

源杰科技 (688498.SH) 本土高速激光芯片领军，厚积薄发驰骋广阔天地

2023年01月10日

——中小盘首次覆盖报告

投资评级：买入（首次）

日期	2023/1/9
当前股价(元)	129.36
一年最高最低(元)	132.18/114.33
总市值(亿元)	77.62
流通市值(亿元)	16.39
总股本(亿股)	0.60
流通股本(亿股)	0.13
近3个月换手率(%)	245.81

任浪（分析师）

renlang@kysec.cn

证书编号: S0790519100001

刘翔（分析师）

liuxiang2@kysec.cn

证书编号: S0790520070002

● 本土半导体激光芯片领军，IDM模式深筑壁垒

本土高速半导体激光芯片领军，深厚技术壁垒助力公司长期稳健成长。公司建立了独立自主的高速激光芯片一体化 IDM 全流程服务体系，产品打破海外垄断，实现 2.5G 到 25G 激光芯片的批量出货，积累了诸多如中际旭创、海信宽带等全球知名光模块厂商客户。未来公司将巩固“一平台、两方向、三关键”战略布局，强化内生竞争力，同时积极扩产助推业绩持续成长。预计公司 2022-2024 年归母净利润分别为 1.09/1.49/2.07 亿元，对应 EPS 分别为 1.82/2.48/3.45 元/股，对应 PE 分别为 71.0/52.1/37.5 倍，首次覆盖，给予“买入”评级。

中小盘研究团队

● 高速光芯片市场水大鱼大，本土厂商大有可为

高速光芯片生产难度高，市场一片蓝海，本土玩家发展空间大。光芯片位于光通信产业的最上游，拥有高价值量和高技术壁垒，制备过程中光电特性、生产工艺、可靠性缺一不可。据 Yole 统计，全球磷化铟激光器市场将从 2021 年的 25 亿美元增长至 2027 年的 56 亿美元，年化复合增速达 14%。未来，全球接入网、无线网、数据中心领域对光模块的需求仍将持续上行，在此背景下，光芯片将进一步实现产品升级和市场扩容。而在竞争格局上，海外巨头积累多年拥有领先技术和丰富产品线，芯片处于 100G 量产，200G 即将量产的节点。本土玩家产品多集中于 2.5G 至 25G 区间，未来提升空间广阔。

● 传统产品受益行业发展稳步增长，新产品逐步放量打开成长空间

公司传统产品有望继续受益市场旺盛需求稳健增长，新产品逐步推出打开新成长空间。公司 2.5G 芯片依靠小发散角等差异化优势在接入网市场持续提升竞争力，10G 速率芯片市场中产品出货量全球领先，25G 速率芯片市场中面向数据中心的产品蓄势待发。此外公司布局诸多 10G、50G、100G 等速率新品研发，未来有望进一步扩大在细分市场份额，在 25G 及以上芯片市场占据一席之地，此外公司亦瞻布局激光雷达、硅光等新兴技术领域，为远期发展打开成长空间。

● 风险提示：下游需求不及预期、市场竞争激烈、产品研发进度不及预期等。

财务摘要和估值指标

指标	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
营业收入(百万元)	233	232	289	380	516
YOY(%)	187.0	-0.5	24.6	31.5	35.7
归母净利润(百万元)	79	95	109	149	207
YOY(%)	497.0	20.9	14.8	36.3	38.9
毛利率(%)	68.2	65.2	64.6	63.8	66.0
净利率(%)	33.8	41.1	37.8	39.2	40.1
ROE(%)	15.3	15.5	15.1	17.1	19.2
EPS(摊薄/元)	1.31	1.59	1.82	2.48	3.45
P/E(倍)	98.4	81.5	71.0	52.1	37.5
P/B(倍)	15.1	12.6	10.7	8.9	7.2

数据来源：聚源、开源证券研究所

目 录

1、 高速光芯片龙头，“一平台、两方向、三关键”迈向杰出	5
1.1、 全波段、多品类高速激光芯片供应商，向更高技术水平进发	5
1.2、 国资、产业背景股东云集，助力公司长期发展	6
1.3、 收入快速增长，高壁垒带来高毛利，盈利能力表现突出	6
1.4、“一平台、两方向、三关键”战略推动公司扎实前行	8
2、 光通信芯片需求快速成长，本土厂商空间广阔	8
2.1、 产生能量和传播信息是激光应用的两大重要方向	8
2.2、 高价值量叠加高技术壁垒，光芯片是光通信皇冠上的明珠	10
2.2.1、 光芯片位于光通信产业链的最上游，是现代高速通信网络的核心	10
2.2.2、 通信光芯片具有较高价值量特点	11
2.2.3、 通信光芯片具有形态多，DFB 和 EML 适宜高速率远距离通信成为市场主流	12
2.2.4、 通信光芯片制备难度高，芯片的光电特性、工艺实现、可靠性缺一不可	14
2.3、 数据驱动光芯片行业行稳致远，创新应用打开想象空间	15
2.3.1、 高速光芯片行业水大鱼大，2027 年市场规模超 300 亿	15
2.3.2、 数据增长为根本驱动力，数据中心、接入网、无线网三大细分市场景气持续	15
2.3.3、 硅光、激光雷达等新技术领域打开想象空间	20
2.4、 激光芯片本土玩家大有可为，技术突破初现曙光	26
2.4.1、 光模块市场本土玩家跻身全球前列，给本土光芯片发展提供良好机会	26
2.4.2、 光芯片领域巨星云集，本土玩家如雨后春笋	27
2.4.3、 国产光芯片上攻高端，三方独立供应商中源杰科技份额领先	29
3、 全流程一体化芯片工艺布局，不断推出新产品助业绩腾飞	30
3.1、 平台型三五族芯片制造公司打通长期发展道路	30
3.1.1、 芯片设计和生产工艺齐头并进，IDM 模式构筑深厚壁垒	30
3.1.2、 多年积累，核心技术构筑护城河	30
3.1.3、 高可靠产品性能、稳定供货能力，形成稳定的客户群体	31
3.2、 多元产品前瞻布局受益电信和数通市场国产替代	31
3.2.1、 多元产品+高效开发能力，有效把握市场机会	31
3.2.2、 传统产品持续发力助力公司成长	32
3.2.3、 多款新产品布局，有望打开远期成长空间	32
3.2.4、 募投项目扩产紧锣密鼓，业绩放量指日可待	33
4、 盈利预测和估值	34
5、 风险提示	34
附：财务预测摘要	35

图表目录

图 1： 公司自建立以来不断开发新产品满足下游客户需求	5
图 2： 股权结构清晰，股东产业基金、国资云集	6
图 3： 公司目前收入规模超过 2 亿元	7
图 4： 光纤接入业务占据公司收入的主要部分	7
图 5： 10G 芯片带来主要业绩增量，25G 产品存在波动	7
图 6： 产品结构优化推动毛利率中枢上移	7
图 7： 净利润维持高速增长态势	8

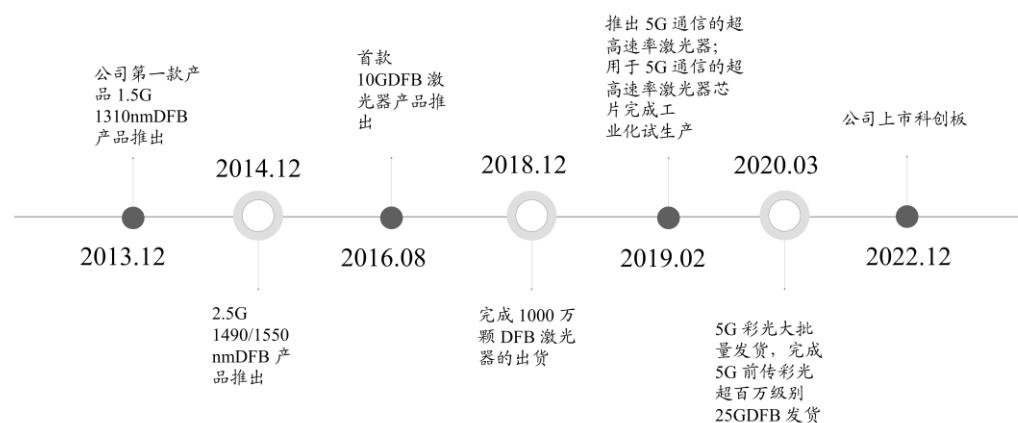
图 8: 优秀费用管控带来优异盈利能力	8
图 9: 长光华芯和源杰科技激光芯片向着不同的技术升级方向演进	9
图 10: 泵浦源、增益介质和谐振腔是产生激光的要素	10
图 11: 半导体激光器通过多层量子阱结构实现发光	10
图 12: 通过采用不同材料可以让半导体激光器覆盖广泛波长范围	10
图 13: 通信使用在光纤中传输损耗较小的 O、E、S、C、L、U 波段激光	10
图 14: 光芯片完成光电转换，是光通信的核心环节	11
图 15: 光模块是光芯片的直接下游	11
图 16: 光芯片位于整个光通信产业链的最上游	11
图 17: 光芯片在光模块的成本占比随速率提升而提高	12
图 18: 高速光芯片价格远高于其他产品	12
图 19: 激光器芯片有多重类别，分别对应不同的产品特点和应用领域	13
图 20: DFB 和 EML 芯片仍将在未来占据主要的光芯片市场	13
图 21: 光芯片生产工艺繁多，技术壁垒高	14
图 22: 高速率激光芯片在外延、光栅制作等环节拥有诸多技术壁垒	15
图 23: Yole 预计 InP 激光芯片市场广阔	15
图 24: 全球固网和移动网的数据量持续增长	16
图 25: 全球光模块快速扩容	16
图 26: PON（无源光网络）是实现 FTTx 的最佳方案之一	16
图 27: 全球 FTTx 市场光模块需求稳定增长	17
图 28: 中国 10G PON 以上端口数量持续提升	17
图 29: 5G 网络大致可分为前传、中传和回传部分	18
图 30: 5G 光模块需求从前传到中传到回传依次升级	18
图 31: 我国 5G 建设推进顺利	18
图 32: 全球电信侧光模块（不含 FTTx）将稳健增长	18
图 33: 叶脊架构日益成为主流数据中心部署形式	19
图 34: 传统数据中心网络架构下光模块实现快速升级	19
图 35: AI 集群服务器对光模块的需求亦持续升级	19
图 36: 数据中心光模块不断升级	19
图 37: 全球数据中心光模块市场预计将快速增长	20
图 38: 高速率的光模块需求将逐步提升	20
图 39: 硅光芯片具有高度集成的结构	20
图 40: 激光雷达市场有望在 2022-2027 年实现 22% 的复合增速	21
图 41: 1550nm 激光对人眼伤害更小	22
图 42: 1550nm 波长所在波段可见光的辐射相对较弱	22
图 43: 图达通激光雷达搭载于蔚来汽车实现批量交付	22
图 44: 图达通猎鹰灵动版激光雷达采用 1550nm 激光	22
图 45: 图达通激光雷达采用转镜扫描方式	22
图 46: 图达通激光雷达光源采用光纤激光器	22
图 47: TOF 方案直接测量飞行时间测距	23
图 48: FMCW 采用调频连续波实现距离探测	23
图 49: FMCW 直面阳光仍然有较好的探测效果	24
图 50: 激光雷达公司 Aeva 已经将光接收、发射、光学元器件集成到单颗硅光 FMCW 芯片上	24
图 51: 中科院半导体所开发光学相控阵芯片由分束器、移相器、光学天线构成	24
图 52: MIT 和 UC berkeley 联合开发硅光 OPA 芯片	25

图 53: 美国众多机构布局 OPA 芯片的研究	25
图 54: OPA+FMCW 方式将多种光学元件集成于一身	25
图 55: Lumentum 形成三大产品系列面向三大市场	27
图 56: 本土激光芯片厂商面向高端市场持续发力	27
图 57: 2.5G 激光芯片领域本土化程度较高	29
图 58: 10G 激光芯片本土化程度较低, 源杰科技领先	29
图 59: 源杰科技积累了完整的芯片设计、制造、测试产线	30
图 60: 脊波导和掩埋异质结型结构各有优势	31
图 61: 公司实现电子束光栅工艺突破产品性能显著提升	31
 表 1: 公司在光纤接入、移动通信网络、数据中心、硅光领域具有广泛的产品谱系	5
表 2: 信息光子和能量光子是激光最主要的两大应用方向	8
表 3: 材料体系决定半导体激光器发光波长	10
表 4: 不同类别的芯片具有不同的性能和特点, DFB 和 EML 是通信行业主流	13
表 5: 1550nm 产品探测距离显著高于 905nm 产品	21
表 6: FMCW 相比 TOF 性能优秀但技术成熟度低	23
表 7: FMCW 公司繁多, 创始人具备较强技术背景	25
表 8: 本土光模块厂在全球取得骄人成绩	27
表 9: 全球龙头根基深厚, 产品性能遥遥领先	28
表 10: 本土玩家如雨后春笋, 国产替代指日可待	28
表 11: 两大平台、八大技术构筑深厚护城河	30
表 12: 多元产品+高效开发能力, 有效把握市场机会 (接入网不同标准所需要的芯片)	32
表 13: 公司在研项目丰富, 面向广阔下游市场	32
表 14: 募投项目着力扩产和推动新产品研发	33
表 15: 可比公司估值参考	34

1、高速光芯片龙头，“一平台、两方向、三关键”迈向杰出

本土高速半导体激光芯片领军，IDM模式助力公司行稳致远。公司成立于2013年，近10年专注高速半导体芯片的研发，拥有独立自主的包含半导体晶体生长、晶圆工艺、芯片测试与封装在内的一体化IDM全流程业务体系。产品打破海外垄断，实现2.5G到25G磷化铟激光器芯片的批量出货，在研100G EML等高端激光器芯片。客户包含海信宽带、中际旭创、博创科技、铭普光磁等全球知名光模块厂商，经中通迅、诺基亚等通讯设备厂商最终应用于中国移动、中国联通、AT&T等全球运营商网络。据C&C统计，2020年在磷化铟半导体激光器芯片产品对外销售的国内厂商中，公司收入排名第一，其中10G、25G激光芯片出货量在国内同行中排名第一。

图1：公司自建立以来不断开发新产品满足下游客户需求

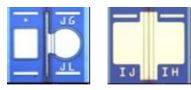
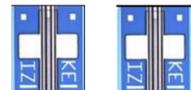


资料来源：公司招股说明书、开源证券研究所

1.1、全波段、多品类高速激光芯片供应商，向更高技术水平进发

产品布局完善，向更高速率进发。公司在光纤接入、移动通信网络、数据中心等领域的丰富的产品布局，在2.5G、10G市场为光模块厂商提供全波段、多品类的产品，并通过低成本的集成化方案等方式实现差异化竞争，在25G及更高速率芯片市场，公司攻克技术难关，打破海外垄断，不断实现新的产品突破。

表1：公司在光纤接入、移动通信网络、数据中心、硅光领域具有广泛的产品谱系

应用领域	产品速率	产品类型	具体应用	产品形态
光纤接入	2.5G	1310nm DFB 激光器芯片	PON (GPON)	
		1490nm DFB 激光器芯片	PON (GPON)	
		1270nm DFB 激光器芯片	10G-PON (XG-PON)	
		1550nm DFB 激光器芯片	40km/80km	
	10G	1270nm DFB 激光器芯片	10G-PON (XG-PON)	
移动通信网络	10G	1310FP 激光器芯片	4G	
		1310DFB 激光器芯片	4G/5G	
	25G	CWDM 6 波段 DFB 激光器芯片	5G	
		CWDM 6 波段 DFB 激光器芯片	5G	
		LWDM 12 波段 DFB 激光器芯片	5G	
数据中心	25G	MWDM 12 波段 DFB 激光器芯片	5G	
		CWDM 4 波段 DFB 激光器芯片	100G 光模块	

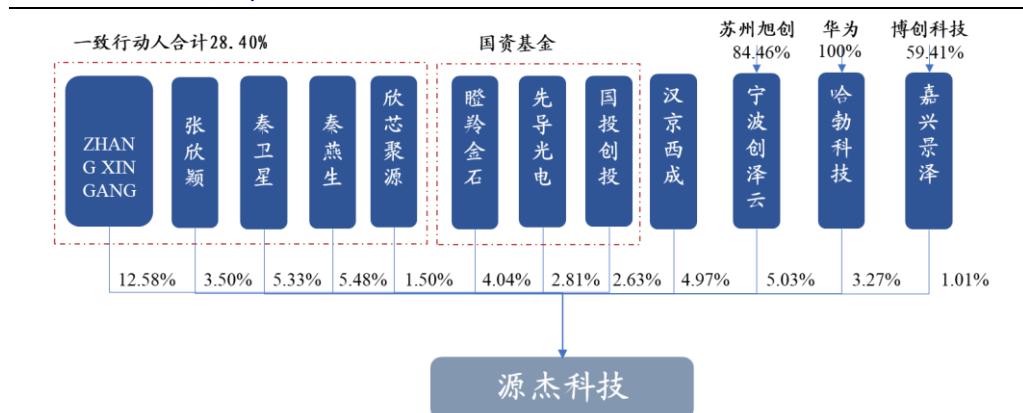
LWDM 4 波段 DFB 激光器芯片 50G	PAM4 CWDM 4 波段 DFB 激光器芯片 1270/1290/1310/1330nm 大功率 25/50/70mW 激光器 芯片	100G 光模块 200G 光模块 数据中心 100/200/400G
硅光直流电源		

