

通信设备 III 行业

2018-8-30

行业研究 | 深度报告

评级 **看好** 维持

5G 系列报告之三：光芯片——“无限风光在险峰”

报告要点

■ 简介：光芯片是什么？

光芯片（激光器芯片）是光器件的核心元件，基于受激辐射原理，主要用于光电信号转换。激光器芯片（Chip）通过 TO、COB 等封装形式制成光模块（Transceiver），用于电信和数据中心市场。常用的核心光芯片主要包括 DFB、EML、VCSEL 三种类型，分别应用于不同传输距离和成本敏感度的应用场景。

■ 产业链：垂直一体化为主，分工初现

在光模块产业链中，光芯片处于核心地位，具有高技术壁垒，成本占比接近 50% 且有提升趋势。相较于电芯片，目前光芯片市场规模较小，分工程度有限，垂直一体化的 IDM 厂商市场份额超过 50%。但伴随 VCSEL 芯片的消费电子市场打开，芯片市场规模加速扩展，分工程度有望提升，第三方代工模式逐渐兴起。

■ 规模：为什么市场规模加速增长且“一望无际”？

伴随流量加速爆发，光芯片市场规模加速增长：（1）电信市场：传输网扩容正当时，接入网逐步向 10G PON 升级，**5G 基站大规模建设或带来超 20 亿美元光芯片市场空间，为 4G 时代 2.8 倍。**（2）数据中心市场：数据中心市场需求持续井喷。（3）消费电子市场：**VCSEL 芯片切入消费电子市场，市场空间拓展 10-100 倍。**随着硅光集成度提升带来价值占比提升，未来成长空间“一望无际”。

■ 格局：国产替代进程加速

国内高速光芯片国产化率较低，成为国内光器件的“阿喀琉斯之踵”。目前，高速光芯片核心技术主要掌握在美日厂商手中。2018 年 1 月，工信部颁布《光器件产业发展路线图》，将光芯片国产化上升为国家战略。而中美贸易摩擦与中兴禁售事件或将促使我国加大力度扶持高速光芯片，国产化进程有望进一步提速。

■ 投资建议

5G 驱动电信网络新建扩容，数据中心需求有望持续高增长，随着消费电子新蓝海开启，光芯片市场规模有望持续高增长且空间“一望无际”；《光器件产业发展路线图》将光芯片上升为国家战略，叠加“中兴禁售事件”，光芯片国产化进程有望进一步提速，国内相关龙头厂商有望迎来历史性发展机遇。我们重点推荐国内光芯片龙头：**光迅科技**；建议关注未来或垂直一体化布局的**中际旭创**。

风险提示：

1. 光芯片需求市场不及预期；
2. 国内 25G 芯片研发或批量生产低于预期；
3. 中美贸易摩擦影响持续扩大。

分析师 于海宁

☎ (8610) 57065360

✉ yuhn@cjsc.com.cn

执业证书编号：S0490517110002

联系人 梁程加

☎ (8610) 57065360

✉ liangcj@cjsc.com.cn

联系人 王楠

☎ (8610) 57065360

✉ wangnan@cjsc.com.cn

联系人 章林

☎ (8621) 61118751

✉ zhanglin2@cjsc.com.cn

联系人 赵麦琪

☎ (8621) 61118751

✉ zhaomq@cjsc.com.cn

行业内重点公司推荐

公司代码	公司名称	投资评级
002281	光迅科技	买入

市场表现对比图（近 12 个月）



资料来源：Wind

相关研究

《5G 系列报告之二：回顾传输网演进，把握 5G 投资趋势》2018-8-13

《5G 系列报告之一：5G 照进现实，从频率分配看 5G 投资前景》2018-8-12

《从中国移动半年报看传输网投资机会》2018-8-12

目录

简介：光芯片是什么？	6
光器件的核心元件，主要用于光电信号转换	6
核心光芯片主要包括 DFB、EML、VCSEL 三种类型	7
产业链：垂直一体化为主，分工初现	10
光芯片技术壁垒高，占据产业链制高点	10
光芯片成本占比大，提升趋势明显	12
产业链：垂直一体化为主，分工初现	12
规模：为什么市场规模加速增长且“一望无际”？	15
光芯片市场规模有望持续高增长	15
电信市场：近期保持稳定，有望迎 5G 高增长机遇	15
传输网扩容正当时，DFB/EML 芯片需求稳步增长	16
接入网向 10G PON 升级，DFB 芯片需求有望提升	17
无线基站近两年需求放缓，5G 时代芯片需求有望大幅回暖	17
数据中心市场规模有望快速增长	18
数据中心内部市场的发展有望提升 VCSEL/DFB 芯片的需求	18
数据中心互联（DCI 网络）市场规模发展将带来 DFB / EML 芯片需求	20
消费电子市场规模有望极大拓展	20
VCSEL 成为 3D 感应核心组件	20
苹果手机：2020 年 VCSEL 芯片需求或达 3.74 亿个	22
安卓手机：2020 年 VCSEL 芯片需求或达 11.54 亿个	22
看好光通信芯片厂商的竞争优势	24
硅光时代将至，芯片重要性进一步凸显	25
硅光时代临近，芯片集成度有望大幅提升	25
硅光技术持续发展，技术上不断取得突破	26
硅光市场逐步形成，产业链逐渐清晰	29
格局：国产替代进程加速	32
高端光芯片国产化率低，成“阿喀琉斯之踵”	32
制约芯片速率提升难点：激光器开启与关闭的频率	33
国内芯片市场份额低，有望迎接国产化替代机遇	34
光芯片种类多升级快，市场处于充分竞争状态	34
VCSEL 芯片：安卓需求优势，国内有望打造 3D 感应供应链	35
DFB/EML 芯片：国外厂商主导，国内厂商开始蓄力	35

政策加码，光芯片国产化上升为国家战略.....	36
中美贸易摩擦+中兴禁售事件，光芯片国产替代进程有望进一步提速.....	36
投资建议.....	38
光迅科技：全球第五龙头，内生发展+外延并购获取“核芯”技术.....	38
中际旭创：全球光模块龙头，或垂直一体化布局.....	40

图表目录

图 1：光芯片的材料与种类.....	6
图 2：光芯片的发光原理（激光的受激辐射）.....	6
图 3：光模块主要用于光电信号转换.....	7
图 4：光电信号转换示意图.....	7
图 5：光模块电路示意图.....	7
图 6：光器件与光模块构造示意图.....	7
图 7：激光器主要有两种分类方式.....	8
图 8：根据发光类型，主要可分为面发射与边发射激光器.....	8
图 9：DFB、EML 与 VCSEL 激光器示意图.....	8
图 10：光芯片处光器件产业链上游核心环节.....	10
图 11：光芯片产业链环节多.....	10
图 12：MOCVD 磊晶生产流程.....	11
图 13：MBE 磊晶生产流程.....	11
图 14：光芯片在光器件中的成本占比（%）较高.....	12
图 15：中际旭创光芯片及组件成本占比在 50%左右.....	12
图 16：垂直一体化（IDM）厂商.....	12
图 17：第三方代工厂商.....	12
图 18：全球 GaAs 晶圆代工市占率（%）.....	13
图 19：VCSEL 产业链.....	13
图 20：国内光芯片市场规模有望加速拓展（计入 3D 感应 VCSEL 芯片）.....	15
图 21：2017 年底光芯片三大细分市场及其份额占比（%）.....	15
图 22：电信市场细分行业的增长逻辑.....	16
图 23：全球数据中心市场规模（亿美元）.....	18
图 24：中国数据中心市场规模（亿元）.....	18
图 25：传统数据中心网络架构.....	19
图 26：叶脊式网络架构示意图.....	19
图 27：全球 DCI 网络的光芯片市场规模.....	20
图 28：iPhone X 手机配备 3D 感应摄像头.....	21
图 29：iPhone X 的面部识别技术示意图.....	21
图 30：TX 发射端示意图（结构光方案）.....	21
图 31：结构光方案流程图.....	21

图 32: 苹果手机、安卓手机出货量预测	22
图 33: VCSEL 市场规模计算模型假设	22
图 34: 小米 8 探索版采用编码结构光技术	23
图 35: vivo 推出基于 ToF 的 3D 超感应技术	23
图 36: VCSEL 芯片在消费电子市场规模快速增长	24
图 37: VCSEL 芯片切入各类消费电子产品	24
图 38: 传统铜电路面临传输瓶颈	25
图 39: 硅光时代芯片集成度大幅提升	25
图 40: 硅光集成技术发展趋势示意图	26
图 41: DSV-BCB 紫外胶实现混合集成	27
图 42: 低温氧分子等离子技术实现混合集成	27
图 43: 单模光纤同硅波导耦合示意图	29
图 44: 硅光子的市场规模 (亿美元) 快速增长	29
图 45: 硅光集成光模块收入占比 (%) 逐渐提升	29
图 46: 数通光模块速率 (Gbps) 及规模化商用时间	30
图 47: 英特尔硅光集成示意图	30
图 48: 2013 年硅光子的市场份额占比 (%)	30
图 49: 2015 年硅光子的市场份额占比 (%)	30
图 50: 硅光子技术的产业链正逐步形成	31
图 51: 芯片分类示意图	32
图 52: 中国光器件在全球市场份额占比约 25%	33
图 53: 2017 年光模块与光芯片国产化率预测	33
图 54: 10Gbps 光信号上升沿耗时示意图	33
图 55: 驰豫振荡示意图	33
图 56: 光通信领域的竞争力格局	34
图 57: 2016 年全球光器件市场为充分竞争格局	34
图 58: 中兴禁售事件凸显我国芯片核心竞争力缺失	37
图 59: 中美贸易摩擦	37
图 60: 光芯片行业投资逻辑	38
图 61: 2015 年国内光器件市场份额占比	38
图 62: 光迅科技牵头组建“国家信息光电子创新中心”	39
图 63: 光迅科技通过外延并购获取核心光芯片技术	39
表 1: TOSA 与 ROSA 主要部件及其功能	7
表 2: 三种主要的发射端激光器	9
表 3: 磊晶生长方式及其主要特征	11
表 4: 光芯片产业链分工初现	13
表 5: 2017 年 8 月份以来三大运营商先后启动传输设备大规模集采	16
表 6: 不同接入标准与对应的光芯片类型	17
表 7: 光芯片应用于 4G 与 5G 基站的对比	18
表 8: 2020 年全球数据中心光芯片市场空间约 42 亿美元	19

表 9: VCSEL 在苹果手机的需求量测算	22
表 10: VCSEL 在安卓手机的需求量测算	23
表 11: VCSEL 需求量与市场规模	24
表 12: 2017 年消费电子芯片厂商与光器件厂商营收规模对比	25
表 13: 英特尔硅光发展历程	27
表 14: 硅光组件及其解决方案	28
表 15: 国内外主要光器件公司光芯片研发能力	34
表 16: 3D 感应系统重要组件	35
表 17: 国内外主要光芯片厂商	35
表 18: 25G DFB 供应格局	36
表 19: 三种主要的发射端光芯片发展	36
表 20: 2010 年后主要光器件厂商外延并购汇总	39
表 21: 光迅科技光芯片研发进展	40

简介：光芯片是什么？

光芯片是光器件的核心元件，主要用于光电信号转换。光芯片遵循“Chip – OSA – Transceiver”的封装顺序，激光器芯片（Chip）通过传统的 TO 封装或新兴的多模 COB 封装形式制成光模块（Transceiver）。在光通信系统中，常用的核心光芯片主要包括 DFB、EML、VCSEL 三种类型，分别应用于不同传输距离和成本敏感度的应用场景。

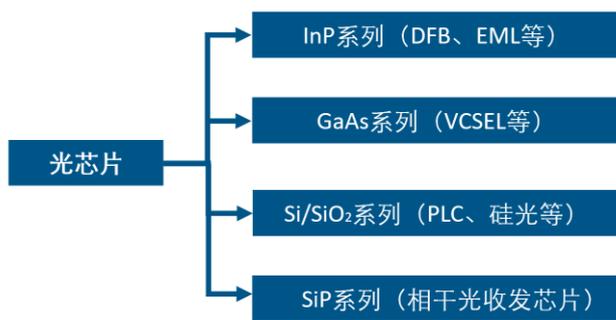
光器件的核心元件，主要用于光电信号转换

光器件是光通信系统的核心。光通信是以激光作为信息载体，以光纤作为传输媒介的通信方式，现已取代电通信成为全球最重要的有线通信方式。光通信行业主要由“光器件、光纤光缆、光设备”三部分组成。其中，光器件位于光通信行业上游，通过核心光电元件实现光信号的发射、接收、波分复用和解复用等功能，是光通信系统的核心。

光芯片是光器件核心元器件。在光器件中，光芯片用于光电信号的转换，是核心元器件。根据种类不同，可分为有源光芯片和无源光芯片，有源光芯片又分为激光器芯片（发射端）和探测器芯片（接收端）。其中，**激光器芯片价值占比大，技术壁垒高，是光芯片中的“明珠”。**根据基板（衬底）材料的不同，可将激光器芯片分为磷化铟（InP）、砷化镓（GaAs）、硅基（Si）等种类。本文主要讨论的是激光器芯片（以下简称“光芯片”）市场。

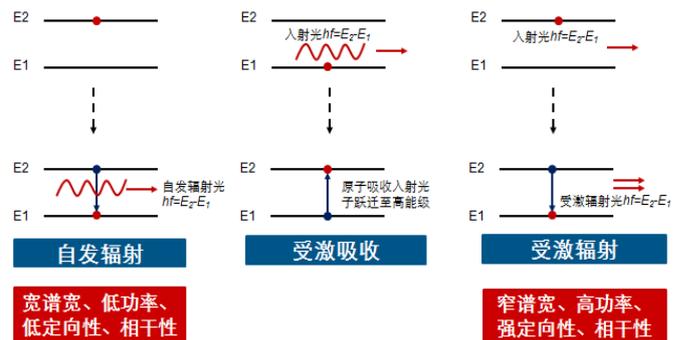
光芯片工作原理：基于激光的受激辐射。处于基态（稳态）的原子在外来辐射（驱动电流/光泵浦源产生）作用下先受激吸收跃迁到高能级，再自发辐射到较低能级的亚稳态，粒子聚集在亚稳态实现粒子数反转（即亚稳态粒子数远多于基态）。亚稳态粒子跃迁到基态时辐射光子，实现光放大。辐射光子和外来光子的能量、相位等参数均相同，从而产生定向激光。不同材料的亚稳态与基态能级差不同，决定了激光的发光波长不同。结合光纤传输损耗窗口，业界选择 850nm/1310nm/1550nm 为主要发光波长。

图 1：光芯片的材料与种类



资料来源：讯石光通讯网，长江证券研究所

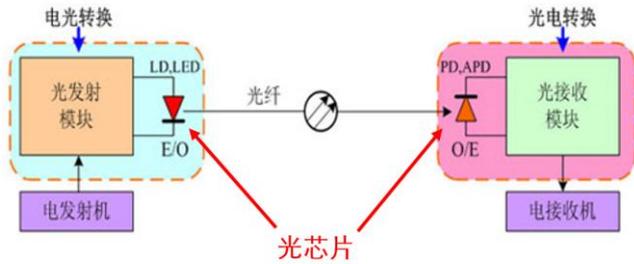
图 2：光芯片的发光原理（激光的受激辐射）



资料来源：讯石光通讯网，长江证券研究所

从光模块角度看光芯片：光模块是一种重要的也是收入占比最大的有源光器件，主要用于信号的电—光（发送）和光—电（接收）物理形式的转换。在发射端，光发射模块将电信号（0/1 二进制码）转换成光信号（0 对应于无光、1 对应于有光）；在接收端，将光信号还原为电信号，导入电子设备。因此，光芯片的性能与传输速率直接决定了光纤通信系统的传输效率。

