

通信

2020年06月29日

光模块高景气延续，传输升级必需品带来估值溢价

——行业深度报告

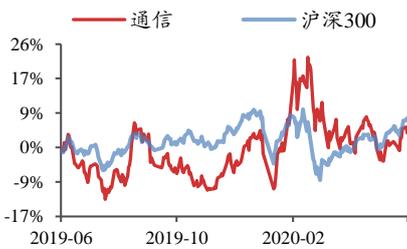
投资评级：看好（维持）

赵良毕（分析师）

zhaoliangbi@kysec.cn

证书编号：S0790520030005

行业走势图



数据来源：贝格数据

相关研究报告

《通信行业 2020 年中期投资策略-寻找确定性、高景气、大空间》-2020.6.21

《行业点评报告-美国解除华为部分禁令，5G 不惧曲折总体向前》-2020.6.16

《行业周报-Q2 业绩有望环比改善，地摊经济助 5G 应用发展》-2020.6.14

● **投资核心：一代传输产品管后续 2 代，5G 传输升级带来光模块持续高景气**
每一代通信技术的革新对用户的体验都是跃变的，5G 更为突出。5G 基本实现了个人通信的极致（单用户平均下载速率为 1Gbps），对传输网络提出了更高的要求。3/4G 时代传输网主要以 PTN 形式承载，5/6G 时代有望以 SPN 为主导，光模块作为传输网及其与主设备端的连接转换器件成为一个重要关口，一代传输产品管后续 2 代的通信技术需求，光模块正处在全面升级革新之中。而与无线网适配的有线网络要想在用户体验竞争中获胜，也必须同步进行传输网络的升级，从而带来光模块的持续繁荣。

● **5G 建设进程超预期，数据中心快速发展，光模块需求全面提振**
光模块是光通信器件的基石，在光通信领域中主要进行光电转换。经历了多代变迁，技术相对成熟，并逐渐向高速、小型、低耗、远距、和热插拔方向发展。近年来，5G 网络对于光模块提出更高要求，前传光模块将从 10G 升级到 25G 光模块，城域网从 10G/40G 升级到 100G，骨干网从 100G 升级到 400G。大型数据中心带动 100G 光模块迅速增长，同时 400G 光模块也将大规模应用。得益于下游 5G 建设的进程超预期以及大型数据中心的快速建设需求，需求端全面提振。

● **受疫情影响 Q1 产能未完全释放，Q2/Q3 在手订单充足，光模块供不应求**
近年来，国外企业已逐步退出光模块封装领域，退出或者转型专注于光芯片，产业链逐渐向中国倾斜，国内核心技术突破+大订单+业绩反转，国产光模块优势越来越明显。同时，国内厂商积极向上游光芯片领域布局，补齐产业链薄弱环节，全球光模块产业链向中国集中趋势明显。Q1 产能受疫情影响（武汉比较严重，武汉也是中国光电产业集中区域），订单都不同程度延期交付，特别是地处武汉的光迅科技，Q1 业绩下降较为明显，随着国内疫情逐渐缓解，光模块厂商在手订单饱满，Q2 产能开始释放，Q3 有望延续供不应求状态，我们预计 Q3/Q4 数通光模块有望陆续放量，整体带来光模块厂商全年业绩兑现明确。

● **光模块行业弹性大估值消化能力强，同时传输必需品确定性带来估值溢价**
对电信市场而言，在无线侧，每个基站对应的光模块不受基站的配置和所属频率影响，只与基站数强相关；同时随着数据流量的增长，传输侧的光模块也需要同步速率升级，因此光模块是 5G 产业链弹性最高板块，量价齐升带来高速光模块 5G 业绩有望大幅提升，估值消化能力强；同时数通市场有望与电信市场需求基本同步，传输必需品确定性强，可进一步享受市场高估值溢价。考虑后续中国广电和中国移动共建共享 700M 网络（频率堪称黄金频率，5G 信号比 2G 信号还要好），光模块高景气有望延续数年，我们看好国内光模块行业中各具特色的优质公司。推荐标的：光迅科技（002281.SZ）、中际旭创（300308.SZ）、剑桥科技（603083.SH）、新易盛（300502.SZ）、天孚通信（300394.SZ）。

● **风险提示：**市场竞争加剧风险；新技术不确定性较强；中美贸易摩擦风险。

目 录

1、 光模块是光通信器件的基石	4
1.1、 “光进铜退”带动光模块发展	4
1.1.1、 光模块种类、功能不断演进	4
1.1.2、 光模块将向高速、小型、低耗、远距、和热插拔发展	5
1.2、 内外动力促使行业景气度持续	6
1.2.1、 顶层设计完善带动市场活力	6
1.2.2、 5G 全产业链激发光模块需求	7
1.3、 并购不断，光模块行业马太效应凸显	9
2、 光模块产业链全球分工明确	10
2.1、 光模块是光通信中的重要一环	10
2.2、 欧美日等国加速行业整合，专注于高端产品	12
2.3、 国内企业加速追赶，自主可控意义重大	14
2.3.1、 高速芯片国产能力仍需提高，产业链存在薄弱环节	14
2.3.2、 国内厂商加速追赶，有望引领全球光模块市场	15
3、 光模块行业向高速演变	17
3.1、 5G 提速带动光模块代际升级	17
3.1.1、 5G 前传方案大局已定，全面升级 25G 灰光模块和 CWDM 彩光模块	17
3.1.2、 承载网回传升级，城域网从 10G/40G 到 100G，骨干网从 100G 到 400G	19
3.2、 超大规模数据中心建设引领光模块进入 400G 时代	20
3.3、 高速光模块带来全球产业链格局变化	22
4、 光模块拥有海量应用市场	22
4.1、 5G 电信市场带来增量需求	23
4.1.1、 接入网释放前传光模块市场	23
4.1.2、 承载网中回传光模块市场广阔	24
4.2、 数通市场发展推动高速光模块增长	25
5、 投资建议	26
5.1、 光迅科技（002281.SZ）	26
5.2、 中际旭创（300308.SZ）	26
5.3、 剑桥科技（603083.SH）	27
5.4、 新易盛（300502.SZ）	27
5.5、 天孚通信（300394.SZ）	27
6、 风险提示	28

图表目录

图 1： 光模块伴随光通信行业不断发展	4
图 2： 硅光模块未来前景广阔	6
图 3： 5G 无线网建设对光模块	8
图 4： 2020 年 5G 建设进程超预期	8
图 5： 全球云计算流量持续攀升	8
图 6： 数据中心建设呈现扁平化	9
图 7： 光模块产业链全球分工明确	10
图 8： 在高端光模块中，芯片所占成本比重近 70%	11

图 9: 国内厂商跻身全球十大	12
图 10: 国内厂商研发投入不断增加	15
图 11: 2016 年仅光迅科技进入全球厂商前十	16
图 12: 2017 年进入全球前十国产厂商数量增多	16
图 13: 2018 年中际旭创全球份额升至 7%	16
图 14: 2019 年中际旭创全球份额升至 12.4%	16
图 15: 光纤直驱方案为运营商首要选择	17
图 16: 无源 WDM 方案广泛应用于需要节约光纤的场景	17
图 17: 10G 光芯片超频改造光模块成本低廉	18
图 18: 25G 光芯片方案仍是最优选择	19
图 19: 不同速率要求使用不同的中回传光模块	19
图 20: 规模商用期承载网光模块全面升级, 不同速率使用不同的中回传光模块	20
图 21: 众多厂商选择 QSFP-DD 封装方式	21
图 22: 5G 网络建设对光模块需求	23
图 23: PON 网络由光线路终端、光分配网络和光网络终端构成	24
图 24: 5G 网络前传包括四种场景	24
表 1: 光模块速提升、应用广泛	5
表 2: 国家大力推动光模块产品升级	7
表 3: 光模块厂商加速产业整合	9
表 4: 电芯片研发难度较大	11
表 5: 光模块主要应用于电信市场与数通市场	12
表 6: 欧美日等国加速行业整合, 多家企业展开收购、合并	13
表 7: 海外厂商基本拥有光芯片自研能力, 具备全产品线	13
表 8: 海外厂商不断布局硅光技术, 引领硅光技术发展	14
表 9: 国产芯片研发及生产能力仍有待提高	14
表 10: 国内厂商入局硅光技术, 抢占下一代技术	16
表 11: 数据中心光模块不断演变	20
表 12: QSFP-DD 和 OSFP 有望成为主流 400G 封装方式	21
表 13: 光模块应用于各类数据传输业务	22
表 14: 5G 承载光模块应用场景丰富	25
表 15: 数据中心推动光模块升级	26
表 18: 相关推荐公司估值表	28

1、光模块是光通信器件的基石

1.1、“光进铜退”带动光模块发展

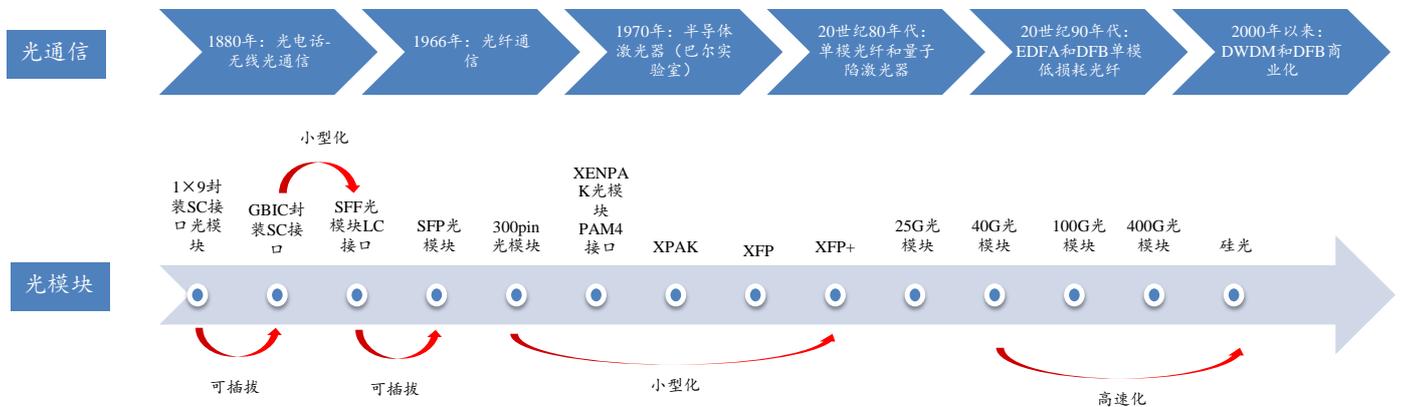
光模块 (optical transceiver) 是指进行光电和电光转换的光电子器件。光模块的发送端把电信号转换为光信号,接收端把光信号转换为电信号,主要由光纤接口、信号处理单元、电路接口三部分组成。广泛应用于数据中心(云)、电信网络(管)、接入终端(端)领域。

伴随着“光进铜退”,光模块开始崛起。当通信进入现代科技阶段,首先以电为研究对象。从早期的固定电话,到 2G、3G 无线通信基本都是基于电的通信方式。但受限于电缆本身的特性无法实现高速率信号的长距离传输。用电传输信号,随着传输距离增加频率越高,损耗越大,信号变形越厉害,从而引起了接收机的判断错误,导致通信失败。为了克服这个限制,光模块把电信号在发射端转成光信号,即发送器 (Transmitter),负责将设备产生的电信号转换成光信号发出;而在接收端再把收到的光信号转换成电信号,即为接收器 (Receiver)。把 Transmitter 和 Receiver 封装在一个模块里,组合成为 Transceiver,既可以发送也可以接收,即为光模块 (optical transceiver)。

1.1.1、光模块种类、功能不断演进

光模块自身进化经历了速率提升、封装形式改变、接入应用改变和功能提升等方面。其中 SFP (Small Form-Factor Pluggable) 的 Transceiver 模块,也称为小封装可插拔模块,支持热插拔,即插即用。SFP 的速率越做越高,从 1.25G、2.5G、4G、6G、到了 10Gb/s 以后,原先的封装大小已无法满足,因此定义了新的标准 XFP。XFP 指的是 10Gb/s 速率的可插拔光模块。随着集成工艺的提升,可以实现将 XFP 装进 SFP,这种新的 SFP 的 Transceiver 称作 SPFP+,即增强型 SFP 模块。SFP 和 SPFP+尺寸大小,但比早期的 XFP 光模块外观尺寸缩小了约 30%。和 SFP 连接器定义,功能完全相同,简化了设计,功耗更小。为了区分,把支持 8Gb/s 以 5G 上的 SFP 称为 SPFP+。

图1: 光模块伴随光通信行业不断发展



资料来源: C114、开源证券研究所

表1：光模块速提升、应用广泛

类型	特点			数字诊断 功能	应用	
	速率	波长	距离		数据通信	电信
1×9 光模块	155Mb/s-1Gb/s	1310nm、 1550nm	可达 80KM	无	快速以太网、 千兆以太网	OC-3/STM-1、 OC-12/STM-4
GBIC 模块	155Mb/s-2.5Gb/s	850nm、 1310nm、 1550nm	可达 160KM	无	千兆以太网、 1x/2x 光纤通 道	OC-3/STM-1、 OC-12/STM-4、 OC-48/STM-16
SFF 模块	155Mb/s-2.5Gb/s	850nm、 1310nm、 1550nm	可达 80KM	部分	快速以太网、 千兆以太网、 1x/2x/4x 光纤 通道	OC-3/STM-1、 OC-12/STM-4、 OC-48/STM-16
SFP 模块	155Mb/s-2.5Gb/s	850nm、 1310nm、 1550nm、 WDM	可达 100KM +	有	快速以太网、 千兆以太网、 1x/2x/4x 光纤 通道	OC-3/STM-1、 OC-12/STM-4、 OC-48/STM-16
PON 模块	155Mb/s-2.5Gb/s		可达 20KM	有		PON 接入网
XFP 模块	10 Gb/s	1310nm、 1550nm、 DWDM	可达 80KM	有	10G 以太网、 10G 光纤通道	OC-192/STM-64
300pin Transponder 模块	10 Gb/s	1550nm、 DWDM	可达 80KM	有		OC-192/STM-64

资料来源：光通信观察、开源证券研究所

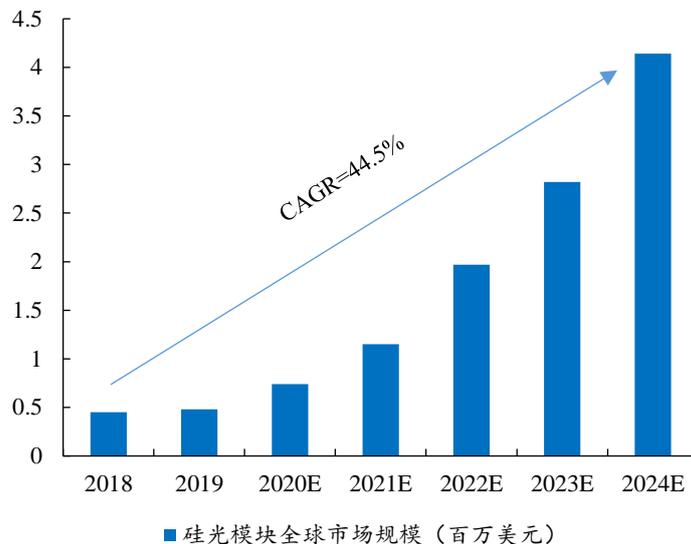
1.1.2、光模块将向高速、小型、低耗、远距、和热插拔发展

目前，扩展速率通信网络传输容量的增大光纤通信已成为主要通信方式。对光收发模块的要求逐渐提升，主要表现为高速率、小型化、低功耗、远距离和热插拔。人们的需求越来越多的信息量，信息传输速度的要求越来越快，光通信网络作为现代信息交换、处理和传输的中流砥柱，是超高频率、高速度、大容量、传输速率高、大容量、发送每个信息成本越来越小。光学装置一般采用混合集成技术和密封的包装过程，下一步将有望向不气密发展，需要依靠被动光学耦合技术来提升自动化生成程度，降低成本。光学网络铺设距离增加要求远程收发器相匹配，要求光模块向远距离发展。光模块未来需支持热插拔，即没有切断电源时光模块可以连接或断开设备。网络管理人员可以在不关闭网络时升级和扩展的系统，不影响在线用户使用。热插拔可以简化了维护工作，使最终用户更好地管理他们的光模块。同时，由于换热性能，光模块可以让网络管理人员根据网络升级需求，总体规划，链接距离输电费用和所有网络的拓扑结构，而不需要更换所有的系统板。光学模块支持热插拔有 GBIC 和 SFP(小形式可插入)，因为 SFP 和外观差不多的大小，设定触发器可以直接插在电路板，应用范围广，因此其未来发展值得期待。

硅光模块有望成为推动光通信产业新动力。硅光子技术是基于硅和硅基衬底材料(如 SiGe/Si、SOI 等)，利用现有 CMOS 工艺进行光器件开发和集成的新一代技术，结合了集成电路技术的超大规模、超高精度制造的特性和光子技术超高速率、超低功

耗的优势，是应对摩尔定律失效的颠覆性技术。硅光模块优势十分明显，包括低能耗、低成本、带宽大、传输速率高等。但同时由于硅光芯片在材料和生产技术方面的复杂，目前仍存在着明显的劣势，比如成本高、技术成熟度低等。随着硅光技术探索的不断深入，未来硅市场有望迎来迅猛增长。Yole 的数据显示，2018-2024 年硅光市场规模年复合增长率为 44.5%，2024 年有望增长到 40 亿美元。

图2: 硅光模块未来前景广阔



数据来源: Yole、开源证券研究所

1.2、 内外动力促使行业景气度持续

1.2.1、 顶层设计完善带动市场活力

光模块是信息光电子技术领域核心的光电子器件，是构建现代高速信息网络的基础。2012 年工信部颁布《电子信息制造业“十二五”发展规划》，明确指出将推动智能光网络和大容量、高速率、长距离光传输、光纤接入 (Fttx) 等技术和产品的发展，近年来，国家制定了多项产业政策和实施方案以支持行业发展，助力行业升级。2018 年工信部发布的《中国光电子器件产业技术发展路线图 (2018-2022 年)》中对光模块器件发展提出了新的标准。

表2：国家大力推动光模块产品升级

重点发展产品	发展目标	
	2020年	2022年
200G速率QSPF56、400G速率OSFP/QSFP-DD、1T速率光收发模块	实现200G、400G产品规模化生产，核心光电芯片实现30%的国产化	实现400G速率以下产品所用核心光电芯片50%的国产化。市场占有率提升到70%，1T+速率光收发模块产品实现市场突破
HDMI2.1/DisplayPort1.4视讯传输有源光缆	实现产品的低成本规模化生产，核心光电芯片实现60%的国产化，光缆实现100%全国产	继续提升消费有源光缆的全球市场占有率到50%
100G/200G、400G/600G、1T+速率CFP2-DCO/OSFP-DCO/QSFP-DDDCO/OBODCO相干光收发模块	实现100G/200G，400G/600G速率相干光模块国产化，其中光电芯片的国产化率达到100%	实现1T速率及以上速率OBO-DCO相干光模块芯片国产化
25G/100GSFP工业级光收发模块	实现25Gb/sSFP模块的量产，核心光电芯片实现10%的国产化	实现25Gb/sSFP模块销售规模化，核心光电芯片国产化率达到70%。实现工业级100Gb/sSFP模块规模化销售
10GPONOLT与下一代PON光收发模块	实现10GPONOLT产品的低成本规模化生产，核心光电芯片实现50%的国产化	实现25Gbs/50Gb/sNG-PON及WDM-PON模块的规模化生产，核心光电芯片的国产化率达到70%

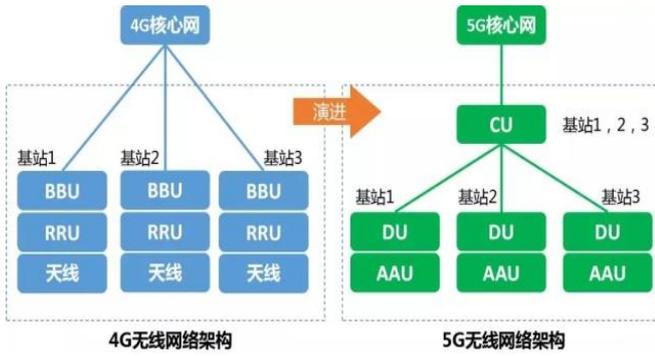
资料来源：工信部、开源证券研究所

1.2.2、5G全产业链激发光模块需求

运营商发力5G基站建设，光模块需求持续不断扩容。2019年我国已建成超过13万个5G基站，2020年为5G基站大规模建设元年，主要覆盖城市区域。2020年5G网络建设将更多SA组网为主，商用价值更高。2020年两会期间，工信部表示我国每周新增1万多个基站。根据运营商投资计划来看，三大运营商2020年9月份将建成70万个基站，而9-12月份建设并不会停止。随着中国广电作为新入局者，与中国移动共享共建700MHz 5G基站，前传、中回传有望进一步扩容。

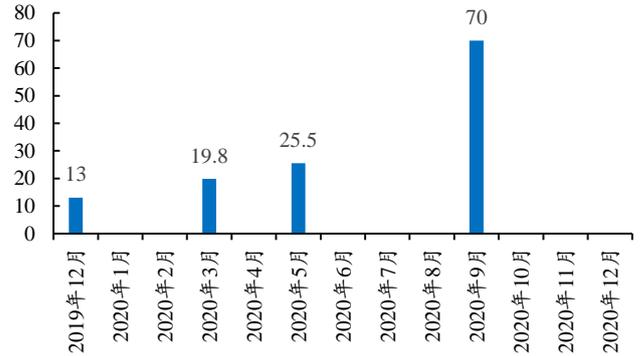
光模块是5G网络物理层的基础构成单元，广泛应用于无线及传输设备。5G网络主要由三个主要部分组成，分别为无线网、承载网、核心网。其成本在系统设备中的占比不断增高，部分设备中甚至超过50-70%，是5G低成本、广覆盖的关键要素。5G网络建设相较于4G对光模块提出的新的要求。5G无线接入网（RAN）重新划分为有源天线单元（AAU）、分布单元（DU）、集中单元（CU）部分。在无线网侧的基站中，AAU与DU之间的前传光模块将从10G升级到25G，新增加了DU和CU间的中传光模块的需求。假设一个DU承载一个基站，每个基站连接3个AAU，每个AAU一对收发接口，5G前传将为25G光模块带来至少3000万个的规模需求。

图3: 5G 无线网建设对光模块



资料来源: 开源证券研究所

图4: 2020 年 5G 建设进程超预期

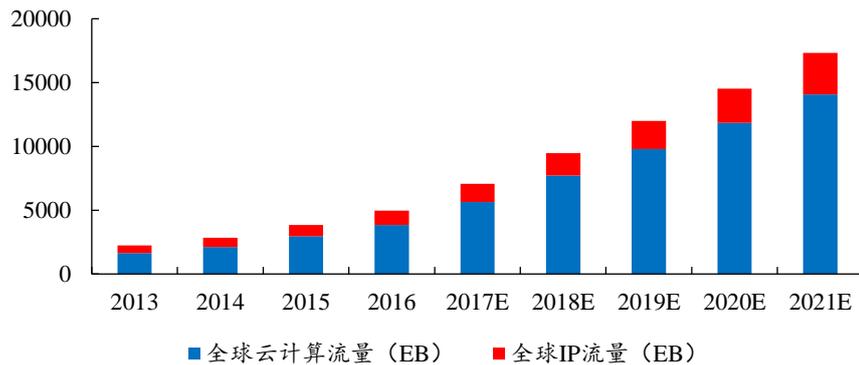


数据来源: 运营商官网、开源证券研究所

5G 网络将以 SA 组网为主，需要建设独立的 5G 承载网。5G 承载网分为骨干网，省网和城域网。在承载网的回传中，城域网的需求从 10G/40G 升级到 100G，城域网进一步可细分为核心层，汇聚层，接入层，不同层级的承载网通过不同的端口速率提供不同能力的中回传服务，需要不同速率的中回传光模块。骨干网对光模块的需求将从 100G 升级到 400G。

5G 网络商用将带动全球大型/超大型数据中心的建设，进一步拉动光模块市场需求。5G 网络的大带宽、广连接、低时延将极大提高数据通信量，并带动高清视频、VR、云计算等下游产业发展，对数据中心内部数据传输提出了更高要求。大型数据中心的扩容、新建、网络性能的优化将进一步开展。根据 Cisco 的预测，全球 IDC 市场规模将持续增长，到 2021 年全球将有 628 个超大规模数据中心，相比 2016 年的 338 个，增长近 1.9 倍。Cisco 预测全球云计算总量将从 2016 年的 3850EB 增长到 2021 年 14078EB。

图5: 全球云计算流量持续攀升



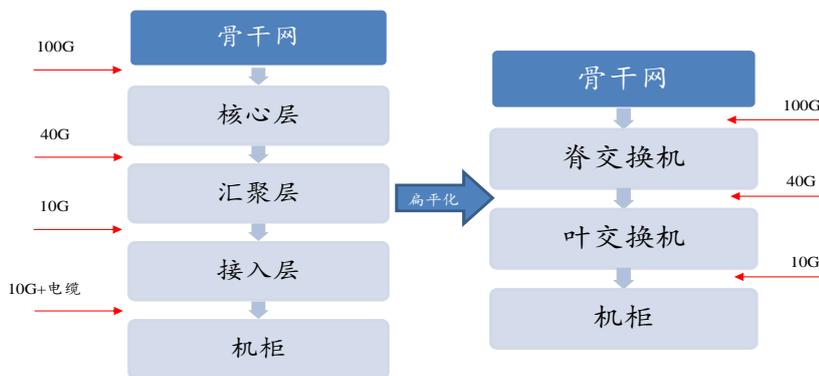
数据来源: Cisco、开源证券研究所

全球数据中心进入 400G 时代，要求光模块向高速率、长距离发展。数据中心大型化趋势导致传输距离需求提升，多模光纤的传输距离受限于信号速率的提升，预计将逐渐被单模光纤代替。大型数据中心的建设将带动光模块行业产品升级，高端光模块产业需求有望放量。

扁平化新型数据中心增加了对光模块的需求。数据中心架构从传统的“三层汇聚”向“两层叶脊架构”转型升级，使数据中心从基于纵向（南北向）流量建立变为基于横向（东西走向）建立，满足数据中心东西流量需求的同时加速数据中心内部的横向扩

展。传统三层架构下光模块数量约为机柜数的 8.8 倍(8 个 40G 光模块, 0.8 个 100G 光模块), 改进的三层架构下光模块数量约为机柜数的 9.2 倍(8 个 40G 光模块, 1.2 个 100G 光模块), 新兴的两层架构下光模块数量约为机柜数的 44 或 48 倍(其中 80-90%是 10G 光模块, 配置 8 个 40G 模块或 4 个 100G 模块)。

图6: 数据中心建设呈现扁平化



资料来源: C114、开源证券研究所

1.3、 并购不断，光模块行业马太效应凸显

国际市场主要有 Finisar、Avago 和 Source Photonics 等国际知名企业，专注于高端光模块的研发及生产。光通信行业持续发展的背景下，光模块企业加快并购重组，进行产业链垂直整合，行业集中度进一步提高。2017 年光器件市场份额前三分别为 Finisar、Lumentum 和 Oclaro，CR4 为 35%，2018 年 Lumentum 收购 Oclaro，II-VI 收购光器件市场领导者 Finisar，光模块行业头部企业强强联手，竞争度逐渐增加。

表3: 光模块厂商加速产业整合

时间	收购方	被收购方/出卖方	内容
2012 年 12 月	光迅科技	IPX	AWG、PLCA 生产能力
2013 年 10 月	II-VI	Oclaro	InP 光芯片及组件技术供应商
2014 年 10 月	NeoPhotonics	Emcore	可调波长激光器和光模块产线
2015 年 2 月	奥纳科技	Avensys Inc.	光学元件及光纤光栅等
2016 年 2 月	光迅科技	Almae	InP 基高速激发器的研发
2018 年 2 月	Lumentum	Oclaro	InP 激光器、集成光芯片
2018 年 4 月	剑桥科技	Macom 公司日本子公司	LR4 光组件以及 CWDM4 光组件和光模块
2018 年 7 月	Infinera	Coriant	超大规模网络解决方案提供商
2018 年 11 月	II-VI	Finisar	
2019 年 4 月	剑桥科技	Oclaro 日本 SPV 公司	光模块业务
2019 年 12 月	光库科技	Lumentum	LiNbO3 (铌酸锂) 高速调制器产品线
2020.6	华西股份	索尔思	光芯片技术和产品

资料来源: 各公司公告、开源证券研究所

头部公司致力于光芯片等高利润领域，**组装产业逐渐向中国转移**。根据 Ovum 的数据，国产厂商光模块销售额排名不断提升，预计 2020 年中际旭创有望成为全球销售额第一的供应商，打破 Finisar 连年第一的格局。国产厂商近年来也加大并购力度，不断布局高端光模块产品，实现升级。剑桥科技接连收购 MACOM 公司日本子公司 MACOM Japan 部分业务，从 Oclaro 日本公司购买光模块生产线，接入高速光模块业务。

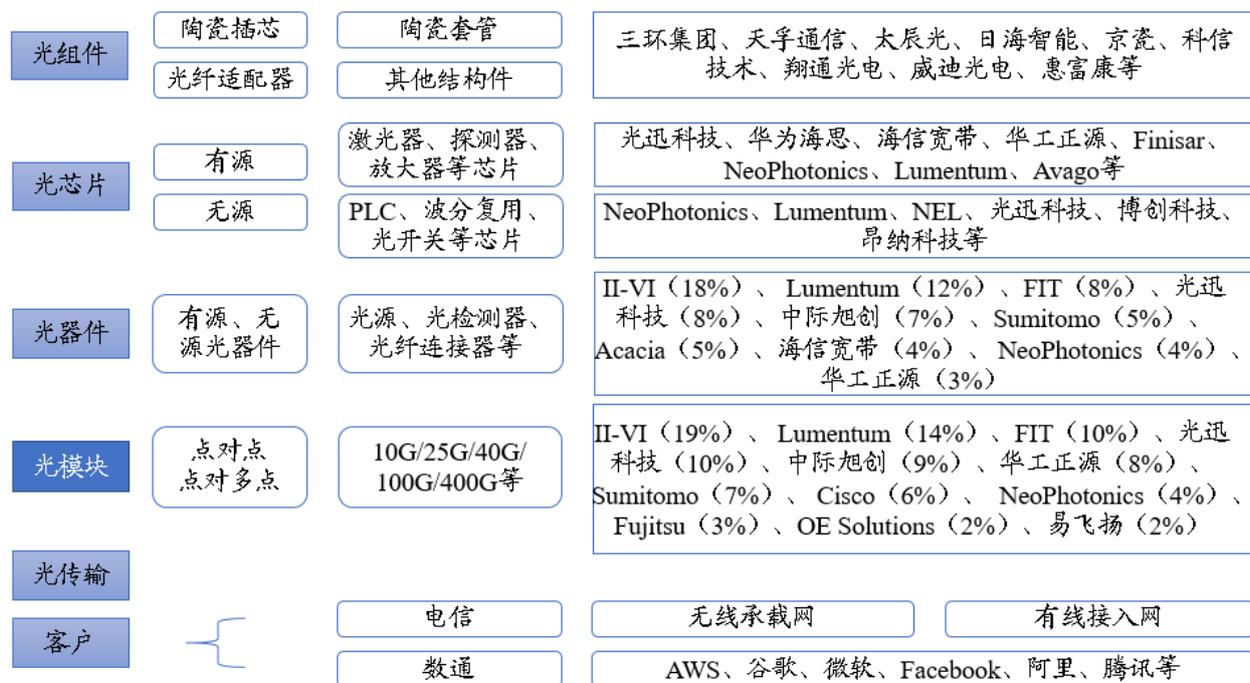
2、光模块产业链全球分工明确

2.1、光模块是光通信中的重要一环

光模块处于光通信产业链中游，**市场稳定增长**。光模块主要在发送端和接收端分别实现信号的电-光转换和光-电转换，应用非常广泛。从产业链的结构来看，光模块的上游主要为光芯片和无源光器件，下游客户主要为电信主设备商、运营商以及互联网和云计算企业。

光模块产业链全球分工明确。受历史原因影响，欧美日等发达国家技术起步较早，因此专注于芯片和产品的研发，拥有较大的技术优势。中国凭借着劳动力优势，在产业链的中游占据较大市场份额，我国已经成为全球光模块制造基地，从 OEM、ODM 模式发展为多个全球市占率领先的光模块品牌。虽然产业链分工提高了效率，但不利于中国的技术独立，且难以分享上游市场。随着 5G 时代的到来以及中美之间科技战的愈演愈烈，中国有望向上游发力，实现技术突破，改变现有光模块产业链的全球格局。

图7：光模块产业链全球分工明确

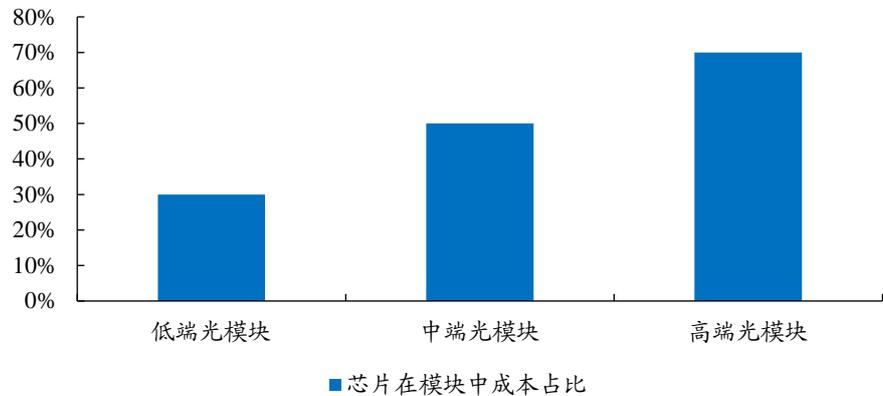


资料来源：Yole、各公司官网、开源证券研究所

上游光芯片领域技术壁垒较高，且占据光模块主要成本。从产业链价值来看，光通信领域呈现出明显的“倒金字塔”形，产业链越上游，核心价值越高，上游的芯片工艺决定了整个光模块的性能，技术壁垒、行业集中度明显更高，占据整个光模块的大量

