光模块设备行业：AI 发展带动光模块需求爆发，看好封装测试设备商充分受益 20260907

光模块设备行业：自动化转型与测试环节量价齐升

摘要

- 机架级 AI 服务器及 ASIC 普及驱动光互联需求爆发，1.6T/3.2T 高价值产品占比提升，带动行业 ASP 从 100 美元升至 200 美元。
- 2027 年光模块设备市场预计规模达 400-500 亿元，核心增量来自 800G+扩产需求及生产模式从人工向高度自动化转型。
- 测试环节具备强“通胀”逻辑，随速率升级测试时长显著增加，预计 2027 年市场空间达 300-400 亿元，采样示波器芯片自研能力为核心壁垒。
- 耦合工艺为技术难点及价值量最高环节（约 40%），涉及六轴运动平台与算法集成，且在未来 CPO 时代具有不可替代性。
- 行业正由轻资产向重资产转型，海外扩产成本压力与国产替代需求加速了精密自动化设备对人工“手搓”模式的替代。
- CPO 演进将催化半导体级封装设备需求，传统贴片或被 TCB/混合键合取代，测试与耦合环节则因复杂度提升持续受益。

Q&A

根据高盛最新发布的报告，全球光模块市场的规模预期有何变化，其上调预期的核心驱动逻辑是什么？

高盛最新报告大幅上调了全球光模块的整体市场规模。其核心上修逻辑并非源于 AI 服务器数量的增加，而是单机光互联端口数的大幅提升，这主要由机架级整机柜 AI 服务器的落地、ASIC 服务器的普及以及速率代际切换的加速所驱动。具体而言，机架内（Scale-up）光互联需求的爆发是此次上调最核心的变量。此外，单个 GPU 对应的光模块端口数量也在提升，例如 GB300 及 Rubin 平台，其每颗 GPU 的对外光口数量均高于上一代 GB200 平台。同时，技术速率的迭代节奏也快于市场先前的预期。

人在草木间

高盛报告中对于 800G 及以上速率光模块、CPO 以及不同速率产品的价格趋势预测是怎样的？

在出货量方面，高盛预测 800G 及以上速率光模块在 2026 年的出货量约为 7,000 万只，2027 年将增长至 1.4 亿只以上，到 2028 年预计超过 1.7 亿只。对于 CPO，2026 年的出货量预计约为 70 万只，相较之前有所下修，但预计在 2027 年和 2028 年将大幅增长，分别达到约 800 多万只和 1,600 多万只。需要注意的是，此预测未单独列出 NPO，因其被归类于 Scale-up 范畴。 在价格方面，各速率产品均存在年度降价趋势。800G 光模块的 ASP 在 2026 年约为 400 多美元，预计到 2028 年降至 300 美元出头。1.6T 光模块在 2026 年的 ASP 接近 800 美元，预计 2027 年降至约 750 美元，2028 年降至约 600 美元。3.2T 光模块的价格相对较高，2027 年的 ASP 预计在 1,450 美元左右，2028 年则降至 1,100 多美元。尽管单代产品价格下降，但由于 1.6T 和 3.2T 等更高速率、更高价值产品的出货占比持续提升，整个行业的平均销售价格预计将从 100 美元提升至 190 美元，并进一步增长到 200 美元。

2027 年光模块设备市场的潜在需求规模有多大，其测算依据是什么？同时，在评估这一市场空间时，需要考虑哪些关键变量？

基于光模块出货量的增长预期，预计 2027 年光模块设备市场将迎来爆发式增长，需求规模至少在 400 亿至 500 亿元人民币。该测算的主要依据是：2027 年 800G 及以上光模块出货量预计达到 1.4 亿只，相较于 2026 年的约 7,000 万只，新增扩产需求至少为 7,000 万只。以每 100 万只 800G 产能需要 5 亿元设备投资，1.6T 产能需要约 6 亿元（贵 10%-20%）为基准，可以匡算出上述市场规模。 在评估市场空间时，需考虑两个关键变量。第一是设备自动化率的提升。过去光模块生产线，尤其是在耦合、组装和部分测试环节，高度依赖人工，导致设备采购需求有限，这也是中际旭创、新易盛等公司固定资产投资额相对较低的原因。随着自动化率的逐步提升，设备需求将相应增加。第二是设备外采比例。不同公司的设备采购策略存在差异，例如新易盛、Lumentum、Finisar 等公司内部拥有强大的自动化事业部，能够自主解决部分设备需求，从而减少对外采购。因此，实际对外释放的设备市场空间会受到各厂商外采比例的影响。

在可插拔光模块的后道封装测试设备中，不同工艺环节的价值量分布是怎样的？

在可插拔光模块的封装和测试设备投资中，静态来看，价值量占比最高的环节是耦合，约占 40%，其核心原因是耦合工艺的生产节拍较慢，产能较低。其次是测试环节，约占 30%，这部分包含了老化设备和相关仪表。贴片设备约占 20%，而组装设备则占约 10%。