资料来源：公司招股说明书、开源证券研究所

1.2、国资、产业背景股东云集，助力公司长期发展

国资、产业背景股东云集，助力公司长远发展。创始人 ZHANG XINGANG 先生直接持有公司 12.58% 的股权，通过一致行动人等合计控制公司 28.40% 的股权，股权结构较为稳健。股东阵营中包含华为控股的哈勃投资、中际旭创控股的宁波创泽云、以及博创科技控股的嘉兴泽景等下游应用领域投资方，同时也包含对光电、硬科技较为关注的陕西先导光电等产业投资基金，多方加持助力公司实现长远发展。

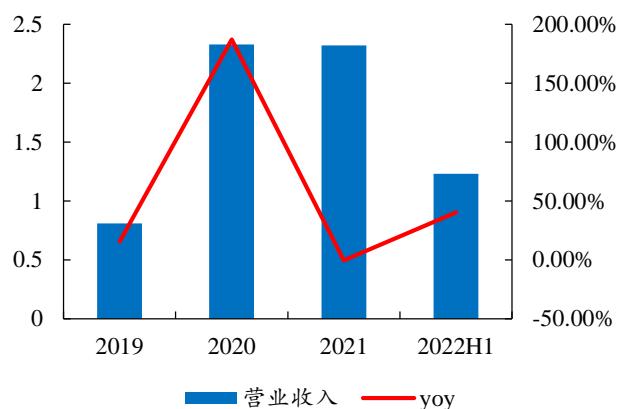
图2：股权结构清晰，股东产业基金、国资云集



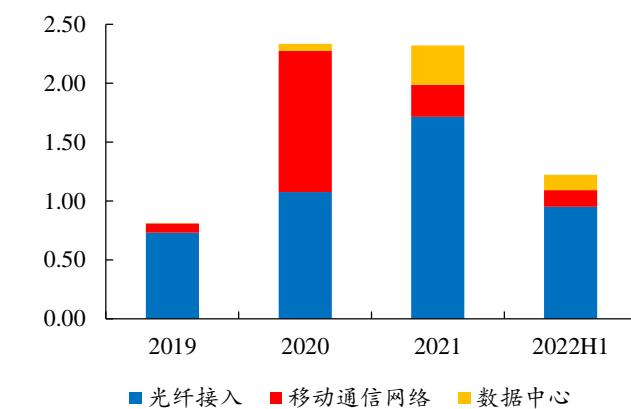
资料来源：公司公告、开源证券研究所

1.3、收入快速增长，高壁垒带来高毛利，盈利能力表现突出

收入体量波动向上，面向蓝海空间广阔。公司收入从 2019 年的 0.81 亿元提升至 2021 年的 2.32 亿元，2019-2021 同比增速分别为 15.48%、187.11%、-0.54%，呈现波动上升态势。其中，光纤接入业务实现稳步增长，主要由于光纤接入市场受益光纤到户覆盖率的提升以及国内外向 10G-PON 等新技术演进而持续扩容，公司凭借优异产品不断扩大收入体量。移动通信网业务呈现波动，主要由于 2020 年运营商采用高带宽方案基站，对 25G 光芯片需求激增，公司在国内率先实现 25G 芯片规模化量产，完美承接市场需求；2021 年 5G 基站建设频段方案调整，对光芯片的采购方案调整为成熟的 10G 产品，叠加 2020 年下游客户积压较高库存，需求缩水致 2021 年公司移通信网业务萎缩，但长期来看，5G 建设对 25G 光芯片的需求有望逐步提升。数据中心业务呈现稳健态势，主要由于公司 25G CWDM4 波段 DFB 激光芯片产品逐步得到客户认可。

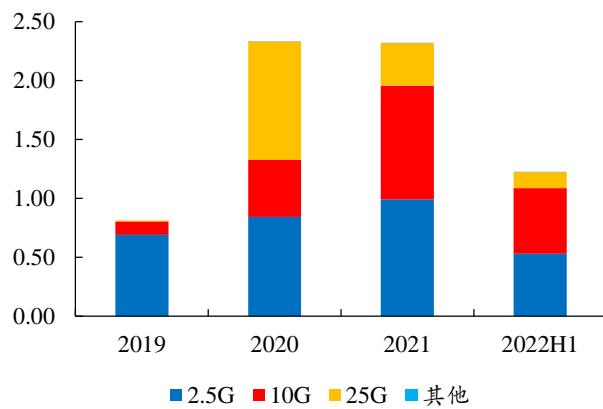
图3：公司目前收入规模超过2亿元


数据来源：Wind、开源证券研究所

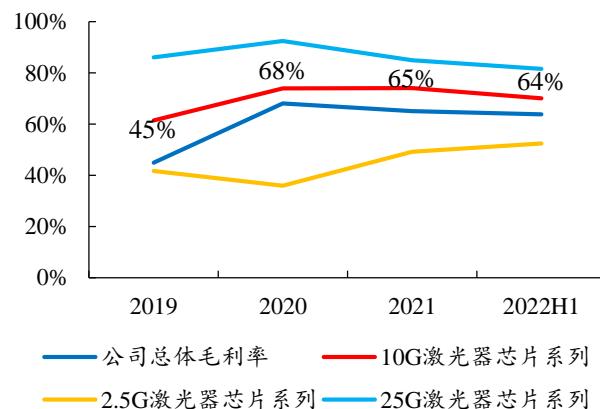
图4：光纤接入业务占据公司收入的主要部分


数据来源：Wind、开源证券研究所

高壁垒带来高毛利率，工艺成熟推动产品毛利率进一步提升。毛利率来看，2.5G产品毛利率先降后升，主要由于2020年公司推进工艺切换致良率小幅度下降，2021年随着工艺成熟度的上升，单位成本下降，产品毛利率也随之回升。10G产品整体毛利率呈上升态势，2022年下滑主要由于TO（将芯片封装后的组件，公司委外并以芯片价格叠加封装费的形式对外销售）形态产品占比提升。25G产品毛利率变化主要由于2019-2020年产品形式主要为价格较高且用于5G建设的25G CWDM 6/LWDM 12/MWDM 12芯片，而2021年25G产品以用于数据中心的25G CWDM 4为主，平均售价下降，同时2022年自产封装占比提升，带来板块毛利率的下滑。整体而言，公司综合毛利率维持较高水平，单产品线毛利率通常随着工艺的不断成熟呈上升态势，彰显强大技术壁垒。

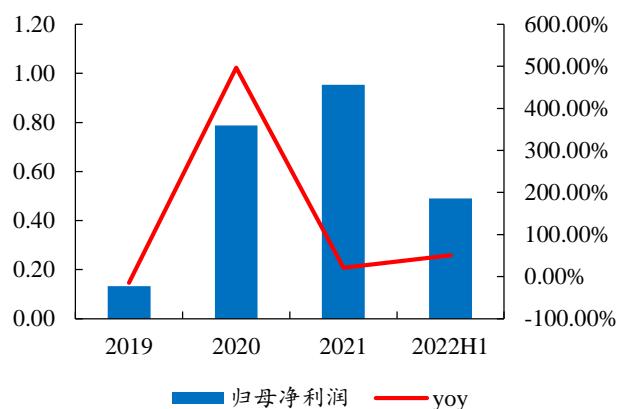
图5：10G芯片带来主要业绩增量，25G产品存在波动


数据来源：Wind、开源证券研究所

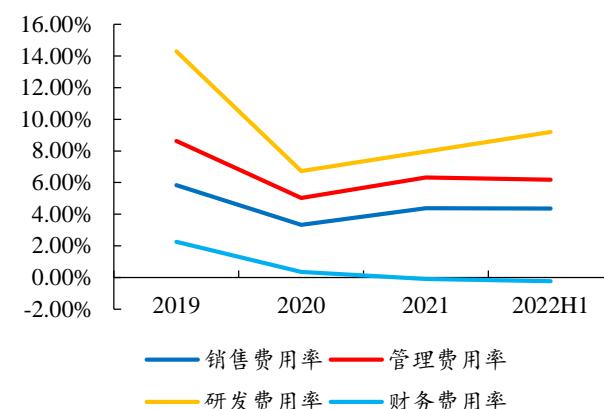
图6：产品结构优化推动毛利率中枢上移


数据来源：Wind、开源证券研究所

费用管控效果优异，盈利能力表现突出。费用率来看，剔除股份支付后公司的销售、研发、管理费用率维持相对稳健状态。得益于优秀的费用管控能力和产品的高毛利率，公司的盈利能力表现优异。据公司招股说明书显示，2019-2022H1公司净利率分别达到16.24%、33.78%、41.05%、39.94%。

图7：净利润维持高速增长态势


数据来源：Wind、开源证券研究所

图8：优秀费用管控带来优异盈利能力


数据来源：Wind、开源证券研究所（管理费用剔除股份支付）

1.4、“一平台、两方向、三关键”战略推动公司扎实前行

“一平台、两方向、三关键”，战略布局面向未来。“一平台”是指公司在加强光芯片产业资源整合的基础上，着力打造良性的人才梯队，加速成果转化。“两方向”是指纵向延拓和横向发展并行。纵向延拓方面，在现有的光通信领域中继续深耕，推出更高速率的激光芯片产品；横向发展方面，不断扩容光芯片应用场景，向激光雷达、消费电子等领域布局探索。“三关键”是指继续培训教育并夯实开发通信激光芯片所需的三大关键技术能力：前瞻设计开发与知识产权、晶圆工艺开发梯队、高端设备应用与相应制程技术。战略部署将帮助公司进一步形成扎实的内生增长动力，同时推动公司实现业务的全面发展，前景可期。

2、光通信芯片需求快速增长，本土厂商空间广阔

2.1、产生能量和传播信息是激光应用的两大重要方向

根据光子应用的不同，激光可以分为能量光子和信息光子以及显示光子。半导体激光器具有光电转换效率高、体积小、可靠性高、寿命长、可调制速率高等显著优点，应用领域广泛，根据光子应用方式的不同，可以分为能量光子、信息光子和显示光子。能量光子主要以光作为能量源来改变物体的物理特性，信息光子主要将光作为信息的载体实现信息的传输和存储，显示光子主要通过光来进行成像、照明等。目前，能量光子和信息光子是激光应用的主要方向。

表2：信息光子和能量光子是激光最主要的应用方向

光子类型	激光器类型	应用领域
能量光子	光纤激光器泵浦	打标、雕刻、切割、焊接、金属3D打印等材料加工领域，应用于航空航天、汽车制造、船舶制造、钢铁冶金、3C电子、国防等
	固体及超快激光器泵浦	精密切割、打孔、剥离、去除、划片、调阻调频、微纳结构加工，应用于半导体微电子、显示面板与照明、航空航天、汽车、太阳能、3C电子、3D增材制造等
	直接半导体激光器	焊接、熔覆、淬火、表面热处理，应用于汽车制造、发电设备、3C电子、航空航天、高铁、钢铁冶金等
	生物医学用激光器	医美、理疗、手术、光动力
	定向能用激光器	科研与国防军事

光子类型	激光器类型	应用领域
	光通信激光器	接入网、主干网、数据中心；5G、物联网；
	硅光芯片	数据传输与运算
信息光子	激光雷达与探测器	3D人脸识别与辅助摄像、探测跟踪、安防监控、无人驾驶、机器视觉、测距和尺吋测量
	传感器	液体、气体等物质传感器、接近传感器等
	中远红外、太赫兹激光器	检测与影像、光电对抗
显示光子	红、绿、蓝三色激光器	激光电视、激光投影、汽车车灯、激光照明等

资料来源：长光华芯招股说明书、开源证券研究所

面向不同的应用领域，半导体激光器的材料体系以及结构和制造工艺显著不同。

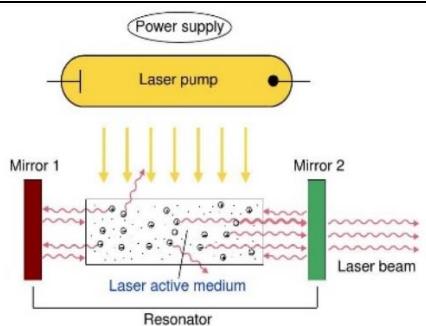
结构和制造工艺：通信领域拥有 DFB、EML 等诸多特殊的芯片结构设计以实现相应功能。能量光子更多注重激光芯片发光的功率，而信息光子要求激光芯片具有更高的调制速率。不同的性能要求，带来两类芯片的微观结构和制造工艺重点的不同。对高功率半导体激光芯片而言，芯片前道工艺生产完毕后，芯片的解理镀膜、腔面钝化等工艺直接决定芯片的发光功率上限。而通信芯片领域，需要采用特定的结构如 DFB、EML 等形式来保证发出的激光具有较窄的线宽和较好的调制效果。以国内领先激光芯片厂商长光华芯和源杰科技为例，双方在发展的过程中各自不断推出更高功率和更高速率的激光芯片，实现竞争力的不断提升。

图9：长光华芯和源杰科技激光芯片向着不同的技术升级方向演进

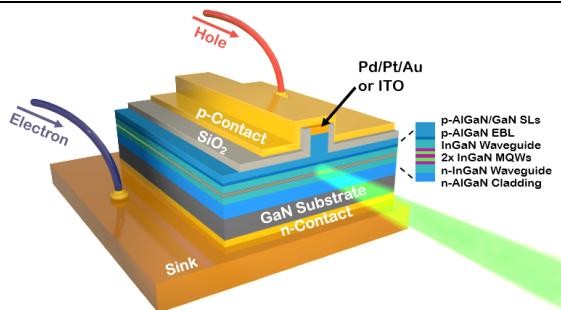


资料来源：长光华芯官网、源杰科技官网、开源证券研究所

材料体系：材料决定半导体激光芯片的发光波长，InP 材料体系是光通信领域的主角。与所有激光器结构相同，半导体激光芯片也由增益介质、谐振腔、和泵浦源构成。其采用半导体芯片制造工艺，以电激励源方式，以半导体材料为增益介质，将注入的电能激发，从而实现谐振放大选模输出激光，实现光电转换。而不同的增益介质材料拥有不同的禁带宽度，因此会产生不同波长的激光。如 GaAs 基器件的发光波长范围大约为 610-1300nm，InP 基器件的发光波长范围为 1250-1700nm。在通信领域，除去早期被人们发现并投入应用的 850nm 波段激光之外，行业更多的专注于将 1260nm-1625nm 区域的激光用作光纤通信，在这个波段，光在光纤中的传播损耗更低并具有更小的光纤色散效应（带来更高的信噪比），显然 GaAs 和 InP 材料体系具有较为合适的发光波长，叠加这两类材料还具有高频、高低温性能好、噪声小、抗辐射能力强等特点，因此被广泛应用于通信场景中，这其中 InP 由于发光波长更适合于在光纤中传播，成为远距离通信领域光芯片的主流材料体系。

图10：泵浦源、增益介质和谐振腔是产生激光的要素


资料来源：《激光器原理基础知识》

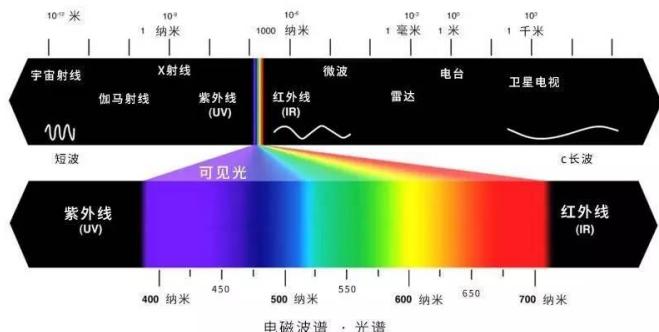
图11：半导体激光器通过多层量子阱结构实现发光


资料来源：《高功率氮化镓基蓝光激光器》

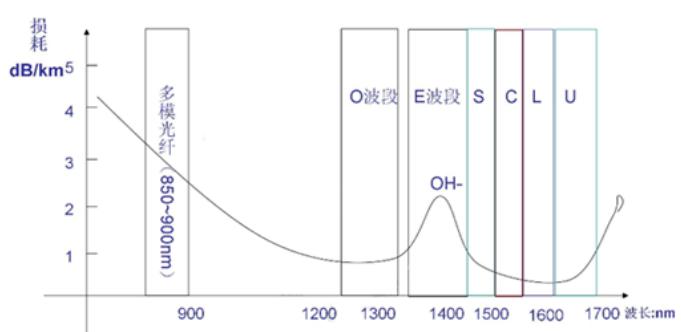
表3：材料体系决定半导体激光器发光波长

材料体系	禁带宽度 (eV)	发光波长 (nm)	应用领域
GaAs 基	1.4	610-1300	激光显示的红光基色、大功率半导体激光器、850nm 数据通信的光源
InP 基	1.3	1250-1700	覆盖 1310 和 1550nm，是光通信的核心光源
GaN 基 InGa(Al)N/AlGaN	3.39 (GaN)	220-530	实现深紫外到绿光的输出，实现绿、蓝、紫及紫外等场景下的应用
碲化物		2000-4000	气体探测、有机物分析等