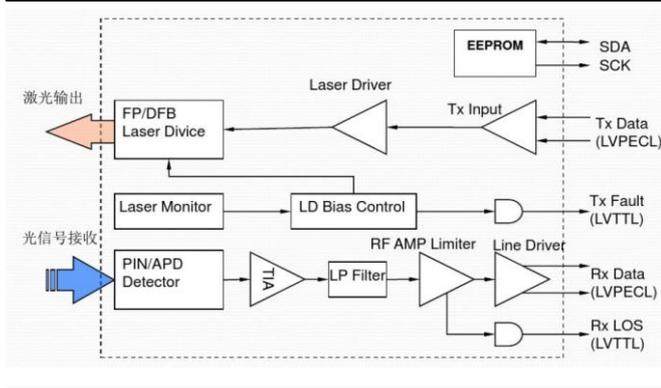
图 3：光模块主要用于光电信号转换



资料来源：讯石光通信网，长江证券研究所

光芯片遵循“Chip – OSA – Transceiver”的顺序封装：激光器芯片（Chip）通过传统的 TO 封装或新兴的主要应用于短距离多模的 COB 封装形式组成光模块(Transceiver)。其中，TO 封装需要先封装成 TOSA、ROSA 或 BOSA（统称为 OSA：光器件）。

图 5：光模块电路示意图



资料来源：讯石光通信网，长江证券研究所

表 1：TOSA 与 ROSA 主要部件及其功能

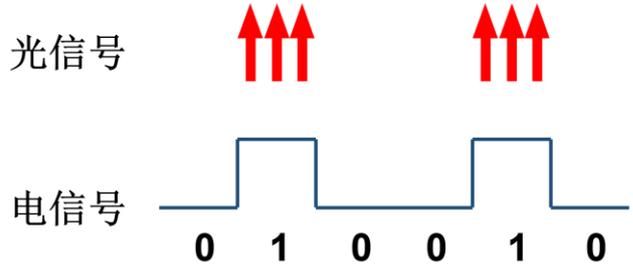
TOSA 端主要部件	ROSA 端主要部件
DFB/EML：激光器芯片，将电信号转化为光信号	PIN/APD：光电二极管，将激光信号还原为电信号
Laser Driver：激光驱动（以电流驱动为主）	TIA：跨阻放大器，探测电流转换为放大电压信号
Tx Input：电信号输入端	LP Filter：电压滤波器
LD Bias Control：偏置电流控制电路	RF AMP Limiter：射频放大器限幅器保电压幅度一致

数据来源：讯石光通信网，长江证券研究所

核心光芯片主要包括 DFB、EML、VCSEL 三种类型

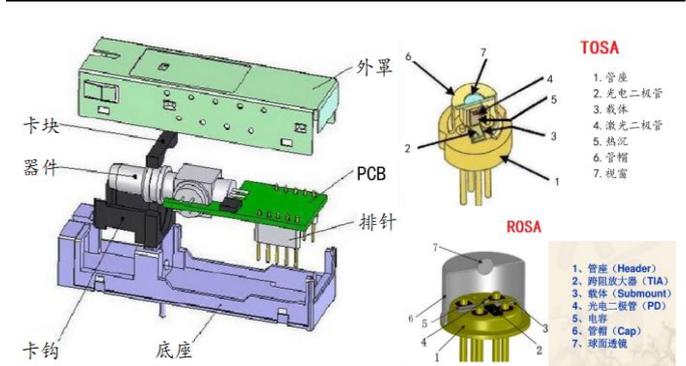
核心光芯片主要应用于光通信系统的发射端。鉴于光芯片主要依附于激光器，可以根据不同类型的激光器对光芯片作如下分类：

图 4：光电信号转换示意图



资料来源：讯石光通信网，长江证券研究所

图 6：光器件与光模块构造示意图

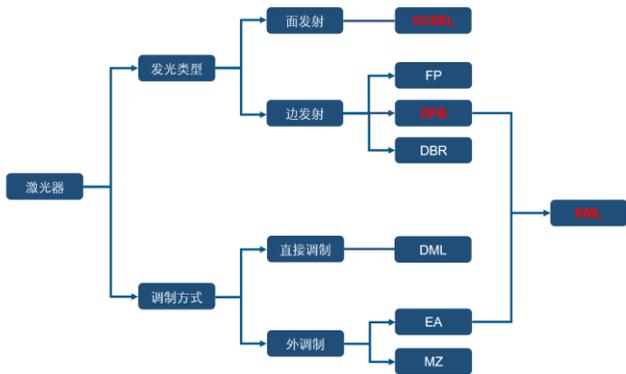


资料来源：讯石光通信网，长江证券研究所

(1) 按发光类型，分为面发射与边发射。其中，面发射型激光主要为 VCSEL（垂直腔面发射激光器）；边发射型激光种类较多，包括 FP（Fabry-Pérot，法布里-珀罗激光器）、DFB（Distributed Feedback Laser，分布反馈式激光器）以及 EML（Electroabsorption Modulated Laser，电吸收调制激光器）等。

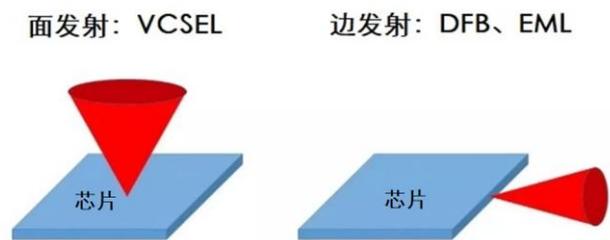
(2) 按调制类型，分为直接调制与外调制。其中，直接调制（DML，Directly Modulated Laser）由电路直接控制激光的开关，其中最常见的是 DFB。外调制则由外电路控制激光的开与关，其中较为常见的是在 DFB 激光器上添加电吸收调制器 EAM，形成 EML。

图 7：激光器主要有两种分类方式



资料来源：光通信女人，长江证券研究所

图 8：根据发光类型，主要可分为面发射与边发射激光器



资料来源：光通信女人，长江证券研究所

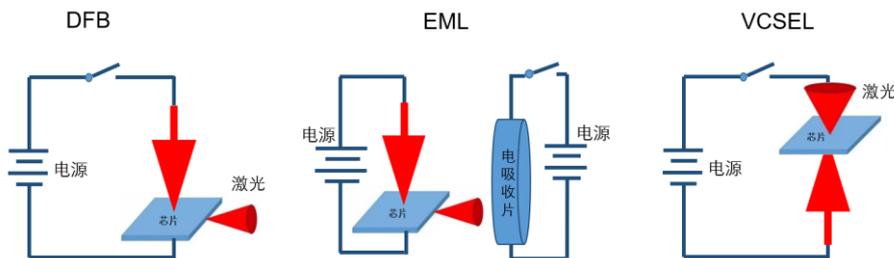
随着传统的 FP 激光器芯片（损耗较大，传输距离短）在光通信领域的应用逐渐收窄，核心激光芯片主要有三种：**DFB、EML 和 VCSEL**：

(1) **DFB**：DFB 是最常用的直接调制激光器，是在 FP 的基础上通过内置布拉格光栅，使激光呈高度单色性，降低损耗，提升传输距离。目前，DFB 激光主要应用于中长距离传输，主要应用场景包括：**FTTx 接入网、传输网、无线基站、数据中心内部互联等**。

(2) **EML**：EML 激光通过在 DFB 的基础上增加电吸收片（EAM）作为外调制器，啁啾与色散性能均优于 DFB，更适用于长距离传输。EML 的主要应用场景主要有：**高速率、远距离的电信骨干网、城域网和数据中心互联（DCI 网络）**。

(3) **VCSEL**：VCSEL 具有单纵模、圆形输出光斑、价格低廉和易于集成等特点，但发光传输距离较短，适用于 500m 内的短距离传输。主要应用场景有：**数据中心内部、消费电子领域（3D 感应面部识别）**。

图 9：DFB、EML 与 VCSEL 激光器示意图



资料来源：光通信女人，长江证券研究所

表 2：三种主要的发射端激光器

激光器类型	性能特点	应用场景
DFB	<ol style="list-style-type: none"> 1. 单纵模光谱； 2. 色散较大； 3. 温度特性好； 4. 波长多为 1310nm / 1550nm； 5. 传输距离适中（小于 40km 的中长距离传输） 	FTTx 接入网、传输网、无线基站、数据中心内部互联等。
EML	<ol style="list-style-type: none"> 1. 单纵模光谱； 2. 体积小； 3. 色散小； 4. 温度特性好； 5. 波长多为 1550nm； 6. 传输距离长（大于 40km 的长距离传输） 	高速率、远距离的电信骨干网、城域网和数据中心互联（DCI 网络）。
VCSEL	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多纵模光谱； 2. 阈值电流小、功耗低； 3. 圆形输出光斑，发散角较大； 4. 易集成大面积阵列； 5. 波长多为 850nm / 940nm； 6. 传输距离短（500m 以内的短距离传输） 	数据中心内部、消费电子领域（3D 感应面部识别）。

资料来源：光迅科技官网，长江证券研究所

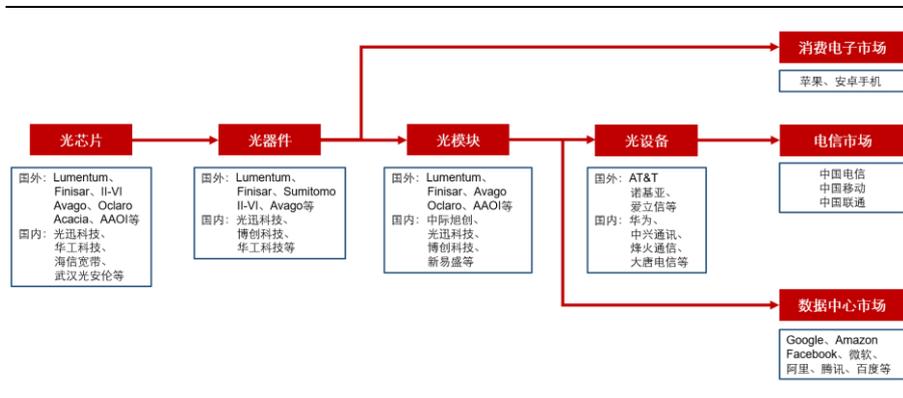
产业链：垂直一体化为主，分工初现

在光模块产业链中，光芯片处于核心地位，具有高技术壁垒，成本占比接近 50%且有提升趋势。相较于电芯片，目前光芯片市场规模较小，分工程度有限，垂直一体化的 IDM 厂商市场份额超过 50%。但伴随 VCSEL 芯片的消费电子市场打开，芯片市场规模加速扩展，分工程度有望提升，第三方代工模式逐渐兴起。

光芯片技术壁垒高，占据产业链制高点

从光器件产业链看，主要环节为“光芯片、光器件、光模块、光设备”，最终应用于电信市场、数据中心市场及消费电子市场。其中，光芯片处于产业链的核心位置，具有高技术壁垒，占据了产业链的价值制高点。

图 10：光芯片处光器件产业链上游核心环节

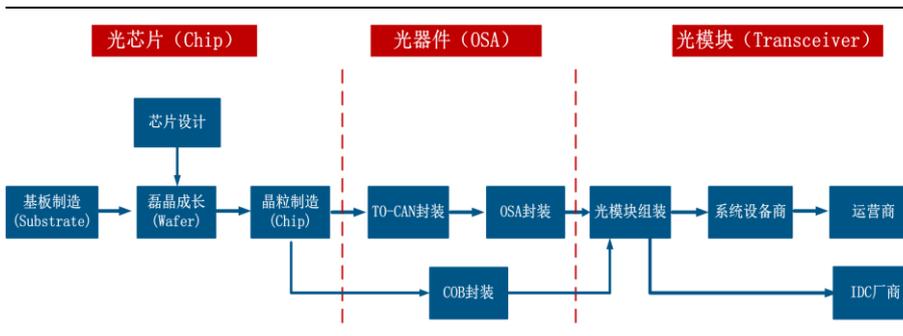


资料来源：台湾证券交易所官网，长江证券研究所

从生产流程看，光芯片产业链环节众多，工艺流程较为复杂，主要包括芯片设计、基板制造、磊晶成长、晶粒制造四个环节：

- 1、**芯片设计**：用芯片设计软件根据特定的芯片功能要求制作光电线路图；
- 2、**基板制造**：GaAs/InP 材料经提纯、拉晶、切割、抛光、研磨制成单晶体衬底即基板；
- 3、**磊晶成长**：根据设计图，用基板和有机金属气体在 MOCVD/MBE 设备里长晶，制成外延片（Wafer）；
- 4、**晶粒制造**：对外延片进行光刻等系列处理，制成电路功能完整的可封装晶粒。

图 11：光芯片产业链环节多



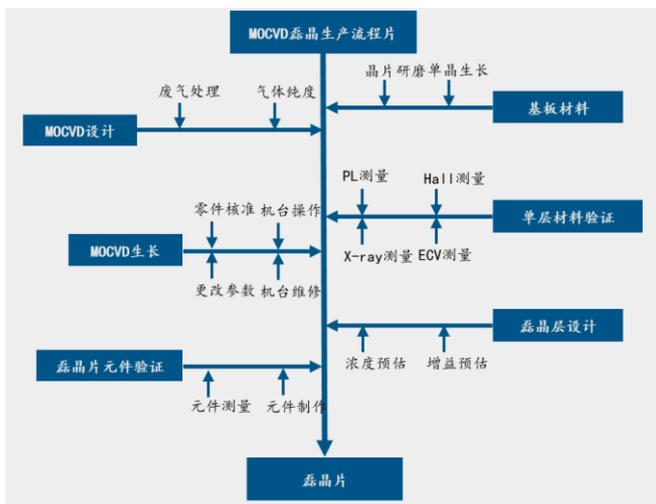
资料来源：台湾证券交易所官网，长江证券研究所

在这些生产环节中，磊晶生成的外延片质量（Wafer）是决定光芯片性能的关键因素，且生成条件较为严苛，是光芯片制备的重要环节。目前，磊晶生长主要有 MOCVD 与 MBE 两种方式：

MOCVD（金属有机物化学气相沉积）：以 III 族元素+V 族元素（或 II 族元素+VI 族元素）组成的有机化合物作为晶体生长原材料，以热分解反应方式在衬底（基板）上进行气相外延，形成 III-V 族化合物（或 II-VI 族化合物）薄层晶体。在 MOCVD 工艺中，需要着重考虑系统密封性、流量、温度控制等工艺环节。

