**高耐热（Tg>260℃）、低吸湿、低Z轴膨胀率**的要求，确保在高频传输和复杂环境下的性能稳定。

表：不同速率光模块对应PCB板线宽/线距

光模块速率	差分线宽 / 对内间距	等效 μm L/S	叠构
10G/25G	4/4mil	102/102μm	一阶HDI
100G QSFP28	4/4mil	102/102μm	一阶HDI
200G QSFP56	3/4mil	75/102μm	2阶HDI
400G QSFP-DD	2/3mil	51/76μm	4阶HDI
800G OSFP/QSFP-DD800	2/2mil	51/51μm	5阶HDI+MSAP
1.6T OSFP-XD	1.8/1.8mil	46/46μm	ELIC+MSAP

注：ELIC = Every Layer Interconnect，中文：任意层互连 PCB，行业统称 Any-layer HDI

图：不同阶段HDI板线路密度



PCB通过孔、连接盘和导线的型化来提高HDI板的互连密度，还需要最大限度地提高电气性能，减少延迟和增加信号速度。

自20世纪90年代中期以来，HDI板线路密度经历了三代变化，从最初的**减成法技术**，线宽/线距下降到60 μm；到**任意层互连技术**，线宽/线距降到40 μm；再到**改进型半加成法技术**，实现线宽/线距小于30 μm。

以球栅阵列（ball grid array，BGA）结构为代表的IC封装普遍应用，HDI板的关键设计参数包括线路尺寸和间距、导通孔直径和连接盘尺寸，**通常受BGA连接盘的I/O节距制约。**随着BGA的I/O 数增加，**节距普遍小于0.5 mm，使用节距 0.30 mm和0.25 mm的BGA增加，就需要25 μm和30 μm的线宽/线距。**

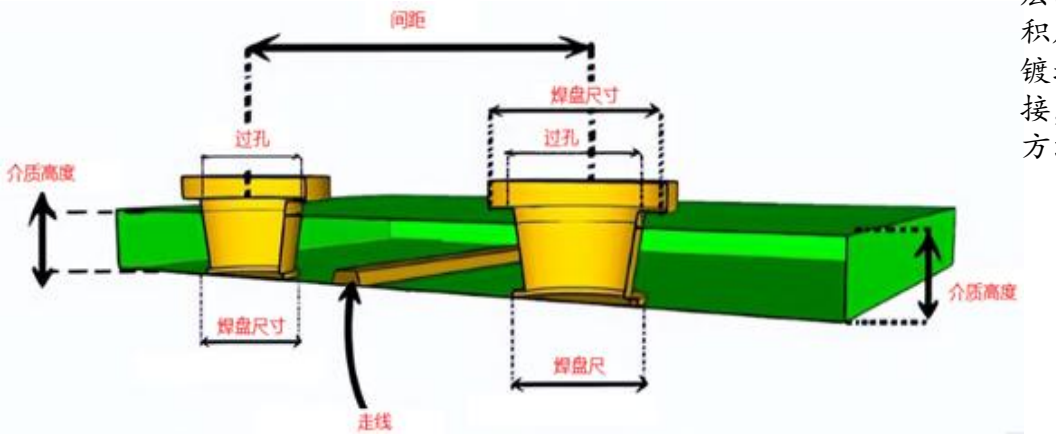
资料来源：深圳市赛姆烯金科技有限公司，

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

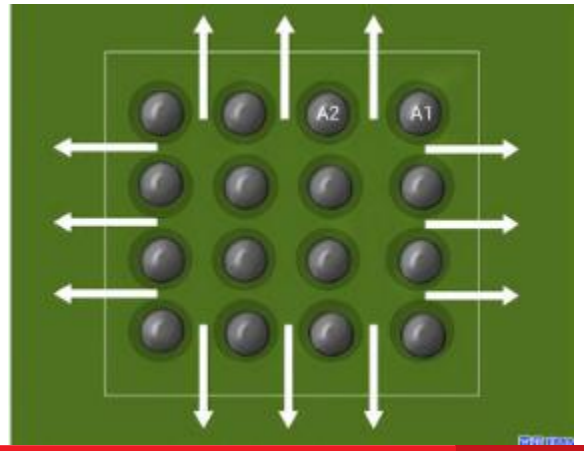
2 mSAP的应用：1）1.6T光模块：最小线宽/线距缩小至15μm，mSAP成为必选项