资料来源：《半导体激光器研究进展》、开源证券研究所

图12：通过采用不同材料可以让半导体激光器覆盖广泛波长范围


资料来源：蓝宇激光官网

图13：通信使用在光纤中传输损耗较小的 O、E、S、C、L、U 波段激光


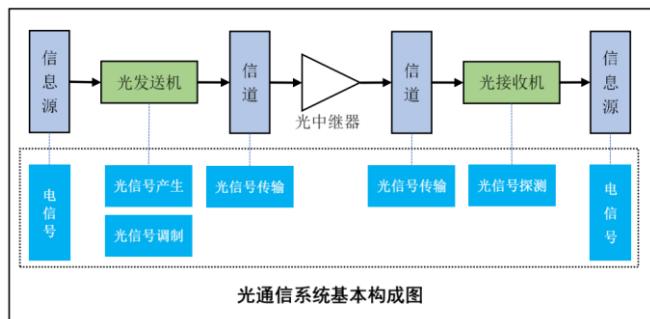
资料来源：L-COM 诺通官网

2.2、高价值量叠加高技术壁垒，光芯片是光通信皇冠上的明珠

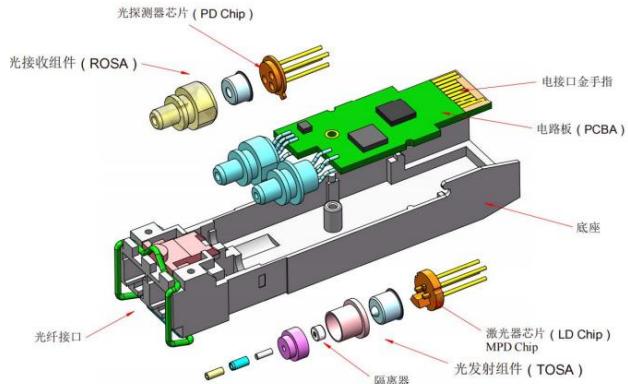
2.2.1、光芯片位于光通信产业链的最上游，是现代高速通信网络的核心

光芯片是现代高速通信网络的核心环节。光通信是以光信号为载体，以光纤作为传输介质，实现信息传递的系统。激光芯片和探测芯片分别实现电光光电的转换，性能直接决定光通信系统的传输效率，是现代高速通信网络的核心。产业链来看，光芯片位于整个光通信产业的最上游，也是技术壁垒最高的环节之一。产业链中游为光器件，包括光组件与光模块，在下游组装成为系统设备，最终应用于光纤接入、移动通信网络、数据中心等领域。

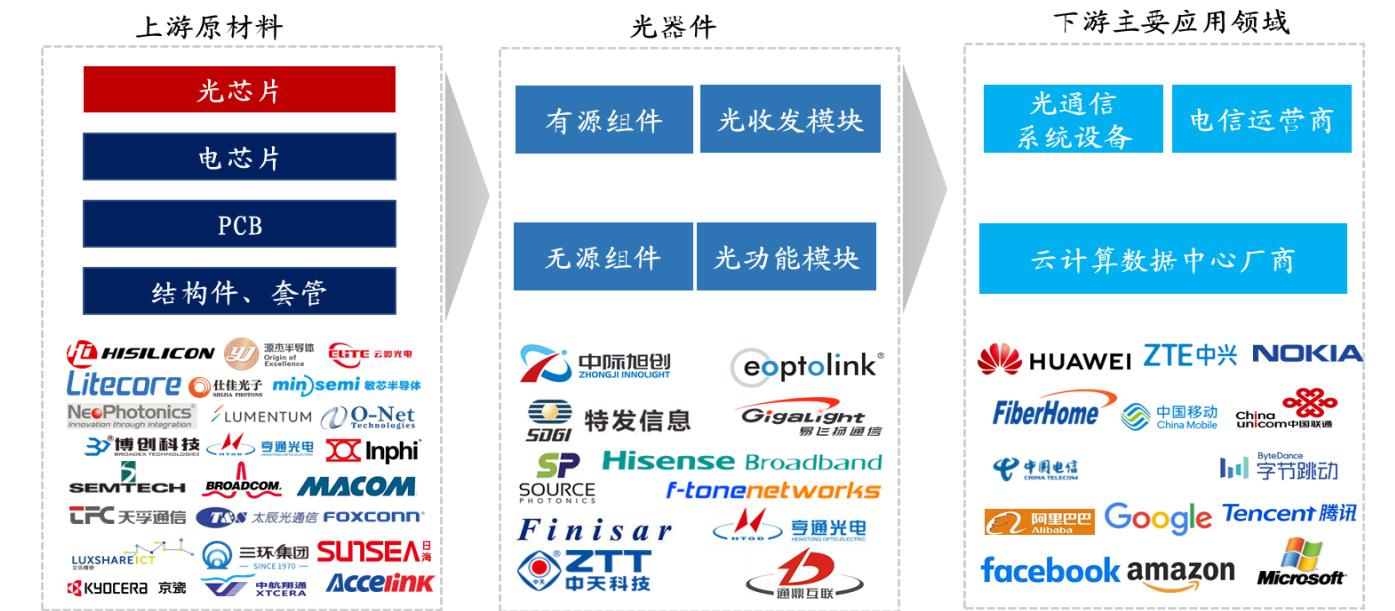
光芯片下游的直接客户为光收发模块，其通常由内含激光器芯片及隔离器的光发射组件 TOSA、内含光探测器芯片的光接收组件 ROSA 以及电芯片和其他结构件等封装而成。

图14：光芯片完成光电转换，是光通信的核心环节


资料来源：光隆科技招股说明书

图15：光模块是光芯片的直接下游


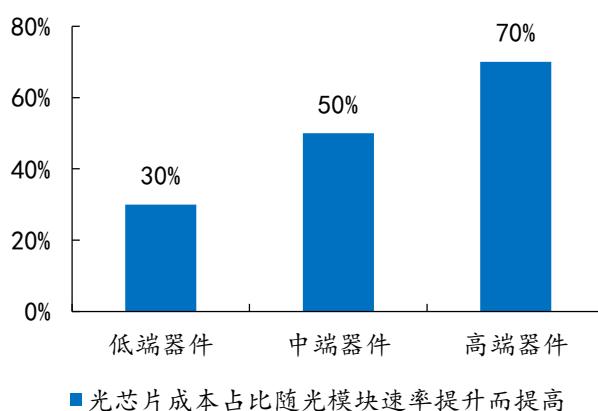
资料来源：光隆科技招股说明书

图16：光芯片位于整个光通信产业链的最上游


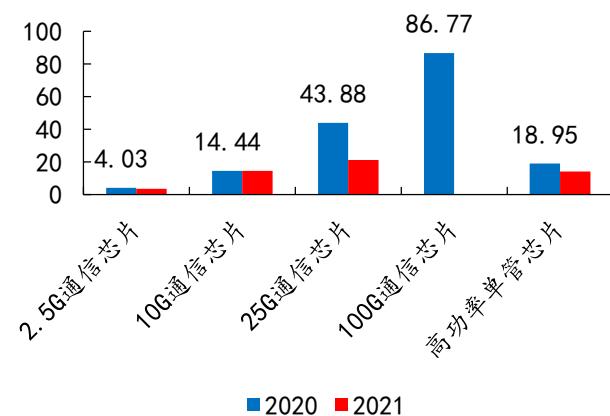
资料来源：源杰科技招股说明书、各公司官网、开源证券研究所

2.2.2、通信光芯片具有较高价值量特点

光芯片在光模块中占据较高的 BOM 成本，高端光模块中这一数字可达 70%。而从价格来看，高端通信光芯片的价格也处于较高水平，观察长光华芯招股说明书以及源杰科技公司公告，我们发现高功率单管激光芯片在 2021 年价格约为 19 元，而 2.5/10/25G/100 芯片价格分别达到 4/14/44/88 元，高端通信芯片的价格远高于其他类型产品。

图17：光芯片在光模块的成本占比随速率提升而提高


数据来源：光谷产业投资公众号、开源证券研究所

图18：高速光芯片价格远高于其他产品


数据来源：源杰科技公司公告、长光华芯招股说明书等、开源证券研究所

2.2.3、通信光芯片具有形态多，DFB 和 EML 适宜高速率远距离通信成为市场主流

按照芯片的功能划分可分为激光芯片和探测器芯片。和众多半导体激光芯片相同，高速光通信半导体激光器可分为边发射激光器（EEL）和垂直腔面发射激光器（VCSEL）两大类，其中边发射主要包含法布里-珀罗激光器（FP）、分布反馈激光器（DFB）、电吸收调制激光器 EML 三大类。而探测器芯片主要有 PIN 和 APD 两类。在激光发射芯片中：

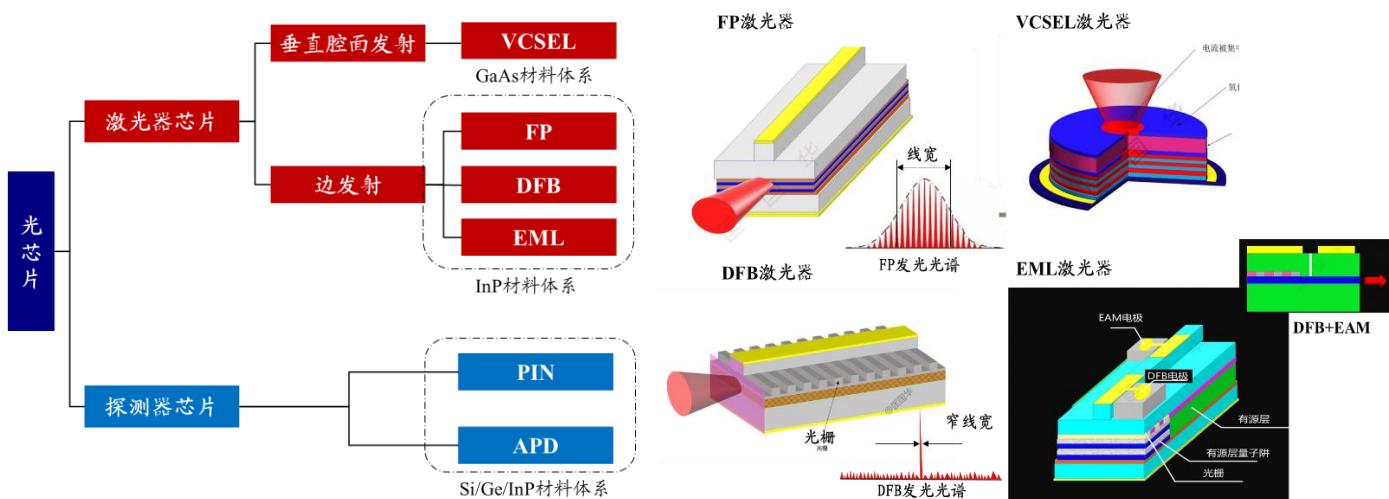
(1) VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser, 垂直腔面发射激光器):

采用垂直腔面作为谐振腔产生激光，具有窄线宽、低温漂系数、低阈值电流、生产容易等优势。但由于材料和生产工艺的原因，目前仅适用于生产 850nm 波长的激光器，通信领域主力 1310nm 和 1550nm 波长的 VCSEL 制备困难，因此 VCSEL 主要用于短距离信号传输。

(2) FP (Fabry-Perot, 法布里-珀罗激光器): 是以 FP 腔为谐振腔，发出多纵模相干光（线宽较宽）的半导体发光元器件，结构简单，但信号质量一般，主要用于短距离传输（通常 20km 以内）。

(3) DFB (Distributed Feedback Laser, 分布反馈激光器): 在 FP 激光器的基础上将布拉格光栅集成到器件内部的有源层中，使得发射光子的波长高度一致，具有窄线宽、调制速率高、波长稳定等优势。该芯片主要用于信息的中长距离传输，是数据中心、5G 和 PON 接入网络的关键发光部件。

(4) EML (Electro-absorption Modulated Laser, 电吸收调制激光器): FP 和 DFB 激光器均为直调激光器（DML），即通过直接改变激光器的注入电流来控制激光的输出强度，但电流的变化也会改变材料的有效折射率进而影响发光波长造成信号衰减。EML 则由 DFB 激光器与 EAM(电吸收调制器, Electro Absorption Modulator) 单片集成。带有独立调制器的芯片优势明显：DFB 可以接收到稳定的电流而发出性质稳定的激光，让整个 EML 芯片实现优质信号输出。但 EML 在制备的过程中涉及多次腐蚀和外延，技术难度高，成本高昂。因此 EML 适用于远距离、高速率的信号传输，如 C 频段(1530-1565nm) 的 80km 城域网，或 O 频段用于数据中心的互联(PAM4 调制方式)，或者数据中心之间互联。

图19：激光器芯片有多重类别，分别对应不同的产品特点和应用领域


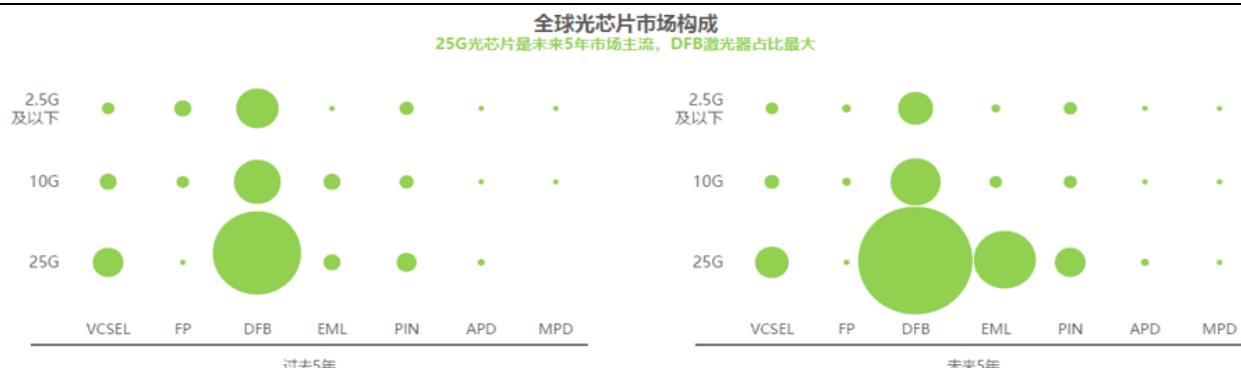
资料来源：源杰科技招股说明书、菲魅通信公众号、开源证券研究所

表4：不同类别的芯片具有不同的性能和特点，DFB 和 EML 是通信行业主流

产品类别	VCSEL	FP	DFB	EML
工作波长	800-900nm	1310-1550nm	1270-1610nm	1270-1610nm
传输速率	中	低	中	高
传输距离	极近	近	中	远
工艺难度	中	简单	中	难
产品特性	窄线宽、低功耗、调制速率高、耦合效率高、传输距离短、线性度差	调制速率高、成本低、耦合效率低，线性度差	窄线宽、调制速率高、波长稳定、耦合性度差	调制速率高、稳定性好、传输距离长、高成本
应用场景	500米以内短距离传输如数据中心机柜内部传输、消费电子3D感应等	中低速无线接入短距离市场，部分应用场景逐步被DFB取代	中长距离传输，如FTTx接入网、传输网、无线基站、数据网、城域网和数据中心内部互联等	长距离传输，高速率、远距离电信骨干网、无线基站、数据网、城域网和数据中心内部互联等

