

通信

行业研究/深度报告

元宇宙之光——新一轮数据流量投资浪潮风云再起，行业拐点将至（更正）

深度研究报告/通信

2021年12月23日

报告摘要：

● 光模块技术更迭迅速，国内厂商份额增加明显市场地位提升显著

光模块居产业链中游，业内竞争激烈，近年来国内厂商份额增加明显，地位提升显著。下游数通市场技术迭代周期短，因而在技术更迭期厂商聚焦先发优势，成熟期成本领先、大规模交付能力是核心竞争力。电信市场接入侧产品毛利率低，持续聚焦成本领先。

● 新一轮数据流量投资加速行业拐点到来，数通光模块技术更迭高速推进

从行业今年的边际变化来看，需求经历年初低谷后下半年开始边际向好，部分原材料出现供应短缺价格上涨，头部厂商的供应链稳定、备货充足、且一般芯片厂商优先保证头部大客户供应，因而基本不受影响，但中小厂商受原材料短缺的影响相对较大。另外，光模块厂商在去年扩产后，今年库存积压相对严重，进入四季度后基本出清。下游数通市场景气度经历年初低谷后，当前进入上行周期。展望未来我们认为新一轮数据流量投资浪潮风云再起，数通市场将迈入未来3~5年新一轮的景气上行周期，上游光模块行业拐点将至。技术更迭方面，400G 规模放量行业进入 800G 迭代初期。放眼明年，我们认为传统分立式 800G 规模量产临近，在即将到来的技术更迭红利期需聚焦各厂商进展。

● 电信市场景气度整体回暖，10G PON加速渗透

上半年需求疲软，客户消库存，订单延后，年中开始基站集采恢复，景气度回升。展望明年，伴随着政策加码以及两大运营商回归 A 股，其资本开支有望平稳增长，景气度回暖趋势有望延续。光模块厂商层面，上半年需求疲软、竞争激烈、原材料价格上涨等因素加速小厂出清，出清后价格走势有望向好。另外 10G PON 加速渗透也将带来可观增量。

● 投资建议

流量催化行业加速迈入上行周期，我们建议重点关注聚焦数通市场的行业龙头中际旭创和新易盛，供应链体系稳定、具备大规模交付能力是核心优势，同时在 800G 领域进展靠前，未来有望抓住技术更迭的红利窗口期。建议重点关注聚焦电信市场的行业龙头华工科技。同时建议关注光通信行业内的亨通光电、博创科技、光迅科技、太辰光、剑桥科技、平治信息、天邑股份、共进股份、中贝通信、通宇通讯。

● 风险提示

电信市场/数通市场的需求不及预期、市场竞争加剧、光模块价格降幅过大

盈利预测与财务指标

代码	重点公司	现价 12月22日	EPS			PE			评级
			2020A	2021E	2022E	2020A	2021E	2022E	
300308	中际旭创	42.50	1.23	1.17	1.59	34.55	36.48	26.72	推荐
300502	新易盛	37.14	1.50	1.30	1.67	24.76	28.61	22.26	推荐
000988	华工科技	27.43	0.55	0.91	1.10	49.87	30.10	24.94	推荐
600487	亨通光电	14.86	0.55	0.69	1.04	27.02	21.44	14.24	推荐
300548	博创科技	31.61	0.59	1.01	1.23	53.58	31.24	25.71	推荐
002281	光迅科技	22.42	0.73	0.86	1.03	30.71	25.93	21.67	推荐

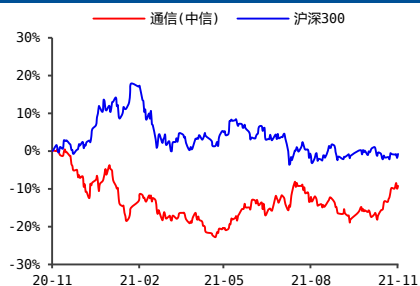
资料来源：wind、民生证券研究院

（注：本文为 2021 年 12 月 20 日发布的同名报告更正版，主要更正了摘要第 2 段，第 5 页行业特性相关描述，第 26 页招标项目相关表述，第 28 页中际旭创盈利预测等）

推荐

维持评级

行业与沪深 300 走势比较



资料来源：Wind，民生证券研究院

分析师：马天诣

执业证号：S0100521100003

电话：021-80508466

邮箱：matianyi@mszq.com

研究助理：马佳伟

执业证号：S0100121100028

邮箱：majiawei@mszq.com

研究助理：于一铭

执业证号：S0100121090001

电话：021-80508468

邮箱：yuyiming@mszq.com

相关研究

1. 行业深度研究：元宇宙之眼——光器件横向从 B 向 C 拓展，行业有望迎全面爆发

目录

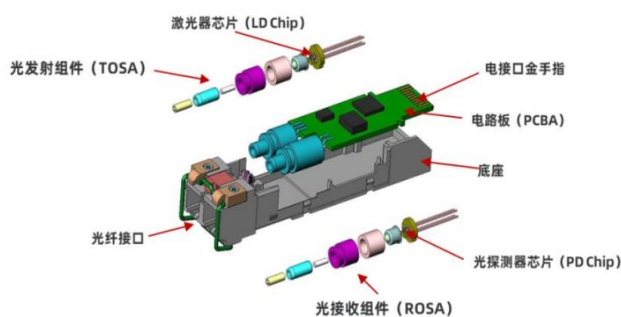
1. 光模块技术更迭迅速，国内厂商份额增加明显市场地位提升显著	3
1.1 光模块是光通信系统的核心构成，产品种类繁多生产制造自动化程度持续提升	3
1.2 位于产业链中游，国内厂商近年来份额增加明显市场地位持续提升	6
1.3 数通市场规律：新产品导入期聚焦先发优势，成熟期成本领先、大规模交付能力是核心	10
1.4 电信市场规律：毛利率较低聚焦成本领先，光芯片加速国产化进程提供未来降本空间	12
2. 新一轮数据流量投资加速行业拐点到来，数通光模块技术更迭高速推进	14
2.1 景气转好，新一轮数据流量投资风云再起，行业拐点将至	14
2.2 行业技术更迭高速推进，短期聚焦 800G 进展中长期关注硅光模块和相干光模块领域	16
2.2.1 数通 800G 光模块：技术迭代初期，光模块厂商发力布局聚焦先发优势	16
2.2.2 硅光模块：产业链、工艺等亟待发展成熟，未来硅光厂商有望获得弯道超车机遇	18
2.2.3 相干光模块：相干技术持续下沉市场空间广阔，非相干厂商加入拓展自身布局	20
3. 电信市场景气度整体回暖，10G PON 加速渗透	23
3.1 5G：短期景气度回暖趋势有望延续，长期需求有保证	23
3.1.1 边际变化：2021 下半年开始边际向好，景气度回升趋势明年有望延续	23
3.1.2 中长期：通信“十四五”规划指引，电信光模块整体需求有保证	24
3.2 固网接入：政策持续加码，10G PON 加速渗透	26
4. 重点标的推荐	28
4.1 中际旭创：高端光模块龙头，中移动参与定增提振发展动力	28
4.2 新易盛：成长迅速的光模块供应商，聚焦高端产品及前瞻技术路线并持续取得突破	29
4.3 华工科技：光模块产业链一体化布局，校企改革增发展动能	30
4.4 亨通光电：光纤光缆领先者，新能源业务有望快速增长，硅光模块实现量产	31
4.5 博创科技：发力聚焦硅光技术路线，拓展未来成长空间	32
4.6 光迅科技：全球光器件龙头企业，芯片领域筑核心竞争优势	33
5. 风险提示	35
插图目录	36
表格目录	36

1. 光模块技术更迭迅速，国内厂商份额增加明显市场地位提升显著

1.1 光模块是光通信系统的核心构成，产品种类繁多生产制造自动化程度持续提升

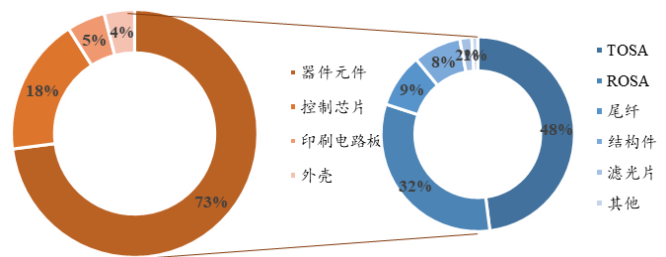
光模块是光通信领域的核心部分，主要实现光电和电光转换功能，整体架构上，可分“芯片→OSA/ESA→光模块”三个维度。光学次模块（OSA，optical sub-assembly）由无源/有源光器件(包含光芯片)和光组件构成，实现光收发功能。与光学次模块对应的是电子次模块(ESA，electrical Sub-assembly)，也叫 PCBA(Printed Circuit Board Assembly)，即是把电芯片和 PCB 板组装在一起的半成品，主要实现光芯片驱动、纠错编码、跨组放大、信号处理，电信号速率转换（部分光模块中光口速率与电口速率不一致）等功能。从零部件成本拆分的角度，光器件整体的成本占比超 70%，特别是 OSA 内的涉及到的光器件占了光器件总成本近八成，除光器件外，还包括电路板，控制电芯片，外壳等。

图1：光模块整体结构示意图



资料来源：鲜枣课堂，民生证券研究院

图2：光模块的成本构成

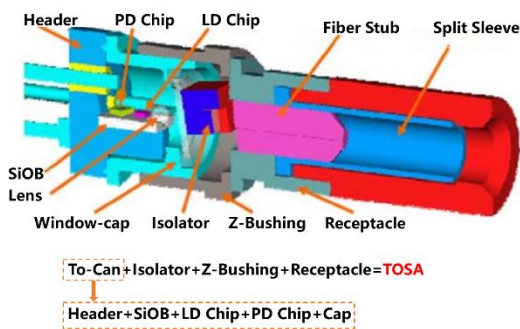


资料来源：Ofweek，民生证券研究院

下沉到 OSA 的层面来看，传统的光学次模块 OSA 一般分为光发射次模块（TOSA，transmitter optical sub-assembly）和光接收次模块（ROSA，Receiver Optical Subassembly）两部分。前者是把激光器芯片及相关的光器件封装实现将电信号转化成光信号发出的功能，同理，后者是把探测器芯片及相关的光器件封装实现接收光信号并将之转换成电信号的功能。传统意义上，光模块厂商主要负责从上游采购芯片、组件、光器件等材料进行封装测试、电路设计等，其中将激光器芯片/探测器芯片封装为 TOSA/ROSA 的过程是光模块封装的关键。为了满足气密性、封装密度等不同性能要求，封装工艺主要包括了 TO-CAN 同轴封装、蝶形封装、COB 封装、BOX 封装等。

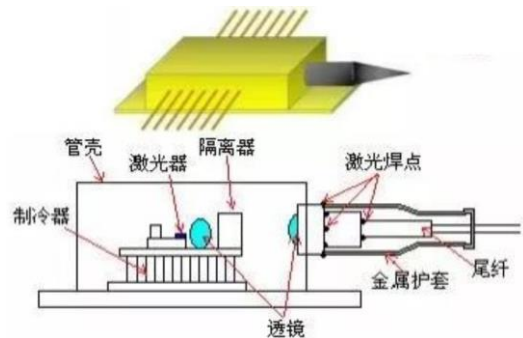
以传统的 TO-CAN 同轴封装为例，TOSA 从结构上可细分为“光芯片→TO-CAN→TOSA”三个层次。To-CAN 是将激光器芯片搭配透镜、金属管帽等无源器件和组件封装后得到，做成 TO-CAN 之后，相当于具备了基本的激光器封装，但是激光器发射的光斑直径和光纤还是不一样，还要进一步和透镜、光纤进行耦合对准，把绝大部分能量聚焦到光纤里，由此通过将 To-CAN 与隔离器、适配器（包含陶瓷套筒、陶瓷插芯等）等封装，得到 TOSA。

图3: TOSA 的 TO-CAN 封装



资料来源: Ofweek, 民生证券研究院

图4: TOSA 的蝶形封装



资料来源: 光通信百科, 民生证券研究院

最后下沉到 OSA 内的光芯片层面来看, 光芯片是光模块的核心, 成本占整个光模块成本的 30%~70% (和光模块低端高端有关), 其是实现光发射和光接收的基础, 有高壁垒高技术门槛的特点。一般来说, 光模块中的核心光芯片主要是激光器芯片和探测器芯片。

- **激光器芯片:** 光模块使用半导体激光器, 其工作原理的核心是辐射和放大, 利用半导体物质 (即利用电子) 在能带间跃迁发光, 用半导体晶体的解理面形成两个平行反射镜面作为反射镜, 组成谐振腔, 使光振荡、反馈, 产生光的辐射放大, 输出激光。典型材料平台为 III-V 族化合物 (主要是 InP、GaAs), 不同材料的带隙大小不同, 因而就对应了不同的激光发光波长。1) 据发光类型分, 分面发射和边发射, 面发射型有 VCSEL (垂直腔面发射激光器), 边发射型主要有 FP (法布里-珀罗激光器)、DFB (分布反馈式激光器)、EML (电吸收调制激光器); 2) 据适用距离分, VCSEL (超短距离) < FP (短距离) < DFB (中等距离) < EML (长距离)。
- **探测器芯片:** 光模块用的探测器属于光生伏特型 (光输入/电压输出), 工作原理是基于内光电效应 (当光线照在物体上, 使物体的电导率发生变化, 或产生光生电动势的现象) 将光信号直接转变为电信号从而实现光探测。常用的是主要是光电二极管 (PIN) 和雪崩光电二极管 (APD) 两类, 前者灵敏度相对较低, 应用于中短距离, 后者灵敏度高, 应用于中长距离。

从光模块分类角度, 由于应用场景较多需求各异, 因而分类方式多样, 命名复杂。光模块常见的分类方式包括了封装类型、速率、距离、激光器类型、探测器类型等。分类方式多样主要是光模块应用场景的多样化导致的需求分化, 不同场景对光模块的性能指标 (距离, 速率, 功耗等) 提出了不同需求, 从而衍生出多种不同的分类维度。另一方面, 速率、封装方式的快速演化也体现出光模块技术更迭迅速。整体而言, 小型化、高速率、低功耗、低成本是光模块整体的发展趋势。

表1: 光模块的不同分类方式

分类方式	类别
封装类型	GBIC、XENPAK、XFP、SFP、SFP+、SFP28、QSFP、QSFP28、CFP、CFP2、QSFP-DD、OSFP 等
速率	10Mbps、100Mbps、155Mbps、622Mbps、1.25Gbps、2.125Gbps、4.25Gbps、10Gbps、25Gbps、50Gbps、100Gbps、400Gbps 等
波长	850nm、1310nm、1490nm、1550nm,还有 CWDM、DWDM 等
距离	100m、300m、550m、10km、20km、40km、80km、120km、160km 等
调制格式	NRZ、PAM4、DP-QPSK/n-QAM 等
是否支持 WDM	灰光模块（不支持 WDM）、彩光模块（支持 WDM）
激光器类型	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
光探测器类型	PIN 结二极管（PIN）、雪崩光电二极管（APD）
工作温度	商业级（0~70℃）、延展温度（-20~85℃）、工业级（-40~85℃）
网络拓扑结构	点对点光模块、点对多点光模块（PON 光模块）