BGA间距：定义为从中心到中心测量的两个相邻焊球之间的距离。随着引脚数量的增加，元件的间距会减小。这种**间距的减小使扇出变得复杂**。因此，应该添加更多的内部层来布线引脚，这反过来又会增加PCB制造的成本。

图：BGA间距及其对扇出的影响

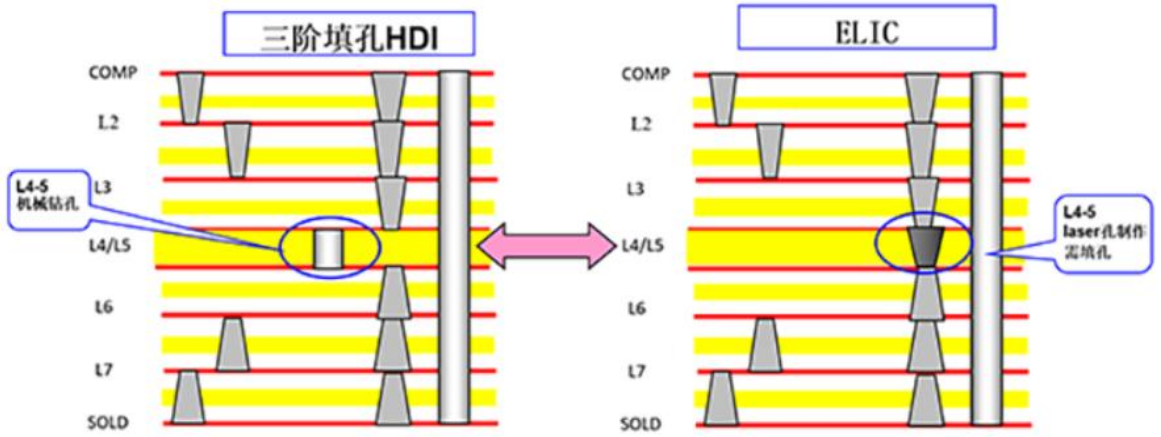


图：通过BGA引脚布线



HDI埋盲孔电路板：是指高密度互连、非机械钻孔、微盲孔环小于6mil、内外层布线线宽/线距小于4mil、焊盘直径小于0.35mm。HDI埋盲孔电路板有内层线路和外层线路，再利用钻孔、孔内金属化等工艺，使各层线路内部实现连结。HDI电路板一般采用积层法制造，积层的次数越多，板子的技术档次越高。普通的HD电路板基本上是1次积层，高阶HD电路板采用2次或以上的积层技术，同时采用叠孔、电镀填孔、激光钻孔等先进的制造技术。盲孔是实现内层与外层的连接，并导通埋孔。盲孔大部份的直径0.05-0.15mm的孔，盲孔成形的方法有激光成孔、等离子蚀成孔和光诱导成孔。

图：三阶HDI与ELIC（任意层互联PCB）



1.6T光模块mSAP工艺普遍采用**6阶SLP（类载板）、任意层盲埋孔及盘中孔技术，层间对位精度需≤5μm，介质层厚度薄至25-50μm**，对叠层、层压、图形电镀等关键工序的管控要求极高。超薄铜箔层压需避免褶皱和气泡；图形电镀需精准控制**铜厚**和**线路侧壁垂直度**；
闪蚀工序需严格控制**微蚀量在0.1-0.3μm**，
通过实时TDR校准确保**阻抗公差控制在±3%-5%**，单端50Ω、差分100Ω的阻抗标准，每一步制程偏差都可能导致信号失效。

