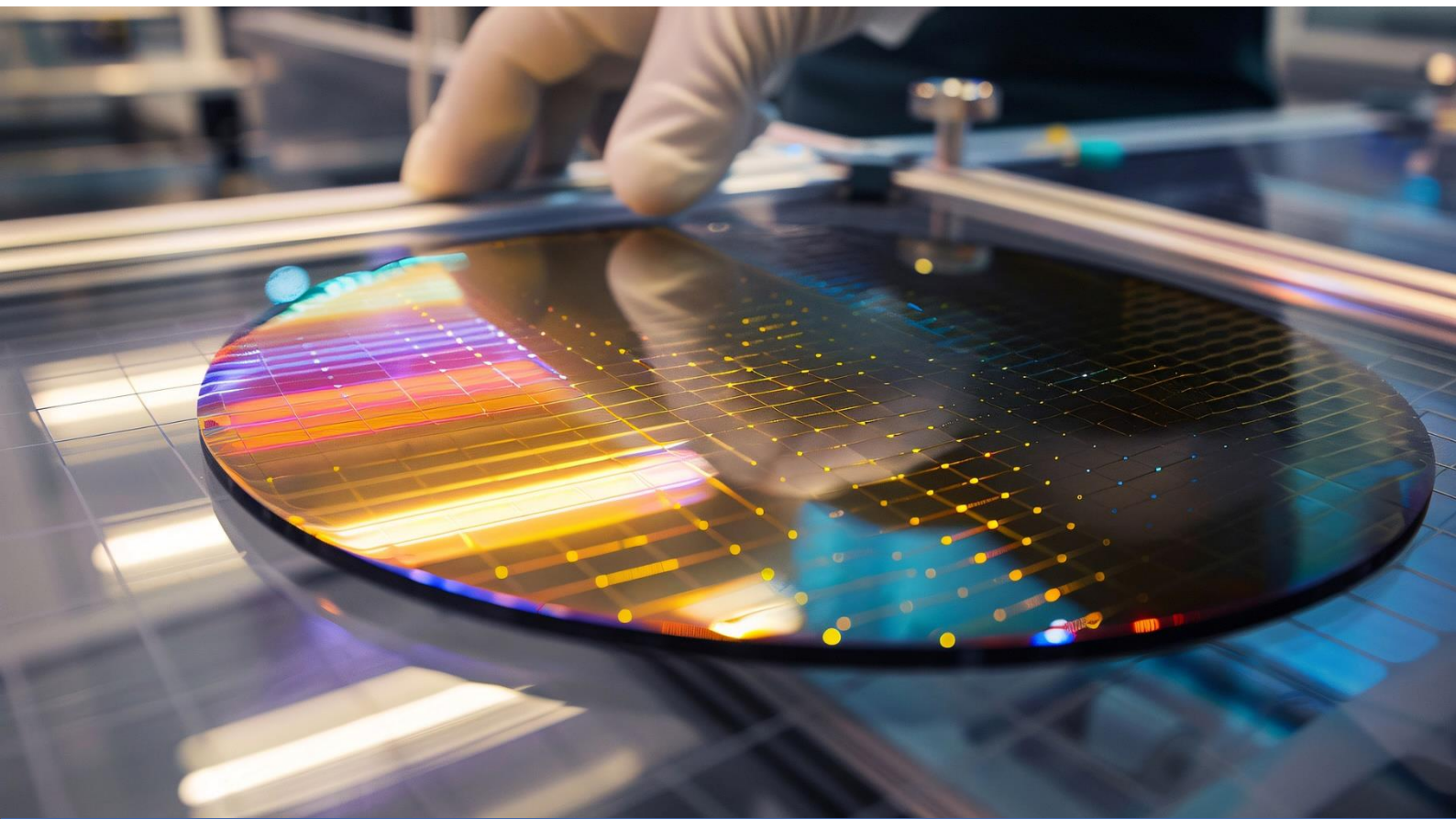




磷化铟：光互连“隐形基石”的产业链卡位与价值重估

—— 光器件行业深度报告

分析师：赵良毕

磷化铟：光互连“隐形基石”的产业链卡位与价值重估

— — 光器件行业深度报告

2026 年 07 月 12 日

核心观点

● AI 算力驱动光互连升级，磷化铟全产业链从“材料瓶颈”走向“价值重估”：

随着 800G 光模块规模化部署、1.6T 加速导入、CPO/SiPh 在下一代 AI 集群中从样品向量产迁移，磷化铟（InP）作为唯一可支撑 1310/1550nm 长距高速单模发射的直接带隙 III-V 材料，其战略地位从“光通信衬底”跃升为“AI 基础设施卡脖子环节”。2025 年全球 InP 器件需求约 200 万片，实际产能仅约 60 万片，供需缺口超 50%，且扩产周期长、良率爬坡慢、上游铟资源伴生于锌矿，供给弹性极弱。我们认为：

1) 上游铟资源“伴生+管制”双重约束，纯度瓶颈卡住产业链咽喉。全球 90% 原生铟来自锌矿副产，中国精炼产量占全球约 70%；2025 年 2 月商务部对磷化铟等材料实施出口管制后，东西铟价脱钩，6N 级以上高纯铟提纯（电解—真空蒸馏—区域熔炼多段工艺）进一步制约衬底端原料可得性，上游稀缺性正向中游传导。

2) 中游衬底寡头垄断格局稳固，6 英寸升级+扩产周期是核心。衬底市场份额更小，但其技术壁垒和市场集中度远高于外延：衬底制造是从 0 到 1 的结晶过程，核心难点在于：1) 核心瓶颈在上游，衬底制造严重依赖 6N 级（99.9999%）以上的超高纯铟；2) 长晶工艺极难，InP 单晶生长需在高温高压下进行极端环境控制，且扩产周期较长，设备交期和良率爬坡极慢；3) 高度寡头垄断：全球 InP 衬底住友（42%）、AXT/北京通美（36%）、JX 日矿（13%）三家合计垄断>90%份额。住友大阪工厂预计扩产 3 倍、AXT 募资 6.325 亿美元扩产，缺口填补可期。而外延是在衬底上生长薄膜，其较衬底而言，市场集中度更低、市场份额更高。因此，我们认为，磷化铟衬底作为产业链最上游的制造环节，是当前技术壁垒最高同时供需最紧张，也是当前 AI 光模块链中最为卡脖子的一环。

3) 下游 EML 短缺倒逼技术路径分化，InP 在光源侧不可替代性强化。光芯片沿 EML（现行）→CW+SiPh（高速发展）→CPO+ELS（2026-2028）→硅基单片 III-V（2030+）四代演进；EML 被 NVIDIA 等锁产能、交付延至 2027 年后，800G 供需缺口 40-60%，驱动 CW+SiPh 加速渗透，但 CW 的 InP 基底仍依赖住友/AXT，InP 需求不减反增。

4) 产业链利润向“衬底/外延+高端光芯片”双集中，垂直整合厂商议价权放大。衬底技术壁垒、厂商集中度最高；外延因 MOCVD 可采购而分散，但定制化程度高、客户粘性强；下游 EML/CW/UHP 芯片与 CPO ELS 模块 ASP 具备 2-3 倍弹性。拥有 InP 长晶+外延+芯片+模块全栈能力的 IDM（Lumentum、Coherent）与衬底材料龙头（住友、AXT/通美）将享受缺口溢价。

● 投资建议：行业供不应求，高景气度。建议关注相关龙头标的，光通信相关标的：AXT（AXTI），日本住友电气（5802.T），IQE（IQE.L），Applied Optoelectronics（AAOI.O），Lumentum（LITE），Coherent（COHR），Ciena（CIEN.N）等，关注盈利能力和估值双升趋势。

海外算力行业

推荐 维持评级

分析师

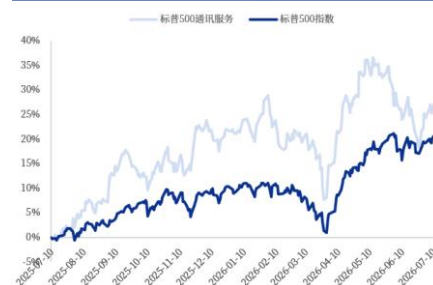
赵良毕

☎：010-8092-7619

✉：zhaoliangbi_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130522030003

相对标普 500 表现图 2026 年 07 月 10 日



资料来源：中国银河证券研究院

风险提示

1. CSP 资本开支不及预期导致需求波动的风险；
2. 上游铟供应与出口管制扰动的风险；
3. 衬底外延扩产与良率爬坡不及预期的风险；
4. 技术路径替代与 CPO 渗透节奏不及预期的风险。

相关研究

1. 【银河海外算力】行业深度_磷化铟供需缺口下的光器件产业变局和投资机遇
2. 【银河海外算力】行业周报_康宁发布 Glass Bridge, CPO 进程再提速
3. 【银河海外算力】行业周报_英伟达 XR AI 进入公测, COHR 签署 LOI

目录

Catalog

一、 光互连升级驱动 InP 产业链景气上行	3
（一） 聚焦材料：磷化铟——面向高速光通信的 III-V 族核心材料.....	3
（二） 主流半导体材料拆解 SiPh、GaAs、TFLN：InP 材料具有不可替代性	3
（三） 磷化铟产业链：芯片供需缺口超 50%.....	7
二、 InP 产业链核心环节拆分.....	8
（一） 上游：金属铟供应受锌矿开采驱动，提取难度大且成本高.....	8
（二） 中游：衬底技术壁垒高寡头垄断，外延市场空间大竞争激烈.....	10
（三） 下游：高速光互连放量，EML 供需缺口显著，CW 重要性提升	18
三、 投资建议.....	23
四、 风险提示.....	24

一、光互连升级驱动 InP 产业链景气上行

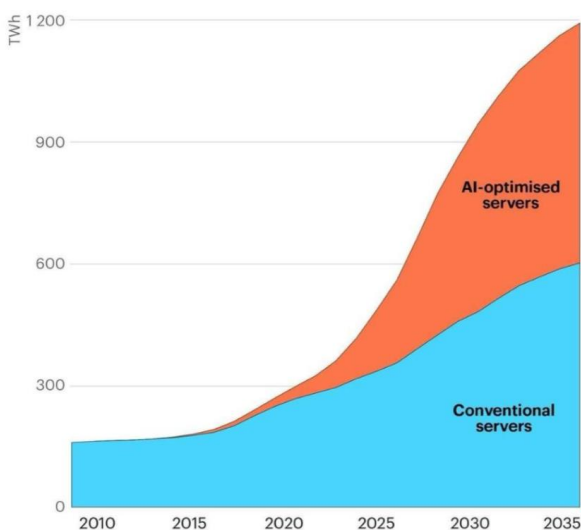
（一）聚焦材料：磷化铟——面向高速光通信的 III-V 族核心材料

磷化铟（Indium Phosphide, InP）是典型 III-V 族化合物半导体材料，在光通信和高速电子器件中具有较强的材料适配性。InP 在 300K 下的带隙约为 1.344 eV，本征载流子浓度约为 $1.3 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ ；其电子迁移率最高可达 $\leq 5400 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，击穿场约为 $5 \times 10^5 \text{ V/cm}$ ，兼具较高载流子输运能力和较强电场承受能力，InP 适合承担高速光电转换、激光发射、探测接收和高频电子器件等功能。

应用方面，InP 在光通信中的核心价值主要体现在发光与探测两端。InP 基衬底被用于 5G 光纤通信网络中的 InP 激光器和接收器，可帮助实现更低延迟、更低信号损耗和更高传输速度；同时，AI 预计将提升对 InP 等专用芯片材料的需求，InP 也用于光通信中的高速光探测器和激光二极管。

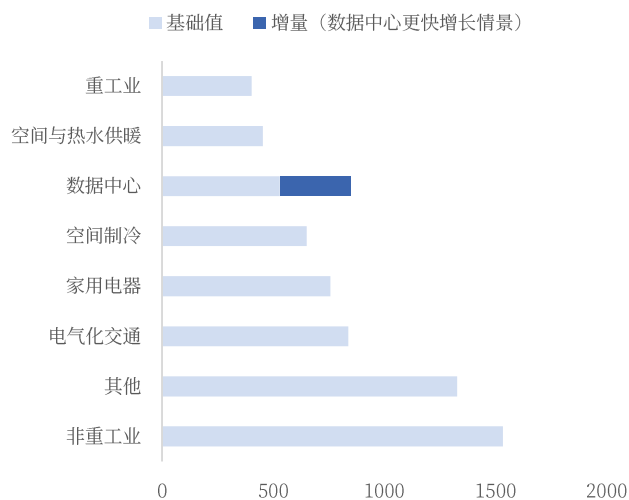
AI 数据中心场景中，InP 的需求来自光互连速率升级。随着 GPU 集群规模扩大，机柜内、机柜间以及数据中心之间的数据流量持续上升，光模块从 400G 向 800G、1.6T 甚至 3.2T 演进，对 EML、CW、DFB 激光器、高速 PD 等主动光器件提出更高要求。IEA 预计，全球数据中心用电量将由 2024 年约 415TWh 增至 2030 年约 945TWh，AI 是最重要的增长驱动之一；其中美国贡献了未来数据中心电力需求增量中最大的部分，并预计到 2030 年，美国数据中心用电量将超过其铝、钢铁、水泥、化工等传统高耗能行业用电量之和。

