

2026年中国硅光光模块行业概览： CAGR超40%，全球硅光模块开启百亿 美元远期市场空间

China Silicon Photonics Optical Module Industry
Overview

シリコンフォトリソ光モジュール市場研究報告
(精华版)

报告标签：硅光光模块、核心器件、材料、市场规模、产业链

撰写人：于利蓉

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

报告要点速览

硅光光模块是基于硅光技术制造的新一代光通信模块，高集成度、低成本、低功耗、高带宽密度是其优势。

(1) 高集成度：以硅光技术为核心，将波导、调制器、探测器等集成在单一硅光芯片上，实现芯片级的光子集成，是迈向光电融合的基础。(2) 低成本：硅是地壳中储量第二丰富的元素，硅材料丰富且廉价；全球超过90%的集成电路基于硅CMOS工艺制造，其兼容CMOS工艺，可实现大规模、低成本制造。(3) 低功耗：高度集成架构减少分立器件之间互连损耗，部分应用场景可省去激光器TEC温控器件，进一步降低整机功耗。(4) 高带宽密度：因其结构简单，组件数量大幅减少，相比传统光模块体积缩小约30%，更小的尺寸意味着在同等面板面积上可部署更多端口，支持更高带宽。

硅光模块通过“硅基无源集成+有源异质集成+电芯片协同”的技术路线，实现光源、调制、探测、传输及信号处理功能的深度融合，通过融合硅、氮化硅、III-V族半导体材料及铌酸锂等光子集成材料，兼顾性能提升与成本管控。

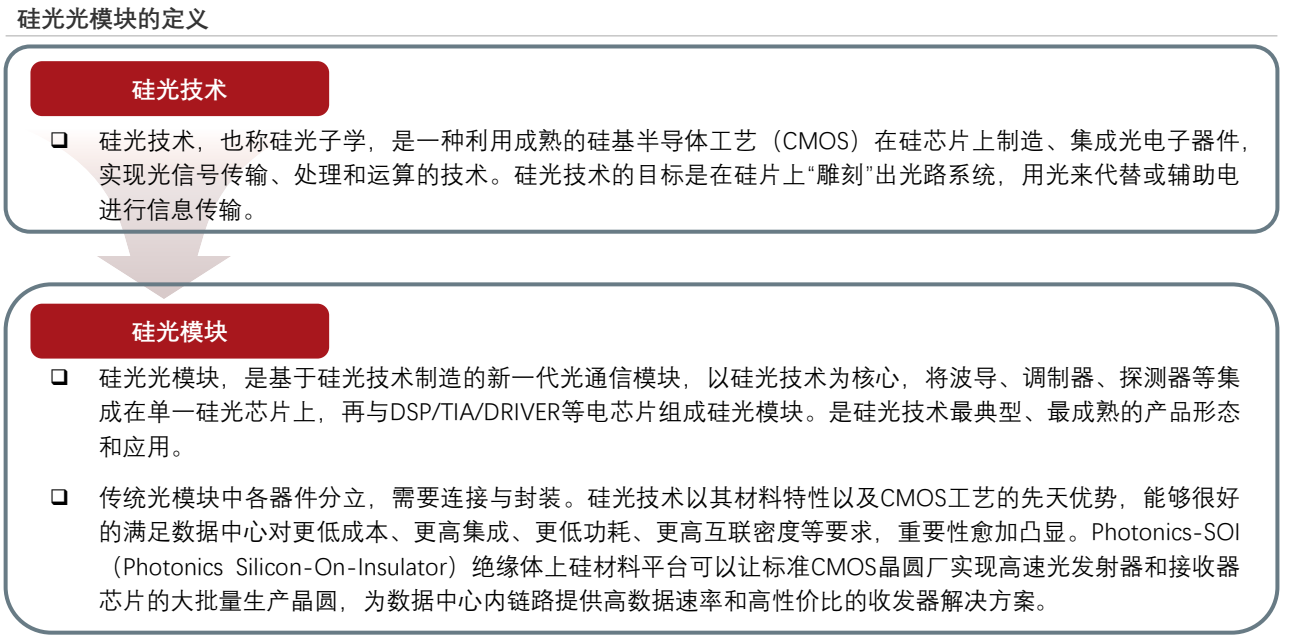
其中，激光器以外置CW激光器为主，具备低噪声、输出功率高、波长一致性好等优势，异质键合和异质外延以实现激光器片上集成是未来的主流发展趋势。硅基调制器具备低成本及高集成度的优势，MZM是现阶段主流方案，未来薄膜铌酸锂与硅基集成调制器有潜力成为制造高性能集成光子器件的理想平台。锗硅光电探测器 (Ge/Si PD) 在性能、工艺兼容性和成本等方面具有显著优势，是目前主流方案，波导耦合型Ge/Si PD晶体质量、结构完整性和集成度更好，应用前景广阔。与此同时，端面耦合带宽大损耗低，是目前的主流方案。氮化硅波导方案具有宽透明窗口、高折射率对比度、低光学损耗和CMOS兼容性等优势，PECVD将氮化硅波导层沉积到SOI晶圆上可实现低波导损耗。为进一步提升整体带宽承载能力，硅光模块依托复用技术成倍扩充单通道传输容量，由复用 / 解复用 (MUX/DeMUX) 器件完成多路并行光信号调度处理，波分复用架构是目前产业化应用的主流方案。

数据中心和电信市场是硅光光模块主要下游应用市场，预计2030年全球硅光光模块市场规模达145.6亿美元。

数据中心Spine-Leaf（叶脊）架构已成为主流组网模式，内部互联速率向800G、1.6T甚至3.2T演进，推动硅光模块渗透率提升。此外，硅光模块演进至光电共封装领域，以及数据中心全光交换网络中的硅基平台光开关/光交换芯片，进一步拓展硅光光模块的市场空间；电信市场，硅光光模块主要应用于长距离相干传输和基站前传，随着全光网络逐渐确立在算力集群互联中的核心地位，硅光技术向WSS等光交换器件渗透，市场空间进一步提升。预计2030年全球硅光光模块市场规模将达145.6亿美元。全球数据中心用硅光光模块市场规模将达77.6亿美元，占比53.3%；全球电信领域用硅光光模块市场规模将达62.9亿美元，占比43.2%。

■ 硅光光模块的定义

硅光光模块是基于硅光技术制造的新一代光通信模块，以其材料特性及CMOS工艺的先天优势，具有高集成度、低成本和低功耗潜力、高带宽密度等优势，能够更好适配数据中心需求



硅光光模块与传统光模块的区别

对比维度	传统光模块	硅光模块
核心材料	磷化铟、砷化镓等	硅
集成方式	分立器件封装：将激光器、调制器、探测器等独立的芯片在PCB板上组装	单片集成：将波导、调制器、探测器等集成在单一硅光芯片上
光源	直接使用集成的激光器（如DFB、EML）	外置CW激光器：一个激光器通过分束器为多个通道提供光源
结构	复杂，需要大量的透镜、对准组件和封装材料	简单，芯片上通过波导进行光路连接，组件数量大幅减少
体积与功耗	较大、较高	更小（体积缩小约30%）、更低（潜在功耗）
成本潜力	材料（如InP）和封装成本高，下降空间有限	利用廉价硅材料和CMOS工艺，规模化后成本优势显著

硅光模块的优势

高集成度

实现芯片级的光子集成，是迈向光电融合的基础

低成本潜力

硅材料丰富且廉价，兼容CMOS工艺可实现大规模、低成本制造

低功耗潜力

高集成度减少了器件间互连的能耗，且无需TEC等温控器件

高带宽密度

更小的尺寸意味着在同等面板面积上可部署更多端口，支持更高带宽

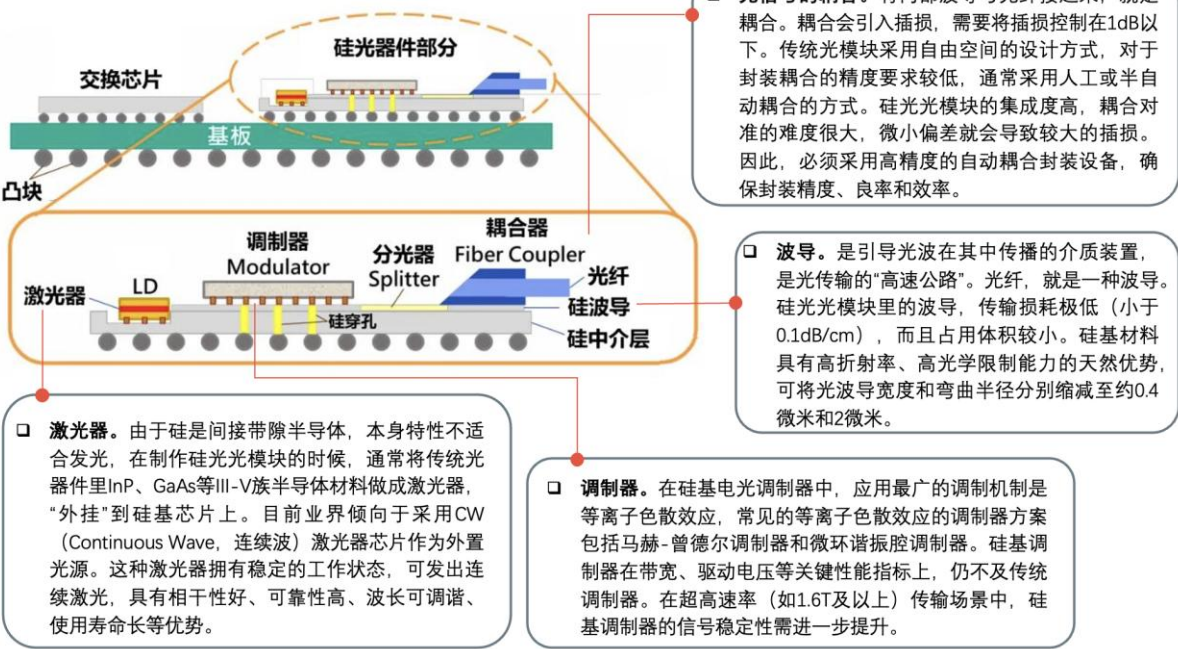
来源：易天·光通信官网、奥创普科技官网、头豹研究院

■ 硅光光模块的封装构造

从封装构造看，硅光光模块采用成熟的CMOS半导体工艺（如光刻、刻蚀、沉积等），在硅基材料上集成调制器、波导、分光器等光学器件，集成度明显高于传统光模块

硅光光模块的封装构造

硅光光模块的封装构造示意图



- 硅光模块基于成熟的CMOS制造工艺（如光刻、刻蚀、沉积等），在硅基材料上集成调制器等有源光器件以及波导、分光器等无源光学器件，集成度明显高于传统光模块。
- 激光器通常采用CW激光器芯片作为外置光源，具有相干性好、可靠性高、波长可调谐、使用寿命长等优势。调制器应用最广的是等离子色散效应，常见的等离子色散效应的调制器方案包括马赫-曾德尔调制器和微环谐振腔调制器。硅光模块的波导传输损耗极低，可将光波导宽度和弯曲半径分别缩减至约0.4微米和2微米。光信息的耦合需要将插损控制在1dB以下，必须采用高精度的自动耦合封装设备，确保封装精度、良率和效率。
- 相比传统分立器件架构光模块，硅光方案将多类光学元件集成于单颗硅光子芯片，依靠硅波导传输光信号，并通过高精度片上耦合器完成与光纤的光耦合，能够显著提升芯片集成度，同时降低整机功耗、物料成本与封装工艺复杂度，是800G、1.6T及以上超高速算力光互连场景的关键支撑技术。

来源：36Kr欧洲总站、头豹研究院

■ 硅光光模块的行业政策

国家持续加大对硅光光模块行业发展的政策支持力度。“十五五”规划强化顶层布局，行业政策推动光模块从800G向1.6T/3.2T代际升级，并驱动高端光电芯片和器件的自主研发进程

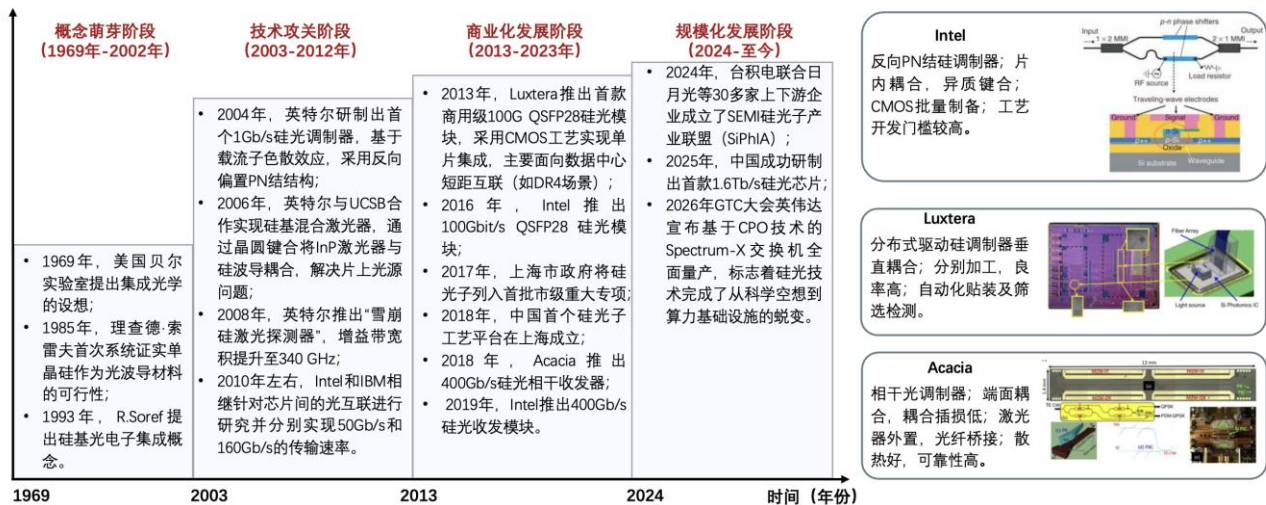
政策名称	颁布时间	颁布主体	政策要点
《“人工智能+信息通信”创新发展实施意见（2026—2028年）》	2026年6月	工业和信息化部	加强高端光电芯片和器件研发： 加强高速光电芯片、高速转发/交换芯片、全光交换器件、光电共封装器件等技术和产品研发验证，开展光电混合组网技术试验，加速技术方案成熟。加强智算超节点光电互联技术攻关，开展智算网络技术与产品验证。
《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要（2026-2030）》	2026年3月	全国人民代表大会	壮大数字经济核心产业，发展新一代通信技术、云计算、区块链等产业， 提升高端芯片、光电子器件、基础软件和工业软件等产业水平 ，打造具有国际竞争力的数字产业集群。
《深圳市加快推进人工智能服务器产业链高质量发展行动计划（2026-2028年）》	2026年3月	深圳市工业和信息化局	推动光模块从800G向1.6T/3.2T代际升级，支持800G及以上光模块量产项目落地； 重点发展高速率、低功耗硅光模块、CPO/LPO/NPO封装光模块 ，推动高端薄膜铌酸锂、高端磷化铟等核心技术突破与规模化应用；推动全光交换技术演进与产业化应用，提升核心材料、光芯片、光器件自主研发能力。
《关于开展城域“毫秒用算”专项行动的通知》	2025年10月	工业和信息化部	到2027年实现城域中型及以上算力中心间光层单向互连时延小于1毫秒。加快算力中心间高性能网络部署，有序推进城域400Gbps及以上、全光交叉等高速光传输系统设备应用， 到2027年实现城域中型及以上算力中心出口400Gbps部署率不低于50%，城域重要站点全光交叉部署率不低于50%。
《电子信息制造业2025-2026年稳增长行动方案》	2025年8月	工业和信息化部、市场监督管理总局	规模以上计算机、通信和其他电子设备制造业增加值平均增速在7%左右，加上锂电池、光伏及元器件制造等相关领域后电子信息制造业年均营收增速达到 5%以上。 面向光子领域重点环节开展技术攻关，加大对高速光芯片、光电共封等领域的研发投入力度，推动光架构与现有电架构体系生态融合。

来源：政府官网、头豹研究院

■ 硅光光模块的发展历程

硅光模块概念萌芽于20世纪70年代，2004年Intel研制成功硅光调制器，行业技术快速发展，2013年Luxtera推出首款商用级硅光模块，2024年至今行业在AI驱动下进入规模化发展阶段

硅光光模块的发展历程



□ 硅光技术起源于1969年贝尔实验室提出的集成光学理念，历经概念萌芽、技术攻关、商业化发展，至2024年迈入规模化发展阶段。早期以理论验证和基础器件探索为主，如1985年理查德·索雷夫首次系统论证单晶硅作为光波导材料的可行性，为硅光技术奠定理论基础。2003年后，硅光进入技术攻关阶段，Intel相继推出1Gb/s硅光调制器、Ge-on-Si雪崩探测器，并联合IBM实现50Gb/s和160Gb/s高速传输验证，推动关键器件成熟。2013年以来，Luxtera、Intel、Acacia等企业陆续推出商用产品，推动硅光技术在数据中心短距互联和相干通信领域实现商业化应用。2024年以来，随着AI算力需求推动800G和1.6T光模块加速发展，台积电联合产业链伙伴成立SiPhIA联盟，国内外企业持续推进高速硅光芯片研发和量产布局，硅光技术正由商业化阶段迈向规模化应用阶段，逐渐成为下一代高速光互联的重要技术路线。

来源：今日头条、百度百科、深圳光学光电子行业协会、头豹研究院

■ 硅光光模块行业市场规模

预计2030年全球硅光光模块市场规模达145.6亿美元，CAGR约40.1%。其中，数据中心为硅光模块的主要应用场景，占比53.3%，电信领域为第二大应用市场，占比43.2%

全球硅光光模块行业市场规模，2023-2030E



- 预计2030年全球硅光光模块市场规模将达145.6亿美元。2023年全球硅光光模块市场规模约13.8亿美元，预计2030年增长至145.6亿美元，2023-2030年年复合增长率为40.1%。行业高速增长核心驱动在于，硅光技术依托CMOS成熟制造工艺，可实现光电器件单片集成，相较传统分立光模块具备高集成度、低功耗、可规模化降本的核心优势，完美适配800G、1.6T及以上超高速光模块迭代需求；同时AI算力集群扩容、全球算力基础设施升级、光电集成技术持续突破，叠加产业链国产化推进、良率稳步提升，推动行业渗透率持续攀升与市场规模快速增长。
- 预计2030年全球数据中心用硅光光模块市场规模将达77.6亿美元，占比53.3%。2023年，全球数据中心用硅光光模块市场规模约6.3亿美元，预计2030年增长至77.6亿美元，2023-2030年年复合增长率为43.3%。主要增长原因在于AIGC带来的算力需求爆发推动高速光互连需求快速增长，同时CPO/OIO等先进封装技术以及光交换架构持续演进，进一步拓展硅光技术在AI数据中心中的应用场景。
- 预计2030年全球电信领域用硅光光模块市场规模将达62.9亿美元，占比43.2%。2023年全球电信领域用硅光光模块市场规模约7.5亿美元，预计2030年增长至62.9亿美元，2023-2030年年复合增长率为35.5%。该领域增长动力主要来自全球骨干网、城域网带宽持续扩容，以及5G深度普及、6G技术前瞻布局带来的传输网络升级需求。

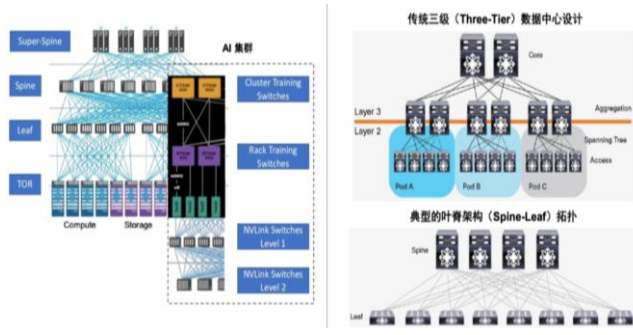
来源：Yole、头豹研究院

■ 硅光光模块下游应用

在数通市场，硅光光模块受益于数据中心网络架构和互联速率升级，并从硅光模块演进至光电共封装领域，以及数据中心全光交换网络中的硅基平台光开关/光交换芯片

硅光光模块下游应用

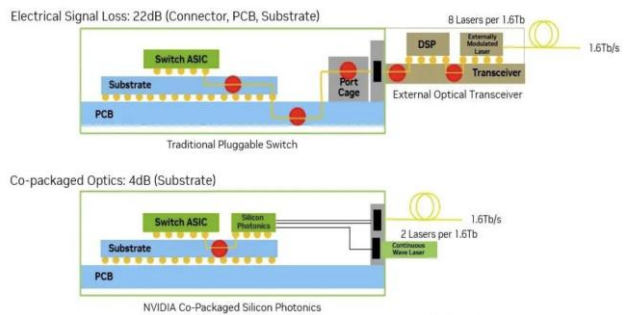
数据中心架构演变



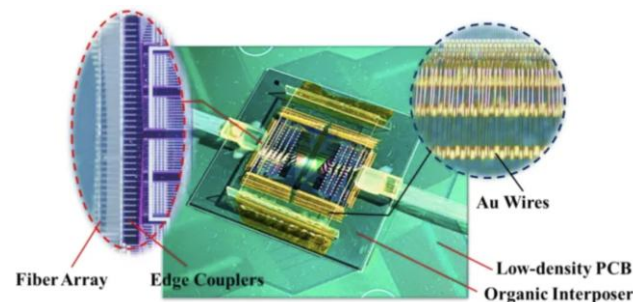
□ 数据中心网络架构和互联速率升级推动硅光模块渗透率提升。传统数据中心采用三层架构，AI算力崛起推动服务器间横向通信占比提升，三层架构已不再适应日益增长的数据中心流量需求，叶脊架构成为主流，叶脊架构下，光模块数量可高达数十倍，以满足大规模AI集群对大带宽、低时延、无损网络的需求。此外，数据中心内部互联速率向800G、1.6T甚至3.2T演进。硅光模块凭借高集成度和低功耗，渗透率将持续提升。

□ 硅光模块演进至光电共封装领域。传统交换机中，电信号从Switch ASIC出发，经过PCB走线、连接器、端口笼（Port Cage），到达外插式光收发器（Transceiver），由DSP芯片补偿失真后，再驱动激光器转为光信号，路径长达数十厘米，电损耗高达22dB。CPO主要用在交换机端口，通过将光模块和交换芯片紧邻封装在一起，可降低功耗、提高信号完整性、减少延迟，并缩小其体积。2026年6月，英伟达正式宣布Spectrum-X以太网硅光技术全面量产，通过CPO技术将硅光子集成电路（PIC）直接封装在交换机ASIC旁边，电信号只需经过极短的基板走线（损耗仅4dB）就能到达光引擎，无需外插模块。

传统可插拔开关对比英伟达共封装硅光子技术



上海交通大学研制的32*32硅基光开关芯片



□ 硅光技术还可应用在数据中心的全光交换网络中，例如硅基平台光开关/光交换芯片。上图所示是基于硅-双层氮化硅混合集成平台的32*32，该芯片基于切换-选择（Switch&Select）型拓扑结构，芯片上总共集成1,984个马赫-曾德尔光开关单元以及超过24万个波导交叉结。采用硅-氮化硅多层波导实现超低损耗波导交叉结，有效降低系统插入损耗；采用8块FPGA驱动芯片实现片上所有开关单元的独立控制。该光开关芯片平均插入损耗（光纤到光纤）12dB，切换速度小于400μs，芯片总功耗小于1W。该芯片有望用于数据中心网络中实现全光交换，解决传统电交换面临的功耗、延迟、带宽等瓶颈问题。

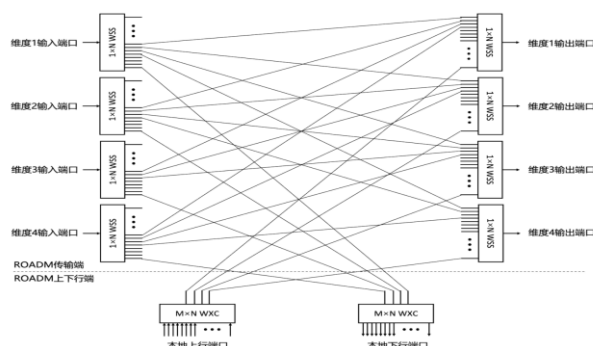
来源：NexSensor公众号、芝能智芯、深圳光学光电子行业协会、头豹研究院

■ 硅光光模块下游应用

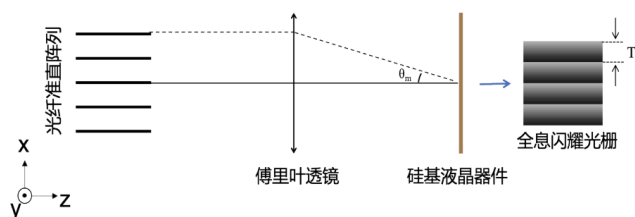
硅光模块在电信领域主要应用于长距离相干传输和基站前传，随着全光网络逐渐确立在算力集群互联中的核心地位，硅光技术向WSS等光交换器件渗透，不断拓展应用空间

硅光光模块下游应用

CDC ROADM 构架



基于 LCOS 技术的全光开关光学构架



- ❑ **电信领域硅光模块应用于长距离相干传输。**骨干网和城域网承担跨区域海量数据传输任务，对容量、速率和可靠性要求较高。随着云计算、人工智能和算力网络发展，运营商网络持续向400G、800G升级。相干光通信凭借长距离、大容量及较强的色散容忍能力，已成为长距离传输的主流方案。目前，超过1,000km的骨干网及100~1,000km的城域网已逐步采用相干光模块。硅光技术通过集成调制器、复用器等器件，可降低功耗和成本，并推动相干模块向高速率、小型化方向发展。
- ❑ **电信领域硅光模块还应用于基站前传。**基站前传是移动通信网络中连接基带处理单元（BBU/DU）与远端射频单元（RRU/AAU）的关键链路，需满足高带宽、低时延、高可靠性和低成本等要求。硅光模块在基站侧可实现前传链路光互联，降低约30%功耗并支持毫米波与光传输混合调度。华为已完成硅光方案在5G基站前传场景的试点验证，未来6G网络将进一步依赖硅光技术实现超高速率与低延迟传输。
- ❑ **全光网络升级推动硅光技术向WSS（波长选择开关）等光交换器件渗透。**2026中国光网络研讨会中国电信研究院院长张成良发布《ROADM网络发展与挑战》报告，明确全光网在算力集群互联中的核心地位。中国电信现阶段已建成覆盖中国31个省市、总里程达40万公里的100G ROADM网络，400G ROADM规模部署同步启动。全光网络升级浪潮下，ROADM（可重构光分插复用系统）已经成为现代光纤通信网络的核心组件，而WSS是ROADM的核心组成部分，基于LCOS（硅基液晶）技术的WSS具有高端口数目，且支持灵活栅格（Flex-grid）标准，可大幅提升全光通信网络的传输容量。因此，近年来基于LCOS技术的WSS器件成为行业主流选择，进一步拓宽硅光技术在电信网络中的应用空间。

来源：移动通信网、杨海宁等《硅基液晶技术与可重构全光通信网络》、头豹研究院

■ 硅光光模块行业发展趋势

硅光光模块行业的发展趋势呈现出高速率升级、多材料异质集成持续深化、应用场景由可插拔模块向CPO/OIO延伸、产业链国产化纵深推进的特点

硅光光模块行业发展趋势

传输速率持续升级，从800G向1.6T/3.2T迈进

AI算力需求快速增长推动数据中心网络持续升级，硅光模块正由800G向1.6T、3.2T演进。目前400G硅光技术已较为成熟，800G产品进入规模出货阶段，1.6T产品开始量产爬坡，以满足AI集群和超大规模数据中心对带宽和能效的需求。随着单通道速率由100Gbps向200Gbps演进，PAM4调制技术持续升级，推动光链路线性度和系统稳定性不断提升。未来，硅光模块有望进一步向3.2T发展，而在长距离传输和数据中心互联（DCI）等场景中，相干调制技术的渗透率也将逐步提升。

薄膜铌酸锂等新型材料异质集成，补齐硅基材料原生性能短板

硅材料本身属于间接带隙材料，在发光和高速调制方面存在天然局限，多材料异质集成将成为硅光技术的重要发展方向。目前硅光模块仍以外置CW激光器方案为主，Intel实现片上异质集成的商业化，未来硅光芯片将向更高集成度发展，在硅基芯片上异质集成InP激光器可能成为主流方案；薄膜铌酸锂在高速调制中表现优异，与硅光异质集成可弥补硅基调制器的带宽瓶颈，未来可能在商业化硅光芯片中应用，据LightCounting预测，采用TFLN调制器的销售额在2029年有望达到7.5亿美元；硅基氮化硅混合集成的应用扩展、石墨烯等二维材料在硅光芯片的应用正在研发推进中。

应用场景由可插拔模块向CPO/OIO延伸，并持续拓展

硅光高度集成的先天属性高度适配下一代光电架构演进，应用场景由可插拔模块向CPO/OIO延伸。一方面，硅光是CPO（共封装光学）核心光引擎载体，可与交换机ASIC芯片共基板封装，大幅缩短高速电互连距离，降低系统功耗与信号时延，支撑3.2T及以上超带宽演进；在芯片间短距互联场景中，OIO芯片级光输入输出方案依托硅光集成优势，成为低功耗、超高带宽互联技术重要发展方向。除此之外，硅基光电子技术在光计算、车载激光雷达、消费级AR/VR、医疗光学检测等多元领域的产业化潜力正逐步释放。

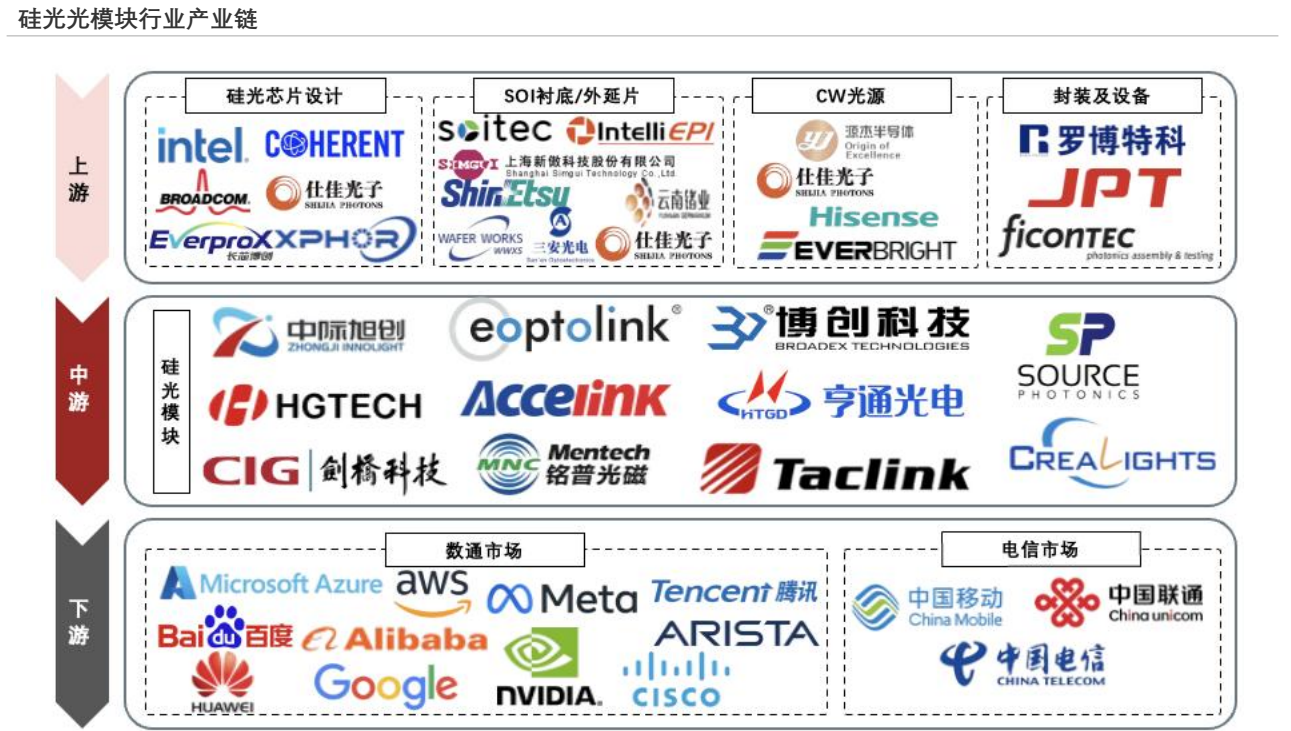
产业链国产化纵深推进，规模化降本与自主可控同步落地

全球光模块制造产能已高度集中于中国，据LightCounting2025年数据，全球前十光模块厂商按销售额计中国占7席，硅光产业链国产化进程加快。SOI晶圆、CW-DFB激光器、硅光工艺设备以及光子EDA工具等关键环节逐步实现国产突破，有效缓解供应链风险。与此同时，硅光设计、12英寸晶圆制造和高精度封装工艺持续成熟，良率稳步提升，CMOS规模制造优势不断释放，推动流片和封装成本持续下降。此外，中国头部光模块厂商积极布局800G和1.6T硅光产品，并与海外云厂商建立长期合作关系，推动中国硅光产业全球竞争力持续提升。

来源：今日头条、深圳光学光电子行业协会、光库科技年报、头豹研究院

■ 硅光光模块行业产业链

硅光光模块产业链上游为核心材料、芯片设计与专用配套零部件环节，中游为硅光光模块整机研发制造环节，下游为终端应用环节，主要应用于数通市场和电信市场



- ❑ 硅光光模块产业链上游为核心材料、芯片设计与专用配套零部件环节，主要涵盖硅光芯片设计、SOI衬底/外延片、CW-DFB 光源、硅光封装及专用测试设备四大细分领域；中游为硅光光模块整机研发制造环节，以中际旭创、新易盛、光迅科技、华工科技等厂商为主体，完成硅光芯片封装、整机集成与产品出货；下游为终端市场应用环节，主要包括以全球云厂商、网络设备商构成的数据中心数通市场，以及三大运营商主导的电信传输市场。
- ❑ 从企业布局看，英特尔、博通、Coherent、Soitec、Shin-Etsu等海外企业在上游硅光芯片设计、SOI晶圆、核心激光器和设备等关键环节仍具备先发优势；中国企业如中际旭创、新易盛、华工科技、光迅科技等企业的优势集中在中游硅光光模块整机制造环节，同时正持续向上游衬底、芯片设计、封装设备延伸突破，全链条自主可控进程持续提速。

来源：头豹研究院

■ 硅光光模块行业布局企业

硅光光模块行业布局公司主要有中际旭创、光迅科技、华工正源、新易盛、博创科技、剑桥科技、海光芯正、铭普光磁、亨通电子、德科立、天孚通信、索尔思光电等企业

硅光光模块行业布局企业

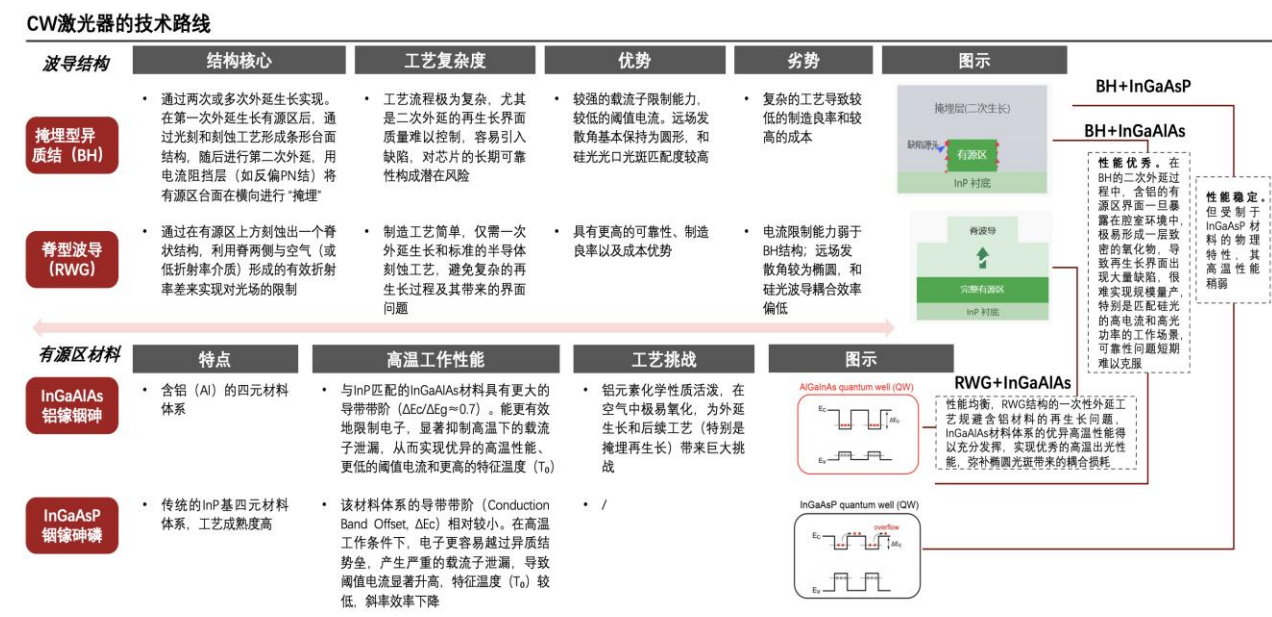
领域	公司名称	公司产品布局
硅光模块/硅光芯片	中际旭创	2025年全球TOP10光模块厂商排名第一，2024年400G/800G硅光产品系列实现大规模交付，1.6T OSFP DR8硅光模块发布，2025年OFC展会上报道了一种低插损硅光端面耦合器。
	光迅科技	2025年全球TOP10光模块厂商排名第四，2022年硅光工艺平台成熟，400G DR4硅光模块批量发货，推出800G DR8硅光模块；实现CW光源等光芯片自研；2024年，联合思科推出1.6T OSFP-XD硅光模块；2025 OFC展会上发布3nm制程DSP芯片与硅光技术融合的1.6T OSFP224 DR8硅光模块。
	华工正源	2025年全球TOP10光模块厂商排名第七，2022年发布800G硅光模块，2024年在美国OFC2024上正式推出1.6T-200G/λ高速硅光模块方案。其母公司华工科技投资公司创立的云岭光电专注于中高端光通信半导体光芯片，拥有完全自主知识产权，具备全流程生产能力的IDM光芯片企业。
	新易盛	2025年全球TOP10光模块厂商排名第二，2022年收购Alpine获得其硅光技术，目前已推出 400G、800G、1.6T 系列硅光模块产品。
	博创科技	基于硅光子技术的400G DR4硅光模块已实现批量出货，800G光模块提供硅光解决方案，高速硅光产品研发稳步推进。
	剑桥科技	2025年全球TOP10光模块厂商排名第十，2025年完成第二代硅光800G系列产品开发验证，全系列硅光800G产品实现海外核心客户批量发货；基于3nm DSP的1.6T产品完成开发验证并于2025年四季度客户送样。
	海光芯正	2023年，搭建硅光子集成平台，聚焦800G/1.6T硅光模块研发；2024年发布1.6T硅光光模块；2025年成立南京、苏州全资子公司，自建硅光模块生产工艺平台，在行业内率先实现硅光全链条国产化突破。
	铭普光磁	2024年3月，公司硅光800G DR8光模块已通过行业检测标准；硅光1.6T DR8、800G 2×FR4处于开发阶段。
	亨通光电	2018 年与美国知名创立合资公司亨通洛克利，依托美国洛克利在硅光子芯片的技术开发硅光模块；目前基于国产化硅光集成芯片的400G OSFP112 DR4产品已通过客户测试。
	德科立	基于自研核心光器件，整合硅光、TFLN技术，布局长距离相干硅光模块。2025年公司800G OSFP DR8、800G OSFP 2*FR4模块（含硅光架构）已实现小批量交付，自研1.6T OSFP DR8已推出硅光路线样品。
	天孚通信	提供高性能的高速光引擎产品及方案，涵盖CW、DFB、EML芯片和硅光芯片等；与全球领先的硅基光电子技术公司OpenLight建立合作，优化硅光链路解决方案。
	索尔思光电	2024年，索尔思光电和英特尔达成许可协议，允许公司使用英特尔800G硅光模块设计及硅光芯片；2025年OFC展会上展示了基于与Intel联合开发的采用混合集成技术方案的1.6T硅光模块。

来源：各企业官网、今日头条、头豹研究院

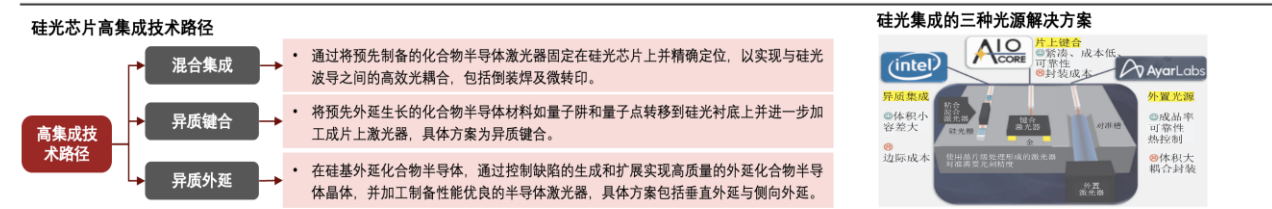
■ 硅光模块核心器件——激光器

目前硅光模块激光器以外置CW激光器为主，CW DFB光源技术路线中，BH和RWG是两种主流的波导结构，InGaAlAs和InGaAsP是两种主流的有源区材料，目前商业化可行的技术路线为BH+InGaAsP和RWG+InGaAlAs方案；混合集成、异质键合和异质外延是硅光模块中激光器实现高度集成的三种技术路径，目前，Intel采用异质键合技术。异质键合和异质外延以实现激光器片上集成是未来的主流发展趋势

CW激光器的技术路线和硅光芯片集成激光器方案对比



硅光芯片集成激光器方案对比



硅光芯片集成激光器方案对比

集成方法	实现方式	光耦合方式	材料	插损	功耗	集成度	光耦合	热耗散	激光器性能	工艺成熟度
倒装焊	芯片功能面倒扣，对芯片上焊点与布线基板上焊盘进行对位焊接（单个器件操作）	端面耦合到氮化硅波导中，然后再利用倏逝波耦合耦合到硅波导	InP	1dB	中	★	★★	★★★	★★★	★★★
微转印	通过压印头上安装的弹性印模拾取加工好的激光器，将其压印到硅光芯片上（并行压印多个器件）	倏逝波耦合	InP	1dB	中	★★	★	★★	★★	★★
异质键合	将III-V族半导体材料转移到硅晶圆上并制备激光器	光学模式主要被限制在硅波导中；楔形波导耦合结构	InP	1dB	中	★★	★★★	★★	★★★	★★★
垂直外延	在硅晶圆上垂直异质外延III-V族半导体薄膜并制备激光器	端面耦合；倏逝波耦合	GaAs	< 1dB	低	★★★	★★	★★	★★	★
侧向外延	在硅晶圆上侧向异质外延III-V族半导体薄膜并制备激光器	端面耦合	InP/GaAs	< 1dB	低	★★★	★★★	★★	★★	★

来源：源杰科技招股书、长光华芯官网、知网、SciEngine、深圳光学光电子行业协会、头豹研究院

■ 硅光光模块核心器件——调制器

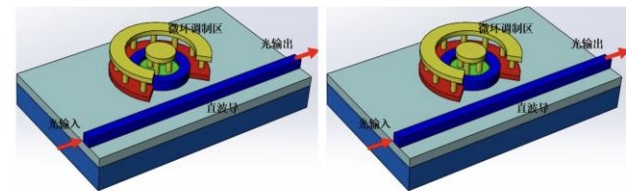
调制器基于材料不同可分为铌酸锂、磷化铟、硅基和聚合物电光调制器，混合集成调制器主有硅基-有机混合集成、硅基-LiNbO3混合集成以及硅基-III-V族混合集成调制器等；目前硅光模块中多采用硅基调制器，具备低成本及高集成度的优势，MZM是现阶段主流方案；未来，薄膜铌酸锂与硅基集成调制器有潜力成为制造高性能集成光子器件的理想平台

调制器基于不同材料的分类

调制器的类型		机制	优势	劣势
铌酸锂 (LiNbO3) 调制器		利用线性电光效应实现电信号对光信号的调制。通过外加电场改变光在晶体中传播的折射率，进而改变光的相位和偏振态，利用Mach-Zehnder结构可实现相位调制到强度调制的转换	发展最成熟，可以实现宽带调制、具有波导传输损耗小、稳定性好等优点	半波电压高，体积大，对偏振敏感，插入损耗大
磷化铟 (InP) 调制器	电吸收型	InP基电吸收型调制器利用量子限制Stark效应 (QCSE)，通过外加电场改变MQW对光的吸收，进而改变光的强度	调制效率高，驱动电压小，通过适当的设计可实现宽带调制，器件结构紧凑，易于集成，尤其是与光源可实现单片集成	对材料和工艺要求都较高，成本和集成难度较大
	电光型	InP基电光型调制器是利用QCSE引起的材料折射率变化实现对光场的相位调制，然后利用Mach-Zehnder结构将相位调制转化		
硅调制器		硅基调制器以等离子色散效应为相位调制机制。调制器的方案包括马赫-曾德尔调制器 (MZM) 和微环谐振器 (MRM)	通过合理的设计可以实现宽带、低V _π 调制，且体积小，与互补金属氧化物半导体 (CMOS) 工艺兼容，工艺成熟度高，易于实现大规模集成	线性度相对较差，有待于提高
聚合物电光调制器		利用线性电光效应来实现电信号对光信号的调制，在光波电场和外加电场的作用下，引起材料的非线性极化，并导致其光学各向异性，从而实现对光的相位、偏振态以及强度的调制	聚合物材料的微波介电常数低，更易实现速度匹配，有实现更大调制带宽的潜力；电光系数大，从而V _π 更小；材料价格低廉，工艺兼容性好	通信波长范围内插入损耗较大，长期热稳定性差，光稳定性较差，聚合物的极化效率和电光系数难以保持
新型硅基混合集成调制器	硅基-有机混合集成调制器	将电光聚合物材料填充到两个相距很近的脊型硅波导之间形成的狭缝 (slot) 波导中，其电光调制效率相比于传统的聚合物调制器有很大提高，V _{πL} 减小一个数量级	电光调制效率相比于传统的聚合物调制器有很大提高，V _{πL} 减小一个数量级	将LN薄膜与硅基衬底集成，具有独特优势。其可实现宽带高效率调制，做到在与传统LiNbO3调制器保持基本一致的调制带宽、消光比和动态范围时，降低尺寸、V _π 以及损耗，且与CMOS工艺兼容，易于实现小型集成化
	硅基-LiNbO3混合集成调制器	例如，用离子注入与晶体键合技术相结合，在硅衬底上的SiO2层上直接键合一层亚微米厚的单晶LN薄膜	利用LN薄膜的大电光系数，以及LN薄膜与SiO2层的高折射率差，实现对光场的强限制，大大减小电极间距，从而使V _{πL} 参数显著降低，且更有利于实现集成	
	硅基-III-V族混合集成调制器	例如，高线性环形辅助III-V/Si基混合集成Mach-Zehnder调制器，通过调控复合波导的介电常数以及环和相位调制臂的耦合系数，可以减小Mach-Zehnder调制器传输函数的非本征、非线性特性，进而提高线性度	实现高速高效调制	