良率与可靠性环节的要求也实现了大幅提升：1.6T光模块mSAP工艺的量产**良率需达到98%以上**，而传统工艺良率仅为70%-80%，这就要求全流程实现精细化管控，减少线路缺陷、短路、线宽波动等问题。
同时，光模块需适应-40℃~85℃的冷热冲击、高湿、振动等极端环境，需具备低离子污染、耐CAF、高散热性能，通过**厚铜、热通孔**等设计配合，确保长期稳定运行，进一步增加了工艺管控的复杂度。

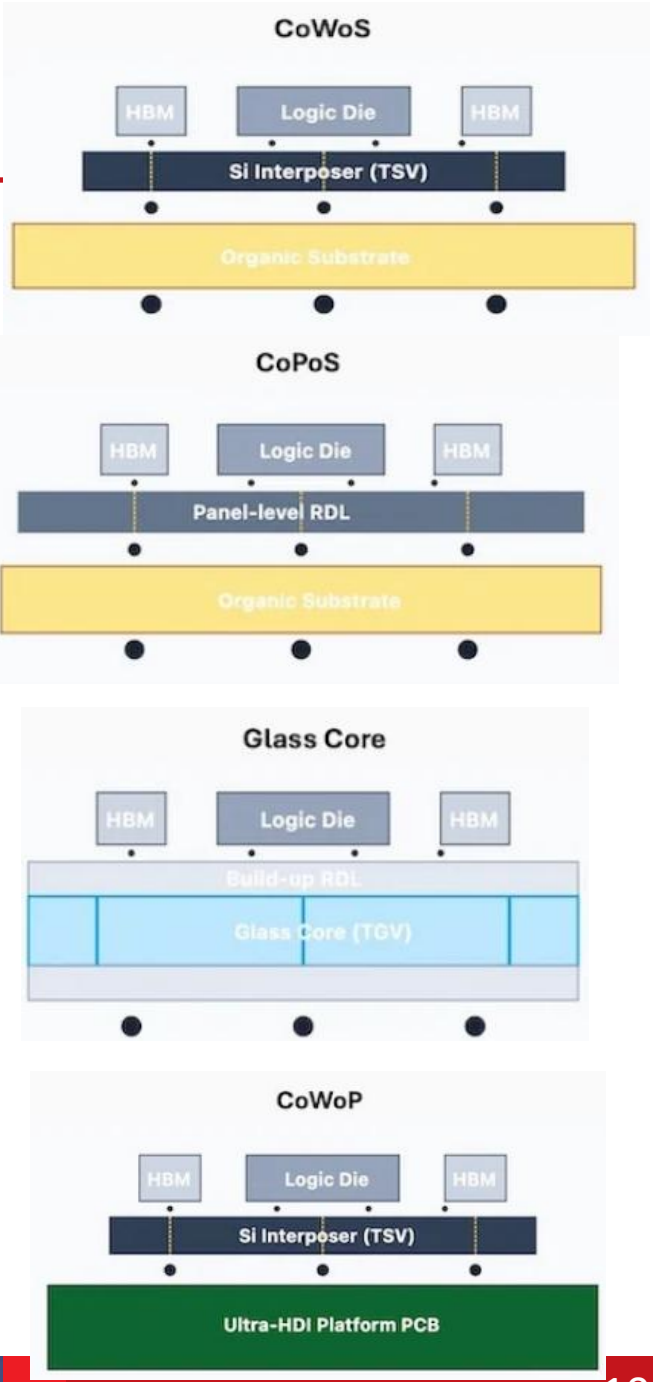
资料来源：AIEMA，领智电路，深圳市赛姆烯金科技有限公司，方正证券研究所

2 mSAP的应用：2）CoWoP封装：类载板SLP的应用，MSAP工艺成为必选项

整体封装技术呈现两大分流：一条是以CoWoS、CoPoS、FOPLP为主的“面板化路线”，另一条则是以CoWoP为代表的“载板 / PCB延伸路线”。前者着重尺寸放大与产能提升，后者则试图重塑封装产业分工结构，试图由载板或PCB厂直接承接部分封装功能。但也有市场观点认为，PCB厂专精于电路板制造，而封测厂如日月光则掌握高度复杂的封装制程，两者技术体系差异甚大。