图1：数据中心电力需求历史与 AI 驱动下的未来需求堆叠图



资料来源：weforum，中国银河证券研究院

图2：不同领域电力需求增量对比条形图



资料来源：IEA energy and AI report，中国银河证券研究院

（二）主流半导体材料拆解 SiPh、GaAs、TFLN：InP 材料具有不可替代性

除磷化铟（InP）外，用于光通信的主流半导体还包括砷化镓（GaAs）及硅等类别，其中 InP 用于长距高速单模，GaAs 用于短距多模，硅则依托 CMOS 工艺大规模集成。目前 InP 和硅基光子平台（SiPh）是较为成熟的集成光子平台，但其他材料例如，钛酸钡、铌酸锂和聚合物基光子学为超高速调制器和镓化合物（GaN/GaAs）均提供了极佳的可见光应用途径。制造基于光的集成电路，首先需要能够“发光”的材料和能够“导电”光的材料。砷化镓（GaAs）和 InP 都属于 III-V 族直接带隙化合物半导体，材料本身具备高效发光/光电转换能力，是传统分离式光模块（有源器件单独

做再和无源组件耦合封装）的核心有源材料；纯硅是间接带隙半导体，材料本身无法直接发光，所以 Si 材料在光模块里实际指的是硅基光子平台（Silicon Photonics, SiPh）：以标准 CMOS 硅工艺为基础，通过异质集成锗硅探测器、键合 III-V 族光源的方式，实现光电全链路的片上集成。

1. 砷化镓（GaAs）同样属于 III-V 族化合物半导体，是化合物半导体中最重要且使用最广泛的半导体材料之一。砷化镓材料制成的器件具有良好的频率响应、快速速度和高工作温度，能够满足集成光电子学的需求。由于砷化镓具有高电子迁移率（是硅的 5 到 6 倍）、大带隙（300K 时为 1.424 eV，折算为 870 纳米；硅为 1.1eV）且直接带隙，砷化镓在 300 K 时电子迁移率为 $9000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，击穿场约为 $4 \times 10^5 \text{ V/cm}$ 。通过在表面生长薄层如 AlGaAs，主要产生 850nm 发射的激光。然而，850nm 波长在光纤中存在严重的信号衰减和色散问题。因此，砷化镓 VCSEL 严格限制在短距离通信（50 米以下），如机架内连接。

对比砷化镓（GaAs）和磷化铟（InP）而言，砷化镓适合高频、射频和部分短波长光场场景；磷化铟则在长距离、高速光通信中的产业化基础更强，尤其在 EML、CW 激光器、PIN/APD 探测器以及 InP PIC 等方向具有更直接的应用价值。磷化铟主导光学通信并非因为基板本身发射 1550nm 光，而因其是唯一能够支持无缺陷、晶格匹配生长的活性层（如 InGaAsP 或 InAlGaAs）的基底，精确生成 1310nm 和 1550nm 的黄金波长，几乎无信号损耗，适合于支持中距离（500 米）到长途（2 公里至 10 公里+）的数据中心互联。随着 AI 模型扩展到数万亿参数，数据中心被迫扩展，GPU 之间的物理距离也随之增加。为了在数百米范围内传输 1.6T 带宽而不丢失，行业被迫从 850nm GaAs VCSEL 转向基于 InP 平台的高性能 EML 和 DFB 激光器。

表1：半导体材料硅、砷化镓、磷化铟属性对比

属性	硅 (Si)	砷化镓 (GaAs)	磷化铟 (InP)
带隙类型	间接带隙	直接带隙	直接带隙
本征带隙/波长	1.12 eV / 不发光	1.42 eV / 约 870 nm	1.34 eV / 约 920 nm
支持的电信波长	需要外部光源	850 nm (AlGaAs 有源层)	1310 nm、1550 nm (InGaAsP 有源层)
目标传输距离	不适用	短距离 (<50 m)	中/长距离 (500 m 至 10 km+)
电子迁移率 ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)	约 1,500	约 8,500	约 5,400 (针对高速优化)
热导率 ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)	约 150	约 46	约 68 (高功率激光器散热性能更优)
与 InGaAs 的晶格匹配	不匹配 (缺陷较多)	不匹配 (需要缓冲层)	完美匹配 (缺陷极少)
主要器件	硅光子器件 SiPh (调制器/波导)	VCSELs (垂直腔面发射激光器)	EMLs、DFB 激光器、高速光电探测器 (PDs)

资料来源: PhotonCap, 中国银河证券研究院

2. 硅 (Si) 具备 CMOS 工艺成熟、成本低、集成度高等优势，是硅光子平台的基础材料。硅光子器件的基本组件包括将光转换为电信号的 PIN 二极管光电探测器、用于信号传输的光学波导，以及将电信号转换为光子的调制器和耦合器。基于硅 CMOS 工艺，SiPh 将激光器、调制器、波导、光电探测器及其他光电元件集成到单一硅芯片上，约减少 30% 的元件数量和模块尺寸。凭借其固有的集成优势，SiPh 通过显著减少信号传输距离和损耗，有效满足需求，从而提升整体系统性能。对于需要每波长 100G 带宽以上的应用，SiPh 模块通过简化架构实现高速数据传输，仅使用少数芯片配合连续波 (CW) 激光器。

与 III-IV 团材料相比，硅在自然界中具有显著的丰度优势，使其成本远低于 III-IV 团材料。外部激光解决方案还具有成本优势。总体而言，SiPh 模块的成本比传统光收发器降低约 20%。SiPh

的高密度集成减少了离散元件之间的互连损耗，且无需热电冷却器（TEC）来管理温度和性能，从而实现多达 40% 的功耗降低。

但硅光子学的弱点是其无法高效发光，作为间接带隙材料，可以同于制造波导、调制器，以及检测器（加入锗），但唯一无法仅用硅或氮化硅（SiN）制造的就是激光。因此，每个 SiPho 芯片都需要一个 III-V 族化合物半导体（InP、GaAs 等）激光源从外部连接。光源集成是硅光最根本的瓶颈，也是包装成本高、尺寸大、良率低于预期的主要原因。

因此，当前光芯片演进分为四代进化路径：

第一代：EML（现行标准，InP 可插拔）

EML（电吸收调制激光器）将 DFB 激光器和电吸收调制器（EAM）集成到单个 InP 芯片上。激光器同时产生光并调制数据。调制质量较高（低啁啾），非常适合长距离传输，是目前 800G DR8 和 1.6T 模块的标准配置。

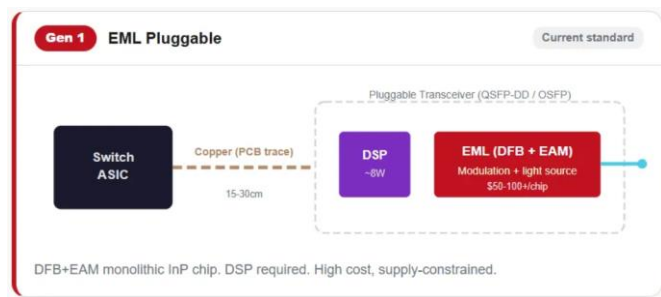
问题在于能耗、热量和供电成本。一个 800G EML 模块需要八个 100G EML 激光器，每个约 \$10+，使激光器成本达到每个模块 80-100+ 美元。此外，NVIDIA 还预先从 Lumentum 和 Coherent 等关键供应商处分配了大量容量，将非 NVIDIA 客户的交付周期推迟到 2027 年后。预计到 2027 年，800G 收发机的产量可能比需求少 40-60%。美国采购动能外加产能紧张，致使包括 Applied Optoelectronics (AAOI) 在内的少数拥有本土制造的美国 EML 制造商公司受益。

第二代：CW 激光+SiPho（EML 替代品，高速发展）

CW 激光器是一种简单的 DFB 激光器，发射稳定的、未调制的光束。CW 激光器安装在外部，而调制、接收、波长复用及其他光学功能则由 SiPho PIC 负责。数据调制通过 SiPho 芯片上的 MZM（Mach-Zehnder 调制器）或微环调制器（MRM）实现。MZM 将光分为两条臂，利用相位差产生相长/破坏干涉，编码 1 和 0。MRM 采用共振结构以减少占地面积和更低功耗，但对温度更敏感，需要主动反馈控制。其关键优势是通过 CMOS 工艺实现成本降低和大量生产。CW 激光器比 EML 简单得多，每颗芯片成本仅约 8-10 美元，且多家供应商都能生产。一个典型的 800G/1.6T 硅磷模块需要 2-4 个 CW 光源（800G 约 70mW，1.6T 约 100mW），每个模块的激光总成本仅为 20-40 美元，低于基于 EML 模块 80-100+ 美元的一半。

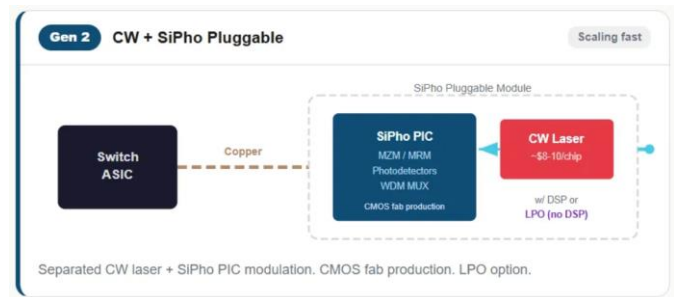
然而，由于该电路仍为可插拔形式，电信号必须通过铜制 PCB 走线从开关 ASIC 传输到前面板收发器，其中的信号损失以及 DSP/重定时器为补偿而产生的功耗仍然相当可观。而且，CW 激光器的 InP 基底仍依赖少数供应商，包括住友和 AXT 等，所以硅光挤占的仅是调制器的部分；随着 CW 激光+SiPho 的发展，InP 作为激光器原件的需求将会保持增长。EML 短缺倒逼并加速了 CW+SiPho 的转型。

图3：光芯片四代进化路径——第一代：EML



资料来源：PhotonCap，中国银河证券研究院

图4：光芯片四代进化路径——第二代：CW 激光+SiPho



资料来源：PhotonCap，中国银河证券研究院

第三代：CPO + ELS（下一代，预计 2026-2028 年）

在共封装光学器件（CPO）中，SiPho 芯片与开关/GPU ASIC 位于同一基板上。但激光器对温

度敏感，因此，与其将其放置在发热的 ASIC 旁边，不如将其放置在封装外部的单独模块中，也就是外部光源（ELS）。

激光器分离意味着故障时可以更换，且散热也得到改善。多款主流产品都采用了此种架构：NVIDIA 的 Quantum-X800 CPO(InfiniBand, 台积电 COUPE SiPho 平台+ Lumentum 激光器，预计 2025 年下半年出货)、博通的 Bailly（基于 TH5 的 51.2T CPO 以太网交换机，业界首款量产 CPO）以及 Marvell 的 TX9190（基于 Teralynx 的液冷 CPO 交换机，在 2025 年 OCP 大会上与捷普联合演示）。博通的下一代 CPO TH6-Davisson（102.4Tbps, 200G/通道，台积电 COUPE）也已开始出货。CPO ELS 需要更高的输出功率（400mW 级，约为标准 CW 的 4 倍）以及高温（50℃ 以上）下稳定运行。

第四代：硅基单片 III-V 族芯片（长期目标，2030 年以后）

直接在晶圆上生长 III-V 族材料，无需单独的激光芯片。与第二代/第三代“外部激光器+ SiPho 芯片”方案不同，该方案将激光器集成到 SiPho 芯片本身。如果该技术跑通，该方案将最大限度地降低封装成本并实现极致的可扩展性，但晶格失配和缺陷密度等问题仍在解决中。

图5：光芯片四代进化路径——第三代：CPO+ELS



资料来源：PhotonCap, 中国银河证券研究院

图6：光芯片四代进化路径——第四代：硅基单片 III-V 族芯片



资料来源：PhotonCap, 中国银河证券研究院

3. 薄膜铌酸锂（TFLN）近年来主要在高速调制器环节快速发展，且具备低损耗、高质量光子集成与强 Pockels 效应，有利于实现更高调制性能，已在光调制器和非线性波长转换等器件上超过传统体材料铌酸锂器件。

铌酸锂是一种双折射晶体，折射率介于 2.2 和 2.3 之间。TFLN 由单层单晶薄片构成，覆盖在氧化硅衬底上，厚度通常为 200-600nm，具体厚度取决于代工厂和工艺。由于双折射特性，TE 和 TM 偏振的折射率不同，并且根据晶体切割方式的不同，其在两个不同的传播方向上的折射率也可能不同。TFLN 的光限制能力高于离子扩散铌酸锂，因此可用于制造更复杂的器件。由于其高限制能力，调制效率更高，从而可以实现更短的调制器和更高的带宽。在驱动电压下，其 V_{π} 可以低于 2V。

