

电子

从“成像光学”到“算力光互联”，光学公司价值重塑

AI 产业迅猛发展，光互联发展空间广阔。微软、谷歌、亚马逊、META 在主业及 AI 核心业务上持续高速增长，上修 2026 年资本开支。传统数据中心的光连接传输速率正经历着从 400G、800G 迈向 1.6T 和 3.2T 的快速迭代升级。同时，光模块与 XPU 的比例正持续扩大，未来由十万/一百万个 XPU 组成的集群可能分别需要五十万/一千万个光模块，比例分别达到 1:5/1:10，光学互连将在未来迎来重要的增长契机，成为支撑 AI 等前沿技术发展的关键力量。根据 LightCounting，以太网光模块（100G 及以上）及 CPO 的市场规模预计在 2026 年同比增长 65%，2031 年将超过 500 亿美元；根据 CignalAI，OCS 的市场规模有望从 2025 年 4 亿多美元增长到 2029 年超过 25 亿美元。

光模块速率升级，光学元器件有望量价齐升。光模块正经历从 400G 向 800G/1.6T 的快速迭代，每一次速率升级都对光隔离器、WDM 滤光片等上游器件的性能和用量提出更高要求，为通信类光学元器件带来了广阔的市场空间。光收发模块中，主要构成包括滤光片、偏振分束器（PBS）、消偏振分束器（NPBS）、棱镜、透镜、非球面透镜等各类光学元件，以及环行器、准直器、合波分波组件、光复用器等光纤器件。根据弗若斯特沙利文，不含光芯片的光收发组件在光模块的成本构成中占比约为 11.6%，滤光片成本占比为 2%。

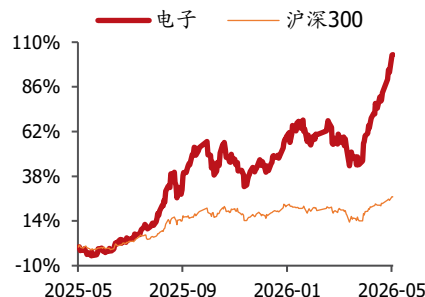
CPO: CPO 通过 2.5D/3D 先进封装技术，将高速光引擎或光模块与交换芯片或大规模 AI 计算芯片集成于同一封装基板或同一机箱内，将电气路径缩短至 50 毫米以内，显著降低了传输损耗。其中，光纤阵列（FAU）负责连接 PIC 与外部光纤，其装配工艺和热稳定性直接决定光学耦合效率，X800-Q3450 上的每个 1.6 terabit 光引擎包含一个具有 20 根光纤的 FAU，每个系统总共有 1440 根光纤，FAU 通常包含 V 型槽、反射镜和光纤等关键光学元件。交换芯片的高功耗会导致周边温度升高，影响激光二极管的性能和可靠性，外部激光源（ELS）应运而生，X800-Q3450 CPO 使用 18 个外部激光源模块，每个模块包含 8 个 CW-DFB 激光芯片。

OCS: 光路交换机（OCS）核心是通过光开关矩阵（如 MEMS 微镜、液晶或波导技术）改变光信号的物理传输路径，实现端到端的光路连接。与传统电交换机需经过“光-电-光”转换不同，OCS 全程在光域完成信号路由，避免了光电转换带来的延迟和功耗，具备纳秒级交换速率、低时延和高能效比的特性。MEMS OCS 内部核心器件包括 MEMS 微镜阵列、光纤准直器阵列、滤光片/光环形器和精密光学元件。以 176x176 的平台为例，MEMS 芯片、校准系统、二维准直器阵列、二维 MEMS 阵列成本占比分别为 35%/31%/16%/2%。

传统光学凭借在精密光学技术的积累，业务逐步拓展至光通信领域，打开成长空间。消费电子、AR/VR、光通信等领域微型化、阵列化、集成化发展，光电子器件向复杂膜系、超精密加工、小型化集成化演进。微透镜阵列、衍射光学元件（DOE）、光束匀化片（Diffuser）、超构表面光学元件等新型微纳光学元件实现规模化应用，可实现传统光学元件难以达成的波前调控、阵列化集成、波面转换等功能，大幅压缩光学系统体积，已成为 AR/VR、光通信等领域的关键配套元件。随着 AI 算力中心的爆发式增长，高速率光模块需求强劲，其内部的高端光器件和精密光学元件成为关

增持（维持）

行业走势



作者

分析师 余凌星

执业证书编号：S0680525010004

邮箱：shelingxing1@gszq.com

分析师 钟琳

执业证书编号：S0680525010003

邮箱：zhonglin1@gszq.com

研究助理 章旷怡

执业证书编号：S0680124120004

邮箱：zhangkuangyi@gszq.com

相关研究

- 《电子：利基存储全面涨价，AI 驱动先进硅片需求高增》 2026-05-10
- 《电子：海外 CSP 资本开支上修，算力硬件需求高增》 2026-05-04
- 《电子：周观点：谷歌发布 TPU v8，光互联需求升级》 2026-04-25

键。头部传统光学凭借在精密光学技术的积累，业务逐步拓展至光通信领域，为公司发展注入了强劲的增长动能。

建议关注：炬光科技、水晶光电、海泰新光、中润光学、舜宇光学、永新光学、宇瞳光学、茂莱光学、弘景光电、腾景科技、蓝特光学等。

风险提示：研发进展不及预期、行业竞争加剧、下游市场需求不及预期。

重点标的

股票 代码	股票 名称	投资 评级	EPS (元)				PE			
			2025A	2026E	2027E	2028E	2025A	2026E	2027E	2028E
688167.SH	炬光科技	买入	-0.43	1.08	2.69	3.66	-	440.03	176.38	129.74
002273.SZ	水晶光电	买入	0.84	1.07	1.30	1.59	34.40	35.43	29.30	23.89
300790.SZ	宇瞳光学	买入	0.80	1.33	1.86	-	38.70	26.05	18.58	-

资料来源： ， 国盛证券研究所

内容目录

一、光互联高速发展，驱动精密光学器件市场增长	5
1.1 算力需求持续高增，光互联发展空间广阔	5
1.2 光模块速率升级，对光学元件提出更高要求	9
1.3 CPO：光引擎和外部激光源	15
1.4 OCS：需要大量基础光学器件	20
二、传统光学公司延伸光通信领域，布局新成长曲线	25
2.1 炬光科技：卡位 CPO/OCS 关键光学环节	26
2.2 水晶光电：构建 AI 光学第三条成长曲线	27
2.3 海泰新光：全流程光学自研，调整和扩大算力光器件生产能力	29
2.4 中润光学：重点布局光通信与光互联战略增长极	29
2.5 舜宇光学：切入 AI 光互联核心赛道	30
2.6 永新光学：前瞻布局空间激光通信光学组件	31
2.7 宇瞳光学：模造非球面玻璃量产领先	31
2.8 茂莱光学：深耕精密光学，布局红外激光数据传输	31
2.9 弘景光电：稳步推进光器件/光组件等光通信相关产品的布局	33
2.10 腾景科技：聚焦精密光学，OCS、CPO 前沿布局	33
2.11 蓝特光学：非球面透镜稳步扩张	34
风险提示	35

图表目录

图表 1: 2023-2026F 全球八大 CSP 资本开支总额情况	5
图表 2: 光连接传输速率迭代升级速度加快	6
图表 3: 光互连增速远超 XPU 出货增速	6
图表 4: 以太网光模块及 CPO（100G 及以上）市场规模及预测	6
图表 5: 可插拔、NPO、CPO 结构区别	7
图表 6: Palomar OCS 光学核心的设计与光路示意图	8
图表 7: Palomar OCS 关键组件	8
图表 8: OCS 的四种技术对比	8
图表 9: OCS 的四种技术路径	8
图表 10: 可插拔光模块、CPO、OCS 中的光学元器件	9
图表 11: 光通信产业链图	10
图表 12: 有源光器件与无源光器件	10
图表 13: 无源光器件具体产品及竞争格局	11
图表 14: 光模块结构示意图	12
图表 15: 光模块成本占比	12
图表 16: 光收发模块中的光学元件	13
图表 17: 波分复用器（WDM）分类	13
图表 18: 三端口波分复用（WDM）器件	14
图表 19: Z-BLOCK 示意图	15
图表 20: CPO 光引擎 OE 内部结构	16
图表 21: Nvidia X800-Q3450 CPO 交换机架构	16
图表 22: Nvidia Spectrum-X Photonics 交换机	17
图表 23: COUPE-GC 的光纤阵列单元（FAU）	18
图表 24: FAU 中的 V 型槽与硅微透镜阵列	18
图表 25: 边缘耦合（EC）	18
图表 26: 光栅耦合（GC）	18
图表 27: 激光器与光收发器分离	19
图表 28: TOSA 内部结构示意图	20
图表 29: MEMS 微镜阵列及阵元组成示意图	20

图表 30:	二维 $N \times N$ MEMS 光开关结构的示意图	21
图表 31:	MEMS 光交换工作原理示意图	21
图表 32:	176x176 MEMS OCS 的 BOM 拆分	22
图表 33:	数字液晶光交换结构	22
图表 34:	384x384 LCoS OCS 的 BOM 拆分	23
图表 35:	直接光束偏转 DLBS 光交换示意图	23
图表 36:	iPronics 硅光子光电路交换机	24
图表 37:	部分传统光学公司切入光通信业务	25
图表 38:	炬光科技 2025 光通信应用产品及光通信应用领域	26
图表 39:	炬光科技 $N \times N$ 大透镜阵列产品及应用领域	27
图表 40:	水晶光电布局 AI 光学为第三条成长曲线	28
图表 41:	水晶光电微纳光学领域内产品	28
图表 42:	海泰新光算力光器件在研项目	29
图表 43:	舜宇奥来技术微纳光学元件	30
图表 44:	舜宇光学光学+AI 布局	31
图表 45:	茂莱光学核心技术	32
图表 46:	茂莱光学部分在研项目	32
图表 47:	弘景光电光通信在研项目	33
图表 48:	腾景科技的部分精密光学元组件产品	34
图表 49:	腾景科技可提供 OCS/WSS 用的各类光学元件和器件	34
图表 50:	蓝特光学光通信相关产品、在研项目和核心技术	35

一、光互联高速发展，驱动精密光学器件市场增长

1.1 算力需求持续高增，光互联发展空间广阔

北美四大 CSP 上修 2026 年资本开支。梳理微软、谷歌、亚马逊、META 业绩情况，可以看到 CSP 厂商在主业及 AI 核心业务上持续高速增长，在云服务、搜索、广告等各项业务上各有亮眼表现。其中以谷歌为代表的 CSP 厂商已显著持续跑出算力投入-订单增长-算力不足-资本开支上修的正反馈模型，公司表示其云订单积压规模较上季度近乎翻倍，主要受 TPU 销售驱动，且若非 AI 硬件制约，其云业务增长还将更为快速。除谷歌外，各 CSP 厂商同样对当前增长势头的持续性展望十分乐观。资本开支方面，各 CSP 厂商对全年资本开支持续上调，预计 AI 算力产业链进一步注入成长动力。具体如下：

微软： FY26Q2，资本支出(包括以融资租赁方式获取的资产)为 319 亿美元，同比增长 49%，旨在满足客户对云服务和人工智能解决方案的需求，预计 2026 年全年资本支出将达到 1900 亿美元。

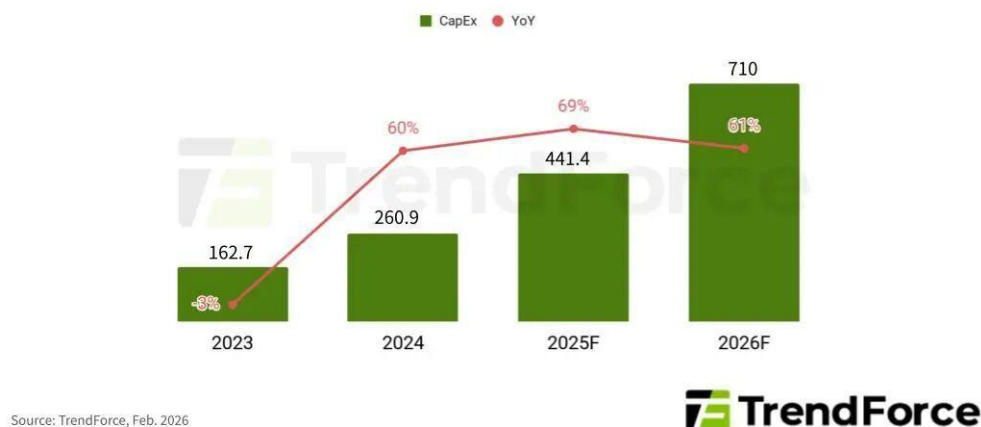
谷歌： 26Q1，谷歌云订单积压规模较上季度近乎翻倍，达到约 4600 亿美元，AI 需求与张量处理器 (TPU) 硬件销售是主要驱动力；本季度资本支出 357 亿美元，包括房地产、服务器、数据中心和其他基础设施。

亚马逊： 26Q1，AWS 在庞大的业务基础上实现了 28% 的增长 (15 个季度以来的最快增速)，芯片业务突破 200 亿美元 (同比增长三位数)，广告业务的滚动 12 个月营收增至 700 多亿美元，零售业务的销量增长达到 15%。

META： 公司预测 2026 年的资本支出(包括金融租赁项下的本金支付)将介于 1250 亿至 1450 亿美元之间，较先前预测的 1150 亿至 1350 亿美元区间有所扩大。

图表1：2023-2026F 全球八大 CSP 资本开支总额情况

2023-2026年全球八大CSP资本支出总额预估 (unit: US\$bn)



资料来源：TrendForce、国盛证券研究所

AI 产业迅猛发展，光互联发展空间广阔。一方面，传统数据中心的光连接传输速率正经历着快速的迭代升级：从 40G 到 400G 的升级周期大约为每 4 年速率翻倍，而自 2023 年被视为 AI 元年以来，传输速率迅速从 400G 跃升至 800G，并预示着未来将进一步迈向 1.6T 和 3.2T 的速率，迭代周期已缩短至每 2 年翻倍。光互连技术凭借其独特的优势，成为唯一能够满足数据中心复杂架构下带宽需求的互联方案。另一方面，光模块与 XPU (如 GPU、TPU 等加速处理单元) 的比例正持续扩大：以 GPT 系列为例，GPT-3 在由 1000 个 XPU 组成的集群上使用了约 2000 个光模块完成训练，XPU 与光模块的比例为 1:2；而 GPT-4 则在由 25000 个 XPU 组成的集群上使用了约 75000 个光模块进行训练，比例提升至 1:3。展望未来，由 100000 个 XPU 组成的集群可能需要 500000 个光

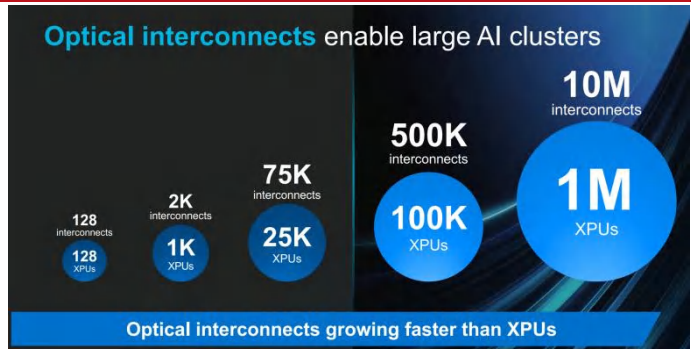
模块，比例达到 1:5；而对于由一百万个 XPU 组成的超大规模集群，则可能对应一千万个光模块，比例高达 1:10。这一趋势清晰地表明，光学互连将在未来迎来重要的增长契机，成为支撑 AI 等前沿技术发展的关键力量。

图表2：光连接传输速率迭代升级速度加快



资料来源：Marvell，国盛证券研究所

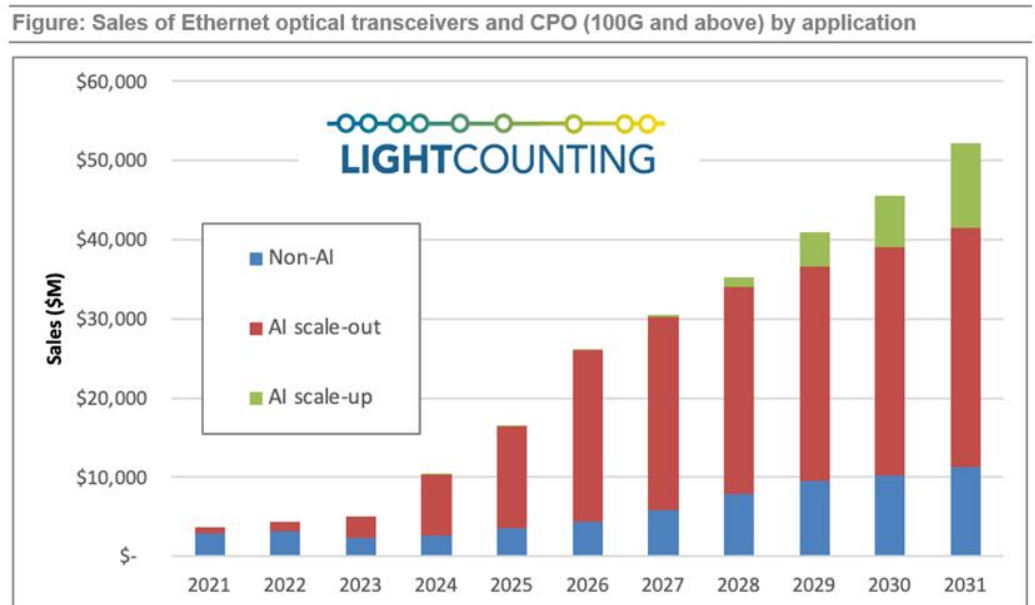
图表3：光互连增速远超 XPU 出货增速



资料来源：Marvell，国盛证券研究所

AI 算力的爆发式增长已成为光通信行业发展的核心驱动力，2026 年全球光互联市场增速有望达 65%。随 AI 技术的应用普及，AI 训练、推理算力需求增加和数据中心扩张，作为信息通信、算力网络基础设施重要组成和关键承载底座的光模块、光器件等光通信市场迎在全球数据量与算力需求持续增长的状态下，海量数据传输需要依托高速率、大带宽、低时延、低功耗的光互联技术，直接推动数据中心光互联技术向多路径并行演进，高速光模块向 800G、1.6T、3.2T 及更高速率快速迭代，OCS 光交换机、CPO 光电共封装等新技术快速落地，进一步带动上游精密光学元组件与光电模组市场的增长。根据 LightCounting，以太网光模块（100G 及以上）及 CPO 的市场规模在 2025 年已达到 165 亿美元，预计 2026 年同比增长 65%，2031 年将超过 500 亿美元。此外，LightCounting 预计 2029 年 OCS 出货量将突破 5 万台，2025-2030 年 OCS 出货量 CAGR 为 15%，未来会有更多除谷歌外的云厂商推动市场规模增长。根据 SignalAI 预测，OCS 的市场规模有望从 2025 年 4 亿多美元增长到 2029 年超过 25 亿美元。