表：不同封装工艺核心理念及优劣势对比

特点	CoWoS (S/R/L) 硅中介层封装	CoPoS 面板级扇出封装	Glass-Core Substrates 玻璃芯基板	CoWoP 先进 PCB 直连封装
核心理念	**有机基板上搭载硅中介层**	**大矩形面板扇出架构**	**内置高性能玻璃芯的封装基板**	**中介层 / 芯片直接贴装于高端先进 PCB**
载具形态	300mm 圆形硅晶圆	矩形大面板（约 515×510mm）	大尺寸矩形面板	系统级 PCB 板
最大可用有效面积	根据光刻掩模版（约 2700mm²，相当于 3.3 倍掩模面积）	根据面板尺寸（单块面积 > 10000mm²）	根据面板尺寸	根据中介层 / PCB 板尺寸
典型量产线宽 / 线距	硅 RDL 重布线层：0.5/0.5 ~ 1/1μm 有机基底线路：约 2/2μm	面板 RDL 重布线：3/3 ~ 10/10μm（实验室样品可达约 2/2μm）	技术目标：约 1/1 ~ 2/2μm	当前量产：15/15 ~ 25/25μm（mSAP/SLP 工艺） 技术目标：≤10/10μm
核心优势	I/O 输入输出密度、信号带宽行业最高；大规模量产工艺成熟可靠	基板面积利用率高；大尺寸封装综合成本更优	尺寸稳定性优异、信号传输低损耗、适配场景灵活度高	**信号传输路径最短**；可最大程度减少中间基材、压缩物料成本
主要瓶颈	圆形晶圆裁切造成材料浪费；光刻掩模版尺寸存在硬性上限	涂层均匀性管控、板翘曲抑制、大批量产产线整合难度高	玻璃通孔 TGV 成型工艺、金属化良率偏低；玻璃基材脆性大	PCB 良率与板翘管控难度高；硅 / 有机 / 玻璃多层材料热膨胀系数 CTE 失配
技术成熟度	现阶段：成熟、低风险方案，已大规模用于 AI / 高性能算力 HPC 芯片	中期规划：逐步导入量产，仍在持续爬坡良率	中期规划：面向高端算力系统的新兴技术	长期规划：早期样品研发
产业链影响	产能、技术主导权集中在晶圆代工厂 + 封测厂 OSAT	拓宽封测厂 OSAT、面板载板厂的业务价值与分工	全面升级高端封装基板厂商的工艺制造能力	**产业链价值向高端先进 PCB 制造厂商转移**
核心配套工艺 / 设备	晶圆光刻设备、硅通孔 TSV / 桥接芯片工艺、ABF 薄膜载板	面板级步进光刻设备（分辨率约 1μm）、开槽芯片涂覆、玻璃芯配套产线	**玻璃通孔 TGV** 金属化工艺、玻璃板材转运与补强设备	超精细线路 PCB 产线、高端积层压合工艺、**mSAP 改良半加成法**