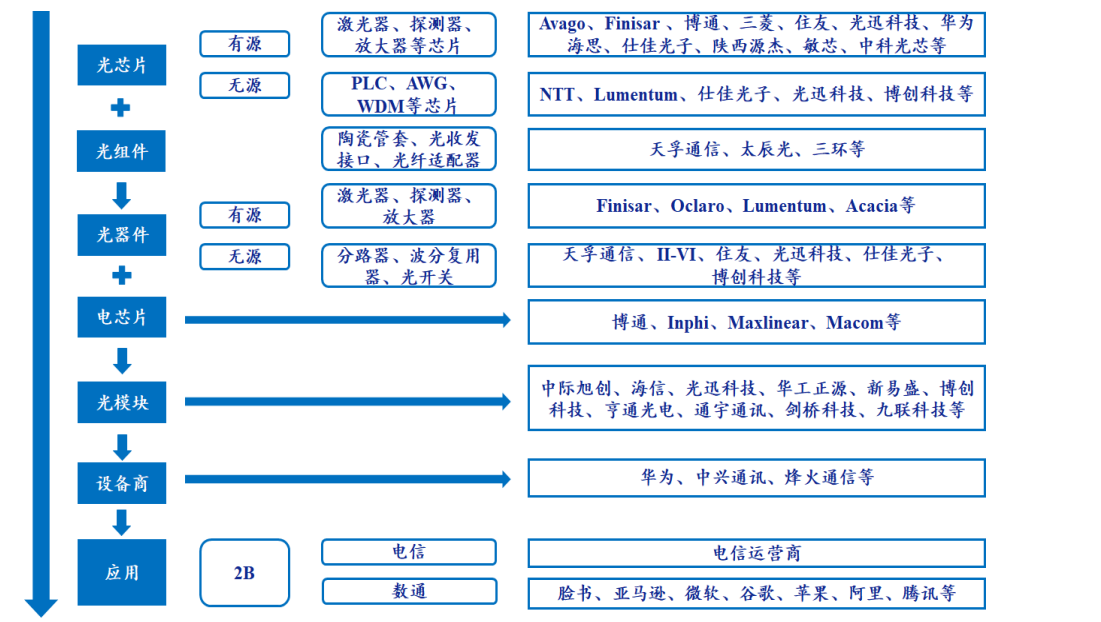
资料来源：鲜枣课堂，民生证券研究院

光模块制造环节自动化程度持续提升。光模块的生产制造环节以封装为主，过去劳动密集程度相对较高，但是近年来我们看到包括中际旭创、新易盛等行业头部企业都在提升自身的产线自动化程度。以中际旭创为例，公司专门设有自动化设备研发团队进行自主设计和研发，当前已建成了从芯片封装、光电器件组件和光模块的关键工序的自动化生产平台。行业内横向对比，在自动化生产平台、自动化设备的自主研发与工程应用化方面具备较强的竞争优势，自动化工艺技术水平在国内同行业中居于领先地位。我们认为，产线自动化程度的提升是行业头部企业未来发展的必然趋势，能助力强化自身大规模交付能力，提高生产效率，快速响应大客户需求，并且一定程度上也有助于提升产品良率，降低成本，从而进一步夯实自身领先地位。

1.2 位于产业链中游，国内厂商近年来份额增加明显市场地位持续提升

光模块位于光通信产业链中游，参与者众多，竞争相对激烈。光通信产业链大致可分为“光芯片、光器件、光模块、设备商、最终客户”几部分。上游光芯片及电芯片多为国外公司垄断，行业门槛较高。其中，光芯片近年来中低端产品逐渐国产化，但高端光芯片仍被国外厂商掌握。光器件细分领域众多，单个领域市场规模较小，行业整体较分散，竞争相对不激烈。中游光模块领域参与厂商众多竞争相对激烈，技术更迭周期短。近年来国内光模块厂商实力提升迅速，市场份额增长显著，逐渐开始占据主导地位。产业链下游是光通信设备商，呈少数几家主导的寡头垄断格局。光模块的最终应用领域集中在 B 端电信市场（大型运营商）和数通市场（云计算巨头）。

图5: 光通信产业链情况



资料来源：民生证券研究院整理

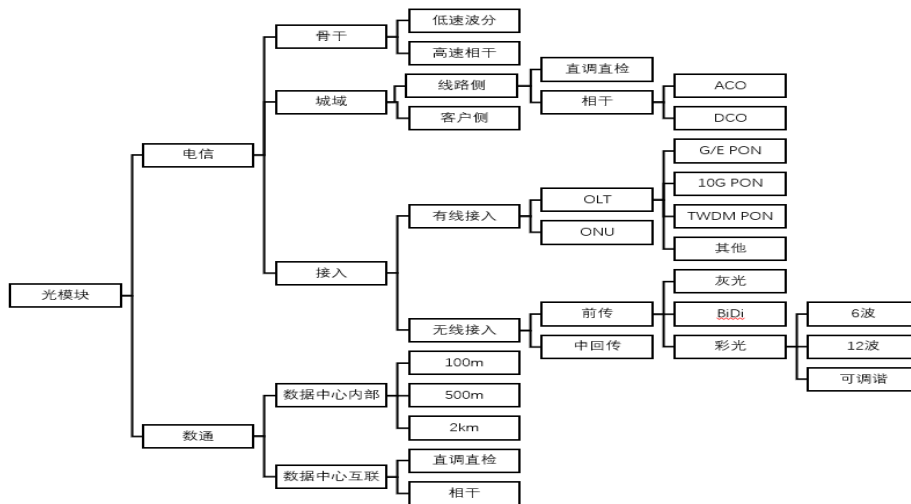
受下游电信市场、数通市场需求影响，光模块行业周期性和成长性兼备，下游运营商和云计算巨头的资本支出一定程度上是行业景气度的风向标。

- **电信市场：**1) 需求角度，运营商的通信代际更迭时间较长（例如 5~7 年），资本开支周期性显著，通常呈规律性波动，初期上升明显，后期逐年回落。进入 5G 时代，运营商资本支出则相对更为平稳，但整体而言，电信市场需求的周期性还是相对明显。当前电信市场光模块需求的主要驱动因素包括了固网接入侧扩大千兆光纤网络覆盖、无线接入侧的 5G 基站建设以及 5G 推行带来的承载网扩容升级等；2) 产品角度，固网接入侧和无线接入侧构筑了电信市场光模块的主要需求，产品以低端光模块为主，代际更迭慢于数通领域，技术门槛相对不高，参与者众多，竞争激烈，对价格较为敏感，因而毛利率较低。除接入侧应用之外，光模块在城域网、骨干网等中长距离传输领域也有大量应用；3) 下游客户角度，传统模式是运营商向设备商采购，设

备商向光模块厂商采购，近 1~2 年来，运营商也有小规模地尝试直采模式。

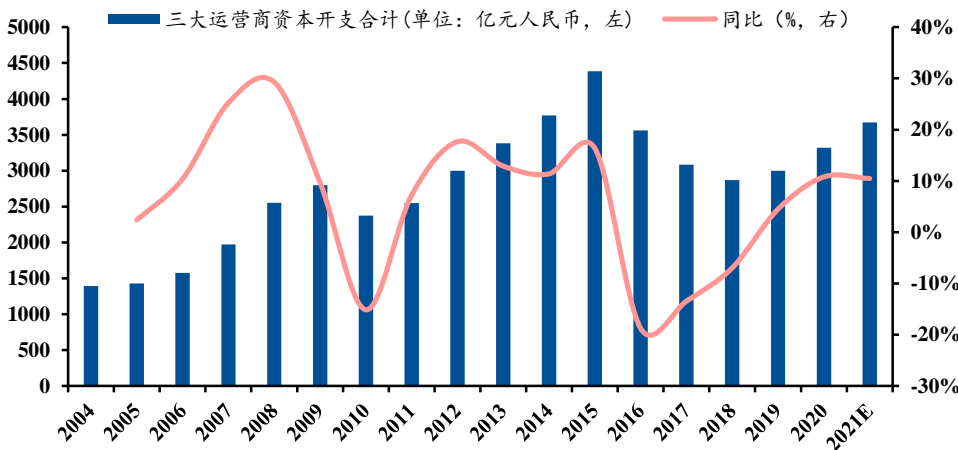
- **数通市场：**1) 需求角度，数通市场需求主要受流量增长驱动。多因素共同推动流量高速增长，当前，公有云的快速发展，数字化转型加速企业上云，高清视频、直播等大流量场景为流量的高速增长提供了确定性。我们认为，未来推动流量增长的“杀手级应用”将是元宇宙。流量高速增长促使云计算巨头加大资本开支建设数据中心，进而拉动光模块需求。云计算巨头的资本支出整体呈震荡上行的趋势，整体来看需求的成长性显著，但同时也伴有一定的周期性，周期性来源于云计算巨头阶段性进入去库存期从而一定程度上会减弱需求，这在 2018H2~2019H1 以及 2021H1 体现得相对明显。2) 产品角度，光模块主要用于数据中心内部通信以及数据中心间的互通互联，较之电信市场，数通市场的技术更新需求更快，通常每 3~4 年即面临一次升级换代的压力，产品毛利率也相对更高。

图6：光模块的应用领域



资料来源：光通信女人，民生证券研究院

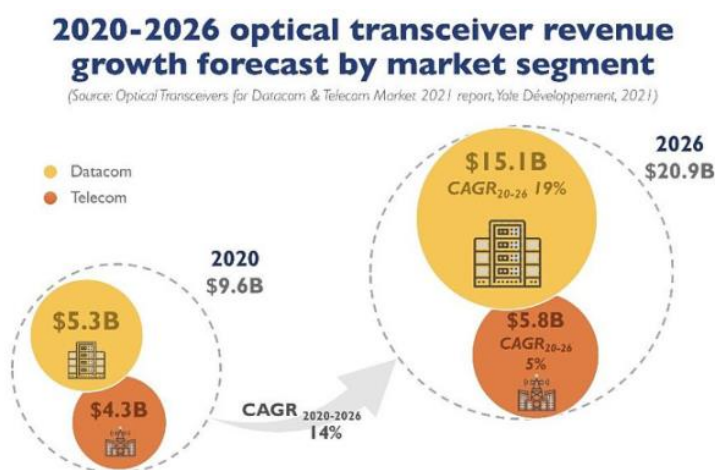
图7：国内三大运营商资本支出情况（单位：亿元人民币）



资料来源：三大运营商财报，民生证券研究院

全球光模块市场规模持续保持两位数增长，未来预计数通市场是增长的主要驱动力。据 Yole 统计,2020 年全球光模块市场整体规模达 96 亿美元,较 2019 年的 77 亿美元增长近 25%。值得一提的是,过去三年中国光模块产业增长了 24%,而美国仅增长了 1%。Yole 进一步预测,2026 年全球光模块市场整体规模有望进一步增长至 209 亿美元,2020~2026 年的年复合增速预计约 14%。增长的主要驱动力来自数通领域对高速光模块的需求,年复合增速预计达 19%,2026 年数通市场规模有望增至 151 亿美元。

图8: 全球光模块市场规模



资料来源: Yole, 民生证券研究院

竞争格局方面,国内光模块厂份额增加明显,市场地位持续提升。LightCounting 统计的过去十年前十大光模块厂商排名直观反映了行业内的变迁。2010 年无国内企业进入前十,而经过 10 年发展到了 2020 年,国内厂商通过劳动力红利在光模块行业逐渐占据重要地位,以中际旭创、华为、海信为代表的国内企业已经跻身全球光模块前五,光迅科技、新易盛、华工正源也占据前十之列。而从海外光模块厂商来看,在人力成本、供应链完善程度较之国内厂商处于劣势,因而侧重点更多在门槛较高的上游光芯片等环节。

图9: 2010~2020 年全球光模块厂商排名

Ranking of TOP 10 Transceiver Suppliers:				
2010	2016		2018	2020
Finisar	Finisar	1	Finisar	II-VI (Finisar)
Opnext	Hisense 海信	2	Innolight 中际旭创	Innolight 中际旭创
Sumitomo	Accelink 光迅科技	3	Hisense 海信	Huawei 华为
Avago	Acacia	4	Accelink 光迅科技	Hisense 海信
Source Photonics	FOIT (Avago)	5	FOIT (Avago)	Cisco
Fujitsu	Oclaro	6	Lumentum/Oclaro	Broadcom
JDSU	Innolight 中际旭创	7	Acacia	Intel
Emcore	Sumitomo	8	Intel	Accelink 光迅科技
WTD	Lumentum	9	AOI	Eoptolink 新易盛
NeoPhotonics	Source Photonics	10	Sumitomo	HGG 华工正源

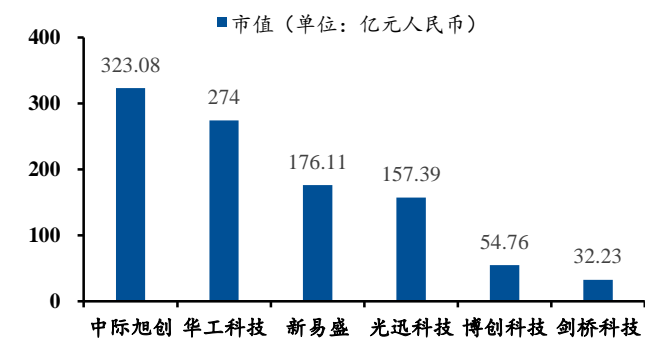
资料来源: Lightcounting, 民生证券研究院

表2: 全球光模块主要参与者分市场简介

	主要市场	公司名称	公司概况
国外	数通市场	AAOI	专注数通领域, 客户集中于云计算厂商
		II-IV	2019 年收购 Finisar 成为全球光模块龙头
		Intel	跨入硅光领域, 其 400G 硅光模块量产, 800G 硅光模块处于样品测试阶段
	电信市场	Oclaro	2019 年收购 Lumentum 后成为全球第二大光器件供应商
		Cisco	2019 年收购 Acacia, 硅光技术领先者
国内	数通市场	中际旭创	国内数通光模块龙头, 供货能力位居行业前列
		新易盛	电信转数通, 国内数通光模块后起之秀
		剑桥科技	2018 年收购 MACOM, 2019 年收购 Oclara 部分资产
	电信市场	华工科技	旗下华工正源电信级光模块占据领先地位, 具备 25G DFB 光芯片量产能力
		光迅科技	烽火集团旗下光模块企业, 具备 25G DFB 光芯片量产能力
		博创科技	国内 10G-PON 光模块领先者, 硅光领域先发布局优势

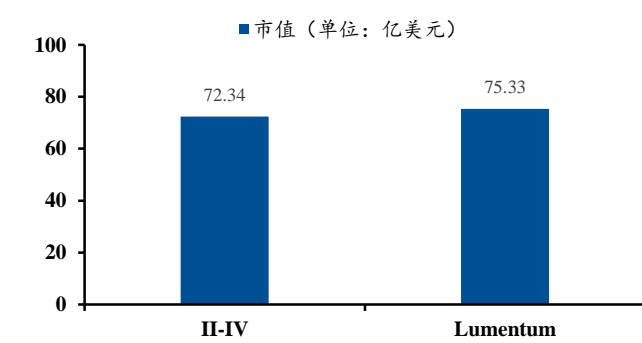
资料来源: 各公司官网、财报, 民生证券研究院

图10: 国内光模块商市值 (2021/12/17, 单位: 人民币)



资料来源: wind, 民生证券研究院

图11: 国外光模块商市值 (2021/12/17, 单位: 亿美元)



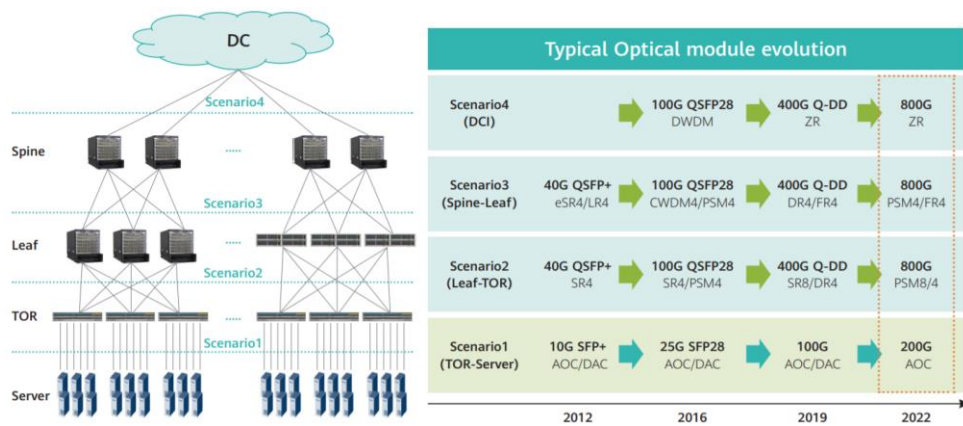
资料来源: wind, 民生证券研究院

1.3 数通市场规律：新产品导入期聚焦先发优势，成熟期成本领先、大规模交付能力是核心

光模块代际更迭迅速，这一点在数通市场尤为显著。回溯过去十几年数通光模块的更新迭代过程，从 10G 迭代到 40G 经历了 5 年，40G 迭代到 100G 经历了 4 年，而从 100G 迭代到 400G 仅约 3 年，光模块加速代际更迭已成为数通市场的普遍趋势。