图表4：以太网光模块及 CPO（100G 及以上）市场规模及预测



资料来源：LightCounting Market Research，国盛证券研究所

可插拔光模块、CPO、NPO、LPO 等多种技术路线互补共生，共同推动行业向高速率、低功耗、高集成方向迭代。AI 算力需求的爆发式增长，正推动数据中心内部互连带宽从

800G 向 1.6T、3.2T 快速演进，光互连技术迈入多路线并行、多方案适配的全新发展阶段。从主流量产的可插拔光模块到前沿探索的 CPO 光电共封装，再到高性价比过渡的 NPO 近共封装、高密度升级的 XPO，精准匹配不同算力场景、产业阶段的互补方案。其中，硅光技术已进入规模化应用阶段，行业渗透率超 50%，正加速向超大规模集成演进；CPO 技术逐步进入规模化商用阶段，凭借光电共封装的架构优势，大幅降低功耗、提升带宽密度；NPO 介于传统可插拔模块与 CPO 之间的折中方案，让光引擎更靠近芯片，既降功耗又保灵活；LPO 技术通过去除冗余 DSP 芯片、优化电路设计，有效降低光模块功耗，同时可使光模块总成本下降，优化数据中心能耗结构、降低运营成本。

传统可插拔光模块（Pluggable Optical Transceiver）：目前应用最广泛的产品形态，包括光发射组件、光接收组件、光接口、电接口、结构件等。可热插拔，维护方便，技术成熟。光引擎是可插拔的光模块，光纤插在光模块上，通过 SerDes 通道，送到网络交换芯片（ASIC）。

LPO（线性直驱可插拔光模块）：为传统可插拔光模块的缩减版，去掉 DSP 部件，将这部分功能（线性补偿等）转移到 ASIC 侧完成。LPO 延迟、成本、功耗等方面明显下降，是一种比较适合短距离场景的方案。

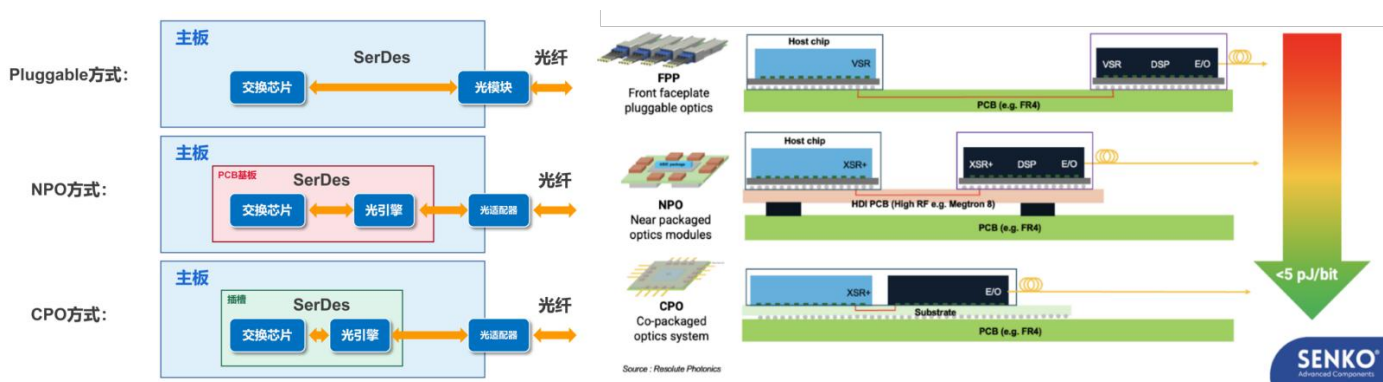
XPO：（扩展型可插拔光模块）：与 LPO 相反，XPO 可以看成传统可插拔光模块的加强版，将光通道密度等成倍增强，实现更大容量传输。由于容量增大，功耗也增加，需要针对性设计，并配置液冷功能。

NPO/CPO 是将网络交换芯片和光引擎（光模块）进行封装的技术。CPO 是终极形态，NPO 是过渡阶段。可以看到传统的设计方式，光模块到交换芯片、计算芯片之间还有一段板级电路，也会导致功耗增加，性能损失，速率越高越突出。光模块的位置如果尽可能与交换芯片、计算芯片等 ASIC 贴近，甚至一体化，则可以缓解这一问题，但涉及到复杂工艺、良率、成本、维护、生态等多方面，不能一蹴而就，NPO 过渡方案应运而生。

NPO（近封装光学）：将光引擎与交换芯片分开，装配在同一块 PCB 基板上，但不是封装在同一个芯片内，近而不共，光源可插拔，维护方便。

CPO（共封装光学）：将交换芯片和光引擎共同装配在同一个 Socketed（插槽）上，采用 2.5D/3D 封装，形成芯片和模组的共封装，不可插拔。

图表5：可插拔、NPO、CPO 结构区别

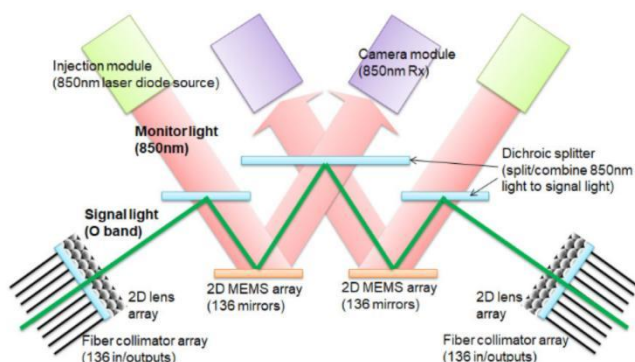


资料来源：鲜枣课堂，senko，国盛证券研究所

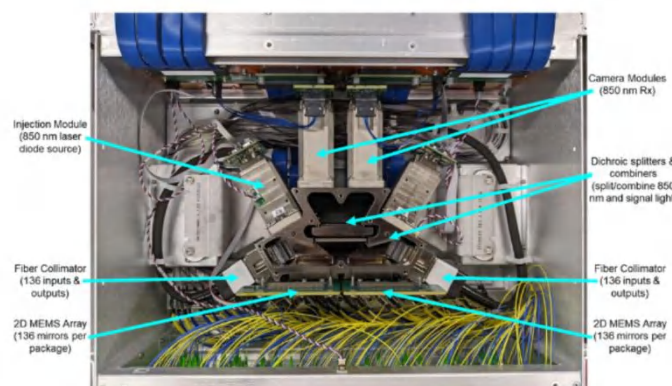
光路交换机（Optical Circuit Switch, OCS）是一种基于全光信号直接交换的网络设备，其核心是通过光开关矩阵（如 MEMS 微镜、液晶或波导技术）改变光信号的物理传输路径，实现端到端的光路连接。与传统电交换机需经过“光-电-光”转换不同，OCS 全程在光域完成信号路由，避免了光电转换带来的延迟和功耗，具备纳秒级交换速率、低时延和高能效比的特性。

AI 模型规模的增长已使集群扩展到数十万 GPU，传统电交换架构在万卡集群中面临时延、拓扑适配、可靠性与功耗四大瓶颈。谷歌已在 Jupiter 数据中心和 TPU 超级计算集群规模化部署中验证了 OCS 路线的可行性：Google 的 OCS 称为 Palomar，通过全光交换替代电交换，可实现能效比提升 5 倍、成本降低 30%。光交换不再是可选技术，而是 AI 算力基础设施竞争的战略必选项。目前，OCS 在横向扩展（故障容错/恢复）方面效果显著；未来若能解决集成难题，有望进入纵向扩展域，实现灵活拓扑的动态重构。

图表6: Palomar OCS 光学核心的设计与光路示意图



图表7: Palomar OCS 关键组件



资料来源：《Mission Apollo: Landing Optical Circuit Switching at Datacenter Scale》，Ryohei Urata, Amin Vahdat Google LLC 等，国盛证券研究所

资料来源：《Mission Apollo: Landing Optical Circuit Switching at Datacenter Scale》，Ryohei Urata, Amin Vahdat Google LLC 等，国盛证券研究所

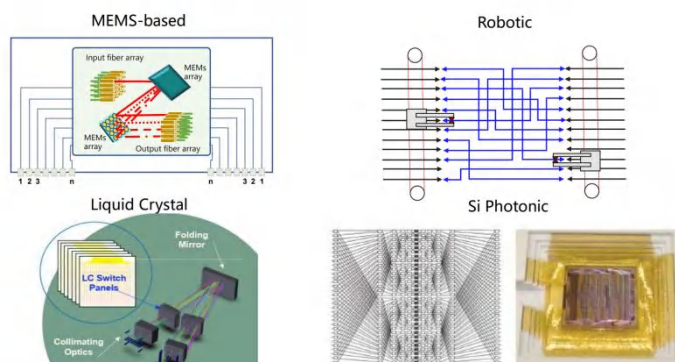
OCS 主要技术路线包括 MEMS、数字液晶、压电陶瓷、硅光波导，各自在端口规模、切换速度和插入损耗上取舍不同。其中 MEMS 方案称微机电系统，性能均衡，在切换速度、端口数量及成本方面符合客户接受标准，谷歌 OCS 称 MEMS 方案，当前端口为 128×128。Lumentum 推出的 R300 系列 MEMS 方案支持 300 端口以上，于 2025 年上半年正式推出并已向微软、谷歌送样认证；Coherent 主张数字液晶技术；POLATIS 自研专利 DirectLight 光束偏转技术，通过紧凑型压电陶瓷驱动；iPronics 的硅光 OCS 实现 256 端口。OCS 技术选型的关键权衡是：切换速度决定拓扑重构的响应粒度，端口规模决定可重构域的上限，插入损耗决定链路预算能否闭合。当前 3D MEMS 在规模和成本上最成熟，SiP MEMS 在切换速度上最具潜力。

图表8: OCS 的四种技术对比

技术方案	相对成本	端口数量	切换时间	插入损耗 (dB)	驱动电压 (V)
MEMS	低	320x320 (可扩展至千端口)	几十毫秒	~3	~100
DLC	低	300x300	几百毫秒	~4	<10
DLBS	高	576x576	几十毫秒	~2.5	~10
SiP MEMS	中	128x128	十几微秒	>5	30~50

资料来源：《超节点技术体系白皮书》，上海人工智能实验室，国盛证券研究所

图表9: OCS 的四种技术路径



资料来源：FUTUREWEI，国盛证券研究所

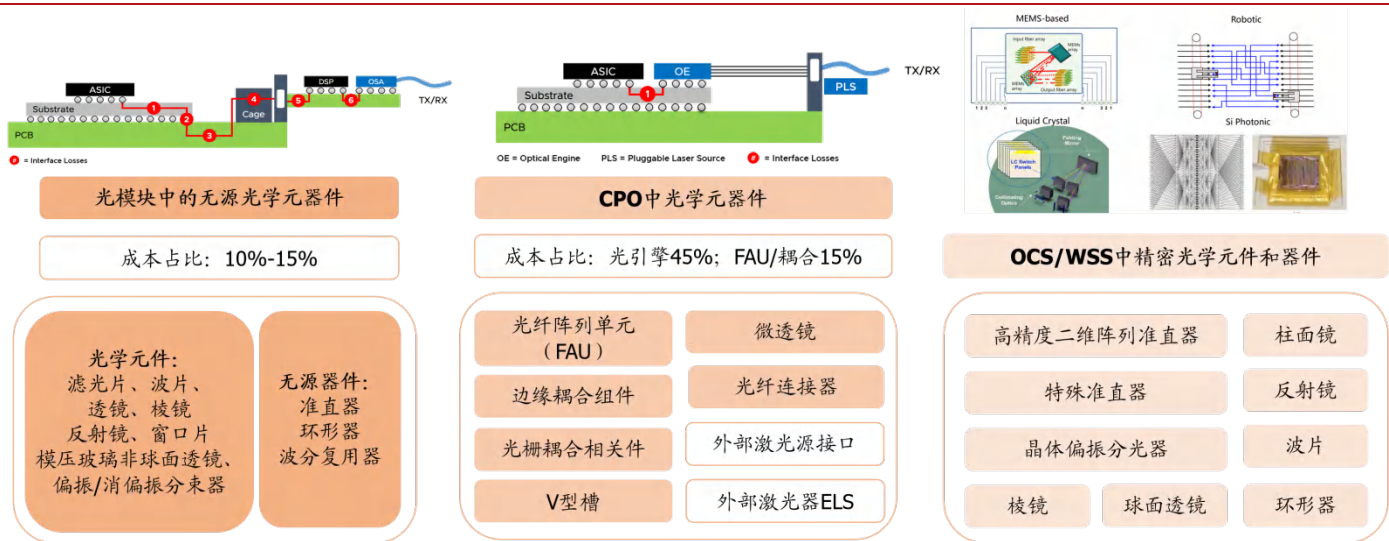
Lumentum 在其 FY26Q3 业绩说明会上表示，随着超大规模云服务商因单栋数据中心电力和空间趋近上限而转向分布式架构，需要在多个数据中心之间进行高带宽同步，公司的泵浦激光器、窄线宽激光器组件以及波长选择开关（WSS）恰好满足激进的功耗和性能目标。

1) **Components 业务:** 窄线宽激光器组件出货量连续第九个季度增长，同比增幅超过 120%；泵浦激光器出货量同比增长 80%。EML 出货量再创纪录，100G 速率产品仍是主力，200G EML 收入环比翻番，公司出货的激光芯片数量是去年同期的两倍。用于 CPO 的超高功率激光芯片制造按计划推进，本季度已实现环比增长，预计 2026 自然年 12 月将贡献显著收入，并履行 2027 年上半年数亿美元的采购订单。同时积极发展 ELS 外部光源产品。EML 供需缺口已从上一季度的 25%-30%扩大至超过 30%，公司预计在 2026 年 12 月实现 EML 单位出货环比增长超过 50%。

2) **Systems 业务:** 已为 FY26Q4 的 1.6T 高速收发器出货做好准备，届时部分产品将采用公司自研的 CW 激光器。OCS 此前已获得了一项多年、数十亿美元的采购协议，目前正在按计划爬坡。

1.2 光模块速率升级，对光学元件提出更高要求

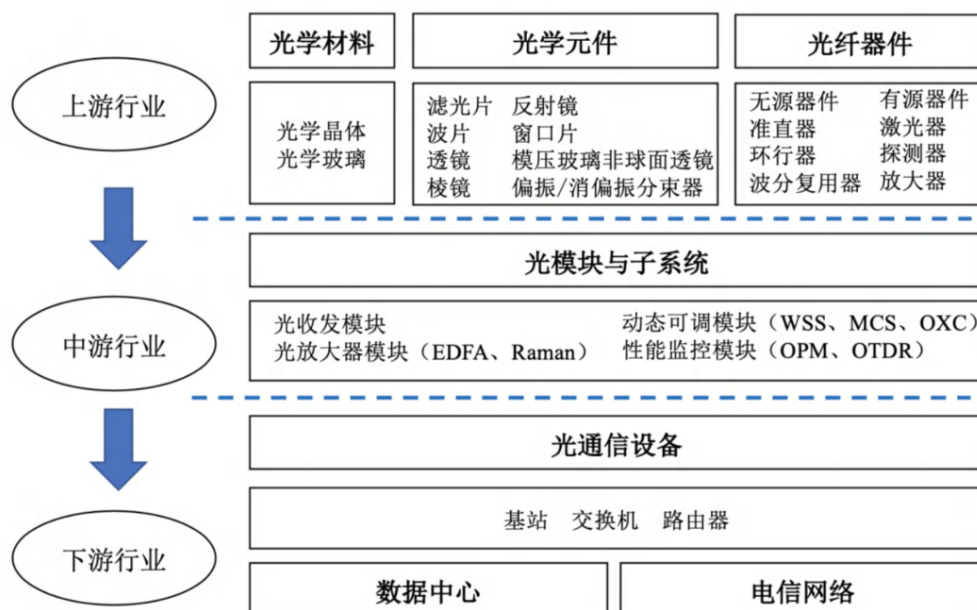
图表10: 可插拔光模块、CPO、OCS 中的光学元器件



资料来源: 博通, 腾景科技招股书, 腾景科技官网, 光库科技公告, 友硕, FUTUREWEI, 国盛证券研究所整理

光器件为光通信产业链上游，性能直接关联光模块的传输速率与质量。光通信产业链上游为光/电芯片、光器件、光纤光缆等产品。由于光信号在光纤中的传输速率已接近光速，达到 $2.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，但光器件、光设备的处理和传输速率存在瓶颈，因此光器件和光设备是制约光信号传输的核心环节，很大程度上决定了光通信网络的信息传输速度、质量、性能水平和可靠性。从功能维度看，光器件主要承担光信号的产生、调制、探测、接收、连接、传导、发送、波分复用和解复用、光路转换、信号放大、光电转换等关键作用，是光通信系统中信号处理与传输的基础载体。

