

2020年 光模块在中国5G承载网的应用概览

2020 Application of Optical Modules
in Chinese 5G Network Study

2020年中国5G積載網での光モジュールの応用概要

概览标签：5G，光模块、光器件

报告作者：张顺
2020/06

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。

概览摘要

光模块用于实现光电信号的转换，广泛用于5G承载网与数据中心，由光发射组件（含激光器）、光接收组件（含光探测器）、驱动芯片与放大器等组成。在发送端，一定速率的电信号经驱动芯片处理后驱动激光器发射出相应速率的调制光信号。在接收端，一定速率的光信号输入模块后由光探测器（PD）转换为电信号，经前置放大器后输出相应速率的电信号。**按传输速率分类**，光模块可分为10Gb/s、25Gb/s、50Gb/s、100Gb/s、200Gb/s与400Gb/s等。**当前，中国头部光模块企业已实现400Gb/s光模块的量产。**

◆ 光模块在5G承载网中的应用

5G承载网络通过城域网与骨干网、实现5G业务前传、中传与回传功能，其中各层设备之间主要依赖光纤与光模块实现互连。5G前传主要有4种解决方案，不同的解决方案需采用不同类型的光模块。5G基站采用的三级架构相比4G基站的二级架构增加一层光传输环节，光端口数量增加，光模块的需求也因此增加。此外，为满足5G网更高的速率和低时延指标，各级光传输节点之间光端口速率提升明显，需采用光模块的传输速率亦随之提升。

◆ 光芯片与电芯片国产化加速，光模块行业核心制约因素减弱

芯片为光模块器件中成本占比与技术壁垒最高的器件。中国芯片技术落后是制约光模块行业的发展核心因素。在中国政策大力的支持下以及光通信产业化的背景下，芯片国产化加速，光模块行业核心制约因素减弱。芯片国产化提升将减少中国光模块厂商对芯片的进口依赖，并降低光模块厂商的采购成本。同类型光芯片，进口光芯片的售价至少高于国产芯片的**20%**。**光、电芯片是光模块器件中成本占比最高的器件，降低光芯片的成本将大幅提升光模块产品的利润空间。**

◆ 光模块产业链加速整合

国际光模块龙头企业通过收并购的方式不断进行产业链拓展，成功完成技术与业务转型，使产品覆盖光芯片、光器件与光模块领域的多数环节。国际光模块龙头企业通过把握产业链各个环节，将上下游的协同作用最大化。中国光模块企业效仿国际龙头企业，加速整合产业链，通过收并购等方式获取产业链各环节先进技术。

企业推荐：

易飞扬、极致兴通，储翰科技

目录

◆ 名词解释	-----	05
◆ 中国光模块行业综述	-----	08
• 光模块定义	-----	08
• 光模块分类	-----	09
• 光模块在5G承载网的应用	-----	10
• 光模块发展现状	-----	12
• 光模块产业链分析	-----	13
◆ 中国光模块行业驱动力分析	-----	18
• 5G建设加速推动光模块需求增长	-----	18
• 核心芯片国产化加速	-----	19
◆ 中国光模块在5G承载网领域市场规模分析	-----	20
◆ 中国光模块行业政策分析	-----	21
◆ 中国光模块行业发展趋势分析	-----	22
• 产业链加速整合	-----	22
• PAM4成为光模块主流信号调制技术	-----	23
◆ 中国光模块行业竞争格局分析	-----	24
◆ 中国光模块行业投资风险分析	-----	26
◆ 中国光模块行业企业推荐	-----	27
◆ 方法论	-----	33
◆ 法律声明	-----	34

目录

◆ Terms	-----	05
◆ China Optical Modules Industry Overview	-----	08
• Definition of Optical Modules	-----	08
• Classification of Optical Modules	-----	09
• Application of Optical Modules in 5G Network	-----	10
• Development status of Optical Modules	-----	12
• China Optical Modules Industry Chain Analysis	-----	13
◆ China Social Optical Modules Industry Driver	-----	18
• 5G Network Construction Accelerates the Growth of Optical Module Demand	-----	18
• Accelerating the Localization of Core Chips	-----	19
◆ China Optical Modules Industry Market Size	-----	20
◆ China Optical Modules Industry Related Policy	-----	21
◆ China Optical Modules Industry Trend	-----	22
• Accelerate the Integration of Optical Modules Industry chain	-----	22
• PAM4 Becomes the Mainstream Signal Modulation Technology for Optical Modules	-----	23
◆ China Optical Modules Industry Competitive Landscape	-----	24
◆ China Optical Modules Industry Investment Risk	-----	26
◆ China Optical Modules Industry Valuable Enterprise Recommendation	-----	27
◆ Methodology	-----	33
◆ Legal Statement	-----	34

名词解释 (1/3)

- ◆ **FP激光器** : Fabry-Perot Laser, 即法布里-珀罗激光器, 一种边发射激光器, 适用于中短距场景。
- ◆ **DPB激光器** : Distribute Feedback Laser, 即分布反馈式激光器, 一种边发射激光器, 在FP激光器的基础上采用光栅滤光器件使器件, 只有一个纵模输出, 适用于中长距场景。
- ◆ **EML** : Electroabsorption Modulated Distributed Feedback Laser Chip, 即电吸收调制激光器, 一种边发射激光器, 在DFB激光器的基础上增加吸收调制器 (EAM) 以提升激光器的输出功率、传输速率及温度稳定性, 适用于中长距场景。
- ◆ **VCSEL** : Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser, 即垂直腔面发射激光器, 一种面发射激光芯片, 适用于中短距场景。
- ◆ **二级管探测器** : 光信号接收器, 适用于中短距场景。
- ◆ **雪崩二极管探测器** : Avalanche Photodiodes (APD) 探测器, 光信号接收器, 适用于中长距场景, 灵敏度高。
- ◆ **光发收组件** : 激光器和探测器分别与尾纤、结构件以及滤光片封装为光发射组件、光接收组件 (光发收组件)。
- ◆ **LR** : Long Reach, 表示光模块的传输距离。LR指10km以上的传输距离。LR后面的数字表示光模块信号通道数量, 例如LR4表示有4个信号通道, 传输距离超过10km的光模块。
- ◆ **ER** : Extended Reach, 表示光模块的传输距离。ER指40km以上的传输距离。ER后面的数字表示光模块信号通道数量。
- ◆ **FR** : 表示光模块的传输距离。FR指2km以上的传输距离。FR后面的数字表示光模块信号通道数量。
- ◆ **NRZ信号** : 采用高、低两种信号电平来表示要传输的数字逻辑信号的1、0信息, 每个信号符号周期可以传输1bit的逻辑信息。
- ◆ **PAM4信号** : 采用4个不同的信号电平来进行信号传输, 每个符号周期可以表示2个bit的逻辑信息 (0、1、2、3)。在相同通道物理带宽情况下, PAM4传输相当于NRZ信号2倍的信息量, 从而实现速率的倍增。
- ◆ **RUU** : Remote Radio Unit (RRU), 基站设备之一, 将接收自基带处理单元的数字或发送往基带处理单元的模拟信号进行D/A、A/D、数字上/下变频、射频信号调制解调, 并将这些发送/接收到的射频模拟信号进行功率放大, 噪声减小, 最终经由滤波器元件传送至天馈系统进行发射。
- ◆ **BBU** : Base Band Unit (BBU), 即基带处理单元, 基站设备之一, 主要完成信道编解码、基带信号的调制解调、协议处理等功能, 同时需要提供与上层网元的接口功能以及完成重要物理层核心技术的处理。

名词解释 (2/3)

- ◆ **AUU** : Active Antenna Unit (AAU) , 即有源天线单元, 为天线与射频处理单元 (RUU) 的集成。
- ◆ **CU** : Centralized Unit, 将原BBU的非实时部分将分割出来, 重新定义为CU, 负责处理非实时协议和服务。
- ◆ **DU** : Distribute Unit, BBU的剩余功能重新定义为DU, 负责处理物理层协议和实时服务。CU与DU集合为4G时代的BBU。
- ◆ **磊晶生长** : 一种用于半导体器件制造过程中, 在原有晶片上长出新结晶, 以制成新半导体层的技术。
- ◆ **PCB** : Printed Circuit Board, 即印制电路板, 是在电子通用基材上形成点间连接及印制元件的印刷电路板。
- ◆ **WDM** : Wavelength Division Multiplexing, 波分复用技术, 是将两种或多种不同波长的光载波信号 (携带各种信息) 在发送端经复用器(亦称合波器, Multiplexer)汇合在一起, 并耦合到光线路的同一根光纤中进行传输的技术。
- ◆ **DWDM** : Dense Wavelength Division Multiplexing, 密集波分复用, 是WDM技术的一种。DWDM的信道间隔从0.2nm到1.2nm。
- ◆ **Fabless** : 企业只负责芯片的设计与销售, 将磊晶生长以及晶粒制造环节外包。
- ◆ **IDM** : 企业业务覆盖光通信芯片整个生产流程包括芯片设计、磊晶生长以及晶粒制造环节。
- ◆ **消光比** : 指激光器在发射全“1”码时的光功率P1与全“0”码时发射的光功率P0之比。
- ◆ **Gbaud** : 调制速率, 指有效数据讯号调制载波的速率, 即单位时间内载波调制状态变化的次数。它是对符号传输速率的一种度量, 1波特即指每秒传输1个符号, 而透过不同的调制方式, 可以在一个码元符号上负载多个bit位讯号。
- ◆ **Gb/s** : 比特率的单位, 可简写为“G”。比特率越高, 单位时间传送的数据量 (位数) 越大。
- ◆ **Post-FEC** : 纠错后误码率。FEC纠错算法根据自身的纠错能力, 对接收到的部分错误码进行纠正后, 无法被纠正的错误比特数与总传送比特数的比率。
- ◆ **PMA** : Physical Medium Attachment Sub-layer, 用于适配PMD层, 提供映射、复用解复用、时钟恢复等功能, 可选提供环回、测试等辅助诊断功能。
- ◆ **PMD** : Physical Medium Dependent Sub-layer, 提供物理传输媒介接口。一个以太网速率, 存在多个不同的PMD子层, 分别适配不同的物理接口。PMD子层同时负责对数据通道信号检测功能。
- ◆ **GPON** : 最新一代宽带无源光综合接入标准, 具有高带宽, 高效率, 大覆盖范围, 用户接口丰富等众多优点, 被大多数运营商视为实现接入网业务宽带化, 综合化改造的理想技术。

名词解释 (3/3)

- ◆ **EPON**：是基于以太网的PON技术。它采用点到多点结构、无源光纤传输，在以太网之上提供多种业务。
- ◆ **硅光子集成技术**：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、光互连、光计算等领域中的实际应用的技术。



