下载日志已记录，仅供内部参考

东吴证券 SOOCHOW SECURITIES

电子行业深度报告

光模块散热专题：高速光模块迭代，热管理材料迎升级机遇

2026 年 10 月 22 日

增持（维持）

证券分析师 陈海进
执业证书：S0600525020001
chenhj@dwzq.com.cn
研究助理 郭雄飞
执业证书：S0600126060019
guoxf@dwzq.com.cn

投资要点

- **高速光模块迭代，散热瓶颈显现：**光模块向 800G、1.6T 及 3.2T 持续迭代，功耗持续抬升，但模块本体横截面尺寸变化不大，导致内部单位空间热负荷持续提升。而光芯片对温度变化高度敏感，不同温度下 EML 的光输出特性具有显著差异，热管理不仅影响器件性能，更直接关系光模块的传输稳定性与使用寿命。具体来看，DSP 和激光器、调制器等光电器件是光模块内部的主要热源。随着光模块持续向更高速率演进，核心器件性能升级与整体热负荷增长将推动高性能散热材料及器件需求持续提升。此外高端散热材料还有国产替代需求：国内光模块需求规模扩大、自主可控需求提升，高端散热材料及模组有望迎来国产替代机遇。产业催化层面，2026 年 8 月 13 日，中际旭创拟受让中石科技 3137.25 万股股份。我们认为此次战略投资反映出光模块龙头对散热环节的重视程度提升，热管理有望成为光模块产业链的重要增量方向。

- **光模块三级散热体系与核心材料梳理：**光模块散热贯穿芯片封装、模块内部及交换机接口三个层级，形成由局部热源向外部环境逐级传递的完整热管理体系。具体来看，**在光芯片封装内部**，EML 等有源光芯片为主要热源，通过陶瓷载板导热与 TEC 精准温控，接触界面的微观空隙则用壁垒较高的 TIM1 导热材料填充，将光芯片产生的热量向外传导。**光模块壳体内** DSP 和光器件等为主要热源，通过导热凝胶、导热垫片等 TIM 材料填充器件与散热结构之间的空隙，降低接触热阻，并将热量传导至金属壳体；部分高功率方案可进一步引入 VC 均热板，将局部热点的热量快速扩散至更大面积。**光模块外部**散热以交换机 Cage 为接口，将模块壳体热量传递至外部散热器，最终通过风冷或液冷系统排出。

- **光互连技术持续演进，硅光与 NPO 催生散热新变量：**硅光和 NPO/CPO 等光互连技术持续演进，伴随光模块速率升级，会对散热方案产生影响。具体来看，**硅光方案**自 800G/1.6T 光模块中逐渐提高渗透。相较于传统 EML 方案中由多颗集成激光器与调制器的 EML 器件分别承担各路光信号发射，硅光利用 CW 连续波激光器提供光源，通过硅光 PIC 集成多路调制，造成热源更加集中，进而推动 TEC 及陶瓷基板向高性能、高价值量方向升级。**NPO 方案**推动光引擎向 ASIC 附近迁移，目前尚未形成统一技术路线。其中内置光源方案将激光器与硅光 PIC 集成，距离高功率 ASIC 更近，热串扰问题突出，对局部散热及精准温控提出更高要求；外置光源方案将激光器远离 ASIC 热区，有利于降低热串扰，但额外的光路耦合损耗可能提高激光器输出功率要求，进而增加配套散热材料需求；VCSEL 方案采用高密度激光器阵列，需重点关注阵列温度均匀性及局部热点控制。后续需关注不同技术路线的产业化进展，以及散热器件的配套方案演进。虽然硅光和 NPO 等新技术的产业化加速推进，但**传统可插拔方案**在 Scale-out 场景中仍具备一定优势和显著份额，未来光模块速率升级带动整体热负荷提升，将推动散热全链条需求升级。

- **产业链相关公司：**TEC 及陶瓷基板：富乐德、富信科技、国瓷材料、三环集团等；TIM 材料及 VC 均热板：中石科技、苏州天脉、飞荣达、德邦科技、鸿富诚等；Cage：奕东电子、鼎通科技等。

- **风险提示：**需求不及预期风险、技术迭代风险、客户导入进度不及预期风险。

行业走势



相关研究

《国产算力周跟踪：超节点规模落地刚起步，竞争转向系统级整合能力》

2026-10-18

《端侧 AI 周跟踪：个人 Agent 加速普及，终端应用需求增长驱动 AI 硬件升级》

2026-10-11

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

内容目录

1. 高速光模块迭代，散热瓶颈显现 4
1.1. 为什么要重视光模块散热 4
1.2. 产业催化：中际旭创战略入股中石科技，龙头重视散热环节 6
2. 光模块三级散热体系与核心材料梳理 7
2.1. 光模块散热具备三级热传导路径 7
2.2. 光芯片封装：陶瓷基板导热、TEC 精准温控 7
2.3. 光模块内部：高性能 TIM 与 VC 均热板构成重点升级方向 9
2.4. 光模块外部：风冷 Cage 向液冷 Cage 升级 11
3. 光互连技术持续演进，硅光与 NPO 催生散热新变量 13
3.1. 硅光渗透推动热源集中 13
3.2. NPO 打开 Scale-up 增量空间，关注技术路线演进与散热架构变革 14
4. 产业链相关公司 15
5. 风险提示 16