硅基调制器

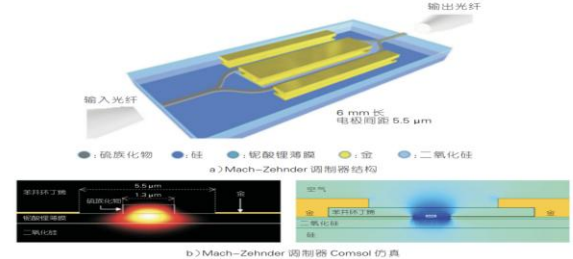
MZI型和MRM型调制器示意图



- 目前硅光模块中多采用硅基调制器，具备低成本及高集成度的优势。硅基调制器以等离子色散效应为相位调制机制。调制器的方案包括马赫-曾德尔调制器 (MZM) 和微环谐振器 (MRM)。
- MZM基于双波导干涉原理，入射光耦合进入调制器的分束器，被分成两束光分别进入MZI两臂波导，然后通过合束器合波，干涉叠加构成输出光，通过电信号改变波导折射率实现光强调制，其优势在于全带宽工作 (支持C/L/O波段) 和高工艺容差 (对制造误差误差不敏感)，且通过行波电极设计可实现单通道200Gbps以上的高速调制，然而MZM的尺寸较大 (通常>2mm)、功耗较高 (反向偏置载流子耗尽型需高驱动电压) 限制其在超紧凑场景的应用。
- MRM基于微环谐振腔的波长选择性，入射光进入直波导并部分耦合进微环，直波导的光场和自微环耦合出来进入直波导的光场干涉叠加构成输出光的光场，通过改变谐振条件实现调制，MRM制造工艺较复杂，其核心优势是超小尺寸 (半径可<10μm) 和低功耗 (驱动电压仅需1-2V)。MRM的高密度潜力使可能成为下一代硅光芯片的核心方案。

硅基混合集成调制器

硅基-LiNbO3 混合集成调制器示意图



- 薄膜铌酸锂有潜力成为制造高性能集成光子器件的理想平台。薄膜铌酸锂是从铌酸锂晶圆上剥离得到，保持了铌酸锂晶体优异的电光与光学特性，目前3dB带宽达到108GHz (显著优于目前硅调制器的67GHz)，在3.2T光模块中可能大规模应用。同时薄膜铌酸锂可以转移到平面化后的硅基光子集成平台上用于高度集成的硅光芯片。相比在薄膜铌酸锂平台上制备调制器，将薄膜铌酸锂晶圆键合至制备好的SOI上可以更好的利用硅波导强光场束缚和热调效率高特点。因此未来异质集成薄膜铌酸锂可能成为硅光模块调制器解决方案。

来源：浙江大学、李金野等《宽带电光调制器的研究现状与新型硅基混合集成调制器的发展趋势》、深圳光电子行业协会、李金野等《宽带电光调制器的研究现状与新型硅基混合集成调制器的发展趋势》、头豹研究院



未完待续

下篇正在进行中

若您期待尽快看到下篇报告或对下篇报告的内容有独到见解，头豹欢迎您加入到此篇报告的研究中。相关咨询，欢迎联系头豹研究院工业研究团队

邮箱：

sharlin.chen@leadleo.com

18129990784

完整版研究报告阅读渠道：

- 登录www.leadleo.com，搜索《2026年中国硅光模块行业概览：CAGR超40%，全球硅光模块开启百亿美元远期市场空间》

了解其他光模块系列课题，登陆头豹研究院官网搜索查阅：

- 2026年中国线性光模块行业概览：低功耗革命，线性光模块开启高速互联新时代（独占版）
- 2026年中国光模块行业概览：AI算力从芯片到光纤的关键一跃（独占版）
- 2026年中国光量子计算行业研究报告（独占版）
- 2026年中国光刻机行业概览——国产自主攻坚进入关键赛程（独占版）

方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。
- ◆ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

法律声明

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。本报告所指的公司或投资标的的价值、价格及投资收入可升可跌。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本文所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本文所载资料、意见及推测不一致的报告和文章。头豹不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。

头豹业务合作

全球视野 · 本土洞察 · 助力企业把握市场先机

核心业务



行业数据 API

开放原创报告与研究数据接口，
支持企业知识库、系统平台及AI
应用高效接入和调用



KNIT解决方案

构建企业可信内容体系，提升品
牌在AI搜索与问答中的可见度、
准确性与转化效果



报告会员账号

可阅读全部原创报告和百万数据，
提供PC及移动端，方便触达平台
内容



定制报告/白皮书

对产业及细分行业进行现状梳
理和趋势洞察，输出全局观深
度研究报告



商业尽调

面向投资并购和商业决策，评
估标的公司的商业前景、价值
及风险



招股书引用

研究覆盖国民经济19+核心产
业，内容可授权引用至上市文
件、年报

业务咨询



客服电话：
400-072-5588



官方网站：
www.leadleo.com

商务咨询与深度合作

报告作者



陈夏琳
首席分析师



于利蓉
行业分析师



service@leadleo.com

办公地点



深圳办公室

广东省深圳市南山区粤海街道华
润置地大厦E座4105室
邮编：518057



上海办公室

上海市静安区南京西路1717号
会德丰国际广场2701室
邮编：200040



南京办公室

江苏省南京市栖霞区经济开发
区兴智科技园B栋401
邮编：210046