光模块生产中的贴片和键合工艺环节，其技术难点和市场格局呈现何种特点？

贴片工艺在光模块设备中属于技术难度相对不高的环节，其本质是“取放”（pick and place）操作，核心挑战在于如何兼顾速度与精度。随着光模块速率的提升，对贴装精度的要求也越来越高：400G 模块要求正负 5 微米，800G 要求正负 3 微米，而 1.6T 则要求达到正负 1.5 微米。贴片工艺根据所用焊料不同可分为固晶和共晶，但均属于 Die Bond 范畴。 键合工艺，即打线键合（Wire Bond），是目前可插拔光模块中采用的一种传统封装形式。该环节的市场竞争已非常激烈，主要由 K&S、ASMPT 等海外厂商主导，单台设备价值量极低。此外，随着技术向 CPO 等方向演进，打线键合工艺未来将被取代，因此并非一个重要的设备环节。

耦合工艺在光模块设备中的重要性如何？

耦合工艺是光模块设备中技术难点较大且价值量占比较高的环节。更重要的是，即使未来技术演进至 CPO 时代，耦合工艺依然是不可或缺的关键环节。

在光模块生产流程中，耦合环节的具体工艺难点是什么？当前主流的自动化解决方案及其核心技术构成是怎样的？

耦合工艺的核心难点在于寻找最佳耦合点，即如何精确地将激光器芯片发出的光，通过透镜和光纤，以最小损耗地传输到下一个环节。这要求在多个关键节点实现精准对准，以避免光功率损失。传统上，这一过程依赖经验丰富的技术人员手动操作，耗时且精度难以保证。 当前主流的解决方案是采用自动化耦合设备。其核心技术主要包括两部分：首先是高精度的六轴运动平台，它如同设备的手，能够分别抓取光的发射端与接收端，通过 XYZ 三个直线轴实现纳米级的线性运动，以及三个旋转轴实现秒级的角度微调，从而完成精确对准。目前设备的分辨率可达到 5 纳米，尽管部分产线 50 纳米的精度已足够。其次是光电实时监测系统，该系统通过光功率计等工具实时读取光功率数据，并将此信息反馈给六轴运动平台，通过复杂的算法协同控制平台的运动方向和幅度，以最高效的方式找到最佳耦合点。因此，耦合设备的难点在于六轴运动平台、光功率计以及核心控制算法三者的精密集成与协同。无论技术如何迭代，包括 NPO/CPO，只要涉及光路对准，耦合都是一个不可或 ot 缺的关键环节。

光模块生产中的组装和 AOI（自动光学检测）环节分别包含哪些内容？其技术壁垒如何？

组装环节在自动化产线中主要指替代人工进行封装和紧固，例如自动化拧螺丝等工序，其技术难度相对不高，更多是为了替代人工、提升效率和一致性。 AOI 设备则类似于半导体领域的量测设备，主要用于检测物理外观上的缺陷。它贯穿于生产全流程，用于检查 PCB 板或引线键合后的产品表面是否存在划痕、污染，或焊球是否发生偏移等问题。AOI 不涉及对光、电核心性能的测试，其核心技术

难点在于工业相机硬件的性能以及配套的图像识别与缺陷判断算法。

光模块测试环节包含哪些主要类别？为什么测试环节，尤其是采样示波器，被认为是光模块设备中前景最好且技术壁垒最高的领域？

光模块的测试环节非常复杂，主要包含光性能测试、电性能测试、可靠性测试（如老化测试）和缺陷检测（如 AOI）四大类。其中，光性能测试是区别于传统半导体测试的核心，涉及误码仪、波长计、时钟恢复单元以及采样示波器等多种仪器。测试环节被高度看好，主要基于两点：第一，该环节具备显著的“通胀”逻辑。随着光模块速率从 800G 升级到 1.6T，单个模块的测试时间显著延长，例如可能从 30 分钟增加到 40 分钟。这意味着单台设备在单位时间内的产出下降，为维持同等出货量，厂商必须采购更多设备。据测算，光模块测试设备的市场空间有望从 2025 年的几十亿元增长至 2027 年的 300 亿至 400 亿元。 第二，技术壁垒极高，尤其体现在采样示波器上。高端采样示波器的核心竞争力在于其自研芯片能力。国际领先厂商如是德科技和安立之所以占据高市场份额，关键在于其拥有从芯片设计到晶圆制造的垂直整合能力。目前，800G 光模块测试大致需要 50GHz 带宽的采样示波器；1.6T（单波 200G）则需要 65GHz 以上；未来的 3.2T（单波 400G）则要求 100-130GHz 的带宽。随着光模块速率的持续提升，设备厂商若无自研高速芯片能力，将难以参与高端市场竞争。相比其他光模块设备更侧重于自动化和加工精度，测试设备对芯片自研能力的要求构成了其独特的、难以逾越的技术壁垒。