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

图表目录

图 1: 不同速率光模块功耗对比 4
图 2: 不同温度下 EML 的光输出特性具有显著差异，影响性能稳定 5
图 3: 可插拔光模块内部功耗拆分 5
图 4: 光模块散热体系及主要散热材料 7
图 5: EML 在光模块的位置及内部封装结构 8
图 6: TEC 结构图 9
图 7: 光模块内部结构及散热材料应用位置 10
图 8: TIM 凝胶在光模块内部应用位置 10
图 9: 不同速率光模块的 TIM 导热系数需求演进 10
图 10: 光模块、Cage 与主动散热器剖面结构图 11
图 11: 风冷 Cage 产品图 12
图 12: 液冷 Cage + 冷板产品图 12
图 13: EML 与硅光架构热点分布对比 13
图 14: 同规格 800G 光模块最大功耗对比 14

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

1. 高速光模块迭代，散热瓶颈显现

1.1. 为什么要重视光模块散热

光模块向 800G、1.6T 及 3.2T 持续迭代，单位空间内热负荷持续提升。从 800G 到 3.2T，光模块功耗持续攀升。与此同时，800G 与 1.6T 产品仍可沿用 OSFP 标准封装，模块本体横截面尺寸基本保持不变，内部器件集成度及单位空间热负荷持续提升。

图1：不同速率光模块功耗对比

Power consumption of optical module

	Data Center	ZR-DCI	ZR++
400G (2022)	10-12W	16-20W	20-24W
800G (2024)	15-18W	20-24W	30W
1600G (2026)	20-24W	30-36W	40W+
3200G (2028)	35-40W	TBD	TBD

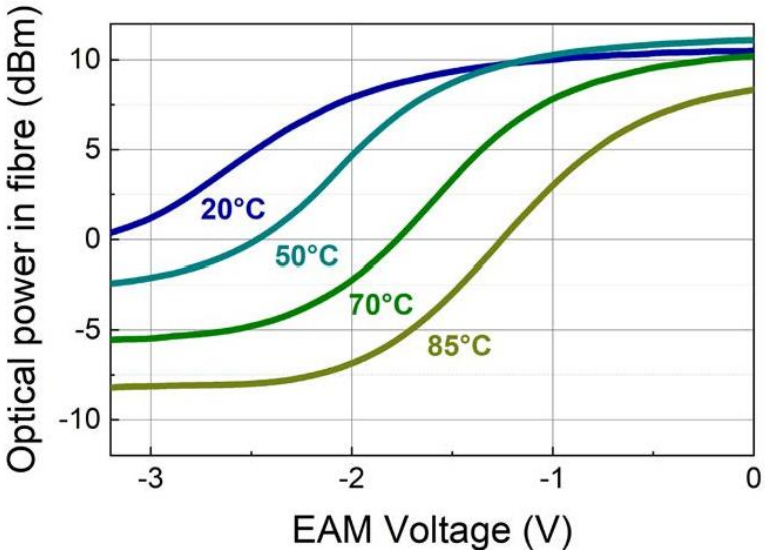
数据来源：Fibermall，东吴证券研究所

而光芯片对温度变化高度敏感，热管理不仅影响器件性能，更直接关系光模块的传输稳定性与使用寿命。根据 ADI 技术资料，典型 DFB 激光器温度每升高 1℃，发射波长约漂移 0.1nm；Fraunhofer HHI 实验数据亦表明，EML 光输出特性随工作温度变化明显。此外，高密度激光阵列还面临相邻通道热串扰问题，进一步增加多通道波长稳定及热管理难度。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

图2：不同温度下 EML 的光输出特性具有显著差异，影响性能稳定



数据来源：Fraunhofer HHI，东吴证券研究所

具体来看，DSP 是光模块内部的主要热源之一，传输速率持续提升对信号处理能力及光电器件散热提出更高要求。从光模块内部功耗构成来看，DSP 占据较高比重。DSP 主要负责高速信号的均衡补偿、时钟恢复及信号整形，以降低传输过程中信号衰减、失真及串扰对通信质量的影响。随着单通道传输速率持续提升，信号带宽扩大、单位符号持续时间缩短，传输链路中的高频损耗与码间干扰问题更加突出，对 DSP 的处理能力提出更高要求。尽管部分新型架构可取消模块侧独立 DSP，但相关信号补偿功能仍需由交换机 ASIC 等器件承担，且传输距离受限。传统 DSP 可插拔方案仍具有重要应用空间。同时，激光器、调制器等光电器件也需支持更高工作带宽，进一步增加模块热管理压力。我们认为随着光模块持续向更高速率演进，核心器件性能升级与整体热负荷增长将推动高性能散热材料及器件需求持续提升。