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

2 mSAP的应用：2）CoWoP封装：类载板SLP的应用，MSAP工艺成为必选项

在四种方案中，芯片封装在晶圆上并置于平台PCB上（CoWoP）是最具颠覆性的。与将硅中介层或扇出组件安装在有机封装基板上不同，CoWoP 将整个结构直接连接到高密度印刷电路板上。**ABF或BT基板从堆叠结构中消失，为了实现这一点，PCB必须变得更像基板（载板）**。这**需要线宽/间距在15-20μm范围内的超高密度互连（Ultra-HDI）板**，需要多次层压工艺，以及**精心设计的材料来控制翘曲和热膨胀系数（CTE）**。这与目前主流的服务器主板相比还有很大的提升空间，但随着PCB技术的进步，这并非遥不可及。如果CoWoP技术能够在直接安装到电路板上的大型中介层或扇出组件上实现稳定的良率，那么它将带来显而易见的优势：**更少的层数、更少的组装步骤**，以及更短的从芯片到系统的路径。此外，它还能将更多的价值和创新机会转移到PCB制造商手中，从而有可能改变先进封装供应链的结构。CoWoP的挑战在于——**精细PCB制造、大尺寸电路板的平整度、大电流供电以及先进的检测技术——压缩到一个单一且高度集成的解决方案中**。

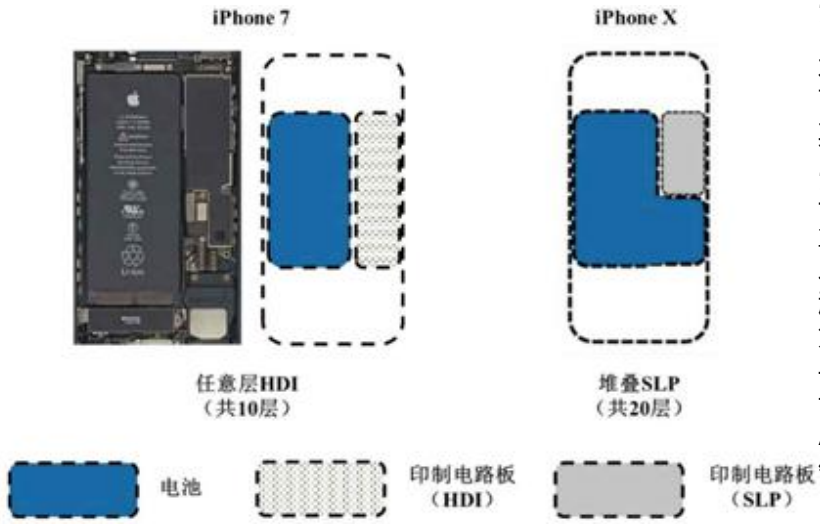
SLP（Substrate Like PCB，类载板）是具有接近于IC载板特征尺寸的PCB，SLP 的命名来源是其主要特征线宽和线距（L/S） 尺寸界于常规PCB和IC载板之间。传统PCB以及HDI板的线宽和线距尺寸大于30/30μm，而IC载板的线宽和线距通常小至15/15μm。因此，**将L/S达到小于30/30 μm的HDI板称为SLP**。

普通PCB、HDI、UHDI、SLP、IC载板等电路板的共性是含有盲孔和/或埋孔，且都是采用积层法工艺的多层板。PCB的HDI及UHDI发展为PCB带来了新的市场机遇，HDI及UHDI过渡到SLP，为IC载板技术打下了基础；IC载板为PCB开拓了新途径，达到更高境界。现在，IC载板和HDI工艺趋于融合、相互依赖、相互促进。**IC 载板与PCB的生产工艺技术是相同的**，IC的超高集成度设计和先进封装工艺，使PCB做得更小，推进HDI板、UHDI板、 类载板和IC载板向高密度发展，**只是载板生产需要更高水平的设备**，如**直接成像、激光钻孔、差分蚀刻、微孔电镀、高分辨力自动化光学检测**（AOI）等，还需要**精密计量和测试装置**以及**洁净生产环境**。

表：不同类型电路板对线宽/线距的要求

指标	普通PCB	HDI	UHDI	SLP	IC载板
层数	1-90多层	4-16层		2-10层	
板厚	0.3-7mm	0.25-2mm		0.2-1.5mm	
最小线宽/线距	**50-100μm**	**40-60μm**	**＜50μm**	**20-30μm**	**10-20μm**
最小导通孔直径		**≤0.125mm**	**0.075mm**		**＜0.05mm**
最小环宽	75μm	75μm		60μm	
制备工艺	**减成法**	**减成法**		**MSAP**	**SAP/MSAP**