图表11: 光通信产业链图



资料来源: 腾景科技招股书, 国盛证券研究所

光器件根据是否需要能源驱动可分为有源光器件和无源光器件两种: 1)有源光器件负责光信号的产生, 将电信号转换为光信号、光信号转换为电信号以及发射、接收光信号等工作; 2)光无源器件指无需外部能源驱动即可工作的光电子器件, 仅通过光学原理 (如反射、折射、衍射) 被动处理光信号, 实现对光信号传输、分配、滤波、隔离或耦合等功能, 不改变光信号的波长或进行能量放大, 不涉及光-电或电-光转换, 典型产品包括光纤连接器、光纤耦合器、光波分复用器、光衰减器及光隔离器等。

在高速光模块中, 有源器件的性能发挥, 需要内部无源光器件的协同精度。随着数据速率向 400G、800G 乃至更高速率迈进, 光模块的性能上限已不再单纯依赖于 DSP 芯片的算力, 还受限于内部所有关键光器件的协同集成精度, 这对光信号的高效耦合、精准路由、稳定合分波等提出了严苛挑战。

图表12: 有源光器件与无源光器件

器件类型	器件	器件功能
有源光器件	激光器	将电信号转换成光信号, 提供光源
	光探测器	能够检测出入射在其上面的光信号, 并完成光信号向电信号的转换
	光放大器	利用激光受激辐射原理, 对光信号进行放大
	光收发器	将光发送器件和光接收器件集成在一起的光电转换器件
	光调制器	在光电转换过程中, 调整光信号的强度、相位、偏振、频率和波长, 方便信号处理、传输和检测
无源光器件	光纤连接器	为光信号提供传输通道, 实现系统中设备间、设备与仪表间、设备与光纤间以及光纤与光纤间的非永久性固定连接
	光模块内连接器件	用于连接激光器、探测器与光接口, 承担着接收外部光信号并将其传输到光模块或通信设备内部探测器以及接收光模块或设备内激光器发出的光信号并将其传输到外部光纤线路的作用
	光开关	是一种具有一个或多个可选择的传输端口, 可对光传输线路或者集成光路中的光信号进行相互转换或逻辑操作的器件
	波分复用器	是一种特殊的耦合器, 是构成波分复用多信道光波系统的关键器件, 可以将若干路不同波长的光信号复合后送入同一根光纤中传送, 将同一根光纤中传送的多波长光信号分解后传输给不同的接收机
	光分路器	是一种集成波导光功率分配器件, 作用是实现光信号的分路, 可将光信号分至多条光纤
	光隔离器	是一种只允许光正向传输的光无源器件, 它相当于电子系统中二极管的功能, 常置于光源后, 用来抑制光传输系统中反射信号对光源的不利影响
	光衰减器	通过对光信号的衰减来实现光功率的控制, 是使传输线路中的光信号产生定量衰减的光器件
	光滤波器	用来进行波长选择的器件, 它可以从众多的波长中挑选出所需的波长, 而除此波长以外的光将会被拒绝通过

资料来源: 舜东光招股书, 国盛证券研究所

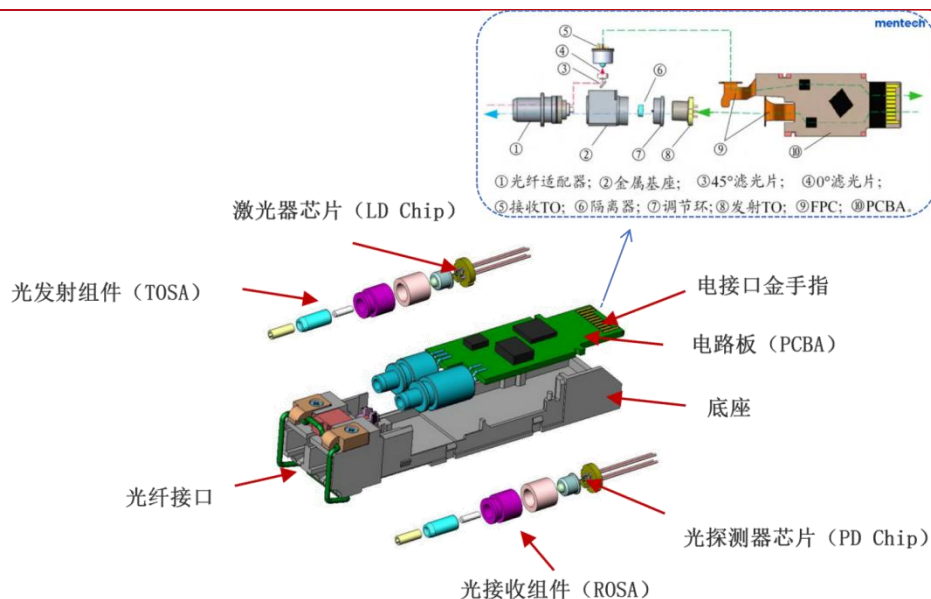
图表13: 无源光器件具体产品及竞争格局

器件	作用	市场规模	参与玩家
光纤连接器	相当于光纤系统的“插座/插头”，基于光在光纤中的全反射传输原理，利用精密陶瓷（或金属）插芯内孔把裸纤固定，将两根光纤的纤芯端面精密对准（微米级对准）并接合，使发射端光纤输出的光功率最大限度耦合进入接收端光纤，同时尽量减少连接引入的损耗和反射。光纤连接器按照光纤芯数分为单芯连接器和多芯连接器，其中单芯连接器通常采用氧化锆（ZrO2）陶瓷材料制成的插芯，用于单根光纤的连接，包括LC、SC、FC、APC等多种类型；多芯连接器采用MT插芯，主要包含MPO、MTP系列。	根据C&C，2024年全球光纤连接器市场规模接近50亿美元，预计到2027年规模可达70亿美元。2023-2027年CAGR可达13%；预计到2027年全球插芯的需求量可突破30亿只。	全球高端光纤连接器，如MPO/MTP系列高密度多芯光纤连接器主要由美日欧品牌主导，但海外主要企业大多在中国设立生产基地，或者由中国厂商代工，陶瓷插芯等关键元件也主要由中国厂商提供。美国光纤连接器主要企业包括泰科电子、安费诺（收购康普宽带）、康宁、莫仕、3M、US Conec、泛达、Siemon等；日本光纤连接器主要企业包括古河电工、住友电工、SENKO、藤仓等；欧洲光纤连接器厂商包括德国罗森伯格、爱尔兰伊顿、德国ODU、瑞士瀚讯等。 中国光纤连接器产量预计占全球70%左右 。国内光纤连接器主要生产企业包括富士康（代工）、光迅科技、太辰光、天孚通信、中航光电、亨通光电、烽火通信、特发信息、仕佳光子等
光分路器	俗称“分光器”，是PON网络中的一个组件，是FTTx方案中最常用的无源器件之一。用于在光纤通信系统中将单路或两路输入光纤的信号按特定比例均分/不均分至多个输出端（分光），或反过来将多路输入光纤信号合并为单路输出（合波）。按照实现方式，光分路器可分为熔融拉锥式（FBT）和平面波导式（PLC）两类，其中FBT成本较低，应用于低通道市场，PLC具备性能优势和集成潜力，应用于高通道、高密度场景。	根据Semiconductor Insight数据，2024年，全球平面波导型PLC分路器市场规模为2.347亿美元，预计到2032年将达到4.238亿美元，2025-2032年CAGR为8.98%。	PLC光分路器芯片当前由中国厂商主导，占据全球90%左右的市场份额 ，仕佳光子、鸿辉光通、太辰光、光迅科技、博创科技等同时涉及光分路器封装等光器件业务。海外PLC光分路器芯片企业主要有韩国Wooriro、韩国AL Tech、NTT-AT、日本大道光通信等。
波分复用器	将不同工作波长的光信号在一根光纤上合路传输（复用）或分路还原（解复用）的器件，从而实现单根光纤的传输容量提升。按照波长，波分复用器主要分为稀疏波分复用（CWDM）和密集波分复用（DWDM）两类；按照实现技术，波分复用器包括薄膜滤波器（TFF）型、阵列波导光栅（AWG）型、光纤光栅+环形器型等。	根据Business Research Insights数据，2023年全球AWG芯片市场规模约为11.3亿美元，预计到2032年将达到28.9亿美元，复合年增速达11.1%。	国内波分复用器生产企业包括：太辰光、长芯博创、光迅科技、仕佳光子、天孚通信、光库科技等。TFF薄膜滤波器片国产主要企业包括腾景科技、永鼎光电、东田微等；AWG芯片已基本实现国产化，国内主要芯片厂商包括光迅科技、仕佳光子等。
光隔离器	是一种只允许光沿正向传输、阻断反向回波的无源光器件，其核心作用是在光路中非互易地隔离反射光，防止光路中的后向传输光（如反射光）对光源（激光器）及光路系统产生不良影响，提升系统稳定性与可靠性。光通信用的光隔离器几乎都用法拉第磁光效应原理制成，主要由起偏器、法拉第旋光器（芯片）、检偏器构成。其中， 法拉第旋光器（FRG）是核心材料，占光隔离器的成本可达50% ，技术壁垒高。法拉第旋光器生产工艺主要是在晶圆衬底上生长薄膜磁光晶体，主要的磁光晶体材料包括YIG（钇铁石榴石）、TGG（钽铌石榴石）、铋置换稀土类铁石榴石单晶（RIG），其中YIG、TGG最为成熟。从适用场景来看，YIG是当前光通信模块的主流选择，TGG适用于400-1100nm波长的激光器件，主要为高功率的工业激光领域，RIG适用于1100nm以上的激光器件领域，主要应用于光通信、激光雷达和激光美容等领域。	根据Global Growth Insights数据，2024年全球光通信用光隔离器市场规模约8.2亿美元。	光隔离器生产企业绝大部分为中国厂商（包括Coherent/Finisar等外资企业在中国的生产基地），2022年国产化率已达到90%以上，国内光隔离器主要企业包括昂纳科技、鑫宇科技、天孚通信、东田微、长飞光纤等。 光隔离器芯片法拉第旋光器主要由Coherent（II-VI）、GRANOPT（三菱与住友合资）两家公司垄断，全球市场份额超过90%。 近年来国产企业在晶体材料实现突破 ，磁光晶体国内布局厂商包括福晶科技、森一量子（厦门）、东田微（同时布局YIG单晶与隔离器成品）、长飞光纤（子公司长飞光场TGG晶体自产）、成都飞锐特科技等企业，中科院上海光机所等科研机构近期也取得相应进展。
光衰减器	是一种用于降低光信号功率的无源器件，其核心功能是通过吸收、散射、反射或错位耦合等方式，精确控制光信号的衰减量，确保光通信系统或测试设备中的信号强度在合理范围内。根据调节方式和功能，光衰减器可分为固定式光衰减器、可调式光衰减器（VOA），可调式光衰减器又可分为分档可调型衰减器、连续可调型衰减器等。按工作原理分类，光衰减器可分为位移型光衰减器、衰减片型光衰减器、智能型光衰减器等。	根据Business Research Insights数据，2024年全球可调式光衰减器（VOA）的市场规模为5亿美元，预计2033年达到7.1亿美元，	光衰减器的市场格局相对分散，生产企业众多。海外光衰减器主要厂商包括Coherent、Lumentum、住友电工、康宁、L-com、Fujikura（子公司AFL）、Thorlabs、莫仕、安费诺、Viavi Solutions、Keysight等。 国内企业包括昂纳科技、光迅科技、长飞光纤、亨通光电、华工正源、烽火通信、天孚通信、太辰光、仕佳光子等。
光纤耦合器	指任何能把两根或多根光纤里的光功率按一定比例进行“耦合/分束/合束”的无源器件。利用不同光纤面紧密相邻纤芯中导波能量的相互交换作用构成。光纤耦合器按所采用的光纤类型，可分为多模光纤、单模光纤和保偏光纤耦合器等。广义的光纤耦合器包含了光分路器。	2024年全球光纤耦合器市场规模预计在13-15亿美元之间。	多数光模块厂商布局光纤耦合器，并将其整合在光模块整体方案中。海外光纤耦合器主要企业包括康宁、Coherent（整合Finisar、II-VI）、Lumentum（收购Oclaro）、Fujikura（子公司AFL）、Thorlabs、OZ Optics、Senko、瑞士瀚讯等。 国内企业主要有光迅科技、中际旭创、长飞光纤、亨通光电、昂纳科技、华工正源、烽火通信、太辰光、天孚通信、仕佳光子等。
光开关	是一种用于控制光信号传输路径的无源器件，具有一个或多个可选传输端口，核心功能是基于外部控制信号（如电信号、光信号、机械力等），对光传输链路或集成光路中的光信号进行物理路径切换、端口选通或逻辑状态调控，实现光信号在不同通道间的定向传输。按照其功能原理，光开关包括机械式光开关（通过电机或压电元件驱动光纤、棱镜或反射镜移动）、MEMS（微机电系统）光开关和非机械式光开关，非机械式的原理包括电光效应、热光效应、声光效应、磁光效应、液晶效应等。	根据Business Research Insights，预计2025年全球MEMS光开关市场规模为2.7亿美元，预计到2034年将达到6.1亿美元，2025年至2034年的CAGR约为9.63%。	海外光纤耦合器主要厂商包括Coherent、Agiltron、DiCon Fiberoptics、EXFO、Thorlabs、Orbray、瑞士瀚讯、莫仕等。 国内企业主要有光迅科技、昂纳科技、长芯博创、永鼎光电子、三石国科技、华科光电等。
光滤波器	也称滤光片，是一种用于选择性透过或反射特定波长光线的光无源器件，通过光学特性（如干涉、衍射、共振）从多波长混合光中筛选特定波长，同时阻断其他波长通过，从而实现光信号的分离、提取与噪声抑制。	根据Market Research Future数据，2024年全球光纤滤波器市场规模为27.4亿美元，预计2025年达到29.4亿美元，2034年将达到55.6亿美元，2025-2034年CAGR为7.32%。其中，电信领域的光纤滤波器市场规模为9.5亿美元，占比达37%，为最大的应用市场，预计2032年市场规模增长至17.5亿美元。	海外光滤波器主要厂商包括Taiyo Nippon Sanso、Nitto Denko、Ocean Insight、豪雅、康宁、OptiFiber、Lynceus、肖特、Fujikura、OptoSigma、Thorlabs、爱德蒙光学、Newport Corporation、Melles Griot等。 中国代表厂商主要有中航光电、光迅科技、昂纳科技、长飞光纤、光库科技、天孚通信、华工正源等。

资料来源：深创投研究，国盛证券研究所

光模块由多个光学组件（包含光芯片与各类光器件）和电路系统封装而成。光芯片加工封装为光发射组件（TOSA）、光接收组件（ROSA）（光发射接收组件），再将光收发组件、电芯片、结构件等进一步加工成为光模块。TOSA将电信号转换为光信号进行传输，ROSA则执行相反的功能，将光信号转换回电信号，BOSA将TOSA和ROSA的功能集成到一个单元中，用于双向通信。BOSA主要由发射激光器、接收探测器、适配器、滤波器、基座、隔离器和芯片套筒组成。

图表14: 光模块结构示意图



资料来源: 鲜枣课堂, 讯石光通讯网, 国盛证券研究所

根据弗若斯特沙利文, 光模块成本构成中光学组件占比达 73%, 其中以激光器为主的光发射组件 (TOSA) 和以检测器为主的光接收组件 (ROSA) 占比达到光学器件成本的 80%。光芯片作为光收发组件的核心部分, 占比达到 TOSA 和 ROSA 总成本的 80%, 据此推算, 不含光芯片的光收发组件/滤光片在光模块的成本构成中占比约为 11.6%/2%。

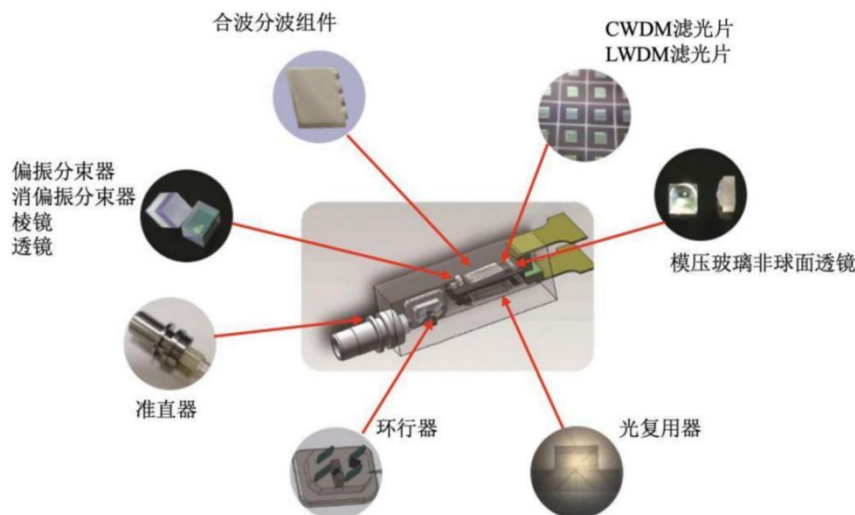
图表15: 光模块成本占比

光模块成本构成	占比
光学组件:	73%
其中: TOSA 和 ROSA (光收发组件)	58% (=73%*80%)
其中: 光芯片	46.4% (=58%*80%)
不含芯片的光器件	11.6% (=58%*20%)
尾纤	7%
结构件	6%
滤光片	2%
电路系统	27%