图3：可插拔光模块内部功耗拆分

TRANSCEIVER POWER	SHARE	
DSP	49%	
Optics + electronics	27%	
Laser	12%	
Power overhead	12%	
INSIDE THAT 49% DSP	**SHARE OF DSP**	**SHARE OF WHOLE MODULE**
SerDes (host side)	40%	~19.6%
ADC/DAC (line side)	36%	~17.6%
DSP core (the actual computation)	24%	~11.8%

数据来源：ECOC 2026，东吴证券研究所

高端散热材料国产替代空间广阔，国内光模块产业崛起有望带动本土供应链加速突

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

破。在高端散热材料领域，海外企业在配方技术积累、产品可靠性及头部客户认证优势占据先发地位，国内厂商正加速技术研发与产品导入。与此同时，国内光模块企业全球竞争力持续提升，国内 AI 数据中心对高速光模块的需求亦稳步增长。在此背景下，我们认为，伴随国内光模块需求规模扩大、自主可控需求提升，高端散热材料及模组有望迎来国产替代机遇，具备产品技术积累、客户认证及规模交付能力的国内厂商有望率先受益。

1.2. 产业催化：中际旭创战略入股中石科技，龙头重视散热环节

中际旭创斥资 17.47 亿元战略入股中石科技，凸显高速光模块散热环节的重要性。2026 年 8 月 13 日，中际旭创与中石科技控股股东及实际控制人签署股份转让协议，拟以 55.70 元/股的价格、合计 17.47 亿元受让中石科技 3137.25 万股股份，占其总股本的 10.47%；9 月 29 日完成股份过户，中际旭创正式成为中石科技重要股东。根据中际旭创公告，随着 800G、1.6T 等高端光模块持续放量，产品功耗密度提升带动散热需求增长，双方有望在热管理领域形成产业协同。中石科技亦表示，将围绕下一代高速光模块及 CPO、NPO 等新架构，推进高性能 TIM、一体式 VC 及液冷等散热产品的导入与应用。我们认为此次战略投资反映出光模块龙头对散热环节的重视程度持续提升，热管理有望成为高速光模块产业链的重要增量方向。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

2. 光模块三级散热体系与核心材料梳理

2.1. 光模块散热具备三级热传导路径

光模块散热贯穿芯片封装、模块内部及交换机接口三个层级，形成由局部热源向外部环境逐级传递的完整热管理体系。第一级为光芯片封装级，主要通过 TIM（TIM1）材料、陶瓷基板等将光芯片产生的热量向外传导，并按需配置 TEC 实现局部精准温控；第二级为光模块内部，主要通过 TIM（TIM2）材料填充光模块内部器件之间的空隙，配合 VC 等均热器件将热量扩散至金属外壳体；第三级为交换机接口级，光模块插入交换机的接口 Cage 后，通过导热接触界面，将热量最终传递至风冷或液冷系统。

图4：光模块散热体系及主要散热材料

散热层级	散热位置及作用	主要散热材料与器件
光芯片封装级	光芯片封装内部，将芯片产生的热量向外传导，同时对温度敏感器件进行局部精准温控。	TIM材料、陶瓷基板、TEC等
光模块内部	光模块金属壳体内部，将DSP及光器件等产生的热量传递至金属壳体，并可借助均热器件扩散热点，降低局部热阻。	TIM材料（凝胶、垫片等）、VC均热板、金属壳体等
交换机接口级	光模块插入交换机Cage后，将模块壳体中的热量经接触界面传递至外部散热器，最终通过空气或冷却液排出，实现与交换机整机散热系统的协同。	TIM材料、Cage及导热接触结构、风冷相关（散热鳍片等）、液冷相关（冷板等）