FROST & SULLIVAN
沙利文

招聘 行业分析师

我们一起“创业”吧，开启一段独特的旅程！

✉ 邮箱：fs.recruitment@frostchina.com

📍 工作地点：北京、上海、深圳、香港、南京、成都



中国光模块行业综述——光模块定义

激光器芯片与探测器芯片是实现光模块光电信号转换功能的核心器件。不同类型的激光器和探测器在性能和成本等方面存在差异

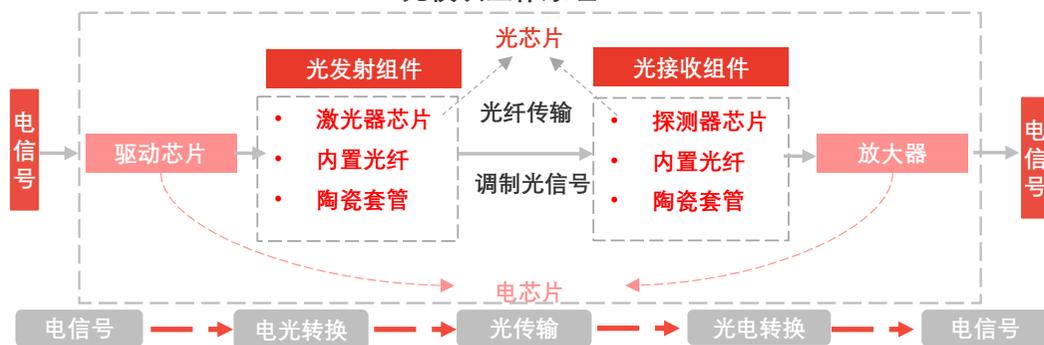
◆ 光模块定义

光模块用于实现光电信号的转换，广泛用于5G承载网与数据中心，由光发射组件（含激光器）、光接收组件（含光探测器）、驱动芯片与放大器等组成。在发送端，一定速率的电信号经驱动芯片处理后驱动激光器发射出相应速率的调制光信号。在接收端，一定速率的光信号输入模块后由光探测器（PD）转换为电信号，经前置放大器后输出相应速率的电信号。

光模块结构



光模块工作原理



来源：IMT-2020，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



◆ 光芯片定义

激光器芯片与探测器芯片是实现光模块光电信号转换功能的核心器件，统称为光芯片。光芯片的传输速率直接决定光模块传输速率，是光模块产业中技术壁垒最高的环节，亦是当前亟待突破的环节。激光器芯片可分为垂直腔面发射激光器（VCSEL）、法布里-珀罗激光器（FP）、分布式反馈激光器（DFB）、电吸收调制激光器（EML）等；探测器可分为PIN结二极管（PIN）、雪崩光电二极管（APD）等。不同类型的激光器和探测器在性能和成本等方面存在差异，光模块厂商可根据具体规格要求选择不同的芯片方案。

光芯片分类

	类别	传输速率	传输距离	应用场景	优点	缺点
激光器芯片	FP	155M-10G	小于20km	基站、数据中心	谱线较窄，调制速率高，成本低	耦合效率低，线性度差
	DFB	2.5G-40G	小于40km	基站、数据中心	谱线窄，调制速率高，波长稳定好	耦合效率低，成本高
	EML	10G以上	大于40km	基站、数据中心	调制速率高、稳定性好	成本高
	VCSEL	155M-25G	500m	数据中心、消费电子领域	线宽窄、功耗低、调制速率高，耦合效率最高，成本大幅下降	线性度差
探测器芯片	PIN	155M-40G	-	基站、数据中心	噪声小，工作电压低，成本低	灵敏度低
	APD	1.25G-10G	-	基站、数据中心	灵敏度高	成本高

www.leadleo.com

中国光模块行业综述——光模块分类

按传输速率分类，光模块可分为10Gb/s、25Gb/s、50Gb/s、100Gb/s、200Gb/s与400Gb/s等。当前，中国头部光模块企业已实现5G承载网领域200Gb/s光模块的量产

◆ 光模块分类

按传输速率分类，光模块可分为10Gb/s、25Gb/s、50Gb/s、100Gb/s、200Gb/s与400Gb/s等。当前，中国头部光模块企业已实现5G承载网领域200Gb/s光模块的量产与数据中心领域400Gb/s光模块的量产。相同速率光模块按是否支持波分复用、光接口模式、调制格式可进一步拆分。

光模块分类			
分类方式	光模块种类	光模块介绍	光模块对比
按是否支持波分复用(WDM)应用	彩光模块	支持波分复用技术，允许中心波长不同的光信号在同一根光纤中传输且互不干涉，实现同时在一根光纤上传输多路信号，每一路信号都由某种特定波长的光传送	<ul style="list-style-type: none">彩光模块技术难度大、成本更高，彩光模块支持WDM技术可大量节省光纤资源
	灰光模块	不支持波分复用技术，一根光纤仅能传输一路信号	
按光接口模式分类	双纤双向 (Duplex)	需配置两根光纤与两个光端口，分别负责信号的发射与接收	<ul style="list-style-type: none">BiDi光模块技术难度更大，5G前传使用的Duplex已实现量产，而BiDi光模块还在样品阶段BiDi光模块仅需配置一根光纤与一个光端口，节省光纤资源与光端口资源，为未来主流光模块
	单纤双向 (BiDi)	仅需配置一根光纤与一个光端口。BiDi光模块利用WDM技术实现一根光纤同时传输收发两个方向的光信号	
按调制格式分类	NRZ信号	采用高、低两种信号电平来表示要传输的数字逻辑信号的1、0信息，每个信号符号周期可以传输1bit的逻辑信息	<ul style="list-style-type: none">PAM4光模块中PMA信号调制芯片技术难度极大，中国极少的企业可以量产PAM4光模块可减少激光器与探测器成本。以50G光模块为例，采用NRZ调制模式的光模块需集成2个25G激光器，而采用PAM4调制模式的光模块仅需1个25G激光器
	PAM4信号	采用4个不同的信号电平来进行信号传输，每个符号周期可以表示2个bit的逻辑信息(0、1、2、3)。在相同通道物理带宽情况下，PAM4传输相当于NRZ信号2倍的信息量，从而实现速率的倍增	

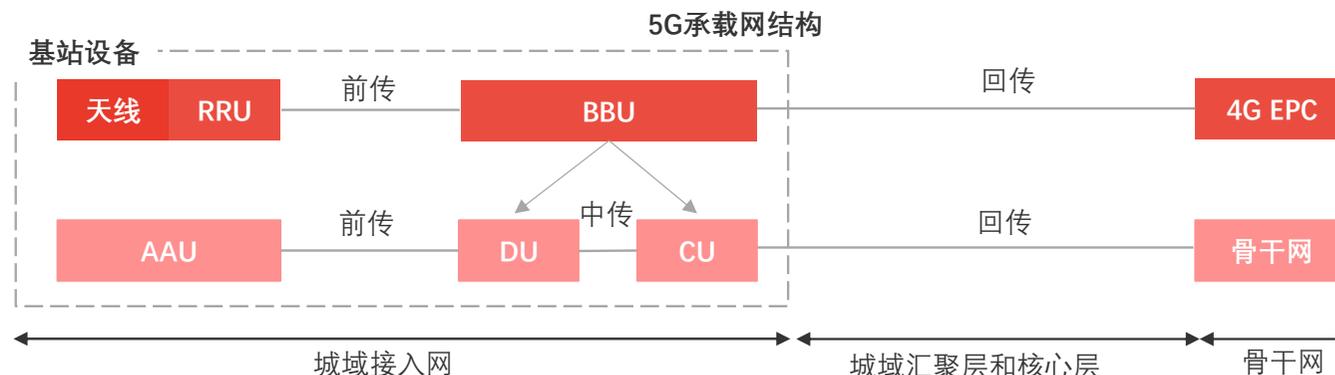
中国光模块行业综述——光模块在5G承载网的应用（1/2）

5G基站采用的三级架构相比4G基站的二级架构增加一层光传输环节，光端口数量增加，光模块的需求也因此增加

◆ 5G承载网架构介绍

电信运营商通信网络整体结构通常包括骨干网与城域网，其中骨干网是运营商核心网络，城域网可分为核心层、汇聚层与接入层。电信运营商在接入层建设大量的通信基站，将网络信号覆盖至各个区域，使用户可以接入网络。同时，通信基站将用户的数据通过城域汇聚层和核心层网络回传至电信运营商的骨干网。

5G承载网结构变化较大，将原4G的BBU、RRU两级架构重新拆分成AAU、DU、CU三级结构。5G基站设备将4G原有的RRU设备与天线设备重新集成为新的AAU设备，同时将4G原有的BBU设备拆分为DU与CU设备。5G承载网中AAU与DU设备间构成前传，DU与CU设备间构成中传，CU与骨干网间构成回传。



◆ 光模块在5G承载网中的应用

5G承载网通过城域网与骨干网实现5G业务前传、中传与回传功能，其中各层设备之间主要依赖光纤与光模块实现互连。5G前传主要有4种解决方案（AAU与DU的连接方式），不同的解决方案需采用不同类型的光模块。5G基站采用的三级架构相比4G基站的二级架构增加一层光传输环节，光端口数量增加，光模块的需求也因此增加。此外，为满足5G网更高的速率和低时延指标，各级光传输节点之间光端口速率提升明显，需采用光模块的传输速率亦随之提升。

5G前、中、回传覆盖城域接入层、汇聚层与核心层，接入层将主要采用25Gb/s、50Gb/s、100Gb/s等速率的灰光或彩光模块。汇聚层与核心层对带宽要求更高，因此较多采用100Gb/s、200Gb/s、400Gb/s等速率的DWDM彩光模块。5G前传具有多种解决方案，不同的解决方案需采用的光模块种类不同，主要包括25Gb/s速率光模块，支持数百米到20千米的典型传输距离。

来源：IMT-2020，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业综述——光模块在5G承载网的应用（2/2）

当前能满足大带宽、低时延等要求的前传方案主要有以下四种：光纤直驱、有源波分、无源波分、半有源波分，其中光纤直驱为当前5G前传主流方案

◆ 5G承载网前传解决方案

当前能满足大带宽、低时延等要求的前传方案主要有以下四种：光纤直驱、有源波分、无源波分、半有源波分，其中光纤直驱为当前5G前传主流方案。

5G前传网解决方案



<https://www.leadleo.com/pdfcore/show?id=5fdabcd820410e5751952119>

中国光模块行业综述——光模块行业发展现状

光模块使用的光、电芯片技术门槛极高。中国在芯片领域仍受制于人，制约光模块行业发展

◆ 中国光模块行业发展现状

当前，5G基站采用的光模块传输速率覆盖25Gb/s至400Gb/s，其中100Gb/s及以下速率的光模块已量产。中国头部光模块企业已批量量产5G承载网领域200Gb/s光模块，大部分中小企业仅能量产100Gb/s系列光模块。