资料来源：公司招股说明书、亿渡数据《中国光芯片行业研究报告》、开源证券研究所

未来数年内，EML 和 DFB 芯片预计仍将被广泛使用而成为通信光芯片市场中的主力产品形态。

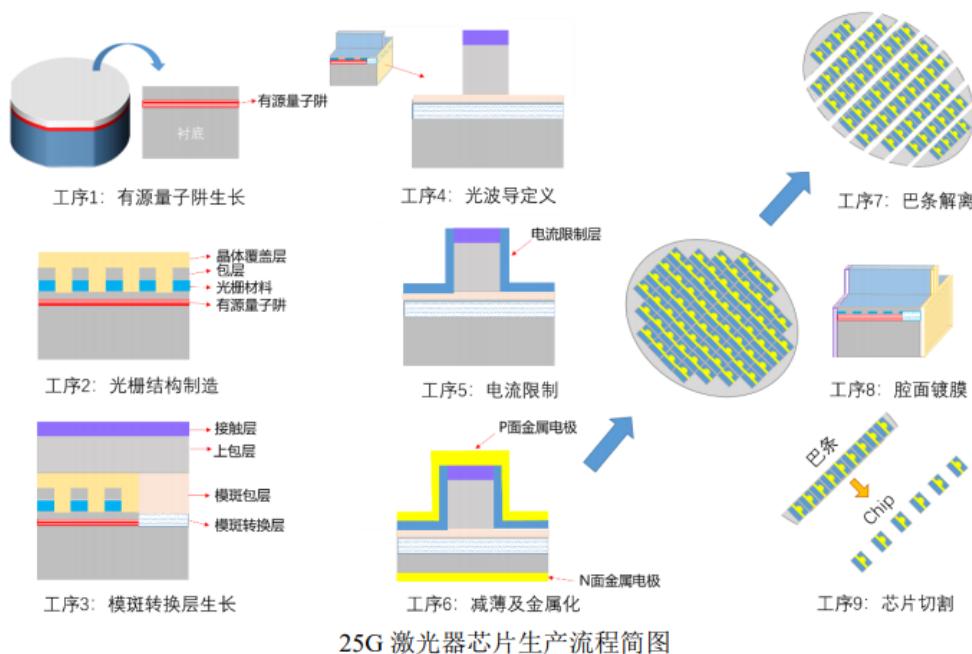
图20：DFB 和 EML 芯片仍将在未来占据主要的光芯片市场


资料来源：宸元资本公众号、开源证券研究所

2.2.4、通信光芯片制备难度高，芯片的光电特性、工艺实现、可靠性缺一不可

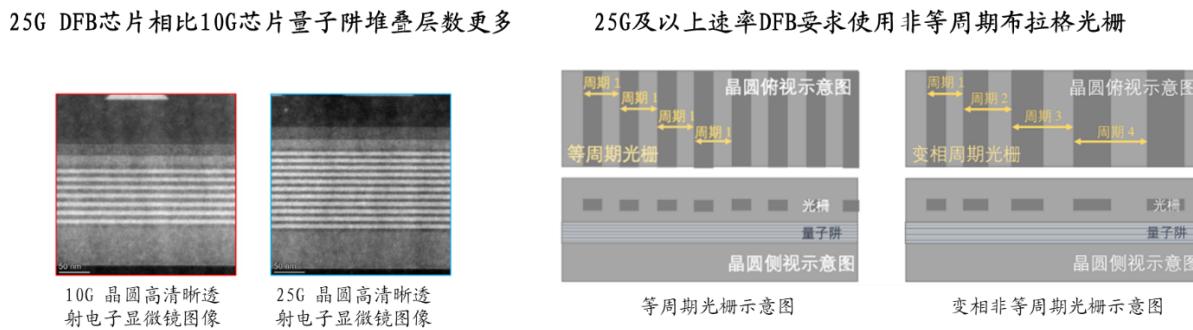
光芯片制备技术难度高，芯片的光电特性、生产工艺实现、可靠性缺一不可。光芯片的技术研发和工艺开发需要结合高速射频电路与电子学、半导体量子力学、半导体材料等多个学科。而其复杂结构带进一步加大制备难度，尤其高速光芯片，尺寸已经逼近物理极限，结构设计精度、稳定性等要权衡兼顾。以 25G DFB 激光芯片为例，据源杰科技首次问询回复描述，生产过程包含量子阱外延、光栅结构、光波导、注入电流限制结构、减薄与高频电极设计和制造等多个核心环节，涉及超过 280 道生产工艺，在上述结构的设计和制造过程中，需要充分考虑芯片的光电特性、产品可靠性、制备工艺可行性等相互制约因素，具有较高的壁垒。

图21：光芯片生产工艺繁多，技术壁垒高



资料来源：源杰科技公司公告

激光芯片速率进阶的过程中需要诸多核心技术环节的突破。在高速激光芯片制备的过程中，外延工艺和光栅制作是关键环节。外延工艺中，晶圆有源发光区的量子阱设计和制造是关键，需要通过 MOCVD 生长多层结构。据源杰科技公告显示，高速芯片的量子阱层数更多，且需要对每层材料的厚度、比例、电学掺杂、缺陷等进行精确控制以提升性能和可靠性，25G DFB 芯片量子阱厚度精度误差要求小于 0.2nm，技术难度高。光栅制作方面，中低速率芯片可以采用等周期光栅结构，可以利用全息曝光系统制作，而 25G 以上 DFB 芯片为了实现更好的单模输出性能，要求使用非等周期的相移光栅结构，需要采用更高精度的电子束光栅工艺加工，据源杰科技公告显示，25G 芯片光栅制备工艺精度要求达到 1nm，同时由于采用非等周期的相移光栅，光栅相移量的理论设计复杂，要求具有更好的光电理论综合研究，同时实现对电子束光栅工艺的整体突破，制备难度大幅度提升。

图22：高速率激光芯片在外延、光栅制作等环节拥有诸多技术壁垒


资料来源：源杰科技公司公告、开源证券研究所

2.3、数据驱动光芯片行业行稳致远，创新应用打开想象空间

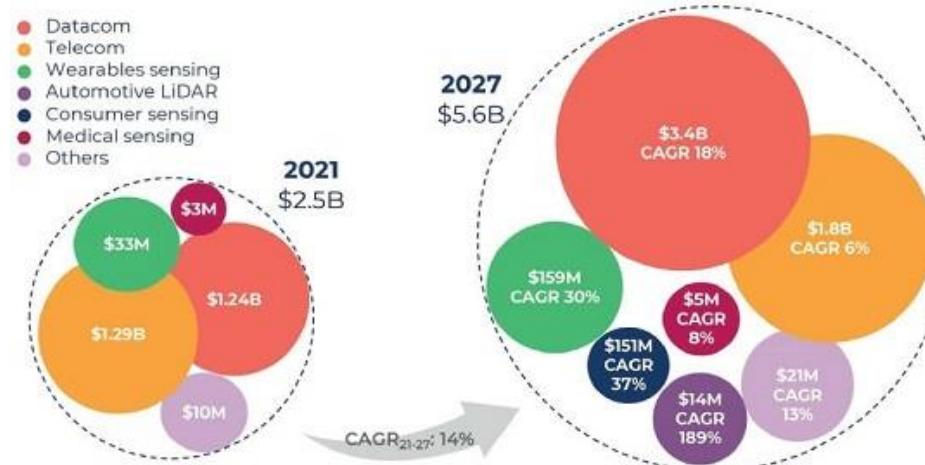
2.3.1、高速光芯片行业水大鱼大，2027年市场规模超300亿

InP 芯片市场空间 2027 年有望超过 300 亿元。光芯片通常包含两类，一类是以 InP 材料为主的边发射芯片，包含 DFB、EML 等，另一类是以 GaAs 材料体系为主的垂直腔面发射芯片（VCSEL）。据 Yole 数据，预计全球磷化铟激光器市场规模将从 2021 年的 25 亿美元增长到 2027 年的 56 亿美元左右，其中用于数据中心和电信应用的光通信市场仍然是主导力量，市场规模从 2021 年的 25 亿元提升至 2027 年的 52 亿美元，年化复合增速 13%。此外激光雷达和可穿戴市场成长性较好，到 2027 年将分别拥有 0.14 亿和 1.59 亿美元的市场规模，年化复合增速分别达到 189% 和 30%。同样据 Yole 数据，预计光通信市场 VCSEL 芯片市场规模将从 2022 年的 7.82 亿美元提升至 2027 年的 21 亿美元，年化复合增速 22%。

图23：Yole 预计 InP 激光芯片市场广阔

2021-2027 InP photonics device market forecast split by application

(Source: InP 2022, Yole Intelligence, October 2022)



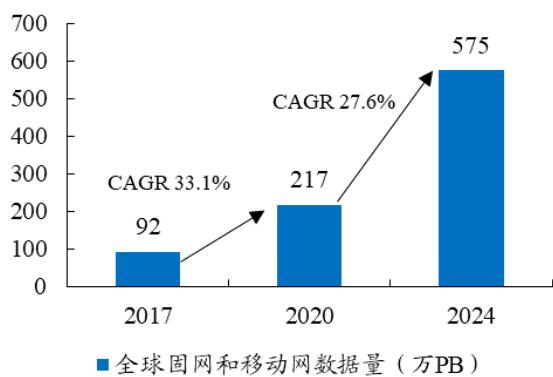
资料来源：讯石光通讯网

2.3.2、数据增长为根本驱动力，数据中心、接入网、无线网三大细分市场景气持续

信息技术持续发展，全球数据需求持续增长是驱动光芯片市场快速发展的底层动力。据 Omdia 的数据，全球固网和移动网络的数据量从 2017 年的 92 万 PB 增至

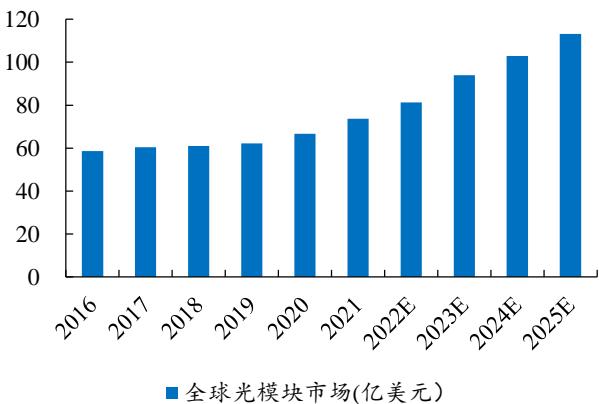
2020 年的 217 万 PB，年均复合增速 33.1%，预计到 2024 年将增长至 575 万 PB，年均复合增长率为 27.6%。数据增长驱动通信行业技术不断进步，市场持续扩容。光模块作为产业链最重要的器件，市场规模持续增长，据 LightCounting 统计，2016 到 2020 年全球光模块市场从 58.6 亿美元增长到 66.7 亿美元，预计到 2025 年全球光模块市场将达到 113 亿美元，是 2020 年的 1.7 倍，这将持续拉动光芯片市场需求。

图24：全球固网和移动网的数据量持续增长



数据来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

图25：全球光模块快速扩容



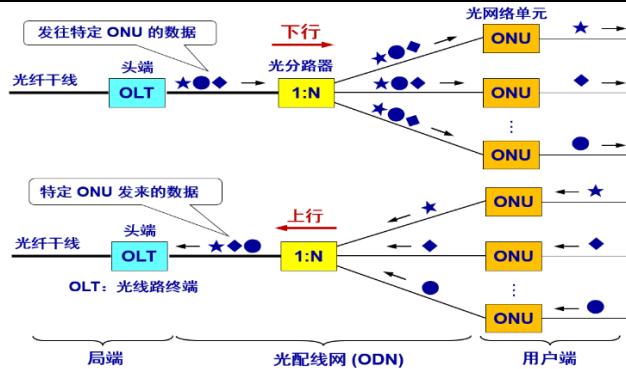
数据来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

光模块的市场需求主要来源于三大方向：光纤接入、5G 移动通信和数据中心。

(1) 光纤接入市场：

光纤接入市场对光模块的需求稳步增长。 FTTx (Fiber to the x, 光纤到 x) 光纤接入是全球光模块用量最多的场景之一，目前全球运营商骨干网和城域网已经实现光纤化，部分地区接入网也在向光纤化演进。PON (无源光网络) 是实现 FTTx 的最佳技术方案之一，PON 是指 OLT (光线路终端，通常为交换机或路由器布置于局端用于网络下传) 和 ONU (光网络单元，如光猫等，位于用户侧，主要实现数据处理和信号上传) 之间的 ODN (光分配网络) 全部采用无源设备 (通常为光分路器) 接入网络。PON 的数据下行采用的是广播方式，光分路器把下行光信号广播到每个 ONU，ONU 按需选取属于自己的信号。数据上行采用分时复用模式，每个 ONU 在不同的在不同的时隙和 OLT 进行通信。PON 技术传输容量大，成本低，维护简单，可靠性、保密性好，成为光纤接入的主流方案。技术方案中，主流的 EPON/GPON 技术采用 1.5G/2.5G 光芯片，新一代的 10G-PON 采用 10G 光芯片，正加速渗透。

图26：PON (无源光网络) 是实现 FTTx 的最佳方案之一



资料来源：CSDN 网、开源证券研究所

PON 技术中，局端的 OLT 设备和用户侧的 ONU 设备都需要实现光电转换，用到光芯片，其中 OLT 设备下行所需的芯片要求更高。据 LightCounting 数据，2020 年全球 FTTx 光模块市场出货量约为 6289 万只，市场规模 4.73 亿美元。随着新一代 PON 应用的逐步推广，预计 2025 年全球 FTTx 光模块市场出货量将达到 9208 万只，CAGR7.92%；市场规模将达到 6.31 亿美元，CAGR5.93%。

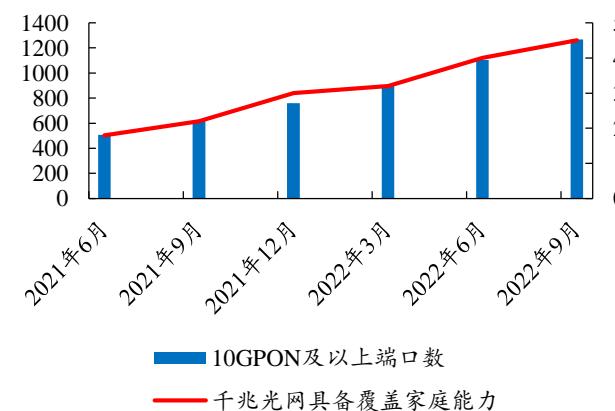
据中国宽带发展白皮书（2022）统计，截至 2022 年 9 月，我国的光纤端口已经达到 10 亿个，光纤用户达到 5.5 亿户，10G PON 及以上端口规模达到 1267.9 万个，千兆以上速率固定宽带用户规模超 7603.1 万户。目前产业对“光联万物”达成共识，XR、全息等新应用不断涌现，家庭、商业、工业场景对固定宽带需求不断升级，将推动 10G PON 等技术的进一步加速渗透，同时 50G PON 等技术也逐步形成标准，成为下一代 PON 技术的升级方向。

欧洲、北美、东亚等主流市场电信运营商将千兆网络作为差异化竞争的重要手段，全球千兆网络覆盖人口比例持续提升。据 Omdia 预测，到 2025 年全球将有超 1.87 亿千兆固定宽带用户，占所有固定宽带用户的 16%。此外千兆光网将向家庭用户延伸，德国、法国、英国等欧洲国家大力推进光纤到楼和到户部署，据 FTTH 欧洲理事会预测，预计到 2027 年，光纤到楼和光纤到户网络将覆盖欧盟 27 国及英国约 2 亿用户家庭。而据 LightCounting 数据，2022 年全球光纤接入光模块市场中 10G PON 及以上的光模块占比为 56.11%，预计到 2025 年该比例将进一步提升至 70.05%。

图27：全球 FTTx 市场光模块需求稳定增长



图28：中国 10G PON 以上端口数量持续提升

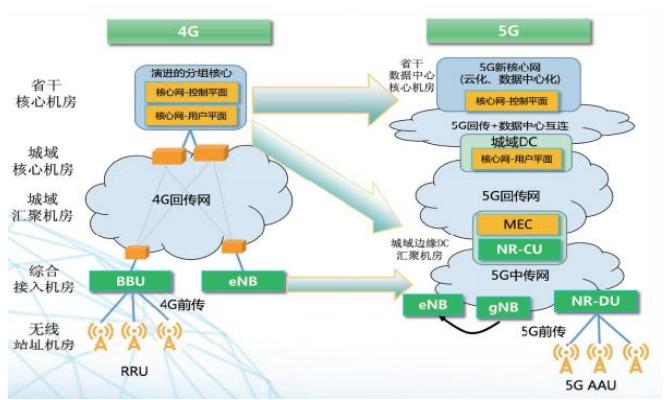


数据来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

数据来源：中国宽带发展白皮书（2022）、开源证券研究所

(2) 无线网市场：

5G 传输速度更快、质量更稳定、传输更高频，满足数据流量大幅增长以及各类应用的需求。5G 通信网络可大致分为前传、中传、和回传网络，对于光模块速率的需求从前传到回传依次升级。

图29：5G 网络大致可分为前传、中传和回传部分


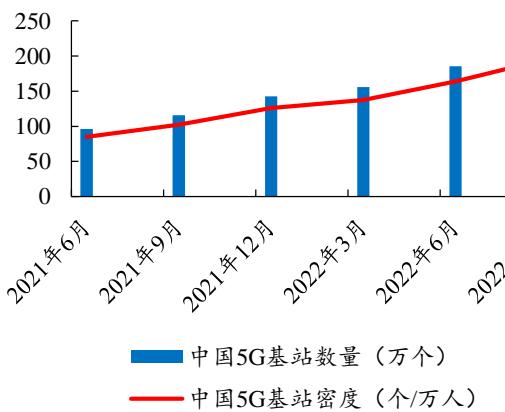
资料来源：5G 承载需求白皮书

图30：5G 光模块需求从前传到中传到回传依次升级

应用场景	传输距离 [典型值,km]	接口速率 [Gbps]	工作波段	调制方式	传输方式
前传	10~20	25~100	C/O	NRZ/PAM4/DMT (直调直检)	双纤双向/ 单纤双向
中传	20~40	25~100	C/O	NRZ/PAM4/DMT (直调直检)	双纤双向/ 单纤双向
	2~20	25~100	C/O	NRZ/PAM4/DMT (直调直检)	双纤双向/ 单纤双向
回传	40~80	N× 100/200/400	C/O	n-QAM(相干)/ PAM4/DMT (直调直检)	双纤双向
	>80	N× 100/200/400	C	n-QAM(相干)	双纤双向