数据来源：东吴证券研究所整理

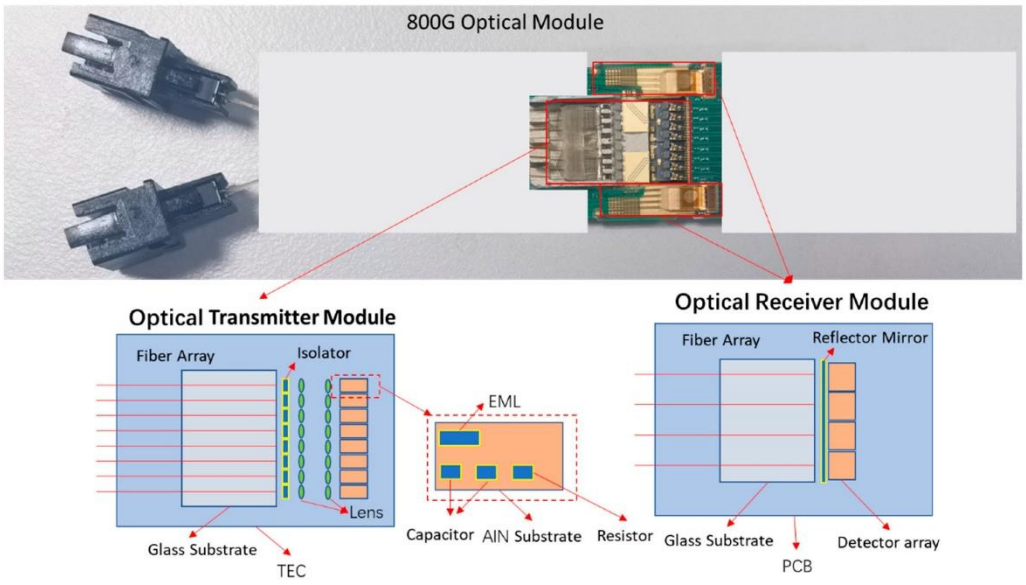
2.2. 光芯片封装：陶瓷基板导热、TEC 精准温控

EML 等有源光芯片为主要热源，通过陶瓷载板导热与 TEC 精准温控。在典型 EML 封装中，芯片固定于陶瓷基板，基板兼具芯片承载、电连接及热传导功能；其下方可配置 TEC 半导体制冷片，通过主动热量搬运维持激光器工作温度稳定，并将热量进一步向外传导。光芯片上方的封装缝隙中会填充 TIM 材料填补封装结构空隙，实现高效导热。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

图5：EML 在光模块的位置及内部封装结构



数据来源：《Photonics》，东吴证券研究所

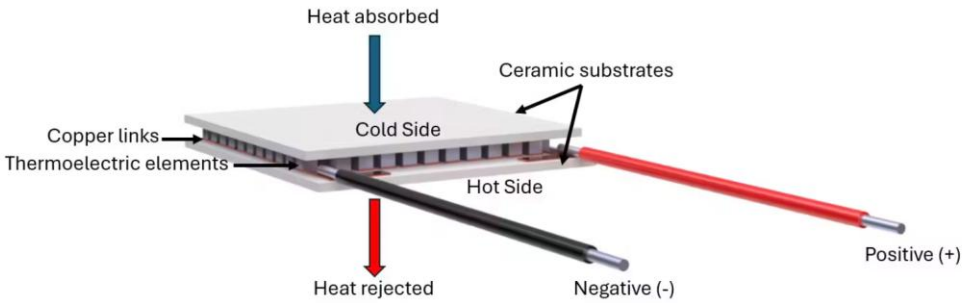
陶瓷基板承担光芯片承载与基础导热功能，高速光模块升级有望推动其用量与价值量提升。用量方面，陶瓷基板的配置数量主要取决于光引擎内部的器件数量及集成方式，同时 TEC 制冷片通常采用上下两层陶瓷基板构成三明治结构，因此 TEC 配置数量增加亦有望带动陶瓷基板需求；此外，基板面积、厚度等参数决定单片材料用量。价值量方面，一是材料升级，随着光芯片功耗及热流密度提升，陶瓷基板有望由氧化铝向氮化铝等高导热材料演进。根据京瓷产品资料，氧化铝导热系数约为 20–30W/(m·K)，氮化铝可达 150–240W/(m·K)；二是工艺升级，高纯度原材料和精密烧结等工艺要求提升，都会推动陶瓷基板单片价值量增长。

TEC 通过主动热量搬运实现光芯片精准控温，高速光模块升级推动其向高制冷性能、小型化及高可靠性方向迭代。TEC 基于帕尔贴效应工作，通常采用上下两片陶瓷基板夹持中间交替排列的 P/N 型碲化铋热电晶粒，通过控制电流将激光器产生的热量从冷端搬运至热端，维持器件工作温度稳定。用量方面，TEC 配置数量主要取决于光器件的发热功率及制冷需求。价值量方面，温控精度、厚度减薄和使用寿命的要求提升都会增加 TEC 的工艺难度，进而抬高价值量。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