同种速率不同类型的光模块研发进度不同，例如，5G前传25Gb/s光模块领域，Duplex类光模块已实现量产，而BiDi光模块仍在研发阶段。40km以下的200G光模块已完成批量量产，80km以上的200G光模块仍在小批量阶段。

◆ 中国光模块行业发展制约因素

光、电芯片是光模块的核心器件，光芯片的传输速率决定光模块的传输速率，而电芯片负责光模块中信号的放大与处理。光模块使用的光、电芯片技术门槛极高。中国在芯片领域仍受制于人，制约光模块行业发展。

光芯片的传输速率直接决定光模块的传输速率。100Gb/s光模块可由4个25Gb/s光芯片集成，因此光芯片自身的传输速率越高，集成的光模块的传输速率越高。中国光芯片行业在起步阶段，在高速芯片（25Gb/s及以上）领域的研发进程落后发达国家3年左右，极大限制了中国光模块行业的发展。

电芯片国产化进程低于光芯片，25Gb/s系列的电芯片基本依赖进口。在核心DSP数字信号处理芯片领域仅有华为海思实现量产，并成功用于50Gb/s PAM4光模块产品中。

5G光模块商用化进展

应用场景	速率	光模块类型	商用化进展
前传	25G	Duplex 300m	批量
		Duplex 10km	批量
		Bidi 10km	样品
		Bidi 20km	样品
		CWDM 10km	批量
	100G	Duplex 10km	批量
		Bidi 10km	小批量
200G	Bidi 10km	批量	
中、回传	50G PAM4	Duplex 10km	量产
	50G PAM4	Duplex 40km	小批量
	100G	FR4 2km LR4 10km ER4 40km	批量
		FR4 2km LR4 10km ER4 40km	批量
		80km+	小批量
	200G	FR8 2km LR8 10km	在研
		80km+	在研

来源：IMT-2020，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业——光模块产业链分析

光模块产业链竞争格局呈橄榄球式分布，上游芯片和下游设备竞争格局确立，具备技术和资本垄断优势，中游竞争较为激烈，模块厂商众多

光模块产业链



2019年，中国光芯片市场销售额在全球市场销售额占比不足10%

2019年，中国光模块市场销售额在全球市场销售额占比25%-30%

2019年，中国通信设备销售额在全球市场销售额占比50%-60%

来源：招商证券，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业产业链——产业链上游（1/3）

光芯片在光模块成本占比随光模块速率的提升而上升。在25Gb/s以上速率的光模块中，光芯片的成本占比为60%

◆ 光芯片在光模块中的成本占比

光芯片在光模块成本占比随光模块速率的提升而上升。在10Gb/s以下的光模块，光芯片的成本占比在30%左右；在10Gb/s-25Gb/s速率的光模块中，光芯片的成本占比提升至40%；在25Gb/s以上速率的光模块中，光芯片的成本占比进一步提升至60%。

◆ 中国光芯片行业发展现状

➢ 光芯片国产化进程

国产芯片以低端产品为主，高端领域海外垄断。当前，中国企业已大规模量产10Gb/s及以下的光芯片，并量产部分25Gb/s系列芯片。在25Gb/s以上的光芯片，中国企业仍在研发阶段，尚未取得重大突破。

5G承载网对25Gb/s系列光芯片需求量最大，中国头部企业虽量产部分25Gb/s系列光芯片，但产能较小，不能满足中国5G网络建设需求。此外，华为海思与光迅科技自产的25Gb/s光芯片均自用，不对外销售，因此多数光模块企业仍需进口国际先进企业生产的光芯片如Oclaro、Avago、三菱等。

中国高速光芯片国产化进程

光芯片类型	发达国家产品化能力	中国产品化能力	中国代表企业
10G及以下系列	批量	批量	光迅科技（自用）、海信宽带等
25G DFB	批量	批量	光迅科技（自用）、华工科技
25G EML	批量	批量	华为海思（自用）
25G Pin	批量	批量	光迅科技
25G APD	批量	研发阶段	-
25G以上系列	量产部分50G系列芯片	研发阶段	-

来源：头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



➢ 中国光芯片行业发展制约因素

光芯片工艺流程较为复杂，包括芯片设计、基板制造、磊晶成长、晶粒制造四个环节。中国光芯片企业均为Fabless厂商，仅负责光芯片的设计，基板制造、磊晶成长、晶圆制造等工艺需外包至其它厂商。国际光芯片巨头企业如Finisar、Lumentum等多为IDM厂商，生产工艺覆盖芯片设计、基板制造、磊晶成长、晶粒制造全环节。中国光芯片产业化不够完整，缺失核心技术与设备是限制光芯片行业发展的核心因素。

中国光芯片行业发展制约因素

- ✓ **磊晶成长技术缺失**：磊晶生成的外延片质量（Wafer）是决定光芯片性能的关键因素，技术壁垒极高。
 - 目前超过**50%**的光芯片领域的磊晶成长与制造市场由Finisar、Lumentum和Avago等垂直一体化厂商（IDM）把控。
 - 由于中国在磊晶成长与晶粒制造环节产能严重不足及工艺落后，中国芯片企业流片进度严重受制于国外。
- ✓ **半导体设备产业薄弱**：光通信芯片生产过程中所用到的设备包括光刻机、刻蚀机以及外延设备等。
 - 中国半导体设备产业薄弱，在高端光刻机与刻蚀机领域进口依赖严重。荷兰ASML、日本Nikon及日本Canon合计占据全球75%的光刻机市场份额。
 - 美国泛林集团、日本东京电子、美国应用材料共占据全球刻蚀机市场80%以上的份额。

www.leadleo.com

中国光模块行业产业链——产业链上游（2/3）

光电芯片国产化进程低于光芯片，25Gb/s及以上光模块使用的电芯片主要依赖进口，自供率不足5%

◆ 电芯片行业

光模块中使用的电信片包括激光驱动器芯片、放大器芯片（TIA）、MA主放芯片(MA)、DSP数字信号处理芯片（DSP）、CDR时钟和数据恢复电路芯片（CDR）与MUX&DeMUX并串转换电路芯片，其中DSP数字信号处理芯片技术难度最高。电芯片在光模块中的作用包括实现电信号的功率调节与复杂的数字信号处理两方面。

(1) 光模块发射端：电信号通过CDR、DSP等信号处理芯片完成信号内调制或外调制，驱动激光器芯片完成电光转换；

(2) 光模块接收端：光信号通过探测器芯片转化为电脉冲，然后通过TIA、MA等功率处理芯片调幅，最终输出终端可以处理的连续电信号。光芯片和电芯片配合工作实现了对传输速率、消光比、发射光功率等主要性能指标的实现，是决定光模块性能表现的最重要器件。

中国电芯片国产替代分析

	主要功能	技术难度	中国替代供应商	25Gb/s产品国产化进程
激光器驱动芯片	在DFB、FP激光器前产生驱动电信号	中	<ul style="list-style-type: none"> 华光光电 光迅科技 海信宽带 	6%
放大器芯片	实现电信号的功率调节	中	<ul style="list-style-type: none"> 华工科技 飞昂通讯 厦门优讯 	5%
MA主放	实现电信号的功率调节	中	尚未出现市场认可度高的企业	5%
DSP数字信号处理芯片	实现PAM4调制	高	<ul style="list-style-type: none"> 华为 南京美辰微电子 	3%
CDR时钟和数据恢复电路芯片	在输入数据信号中提取时钟信号并找出数据和时钟正确的相关关系	高	<ul style="list-style-type: none"> 飞昂通讯 光梓信息 福建亿芯源 	3%
MUX&DeMUX并串转换电路芯片	实现并行数据和串行数据的转换	低	<ul style="list-style-type: none"> 亿源通 奇芯光电 	7%

➤ 电芯片成本占比

电芯片在光模块中的成本占比在18%左右，仅次于光芯片在光模块中的成本占比。

➤ 电芯片国产化进程

电芯片国产化进程低于光芯片，25Gb/s及以上光模块使用的电芯片主要依赖进口，自供率不足5%。高速CDR与DSP等技术难度较大电芯片和领先国家存在1-2代的技术差距。

来源：太平洋证券，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业产业链——产业链上游 (3/3)

中国大陆的PCB产品整体技术水平与美国、日本、韩国、台湾地区相比存在差距，但随着产业规模的快速扩张，中国大陆PCB产业的升级进程不断加快

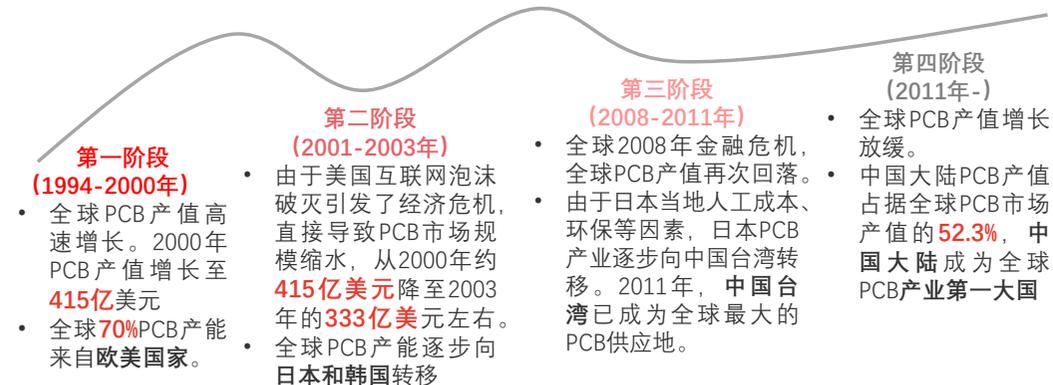
◆ PCB在光模块中的成本占比

PCB (Printed Circuit Board)，印制电路板，是电子设备的关键互连件，在电子设备中起到支撑、互连的作用。光发、收组件与电芯片等器件组装成光模块时，需用到PCB将各组件互连。PCB在光模块成本占比在5%左右。

◆ PCB产能向中国大陆转移

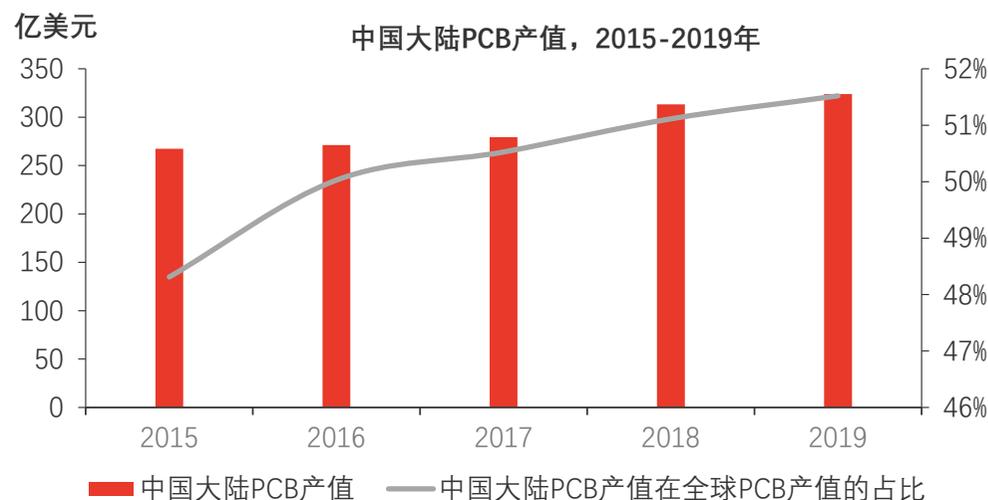
PCB产能的转移经历以下四个阶段。1994年-2000年间，PCB产能集中在欧美发达国家；2001年到2003年，全球PCB产能逐步向日本和韩国转移；2008年到2011年，由于全球2008年金融危机，加之日本当地人工成本、环保等因素，日本PCB产业逐步向中国台湾转移；2011年至今，全球PCB产业逐步向中国大陆转移。随着日、美、韩资企业的相继关闭，中国大陆PCB厂商市场占据额逐步增大。截至2019年，中国大陆PCB产值占据全球PCB市场产值的52.3%，成为全球PCB产业第一大国。

全球PCB产业转移路径



来源：头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



中国大陆的PCB产品整体技术水平与美国、日本、韩国、台湾地区相比仍存在差距，但随着产业规模的快速扩张，中国大陆PCB产业的升级进程不断加快，高端多层板、挠性板、HDI板等产品的生产能力均实现了较大提升。

目前中国已成为全球最大的PCB生产地区。PCB成为中国光模块器件中少数实现自主可控、国产化的电子器件。中国PCB头部企业包括**东山精密**、**深南电子**与**景旺电子**等可稳定为中游光模块企业提供高质量的PCB产品，助力光模块行业稳定发展。



www.leadleo.com

中国光模块行业产业链——产业链下游

全球通信设备市场集中度高，中国企业占据有利竞争地位。全球前五的通信设备厂商为华为、诺基亚、爱立信、中兴和思科，五家公司合计占全球市场收入的75%左右

◆ 下游应用市场

➢ 5G承载网市场

当前，中国正处于4G网至5G网的过渡期。为实现5G网高速率与低时延指标，各级光传输节点之间光端口速率提升明显：(1)前传光模块向25G以及更高升级；(2)中传光模块向100G及更高升级；(3)回传需200G及以上光模块。

全球通信设备市场集中度高，中国企业占据有利竞争地位。全球前五的通信设备厂商为华为、诺基亚、爱立信、中兴和思科，五家公司合计收入占全球市场收入的75%左右，行业呈现寡头的竞争格局。排名第一的华为积极布局中游光模块行业与上游核心器件光芯片行业。华为率先实现50G PAM4光模块的量产，广泛应用于5G承载网的建设。华为旗下华为海思为中国首家量产25G EML芯片的企业。EML光芯片具有较长的传输距离，可应用于5G承载网中的中传与回传。华为积极布局光网络全产业链，推动光芯片、光模块等行业的快速发展。

➢ 数据中心市场

由于云计算、大数据、虚拟化等新兴技术的落地，数据流量成指数级增长。全球数据中心流量将从2016年6.8ZB增长至2021年的19.9ZB，增长超过两倍。为解决数据流量暴涨问题，数据中心运营商加速建设超大型数据中心并升级数据中心光端口速率。当前，新建设的数据中心已叶脊架构为主，各环节各端口使用40G-400G光模块。

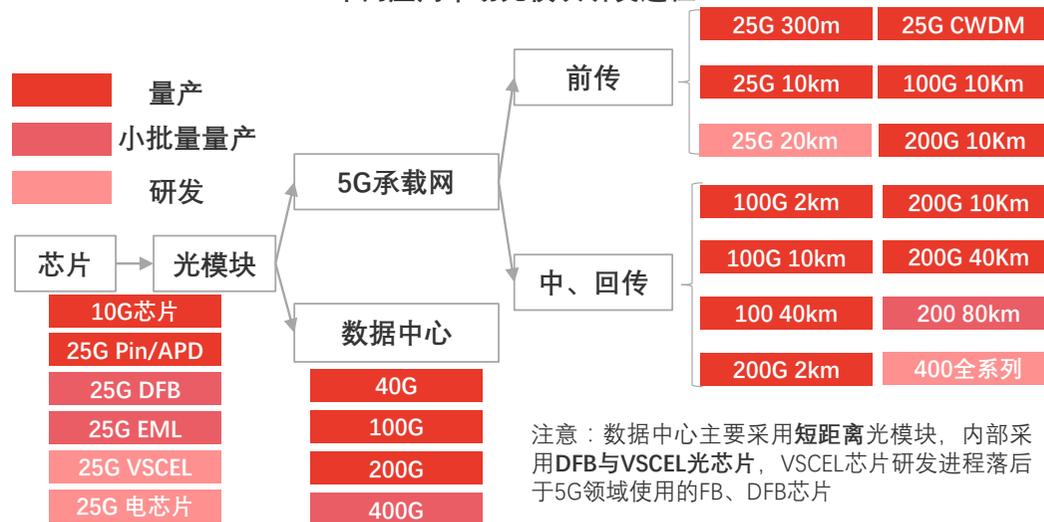
数据中心市场发展迅速，使用的光模块平均3-4年完成一次产品迭代，对中游光模块与上游光、电芯片的研发进度提出严峻挑战。以北美数据中心为例，2012-2015年，北美数据中心采用10G/40G光模块；2015-2018年，北美云巨头企业升级数据中心至25G/100G传输速率；2019年，亚马逊、谷歌等巨头进军400G传输速率的数据中心，小规模采购400G光模块，完成数据中心的第二次升级。

来源：太平洋证券，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



不同应用市场光模块研发进程



注意：数据中心主要采用短距离光模块，内部采用DFB与VSCSEL光芯片，VSCSEL芯片研发进程落后于5G领域使用的FB、DFB芯片

中国光模块行业驱动力——5G建设加速推动光模块需求增长

相比4G网络，5G承载网基站配置的光模块数量与基站的建设数量均有明显提升，对光模块的需求远高于4G承载网的建设

◆ 5G建设对光模块需求量远高于4G时代

相比4G网络，5G承载网基站配置的光模块数量与基站的建设数量均有明显提升，对光模块的需求远高于4G承载网的建设。

➢ 5G基站建设使用的光模块数量是4G基站的3倍左右

4G基站采用两级架构，仅包括前传与回传，其中前传需1-3对光模块光，回传仅需1对光模块，因此单架4G基站建设需2-4对光模块。

5G承载网可划分为前传、中传与回传。中传(DU-CU)需要1对光模块，回传(CU-骨干网)需1对光模块。5G前传由DU与AAU构成，DU与AAU的比例在1:3至1:6之间，因此5G前传需要3-6对光模块。单架5G基站总共需要5至8对光模块（10只至16只光模块），是4G基站建设使用光模块数量的1.5倍左右。

➢ 5G基站建设数量至4G基站的1.5-2倍

5G使用更高的频率电磁波导致信号覆盖范围大幅缩小，信号覆盖同一个区域，通信设备厂商需建设5G基站的数量为4G基站数量的1.5-2倍。据在头部通信设备企业担任战略总监的专家分析，5G基站的建设周期为2019年至2024年，建设总量为**563万架**左右。

5G基站建设数量，2019-2024E

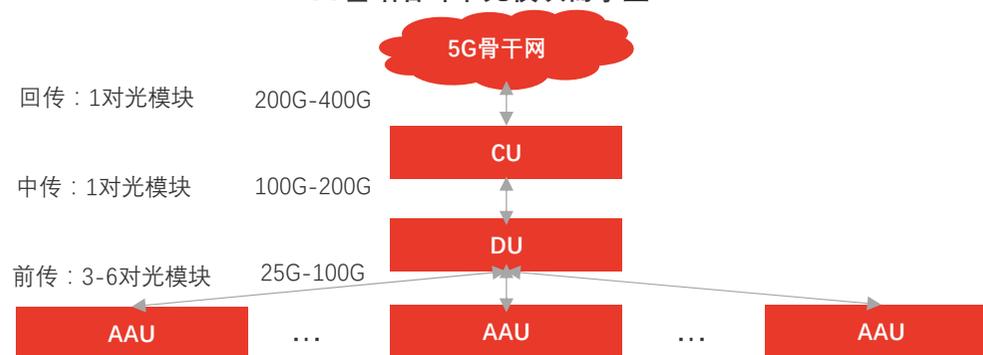


来源：头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo

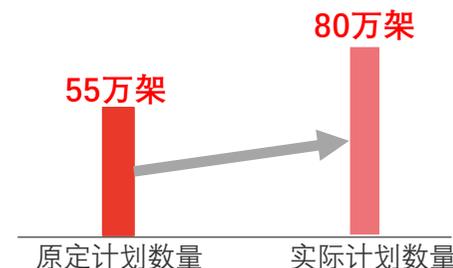


5G基站各环节光模块需求量



➢ 新冠病毒疫情对中国5G基站建设影响有限

- 2020年，三大运营商全年原计划建设**55万架**基站，其中中国电信及中国联通共同建设30万架，中国移动建设25万架。因新冠病毒疫情影响，2020年第一季度5G基站建设进度不及预期，除火神山、雷神山等医疗单位所需的5G基站建设进程相对稳定，其他地区5G基站建设因基础建设施工人员大多未复工而暂缓。
- 在工信部2020年2月22日召开的关于加快推进5G发展、做好信息通信业复工复产工作电视电话会议上，三大运营商领导均表态将全力保障5G发展不受疫情影响，并加速建设进度。复工后，三大运营商响应政府号召，加速建设5G基站，2020年5G基站的建设数量上升至**80万架**左右，超出原定计划度。



www.leadleo.com

推广

innovation
创新地图 map

前哨 2020 科技特训营

掌握创新武器 抓住科技红利



扫码报名

咨询微信: innovationmapSM

电话: 157-1284-6605



王煜全

海银资本创始合伙人
Frost&Sullivan, 中国区首席顾问

中国光模块行业驱动力——核心芯片国产化加速

在中国政策大力的支持下以及光通信产业化的背景下，芯片国产化加速，光模块行业核心制约因素减弱

◆ 光芯片与电芯片国产化加速，光模块行业核心制约因素减弱

光芯片与电芯片为光模块成本占比与技术壁垒最高的器件。中国光芯片技术落后是制约光模块行业的发展核心因素。在中国政策大力的支持下以及光通信产业化的背景下，芯片国产化加速，光模块行业核心制约因素减弱。

➢ 光芯片与电芯片发展目标

根据中国电子元件行业协会于2017年12月发布的《中国光电子器件产业技术发展路线图（2018-2022年）》（以下简称“《路线图》”），2017年中国25Gb/s及以上光芯片的国产化率仅在3%左右，而25Gb/s及以上电芯片国产化率为零。为保障中国电子信息产业的高速发展，中国电子元件行业协会在《路线图》中提出2020年至2022年核心光器件产品的发展规划。例如《路线图》中明确表示：（1）2020年25G及以上DFB芯片在2020年的国产化率需超过30%。2022年DFB芯片国产化率需突破60%；（2）2020年，中国10G与25G EML芯片国产化率需分别提升至50%与30%。2022年，中国10G、25G与50G EML芯片国产化率分别提升至80%、50%与20%。

➢ 光芯片与电芯片发展目标完成情况

中国电子元件行业协会定制的2020发展目标基本完成。芯片国产化提升将减少中国光模块厂商对芯片的进口依赖，并降低光模块厂商的采购成本。据头部光芯片企业的财务总监分析，同类型光芯片，进口光芯片的售价至少高于国产芯片的**20%**。光、电芯片是光模块器件中成本占比最高的器件，降低光芯片的成本将大幅提升光模块产品的利润空间。

中国光芯片、电芯片与光模块发展目标与完成情况

产品类型	重点发展产品	发展目标（国产化率）		2020年发展目标完成情况
		2020年	2022年	
光模块	200G光收发模块	 30%	 100%	已完成
	400G光收发模块	 30%	 70%	未完成
光芯片	25G DFB	 30%	 60%	预计可在年底完成
	25G VCSEL	 10%-20%	 30%-40%	预计可在年底完成
	10G EML	 50%	 80%	已完成
	25G EML	 30%	 50%	预计可在年底完成
	50G EML	-	 100%	-
	电芯片	PAM4调制芯片（DSP芯片）	商用	持续提升市场占有率
25G TIA		 5%-10%	 30%	完成
25G驱动芯片		 5%-10%	 30%	完成

来源：中国电子元件行业协会，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业——在5G承载网领域的市场规模

乐观估计下，单架5G基站使用16只光模块。2024年，光模块在5G承载网领域的总需求为1,056万只，年复合增长率为38.4%

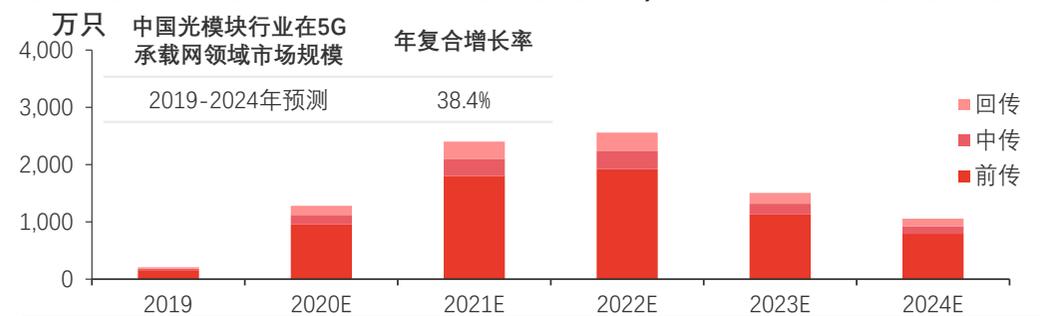
◆ 光模块在5G承载网领域市场规模

根据5G基站建设规模及5G承载网各环节光模块需求数量，可测算出中国光模块在5G承载网的市场规模。2019年，5G基站的建设总量为13万架，乐观估计下单架5G基站建设需使用16只光模块，而保守估计下单架5G基站建设需使用8只光模块。

➤ 乐观估计：

- 5G基站使用16只光模块；
- 2019年5G网络建设对光模块总需求量为208万只
- 2024年，光模块在5G承载网领域的总需求为1,056万只，年复合增长率为38.4%

中国光模块在5G承载网领域的市场规模（按需求量），2019-2024E预测（乐观估计）

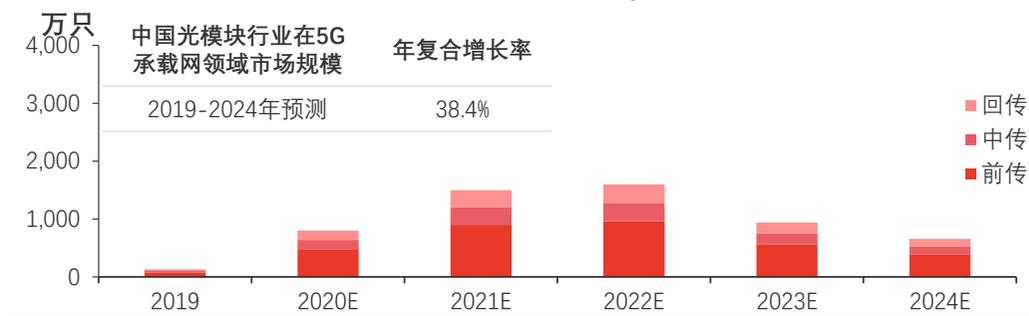


	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
5G基站建设数量 (万架)	13	80	150	160	94	66
5G承载网各环节光模块使用数量 (只)						
前传	12			2		2
中传						
回传						
中国光模块在5G承载网市场规模 (万只)						
前传	156	960	1,800	1,920	1,128	792
中传	26	160	300	320	188	132
回传	26	160	300	320	188	132
合计	208	1,280	2,400	2,560	1,504	1,056

➤ 保守估计：

- 5G基站使用10只光模块；
- 2019年5G网络建设对光模块总需求量为130万只
- 2024年，光模块在5G承载网领域的总需求为666万只，年复合增长率为38.4%

中国光模块在5G承载网领域的市场规模（按需求量），2019-2024E预测（保守估计）



	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
5G基站建设数量 (万架)	13	80	150	160	94	66
5G承载网各环节光模块使用数量 (只)						
前传	6			2		2
中传						
回传						
中国光模块在5G承载网市场规模 (万只)						
前传	78	480	900	960	564	396
中传	26	160	300	320	188	132
回传	26	160	300	320	188	132
合计	130	800	1,500	1,600	940	660

来源：头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业——政策分析

光模块是信息光电子技术领域核心的光电子器件，广泛应用于数据中心与5G承载网的建设，是构建现代高速信息网络的核心技术

◆ 中国光模块行业政策分析

光模块是信息光电子技术领域核心的光电子器件，广泛应用于数据中心与5G承载网的建设，是构建现代高速信息网络的核心技术。中国政府颁布一系列政策支持光模块产业的发展。2018年，中国电子元件行业协会发布《中国光电子器件产业技术发展路线图（2018-2022年）》，该发展路线图量化2020年以及2022年核心光模块产品的发展规划，提出2020年中国需实现200G、400G产品规模化生产，核心光电芯片市场30%的国产化。此外，政府相关部门大力支持5G网络的改建与数据中心的升级，增大了市场对光模块的需求。

中国光模块行业相关政策

政策名称	颁布日期	颁布主体	主要内容及影响
《工业和信息化部关于推动5G加快发展的通知》	2020-03	工信部	在为深入贯彻落实习近平总书记关于推动5G网络加快发展的重要讲话精神，全力推进5G网络建设、应用推广、技术发展和安全保障，充分发挥5G新型基础设施的规模效应和带动作用，支撑经济高质量发展
《关于推动工业互联网加快发展的通知》	2020-03	工信部	建设工业互联网大数据中心。加快国家工业互联网大数据中心建设，鼓励各地建设工业互联网大数据分中心。建立工业互联网数据资源合作共享机制，初步实现对重点区域、重点行业的数据采集、汇聚和应用，提升工业互联网基础设施和数据资源管理能力
《中国光电子器件产业技术发展路线图（2018-2022年）》	2018-01	中国电子元件行业协会	2020年中国需实现200G、400G产品规模化生产，核心光电芯片市场30%的国产化；2022年实现400G速率以下产品所用核心光电芯片50%的国产化。1T以上速率的光收发模块实现市场突破
《关于印发促进大数据发展行动纲要的通知》	2015-08	国务院	通知提出全面推进中国大数据发展和应用，加快建设数据强国。推动大数据与云计算、物联网、移动互联网等新一代信息技术融合发展，探索大数据与传统产业协同发展的新业态、新模式，促进传统产业转型升级和新兴产业发展，培育新的经济增长点
《三网融合推广方案》	2015-08	国务院	提出在全国范围推动广电、电信业务双向进入；加快宽带网络建设改造和统筹规划；强化网络信息安全和文化安全监管；切实推动相关产业发展
《关于实施“宽带中国”2015专项行动的意见》	2015-05	工信部	提出以加快信息基础设施建设、大幅提升宽带网络速率和支撑智能制造发展为重点，优化发展环境、提高网络能力、促进普及应用、提升用户体验、服务智能制造，不断夯实宽带的战略性公共基础设施地位

来源：工信部官网，中国电子元件行业协会官网，中央人民政府官网，头豹研究院编辑整理2020 LeadLeo



中国光模块行业发展趋势——产业链加速整合

中国光模块企业效仿国际龙头企业，加速整合产业链，通过收并购等方式获取产业链各环节先进技术

◆ 中国光模块产业链加速整合

国际光模块龙头企业通过收并购的方式不断进行产业链拓展，成功完成技术与业务转型，使产品覆盖光芯片、光器件与光模块领域的多数环节。国际光模块龙头企业通过把握产业链各个环节，将上下游的协同作用最大化。中国光模块企业效仿国际龙头企业，加速整合产业链，通过收并购等方式获取产业链各环节先进技术。

案例一：华工科技牵头设立云岭光电

华工科技简介

华工科技子公司华工正源为华为光模块领域的金牌供应商。基于产业链的考虑，华工正源成立之初就成立了光芯片生产线，但由于中国芯片技术发展缓慢，且缺少资金投入，因此过去10年华工正源仅能量产2.5G系列的低速芯片，在高速芯片领域并未获取重大突破。

- 2018年，华工科技旗下华工科技投资管理有限公司牵头成立云岭光电（并未对云岭光电控股，持股25.2%）。云岭光电专注于光芯片的研发生产，在成立之初获取华工正源原有的芯片生产线，并同时聘请全球多位光芯片领域的博士与专家参与云岭光电的光芯片研发项目
- 2019年下半年，云岭光电成功小批量量产25G DFB芯片。自此，华工科技通过投资云岭光电方式获取高速光芯片稳定的获取渠道，成功打通产业链上下游

案例二：光迅科技收购Almae

光迅科技简介

光迅科技为中国光模块行业龙头企业。在2016年前，光迅科技并不具备光芯片的自主产权。光迅科技通过收并购获取从芯片到器件、模块、产品的垂直整合能力。

- 2016年，光迅科技以2,360万美元收购法国Almae,快速建立10G及以上高端芯片的量产能力
- 2019年，光迅科技借助Almae在芯片领域的研发实力成功小批量生产25G DFB芯片
- 光迅科技成功打通光模块产业链上下游，成为中国首批拥有光芯片自主产权的光模块企业，稳居中国光模块行业的第一梯队

中国光模块企业并购事件

收购方	并购方/引进技术	时间	金额	并购方向
剑桥科技	Oclaro Japan,Inc	2019	4,160万美金	高速光芯片
	MACOM	2019	预计不超过3.8亿元	光模块
华工正源	参投云岭光电	2018	6,000万元	高速光芯片
新易盛	引进博通7nm的400G光模块生产线	2018	未披露	光模块
博创科技	成都迪普光电科技	2018	未披露	光电技术、通信设备
中际旭创	苏州旭创	2017	28亿元	光模块
太辰光	光动瑞芯源	2017	未披露	平面光波导芯片
鸿腾科技	Avago光模组产线	2015	未披露	光模块产品与100G光收发器

来源：招商证券，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业发展趋势——PAM4成为光模块主流信号调制技术

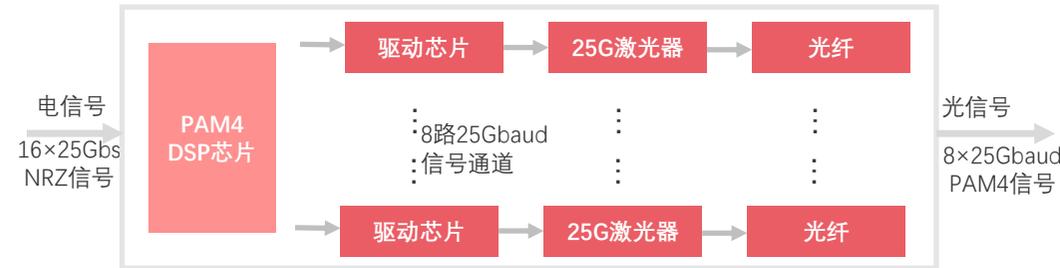
PAM4将取代NRZ成为400G光模块领域的主要信号调制技术，且在更高速率的1T光模块领域中仍将沿用PAM4技术

◆ PAM4技术成为400G光模块主流技术

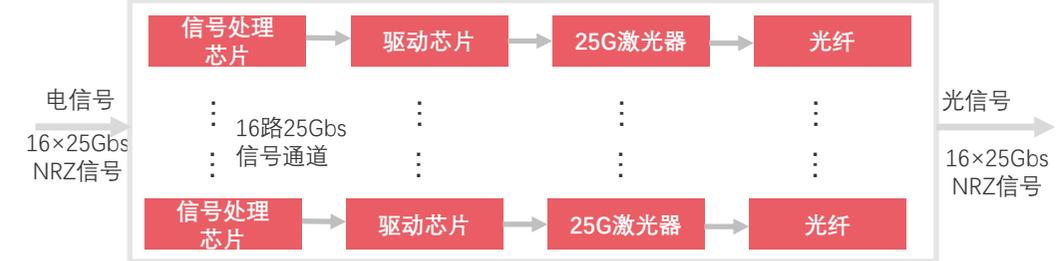
传输速率更快、成本更低是光模块行业的主要发展方向。5G时代，400G光模块仍是业内主要竞争方向，可大规模、且低成本量产400G光模块的企业将具有明显竞争优势。按封装技术分类，400G光模块可分为400G CDFP、400G OSFP与400G QSFP-DD光模块。400G CDFP使用NAZ调制技术，有16条信号通道，每条信号通道需配置相应的25G光芯片。400G CDFP光模块集成16至激光器芯片与探测器芯片，导致功耗与体积较大，且生产成本较高。

400G OSFP与400G QSFP-DD光模块采用PAM4调制技术，仅需8路50G信号通道或4路100G信号通道，极大降低光模块的功耗与生产成本。400G OSFP和QSFP-DD封装均可提供8路电信号接口，其中QSFP-DD封装尺寸更小，适合应用于数通市场；OSFP封装尺寸较大，功率更大，适合在电信市场应用。**未来，PAM4将取代NRZ成为400G光模块领域的主要信号调制技术，且在更高速率的1T光模块领域中仍将沿用PAM4技术。**

400G QSFP-DD光模块光模块构造方案（发射方向）



400G CDFP 光模块构造方案（发射方向）



◆400G QSFP-DD光模块介绍

- **工作原理：**（1）发射方向：PAM4编码芯片通过DSP技术将16×25G NRZ信号转换为8×25GBaud PAM4信号。激光器驱动芯片将PAM4信号放大，驱动25G激光器将电信号转换为单波长25GBaud（PAM4采用4个不同的信号进行信号传输，每个时钟周期可以传输2bit的逻辑信息，因此25GBaud等于50Gbps）光信号；（2）接收方向，探测器将单波长25GBaud光信号转换为电信号，放大后输出至PAM4解码芯片接收端。PAM4解码芯片再将该信号转换为2×25Gbps NRZ信号。
- **方案优势：**400G QSFP-DD仅需采用8个25G激光器与探测器，极大降低了光模块的功耗与生产成本。
- **商业化情况：**当前头部光模块厂商包括光迅科技、海信宽带与华工科技等可批量生产2km至10km的400G光模块，均采用PAM4调制技术。DSP芯片为400G光模块PAM4技术的核心器件，当前中国仅有华为海思可规模化生产，其他模组厂商需进口DSP芯片。

来源：华为官网，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业——竞争格局（1/2）

光模块行业参与者众多，行业竞争激烈。头部企业包括中际旭创、光迅科技、海信宽带、华工科技与新易盛

◆ 中国光模块厂商竞争格局

光模块行业参与者众多，行业竞争激烈。本篇报告采用客户资源、芯片自主研发能力与400G光模块量产能力三个维度评估市场主流光模块企业市场竞争力。头部企业包括中际旭创、光迅科技、海信宽带、华工科技与新易盛，其中中际旭创凭借400G光模块产品与云计算行业龙头企业谷歌、亚马逊与阿里等绑定，稳居行业龙头。光迅科技具有强劲的芯片自主研发实力与400G光模块的量产能力同中际旭创位列第一梯队。海信宽带、华工科技与新易盛均可量产数据中心使用的400G光模块，且客户资源丰富，位列第二梯队。

光模块厂商三大竞争要素

竞争要素介绍		与竞争要素相关的行业特征	具备竞争要素的企业获得的竞争优势
客户资源	客户资源逐渐向头部企业集中，呈现“强者恒强”的局面	<ul style="list-style-type: none"> 光模块企业下游客户的供应商管理一般采取认证制，即经过客户的测试认证后，光模块企业才具备参与招标的资格 光模块企业下游客户具有较强的粘性。下游客户为保证供应链的安全可控，不会轻易大规模更换成熟的供应商 	<ul style="list-style-type: none"> 规模优势 保证产品议价能力 提升利润空间
芯片自主研发能力	芯片是光模块产业中 技术壁垒最高的环节 ，掌握核心芯片工艺的企业市场份额有望持续扩大	<ul style="list-style-type: none"> 光模块企业的商业模式是自产或外购相关的芯片与光器件进行封装，生产成光模块产品进行销售 光芯片与电芯片成本占比与技术门槛最高，是制约光模块成本控制的主要因素 	<ul style="list-style-type: none"> 掌握稳定可靠的芯片供应渠道 成本优势 提升盈利能力
400G光模块批量生产能力	400G光模块产品是光模块行业的主要竞争方向，可量产400G光模块产品的企业可率先抢占市场	<ul style="list-style-type: none"> 中低端光模块领域参与企业众多，产品同质化严重，毛利率低 400G光模块技术难度大，中国仅有少数企业可量产数据中心领域的400G光模块，但5G承载网领域使用的400G光模块仍在研发阶段。 	<ul style="list-style-type: none"> 改善企业产品结构，提升产品毛利率 产品覆盖面广，可为客户提供全面的产品与服务

来源：头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业——竞争格局 (2/2)

中际旭创云计算行业龙头企业谷歌、亚马逊与阿里等榜定位列行业龙头。光迅科技具有强劲的芯片自主研发实力与400G光模块的量产能力同中际旭创位列第一梯队

中国光模块厂商竞争格局

排名	企业名称	400G光模块商用能力	芯片自主研发能力	客户资源	备注
第一梯队	中际旭创	量产400G QSFP-DD与400G OSFP	外购芯片	谷歌、亚马逊、思科、华为、阿里、腾讯等	<ul style="list-style-type: none"> 投资陕西源杰、长瑞光电、飞昂创新，获取中低端芯片供应渠道 400G光模块市场份额位列中国第一
	光迅科技	量产400G QSFP-DD	强	华为、烽火、中兴、电信运营商	<ul style="list-style-type: none"> 芯片自主研发实力强，自产10G系列光芯片、部分25G系列光芯片 客户主要集中在通信设备厂商
第二梯队	海信宽带	量产400G QSFP-DD	较强	三大电信运营商、科通芯城	<ul style="list-style-type: none"> 自产10G系列光芯片，外购25G系列光芯片 客户主要集中在通信设备厂商
	华工科技 (华工正源)	量产400G QSFP-DD	较强	华为、中兴、爱立信、诺基亚	<ul style="list-style-type: none"> 通过云岭光电掌握10G芯片自主研发实力，并批量产部分25G系列光芯片 客户主要集中在电信市场，华为的金牌供应商
	新易盛	量产400G QSFP-DD与400G OSFP	外购芯片	中兴、烽火通信、电信运营商	<ul style="list-style-type: none"> 不具备芯片的自主研发能力 多款高速模块在客户认证阶段，一旦通过认证，发展潜力巨大
第三梯队 (第三梯队排名不分先后)	剑桥科技	量产400G QSFP-DD	外购芯片	华为、诺基亚、烽火通信	<ul style="list-style-type: none"> 2018年/2019年分别收购MACOM/Oclaro日本公司的部分资产，快速获取100G光模块的量产能力
	易飞扬	量产400G QSFP-DD	外购芯片	华为、烽火通信、电信运营商	<ul style="list-style-type: none"> 联合CUMEC公司研发400G硅光模块
	博创科技	小批量量产400G硅光模块	较强	中兴、华为、电信运营商	<ul style="list-style-type: none"> 布局硅光芯片与模块。目前博创科技400G DR4硅光模块已在客户端进行送样测试，预计2020年内将实现量产 无源光器件龙头企业
	铭普光磁	量产400G CDFP	外购芯片	中兴、诺基亚、烽火通信	<ul style="list-style-type: none"> 铭普光磁400G CDFP采用16信号通道，成本较高，逐渐被400G QSFP-DD与400G OSFP替代

来源：头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业——投资风险

中国光模块行业投资风险主要包括光模块价格下滑风险、行业过度竞争风险、技术研发风险与芯片供应受阻风险

◆ 中国光模块厂商竞争格局

中国光模块行业投资风险主要包括光模块价格下滑风险、行业过度竞争风险、技术研发风险与芯片供应受阻风险。

中国光模块行业投资风险

光模块价格下滑风险

- ✓ 光模块行业参与者众多，产品同质化较严重，在中低速光模块领域市场竞争激烈。
- ✓ 在技术差异较小的情况下，光模块厂商通过压低产品价格获取市场份额。
- ✓ 据头部光模块企业专家分析，若有超过5家以上的光模块厂商可大规模供货同种光模块，该光模块的市场价格将以每年20%-30%的幅度下滑。

光模块价格
下滑风险

价格

产品认证
风险

产品

行业过度竞争风险

- ✓ 5G时代到来，光模块行业引来新风口，行业新入者明显增加，存在过度竞争的风险。
- ✓ 设备厂商中，华为海思积极布局光芯片与光模块领域，开始对外销售光模块。
- ✓ 互联网巨头企业阿里巴巴也推出旗下得硅光模块。无源器件厂商昂纳科技与博创科技等巨头企业亦强势进入光模块行业。

技术研发风险

- ✓ 电信市场与数通市场设备更新迭代速度快，倒逼中游光模块厂商提升产品迭代速度。
- ✓ 光模块产品的更新迭代与上游光芯片与电芯片的研发进度密切相关。
- ✓ 光芯片与电芯片技术门槛极高，研发进度具有极大的不确定性，或导致光模块产品的迭代速度滞后电信市场与数通设备市场。

技术研发
风险

技术

供应链

核心芯片供
应受阻风险

芯片供应受阻风险

- ✓ 中国虽大力发展芯片技术，但芯片综合实力落后于美国三年左右，核心工艺仍掌握在美国先进企业手中。
- ✓ 中国光模块厂商在高端芯片领域仍受制于人，25G光芯片国产化率仅在20%左右，而25G电芯片自供率不足5%。
- ✓ 若中国光模块厂商芯片供应渠道受阻，对光模块行业甚至整个电信市场与数通市场产生不利影响。

来源：头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业企业推荐——易飞扬（1/2）

易飞扬在光模块的研发、制造拥有10余年的技术储备优势，从设计、供应到品质管控三个维度提升产品的竞争力

企业名称：易飞扬通信技术有限公司 ◆ 易飞扬产品线

成立时间：2006年

企业总部：深圳

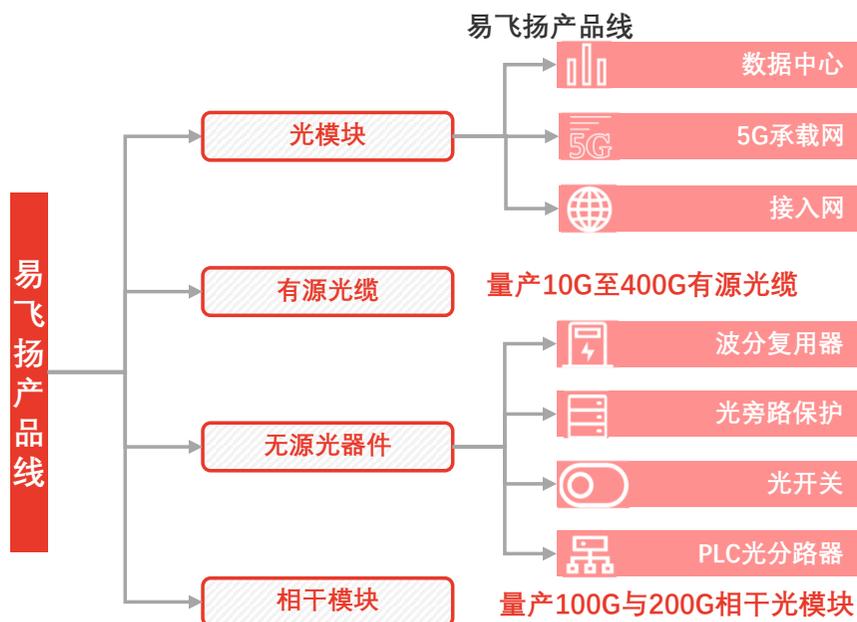


企业简介

易飞扬通信技术有限公司（以下简称“易飞扬”）成立于2006年，总部位于中国深圳，致力于为互联网运营商、电信运营商和网络通信设备商提供高性价比的产品和服务。易飞扬重点聚焦发展数据中心光互连技术、高清视频光传输技术、5G光网络技术、相干光通信技术和硅光芯片集成技术。易飞扬主要产品包括数据中心有源光缆、光收发模块、MPO布线系统、光无源器件、相干光模块、DCI波分光传输解决方案和光模块云平台。易飞扬已具备生产200G QSFP56全系列光模块实力，并同时拥有400G QSFP-DD的量产能力，传输距离覆盖100m至10km。

易飞扬拥有4条产业线，包括光收发模块、有源光缆、相干光模块与无源光器件，其中应用于数据中心领域的光模块为易飞扬的核心产品。易飞扬已量产40G至400G系列光模块，为行业的领先企业之一。在5G承载网领域，易飞扬产品覆盖前传、中传与回传所需的光模块，最先进的产品为200G FR4与LR4光模块。

易飞扬在光模块的研发、制造拥有10余年的技术储备优势，从设计、供应到品质管控三个维度提升产品的竞争力。易飞扬拥有管理光模块的云编程平台，由用户通过云服务器自定义光模块的编码、写码、在线测试、信息在线查询、互动，现已上市商用。



设计

- 丰富的应用设计案例
- 独创的自由空间光学技术
- 领先的光互连有源、无源整体设计
- 提供平衡成本与性能的最佳方案

供应

- 一站式光器件供应商
- 库存、订单可视化管理系统
- 客户覆盖头部通信设备商与电信运营商
- 接受各种定制需求

品质管控

- 完整的品质管控系统
- 先进的自动化调试测试系统

来源：易飞扬官网，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业企业推荐——易飞扬（2/2）

易飞扬产品覆盖光网络和光互连的各种应用，四个产品事业部可为客户提供整体和集约化的成套产品设计和服 务，且可依据客户需求提供定制化产品与服务

◆ 易飞扬核心业务

数据中心领域的光模块的研发生产是易飞扬的核心业务。易飞扬于2019年已成功批量量产400G QSFP-DD光模块，处于行业领先地位。易飞扬持续创新，丰富自身产品种类。2020年6月，易飞扬推出了完整的QSFP56系列200G系列光模块。易飞扬的200G QSFP56系列产品采用低功耗设计，可以保证零误码传输post-FEC，满足云计算客户的需求。新推出的产品丰富和完善了易飞扬的200G光模块产品线，8路25G NRZ系列和4路50G PAM4系列都采用自主设计的光学引擎器件，可以大批量生产和供货。

◆ 易飞扬投资亮点

- **技术优势**：易飞扬拥有多模VCSEL平行光引擎技术，单模并行4/8通道光引擎技术，4通道CWDM/DWDM波分复用光引擎技术。这些光引擎技术降低了产品成本，且通过可靠性测试，为大数据流量安全传输提供保障。
- **产品优势**：易飞扬产品覆盖光网络和光互连的各种应用，四个产品事业部可为客户提供整体和集约化的成套产品设计和服 务，且可依据客户需求提供定制化产品与服务。此外，易飞扬布局毛利率更高的无源光器件行业，提升易飞扬的盈利能力。
- **先进自动化测试系统**：易飞扬自主开发了MES制造系统，制造电子看板系统和光模块自动化调测系统及库存和订单可视化系统，极大提升产品生产质量与效率。

来源：易飞扬官网，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



易飞扬200G光模块产品

	激光器	传输光纤	传输距离	功耗
200G QSFP56 SR4	VCSEL	OM4光纤	100m	低于5W
200G QSFP56 DR4	EML	单模光纤	2km（标准型）或10km（增强型）	低于5.5W
200G QSFP56 FR4	CWDM EML	单模光纤	2km（标准型）或10km（增强型）	低于7W
200G QSFP56 LR4	LAN-WDM EML	单模光纤	10km	低于7W

◆ 易飞扬面临挑战

- **缺失芯片自主研发能力**：易飞扬不具备光芯片与电芯片自主研发的能力，而中国可批量生产高速芯片的企业如光迅科技与华为海思等均不对外出售核心芯片，导致易飞扬需进口高速光芯片。进口光芯片价格昂贵，高出中国本土芯片的20%以上，挤压光模块厂商的利润空间。
- **巨头企业竞争**：中国光模块行业龙头企业中际旭创核心业务同样为数据中心领域的光模块，且已绑定全球重要云计算运营商如亚马逊、谷歌、阿里与腾讯等。云计算运营商为保证供应链的安全可控，不会轻易大规模更换成熟的供应商。因此，市场上的核心资源逐步向头部企业聚拢，显现“强者恒强”的局面，抢占了中小企业的发展空间。

www.leadleo.com

中国光模块行业企业推荐——极致兴通（1/2）

极致兴通产品定位于高端市场，当前已量产数据中心与5G承载网需求的100G光模块。极致兴通具备成熟PAM4调制信号技术

企业名称：极致兴通科技有限公司

成立时间：2006年

融资历程：A轮



企业简介

极致兴通科技有限公司（以下简称“极致兴通”）成立于2008年，总部位于中国深圳，是光通信领域中集研发、生产、销售和服务为一体的领先的光电器件制造商，是国家级高新技术企业。

极致兴通基于强大的高速电路和光学设计能力，结构和热仿真能力，光器件封装能力，不断推出具有更佳的光电性能，更低的功耗及更具价格竞争力的产品与解决方案。同时，极致兴通高效的生产管理系统及严苛的质量管理体系，保障极致兴通向客户提供高品质的光模块收发器产品。

极致兴通当前已实现100G光模块的量产，向200G与400G更高速率光模块突破。

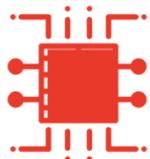
◆ 极致兴通战略定位

- **从国际市场转入中国市场**：极致兴通早期以欧美市场为主，自2017年开始转向中国市场。极致兴通董事长钱乐彬先生表示，2018年极致兴通在中国市场取得较好的成绩，中标中国一通信设备商招标的5G产品近10%的份额，与另外一家设备厂家的合作也处于洽谈阶段，产品测试已通过。
- **定位于高端客户、高端产品与高端封装**：极致兴通产品定位于高端市场，当前已量产数据中心与5G承载网需求的100G光模块。极致兴通具备成熟PAM4调制信号技术，已成功量产应用于数据中心领域的100G QSFP28 PAM4光模块与应用于5G承载网领域的50G QSFP28 PAM4（采用EML+PIN方案，支持10km无线网络应用，为极致兴通最新产品）。基于PAM4技术，极致兴通可向200G与400G更高速模块发展。

◆ 极致兴通核心能力

极致兴通核心能力包括先进的封装技术、一体化开发平台、强大的设计能力与垂直整合业务模式，赋能极致兴通为用户提供先进、定制化的光传输解决方案。

先进封装技术



极致兴通拥有全自动高精度贴片、自动光路耦合、超高精度激光焊接、自动化封装测试技术

一体化开发平台



自主研发一体化光模块开发平台，成功研发10G、25G与100G光模块产品

强大的设计能力



DESIGN

光学设计仿真，高速电路设计、结构设计及热仿真、大规模多系列模块的自动化测试系统开发

垂直整合业务模式



自研产品生产中的多种关键部件，保证了产品高性能、性价比

来源：极致兴通官网，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业企业推荐——极致兴通（2/2）

PAM4属于高阶调制技术，是利用电领域技术加速光技术发展的一个有效方法。极致兴通掌握PAM4技术，意味着极致兴通具备充足的技术储备向更高速率的光模块突破

◆ 极致兴通核心产品

极致兴通产品远销亚洲、欧洲、美洲等国家和地区，产品包括：（1）应用于数据中心的100G QSFP28，40GQSFP+，10G SFP+，AOC等全系列产品；（2）应用于接入网的100G CFP/CFP2/CFP4，SFP系列光模块等系列产品；（3）应用于5G前中后传的25G SFP28，50G PAM4 QSFP28，200G CFP2 PAM4等产品。极致兴通可更具客户需求提供个性化的设计与解决方案。

极致兴通新推出50G PAM4 QSFP28光模块，采用EML+PIN方案，支持10km无线网络应用，功耗低于4.5W，具有高性能、高可靠性与低成本的优势。

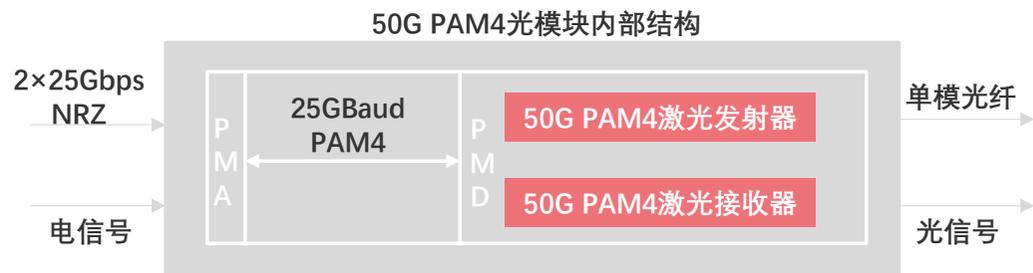
PAM4属于高阶调制技术的一种，是利用电领域技术加速光技术发展的一个有效方法。极致兴通掌握PAM4技术，意味着极致兴通具备充足的技术储备向更高速率的光模块突破。

◆ 极致兴通投资亮点

- **光器件封装技术业内领先**：极致兴通掌握成熟的EML光收发器的封装生产工艺，处于业内领先地位。
- **战略清晰**：极致兴通已成功打入欧美市场。欧洲市场部分国家通信网络建设相对落后，对3G与4G时代的低速光模块仍有较大需求。极致兴通将中低端光模块销售至通信网络发展较为缓慢的国家，同时将业务重心转向高速光模块需求量大的中国。

来源：极致兴通官网，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



- **PMA**：Physical Medium Attachment Sub-layer，用于适配PMD层，提供映射、复用解复用、时钟恢复等功能，可选提供环回、测试等辅助诊断功能。
- **PMD**：Physical Medium Dependent Sub-layer，提供物理传输媒介接口。一个以太网速率，存在多个不同的PMD子层，分别适配不同的物理接口。PMD子层同时负责对数据通道信号检测功能。

◆ 极致兴通面临挑战

- **高速光模块产品较少**：极致兴通当前仅能量产100G光模块，200G与400G光模块仍在研发阶段。与中国头部光模块企业相比，极致兴通存在2代的技术差距。
- **产品在中国的市场认可度有待提高**：极致兴通将业务重心从欧美市场转向中国，产品需经过中国各大设备厂商的认证。极致兴通能否进入各大通信设备厂商的认证具有较大的不确定性。

www.leadleo.com

中国光模块行业企业推荐——储翰科技（1/2）

光模块业务是储翰科技战略性业务。2019年上半年，储翰科技成功量产100G光模块，光模块业务收入同比增长362%，成为储翰科技利润主要增长点

企业名称：储翰科技股份有限公司
成立时间：2009年
企业总部：成都



企业简介

储翰科技股份有限公司（以下简称“储翰科技”）成立于2009年，总部位于中国成都，是一家专业从事通信类光电器件产品研发、生产与销售的高科技企业，其产品广泛应用于电信、数据通信、有线电视、高清视频图像传输、监控和工业控制通信等领域。

储翰科技从原来的光电器件组件产品为主延伸到芯片封装业务、光电模块业务，使公司在光电器件组件和光电模块的研发能力和研发速度显著提高，行业竞争力大幅提升。储翰科技产品较为完整覆盖光电器件全产业链，为客户提供定制化的产品解决方案，同时在成本控制、质量保证方面更具优势。

◆ 储翰科技核心业务

储翰科技主要包括三大业务版块，分别为光模块、光电器件组长与光芯片封装业务。储翰科技生产的光模块可广泛应用于数据通信、无线网络与接入网三大领域。光模块业务是储翰科技战略性业务。2019年上半年，储翰科技成功量产100G光模块，光模块业务收入同比增长362%，成为储翰科技利润的主要增长点。储翰科技通过芯片封装业务的规模化发展和产品研发，支持光电器件组件和光电模块的研发，实现成本控制。

储翰科技业务版块

产品种类	业务定位	业务表现	业务发展方向	产品图	
光模块	• 数据通信与无线网光模块 (25G-100G中高端产品) • 接入网 (10G EPON、10G GPON)	战略性业务	2019年上半年实现100G光模块量产，光模块业务收入同比增长 362%	高速、多通道、小尺寸、低功耗、高兼容性	
光器件组装	• 10G EPON/GPON Bosa • 4x10G ROSA/TOSA	优势业务	月产能 300kk 只，具备规模化的交付能力和成本优势	打造自动化生产线，提升生产效率	
芯片封装	• TO封装 (10G CWDM MACOM TO38、10G EML、RFOG、25G DFB TO56、25G CWDM TO38等) • COB封装	辅助型业务	TO封装产品月产品 24.4kk 只	加大芯片封装的研发和规模化生产，降低生产成本	—

来源：储翰科技官网，头豹研究院编辑整理

©2020 LeadLeo



www.leadleo.com

中国光模块行业企业推荐——储翰科技（2/2）

储翰科技通过构建完整光电器件产业链，为用户提供差异化的产品方案、制造方案和成本方案，实现上下游协同发展，形成储翰科技持续的竞争优势

储翰科技投资价值分析

储翰科技投资亮点		储翰科技面临挑战		储翰科技应对措施	
产业链垂直整合优势	<ul style="list-style-type: none"> 具体方案：储翰科技实施了上下游业务拓展发展计划，加大芯片封装、光电模块的研发投入和产业化 方案成效：储翰科技通过构建完整光电器件产业链，为用户提供差异化的产品方案、制造方案和成本方案，实现上下游协同发展，形成储翰科技持续的竞争优势 	不具备200G以上高端光模块生产能力	200G与400G光模块生产工艺被头部光模块企业垄断。储翰科技仅批量生产100G光模块，200G与400G光模块仍在研发阶段	加强研发投入	2019年上半年，储翰科技研发费用高达 942.6 万元，同比上升 62.1%
自动化生产线	<ul style="list-style-type: none"> 具体方案：储翰科技自研TO56共晶机、COC共晶机、平行封焊机、封帽机改造、PT新结构耦合机、LD耦合机优化等项目。 方案成效：储翰科技通过自主研发的自动化设备对产线升级改造，提高生产效率，大幅提高交货能力 				
完整光电器件研发团队	<ul style="list-style-type: none"> 具体方案：在光电器件组件技术研发团队的基础上，储翰科技融入了芯片封装和光电模块的研发团队，建立了从芯片封装、光电器件组件、光电模块完整的光电器件研发团队 方案成效：储翰科技通过上下游协作研发，优化产品方案，提高研发速度，提升产品的竞争能力 	客户集中度高	储翰科技前五名客户的营业收入占营业收入总额的比例为 87.0% 。由于客户集中度高，如果这些客户的经营状况发生变化或与储翰科技的业务关系发生变化，将给储翰科技的经营带来巨大挑战	积极开拓市场，增添新客户	向多家通信设备企业送样，期望达成新的合作。2018年，储翰科技光电模块送样送样数量 1,148 只，最终通过多家通信设备企业的资质审核，有望进入对方的供应链体系
其他优势	<ul style="list-style-type: none"> 享受政策福利：储翰科技为高新技术企业，受政府大力扶持。截至2020年6月，储翰科技累计收获政府6.7千万元补贴 产能持续扩张：2018年，储翰科技启动现有产线技术改造，大幅提升产能，完善上下游的产能匹配。改造后，储翰科技光电器件年产能达到5,000万只 				

方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究10大行业，54个垂直行业的市场变化，已经积累了近50万行业研究样本，完成近10,000多个独立的研究咨询项目。
- ◆ 研究院依托中国活跃的经济环境，从5G通信技术、光模块与光芯片等领域着手，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。