

证券研究报告

2024年08月08日

行业报告| 行业深度研究

AI算力系列之硅光：未来之光，趋势已现

作者：

分析师 唐海清 SAC执业证书编号：S1110517030002

分析师 康志毅 SAC执业证书编号：S1110522120002

分析师 王奕红 SAC执业证书编号：S1110517090004



行业评级：强于大市（维持评级）
上次评级：强于大市

请务必阅读正文之后的信息披露和免责声明

摘要

硅光集成度不断提高，应用领域也在扩大：硅光技术是以硅和硅基衬底材料作为光学介质，通过CMOS集成电路工艺制造相应的光子器件和光电器件，以实现其在光通信、光传感、光计算等领域中的实际应用。硅光子集成度不断提升，集成数量不断增加，应用领域也不断拓展。

数通光模块是硅光芯片最主要的应用方向：2022年-2028年硅光芯片市场复合年均增长率为44%，推动这一增长的主要因素是用于高速数据中心互联和机器学习光模块，数通光模块的应用占硅光芯片市场应用的93%。硅光技术既可以用在传统可插拔光模块中，也可以用在CPO方案中。

硅光相比传统模块具备优势，未来高速增长：相较传统分立光模块，硅光模块还拥有成本低、功耗低、兼容CMOS工艺、集成度高的优势。QYResearch调研团队预计2029年全球硅光模块市场规模将达到57.1亿美元，未来几年复合增长率35.2%。

国内厂商积极布局硅光模块：目前硅光模块市场中，中国厂商份额较少，但国内的中际旭创、新易盛、光迅科技、博创科技、铭普光磁、亨通光电等开始参与竞争，推出了400G、800G甚至1.6T的硅光模块。可关注硅光模块、硅光芯片、CW光源、耦合及封装设备的投资机会。

建议关注：中际旭创、新易盛、天孚通信、源杰科技（与电子团队联合覆盖）、仕佳光子、罗博特科、光库科技。

风险提示：人才及技术更新风险；下游需求不达预期风险；竞争导致毛利率下降风险；技术迭代的风险；硅光模块良率不高的风险。

目录

- 1.硅光技术及应用领域
- 2.硅光份额市场不断扩大，国内厂商积极布局
- 3.硅光模块产业链分析
- 4.建议关注的上市公司

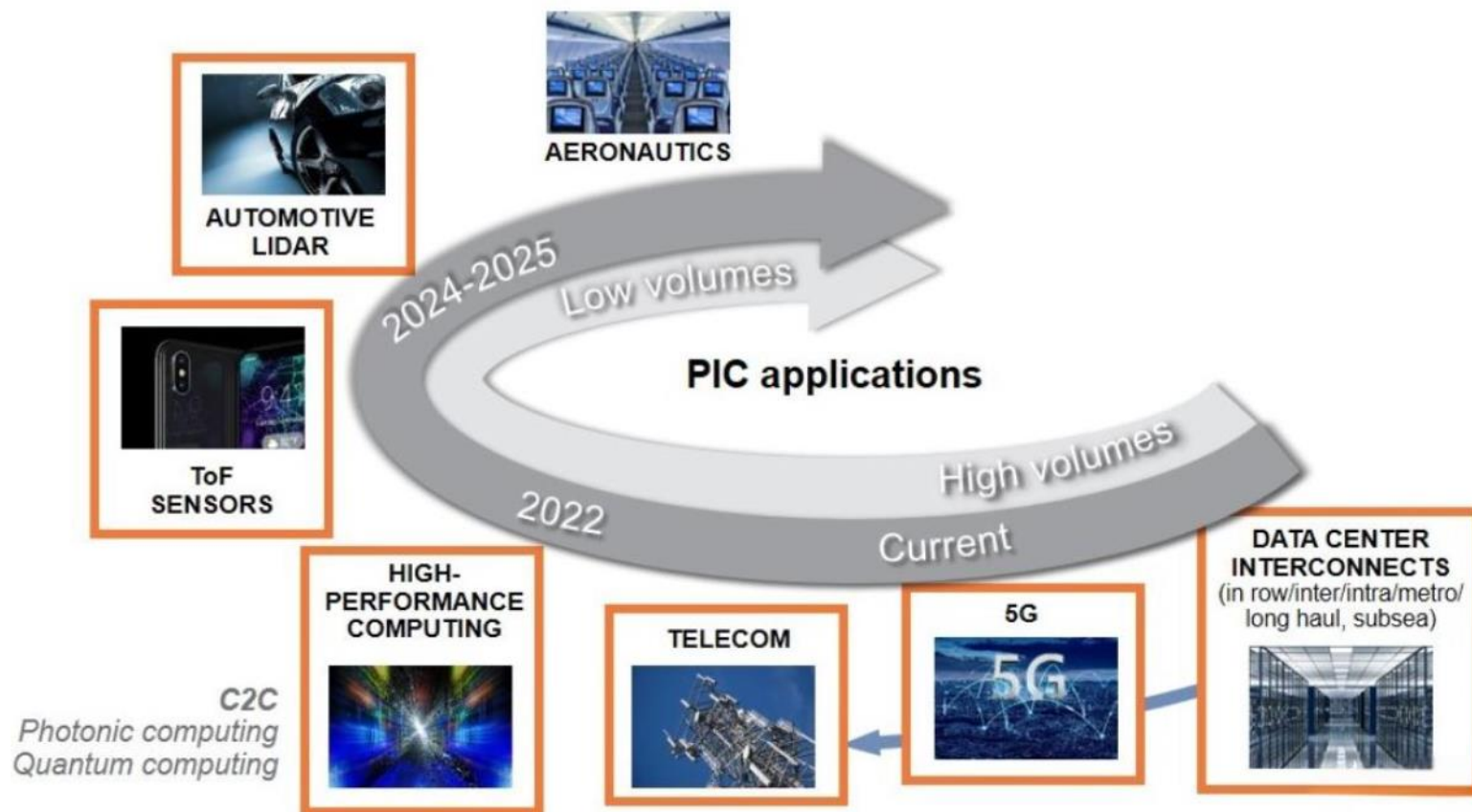
1

硅光技术及应用领域

1.1. 硅光技术是什么

- ◆ 硅光技术是以硅和硅基衬底材料（如SiGe/Si、SOI等）作为光学介质，通过互补金属氧化物半导体（CMOS）兼容的集成电路工艺制造相应的光子器件和光电器件（包括硅基发光器件、调制器、探测器、光波导器件等），并利用这些器件对光子进行发射、传输、检测和处理，以实现其在光通信、光传感、光计算等领域中的实际应用。

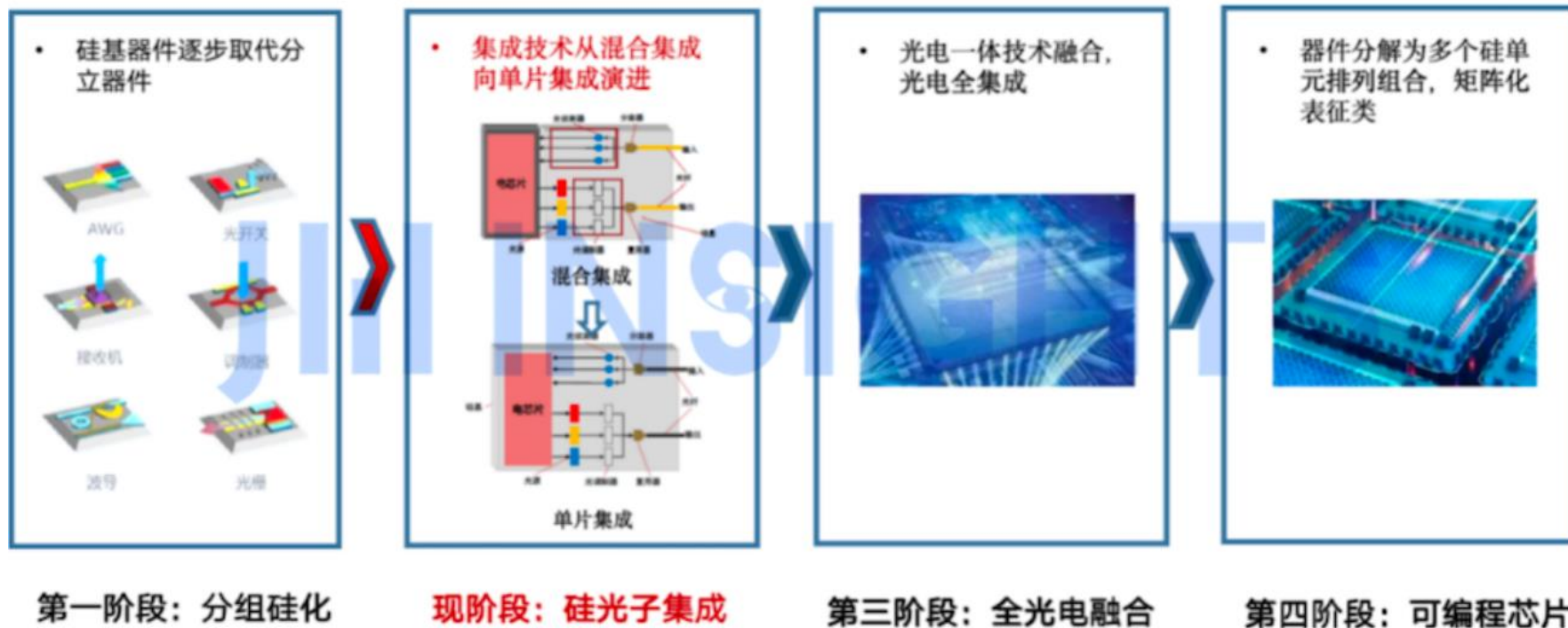
图：硅光子技术演进阶段



1.2. 硅光子技术发展历程

- ◆ 从1969年美国贝尔实验室提出集成光学开始，到21世纪，Intel等企业开始进入硅光领域协助突破发展，硅光子技术开始进入产业化技术突破阶段。2008年后，Luxtera、Intel等公司开始推出商用硅光集成产品，硅光芯片开始正式进入市场化阶段。
- ◆ 硅光技术的发展整体可分为四个阶段：第一阶段，通过硅基材料制造光通信的底层器件，逐步取代分立器件；第二阶段，集成技术从混合集成逐渐向单片集成发展，将各类器件通过不同组合实现不同功能的单片集成，这也是目前硅光子技术的发展现状；未来第三阶段，预计将通过光电一体技术融合，实现光电全集成融合；第四阶段，器件分解为多个硅单元排列组合，矩阵化表征类，通过编程自定义全功能，实现可编程芯片。

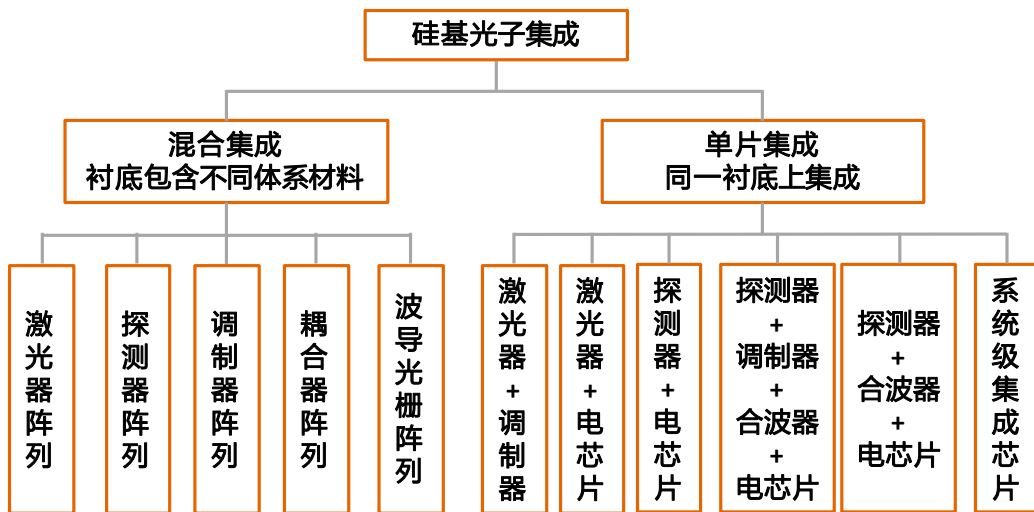
图：硅光子技术演进阶段



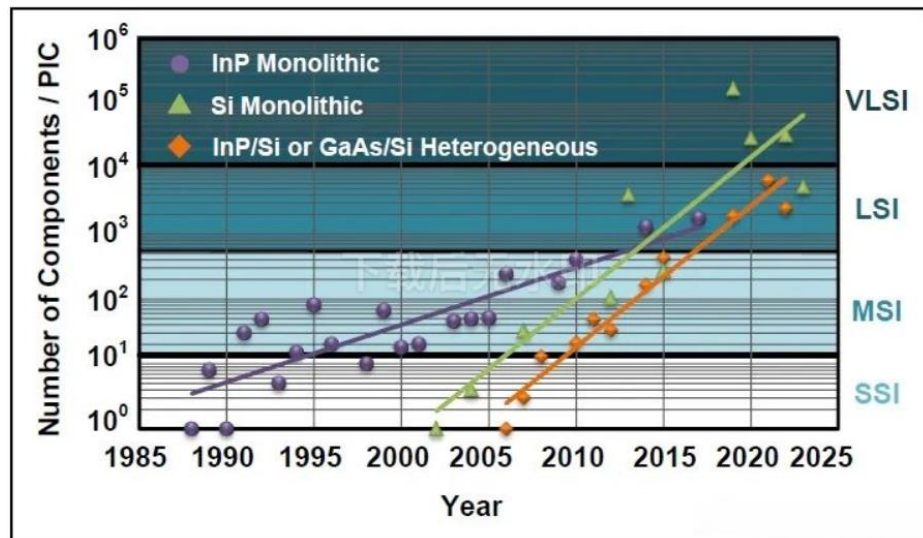
1.3. 硅光子集成度提升，应用领域也不断拓展

- ◆ 小规模硅光子集成时代，PIC上有1到10个组件，其中包括高速pn结调制器和光电探测器（PD），以及III-V激光器与硅PIC的异质集成；
- ◆ 中等规模集成时代，Mach-Zehnder调制器（MZM）成功用在数据中心内的收发器中——PIC上有10到500个组件，包括单波长和多波长，基于微环调制器的收发器也体现了PIC技术的多路复用和能效优势。硅光子/电子平台中的相干收发器证明，该技术可以在性能上与LiNbO3光子和III-V族电子媲美。除了通信，硅光子还有更多新的应用，如生物传感器。
- ◆ 大规模集成时代，在同一芯片上实现500到10000个组件，应用包括激光雷达、图像投影、光子开关、光子计算、可编程电路和多路复用生物传感器；甚至超大规模集成电路（>10000个元件）的原型现在也已出现。

图：硅光集成主流方案



图：硅光子集成电路（PIC）上组件数量的时间线

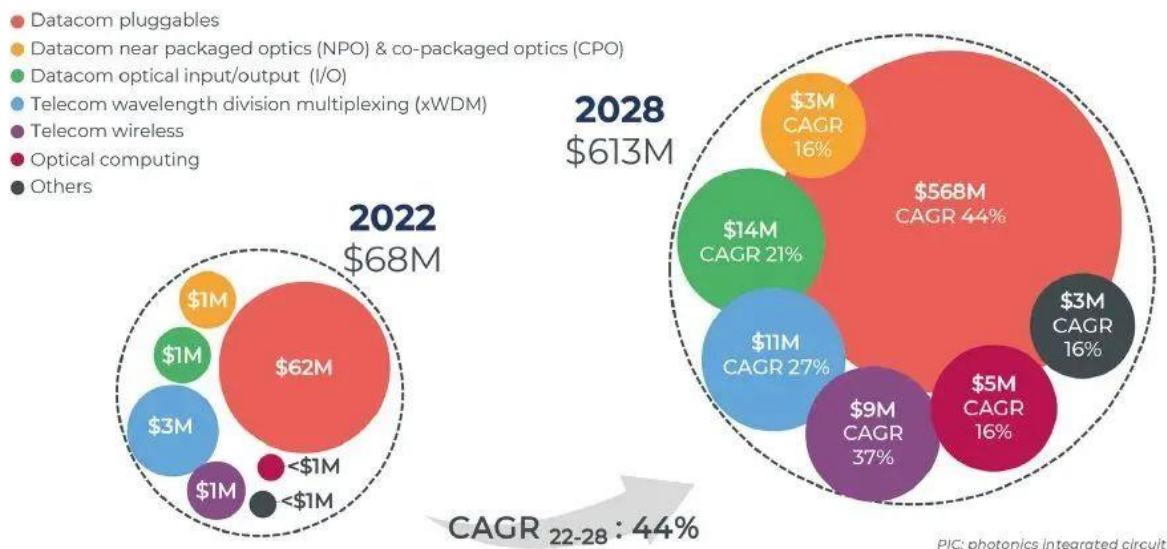


1.4. 硅光应用市场不断扩大

- ◆ **数通应用占硅光应用90%以上**：市场研究机构Yole数据显示，2022年硅光芯片市场价值为6800万美元，预计到2028年将超过6亿美元，2022年-2028年的复合年均增长率为44%。推动这一增长的主要因素是用于高速数据中心互联和对更高吞吐量及更低延迟需求的机器学习的800G可插拔光模块，数通光模块的应用占硅光芯片市场的93%，复合增长44%。此外在电信领域、光学激光雷达、量子计算、光计算以及在医疗保健领域都有广阔的发展前景。

图：2022-2028年硅光芯片按不同应用的销售额

2022-2028 silicon PIC dies revenue growth forecast by application
(Source: Silicon Photonics 2023, Yole Intelligence, November 2023)



1.5. 光模块中硅光及薄膜铌酸锂的份额将呈上升趋势

- ◆ LightCounting预计，基于GaAs和InP的光模块的市场份额将逐步下降，而硅光子（SiP）和铌酸锂薄膜（TFLN）PIC的份额将有所上升。LPO和CPO的采用也将促进SiP甚至TFLN器件的市场份额增长。
- ◆ LightCounting预计硅光芯片的销售额将从2023年的8亿美元增至2029年的略高于30亿美元。采用TFLN调制器的PIC销售额将从现在的几乎为零增长到2029年的7.5亿美元。传统DWDM光模块中使用的块状LiNbO3调制器的销售额将继续下降，到2029年将变得微不足道。

图：光模块中激光器及光子集成电路PIC的销售收入情况

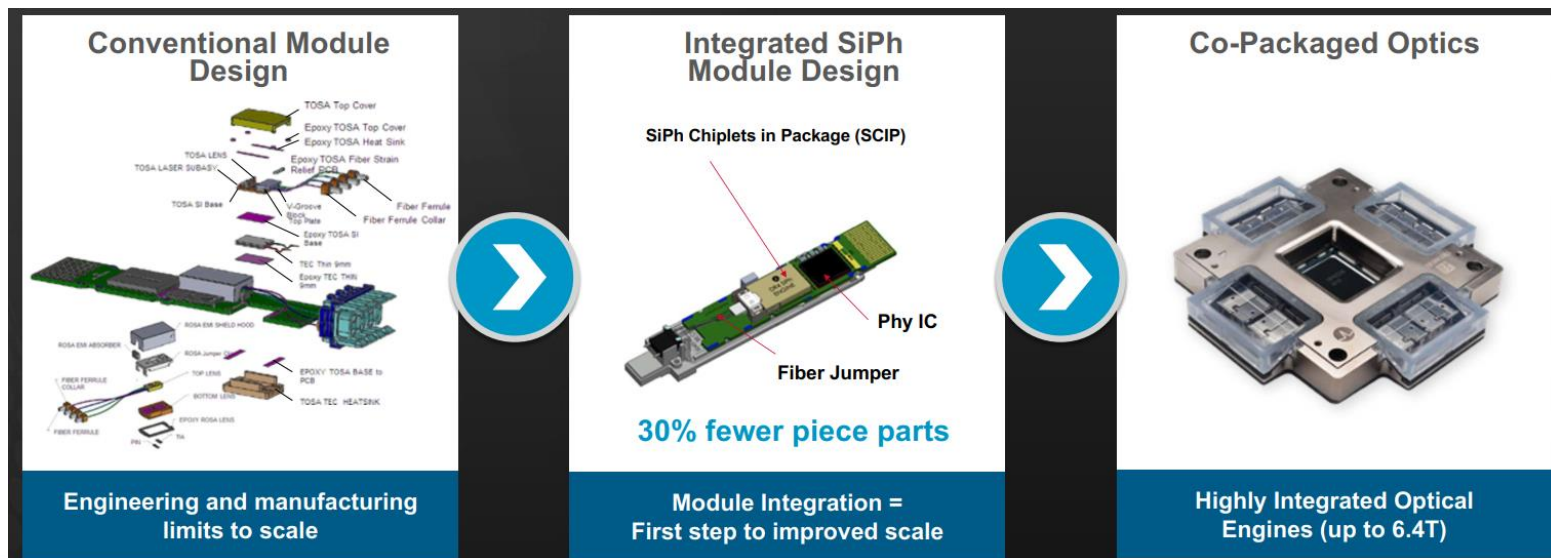


注：Silicon Photonics为硅光；InP为磷化铟；GaAs为砷化镓；TFLN为薄膜铌酸锂；LiNbO3 bulk为体材料铌酸锂。

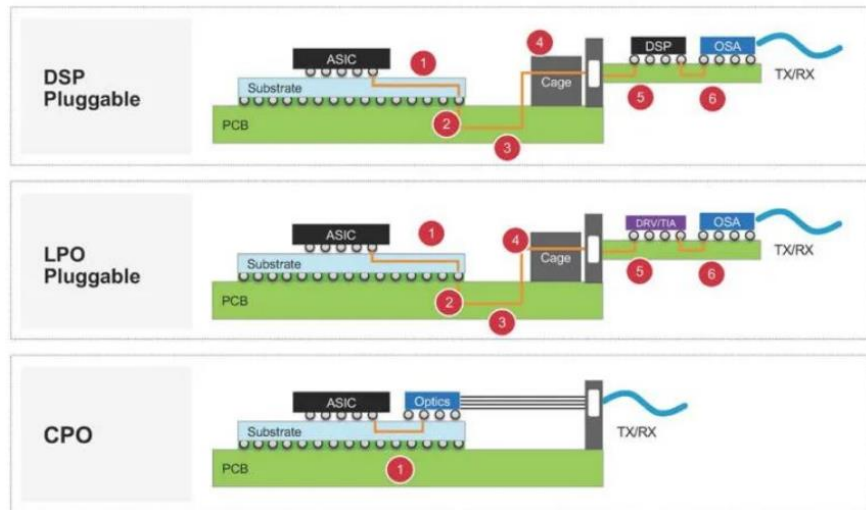
1.6. CPO光电共封装

- ◆ 光电共封装（CPO）指的是交换 ASIC 芯片和硅光引擎（光学器件）在同一高速主板上协同封装，从而降低信号衰减、降低系统功耗、降低成本和实现高度集成。
- ◆ CPO的发展才刚起步，并且其行业标准形成预计还要一定时间，但CPO的成熟应用或许会带来光模块产业链生态的重大变化。
- ◆ 硅光技术既可以用在传统可插拔光模块中，也可以用在CPO方案中。800G传输速率下硅光封装渗透率会有提升，而CPO方案则更多的是技术探索。但是从1.6T开始，传统可插拔速率升级或达到极限，后续光互联升级可能转向CPO和相干方案。

图：光模块尺寸进化图



图：CPOvs可插拔光模块



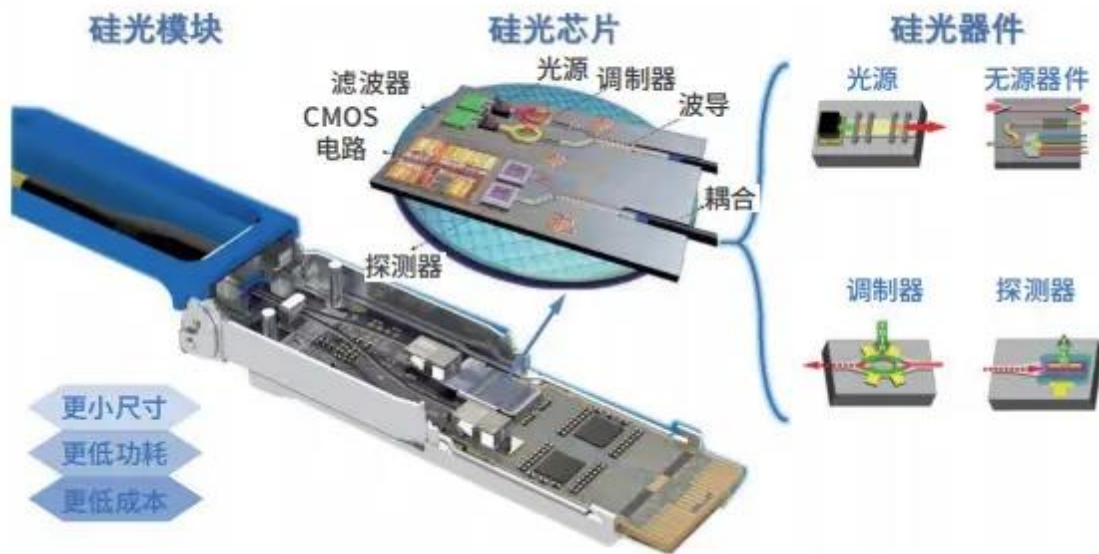
2

硅光份额市场不断扩大，国内厂商积极布局

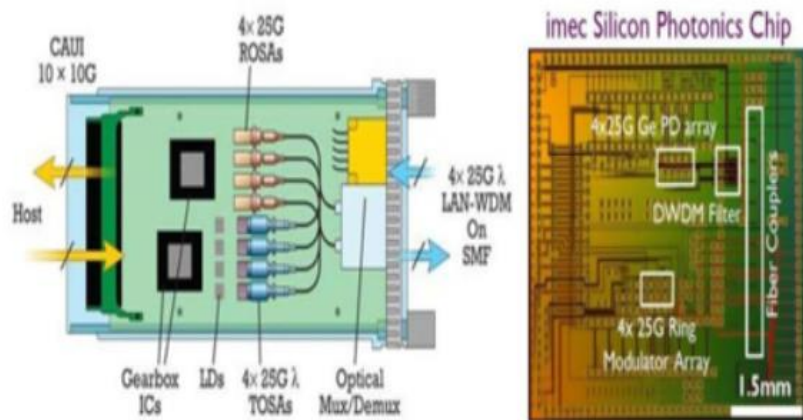
2.1.硅光模块与传统光模块区别

- ◆ 硅光即硅基光电子，是以硅和硅基为衬底材料（如SiGe/Si、SOI等），并利用CMOS工艺对光电子器件进行开发和集成的新技术。
- ◆ 普通光模块是实现光电转换的装置，其在功能上需对光信号进行调制和接收。普通光模块在制造上需要经过封装电芯片、光芯片、透镜、对准组件、光纤端面等器件，最终实现调制器、接收器以及无源光学器件等的高度集成。各器件主要通过封装技术进行集成。
- ◆ 硅光模块所使用的硅光子技术是利用CMOS工艺进行光器件的开发和集成，基于CMOS制造工艺进行硅光模块芯片集成便是其最大的特点，亦是它与普通光模块最大的区别。硅光模块芯片通过硅晶圆技术，在硅基底上利用蚀刻工艺加上外延生长等加工工艺制备调制器、接收器等关键器件，以实现调制器、接收器以及无源光学器件的高度集成。

图：硅光芯片的内部结构



图：100G传统光模块及硅光模块的结构



2.2.硅光模块的优势

- ◆ 硅光模块可突破传统单通道光芯片的传输瓶颈，在未来高速传输时代具有较大优势。相较传统分立光模块，硅光模块还拥有成本低、功耗低、兼容CMOS工艺、集成度高的优势。
- ◆ 目前光集成商业产品技术路线主要分为III-V族和Si两大阵营，其中DFB、DML、EML等激光器是InP阵营，虽然技术相对成熟，但是成本高，与CMOS工艺(集成电路工艺)不兼容，其衬底材料每2.6年才翻一倍。而Si硅光器件，采用COMs工艺实现无源光电子器件和集成电路单片集成，可大规模集成，具有高密度的优势，其衬底材料每1年可翻一倍。

图：传统光模块与硅光模块的优缺点

	传统光模块	硅光模块
优点	1、耦合效率高； 2、低速传输有成本优势； 3、易于和其他光传输系统集成。	1、高集成度：基于CMOS工艺，调制器和无源光路高度集成； 2、突破单通道光芯片速率瓶颈，高速传输有性能优势； 3、硅基衬底成本下降空间大。
缺点	1、III-V族光芯片成本高； 2、分立式结构，封装成本高 分立式集成度低。	1、硅波导和光纤耦合效率低，损耗较大，适合中短距离传输场景； 2、硅基上集成III-V族化合物材料，两种材料兼容性较差，硅光芯片晶圆良率较低； 3、400G前无成本优势。

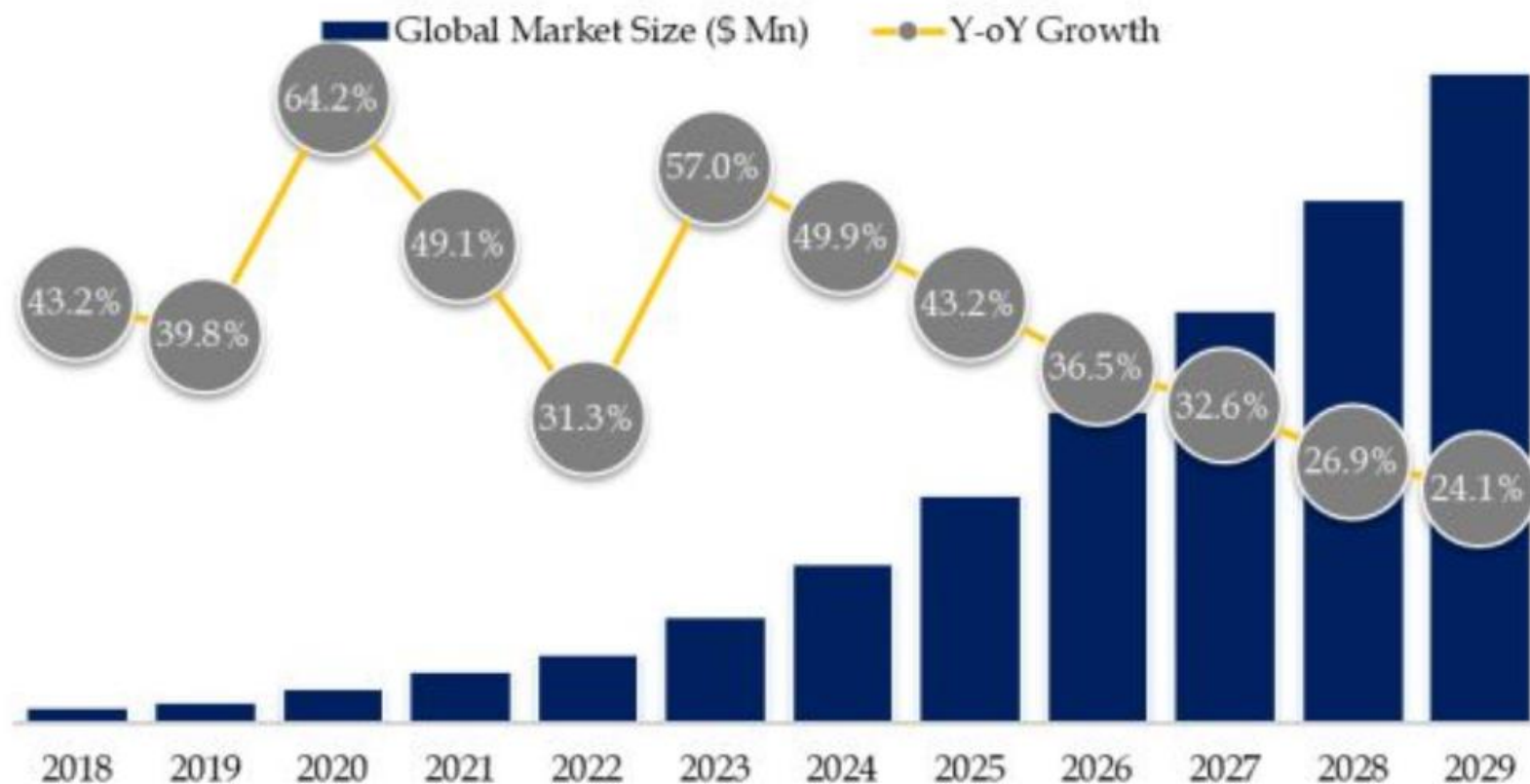
图：400G普通光模块与硅光模块指标

参数	400G普通光模块	400G硅光模块
型号名	QSFPDD-DR4-400G	QDD-DR4-400G-Si
传输速率	400Gbps	425Gbps (4x106.25Gb/s)
发射器类型	1310nm EML	DFB
接收器类型	PIN	PIN
发射光功率	-2.9~4.0dBm	-2.9~4.0dBm
接受灵敏度	<-5.9dBm	-5.9~4dBm
功率预算	3dB	6.5dB
功耗	<12W	<10W
消光比	3.5dB	3.5dB
调制技术	PAM4	PAM4

2.3. 硅光模块的市场规模

- ◆ QYResearch调研团队最新报告《硅光子学光学模块 - 全球市场洞察和销售趋势（2024年）》显示，预计2029年全球硅光模块市场规模将达到57.1亿美元，未来几年年复合增长率CAGR为35.2%。

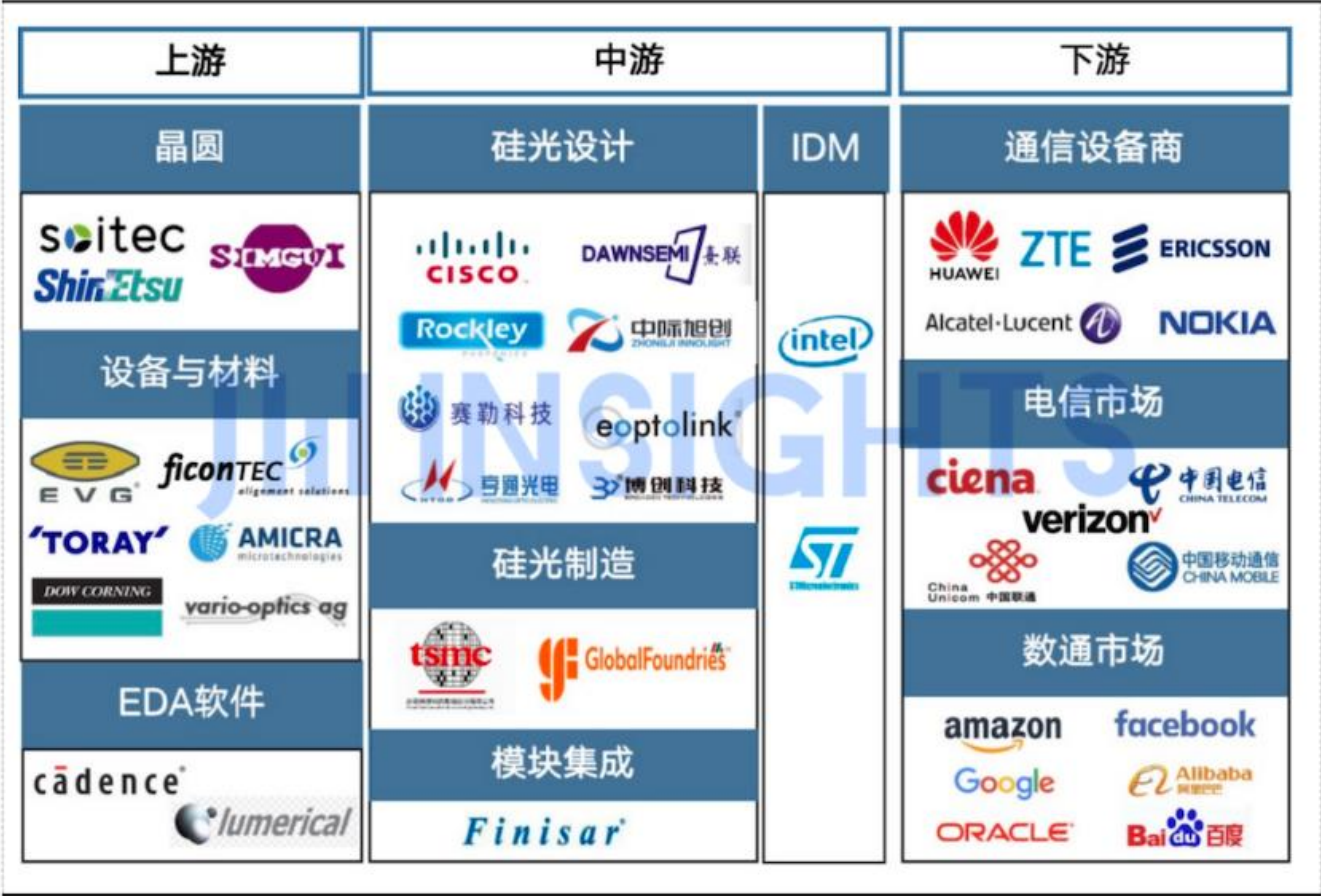
图：2018-2029年全球硅光模块市场规模（百万美元）



2.4. 硅光全球产业链布局

- ◆ 与电芯片相似，硅光芯片的产业链上游为晶圆、设备材料、EDA软件等企业；中游可分为硅光设计、制造、模块集成三个环节，其中部分公司如Intel、ST等为IDM企业，可实现从硅光芯片设计、制造到模块集成的全流程；下游则主要包括通信设备市场、电信市场和数通市场（数据中心通信市场）。随着硅光市场规模逐渐扩大，传统光模块厂商也在通过自研/并购切入硅光设计领域。

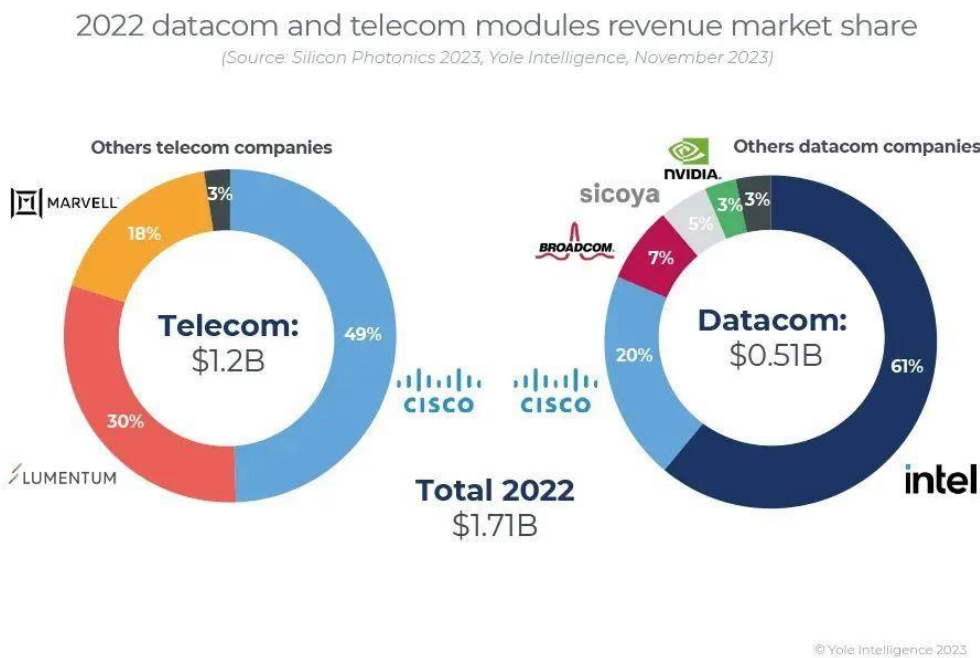
图：硅光产业链图谱



2.5. 硅光模块的市场份额及中国厂商积极布局

- ◆ 在数据通信市场，英特尔以61%的市场份额领跑，思科、博通和其他小公司紧随其后。
- ◆ 在电信领域，思科（Acacia）占据了近50%的市场份额，Lumentum（Neophotonics）和Marvel（Inphi）紧随其后，相干可插拔ZR/ZR+模块推动了电信硅光市场的发展。
- ◆ 在目前市场竞争中，中国厂商份额较少，但国内的中际旭创、新易盛、光迅科技、博创科技、铭普光磁、亨通光电等开始参与竞争，推出了400G、800G甚至1.6T的硅光模块，旭创1.6T硅光模块更是采用自研硅光芯片并已处于市场导入期。

图：2022年全球硅光的电信模块及数通模块市场份额



国内公司	硅光模块进展
中际旭创	公司已有1.6T的硅光解决方案和自研硅光芯片，正处于市场导入阶段。公司目前确有400G和800G的硅光产品出货并预计会持续上量。
新易盛	境外子公司Alpine为公司在硅光模块、相干光模块以及硅光子芯片技术方向提供技术支持和供应链保证。 公司已在硅光产品方向做了充分的布局，在400G相关产品端已实现量产。
光迅科技	公司联合思科推出的1.6T OSFP-XD硅光模块，是日常所说的800G/1.6T光模块的解决方案之一，此方案采用每通道200Gb/s配置。公司200G\400G\800G硅光芯片已具备批量能力，正逐步应用于公司的产品中。
博创科技	公司基于硅光子技术的400G-DR4硅光模块已实现量产出货。公司正在研发800G硅光模块。
铭普光磁	公司硅光800G DR8光模块已通过行业检测标准，目前在PVT阶段。公司目前1.6T的研究开发尚属于早期阶段。
亨通光电	公司推出了量产版的400G硅光模块，客户端的测试认证正在进行。公司曾在2021年成功推出3.2T CPO工作样机，由于技术迭代，目前尚在进一步研发过程中。

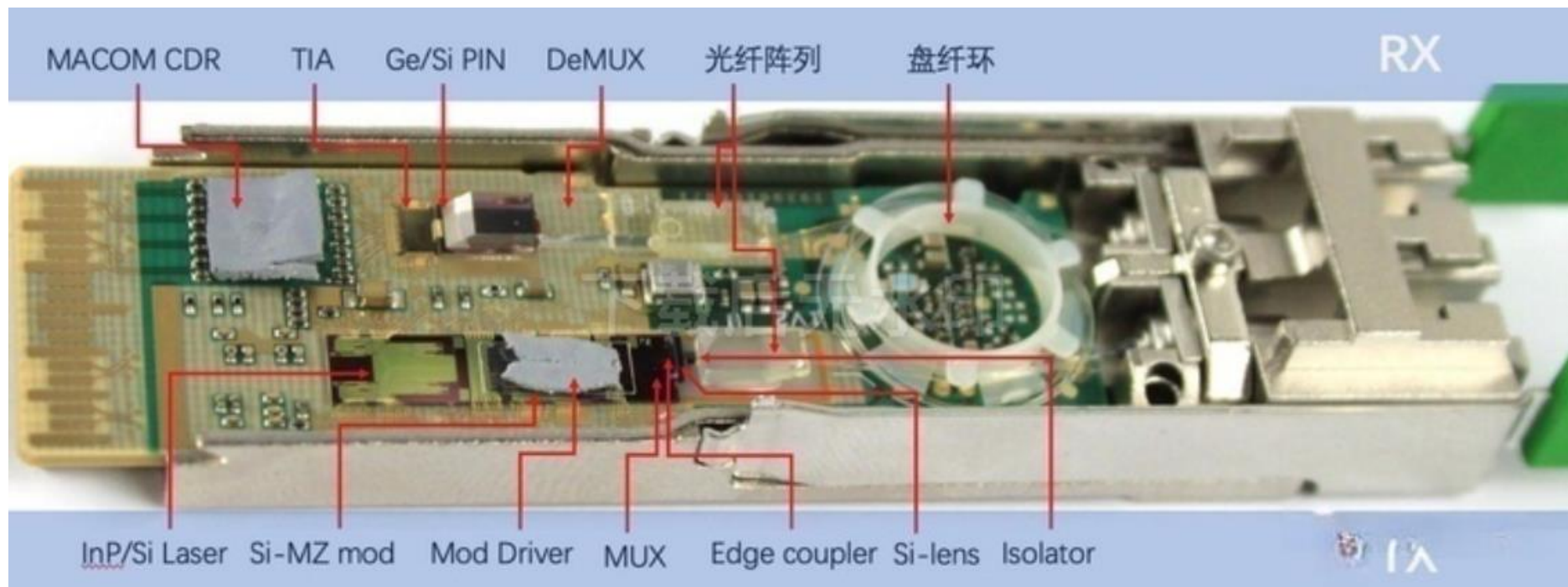
3

硅光模块产业链分析

3.1. 硅光模块内部结构（以Intel 100G产品为例）

- ◆ Intel的100G CWDM4模块采用1271, 1291, 1311, 1331nm波长，最长传输距离可达10km，采用QSFP28封装，有0-70°C和15-55°C两种温度规格。
- ◆ Intel的CWDM4的TX和RX芯片是分开的，TX是由4个III-V/Si混合集成激光器、4个MZ光调制器及调制器驱动芯片、基于EDG技术的MUX、光纤耦合部分组成，RX由4个Ge/Si探测器、TIA、PLC基DeMUX、光纤耦合部分组成。
- ◆ TX和RX的时钟和数据恢复采用MACOM的4通道25G CDR芯片。TX和RX光纤阵列多余的尾纤，通过盘纤进行整理固定。

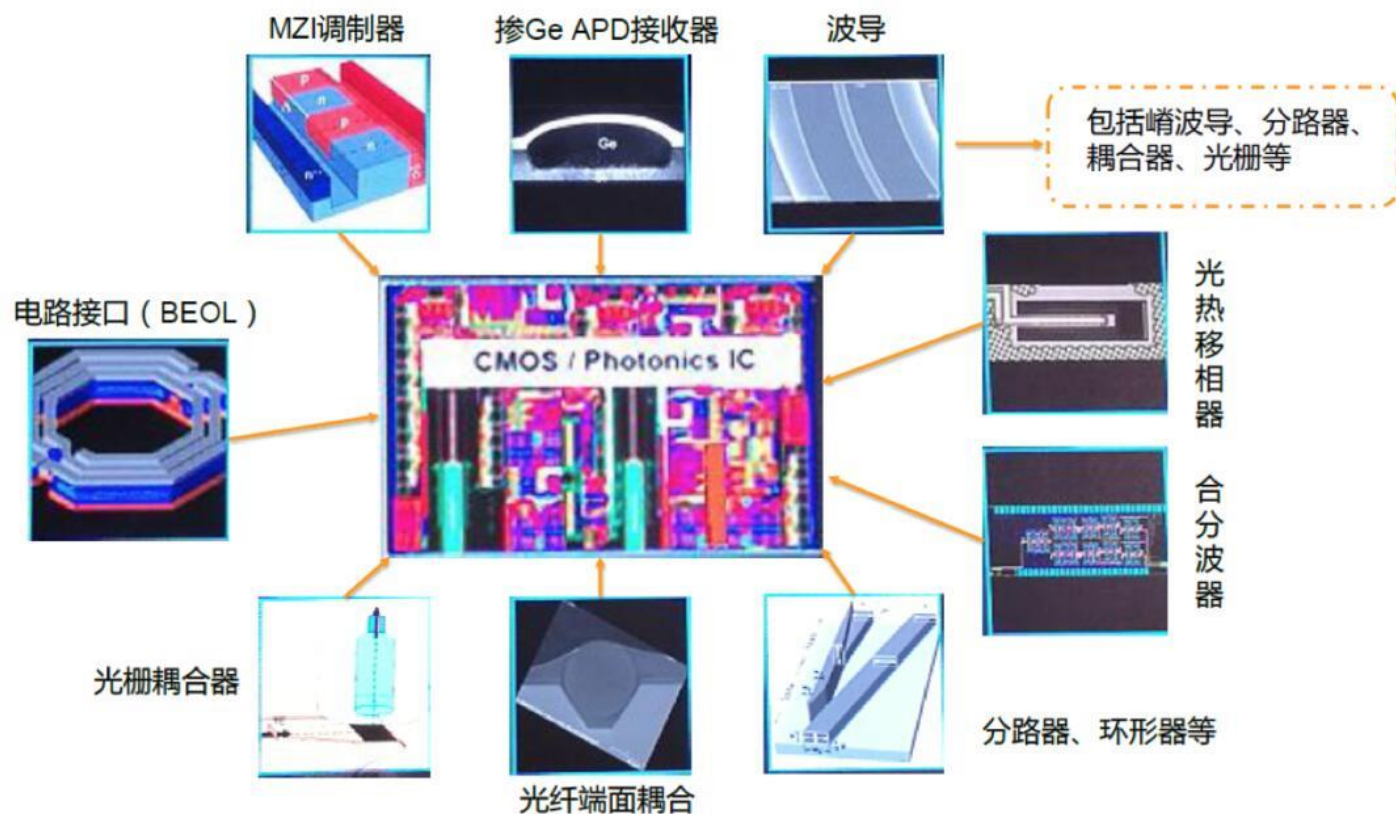
图：Intel 100G CWDM4硅光模块的内部细节



3.2. 硅光模块-硅光芯片

- ◆ 硅光技术在光开关、光波导、硅基探测器（Ge探测器）及光调制器（SiGe调制器）等已实现了突破。
- ◆ 目前的硅光技术仍主要体现成两种基本形态，除采用大规模集成电路技术（CMOS）工艺集成单片硅光引擎方案外，市面上更常见的方案为混合集成方案，主要是光芯片仍使用传统的三五族材料，采用分立贴装或晶圆键合等不同方式将三五族的激光器与硅上集成的调制器、耦合光路等加工在一起。

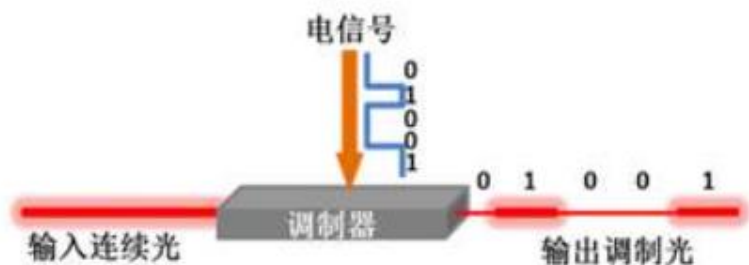
图：硅光技术工艺可加工的结构



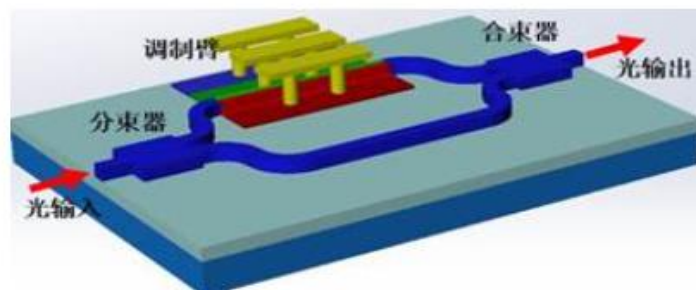
3.2. 硅光模块-硅光芯片中两种常见的调制方式

- ◆ 电光调制器完成从电信号到光信号的转换功能，是光互连、光计算和光通讯系统的关键器件之一。在硅基电光调制器中，应用最广的调制机制是等离子色散效应：外加电场作用改变硅波导中的载流子浓度，从而改变波导折射率和吸收系数。
- ◆ 调制器常用光学结构有马赫-增德尔干涉仪（MZI）型和微环谐振腔（MRR）型。

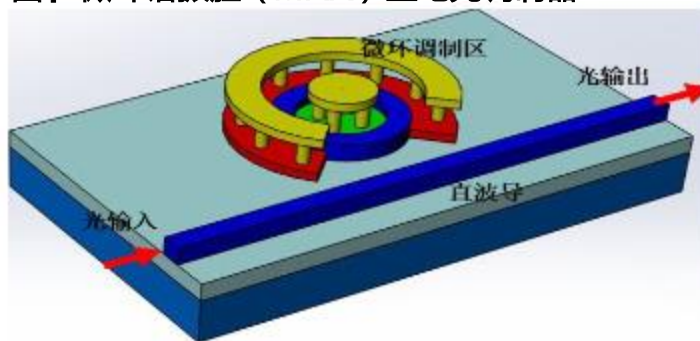
图：电光调制器的示意图



图：马赫-增德尔干涉仪（MZI）型调制器



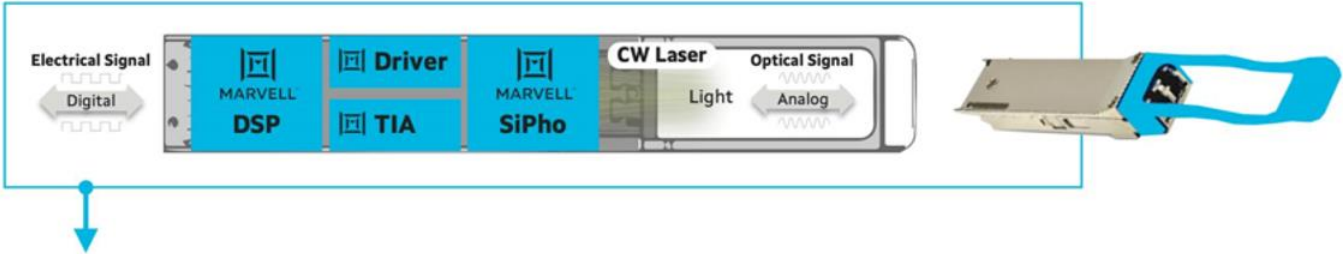
图：微环谐振腔（MRR）型电光调制器



3.3. 硅光模块-CW光源

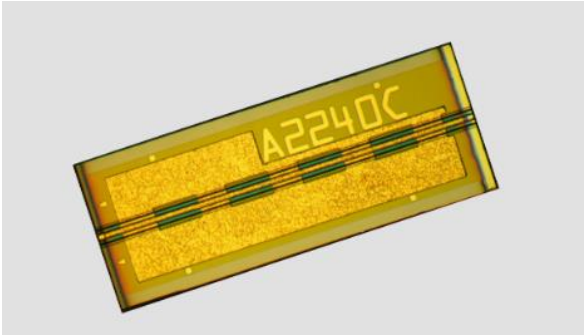
- ◆ 连续波激光器又称CW激光器，指拥有稳定工作状态，可发出连续激光的激光器。CW激光器具有相干性好、可靠性高、波长可调谐、使用寿命长等优势，在航空航天、医疗卫生、汽车制造、机械加工、电子产品等领域应用较多。
- ◆ 硅光方案中，CW激光器芯片作为外置光源，硅基芯片承担速率调制功能。CW大功率激光器芯片，要求同时具备大功率、高耦合效率、宽工作温度的性能指标，对激光器芯片要求更高。目前绝大多数硅光模块的应用场景用外置光源封装的方法已经能够满足要求。
- ◆ 目前大部分主流客户需要的是70mw的产品，对于大部分400G与800G硅光模块已经足够，100mW的CW光源产品除了可用于400G硅光模块外，也可用于800G及1.6T的硅光模块，400G DR4硅光模块仅需1颗100mW光源就能实现，简化光模块设计，显著降低光模块成本。

图：Marvell硅光模块内部结构



- DSP** SerDes, error correction, telemetry, gearbox, interoperability
- Driver** Amplifies electrical signal from DSP to drive laser
- TIA** (Transimpedance amplifier) Amplifies electrical signal from detector
- SiPho** (Silicon Photonics) converts electrical signal to light and vice versa
- CW Laser** Continuous wave (CW) laser source

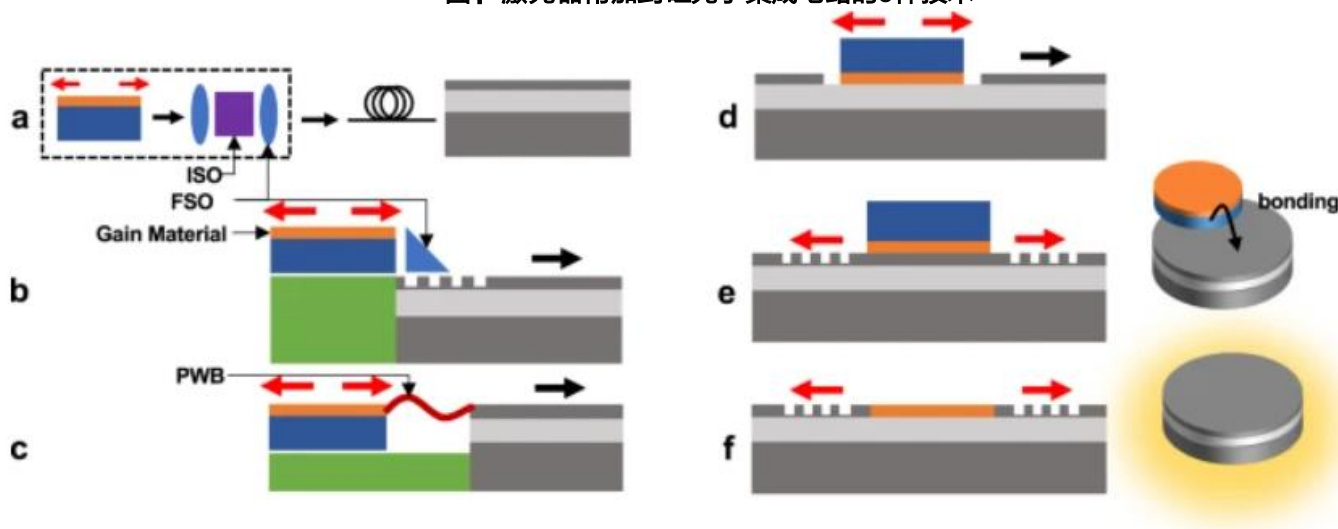
图：Lumentum的CW光源产品



3.4. 硅光模块-CW光源的几种耦合方案

- ◆ 由于硅材料自身无法发光，光源是硅光技术需要解决的首要问题，目前行业主要采用传统的FSO方案、基于FSO的2.5D混合集成和3D异质集成这三种方案：对应图a、图b、图e
- ✓ 图a：片外的激光源通过空间光学(free space optics, 简称FSO)和光纤耦合的办法，FSO中包含透镜、隔离器等空间光学元件。
- ✓ 图b：通过设计优化光芯片中的器件，减少其反射，使得光路中不再需要隔离器，激光器发出的光，通过棱镜入射到光栅耦合器处，Luxtera正是采用的该方案。
- ✓ 图c：采用光子引线技术(photonic wire bonding)，在激光器芯片和硅光芯片间加工出一个三维聚合物波导，用于传输光信号。
- ✓ 图d：将激光器芯片flip chip或者transfer print到硅光芯片的上，然后采用边缘耦合的方式将光信号耦入到硅光芯片中。
- ✓ 图e：将III-V材料通过异质集成的方式加工到硅光芯片上，接着再对III-V材料进行刻蚀，形成激光器，Intel采用的是该方案。
- ✓ 图f：一个比较长远的方案是，直接在硅基上外延生长III-V材料，形成量子点激光器。

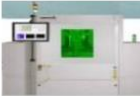
图：激光器附加到硅光子集成电路的6种技术



3.5. 硅光模块-耦合及封装设备

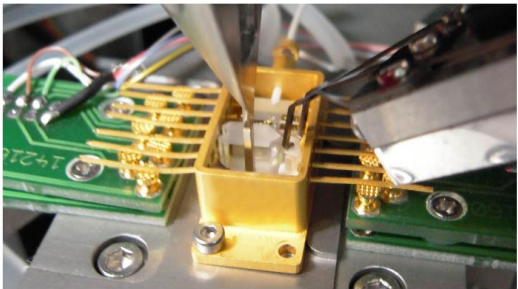
- ◆ 硅光模块必须采用高精度的自动耦合封装设备保障封装精度、良率和效率：
- ✓ 传统的光模块采用自由空间的设计方式，对于封装耦合的精度要求较低，通常采用人工或半自动耦合的方式，封装的成本较低。
- ✓ 硅基光电子技术面临不少难点，其中包括光纤和波导的高效耦合、封装。硅光模块集成度高，封装难度大，其耦合对准与封装的精度要求高，较难实现高质量、低成本的封装。
- ✓ 根据 Yole数据，目前阶段在硅光模块成本中，硅光芯片仅占约 10%，封装成本占比约为 80%。

图：ficonTEC部分的主要产品

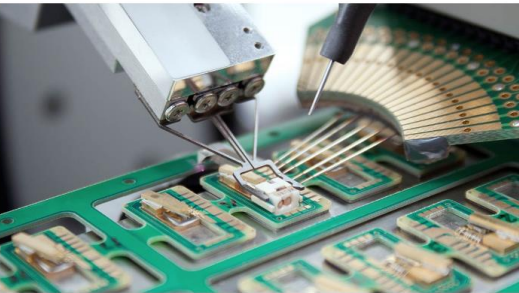
产品线	产品类型	产品型号	图例	应用描述
微组装设备	Assembly 自动化光电器件组装设备	AL 系列		全自动设备，能够实现各类光电子器件的高精度微组装
	Bond 自动化精密贴片设备	BL 系列		能够实现集成光芯片纳米和亚微米级别的高精度贴装
	Fiber 高精度光纤耦合设备	FL 系列		能够为光芯片和硅光芯片提供纳米和亚微米级光纤耦合和组装
	Weld 自动激光焊接设备	LW 系列		具有自动耦合，激光焊接，器件表征和测试功能



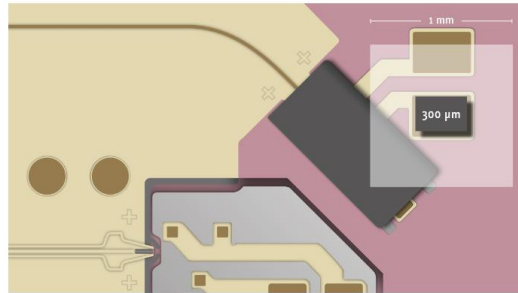
精确定位



快速6轴对齐及连接



两个光学元件的同时校准 光线阵列连接



使用倒装(flip-chip)技术的激光至波导组装 光纤耦合

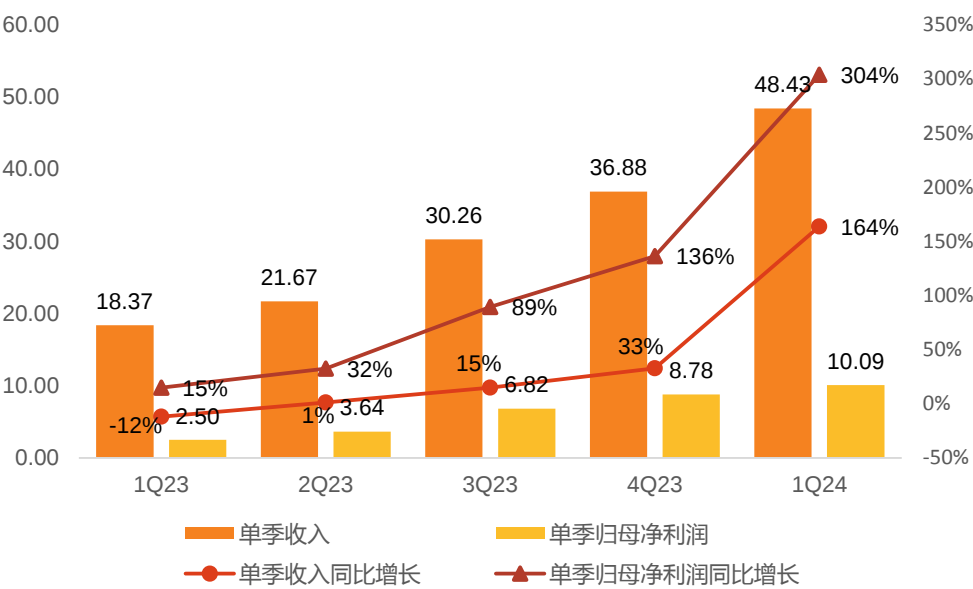
4

建议关注的上市公司

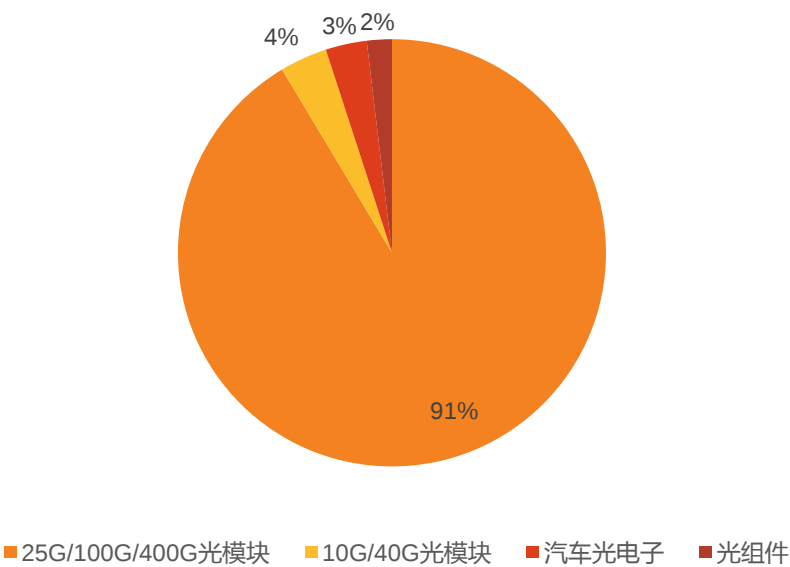
4.1.硅光模块-中际旭创

- ◆ 硅光模块从BOM 成本来看：1) CW 光源价格要比EML有一些优势，其次是 CW 光源可以一拖二或者一拖四光路，数量会比EML颗数节省。
- 2) 硅光芯片的集成度会比原先分离式的光器件在成本上面也会有些优势。
- ◆ 公司已有400G和800G部分型号的硅光模块开始给客户批量出货，同时还给更多的客户送测了800G和1.6T硅光模块，预计25年硅光800G和400G上量的比例还会进一步的提升。
- ◆ 目前硅光出货结构里占比还不高，仍以传统方案为主，若未来硅光模块的出货占比提升，预计对公司毛利的提升会有帮助。

图：公司季度收入、净利润及增速（亿元）



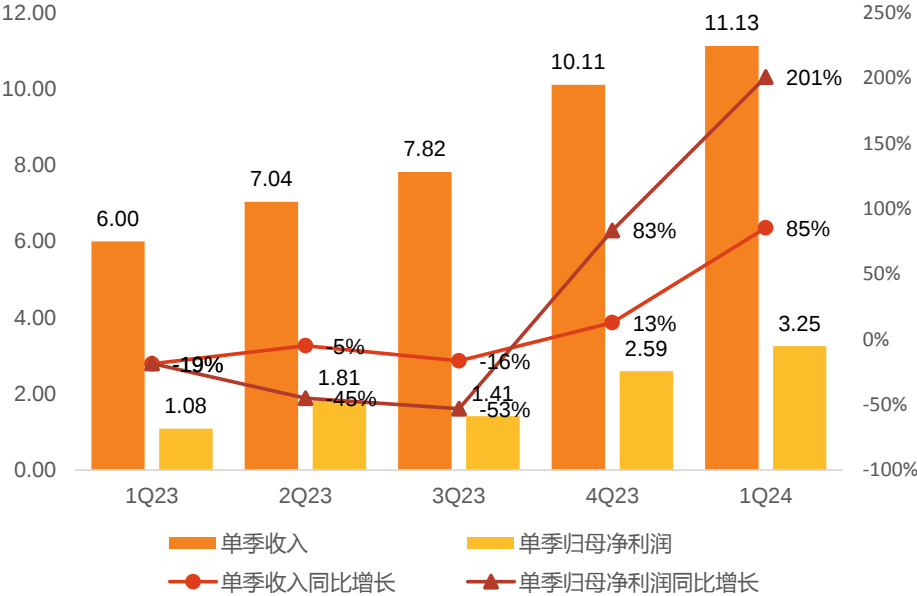
图：2023年公司收入结构



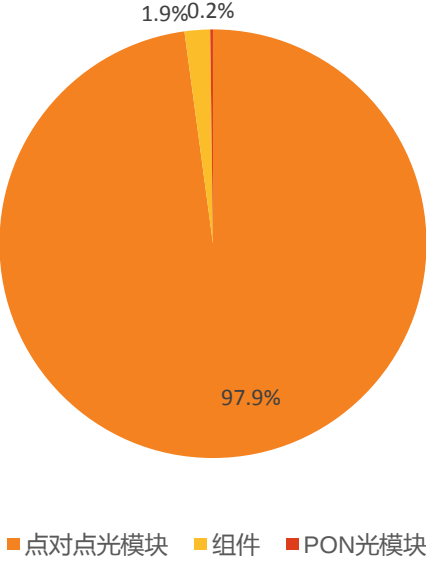
4.2.硅光模块-新易盛

- ◆ 公司境外子公司Alpine为公司在硅光模块、相干光模块以及硅光子芯片技术方向提供技术支持和供应链的可靠保证，目前硅光芯片的研发和生产各项工作均在顺利推进中。
- ◆ 目前已成功推出基于VCSEL/EML、硅光及薄膜铌酸锂方案的400G、800G、1.6T系列高速光模块产品，和400G和800G ZR/ZR+相干光模块产品、以及基于LPO方案的400G/800G光模块产品。

图：公司季度收入、净利润及增速（亿元）



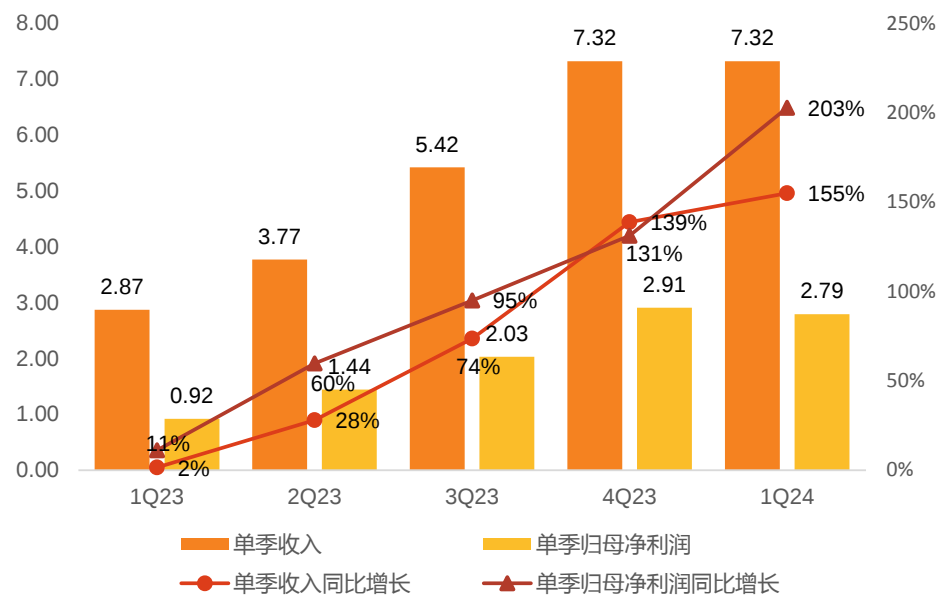
图：2023年公司收入结构



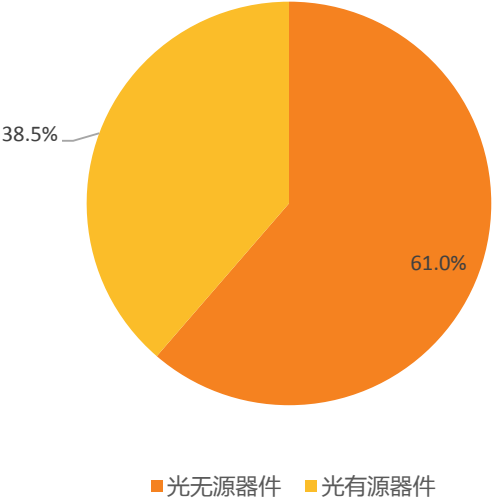
4.3.硅光引擎及器件-天孚通信

- ◆ 天孚通信在2005年成立，是业界领先的光器件整体解决方案提供商和先进光学封装制造服务商，产品广泛应用于光纤通信、光学传感、激光雷达、生物光子学等领域。
- ◆ 公司通过自主研发和产业并购，在精密陶瓷、工程塑料、复合金属、光学玻璃等基础材料领域积累沉淀了多项业界领先的工艺技术，如日本Tsuois mold的超精密光学模具和透镜设计技术（ Lens ）、北极光电高精度镀膜（ Thin Film Coating ）技术和微光学元件（ Filter Block ）技术、AIDI的平面阵列波导（ AWG ）技术等，为客户提供多种垂直整合一站式产品解决方案，天孚已从精密元器件供应商发展成为拥有多种封装技术和垂直整合能力的平台型公司。
- ◆ 公司目前具备的技术平台包括传统分立式器件技术平台和硅光技术平台，以配合下游不同技术方向客户的需求。

图：公司季度收入、净利润及增速（亿元）



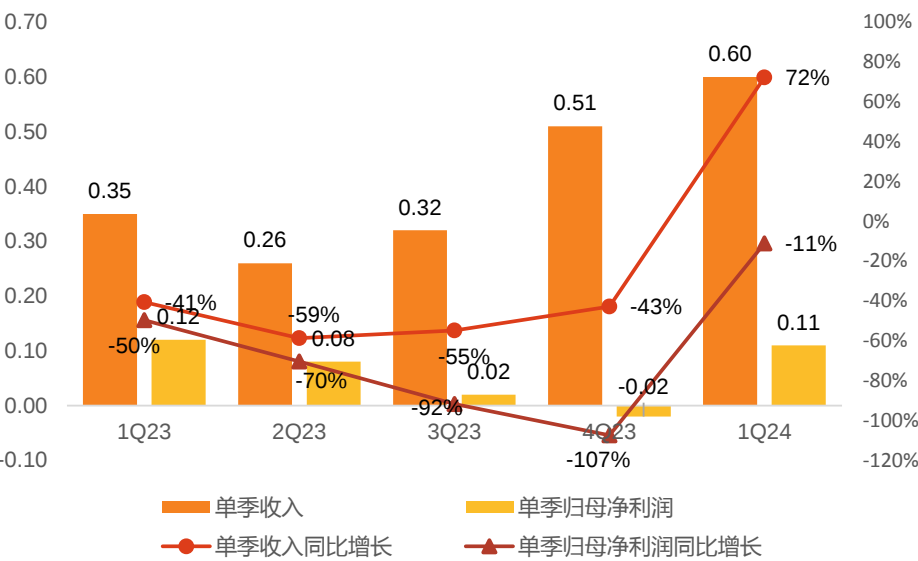
图：2023年公司收入结构



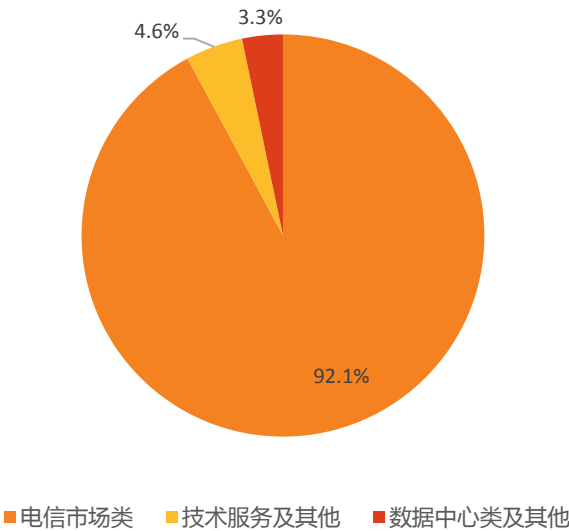
4.4.硅光CW光源—源杰科技

- ◆ 目前大部分主流客户需要70mw的CW光源产品，对于大部分400G与800G光模块已经足够，同时也有部分客户采用100mw的产品，公司会持续提升产品性能和开发更高规格产品。
- ◆ 公司CW大功率激光器芯片在客户端测试顺利，第二季度已经进入了小批量生产出货阶段，预计今年下半年会对公司的业绩带来实质性的成长。
- ◆ 硅光光源的毛利率会高于常规产品，并且随着良率的提升，毛利率还会持续提升。