TFLN 在 350 至 5200nm 波长范围内透明，因此其是唯一提供低损耗和 1.1 微米以下高速调制的 PIC 平台；但在较低波长下，会受到光折变效应的影响。TFLN 作为新型光子集成电路（PIC）平台材料，拥有多重优势：1）**高非线性**：高效调制和波长转换方面表现卓越；2）**稳定可靠**：可确保在严苛环境下的耐用性，并可实现可扩展的集成；3）**低光损耗**：支持大规模片上电路和延迟线，并最大限度地减少对光放大器的需求；4）**单位尺寸高性能**：确保每芯片面积集成大量元件，以小型化的形式提供高性能；5）**宽波长范围**：可在宽波长范围内工作，支持电信、量子计算等应用；6）**压电效应**：支持光子-声子相互作用，并可应用于各种传感器。

表2: TFLN 用于 PIC 平台的六大优势

优势	解释
高非线性	在高效调制和波长转换方面表现突出
低光学损耗	可支持大规模片上电路和延迟线，并降低对光放大器的需求
宽透明窗口	可在较宽波长范围内工作，支持通信、量子等应用
稳健性与可靠性	作为经过数十年验证的通信材料，可在严苛环境下保持耐用性，并支持可扩展集成
紧凑尺寸	可在单位芯片面积内容纳更多器件，并以小型化形式实现高性能
压电效应	支持光子-声子相互作用，并可用于多种换能器应用

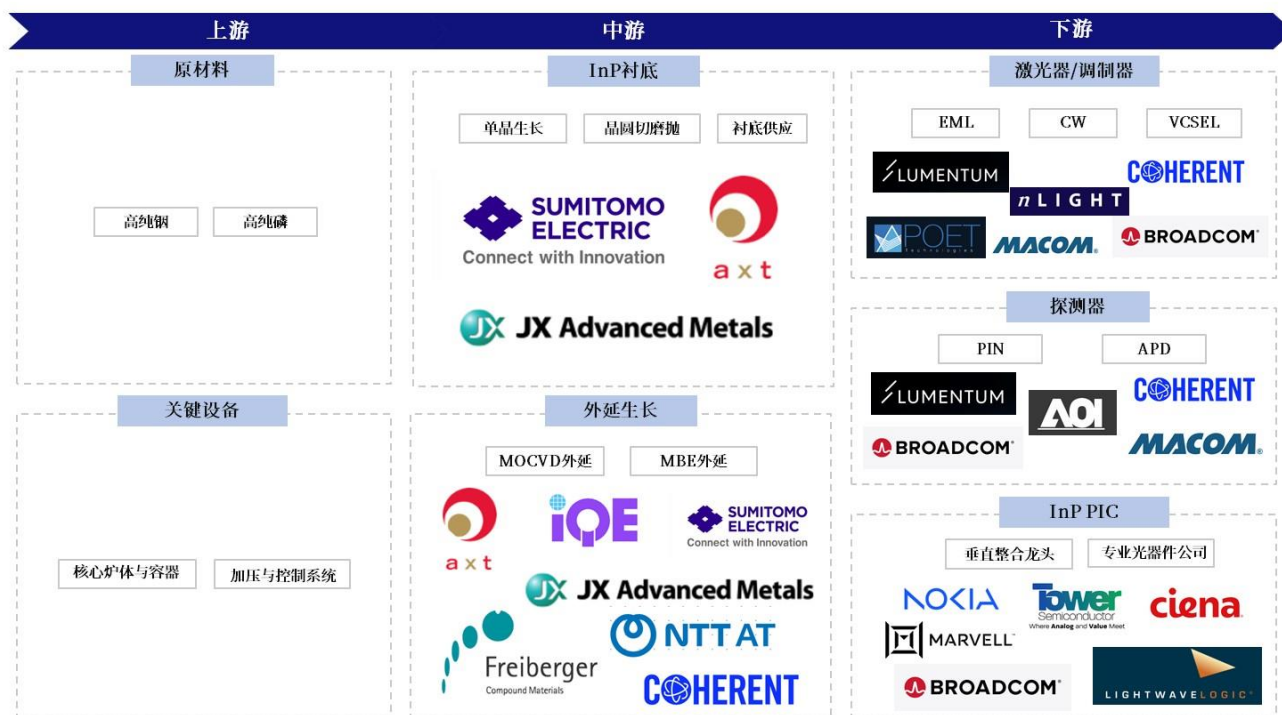
资料来源: CCRAFT, 中国银河证券研究院

AI 光通信产业链中，磷化铟（InP）和薄膜铌酸锂（TFLN）负责不同功能，磷化铟主要负责产生光信号，而薄膜铌酸锂主要负责信号调制、传输以及控制，因此不存在替代关系。薄膜铌酸锂本身并不发光，但可以解决传统调制材料在物理上开始遇到的瓶颈问题：带宽和功耗。目前主流的 TFLN 调制器通常仍需在 1.8V 以上的半波电压下工作，较高的驱动电压会限制调制带宽的进一步提升，同时也会导致更高的系统功耗。未来，TFLN 将兼具更大带宽、更低功耗和更高集成度，从实验室研究走向实际商业化，TFLN 技术仍处于快速迭代阶段。

（三）磷化铟产业链：芯片供需缺口超 50%

磷化铟产业链可按“上游原材料—中游衬底/外延—下游光芯片”拆分。上游主要包括金属铟、磷及相关高纯化合物材料；中游包括 InP 单晶生长、晶圆切磨抛、衬底加工、外延生长；下游则主要对应激光器/调制器、探测器、InP PIC 等应用场景。当前，磷化铟产能严重受限，2025 年全球器件需求达 200 万片，实际产能仅 60 万片，供需缺口近 70%。

图7: 磷化铟产业链示意图



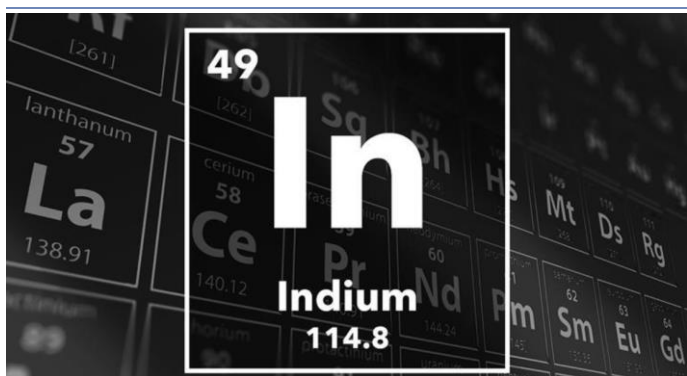
资料来源: Wind, 中国银河证券研究院

二、InP 产业链核心环节拆分

（一）上游：金属铟供应受锌矿开采驱动，提取难度大且成本高

磷化铟材料端的核心原料是金属铟。随着太阳能、半导体和下一代显示技术的快速发展，铟的战略价值日益凸显。铟是一种银白色金属，略带蓝色色调，其质地非常柔软，轻轻按压就能留下痕迹。铟的熔点为 156.61°C，沸点为 2080°C，密度为 7.3 g/cm³。由于其优异的延展性、导电性和可塑性，铟金属很容易被压制成薄片或切割成块。在化学性质上，铟金属与铁有些相似，在室温到熔点之间会与空气中的氧气缓慢反应，在其表面形成一层极薄的氧化层。由于其独特的性质，铟在自然界中并不以纯净形式存在，而是总是与其他元素结合存在。铟因其出色的延展性、低熔点、高沸点、低电阻和强耐腐蚀性而备受青睐，其优异的透明度和导电性也使其成为一种极其重要的半导体材料。

图8：第 49 号元素铟（In）



资料来源：Chemistryworld, 中国银河证券研究院

图9：铟是一种银白色金属，略带蓝色色调



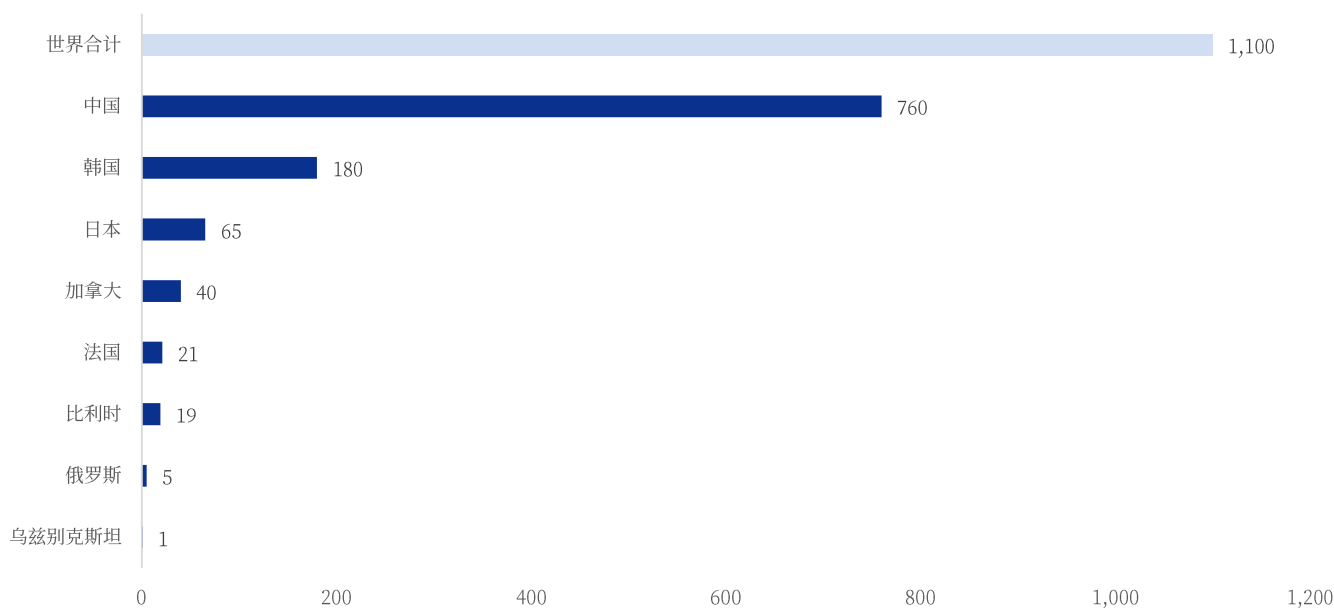
资料来源：Chemistryworld, 中国银河证券研究院

金属铟常被描述为一种战略金属，因为其全球储量有限。世界上已知的大部分铟资源集中在少数几个国家，包括中国、秘鲁、美国、加拿大和俄罗斯。全球铟资源估计约为 6 万吨，但其中只有大约一半被认为具有经济开采价值。金属铟属于分散稀有金属。全球约 90% 的铟原生产量来自硫化锌矿中回收，少量铟也从铅矿中回收。然而，矿石中铟的含量极低，通常在百万分之一到万分之一之间，至今尚未发现以铟为主要成分的天然矿体。换言之，铟金属并非直接开采，而是从锌矿和铅矿中间接提取。

因此，金属铟供应面临着两大挑战：1) 供应受锌矿开采驱动，而非铟需求驱动。即使对铟金属的需求急剧上升，矿业公司也不会仅仅为了生产更多铟而开采新矿。铟的产量主要取决于锌矿的开采和加工量。2) 提取难度大且成本高。铟金属的回收和提炼在技术上极具挑战性且成本高昂。许多国家仍然缺乏先进的提取和提纯技术，使得全球供应链脆弱，并造成了结构性稀缺。因而，铟供应具有较强的伴生属性，其供给弹性受锌冶炼、回收体系、提纯能力和贸易政策共同影响，稀缺性赋予了铟金属巨大的经济价值。随着技术的不断进步和需求的持续增长，铟的战略重要性及其市场价值可能会进一步提升。

当前，原生铟资源具有较强供应集中性：全球原生铟精炼总产量约为 1100 公吨，中国占七成左右，是全球最大的原生铟精炼生产国，预计 2025 年产量约为 760 公吨。其次是韩国约 180 公吨，日本约 65 公吨。

图10：2025 年全球原生钢产量领先国家排名（单位：公吨）



资料来源：Statista, 中国银河证券研究院

2025 年 2 月 4 日，中华人民共和国商务部海关总署公告 2025 年第 10 号公布对钨、碲、铋、钼、钢相关物项实施出口管制的决定。公告内容称，根据《中华人民共和国出口管制法》《中华人民共和国对外贸易法》《中华人民共和国海关法》《中华人民共和国两用物项出口管制条例》有关规定，为维护国家安全和利益、履行防扩散等国际义务，经国务院批准，决定对下列物项实施出口管制：五、钢相关物项

- (一) 3C004.a. 磷化钢(参考海关商品编号：2853904051)。
- (二) 3C004.b. 三甲基钢(参考海关商品编号：2931900032)。
- (三) 3C004.c. 三乙基钢(参考海关商品编号：2931900032)。
- (四) 3E004 生产 3C004 项的技术及资料（含工艺规范、工艺参数、加工程序等）。

价格方面,上述出口许可摩擦是导致东西方钢价脱钩的主要原因,而非供应量的变化。截至 2026 年 6 月 1 日,根据上海有色网价格指数(SMM 工业基准价),中国钢价报每公斤 612.99 美元(纯度 4N5+, 不含增值税),较 5 月 1 日基准价每公斤 560.91 美元上涨 9.3%。西方六月基准价也出现上涨:美国钢锭价报每公斤 707.50 美元(五月价报每公斤 652.50 美元),欧洲钢锭价报每公斤 702.50 美元(五月价报每公斤 657.50 美元)。东西方价差约为每公斤 94 美元,基本保持稳定。