资料来源: 光库科技公告, 国盛证券研究所

光收发模块中, 主要构成包括滤光片、偏振分束器 (PBS)、消偏振分束器 (NPBS)、棱镜、透镜、非球面透镜等各类光学元件, 以及环行器、准直器、合波分波组件、光复用器等光纤器件。光模块正经历从 400G 向 800G/1.6T 的快速迭代, 每一次速率升级都对光隔离器、WDM 滤光片等上游器件的性能和用量提出更高要求, 为通信类光学元器件带来了广阔的市场空间。

图表16: 光收发模块中的光学元件



资料来源: 腾景科技招股书, 国盛证券研究所

PLC 光分路器:光分路器主要由分路器芯片、光纤阵列、封装外壳及材料、连接器接口等组装而成, 在主流的 PLC 光分路器中, PLC 芯片占物料成本比重可达 40%-60%, 光纤阵列占成本 20%左右, 是最主要的元件。由于芯片是光分路器的主要技术壁垒, 因此主要芯片厂商大多采用 PLC 晶圆-芯片-器件一体化的 IDM 模式。

波分复用器 (WDM) 是一种将不同工作波长的光信号在一根光纤上合路传输 (复用) 或分路还原 (解复用) 的器件, 从而实现单根光纤的传输容量提升。TFF 型在较低通道数的波分复用器 (CWDM) 中应用广泛, AWG 型在高通道数、高集成度的应用场景 (DWDM) 中逐渐成为主流。根据 Business Research Insights 数据, 2023 年全球 AWG 芯片市场规模约为 11.3 亿美元, 预计到 2032 年将达到 28.9 亿美元, 复合年增速达 11.1%。

图表17: 波分复用器 (WDM) 分类



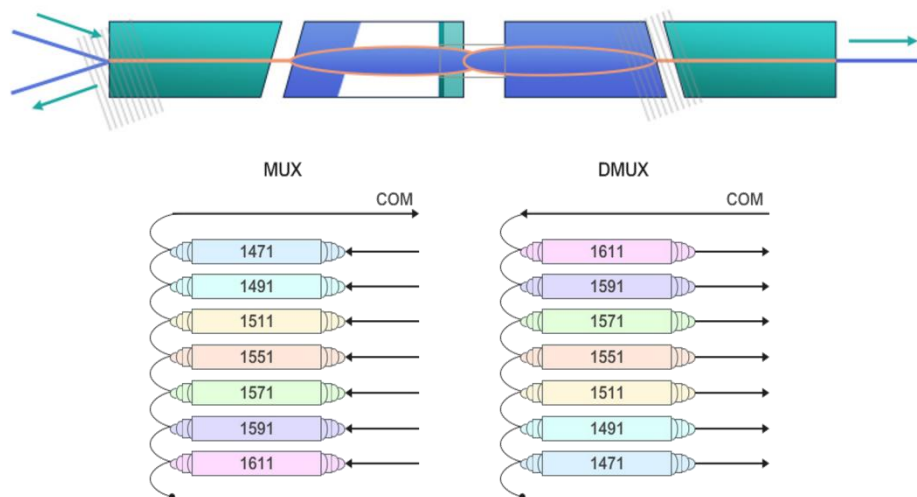
资料来源: 深企投研究, QSFTEK, 国盛证券研究所

TFF 薄膜滤波片和 AWG 芯片是波分复用器的核心元件。1) 薄膜滤波器 (TFF) 是整个波分复用装置中至关重要且价格相对昂贵的组件。一个三端口 WDM 器件包含一个双光纤准直器、一个单光纤准直器和 TFF 滤波器。多个三端口器件必须依次连接才能构建波分复用模块, 以解复用所有波长。在此配置中, 每个三端口器件都具有具有不同传输波长的 TFF 滤波器。由此产生的 WDM 模块具有双重功能: 根据信号传输方向的不同, 它可以作为解复用器或复用器。

2) AWG 技术具有更高的波长隔离度、信道数量和带宽，被应用于高速光通信系统中。

基于 TFF 的 WDM 模块通常被限制在 ≤ 16 个通道，然而，传统的密集波分复用（DWDM）系统通常需要在单根光纤中传输 40 或 48 个波长。这就需要具有高端口数的复用器/解复用器单元。串行结构会在终端端口处积累过多的损耗，因此需要一种能够同时复用/解复用数十个波长的并行结构，阵列波导光栅（AWG）正是满足这一需求的解决方案。AWG 由一系列平行排列的波导组成，这些波导以特定的规则性和晶格分布排列在光波导上。每个波长的光都通过指定的波导，从而实现信号的复用和分离。

图表18: 三端口波分复用（WDM）器件

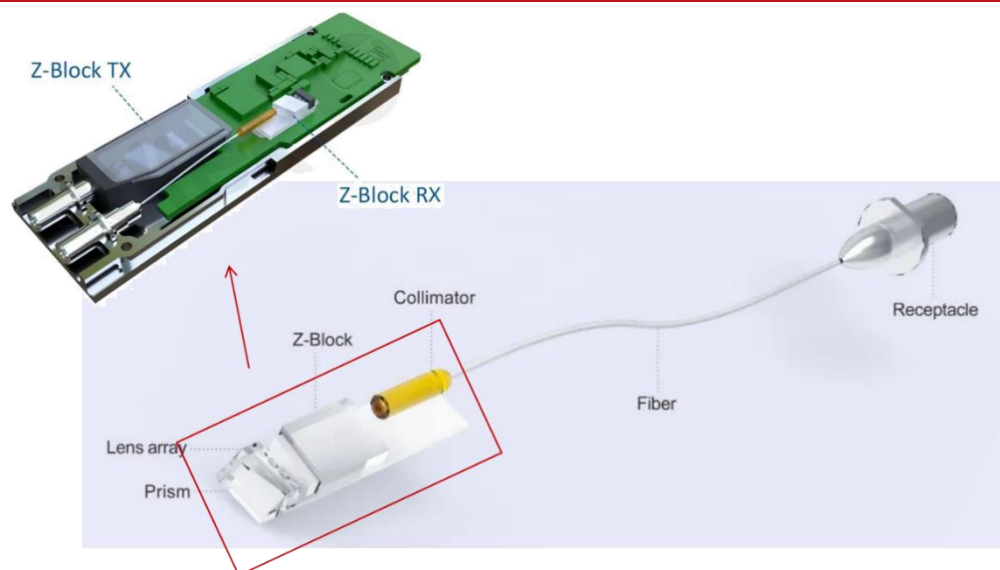


资料来源: QSPTEK, 国盛证券研究所

国内波分复用器生产企业包括：太辰光、长芯博创、光迅科技、仕佳光子、天孚通信、光库科技等。TFF 薄膜滤波片国产主要企业包括腾景科技、永鼎光电子、东田微等；AWG 芯片已基本实现国产化，国内主要芯片厂商包括光迅科技、仕佳光子等。

Z-BLOCK 本质是基于光学薄膜滤波技术与自由空间光程压缩技术的合波/分波器件，出厂前已经把 Z-BLOCK、准直器、隔离器、聚焦透镜全部耦合完毕，封装到基板上，客户收到后可直接封装芯片，大幅降低组装复杂度与成本，真正实现“即插即用”的高效运维模式。随着 AI 算力网络持续扩张与大模型训练规模不断提升，数据中心光互连正加速向 800G 乃至 1.6T 演进。高速率不仅意味着带宽提升，也对光模块内部光路设计提出更高要求——更高集成度、更低插损、更优一致性，成为决定系统性能与规模化部署能力的关键。作为核心光学集成单元，Z-Block 正逐步成为中长距（FR/LR）光模块中的关键架构。

图表19: Z-BLOCK 示意图



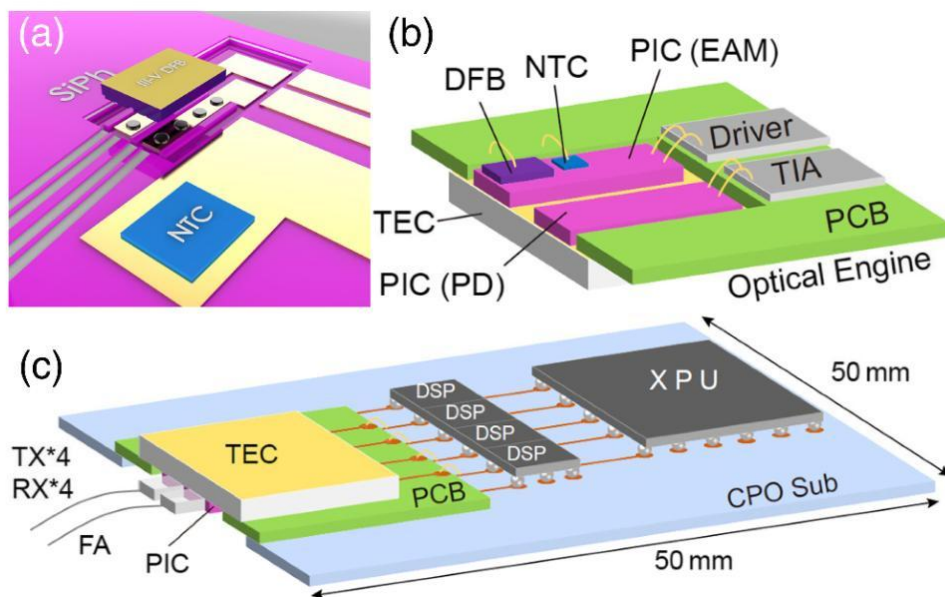
资料来源：讯石光通信，驿路通，国盛证券研究所

玻璃非球面透镜光学性能优异，是光模块的关键元器件，市场需求稳步增长。玻璃非球面透镜具备优异的光学性能和灵活的设计，通过精密非球面设计，能够更精准的会聚激光或调整光路，显著提升光在激光器、光纤、探测器间的能量传递效率，从而直接影响光信号的传输效率、模块的集成度以及整体的稳定性。随着数据传输速率快速提高，对光模块中光路的耦合效率与稳定性提出更高要求。微型玻璃非球面透镜凭借高精度面型与优异的热稳定性，逐步成为保障信号高质量传输的关键元器件。市场需求与技术创新活力将持续迸发，行业前景广阔。根据博研咨询数据及预测，2024 年我国光通信非球面透镜市场规模为 15.8 亿元，此后将以 17.7% 的复合增速保持增长，到 2030 年市场规模将达到 42 亿元。

1.3 CPO：光引擎和外部激光源

CPO (Co-Packaged Optics, 共封装光学) 是一种新型光互连架构，通过 2.5D/3D 先进封装技术，将高速光引擎或光模块与交换芯片或大规模 AI 计算芯片集成于同一封装基板或同一机箱内，将电气路径缩短至 50 毫米以内，显著降低了传输损耗。CPO 技术主要应用于数据中心交换机接口。当前，数据中心交换机主流连接方式仍以热插拔光模块为主，但在智算中心驱动的高速率发展背景下，系统对降本及能效优化的需求持续提升。受限于现有外形尺寸，热插拔光模块在电气与光连接器密度、功耗控制等方面面临显著瓶颈。

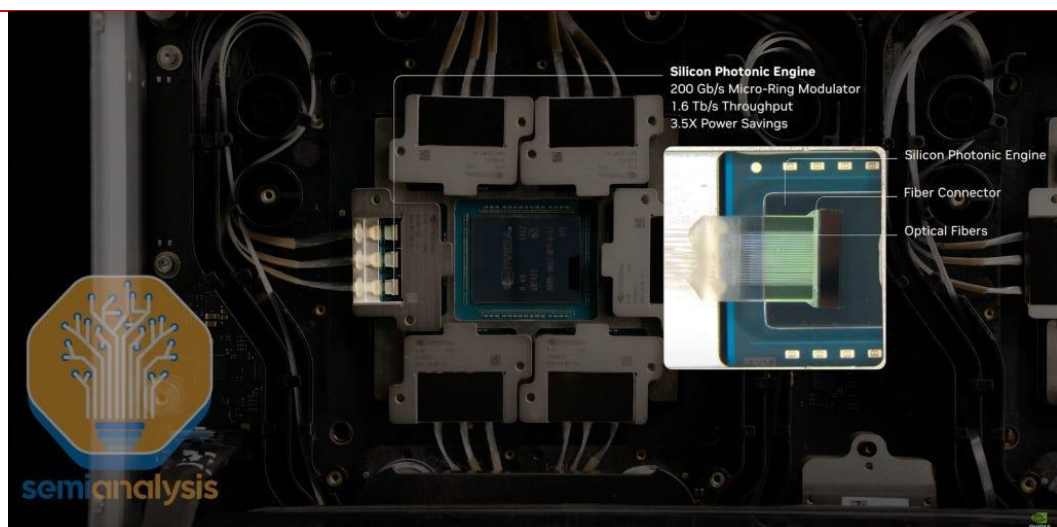
图表20: CPO 光引擎 OE 内部结构



资料来源:《Thermal management in copackaged optics: from device assembly to system operation》, Yang, Z., He, G., Li, Y., Sun, Y., Luo, W., & Zhang, W., 国盛证券研究所

Nvidia X800-Q3450 CPO 交换机架构展示了硅基光电子引擎，配备 200 Gb/s 微环调制器，每个引擎提供 1.6 Tb/s 吞吐量，以及用于外部连接的光纤连接器和光纤。Nvidia 的 X800-Q3450 CPO 交换机，配备 144 个物理 MPO 端口，可支持 144 个 800G 逻辑端口或 72 个 1.6T 逻辑端口，总带宽达 115.2T。Quantum-X800-Q3450 中的每个 ASIC 都由六个可拆卸的光学子组件环绕，每个子组件包含三个光引擎，每个光引擎提供 1.6Tbit/s 的带宽，因此每个 ASIC 总共有 18 个光引擎，每个 ASIC 的总光带宽为 28.8Tbit/s。未来版本预计将过渡到 36 个光引擎，每个以 3.2 terabit 每秒运行。每个引擎都拥有 8 个电通道和光通道，电通道侧由 200G PAM4 SerDes 驱动，光通道侧则使用 8 个微环调制器 (MRM)，每个调制器采用 PAM4 调制，从而实现 200G 的传输速率。这些光引擎的成本结构可观，每个单元完整组装（包括光纤连接单元）的成本约为 1000 美元，仅光引擎的总物料成本就达到 35000-40000 美元（针对 3.2T 光引擎版本）。

图表21: Nvidia X800-Q3450 CPO 交换机架构

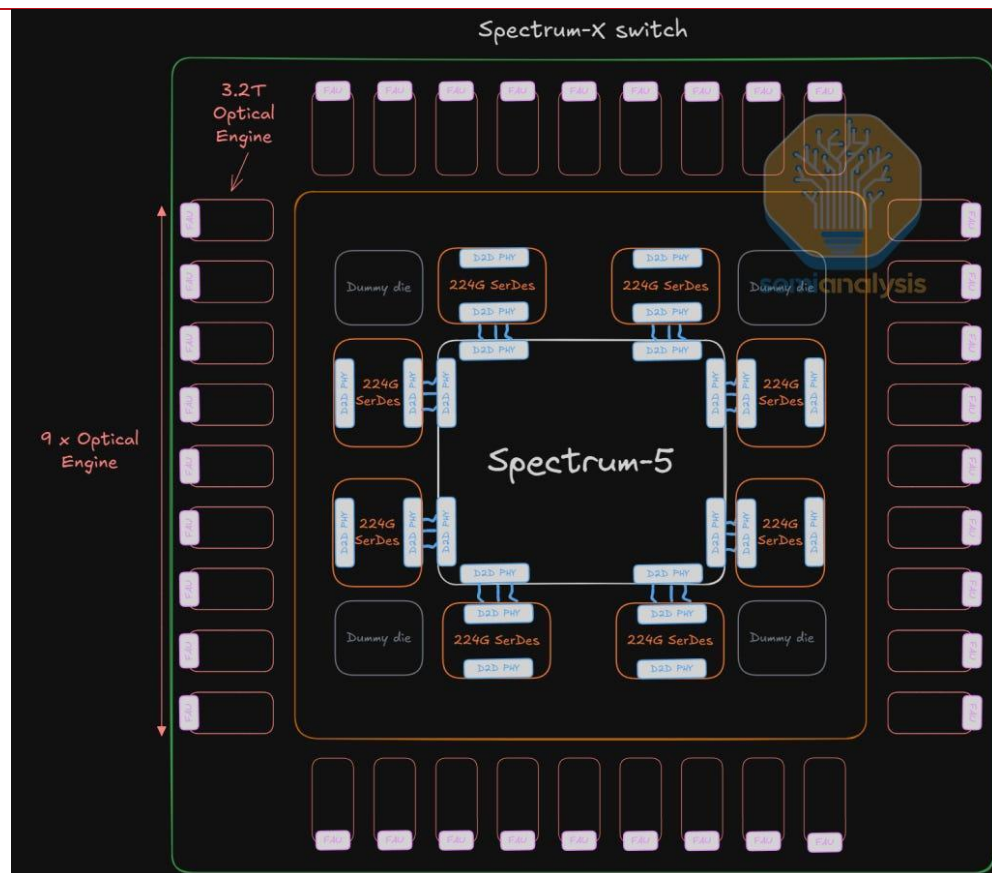


资料来源: Semianalysis, Nvidia, 国盛证券研究所

Nvidia 的 Spectrum-X Photonics 的交换机硅芯片是一个多芯片模块 (MCM)，其中心具有更大的光罩尺寸，包含 102.4T 交换机 ASIC，周围环绕着八个 224G SerDes I/O