图6：TEC 结构图



数据来源：LaserFocusWorld，东吴证券研究所

芯片封装级导热界面材料（TIM1）技术壁垒较高，产品选型与光芯片封装设计深度绑定。在采用芯片与盖板直接导热的封装结构中，TIM 材料主要用于填充接触界面的微观空隙、降低热阻。由于直接接触芯片且邻近精密光学器件，材料除高导热性能外，还需满足低挥发、低析油、界面稳定性及长期可靠性等要求，避免污染光学器件、影响信号传输。相关材料需要与光芯片封装结构及制造工艺协同开发，并通过严格的可靠性验证，具有较高的技术与客户认证壁垒。

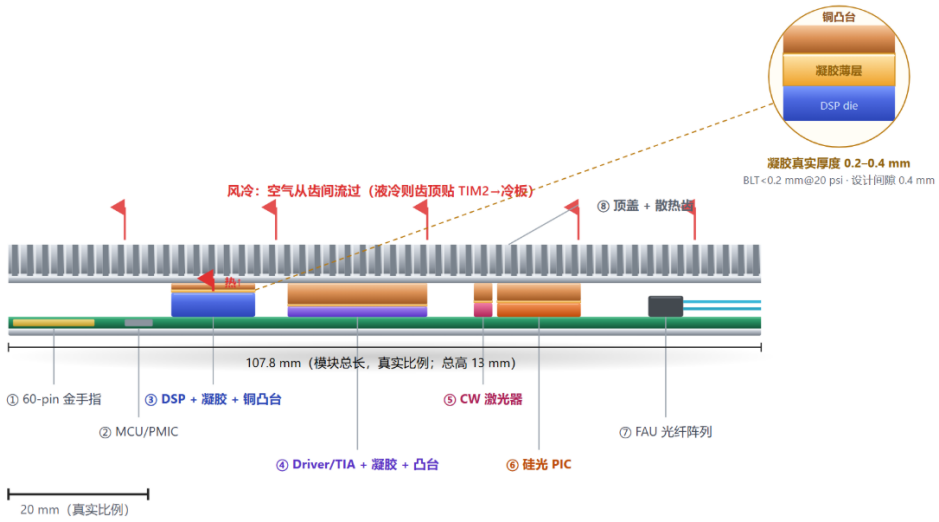
2.3. 光模块内部：高性能 TIM 与 VC 均热板构成重点升级方向

光模块内部散热以 TIM 界面导热与金属结构均热为核心，将芯片产生的热量向模块外壳传递。光模块内部的 DSP、驱动、TIA 及光器件等主要热源，通过高导热凝胶、导热垫片等 TIM 材料填充器件与散热结构之间的空隙，降低接触热阻，并将热量传导至金属壳体；部分高功率方案可进一步引入 VC 均热板，将局部热点的热量快速扩散至更大面积，提高散热效率。最终，热量通过模块金属外壳及导热接触界面传递至外部散热器，由交换机风冷或液冷系统排出。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

图7：光模块内部结构及散热材料应用位置



数据来源：傲川科技，东吴证券研究所

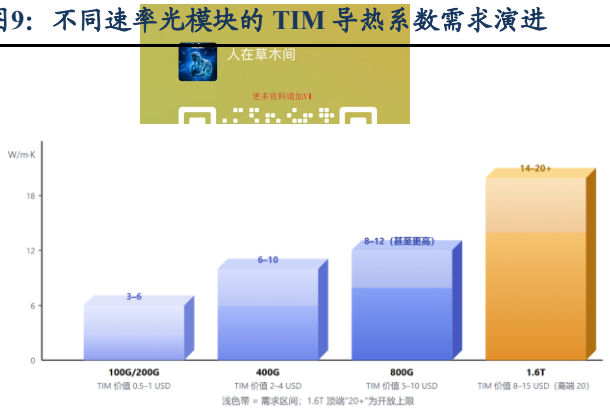
TIM 是光模块内部散热的关键材料，导热凝胶向高导热率及新型复合填料升级。TIM（TIM2）主要用于填充芯片与散热结构之间的微观空隙，降低界面热阻，当前光模块内部广泛采用可点胶的导热凝胶方案。导热凝胶主要由有机硅等高分子基材与导热填料构成，其中填料均匀分散于基体内部，形成导热通路，是提升导热性能的核心环节，也是提升 TIM 价值量的核心因素。随着光模块由 400G 向 800G、1.6T 及 3.2T 迭代，对凝胶导热率的要求总体提升：400G、800G 等产品可采用 6–10W/(m·K)等级材料，800G 及 1.6T 高功率方案已开始采用 12–14.5W/(m·K)产品。填料材质方面，中低导热等级主要采用氧化铝等成熟材料，高导热方案则通过引入氮化铝提升性能。随着导热率要求进一步提高，氮化硼、液态金属等高导热填料的可行性和产业化正在推进中。**此外，石墨烯导热垫片**同属 TIM 材料，凭借高导热、低界面热阻等优势，有望在 DSP 等局部高热流密度场景形成补充。