成本空间。同时，随着光模块从低端向高端过渡，对应的光芯片研发的技术难度也会逐渐加大，相应的芯片在器件中的成本比重也会提高，高端器件中芯片的成本高达70%。

图8: 在高端光模块中，芯片所占成本比重近70%



数据来源：中国半导体行业协会、开源证券研究所

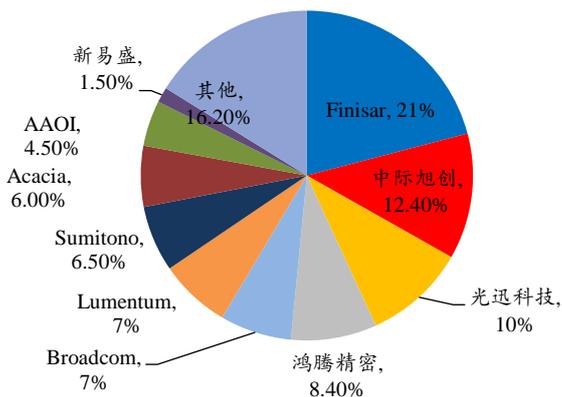
电芯片研发难度大，且依赖于完整的半导体产业链。电芯片一方面实现对光芯片工作的配套支撑，一方面实现电信号的功率调节，另一方面实现一些复杂的数字信号处理，电芯片通常配套使用，主流芯片厂商一般都会推出针对某种型号光模块的套片产品。但其研发难度较大，由于上游设计是知识密集型行业，需要经验丰富的尖端人才。中游晶圆制造及加工设备需重资产投入，进入门槛极高，并且镀膜、光刻、刻蚀等关键设备由少数国际巨头把控。同时，光模块电芯片属专用芯片市场，市场相对较小，需要光模块厂商的长期配套扶持。

表4: 电芯片研发难度较大

类别	主要功能	难度
LD 激光驱动器芯片	在 DFB、FP 等激光器前产生驱动电信号	中
TIA 跨阻放大器芯片	实现电信号的功率调节	中
MA 主放	实现电信号的功率调节	中
DSP 数字信号处理芯片	实现 PAM4 调制或相干调制	高
CDR 时钟和数据恢复电路	在输入数据信号中提取时钟信号并找出数	高
MUX&DeMUX 并串/串并转换电路	据和时钟正确的相位关系	低

资料来源：中国产业信息网、开源证券研究所

国内光器件市场逐步提升，行业技术突破带来毛利率提升。随着全球光通信产业的并购合并，全球十大光器件厂商排名在 2019 年发生了变化，中国光器件厂商占据全球十大光器件厂商 4 位，市场份额从 2018 年的 18.05% 提升到了 2019 年的 21.78%。同时，由于新技术突破下多家光器件企业产品结构重组的影响，全球光器件企业毛利率有所提升，并趋于相近，普遍保持在 25%-30% 之间。

图9：国内厂商跻身全球十大


数据来源：Ovum、开源证券研究所

光模块主要应用于电信市场与数据市场。在电信市场，光模块厂商的主要客户为通信设备制造商，而终端用户为运营商。数通市场：下游应用者主要是互联网服务商的数据中心，如BAT、谷歌、亚马逊等。近年来数通市场逐步成为驱动全球光模块增长的主要细分领域。以谷歌、亚马逊等为代表的云计算厂商的资本开支不断提升，驱动云数据中心建设数量和流量的不断增长，数通市场近年来在整体市场中的重要性也日趋显著。

表5：光模块主要应用于电信市场与数通市场

应用范围	具体内容
数据宽带	以各种数据业务为主的信息都被转换成数字化的信号在数据通信网上传输，传输介质为光纤，在各个网络节点处，光模块将传输的光信号转换成电信号，供相应的网络设备对数字信号进行处理。
电信通讯	以电话、电报、语音、传真、图像等业务为主的信息都被转换成数字化的信号在电信通讯网上传输，传输介质为光纤，在各个网络节点处，光模块将传输的光信号转换成电信号，供相应的网络设备对数字信号进行处理。
Fttx	从区域电信机房的局端设备(OLT)到用户终端设备(ONU)之间网络，采用光纤作为传输介质，在OLT和ONU的光接口处都使用光模块进行光电信号的转换。
安防监控	高清数字监控摄像头经过光纤与光网络终端(ONU)连接进城市网络监控，ONU设备中的光模块实现传输中的光电信号转换，光网络终端与监控综合接入点采用无源光网络来做承载。
智能电网	配电自动化系统和用电信息采集系统采用无源光网络解决方案，在局端OLT设备和用户ONU设备中光模块实现数据信息的光电信号转换。
数据中心	在一个物理空间内实现信息、数据的集中处理、储存、传输、交换和管理，数据中心的互联基于高速光网络，传输节点由光模块进行光电信号转换

资料来源：开源证券研究所

2.2、欧美日等国加速行业整合，专注于高端产品

欧美日各国不断进行整合，抢占下一代光通信市场。由于低端产品价格透明，许多海外企业无法接受过低的毛利率进而剥离光模块业务专注于芯片或保留高端产品。从2018年开始美国光通信的龙头公司陆续进入整合阶段，厂商数量减少，同时思科等主设备商陆续收购Luxtera、Acacia等硅光龙头，布局下一代光通信技术及市场。Lumentum收购Oclaro，II-VI收购Finisar，行业巨头间不断进行整合，推动产业格

局变革。

表6：欧美日等国加速行业整合，多家企业展开收购、合并

时间	收购方	被收购方	金额（美元）	收购影响
2018.3.12	Lumentum	Oclaro	18 亿	Lumentum 将获得业界领先的磷化铟(InP)激光器、光子集成技术(PIC)和相干器件模块研发制造实力。
2018.11.8	II-VI	Finisar	32 亿	在通信、材料加工、消费电子和汽车领域，II-VI 与 Finisar 的结合将充分发挥 InP、GaAs、SiC、GaN、SiP 和金刚石的完整技术和知识专利，缩短产品上市时间，大规模降低成本。同时，更好地实行战略定位，在 5G、3D 传感、云计算、电动和自动驾驶汽车以及先进微电子制造等新兴市场中发挥强有力的领导作用。
2018.12.18	思科	luxtera	6.6 亿	思科和 Luxtera 在 100GbE / 400GbE 光学、芯片和工艺技术方面的能力的结合将使客户能够构建针对性能、可靠性和成本优化的面向未来的网络。
2019.7.10	思科	Acacia	26 亿	Acacia 主要为电信及数据通信行业提供高速光纤传输智能收发器。旗下产品包括了一系列低功耗的连贯数字信号处理器和硅光子集成电路的集成光学互连模块，产品应用范围包括长途运输及跨数据中心市场等。Acacia 的光学技术，将会结合思科在光学、芯片和软件技术优势，继续增强思科在硅光子领域的技术实力。

资料来源：各公司官网、开源证券研究所

海外光模块厂商基本都具备光芯片自研能力。光模块主要是应用于电信市场和数通市场，因此其型号分散，种类繁多。因此，各个厂商为了能够丰富产品种类，快速满足客户对于产品型号、规格的各种要求，同时受光芯片市场企业代工意愿较低的影响，各光模块厂商纷纷向上游布局，开始自研芯片。海外光模块厂商基本都拥有自己的光芯片生产线，进行全产业链布局，产品能够快速迭代，抢占市场。

表7：海外厂商基本拥有光芯片自研能力，具备全产业链

厂商	产品线	产品介绍	激光器	模式
II-VI/Finisar	全产业链	拥有领先的光芯片研发能力	有	IDM
Lumentum	全产业链	VCSEL 领导者	有	IDM
Oclaro	全产业链	高速光芯片	有	IDM
AAOI	全产业链	高度垂直产业整合	有	IDM
LeoPhotonics	无全产品线	高端 100/200/400G coherent 光模块， 高端 EML 芯片	有	IDM
Acacia	无全产品线	40 到 400G 多种产品，应用于长途、 城域和跨数据	无	Fabless

资料来源：开源证券研究所

国外厂商引领硅光技术发展，产业链垂直整合加速。其核心理念是“以光代电”，将光学器件与电子元件整合到一个独立的微芯片中，利用激光作为信息传导介质，提升芯片间的连接速度，具有低功耗、高速率、结构紧凑等突出优势，被认为将解决信息网络所面临的功耗、速率、体积等方面瓶颈的关键技术。基于这些优势，除了一批传统的光芯片、光器件厂商都在提前布局之外，一些主系统设备厂商也纷纷加入硅光战场。但当前硅光技术尚未成熟，距离大规模应用还有一段时间。而国外厂商已经提前布局，Intel 已经在硅光产业中取得领导地位。

表8: 海外厂商不断布局硅光技术, 引领硅光技术发展

公司	产业布局
Intel	凭借其 CWDM4 100G 技术, 英特尔成为了全球首家提供可实现长达 10 公里直接探测的硅光子解决方案的公司, 其 100G 收发器出货量已经超过了 3 百万个。而其 200/400G 产品预期将在 2020 年下半年进入量产。
Cisco	2012 年以 2.17 亿美元收购 Lightwire, 2019 年以 6.6 亿美元收购 Luxtera, 以 26 亿美元收购 Acacia。其中, Luxtera 在用于数据通信的硅光子收发器市场中拥有 35% 的份额, 在 400G 光模块方面有一定的优势。而 Acacia 则专注于远距离硅光子收发器市场。
Juniper Networks	2016 年以 1.65 亿美元收购 Aurion, 目前正在准备推出 400ZR 硅光子收发器。已经发布了其 400G 的硅光模块。
Nokia	2020 年 4 月收购了 Elenion。Elenion 的相干硅发射接收 (CSTAR) 光 BGA 平台, 最高可以支持 600Gbps 每波长应用。
NeoPhotonics	已推出硅光子收发器。
Inphi	已推出硅光子收发器。
HPE	在与多家合作伙伴共同研发一个用于硅光子开发的平台。

资料来源: 各公司官网、开源证券研究所

2.3、国内企业加速追赶, 自主可控意义重大

2.3.1、高速芯片国产能力仍需提高, 产业链存在薄弱环节

我国当前芯片制造能力仍有待提高。近年来, 我国光通信器件市场规模与全球保持相同的增长趋势, 中国光通信器件市场约占全球 25%-30% 左右的市场份额。然而, 尽管我国拥有全球最大的光通信市场、优质系统设备商, 但是我国光通信器件行业在全球所占份额与现有资源并不相匹配。从芯片制造领域来看, 10Gb/s 速率的光芯片国产化率接近 50%, 25Gb/s 及以上速率的国产化率远远低于 10Gb/s 速率, 国内供应商可以提供少量的 25Gb/s PIN 器件/APD 器件外, 25Gb/s DFB 激光器芯片刚刚完成研发。25Gb/s 速率模块使用电芯片基本依赖进口, 国内自给率仍有较大提升空间。

表9: 国产芯片研发及生产能力仍有待提高

核心芯片	主要品类	全球主要供应商	中国替代供应商	自给率估计
无源芯片	PLC、AWG	Finisar、NeoPhotonics、Lumentum、Bookham、PPI、华为海思	华为海思、中兴通讯、仕佳光子、光迅科技、昂纳科技、上海鸿辉、华为海思、光迅科技、长瑞光电、海信宽带、华工正源、嘉纳海威	50%
10G 及以下光芯片	LED、FP、DFB、EML、VCSEL、PIN、APD	Oclaro、Neophotonics、三菱、住友、安华高/博通、华为海思	华为海思	50%
25G 及以上光芯片	VCSEL、DFB、EML、PIN、APD、相干光芯片	Oclaro、Neophotonics、三菱、住友、安华高/博通、华为海思	华为海思、飞昂光电、厦门优讯、中兴通讯、烽火通信	5%
10G 及以下电芯片	LD、TIA、CDR、Mux&DeMux、DSP	Inphi、Macom、Semtech、海信、三菱、住友、TI、ADI	飞思灵	20%
25G 及以上电芯片	LD、TIA、CDR、Mux&Demux、DSP(含相干)	Inphi、Macom、Semtech、海信、三菱、住友、TI、ADI	华为海思	1%
硅光集成芯片	100G 数通硅光芯片、100G/200G 硅光相干芯片	英特尔、Acacia、Luxtera、Kotura、Mellanox	研发进展领先: 华为海思、光迅科技、中国信通	未批量出货

资料来源: 《中国光电子器件产业技术发展路线图 (2018-2022)》、开源证券研究所

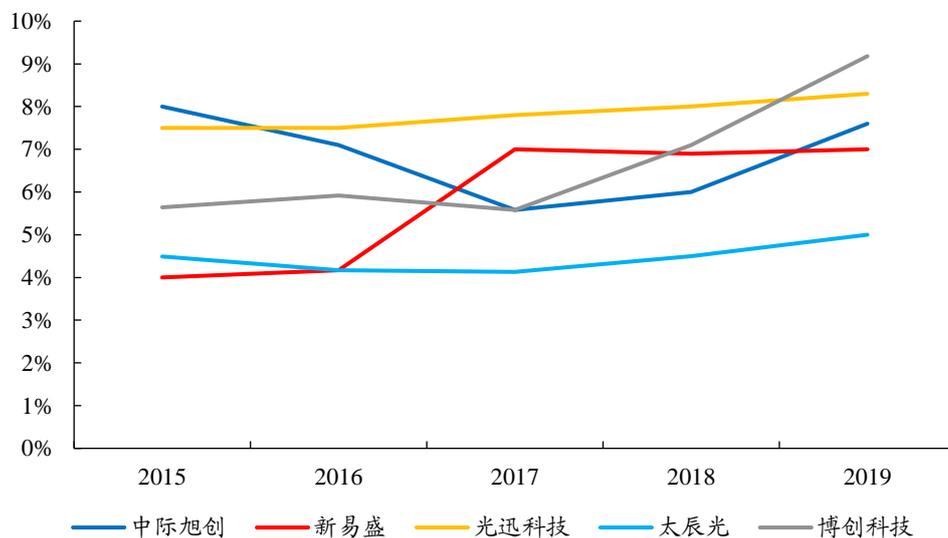
国内产业链仍存在众多薄弱环节。相对于光通信系统设备领域中国企业如华为、中兴、烽火已经成长为产业引领者，我国光通信器件厂商则是以民营中小企业为主，大多没有其他业务支撑，规模普遍较小，企业群体不够强壮，在自主研发和投入实力方面相对较弱，主要集中在中低端产品的研发、制造上，核心基础光通信器件能力薄弱。从产业链不同环节来看，我国厂商竞争力主要体现在光模块和系统，而光、电芯片及组件等光模块上游零部件方面，美国日本实力更强。组件和芯片是我国厂商实力最弱的领域。

芯片行业超越海外仍需一定时间。其中，光芯片国内 Foundry 能力严重不足制约流片进度。光芯片产业链环节包括芯片设计、基板制造、泵晶生长、晶粒制造等多重步骤，工艺流程较为复杂。一枚光芯片的诞生需要经过设计、流片、定型、量产等多道环节，完整流程在一年半到两年之间，由于我国 Foundry 产能严重不足或工艺落后，我国大量芯片企业流片进度严重受制于国外。此外，电芯片产业链环节包括 IC 设计、晶圆制造及加工、封装及测试环节，同样拥有复杂的工序和工艺，需要完善整个半导体产业链短板，国产替代仍旧任重道远。

2.3.2、国内厂商加速追赶，有望引领全球光模块市场

近年来，国内厂商研发投入逐步增加。国内外研发占比都有提升，主要厂商将技术升级换代作为抵抗周期的重要方向。但从与国外的比较来看，还有一定的距离，以美国几家主要厂商为例，研发投入占比在 9% 以上，其中 Finisar 近三年研发投入占比均超过了 15%。而国内厂商保持在 7% 上下，相比还有一定的距离，但近几年国内厂商投入呈现增长趋势，差距逐渐缩小。

图10：国内厂商研发投入不断增加



数据来源：Wind、开源证券研究所

国内在硅光技术方面持续布局，抢占下一代关键技术。2019 年 9 月，阿里已发布基于硅光技术的 400G DR4 光模块，与 Elenion 和海信宽带的深入合作及联合技术攻关，预计 2020 年下半年将在阿里全球数据中心投入使用，并将硅光技术的应用又向前推进了一步。博创科技推出了高性价比的 400G QSFP-DD 数据通信硅光模块解决方案 DR4(500m)和 DR4+ (2km)；亨通光电与英国洛克利硅光子公司合作开发 400G 硅光子芯片及光子收发器技术，并已发布采用此硅光技术的 400G QSFP-DD DR4 模块。众多国内厂商也不断与相关企业合作，入局硅光技术。

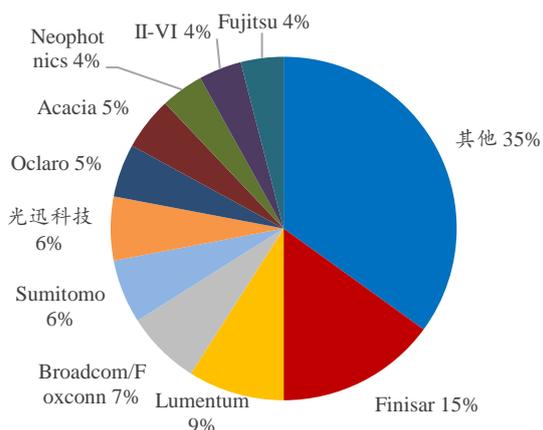
表10: 国内厂商入局硅光技术, 抢占下一代技术

公司	硅光技术布局
阿里云	与 Elenion、海信宽带展开合作。
中际旭创	在 2019 年对 400G 硅光芯片的工艺进行了优化、改进和投产
亨通光电	与英国洛克利硅光子公司合作开发 400G 硅光子芯片及光子收发器技术, 并已发布采用此硅光技术的 400G QSFP-DD DR4 模块
博创科技	与 Sicoya、源杰半导体成立合资公司

资料来源: 各公司官网、开源证券研究所

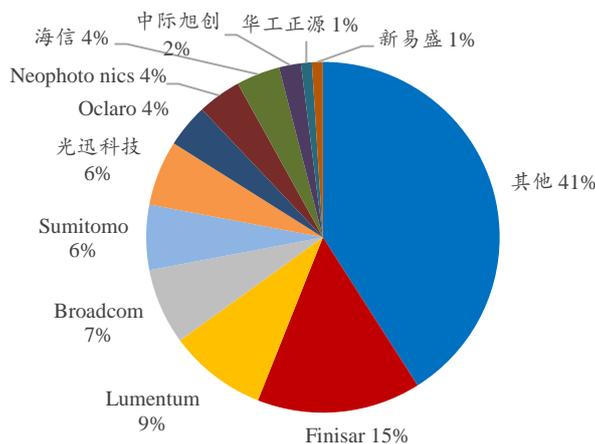
国内厂商有望在 2020 年引领全球光模块发展。根据 LightCounting 发布的研究报告, 中国的光模块供应商将在 2020 年主导全球市场, 市场占比将超过 50%。同时, 这一年将首次出现 5 家中国厂商同时进入全球前十, 分别是中际旭创、海信、光迅科技、华工正源和新易盛。其中中际旭创预计将会在 2020 年占据第一的位置, 就此终结 Finisar 的连冠记录。

图11: 2016 年仅光迅科技进入全球厂商前十



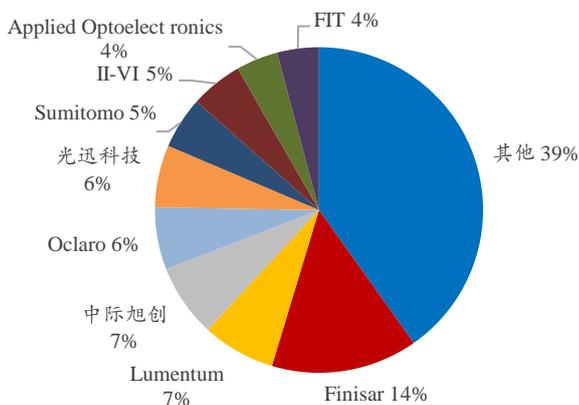
数据来源: Ovum、开源证券研究所

图12: 2017 年进入全球前十国产厂商数量增多



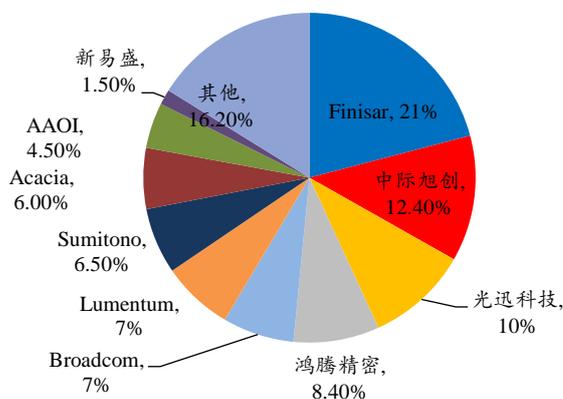
数据来源: Ovum、开源证券研究所

图13: 2018 年中际旭创全球份额升至 7%



数据来源: Ovum、开源证券研究所

图14: 2019 年中际旭创全球份额升至 12.4%



数据来源: Ovum、开源证券研究所

贸易摩擦再升级，国产化意义重大。自 2018 年，美国对中兴通讯进行制裁起，不断采取措施限制中国通信产业发展。2020 年 5 月 15 日，美方升级对华为管制，计划限制华为使用美国技术和软件在美国境外设计和制造半导体的能力。华为海思虽具备芯片设计能力，但在制造端上高度依赖台积电，同时，在 x86 芯片、DSP、FPGA、射频前端、模拟芯片、存储芯片等领域仍然很难找到合适的国产替代方案。因此，加速实现国产替代，推进自主可控进程，免去被“卡脖子”的威胁，将会是未来一段时间产业的主旋律。

3、光模块行业向高速演变

3.1、5G 提速带动光模块代际升级

5G 网络建设引发光模块换代需求。5G 网络主要由三个主要部分组成，分别为无线网、承载网、核心网。三大运营商 2020 年提高了 5G 建设的资本开支，5G 网络建设将从 2020 年开始进入高速发展期，其中无线网和承载网都将迎来技术的代际升级，光模块随之也迎来换代需求。

5G 网络带来光模块全面升级，高速光模块市场将被打开。无线网基站中的前传光模块将从 10G 升级到 25G 光模块，在承载网的回传需求中，城域网将从 10G/40G 升级到 100G，骨干网将从 100G 升级到 400G。除此之外，2019 年建设的 5G 网络主要依托 4G 网络进行非独立组网，因此中传的光模块需求未正式打开，2020 年进入 5G 独立组网建设，CU 和 DU 的分离将打开中传光模块的市场。

3.1.1、5G 前传方案大局已定，全面升级 25G 灰光模块和 CWDM 彩光模块

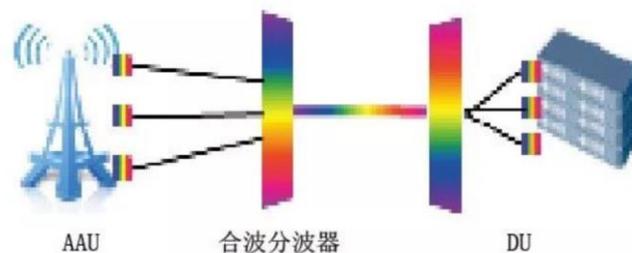
5G 前传承载方案主要分为光纤直驱方案和波分设备承载方案。其中，波分设备承载方案又分为无源波分方案、OTN/WDM 方案和 WDM-PON 方案这三种。其中，光线直驱方案成本低、安装及维护简便，技术成熟度最高，因此光纤直驱方案为光纤资源充足场景的 5G 前传首选方案。而在光纤资源紧张的场景，则需要采用波分承载方案。其中 WDM-PON 和 OTN 方案成本较高，同时，OTN 方案对光纤节约有限，WDM-PON 成熟度较低，因此无源波分方案成为光纤资源紧张地区 5G 前传设备承载方案的主要选择。

光纤直驱方案为运营商首选方案。其主要分为单纤单向和单纤双向（Bidirectional, BIDI）两种模式。其中，AAU 和 DU 设备上安装的是白光模块，单个 5G S111 站需要的光纤资源分别为 6 芯/3 芯。由于光纤直驱方案建设成本最低，时延等各方面性能最好，因此已成为国内三大运营商 5G 前传的首选方案，该方案将满足大部分应用场景。此外，5G 前传光纤直驱方案提升了光模块速率，由 4G 的 4.9G/10G 提升到了 25G。

无源 WDM 方案已广泛应用于需要节约光纤的场景，如 4G 前传及其他配线光缆、主干光缆不足的场景，当前主要采用的是粗波分方案。25G CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing, 粗波分复用) 前传方案中 AAU 和 DU 上安装的是彩光模块，两端各设置 1 个无源合分波器，占用 1 芯光缆。当前彩光模块主要以固定波长为主。

图15: 光纤直驱方案为运营商首要选择

图16: 无源 WDM 方案广泛应用于需要节约光纤的场景

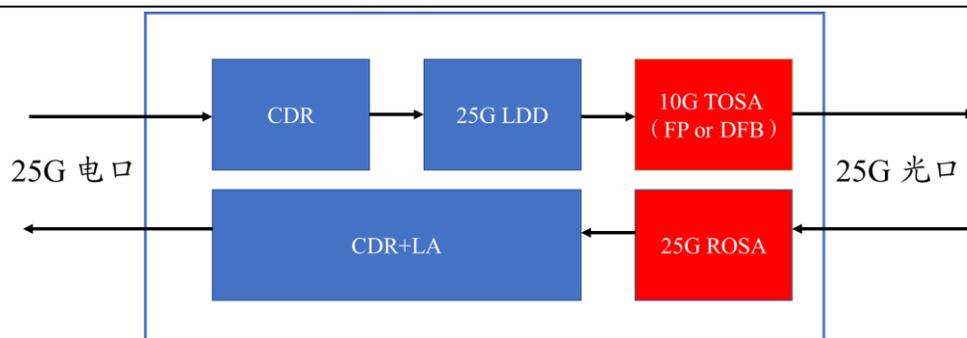


资料来源：《移动通信》

资料来源：《移动通信》

25G 光模块将成为主流前传光模块。目前 25G 光模块有主要两种光芯片组成方式：25G 光芯片和 10G 光芯片超频。相较于 10G 光芯片超频，25G 光芯片具有可靠性强和稳定性高的特点，但其量产工艺要求高，供货渠道主要是海外。而 10G 光芯片具有相对成熟的供应链，且部分国内厂商如光迅科技、华工科技等具有批量生产 10G 光芯片的能力，可以有效降低光模块成本。

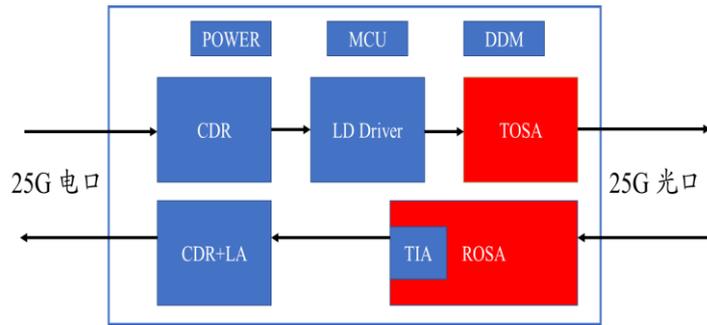
图17: 10G 光芯片超频改造光模块成本低廉



资料来源：IMT-2020 推进组、开源证券研究所

25G 光芯片方案仍是最优选择，产能跟进有望在 2020 年实现放量。超频方案与 25G 光芯片方案的主要区别在发送端，25G 光芯片方案直接采用相应的芯片，而 10G 超频方案在发射组件中采用 10G 激光发射芯片并搭载 25G 的 LD Driver 来达到超频效果。2019 年上游 25G 芯片产能不足，叠加 10G 芯片的成本优势，超频方案得到了广泛应用。而随着海外光芯片厂商向 25G 光芯片倾斜产能，国内光迅科技等厂商在 25G DBF 芯片量产实现突破，25G 光芯片有望在 2020 年实现产能提升和成本下降，实现快速增长。

图18: 25G 光芯片方案仍是最优选择



资料来源: IMT-2020 推进组、开源证券研究所

3.1.2、承载网回传升级，城域网从 10G/40G 到 100G，骨干网从 100G 到 400G

规模商用期承载网光模块全面升级。前期建设的 5G 网络主要以 eMBB 场景为主，4G 承载网可满足带宽要求，2020 年 5G 网络将以 SA 组网为主，承载网需要提供如切片等 5G 支持功能，因此需要与无线网同步建设。承载网大都分为骨干网、省网和城域网。骨干网和省网需要高速大容量的传输，比较多选择 OTN 等适合大颗粒远距离的传输网络。城域网又分为核心层、汇聚层、接入层。不同层级的承载网通过不同的端口速率提供不同能力的中回传服务，因此也需使用不同速率要求的中回传光模块。

图19: 不同速率要求使用不同的中回传光模块

	核心层	汇聚层	C-RAN接入层	D-RAN接入层
200GE光口	√			
100GE光口	√	√		
50GE光口		√	√	
25GE光口			√	
10GE光口	√	√	√	√
GE光口	√	√	√	√

资料来源: 光通信观察、开源证券研究所

随着移动通信速率要求的提升，承载网光模块不断升级换代。从 1G 到 4G，承载网经历了从低带宽到高带宽、从小规模到大规模的变化。而进入 5G 时代，通信网络的指标发生了大幅的变化，有的指标标准甚至提升了十几倍。同样的，光模块也不断更新换代。总体来看，传输接入层正从 10G 升级到 25G/50G，传输汇聚层正从 40G/100G 升级到 50G/100G，传输核心层也从 100G 升级到 200G，波分系统也正快速下沉。

图20: 规模商用期承载网光模块全面升级, 不同速率使用不同的中回传光模块

	3G时代	4G时代	5G时代
接入层	1G	10G	10G/25G/50G
汇聚层	10G	40G/100G	50G/100G
核心层	10G	100G	100G/200G

资料来源: 光通信观察、开源证券研究所

3.2、超大规模数据中心建设引领光模块进入 400G 时代

相较于传统数据中心, 云数据中心要求更高。从质的方面来看, 传统数据之中以 1G/10G 的低速光模块为主, 而云数据中心则以 40G/100G/400G 的高速光模块为主。从量的层面来看, 传统的数据中心以南北向的流量为主, 云数据中心则在东西向的流量有所提升, 东西向连接的增长拉动了单服务器高速光模块的使用数量, 对光模块提出更高要求。

数据中心流量进入爆发性增长的阶段, 对数据中心互联的带宽提出了新的需求。数据中心的互联场景中, 机柜内部的服务器与 TOR 交换机主要以 10G/25G 为主, 正向 50G/100G 阶段过渡。Leaf 交换机与 Spine 交换之间的互联、数据中心之间的互联目前主要以 40G/100G 为主, 正向 400G 过渡。10G 速率端口迭代到 40G 速率端口经历了 5 年, 40G 速率端口升级到 100G 速率端口经历了 4 年, 而自 2018 年开始, 行业已开始 400G 架构的部署。继 100G 之后, 行业正在向 400G 部署迈进。

表11: 数据中心光模块不断演变

	2017 年	2018 年	2019 年
四大龙头数据中心	40GE-100GE	100GE	100GE-200/400GE
其他数据中心	40GE-100GE (40GE optics for cost)	40GE-100GE	100GE
大企业和私有云	40GE-100GE (40GE optics for cost)	40GE-100GE	100GE
其他企业	40GE	40GE-100GE (40GE optics for cost)	100GE
运营商	100GE	100GE	400GE

资料来源: Cisco、开源证券研究所

QSFP-DD 和 OSFP 有望成为主流 400G 封装方式。从封装形式上, 400G 光模块可以分为 CDFP、CFP8、OSFP、QSFP-DD 等。其中 QSFP-DD、OSFP 两种封装比其他 400G 光模块封装, 在尺寸、热容、功耗、向后兼容以及带宽等各个方面具有较大的优势, 逐渐成为主流的方案。

表12: QSFP-DD 和 OSFP 有望成为主流 400G 封装方式

封装方式	原理	优势	劣势	产业化
QSFP-DD	共有 4 路, 4x56GbE, 形成 200G 信号; 有两个 QSFP56 并行, 2x200G 产生 400GbE 信号	尺寸较 OSFP 更小; 功耗更低, 目前最高为 12W, 目标是最高 10w; 能兼容现有的 40GbE QSFP 以及 100GbE QSFP28 接口, 原先的 QSFP28 模块仍可以使用	散热不均或不及时, 激光器容易失效, 随着硅光和 7nm 的 CMOS 技术应用, 这一问题能够有所缓解	由 Cisco, Facebook, Molex 等厂商主推。在 Cisco 近 60% 企业网交换机和路由器市场份额和 Facebook 超大型数据中心是强推动力
OSFP	直接用 50G 的电信号, 8x56GbE, 但 56GbE 的信号由 25G 的 DML 激光器在 PAM4 的调制下形成	自带散热器, 尺寸远小于 CFP8	功耗偏大, 最高 15W; 新标准, 与现有的光电接口不兼容等; 尺寸比 QSFP-DD 的尺寸略大, 因而需要更大面积的 PCB	由 Google 主推, 考虑到 Google 大用量, 共同研发跟进的模块、激光器以及芯片厂商数量也较多
COBO	将所有光学组件放置在 PCB 板上, 不再受限于前面板接口密度的限制	散热较好, PCB 板间散热器强大; 尺寸优势显著, 且还有进一步降低的可能	板中有任何一个模块失效, 更换过程需要把整板业务停掉, 取出板卡后才能进行, 机动性较低	由 Microsoft 主推, 同时越来越多的厂商参与其中, 比如 Cisco。
CFPB	对 CFP4 的扩展, 通道数增加为 8 通道, 尺寸也相应增大(40*102*9.5 mm ³)	能够快速投入市场(25G 激光器成熟度高, 用 16 个 25G 的并行信号可以快速完成 400G 产品的上市和应用工作); 散热好	成本过高, 需要用到 16 个 25G 的激光器, 或使用 PLC 分路器降低激光器数量, 但分路器的 Loss 太高, 直接导致激光器的发射功率比较大, 从而成本也会高涨	

资料来源: 光学小豆芽、万兆通、开源证券研究所

众多厂商选择 QSFP-DD 封装方式进行 400G 的生产, 已经逐渐成为主流方案。400G 已经成为光通信行业的热门话题, 全球领先的几大光模块厂商都推出了各自的 400G 光模块。而对这些主要厂商 400G 封装模式的分析, 我们发现除了被收购的 Finisar 以外, 其他厂商都采用了 QSFP-DD 封装方式, 市场表现反应出 QSFP-DD 作为 400G 光模块封装的首选。有个别厂商还额外推出了 OSFP 封装和 CFP8 封装的 400G 光模块。

图21: 众多厂商选择 QSFP-DD 封装方式

厂商	封装模式		
	QSFP-DD	OSFP	CFPB
Amphenol	√	√	
Applied Optoelectronics	√	√	
ColorChip	√		
Eoptolink	√	√	
Finisar			√
Fujitsu	√	√	
Gigalight	√		
Hitachi Metals	√	√	
Innolight	√	√	
Kaiaam	√		
Lumentum	√		√
Mellanox	√		
Source Photonics	√		

资料来源: 易飞扬通信、开源证券研究所

3.3、高速光模块带来全球产业链格局变化

国内光模块厂商有望凭借制造及研发优势，不断提升全球市场份额。尤其以中际旭创为代表，在数通 100G 时代成为全球龙头公司。同时在短板方面，国内厂商也在加紧对上游芯片国产化的布局，国内核心技术突破+大订单+业绩反转，国产光模块优势越来越明显。同时，5G 建设的加快也带来了光模块行业激烈竞争，预计未来将迎来一轮洗牌。

全球光模块产业链向中国集中趋势明显。近年来，国外企业已逐步退出光模块封装领域，退出或者转型专注于光芯片，产业链逐渐向中国倾斜。中国光器件光模块企业销售额从 2010 年略超 5 亿美元到 2018 年的 30 亿美元，2019 年虽有所下滑，但 2020 年 5G 建设加速推进将带动光模块持续放量。此外在数通 400G 光模块领域，各云巨头已通过认证的供应商也是以中国企业为主。

硅光技术发展迅速，市场迎来更多竞争者。硅光技术更大的颠覆意义在于：随着摩尔定律减速带来的功耗问题，以及电接口提速带来的传输距离挑战，其未来还将在交换机芯片等领域得到更多应用。硅光技术的大规模应用将颠覆光模块的现有生产流程。传统光模块都是封装好之后再测试，而如果采用硅光技术，在硅光晶圆阶段就要集成光和电的器件，因而在晶圆阶段就需要进行测试，这一改变将给产业界带来重构。同时，硅光技术作为新一代技术，众多非光模块厂商纷纷布局，市场迎来更多竞争者。

4、光模块拥有海量应用市场

光模块作为光电转换的电子元器件，可以广泛应用于数据传输中。光模块在数据宽带、电信通讯领域已经有广泛的应用，在 Fttx、数据中心、安防监控和智能电网等领域的应用也在不断发展。

表13：光模块应用于各类数据传输业务

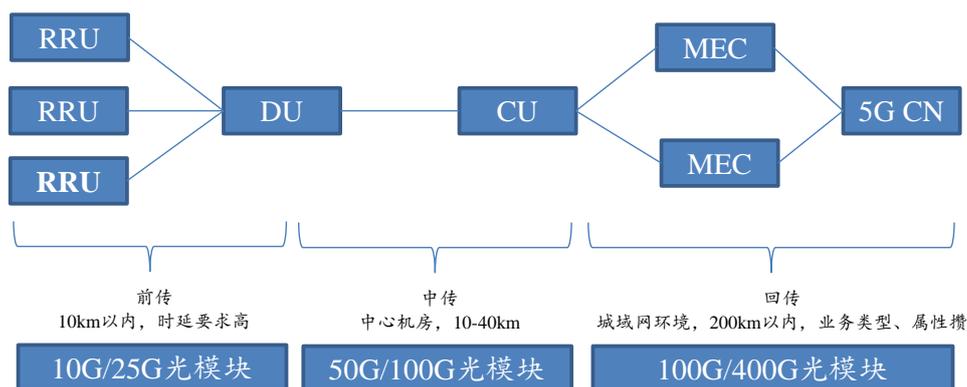
应用领域	具体应用
数据宽带	以各种数据业务为主的信息都被转换成数字化的信号在数据通信网上传输，传输介质为光纤，在各个网络节点处，光模块将传输的光信号转换成电信号，供相应的网络设备对数字信号进行处理
电信通讯	以电话、电报、语音、传真、图像等业务为主的信息都被转换成数字化的信号在电信通讯网上传输，传输介质为光纤，在各个网络节点处，光模块将传输的光信号转换成电信号，供相应的网络设备对数字信号进行处理
Fttx	从区域电信机房的局端设备（OLT）到用户终端设备（ONU）之间的网络，采用光纤作为传输介质，在 OLT 和 ONU 的光接口处都使用光模块进行光电信号的转换
数据中心	在一个物理空间内实现信息、数据的集中处理、存储、传输、交换和管理，数据中心间的互连基于高速光网络，传输节点由光模块进行光电信号转换
安防监控	高清数字监控摄像头经过光纤与光网络终端（ONU）连接进城市监控网络，ONU 设备中的光模块实现传输中的光电信号的转换，光网络终端与监控综合接入点间采用无源光网络来做承载
智能电网	配电自动化系统和用电信息采集系统采用无源光网络解决方案，在局端 OLT 设备和用户端 ONU 设备中光模块实现数据信息的光电信号转换

资料来源：新易盛公告、开源证券研究所

4.1、5G 电信市场带来增量需求

电信网络分为接入网，城域网以及骨干网。5G 网络接入网中光模块主要用于 AAU 和 DU 相连，DU 与 CU 相连；城域网主要起承上启下作用，业务类型复杂，需要承载传统的语音业务、互联网业务以及未来的各类新兴业务，目前采用以太网直连或 CWDM 降低成本。其中汇聚层多采用 40GE/100GE 光模块，用量与数据流量挂钩。骨干网主要采用支持高速大容量长距传输的 OTN（光传送网）技术，采用 WDM/DWDM 光模块（即彩光模块），速率多为 100G，但总体数量较少。

图22：5G 网络建设对光模块需求



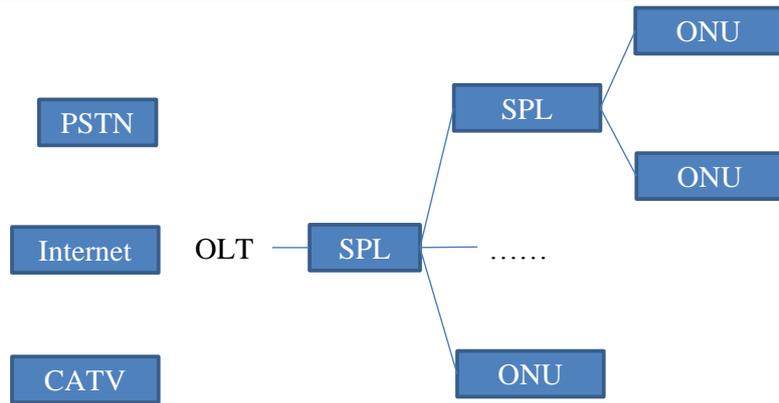
资料来源：Wind、开源证券研究所

4.1.1、接入网释放前传光模块市场

接入网是与业务和应用无关的传送网，主要完成交叉连接、复用和传输功能，将企业、个人用户、数据中心等接入网络、包括固网接入以及无线接入。传输距离上看，接入网的传输距离一般小于 100km。在接入层由于设备数量较多，以满足连接需求为主，因此光模块的数量与终端设备数挂钩，数据流量方面冗余较大，所用光模块速率较低但数量最大。而在城域网和骨干网，网络结构比较精简，因此光模块的数量与数据流量挂钩，所用光模块速率较高，数量少于接入层。

固网和移动网需要大量低速光模块。固网接入一般采用 PON，光模块消耗量较大。PON (Passive Optical Network, 无源光网络) 是指利用无源设备搭建而成的光网络，其中无源设备指不需额外电源的电子设备，不涉及到信号的转换以及放大；相较于有源设备，无源设备的故障率低，可靠性高，一般使用寿命较长，维护成本较低。PON 网络主要由光线路终端 OLT (Optical Line Terminal)，光分配网络 ODN (Optical Distribution Network) 和光网络单元/终端 ONU/ONT (Optical Network Unit/Optical Network Terminal) 构成。

图23: PON 网络由光线路终端、光分配网络和光网络终端构成

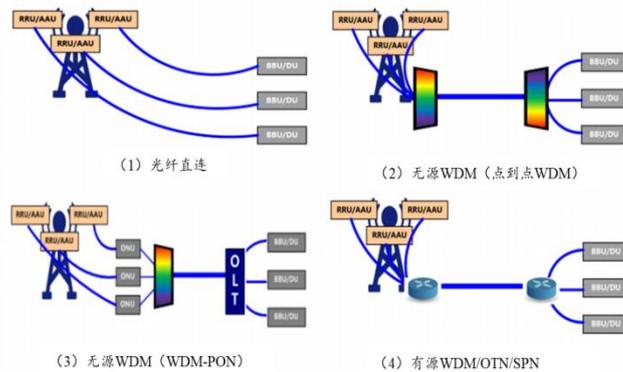


资料来源：华为官网、开源证券研究所

在无线侧接入网，光模块主要用于 4G 网络 RRU 和 BBU 相连、BBU 接入城域网，5G 网络的 AAU 与 DU 相连以及 DU 和 CU 相连。4G BBU 与 RRU 之间采用高速 CPRI 协议（Common Public Radio Interface，通用公共无线电接口），一般为点对点双纤直连，传输距离也往往在 200m 以内；4G BBU 接入城域网速率以 10Gb/s 为主，封装多为 SFPSFP+和 QSFP28，传输距离 10km/40km。室分基站往往采用了多个 RRU 级联，共享一个 CPRI 接口的组网模式，目前典型配置是 2-3 级 RRU 级联实现频点覆盖。

5G 无线接入网包括光纤直连、无源 WDM 和有源 WDM/光传送网 (OTN)/切片分组网 (SPN) 等场景。不同场景对光模块的要求不同。光纤直连场景一般采用 25Gb/s 灰光模块,支持双纤双向和单纤双向两种类型,主要包括 300m 和 10km 两种传输距离。无源 WDM 场景主要包括点到点无源 WDM 和 WDM-PON 等,采用一对或一根光纤实现多个 AAU 到 DU 间的连接，典型需要 10Gb/s 或 25Gb/s 彩光模块。有源 WDM/OTN 场景，在 AAU/DU 至 WDM/OTN/SPN 设备间一般需要 10Gb/s 或 25Gb/s 短距灰光模块，在 WDM/OTN/SPN 设备间需要 N×10/25/50/100Gb/s 等速率的双纤双向或单纤双向彩光模块。对光模块的要求是满足工业级温度范围以及低成本。

图24: 5G 网络前传包括四种场景



资料来源：5G 承载网白皮书

4.1.2、承载网中回传光模块市场广阔

5G 承载网连接着基站和核心网，是移动网络通讯的基础。一般分为城域接入层、城域汇聚层、城域核心层/省内干线，实现 5G 业务的前传和中回传功能，其中各层设

备之间主要依赖光模块互连。

表14: 5G 承载光模块应用场景丰富

网络分层	城域接入层		城域汇聚层	城域核心层/干线
	5G 前传	5G 中回传	5G 回传+DCI	5G 回传+DCI
传输距离	<10/20km	<40km	<40-80km	<40-80km/几百 km
组网拓扑	星型为主，环网为辅	环网为主，少量为链型或星型链路	环网或双上联链路	环网或双上联链路
客户接口速率	eCPRI: 25Gb/s CPRI: N×10/25Gb/s 或 1×100Gb/s	5G 初期: 10/25Gb/s 规模商用: N×25/50Gb/s	5G 初期: 10/25Gb/s 规模商用: N×25/50/100Gb/s	5G 初期: 25/50/100Gb/s 规模商用: N×100/400Gb/s
线路接口速率	10/25/100Gb/s 灰光或 N×25/50Gb/s WDM 彩光	25/50/100Gb/s 灰光或 N×25/50Gb/s WDM 彩光	100/200Gb/s 灰光或 N×100Gb/s WDM 彩光	200/400Gb/s 灰光或 N×100/200/400Gb/s WDM 彩光

资料来源：光通信观察、开源证券研究所

5G 中回传覆盖城域接入层、汇聚层与核心层。所需光模块与现有传送网及数据中心使用的光模块技术差异不大，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，汇聚层及以上将较多采用 100Gb/s、200Gb/s、400Gb/s 等速率的 DWDM 彩光模块。5G 中回传对于于承载网在带宽、组网灵活性、网络切片等方面需求基本一致，因此可以采用统一的承载方案。中传和回传中目前市场上主要有分组增强型 OTN+IPRAN 和端到端分组增强型 OTN 两种方案。

4.2、数通市场发展推动高速光模块增长

数据中心之间的海量信息连接需要借助光通信，光模块是决定其性能的关键因素。数据中心通信光模块可按照连接类型分为三类。包括数据中心到用户：由访问云端进行浏览网页、收发电子邮件和视频流等终端用户行为产生；数据中心互联：主要用于数据复制、软件和系统升级；数据中心内部：主要用于信息的存储、生成和挖掘。根据思科预测，数据中心内部通信占数据中心通信 70% 以上的比例。

数据中心的大型化和扁平化对光模块提出更多量，更高速的需求。数据中心大型化使得长距离传输需求提升，多模光纤的传输距离受限于信号速率的提升，将逐渐被单模光纤替代，主要采用 PSM4、CWDM4 方案。而更长距离的传输则主要采用 CWDM 光模块。通过外接波分复用器，将不同波长的光信号复合在一起，通过一根广信传输，节约光纤资源。

表15：数据中心推动光模块升级

距离	场景	常见速率	传输解决方案
<20m	机柜内部的服务器和 TOR 交换机互联	以 10G、25G 为主，正在向 50G 或者 100G 过渡	以 DAC（直接连接的铜线电缆）或 AOC（有源光缆）电缆为主
20-500m	数据中心同一机房内 Leaf 到 Spine 交换机的互联	以 40G、100G 为主，正在向 400G 过渡	主要采用 PSM 或者 CWDM4 方案
500m-10Km	数据中心楼宇之间交换机或路由器的互联	以 100G 为主，向 400G 过渡	以 1310nm 波长的粗波分复用（CWDM）技术为主，部分距离（500-2Km）场合仍可使用 PSM 技术
>10Km	多个数据中心间的互联	以 100G 为主，向 400G 过渡	以 10G+DWDM（密集波分复用为主），未来 80Km 以上主要采用 400G 相干通信+DWDM，80Km 一下也有采用 PAM4+DWDM 的实现方式，传输波长以 1550nm 为主，部分短距离（10Km-40Km）、苏老板要求不高的场合仍可使用 1550nm 波长的 CWDM 技术

资料来源：通信世界、开源证券研究所

5、投资建议

5.1、光迅科技（002281.SZ）

光迅科技是光电子领军企业，是全国最大光通信器件供应商及唯一一家有光电子器件自主研发能力的高科技企业。公司底蕴深厚，采取持续外向扩张战略，营收及归母净利润长期保持稳定增长。公司具备从芯片到器件、模块、子系统全系列垂直整合能力，产品覆盖电信、数通市场全系列产品。收购阿尔玛伊公司后持续布局产业链上游，减少竞争扩大市场。公司客户资源丰富且优质，且在不断拓展海外市场。

公司注重研发，持续加码高毛利传输类业务。公司长期深耕行业核心技术，高研发费用投放及技术积累形成公司核心技术工艺平台，使得公司具备从芯片、器件、模块到子系统的垂直整合能力。公司超过 90%的科研项目完成实际转化，新产品年均贡献率超过 28%。紧跟行业发展趋势，面向 5G 及数据中心的多款 25Gb/s 速率半导体芯片研制已经取得阶段性进展，推出 25G 10KM SFP28 Bidi 等产品，具备技术优势；面向 5G 前传/中回传等场景应用的光收发模块实现全型号覆盖；面向数据中心的 400Gb/s 高速光收发模块已经完成样机开发，面向 400G 应用的高密度 MPO（Multi Push On）连接器也已推出，布局适合于混合集成的硅光技术平台。

5.2、中际旭创（300308.SZ）

中际旭创股份是集光通信器件设计研发制造、智能装备制造于一身的技术创新型企业。公司以电机绕组制造装备起家，2017 年通过收购苏州旭创 100%的股权完成重组，转型光模块领域。专注于云计算数据中心和 5G 网络两大核心市场，积极推动高端光通信收发模块领域的发展。

公司高速光模块技术领先，是全球数通光模块龙头。聚焦北美和中国大型客户，具有稳定供应关系。公司于2020年公告拟收购成都储翰56%股份，战略补齐电信市场中低端产能，完善产业链布局，助力公司打造数通、电信双龙头。

5.3、剑桥科技（603083.SH）

剑桥科技近年通过系列资本运作转型高速光模块业务。2018年和2019年公司通过并购MACOM和Oclaro日本子公司，积极整合，聚焦高速光组件和光模块业务，大力开发100G、200G和400G PAM4光模块产品，2019年成为华为供应商，并有望解锁原Oclaro客户中兴通讯等，此外北美市场，除谷歌外微软及亚马逊等主要云计算公司都有供货。

2020年公司非公开发行募集资金，持续增加高毛利项目投入。公司募集资金主要用于400G高速光模块及5G无线通信网络光模块和补充流动资金，促进公司产能提升，布局长远发展。

5.4、新易盛（300502.SZ）

国内领先的光模块及子系统的核心供应商。公司主营业务按产品可分为点对点光模块、PON光模块、组件等，目前拥有不同型号、不同速率的光模块产品近3000种，可满足各类客户对相关产品的需求。其中点对点光模块时期主要收入来源，占据公司80%以上的营收。公司自2004年来连续十五年业绩保持较高增长，毛利率和净利率具有竞争力，2015年以来不断加大研发投入保持公司竞争力。

产品结构调整叠加优质客户陆续突破。公司传统业务为4.5G以下光模块，随着产品结构调整，公司100G中高速率光模块占比持续提升，驱动业绩及毛利率触底回升。公司已获得爱立信和诺基亚的产品认证，随着华三、Arista、Google等更多客户的解锁，新客户有望助力公司在电信和数通新一轮高景气快速发展中，进一步提升市场占有率，公司业绩持续高增长可期。

5.5、天孚通信（300394.SZ）

公司从无源器件起家，不断进行业务外延扩展，目前已经成为高端无源器件整体解决方案提供商。2016年加码海外业务，合资日本Tsuois Mold株式会社进军纳米级精密光学透镜领域，布局数据中心相关业，2018年设立美国、香港子公司，拓展海外销售研发业务。公司产业链丰富，以“高端无源器件整体解决方案”和“高速率光器件封装OEM”两大业务板块为基础，实现业务在电信通信、数据通信、物联网等领域的广泛应用。

开发大客户增强业绩稳定性，降低采购供应商集中度加强话语权。公司产品线丰富，深耕光通信器件行业具备核心工艺，较友商具备规模优势且优良率高，达到5G时代降本增效核心要求；面对上游议价能力强，上游供应商集中度较低，且实现集团内部垂直协同，降低公司对于原材料价格变动的敏感性，同时维持较高毛利率。

表 18: 相关推荐公司估值表

股票代码	股票名称	股价 (6月23日)	EPS(元)			PE(倍)			评级
			2020年	2021年	2022年	2020年	2021年	2022年	
002281.SZ	光迅科技	32.55	0.66	0.83	0.95	49.32	39.22	34.26	增持
300308.SZ	中际旭创	61.8	1.01	1.37	1.82	61.19	45.11	33.96	买入
603083.SH	剑桥科技	38.1	0.69	1.3	1.64	55.22	29.31	23.23	增持
300502.SZ	新易盛	59.99	0.99	1.3	1.62	60.60	46.15	37.03	买入
300394.SZ	天孚通信	55.28	1.13	1.52	1.97	48.92	36.37	28.06	买入

数据来源: Wind、开源证券研究所 (光迅科技、新易盛 2022 年数据为 wind 一致预测)

6、风险提示

市场竞争加剧风险。当前阶段，仅有少数几家企业拥有 400G 认证资格，而随着越来越多厂商的加入，竞争逐渐激烈，会带来利润下降，市场份额减少等风险，将会影响企业的整体收益。

新技术不确定性较强。400G、硅光技术等新技术都尚未成熟，一方面研发投入较大，若无法快速商用将增加企业成本负担。另一方面，技术竞争加剧，新技术的应用可能会实现弯道超车，打破原有格局。

中美贸易摩擦风险。中美科技竞争、贸易摩擦已经进入了白热化阶段，双方摩擦将长期存在。一方面，北美数据中心服务商是我国光模块产品的主要下游客户，另一方面，我国芯片加工制造技术尚未成熟，仍旧存在被美国“卡脖子”的风险，因此会对国内光模块的生产和销售带来影响。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R4（中高风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
	减持	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡	预计行业弱于整体市场表现。
备注：评级标准为以报告日后的6~12个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中A股基准指数为沪深300指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普500或纳斯达克综合指数。我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。		

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于机密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，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。

开源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。开源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。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

开源证券股份有限公司

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层

邮编：710065

电话：029-88365835

传真：029-88365835