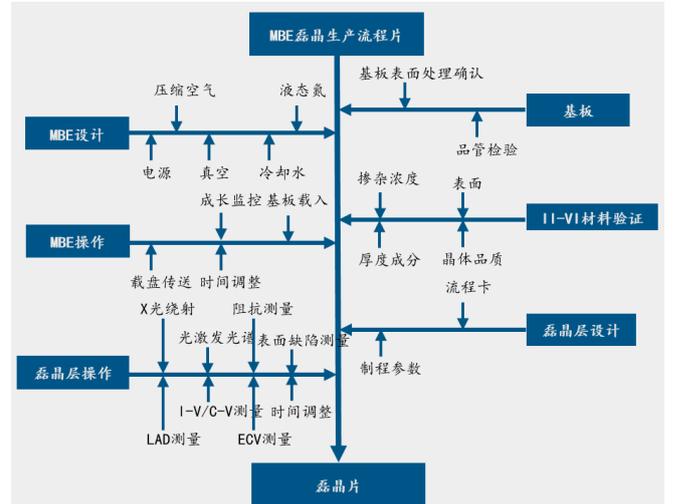
MBE（分子束外延）：与 MOCVD 相比，MBE 是一种更新的晶体生长技术。其主要方法是将半导体衬底放置在超高真空腔体中，并将需要生长的单晶物质按元素的不同分别放在喷射炉中。通过加热，元素喷射的分子流在衬底上长出晶格结构。**MBE 能够制备超薄层的半导体材料（可达到单原子层水平），技术难度较高。**

图 12: MOCVD 磊晶生产流程



资料来源：联亚光电，长江证券研究所

图 13: MBE 磊晶生产流程



资料来源：联亚光电，长江证券研究所

表 3: 磊晶生长方式及其主要特征

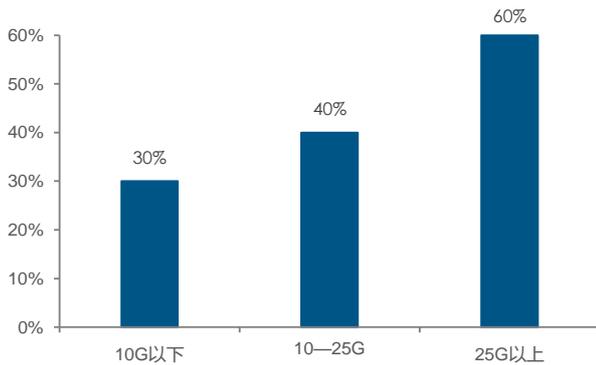
磊晶生长方式	元件结构	材料	主要特征
MOCVD	低频 pHEMT	GaAs	异质结构、线性度佳、功率放大倍率高
	HBT	GaAs	高、工作频宽高
	LD/DPD	InP/GaAs	发光性能好、光电转换效率高
MBE	金属半导体场效应管	GaAs	最早的化合物半导体技术，同质结构、线性度佳、均匀度佳、制程成熟稳定、成本低
	HBT	GaAs	异质结构、电子速率高、增益高、噪声低、工作频宽高

数据来源：联亚光电，长江证券研究所

光芯片成本占比大，提升趋势明显

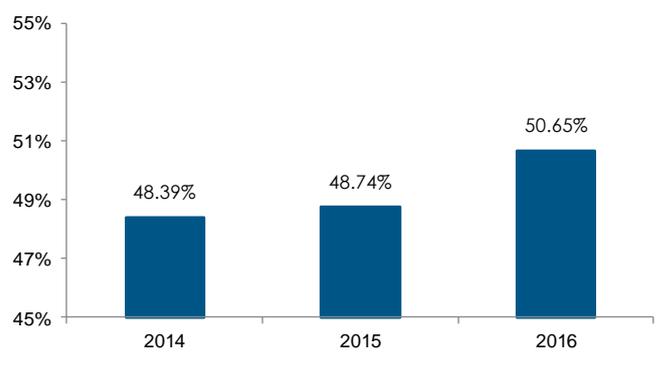
光芯片属于技术密集型行业，具有极高的技术壁垒和复杂的工艺流程。因此，光芯片在光器件/光模块中成本占比较大。此外，随着芯片速率的提升，制备难度增大，成本占比或进一步提升。一般情况下，对于低速率光模块/光器件（转换速率小于 10Gbps），光芯片的成本占比约为 30%左右；而对于高速光模块/光器件（调制速率大于 25Gbps），芯片的成本占比约为 60%左右。例如，全球数通光模块龙头中际旭创（公司主力产品为 100G QSFP28，采用 25G 光芯片），整体光芯片及组件成本占比在 50%左右。

图 14：光芯片在光器件中的成本占比（%）较高



资料来源：电子论坛，长江证券研究所

图 15：中际旭创光芯片及组件成本占比在 50%左右

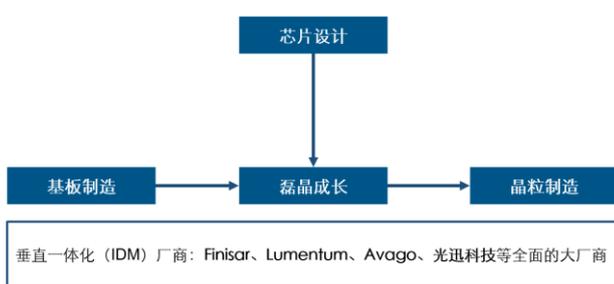


资料来源：苏州旭创官网，长江证券研究所

产业链：垂直一体化为主，分工初现

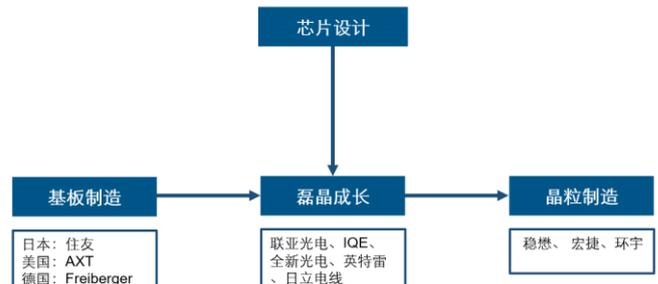
在半导体行业发展中，随着硅基半导体产业和 GaAs 化合物半导体在射频器件领域的大规模应用，相应的 IC 产业分工开始逐渐细化，芯片设计—晶圆成长—晶粒制作（晶圆代工）等专业厂商如雨后春笋般地出现，如以台积电为代表的硅基晶圆代工大厂以及稳懋为代表的 GaAs 晶圆代工厂商。光器件行业的发展也遵循类似的规律，目前主要有两类光芯片制备厂商：垂直一体化的 IDM 厂商以及第三方代工厂商：

图 16：垂直一体化（IDM）厂商



资料来源：联亚光电，长江证券研究所

图 17：第三方代工厂商



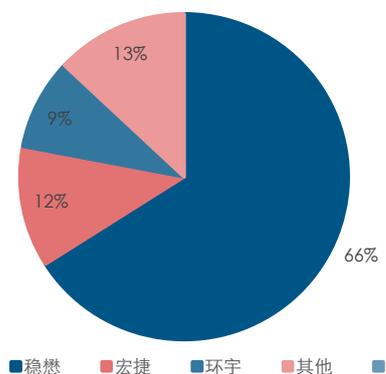
资料来源：联亚光电，长江证券研究所

(1) 垂直一体化 (IDM) 厂商：负责从芯片设计到经历制作的全产业链制作，甚至延伸至下游的光器件与光模块制备环节。由于光芯片工艺复杂，客户需求多样，产品线难

以标准化，加之行业规模有限，目前超过 50% 的光芯片的磊晶和晶圆制作都由 Finisar、Lumentum 和 Avago 等垂直一体化厂商（IDM）把控。

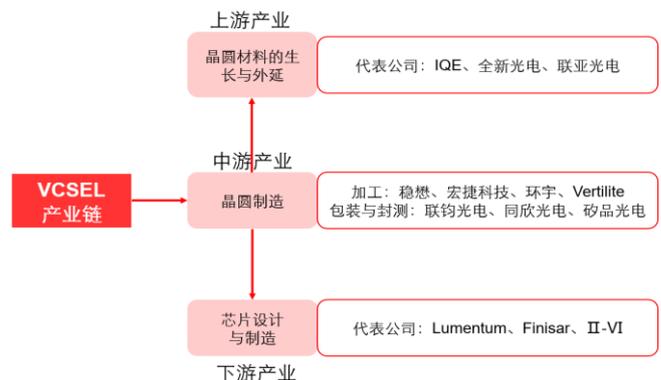
(2) 第三方代工厂商。随着光芯片市场规模的拓展，IDM 厂商开始专注于芯片设计，并逐渐剥离磊晶制作和晶圆代工业务，交给第三方代工厂商，出现了以联亚光电为代表的专业光芯片磊晶厂，以及以 IQE 为代表的射频器件和光芯片磊晶双主业厂商。2017 年 9 月，VCSEL 激光器成为苹果手机面部识别核心组件，VCSEL 光芯片正式进入消费电子市场。我们认为，消费电子市场规模大且客户群体对成本的敏感性高，有望进一步驱动第三方代工厂商的规模化生产。

图 18: 全球 GaAs 晶圆代工市占率 (%)



资料来源: Strategy Analytics, 长江证券研究所

图 19: VCSEL 产业链



资料来源: 联亚光电, 长江证券研究所

表 4: 光芯片产业链分工初现

产业链环节	主要厂商	简介
基板制造	住友	日本 GaAs/InP 基板制造商，全产业链布局。
	AXT	美国 GaAs/InP/Ge 基板制造商。
	Freiberger	德国 GaAs 基板制造商。
芯片设计	Microsemi、RDA、Airoha、Richwave	独立第三方 GaAs 芯片设计厂商
磊晶成长	联亚光电	专业的光芯片用磊晶 (InP / GaAs) 制造商
	IQE、全新光电、英特磊、日立电线	GaAs 为主的射频器件和光芯片磊晶厂
晶圆代工	稳懋、宏捷、环宇、聊颖	GaAs/InP 晶圆代工厂商

资料来源: 联亚光电, 长江证券研究所

在光芯片市场形成初期，市场规模相对有限。光器件厂商为了扩大市场范围主要致力于上下游产业链的整合，形成垂直一体化的 IDM 厂商。随着市场规模的不断扩大，核心光芯片的生产线得以标准化，第三方代工厂商凭借成本优势迅速占领基板制造、磊晶成长、晶圆代工等生产环节，而原先的 IDM 厂商则专注于芯片设计等核心环节，逐渐剥离毛利率相对较低的代工环节。我们认为，随着光芯片市场规模的持续增大，VCSEL 芯片在消费电子市场的渗透率提升，产业链有进一步分工细化的趋势。

规模：为什么市场规模加速增长且“一望无际”？

伴随流量加速爆发，光芯片市场规模加速增长：（1）电信市场：传输网扩容正当时，接入网逐步向 10G PON 升级，**5G 基站大规模建设或带来超 20 亿美元光芯片市场空间，为 4G 时代 2.8 倍。**（2）数据中心市场：数据中心市场需求持续井喷。（3）消费电子市场：**VCSEL 芯片切入消费电子市场，市场空间拓展 10-100 倍。**随着硅光集成度提升带来价值占比提升，未来成长空间“一望无际”。

光芯片市场规模有望持续高增长

从细分市场看，光芯片主要应用于电信市场、数据中心市场、以及消费电子市场。其中，电信市场主要应用于传输网、接入网以及无线基站，市场份额占比约 60%左右；数据中心市场主要应用于数据中心内部互联、连接数据中心间的 DCI 网络，市场份额占比约 30%左右；消费电子市场主要包括手机 3D 感应系统（内含 VCSEL 芯片），市场份额占比约 10%左右。对于三大细分市场的发展趋势，我们的判断是：**电信市场近期保持稳定，有望迎来 5G 高增长机遇，数据中心市场将快速增长，消费电子市场规模有望呈爆发式增长。**三大细分市场共同驱动光芯片市场空间持续拓展。

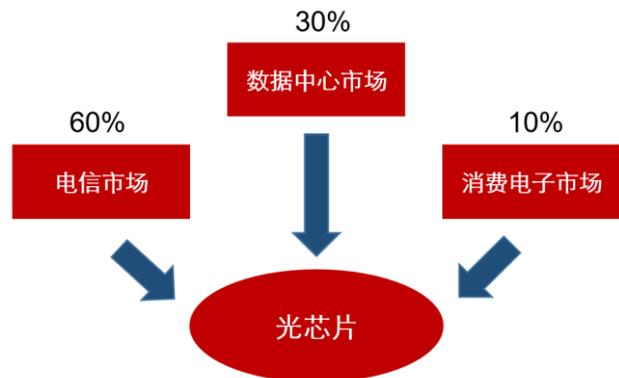
根据 ICCSZ，在不考虑消费电子 VCSEL 激光市场规模的情况下，2015 年中国光器件市场规模为 16.2 亿美元，到 2020 年有望达到 26.8 亿美元，增长 65.4%。若考虑消费电子 VCSEL 激光器，国内光芯片市场从 2018 年开始将加速拓展。我们预计光芯片在光器件的成本占比为 50%，2015—2020 年间国内光芯片市场规模有望从 2015 年的 8.1 亿美元增长到 2020 年的 21.4 亿美元，年均复合增长率高达 21.4%。

图 20：国内光芯片市场规模有望加速拓展（计入 3D 感应 VCSEL 芯片）



资料来源：ICCSZ，长江证券研究所

图 21：2017 年底光芯片三大细分市场及其份额占比 (%)



资料来源：ICCSZ，长江证券研究所

电信市场：近期保持稳定，有望迎 5G 高增长机遇

从电信市场看：**有线方面**，传输网扩容愈加紧迫，城域网 100G 逐渐下沉；接入网由 GPON/EPON 向 10G PON 升级。**无线基站方面**，目前正处于 4G 建设后期，需求相对疲软。随着 5G 基站大规模建设逐渐开启，有望迎来 5G 高增长机遇。

图 22: 电信市场细分行业的增长逻辑



资料来源: 中国电信官网, 长江证券研究所

传输网扩容正当时, DFB/EML 芯片需求稳步增长

传输网主要包括骨干网和城域网。电信传输网具有传输距离远、带宽压力大等特点, 相关设备中的光模块一般采用 DFB / EML 芯片。自 2013 年起, 国内开展传输网 100G 升级, 从骨干网向城域网逐渐渗透。随着数据流量的持续爆发, 接入网 10G PON 的渗透率提升将再次对骨干网和城域网的升级产生需求。我们认为, 随着流量持续增长, 网络升级将遵循: 骨干网 → 城域网 → 接入网 → 骨干网的循环过程, 对高速光芯片形成持续而稳定的需求。

国内骨干网 100G 升级自 2013 年开始大规模进行, 城域网将逐步提升 100G 的渗透率。自 2017 年 8 月份以来, 三大运营商先后落实资金开启传输网 100G 设备端口集采, 同比去年有较大幅度的提升。我们认为, 5G 建设传输先行, 随着传输网扩容的持续推进, 对 DFB / EML 芯片的需求有望持续提升。

表 5: 2017 年 8 月份以来三大运营商先后启动传输设备大规模集采

运营商	时间	标段	规模
中国移动	2017 年 11 月	2017-2018 年 OTN 设备 (新建) 集中采购	规模为 4.22 万套: 诺基亚贝尔 (不低于 50%)、华为 (不低于 30%)、中兴 (不高于 20%)
	2017 年 9 月	2017-2018 年 OTN/WDM 设备 (扩容) 集中采购	规模为 35.7 万套: 华为 (243818 套)、烽火 (51040 套)、诺基亚贝尔 (2795 套)
中国电信	2018 年 3 月	2018 年 100G DWDM/OTN 集采	规模为 4200 个 100Gb/s 线路侧端口及相应的客户侧端口与公共单元
	2017 年 12 月	2017 年第二批 100G DWDM/OTN 设备集采 (扩容)	单一来源方式采购, 金额为 3.63 亿元: 华为 (0.95 亿元)、烽火 (1.15 亿元)、中兴 (1.53 亿元) 中标
中国联通	2017 年 11 月	2017 年 100G OTN/WDM 设备集采	新建 8805 个 100G 端口; 扩容 11268 个线路侧 100G 端口、2572 个 10G 端口, 采购总预算 15.72 亿元。