芯片——两侧各两个。每个 Spectrum-X 光子多芯片模块交换机封装包含 36 个光引擎，封装尺寸为 102.4T。该封装采用英伟达第二代光引擎，带宽为 3.2T，每个光引擎拥有 16 条 200G 光通道。每个 I/O 芯片组提供 12.8T 的总单向带宽，包含 64 条 SerDes 通道，并与 4 个 OE 接口。

图表22: Nvidia Spectrum-X Photonics 交换机



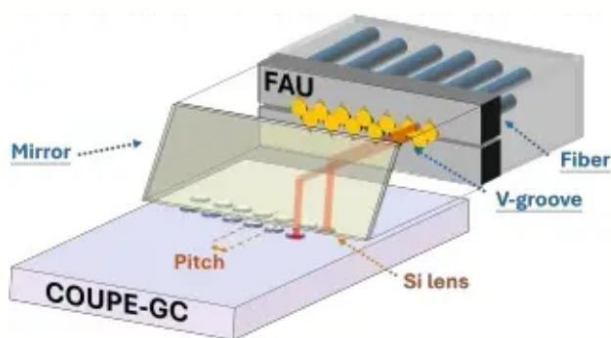
资料来源: Semianalysis, 国盛证券研究所

➤ FAU 为光引擎与承载数据中心信号的光缆之间的关键接口。

光纤阵列单元 (FAU) 是 CPO 中光信号进出的关键接口，负责连接 PIC 与外部光纤，其装配工艺和热稳定性直接决定光学耦合效率，是 CPO 与传统纯电封装的核心区别之一。FAU 的热约束主要来自装配过程中的高温环境和工作过程中的温度波动，需在装配工艺设计、对准策略和材料选择上进行精细化优化。X800-Q3450 上的每个 1.6 terabit 光引擎包含一个具有 20 根光纤的 FAU: 8 根用于发送，8 根用于接收，4 根用于外部激光器连接。每个系统总共有 1440 根光纤，其中 1152 根专用于发送和接收功能。

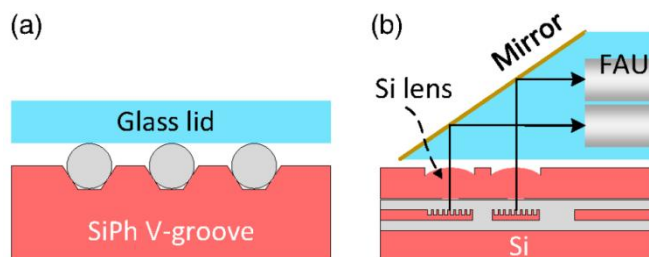
硅 V 型槽无源对准方案，微透镜和光学中介层被广泛应用降低对准公差。FAU 与 PIC 的对准精度直接影响光学耦合效率，而温度变化引发的热膨胀和翘曲易导致对准偏移，因此精准的对准策略和合理的材料选择至关重要：硅 V 型槽是目前最成熟的无源对准方案，能实现光纤与 PIC 的高精度自对准，部分方案可通过激光熔接实现无粘胶固定，消除粘胶带来的热稳定性风险。为降低对准公差，微透镜和光学中介层被广泛应用：硅、玻璃等材质的微透镜可将光栅耦合器发射的光准直后导入多排 FAU，提升对准容差；玻璃或聚合物波导制成的光学中介层，能实现紧凑的电光扇出架构。FAU 封装材料的玻璃化转变温度 (Tg) 和热膨胀系数 (CTE) 是关键指标。高 CTE 会加剧热致失准，低 Tg 则降低高温耐久性。硅、二氧化硅和玻璃与硅基 PIC 的 CTE 匹配性优异，能大幅减少热机械失准，是 FAU 的优选材料。

图表23: COUPE-GC 的光纤阵列单元 (FAU)



资料来源:《Optical and Electrical Characterization of A Compact Universal Photonic Engine》, TSMC, 国盛证券研究所

图表24: FAU 中的 V 型槽与硅微透镜阵列

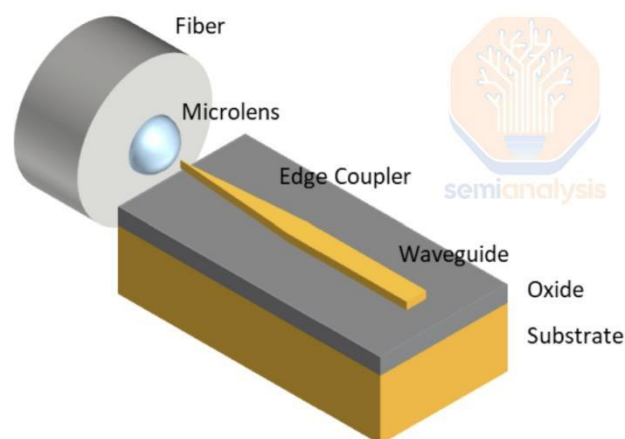


资料来源:《Thermal management in copackaged optics: from device assembly to system operation》, Yang, Z., He, G., Li, Y., Sun, Y., Luo, W., & Zhang, W., 国盛证券研究所

实现光纤耦合主要有两种方式: 边缘耦合 (EC) 和光栅耦合 (GC)。

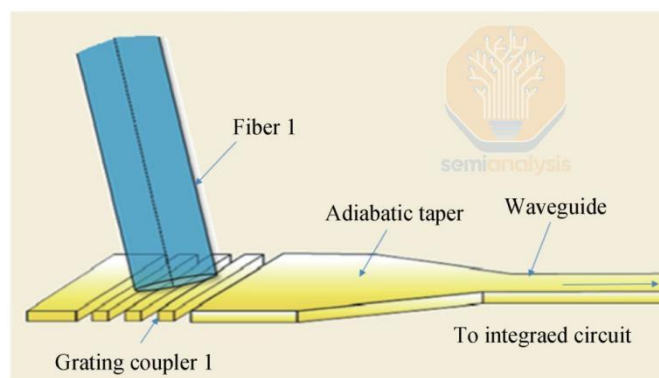
- 1) 边缘耦合将光纤沿芯片边缘对齐。从图 25 可以看出, 光纤末端必须与芯片的抛光边缘精确对齐, 以确保光束准确进入边缘耦合器。光纤末端的微透镜将光聚焦并导向芯片, 引导光束进入波导。波导的锥形部分逐渐变宽, 从而实现平滑的模式过渡, 减少反射和散射, 确保耦合效率。如果没有这样的透镜和锥形部分, 光纤端面 and 波导端面之间的界面处将存在显著的光损耗。
- 2) 在光栅耦合器中, 光从顶部进入, 光纤以较小的角度位于光栅上方。当光到达光栅时, 周期性结构会散射光并将其向下弯曲进入波导。光栅/垂直耦合的主要优势在于能够容纳多排光纤, 从而允许每个光引擎使用更多光纤。此外, 光栅耦合器无需放置在基板底部, 因此可以将光引擎放置在中介层上。最后, 光栅耦合器的定位精度要求不高, 并且可以通过简单的两步蚀刻工艺轻松制造。光栅耦合器的缺点是单偏振光栅耦合器仅适用于有限的波长范围, 并且对偏振非常敏感。

图表25: 边缘耦合 (EC)



资料来源: Semianalysis, 国盛证券研究所

图表26: 光栅耦合 (GC)



资料来源: Semianalysis, 国盛证券研究所

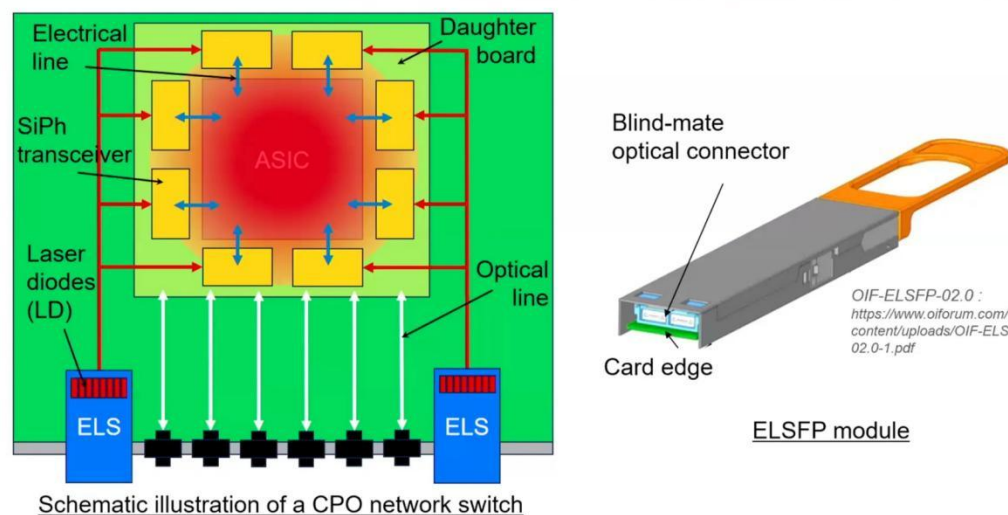
➤ CPO 系统中关键组件: 外部激光源。

交换芯片的高功耗会导致周边温度升高, 影响激光二极管的性能和可靠性。外部激光源 (External Laser Source, ELS) 应运而生, 将激光器与光收发器分离, 通过光纤将激光引入硅光芯片进行调制, 从而避免了激光器在高温环境下的性能衰减。Nvidia

X800-Q3450 CPO 交换机使用 18 个外部激光源模块，每个模块包含 8 个连续波分布反馈（CW-DFB）激光芯片。

激光源市场由几家主要厂商主导，各自具有不同优势。美国的 Broadcom 在光学组件方面经验丰富，与主要客户保持着良好关系；日本的 Furukawa 在光纤和激光技术方面拥有数十年专业知识；美国的 Lumentum 和 Coherent 提供高性能解决方案，价格相对较高；中国的源杰和仕佳提供具有竞争力的替代方案，价格较低，但在实现 CPO 应用所需的超高功率水平方面面临一些技术挑战。

图表27：激光器与光收发器分离

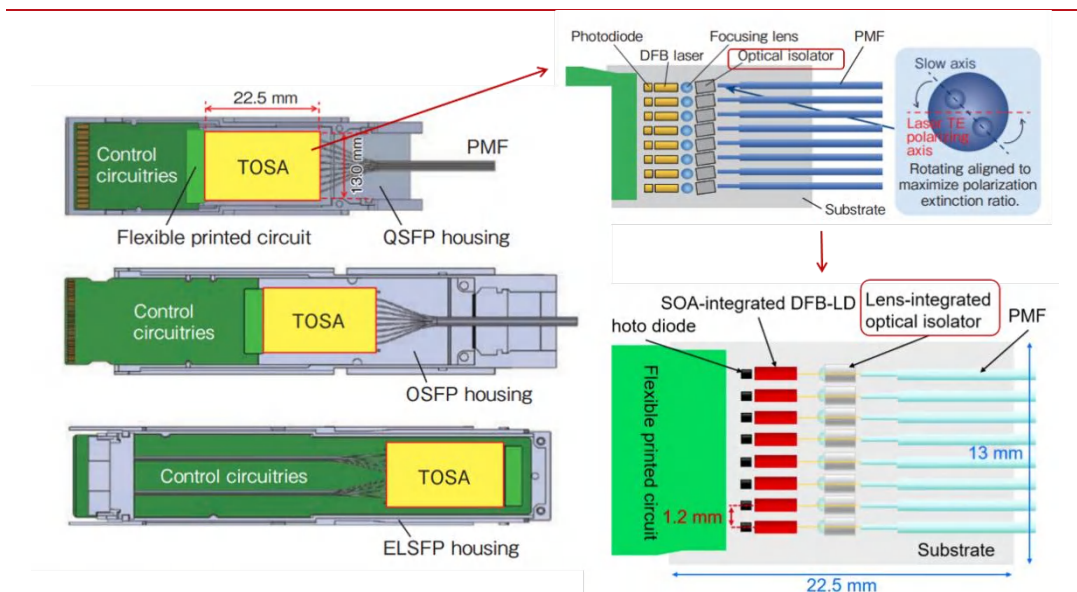


资料来源：Simple Tech Trend, Furukawa Electric, 国盛证券研究所

2024 年，Furukawa Electric 开发了一款 8 通道发射器光学子组件（TOSA），集成在小型化的 QSFP 封装中，尺寸为 22.5mm×13.0mm×4.0mm。TOSA 集成高功率 DFB 激光二极管，通过优化的光学系统和散热设计，实现高输出功率（每个通道在 55℃ 下可输出 20 dBm 的光功率）、低功耗（功耗仅为 5.6 W，功率转换效率高达 14.3%）、稳定性（边模抑制比>50 dB）。

TOSA 结构：8 个激光二极管（LD）以 1.2 毫米间距排布安装在 TOSA 基板上；基板同时集成光电二极管（PD），用于监测激光二极管后腔面出射的光输出功率。激光二极管前腔面发出的激光束，经聚焦透镜、光隔离器后，耦合进入保偏光纤（PMF）。增设光隔离器是为了避免反射光对激光二极管造成干扰；通过对保偏光纤进行精准对位与固定，可实现高光输出功率与偏振消光比（PER）。当壳体温度从 25℃ 升至 55℃ 时，通过热应力仿真计算 TOSA 结构形变与光纤偏移量，并进一步分析光纤偏移所带来的光功率变化。Furukawa Electric 在 OFC 2026 上展示了进一步开发的 8 通道 TOSA，集成了新型的透镜集成光隔离器。

图表28: TOSA 内部结构示意图



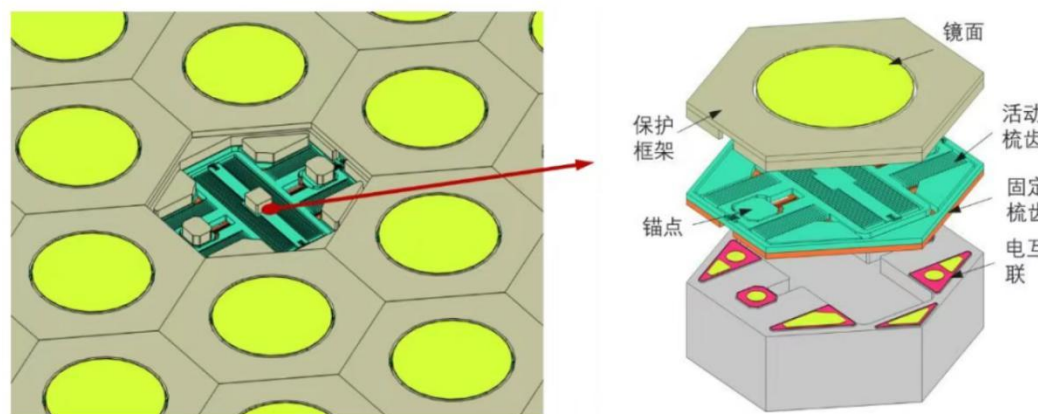
资料来源: Simple Tech Trend, Furukawa Electric, 国盛证券研究所

1.4 OCS: 需要大量基础光学器件

1) **MEMS OCS** 光交换机由输入光纤准直器阵列 (FAU)、输入 MEMS 微镜阵列, 输出 MEMS 微镜阵列、输出光纤准直器阵列及配套驱动、控制软硬件构成。

MEMS 微镜阵列由半导体工艺实现。MEMS 是一种集成微机械、微执行器、信号处理模块和控制电路的微型器件或系统, 其制备工艺包括光刻、离子束刻蚀、化学腐蚀和晶片键合等技术。MEMS 光开关是在硅晶上刻出若干微小的反射镜片, 通过施加电压控制反射镜的偏转, 从而改变光束的传播路径, 实现光束在输入、输出端口间的切换。

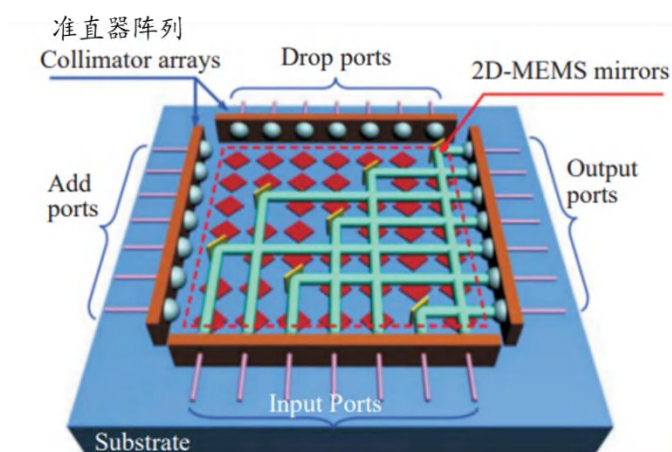
图表29: MEMS 微镜阵列及阵元组成示意图



资料来源: 智理程芯算, 国盛证券研究所

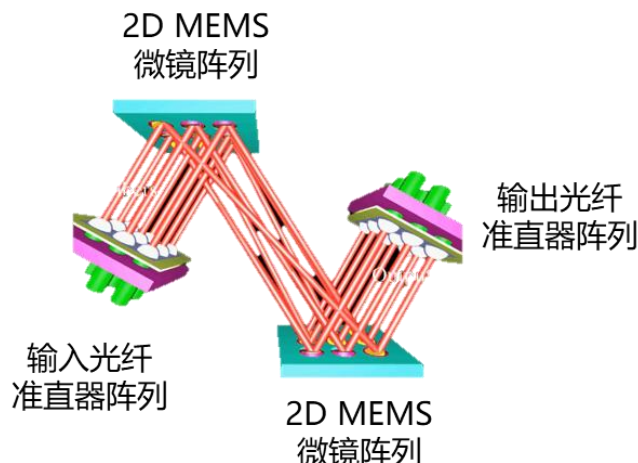
$N \times N$ MEMS 光开关可连接 N 个输入光纤和 N 个输出光纤, 分为二维和三维结构。二维 $N \times N$ MEMS 光开关具有 N 个输入端口、 N 个输出端口和 N^2 个微镜。三维 $N \times N$ MEMS 光开关包括输入光纤阵列、输入透镜阵列、两个平行的 MEMS 反射镜阵列、输出透镜阵列和输出光纤阵列, 其微反射镜的直径通常为几百微米, 可绕两个正交轴旋转, 并通过静电场或磁场驱动。二维 MEMS 光开关仅需控制微镜开关的两种状态, 而三维 MEMS 光开关则需控制微镜的旋转角度。结构如下图所示:

图表30: 二维 $N \times N$ MEMS 光开关结构的示意图



资料来源:《MEMS 光开关的研究进展》, 黄启俊, 史纪广, 武汉大学物理科学与技术学院, 国盛证券研究所

图表31: MEMS 光交换工作原理示意图



资料来源:《超节点技术体系白皮书》, 上海人工智能实验室, 国盛证券研究所

MEMS OCS 方案中关键组件和物料清单:

- **MEMS 芯片:** 是控制核心, 驱动微镜将光线导向所需的输出端口。在一个 176×176 的平台上, 该系统包含 176 个独立的微镜, 早期阶段的总成本接近 6000 美元, 随着产量的扩大, 目前已降至 4000 美元以上; 对于 384×384 平台而言, 成本远超 10000 美元, 而且每个 384×384 OCS 都需要两个这样的系统。
- **校准系统:** 用于确保光线不会偏离其预定的传输路径, 包括发射模块、接收模块和摄像头模块, 谷歌的 OCS 系统成本约为 4000 美元。
- **二维准直器阵列:** 是确保输入和输出光纤与 OCS 的端口和内部光路精确对准的光学组件, 从而使光线能够精确地进出系统, 对交换机的整体性能和可靠性至关重要。MEMS OCS 中的准直器阵列可进一步分为两个部分: 光纤阵列和透镜阵列。光纤阵列负责光纤与端口之间的机械对准, 而透镜阵列则负责在汇合点进行光学准直和对准。
对于 176×176 MEMS 平台, 光纤阵列的成本通常略高于 1000 美元, 透镜阵列的成本为几百美元, 准直器系统的总成本接近 2000 美元; 对于 384×384 平台, 光纤阵列的成本略高于 2000 美元, 透镜阵列的成本也为几百美元 (但比 176×176 平台的透镜阵列更贵), 总成本接近 3000 美元。
- **二维 MEMS 阵列:** 用于控制 OCS 内部的光路, 由微镜组成, 成本通常在 300-400 美元左右。
- **二向色分光镜:** 用于分离不同波长的光, 允许某些波长的光通过, 同时阻挡其他波长的光。在 OCS 中, 它们可用于将测试和监控信号与数据传输信号分离。谷歌 OCS 中的二向色分光镜成本为几百美元。

图表32: 176x176 MEMS OCS 的 BOM 拆分

	价值量 (\$)	% of BOM
MEMS芯片	4500	35%
校准系统 (calibration system)	4000	31%
二维准直阵列 (2D collimator array)	2000	16%
2D MEMS阵列	300	2%
二向色分光镜 (beam splitter)	500	4%
其他组件	1400	11%
BOM	12700	
售价	32000	

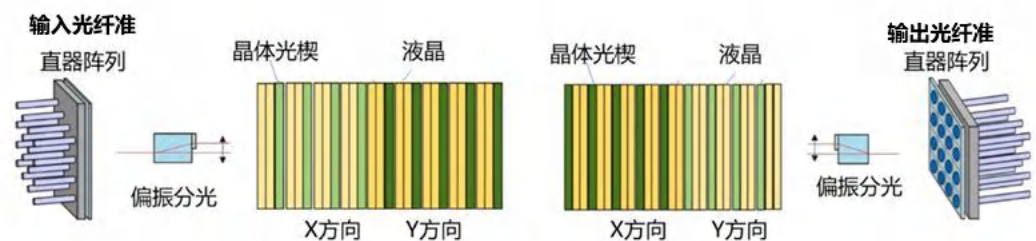
资料来源: semi fundamental, 国盛证券研究所

2) 数字液晶光交换构成与关键部件功能包括: 光纤准直器阵列 FAU (提供 $N \times N$ 端口信号光的输入与输出)、偏振处理模块 (对入射光进行 S 偏振与 P 偏振的分束与合束), LCLM 液晶光模块阵列 (LC 可调延迟器与双折射晶体光楔的组合经过多层级联而成, 实现 $N \times N$ 信号光偏转)。

数字液晶光交换系统: 利用液晶的电光效应与晶体光楔的级联相结合, 能够将 N 个端口的输入光任意调度到 N 个端口进行输出, 完成 $N \times N$ 的液晶光开关的功能。数字液晶光交换利用液晶的电光效应与晶体光楔的级联产生光束偏转, 能够将 N 个端口的输入光任意交换到任意 N 个输出端口, 完成 $N \times N$ 的液晶光交换功能。

数字液晶光交换切换原理: LC 可调延迟器基于电光响应特性对入射光的偏振态进行旋转, 不同偏振态的入射光经过双折射晶体光楔后会产生不同的出射角度, 从而实现光束偏转, 其中偏转角度为固定的离散值。

图表33: 数字液晶光交换结构



资料来源: 智程程芯算, 国盛证券研究所

LCoS OCS 方案中的关键组件和物料清单:

- **液晶**: 在基于 LCoS 的 OCS 中, 液晶是实际控制光线方向的关键部件。施加电压后, 液晶会改变光线的相位、偏振或方向, 从而使开关能够将光束导向选定的输出路径。对于 384x384 平台, 液晶的成本目前接近 2 万美元。
- **二维准直器阵列**: 其功能与 MEMS OCS 中的准直器阵列相同。然而, 在 LCoS OCS 方案中, 二维准直器阵列的成本更高, 目前 384x384 平台的成本约为 12000-14000 美元。因为 LCoS 架构需要更严格的光束控制, 因此需要更精确地对准光束和开关。
- **光束位移器**: LCoS 开关在光偏振态已知时工作最佳, 但入射光通常具有随机偏振。通过将信号分离成两个已知偏振分量, 系统可以更精确地控制每个分量的偏振。在 384x384 平台上, 光束位移器的成本约为 1 万美元。
- **双折射楔形片**: 用于将光束/光线导向选定的输出端口, 而不是让其直接穿过。其作用类似于基于 MEMS OCS 中的二维 MEMS 阵列。在 384x384 平台上, 双折射楔形片的成本约为 2000-3000 美元。

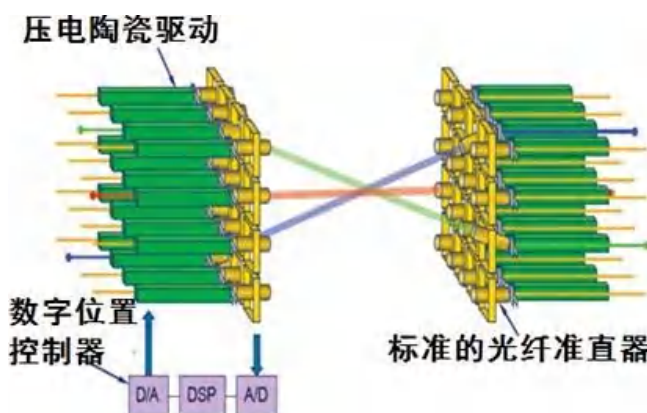
图表34: 384x384 LCoS OCS 的 BOM 拆分

	价值量 (\$)	% of BOM
液晶	18000	36%
二维准直阵列 (2D collimator array)	14000	28%
光束位移器 (Beam displacer)	10000	20%
双折射楔形片 (Birefringent wedge)	3000	6%
其他组件	5600	11%
BOM	50600	
售价	150000	

资料来源: semi fundamental, 国盛证券研究所

3) 直接光束偏转 DLBS 光交换: 将光纤准直器直接固定在压电陶瓷驱动器上, 每个准直器尾部与压电陶瓷相连, 排列成二维准直器阵列, 将两个二维准直器阵列面对面放置, 构成光开关矩阵, 利用压电陶瓷机电耦合效应, 驱动准直器位移与角度倾斜, 使两阵列对应端口匹配对准, 完成通道连接, 实现光交换功能。

图表35: 直接光束偏转 DLBS 光交换示意图

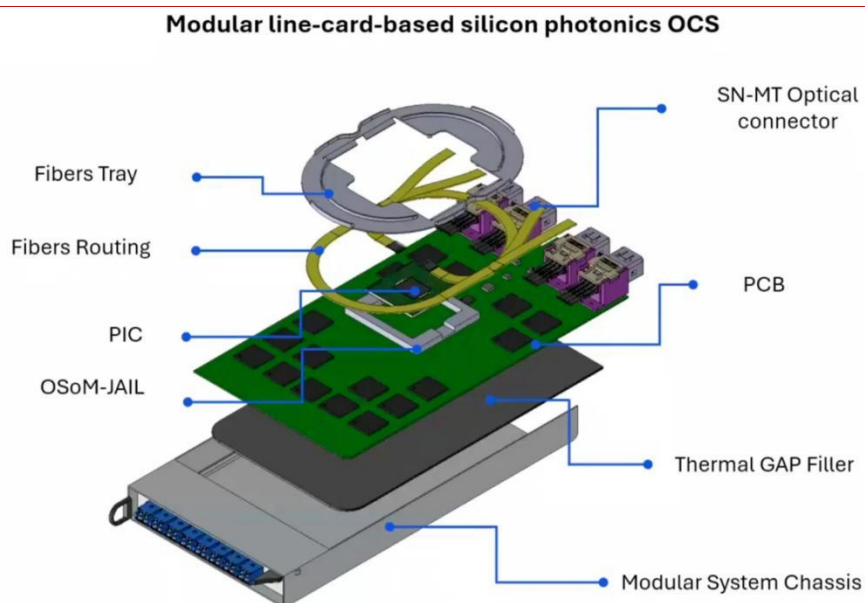


资料来源: 智理芯算, 国盛证券研究所

4) 硅光波导: 在硅基芯片上构建出结构确定的光路矩阵, 光信号沿着预设的路径传输, 理论上其切换速度可以达到微秒甚至纳秒级别。工艺成熟、兼容 CMOS, 但存在持续供电 (需要加热维持状态)、高传输损耗、热串扰三大痛点。

以硅光为核心的 2D OCS 技术成为 OFC 2026 大会的技术亮点：iPronics 的硅光 OCS 实现 256 端口/1U 的超高密度，功耗低至 0.78W/端口，插损预计 2027 年降至 4-5dB；nEye 的 2D OCS 方案通过 SiPh+MEMS+CMOS 集成，实现亚微秒级切换、小于 5ns 时延和小于 5W 功耗，相比传统 3D OCS 在性能上实现数量级提升；Tower Semiconductor 联合 Oriole 推出纳秒级 OCS 技术，依托硅光子平台实现超低确定性延迟，突破了传统 OCS 的时延瓶颈，为 AI 纵向扩展架构提供了全新解决方案。

图表36: iPronics 硅光子光电路交换机



资料来源: iPronics, simple tech trend, 国盛证券研究所

二、传统光学公司延伸光通信领域，布局新成长曲线

光电子元器件是光学光电子产业链的上游核心环节，是下游光通信、工业激光、半导体设备、生物医药、消费电子等领域光电系统性能升级的关键支撑，其技术迭代直接决定下游终端产品的性能上限与发展空间。精密光学元组件的制备，涵盖材料研发、膜系设计与镀膜、超精密加工、光学贴合、高精度检测等全链条技术体系。

消费电子、AR/VR、光通信等领域微型化、阵列化、集成化发展，光电子元器件向复杂膜系、超精密加工、小型化集成化演进。精密光学元组件正朝着复杂膜系、超精密加工、小型化集成化三大核心方向持续演进，全面推动下游光电系统向更高性能、更低功耗、更小体积、更高可靠性方向升级。

1) 光学元件膜系设计日趋复杂化：光学薄膜是光学元件实现光束调控、光谱筛选、偏振控制等核心功能的关键，其性能直接决定光学系统的运行效率与稳定性。高端光学元件镀膜层数可达数百层，膜系波长定位精度突破 0.1nm 级别；

2) 超精密光学加工技术持续迭代：精密玻璃模压技术是高精度光学元件规模化制造的主流先进工艺，突破了传统冷加工在成本、效率、批量化生产上的瓶颈，同时兼具玻璃材料高折射率、高热稳定性的核心优势，是光学元件小型精密化制造的关键技术。

3) 光电子元器件向小型化、集成化方向加速演进：消费电子、AR/VR、光通信等领域对微型化、阵列化、集成化的迫切需求，让晶圆级微纳加工技术应运而生。微透镜阵列、衍射光学元件（DOE）、光束匀化片（Diffuser）、超构表面光学元件等新型微纳光学元件实现规模化应用，可实现传统光学元件难以达成的波前调控、阵列化集成、波面转换等功能，大幅压缩光学系统体积，已成为 AR/VR、光通信等领域的关键配套元件。

AI 与通信基础设施的迭代升级催生了新的需求：AI 算力中心的爆发式增长，推动高速率光模块（如 800G、1.6T）需求强劲，其内部的高端光器件和精密光学元件成为关键。硅光技术凭借 CMOS 工艺的兼容性、高集成度及低功耗优势，正成为高速光模块的主流方案，短期内为上游光学元件厂商带来了较大的需求增量。同时，随着算力的进一步升级，共封装光学（CPO）等技术路线以减小链路损耗为目标，在半导体应用与工艺层面对精密光学元件也提出了进一步的要求。头部传统光学凭借在精密光学技术的积累，业务逐步拓展至光通信领域，为公司发展注入了强劲的增长动能。

图表37：部分传统光学公司切入光通信业务

公司	核心战略方向	光通信业务拓展
炬光科技	卡位CPO/OCS关键光学环节	V型槽阵列、光纤耦合器和准直器、精密模压非球透镜、微棱镜透镜阵列等
水晶光电	布局AI光学第三成长曲线	在研项目：光通信用波分复用滤光片镀膜技术、光电玻璃基板、CPO共封装-硅透镜
海泰新光	调整产能配置，将产品应用于算力光学相关领域	开展算力光器件和光模块的相关产品研发，工艺路线已经确定，正在进行批量样品试制
中润光学	重点布局光通信与光互联战略增长极	收购戴斯光电，已具备光通信领域棱镜、透镜、波片、偏振分光棱镜等光学元件的研发能力，多款产品进入客户送样或小批试制阶段
舜宇光学	推动光学与AI深度融合，围绕信息光感知、信息光传输、信息光处理、信息光存储、信息光显示五大方向布局	布局光收发器高精度封装、新型硅光芯片开发、微透镜/微棱镜制造和镀膜技术
永新光学	前瞻布局空间激光通信领域	与卫星激光通信头部企业建立合作，打开AI算力星际传输新场景
宇瞳光学	业务尚处起步早期，在看产业机会和新技术	模造非球面玻璃领域布局较早，具备模造玻璃优势
茂莱光学	尚处起步早期，为前沿储备型业务	布局自由空间光通信传输系统，研发落地后红外激光将替代电缆完成高速数据传输
弘景光电	稳步推进光器件、光组件等光通信相关产品的布局	在研项目：一体化非球面组件项目（量产阶段）、全光交换用光纤阵列组件项目（试样阶段）
腾景科技	聚焦精密光学，OCS、CPO前沿布局	公司的精密光学元组件和光纤器件应用于光收发模块、动态可调模块（如WSS模块）、OCS光交换机等各类光模块与子系统
蓝特光学	把握光通信行业重要机遇，扩大相关玻璃非球面透镜产品生产产能	在非球面透镜产品方面，公司前期完成储备的精密热模压产能逐步释放，并继续保持着稳步扩张的节奏，充分响应了下游光通信市场快速增长的需求。

资料来源：各公司公告，国盛证券研究所整理

2.1 炬光科技：卡位 CPO/OCS 关键光学环节

炬光科技位于 CPO 产业链上游光学器件环节，2024 年，公司通过并购瑞士炬光切入光通信及数据通信领域，在微光学器件方向形成较为成熟的技术与客户基础。瑞士炬光长期与全球领先的光通信芯片及模组厂商开展合作，当前主要以小批量供应核心微光学元器件为主，产品应用于研发验证及高端场景，并在电信领域与既有国际客户保持稳定合作关系。

公司围绕 PIC 与光源接口提供关键微光学器件，在 CPO 系统中承担光耦合与光场调控的重要功能。硅光子 (PIC) 和外部激光光源 (ELSFP) 是推动高速收发器共封装光学 (CPO) 技术发展的关键因素，为 AI 数据中心的规模化扩张提供了重要支持。炬光科技专注于为 PIC 和 ELSFP 设计并提供定制化微光学元件，助力高效、可拆卸的光接口及光纤阵列单元 (FAU) 的制造。相关产品已广泛应用于光通信模块及硅光模块，包括光发射模块 (TOSA)、光接收模块 (ROSA)、光子集成电路 (PIC) 及 CPO 等场景，主要用于实现激光光源的准直、聚焦及高效光纤耦合，对提升系统集成度与传输效率具有重要作用。相关产品可满足 CPO 系统对高精度对准及高一致性的要求，并已在部分客户项目中完成样品交付及验证。

图表38：炬光科技 2025 光通信应用产品及光通信应用领域



资料来源：炬光科技公众号，国盛证券研究所

公司在 OCS 领域主要布局微光学器件环节，核心产品为 N×N 大透镜阵列，基于工程化微透镜阵列设计，通过优化光束传导路径，支持光路开关 (OCS) 设备的小型化与高密度集成；同时依托 N×N 阵列结构，实现多光路的并行切换，提升网络节点间的交叉连接效率；在制造工艺方面，拥有微米级精度加工能力，实现光纤与光芯片的高精度对位，有效降低信号损耗，并保障长距离传输的稳定性。目前 N×N 大透镜阵列已实现小批量出货，后续订单规模将随现有客户及终端需求的逐步释放而推进。该类产品具有较强定制化特征，不同客户在通道数量及单通道微透镜性能指标等方面存在差异，对设计复杂度、

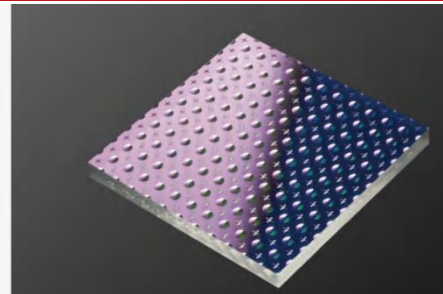
生产工艺及质量控制提出更高要求，产品成本与价值量亦存在一定波动。炬光一方面与现有客户在既有项目中保持持续合作并推动项目进展，另一方面积极拓展 OCS 相关产品及新客户项目，逐步完善在光路交换领域的业务布局。随着数据中心对光路交换需求的持续增长， $N \times N$ 大透镜阵列作为关键光学组件，其需求有望逐步提升，公司相关产品具备一定放量潜力。

图表39: 炬光科技 $N \times N$ 大透镜阵列产品及应用领域

$N \times N$ 大透镜阵列

点击下载单页

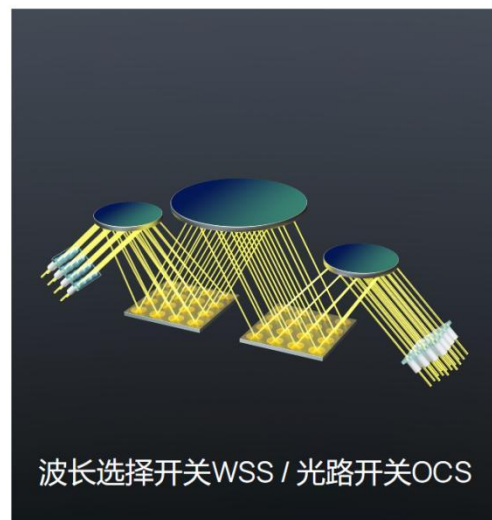
- 精密光学设计：采用工程化微透镜阵列技术，优化光束传导路径，支持光路开关（OCS）设备小型化与高密度集成。
- 多通道并行处理：通过 $N \times N$ 阵列结构实现多光路同步切换，提升异构网络节点间的交叉连接效率。
- 高精度对位能力：亚微米级制造工艺确保光纤与光芯片精准耦合，降低信号损耗，保障长距离传输稳定性。



应用领域



小尺寸可插拔外部光源ELSFP



波长选择开关WSS / 光路开关OCS

资料来源：炬光科技官网，国盛证券研究所

2.2 水晶光电：构建 AI 光学第三条成长曲线

布局半导体光学领域十余年，微纳光学等核心技术与光通信领域的光学产品需求具备较高契合度。公司布局 AI 光学作为第三成长曲线，把握信息交互的完整闭环中所有与“光学”相关的核心光学产品的机会。公司自 2017 年起布局微纳制造领域，半导体光学相关业务自 2019 年起已在公司年度报告中持续披露，经过多年积累，在纳米压印、刻蚀、检测等环节形成了完整工艺链路，因此从技术层面并非从零切入光通信领域。

依托材料、人才、技术、设备、制造及客户等方面的基础优势，稳步推进 AI 光学相关业务落地。公司向新应用场景的适配性延伸，核心优势与技术支撑主要体现在以下方面：

1) 光学材料厂商合作根基：AI 光学产品对玻璃等核心光学材料的精度、性能要求较高，公司凭借二十余年在消费电子领域的深耕，与全球主流光学玻璃厂商建立了长期稳定的合作关系，为产品研发的可行性与稳定性提供了基础保障。

2)光通信领域专业人才储备:重点引进了一批具备国际化、专业化背景的高端技术人才,核心团队成员具备相关领域深厚的行业经验与技术积累。

3)核心工艺优势:公司较早布局半导体光学技术,在精密光学冷加工、光学镀膜、半导体微纳光学、激光光学检测及光电封装等核心工艺领域具备一定技术积淀,尤其在冷加工、镀膜环节拥有多年技术积累,相关工艺已在消费电子端的成熟产品中经过批量验证。

4)设备保障优势:公司的镀膜设备储备具备一定规模,消费电子领域原有镀膜设备与工业级应用设备存在一定工艺差异,若用于工业级产品生产,需要进行相应的工艺适配与设备改造。公司与核心镀膜设备供应商保持长期深度合作,在设备改造、技术支持、交期保障等方面具备良好基础。

5)优质客户积累:依托消费电子领域多年深耕积累的优质客户资源,与境外大型终端客户保持长期稳定的沟通与合作,客户认可度较高。与客户的相关产品布局兼顾不同周期、不同应用场景,形成了覆盖多需求的客户布局体系,为 AI 光学领域新业务拓展提供了一定的客户支撑。

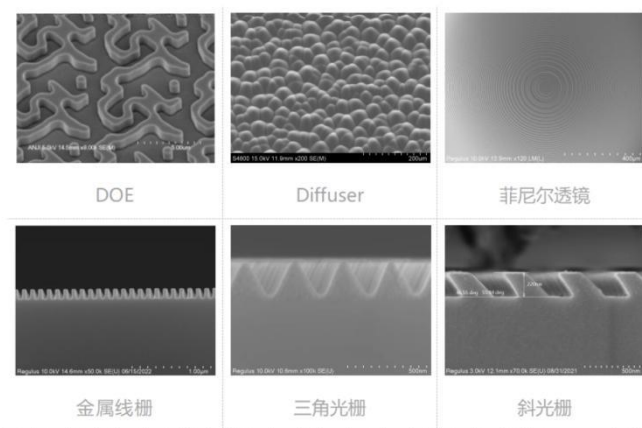
6)规模化高品质交付能力:公司半导体光学相关产品已在消费电子领域实现多年销售收入,具备规模化交付能力、自动化研发与产线开发能力,产品主要供应海内外头部客户,在量产一致性、品质管控、大批量交付方面拥有成熟经验,为切入光通信领域提供了坚实基础。

图表40: 水晶光电布局 AI 光学为第三条成长曲线



资料来源: 水晶光电公告, 国盛证券研究所

图表41: 水晶光电微纳光学领域内产品



资料来源: 水晶光电公众号, 国盛证券研究所

整体布局将接近期、中期、远期三个序列有序推进: 近期优先发力如滤片类、透镜类产品, 用于光通信的滤光片类产品开发周期较短, 预计今年内有望形成少量销售贡献; 中期布局大客户卡位类产品, 聚焦核心大客户项目开展技术卡位与产品开发, 相关资源投入将结合客户项目推进节奏逐步调整; 远期储备前沿技术类产品, 对前沿技术方向开展前瞻性布局, 作为长期技术储备。

公司已有光电玻璃基板、滤光片、硅透镜等多个用于光通信领域的在研项目稳步推进:

1)光电玻璃基板项目, 以切入光通讯玻璃基板行业供应链, 实现 CPO 光电产品的量产能力, 将推动公司在光通信领域的技术卡位与布局。2)光通信用波分复用滤光片镀膜技术研发项目, 旨在攻坚关键镀膜工艺, 突破高端窄带滤光片技术壁垒, 攻克波长精度、通带损耗、温度稳定性等核心指标, 该项目落地后, 将有效拓展公司光学元器件产品在光通信核心领域的应用边界, 技术成果可与公司 AI 光学领域现有技术形成协同效应。3)CPO 共封装-硅透镜研发项目, 旨在全面丰富公司在硅光子集成领域的技术应用矩阵, 为下一代数据中心高速光互连提供核心光学解决方案, 本项目的成功落地将有效拓展公司精密光学器件产品在 CPO 共封装光学核心领域的应用边界, 切入数据中心高速光互连产业链关键节点。

2.3 海泰新光：全流程光学自研，调整和扩大算力光器件生产能力

全流程光学自研自产。公司深耕光学行业二十余年，具备从整机系统设计、光机设计、电路及软件设计到光学加工、光学镀膜、精密机械封装再到部件装配和整机集成的完整产业链，所有核心工艺与关键环节均自主可控。公司目前拥有数十台各类镀膜设备，配置多样化的镀膜工艺（如 IAD 离子辅助沉积、磁控溅射、离子束溅射等），以确保在微小光学器件等高难度加工中的技术领先性。

高管团队光学背景深厚。公司高管团队教育背景为浙江大学和中国科学院光电专业，深耕光学行业三十年，具备深厚的光学专业底蕴与行业深耕经验。董事长拥有全球光通信行业资深研发与管理履历，曾担任美国 E-Tek Dynamics Inc（2000 年被 JDS UNIPHASE 收购）研发总监。

公司将积极应对 AI 算力对光学产品的需求激增，调整和扩大算力光器件生产能力，扩大算力光器件业务。光学元器件是公司的核心基础产品，主要包括各类透镜、棱镜、PBS、滤光片、二向色镜、反射镜、分光镜等，光学产品广泛应用于口腔医学、显微成像及 PCR 等诊断产品以及激光加工、工业检测等工业领域。同时，公司也在调整产能配置，将产品应用于算力光学相关领域，开展算力光器件和光模块的相关产品研发。

图表 42：海泰新光算力光器件在研项目

项目名称	预计总投资规模	累计投入金额	进展或阶段性成果	拟达到目标	具体应用前景
算力光器件产品研发	8,000,000 元	4,656,958.8 元	工艺路线已经确定，正在进行批量样品试制	实现大批量生产	用于 AI 算力

资料来源：海泰新光公告，国盛证券研究所

2.4 中润光学：重点布局光通信与光互联战略增长极

“光学镜头+光学元件”双轮驱动。公司将光通信与光互联作为 AI 时代重要的战略增长极予以重点布局，围绕 AI 算力驱动下数据中心向更高传输带宽、更低传输功耗升级的核心趋势，依托戴斯光电在高精密镀膜及超精密光学加工方面的技术积累，结合自身成熟的规模化量产体系，推动既有精密光学产品向光通信与光互联领域延伸，同步开发适配该领域的新产品品类，推进高速光模块配套精密光学组件的研发与量产，旨在突破光通信光学元件高行业壁垒（薄膜层数控制、波长精度、批量一致性），力争进入头部光模块与光通信设备厂商核心供应链，构建“光学镜头+光通信光学元件”双轮驱动的 AI 光业务格局。

收购戴斯光电切入精密光学元件领域。公司通过收购戴斯光电 51% 股权夯实光通信领域研发基础，戴斯光电依托工业激光领域技术沉淀，已具备光通信领域棱镜、透镜、波片、偏振分光棱镜等光学元件的研发能力，多款产品进入客户送样或小批试制阶段，公司正同步推进对应产能建设；后续将持续发挥双方技术与资源协同效应，积极推进光通信相关产品的研发与产业化 AI 算力基础设施光学组件国产化落地。

公司通过参与设立润扬基金，围绕精密光学产业链关键环节开展系统性战略布局。

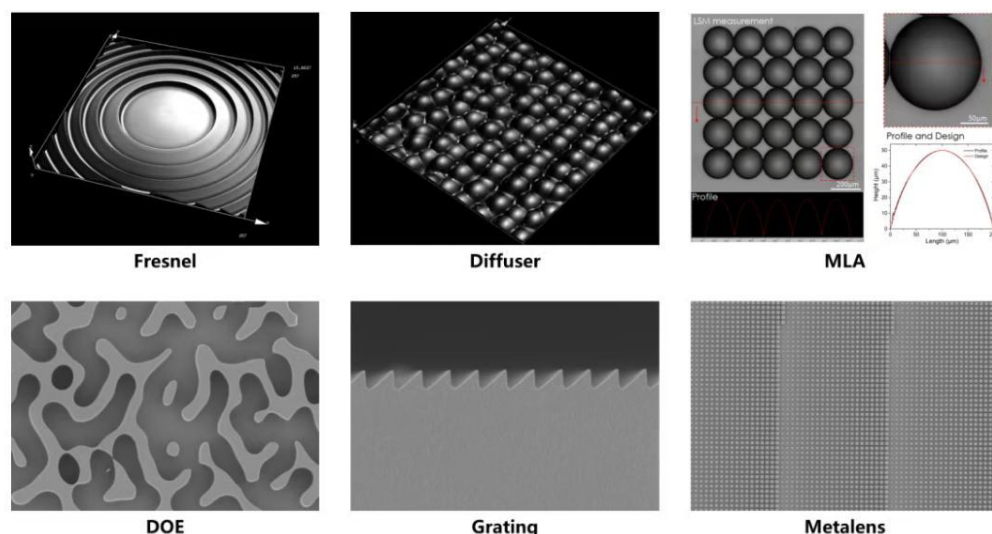
1) 投资蓝星光域，其是国内领先的空间光通信技术供应商，主要产品包括卫星激光通信载荷、无人机激光载荷、地面激光系统以及激光通信的光学子部件，产品已广泛配套国内卫星整星客户。

2) 投资三石园，其是国内光纤通信无源器件领域的标杆企业，专注于研发和生产集成度高、性能卓越的光纤无源器件，主要产品包括 OCS, SM/PM MEMS 光开关&矩阵光开关，环形器，高功率&PM 光器件，MCF FIFO，以及用于 EDFA 和 PM 放大器的集成器件与阵列器件等，产品广泛应用于 AI 智能、数据中心、车载雷达、工业激光、骨干网中继、相干传输、5G 基站、光学医疗等多个领域。

2.5 舜宇光学：切入 AI 光互联核心赛道

舜宇奥来技术持续专注晶圆级光学元件的研发制造，致力于推动微纳光学产业化发展。在微纳光学元件制造领域具备深厚的技术积累，通过对应光刻技术加工的产品包括衍射光学元件（DOE）、微透镜阵列（MLA）、超透镜（Metalens）、光栅（Grating）等。

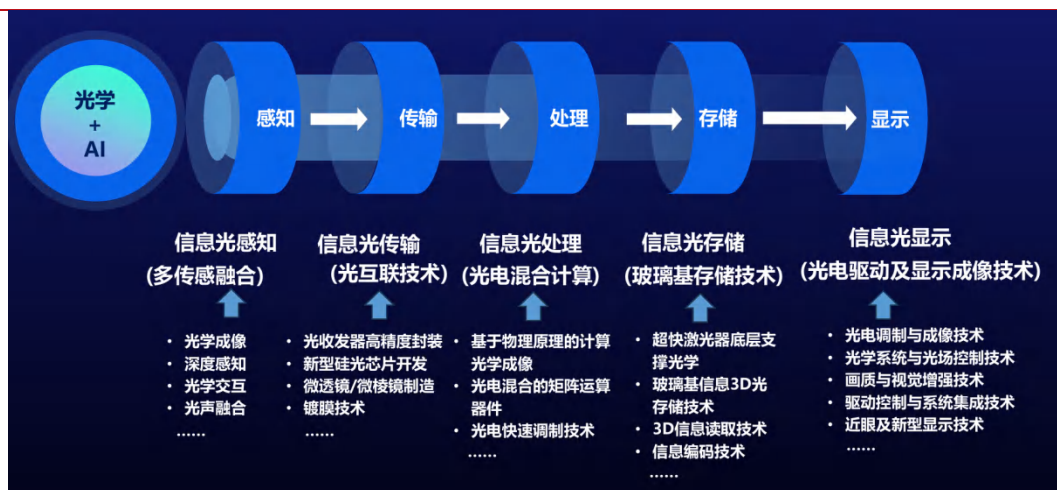
图表43：舜宇奥来技术微纳光学元件



资料来源：舜宇奥来技术，国盛证券研究所

光学感知为物理 AI 的重要入口，公司推动光学与 AI 深度融合，围绕信息光感知、信息光传输、信息光处理、信息光存储、信息光显示五大方向布局，在光互联技术上，公司聚焦光收发器高精度封装、新型硅光芯片开发、微透镜/微棱镜制造和镀膜技术。公司将依托在超精密光学加工与规模化制造能力，向光通信器件领域延伸，打造 AI 时代光互联、光存储、光感知的核心光学底座。

图表 44: 舜宇光学光学+AI 布局



资料来源：舜宇光学公告，国盛证券研究所

2.6 永新光学：前瞻布局空间激光通信光学组件

公司围绕“极度专业、极度精密”的战略定位，聚焦技术壁垒高、产业趋势明确且契合国家战略的关键环节，紧抓人工智能与机器视觉发展机遇，构建多领域协同的 AI 光学战略布局：

- 1) 在航空航天领域，依托服务国家重大航天工程近二十年的技术积淀与精密制造经验，与卫星激光通信头部企业建立合作，前瞻布局空间激光通信光学组件，打开 AI 算力星际传输新场景；
- 2) 在专业光学领域，推动专业成像产品从成熟领域向细分专业场景延伸，联合德国老牌知名光学厂商开发高端成像镜头，助力工业检测、专业影像等 AI 视觉场景落地；
- 3) 在超精密光学领域，与国内半导体设备头部企业长期合作，产品切入光刻机对准系统、照明系统等核心环节，为 AI 芯片制造提供关键光学支撑。

2.7 宇瞳光学：模造非球面玻璃量产领先

玻璃模压非球面透镜和 高精度模具热压成型工艺，具备高稳定性、耐高低温、可靠性强、性价比高等优势，广泛用于车载光学、激光雷达、AR/VR、高清成像、光纤通信、医疗检测与工业传感等高端领域，是推动光学系统小型化、高性能、低成本升级的核心元件。由于上游模具材料和模具生产设备尚未完全实现国产替代，国内玻璃非球面镜片产能仍存在一定短缺，市场呈现出供不应求的局面。

公司在模造非球面玻璃领域布局较早，是国内少数能够实现模造玻璃非球面镜片规模化量产的企业之一。2023 年以来，公司积极巩固光学镜头行业领先地位，优化产品结构、加大研发投入，玻璃非球面镜片工艺、良率、产能大幅提升。截至 2025 年 10 月，公司玻璃非球面镜片生产配备 500 余套精密模压自动化设备，月产能突破 1000 万片，结合 30 余台进口自动镀膜机，确保膜层均匀性，保证产品一致性。

2.8 茂莱光学：深耕精密光学，布局红外激光数据传输

公司研究精密光学行业二十余载，深耕纳米级精度。在超精密光学制造中，精密抛光、面型精修与精密测量构成核心铁三角，形成“测量—加工—修正—再测量”的闭环体系。这一体系直接决定光学元件的极限性能，为半导体光刻、空间光学、生命科学高端成像

等战略领域提供底层支撑。精密加工的三项核心技术均达到纳米级精度，已从实验室验证进入规模化量产阶段。

公司核心技术涉及核心设备、关键工艺、精密和复杂系统的设计、生产和装调检测等多个环节，目前已形成包括 3D 数字化光学模块设计与制造技术、高通量集成电路测试设备光学技术、高分辨率荧光显微系统技术、人眼仿生光学系统技术、星载航天光学设计与制造技术、光刻机曝光物镜超精密光学元件加工技术等在内的九大关键核心技术，且均已成功实现产业化。公司将继续发挥其在精密光学领域的优势更多领域。公司布局自由空间光通信传输系统，研发落地后光将替代电缆完成高速数据传输。

图表45：茂莱光学核心技术

核心技术名称	技术来源	技术先进性及具体表征	在主营业务及产品中的应用
精密光学镀膜技术	自主研发	覆盖深紫外、可见光、近红外及中远红外全系列谱段，主要体现在大口径反射镜镀膜、紫外强激光镀膜及滤光片镀膜： 1、镀膜的大口径反射镜具有口径大、反射率高、镀膜前后面形变化小等特点；可镀制的航天反射镜口径约为国内企业同类反射镜口径的2倍；可实现可见及近红外波段最小反射率大于95%，平均反射率大于98%；可保证镀膜前后大口径反射镜面形变化尽可能小； 2、镀制的紫外强激光薄膜表面光洁度可达10/5等级，镀膜透过率>99.8%@365nm，365nm波段激光损伤阈值可达到100W/cm ² ，此外公司具有深紫外波段266nm增透、高反、分光等镀膜、胶合及相应测量能力，248nm低吸收增透膜和高反膜镀膜能力、193nm增透和高反强激光膜的镀膜及相应的测试表征能力； 3、滤光片镀膜技术主要体现在多光谱滤光片和荧光滤光片两个方面：可实现多光谱滤光片5谱段镀膜，结构上谱段最窄可至0.6mm，光谱上带宽最小可至25nm，可实现透过率>95%、陡度<10nm、带外截止OD>4；荧光滤光片镀膜可实现窄带双峰滤光片镀膜，带宽最窄10nm，可实现绝对透过率>95%、截止深度OD>6	广泛应用于半导体光学透镜、窄带多光谱滤光片、荧光滤光片、各类型光学镜头、系统光学器件
高面形超光滑抛光技术	自主研发	该项技术可实现亚纳米级别的面形粗糙度及较高的面形精度，主要体现在高面形大口径透镜超光滑抛光及相位延迟片抛光两个方面：1、高面形大口径透镜超光滑抛光的表面粗糙度可达到Ra<0.2nm，表面面形优于PV15nm，表面光洁度可达到10/5等级，且可用于CaF ₂ 等紫外软材料抛光； 2、相位延迟片抛光可实现±λ/300的相位延迟精度，面形PV小于0.1λ，表面光洁度可达到10/5；具备消色差相位延迟片设计和加工能力。	广泛应用于半导体光学透镜、光线折返异形棱镜、相位延迟片、各类型光学镜头、系统光学器件
高精度光学胶合技术	自主研发	该项技术可实现多达20多个光学元件的胶合，多光束两两光线偏离≤10"，综合波前畸变小于λ/8，且具有光胶胶合、深化胶合的能力，可满足紫外、强激光等特殊应用场景的需求。	广泛应用于高精度干涉组合棱镜、显微镜物镜
光学镜头及系统设计技术	自主研发	该项技术可工程实现设计出满足特定性能指标（如分辨率、像差控制、机械特性等）的光学镜头和系统，可实现对光学器件、光学镜头、光机结构、运动控制、算法软件的集成设计和仿真分析，为客户定制精密光学仪器设备。主要体现在精密物镜设计和复杂光学系统设计：1、精密物镜设计需结合精密光学制造和装调技术，设计波长涵盖紫外、可见和红外光，分辨率接近衍射极限，具有大数值孔径和大视场的特点；2、复杂光学系统设计需结合系统的测量应用，进行总体方案设计和性能指标拆解，测试方案设计和验证分析。	主要应用于半导体检测和测量设备、光刻系统、工业扫描测量仪器、生物识别设备、生化荧光检测仪器、生物显微系统、电视显微系统等

资料来源：茂莱光学公告，国盛证券研究所

图表46：茂莱光学部分在研项目

项目名称	预计总投资规模	累计投入金额	进展或阶段性成果	拟达到目标	具体应用前景
光刻机照明系统高精度光学器件加工与检测技术研究	1200万元	1361.79万元	已完成KrF光刻机照明系统高精度光学镜片的研制，经客户方实际验证，各项指标均满足光学系统要求。	研究DUV光学器件加工和测量技术，开发或升级相应的加工和测量设备，建立48nm照明系统光学器件的加工和测量能力。	光学系统是光刻机主要核心功能部件之一，具有指标要求高、国外技术封锁严重等特点。照明系统在光刻机中的主要功能是为投影物镜成像提供特定光线角谱和强度分布的照明光场。位于光源与光学元件的交汇点，构建了复杂且精密的非成像光学架构，为光刻的精细程度和质量提供了坚实的基础。
Free-Space Optical Communication Terminal	600万元	138.31万元	原材料到位，已完成可研报告的分析，处于样品制作阶段。	红外激光高速数据传输，无需电缆即可轻松部署，适用于偏远或岛屿之间的网络连接。	提供高速互联网服务，无需铺设光纤电缆，适用于偏远地区，连接城市中的5G基站，跨越物理障碍，灾后应急通信以及临时性活动等场景

资料来源：茂莱光学公告，国盛证券研究所

2.9 弘景光电：稳步推进光器件/光组件等光通信相关产品的布局

公司以产业协同为核心逻辑，实施横向战略延伸，稳步推进光器件、光组件等光通信相关产品布局，逐步进入数据通信、具身智能机器人、6G、量子科技、低空经济、脑机接口等新兴领域供应链体系，不断丰富产品应用矩阵，推动公司从单一光成像业务向光成像与光联接双轮驱动的多元化业务格局转型。

公司重点推进两项光通信相关项目

一是一体化非球面组件项目，处于量产阶段，通过光学仿真优化设计，实现高性能与易加工的平衡，同时创新模具设计与外壳一体化成型工艺，结合自动化生产提升加工效率，使产品漏气率满足 $1 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 、不良率低于 10PPM，助力公司在光通信领域实现突破，获得客户对设计及加工技术的认可，为同类产品市场拓展提供支撑；

二是全光交换用光纤阵列组件项目，处于试样阶段，针对市场对 FA 的更高要求，开发适用于 1.6T 硅光模块和 EML 方案模块的 FA-MT 产品，应用于 OCS 和 WSS 上的多芯 FA 组件，依托光成像在光学设计、精密制造等方面与光通信光无源器件的技术同源性，实现技术迁移并降低研发投入成本，助力公司延展光学领域产品线。

图表47：弘景光电光通信在研项目

研发项目名称	项目目的	项目进展	拟达到的目标	预计对公司未来发展的影响
一体化非球面组件	通过光学仿真与不断优化设计，设计上达到高性能及易加工的效果，能大幅提升客户产品性能；通过内部精密制造及创新模具设计，大幅提升产品品质和加工效率，有效降低成本	量产阶段	针对一体化非球组件，设计上通过精确设计、仿真与优化实现最佳设计效果；加工上创新模具设计工艺，采用外壳一体化成型技术，结合自动化生产，大幅度提升加工效率。该技术生产的产品漏气率满足 $1 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ ，不良率低于 10PPM	本项目将助力公司在光通信领域实现突破，获得客户对公司设计及加工技术的认可，为同类产品市场拓展提供有力支撑。
全光交换用光纤阵列组件	市场需求对 FA 提出了更高要求，本项目主要针对高速光模块和 OCS 应用开发多芯、高品质 FA	试样阶段	开发适用于 1.6T 硅光模块和 EML 方案模块的 FA-MT 产品，产品主要是应用于 OCS 和 WSS 上的多芯 FA 组件。	光成像在光学设计、精密制造等方面与光通信中的光无源器件(如透镜、隔离器)等具有较高同源性，在此项目上的研发具备技术迁移的可行性，且可降低研发投入成本，有利于公司延展光学领域产品线。

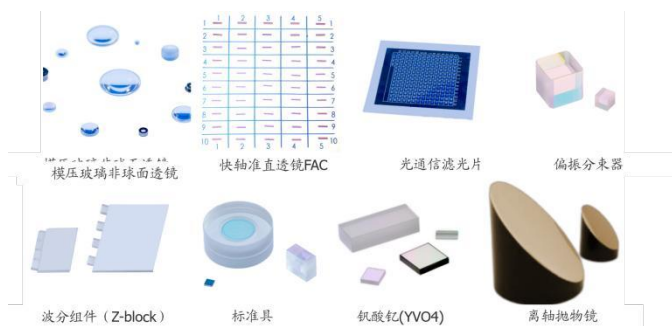
资料来源：弘景光电公告，国盛证券研究所

2.10 腾景科技：聚焦精密光学，OCS、CPO 前沿布局

公司持续推进在 AI 算力高速光模块元组件、OCS 光交换机元组件、CPO 光互联组件等行业前沿领域的深度布局。推进应用于 800G/1.6T 等高速光模块无源元器件产能持续爬坡，在 OCS 光交换机等新兴技术的元组件订单取得重要突破，CPO 光连接器等下一代光互联技术的产品持续推进开发验证。

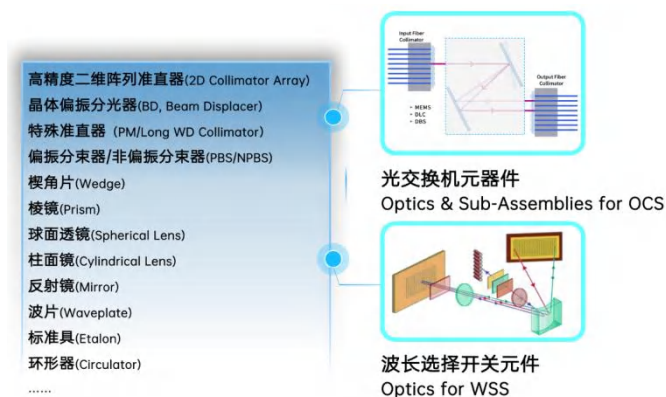
在光通信领域，公司的精密光学元组件和光纤器件应用于光收发模块、动态可调模块（如 WSS 模块）、OCS 光交换机等各类光模块与子系统。公司生产的精密光学元组件产品主要包括晶体材料、平面光学元件、球面光学元件、模压玻璃非球面透镜、衍射光栅、光学组件等。公司与全球主要的光模块厂商建立了合作关系，包括 Lumentum、Coherent、光迅科技、苏州旭创等。

图表48: 腾景科技的部分精密光学元组件产品



资料来源: 腾景科技官网, 国盛证券研究所

图表49: 腾景科技可提供 OCS/WSS 用的各类光学元件和器件



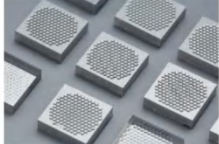
资料来源: 腾景科技官网, 国盛证券研究所

2.11 蓝特光学：非球面透镜稳步扩张

在光通信领域，玻璃非球面透镜凭借有效减少相差、提升光信号传输效率的优势，被广泛应用于光模块、光纤耦合器等关键设备中。在非球面透镜产品方面，公司前期完成储备的精密热模压产能逐步释放，并继续保持着稳步扩张的节奏，充分响应了下游光通信市场快速增长的需求。

公司拟募集资金总额不超过人民币 10.55 亿元，将用于投资建设“AR 光学产品产业化建设项目”、“玻璃非球面透镜生产能力提升项目”、“微纳光学元器件研发及产业化项目”等。其中，“玻璃非球面透镜生产能力提升项目”达产后，预计新增 3000 万件光通信用玻璃非球面透镜产能、1800 万件消费类玻璃非球面透镜产能、50 万件交换镜头玻璃非球面透镜产能。募投项目建设期为 2 年，预计第三年开始投产。

图表50: 蓝特光学光通信相关产品、在研项目和核心技术

产品名称	产品示意图	产品介绍	应用领域
非球面透镜		非球面透镜是选用低熔点优质的光学玻璃，采用精密控制的批量热模压技术进行生产而得到的高精度透镜产品。	非球面透镜的应用主要分为成像类、准直类。成像类透镜主要应用于车载镜头、影像创作设备、智能手机、安防监控等领域；准直类透镜主要应用于光通信、车载激光雷达、测距仪等领域。
球面透镜		球面透镜是选用光学玻璃，采用精密光学冷加工技术进行生产的产品。	球面透镜产品主要应用于安防、车载、数码相机、激光、光学仪器等领域。
微透镜		微透镜（含微透镜阵列）是通过光学曝光、电子束曝光、聚焦离子束加工、激光加工、纳米压印、刻蚀技术、薄膜技术等半导体工艺制程对光学晶圆加工而得到的精密光学元件产品。	微透镜产品可应用于汽车电子、消费电子、光通信等领域。
在研项目名称	预计总投资规模/累计投入金额	拟达到目标	具体应用前景
晶圆级微透镜阵列蚀刻工艺开发	1000万元/272万元	针对晶圆级微透镜阵列工艺，主要研究目标如下： 1、实现 6 寸晶圆级微透镜阵列工艺开发； 2、面型精度：<200nm； 3、粗糙度<5nm； 4、透镜高度 100um 以内。	主要应用于车载产品、光通信产品
核心技术名称	技术来源	技术介绍及先进性的具体表征	在主营业务及产品中的应用
晶圆级三维光刻加工技术	自主研发	通过半导体三维光刻工艺，对光学元件进行晶圆级加工，形成比传统二维光刻工艺所能实现的更复杂的三维曲面结构（如微透镜阵列），后续结合纳米压印或干法刻蚀可进行大批量生产。其特点为可制造大深宽比（最高达200um以上）的微结构，取材广泛（陶瓷、聚合物等），精度高（小于 0.1um），可重复复制，利于控制生产成本，适合批量生产。	微透镜（微透镜阵列）

资料来源：蓝特光学公告，国盛证券研究所

风险提示

- 1、研发进展不及预期：对于新兴的应用方向，部分光学公司还处于研发投入和应用拓展阶段，尚未取得较大稳定盈利，若未能在研发方向上做出正确判断，或未能收获预期的下游市场应用效果，前期的研发投入将难以收回，对公司业绩产生不利影响。
- 2、行业竞争加剧：随着市场竞争程度的不断加剧，公司800G/1.6T 等高速光通信模块、CPO/NPO、OCS 等技术迭代中未能及时跟进，或不能持续保持原有人才的文化认同和新人才的文化传承，则存在核心技术人才流失的风险，将直接影响公司的核心竞争力。
- 3、下游市场需求不及预期：若云计算、AI+等新兴数通应用场景发展放缓导致市场需求低于预期，那么公司产品在新兴应用领域的销售将存在较大不确定性。

免责声明

国盛证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。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。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及其研究人员对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，可能会随时调整。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。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的资料、工具、意见、信息及推测只提供给客户作参考之用，不构成任何投资、法律、会计或税务的最终操作建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。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。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。

本报告版权归“国盛证券股份有限公司”所有。未经事先本公司书面授权，任何机构或个人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。任何机构或个人如引用、刊发本报告，需注明出处为“国盛证券研究所”，且不得对本报告进行有悖原意的删节或修改。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的任何观点均精准地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法，结论不受任何第三方的授意或影响。我们所得报酬的任何部分无论是在过去、现在及将来均不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
评级标准为报告发布日后的 6 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中 A 股市场以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准，美股市场以标普 500 指数或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	相对同期基准指数涨幅在 15%以上
		增持	相对同期基准指数涨幅在 5%~15%之间
		持有	相对同期基准指数涨幅在 -5%~+5%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在 5%以上
	行业评级	增持	相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		中性	相对同期基准指数涨幅在 -10%~+10%之间
		减持	相对同期基准指数跌幅在 10%以上

国盛证券研究所

北京

地址：北京市东城区永定门西滨河路 8 号院 7 楼中海地产广场东塔 7 层
 邮编：100077
 邮箱：gsresearch@gszq.com

南昌

地址：南昌市红谷滩新区凤凰中大道 1115 号北京银行大厦
 邮编：330038
 传真：0791-86281485
 邮箱：gsresearch@gszq.com

上海

地址：上海市浦东新区南洋泾路 555 号陆家嘴金融街区 22 栋
 邮编：200120
 电话：021-38124100
 邮箱：gsresearch@gszq.com

深圳

地址：深圳市福田区福华三路 100 号鼎和大厦 24 楼
 邮编：518033
 邮箱：gsresearch@gszq.com