表：类载板SLP工艺最早在手机中的应用



2017年，苹果率先在iPhone上使用了SLP技术，将主板面积缩减至前代的70%，为电池和其他功能模块腾出空间。2018年初，三星Galaxy手机也采用了系统化布置设计，此后采用SLP的手机厂商越来越多。凭借亚微米级线路精度与多层异构堆叠的创新设计，SLP也逐渐渗透到AI加速器、车用电子等领域。

资料来源：半导体行业观察，电子电路知识原地，龚永林，类载板中特殊材料多次压合涨缩研究，黄海隆等，类载板互联精细线路成型控形技术研究及应用，文根硕，方正证券研究所

3. MSAP工艺对设备的要求和相关标的

【激光直接成像（LDI）设备】：需实现**±0.5μm的成像精度**和**±1.5μm的对位精度**，确保细线路图形的精准呈现；

【脉冲电镀设备】需控制铜厚均匀性在**±5%以内**，保证线路分布均匀、无凹陷；

【钻孔设备】需实现**60-80μm的微孔加工**和**±3μm**的孔位精度，避免钻孔碳化影响信号传输，超快激光钻孔有望受益；

1）光模块：根据欣强电子招股书，800G、1.6T光模块PCB盲孔孔径需要达到3mil（**约76μm**）左右；另据iPCB数据，一般孔壁粗糙度要控制在<10μm。

2）CoWoP：在该封装工艺中，PCB必须变得更像基板（载板）。而SLP的孔径也更加精细，相比HDI最小导通孔径小于125μm，UHDI、IC载板的最小导通孔径分别在**75μm、50μm**以下，SLP的线宽线距及孔径处于PCB与IC载板之间，对于细小孔径数量的增加，激光钻孔设备的应用将明显提升。

【多层压合与对位】多序压合与对位：分序压合+光学对位系统，层间对位精度≤25μm，控制翘曲<0.5%；

【AOI/3D AOI检测设备】：**需精准识别15μm线宽的缺陷**，为工艺良率提供保障，全套精密设备的投入也提升了工艺门槛。另据iPCB，在其生产光模块PCB过程中，每序压合后进行X-ray空洞检测，**激光钻孔后100% AOI检查**，确保隐蔽缺陷零遗漏。