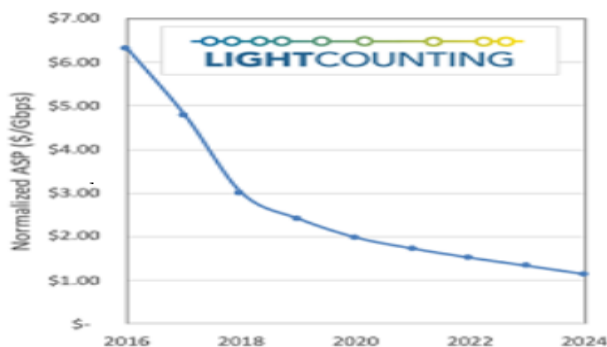
数通光模块加速代际迭代、速率不断提升的背后，有多方面的驱动因素。1) 首先是流量的高速增长；2) 其次我们可以发现在高速率光模块进入规模放量期后，价格降幅明显，因而光模块单位速率成本在下降，这也是促使下游云计算巨头愿意不断推动光模块代际更迭的重要原因；3) 再者，数据中心 I/O 接口带宽需求的增加同样也带动了可插拔光模块速率的演进，由于在数据中心级高速光模块主要用于交换机间的互联，因此光模块接口速率需要与交换机芯片能力相匹配，当前交换 ASIC 芯片领域两年容量翻一倍的摩尔定律尚未失效，因而驱动数通光模块速率的不断更迭升级。未来 ASIC 交换容量将沿着 12.8T->25.6T->51.2T->102.4T 方向扩容，对应光模块的演进路线是 400G->800G->1.6T->3.2T。2018 年 10 月博通 StrataXGS Tomahawk3 系列 12.8T 交换机量产，带来 400G 光模块需求，而随下一代 25.6T 交换机的推进，将推动 800G 光模块需求。

图12: 数通光模块的代际更迭进程



资料来源：800G Pluggable MSA 白皮书，民生证券研究院

图13: 光模块单位速率的价格持续下降



资料来源：Lightcounting，民生证券研究院

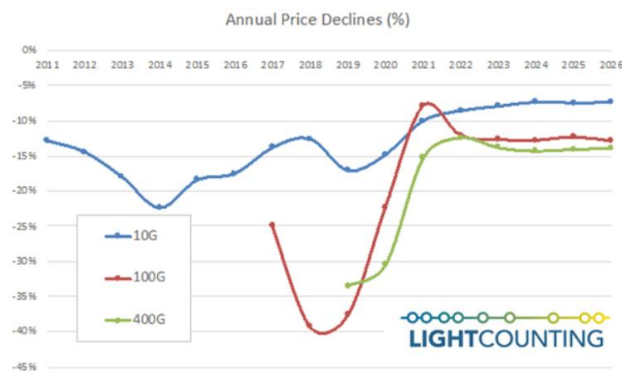
伴随着快速迭代更迭，新品光模块价格自推出起便逐年下降。一般而言，新产品导入初期降幅显著，进入成熟期后每年的降幅趋于平稳。在技术更迭初期，由于只有少数提前布局、技术领先的厂商具备批量生产能力，因而下游客户愿意付出一定溢价，产品能保持相对可观的价格。而随着产品持续放量、技术趋于成熟使生产厂家逐渐增多，市场竞争变得激烈，价格降幅明显。一般而言，更迭初期降价幅度通常在 30~40%，当产品进入成熟期后每年的降幅在 15% 左右。以 400G 数通光模块来看，2019 年和 2020 年是技术更迭初期，产品价格降幅均在 30~35% 间，而 2021 年的情况则相对特殊，受供应链短缺和部分原材料价格上涨等因素影响，价格降幅明显趋缓，除 400G 外，特别是 100G，价格降幅百分比趋减到个位数区间。虽然光模块价格逐年下降，但头部厂商具有一定议价能力，一定程度上能够将降价影响向上游传导，并且随着产能提升推动良率提升制造成本也有下降，叠加产品设计和制造工艺上的不断优化，因而能够较好消化降价影响，对利润的影响相对不太大。

图14: 交换机算力每两年翻倍推动光模块速率需求



资料来源：800G Pluggable MSA 白皮书，民生证券研究院

图15: 光模块的价格变动情况



资料来源：Lightcounting，民生证券研究院

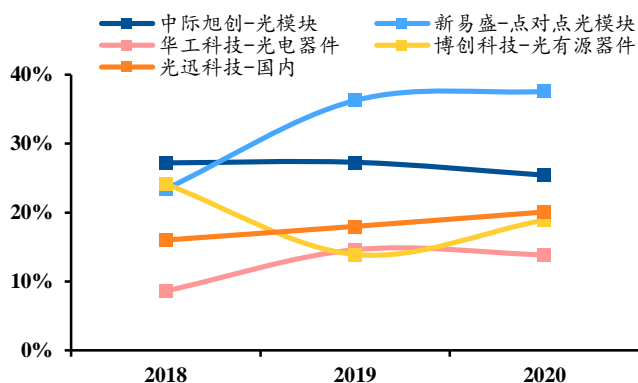
根据光模块行业的价格特点，可以总结出数通市场的竞争规律，即在技术更迭时的新产品导入期重点聚焦先发优势，当产品进入成熟期则成本领先为王。

- 1) **在技术更迭的初期，先发优势的重要性明显：**新产品从研发成功到送样验证到小规模量产再到大规模量产的周期一般在 1 年半以内。一般而言，大客户的光模块供应商在 3 家左右，因此产品量产的越早，单价越高、毛利率越高。享有技术领先优势的企业将提前锁定大客户订单，并获得超额受益。
- 2) **产品成熟期，成本领先、大规模交付能力是核心竞争优势：**成本优势重点体现在原材料成本，采购量大的头部企业在一些关键原材料（比如光芯片、电芯片）上具有非常显著的成本优势。成本还受产品良率影响，产能增长有助于高端产品良率的提升，因而在产品成熟期规模效应有显著体现。另外，对于数通领域的云计算巨头，大规模交付能力、快速相应客户需求尤为重要，头部厂商的供应链更为稳定，产能优势明显，具备大规模交付能力，而中小厂商相对会有劣势，特别是在类似 2021 年出现上游芯片短缺的情况下，对中小厂商会有较大冲击。

1.4 电信市场规律：毛利率较低聚焦成本领先，光芯片加速国产化进程提供未来降本空间

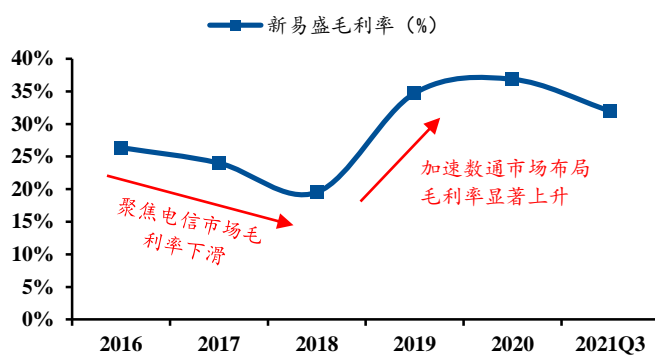
电信市场竞争较为激烈，毛利率普遍低于数通市场。电信市场所用光模块相对偏低端，价值量不高，当前 5G 前/中/回传现所用主流光模块为 25G/50G/100G，而近几年数通市场主流光模块已迭代至 100G/200G/400G 光模块。产品相对偏低端导致了技术壁垒较低，因而大小厂商纷纷涌入，激烈竞争导致毛利率较低。从国内光模块厂商的毛利率来看，主业聚焦电信级光模块的厂商（光迅科技、博创科技、华工科技）毛利率均低于更专注数通市场的厂商（中际旭创、新易盛）。其实不仅仅在电信市场，包括在数通市场中，为了不错过代际更迭的机遇，在光模块代际更迭开始后各厂商也是积极扩产，伴随着各家产能相继放量，价格及毛利率将显著下降，新产品的红利期窗口也即逐渐消失。

图16: 电信市场毛利率低于数通市场



资料来源: wind, 民生证券研究院

图17: 新易盛进入海外数通市场后毛利率显著上升



资料来源: wind, 民生证券研究院

表3: 部分光模块厂商近两年的定增扩产情况

时间	公司	部分定增内容	使用募集资金金额	投产后产量
2020.5	剑桥科技	高速光模块及 5G 无线通信网络光模块项目	6.5 亿元	年产 101 万只 100G 光模块 5 万只 200G 光模块 18 万只 400G 光模块 135 万只 5G 无线通信网络光模块
2020.12	新易盛	高速率光模块生产线项目	13.5 亿元	新增年产能 285 万只高速率光模块
2021.4	博创科技	硅光收发模块技改项目 无线承载数字光模块项目	4.3 亿元 1.4 亿元	年产能 245 万只硅光收发模块 年产 30 万只无线承载数字光模块
2021.10	中际旭创	苏州旭创高端光模块生产基地项目	6.4 亿元	年产高端光通信模块 65 万只
		铜陵旭创高端光模块生产基地项目	5.1 亿元	年产光通信模块 110 万只
		成都储翰生产基地技术改造项目	2.4 亿元	年产接入网用高端光电器件 920 万只
2021.11	光迅科技	高端光通信器件生产建设中心	10.9 亿元	年产 5G/F5G 光器件 610.00 万只 相干器件/模块及高级白盒 13.35 万只 数通光模块 70.00 万只的规模

资料来源: 各公司公告, 民生证券研究院

在这样的情况下，光模块厂商深度聚焦成本领先战略，从上游成本侧的角度，一方面是强化规模效应，原材料成本和量的大小有关。另一方面，近年来可以明显看到，光芯片国产化替代的进程在加速。光芯片是光模块成本占比的大头，低端光模块中成本占比约 30~40%，在高端光模块中占比可能高达近 60%，未来随着国产化推进，光模块整体还有进一步降成本的空间。

当前包括光模块厂商和国内光芯片厂商在光芯片领域都有明显进展。光模块厂商方面，部分厂商积极向产业链上游光芯片领域拓展，致力于优化自身成本侧支出。光迅科技在光芯片领域布局多年，于 2020 年实现 25G EML/VCSEL/DFB 光芯片量产。根据公司公告，公司 25G VCSEL 及 DFB 光芯片实现 60% 自供。华工科技方面，子公司云岭光电于 2021 年实现 25GCWDM/EML/DFB 量产，其自研光芯片在 10G 光模块产品中自供率近 80%。硅光芯片方面，在 2021 年 10 月的武汉光博会上，华工科技表示其自研 400G 硅光芯片已流片成功，预计明年 800G 硅光芯片也将出样，若形成国产替代，公司认为整个模块物料成本可节省 15%。博创科技与德国 Sicoya 合作开发硅光芯片，暂未自供，未来有望用于其硅光模块。国内光芯片厂商方面，包括陕西源杰、武汉敏芯、中科光芯等，陕西源杰于 2020 年 3 月量产 25G DFB，其他部分厂商近年来也均陆续推出 25G DFB、25G PIN PD 等光芯片，整体进展迅速。

表4: 国内厂商在有源光芯片领域的进展

公司	进展
光迅科技	2012 年光迅与武汉电信器件有限公司重组，开始研发 EML 2020 年实现 25G 光芯片量产 2021 年 8 月实现 100G 相干硅光芯片出货、25GEML/VCSEL 量产 2021 年 10 月实现 25G EML 量产，实现 25GVCSEL/DFB 60% 自供
华工科技	2017 年成立云岭光电专门研发光芯片，2021 年实现 25GCWDM、25GEML、25GDFB 光芯片量产；另外，其自研 400G 硅光芯片已流片成功，预计明年 800G 硅光芯片也将出样
博创科技	与德国 Sicoya 合作研发硅光芯片
陕西源杰	2016 年 8 月推出 10G DFB 光芯片 2019 年 12 月 25G DFB CWDM/LWDM 推出 2020 年 3 月 25G DFB 量产
武汉敏芯	2019 年 5 月推出 25G PIN PD 光芯片 2019 年 11 月推出 MWDM 25G DFB 光芯片 2020 年 7 月推出 25G LAN WDM DFB 激光器系列芯片

资料来源：各公司公告，民生证券研究院

2. 新一轮数据流量投资加速行业拐点到来，数通光模块技术更迭高速推进

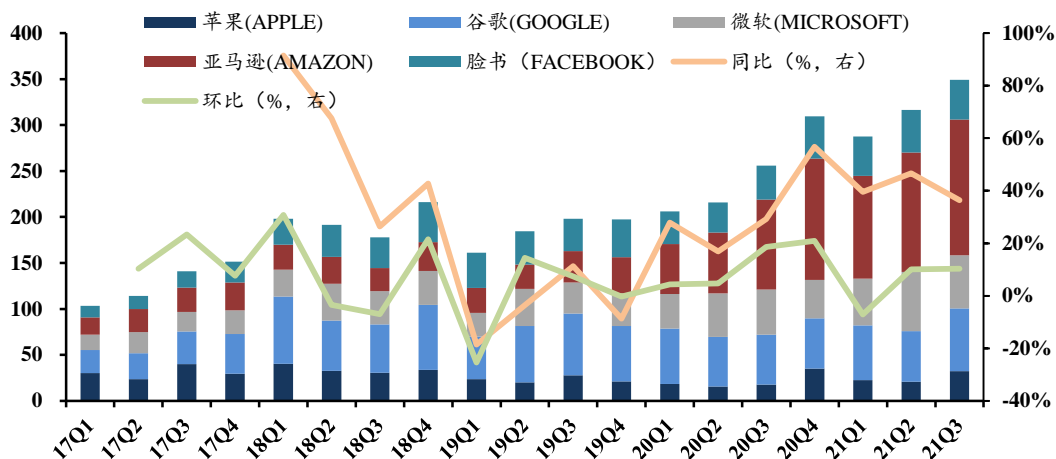
2.1 景气转好，新一轮数据流量投资风云再起，行业拐点将至

从今年光模块行业的边际变化来看，需求边际转好、原材料价格上涨供应链短缺、光模块厂商去库存等现象较为显著。1) 从下游需求来看，上半年需求相对疲软，光模块行业景气度低，进入下半年后有一定程度回升。海外需求方面，一季度相对是传统淡季，叠加客户消化库存等因素需求相对下滑，二、三季度开始部分海外重点客户开始上量，加紧部署 200G/400G 等产品，景气度迎来边际向好。国内需求方面，受头部客户需求降幅明显的影响，上半年国内数通市场需求疲软，特别是 100G 产品的需求量下滑较大，下半年迎来边际改善。2) 原材料方面，包括光芯片、某些组件、特别是电芯片面临一定程度的短缺，部分原材料价格上涨。价格上涨、供应链短缺一定程度上也使得今年光模块产品价格降幅收窄，100G 产品价格降幅小于 10%，高端的 400G 产品价格降幅约在 15% 左右。从对光模块厂商的影响来看，头部厂商的供应链稳定、备货充足、且一般芯片厂商优先保证头部大客户供应，因而基本不受影响。与之相较，今年中小厂商受原材料短缺的影响较大。3) 库存方面，受疫情催化，2020 年二、三季度迎来需求显著增长，光模块厂商加速扩产。但从 2020 年四季度开始包括 2021 年上半年，随着疫情变缓，海外客户消化库存国内客户需求疲软，数通市场需求整体回落，部分订单延后，扩产带来的库存积压相对严重，进入四季度后基本出清。