资料来源：5G 承载需求白皮书

全球加快推进 5G 建设，带动海量市场需求。据宽带白皮书数据，截至 2022 年 9 月底，我国累计建成并开通 5G 基站 222 万个，5G 网络实现在全国所有地级以上城市覆盖，5G 移动电话用户规模达到 5.1 亿户，是 2021 年同期的 1.8 倍。未来我国 5G 网络将进一步向农村地区延伸覆盖，海外澳大利亚、日本、韩国、新加坡、泰国、德国、芬兰等国家加快 5G 独立组网网络试验部署，预计到 2022 年底，全球 5G 独立组网网络将达到 40 个。据 Lightcounting 的数据，全球电信侧光模块市场前传、(中)回传和核心波分市场需求将持续上升，2020 年分别达到 8.21 亿美元、2.61 亿美元和 10.84 亿美元，预计到 2025 年将分别达到 5.88 亿美元、2.48 亿美元和 25.18 亿美元。

图31：我国 5G 建设推进顺利


数据来源：中国宽带发展白皮书（2022）、开源证券研究所

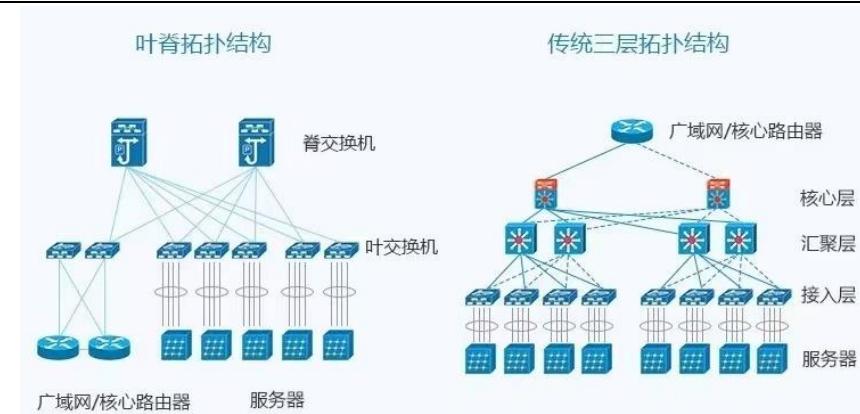
图32：全球电信侧光模块（不含 FTTx）将稳健增长


数据来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

(3) 数据中心市场：

数据中心作为数据汇集、处理的核心节点，在信息时代获得快速发展。随着云计算的推进，数据中心的服务器计算资源逐步被池化，部计算资源的界限逐步模糊，同时微服务架构开始推进，诸多软件实现解耦，带来庞大的内部数据处理需求，为了处理更多东西向数据，叶脊架构应运而生。相比传统网络的三层架构，叶脊网络进行了扁平化，叶交换机相当于三层架构中的接入交换机，作为 TOR(Top Of Rack) 直接连接物理服务器，脊交换机相当于核心交换机实现不同叶交换机之间的交互。脊叶方式减少延迟和流量瓶颈，同时拥有更好的扩展性，也可以降低对交换机的需求节约成本，日益成为数据中心的主流部署形式。同时，这样的部署方式也带来光模块需求的迅速提升。

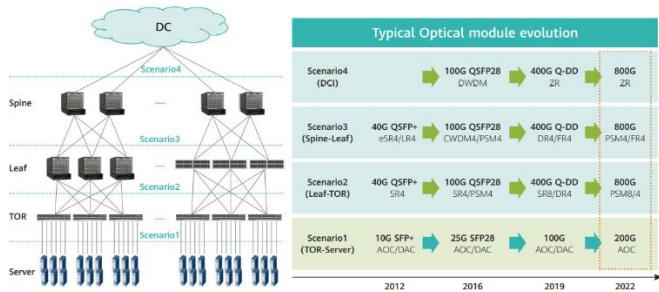
图33：叶脊架构日益成为主流数据中心部署形式



资料来源：鲜枣课堂公众号

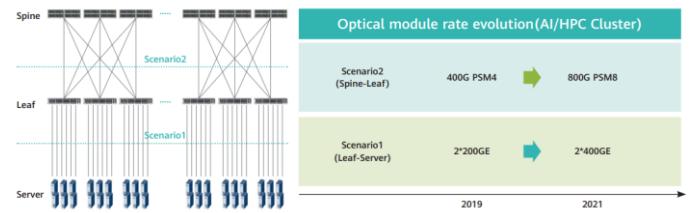
无论传统架构的数据中心还是 AI 集群服务器数据中心（叶脊架构），对光模块的需求都在快速提升。早在 2019-2020 年亚马逊、微软、谷歌等公司的北美超大型数据中心内部互联已经开始商用部署 400Gb/s 光模块，而据中际旭创公告，海外云厂商计划在 2023 年批量部署 800G 光模块，国内厂商进度稍有滞后但也快速跟进。未来，光模块将继续向着 1.6T/3.2T 方向演进，整个产业链拥有广阔升级空间。

图34：传统数据中心网络架构下光模块实现快速升级



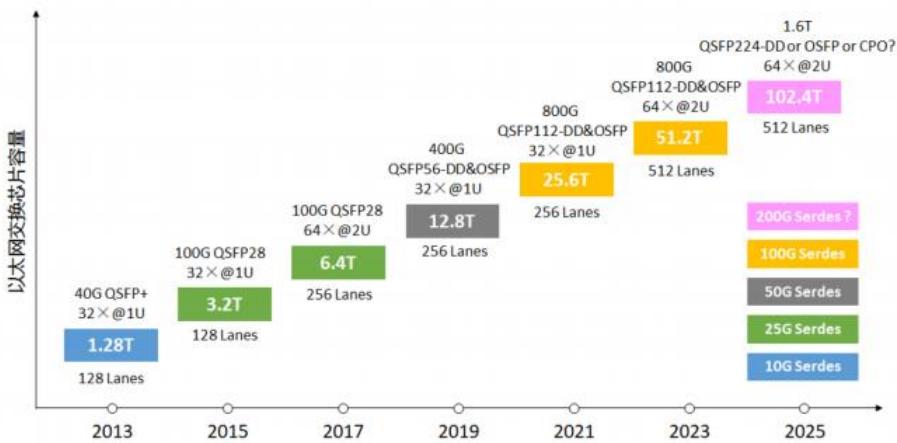
资料来源：800G 光模块白皮书

图35：AI 集群服务器对光模块的需求亦持续升级



资料来源：800G 光模块白皮书

图36：数据中心光模块不断升级



资料来源：5G 承载与数据中心光模块白皮书

全球数据中心数量快速提升，带动数据中心光模块市场稳健扩容。据 Synergy Research 数据，截至 2020 年底，全球 20 家主要云和互联网企业运营的超大规模数

据中心已经达到 597 个，是 2015 年的 2 倍。而据 LightCounting 数据，2019 年全球数据中心光模块市场规模为 35.04 亿美元，预计到 2025 年该数据将增长至 73.33 亿美元，年均复合增长率 13.09%。而据 Lightcounting 的预测，2023 年及未来，400G 和 800G 需求将逐步提升来应对不断增长的网络流量。

图37：全球数据中心光模块市场预计将快速度成长

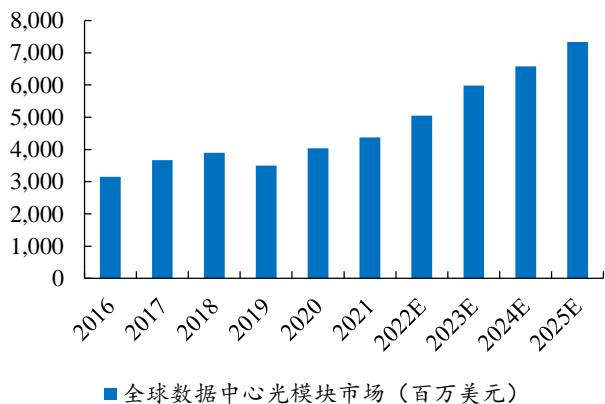


图38：高速率的光模块需求将逐步提升



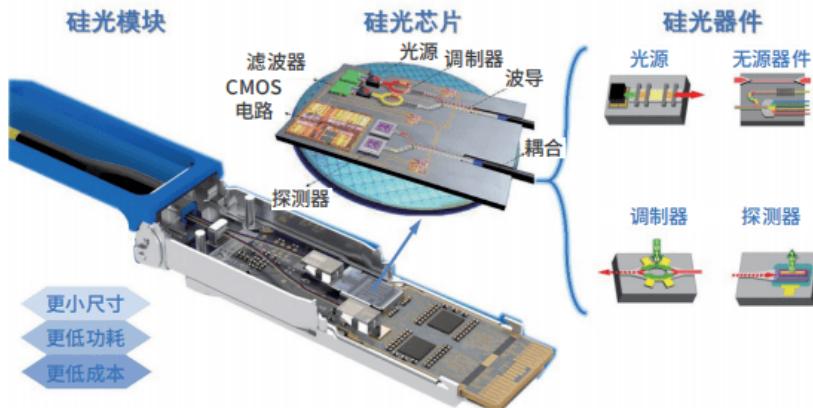
数据来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

资料来源：800G 白皮书

2.3.3、硅光、激光雷达等新技术领域打开想象空间

硅光子技术是基于硅和硅基衬底材料，利用现有 COMS 工艺进行光器件开发和集成的新一代技术，方案中激光器芯片仅仅作为外置光源，硅基芯片承担速率调制功能，因此需要将激光器芯片发射的光源耦合至硅基材料中，从而实现调制功能域与光路传导功能的集成。该方案集成度高，同时在峰值速度、能耗、成本等方面均具有良好表现，随着芯片速率的提升，该技术方案成为未来重要的发展方向。

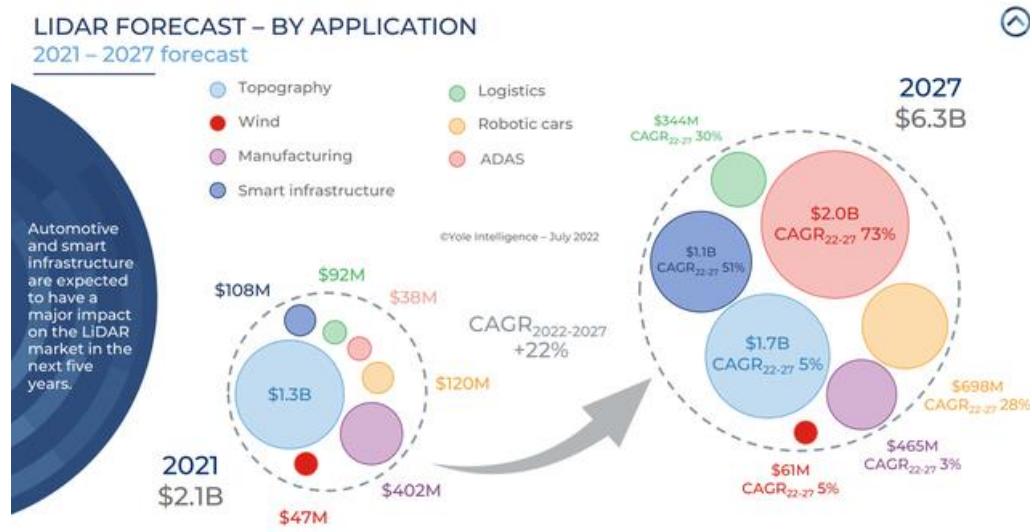
图39：硅光芯片具有高度集成的结构



资料来源：《硅光芯片——后摩尔时代的高速信息引擎》

在通信领域之外，激光雷达成为光芯片的另一块重要战场。激光雷达作为一种能够精准测距的设备，在地质、气象、工业、机器人、以及汽车领域均有广泛应用。而随着近年智能驾驶的推进，车载激光雷达市场亦快速增长。据 Yole 预测，激光雷达市场有望在 2022-2027 年实现年化 22% 的复合增速，其中辅助驾驶领域市场规模更以 73% 的复合增速居于首位。激光雷达日益成为光芯片公司争相布局的新领域。

图40：激光雷达市场有望在 2022-2027 年实现 22% 的复合增速



资料来源：Yole

905nm 波长之外，1550nm 波长的激光雷达有望凭借优异的性能占据一席之地。

905nm 波长的激光接近可见光，可穿透人眼的透明部分直达视网膜，这期间人眼屈光介质能将入射光束汇聚成极小的光斑，灼伤风险高。而 1550nm 激光在经过人眼角膜等部分时就被大幅吸收，不会触及视网膜，因而可采用更高的发射功率。同时，1550nm 所在的波段太阳辐射强度相对较弱，同等条件下面临的光干扰较 905nm 更小，带来更优信噪比。更高的功率和信噪比意味着更远的探测距离和更好的探测效果。

目前，采用 1550nm 方案的旗舰激光雷达产品探测距离通常在 200 米以上，最远甚至超过 500 米，而采用 905nm 激光方案的产品探测距离通常在 150-200 米以下。激光雷达通常起到“兜底”作用来避免视觉感知遇到无法判断的特殊情形，更优的探测效果无疑是激光雷达的必须。当然，由于采用磷化铟等材料，1550nm 激光雷达拥有优异的性能同时也伴随着高昂的成本。因此 1550nm 激光雷达和 905nm 将长期处于并存状态。目前图达通、Luminar、Aeye、一径科技等玩家采用 1550nm 方案，发展势头良好，其中图达通产品主要搭载于蔚来车型上，截至 2021 年 11 月已经累计交付激光雷达 3.7 万台；Luminar 的产品亦配套飞凡 R7 等车型量产。

表5：1550nm 产品探测距离显著高于 905nm 产品

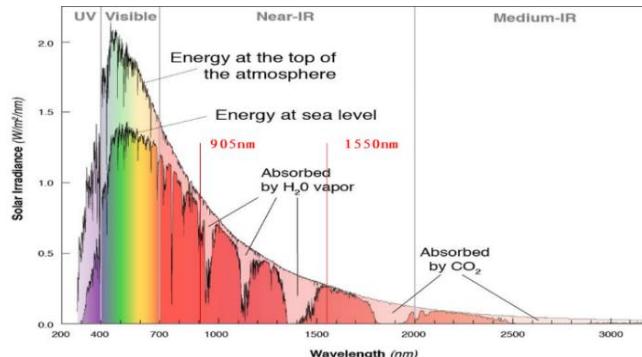
公司名称	产品名称	使用波长	10%反射率探测距离
Luminar	Iris	1550nm	250m
一径科技	ML-Xs	1550nm	200m
Aeye	4Sight	1550nm	300m
图达通	猎鹰	1550nm	250m
大疆揽沃科技	Horiz	905nm	150m
速腾聚创	M1	905nm	150m
禾赛科技	AT128	905nm	200m
镭神智能	CH128X1	905nm	160m

资料来源：图达通/Aeye/一径科技等公司官网、开源证券研究所

图41：1550nm 激光对人眼伤害更小

波长范围	损伤部位
180–315 nm (UV-B, UV-C)	角膜烧伤, 等效于阳光灼伤
315–400 nm (UV-A)	晶状体浑浊
400–780 nm (visible)	视网膜灼伤
780–1400 nm (near-IR)	白内障, 视网膜灼伤
1.4–3.0 μm (IR)	玻璃体损伤, 角膜损伤, 白内障
3.0 μm–1 mm	角膜灼伤

资料来源：上海光学精密机械研究所

图42：1550nm 波长所在波段可见光的辐射相对较弱


资料来源：麦姆斯咨询所

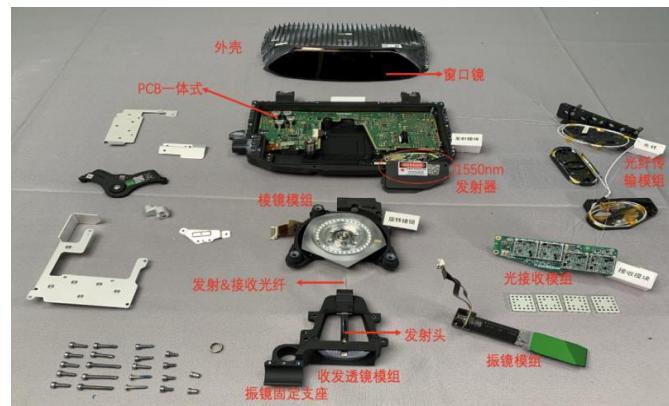
图43：图达通激光雷达搭载于蔚来汽车实现批量交付


资料来源：XEVLab 公众号

图44：图达通猎鹰灵动版激光雷达采用 1550nm 激光


资料来源：图达通官网

掌握研发生产一体化流程体系的 IDM 激光芯片厂商在竞争中有望赢得主动。无论 905nm 还是 1550nm 波段的激光雷达，光源始终是重点，决定着激光雷达的核心性能和降本潜力。在 1550nm 激光雷达中，通常采用光纤激光器作为光源，需要多种类型激光芯片。而激光芯片自身优异的产品性能、优秀的可靠性和产品良率以及供应商良好的批量化生产能力，对激光雷达整机厂商来说至关重要。这其中拥有 IDM 一体化生产能力的芯片玩家，有望凭借产品快速研发迭代的能力，以及优秀的量产能力占据先机。