表3：4N5+钢报价（SMM，2026 年 6 月 1 日）

市场/基准	等级/规格	钢价格 (\$/kg)	来源
中国国内现货	99.995% (4N5+)	612.99	SMM, 2026 年 6 月 1 日
美国市场	99.995% (4N5+)	707.5	SMM, 2026 年 6 月 1 日
欧洲市场	99.995% (4N5+)	702.5	SMM, 2026 年 6 月 1 日

资料来源：SMM, 中国银河证券研究院

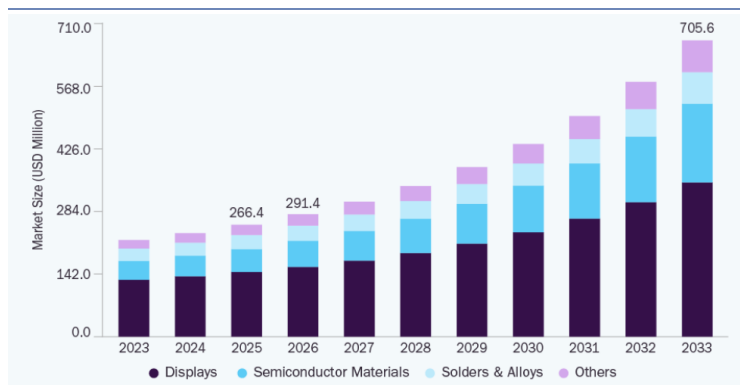
无论是原生钢还是回收钢，其纯度通常都在 2N 级到 4N 级之间，无法满足作为半导体材料的需求。作为光通信半导体设备，钢基化合物半导体须具备高电子迁移率，以用于高频高功率电子器

件，因此钢的纯度必须高于 6N 级，也就是说纯度超过 99.9999% (6N+)。N 指描述纯度数据中 9 的数量，例如 6N (99.9999%)、6N5 (99.99995%)、7N (99.99999%)。高纯钢是制造 III-V 级化合物半导体材料的重要原料，如磷化钢 (InP)、砷化钢 (InAs)、氮化钢 (InN) 等，广泛应用于光电子器件、微波器件和激光器。

高纯钢的制备主要涉及两大类技术：物理方法和化学方法。前者以电解精炼为代表，后者包括真空蒸馏和区域熔炼等工艺。单一技术往往难以高效地获得高纯钢，因此需要结合多种提纯步骤。**然而，综合方法同样面临三重挑战：1) 杂质分离。**例如，尽管真空蒸馏能够有效去除锌和镉等高挥发性杂质，但难以去除铅、锡和铈等蒸汽压与钢相近的杂质。区域熔炼在去除分配系数 $k_0 \approx 1$ 的杂质方面效率有限，而电解精炼则受到杂质相似性的制约。**2) 工艺复杂性和经济可行性之间的平衡。**将纯度从 2N 级提高到 7N 级通常需要多阶段工艺，包括电解精炼—真空蒸馏—区域熔炼，不仅耗能耗时，而且会导致过程中贵金属的损失。此外，该工艺通常无法在一个循环内完成，导致可控性较差。**3) 缺乏智能过程控制系统。**目前的方法严重依赖于经验参数设置，无法实时监测杂质迁移或动态优化操作条件。

2025 年全球钢市场规模估计为 2.664 亿美元，预计到 2033 年将达到 7.056 亿美元，2026 年至 2033 年的复合年增长率 (CAGR) 为 13.5%。市场增长的主要驱动力是电子和半导体行业需求的增长。亚太地区在钢市场占据主导地位，预计到 2025 年，其市场份额将超过 66.6%；北美市场预计在 2026 年至 2033 年间将以 16.7% 的复合年增长率增长。

图11：金属钢分用途市场空间预测（2023-2033 年）



资料来源：Grand View Research, 中国银河证券研究院

图12：亚太地区是全球最大的钢市场



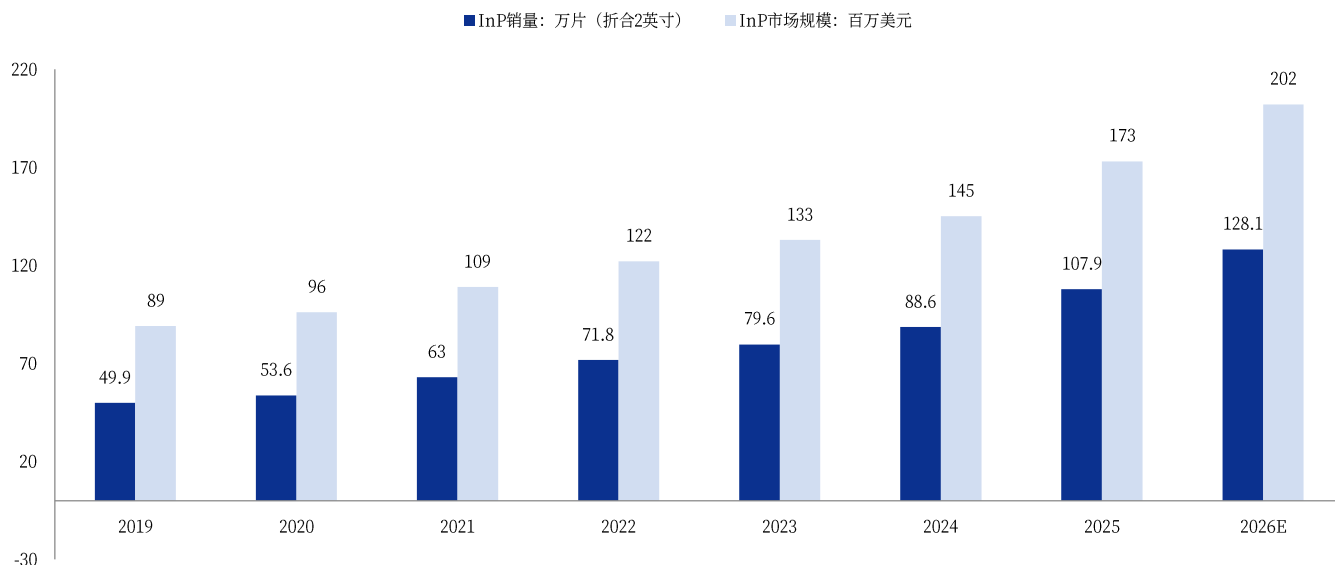
资料来源：Grand View Research, 中国银河证券研究院

（二）中游：衬底技术壁垒高寡头垄断，外延市场空间大竞争激烈

磷化钢产业链中游按产品类型分为 InP 衬底和外延晶圆。2025 年，InP 衬底市场占据市场收入的 38.6%，约 1.73 亿美元。InP 衬底是所有后续外延和器件制造工艺的基础晶体，其晶体取向、载流子浓度、位错密度和表面光洁度等质量属性对下游器件的良率和性能起着至关重要的作用。半绝缘 InP 衬底主要用于高频高电子迁移率晶体管 (HEMT) 和异质结双极晶体管 (HBT) 器件的制造，而 N 型和 P 型导电衬底则应用于包括激光二极管、发光二极管 (LED) 和光电探测器在内的光电器件。当前，衬底领域受益于对更大直径晶圆日益增长的需求。为了提高晶圆良率并降低单芯片成本，业界正逐步从 2 英寸 (50 毫米) InP 衬底过渡到 4 英寸 (100 毫米)，并在特定应用中采用 6 英寸 (150 毫米) InP 衬底。AXT 和住友电气作为领先的衬底供应商积极投资扩大 4 英寸晶圆的生产规模，以满足大批量光子器件制造商日益增长的成本竞争力需求。InP 衬底的供应链考量与更广泛的无机半导体材料供应生态系统密切相关，因为两者都依赖于高纯度材料提纯和晶体生长方面的重叠技术。

Yole 数据显示，2021 年全球磷化铟衬底市场规模录得 1.09 亿美元，销量约为 63 万片；预计 2022 年将分别攀升至 1.22 亿美元和 71.8 万片。**预测到 2026 年，全球磷化铟衬底市场规模有望达到 2.02 亿美元，2026 年销量预计增至 128.19 万片，对应 2019 年至 2026 年的年均复合增长率（CAGR）分别为 12.42% 和 14.40%。**

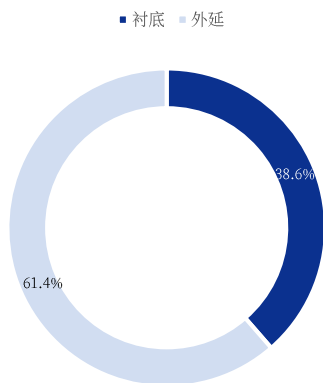
图13：2019-2026 年全球磷化铟衬底预计销量和市场规模



资料来源：Yole、合肥协同半导体产业研究院，中国银河证券研究院

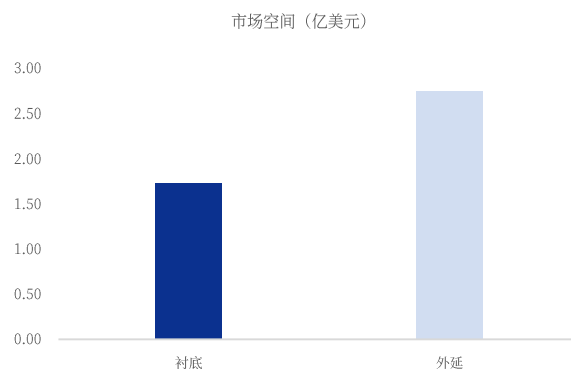
2025 年，外延晶圆市场份额相较衬底更大，占总收入的 61.4%，反映了外延生长工艺的高附加值特性以及该细分市场与终端光子和电子器件制造的直接相关性。外延生长所需的复杂性和精度，加上 MOCVD 设备的高昂成本（单晶圆反应室的成本超过 200 万美元），导致外延晶圆的平均售价远高于裸 InP 衬底。外延晶圆的核心应用包括用于相干光通信的光子集成电路、用于泵浦光纤放大器和激光雷达系统的激光二极管晶圆、用于毫米波功率放大器的高电子迁移率晶体管（HEMT）晶圆以及用于光接收器的光电探测器晶圆。包括 IQE plc 和 WIN Semiconductors Corp. 在内的领先外延晶圆供应商正日益提供与器件原始设备制造商（OEM）紧密合作开发的定制外延结构，从而建立深度集成关系并降低转换成本，以支持高价位和长期收入可见性。预计在预测期内，外延晶圆市场将保持其主导地位，2026 年至 2034 年的复合年增长率（CAGR）将达到 9.6%，主要得益于光子器件架构的不断复杂化以及对特定应用外延设计日益增长的需求。

图14：磷化铟衬底 vs. 外延市场份额（2025 年）



资料来源：DATAINTELO，中国银河证券研究院

图15：磷化铟衬底 vs. 外延市场空间（2025 年）

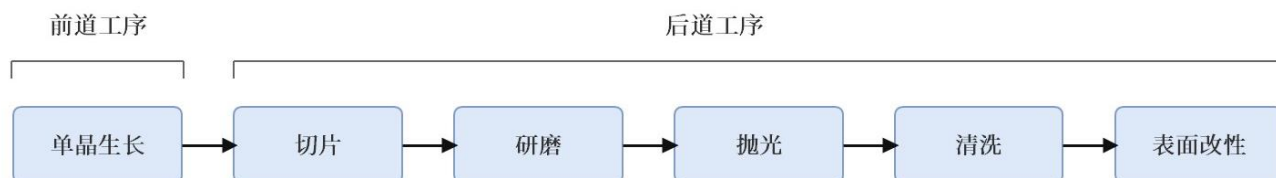


资料来源：Grand View Research，中国银河证券研究院

1. 衬底环节：全球磷化铟衬底供应呈现寡头垄断格局，合计垄断超过 90% 的市场份额

磷化铟衬底指将高纯原料制备为 InP 单晶锭，再经过定向、切片、倒角、研磨、抛光、清洗和检测，形成 2 英寸、3 英寸、4 英寸乃至 6 英寸 InP 晶圆。衬底质量直接决定后续外延质量和器件可靠性，关键指标包括晶圆尺寸、厚度均匀性、总厚度变化 TTV、位错密度 EPD、表面粗糙度、翘曲度等。

图16：磷化铟衬底生产工序



资料来源：合肥协同半导体产业研究院，中国银河证券研究院

磷化铟单晶制备技术壁垒高，制备方法包括水平布里奇曼法（HB）、垂直布里奇曼法（VB）、液封切克劳斯基法（LEC）和垂直梯度冷凝法（VGF）。上述制备方法中，VGF 和 VB 法是目前主流的长晶法：使用 VGF 法生长的晶体利用率更高（可完全贴合锅炉形状生长），使用 VB 法生长的晶体位错密度更低。美国 AXT 公司和日本住友分别使用 VGF 和 VB 技术可以生长出直径 150mm 的磷化铟单晶。