公司	mSAP工艺布局
大族数控	从AI基础设施到高速数据传输再到终端应用，公司将紧抓AI算力场景服务器高多层板HDI板（HLC+HDI）、800G/1.6T高速光模块及AI智能手机类载板等高价值细分PCB产品的新增专用加工设备需求。针对高多层板HDI板多种类型的钻孔、更精细线路及更高可靠性等需求，公司将持续提供更高技术能力的机**械钻孔设备、激光钻孔设备、检测类设备**等产品，来满足下一代AI服务器高阶HDI板及交换机超高多层板对信号完整性保障的更高精度背钻及更高堆叠盲孔加工需求；而针对800G及以上光模块、AI智能手机等更多采用**类载板（SLP）**的趋势，公司将持续拓展新型激光加工技术的应用范畴，应对更小孔、更高精度外型的技术需求，提升类载板产品的生产良率，并积极储备**mSAP3.0工艺技术**，满足下一代类载板RCC材料更小特征加工的需求。公司将深入对接行业更高技术需求的新产品开发，持续与行业头部客户合作研发开创性的成套解决方案，助力**CoWoP、CPO、正交背板**等新概念的落地及量产。
芯碁微装	下游的ABF载板、BT载板的需求在持续向好，光模块、CoWoP技术所用的类载板（SLP）需求也在上升，下游厂商扩产意愿增加，带动设备需求增长。此外载板领域的国产替代也在加速，芯碁经过多年的技术沉淀，设备性能已经比肩甚至超越海外设备厂商，加上芯碁采用标准化和定制化并行的生产方式，设备交付周期仅为海外厂商的一半，充分受益本轮载板领域的国产替代。 公司激光钻孔设备规划有CO2激光钻孔设备、UV光激光钻孔设备以及超快激光钻孔设备；**2025年12月CO2激光钻孔设备通过客户量产验证，今年目标是实现小批量交付**，上半年已交付的CO2激光钻孔设备在客户端表现良好，已获得客户的重复批量订单；随着量产经验的不断积累，公司预计在**今年下半年将CO2激光钻孔设备送往下游第一梯队客户验证。**
东威科技	公司的MSAP电镀设备根据客户实际生产要求的不同，产品价值相差较大，几百到上千万不等。芯片制造和封装技术的升级，对应**一级封装所需的载板需求更轻薄、线路更精细**，公司MSAP设备解决了精细线路加工问题，**线宽/线距最小达到8μm/8μm**。公司设备拥有更先进的制程能力、更稳定可靠的表现和更优越的性价比。
洪田股份	公司间接控股子公司洪镭光学主营业务为开发、生产与销售**微纳激光直写光刻设备（0.5μm-20μm解析）**，满足HDI、IC封装基板、掩模版、先进PKG、TGV等领域的直写光刻解决方案。
三孚新科	公司拥有**水平沉铜、显影、蚀刻、图形电镀等专用化学品及水平设备、VCP电镀设备等**产品，构建了mSAP工艺+设备+化学品整体解决方案，通过三者有效协同，精准匹配客户高端化生产需求。,公司上述**mSAP部分制程专用化学品已在头部PCB客户端上线应用，且已获得头部PCB客户mSAP电镀设备订单。**

资料来源：深圳市赛姆烯金科技有限公司，

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

4. 风险提示

技术进展不及预期风险。mSAP属于较新的技术，若生产良率、稳定性无法达到预期，可能会影响产品良率，进而影响量产使用节奏，对设备的需求可能都会不及预期，进而影响上市公司该业务的收入增长。

下游需求不及预期风险。若AI资本开支不及预期，导致陶瓷基板出货量不及预期，进而影响对材料、设备的需求，可能会导致设备公司收入、利润不及预期。

宏观经济波动风险。当前地缘冲突激烈，若全球经济受到较大影响，可能会影响下游资本开支、材料价格等等，进而影响设备企业收入、利润。

行业竞争加剧风险。当前部分设备还处于国产替代阶段，国产化率仍在提升，若后续国内竞争加剧，可能会影响材料、设备商的盈利水平。

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

本研究报告由方正证券制作及在中国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告内容仅供我公司适当性评级为C3及以上等级的投资者使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。若您并非前述等级的投资者，为保证服务质量、控制风险，请勿订阅本报告中的信息，本资料难以设置访问权限，若给您造成不便，敬请谅解。

在任何情况下，本报告的内容不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求，方正证券不对任何人因使用本报告所载任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告版权仅为方正证券所有，本公司对本报告保留一切法律权利。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处且不得进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

类别	评级	说明
公司评级	强烈推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有20%以上的涨幅。
	推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的涨幅
	中性	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数在-10%和10%之间波动。
	减持	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的跌幅。
行业评级	推荐	分析师预测未来12个月内行业表现强于同期基准指数。
	中性	分析师预测未来12个月内行业表现与同期基准指数持平。
	减持	分析师预测未来12个月内行业表现弱于同期基准指数。
基准指数说明		A股市场以沪深300 指数为基准;香港市场以恒生指数为基准，美股市场以标普500指数为基准。

方正证券研究所

专注·专心·专业

北京市朝阳区朝阳门南大街10号兆泰国际中心A座17层
长沙市天心区湘江中路二段36号华远国际中心37层

上海市静安区延平路71号延平大厦2楼
深圳市福田区竹子林紫竹七道光大银行大厦31层

广州市天河区兴盛路12号楼隽峰院2期3层方正证券

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net