图45：图达通激光雷达采用转镜扫描方式


资料来源：汽车电子设计公众号

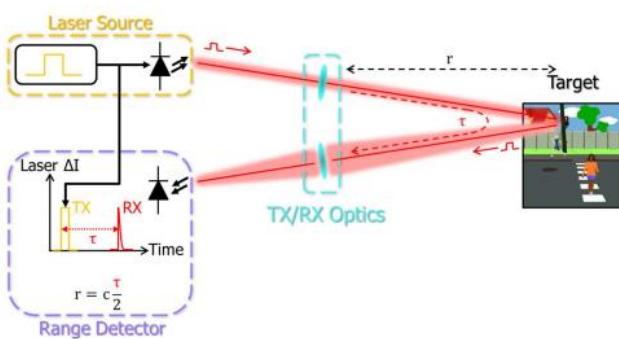
图46：图达通激光雷达光源采用光纤激光器


资料来源：绿芯频道

技术迭代紧锣密鼓，FMCW+OPA 有望成为激光雷达终局。

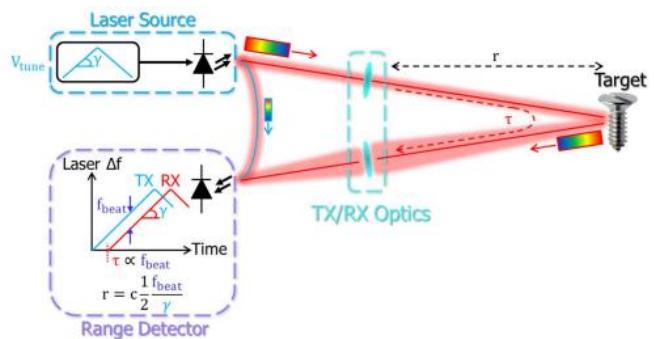
- **FMCW：**是一种测距方式，与 TOF 对应，相比 TOF 方案通过光的飞行时间测距，FMCW 采用相干探测的方式测距。该测距原理和相干通信相似，首先对激光光源进行调制（调频/调幅/调相），接着将激光器发出的激光分为两束，一束作为本振光，另一束照射到物体上返回后与本振光混频干涉后形成新的激光信号，通过对该信号的测量和一系列的计算可反推出频率差进而实现测距，同时基于光的波长变化（多普勒效应）可以测算出物体的径向速度。FMCW 测距方式优势明显：(1) 信噪比高，相干测量的探测精度和距离远超 TOF；(2) 抗干扰能力强；(3) 发射功率进一步降低，更容易芯片化；(4) 可呈现径向速度信息。

图47：TOF 方案直接测量飞行时间测距



资料来源：《FMCW Lidar: Scaling to the Chip-Level and Improving Phase-Noise-Limited Performance》

图48：FMCW 采用调频连续波实现距离探测



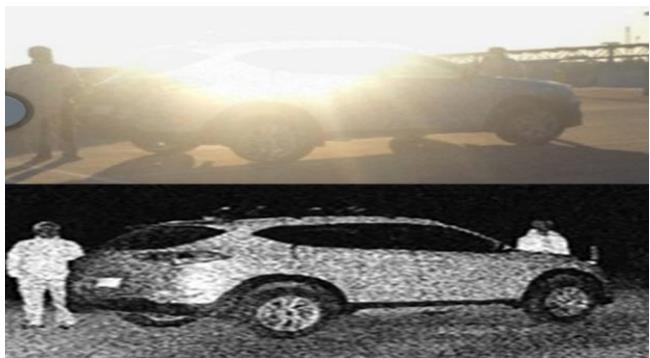
资料来源：《FMCW Lidar: Scaling to the Chip-Level and Improving Phase-Noise-Limited Performance》

表6：FMCW 相比 TOF 性能优秀但技术成熟度低

标题	FMCW	TOF
探测方式	相干探测	直接探测
抗干扰能力	极强	差
有效测量所需光子数（灵敏度）	10	1000
探测距离	远	近
人眼安全等级	高	低
精确速度信息	有	无
技术成熟度	低	高
硅光集成工艺	适用	适用

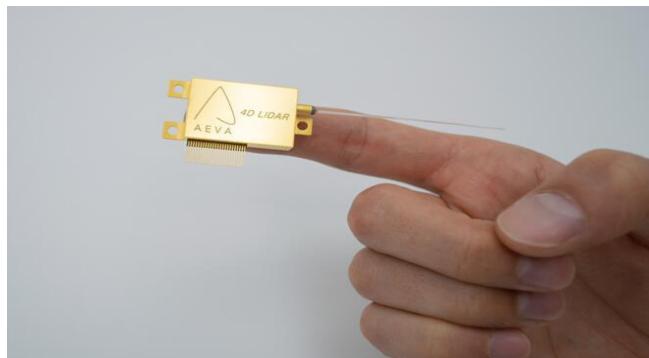
资料来源：麦姆斯咨询、开源证券研究所

图49：FMCW 直面阳光仍然有较好的探测效果



资料来源：SiLC 官网

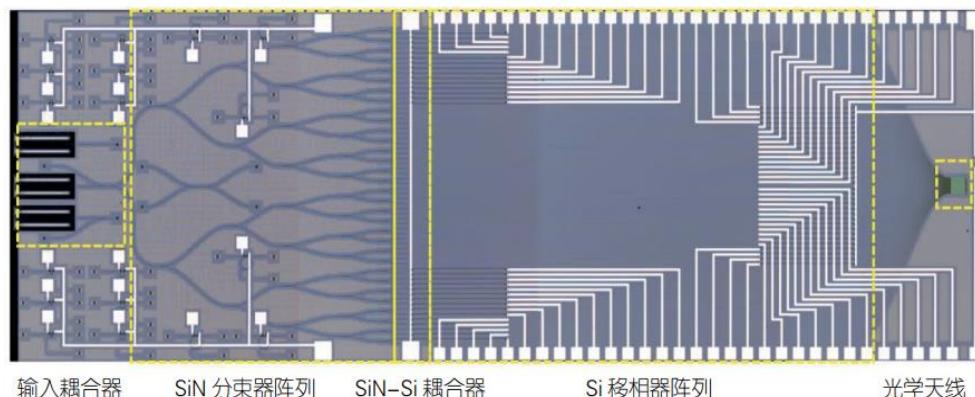
图50：激光雷达公司 Aeva 已经将光接收、发射、光学元器件集成到单颗硅光 FMCW 芯片上



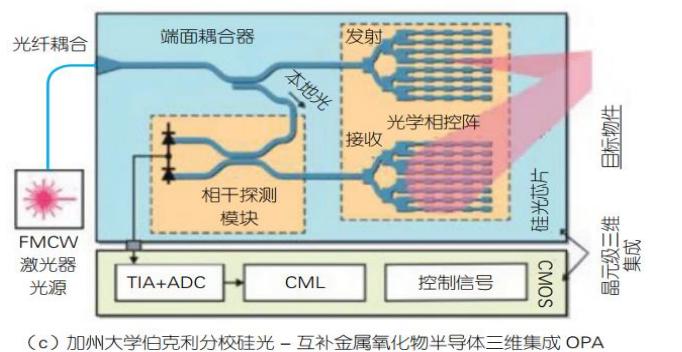
资料来源：Aeva 官网

➤ **OPA (Optical Phased Array, 光学相控阵)**: 指一种光束扫描方式，运用光的相干原理，采用多个光源组成阵列，每个光源相当于多缝干涉中的狭缝，利用光的干涉形成类似棱镜的折射效果，通过实时调节阵列中每个单元之间相位差即可控制激光光束的方向实现扫描。实现光学相控阵的方法有很多，目前以硅基光子集成技术为主。该方案通常将激光直接输入至光波导芯片，经过分光器构成的功分网络将光束分散到各个移相器中，利用介质材料的热光/电光(载流子色散)效应对经过每个移相器的光进行调制，再传导至波导光栅形成的天线阵列对外发射。该种方案优势显著：**(1) 纯固态，体积小，易过车规，去掉了所有的机械扫描部件甚至光学元器件；(2) 标定简单，安装校准成本几乎可以忽略不计；(3) 扫描频率高，一般可达到 MHz 甚至 GHz 级别；(4) 扫描精度高，可以达到千分之一度量级以上；(5) 探测灵活，目前对感兴趣的目标区域可以进行高密度扫描，安全性提高，节约算力；(6) 降本潜力大，可以采用半导体工艺规模化生产，同时结合硅光技术可以很容易和芯片化的收发部件结合，替代复杂的光路、透镜、收发模组等，进一步降低成本。**

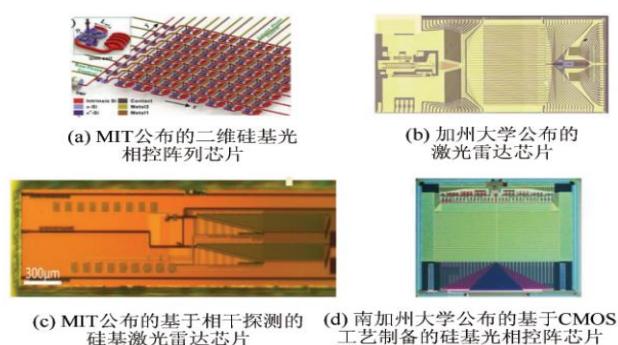
图51：中科院半导体所开发光学相控阵芯片由分束器、移相器、光学天线构成



资料来源：《硅基集成激光雷达技术》

图52：MIT 和 UC berkeley 联合开发硅光 OPA 芯片


资料来源：《硅基集成激光雷达技术》

图53：美国众多机构布局 OPA 芯片的研究


资料来源：《面向自动驾驶的硅基激光雷达的关键技术研究》

FMCW 测距方式和 OPA 扫描方式性能优异且集成度高，易过车规且降本空间大，有望成为激光雷达的终局。这其中 FMCW 有望在较快时间内实现，行业龙头 Aeva 已经将光接收、发射、光学元器件集成到单颗硅光 FMCW 芯片上，并向媒体表示新一代 FMCW 激光雷达产品预计将于 2024 年实现量产交付。而 OPA 受制于其技术成熟度，将在更长期的维度实现。

图54：OPA+FMCW 方式将多种光学元件集成于一身


资料来源：洛微科技官网

激光雷达技术和通信行业高速相似，产业链有望互相借鉴。 FMCW 和 OPA 所面临的问题主要为技术难度高，实现困难。FMCW 测距方式需要可线性调频的窄线宽激光器，以及高灵敏度的调制器、接收端元器件等。OPA 则需要对天线阵列进行诸多设计和优化，制备上依赖硅光工艺的成熟，此外如何将三五族的激光芯片和硅光芯片完美结合，亦是需要突破的方向。但可以明确观察到的是，无论 FMCW 的相干探测，还是 OPA 所需的硅光工艺，均和通信光芯片行业存在千丝万缕的联系，通信领域的技术、元器件和工艺，可以一定程度上移植到激光雷达领域，纵观诸多 FMCW 和 OPA 路线激光雷达厂商，创始人多具备通信、硅光行业背景。未来，通信光芯片产业链相关公司有望在激光雷达领域开辟新天地。

表7：FMCW 公司繁多，创始人具备较强技术背景

公司名称	现状	公司简介	创始人背景
Aeva	2021.1 上市	专注 FMCW 技术，将激光发射/接收/光学元器件集成到单颗芯片，与保时捷、采埃孚、奥迪、电装合作，2022 年发布高度集成化的车规级雷达 Aeries II	两位创始人 Soroush Salehian、Mina Rezk 来自苹果自动驾驶部门，其中一位曾为尼康光学硬件设计负责人
Mobileye	2017 年被收购	采用英特尔硅光技术，2021 年 1 月发布了激光雷达	传统 ADAS 视觉方案及芯片领军

公司名称	现状	公司简介	创始人背景
(英特尔)		FMCW 的 SOC 芯片并计划于 2025 年量产	
Blackmore (Aurora 收购)	2019 年被收购	技术路线为 FMCW+1550nm，2018 年曾获得宝马、丰田旗下基金投资，曾十多年专注于为美国军方开发 FMCW 激光雷达	Bridger Photonics 子公司独立而来，与美国军方深度合作
OURS (Aurora 收购)	2021 年被收购	专注硅光技术和 FMCW 路线，研发微型芯片可集成光束转向和激光收发器	创始人谭章熹，清华大学、加州大学伯克利分校，师从 RISC-V 创立人，OURS 被收购后回国创立了睿思科技
Aurora	2021.11 上市	Uber 自动驾驶部门，2020 年推出 FirstLight 激光雷达，采用 FMCW+1550nm 技术	谷歌自动驾驶前团队负责人、特斯拉 Autopilot 之父、Uber 无人车项目奠基人
Strobe (通用收购)	2017 年被收购	脱胎于微波光子国际领军 Oewaves，拥有电子振荡器、回音壁式光学谐振腔，的核心技术	Oewaves 曾获得两次棱镜奖、IEEE Sawyer 奖及 Patrick Soon-Shiong 创新奖
Analog Photonics	存续	选择 FMCW+OPA+1550nm 方案，专注硅光芯片研发，与 DARPA 合作，开发了将光学相控阵移相器、低插损光波导、天线和探测器、CMOS 电路集成于一体的芯片	创始人 MichaelR.Watts 是麻省理工博导，兼任美国制造光子学研究所 CTO
Voyant Photonics	2018 年成立	选择 FMCW+OPA 方案，研发光学、光束处理、传感器集成于一体的芯片。2019 年获得 DARPA 等投资，2021 年 12 月获得 A 轮	创始人们来自 Lipson 纳米光子学小组，Lipson 教授是硅光子学领域主要先驱，2018 年实现 512 像素相控阵阵列
Baraja	2015 年成立	选择光谱扫描+FMCW+1550nm，2021 年推出量产版产品 Spectrum HD 激光雷达	创始人在 Finsar 研发多色激光器
Bridger Photonics	2006 年成立	采用 FMCW 激光雷达进行气体检测，近年跨入汽车领域	Blackmore 母公司，获光学巨头蔡司投资
Scantinel Photonics	2019 年成立	选择 FMCW+OPA+1550nm 技术路线，与欧洲微电子研究中心 IMEC 合作，研发 OPA 硅光芯片。2021 年获得全球光学巨头蔡司投资	由光学巨头蔡司的半导体部门独立而成
SiLC Technologies	2018 年成立	选择 FMCW+1550nm 激光，获索尼、爱普生、欧司朗等投资。2021 年 12 月推出 Eyeonic，将超窄线宽激光器、半导体激光放大器、锗探测器集成到单个硅光子芯片中	创始人在硅光领域有超过 20 年经验，曾为通信设备公司 Mellanox 硅光子技术副总裁，Mellanox 后被英伟达收购
洛微科技	2018 年成立	选择 FMCW+OPA 技术路线，2021 年 9 月发布第二代硅光 FMCW 芯片和硅光 OPA 芯片以及相应的光学引擎	CTO 孙笑晨中科院西安光机所博导、MIT 材料科学系博士，后就职于硅光公司 PhotonIC，创立硅光公司 Laxense
光勺科技	2019 年成立	选择 FMCW+1550nm 激光	团队来自清华、北理工、中科院等

资料来源：MEMS 咨询、各公司官网、开源证券研究所；DAPRA：美国国防高级研究项目计划局

2.4、激光芯片本土玩家大有可为，技术突破初现曙光

2.4.1、光模块市场本土玩家跻身全球前列，给本土光芯片发展提供良好机会

在光模块领域，国产玩家积极突破取得了优异成绩，为光芯片的国产替代打下良好基础。近年我国光模块厂商在技术、成本、市场、运营等方面优势凸显，在全球的份额迅速提升。以中际旭创、华为、光迅科技、新易盛、海信宽带、华工正源为首的龙头公司跻身全球前十行列，其中 2021 年光模块市场中，中际旭创和 II-VI 并列第一，华为紧随其后，本土光模块厂商的快速发展为本土通信光芯片的发展奠定良好基础。

表8：本土光模块厂在全球取得骄人成绩

排名	2010	2016	2018	2021
1	Finisar	Finisar	Finisar	II-VI&Innolight (中际旭创)
2	Opnext	Hisense (海信宽带)	Innolight (中际旭创)	
3	Sumitomo	Accelink (光迅科技)	Hisense (海信宽带)	Huawei (海思)
4	Avago	Acacia	Accelink (光迅科技)	Cisco(Acacia)
5	Source Photonics	FOIT (Avago)	FOIT (Avago)	Hisense (海信宽带)
6	Fujitsu	Oclaro	Lumentum/Oclaro	Broadcom (Avago)
7	JDSU	Innolight (中际旭创)	Acacia	Eoptolink (新易盛)
8	Emcore	Sumitomo	Intel	Accelink (光迅科技)
9	WTD	Lumentum	Aoi	Molex
10	NeoPhotonics	Source Photonics	Sumitomo	Intel