资料来源: 中国招标网, 长江证券研究所

接入网向 10G PON 升级，DFB 芯片需求有望提升

接入网用于连接传输网与终端，传输距离较短。目前，点到多点（P2MP）的光纤接入方式 PON (passive optical network) 是我国运营商采用的光纤接入方式，多采用 EPON 或 GPON。随着 4K/8K 视频、VR/AR 等技术的发展，EPON 和 GPON 已逐渐无法适应用户对带宽的需求。为实现网络的平滑升级，PON 的升级将成为关键因素，EPON 和 GPON 有望向 10G PON 技术升级。

考虑到成本，在 GPON / EPON 方面，国内大多采用 FP 激光器。在 10G PON 时代，需要采用 DFB 激光器。目前，国内具备自主生产 DFB 光芯片的企业较少，大量依赖于国外进口。随着接入网升级的全面展开，具备 10G DFB 芯片量产能力的光器件厂商有望充分受益于行业需求红利。

表 6：不同接入标准与对应的光芯片类型

接入标准	上行传输速率	下行传输速率	光芯片类型
GPON	0.15—2.5Gbps	1.25—2.5 Gbps	FP
EPON	1.25 Gbps	1.25 Gbps	FP
10G GPON	2.5/10 Gbps	10Gbps	DFB
10G EPON	1/10 Gbps	10Gbps	DFB

数据来源：OFweek 激光网，长江证券研究所

无线基站近两年需求放缓，5G 时代芯片需求有望大幅回暖

自 2015 年起，4G 基站建设整体进入中后期，近两年需求有所下滑。2020 年，5G 规模商用开启，有望再次拉动对光模块的需求，市场空间超 45 亿美元，按照芯片成本占比 50% 估算，市场空间超 20 亿美元。根据我们的测算，5G 基站光芯片市场规模约为 4G 基站 2.8 倍左右。与 4G 基站光模块市场相比，5G 基站的建设对光芯片的需求将持续提升：**(1) 从基站数量看**：由于 5G 频谱频率上升，信号穿透建筑物的衰减较大，建站密度与 4G 基站相比将更高。我们预计，未来 6 年内（2019—2024）有望建设 581.4 万个 5G 基站，密度是 4G 基站数的 1.36 倍。**(2) 从单基站光模块数看**：5G 基站架构从 4G 的前传-回传演进到前传—中传—回传，单个基站需要的光模块数有望达 8—10 个，较 4G 基站有所增加。

芯片方面，5G 基站前传至少为 25G QSFP 28，主要采用 DBF/EML 芯片。中传回传有望采用 10G SFP+光模块，主要采用 DBF/EML 芯片。**我们认为，目前正处于 4G 基站与 5G 基站建设交替期，需求阶段性放缓。而随着 5G 商用将至，对于光芯片的需求将大幅提升，相关光芯片厂商有望迎接 5G 时代的高增长机遇。**

表 7：光芯片应用于 4G 与 5G 基站的对比

对比指标	4G	5G
基站数（万个）	429	581.4
单基站光模块数（个）	6—8	8—10
光模块速率（bps）	前传6G/10G，回传1.25G	前传25G，中传/回传100G、200G
光芯片类型	FP / DFB	DFB / EML

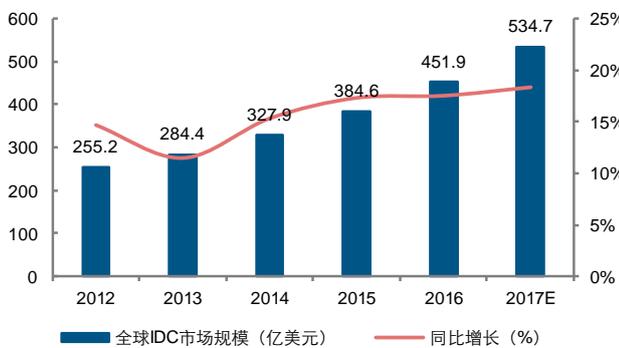
数据来源：工信部，长江证券研究所

数据中心市场规模有望快速增长

随着大数据时代的来临，数据中心建设在全球范围内兴起。2017 年全球数据中心数量达到 840 万座，其中美国占据全球近一半的数据中心，成为过去几年数据中心市场增长的主要驱动力。2012—2017 年，全球 IDC 市场规模的复合增长率为 15.94%；同期，中国 IDC 市场规模的复合增长率高达 35.02%，高于全球增速 19.08 个百分点。

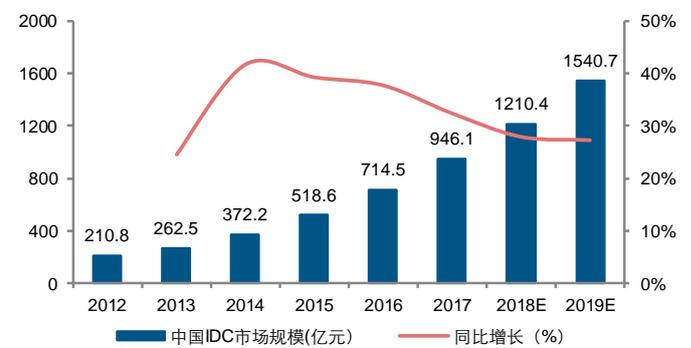
2017 年，中国 IDC 市场规模达 946.1 亿元，2018 年有望超过 1200 亿元。我们认为，数据中心市场规模及其营收占比持续提升，将接力电信市场，成为未来五年驱动光器件行业规模扩张的重要动力。

图 23：全球数据中心市场规模（亿美元）



资料来源：IDC 圈，长江证券研究所

图 24：中国数据中心市场规模（亿元）



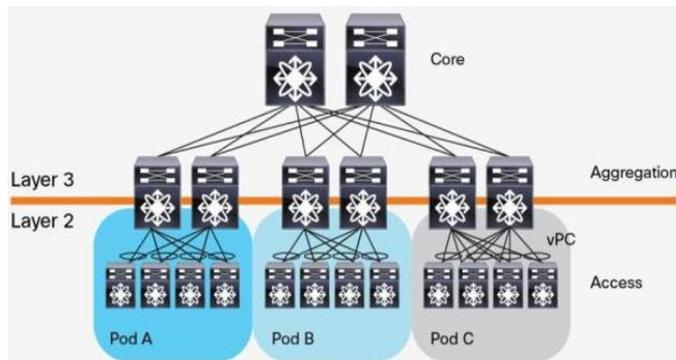
资料来源：IDC 圈，长江证券研究所

在光器件市场中，数据中心市场占整个光器件市场的近 1/3。根据 LightCounting，2019 年数据中心光模块销量有望超过 5000 万个，市场规模有望从 2014 年的 16 亿美元增加 2021 年的 49 亿美元。从应用场景看，光芯片在数据中心主要可以分为两类：数据中心内部互联（主要采用 VCSEL 芯片）以及 DCI 网络（主要采用 DFB / EML 芯片）。

数据中心内部市场的发展有望提升 VCSEL/DFB 芯片的需求

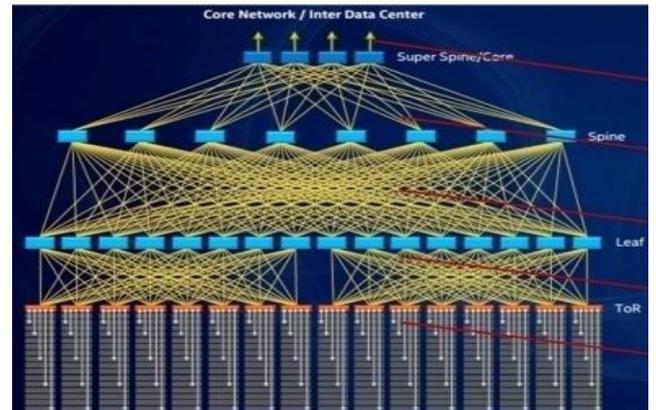
数据中心内部连接距离相对短，以 850nm 的 VCSEL 和 1310nm 的 DFB 芯片为主。其中，100G AOC 和 100G SR4 主要以 VCSEL 芯片为主，100G PSM4 和 100G CWDM4 主要以 DFB 芯片为主。

图 25: 传统数据中心网络架构



资料来源: Cisco, 长江证券研究所

图 26: 叶脊式网络架构示意图



资料来源: 烽火通信, 长江证券研究所

随着数据中心承载的功能逐渐增加，数据中心内部传统的三层网络架构（接入层、中层的汇聚层）逐渐难以适应内部流量集中的趋势，带宽压力持续增大，新型分布式数据中心叶脊式网络架构兴起。叶脊拓扑网络是两层结构，包括脊交换机和叶交换机，数据中心与外部的连接可以通过（边缘）脊交换机或（边缘）叶交换机实现。在该结构下，每台脊交换机与每台叶交换机之间都要进行连接。与传统网络层相比，叶脊网络扩大了接入层、汇聚层与主机之间的连接数。因此，在数据传输的效率得到提升的同时，对于光模块的需求也大大增加。

2020 年光芯片市场空间测算：核心假设：1、新架构为 1:1 收敛比的二层脊叶型数据中心；2、数据中心使用 10G 和 100G 两种端口；3、单台叶交换机下连两个机柜共 20 台服务器，单台脊交换机下连 10 台叶交换机。在此假设下，100 万服务器的数据中心需要 $200\text{万}/20 \times 40 = 400$ 万个 10G 光模块， $200\text{万}/20/10 \times 40 = 40$ 万个 100G 光模块。根据 Ovum，到 2020 年全球新增 100 个数据中心（100 万台服务器），则市场空间高达 120 亿美元。我们假设 VCSEL 芯片在光模块中的成本占比约 35%，则 2020 年 VCSEL 芯片在数据中心内部的市场规模约为 42 亿美元。

表 8: 2020 年全球数据中心光芯片市场空间约 42 亿美元

典型二层脊叶数据中心	下行端口	上行端口	10G 光模块	100G 光模块
单个叶交换机	40*10G	4*100G	40	--
单个脊交换机	40*100G	--	--	40
单数据中心	下行端口		400万	40万
光模块单价(美元)			10	200
单数据中心市场空间 (万美元)			0.4	0.8
光模块市场空间 (亿美元)			$100 * (0.4+0.8) = 120$	
VCSEL芯片市场空间 (亿美元)			$120 * 35\% = 42$	

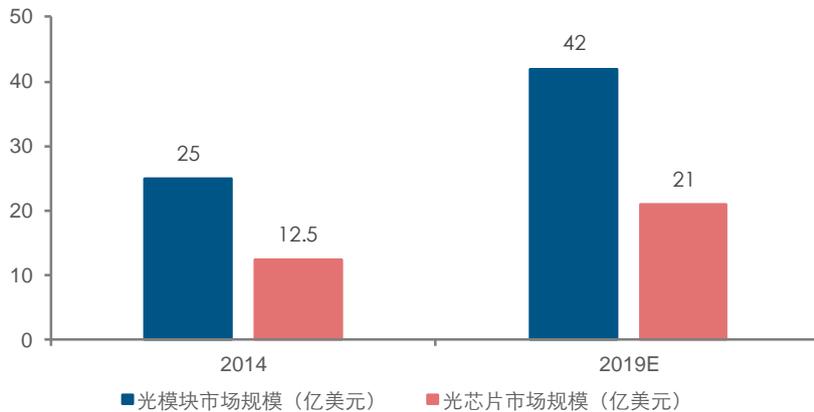
数据来源: Ovum, 长江证券研究所

数据中心互联（DCI 网络）市场规模发展将带来 DFB / EML 芯片需求

流量爆发引起网络结构变化，驱动数据中心互联（DCI）市场呈高速发展趋势。目前，由于不同地区数据中心之间的信息需要通过电信骨干网相连，因此传输时延和传输成本无形之中大大增加。随着数据中心流量的爆发，骨干网的带宽成为限制数据互访流量爆发的瓶颈。在此背景下，DCI 网络在不同地区的数据中心之间重新建立新的传输通道，将极大地提升数据中心之间的传输效率，同时减少骨干网的传输压力。DCI 网络需要满足两点：（1）要求网络架构采用 DC 间一跳直达的全互联、扁平化网络，满足低时延要求。（2）要求网络架构具备高密度 100GE 端口，及面向 1T、2T 的平台平滑演进能力。

DCI 网络主要采用 WDM 系统（包括 CWDM 和 DWDM），按距离可分为同一城市内互联和城市间互联。前者对应的传输距离一般在 40 公里以内，主要用到 DFB 芯片；后者对应的传输距离一般在为几百公里，主要用到 EML 芯片。我们认为，随着 DCI 网络建设的逐步推进，对于高速光芯片的需求有望快速增长。根据 Ovum 测算，2014 年全球 DCI 市场规模约 25 亿美元，2019 年有望达到 42 亿美元。我们假设 DCI 网络建设中，光芯片在光模块中的成本占比为 50%，DCI 网络的光芯片市场规模有望从 2014 年的 12.5 亿美元增长到 2019 年的 21 亿美元。

图 27：全球 DCI 网络的光芯片市场规模



资料来源：Ovum，长江证券研究所

消费电子市场规模有望极大拓展

VCSEL 成为 3D 感应核心组件

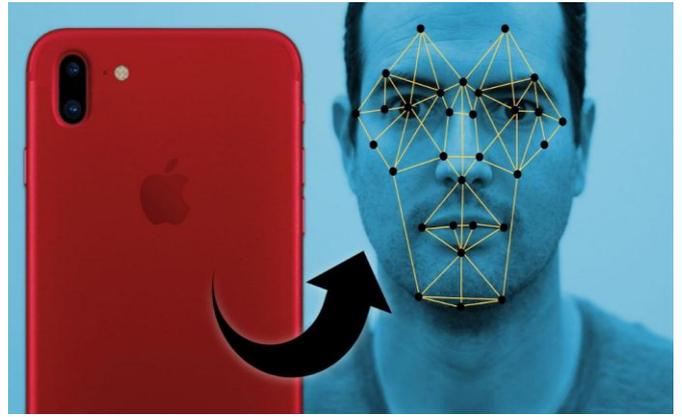
2017 年 9 月，苹果新款手机 iPhone X 配备的面部识别功能引起广泛关注。3D 感应技术是面部识别的核心，其目的是创建一种非接触、非破坏性方式来数字化捕捉对象的技术，从而精确记录被捕捉对象的形状、距离等参数。VCSEL 激光凭借其线宽窄、功耗低等特点，成为 3D 感应系统的首选红外光源，VCSEL 芯片也成为 3D 感应系统的核心组件。

图 28: iPhone X 手机配备 3D 感应摄像头



资料来源: 苹果官网, 长江证券研究所

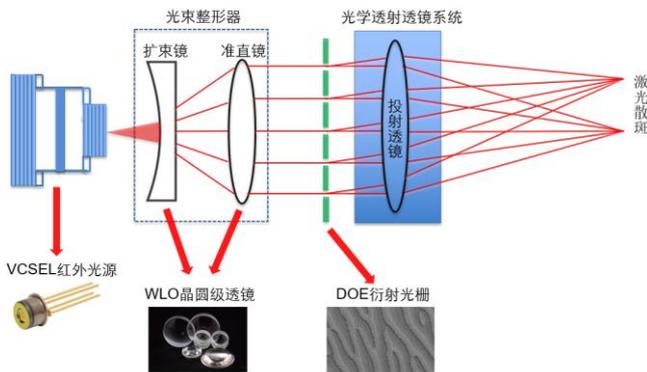
图 29: iPhone X 的面部识别技术示意图



资料来源: 苹果官网, 长江证券研究所

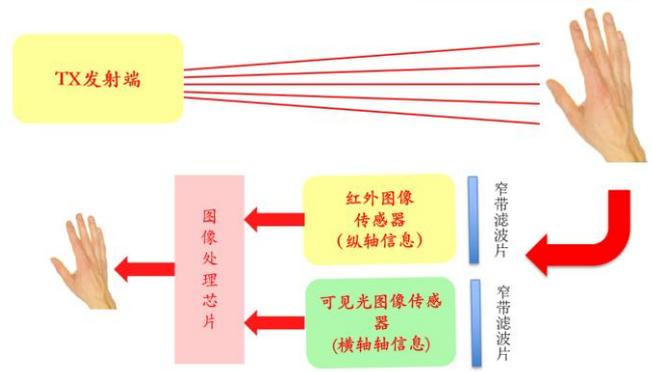
在已推出的 iPhone X 手机的前置摄像头中, 3D 感应系统采用结构光 (Structural Light) 方案。该方案主要由 TX 发射端、RX 接收端、图像处理芯片等部分组成。在 TX 发射端, 由 VCSEL 产生的激光经光束整形器与透镜系统后形成激光散斑, 激光散斑照射至物体反射后产生形变。形变后的激光最终被传感器所接收。其中, 红外图像传感器经过算法计算出物体所处的深度位置 (纵轴信息); 可见光图像传感器采集二维平面 (横轴信息) 的物体信息; 两颗图像传感器的信息汇总至图像处理芯片得到三维数据, 还原物体的三位空间信息。在 3D 感应系统中, VCSEL 激光是核心组件。

图 30: TX 发射端示意图 (结构光方案)



资料来源: 苹果官网, 长江证券研究所

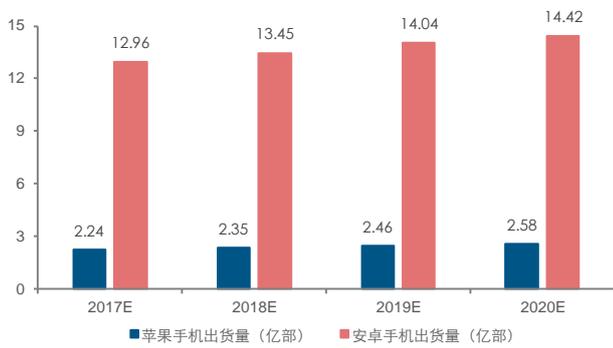
图 31: 结构光方案流程图



资料来源: 苹果官网, 长江证券研究所

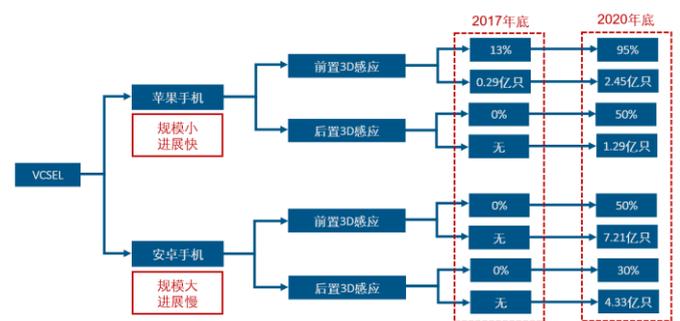
根据 IDC, 2017—2020 年苹果手机出货量分别为 2.24、2.35、2.46、2.58 亿部; 安卓手机出货量分别为 12.96、13.45、14.04、14.42 亿部, 安卓手机数量约为苹果手机的 5 至 6 倍。继 iPhone X 后, 安卓手机厂商陆续推出具备面部识别功能的智能手机, 有望成为提升 VCSEL 芯片需求的首要驱动力。我们认为, 随着面部识别功能在安卓手机中的渗透率逐渐提升, 市场对 VCSEL 芯片的需求量有望呈爆发式增长。

图 32: 苹果手机、安卓手机出货量预测



资料来源: IDC, 长江证券研究所

图 33: VCSEL 市场规模计算模型假设



资料来源: IDC, 长江证券研究所

苹果手机: 2020 年 VCSEL 芯片需求或达 3.74 亿个

根据 Canalys, 2017 年第四季度 iPhone X 手机出货量为 2900 万台, 3D 感应系统在苹果手机的渗透率约为 13%。我们认为, 对于今年有望发布的 iPhone 9 / iPhone X 第二代, 前置摄像头采用结构光模式概率较大, 且后置摄像头将于明后年逐步采用 ToF (Time of Flight) 结构。因此, VCSEL 芯片的渗透率有望逐步提升。

我们预计, 2020 年 3D 感应功能在苹果手机的前置摄像头渗透率有望达到 95% 以上, VCSEL 芯片的需求量有望达到 2.45 亿只; 后置摄像头的 3D 感应渗透率有望达到 50%, VCSEL 芯片的需求量为 1.29 亿只。经综合计算, 2020 年苹果手机对 VCSEL 芯片的需求量有望达到 3.74 亿个。

表 9: VCSEL 在苹果手机的需求量测算

苹果手机	2017E	2018E	2019E	2020E
手机供应量 (亿部)	2.24	2.35	2.46	2.58
前置摄像头数量 (亿)	0.29	1.60	1.97	2.45
前置摄像头市场渗透率	13%	68%	80%	95%
后置摄像头数量 (亿)	0	0	0.49	1.29
后置摄像头市场渗透率%	0	0	20%	50%
VCSEL 芯片数 (亿只)	0.29	1.60	2.46	3.74

资料来源: LightCounting, 长江证券研究所

安卓手机: 2020 年 VCSEL 芯片需求或达 11.54 亿个

自 iPhone X 之后, 安卓手机厂商对于 3D 感应的布局已全方位开启。2018 年 5 月 31 日, 小米 8 探索版成为首款实现基于编码结构光技术的人脸 3D 识别系统的安卓手机。2018 年 6 月 20 日, OPPO Find X 正式发布, 该款手机支持 3D 结构光方案。在 2018 年 7 月初的世界移动大会上, vivo 首次推出基于 ToF 的 3D 超感应技术。与结构光方案相比, ToF 具有深度信息大、工作距离长的特点, 适用于智能手机后置摄像头, 这也意味着 vivo 有望打开后置摄像头市场的大门。

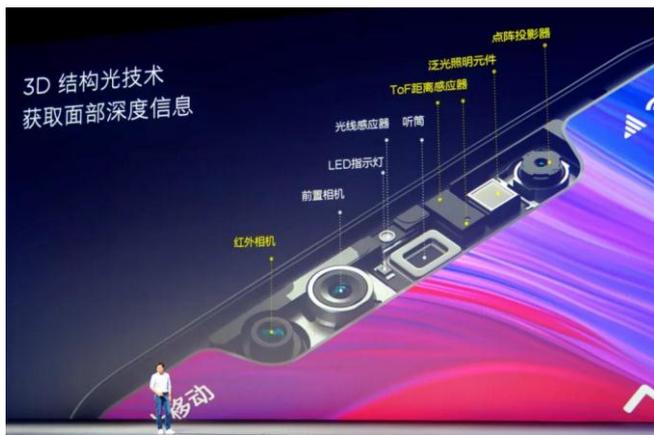
我们预计，到 2020 年 VCSEL 在安卓手机的前置摄像头渗透率有望达到 50%，后置摄像头的渗透率有望达到 30%。经综合计算，安卓手机对 VCSEL 芯片的总需求量有望达到 11.54 亿个。

表 10: VCSEL 在安卓手机的需求量测算

安卓手机	2017E	2018E	2019E	2020E
供应量 (亿部)	12.96	13.45	14.04	14.42
前置摄像头数量 (亿)	0	1.35	4.21	7.21
前置摄像头市场渗透率%	0	10%	30%	50%
后置摄像头数量 (亿)	0	0.67	2.11	4.33
后置摄像头市场渗透率%	0	5%	15%	30%
VCSEL 芯片数 (亿)	0	2.02	6.32	11.54

资料来源: LightCounting, 长江证券研究所

图 34: 小米 8 探索版采用编码结构光技术



资料来源: 电子工程网, 长江证券研究所

图 35: vivo 推出基于 ToF 的 3D 超感应技术



资料来源: 搜狐网, 长江证券研究所

整体看, iPhone 手机的定位是高品质智能手机, 3D 感应功能在手机中的渗透率将稳步提升, 由前置摄像头向后置摄像头逐渐延伸。安卓手机也各自在 3D 感应方面实现全面追赶, 开始大力布局, 有望于今年首次实现规模化商用。我们认为, 随着 3D 感应功能在安卓手机的渗透率逐步提升, VCSEL 芯片的市场规模有望在未来几年极大拓展。同时, 随着市场规模的逐步扩大, 单个 VCSEL 芯片的成本有望下降, 有望从目前的 2 美元左右下降到 2020 年的 1.5 美元左右。随着 3D 感应功能在智能手机的渗透率逐步提升, 我们预计到 2020 年, 应用于智能手机的 VCSEL 激光器需求量将达 15.28 亿只, VCSEL 芯片的市场规模有望从 2017 年的 0.58 亿美元增长到 2020 年的 22.92 亿美元, 年均复合增长率高达 241.6%。

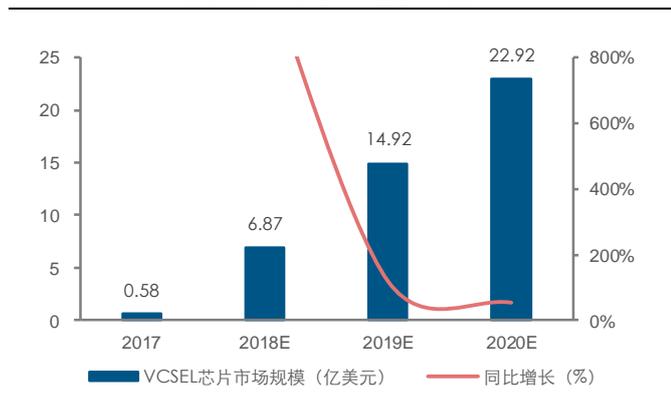
表 11: VCSEL 需求量与市场规模

	2017E	2018E	2019E	2020E
VCSEL 需求量 (亿)	0.29	3.62	8.78	15.28
VCSEL 单价 (美元)	2	1.9	1.7	1.5
市场规模 (亿美元)	0.58	6.87	14.92	22.92
同比增长 (%)		1079.51%	117.23%	53.56%

资料来源: LightCounting, 长江证券研究所

除了智能手机, 3D 感应系统正向其多类消费电子产品逐渐渗透。2018 年, 华立捷有望成为 AirPods 的独家 VCSEL 供应商, 出货 2600—2800 万。此外, iPad、Mac、AR 眼镜等消费电子产品都有望用到 3D 感应系统。我们认为, 随着 VCSEL 在多种消费电子产品的渗透率逐步增大, VCSEL 芯片的市场规模有望进一步拓展。

图 36: VCSEL 芯片在消费电子市场规模快速增长



资料来源: LightCounting, 长江证券研究所

图 37: VCSEL 芯片切入各类消费电子产品



资料来源: LightCounting, 长江证券研究所

看好光通信芯片厂商的竞争优势

参与 VCSEL 芯片生产的厂商主要有消费电子与光器件厂商。我们基于入场意愿与入场能力两方面, 看好光通信芯片厂商的竞争优势。

入场能力: 同应用于数据中心市场的 VCSEL 相比, 应用于 3D 感应系统的 VCSEL 传输距离更短, 功率更低、不涉及信号调制, 对 VCSEL 激光器的技术要求低于传统光通信领域。因此, 具备 VCSEL 量产能力的光器件厂商转向消费电子的 VCSEL 芯片并没有明显的技术壁垒, 短期瓶颈在于扩大生产线提高产能。对于消费电子厂商, 智能手机原本数据消费电子产品, 对于消费级 VCSEL 芯片可实现量产。因此, 从入场能力看, 消费电子芯片厂商与光器件厂商均具备入场能力。

入场意愿: 消费电子市场空间大, 相关芯片设计厂商营收规模在千亿元级别。相比之下, 光器件的全球市场规模小得多, 光器件厂商的营收规模一般小于 100 亿元。我们认为, 由于光器件厂商营收规模小, 切入消费电子 VCSEL 市场的意愿更强。从目前产业链初级形态的情况来看, 也是 Lumentum、Finisar、II-VI 等北美光器件厂商主导 VCSEL 芯片的设计与生产。

表 12: 2017 年消费电子芯片厂商与光器件厂商营收规模对比

消费电子芯片厂商		光器件厂商	
公司名称	营业收入 (亿元)	公司名称	营业收入 (亿元)
高通	1468.11	Lumentum	67.85
飞利浦	1387.25	Finisar	99.90
博通	1172.32	II-VI	65.85

资料来源: Wind, 长江证券研究所

与光通信领域的 VCSEL 激光器相比, 应用于 3D 感应的 VCSEL 芯片在技术难度方面较低。由于消费电子客户群体对价格较为敏感, 我们认为消费电子 VCSEL 芯片的竞争核心是规模扩展后的成本之争。从市场需求看, 小米、OPPO、vivo 等手机厂商均已开始切入这一领域, 扩大 VCSEL 生产规模将是顺势所趋。我们看好国内光器件龙头厂商通过扩展 VCSEL 的产能切入该领域。

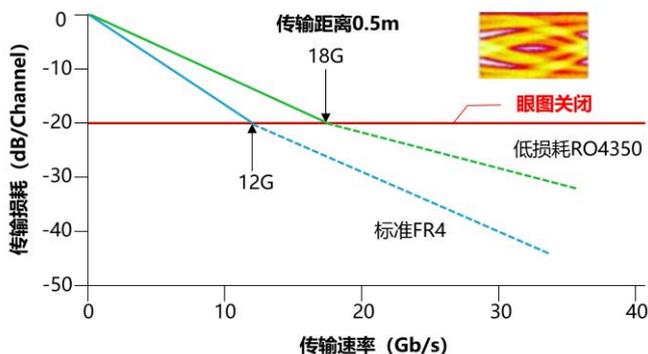
硅光时代将至, 芯片重要性进一步凸显

硅光子技术是基于硅材料, 利用现有 CMOS 工艺进行光器件开发与集成的新一代通信技术。硅光子技术的核心理念是“以光代电”, 将光学器件与电子元件整合到一个独立的微芯片中, 利用激光作为信息传导介质, 提升芯片间的连接速度。我们认为, 随着流量的持续爆发, 芯片层面的“光进铜退”将是顺势所趋, 硅光子技术有望实现规模商用化。

硅光时代临近, 芯片集成度有望大幅提升

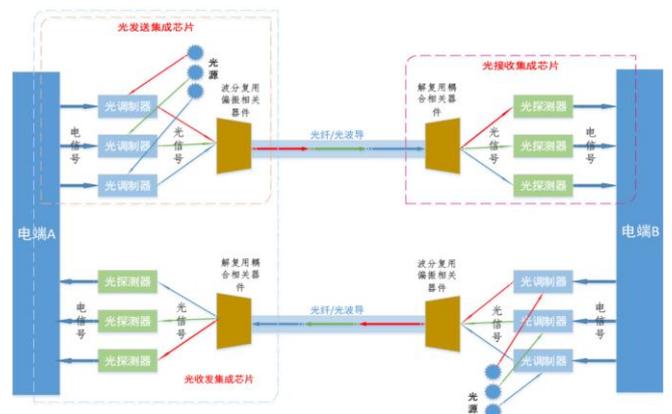
近年来, 随着物联网、大数据等应用的快速发展, 全球数据流量呈快速增长态势, 对传输的需求也逐渐提升。目前, 传统光模块主要利用 III-V 族半导体芯片、电路芯片、光学组件等器件封装而成, 本质上属于“电互联”范畴。随着晶体管加工尺寸逐渐缩小, 电互联将逐渐面临传输瓶颈。目前, 对于传统的三五族半导体光芯片, 25Gbps 已接近传输速率的瓶颈, 进一步提升速率需要采用 PAM4 等技术。随着高速光模块在数据中心的大量运用, 传统 III-V 族半导体的光芯片将面临并行传输、三五族磊晶成本高昂等问题。在此背景下, 硅光子技术应运而生, 成为 III-V 族半导体之外的一大选择。

图 38: 传统铜电路面临传输瓶颈



资料来源: 《2017 年硅光子行业分析报告》, 长江证券研究所

图 39: 硅光时代芯片集成度大幅提升



资料来源: 《2017 年硅光子行业分析报告》, 长江证券研究所

在硅光子技术中，芯片的概念由原先的激光器芯片延伸至集成芯片。从结构上看，硅光芯片包括光源、调制器、波导、探测器等有源芯片及无源芯片。硅光芯片将多个光器件集成在同一硅基衬底上，一改以往器件分立的局面，芯片集中度大幅提升。我们认为，硅光子技术主要有以下三大优势：

(1) 集成度高。硅光子技术以硅作为集成芯片的衬底。硅基材料成本低且延展性好，可以利用成熟的硅 CMOS 工艺制作光器件。与传统方案相比，硅光子技术具有更高的集成度及更多的嵌入式功能，有利于提升芯片的集成度。

(2) 成本下降潜力大。在光器件和光模块中，光芯片的成本占比较高。传统的 GaAs / InP 衬底因晶圆材料生长受限，生产成本较高。近年来，随着传输速率的进一步提升，需要更大的三五族晶圆，芯片的成本支出将进一步提升。与三五族半导体相比，硅基材料成本较低且可以大尺寸制造，芯片成本得以大幅降低。

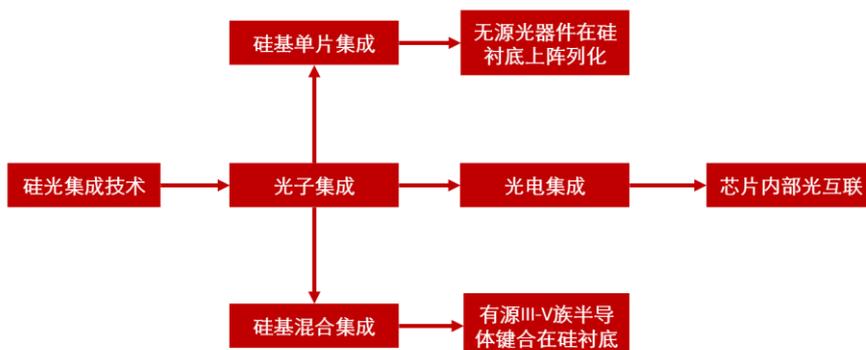
(3) 波导传输性能优异。硅的禁带宽度为 1.12eV，对应的光波长为 1.1 μ m。因此，硅对于 1.1—1.6 μ m 的通信波段（典型波长 1.31 μ m/1.55 μ m）是透明的，具有优异的波导传输特性。此外，硅的折射率高达 3.42，与二氧化硅可形成较大的折射率差，确保硅波导可以具有较小的波导弯曲半径。

硅光技术持续发展，技术上不断取得突破

从发展历程看，硅光集成技术将遵循由光子集成→光电集成的发展过程，待技术成熟后指向芯片内部光互联。目前，通信领域的硅光模块属于光子集成范畴，从制造工艺看可分为两类：单片集成与混合集成。

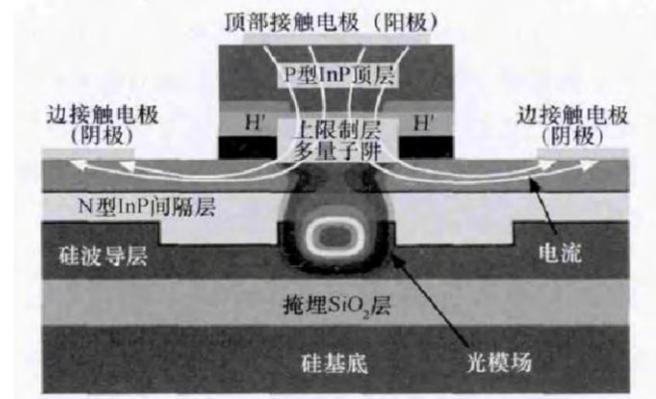
单片集成主要利用传统的 CMOS 工艺，在硅晶圆上集成多个光器件。不过，硅的发光效率较低，无法作为光源，成为单片集成的瓶颈。一个折中的方法是：无源光器件在硅衬底上阵列化，光源采用 III-V 族半导体，混合集成技术应运而生。混合集成需要将 III-V 族半导体激光器键合在硅衬底上。键合技术包括利用 DSV-BCB 紫外胶键合，以及运用低温氧分子等离子键合等。

图 40：硅光集成技术发展趋势示意图



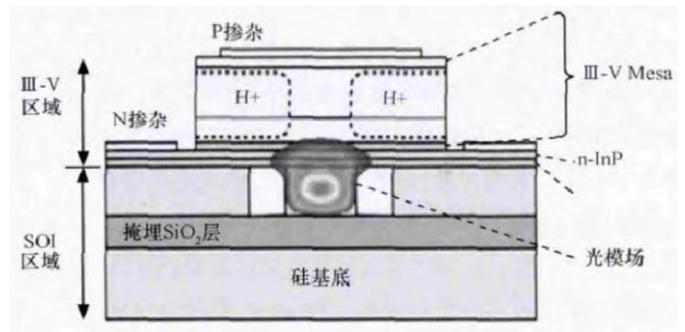
资料来源：《光子集成研究进展》，长江证券研究所

图 41: DSV-BCB 紫外胶实现混合集成



资料来源:《光子集成研究进展》, 长江证券研究所

图 42: 低温氧分子等离子技术实现混合集成



资料来源:《光子集成研究进展》, 长江证券研究所

在硅光集成领域, Intel 是耕耘最早、技术最为完善的厂商。其中, 2004 年至 2010 年是 Intel 的技术突破期, 2010 年至 2016 年是商用准备期。大量的研发费用投入为 2016 年的硅光模块商用奠定了坚实的基础。对于 Intel 而言, 未来计算机芯片的内部光互联是其长远目标, 在通信领域的硅光模块商用可谓初次试水。即便如此, Intel 的硅光模块对于传统三五族半导体光模块依旧形成了不小的冲击。

表 13: 英特尔硅光发展历程

时间	主要研究成果
2004 年 2 月	成功研制 1Gbps 级的硅光调制器, 2005 年将调制速率提升至 10Gbps。
2005 年 2 月	利用拉曼效应研制出第一台连续光全硅激光器。不过, 该技术是通过射入激励光的光激励来实现振荡, 未能通过电流激励来产生振荡。
2006 年 9 月	与美国加州大学圣塔芭芭拉分校共同开发混合硅激光器。该技术运用低温氧分子等离子, 将 InP 半导体激光元件与硅光导波路键合起来。
2008 年 12 月	英特尔发布了“雪崩硅光电探测器”, 以硅和 CMOS 工艺实现了有史以来最高的 340GHz“增益带宽积”。
2010 年 7 月	Intel 利用混合硅激光器技术, 开发出世界上第一个集成激光器的硅基光电数据联结系统, 在实验室内完成 50Gbps 的数据传输速度 (四通道, 每通道 12.5Gbps)
2011 年	成功开发回馈型混成激光(DFB Hybrid Laser), 并且产生发光波长在 1590nm 及发光功率在 1.3mW 单频 DFB 激光器。
2013 年 1 月	与 Facebook 提出合作计划, 将共同开发新一代数据中心架构, 在此架构中, 运算器、内存、数据储存媒体及传输接口皆可独立更新, 并利用硅光电技术用于各个硬件之间的数据传输, 速度达 100Gbit/s。
2016 年 8 月	Intel 推出商用硅光子产品: 基于硅光集成的 100G 光模块 QSFP28 PSM4, 正式切入数通光模块领域。

资料来源: 英特尔官网, 长江证券研究所

目前，已量产的硅光模块，基于硅衬底的混合集成是主要方式。主要器件包括：在硅衬底表面集成激光器（III-V 族半导体，以 InP 为主）、调制器（铌酸锂 LiNbO₃，具有优异的电光效应）、光探测器（Si 中掺 Ge）、硅波导（Si 对于 1.31μm/1.55μm 通信波段透明）、波分复用及解复用器、耦合器等。

表 14：硅光组件及其解决方案

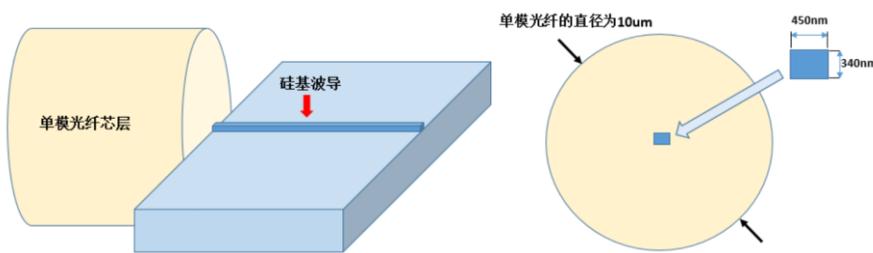
组件	类型	主要特征
激光器	混合集成	目前主要方案：III-VI 族激光器模通过不同方法与硅接收器（Si receiver）键合：（1）激光器与隔离器和耦合透镜集成在一个小组件上，然后键合在硅模上（Luxtera 和 Lightwire/Cisco 采用的方案）。（2）激光器模被倒装焊接在硅接收器上，不需要隔离器（Kotura/Mellanox 采用的方案）。（3）磷化铟晶片接在硅接收器上，激光器进行后处理（Intel 采用的方案）。
	单片集成	光源在 SOI 上进行加工，但硅不像 GaAs 和 InP 会发射光——在多孔硅、应变锗、硅上 GeSn、硅酸铪上开展研发。
调制器	EAM (Electro Absorption Modulator)	利用半导体中激子吸收效应制作而成光信号调制器件，具有响应速度快、功耗低等特点，被广泛应用于高速光纤通信中信号的调制编码。
	相位调制器	外部调制器——使光的相位按一定规律变化的光调制器。
	MZI	马赫-曾德尔干涉仪（Mach-Zehnder Interferometer）被广泛使用。优点：宽波长范围，温度不敏感；缺点：功耗较高，尺寸较长。
探测器	环形谐振器	微环谐振器还在研发中，其优势在于尺寸小（~3μm）、高速率（高达 30Gb/s）。
	Attached	技术成熟但集成度低，成本高。
	混合集成	III-VI 模具/晶圆被焊接，集成密度高但并非完全集成。
波分复用及解复用	单片集成	硅中掺杂锗，实现硅光探测。
	光栅	Kotura/Mellanox 使用的方案。
耦合器	阵列波导光栅 AWG	电信领域中最常用技术。
	渐逝场、光栅、倒锥等	实现光纤到芯片，或者芯片内的耦合。硅上光栅是目前最常用的方案。环形谐振是耦合另一个可能的设计。
波导	波导、分束器、跨阻放大器（TIA）等	由于折射率差别大，SOI 十分适合波导的需求。具有脊型波导、带状/线状波导、光子晶体波导、狭缝波导等。 不同波导尺寸/技术： （1）Kotura/Mellanox 采用 3μm × 3μm。波导较大则信号功率控制更好。电子与光学功能独立，需要键合或通过其他技术进行连接。 （2）Luxtera 采用 0.4μm × 0.4μm，具有更好的电子和光学集成，更容易生产。

数据来源：《2017 年硅光子行业分析报告》，长江证券研究所

硅光子技术取得了高速发展，技术持续突破。不过，硅光子技术仍面临以下两大问题：

- 1、芯片良率低，成本优势不明显：**目前，传统三五族半导体芯片的良率在 90% 以上，而硅光芯片需要将 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。
- 2、硅波导与光纤的耦合效率低，性能优势不明显。**硅基光波导的尺寸在 0.4—0.5 μm 量级，远小于单模光纤尺寸（纤芯直径约 8 μm —10 μm ）。尺寸上的差别将导致模场的失配，需要利用硅基波导光栅进行耦合，在耦合过程中将产生损耗。

图 43：单模光纤同硅波导耦合示意图

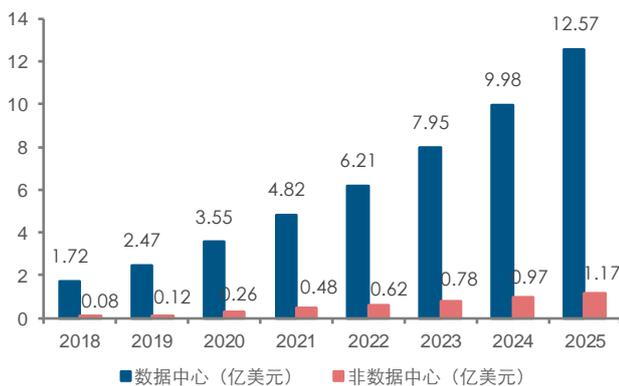


资料来源：浙江大学官网，长江证券研究所

硅光市场逐步形成，产业链逐渐清晰

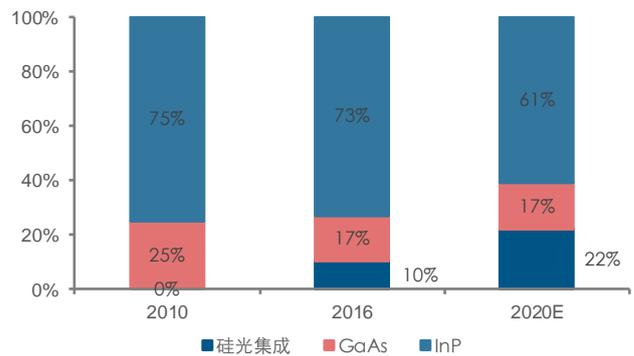
近年来，硅光技术持续发展，以 Luxtera、Intel 及 IBM 为代表的公司不断推出商用级硅光集成产品。2018 年，全球硅光芯片及其封装器件市场将接近 2 亿美元，且整体市场有望保持高速增长。其中，数据中心应用占比将超过 90%。2015—2025 年，硅光芯片及其分装器件市场的年均复合增长率高达 45%，市场规模有望大幅提升。