图：公司季度收入、净利润及增速（亿元）



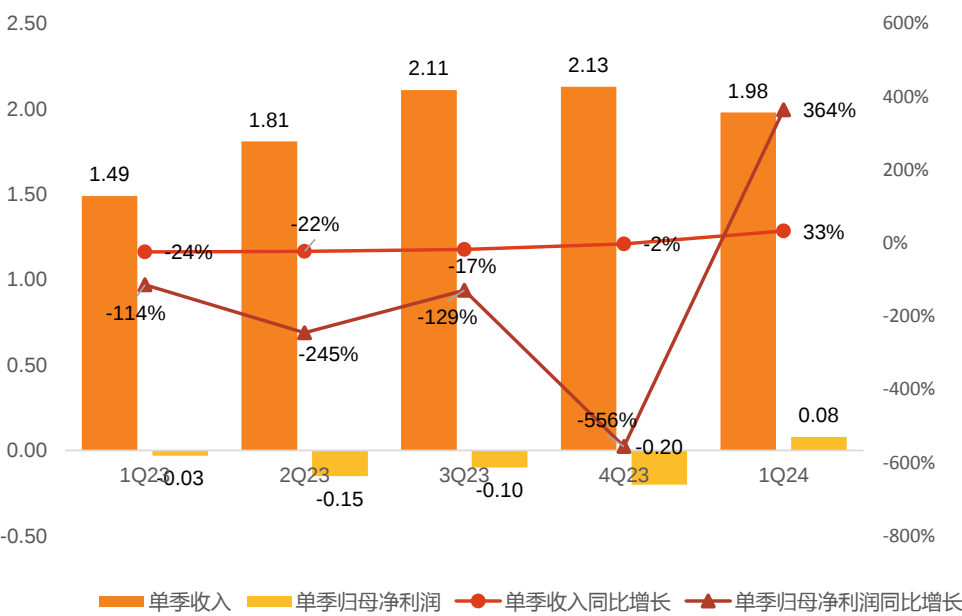
图：2023年公司收入结构



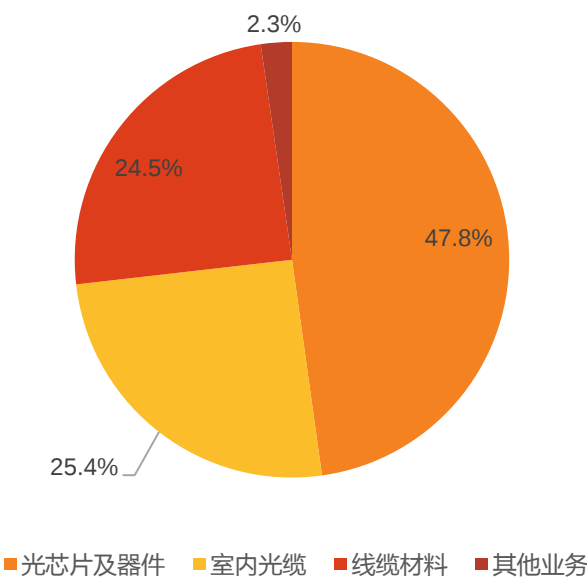
4.5.硅光CW光源及组件-仕佳光子

- ◆ 公司AWG芯片、平行光组件、硅光用大功率激光器芯片等无源、有源产品可应用于400G/800G/1.6T光模块中。
- ◆ 不同型号的CW光源进展顺利，在多家大厂验证导入中，已在部分硅光高速光模块中得到小批量应用。
- ◆ 从2024年1季度看平行光组件、AWG产品都呈现增长态势，平行光组件占比在增加，但AWG组件仍然是主流。不同客户的方案有所差别，但两种产品的总需求都在增加。

图：公司季度收入、净利润及增速（亿元）



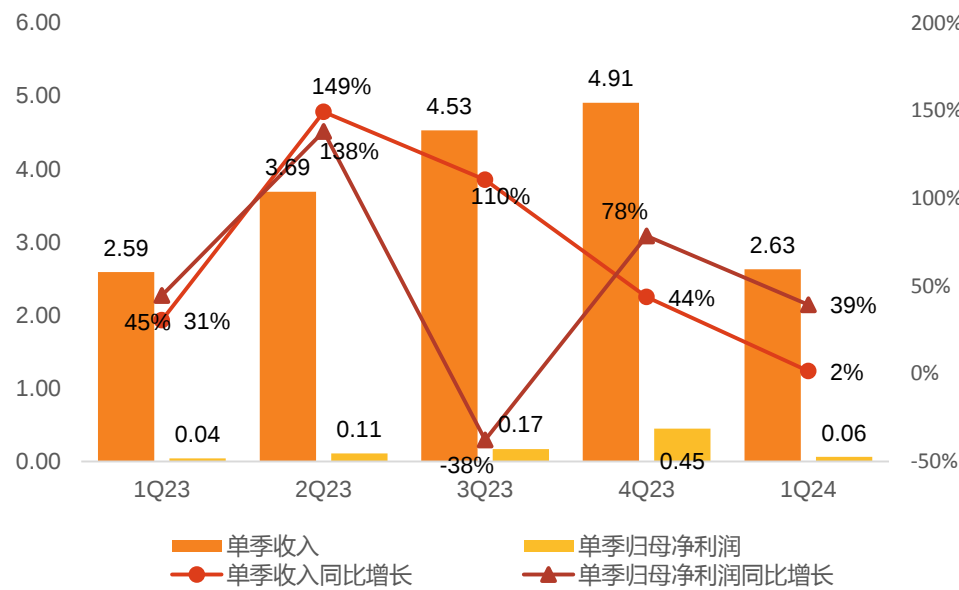
图：2023年公司收入结构



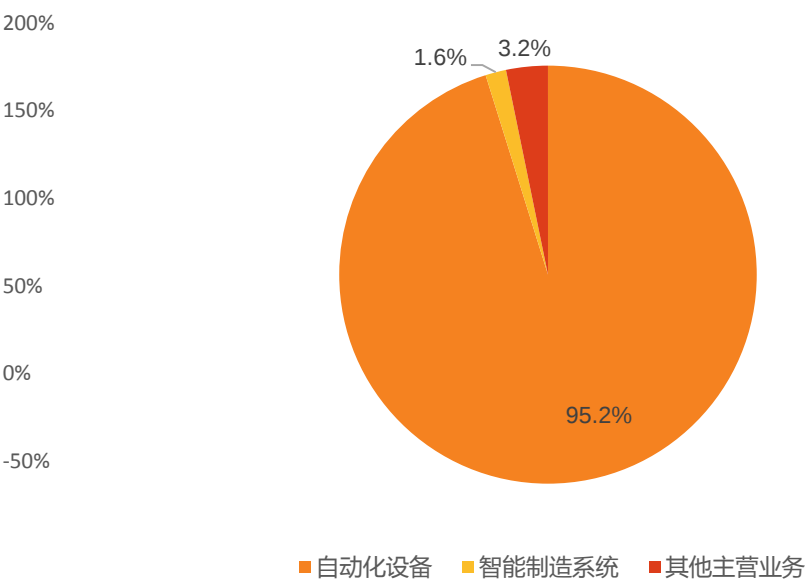
4.6.硅光耦合及封装设备-罗博特科

- ◆ 子公司ficonTEC是全球光电子及半导体自动化封装和测试领域领先的设备制造商之一，其生产的设备主要用于硅光芯片、高速光模块、激光雷达、大功率激光器、光学传感器、生物传感器的晶圆测试、超高精度晶圆贴装、耦合封装等领域。尤其是，在硅光、CPO及LPO耦合、封装测试方面，ficonTEC作为全球领先的技术提供商。
- ◆ ficonTEC主要客户包括Intel、Cisco、Broadcom、Nvidia、Ciena、Finisar、nLight、Lumentum、Velodyne、Infineon、Huawei等世界知名企业。

图：公司季度收入、净利润及增速（亿元）



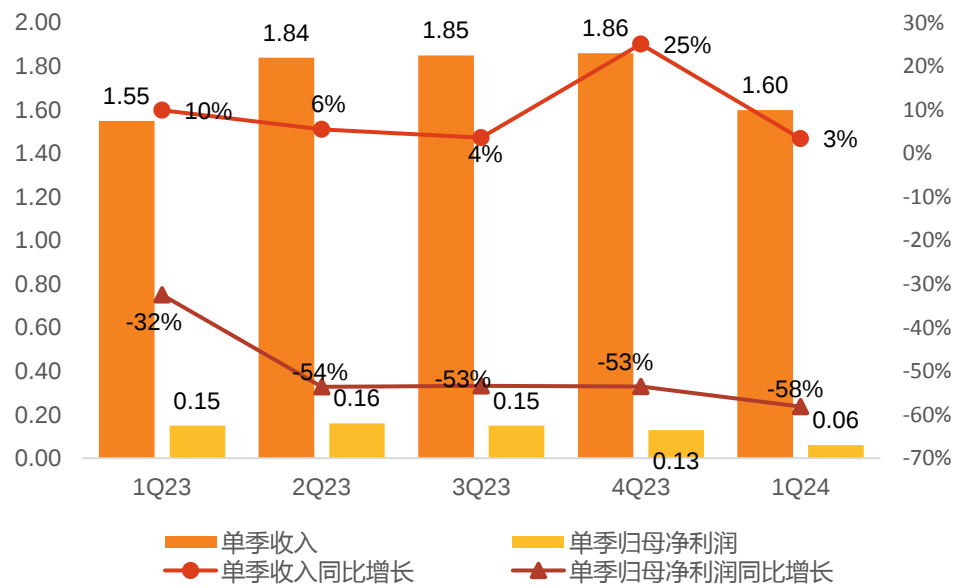
图：2023年公司收入结构



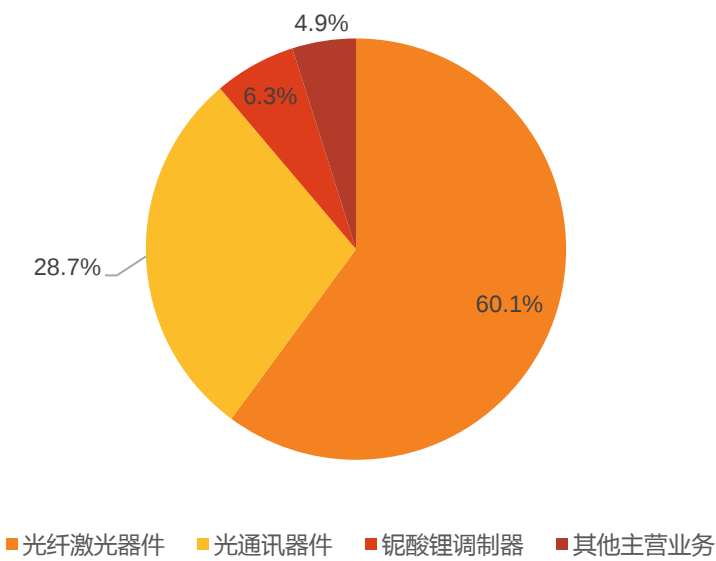
4.7.下一代调制器芯片-光库科技

- ◆ 24年OFC上，公司展出了多款薄膜铌酸锂产品，其中130 GBaud相干调制器、集成射频驱动器专为800Gb/s或1.2Tb/s相干光传输系统设计；800 GbpsDR8调制器芯片可满足当前数据中心和AI集群对高带宽、低延迟的需求。
- ◆ 公司铌酸锂高速调制器芯片研发及产业化募投项目已经基本完成芯片生产中心设备安装调试、人员招聘和工艺平台搭建，核心研发和生产人员已到岗。

图：公司季度收入、净利润及增速（亿元）



图：2023年公司收入结构



风险提示

- ◆ 人才及技术更新风险：硅光行业具备高壁垒、高投入特点，若相关企业不能保持人才及技术优势，产品迭代、性能突破可能受阻。
- ◆ 下游需求不达预期风险：互联网、云计算厂商、电信运营商的相关投入可能不及预期。
- ◆ 竞争导致毛利率下降风险：国内外参与硅光模块竞争的厂商，参与厂商若加大市场开拓或参与厂商增加，可能导致产品价格下滑过快，影响厂商的利润水平。
- ◆ 技术迭代的风险：硅光模块与传统模块并存，未来新技术路线可能导致硅光发展受阻。
- ◆ 硅光模块良率不高的风险：集成度高，封装难度大，其耦合对准与封装的精度要求高，若良率无法提升，可能导致利润率偏低。

THANKS