从下游数通市场整体的景气度来看，在经历了年初的低谷后，景气度整体进入稳步上行通道。云计算巨头的 CAPEX 是景气度的风向标，海外来看，2021 年三季度，北美 5 家云计算巨头 FAAMG (Facebook、亚马逊、苹果、微软和谷歌) 资本开支总计达 349.16 亿美元，同比 +36.4%，环比 +10.4%。国内方面，经历了 2020 年四季度和 2021 年一季度的大幅下滑后，二、三季度阿里、百度环比提升显著，腾讯二季度降幅收窄，三季度止跌企稳。信骅 (Aspeed) 的月度营收数据一般认为是云计算景气度的先验指标，具体来看，2021 年 10 月的单月营收达 3.56 亿新台币，创历史新高，同比增长 88.6%，环比增长 15.9%，预示景气度整体上行。

展望未来，我们认为新一轮数据流量投资浪潮风云再起，数通市场将迈入未来 3~5 年新一轮的景气上行周期，上游光模块行业拐点将至。2021 年，伴随着 Facebook、微软、英伟达这 3 家科技巨头已正式宣布进军元宇宙，元宇宙大幕开启。不仅仅是元宇宙所带来催化，未来包括 5G 相关应用进程加快，云计算、物联网等领域的进一步发展，都将推动算力需求和数据流量加速增长，各大云计算巨头预计将持续加大基础设施投入。以元宇宙领军者 Facebook 为例，公司披露 2022 年 CAPEX 将增加至 290~340 亿元，较之 2021 年的约 190 亿美元，增长至少超 50%，彰显了公司全力布局元宇宙的决心。在这样的大背景下，我们认为，光模块领域作为产业链上游有望充分受益，行业拐点将至。

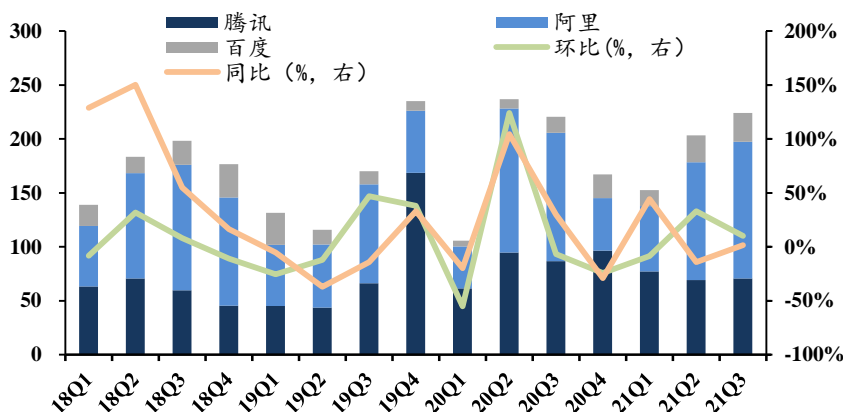
图18: 北美云计算巨头 (FAAMG) 的 CAPEX 情况 (单位: 亿美元)



资料来源: 各公司公告, 民生证券研究院

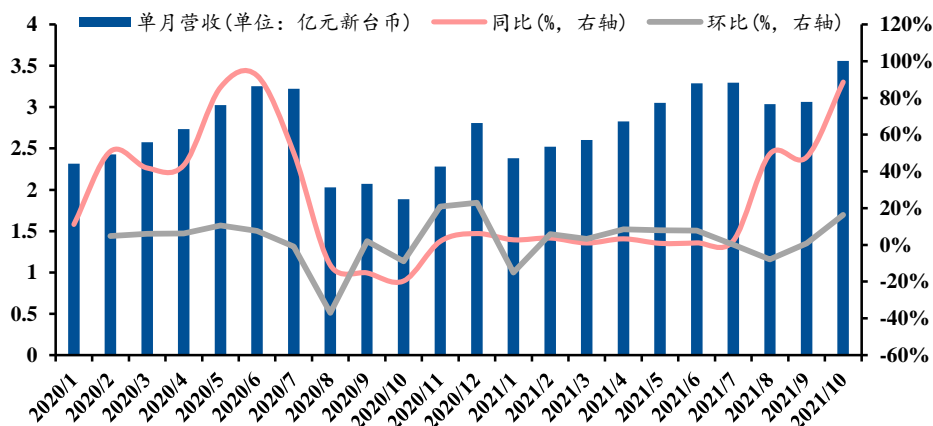
注: FAAMG 指的是 FACEBOOK、APPLE、AMAZON、MICROSOFT、GOOGLE

图19: 国内 BAT 的 CAPEX 情况 (单位: 亿元人民币)



资料来源: 各公司公告, 民生证券研究院

图20: 信骅月度营收情况 (单位: 亿元新台币)



资料来源: 信骅官网, 民生证券研究院

2.2 行业技术更迭高速推进，短期聚焦 800G 进展中长期关注硅光模块和相干光模块领域

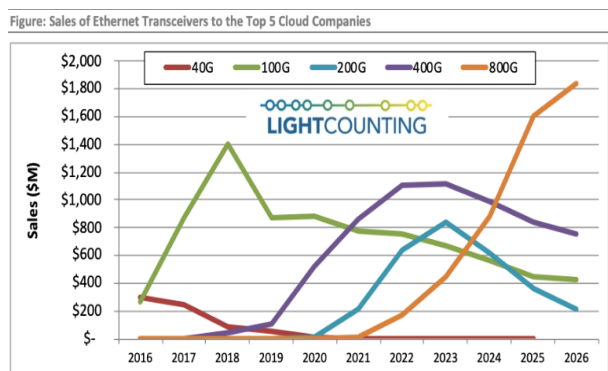
当前处在 400G 大规模放量，行业逐步开始进入 800G 的技术迭代初期。需求侧来看，受流量高速增长、光模块单位速率成本下降、交换机芯片升级扩容等因素驱动，海外巨头对 800G 有需求。从供给侧来看，当前各光模块厂商加速推进 800G 进程。我们认为，传统分立式结构的 800G 光模块预计将先于 800G 硅光模块进入规模量产，以行业内进度相对有所领先的中际旭创为例，其早在 2020 年即推出了 800G OSFP 和 QSFP-DD800 光模块产品线，根据公司公告，其 2021 年上半年已向海外客户送样评估，当前已实现小批量销售，预计 2022 年开始量产。考虑到技术更迭阶段存在较大的红利窗口期，因而短期内需要重点聚焦行业内厂商在传统分立式结构的 800G 光模块领域的整体进展。

中长期维度，需要关注硅光模块及相干光模块领域。硅光方面，尽管前些年已有一定进展，但当前硅光模块的优势相对不明显。未来随着光模块向更高速率演进、硅光产业链发展更为成熟，硅光模块的优势预计将真正开始显著体现，届时先发布局的硅光厂商可能获得弯道超车的机遇。相干光模块方面，在未来流量高速增长的大背景下相干技术将持续下沉，应用场景进一步拓宽。在其成本、功耗等问题上持续优化的大背景下，有望迎来较大发展机遇。我们可以发现，除了传统的相干光模块厂商，近年来我们可以看到非相干领域的光模块头部厂商也开始涉足相干光模块领域。

2.2.1 数通 800G 光模块：技术迭代初期，光模块厂商发力布局聚焦先发优势

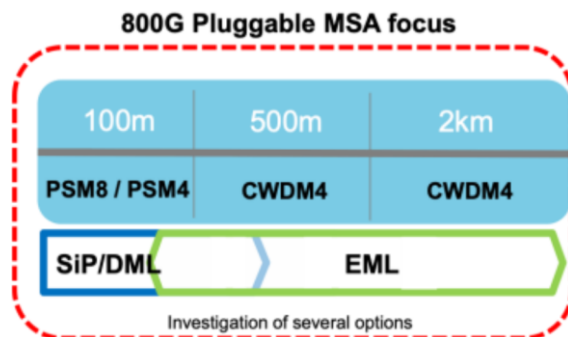
当前 400G 数通光模块已启动大规模放量，行业正逐步进入 800G 的技术迭代初期。根据 Lightcounting 2021 年的预测，2022 年开始海外客户将产生 800G 的批量需求，2024 年后 800G 销售将开始超越 400G，而到 2026 年 800G 将成为光模块销售的主力。Lightcounting 同时预测，到 2026 年，阿里巴巴，亚马逊，脸书，谷歌和微软的光模块需求将从 2020 年的 14 亿美元增长到 30 亿美元。

图21: TOP5 云厂商对数通光模块的需求



资料来源: Lightcounting, 民生证券研究院

图22: 800G Pluggable MSA 的研究范畴



资料来源: 讯石光通讯, 民生证券研究院

自 2019 年以来，已经有一些标准化组织在讨论 800G 以太网光模块的技术细节，光模块向 800G 演进的进程开始受到广泛关注。

- **800G Pluggable MSA**: 2019年9月成立, 发起人包括了信息通信研究院所属泰尔实验室、腾讯、华为、新华三、海信宽带、光迅科技、住友电工、立讯精密、山一电机, 其后陆续还有其他公司加入。该组织聚焦的是针对数据中心应用的基于 PAM-4 调制技术的 800Gbps 以太网传输规范, 包括 8X100G 与 4X200G 两种, 传输距离包括 100 米, 500 米和 2 公里。2020 年 3 月, 该组织发布了第一份行业白皮书《Enabling the next generation of cloud & AI using 800Gb/s optical modules》, 其中定义了 800G 光模块 4 种主流的解决方案, 分别是 PSM8、2*CWDM4、PSM4、CWDM4。
- **IPEC**: 2020 年 9 月 10 日, 由中国信息通信研究院、美团、华为、烽火通信、博创科技、CIG (Cambridge Industries Group)、意华、海信宽带、华工正源、Source Photonics 和 Yamaichi 等联合发起成立, 致力于打造开放、透明的光电标准和光电产业平台。
- **IEEE Beyond 800G**: 2019 年 11 月成立, 聚焦<80km 的以太网场景。

从当前行业内众多光模块厂商的 800G 进展来看, 多家均有布局, 聚焦抢占先发优势。从行业内光模块公司的 800G 产品进展来看, 国内厂商整体走在前列, 2020 年, 光迅科技和中际旭创率先发布了 800G 相关产品, 进入 2021 年, 包括 II-VI (Finisar)、新易盛、华工正源、亨通洛克利、剑桥科技、索尔思等厂商也相继发布了自身的 800G 产品。同时我们也可以发现, 行业内部分公司进展相对领先, 以中际旭创为例, 早在 2020 年即推出了 800G OSFP 和 QSFP-DD800 光模块产品线, 2021 年上半年已向海外客户送样评估, 当前已实现小批量销售, 预计 2022 年实现量产。

表5: 部分光模块厂商的数通 800G 产品进展情况

进展介绍	
II-VI	2021 年 6 月在 OFC 展会上展示了来自 Finisar 的 800G-DR8 OSFP 等产品
中际旭创	2020 年旭创即推出了 800G OSFP 和 QSFP-DD800 光模块产品线, 当前 800G 产品主要包括了: 800G OSFP 8x100G DR8 & AOC、800G OSFP DR8+、800G OSFP 2x400G FR4、800G OSFP 1x800G LR8、QSFP-DD800 8x100G DR8 & AOC、QSFP-DD800 DR8+、QSFP-DD800 2x400G FR4、QSFP-DD800 8x100G LR 当前 800G 相关产品正在给海外重点客户试用, 已实现小批量销售
新易盛	2021 年 6 月在 CFCF 展会上已发布基于 EML 激光器和硅光芯片的 800G 相关产品, 即 QSFP-DD 800G(涵盖 SR8、DR8、2xFR4 和 2xLR4 传输接口)和 OSFP 800G (涵盖 SR8、DR8、2xFR4 和 2xLR4 传输接口)
光迅科技	2020 年 9 月参展 CIOE 即发布 800G 相关产品, 该产品方案采用 OSFP 封装规格, CWDM4 波分复用, 共计 8 发 8 收, 采用单波 106Gbps 的 PAM4 调制, 可以充分满足客户数据中心 800G 应用要求
华工正源	2021 年 9 月中国光博会, 华工正源发布三款 800G 光模块: 800G SR8, 800G DR8 和 800G 2*FR4。同时, 800G DR8 推出 OSFP 和 QSFP-DD 两种封装形式, 800G SR8 和 800G 2*FR4 优先推出 OSFP 封装形式 2021 年 10 月武汉光博会展出了使用自研硅光芯片的 800GDR8 硅光模块
亨通洛克利	2021 年 6 月, 亨通洛克利在 OFC 展会上发布基于 EML 的 800G QSFP-DD800 DR8 光模块, 亨通洛克利计划在 2022 年下半年实现量产, 同时计划在 2022 年开发基于硅光的 800G 光模块
剑桥科技	公司的 800G 光模块产品在 2021 年早期已经通过样机测试并中标进入大客户供应商名单, 现有收到的是小批量订单。公司的 800G 光模块产品主要有三种类型, 两个基于传统方案, 一个基于硅光方案, 即基于硅光技术的 800G DR8/FR8 以及基于 EML 的 800G DR8/FR8、2xFR4 光模块
索尔思	2021 年 6 月在 OFC 展会上发布 800G 相关产品, 1) 其 800G DR8 OSFP/QSFP-DD800 产品线包括可支持 500 米 (800G-DR8)、2 公里 (800G-DR8+) 和 10 公里 (800G-DR8++) 以及满足 8x100GbE 和 2x400GbE 新型方式的产品; 2) 其 2x400G FR4 OSFP/QSFP-DD800 模块可以满足 2 公里、6 公里 和 10 公里, 要求

资料来源: 相关公司官网, Ofweek, 民生证券研究院

除此之外，关于 800G 光模块的封装方式也是近两年来业界一直讨论关注的焦点，除了传统的热插拔封装方式外，CPO（Co-packaging）封装也是未来可能的方向之一。CPO 简单而言就是将光收发器/光引擎和电芯片封装在一起，只保留光口，而不是采用可插拔光模块的形式。这种封装方式可以有效地降低整个系统的功耗，提高信号密度，降低时延，同时降低体积大小。当前不同巨头站不同阵营，聚焦 CPO 的包括一些硅光公司和对光模块有较大需求的数据中心公司。例如 2019 年，Facebook 和微软在 2019 年成立的 CPO Collaboration 旨在解决 SMF 上更长距离（长达 2 公里）连接，以替代在大型数据中心中广泛部署的可插拔光模块。虽然 CPO 领域非常火热，但是目前对它的质疑主要集中在对系统的可靠性、可生产制造性、是否能提供足够高的带宽、成本是否降低等方面。

表6：热插拔与 CPO 的比较

	优势	劣势
热插拔	易维护、产业链丰富、互操作性好等	前面板热量集中、高频电信号距离长、增加 DSP 信号处理等
CPO	容易实现高频互联、体积更小、改善散热问题等	不易维修、产业链更加集中等

资料来源：光通信女人，民生证券研究院

2.2.2 硅光模块：产业链、工艺等亟待发展成熟，未来硅光厂商有望获得弯道超车机遇

硅光模块是基于硅和硅基衬底材料，利用现有 CMOS 工艺进行光器件开发和集成的新一代技术。其核心理念是“以光代电”，利用激光束代替电子信号进行数据传输，实现了真正意义上的“光互联”，可以进一步提升芯片与芯片间的连接速度。此外，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，通过将相关光学器件与电子元件整合到一个独立的微芯片中从而实现调制器、接收器以及无源光学器件的高度集成。与之相较，传统光模块是将 III-V 族半导体芯片、电芯片、光学组件等分立式器件封装而成，集成度相对不高，且本质上属于“电互联”。随着未来晶体管尺寸不断变小，电互连将面临诸多局限。

当下而言，硅光模块较之传统分立式的光模块优劣势相对明显。

- **优势方面**：硅光集成优点包括了低功耗、高集成度体积减小，通过光子介质传输信息因而连接速度更快，同时，硅光技术可以通过晶圆测试等方法进行批量测试，测试效率显著提升。另外是成本问题，从材料成本角度，传统的 III-V 族材料（GaAs/InP）衬底因晶圆材料生长受限，生产成本较高，而随着传输速率的进一步提升，需要更大的 III-V 族晶圆，芯片的成本支出将进一步提升。与 III-V 族材料相比，硅基材料成本较低且可以大尺寸制造，因而理论上芯片成本可显著降低。
- **劣势方面**：整体产业化不成熟，没有成熟产业链做晶圆级的测试，包括流片硅光的量也不足，产业化程度不够；并且，当前芯片良率低，因而成本优势并不明显。传统 III-V 族半导体芯片的良率在 90% 以上，而由于硅是间接带隙半导体，发光效率低，难做激光器，因而硅光芯片通常需要将 III-V 族半导体键合在硅基衬底上。由于硅光集成的工艺尚未成熟，在激光耦合等步骤上的良率较低，导致硅光模块成本难以进一步

提升。另外，高集成度也导致硅基光波导的尺寸小，硅波导与光纤的耦合效率低，在耦合过程中会产生损耗。

一般认为，硅光技术与传统分立式技术的成本平衡点在 400G，具体比较数据中心 400G 光模块传统方案与硅光方案，硅光相对而言优势并不突出。我们认为未来随着光模块速率向 800G 及以上更高速率演进，受制于传统光芯片（随传输速率提升需更大 III-V 族晶圆，因而芯片成本提升）价格及供应能力等问题，硅光的成本优势有望逐渐凸显，同时伴随着硅光模块产业链、工艺等发展得更为成熟，其渗透率有望迎来加速提升。

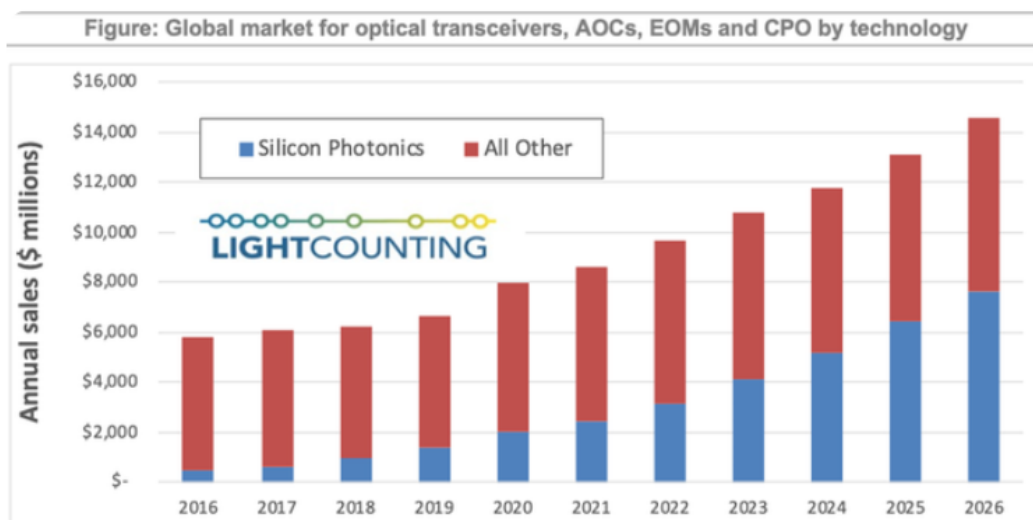
表7: 数据中心 400G 光模块硅光方案的替代分析

		400G SR8	400G DR4	400G FR4	400G ZR
III-V 族材料	发射	25G VCSEL	56GB PAM4 EML	56GB PAM4 EML FS/PLC MUX	64GB QAM16 相干
	接收	多模 PD	InP PD	InP PD FS/PLC MUX	IC-TROSA
硅光	发射	硅光 MZM	硅光 MZM	硅光 MZM+硅光 MUX	
	接收	Ge PD	Ge PD	Ge PD FS/PLC/SiP DeMUX	硅光 ICTR
	分析	硅光无成本优势	有成本优势 节约光源 易集成	发射端成本高，无优势 发射端功耗大，无优势 接收端可全集成 收发全集成	有成本优势 发射端出光功率小

资料来源：海思光电，光通信女人，民生证券研究院

硅光模块整体前景可期，2026 年市占率预计有望过半。根据 Lightcounting 的统计，从 2016 年开始，基于 SiP 产品的市场份额稳步增长，2018 年以后增长加速。其预计，全球硅光模块市场将在 2026 年接近达 80 亿美元，市占率超 50%。同时 2021-2026 年硅光模块整体累计规模将接近 300 亿美元。

图23: 硅光模块的历史销售及预测



资料来源：Lightcounting，民生证券研究院

从当前的竞争格局来看，各大主流光模块厂商在硅光领域基本均有相应布局。其中，Intel 是业内耕耘最早、技术最完善的厂商，2016 年即实现 100G 硅光模块商用开启批量出货。从最前沿的 800G 情况来看，Intel、Cisco 等头部厂商的进度整体处于行业领先地位。我们认为，随着硅光模块逐渐走向成熟，在该领域领先的海外巨头可能将加剧数通光模块领域竞争的激烈程度。

表8: 部分国内外厂商在硅光模块领域的进展

类型	公司	时间	进展
400G 及以下	Juniper	2019年3月	发布 400G 硅光模块
	Intel	2019H2	400G 硅光模块量产
	阿里云	2019年9月	与 Elenion、海信宽带合作，发布 400G Dr4 硅光模块
	华工科技	2021年8月	自研 400G 硅光芯片流片成功
		2020年7月	100G 硅光模块实现量产 200G 和 400G 处于送样阶段
	光迅科技		400G 硅光模块采用自研 100G 硅光芯片 可运用至数通及相干领域
		2021年10月	预计明年公司 400G 硅光模块或可批量供应
	新易盛	2020年11月	发布 400G QSFP-DD DR4 硅光模块
	博创科技	2021年1月	无线前传 25G 硅光模块实现量产
		2021年6月	数通 400G DR4 硅光模块开始批量出货
	亨通光电	2021年3月	400G QSFP-DD DR4 硅光模块量产 使用参股公司英国洛克利小型化的硅光芯片和电芯片
	中际旭创	2021年4月	400G DR4 硅光模块处于送测阶段 搭载自研硅光芯片
	剑桥科技	2021年8月	与 Acacia 合作，400G 硅光模块处于客户测试阶段
	易飞扬	2021年9月	光博会推出 400G QSFP-DD DR4 硅光模块
	800G	Intel	2021年6月
思科 (Acacia)		2021年6月	于 OFC 发布 800G 硅光模块
博创科技		2021年9月	800G 硅光模块处于研发阶段 硅光芯片与德国 Sicoya 合作
华工科技		2021年10月	武汉光博会展示使用自研硅光芯片的 800GDR8 硅光模块 预计明年 800G 硅光芯片出样
亨通光电		2022年	合资子公司亨通洛克利将开始研发 800G 硅光模块

资料来源：各公司公告、各公司官网，民生证券研究院

2.2.3 相干光模块：相干技术持续下沉市场空间广阔，非相干厂商加入拓展自身布局

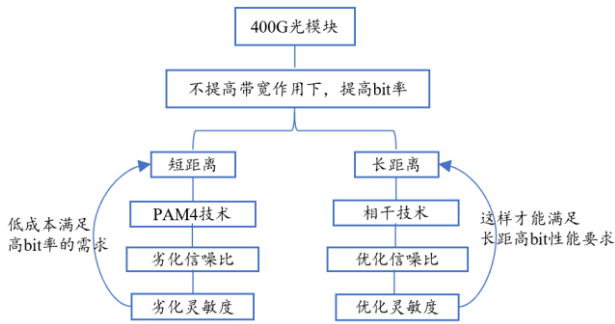
随着单通道传输速率的提高，相干技术的应用场景持续下沉延伸。相干技术从过去的骨干网 (>1000km) 下沉到城域网 (100~1000km) 甚至边缘接入网 (<100km)。另一方面在数通领域，相干技术也已经成为数据中心间互联 (DCI) 的主流方案 (80~120km)。

相干光模块解决的主要问题是优化信噪比。数据中心中的光模块，从 100G 向 200G、400G 提速时，都遇到电器件和光器件的带宽发展速率相对有限的问题，因而聚焦如何在不提高带宽的前提下，去实现 bit 率的提高。可以采用 PAM4 或相干调制，他们都能够做到在与 100G 的 NRZ 同样带宽下拓展 bit 率。其中，PAM4 是低成本满足高 bit 率要求，其劣化了信噪比，而

相干相对成本更高，但优化了信噪比。

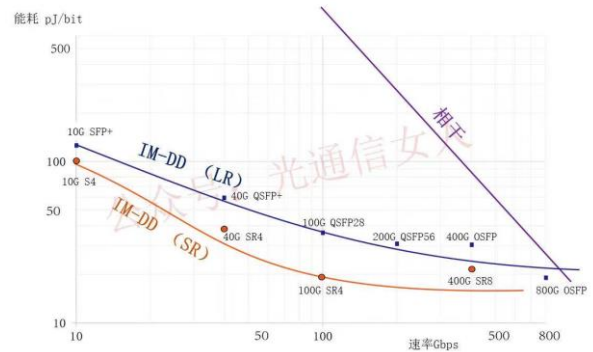
- **短距离的应用场景（数据中心内部）**：对信噪比要求不高，同时 400G 基本都加了更好的 CDR 或直接用 DSP 补偿一部分 PAM4 信噪比的劣化，因此通常采用成本较低的 PAM4（例如 400G 光模块，2km 传输距离）。
- **长距离的场景（数据中心互联）**：长距离传播对信噪比、灵敏度要求高。数据中心互联的距离可能达上百公里，由于用 PAM4 方案信噪比难以满足要求，灵敏度的劣化，即使加上 DSP 也很难长距离传播，因而主要采用相干技术。而未来，随着光模块速率的持续提升，相干技术有望得到更广泛应用，未来有望下沉到更短传输距离的应用场景。

图24: PAM4 与相干技术的比较



资料来源：光通信女人，民生证券研究院

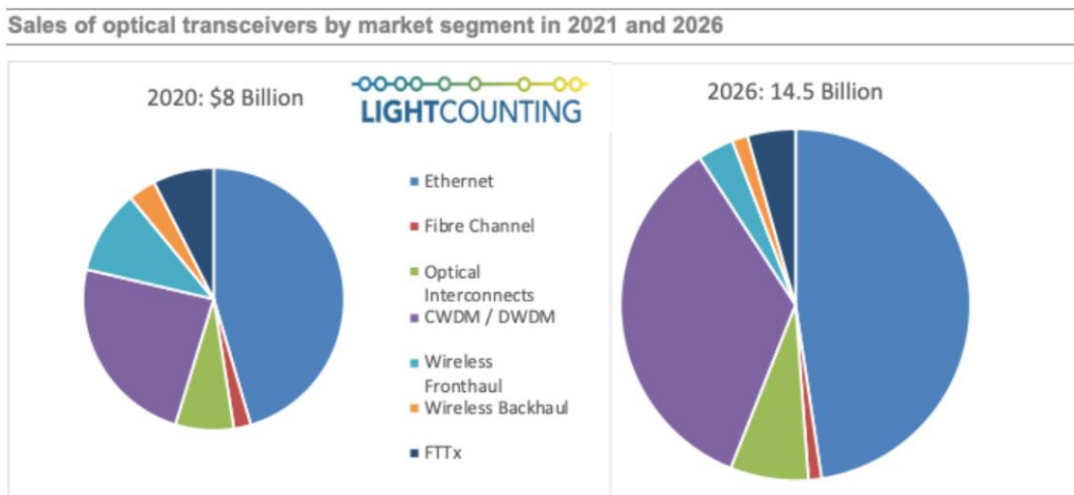
图25: 相干光模块与非相干光模块的功耗比较



资料来源：光通信女人，民生证券研究院

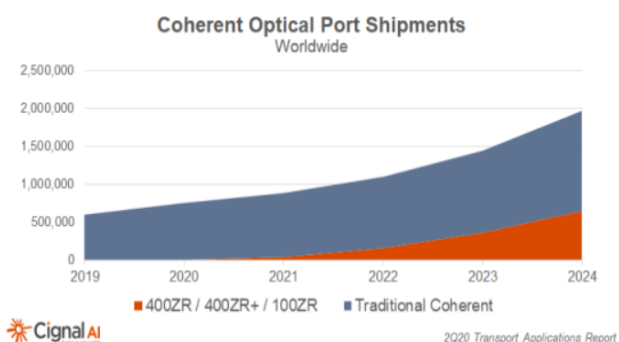
相干光模块市场发展至今仅有约 10 年，未来在流量高速增长的大背景下相干技术将持续下沉，伴随着其成本、功耗等问题上的持续优化，整体市场空间广阔。Lightcounting 预测，采用相干技术的 DWDM 光模块市场 2020 年销售额达 10 亿美金，到 2025 年将达到 25 亿美金，年复合增速达 20.1%。届时 DCI（数据中心互联）应用场景中相干探测的光模块比重预期由 2020 年的 39% 提升到 2025 年 78%。Signal AI 预测，随着高速相干光传输技术不断从长途/干线等长距离的应用场景下沉到区域/数据中心等中短距离的应用场景，用于高速相干光通信的数字光调制器需求将持续增长，2024 年全球高速相干可插拔光器件出货量将达到 200 万端口。

图26: DWDM 市场份额有望迎来显著增长



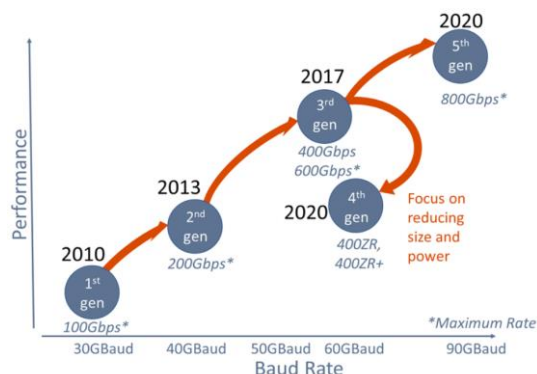
资料来源: Lightcounting, 民生证券研究院

图27: 全球高速相干可插拔光器件器的出货量



资料来源: Cignal AI, 民生证券研究院

图28: 流量增长驱动相干光模块的代际更迭



资料来源: Cignal AI, 民生证券研究院

从市场参与方来看,除了传统的相干光模块商如 Infinera、Cisco (acacia)、Ciena、Lumentum、华为、中兴等持续深耕,部分非相干领域的光模块厂商也开始加入。传统相干光模块厂商的产品迭代加速推进,2019年以来,传统相干光模块厂商,包括 Ciena、华为、Infinera 等厂商相继发布了其 800G 相干光模块产品。另一方面,我们也可以发现,传统非相干领域的光模块厂商也开始切入相干光模块领域以拓展其业务布局。除了布局更早的光迅科技,数通光模块龙头中际旭创也已切入该领域,2020 年上半年,公司首先推出了的 100G/200G/400G CFP2 DCO 系列的相干光模块产品,当前,旭创科技已能够提供全系列 100G、200G 和 400G 相干光学解决方案,覆盖 ZR (120km 短距)、MR (城域) 和 LH (长距) 等各种应用场景,支持 CFP2、OSFP 和 QSFP-DD 封装。

3. 电信市场景气度整体回暖，10G PON 加速渗透

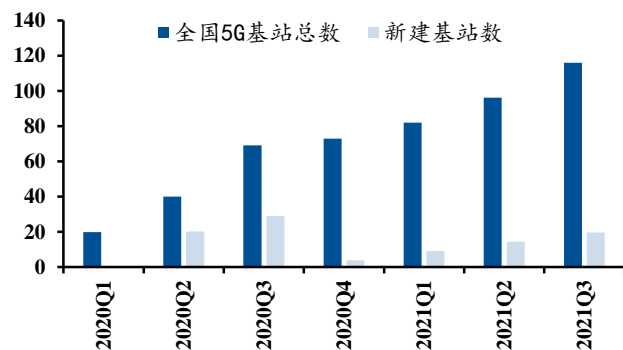
3.1 5G：短期景气度回暖趋势有望延续，长期需求有保证

3.1.1 边际变化：2021 年下半年开始边际向好，景气度回升趋势明年有望延续

2021 年上半年电信市场需求疲软，下半年开始景气度回升。从 5G 基站建设情况来看，根据工信部数据，截止 2021 年三季度，全国 5G 基站总数达 115.9 万个，前三季度合计新增 38.8 万个。从单季度情况来看，2021 年一季度延续了 2020 年四季度的情况，基站建设进度整体趋缓，新增基站数仅 4.8 万个。二、三季度开始逐步增加，分别建成 14.2 万个和 19.8 万个，基站建设进度加速明显。从光模块的需求来看，2021 年上半年电信市场包括 5G 前传、中回传需求均较为疲软，客户主要在消库存，大量订单推迟延后执行。下半年开始，随着运营商集采招标恢复，产业链整体景气度重新迎来回升。2021 年 6 月中国移动和中国广电开启 700MHz 基站联合招标，共计 48 万站，2021 年 7 月中国电信与中国联通 5G 基站 (2.1GHz) 招标开启，共计 24.2 万站。我们认为，从基站招标传导到上游光模块厂商实现收入确认需要 1~2 个季度，因而电信市场回暖给光模块厂商带来的业绩边际改善将逐渐体现。

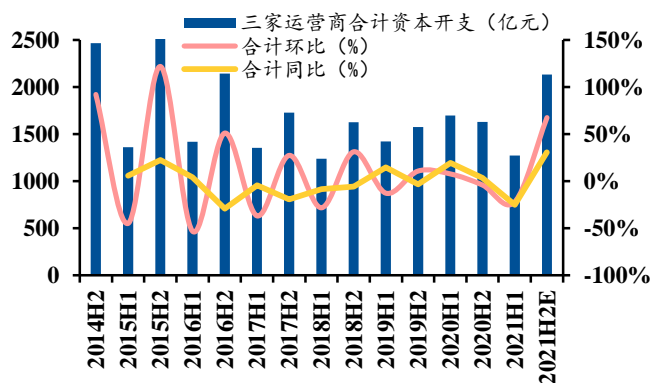
电信市场景气度回升的趋势明年将得以延续，整体看好电信光模块市场。首先，从运营商资本开支的角度，2021 年上半年 5G 建设延后导致三大运营商资本开支同比下降 21.9%，随着下半年开始 5G 建设加速，景气度回暖明显。根据运营商指引，我们预计下半年三大运营商资本开支合计达 2133 亿元，同比增长 30.8%。展望明年，考虑到电信和中移动两大运营商相继回归 A 股上市，募集资金后有望加大相关的资本投入，因而我们认为预计明年运营商资本开支有望在今年基础上保持平稳增长，产业链景气度回升趋势有望延续。其次，从光模块厂商的角度，受 2021 年上半年需求疲软、行业竞争激烈、原材料价格上涨等因素影响，部分厂商的电信光模块毛利率已到个位数，净利率接近 0%，这样的大环境会加速小厂商出清。小厂商出清完成后，电信光模块价格走势有望向好。再者，随着光芯片国产化进程的加速，国产替代比例的稳步提升，也有望为光模块厂商提供降本空间。由此，我们整体看好电信光模块市场。

图29: 5G 基站建设数量情况 (单位: 万个)



资料来源: 工信部, 民生证券研究院

图30: 运营商半年度资本支出情况 (单位: 亿元)



资料来源: 运营商公告, 民生证券研究院

表9: 中国电信和中国移动 A 股上市的募集资金用途 (单位: 亿元)

	募投项目	未来三年总投资规模 (单位: 亿元)	利用募集资金投资额 (单位: 亿元)
中国电信	5G 产业互联网建设项目	214	114
	云网融合新型信息基础设施项目	507	270
	科技创新研发项目	300	160
	合计	1569	560
中国移动	5G 精品网络建设项目	983	280
	云资源新型基础设施建设项目	161	80
	千兆智家建设项目	116	50
	智慧中台建设项目	150	50
	新一代信息技术研发及数智生态建设项目	159	100
	合计	1569	560

资料来源: 各公司公告, 民生证券研究院

3.1.2 中长期: 通信“十四五”规划指引, 电信光模块整体需求有保证

2021~2025 年 5G 基站数预计净增约 300 万站, 整体来看, 电信光模块中长期需求有保证。

《“十四五”信息通信行业发展规划》指出, 力争建成全球规模最大的 5G 独立组网网络, 2025 年每万人拥有 5G 站数达到 26 个(净增 21 个)。根据第七次人口普查结果全国约 14.12 亿人, 预计 2021~2025 年 5G 基站数净增约 300 万站, 平均每年净增 60 万站。5G 基站的稳步建设将推动电信级光模块需求保持稳定、快速的增长。

5G 前传: 所需光模块量大, 传输距离较短, 主要为 10G/25G SFP 光模块, 技术成熟, 市场准入门槛较低, 价值量较中回传、回传低, 竞争较为激烈。与之相较, 5G 中回传、回传所需光模块量较前传少, 相对高端, 初期以 25G-100G 为主, 5G 规模商用后将迭代至 200/400G 光模块, 价值量更高, 竞争压力相对平缓。

5G 中/回传: 承载网扩容升级, 光模块向高速率迭代。SPN (切片分组网)、智能城域网与 STN (智能传送网) 分别是中国移动/中国联通/中国电信的 5G 承载网络格式。2019 年起, 三大运营商均开启承载网的连续招标, 承载网进入规模建设模式。可以发现, 近两年来招标频出, 整体景气度较好, 将显著拉动中回传光模块的需求。

表10: 5G 前中回传所需光模块制式

	5G 前传	5G 中回传	5G 回传+DCI
传输距离	<10/20km	<40km	<40-80/几百 km
客户接口	25GE	5G 初期: 10/25GE	5G 初期:10GE/25GE/100GE
	N x 10G/25G 或 1 x 100G	规模商用: N x 25GE/50GE	规模商用: N x 25GE/50GE/100GE/400GE
线路接口	10/25/100Gb/s 灰光	25G/50G/100Gb/s 灰光	100G/200G/400Gb/s 灰光
	N x 25G/50Gb/s WDM 彩光	或 N x 25G/50Gb/s WDM 彩光	或 N x 100G/200G/400Gb/s WDM 彩光

资料来源: 5G 承载网络架构和技术方案白皮书, 民生证券研究院

表11: 2020-2021 三大运营商承载网招标

时间	运营商	项目名称	招标总金额
2020年1月	中国电信	2019-2020年STN设备建设工程集中采购项目	20亿元
2020年3月	中国移动	2020年至2021年SPN设备新建部分集中采购	100亿元
2020年3月	中国移动	2020年至2021年SPN设备扩容部分集中采购	约20亿元
2020年3月	中国联通	2020年中国联通智能城域网设备集中采购	20亿元
2021年3月	中国移动	2021年至2022年SPN设备新建部分集中采购	约23.51亿元
2021年3月	中国移动	2021年至2022年SPN设备扩容部分集中采购	约50-100亿
2021年6月	中国电信	2021年STN设备建设工程集中采购项目	26亿元

资料来源:各运营商公告、C114,民生证券研究院

注:除2021年中国电信STN为中标结果时间外,其余招标时间均为公布中标候选人时间

5G 光模块市场空间测算:

根据工信部数据,截至2021年9月底4G基站总数为586万个,假设5G基站(宏基站+小基站)所需基站总数为4G的2-3倍,得出5G基站建设总数约为1172-1758万个,减去已建5G基站115.9万个,则仍需约1056-1642万个。假设宏基站:小基站=1:2,即所需新建宏基站352-547个,小基站704-1095个。

前传:根据带宽需求,每个AAU对应一或两对25G光模块,宏基站/小基站具有三个无线扇面,由此推算,一个5G基站需6/12个光模块,预计未来单纤双向数量将上升,假设平均8个光模块/每个基站,估计5G前传所需光模块约为8448万个。

中传:三个宏基站或十个小基站需一个DU,推算DU数量约为188-292万个。DU与CU连接需一对50G/100G光模块,即共375-584万个光模块。承载网扩容升级,中/回传所用高速率光模块占比将逐渐上升,假设中传光模块50G:100G比例为3:1,50G光模块所需量为282-438万个,100G光模块94-146万个。

回传:每个CU对应6-10个DU,CU约为19-49万个。每个CU需通过2-4个100G光模块与核心网连接,假设100G:200G光模块为3:1,得100G回传光模块28-146万个,200G光模块9-49万个。

若均取中间值测算,即待建5G基站1349万个(包括宏基站450万个,小基站889万个),前传25G光模块8448万个;DU240万个,对应50G/100G中传光模块360/120万个;CU34万个,100G/200G光模块87/29万个,5G光模块市场空间约为259.3亿元。

表12: 5G 光模块市场空间测算

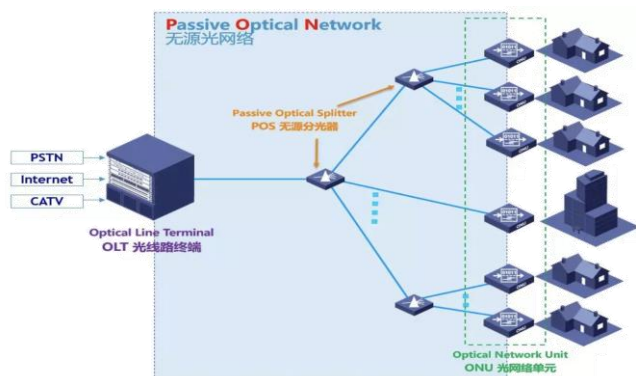
光模块	数量(万个)	单价(美元)	市场空间(亿美元)
25G前传	8448	30	25.3
50G中传	360	150	5.4
100G中传	120	300	3.6
100G回传	87	500	4.4
200G回传	29	700	2.0
共计:	9044		40.7亿美元,约259.3亿元

资料来源:民生证券研究院预测(注:人民币:美元汇率=1:6.37)

3.2 固网接入：政策持续加码，10G PON 加速渗透

10G-PON 为 F5G 千兆光网的核心技术。光纤网络技术中，目前最主流的是无源光网络 (PON, Passive Optical Network)，其仅使用无源硬件来调节信号，用点对多点的方式连接 OLT (光线路终端) 与 ONU (光网络单元)。PON 协议分为 APON/BPON/EPON/GPON，10G-PON 是将现有 EPON/GPON 网络升级至千兆接入网络，具有高带宽、广连接、超低时延等优势，成为 F5G 核心技术 (F5G 即由欧洲电信标准协会定义的第五代固定网络，其代表为千兆光纤网络)。

图31: PON 网络架构



资料来源：鲜枣课堂，民生证券研究院

短期来看，运营商加速“千兆光网”建设，招标项目频出。从招标情况来看，2021 年 10G-PON 市场持续火热。中国电信方面，12 月公布了集采项目中标情况。此次集采开启于 2021 年 5 月，采购 10G-EPON OLT 端口约 37.22 万、ONU(含 MDU/MTU)宽窄带端口约 56.96 万线；XG-PON 设备标包 OLT 端口约 76.69 万、ONU(MDU)宽窄带端口约 42.11 万线；XGS-PON 设备标包 OLT 端口约 2.25 万、ONU(MDU)宽窄带端口约 11.12 万线。本次集采 10G PON 类 OLT 端合计约 116.16 万端，ONU 端合计约 110.19 万线。中国移动方面，PON 设备自 2018 年集采之后，大头采购是扩容集采，2021-2022 扩容集采 XG-PON OLT 224 万台。我们认为，运营商在“千兆光网”上的争夺和大规模投入将加速 10G-PON 的规模建设，光模块厂商将直接受益。

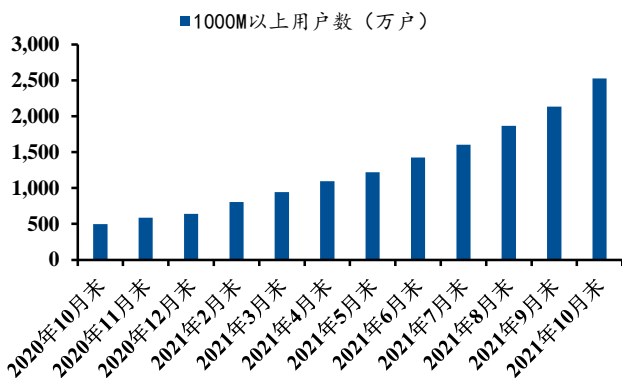
表13: 各大运营商加速 10GPON 采购招标

发布时间	运营商	项目名称	招标金额
2019 年 5 月	中国移动	2019 年智能家庭网关产品集中采购 (10GPON 部分)	9 亿元
2019 年 12 月	中国联通	2019 年中国联通 PON 设备集中采购	14.8 亿元
2020 年 10 月	中国电信	中国电信 2020 年天翼网关 4.0 集中采购项目 (标包 4/5 为 10GPON 采购)	/
2020 年 12 月	中国移动	2020-2021 年智能家庭网关集采 (10GPON 公开部分)	8.4 亿元
2021 年 1 月	中国移动	2020 年 10GPON 智能家庭网关生产项目	/
2021 年	中国联通	中国联通多个地区开启 10GPON 集中采购	/
2021 年 2 月	中国移动	中国移动 2021 年-2022 年 PON 设备扩容部分集中采购项目	/
2021 年 5 月	中国电信	中国电信 PON 设备(2021 年)集中采购项目	/
2021 年 10 月	中国移动	中国移动 2022 年-2023 年 PON 设备扩容部分集中采购项目	/

资料来源：各运营商公告、C114，民生证券研究院

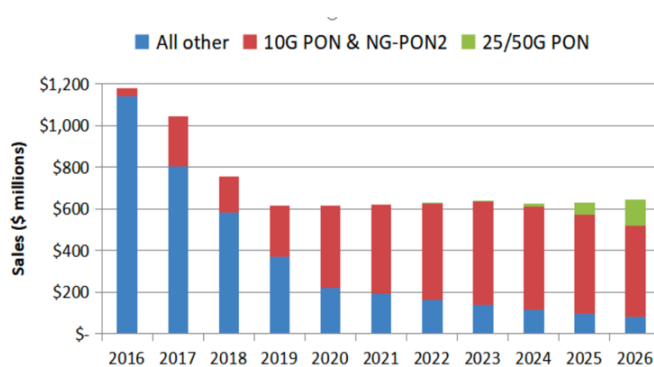
中长期来看，政策持续加码，10G-PON 端口未来 5 年的年复合增速有望接近 40%。2021 年 11 月，工信部发布《“十四五”信息通信行业发展规划》，提出将持续扩大千兆光纤网络覆盖范围，推进城市及重点乡镇 10G-PON 设备规模部署，2025 年 10G-PON 及以上端口数力争达 1200 万个，较 2020 年 320 万个新增 880 万个，五年 CAGR 达 39%。千兆宽带用户数方面，2025 年将增至 6000 万户，较之 2020 年的 640 万户，规模扩大近 10 倍，五年 CAGR 达 56%。

图32: 我国“千兆光纤”稳步建设



资料来源: 工信部, 民生证券研究院

图33: 10G-PON 市场将保持增长



资料来源: Lightcounting, 民生证券研究院

除国内以外，欧洲将 F5G 作为战略基础设施，10G-PON 是 F5G 的核心技术，预计在海外也将迎来快速发展。根据华为欧洲数据，欧洲约 90% 流量由固网承载，疫情加速欧洲固网升级需求，其于 2020 年 5 月宣布将 F5G 作为战略基础设施。截止到 2020 年 8 月，全球 F5G 成员快速发展至 45 家，远程办公作为 F5G 其中一个重要的应用，全球 F5G 有望迎来加速建设，进而拉动 10G-PON 需求。

国内厂商在 10G-PON 光模块全球领先，未来有望充分受益。10G-PON 领域国内厂商全球领先，产品较为齐全。主要厂商包括中际旭创(储翰科技)、博创科技、光迅科技、华工科技(华工正源)等。其中，博创科技产品最齐全，且封装制式最新，均为 SFP+，其中，Combo XG-PON OLT 的国内采购量最大。中际旭创与光迅科技产品布局较为相似，华工科技仅布局 XG-PON 产品，未涉及 XGS-PON 领域。F5G 建设主战场在中国与欧洲，国内 10G-PON 光模块厂商有望充分受益。

表14: 国内主要 10G-PON 光模块厂商产品对比

公司	10GPON 产品类型
中际旭创	XGPON OLT XFP、XGPON ONU SFP+
	XGSPON OLT XFP、XGSPON ONU SFP+
博创科技	XG-PON OLT SFP+、XG-PON ONU SFP+
	XGS-PON OLT SFP+、XGS-PON ONU SFP+
	Combo XG-PON OLT SFP+
光迅科技	XGPON OLT SFP+、XGPON OLT XFP、XGPON ONU SFP+
	非对称 XGS-PON OLT XFP
华工科技	XGPON ONU SFP+、XGPON OLT XFP

资料来源: 各公司官网, 民生证券研究院

4. 重点标的推荐

4.1 中际旭创：高端光模块龙头，中移动参与定增提振发展动力

深耕行业十余年，高端光模块龙头。公司前身是中际装备，聚焦电机定子绕组制造设备，2012年在创业板挂牌上市。2017年通过重大资产重组的方式收购苏州旭创，更名为中际旭创，其主营业务变更为用于数通及电信领域的光模块，根据 Lightcounting，公司在2020年全球光模块厂商中排名全球第二。全资子公司苏州旭创成立于2008年，在数通市场为客户提供40G至400G的高速光模块，在电信市场主要为设备商客户提供5G前传、中传和回传光模块及各类高端综合解决方案。公司2019年收购成都储翰，进一步扩展在电信市场业务布局，成都储翰聚焦于接入网光模块和光组件，拥有从芯片封装到光电器件到光电模块的垂直整合产品线。

高端产品持续放量保证业绩，聚焦研发拓展未来发展空间。2021年，公司200G/400G等高端产品的出货量保持持续增长，前三季度，400G光模块营收已超过100G成为收入贡献占比最大的品种。研发方面，公司在800G、相干、硅光等领域均持续投入，当前800G数通产品和400G ZR相干光模块已向客户送样测试和新产品发布。

定增助力产能升级，中移动参与提振公司未来动力。2021年10月，公司启动定增，旨在新增各类高端光通信模块175万只的年产能、接入网用高端光电器件920万只的年产能。中移动本次成功认购1610万股，投资总额约4.99亿元，交易完成后将持有公司2.01%的股份。入股后，双方有望在光通信领域展开更深入的合作，中际旭创各业务线有望获得更大的发展空间。

投资建议：公司是高端光模块领域的头部供应商，随着定增落地，一方面将助力公司扩产，200G/400G产品将迎来进一步放量，公司行业龙头地位有望得到进一步稳固。另一方面，中移动参与定增入股后，双方有望在光通信领域展开更深入的合作，中际旭创各业务线有望获得更大的发展空间。我们预计公司2021~2023年营收分别达77.69、105.13、139.15亿元，归母净利润分别为8.31、11.34、14.46亿元，对应PE 36x、27x、21x。选取光模块行业内的博创科技、新易盛、华工科技作为可比公司。根据wind一致预期，目前可比公司2021年与2022年的平均PE在31x和23x，考虑到公司是数通光模块领域的龙头企业，市场份额、成本优势突出，同时800G领域进展靠前，有望抓住技术更迭红利期，因而给予估值溢价，维持“推荐”评级。

风险提示：传统电信/数通市场的需求不及预期，市场竞争加剧，光模块价格变动过大

表15: 中际旭创盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入(百万元)	7,050	7,769	10,513	13,915
增长率(%)	48.2%	10.2%	35.3%	32.4%
归属母公司股东净利润(百万元)	865	831	1,134	1,446
增长率(%)	68.6%	-4.0%	36.5%	27.5%
每股收益(元)	1.23	1.17	1.59	2.03
PE(现价)	34.55	36.48	26.72	20.96
PB	4.60	3.48	3.08	2.68

资料来源：wind、民生证券研究院

注：数据截至2021年12月22日收盘价

4.2 新易盛：成长迅速的光模块供应商，聚焦高端产品及前瞻技术路线并持续取得突破

深耕行业十余年，成长迅速的光模块供应商。公司成立于2008年，2016年在创业板挂牌上市。公司自成立以来，一直深耕于光通信行业领域，专注于光模块的研发、生产和销售，目前主要产品为点对点光模块和PON光模块，不同型号光模块产品已超过3,000种，主要应用于电信领域和数通领域，为数据中心客户提供100G、200G、400G和800G的高速产品；为电信设备商客户提供5G前传、中传和回传光模块、以及应用于城域网、骨干网和核心网传输的光模块产品。据Lightcounting报道，公司在2020年全球光模块厂商的排名中首次跻身第九。

蓄力加速高端光模块及前瞻领域突破，聚焦光模块代际更迭窗口期的发展机遇。近年来，公司的高速率光模块、硅光模块相关研发项目取得多项进展，逐渐在高端光模块领域取得先发优势，高端产品销售占比持续提升。当前，公司是国内少数批量交付运用于数据中心市场的100G、200G、400G高速光模块、掌握高速率光器件芯片封装和光器件封装的企业。前沿领域研究方面，目前已成功推出基于硅光解决方案的400G光模块产品及基于EML和SiPh解决方案的800G光模块产品组合。另一方面，公司对境外参股公司Alpine的收购也在推进过程中，该公司拥有自主开发的nCP4™硅光子技术平台，能提供单波长100G光学解决方案，DWDM、CWDM和LAN-WDM连接方案。未来，公司有望抓住光模块代际更迭窗口期所带来的机遇。

定制扩产，持续提升高端光模块领域的竞争力。2020年公司启动定增，“高速率光模块生产线项目”项目投资总额近18亿元，项目聚焦于提升5G通讯光模块、100G光模块和400G光模块的产能，规划新增年产能285万只高速率光模块的生产能力，将进一步夯实公司在高端光模块领域的竞争地位。

投资建议：公司是高速成长中的光模块供应商，近年来在高端光模块上持续取得突破，同时发力布局前瞻技术领域，聚焦技术更迭所带来的发展红利。未来，定增扩产加速推进将助力业绩释放，有望进一步提升公司的竞争地位。我们预测公司2021-2023年营收分别达28.50、38.78、49.59亿元，归母净利润6.58、8.46、10.39亿元，对应PE倍数29x、22x、18x。选取光模块行业内的博创科技、中际旭创、华工科技、光迅科技作为可比公司。根据wind一致预期，目前可比公司2021年与2022年的平均PE在32x和24x。维持“推荐”评级。

风险提示：传统电信/数通市场的需求不及预期，市场竞争加剧，光模块价格变动过大

表16: 新易盛盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入(百万元)	1,998	2,850	3,878	4,959
增长率(%)	71.5%	42.7%	36.1%	27.9%
归属母公司股东净利润(百万元)	492	658	846	1,039
增长率(%)	131.0%	33.9%	28.5%	22.8%
每股收益(元)	1.50	1.30	1.67	2.05
PE(现价)	24.76	28.61	22.26	18.13
PB	5.83	4.43	3.70	3.07

资料来源：wind、民生证券研究院

注：数据截至2021年12月22日收盘价

4.3 华工科技：光模块产业链一体化布局，校企改革增发展动能

以“激光技术及其应用”为主业，校企改革注入发展动能。公司成立于1999年，脱胎于华工科技大学，2000年在深交所挂牌上市。成立以来，公司坚持“以激光技术及其应用”为主业，投资发展传感器产业，具有覆盖广泛的产品线。当前业务板块分为三大块，即信息激光（光通信、激光全息防伪）、能量激光（智能装备事业部、精密激光事业部）、传感器。2021H1，其“光电器件系列产品”的营收占比过半，达52.5%，构筑了公司主要的营收来源。2020年公司启动校企改革，控股股东变为国恒基金（持股19%），最终实际控制人为武汉市国资委。此次改革有望进一步加强资源协同，通过制定具体有效的激励方案，为公司发展带来新活力。

光模块产业链一体化布局，持续加强芯片实力。公司光通信业务由子公司华工正源承担，产品覆盖有源光器件、无源光器件以及智能终端，实现25G到400G光模块全覆盖。有源光器件主要包括QSFP系列、SFP系列、10G PON系列、CFP系列等，无源光器件主要为CON器件、MPO器件以及插件组件。公司在光模块领域实力强劲，据Lightcounting，公司在2020年全球光模块厂商中排名第十。电信光模块是传统深耕领域，近年来业务向高端数通光模块领域持续演进。公司在2018年推出首款400G数通光模块QSFP-DD SR8系列，2020年公司已实现400G PAM4光模块批量发货。另一方面，公司加速向产业链上游的光芯片领域延伸，构建光模块产业链一体化布局。2018年，公司投资6000万元设立光芯片合资公司云岭光电，专研通信半导体激光器芯片，当前进展迅速，目前公司是国内少数能实现5G用25G光芯片全国产化的企业。未来，公司将重点推进25G EML、50G EML等高速率、长波长的中高端光芯片。

投资建议：股权改革完成增强了市场化激励机制，有望激发公司内在增长动能。光模块领域，公司推行产业链一体化布局，持续提升芯片实力，有望为光模块毛利率带来显著的边际改善。在温度传感器行业，公司龙头地位稳固，未来将核心受益于新能源汽车渗透率的快速提升。另外，公司是华为金牌供应商，在华为在智能汽车领域重点布局的背景下有望与华为在更多领域展开合作。我们预测公司2021-2023年营收分别达98.67、126.59、159.67亿元，归母净利润9.16、11.06、14.80亿元，对应PE倍数30x、25x、19x。选取光通信产业链内的博创科技、新易盛、中际旭创、光迅科技作为可比公司。根据wind一致预期，目前可比公司2021年与2022年的平均PE在31x和24x。维持“推荐”评级。

风险提示：电信/数通市场需求不及预期，市场竞争加剧，光模块价格变动过大

表17：华工科技盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	6,138	9,867	12,659	15,967
增长率（%）	12.4%	60.8%	28.3%	26.1%
归属母公司股东净利润（百万元）	550	916	1,106	1,480
增长率（%）	9.5%	66.4%	20.7%	33.8%
每股收益（元）	0.55	0.91	1.10	1.47
PE（现价）	49.87	30.10	24.94	18.64
PB	3.51	3.65	3.18	2.72

资料来源：wind、民生证券研究院

注：数据截至2021年12月22日收盘价

4.4 亨通光电：光纤光缆领先者，新能源业务有望快速增长，硅光模块实现量产

深耕光通信二十逾载，拓展海洋、能源业务，向平台型公司发展。公司成立于 1993 年，2003 年在上交所主板上市。公司原主营业务为光纤光缆，保持国内领先地位，在夯实光纤光缆业务的同时，公司持续拓展业务领域。2011 年，公司收购线缆和力缆资产，进入电缆、智能电网等领域；2013 年，公司进军海缆、海洋工程、网络安全、新能源等领域。公司现形成通信网络、能源互联两大主要业务领域，其中通信网络业务包括“光棒-光纤-光缆-光器件”四大主要产品，能源互联业务包括海上风电、光伏、储能等多个领域，逐渐向平台型公司发展。

能源业务：碳达峰/碳中和背景下，公司新能源业务上升空间大。海上风电是重要的可再生能源，根据国家能源局数据，2021H1 国内新增海上风电装机量同比增长 102% 达 2.16GW，海上风电市场规模高速增长。海上风电领域，公司拥有超高压海缆、海底光电复合缆、动态缆、脐带缆等丰富产品且技术经验丰富，首创采用 90 度绝缘材料的±535KV 超高压海缆，竞争力显著。除了海上风电领域，公司在光伏及储能领域也有相应布局，光伏+储能有望成为未来新能源趋势，公司新能源业务将进入快速增长模式。

光通信业务：光纤光缆触底反弹，400G QSFP-DD DR4 硅光模块成功量产。光纤光缆由于技术壁垒相对较低，4G/5G 建设放量期间涌入较多厂商，市场呈价格战恶性竞争状态，近年来小厂商逐步退出，价格进行触底反弹，公司光纤光缆业务盈利能力将大幅提升。硅光子技术拥有集成度高、成本低、传输线更好等优势，更加符合 5G 对传输速率的需求，已小范围应用于数据中心和城域网骨干网。2018 年公司与英国洛克利成立合资子公司亨通洛克利，其于 2020 年 3 月推出 400G 硅光模块，使用英国洛克利小型化的硅光芯片和电芯片，2021 年 3 月实现量产，有望快速拓展海外数通市场客户。

投资建议：公司是光纤光缆领域的头部企业，能源业务持续保持高增长，硅光模块业务布局未来，构筑新增长极。我们预计公司 2021~2023 年营收分别达 380.20、435.49、495.82 亿元，归母净利润 16.37、24.66、35.04 亿元，对应 PE 倍数 21x、14x、10x。选取行业内的长飞光纤、中天科技作为可比公司。根据 wind 一致预期，目前可比公司 2021 年与 2022 年的平均 PE 在 95x 和 22x。首次覆盖，给予“推荐”评级。

风险提示：海上风电产业发展不及预期，硅光发展不及预期，光纤光缆需求不及预期

表18: 亨通光电盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入(百万元)	32,384	38,020	43,549	49,582
增长率(%)	2.0%	17.4%	14.5%	13.9%
归属母公司股东净利润(百万元)	1,062	1,637	2,466	3,504
增长率(%)	-22.1%	54.2%	50.6%	42.1%
每股收益(元)	0.55	0.69	1.04	1.48
PE(现价)	27.02	21.44	14.24	10.02
PB	1.65	1.66	1.54	1.39

资料来源：wind，民生证券研究院

注：数据截至 2021 年 12 月 22 日收盘价

4.5 博创科技：发力聚焦硅光技术路线，拓展未来成长空间

无源业务起家，持续完善产品品类。公司成立于2003年，2016年在创业板挂牌上市。以PLC光分路器为代表的光无源器件起家，在细分领域深耕并持续拓展产品品类，当前光无源产品有PLC光分路器、阵列波导光栅（AWG）和可调光功率波分复用器（VMUX）、用于光功率衰减的MEMS可调光衰减器以及光纤阵列等。2019年，公司收购Kaia位于英国的PLC业务相关资产进一步强化实力，从而具备PLC芯片及MEMS芯片自给能力。

从无源切入有源，寻求更大市场空间。2015年公司与Kaia公司合作切入光有源器件市场，2018年进一步收购在10G PON领域领先的成都迪谱，完善有源业务整体布局。当前，公司的光有源产品主要涵盖了用于数通领域的25G至400G光收发模块、有源光缆（AOC）和高速铜缆、用于光纤接入网（PON）的光收发模块、用于无线承载网的光收发模块等。

先发聚焦硅光技术路线，拓展未来成长动力。硅光子技术是利用现有集成电路CMOS工艺在硅基材料上进行光电子器件开发和集成，相对分立式器件，硅光子技术能够降低尺寸、能耗以及成本，因而有望在下一代数据通信和无线光模块产品中占据更大份额。公司从2017年开始投入硅光子技术研发，以自有资金1000万设立子公司上海圭博，2018年为上海圭博增加投资1900万人民币，用于“硅基高速光收发模块开发和产业化项目”。2020年，公司启动定增，为“年产245万只硅光收发模块技改项目”募集4.3亿元，推动硅光模块的产业化进程。当前，公司已成功开发数据通信100G和400G硅光收发模块、无线承载网25G硅光收发模块等产品，初步具备大规模产业化的基础，整体进度国内领先，部分产品已通过客户测试认证并初步建成产线，正式迈入批量出货阶段。

投资建议：公司在传统无源及有源领域布局完善，构筑公司整体业绩的基本盘。在前瞻的硅光领域布局时间较长，具有一定的先发优势，未来随着硅光模块启动批量出货，将助推公司业绩快速增长。我们预测公司2021-2023年营收分别达11.80、14.50、18.00亿元，归母净利润1.76、2.14、3.06亿元，对应PE倍数31x、26x、18x。选取光通信产业链内的天孚通信、中际旭创、华工科技、光迅科技作为可比公司。根据wind一致预期，目前可比公司2021年与2022年的平均PE在33x和26x。维持“推荐”评级。

风险提示：电信/数通市场需求不及预期，市场竞争加剧，光模块价格变动过大，硅光路线发展不及预期

表19: 博创科技盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	777	1,180	1,450	1,800
增长率（%）	90.8%	51.9%	22.9%	24.1%
归属母公司股东净利润（百万元）	88	176	214	306
增长率（%）	1036.5%	98.7%	21.5%	43.3%
每股收益（元）	0.59	1.01	1.23	1.76
PE（现价）	53.58	31.24	25.71	17.93
PB	7.21	3.89	3.38	2.84

资料来源：wind、民生证券研究院

注：数据截至2021年12月22日收盘价

4.6 光迅科技：全球光器件龙头企业，芯片领域筑核心竞争优势

深耕行业二十年，全球领先的光电子器件、子系统解决方案供应商，持续打造在光通信产业链上的垂直整合能力。公司成立于2001年，前身是1976年成立的邮电部固体器件研究所，2009年登陆深交所，成为国内首家上市的光电子器件公司。2012年12月，光迅科技和武汉电信器件有限公司（WTD）重组合并，推动企业在产业规模、技术研发等方面的快速发展。2013年，公司收购丹麦IPX公司（聚焦Si/SiO₂材料系的波导芯片，主要产品是阵列波导光栅（AWG）等无源光器件产品），切入核心芯片技术，进军高端无源芯片市场。2016年，增资大连藏龙光电子科技有限公司，并与法方合资成立 almae（专注高端电吸收调制半导体激光器 EML 芯片研发）。当前，公司在光通信传输网、接入网和数据网等领域构筑了从芯片到器件、模块、子系统的综合解决方案，能够为客户提供光电子有源模块、无源器件、光波导集成器件，及光纤放大器等于系统产品，持续打造在光通信产业链上的垂直整合能力。

聚焦光芯片研发，弥补国内短板领域，构筑长期维度的核心竞争优势。光芯片是光模块的核心部件，当前，公司有PLC（平面光波导）、III-V、SiP（硅光）三大光电芯片平台。无源方面的PLC芯片有AWG、MCS系列；有源领域的III-V芯片有激光器类（FP芯片、DFB芯片、EML芯片、VCSEL芯片）、探测器类（PD芯片、APD芯片），公司已能够实现相关低端芯片多品类覆盖与自给自足。硅光领域，硅光芯片是和国家信息光电子创新中心共同设计，公司同时还负责完成封装，硅光100G模块在2020年已实现规模量产，当前重点推进200G/400G光模块的量产进程。

投资建议：公司是全球领先的光电子器件、子系统解决方案供应商，持续打造自身在光通信产业链上的垂直整合能力。在光芯片领域实力突出布局完善，拥有PLC（平面光波导）、III-V、SiP（硅光）三大光电芯片平台，构筑公司在长期维度的核心竞争优势。我们预测公司2021-2023年营收分别达68.97、78.32、88.97亿元，归母净利润6.05、7.24、8.88亿元，对应PE倍数26x、22x、18x。选取光模块行业内的博创科技、中际旭创、华工科技、新易盛作为可比公司。根据wind一致预期，目前可比公司2021年与2022年的平均PE在32x和24x。维持“推荐”评级。

风险提示：电信/数通市场需求不及预期，市场竞争加剧，光模块价格变动过大，硅光路线发展不及预期

表20：光迅科技盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	6,046	6,897	7,832	8,897
增长率（%）	13.3%	14.1%	13.6%	13.6%
归属母公司股东净利润（百万元）	487	605	724	888
增长率（%）	36.3%	24.1%	19.7%	22.6%
每股收益（元）	0.73	0.86	1.03	1.27
PE（现价）	30.71	25.93	21.67	17.68
PB	4.04	2.78	2.47	2.16

资料来源：wind、民生证券研究院

注：数据截至2021年12月22日收盘价

表21: 亨通光电财务报表数据预测汇总

利润表 (百万元)	2020A	2021E	2022E	2023E
营业总收入	32,384	38,020	43,549	49,582
营业成本	27,073	31,509	35,388	39,426
营业税金及附加	116	130	144	171
销售费用	941	1,179	1,394	1,587
管理费用	1,112	1,274	1,524	1,785
研发费用	1,215	1,665	1,960	2,231
EBIT	1,511	2,264	3,140	4,383
财务费用	680	609	606	584
资产减值损失	-120	-190	-100	-100
投资收益	-24	81	81	64
营业利润	1,374	1,914	2,920	4,241
营业外收支	-34	40	16	7
利润总额	1,340	1,954	2,936	4,248
所得税	181	254	382	552
净利润	1,159	1,700	2,554	3,696
归属于母公司净利润	1,062	1,637	2,466	3,504
EBITDA	2,700	3,637	4,561	5,851

资产负债表 (百万 元)	2020A	2021E	2022E	2023E
货币资金	9,728	9,766	10,690	11,710
应收账款及票据	10,673	12,969	13,960	15,486
预付款项	1,128	1,260	1,416	1,577
存货	4,862	5,611	6,314	7,045
其他流动资产	6,428	5,777	5,659	5,759
流动资产合计	32,820	35,383	38,038	41,577
长期股权投资	1,468	1,484	1,484	1,484
固定资产	7,625	7,253	6,832	6,363
无形资产	1,617	1,617	1,617	1,617
非流动资产合计	15,665	15,477	15,047	14,572
资产合计	48,485	50,860	53,085	56,149
短期借款	7,519	6,706	5,872	4,852
应付账款及票据	7,564	9,064	9,717	11,061
其他流动负债	6,211	5,601	5,391	4,687
流动负债合计	21,294	21,371	20,981	20,600
长期借款	1,851	2,851	3,551	4,251
其他长期负债	1,998	2,088	2,188	2,288
非流动负债合计	3,849	4,939	5,739	6,539
负债合计	25,143	26,310	26,720	27,139
股本	2,362	2,362	2,362	2,362
少数股东权益	3,351	3,414	3,502	3,694
股东权益合计	23,342	24,551	26,365	29,010
负债和股东权益合计	48,485	50,860	53,085	56,149

现金流量表 (百万 元)	2020A	2021E	2022E	2023E
净利润	1,159	1,700	2,554	3,696
折旧和摊销	1,188	1,373	1,421	1,469
营运资金变动	-1,495	-1,636	-1,287	-1,879
经营活动现金流	1,612	2,153	3,345	3,955
资本开支	-1,420	-1,362	-1,090	-1,098
投资	1	13	0	0
投资活动现金流	-2,360	-1,256	-999	-1,027
股权募资	5,780	0	0	0
债务募资	-2,537	277	-34	-220
筹资活动现金流	2,297	-859	-1,422	-1,908
现金净流量	1,394	38	924	1,020

主要财务指标	2020A	2021E	2022E	2023E
成长能力				
营业收入增长率	2.0%	17.4%	14.5%	13.9%
EBIT 增长率	-6.2%	49.8%	38.7%	39.6%
净利润增长率	-22.1%	54.2%	50.6%	42.1%
盈利能力				
毛利率	16.4%	17.1%	18.7%	20.5%
净利率	3.6%	4.5%	5.9%	7.5%
总资产收益率 ROA	2.2%	3.2%	4.6%	6.2%
净资产收益率 ROE	5.3%	7.7%	10.8%	13.8%
偿债能力				
流动比率	1.54	1.66	1.81	2.02
速动比率	1.18	1.27	1.38	1.55
现金比率	0.46	0.46	0.51	0.57
资产负债率	51.9%	51.7%	50.3%	48.3%
经营效率				
应收账款周转天数	115.95	120.00	113.00	110.00
存货周转天数	65.55	65.00	65.12	65.22
总资产周转率	0.67	0.75	0.82	0.88
每股指标 (元)				
每股收益	0.55	0.69	1.04	1.48
每股净资产	8.46	8.95	9.68	10.72
每股经营现金流	0.68	0.91	1.42	1.67
每股股利	0.20	0.21	0.31	0.45
估值分析				
PE	27.02	21.44	14.24	10.02
PB	1.65	1.66	1.54	1.39
EV/EBITDA	13.34	10.53	8.19	6.17
股息收益率	1.3%	1.4%	2.1%	3.0%

资料来源: wind、民生证券研究院

5. 风险提示

- 1、传统电信、数通市场需求不及预期：**若传统电信市场运营商及数通市场云计算巨头的需求减弱，将影响其资本支出，进而传导到上游影响相关光模块厂商的整体业绩。
- 2、市场竞争加剧：**未来更多参与者进入将导致市场竞争加剧，可能影响相关光模块厂商的营收水平及盈利能力。
- 3、光模块价格降幅过大：**若行业内竞争更趋激烈，有可能导致光模块价格降幅过大。

插图目录

图 1: 光模块整体结构示意图.....	3
图 2: 光模块的成本构成.....	3
图 3: TOSA 的 TO-CAN 封装.....	4
图 4: TOSA 的蝶形封装.....	4
图 5: 光通信产业链情况.....	6
图 6: 光模块的应用领域.....	7
图 7: 国内三大运营商资本支出情况 (单位: 亿元人民币).....	7
图 8: 全球光模块市场规模.....	8
图 9: 2010~2020 年全球光模块厂商排名.....	8
图 10: 国内光模块商市值 (2021/12/17, 单位: 人民币).....	9
图 11: 国外光模块商市值 (2021/12/17, 单位: 亿美元).....	9
图 12: 数通光模块的代际更迭进程.....	10
图 13: 光模块单位速率的价格持续下降.....	10
图 14: 交换机算力每两年翻番推动光模块速率需求.....	11
图 15: 光模块的价格变动情况.....	11
图 16: 电信市场毛利率低于数通市场.....	12
图 17: 新易盛进入海外数通市场后毛利率显著上升.....	12
图 18: 北美云计算巨头 (FAAMG) 的 CAPEX 情况 (单位: 亿美元).....	15
图 19: 国内 BAT 的 CAPEX 情况 (单位: 亿元人民币).....	15
图 20: 信骅月度营收情况 (单位: 亿元新台币).....	15
图 21: TOP5 云厂商对数通光模块的需求.....	16
图 22: 800G Pluggable MSA 的研究范畴.....	16
图 23: 硅光模块的历史销售及预测.....	19
图 24: PAM4 与相干技术的比较.....	21
图 25: 相干光模块与非相干光模块的功耗比较.....	21
图 26: DWDM 市场份额有望迎来显著增长.....	22
图 27: 全球高速相干可插拔光器件器的出货量.....	22
图 28: 流量增长驱动相干光模块的代际更迭.....	22
图 29: 5G 基站建设数量情况 (单位: 万个).....	23
图 30: 运营商半年度资本支出情况 (单位: 亿元).....	23
图 31: PON 网络架构.....	26
图 32: 我国“千兆光纤”稳步建设.....	27
图 33: 10G-PON 市场将保持增长.....	27

表格目录

表 1: 光模块的不同分类方式.....	5
表 2: 全球光模块主要参与者分市场简介.....	9
表 3: 部分光模块厂商近两年的定增扩产情况.....	12
表 4: 国内厂商在有源光芯片领域的进展.....	13
表 5: 部分光模块厂商的数通 800G 产品进展情况.....	17
表 6: 热插拔与 CPO 的比较.....	18
表 7: 数据中心 400G 光模块硅光方案的替代分析.....	19

表 8: 部分国内外厂商在硅光模块领域的进展.....	20
表 9: 中国电信和中国移动 A 股上市的募集资金用途 (单位: 亿元)	24
表 10: 5G 前中回传所需光模块制式.....	24
表 11: 2020-2021 三大运营商承载网招标.....	25
表 12: 5G 光模块市场空间测算.....	25
表 13: 各大运营商加速 10GPON 采购招标.....	26
表 14: 国内主要 10G-PON 光模块厂商产品对比.....	27
表 15: 中际旭创盈利预测与财务指标.....	28
表 16: 新易盛盈利预测与财务指标.....	29
表 17: 华工科技盈利预测与财务指标.....	30
表 18: 亨通光电盈利预测与财务指标.....	31
表 19: 博创科技盈利预测与财务指标.....	32
表 20: 光迅科技盈利预测与财务指标.....	33
表 21: 亨通光电财务报表数据预测汇总.....	34

分析师与研究助理简介

马天诣，民生证券研究院通信行业首席分析师；北京大学数学系硕士，证券从业7年，曾任职于安信证券/国泰君安证券/中关村科技园区管委会/北京股权交易中心；2018-2020年财经国际最佳top3通信分析师。研究领域：前瞻研究改变人类工作/生活/通信方式的伟大科技企业，重点研究符合中国制造业发展方向的硬科技企业。

马佳伟，民生证券研究院通信行业研究员；上海交通大学材料学学士&博士，曾任职于东方证券，2021年加入民生证券，重点覆盖光模块、云计算等领域。

于一铭，民生证券研究院通信行业研究员；香港中文大学会计学硕士，上海财经大学财务管理学士，曾任职于信达证券、华为技术有限公司，2021年加入民生证券，重点覆盖主设备、运营商、物联网、华为产业链、工业互联网等领域。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测未来股价涨幅 15% 以上
	谨慎推荐	分析师预测未来股价涨幅 5%~15% 之间
	中性	分析师预测未来股价涨幅-5%~5% 之间
	回避	分析师预测未来股价跌幅 5% 以上
行业评级标准		
以报告发布日后的 12 个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测未来行业指数涨幅 5% 以上
	中性	分析师预测未来行业指数涨幅-5%~5% 之间
	回避	分析师预测未来行业指数跌幅 5% 以上

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路8号财富金融广场1幢5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街28号民生金融中心A座18层； 100005

深圳：广东省深圳市深南东路 5016 号京基一百大厦 A 座 6701-01 单元； 518001

免责声明

本报告仅供民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。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、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户的投资建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。本公司也不对因客户使用本报告而导致的任何可能的损失负任何责任。

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。

本公司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参与本报告所提及的公司的金融交易，亦可向有关公司提供或获取服务。本公司的一位或多位董事、高级职员或/和员工可能担任本报告所提及的公司的董事。

本公司及公司员工在当地法律允许的条件下可以向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务以及顾问、咨询业务在内的服务或业务支持。本公司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。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。

未经本公司事先书面授权许可，任何机构或个人不得更改或以其他方式发送、传播本报告。本公司版权所有并保留一切权利。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。