图 44：硅光子的市场规模（亿美元）快速增长



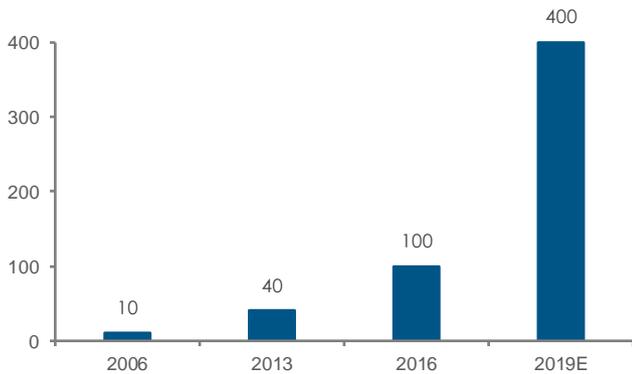
资料来源：Yole，长江证券研究所

图 45：硅光集成光模块收入占比（%）逐渐提升



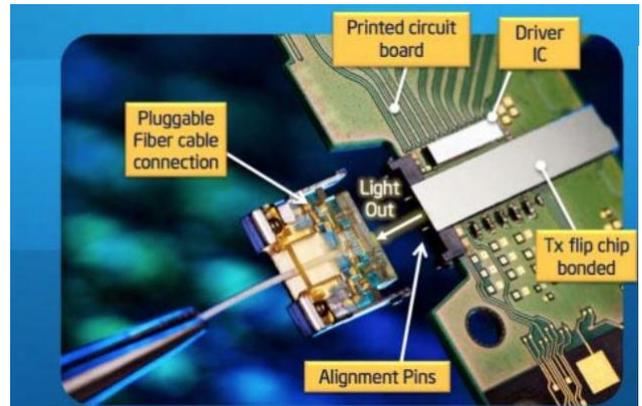
资料来源：LightCounting，长江证券研究所

图 46: 数通光模块速率 (Gbps) 及规模化商用时间



资料来源: Ouvrn, 长江证券研究所

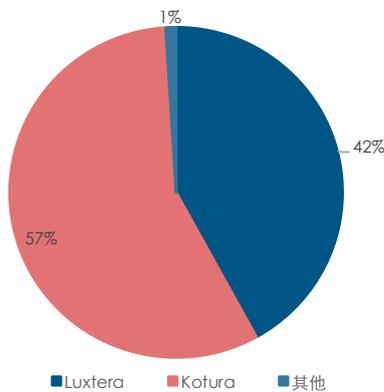
图 47: 英特尔硅光集成示意图



资料来源: 英特尔官网, 长江证券研究所

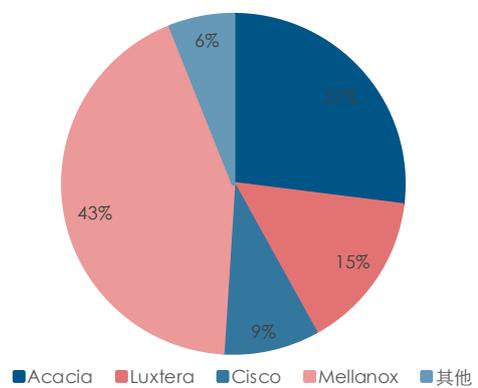
目前, 由于 100G QSFP28 CWDM4 硅光实现难度较大, 因此硅光子技术对于传统的 100G 光模块成本优势不明显, 冲击相对有限。2018 年起, 随着数据中心市场有望大幅启用 400G 光模块, 芯片的成本占比将继续提升。而硅光子技术在 100G 与 400G 光模块的成本差别不大, 有望在 400G 数通市场提升市场占有率。我们认为, 在硅光时代, 光芯片重要性更加凸显, 硅光子技术成为可控的边际发展因素。硅光子技术有望大幅提升行业集中度, 有利于在芯片领域持续耕耘的龙头企业。

图 48: 2013 年硅光子的市场份额占比 (%)



资料来源: 《2017 年硅光子行业分析报告》, 长江证券研究所

图 49: 2015 年硅光子的市场份额占比 (%)



资料来源: 《2017 年硅光子行业分析报告》, 长江证券研究所

随着市场逐步打开, 硅光子芯片市场呈现逐步分化的状态。自 2013 年起, 随着市场逐步打开, 更多的厂商开始进入硅光子芯片市场。目前投入研发的公司不仅包括 Mellanox、Luxtera、Acacia、Finisar、Avago 等光通信公司, Intel、IBM、思科、IMEC 以及华为等厂商也加入了这一领域的竞争。随着厂商逐渐增多, 从上游的原材料供应商, 到中游的硅光子器件、芯片、集成厂商, 再到下游的数据中心、电信等客户纷纷入场, 硅光子技术的产业链正逐步形成。

图 50: 硅光子技术的产业链正逐步形成



资料来源:《2017 年硅光子行业分析报告》, 长江证券研究所

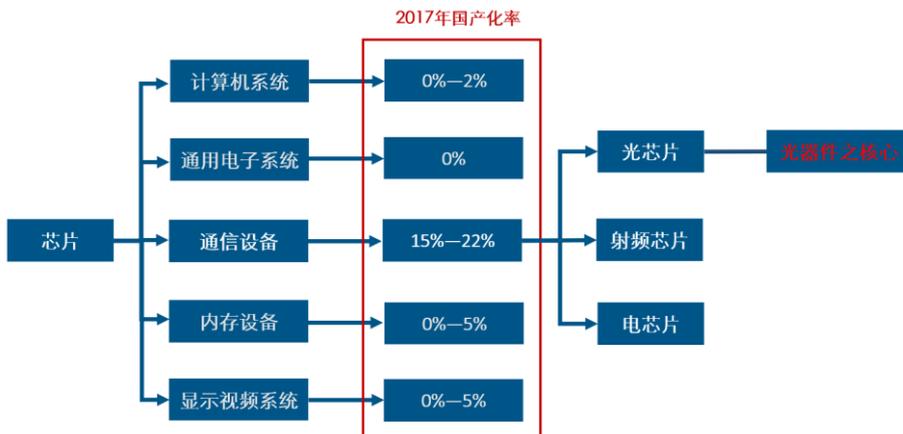
格局：国产替代进程加速

国内高速光芯片国产化率较低，已成为我国光器件的“阿喀琉斯之踵”。目前，高速光芯片核心技术主要掌握在美日厂商手中。2018年1月，工信部颁布《光器件产业发展路线图》，将光芯片国产化上升为国家战略。而中美贸易摩擦与中兴禁售事件或将促使我国加大力度扶持高速光芯片，国产化进程有望进一步提速。

高端光芯片国产化率低，成“阿喀琉斯之踵”

我国集成电路芯片长期依赖进口，2016年中国进口芯片总额高达2300亿美元，超过石油与大宗商品成为我国第一大进口商品。根据《2017年中国集成电路产业现状分析》，芯片按应用可分为五类：计算机系统、通用电子系统、通信设备、内存设备以及显示视频系统。其中，光芯片作为光器件的核心元件归类于通信设备芯片。

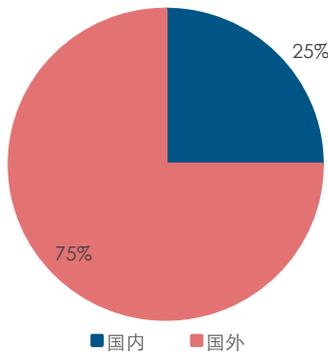
图 51：芯片分类示意图



资料来源：《2017年中国集成电路产业现状分析》，长江证券研究所

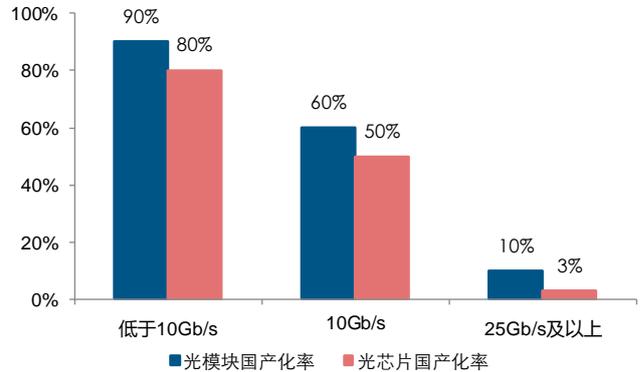
近几年，中国光通信市场快速发展，目前国内光通信器件市场占全球25%左右的市场份额。整体上，国内光器件厂商以中小企业为主，产品主要集中在无源器件、低速光收发模块等领域。国内厂商凭借成本优势在组装和代工方面占优，在产品研发与创新方面则相对薄弱。光芯片产品方面，国内产品主要集中在10Gb/s及以下的低速光模块。根据《中国光器件产业发展线路图（2018-2022）》，目前小于10Gb/s的光芯片国产化率达到80%，10Gb/s速率的光芯片国产化率接近50%，而25Gb/s及以上的速率的光芯片则高度依赖出口，国产化率仅3%，成为国内光器件的“阿喀琉斯之踵”。

图 52: 中国光器件在全球市场份额占比约 25%



资料来源:《中国光器件产业发展路线图(2018-2022)》,长江证券研究所

图 53: 2017 年光模块与光芯片国产化率预测



资料来源:《中国光器件产业发展路线图(2018-2022)》,长江证券研究所

制约芯片速率提升难点: 激光器开启与关闭的频率

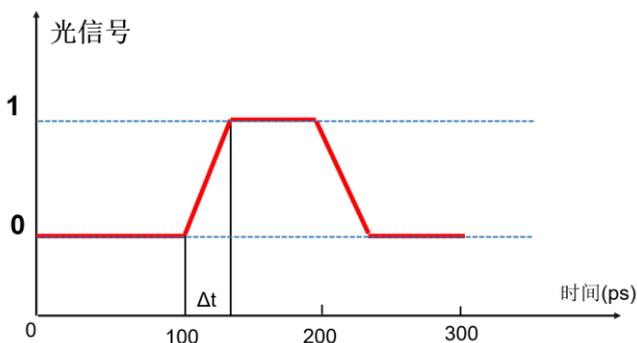
芯片的传输速率取决于发送光信号的频率,即激光器开启与关闭的频率。这一频率与驱动电路及相应的电路组件所决定。当传输速率为 10Gbps 时,单个信号的对应的时间为 0.1ns;而当传输速率提高至 25Gbps 时,单个信号的对应时间仅 0.04ns。高速光芯片的设计需要在提高传输速率的同时确保信号的质量。我们认为,制约芯片调制速率的因素主要有以下两点:

1、**寄生效应**。芯片产生的 0/1 信号,本质上是驱动电路中的调制电流在“无电流/有电流”之间快速切换。电流的快速变化将产生由电感和电容引起的阻抗,产生寄生效应。由于电路中的电流无法产生突变,因此电流高速变化产生的激光信号不是理想的矩形,而是带有一定上升沿或下降沿延时的梯形信号。传输速率越高,电流的变化越快,寄生效应就越强。

2、**弛豫振荡**(阻尼振荡)。弛豫振荡是激光输出由不稳定趋向稳定的过程,这一过程一直存在。不过,在提升传输速率的同时需要同步增大调制电流,而弛豫振荡的角频率和阻尼速率随工作电流的增加而增大。因此,弛豫振荡限制了调制速率的上限。

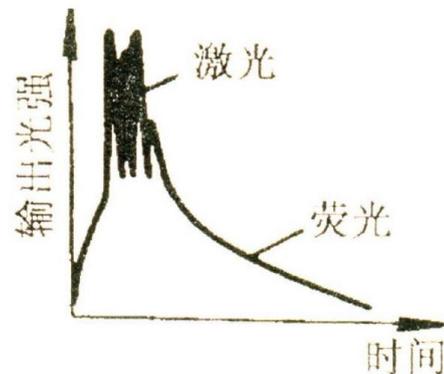
除此之外,限制传输速率的因素还包括信号的色散等难点。为进一步提升传输速率,目前通常采用 PAM4 技术(四阶脉冲幅度调制),单通道传输速率可从 25G 提升至 50G。

图 54: 10Gbps 光信号上升沿耗时示意图



资料来源:《激光原理》,长江证券研究所

图 55: 弛豫振荡示意图

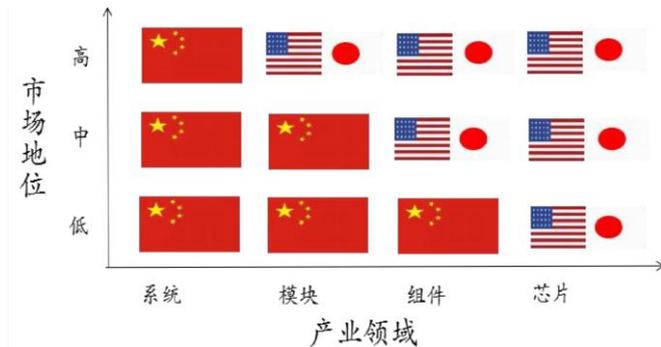


资料来源:《激光原理》,长江证券研究所

国内芯片市场份额低，有望迎接国产化替代机遇

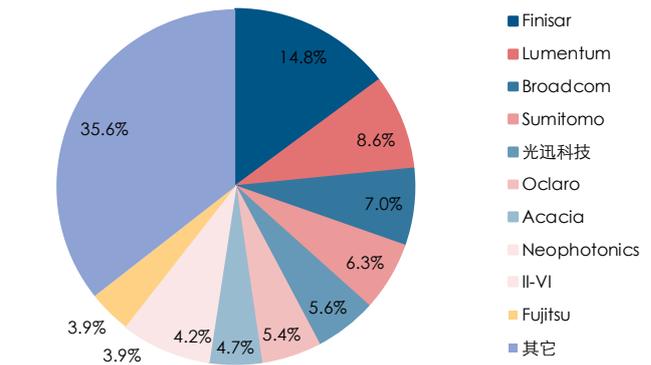
2016年,在全球光器件市场份额排名前10的厂商中,美日公司占据9个席位。以Finisar、Lumentum、Avago、Oclaro 等为首的北美企业与日本企业在高速光芯片方面占据了技术制高点。国内,目前仅光迅科技具备高速光芯片批量生产能力。其10G DFB / VCSEL 已批量出货,且25G DFB / EML 等有望年底出货。

图 56: 光通信领域的竞争力格局



资料来源:《中国光器件产业发展线路图(2018-2022)》,长江证券研究所

图 57: 2016 年全球光器件市场为充分竞争格局



资料来源: Ovum, 长江证券研究所

光芯片种类多升级快，市场处于充分竞争状态

从市场集中度看,光芯片厂商众多,市场集中度较低,整个市场正处于充分竞争状态。其中,Finisar 作为北美光器件的龙头厂商,占据全球 14.8%的市场份额,国内龙头光迅科技市场份额占比为 5.6%。

表 15: 国内外主要光器件公司光芯片研发能力

公司名称	光芯片生产能力	光器件厂商市场份额
Finisar	VCSEL、DFB、EML 等芯片 (自用)	14.8%
Lumentum	VCSEL (自用)、25G EML	8.6%
Broadcom	25G VCSEL、EML	7.0%
Oclaro	自产 10G EML、28G EML、43G EML、56G EML、25G DFB	5.4%
Neo Photonics	自产 2.5G DFB/VCSEL/APD 研发 10G EML、25G DFB/EML	4.2%
三菱	25G DFB、25G EML	/
光迅科技	量产 10G DFB/VCSEL; 研发 10G EML, 25G DFB/EML、25G VCSEL	5.6%
海信宽带	自产 2.5G DFB、10G EML	4%
中际旭创	光芯片主要从 Oclaro、瑞萨、Avago 和三菱采购	2%

资料来源: 公司公告, Ovum, 长江证券研究所

我们认为，光芯片与光器件产品种类多且升级更新快，在市场规模既定的情况下单个产品的市场空间有限。与此同时，不同产品的细分使厂商不断寻求差异化竞争，在某一细分领域精耕细作，这也是市场集中度难以提升的一大因素。