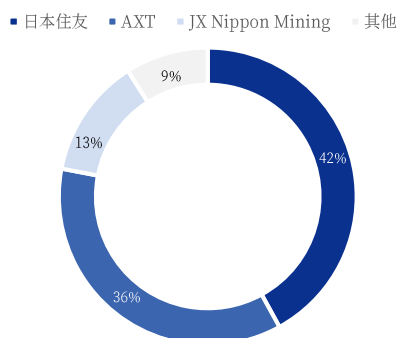
表4：磷化铟单晶制备方法与长晶原理

制备方法	长晶原理
HB 法	一种水平晶体生长方法，炉膛沿水平方向上存在高温区和低温区，先将坩埚置于炉膛内高温区，使原料全部熔融，当籽晶顶部开始融化时，坩埚开始向低温区移动，熔体不断结晶，晶体逐渐生长。
VB 法	一种垂直晶体生长方法，利用机械的作用使坩埚或是炉体产生移动，生长炉的温度是固定不变的，当固-液界面经过温度梯度区结晶成核，实现晶体生长。
LEC 法	一种拉制单晶体方法，采用小的籽晶缓慢地从熔体中垂直拉制出大直径单晶锭。
VGF 法	一种垂直晶体生长方法，与 VB 法类似，但 VGF 法取消了晶体下降和旋转机构，坩埚和炉体位置均是固定不动的，通过改变温度，晶体生长时进行缓慢降温，晶体形核。

资料来源：合肥协同半导体产业研究院，中国银河证券研究院

当前全球磷化铟衬底供应极为集中，呈现寡头垄断格局，合计垄断超过 90% 的市场份额：日本住友电气（Sumitomo）约 42% 份额；美国 AXT 及其中国子公司北京通美约 36% 份额；以及日本 JX 日本矿业金属约 13% 份额。

图17：磷化铟衬底市场份额构成



资料来源：Globalsemiresearch，中国银河证券研究院

图18：住友、AXT 当前面临的上游供应问题

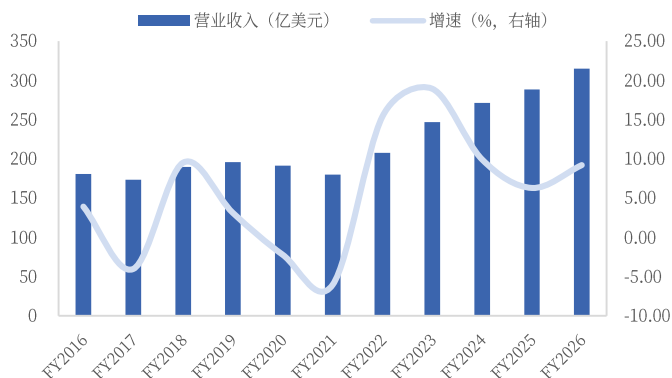


资料来源：CMoney、洞见 800G，中国银河证券研究院

1.1 日本住友电气 (Sumitomo Electric) InP 衬底预计产能提升 3 倍

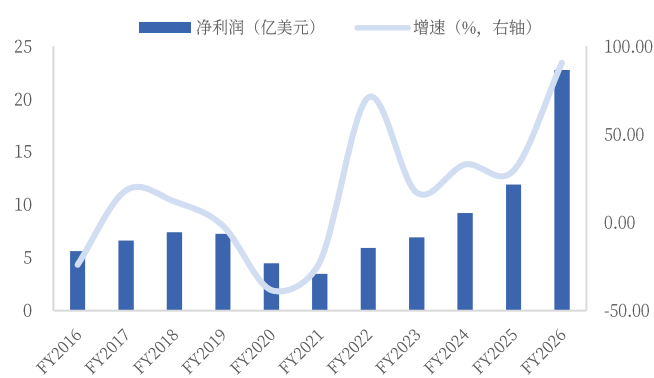
日本住友电气 (Sumitomo Electric) 创立于 1920 年, 系全球知名的通信与工业制造集团, 业务横跨信息通信、汽车、电子仪器、能源环境及产业材料等领域, 海外子公司逾 200 家。公司 FY2026 营收规模创历史新高, 2026 财年全年营业总收入达 314.80 亿美元, 同比增长约 9.20%, 体量显著高于其他衬底厂商; 净利润 22.76 亿美元; 每股收益 (EPS) 达到 2.92 美元, 较上一财年的 1.53 美元增长约 91%, 主要受益于净利润的大幅提升, 增长幅度远超营收增速。

图19: 住友 FY2016-FY2026 营收及增速情况



资料来源: WIND, 中国银河证券研究院

图20: 住友 FY2016-FY2026 净利润及增速情况



资料来源: WIND, 中国银河证券研究院

公司 InP 衬底产品线涵盖 4 英寸至 6 英寸直径, 并提供半绝缘和半导体两种等级。日本住友使用 VB 法制备的直径 4 英寸掺 Fe 半绝缘单晶衬底可以批量生产; VGF 生产技术要求晶体表面翘曲度小于 15 微米, 且位错水平越低越好。住友凭借其垂直整合的钢原料采购、数十年来在 LEC 和 VGF 晶体生长工艺方面的精进, 以及在全球顶级光子代工厂建立的认证资质, 在 2025 年继续保持其在 InP 衬底晶圆领域的全球市场领先地位。

住友积极布局全产品线的产能扩张计划。住友于 2024 年底宣布计划投资约 1.2 亿美元, 用于扩建其位于大阪府的工厂, 以生产 4 英寸 InP 晶圆并研发 6 英寸 InP 晶圆。最新财季, 公司宣布其扩产计划: 光学连接器预计产能提升 13 倍; 光纤预计产能提升 2 倍; 数据中心光学器件预计产能提升 4 倍; InP 衬底预计产能提升 3 倍。

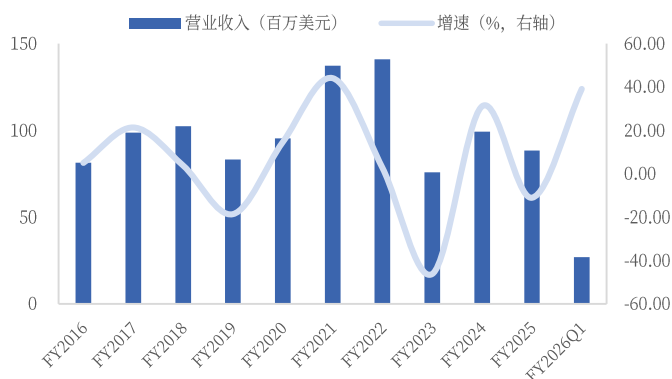
1.2 AXT (北京通美) 募资 6.325 亿美元用于扩产 InP 衬底

AXT 公司是北美领先的 InP 晶圆生产商, 受益于其垂直整合战略, 包括专有的热解氮化硼 (pBN) 坩埚制造技术以及对美国原材料加工企业的战略性少数股权投资, 使其拥有大多数竞争对手无法企及的原材料成本可见性。

AXT 磷化铟衬底供应全部来自于其控股子公司北京通美。北京通美晶体技术股份有限公司成立于 1998 年, 2022 年递交科创板申报材料, 控股股东美国 AXT 直接持股 85.51%。北京通美主营磷化铟、砷化镓、锗衬底及 PBN 材料等高纯半导体材料的研发、生产与销售, 是全球少数掌握 8 英寸砷化镓衬底及 6 英寸磷化铟衬底生产技术的企业。AXT 在财报中多次提及, 计划将子公司北京通美晶体技术有限公司在上海证券交易所科创板上市。北京通美曾于 2022 年 1 月获科创板 IPO 受理, 2022 年 7 月过会, 8 月提交注册申请, 但目前暂未获得注册批文。

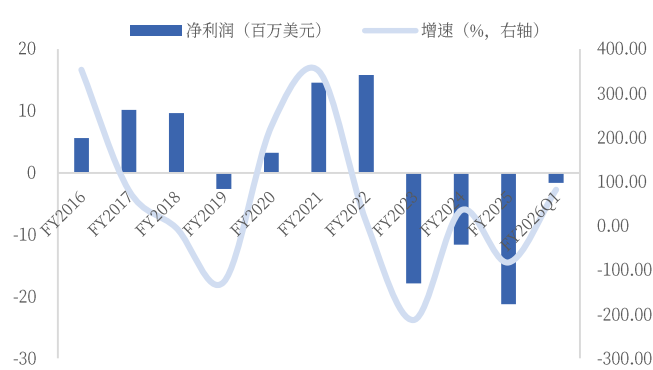
从公司营收结构来看,2026 年第一季度磷化铟 (InP) 衬底实现营收 1360 万美元 (占比 50.6%), 主要来自数据中心 AI 应用需求; 砷化镓 (GaAs) 衬底实现营收 540 万美元 (占比 20.1%); 锗 (Ge) 衬底实现营收 20 万美元; 原材料合资企业收入 760 万美元 (占比 28.3%)。总体来看, 最新财季公司实现营收 2692 万美元, 环比增长 16.9%, 同比增长 39.1%, 显示业务复苏迹象。

图21: AXT FY2016-FY2026Q1 营收及增速情况



资料来源: WIND, 中国银河证券研究院

图22: AXT FY2016-FY2026Q1 净利润及增速情况



资料来源: WIND, 中国银河证券研究院

公司核心战略方向旨在针对 AI 数据中心光模块需求激增，磷化铟衬底产能扩张。2026 年 4 月 22 日，公司公告募资 6.325 亿美元用于扩产 InP 衬底，每股售价为 64.25 美元，承销折扣为 3.21 美元，扣除费用前的收益为 61.04 美元，计划发行数量为 8,560,311 股。公司募集资金主要用于支持其子公司北京通美扩大 InP 衬底的生产能力，以满足全球出口需求，并进一步强化其在半导体材料领域的垂直整合能力。此外，资金还将用于新产品的研发及改进现有产品，以及补充营运资金和一般公司用途。

图23: 2026 年 4 月 AXT 募资 6.325 亿美元用于扩产 InP 衬底

PROSPECTUS SUPPLEMENT
(To Prospectus Dated April 20, 2026)



8,560,311 Shares of Common Stock

We are offering 8,560,311 shares of our common stock, \$0.001 par value per share (our "common stock"), pursuant to this prospectus supplement and the accompanying prospectus to certain institutional investors.

Our common stock is listed on the Nasdaq Global Select Market under the symbol "AXTI". On April 20, 2026, the last sale price of our common stock as reported on the Nasdaq Global Select Market was \$78.76 per share.

资料来源: AXT 公司公告、WIND, 中国银河证券研究院

此外，公司管理层指出，出口许可是关键变量。获取中国出口许可的成功率和时机是 2026 年第二季度及以后增长的最重要的因素。公司出口其子公司北京通美生产的磷化铟衬底需获得中国商务部的许可。2025 年 6 月，北京通美获得向欧洲和日本客户出口的初步许可，但对美出口仍在审批中。尽管公司认为未来将获得相关许可，但地缘政治紧张及 2025 年 12 月 27 日修订的《中华人民共和国对外贸易法》赋予商务部更大进出口控制权，使出口审批的不确定性增加。

截至 2026 年 4 月底，公司已有约 3400 万美元的收入可在 Q2 实现，这些产品或已获得出口许可，或不需要出口许可，因此公司对这部分收入的 Q2 确认具有高度信心。如果获得更多订单的出口许可，Q2 收入可能存在显著上行空间。但出口许可的发放时机不可预测，且不在公司控制范围内。

1.3 JX 日本矿业金属 (JX Nippon Mining & Metals) 相较前两家体量较小，且暂未上市

JX 日本矿业金属 (JX Nippon Mining & Metals) 成立于 2010 年, 由新日本石油与新日矿两大集团合并组建, 主业涵盖有色金属资源开发、薄膜材料与精密加工品制造等。磷化铟衬底方面, JX 日矿目前量产规格为 2-4 英寸, 尺寸覆盖窄于前述两家竞争对手。

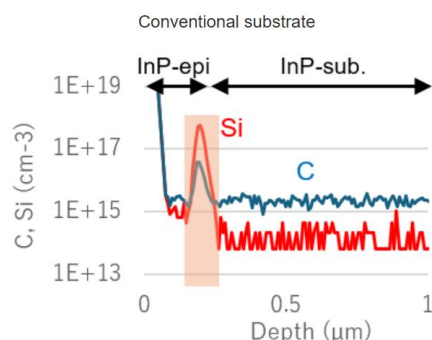
表5: JX Nippon Mining & Metals 磷化铟衬底规格

尺寸	晶体取向	掺杂剂
2 英寸	(100)	N 型 (S/Sn), P 型 (Zn), 半绝缘型 (Fe), 非掺杂
3 英寸		
4 英寸		

资料来源: JX Nippon Mining & Metals 公司官网, 中国银河证券研究院

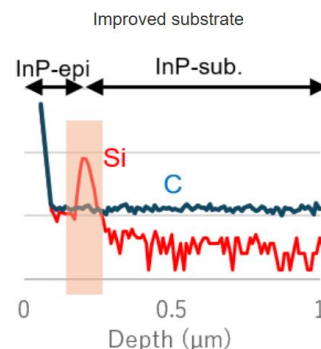
JX 日矿披露的技术细节称, 对基板进行特殊边缘处理, 可以减少器件制造过程中基板的破损和碎裂; 此外, 优化衬底表面处理有助于减少外延生长后衬底和界面上的杂质 (Si、C)。

图24: 传统衬底外延生长后的 SIMS 深度剖面



资料来源: JX Nippon Mining & Metals 公司官网, 中国银河证券研究院

图25: JX 改良后的衬底外延生长后杂质值显著减小



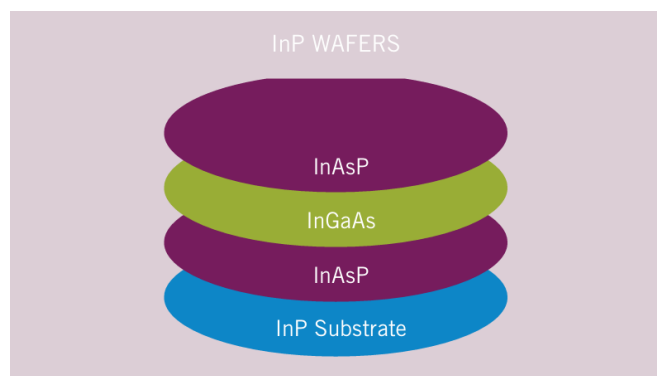
资料来源: JX Nippon Mining & Metals 公司官网, 中国银河证券研究院

2. 外延环节: 具有资本密集型特点, 准入壁垒高

磷化铟外延指在 InP 衬底上继续生长 InP、InGaAs、InGaAsP 等多层半导体薄膜结构, 通过材料组分、厚度、掺杂和界面控制, 决定激光器、调制器和探测器的波长、带宽、阈值电流、响应速度和可靠性。外延晶圆是通过使用 MOCVD 或 MBE 技术将精确设计的半导体异质结构沉积到 InP 衬底上而制成的, 从而形成多层量子阱、量子点或体有源区结构, 以满足特定器件的性能要求。InGaAs/InP 具有多层结构的外延形貌, 衬底表面取向和处理均匀性会直接影响外延质量。对于高速光通信而言, 外延层的均匀性和缺陷控制会进一步传导到芯片端的良率、寿命和批量一致性。

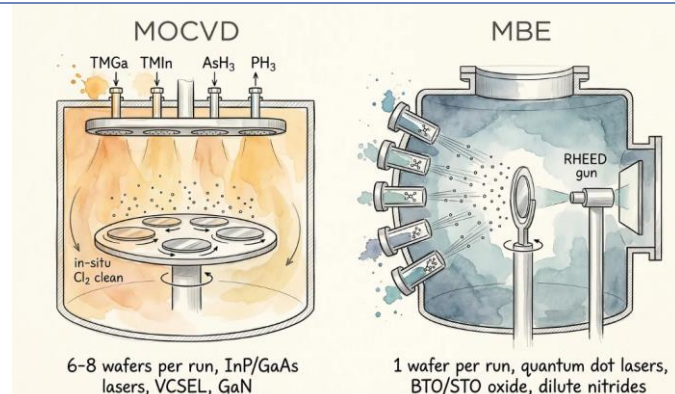
MOCVD (金属有机化学气相沉积) 和 MBE (分子束外延) 反应室均在洁净室环境中运行, 并使用同一套计量工具进行晶圆表征。MOCVD 是一种化学气相沉积工艺, 使用超纯气态源进行沉积, 且需要处理和消除有毒气体; 而固源 MBE 使用高纯度元素前驱体, 在蒸发源中加热以产生分子束进行沉积 (使用液氮冷却)。

图26: 磷化铟外延的多层半导体薄膜结构



资料来源: Marktech Optoelectronics, 中国银河证券研究院

图27: MOCVD 与 MBE 反应室对比



资料来源: PhotonCap, 中国银河证券研究院

MOCVD 反应室通常包含一个高温水冷反应室: 衬底放置在石墨基座上, 基座通过射频、电阻或红外加热。试剂气体垂直注入到衬底上方的反应室中。通过优化温度、气体注入、总气体流量、基座旋转和压力来实现层均匀性。载气为氢气或氮气。为了沉积外延层, MOCVD 使用高纯度的金属有机前驱体, 例如用于镓的三甲基镓或用于铝的三甲基铝 (针对 III 族元素), 以及用于 V 族元素的氢化物气体 (砷化氢和磷化氢)。这些金属有机物包含在在气体流动鼓泡器中, 注入工艺腔室的浓度取决于金属有机物和载气在鼓泡器中的流动温度和压力。试剂在生长温度下于衬底表面完全分解, 释放出金属原子和有机副产物。通过调节试剂浓度, 可以制备不同的 III-V 族合金结构, 同时还配备了运行/排气切换系统来调节蒸汽混合物。

MBE 反应室通常包含一个传输室 (与空气连通, 以便装卸晶圆衬底) 和一个生长室 (通常密封, 仅在维护时与空气连通), 衬底在生长室中进行外延生长: MBE 反应室在超高真空 (UHV) 条件下运行, 以防止空气分子污染。如果生长室曾与空气连通, 则可通过加热来加速污染物的排出。MBE 反应室中外延生长的源材料通常是固态半导体或金属。这些材料在蒸发源中被加热到熔点以上 (即源材料蒸发)。在此过程中, 原子或分子通过一个小孔被驱动进入 MBE 真空室, 从而形成高度定向的分子束。该分子束照射到加热的衬底上; 衬底通常由单晶材料 (如硅、砷化镓 (GaAs) 或其他半导体) 制成。如果分子不发生脱附, 将在衬底表面扩散, 从而促进外延生长。然后逐层构建外延层, 每一层的成分和厚度都经过控制, 以获得所需的光学和电学性能。

表6: MOCVD vs. MBE 应用对比

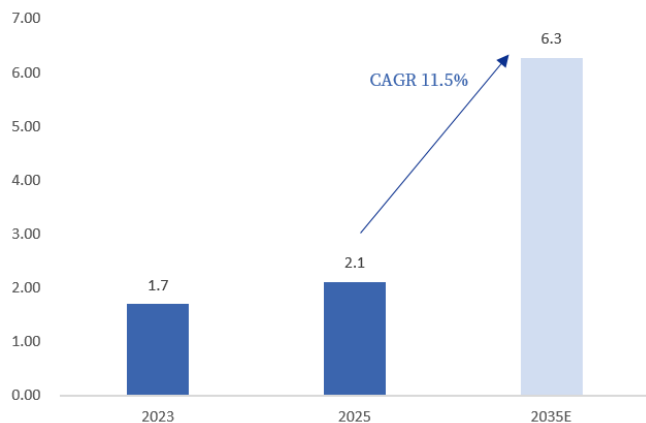
	III-As	III-P	III-Sb	硅基 (On Si)
MBE	是	可用	是	可用
MOCVD	是	是	否	可用
应用领域	无线通信、数据通信、3D 传感、量子器件、生物医疗、泵浦激光器	无线通信、数据通信、光纤传感、量子器件	传感与成像	低成本光子学/电子学融合
波长范围	650-1300 nm	1200-2000 nm	1500-6000 nm	与外延系统相关

资料来源: Semiconductor-Today, 中国银河证券研究院

InP 外延生长设施具有资本密集型特点, 准入壁垒高。 尤其是洁净室和反应室的投入, 通常每个设施超过 5000 万美元, 构成了显著的准入壁垒, 巩固了现有企业的市场份额。包括 IQE plc、AXT 公司和住友电机工业在内的主要晶圆供应商一直在投资升级其晶体生长基础设施, 以应对日趋严格的规格要求。

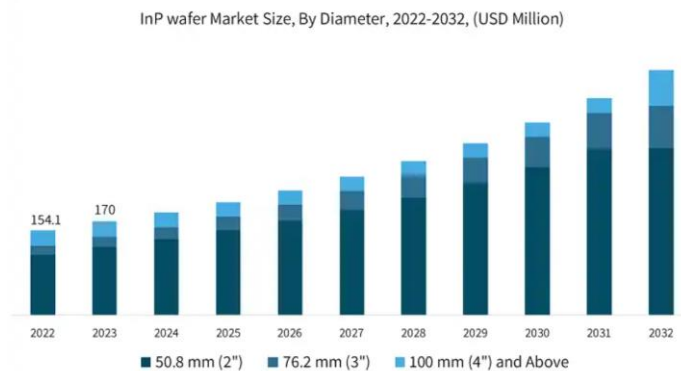
从行业趋势看，大尺寸 InP 晶圆的重要性正在提升。InP 晶圆正从 4 英寸迅速过渡到 6 英寸，当前阶段的核心是 6 英寸晶圆的量产升级，8 英寸晶圆仍在发展中。Future Market Insights 预计，全球 InP 晶圆市场规模将从 2025 年的 2.113 亿美元逐步扩大，至 2035 年将达到 6.277 亿美元，2025—2035 年 CAGR 为 11.5%；另外，2025 年 100mm，即 4 英寸及以上 InP 晶圆占有 InP 晶圆市场收入的 47.9%，半绝缘 InP 晶圆占 52.6%，意味着下游高速光通信和数据中心需求放量后，产业链对更大尺寸、更高一致性、更高良率衬底的需求会同步提升。

图28：全球 InP 晶圆市场规模（亿美元）



资料来源：Future Market Insights, 中国银河证券研究院

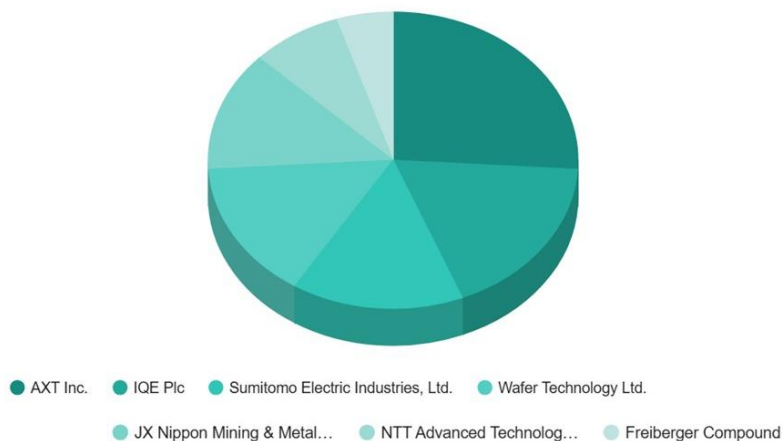
图29：全球 InP 晶圆市场规模及不同尺寸晶圆占比



资料来源：gminsight, 中国银河证券研究院

全球磷化铟外延晶圆市场竞争激烈，市场份额居首的三家厂商分别是 AXT、IQE Plc 和日本住友。其他厂商包括 Wafer Technology Ltd.、JX 日本矿业金属、NTT 先进技术公司、Freiburger Compound Materials GmbH、Coherent 等。相较衬底而言，外延市场更加分散。

图30：全球 Inp 外延晶圆市场主要厂商



资料来源：DataInsightsReports, 中国银河证券研究院

总而言之，磷化铟中游环节衬底市场份额更小，但其技术壁垒和市场集中度远高于外延：

衬底制造是从 0 到 1 的结晶过程，核心难点在于：1) 核心瓶颈在上游，衬底制造严重依赖 6N 级（99.9999%）以上的超高纯铟；2) 长晶工艺极难，InP 单晶生长需在高温高压下进行极端环境控制，且扩产周期较长，设备交期和良率爬坡极慢；3) 高度寡头垄断，当前，日本住友、AXT(北京通美)、日本 JX 三家占据了全球 91% 的市场份额。

而外延是在衬底上生长薄膜，其较衬底而言，市场集中度更低、市场份额更高主要归因于：1) 衬底产能极度受限，虽然严重的供不应求推高了其单价，但由于总销售额反而受限；2) 设备可采购

降低准入门槛，虽然 MOCVD 设备昂贵，但设备可以买到，而 InP 长晶炉需要高度定制，核心热场设计属于各厂商核心机密，因此外延厂商数量远多于衬底厂商；**3) 外延覆盖更广**，除光通信外还包括 VCSEL (3D 传感)、Micro-LED、功率器件、射频 PA 等，每个领域都需要定制化外延结构；**4) 商业模式差异**，衬底厂商卖的是标准化材料，而外延厂商卖的是定制化服务，后者可以根据客户需求灵活调整外延层结构（组分、厚度、掺杂），服务属性强，客户粘性和定价权更高。

因此，我们认为，磷化钢衬底作为产业链最上游的制造环节，是当前技术壁垒最高同时供需最紧张，也是当前 AI 光模块链中最为卡脖子的一环。

(三) 下游：高速光互连放量，EML 供需缺口显著，CW 重要性提升

磷化钢下游环节主要包括光芯片：激光器/调制器/探测器/PIC 等应用，即在衬底和外延片基础上，通过光刻、刻蚀、金属化、钝化、解理、镀膜、测试等工艺，加工形成 EML、CW、VCSEL 激光器/调制器，PIN/APD 探测器以及 InP PIC 垂直整合。

下游核心在于实现外延结构、器件设计和晶圆制造工艺之间的匹配。对于激光器而言，阈值电流、输出功率、调制带宽、波长稳定性和可靠性均会受到外延均匀性、波导结构、腔面处理和散热设计影响；**对于探测器而言**，响应度、暗电流、带宽和击穿电压等指标也高度依赖材料缺陷控制和器件结构设计。**从器件结构看**，AI 数据中心光互连正在从传统可插拔光模块方案，逐步向硅光、CPO 及外置光源等更高集成度方案延伸。

光模块速率提升对磷化钢产业链下游及中游的拉动具有逐级放大效应。光模块速率提升会带动单模块内激光器、调制器和探测器性能升级；主动光器件升级进一步提高对外延片均匀性、衬底低缺陷和晶圆尺寸的要求；当 800G/1.6T 光模块进入规模化部署后，产业链瓶颈容易从终端封装转向中游高质量 InP 衬底、外延和光电芯片产能。

在这一过程中，InP 主动光器件的需求结构也在发生变化。**1)** EML 仍是当前高速光模块中的重要方案。**2)** 随着硅光和 CPO 对连续光源需求提升，CW 的重要性明显上升。**3)** 垂直整合方面，光器件逐步从分立集成到同一块 PIC (Photonic Integrated Circuit) 上：硅光凭借 CMOS 兼容性占据份额，InP 因硅的间接带隙物理限制不可替代、收缩至激光器/CW 光源这一核心环节，TFLN (薄膜铌酸锂) 成为 3.2T/CPO 超高调制刚需，三者形成硅光铺量、InP 保光源、TFLN 冲上限的协同分工。

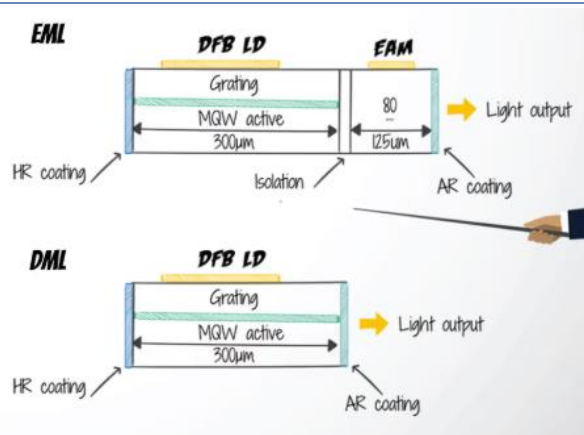
1. 激光和调制方面，当前 EML 激光器短缺，倒逼硅光发展

激光器是光收发器中最昂贵的部分，约占模块总成本的 50%。现代光收发器中主要使用三种激光技术：EML (电吸收调制激光器)、CW (连续波激光器)、VCSEL (垂直腔面发射激光器)。

EML，即电吸收调制激光器，由分布式反馈 (DFB) 二极管激光器和电吸收调制器 (EAM) 集成在单个集成电路中构成。DFB 使用漫反射布拉格反射器精确阻挡所需波长的光，输入电压的开/关信号被传输到 EAM 部分以产生光输出信号。因此，调制过程不会改变激光器本身的特性。通过调节 DFB 的输出功率来获得合适的输出功率，接着 EAM 负责根据需要调制光，输出 NRZ 或 PAM4 信号。

EML 与 DML (即直接调制激光器) 比较而言，DML 通过内部驱动芯片直接调制激光功率，不需要外接调制器。一般来说，DML 用于数据速率较低、传输距离较短 (最远 10 km) 的应用，而 EML 支持更远的传输距离和更高的数据速率。采用 DML 激光器的光模块价格更低，约占所有 100Gbps 应用的 95%。采用 EML 激光器的光模块由于使用了外部调制器，能够实现更远的传输距离和更纯净的信号，但价格更高，通常用于长距离光链路。

图31: EML vs. DML, DML 无需外接调制器



资料来源: salumanus, 中国银河证券研究院

图32: 相较 DML, EML 支持更远的传输距离和更高的数据速率



资料来源: salumanus, 中国银河证券研究院

CW, 即连续波激光器, 是一种能够发射持续稳定光束的激光器, 与脉冲激光器不同。连续波激光器的关键特性在于其能够在较长时间内产生连续不间断的激光束, 是通过持续向激光介质 (可以是气体、液体或固态) 提供能量来实现的, 从而确保稳定一致的输出。CW 激光器安装在外部, 而调制、接收、波长复用及其他光学功能则由 SiPho PIC 负责。数据调制通过 SiPho 芯片上的 MZM (Mach-Zehnder 调制器) 或微环调制器 (MRM) 实现。

VCSEL, 即垂直腔面发射激光器, 是一种基于半导体的激光二极管, 发射光从顶部表面射出。与传统的边发射激光器不同, VCSEL 垂直发射激光束, 是光通信和光电子技术的重大革新。在 VCSEL 中, 器件内部的高反射率反射镜, 反射镜的反射率通常在 99.4% 到 99.9% 之间, 使光能够垂直于各层振荡, 从而实现高效的光发射。VCSEL 结构由多层组成, 包括 p 型接触层、高反射率反射镜、用于产生激光的有源区和分布式布拉格反射器。位于中间层的激光腔是产生激光的增益区。器件内部的量子阱通过将发射光限制在反射镜之间来提高激光效率。

表7: 主流激光器 EML/CW/VCSEL 对比

参数	EML	CW	VCSEL
名称	电吸收调制激光器	连续波激光器	垂直腔面发射激光器
波长	1470-1610 nm (C 波段, ~1550 nm)	1310-1550 nm (单模)	850 nm (多模光纤)
传输距离	长距离: 10-80 公里 (100G 时典型值可达 40 公里)	中长距离: 10-40+公里 (采用外部调制)	短距离: 10 Gbps 时最远可达 300 米
速度/数据速率	>25 Gbps, 高速 (>40 GHz, 200G/通道可用)	采用硅光子调制时, 单通道最多可达 200G	单通道最高可达 100G (200G/通道正在发展中)
调制类型	集成电吸收调制器 (EAM) 与 DFB 激光器	外部调制 (硅光子或马赫-曾德尔调制器)	直接调制
色散	非常低 (波长稳定, 低啁啾)	极低 (无啁啾外部调制)	极低 (多模光纤)
相对成本	高	中	低
功耗	较高 (每个模块可超过 4.5W)	中等 (取决于调制器类型)	极低
最佳使用场景	适用于长距离和 800G 光收发器的最佳激光器: - 长距离和城域网 (10G、40G、100G 以太网) - 传输距离超过 10-40 公里的电信系统 - 速度超过 25 Gbps 的高速应用, 尤其对信号质量要求极高	EML 替代方案: - 基于硅光子的收发器 (常见于 400G DR4 和更新的 800G 模块) - 未来采用外部调制器的 1.6T 光收发器模块 - 相干光通信系统	短距离数据中心收发器的最佳激光器: - 数据中心服务器互连 (100G SR4、800G SR8) - 机架内短距离并行光纤链路

· 800G/1.6T AI 集群互连 (DR8、2xFR4 模块, QSFP-DD 和 OSFP 封装)	· 波分复用 (WDM) 系统	· 高密度、大容量部署, 成本至关重要
· 需要最小色散补偿的应用		· 节能型数据中心 (低功耗)

资料来源: EdgeOptic, 中国银河证券研究院

2026 年 EML 激光器短缺: 由于 AI 数据中心建设的激增, 光收发器行业正面临严重的 EML 激光器短缺问题。首先需求激增, 预计 2025 年全球 800G+光收发器的出货量将达到 2400 万颗, 2026 年将增长 2.6 倍, 达到近 6300 万颗。其次, 英伟达锁定 EML 产能, 英伟达已在主要 EML 供应商 (Lumentum、Coherent/Finisar、三菱、住友、博通) 预先分配了产能, 以确保其 GPU 集群互连的供应, 导致其他所有供应商的交付时间推迟至 2027 年以后。另外, 供应商基础有限, 由于调制功能在单个芯片上的复杂集成, EML 生产的准入门槛极高。当前受影响最大的模块包括严重依赖 100G EML 技术的 800G DR8、2xFR4 和 1.6T 收发器。

EML 缺货倒逼硅光发展: CW 已成为 EML 的主要替代方案, 因其芯片结构更简单且成本更低, 但其生产也面临诸多挑战。然而, 由于设备交付周期长, 产能扩张速度缓慢。Coherent 作为最大的连续波激光器供应商之一, 预计到 2026 年将 InP 晶圆厂产能扩大 5 倍, 但诸如芯片切割和老化测试等下游工序通常外包, 产能瓶颈的风险增加。但尽管如此, 越来越多的云服务提供商正转向采用 CW 激光器+硅光解决方案, 以规避 EML 产能短缺的问题。与此同时, VCSEL 的供应在经历了 2022-2023 年的短缺之后已趋于稳定, 并可随时供应。

2. 探测器方面, InGaAs-PIN 市场规模 2026-2032 年复合增长率 (CAGR) 预计为 7.3%

光电探测器 (或称光电二极管) 在将光信号转换为电信号方面发挥着至关重要的作用。作为光收发模块的关键组件, 确保了网络间不间断的高速数据传输。光电二极管是一种将光信号转换为电流的半导体器件。在光收发模块中作为接收器, 检测输入的光信号并将其转换回电信号。光电二极管对于确保光纤系统中的高速、低损耗通信至关重要。光电二极管基于光伏效应工作。当光子 (光粒子) 照射到半导体材料 (例如硅或碲化镉) 上时, 会产生电子-空穴对。这会产生与光强度成正比的可测量电流。在光收发器中, 该过程可以将调制光脉冲转换为数字电信号。

光电二极管根据其结构和性能进行分类可分为 PIN 光电二极管和雪崩光电二极管 (APD)。

表8: 光电探测器分类别特点

	PIN 光电二极管	雪崩光电二极管 (APD)
结构	p 型、本征 (未掺杂) 和 n 型半导体层	采用高压偏置来产生“雪崩”效应, 从而放大信号
优点	低噪声、成本效益高, 适用于短距离应用	灵敏度更高, 非常适合远距离应用或弱光环境
灵敏度	中等	高 (信号放大)
成本	低	高
应用	短距离 (≤10 公里)	远距离 (>40 公里)

图33: PIN vs. APD 示意图



资料来源: Link-PP Official, 中国银河证券研究院

以日本住友电气申请的 InGaAs/InP 型 PIN-PD 专利为例。InGaAs/InP 型 PIN 光电二极管, 包括 n 型 InP 衬底、设置在衬底表面的 n 型 InGaAs 层以及 p 型 InGaAs 层, 其中 p 型 InGaAs 层的一部分扩散有 p 型杂质。环状 p 电极环绕 p 型 InGaAs 层, p 电极环绕的 p 型 InGaAs 层的一部分形成深度小于 2.0 μm 的凹槽。此外, p 型 InGaAs 层的厚度大于 3.0 μm 。PIN 光电二极管的安装方式使得光线能够进入该凹槽。**也就是说, InP 基 PIN-PD 的大致结构, 通常以 n 型 InP 衬底作为底层材料, InGaAs 作为衬底上方 n-InP 缓冲与 p-InP 包层之间的本征 i 吸收层, p 型 InP 作为顶层材料。**

据 QYResearch 测算，2025 年全球 InGaAs-PIN 市场规模大约为 1.78 亿美元，预计 2032 年将达到 2.91 亿美元，2026-2032 期间年复合增长率（CAGR）为 7.3%。

3. 垂直整合方面，PIC 市场规模预计 2025 年至 2030 年的复合年增长率为 10.8%

光子集成电路（Photonic Integrated Circuit, PIC）是基于磷化铟（InP）的光学系统，将分布反馈式（DFB）激光器、调制器、半导体光放大器和波导光电探测器集成在单个 InP 芯片上，可以显著降低相干光收发器模块的尺寸和功耗。

表9: PIC 的典型构成

构成	功能
激光器	光源
波导	引导光信号
调制器	将数据编码到光载波上
光电探测器	将光信号转换回电信号
耦合器	信号路由和分配

资料来源: FindLight, 中国银河证券研究院

InP 相干收发器芯片以 QSFP-DD 可插拔封装形式，可插拔的 QSFP-DD 模块可插入标准交换机前面板端口，提供 400ZR 和 OpenZR+相干光标准的光信号处理能力，每个波长传输速率高达 400 Gbps。数据中心运营商无需单独的 DWDM 转发器硬件，即可直接从交换机端口驱动 400G 相干容量，从根本上简化了光网络架构。其次，太赫兹 InP 晶体管技术可以实现超过 1 THz 的晶体管截止频率，从而为下一代成像系统、光谱传感器和 300GHz 以上的无线通信演示提供可能，目前尚无其他半导体材料能够以可比的性能处理此频率。此外，InP 衬底质量的提升可将蚀刻坑密度降低至每平方厘米 500 个以下，并将晶圆直径扩展至 100 毫米和 150 毫米；通过增加每片晶圆上的芯片数量，有效降低基于 InP 器件的制造成本和每个芯片的材料成本。

表10: PIC 关键材料

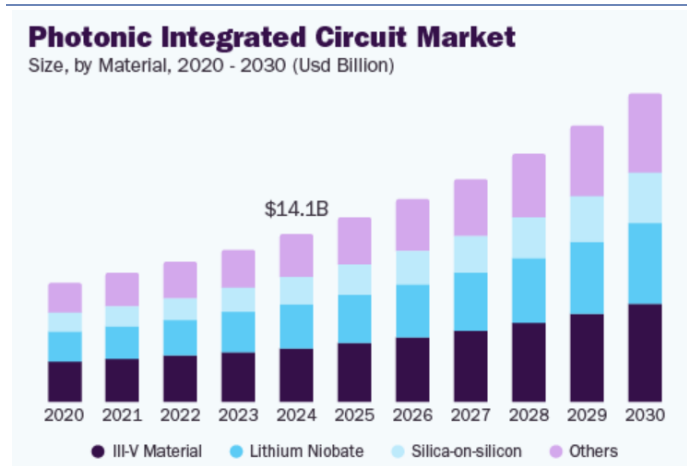
材料	用途
磷化铟 (InP)	适用于激光器和放大器等有源器件
绝缘体上硅 (SOI)	适用于高密度无源器件和 CMOS 兼容的制造工艺
氮化硅 (SiN)	具有低损耗传播特性，适用于传感和量子光子学应用