目前国内光模块测试设备，特别是采样示波器领域的供应商格局是怎样的？

在采样示波器领域，国内厂商正在积极布局。目前，联讯仪器和万里眼等公司已经推出了实际产品，其中联讯仪器在 65GHz 以上带宽的产品研发上已有进展，并正在研发 100GHz 或 110GHz 的产品。华盛昌也已有相关产品。此外，普源精电、鼎阳科技、优利德、日联科技等公司也处于布局阶段。在 CPO 光学检测设备方面，天准科技的产品已在客户端取得良好进展。整体来看，各设备公司目前都处于加速获取订单和产能快速释放的阶段。

为什么说光模块行业正从轻资产向重资产模式转型？这一转型的驱动因素是什么？

光模块行业正经历从轻资产向重资产的转型，主要由三大因素驱动： 第一，技术升级带来的精度要求提升。随着光模块速率从 800G 向 1.6T、3.2T 甚至 CPO/NPO 演进，生产制造的精度要求大幅提高，传统依赖人工“手搓”的生产方式已无法满足要求，必须转向高度自动化的精密设备进行生产。 第二，全球化扩产的需求。光模块厂商纷纷在泰国、北美、新加坡等地建设新产能。海外劳动力成本高、培训难度大（相当于“奥赛题”），而直接采购和部署自动化设备则相对简单（相当于“小学题”），因此海外扩产必然会加大对自动化设备的投资。 第三，国产替代的逻辑。过去，在一些自动化率较高的环节，如贴片和引线键合，市场主

要由海外厂商如 KNS、Kulicke & Soffa 等主导。随着国内设备厂商技术的成熟，国产替代的空间巨大。

在与下游龙头客户深度绑定的行业生态下，设备公司成功的关键是什么？

在当前行业发展阶段，与下游龙头客户（如中际旭创、新易盛、天孚通信等）建立深度绑定关系至关重要。由于光模块设备具有一定的非标属性，设备公司需要与头部客户紧密合作，通过在客户产线上不断试用、反馈和迭代，来获取大量工艺数据，从而持续改进和优化设备性能。成功进入头部客户的供应链，不仅证明了设备公司自身的技术实力，也意味着在未来头部客户大规模扩产时，将能获得优先的订单机会。

展望 CPO 时代，光模块设备领域将迎来哪些新的需求和变化？哪些设备环节将持续受益或被替代？

进入 CPO（共封装光学）时代，光模块的封装形式将发生根本性变化，光引擎将通过类似 CoWoS 的先进封装技术与 ASIC 芯片直接集成在同一基板上。这一技术迭代将带来以下几方面变化： 持续受益的环节：

1. 测试：无论封装形式如何，对光、电性能的测试需求永远存在。CPO 的测试将变得更复杂，需要光电协同测试方案，测试时间可能进一步延长。例如，对单面晶圆的测试时间可能超过 10 小时，这将催生新的测试形态和方案。
2. 耦合：光路的对准依然是必要环节，且在 CPO 架构下，由于集成度更高，耦合的工艺难度可能会进一步增加。

被替代或演进的环节：

1. 贴片：传统的 Die Bond 贴片工艺可能会被半导体级的键合设备所取代。例如，采用 TCB（热压键合）或混合键合（Hybrid Bonding）技术，可以一次性完成芯片的贴装与键合。

新增需求的环节：

1. 半导体级封装设备：CPO 将引入大量先进封装工艺，从而催生对 TSV 刻蚀、PVD 铜种子层沉积、电镀、CMP（化学机械抛光）、清洗以及 TCB/混合键合机等半导体级封装设备的新需求。

对于设备公司而言，技术迭代意味着新的设备需求和市场机会，是行业保持活力的重要原因。

从投资角度看，光模块设备领域的标的可以分为哪几类？各自的代表性公司有哪些？

光模块设备领域的投资标的可以主要划分为两大类： 第一类是自动化设备供应商，主要从事贴片、耦合、组装等环节的设备制造。这一领域的代表性公司包括罗博特科、科瑞技术、凯格精机和奥特维。即将上市的德龙激光（L-Tek）也是国内耦合与贴片设备领域的龙头企业，是中际旭创的核心供应商。 第二类是测试设备供应商，专注于光模块的测试仪器与设备。该领域的首推标的是联讯仪器，其主营产品包括采样示波器、误码仪、时钟恢复单元以及老化测试设备，并正在布局电性能检测。其他积极布局该领域的公司还包括优利德、普源精电、华盛昌和日联科技等。此外，天准科技在 CPO 光学检测设备方面也取得了显著进展。