VCSEL 芯片：安卓需求优势，国内有望打造 3D 感应供应链

VCSEL 芯片是 3D 感应系统的重要组成部分。目前，国内在 DOE 衍射光栅、图像传感器这两部分尚无潜在厂商。此外，对于 TX 发射组模、RX 接收组模和可见光摄像头是彼此独立的，这些器件在空间上的相对稳定性非常重要，这对于 3D 感应系统的组装提出了更高的要求。我们认为，在安卓手机大规模部署 3D 感应的背景下，国内有望打造 3D 感应供应链，形成 3D 感应系统核心竞争力。从国外厂商看，苹果自 2010 年起先后收购多家公司布局 3D 感应。经过 8 年时间形成 3D 感应系统供应链，是移动端 3D 感应技术的核心竞争力。布局整个供应链需要长期的技术积淀，先发企业依旧占据着明显的优势。

表 16: 3D 感应系统重要组件

组成部分	苹果供应链厂商	国内潜在厂商
VCSEL 激光器	Lumentum+稳懋、Finisar、II-VI	光迅科技
DOE 衍射光栅	台积电、精材	无
WLO 晶圆级光学元件	Heptagon (被 AMS 收购)	华天科技、晶方科技
红外图像传感器	意法半导体、奇景光电、三星电子	无
近红外窄带滤色片	Viavi	水晶光电
光学镜头	大力光	舜宇光学、联创电子

资料来源：公司公告、讯石信息咨询，长江证券研究所

DFB/EML 芯片：国外厂商主导，国内厂商开始蓄力

DFB 芯片与 EML 芯片的核心技术主要掌握在美国、日本等国手中，核心厂商有 Finisar、新飞通、Avago、Oclaro、瑞萨等厂商。目前，国内具有芯片量产能力的厂商有光迅科技、华工科技（子公司云岭光电）、海信宽带、武汉光安伦，以及仕佳光电子等厂商。其中，光迅科技具备十多年的光芯片研发经验，目前在国内领跑；华工科技（子公司云岭光电）、海信宽带等已具备量产能力。

表 17: 国内外主要光芯片厂商

芯片类型	国外厂商	国内厂商
DFB	Oclaro、瑞萨、Avago、 三菱、Finisar、Lumentum、 AOI、住友、新飞通	光迅科技、华工科技（子公 司云岭光电）、海信宽带、 武汉光安伦、仕佳光电子
EML	Finisar、Lumentum、Avago、 Oclaro、新飞通、三菱	光迅科技、华工科技（子公 司云岭光电）、海信宽带、 武汉光安伦、仕佳光电子

资料来源：公司公告、讯石信息咨询，长江证券研究所

在全球的 25G DFB 供应格局中, Oclaro 和瑞萨是市场的主要供应商, 两者共占市场份额的 70%左右; Avago 和三菱占到市场份额的 30%左右。其余的主要厂商, 例如 Finisar、AOI、Lumentum 等厂商具有生产线, 主要用于自产。

表 18: 25G DFB 供应格局

主要供应商	市场份额
Oclaro+瑞萨	~70%
Avago+三菱	~30%
Finisar、AOI、Lumentum	公司自产

数据来源: 讯石信息咨询, 长江证券研究所

政策加码, 光芯片国产化上升为国家战略

2018 年 1 月, 工信部发布了《中国光电子器件产业技术发展路线图 (2018-2022 年)》(以下简称《光器件产业发展路线图》), 全面量化了核心光芯片的发展规划, 全面提速 DFB、EML、VCSEL 等核心芯片的国产化进程。根据规划, 截止 2020 年: (1) 25G 级以上 VCSEL 芯片及器件: 国产化率将从目前的 0%提升至 10%—20%左右; (2) 25G 及以上的 DFB 芯片: 国产化率将超过 30%; (3) 10G / 25G EML 芯片: 国产化率将分别达到 50%和 30%。我们认为, 《光器件产业发展路线图》将光芯片的发展提升至国家战略层面, 未来几年光芯片国产化率稳步提升的确定性高。

表 19: 三种主要的发射端光芯片发展

产品类别	重点发展产品	国产化率发展目标	
		2020 年	2022 年
芯片与有源光器件	25G 及以上 (含工温) DFB 芯片	超过 30%	超过 60%
	25G 及以上的 VCSEL 芯片及器件	10%—20%	30%—40%
	10G 1577nm 高功率、25Gb/s 及以上速率的 EML 芯片及器件	10G EML 50% 25G EML 30%	10G EML 80% 25G EML 50% 50G EML 20%

资料来源: 《中国光器件产业发展路线图 (2018-2022)》, 长江证券研究所

中美贸易摩擦+中兴禁售事件, 光芯片国产替代进程有望进一步提速

中兴禁售事件: 2018 年 4 月 16 日, 美国商务部下令拒绝中国电信设备制造商中兴通讯的出口特权, 禁止美国公司向中兴通讯出口电讯零部件产品, 期限为 7 年。2018 年 6 月 19 日, 美国参议院通过恢复中兴通讯销售禁令法案。

中美贸易摩擦：2018年3月23日，美国总统特朗普在白宫正式签署对华贸易备忘录，中美贸易摩擦开始。2018年6月15日，美国政府发布了加征关税的商品清单，将对从中国进口的约500亿美元商品加征25%的关税。2018年8月1日，特朗普将对价值2000亿美元的中国进口商品加征关税，税率从原先的10%提升至25%。至此，中美贸易摩擦进一步升级。

图 58：中兴禁售事件凸显我国芯片核心竞争力缺失



资料来源：CCTV 官网，长江证券研究所

图 59：中美贸易摩擦



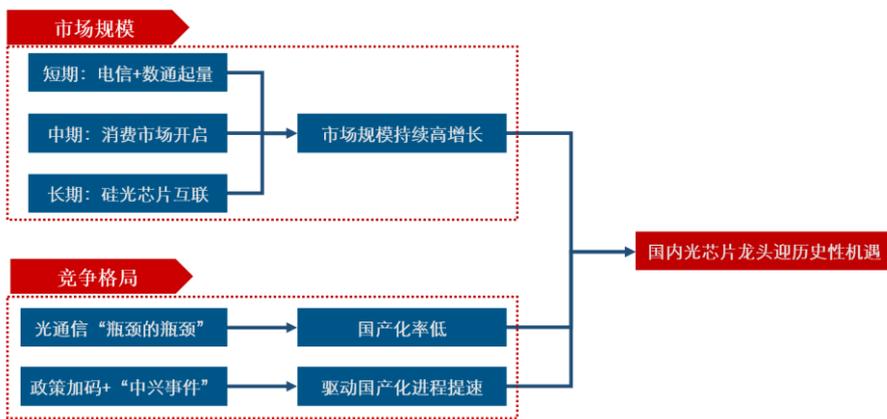
资料来源：CCTV 官网，长江证券研究所

中美贸易摩擦反映了中美局势的动荡，中兴禁售事件更是凸显了我国高端芯片技术的不足。芯片技术的获取并非一朝一夕，国内高速光芯片技术缺失的局面短期内不会改变。不过我们认为，中兴禁售事件或将促使我国进一步重视核心芯片缺失的现状，加大高端芯片的政策扶持力度。我们预测，高速芯片国产化进程有望在《光器件产业发展线路图》的规划上进一步提速。

投资建议

5G 驱动电信网络新建扩容，数据中心需求有望持续高增长，随着消费电子新蓝海开启，光芯片市场规模有望持续高增长且空间“一望无际”；《光器件产业发展线路图》将光芯片上升为国家战略，叠加“中兴禁售事件”，光芯片国产化进程有望进一步提速，国内相关龙头厂商有望迎来历史性发展机遇。我们重点推荐国内光芯片龙头：**光迅科技**；建议关注未来或垂直一体化布局的**中际旭创**。

图 60：光芯片行业投资逻辑

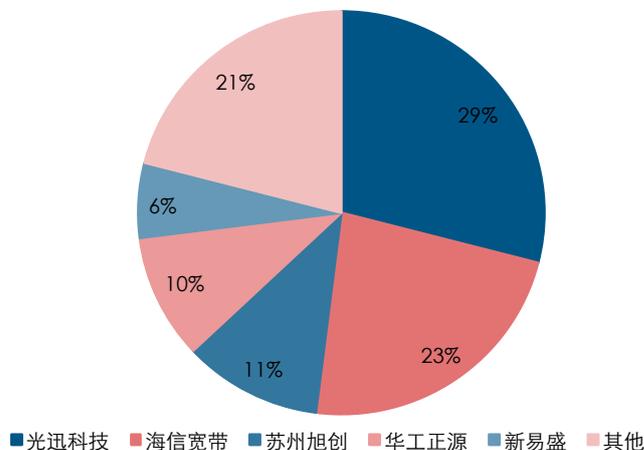


资料来源：Wind，长江证券研究所

光迅科技：全球第五龙头，内生发展+外延并购获取“核芯”技术

光迅科技是目前全球排名第五的光器件厂商，同时也是国内龙头。公司是国内第一家具备光器件芯片关键技术和大规模量产能力的企业。目前，公司的芯片自给率达到 95% 左右，掌握了上游附加值较高的晶粒制作的核心技术，随着公司在芯片领域的持续突破和技术积累，未来有望逐渐舍弃部分低端的测试、封装等业务，更加专注于上游芯片的研发和制作，有望率先占据国内蓝海市场。

图 61：2015 年国内光器件市场份额占比



资料来源：Wind，讯石光通信网，长江证券研究所

光芯片厂商获取核心光芯片技术主要有两种方式：(1) **内生发展**，通过研发投入获取芯片技术与生产工艺。(2) **外延并购**，通过并购具备核心技术公司获取光芯片技术。

内生发展：目前，公司牵头组建的国家信息光电子创新中心已挂牌成立。创新中心成立之后，以企业制运行，在技术研发和产业化进程中充分考虑各股东利益，市场化运作，驱动研发成果快速产业化落地。根据创立目标，国家信息光电子创新中心“力争通过3-5年建设，建成国际一流的信息光电子制造业创新平台，推动核心光电子芯片和器件行业供给率不低于30%；力争到2025年，实现核心光电子芯片和器件自主可控”。**创新中心的成立将大幅提升公司对于光芯片的研发能力，加速光芯片国产化进程。**

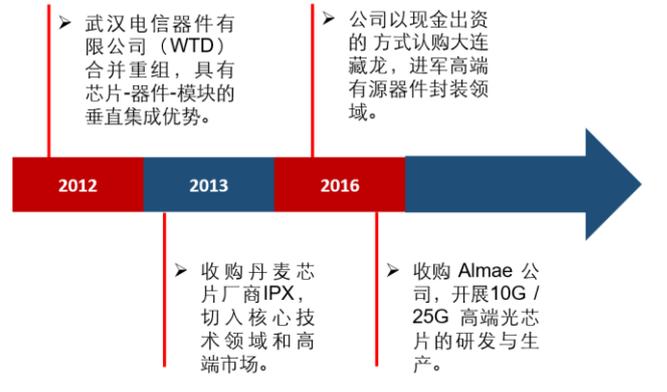
外延并购：光器件厂商通过外延并购获取核心光芯片技术具有速度快、风险小、可持续等优势。通过分析美国光器件厂商的发展史，我们发现外延并购是北美光器件厂商获取核心光芯片技术的主要方式。从光迅科技的并购历史看，公司同样通过外延并购获取核心光器件技术。

图 62：光迅科技牵头组建“国家信息光电子创新中心”



资料来源：光迅科技官网，长江证券研究所

图 63：光迅科技通过外延并购获取核心光芯片技术



资料来源：光迅科技官网，长江证券研究所

表 20：2010年后主要光器件厂商外延并购汇总

收购公司	被收购公司	收购时间	被收购公司主要产品
Finisar	Ignis	2011年3月	集成SOA、可调激光器。
	U2T	2014年1月	基于InP的高速探测器。
Avago	CyOptics	2013年4月	单模InP激光器、探测器和光子集成等。
	Broadcom	2015年5月	无线晶片(IC)产品组合等。
Neophotonics	LAPIS	2013年3月	高速激光器，激光器驱动芯片，PD和高速放大器芯片。
Oclaro	Mintera	2010年7月	第一代40Gbps光模块技术。
	Opnext	2012年3月	高速边射型激光。
II-VI	Oclaro(GaAs制造厂)	2013年9月	砷化镓制造厂，相应的高功率激光二极管、VCSEL和980nm泵浦激光器。
住友	Emcore	2012年3月	数据中心和本地网络的并行收发器，有源光缆以及其他VCSEL组件。

数据来源：讯石光通信网，光纤在线，长江证券研究所

迄今为止，公司已实现全系列 10G 中短距芯片自制（10G DFB、10G APD、10G EML），并在 25G 芯片领域持续突破。今年年底，25G DFB 将小批量出货，2019 年 25G EML 有望大批量出货。在 VCSEL 芯片方面，公司将继续通过采取合作或外延并购的方式获取核心 VCSEL 芯片技术。我们认为，公司作为国内光器件龙头，“内生发展+外延并购”双管齐下，有望率先占领国内蓝海市场。

表 21：光迅科技光芯片研发进展

芯片类型	10G	25G
DFB	批量出货	18 年底小批量，2019 年大批量，工温级或 2019 年小批量出货
EML	批量出货	目前已通过内部认证，18 年底小批量出货，2019 年或大批量出货
VCSEL	批量出货	研发中，暂时采取合作或外购的方式

资料来源：光迅科技官网，长江证券研究所

中际旭创：全球光模块龙头，或垂直一体化布局

中际旭创目前为全球高速光模块龙头厂商，100G 数通光模块市占率超 40%。高速激光器芯片主要供应商包括 Oclaro、瑞萨、Avago 和三菱等，是第三方 25G DFB 供应商的主要客户。考虑到自主可控性和成本下降潜力，公司或致力于垂直一体化布局。特别是考虑到硅光时代，芯片重要性更为凸显，公司也在积极布局硅光，芯片布局或为未来业务重要方向之一。

投资评级说明

行业评级	报告发布日后的 12 个月内行业股票指数的涨跌幅度相对同期沪深 300 指数的涨跌幅为基准，投资建议的评级标准为：
看好	相对表现优于市场
中性	相对表现与市场持平
看淡	相对表现弱于市场
公司评级	报告发布日后的 12 个月内公司的涨跌幅度相对同期沪深 300 指数的涨跌幅为基准，投资建议的评级标准为：
买入	相对大盘涨幅大于 10%
增持	相对大盘涨幅在 5%~10%之间
中性	相对大盘涨幅在-5%~5%之间
减持	相对大盘涨幅小于-5%
无投资评级	由于我们无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使我们无法给出明确的投资评级。

联系我们

上海

浦东新区世纪大道 1198 号世纪汇广场一座 29 层 (200122)

武汉

武汉市新华路特 8 号长江证券大厦 11 楼 (430015)

北京

西城区金融街 33 号通泰大厦 15 层 (100032)

深圳

深圳市福田区中心四路 1 号嘉里建设广场 3 期 36 楼 (518048)

重要声明

长江证券股份有限公司具有证券投资咨询业务资格，经营证券业务许可证编号：10060000。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

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、价值及投资收入可升可跌，过往表现不应作为日后的表现依据；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；本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司及作者在自身所知范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

本报告版权仅仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用须注明出处为长江证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的，应当注明本报告的发布人和发布日期，提示使用证券研究报告的风险。未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。