资料来源: FindLight, 中国银河证券研究院

展望未来，PIC 大规模普及需要解决几个核心问题。1) 耦合损耗：高效地将光耦合进出芯片是一个精度难题；2) 热管理：热量会影响高密度光子电路的波长稳定性；3) 激光集成：硅本身无法高效发光，因此需要采用 III-V 族材料的混合键合；4) 封装复杂性：光纤的对准以及确保其在热循环下的可靠性会增加成本和复杂性。**目前可预见的解决方案包括：异质集成（将 III-V 族材料键合到硅上）、晶圆级测试和自动化光学对准、3D 光子架构和量子兼容型 PIC。**

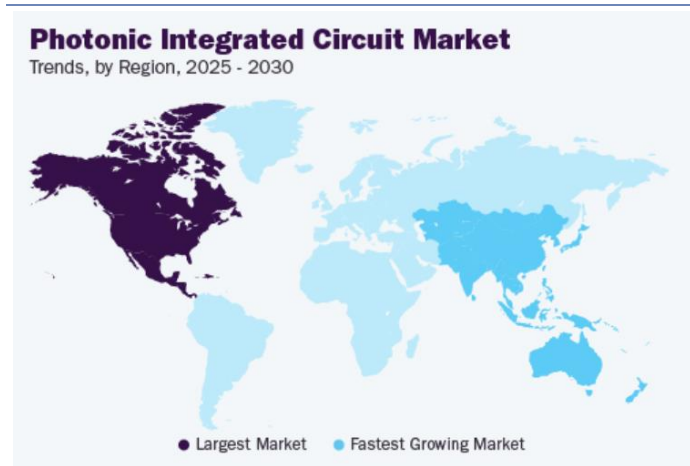
2024 年全球 PIC 市场规模约为 140.8 亿美元，预计到 2030 年将达 258 亿美元，2025 年至 2030 年的复合年增长率为 10.8%。PIC 市场规模增长主要受数字基础设施、对高速数据通信需求的增加、先进网络功能所需的更高带宽等因素推动。

图34: 全球 PIC 市场规模预测 (分材料, 2020-2030)



资料来源: Grand View Research, 中国银河证券研究院

图35: 全球 PIC 市场趋势 (分地区, 2025-2030)



资料来源: Grand View Research, 中国银河证券研究院

三、投资建议

AI 算力驱动光互连升级，磷化铟全产业链从"材料瓶颈"走向"价值重估"：随着 800G 光模块规模化部署、1.6T 加速导入、CPO/SiPh 在下一代 AI 集群中从样品向量产迁移，磷化铟 (InP) 作为唯一可支撑 1310/1550nm 长距高速单模发射的直接带隙 III-V 材料，其战略地位从"光通信衬底"跃升为"AI 基础设施卡脖子环节"。2025 年全球 InP 器件需求约 200 万片，实际产能仅约 60 万片，供需缺口超 50%，且扩产周期长、良率爬坡慢、上游铟资源伴生于锌矿，供给弹性极弱。**我们认为：**

1) 上游铟资源"伴生+管制"双重约束，纯度瓶颈卡住产业链咽喉。全球 90% 原生铟来自锌矿副产，中国精炼产量占全球约 70%；2025 年 2 月商务部对磷化铟等材料实施出口管制后，东西铟价脱钩，6N 级以上高纯铟提纯（电解—真空蒸馏—区域熔炼多段工艺）进一步制约衬底端原料可得性，上游稀缺性正向中游传导。

2) 中游衬底寡头垄断格局稳固，6 英寸升级+扩产周期是核心。衬底市场份额更小，但其技术壁垒和市场集中度远高于外延：衬底制造是从 0 到 1 的结晶过程，核心难点在于：1) 核心瓶颈在上游，衬底制造严重依赖 6N 级 (99.9999%) 以上的超高纯铟；2) 长晶工艺极难，InP 单晶生长需在高温高压下进行极端环境控制，且扩产周期较长，设备交期和良率爬坡极慢；3) 高度寡头垄断：全球 InP 衬底住友 (42%)、AXT/北京通美 (36%)、JX 日矿 (13%) 三家合计垄断>90%份额。住友大阪工厂预计扩产 3 倍、AXT 募资 6.325 亿美元扩产，缺口填补可期。而外延是在衬底上生长薄膜，其较衬底而言，市场集中度更低、市场份额更高。因此，我们认为，磷化铟衬底作为产业链最上游的制造环节，是当前技术壁垒最高同时供需最紧张，也是当前 AI 光模块链中最为卡脖子的一环。

3) 下游 EML 短缺倒逼技术路径分化，InP 在光源侧不可替代性强化。光芯片沿 EML (现行) → CW+SiPh (高速发展) → CPO+ELS (2026-2028) → 硅基单片 III-V (2030+) 四代演进；EML 被 NVIDIA 等锁产能、交付延至 2027 年后，800G 供需缺口 40-60%，驱动 CW+SiPh 加速渗透，但 CW 的 InP 基底仍依赖住友/AXT，InP 需求不减反增。

4) 产业链利润向"衬底/外延+高端光芯片"双集中，垂直整合厂商议价权放大。衬底技术壁垒、厂商集中度最高；外延因 MOCVD 可采购而分散，但定制化程度高、客户粘性强；下游 EML/CW/UHP 芯片与 CPO ELS 模块 ASP 具备 2-3 倍弹性。拥有 InP 长晶+外延+芯片+模块全栈能力的 IDM (Lumentum、Coherent) 与衬底材料龙头 (住友、AXT/通美) 将享受缺口溢价。

行业供不应求，高景气度。建议关注相关龙头标的，光通信相关标的：AXT (AXTI)，日本住友电气 (5802.T)，IQE (IQE.L)，Applied Optoelectronics (AAOI.O)，Lumentum (LITE)，Coherent (COHR)，Ciena (CIEN.N) 等，关注盈利能力和估值双升趋势。

四、风险提示

（一）CSP 资本开支不及预期导致需求波动的风险

若 AI 应用商业化进展放缓或云厂商 Capex 周期回调, 800G/1.6T 光模块采购节奏将直接承压, InP 衬底与 EML 芯片的缺口可能阶段性收敛, 影响产业链各环节提价与产能消化。

（二）上游锗供应与出口管制扰动的风险

高纯锗高度依赖中国精炼产能与出口许可节奏, 若管制清单动态调整或审批节奏放缓 (如 AXT 对美出口许可滞后), 将直接掣肘衬底厂扩产兑现。

（三）衬底/外延扩产与良率爬坡不及预期的风险

若住友、AXT、JX 扩产节奏或良率低于预期, 将反向制约下游 EML/CW/UHP 交付。

（四）技术路径替代与 CPO 渗透节奏不及预期的风险

若硅基单片 III-V 集成提前突破、或 TFLN 调制器+外置光源方案在 CPO 中挤占 InP EML 份额, 将削弱 InP 在侧光源的不可替代性; 同时 CPO 若良率爬坡慢于英伟达 Rubin 等 GPU 节奏, UHP 订单确认可能延后。

图表目录

图 1: 数据中心电力需求历史与 AI 驱动下的未来需求堆叠图	3
图 2: 不同领域电力需求增量对比条形图	3
图 3: 光芯片四代进化路径——第一代: EML	5
图 4: 光芯片四代进化路径——第二代: CW 激光+SiPho	5
图 5: 光芯片四代进化路径——第三代: CPO+ELS	6
图 6: 光芯片四代进化路径——第四代: 硅基单片 III-V 族芯片	6
图 7: 磷化铟产业链示意图	7
图 8: 第 49 号元素铟 (In)	8
图 9: 铟是一种银白色金属, 略带蓝色色调	8
图 10: 2025 年全球原生铟产量领先国家排名 (单位: 公吨)	9
图 11: 金属铟分用途市场空间预测 (2023-2033 年)	10
图 12: 亚太地区是全球最大的铟市场	10
图 13: 2019-2026 年全球磷化铟衬底预计销量和市场规模	11
图 14: 磷化铟衬底 vs. 外延市场份额 (2025 年)	11
图 15: 磷化铟衬底 vs. 外延市场空间 (2025 年)	11
图 16: 磷化铟衬底生产工序	12
图 17: 磷化铟衬底市场份额构成	12
图 18: 住友、AXT 当前面临的上游供应问题	12
图 19: 住友 FY2016-FY2026 营收及增速情况	13
图 20: 住友 FY2016-FY2026 净利润及增速情况	13
图 21: AXT FY2016-FY2026Q1 营收及增速情况	14
图 22: AXT FY2016-FY2026Q1 净利润及增速情况	14
图 23: 2026 年 4 月 AXT 募资 6.325 亿美元用于扩产 InP 衬底	14
图 24: 传统衬底外延生长后的 SIMS 深度剖面	15
图 25: JX 改良后的衬底外延生长后杂质值显著减小	15
图 26: 磷化铟外延的多层半导体薄膜结构	16
图 27: MOCVD 与 MBE 反应室对比	16
图 28: 全球 InP 晶圆市场规模 (亿美元)	17
图 29: 全球 InP 晶圆市场规模及不同尺寸晶圆占比	17
图 30: 全球 InP 外延晶圆市场主要厂商	17
图 31: EML vs. DML, DML 无需外接调制器	19
图 32: 相较 DML, EML 支持更远的传输距离和更高的数据速率	19

图 33: PIN vs. APD 示意图	20
图 34: 全球 PIC 市场规模预测 (分材料, 2020-2030)	22
图 35: 全球 PIC 市场趋势 (分地区, 2025-2030)	22
表 1: 半导体材料硅、砷化镓、磷化铟属性对比	4
表 2: TFLN 用于 PIC 平台的六大优势	7
表 3: 4N5+铟报价 (SMM, 2026 年 6 月 1 日)	9
表 4: 磷化铟单晶制备方法与长晶原理	12
表 5: JX Nippon Mining & Metals 磷化铟衬底规格	15
表 6: MOCVD vs. MBE 应用对比	16
表 7: 主流激光器 EML/CW/VCSEL 对比	19
表 8: 光电探测器分类别特点	20
表 9: PIC 的典型构成	21
表 10: PIC 关键材料	21

分析师承诺及简介

本人承诺以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告的具体推荐或观点直接或间接相关。

赵良毕，通信&中小盘首席分析师，科技组组长。北京邮电大学通信硕士，复合学科背景，2022年加入中国银河证券。8年中国移动通信产业研究经验，7年证券从业经验。曾获得2018/2019年（机构投资者II-财新）通信行业最佳分析师前三名，2020年获得Wind（万得）金牌通信分析师前五名，获得2022年Choice（东方财富网）通信行业最佳分析师前三名。

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司（以下简称银河证券）向其客户提供。银河证券无需因接收人收到本报告而视其为客户。若您并非银河证券客户中的专业投资者，为保证服务质量、控制投资风险、应首先联系银河证券机构销售部门或客户经理，完成投资者适当性匹配，并充分了解该项服务的性质、特点、使用的注意事项以及若不当使用可能带来的风险或损失。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户的投资咨询建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告而取代自我独立判断。投资者应自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。银河证券认为本报告资料来源是可靠的，所载内容及观点客观公正，但不担保其准确性或完整性。本报告所载内容反映的是银河证券在最初发表本报告日期当日的判断，银河证券可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河证券没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河证券不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

银河证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。银河证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

银河证券已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河证券。未经银河证券书面授权许可，任何机构或个人不得以任何形式转发、转载、翻版或传播本报告。特提醒客户及公众投资者慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

本报告版权归银河证券所有并保留最终解释权。

评级标准

评级标准	评级	说明
评级标准为报告发布日后的6到12个月行业指数（或公司股价）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，北交所市场以北证50指数为基准，香港市场以恒生指数为基准。	推荐：	相对基准指数涨幅10%以上
	中性：	相对基准指数涨幅在-5%~10%之间
	回避：	相对基准指数跌幅5%以上
行业评级	推荐：	相对基准指数涨幅20%以上
	谨慎推荐：	相对基准指数涨幅在5%~20%之间
	中性：	相对基准指数涨幅在-5%~5%之间
公司评级	回避：	相对基准指数跌幅5%以上

联系

中国银河证券股份有限公司 研究院	机构请致电：	
深圳市福田区金田路3088号中洲大厦20层	深广地区：	程曦 0755-83471683 chengxi_yj@chinastock.com.cn 苏一耘 0755-83479312 suyiyun_yj@chinastock.com.cn
上海浦东新区富城路99号震旦大厦31层	上海地区：	林程 021-60387901 lincheng_yj@chinastock.com.cn 李洋洋 021-20252671 liyangyang_yj@chinastock.com.cn
北京市丰台区西营街8号院1号楼青海金融大厦	北京地区：	田薇 010-80927721 tianwei@chinastock.com.cn 褚颖 010-80927755 chuying_yj@chinastock.com.cn
公司网址：www.chinastock.com.cn		