图8：TIM 凝胶在光模块内部应用位置

区域	位置	为何在这里用凝胶
DSP	die ↔ 铜凸台/VC（TIM1）	主热源（约占整模块70%功耗），必须最快导出
激光器	TOSA ↔ 凸台/基板	功耗不高（~0.55 W/颗）但温度敏感：温漂➡波长漂移➡信道串扰
Driver/TIA	驱动/TIA ↔ 凸台/屏蔽罩	次级热源，降低内部温差、保护邻近光器件
硅光引擎	PIC ↔ 凸台	调制器温漂影响工作点（微环1℃≈0.1nm）

数据来源：傲川科技，东吴证券研究所

图9：不同速率光模块的 TIM 导热系数需求演进



数据来源：傲川科技，东吴证券研究所

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

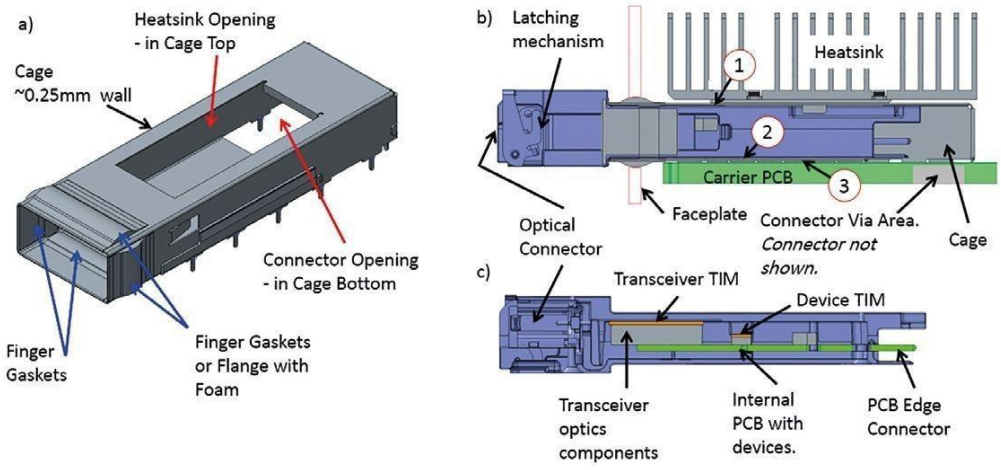
VC 均热板通过相变传热实现局部热点的快速扩散，与 TIM 材料协同提升光模块内部散热效率。TIM 主要负责降低芯片与散热结构之间的界面热阻，VC 则进一步将热量向更大面积扩散，实现二次均热。VC 通常采用铜质密封腔体，内部封装去离子水等工作流体及精密毛细吸液芯，通过液体蒸发、蒸汽扩散、冷凝回流实现高效传热。随着更高速率光模块功耗密度提升，VC 在高功率产品中的渗透率逐步提升。

光模块金属壳体承担被动导热功能，高速率升级推动壳体材料向高导热铜合金演进。光模块金属壳体既提供机械支撑与电磁屏蔽，也负责将内部芯片产生的热量向外部散热器传递。传统壳体主要采用锌合金、铝合金，随着光模块功耗密度提升，材料逐步向高导热铜合金升级，同时需要兼顾频繁插拔所要求的硬度、耐磨性及结构强度，已有铜合金光模块壳体实现批量供货。更长期看，铜金刚石等超高导热复合材料具备进一步改善散热性能的潜力。

2.4. 光模块外部：风冷 Cage 向液冷 Cage 升级

光模块外部散热以交换机 Cage 为接口，将模块壳体热量传递至外部散热器，最终通过风冷或液冷系统排出。Cage 是安装于交换机 PCB 上的金属笼框，主要承担光模块的插拔定位、机械固定及散热器安装等功能。光模块插入 Cage 后，其金属壳体与外部散热器形成导热接触界面，部分方案通过 TIM 材料填充界面空隙、降低接触热阻，将热量进一步传递至交换机侧散热器。最终，热量通过风冷鳍片在风扇驱动下散发至空气，或通过液冷冷板传递至循环冷却液，实现与交换机整机散热系统的协同。

图10：光模块、Cage 与主动散热器剖面结构图



数据来源：Mentor Graphics，东吴证券研究所

风冷向液冷升级有望推动单端口价值量提升。随着高速光模块功耗密度持续提升，传统风冷散热能力逐渐面临瓶颈，推动 Cage 散热方案向液冷升级。传统风冷方案下，Cage 通过顶部鳍片式散热器配合风扇气流排出热量；液冷方案则进一步将冷板与 Cage 集成，使产品由传统结构件升级为一体化液冷散热模组，核心价值增量来自冷板及相关