资料来源：中际旭创公司公告、开源证券研究所

2.4.2、光芯片领域巨星云集，本土玩家如雨后春笋

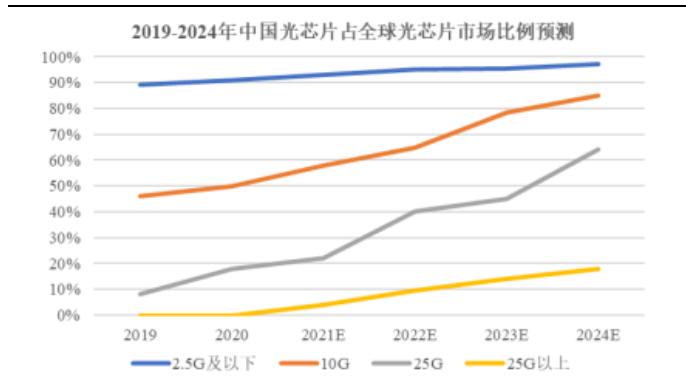
海外巨头公司积淀深厚，产品性能遥遥领先。光芯片领域巨星云集，住友电工、三菱机电等公司均为诞生几十甚至上百年的老牌日企，技术积累深厚，产品覆盖广泛。而博通、Coherent、Lumentum 等公司在通信、激光领域深耕多年，技术领先，通过并购形成了完善的产品谱系覆盖广泛的下游应用如汽车、通信、消费电子等。其中 Coherent 整合了激光领域垂直一体化巨头贰陆公司、光模块和器件以及芯片的全球领军 Finisar 公司，以及在准分子激光等领域独步全球的相干公司 (Coherent)；Lumentum 本身在激光芯片、VCSEL 芯片等领域具有全球领先地位，收购 Oclaro 之后形成了强有力的光通信模块和器件产品布局，同时即将完成收购 NeoPhotonics (新飞通)，有望进一步强化公司在相干、硅光领域实力，形成从光通信中的有源器件到无源器件，再到商用激光器中的超快激光器、调 Q 激光器，并延伸至二极管激光器的全面的产品格局，应用于云和网络、先进制造、3D 传感等领域。目前，海外公司基本形成 100G 速率芯片批量出货，200G 速率芯片即将量产的格局，性能相比本土玩家领先一个身位。

本土玩家如雨后春笋，由低端到高端逐步发力。经过多年发展，本土玩家中涌现出一批如海信宽带、源杰科技、海思光电、云岭光电等优秀的光芯片公司，他们通常采用 IDM 模式，积极跟进行业需求完善产品布局，目前普遍具有 2.5G、部分 10G、25G 芯片量产能力，并进一步向更高速率产品进发。

图55：Lumentum 形成三大产品系列面向三大市场

光通信	商用激光器	二极管激光器
DWDM 和相干光收发器	千瓦级光纤激光器和直接输出半导体激光器	边发射二极管激光器
DWDM 传输器件	超快激光器	光纤耦合二极管激光器
ROADM 和波长管理	啁 Q 激光器	垂直腔面发射激光器
SDN 元件	低功率连续激光器	所有产品 >
光放大器	定制特种光纤	资源中心 >
无源器件和模块	所有产品 >	
泵浦激光器	产品搜索 >	
源激光器、IC 和光电二极管	资源中心 >	
海底组件		
所有产品 >		
资源中心 >		
云和网络	先进制造	3D 传感
产品	产品	产品
应用	应用	应用
资源中心 >	资源中心 >	资源中心 >

资料来源：Lumentum 官网

图56：本土激光芯片厂商面向高端市场持续发力


资料来源：源杰科技招股说明书

表9：全球龙头根基深厚，产品性能遥遥领先

公司名称	公司简介
住友电工	1897 年成立，总部位于日本大阪，业务涵盖汽车、信息通信、电子、环境能源、产业原材料相关等。光通信领域拥有半导体激光（GaAs、InP、GaN）、铌酸锂调制器、管以及可变波长激光器/光接收器等各类元器件。
三菱电机	1921 年成立，总部位于日本东京，产品涵盖面向个人消费者的显示产品、手机等以及面向商业消费者的电子、半导体等。光通信产品涵盖 DFB 半导体激光器、FTTH 用 LD/PD、10G 传输用 EML 等。2020 年推出 PAM4 调制的 100G EML 产品，2022 年推出 PAM4 调制的 50G 1310nm DFB 激光芯片。
博通	1961 年成立，总部位于美国加州，是全球领先的有线和无线通信半导体公司。聚焦于三五族复合半导体工艺和技术，光通信产品包含光纤到户、移动宽带、数据中心、城域和长途数据通信等。2021 年公司推出业界首款 100G PAM4 VCSEL 产品，同时拥有业界领先的 200G EML 产品。
Coherent	Finisar Corporation 成立于 1988 年，总部位于美国硅谷，为全球知名光通信器件供应商。2019 年 Finisar 被贰陆 (II-VI) 收购，2022 年 7 月，贰陆公司收购相干公司 (Coherent)，并更名为 Coherent。收购后公司划分为激光、材料、网络三大部门，服务工业、通信、电子和仪器四大应用市场。2022 年 9 月公司在 ECOC2022 发布 200G InP EML 激光芯片，公司过去几十年来累计应用的激光器超过 1 亿支。
Lumentum	Oclaro,InC. 成立于 2009 年，由两大通讯元器件供应商 Bookham 和 Avanex 合并而成，总部位于美国加州，主要为全球光通信市场提供元件和系统。2018 年 Oclaro 被 Lumentum 收购。目前 Lumentum 的 100G PAM4 EML 已经量产，200G PAM4 EML 已经送样，并有望于 2023 年量产。

资料来源：光纤在线网、讯石光通讯网、开源证券研究所

表10：本土玩家如雨后春笋，国产替代指日可待

公司名称	公司简介
海信宽带	2003 年成立，总部位于青岛，隶属于海信集团旗下，主要产品包含应用于接入网、数据中心、传输网、无线网等的光模块和设备。董事长黄卫平博士早年曾在 MIT、加拿大滑铁卢大学等名校求学或任教、曾在北方电讯 (Nortel)、日本电报电话公司 (NTT) 光电实验室任访问教授，1999 年任加拿大麦考斯特大学教授及光电研究室主任，发表或与人合作发表 180 多篇国际学术专刊专业论文。光芯片方面，公司已经开发包括 25G DFB、25G FP、56G EML 等产品，光芯片产品主要为自用，也会有部分产品外销。
云岭光电	2018 年成立，位于武汉市，由华工科技发起设立，华工科技通过其 100%控股的华工科技投资持有云岭光电 14.09% 股权。公司主要采取 IDM 模式生产光通信用激光器和探测器。目前已经拥有 2.5G/10G/25G 芯片并已经实现批量供货。
武汉敏芯	2017 年成立，位于武汉市，主营业务为半导体光电芯片研发、制造和销售。产品包含 2.5G/10G/25G 全系列激光器以及探测器光芯片和封装类产品。敏芯采用芯片设计+外延代工+全套后段工艺的模式切入市场。2021 年的国际光电子博览会上，敏芯展出了 10G 1550/1577nmEML、25G LWDM4/CWDM4 DFB 等产品。
光迅科技	2001 年成立，总部位于武汉，是中国最大的光通信器件供货商，产品广泛包含有源、无源器件以及模块和子系统开发。实现了 10G 及以下速率光芯片批量供货，25G 光芯片部分规模供货。
中科光芯	2011 年成立，位于福建泉州市，主要产品包含外延片、芯片、TO 器件、蝶形器件、PON 器件和光模块等，采用全 IDM 工艺，董事长苏辉博士曾在 ZIA LASER、EMCORE 等任职员、高级科学家等职务。
光安伦	2015 年成立，位于武汉市，从事光电产品、机电产品、通信产品、半导体元器件生产销售研发。半导体方面，推出 10G 1577 EML、10G APD、25G PIN、25G MWDM 系列产品，2021 年 6 月宣布 25G EML 芯片研制成功。
仕佳光子	2010 年成立，位于河南省鹤壁市，形成 IDM 模式，主要产品包含光芯片及器件、室内光缆、线缆材料三大类。其中光芯片主要包含 PLC 分路芯片等无源产品和 DFB 激光器芯片产品。DFB 芯片方面公司 2.5/10G 全系列 DFB 芯片已经批量销售，25G DFB 激光芯片处于小批量验证阶段，高功率 DFB 芯片、激光雷达和 ZR 相干、卫星通信的产品也在推进中。

资料来源：光纤在线网、讯石光通讯网、开源证券研究所

2.4.3、国产光芯片上攻高端，三方独立供应商中源杰科技份额领先

据 ICC 预测，2021 年 2.5G 芯片市场国产化率已经达到 90%；10G 芯片国产化率达到 60%，部分难度较大的芯片如 10G VCSEL/EML 产品国产化率不到 40%；25G 光芯片国产化率约为 20%；25G 以上芯片国产化率仅为约 5%。具体而言：

(1) 2.5G 光芯片：

我国已经基本实现国产化，本土企业占据主要市场份额。2.5G 芯片主要用于光纤接入市场，部分可靠性要求高、生产难度较高的产品如 PON (GPON) 领域用作数据下传光模块使用的 2.5G 1490nm DFB 激光芯片，国内可量产供货的玩家有限。据 C&C 统计，该产品源杰科技在 2020 年占有 80% 的市场份额。

(2) 10G 光芯片：

本土玩家基本掌握核心技术，部分型号产品仍存在较高壁垒。在光纤接入市场，10 GPON 上传芯片仍然实现较高水平国产替代，用作数据下传的 10G 1577nm EML 激光芯片主要为博通、住友电工、三菱电机等少数头部厂商供货，本土厂商中，华为、海信宽带可实现部分自产自用。移动通信市场中，由于 5G 基站在 2021 年使用升级的 10G 芯片方案，技术成熟，格局稳定，玩家主要为三菱电机、朗美通、海信宽带、光迅科技等。数据中心市场，10G 芯片主要用于 40G 光模块，依然为非常成熟的方案，本土源杰科技、武汉敏芯等均有出货能力但光模块厂商在综合考虑成本、可靠性等因素情况下，国产替代仍需时间。

(3) 25G 及以上芯片：

25G 及以上芯片市场空间广阔，LightCounting 预测 2021 年该板块市场规模 107.55 亿元，但该领域国产化率较低。其中移动网市场中，5G 前传用到的 25G DFB 芯片已经为源杰科技所突破，而中回传用到的 25G EML 芯片，仍主要为海外厂商供应。数据中心市场中，海外公司前期主要使用 100G 光模块，2020 年开始向 200/400G 产品升级，本土以 40/100G 为主，2022 年开始向 200/400G 升级，目前 100G 光模块仍占数据中心市场的 60%，主要采用 4 颗 25G DFB 激光器或 1 颗 50G EML 通过 PAM4 技术调制为 100G。目前 25G DFB 产品以国外厂商供货为主，本土厂商亦有突破，而数据中心用 EML 产品工艺复杂，仍以海外厂商为主。

图57：2.5G 激光芯片领域本土化程度较高

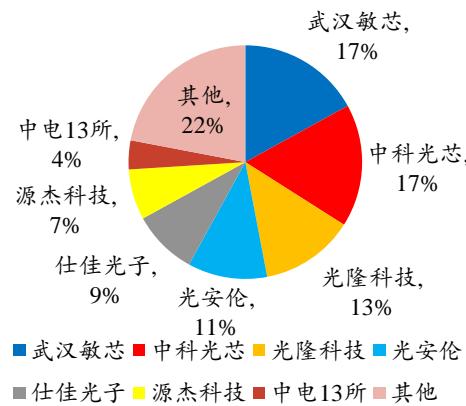
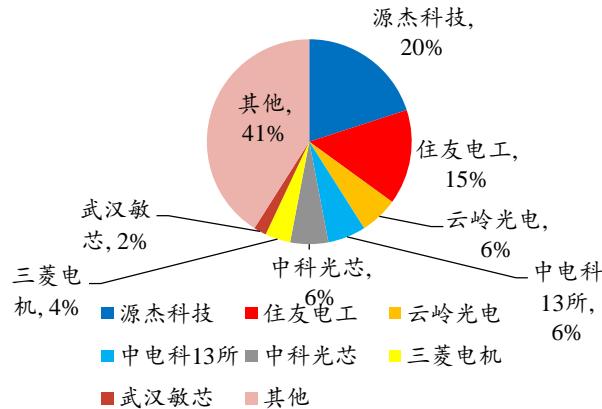


图58：10G 激光芯片本土化程度较低，源杰科技领先



数据来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

数据来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

3、全流程一体化芯片工艺布局，不断推出新产品助业绩腾飞

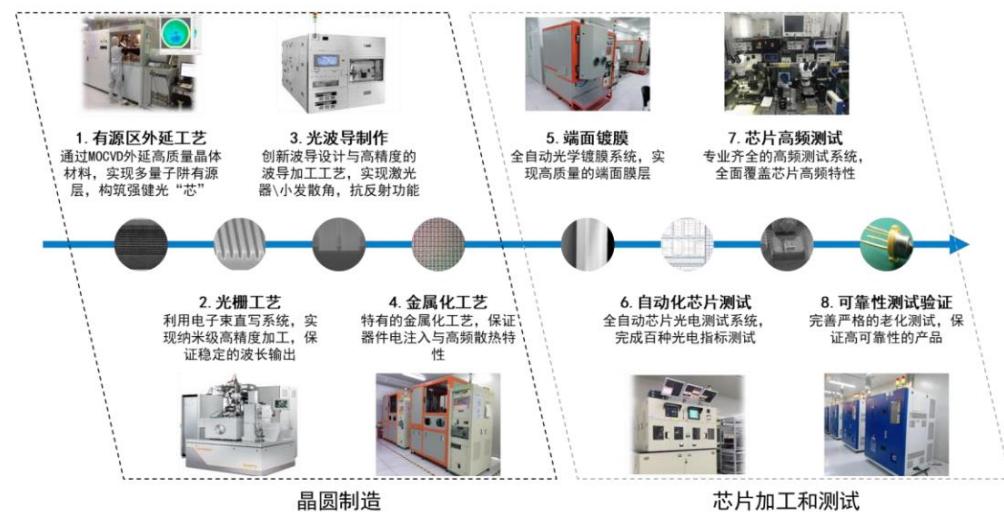
3.1、平台型三五族芯片制造公司打通长期发展道路

三五族半导体材料要求芯片与晶圆制造环节相互反馈与验证，以实现产品的高性能指标和高可靠性。同时相比硅基半导体行业，三五族半导体产业相对封闭。因此IDM模式是实现突破的有效途径，一方面可及时响应客户需求，实现灵活的产品设计和工艺调整；另一方面，也能够使得设计和制造结合，通过平台工艺提升光器件的特色功能，以提升产品性能和稳定性。

3.1.1、芯片设计和生产工艺齐头并进，IDM模式构筑深厚壁垒

源杰科技目前已经掌握芯片设计、晶圆制造、芯片加工测试的全IDM流程业务体系，拥有多条覆盖MOCVD外延生长、光栅工艺、光波导制作、金属化工艺、端面镀膜、自动化测试、芯片高频测试、可靠性测试验证等全流程自主可控的产线。是行业内稀缺的本土IDM高速光芯片生产商，产品性能和自主程度均行业领先。

图59：源杰科技积累了完整的芯片设计、制造、测试产线



资料来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

3.1.2、多年积累，核心技术构筑护城河

公司经过的研发和产业化积累，形成了“掩埋型激光器芯片制造平台”、“脊波导型激光器芯片制造平台”两大平台，积累了“高速调制激光器芯片技术”、“异质化合物半导体材料对接生长技术”、“小发散角技术”等八大技术，可实现激光器芯片的高速调制、高可靠性、高信噪比、高光电转换、高耦合效率、抗反射等多种特性，并实现有效降本，是公司能够不断推出有竞争力新产品的基础。

表11：两大平台、八大技术构筑深厚护城河

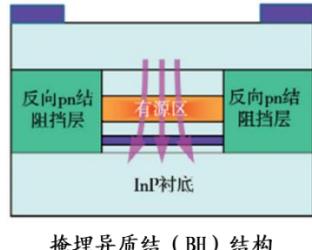
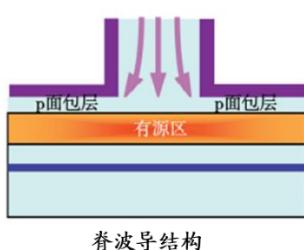
技术类别	核心技术
性能优势	核心技术 1：高速调制激光器芯片技术
	核心技术 2：电吸收调制器集成技术
高可靠性	核心技术 3：异质化合物半导体材料对接生长技术
	核心技术 4：非气密环境下光芯片设计与制造技术