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

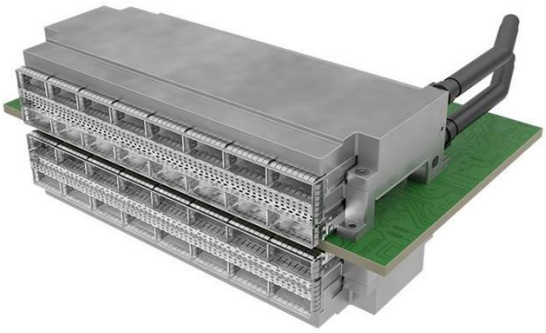
导热结构。据鼎通科技，液冷 Cage 在传统精密冲压工艺基础上，进一步增加 CNC 加工、钎焊、液冷板组装及气密性检测等工序，对密封可靠性、热接触精度及产品良率提出更高要求。我们认为随着高功率光模块液冷渗透率提升，Cage 供应商有望通过产品集成度及制造壁垒提升，实现单端口配套价值量增长。

图11：风冷 Cage 产品图



数据来源：Amphenol，东吴证券研究所

图12：液冷 Cage + 冷板产品图



数据来源：Amphenol，东吴证券研究所

请务必阅读正文之后的免责声明部分

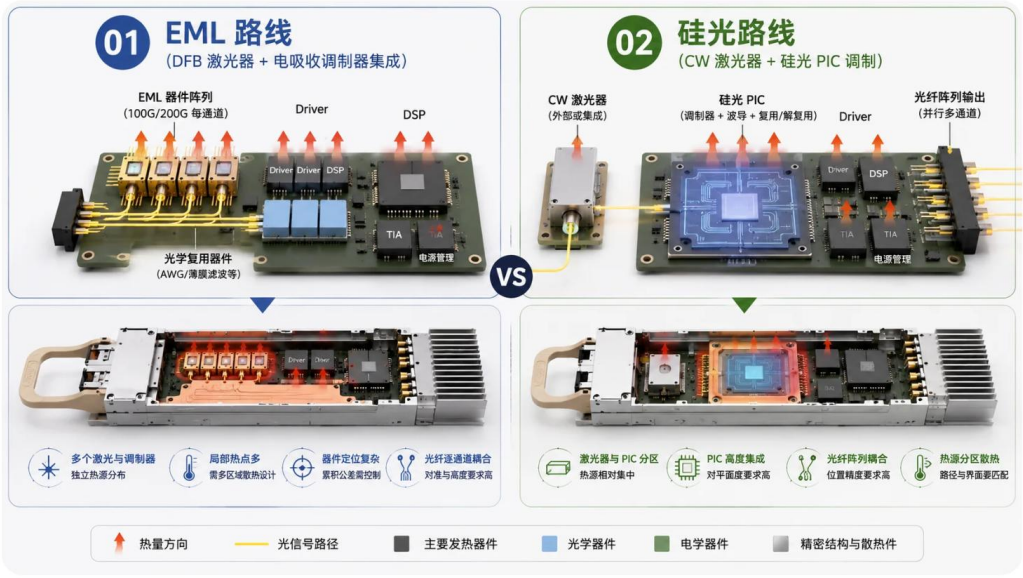
下载日志已记录，仅供内部参考

3. 光互连技术持续演进，硅光与 NPO 催生散热新变量

3.1. 硅光渗透推动热源集中

硅光方案加速渗透，推动光芯片封装内部热源结构变化，带来精细化温控与高效导热需求。800G/1.6T 光模块中的光芯片方案正由 EML 逐步向硅光演进。Lumentum CEO 在 2026 年 8 月 27 日指出，800G 光模块中 EML 方案约占 70%–80%，预计 1.6T 成熟后 EML 份额下降至 40%–50%。传统 EML 方案通常由多颗集成激光器与调制器的 EML 器件分别承担各路光信号发射；硅光方案则利用 CW 连续波激光器提供光源，通过硅光 PIC 集成多路调制、复用等功能，部分设计可减少激光器数量。从光芯片封装内部来看，EML 方案形成多个相对分散的局部热点，而硅光方案的部分热源可能更加集中。

图13：EML 与硅光架构热点分布对比



数据来源：仲德精密，东吴证券研究所

传统可插拔架构仍占据显著份额，速率升级带动整体热负荷提升，推动散热全链条升级。当前高速光模块仍主要采用搭载 DSP 的可插拔方案，尽管硅光渗透推动光芯片内部结构发生变化，但对光模块整体功耗的影响相对有限。根据 CIG 产品数据，同规格 800G EML 与硅光模块的最大功耗分别为 16W 和 14W，整体功耗差异有限。随着 800G 向 1.6T 迭代，典型 8 通道方案的单通道速率由 100G 提升至 200G，对 DSP 等核心器件的性能要求进一步提高，模块整体功耗随之上升。**体现到散热材料需求方面，在光模块内部，**DSP 等主要热源的散热需求增长，有望带动高性能 TIM 及 VC 均热器件渗透，陶氏、汉高已分别推出导热系数达 12W/(m·K)、14.5W/(m·K)的高性能导热凝胶，适用于 800G、1.6T 光模块；**模块壳外方面**，随着交换机端口功率及密度提升，部分高功率场景由风冷向液冷升级。NVIDIA 新一代交换机已同时提供风冷及液冷配置，液冷方案通过将冷板与 Cage 集成，实现从传统结构件向一体化散热模组升级，有望推动 Cage 单端口配套价值量进一步提高。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

图14：同规格 800G 光模块最大功耗对比

参数	EML方案	硅光方案
速率	800G，8×100G	800G，8×100G
光接口	DR8	DR8
传输距离	500m	500m
光源与调制	EA-DFB（EML）	CW-LD＋硅光调制器
封装	QSFP-DD800	QSFP-DD800
最大功耗	16W	14W

数据来源：CIG，东吴证券研究所

3.2. NPO 打开 Scale-up 增量空间，关注技术路线演进与散热架构变革

NPO 推动光引擎向 ASIC 附近迁移，关注技术路线进展催化和散热架构变动。NPO 通过缩短 ASIC 与光引擎之间的高速电连接，降低传输损耗及信号补偿需求，部分方案可省去独立 DSP，降低光互连功耗。但与此同时，光引擎向高功率 ASIC 附近迁移，局部热源更加密集，散热路径及温控要求随之变化。目前 NPO 尚未形成统一技术路线，主要包括硅光内置光源、硅光外置光源及 VCSEL 阵列等方案，不同路线在激光器布局、温度敏感性及热源分布方面存在差异。其中，内置光源方案将激光器与硅光 PIC 集成，距离高功率 ASIC 更近，对局部散热及精准温控提出更高要求；外置光源方案将激光器远离 ASIC 热区，有利于降低热串扰，但额外的光路耦合损耗可能提高激光器输出功率要求；VCSEL 方案采用高密度激光器阵列，需重点关注阵列温度均匀性及局部热点控制。后续需关注不同技术路线的产业化进展，以及散热器件的配套方案演进。

NPO 重要增量来自 Scale-up 光互连市场，传统可插拔市场仍将延续速率升级。应用场景方面，NPO 的重要增量来自 Scale-up 网络，传统 Scale-out 网络仍以可插拔光模块为主要方案，NPO 导入并不意味着现有市场被迅速替代，800G、1.6T 向 3.2T 及更高速率迭代仍将持续。我们认为，未来 Scale-up 光互连渗透有望带来板级 TIM、高导热封装材料及液冷冷板等新增散热机会，而传统可插拔市场的速率升级仍将推动模块内部相关散热器件的性能与价值量提升，形成新旧散热需求并行发展的格局。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

4. 产业链相关公司

TEC 及陶瓷基板：富乐德、富信科技、国瓷材料、三环集团等；

TIM 材料及 VC 均热板：中石科技、苏州天脉、飞荣达、德邦科技、鸿富诚等；

Cage：奕东电子、鼎通科技等。

下载日志已记录，仅供内部参考

5. 风险提示

需求不及预期风险。若下游AI算力资本开支放缓、相关硬件厂商新产品延期或800G、1.6T及3.2T光模块升级进度不及预期，可能影响高性能散热材料及器件的需求增长。

技术迭代风险。硅光、NPO/CPO 等技术路线仍处于持续演进阶段，若实际散热方案与预期存在差异，或新型散热材料导入进度不及预期，可能影响相关产品的市场空间及价值量提升。

客户导入进度不及预期风险。高端散热材料及器件具有较高的技术和客户认证壁垒，若国内厂商产品验证、批量供货及客户导入进度不及预期，可能影响国产替代进程及相关企业业绩兑现。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

下载日志已记录，仅供内部参考

东吴证券 SOOCHOW SECURITIES

免责声明

东吴证券股份有限公司(以下简称“本公司”)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。

本研究报告仅供符合中国证监会《证券期货投资者适当性管理办法》规定的专业投资者使用，且接收人须为本公司认定并建立服务关系的专业机构投资者使用，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，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。本报告不面向普通投资者发布或传播。任何非专业机构投资者收到本报告后，应立即退回并销毁，不得依据本报告内容做出任何投资决策。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证 50 指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15%以上；

增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5%与 15%之间；

中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与 5%之间；

减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持： 预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5%以上；

中性： 预期未来 6 个月内，行业指数相对基准-5%与 5%；

减持： 预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，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。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街 5 号
邮政编码：215021
传真：（0512）62938527
公司网址： http://www.dwzq.com.cn