技术类别	核心技术
高信噪比	核心技术 5: 相移光栅技术
高电光转换	核心技术 6: 大功率激光器芯片技术
成本优势	核心技术 7: 小发散角技术 核心技术 8: 抗反射技术
制造平台	核心技术 9: 掩埋型激光器芯片制造平台 核心技术 10: 脊波导型激光器芯片制造平台

资料来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

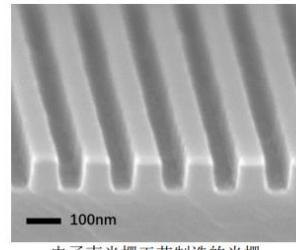
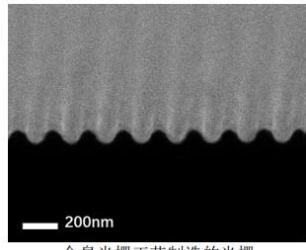
以两大激光芯片制造平台为例，存在较高技术难度但对灵活打造新产品具有显著作用。“掩埋型激光器芯片制造平台”、“脊波导型激光器芯片制造平台”指的是构建不同结构芯片的能力。掩埋型激光芯片即将有源层材料完全包覆于激光芯片中，过程中需要将波导（包含有源层部分）进行刻蚀，再对波导两侧做外延形生长高折射率的材料形成阻挡层，将载流子和光场限制在有源区域。该型结构激光器具有更高的光电转换效率、更低的阈值电流和更好的光斑质量（更偏圆形），但工艺复杂，晶圆的台阶刻蚀、多次外延技术难度较大。而脊波导型激光器相对加工简单，但对脊波导的尺寸需要精确控制，公司突破高精度电子束光栅曝光工艺、高精度低缺陷脊波导刻蚀工艺等，同时突破相移光栅等非周期性光栅结构的设计加工难点，推出了 10G、25G 相应产品的出货，有效满足客户的需求。

图60：脊波导和掩埋异质结型结构各有优势



资料来源：《1550nm 大功率低噪声分布反馈激光器芯片设计》

图61：公司实现电子束光栅工艺突破产品性能显著提升



资料来源：源杰科技招股说明书

3.1.3、高可靠产品性能、稳定供货能力，形成稳定的客户群体

光芯片的终端客户主要为运营商及互联网厂商，设备投资大，在产品满足性能的前提下，往往更关注产品的可靠性和长期使用的稳定性。光芯片涉及的应用场景可能会面临高温、高湿、低温等环境，下游客户对产品通常要进行耗时长久维度丰富的测试，如高温大电流长时间（5000 小时）老化测试、高低温循环验证等。稳健、优质的产品性能往往会让供应商和客户之间形成正向循环。公司目前产品稳定性优异，已经获得诸多行业龙头公司的认可，目前已经向海信宽带、中际旭创、博创科技、铭普光磁、等国际厂商批量供货，建立了良好的客户资源壁垒。

3.2、多元产品前瞻布局受益电信和数通市场国产替代

3.2.1、多元产品+高效开发能力，有效把握市场机会

公司能够迅速推出满足市场需求的产品。以接入网产品为例，公司的产品几乎覆盖所有接入网所需的波段，2020 年公司凭借 2.5G 1490nm 的 DFB 激光芯片成为客户 A 在该领域的的主要供应商，凭借 10G 1270nm DFB 激光芯片，公司在出口海外的

10G-PON（XGS-PON）市场中已经实现批量供货，而公司 10G 1577nm EML 激光器芯片正处于工程测试阶段，量产后，公司的产品可以覆盖接入网几乎所有产品谱系，有效满足客户需求。2020 年公司凭借 25G MWDM12 波段 DFB 激光器芯片，成为满足中国移动相关 5G 建设方案批量供货的厂商，助力公司业绩在 2020 年实现快速增长，公司完善的产品布局将助力公司不断获得新的订单和业绩。

表12：多元产品+高效开发能力，有效把握市场机会(接入网不同标准所需要的芯片)

技术	EPON	GPON	10G-EPON		XG-PON	XGS-PON
			非对称	对称		
技术标准	YD/T 1475	YD/T 1949		YD/T 2274	YD/T 2402	YD/T 3691
速率	下行 1G	2.5G	10G	10G	10G	10G
工作中心波长 (nm)	下行 1490		1490	1577	1577	1577
	上行 1310		1310	1310	1270	1270

资料来源：源杰科技公司公告（注：红色为源杰科技已有产品，绿色为公司正在工程测试产品）

3.2.2、传统产品持续发力助力公司成长

在公司所布局的 2.5G/10G/25G 芯片领域，随着接入网全球“光进铜退”以及 10GPON 等新兴技术渗透率不断提升，预计公司 2.5G 和 10G 等产品仍将保持快速增长态势，此外在 25G 芯片领域，公司的 25G DFB 产品已经开始供货北美某大客户，未来有望持续受益该产品在数据中心领域的市场拓展。传统产品的全面布局和客户信任的充分积累，将支撑公司业绩实现稳健成长。

3.2.3、多款新产品布局，有望打开远期成长空间

公司新品繁多，除去 1577nm 用于 10G PON 下行传输光模块的激光芯片之外，公司还布局了诸多新型产品。如可用于数据中心主流使用的 400G/800G 光模块的 50G、100G 速率芯片以及 EML 芯片产品，同时着力推动硅光直流光源大功率激光器芯片产品的商用推进，新产品将助力公司驰骋于广阔的 25G 以上光芯片市场，带动业绩腾飞。此外公司也在气体检测、激光雷达等领域实现了广泛产品布局，未来有望进一步打开成长空间。

表13：公司在研项目丰富，面向广阔下游市场

项目名称	项目进度	应用领域	行业水平情况比较
用于新一代 5G 基站的高速 DFB 芯片设计和制造技术	工程验证 测试阶段	5G 基站	5G 基站需求将信号进行电光转换后高速传输，同时应用场景属于高温的工业级环境温度，目前国内与国际上不具备制造符合此激光器指标的公司，产品特性达到国际先进水平。
50G 及以下、100G 光芯片的可靠性研究	设计验证 测试阶段	50G DFB 高温操作下的脊波导激光器产品	结合外延技术、特殊晶圆工艺开发与材料设计等技术，预计突破高温可靠性易失效的瓶颈，使得相关产品可靠性达到国际先进水平。
100G EML 激光器开发	工程验证 测试阶段	数据中心 400G/800G 光模块	设计与工艺开发复杂，国际仅少数头部厂商能进入到批量生产的阶段，由于工艺技术要求高，国外厂家也致力于提升良率提高产出数，目前此产品仅少数国外头部厂商能批量供货。
2.5G 长距离传输、大功率工业级 DFB 激光器	批量过程 验证测试 优化阶段	接入网 PON 领域	公司通过电子束工艺、结合特殊设计结构，改善光栅特性，提高激光器芯片良率。该项目开发的 2.5G 相变光栅激技术处于国内领先、国际先进的水平。
50G PAM4 DFB 激光	设计验证	数据中 200G/400G 光	该产品国内没有可量产厂商，完全依赖进口。公司基于 25G 激光器芯片技

项目名称	项目进度	应用领域	行业水平情况比较
器开发	测试阶段	模块	术延伸开发 50G PAM4 激光器芯片，国内领先、国际先进。
25/28G 双速率数据 中心 CWDM DFB 激 光器	批量过程 验证测试 优化阶段	数据中心 100G 高速光 模块	公司开发的能应用于数据中心的 25G CWDM 系列产品具备独特的后端波导匹配技术，实现高可靠性，产品性能处于国内领先、国际先进的水平。
工业级 50mW/70mW 大功率 硅光激光器开发	设计验证 测试阶段	数据中心 400G 光模 块	应用于数据中心 400G DR4 的高速硅基集成光模块，仅个别国际大厂能够开发配套的大功率率激光器芯片。公司与终端客户深度合作，开发的产品性能国内领先、国际先进。
25G LWDM 激光器 开发	批量过程 验证测试 优化阶段	数据中心 100G 光模块 或 5G 基站	公司开发能应用于数据中心与 5G 基站的 25G LWDM 系列产品，能够控制波长精度、实现低色散波长范围工作，实现长距离通信传输而不形成信号失真。
大功率 EML 光芯片 的集成工艺开发	工程验证 测试阶段	多器件集成	国际上同时具备集成多芯片的开发能力与集成技术的公司较少。公司基于异质化化合物半导体材料对接生长技术，进行半导体光放大器与集成技术的开发，实现集成光芯片光功率提升 2 倍以上，产品性能达到国内领先、国际先进的水平。
甲烷传感器激光器 芯片	工程验证 测试阶段	涉及甲烷气体检测的 行业。	甲烷泄露探测领域近年来开始使用激光器作为传感器光源，国内外市场上尚没有成熟的相关产品。产品性预计达到国际先进的水平。
1550 波段车载激光 雷达激光器芯片	设计验证 测试阶段	车载激光雷达	公司基于外延至可靠性验证的全流程开发优势，能够实现相应产品开发，并满足车载行业的高速迭代需求。本项目开发的产品性能预计达到国内领先、国际先进的水平。

资料来源：源杰科技招股说明书、开源证券研究所

3.2.4、募投项目扩产紧锣密鼓，业绩放量指日可待

公司 IPO 拟募资近 10 亿投入产能建设和研发中心建设。具体而言，目前光纤接入、移动通信需求旺盛，公司 10G、25G 产品获得下游客户广泛认可、但产能已经接近极限，“10G、25G 光芯片产线建设项目”将有助于解决公司目前面临的 10G、25G 产能受限问题。而据 Omdia 预测，高速光芯片市场增速将远高于中低速率市场，而国内 50G 以上高速芯片市场亦亟待发展。“50G 光芯片产业化建设项目”有望推动高端芯片本土化进程。而“研发中心建设项目”，将确保公司研发技术水平处于行业领先，同时进行高功率硅光激光器、激光雷达光源、激光雷达接收器等前瞻研究推动公司向更长远目标发展。

表14：募投项目着力扩产和推动新产品研发

序号	项目名称	项目投资总额 (万元)	拟使用募集资金金额 (万元)
1	10G、25G 光芯片产线建设项目	59,075.37	57,000.00
2	50G 光芯片产业化建设项目	12,935.63	12,000.00
3	研发中心建设项目	14,313.70	14,000.00
4	补充流动资金	15,000.00	15,000.00
合计		101,324.70	98,000.00

资料来源：公司招股说明书、开源证券研究所

4、 盈利预测和估值

关键假设：

我们预计随着国内外接入网的持续渗透以及 10G PON 等技术的不断升级，叠加公司 10G 1577nm 芯片的量产落地，预计 2.5G 和 10G 芯片仍将在一段时期内保持快速增长态势。而随着 5G 建设进一步完善，以及 25G 芯片在数据中心的推广，公司 25G 产品线将维持稳健较快速度增长。此外远期伴随公司硅光产品、激光雷达产品以及更高速率芯片逐步放量，其他业务板块将实现较高成长速度。

光芯片行业前景广阔，我们持续看好公司作为以 IDM 模式发展多年，积累诸多核心科技的本土公司，在数百亿光芯片市场中逐步扩大自身份额实现长远发展。预计公司 2022-2024 年归母净利润分别为 1.09/1.49/2.07 亿元，对应 EPS 分别为 1.82/2.48/3.45 元/股，对应 PE 分别为 71.0/52.1/37.5 倍，尽管估值高于可比公司但鉴于其壁垒深厚市场空间广阔，预计将长期拥有良好的发展前景，首次覆盖，给予“买入”评级。

表15：可比公司估值参考

股票代码	公司简称	最新收盘价 (元)	总市值 (亿元)	EPS (元/股)			P/E		
				2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E
688313.SH	仕佳光子	9.6	44.0	0.21	0.28	0.36	45.7	34.3	26.7
688048.SH	长光华芯	102.3	138.7	1.12	1.81	2.85	91.4	56.5	35.9
002281.SZ	光迅科技	16.3	113.7	0.92	1.06	1.20	17.7	15.4	13.6
平均							51.6	35.4	25.4
688498.SH	源杰科技	129.4	77.6	1.82	2.48	3.45	71.0	52.1	37.5

数据来源：Wind、开源证券研究所（注：收盘日期 2023 年 1 月 9 日，仕佳光子、光迅科技盈利预测均来自 Wind 一致预期，长光华芯盈利预测来自于开源证券）

5、 风险提示

下游需求不及预期、市场竞争激烈、产品研发进度不及预期等。

附：财务预测摘要

资产负债表(百万元)	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E	利润表(百万元)	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
流动资产	373	372	418	501	626	营业收入	233	232	289	380	516
现金	11	143	295	338	458	营业成本	74	81	102	138	176
应收票据及应收账款	62	106	0	0	0	营业税金及附加	3	2	3	3	5
其他应收款	0	0	0	0	0	营业费用	8	10	14	17	23
预付账款	2	3	4	5	7	管理费用	38	19	27	34	46
存货	33	56	56	95	98	研发费用	16	18	26	32	43
其他流动资产	265	63	63	63	63	财务费用	1	-0	-7	-9	-11
非流动资产	185	365	352	420	507	资产减值损失	-0	-0	-0	-0	-0
长期投资	0	0	0	0	0	其他收益	1	3	1	1	2
固定资产	138	141	154	232	317	公允价值变动收益	2	1	1	1	1
无形资产	12	13	15	18	21	投资净收益	2	6	4	5	5
其他非流动资产	35	211	182	170	169	资产处置收益	-0	-0	-0	-0	-0
资产总计	558	737	770	922	1133	营业利润	96	109	128	172	242
流动负债	34	106	30	30	31	营业外收入	0	0	1	1	1
短期借款	0	0	0	0	0	营业外支出	0	0	0	0	0
应付票据及应付账款	13	75	0	0	0	利润总额	96	109	129	173	242
其他流动负债	21	31	30	30	31	所得税	17	14	19	24	35
非流动负债	8	16	16	19	21	净利润	79	95	109	149	207
长期借款	0	0	0	2	5	少数股东损益	0	0	0	0	0
其他非流动负债	8	16	16	16	16	归属母公司净利润	79	95	109	149	207
负债合计	43	122	46	49	53	EBITDA	113	127	140	188	265
少数股东权益	0	0	0	0	0	EPS(元)	1.31	1.59	1.82	2.48	3.45
股本	45	45	45	45	45	主要财务比率	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
资本公积	458	463	463	463	463	成长能力					
留存收益	12	107	216	365	572	营业收入(%)	187.0	-0.5	24.6	31.5	35.7
归属母公司股东权益	515	614	724	873	1080	营业利润(%)	789.4	14.0	17.3	34.5	40.4
负债和股东权益	558	737	770	922	1133	归属于母公司净利润(%)	497.0	20.9	14.8	36.3	38.9
现金流量表(百万元)						盈利能力					
经营活动现金流	105	36	145	118	220	毛利率(%)	68.2	65.2	64.6	63.8	66.0
净利润	79	95	109	149	207	净利率(%)	33.8	41.1	37.8	39.2	40.1
折旧摊销	18	23	17	24	35	ROE(%)	15.3	15.5	15.1	17.1	19.2
财务费用	1	-0	-7	-9	-11	ROIC(%)	32.7	25.1	32.4	32.8	37.8
投资损失	-2	-6	-4	-5	-5	偿债能力					
营运资金变动	-20	-79	33	-39	-4	资产负债率(%)	7.6	16.6	6.0	5.3	4.7
其他经营现金流	29	3	-4	-2	-2	净负债比率(%)	-1.5	-22.1	-39.9	-37.7	-41.2
投资活动现金流	-296	59	2	-87	-115	流动比率	10.9	3.5	14.1	16.5	19.9
资本支出	54	107	3	93	121	速动比率	9.9	2.9	12.0	13.1	16.5
长期投资	-244	203	0	0	0	营运能力					
其他投资现金流	2	-37	5	6	6	总资产周转率	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5
筹资活动现金流	199	-2	6	12	15	应收账款周转率	5.3	3.0	0.0	0.0	0.0
短期借款	0	0	0	0	0	应付账款周转率	8.0	3.3	5.7	0.0	0.0
长期借款	-27	0	0	2	3	每股指标(元)					
普通股增加	19	0	0	0	0	每股收益(最新摊薄)	1.31	1.59	1.82	2.48	3.45
资本公积增加	339	4	0	0	0	每股经营现金流(最新摊薄)	1.75	0.60	2.41	1.97	3.67
其他筹资现金流	-133	-6	6	10	12	每股净资产(最新摊薄)	8.59	10.24	12.06	14.55	18.00
现金净增加额	8	93	152	43	120	估值比率					
						P/E	98.4	81.5	71.0	52.1	37.5
						P/B	15.1	12.6	10.7	8.9	7.2
						EV/EBITDA	49.0	44.2	39.2	29.0	20.0

数据来源：聚源、开源证券研究所

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，属于商业秘密材料，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形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。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号 楼10层
邮编：200120
邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号 楼45层
邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座9层
邮编：100044
邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn