

# 光器件封装行业报告



## 专题研究员

汪颢

☎: (8610) 6656 8733

✉: wanghao\_yj@chinastock.com.cn

报告完成日期: 2019年12月10日

## 报告主要内容

● 报告主要介绍了光通信模块及器件封装行业。

● 报告简要介绍了光通信模块及光通信器件的作用、分类；介绍了国内外光通信器件市场主要参与的厂商所在市场份额，国内外光器件发展状况。

● 报告就光器件封装市场做了主要研究，预估了市场目前及未来的市场份额，以及光模块、光器件在 5G 变革中，技术路径的变化及所带来的需求的改变。报告就目前光通信器件市场上主要的封装技术做了详细说明，并对比了几种技术的适用范围及优缺点。

● 报告就国内光器件封装公司做了简要介绍；对专业封装公司和光器件 IDM 公司的封装模式进行了比较。

## 目 录

一、光器件简介.....	2
二、市场需求.....	6
三、主要应用市场.....	7
四、光器件的封装.....	13
五、光器件发展趋势.....	26
六、国内光器件封装厂家.....	27

# 光器件封装行业报告

## 一、光器件简介

### 1、光器件概念

光器件是光传输网络中对光信号进行放大、转换和传输的各类功能器件，被广泛应用于接入网和核心网。

光器件位于光通信产业链中游，上游包括光芯片、电芯片、光组件等，下游包括系统设备。光组件主要包括：陶瓷套管、陶瓷插芯、光纤适配器、其他结构件，如光收发接口件/精密金属件/转换器。

### 2、光器件的分类

根据工作时是否需要电源驱动，光器件分为有源器件和无源器件。一般来说，有源器件主要负责信号变换与放大，无源器件主要负责信号的传输。

表 1 光通信器件分类及主要功能

产品类型	典型产品	主要功能
有源器件	激光器（VCSEL、DFB、EML）	将电信号转换成光信号，提供光源
	光探测器（PIN、APD）	将光信号转换成电信号，探测光信号
	光放大器（EDFA、Raman）	利用激光受激辐射原理，对光信号进行放大
	光收发模块（10G/25G/100G/400G）	将光发送和光接收集成在一起的光电转换模块
无源器件	光纤连接器	光纤间可重复插拔的连接器件
	光开关	光路转换器件，对光信号进行物理切换
	光衰减器	使光信号功率按设定要求衰减
	波分复用器（CWDM/DWDM）	将不同波长光信号合成一束，沿单根光纤传输
	光耦合器/光隔离器	以光为媒介传输电信号的一种电-光-电转换器件
	光滤波器	挑选出所需的频率的信号，过滤其他频率信号

光器件行业产品种类繁多，但普遍市场规模不大，有源市场远大于无源市场。有源光收发模块

使光器件中最核心的产品，产值占比超过六成。

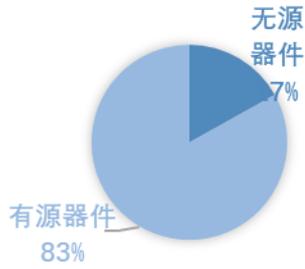


图1 全球光器件市场构成

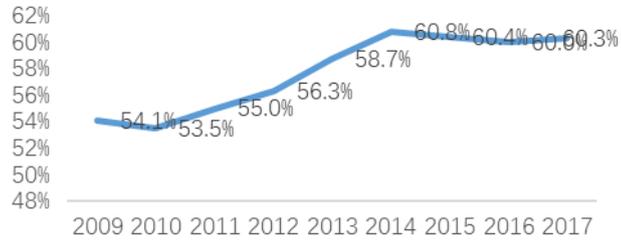


图2 光收发器占光器件市场情况

### 3、光器件及光模块市场的主要竞争厂商

有源器件：光源/激光器、光检测器、光放大器、光调制器。

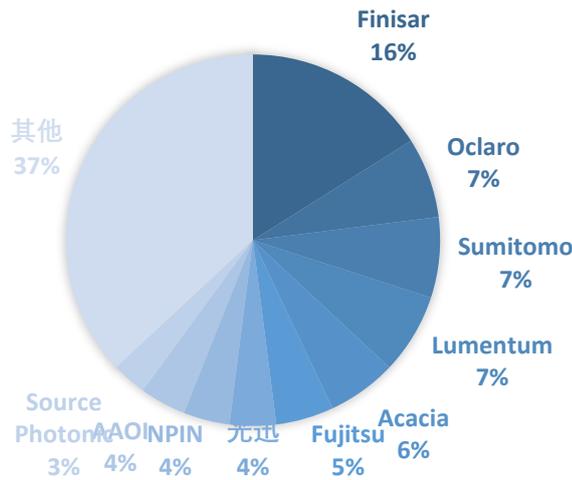


图2 有源光器件全球市场份额

无源器件：光纤连接器、PLC、WDM/DWDM、光开关、VOA/FOA。

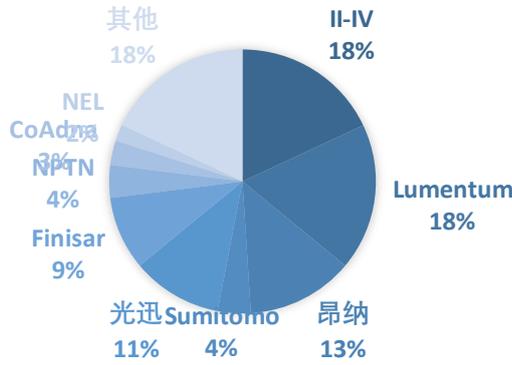


图3 无源光器件全球市场份额

光模块：

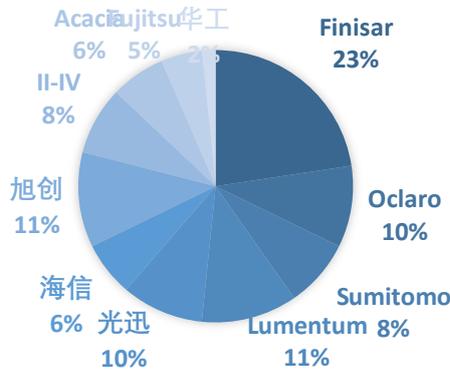


图4 光模块全球市场份额

我国光模块厂商主要生产中高端产品，在 100G 以上的市场上，我国技术还落后于世界领先水平，对外依存度较高。同时，光芯片及电芯片缺口较大，仅少数厂商能生产中低端产品，严重依赖进口。国内电信市场，光迅科技市场份额最高；数通市场中，中际旭创有较高的份额。在数据中心领域，中际旭创已是绝对的全球龙头，数据中心 40G、100G 高速光模块出货量位居全球第一，1) 40G QSFP+单模光模块居业界首位，占全球市场份额 37%；2) 拥有 100G QSFP28 最全产品系列，市占率预计在 30% 以上，遥遥领先；3) 400G 率先拿到入场券，推出业界首款 400G OSFP LR8，并在欧洲光博会（17 年 Q3）和 OFC（18 年 Q1）展出 8 款 400G OSFP 和 QSFP-DD 产品，为业界最全的 400G 产品系列。

#### 4、光模块成本结构占比

##### (1) 光模块的结构

光模块由光器件、功能电路和光接口组件等组成、其中核心构成器件是光收发器件，主要包括 TOSA、ROSA、BOSA。光收发器件成本占光模块 60% 以上：

1) 光发射组件 TOSA (Transmitter Optical Subassembly)：激光器、金属结构件和陶瓷插芯等；

2) 光接收组件 ROSA (Receiver Optical Subassembly)：PIN 或 APD 检测器、前置放大器及其它结构件；

3) 光发射接收组件 BOSA (Bidirector Optical Subassembly)：激光器、检测器、光学滤波片、金属件、陶瓷套管和插芯。

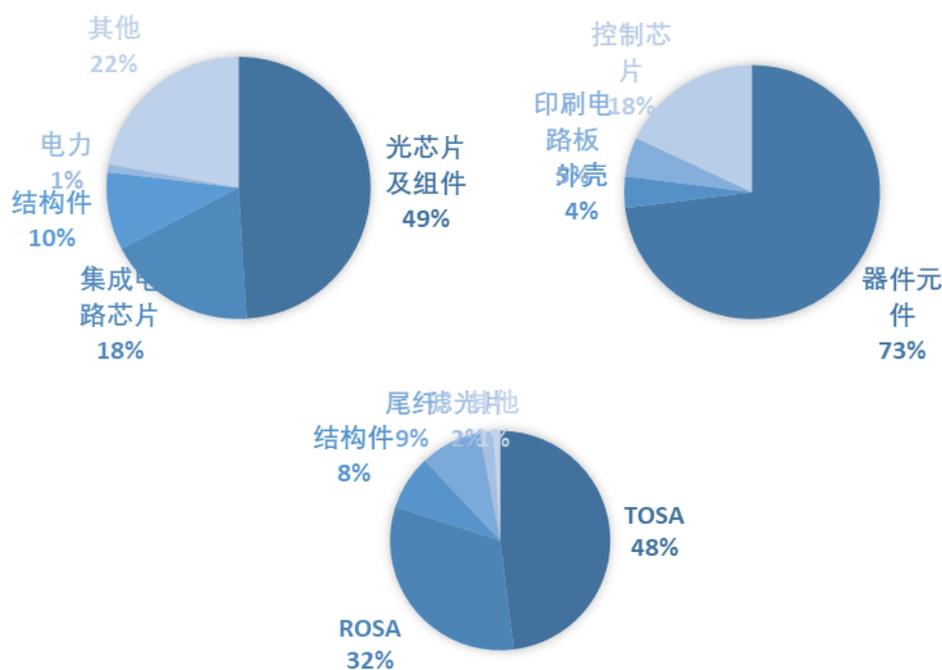


图 5 光模块成本结构占比

由上图可知，在光模块中，TOSA 及 ROSA 组件的成本约占总成本的 80%，封装成本约占光器件成本的 8%~10%，因此光器件封装成本约占光模块总成本的 8% 左右。

## 二、市场需求

### 1、国际市场及国内市场光器件需求情况

光器件市场相对于射频通信器件市场来说，市场总需求相对较小。2018 年全球光器件市场规模约为 116 亿美元，预计未来保持年化 10% 左右的增长速度。

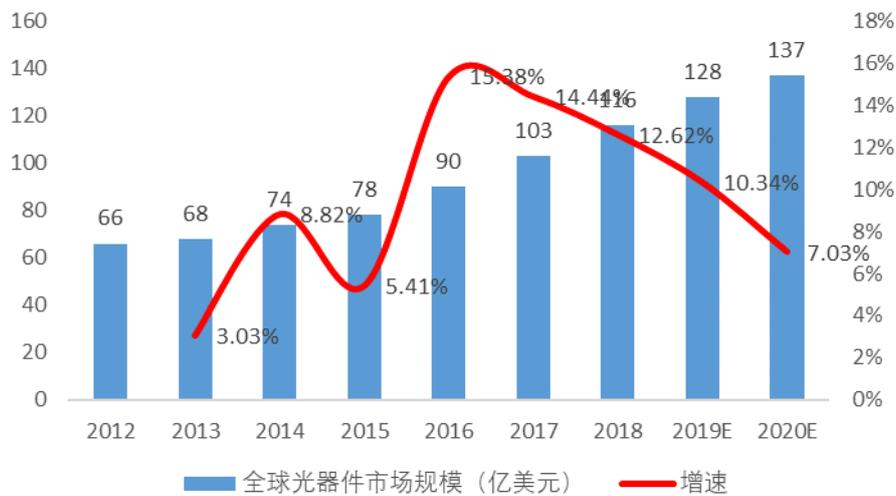


图 6 光通信器件全球市场规模

受益于国家在通信市场的大力投资，我国光器件市场规模逐年增加，国内市场需求规模约占全球总规模的 20%，同时也保持着年化 10% 左右的增长速度。



图 7 中国光器件市场规模

2、中国光器件封装市场总规模



图 8 中国光器件封装市场总规模预测

前文分析知光器件封装成本约占光器件成本的 10% 左右，因此对中国光器件封装市场总规模进行了预估，结果如图 8 所示，预计 2019 年全年的光器件封装市场规模为 2.46 亿美元，约 17.24 亿人民币，同时预测年化增长率保持 10% 左右的增长。

三、主要应用市场

随着物联网、大数据和云计算技术的飞速发展，信息交互所需要的数据通信量呈现出爆炸式增长，应运而生的光纤通信技术随之成为能够实现高速信息传输的首选技术。其中，作为支撑光学通信发展的基础部件——半导体激光器，其结构与性能也在不断被优化，以满足现代通信需求。

光模块应用可分为电信市场与数通市场

电信市场：下游应用者是运营商，通常由网络设备制造商先采购光模块，整合后再卖给运营商客户。

数通市场：下游应用者主要是互联网服务商的数据中心，如 BAT、谷歌、亚马逊等。与电信市场不同的是，互联网服务商会直接认证光模块并因此直接向光模块商进行采购。

表 2 国内光器件行业典型公司一览表

公司名称	收入规模 (亿元)	市值 (亿元)	主营业务/产品
光迅科技	49.3	209	光收发模块、光纤放大器、AWG、VMUX、

			WDM、VOA、OPM 等
中际旭创	49.9	317	数据中心用 40G/100G 光收发模块
新易盛	7.6	92	点对点光收发模块、点对多点光收发模块 (应用于 PON 领域)
博创科技	2.8	40	分路器、波分复用器、10G PON 光收发模块
天孚通信	4.4	75	陶瓷套管、光纤适配器、光收发模块组件、 OSA、光隔离器、MPO
太辰光	7.9	77	陶瓷插芯、光纤连接器、光分路器、光纤传 感器
昂纳科技	22.1	32	光收发模块、光纤放大器、WDM、VOA、 光隔离器
海信宽带	50	N/A	光收发模块、ONU、OSA、AOC
华工科技	21.7	206	光收发模块、MPO、光衰减器

电信市场和数据通信市场对光模块的性能要求不尽相同。电信光模块和数字通信光模块对应于不同的应用场景，因而在工艺和性能上有所差异，但对提升光模块性能是两种光模块厂商一致的追求。对于电信网络而言，随着 5G 的逐步落地前传光模块主要包括 25Gb/s 和 100Gb/s 两大速率类型，支持数百米到 20 公里的典型传输距离，中、回传光模块主要包括 25Gb/s、50Gb/s、100Gb/s、200Gb/s、400Gb/s 等多种速率，典型传输距离从几公里到数百公里。对于数据通信而言，在人工智能、物联网产业飞速发展时期，数据已经大量爆发，数据中心的性能也需要随着数据量的增大而升级，光模块速率将从 100G 逐步向 200G/400G 升级。

## 1、电信市场

光模块在电信市场应用分为固网端和移动端：固网端从光纤接入网联结至城域网、长途骨干网；移动端则从基站的前传联结到回传、城域网、长途骨干网。

- 1) 接入网 (Access): GPON→10GPON。
- 2) 城域网 (Metro-Regional): 10G/40G→100G。
- 3) 骨干网 (Long-haul): 100G→400G。

运营商资本开始迎来上升通道，光模块景气度有望提升。

5G 元年开启，当前政策提速信号明显，基站建设预期规模不断提高，运营商资本开支将迎来上升通道。2019 年-2022 年三大运营商资本开支预计保持年化 11% 的增速增长。每一代移动通信网

络的建设往往遵循“先铺路在应用”的逻辑，运营商在建网前中期的资本开支侧重于“大传输”（包括承载网光设备、光纤光缆、PON 设备、无源器件等）的比例会搞一些。“大传输”内部，未来两年主要驱动将来自 5G 光传送网（OTN）的建设，高速光端口的增加将带来光模块需求。

5G 承载网结构变化。

5G 引入了大宽带和低时延应用，承载网的架构、带宽、时延、同步精度等需求发生很大变化，基于 OTN 的光承载网解决方案将成为主流。5G 将原 4G 无线接入网功能模块重新拆分为 AAU、DU、CU，原 RRU 和 BBU 部分物理层功能集成在 AAU，以实现大带宽需要；原 BBU 剩余物理层与原核心网最靠近用户的用户面功能（UPF）功能将重新定义为 DU，处理物理层协议和实时服务，以实现低时延要求；RAN 非实时部以及原核心网控制面功能（CPF）将部署在 CU，便于实现云化部署。

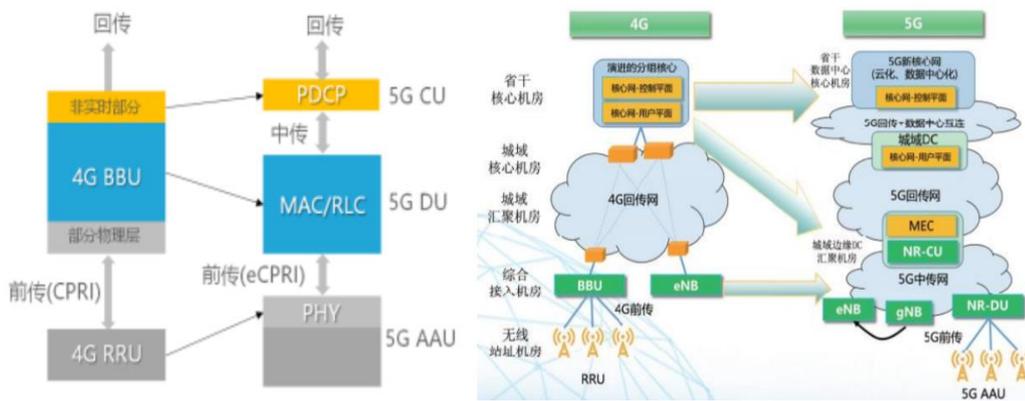


图 9 5G 承载网架构变化

AAU 与 DU 之间构成前传。DU 与 CU 之间构成中传，CU 与核心网之间构成回传。各级光传输节点之间光端口速率提升明显：前传光模块向 25G 以及更高升级，中回传光模块向 50G 及更高升级，回传和 DCI 需要 100G 及更高，核心层需要 200G 及更高。网络转发流量上，由原来流向确定的南北流量变化为南北向流量为主，东西向流量为辅。

相比于 4G，5G 的基站发生变化，从 4G 的射频拉远单元（BBU）、基带处理单元（RRU）两级结构演进到 5G 的集中单元（CU）、分布单元（DU）和有源天线处理单元（AAU）三级结构，进而衍生出前传、中传和回传 3 个网络。5G 的概念提出后，对光模块的需求大幅度增加，这个需求主要体现在两个方面：一是对光模块数量的需求，除了传统前传和回传网络中需要的光模块之外，在中传的环节，即 CU 和 DU 连接的中传环节，也需要增加新的光模块；二是对光模块速率的需求，

4G 前传主要是 6G 光模块,后逐步升级到 10G 光模块,回传在 4G 初期采用 GE,后逐步升级到 10G,而 5G 通信中仅 5G 前传就需要 25G/50G 光模块数千万只,回传速率则更高,需要 100G 的光模块,回传的汇聚层将会升级到 200G 或 400G。

光模块数量增加:(1) 5G 更高频段带来建站密度的提高,5G 时代引入大量传感器、智能穿戴设备等新接入端,单位面积接入数量合理流量密度都将大幅增长,但是 5G 受无限频谱特征影响覆盖半径比 4G 小,5G 基站覆盖密度将增大,预计建站规模将是 4G 的 1.5 倍-2 倍,使用的光通信模块数量将提升。室内小基站规模部署后,光模块用量还将更多。(2) 5G 初级采用 NSA 架构与 4G 共享资源节点,只需要实现 AAU 以及前传光模块的升级,但随着网络步入大规模成熟部署期,中传、回传以及东西向流量的增加需要更多光模块。

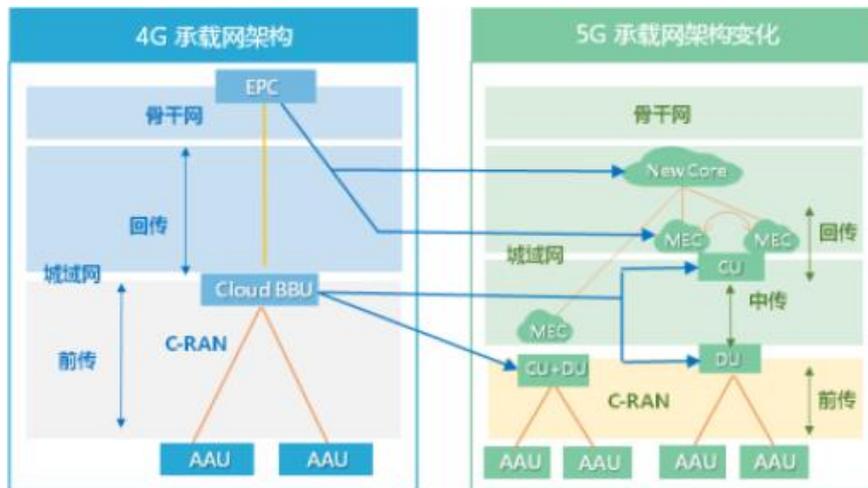


图 10 5G 承载网架构变化

### 5G 宏基站建设数量及对应光模块市场空间

假设前提:

#### 1) 速率升级

前传从 6G/10G 向 25G 升级。

回传光模块逐渐以 100G/200G/400Gbit/s 速率为主

#### 2) 价格下降:

前传: 25G 10KM 跌破 50 美元, 25G 300M 价格更低, 厂商相继推出 10G 超频方案, 带动 25G 价格快速下降。

中传：电芯片降成本早于光芯片，50G PAM4 会成为中传及 PON 网络主流模块。

回传：通常采用 200G/400G 相干光模块。

表 3 国内电信市场光模块需求

无线侧增量	2019	2020	2021	2022	2023
宏基站建设数量 (万座)	20	100	120	120	100
小基站建设数量 (万座)	40	200	240	300	300
接入层 (BBU) 数量 (万个)	13	67	80	90	83
宏基站光模块数量 (万只)	240	1200	1440	1440	1200
小基站光模块数量 (万只)	40	200	240	3001	300
接入层 (BBU) 光模块数量 (万只)	280	1400	1680	740	1500
25G 光模块价格 (元/只)	550	467.5	411.4	370.3	333.2
10G 光模块价格 (元/只)	150	127.5	112.2	101.0	90.9
宏基站光模块规模 (亿元)	13.2	56.1	59.2	53.3	40.0
小基站光模块规模 (亿元)	0.6	2.6	2.7	3.0	2.7
接入层 (BBU) 光模块规模 (亿元)	13.8	58.7	61.9	56.3	42.7
市场新增空间 (亿元)	27.6	117.3	123.9	112.7	85.4

## 2、数通市场

数据流量持续增长、数据中心大型化、扁平化趋势推动光模块向两方面发展：传输速率需求升级、数量需求增长。目前全球数据中心光模块需求已经 10/40G 光模块向 100G 光模块更迭。

超大规模数据中心增加，高速率叶脊架构是主流。超大规模数据中心具有更低的 PUE 和更先进的 NFV 管理架构，将成为未来大型云数据中心的主流。根据 Cisco 预测，到 2021 年全球将有 628 个超大规模数据中心，是 2016 年的近 1.9 倍，占据近 50% 的数据中心服务器份额。扁平化的叶脊架构 (Leaf-Spine) 成为新建的超大规模数据中西主流架构，叶脊架构里每个叶交换机都要跟脊交换机连接，带动了数据中心内东西向流量的交换机的数量上升，也带动了交换机端口速率的上升，从而对于叶脊构架的数据中心而言，整个高端光模块的使用数量是传统架构的数十倍。

根据传输距离划分，光模块在数通市场主要可分为：

1) <20m：光模块主要用于机柜内部的服务器和 TOR 交换机互联，目前数据速率以 10G、25G 为主，正向 50G 或 100G 过渡。实现方式以 DAC（直接连接的铜线电缆）或 AOC（有源光缆）电缆为主。

2) <500m: 主要用于数据中心同一机房内叶到脊交换机的互联。目前数据速率以 40G、100G 为主,正在向 400G 过渡。其中 100m 以下的短距离主要以 850nm 的多模(MM)光纤为主;100m~500m 距离主要以 1310nm 波长的单模(SM)光纤为主,出于成本考虑主要采用并行单模(PSM)技术。

3) <10km: 主要用于数据中心楼宇间交互及或路由器的互联。目前数据率以 100G 为主,正向 400G 过渡。这个距离上光纤的成本渣比已经较大,因此多擦用波分复用技术在单根光纤上传输更多路信号,以 1310nm 波长的粗波分复用(CWDM)技术为主,部分短距离(500m~2km)场合仍可使用 PSM 技术。

4) >10km: 主要用于多个数据中心间的互联(DCI)。目前实现方式以 100G+DWDM(密集波分复用为主),未来 80km 以上主要采用 400G 相干通信+DWDM,80km 以下也有采用 PAM4+DWDM 的实现方式。

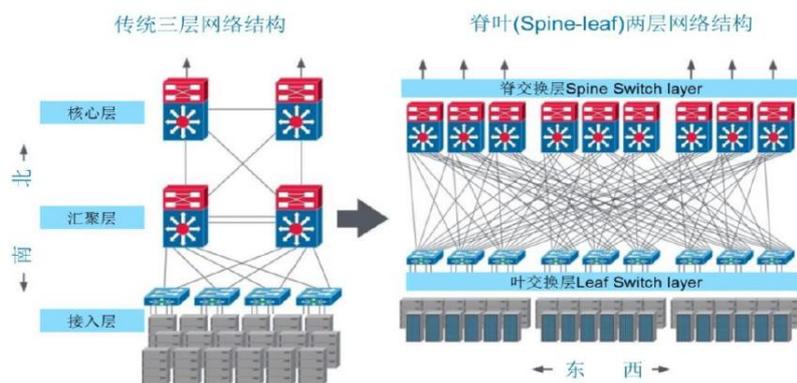


图 11 数据中心叶脊拓扑架构

全球光器件龙头 OCLARD, 2016 年起, Amazon、Google 等北美一线云服务提供商服务器端口开始由 10G 向 25G 升级、叶、脊交换机端口由 40G 向 100G 升级、2018 年开始部署 200G/400G 产品。

由于承载网环节增加, 各级光传输节点端口速率提升明显, 前传光模块速率将以 25G 或以上为主, 中传光模块速率以 50G/100G 为主, 回传光模块速率趋向 100G 或以上, 核心层速率或大于 200G, 将大幅增加光通信产业链(光纤光缆-光模块-光设备)的市场需求。此外, 在网络转发流量上, 将从只有确定的南北向流量变化至以南北向流量为主, 东西向为辅, 将需要更多光模块。

预测依据工信部《全国数据中心应用发展指引(2018)》, 17 年国内机架 166 万, 假设 18-19 年增速 20%, 之后增速为 25%-30%。叶脊构架占比逐渐提升, 400G 会逐渐对 100G 形成替代, 100G

替代 40G，10G 光模块会向 25G 演进。国内叶脊构架占比提升速度略小于全球，国内光模块产品结构低一些，高端光模块对低端光模块的替代速度会更慢。10G 光模块价格逐年下降 10%，10G 以上高端光模块价格逐年下降 20%。

表 4 国内数通市场光模块需求

	单位	2019	2020	2021	2022
国内新增数据中心机架数	万座	29	33	46	60
新增服务器数量	万个	678	1078	1774	2418
10G&25G 光模块数量	万只	2864	4519	7378	9982
40G 光模块数量	万只	27	26	15	12
100G 光模块数量	万只	157	325	612	950
400G 光模块数量	万只	6	36	86	162
10G&25G 光模块价格	美元/只	50	45	41	36
40G 光模块价格	美元/只	200	160	128	102
100G 光模块价格	美元/只	160	128	102	82
400G 光模块价格	美元/只	625	500	400	320
市场增量	亿美元	17.8	26.7	39.8	49.5

#### 四、光器件的封装

光模块主要用于实现电-光和光-电信号的转换，通常由光组件 OSA、驱动短路和光、电接口等组成，其中光组件 OSA 为核心。光组件包括光发射组件 TOSA（含激光器）、光接收组件 ROSA（含探测器）、双向光组件 BOSA 或者光学引擎等。光发射组件内一般包含激光二极管、背光检测二极管、耦合部件、TEC 以及热敏电阻等元件；光接收组件内一般包含光电探测器（PIN 或者 APD）、跨阻放大器（TIA）、耦合部件等元件。在发送端，一定速率的电信号经驱动芯片处理后驱动激光器（LD）发射出相应速率的调制光信号，通过光功率自动控制电路，输出功率稳定的光信号，在接收端，一定速率的光信号输入模块后由光探测器（PD）转换为电信号，经前置放大器后输出相应速率的电信号。

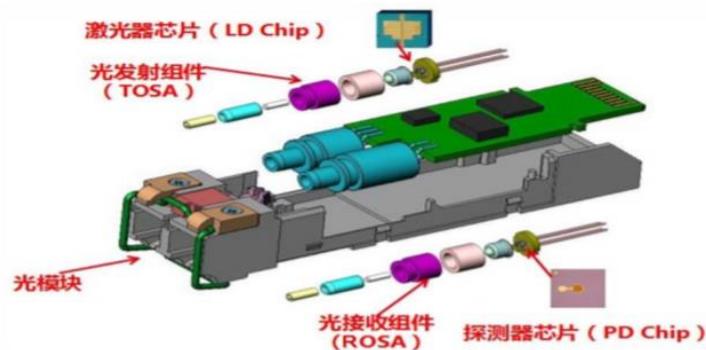


图 12 光模块结构示意图

从光模块的封装来看，光收发组件的封装是核心和壁垒所在。从封装工序来看，首先将 LD (Laser diode 用于光源发射光信号)、封焊管体、陶瓷插芯、陶瓷套管、适配器等元件封装即可组成 TOSA。将 PD (Photo Detector 用于接收光信号并转化为电信号)、适配器、封焊管体、闭口套筒等元件封装可组成 ROSA，再把光接收组件 (TOSA、ROSA) 封装成光模块。

光收发组件的封装工艺线路目前主要包括气密封装、非气密封装等，气密封装包括 TO-CAN 同轴封装、蝶形封装等形式，IC 产业中非气密封装技术包括 COB 等。气密封装的优点就是使用能完全防止液体或固体侵蚀的封装材料（金属、陶瓷和玻璃）及工艺，缺点是组装工艺较长、部件较多、成本较高等，同时使得光子集成（光混合集成或者硅光等）较困难，不能满足当前数通市场迅速发展的需求。非气密封装的前提条件是光芯片必须满足非控制环境下的可靠性要求条件，要在光器件中使用 IC 产业的非气密封装技术，还必须提高各种封装方法的可靠性。

**TO-CAN：**将激光二极管、光电探测器等有源部分密闭封装，其它的元部件集成在其中一起，在 TO-CAN 封装的基础上，又会配套耦合和接口部分，整体上成为同轴型的封装结构。

**蝶型封装：**将激光器或者探测器管芯直接安装在一个子装配上，然后再粘接到一个更大的基底上面以提供热沉，上面可能还有热敏电阻、透镜等元件，这样的单元一般称为光学子装配，在此基础上连接耦合和接口系统，整体上都形成了蝶形封装结构。

**COB：**该封装最开始使用在半导体封装领域，是一种将裸芯片用导电或非导电胶粘附在互连基板上，然后进行引线键合实现其电气连接的封装技术。之后被引入到 LED 的封装技术中，可以很好地降低制造成本，节约空间，并且解决 LED 的散热问题，提高发光效率。在传统的 COB 基础上，将原来独立的驱动器与发光体进行整体式集成所形成的 LED 产品就是所谓的光引擎，光引擎

非常适合在结构紧凑、空间有限的产品中使用。

### 1、光器件主要的封装形式介绍

TOSA、ROSA 的封装工艺路线有以下几种：1) TO-CAN 同轴封装，激光器、探测器封装成 TO-CAN，再由 TO-CAN 封装成 TOSA、ROSA。2) 蝶形封装，因其外形而得名，通常用于长距光通信系统中，如 EML 激光器的封装，对激光器的稳定性和可靠性要求较高时，需加制冷控制激光器温度。3) COB (Chip On Board) 封装，从 IC 工业嫁接而来的封装工艺，通过胶贴片工艺 (epoxy die bonding) 将芯片或光组件贴装在 PCB 上，再金线键合 (wire bonding) 进行电气连接，然后通过透镜完成光纤和光芯片之间的耦合，最后顶部滴灌胶封，该工艺的优点是便于实现自动化。4) BOX 封装，属于蝶形封装，用于多通道并行封装。

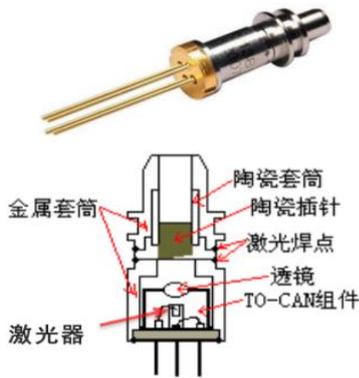


图 13 TO 封装

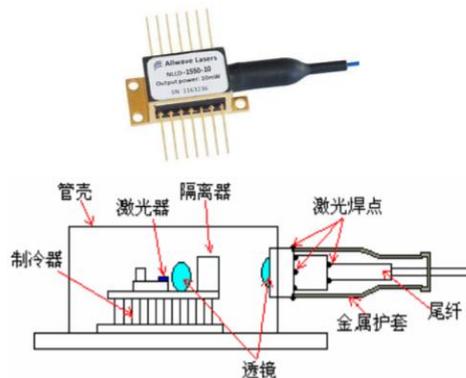


图 14 蝶形封装

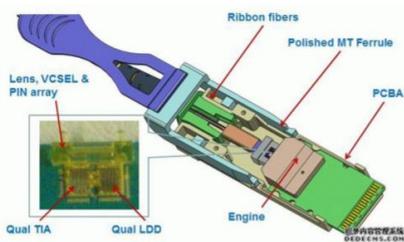


图 15 COB 封装

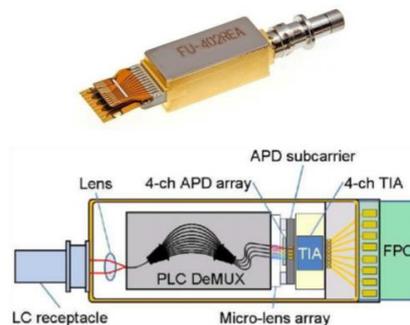


图 16 BOX 封装

#### (1) TO 封装激光器

TO 封装，即 transistor outline 或者 through-hole 封装技术，原来是晶体管器件常用的封装形式，

在工业技术上计较成熟。TO 封装的寄生参数小、工艺简单、成本低、使用灵活方便，因此这种结构广泛用于 2.5Gb/s 以下 LED、LD、光接收器件和组件的封装。TO 管壳内部空间很小，而且只有四根引线，不可能安装半导体制冷器。近年来，随着近光器阈值的降低，对于许多应用，例如短距离同轴和背板间的连接，无制冷 TO 封装激光器获得了越来越广泛的应用。由于在封装成本上的极大优势，封装技术的不断提高，TO 封装激光器的速率已经可以达到 10Gb/s，近年来高速 TO 形式封装激光器越来越受到人们的关注。

TO 管壳所用的材料主要为不锈钢或可伐合金。整个结构由 TO 管座、内套、透镜座、外套以及内部光学系统组成，结构上下有一致的同心度。

根据与外部的光学连接方式，TO 封装可以分为插拔式封装（pluggable）、窗口式封装（window-can）和带尾纤（pigtailed）的全金属化耦合封装等三种形式。

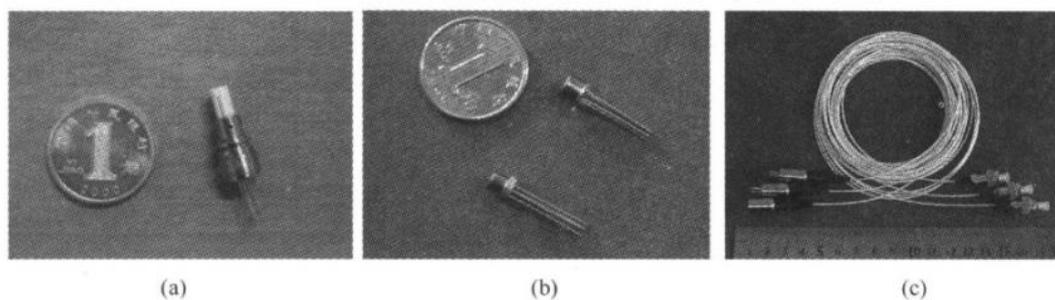


图 17 TO 的外部连接方式

(a) 插拔式；(b) 窗口式；(c) 带尾纤式

通常 TO 封装激光器的管壳内部有一个激光器芯片 (LD) 和一个背光探测器芯片 (monitor PD)，管脚引出常见的有四脚和三脚两种。

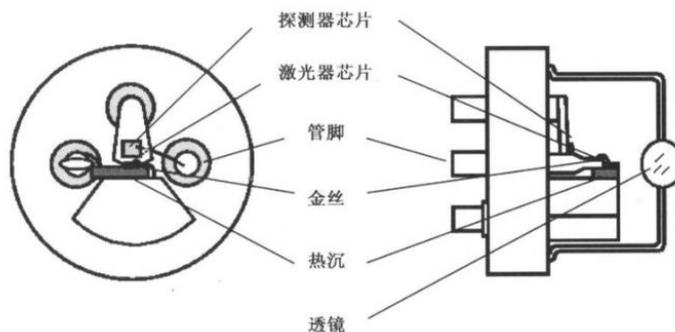


图 18 窗口式 TO 封装激光器的内部结构

上图给出了窗口式 TO 封装激光器的内部结构。激光器芯片烧焊在载体上，激光器发出的光经过透镜聚焦，投射到外面的光接收器件，激光器通过金丝连接在两个管脚上，调制信号和偏置电流都用过这两个管脚。管座上的探测器检测激光器的工作状况。探测器可接收到激光器背面发出的光，产生光电流。当激光器的发光强度随着外界环境的变化而产生变化时，那么探测器产生的光电流也会变化。通过外电路的负反馈作用，控制激光器的偏置电流，使得激光器工作状态稳定。探测器用金丝与另外两个管脚相连。在三条管脚的 TO 封装中，探测器和激光器必须公用一个接地管脚。

## (2) 蝶型封装激光器

TO 激光器一般应用于低速率、短距离的光传输系统，而对于高速率、长距离的传输系统，如果采用调制式的 DFB 激光器作为光源，必须使用热敏电阻和制冷器组成的温控电路来保证激光器工作在比较稳定的温度和状态下。TO 管壳因为内部空间和管脚数目的限制，难以满足 DFB 激光器的封装需要，而体积稍大一些、带制冷器的蝶形管壳就成为了理想的选择。传统的蝶型管壳共有 14 条管脚引线，整个外形近似于蝴蝶，因此被称之为蝶型封装（butterfly）。

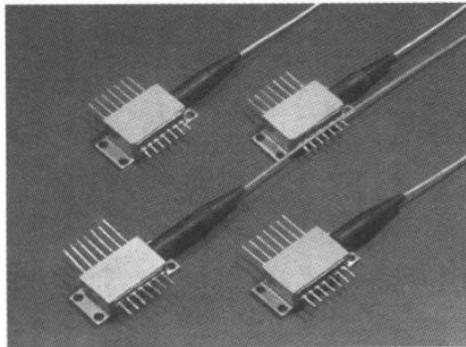


图 19 14 脚的蝶型封装激光器

蝶型管壳和 TO 管壳相比，其中除了包括激光器芯片和背光探测器芯片，主要还引入了热敏电阻和制冷器，热敏电阻紧贴激光器芯片放置，实施检测激光器芯片的温度，然后反馈给外电路控制芯片，驱动制冷器工作来调节激光器温度，使之保持在一个恒定的范围内。此外根据光发射模块中不同激光器驱动芯片的输出阻抗，在激光器芯片的交流回路中需要串联一个电阻来实现阻抗匹配。此外，在激光器芯片的直流偏置回路中需要串联一高频电感，其理想作用是对偏置电流短路而对交流调制信号开路，隔离直流偏置支路对交流回路的影响，但是通常实际使用的电感不够理想，从而会对交流回路和调制特性造成影响。

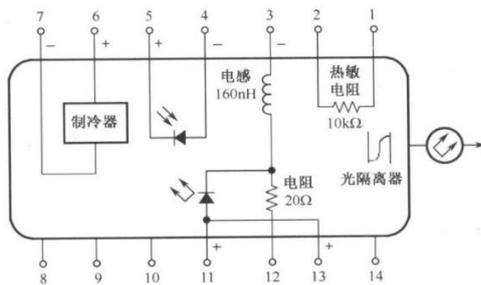


图 20 14 脚蝶型激光器的管脚定义

表 5 14 脚蝶型激光器的管脚定义

管脚序号	管脚定义	管脚序号	管脚定义
1	热敏电阻	8	未定义
2	热敏电阻	9	未定义
3	激光器阴极	10	未定义
4	背光探测器阳极	11	激光器阳极
5	背光探测器阴极	12	交流信号端
6	制冷器阳极	13	激光器阳极
7	制冷器阴极	14	未定义

(3) 气密小室封装 (BOX) 和子载体封装激光器

通常激光器、探测器等光电子芯片需要在氮气保护环境下工作，因此无论哪种封装形式都必须考虑气密性。对于某些特殊用途的模块，封装管壳通常根据用户的要求设计，其结构不规则，外形尺寸比较大，模块内部往往包含有其他功能和电路。如果对模块进行整体气密封装 (黑色区域)，光电子芯片和电子芯片都在其中，存在相互干扰和影响，气密工艺复杂而且成本较高。

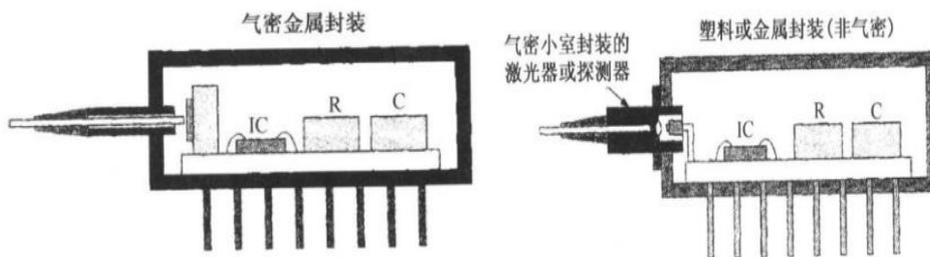
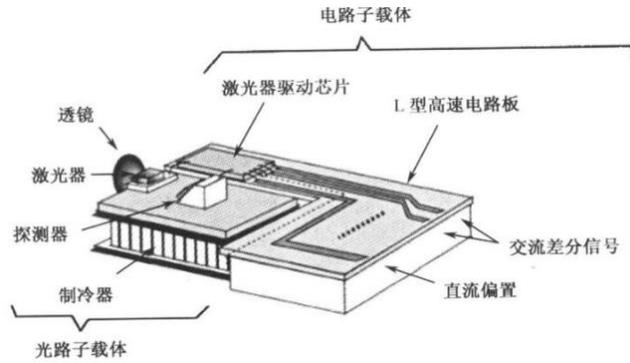


图 21 (a) 整体气密封装模块

(b) 气密小室封装模块



(C) 子载体封装激光器

但是如果将核心部分即光电子芯片用气密小室（capsule）封装技术实现局部气密封装（hermetic），如上图（b）黑色区域，其他电子芯片采用非气密封装，这样就可以大大降低气密的难度，提高模块的气密可靠性。

采用常规电路板制备技术，难以保证模块的高频性能和热稳定性。通常模块内部的电路和芯片中只有部分具有高频要求，其他控制电路都工作在较低的频率，而且激光器需要考虑散热问题，因此没有必要将整个电路都制备在绝缘性能和导热性能好的高频基片上。基片材料价格高是一方面，由于采用特殊制备工艺，电路制备成本将大大提高，更困难的是在这些基片材料上制备多层电路，这样会导致模块成本增加，结构尺寸增大。采用子载体封装激光器可以解决这个问题。采用气密小室封装和子载体封装激光器还可以解决光电集成（OEIC）模块中电隔离问题。对于多信道光模块，采用气密小室封装和子载体封装激光器是非常好的解决方案。

#### (4) COB 封装

COB（Chip On Board）封装最开始使用在半导体封装领域，是一种将裸芯片用导电或非导电胶粘附在互联基板上，然后进行引线键合实现其电气连接的封装技术。之后被引入到 LED 的封装技术中，可以很好地降低制造成本，节约空间，并且解决 LED 的散热问题，提高发光效率。在传统的 COB 基础上，将原来独立的驱动器与发光体进行整体式集成所形成的 LED 产品就是所谓的光引擎，光引擎非常适合在结构紧凑、空间有限的产品中使用。

据调研数据显示，2014 年中国 LED 光引擎市场规模不足 1 亿元，2015 年中国 LED 光引擎市场规模快速增长至 2.18 亿元，到 2017 年中国光引擎市场规模约 28 亿元。国际市场上，首尔半导体、Lumens、晟碟都在大力推动光引擎的发展。光引擎在 OSA 中有着巨大的应用空间，一些光器

件开发商例如 AOI 都在光引擎领域有所布局。

在电路设计上，光收发一体模块主要采用专用集成电路构成，也有直接在 PCB 板上绑定芯片的形式（COB: chip on board）。COB 的生产过程是将集成电路芯片用含银的环氧树脂直接粘结在电路板上，并经过引线键合，再加上适当抗垂流性的环氧树脂或硅烷树脂将 COB 区域密封，这样可以省掉集成电路的封装成本，但使用这种封装的模块生产工艺复杂，且可靠性不高。



图 22 COB 封装

## 2、TO-CAN 封装、BOX 封装和 COB 封装的应用场景

对于 25G 及以下速率的光模块而言，采用单通道 TO 或蝶形封装，有标准的制程和自动化设备，技术壁垒较低，竞争点在于规模和成本，国内有不少公司可代工生产该速率范围的光模块。

电信市场由于室外复杂应用环境，要求光模块能够满足 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 工业级温度范围，同时要求气密封装，以同轴封装和 BOX 为主。

但是数据中心的服务器、交换机等设备置于温度可控的室内环境，对光模块的封装要求降低，海量级的需求迫使云厂商必须注重光模块成本控制好。

受制于激光器速率，40G 及以上速率的高速光模块需多通道并行实现，40G 由  $4*10\text{G}$  实现，100G 由  $4*25\text{G}$  实现（ $10*10\text{G}$  逐渐被淘汰），均需采用并行封装。从 10G 向 100G 跨越，至少面临并行光学设计、高速电路设计和热设计门槛。

1) 与 10G 不同，40G 封装设计多通道并行光学设计，在 QSFP+ 的小封装里绝非易事，具备 10G 封装能力的厂商向 40G 突破需跨越并行光学设计门槛；2) 而从 40G 到 100G，电磁环境变得越来越复杂，电磁串扰问题突出，面临高速电路设计门槛；3) 同时，随着芯片集成度的提高和模块体积的缩小，单位体积内的功耗不断增大，导致发热量增加和温度的急剧上身，而元器件的失效

率与其结点温度成指数关系，从而对光模块内部组件进行合理的热设计也很关键。

电信级高速光模块主要采用 BOX 封装工艺，数通高速光模块主要工艺路线有 COB 封装、BOX 封装、Mini Tosa/Rosa。在 4G 时代，最初厂商都是用传统电信的 BOX 封装（气密封装），BOX 封装封装成本高昂（仍然有厂商采用，个别厂商将气密的 BOX 改成非气密的 BOX），后苏州旭创引入了 COB 封装（非气密封装），省去 BOX，降低成本，同时提高了电气和热性能，成为数通高速光模块主流封装路线。Mini Tosa/Rosa 封装主要是台系厂商 AAOI 在引领。

对于数通 100G 光模块做出个别样品容易，然而要实现量产还是有技术难度，同时数据中心市场对成本比较敏感，还要考虑技术的经济性，技术工艺是第一道坎，后面还面临量产和成本的考验。目前，国内外很多公司推出 100G 样品，但多数并没有真正在实现量产。

虽然 COB 封装早已广泛应用于消费电子类的封装，但是旭创首创性地将 COB 封装用于数通光模块，中际旭创是业界第一个把 COB 封装用到数据中心光模块的公司。COB 是一种非气密封装技术，原理是通过胶贴片工艺（epoxy die bonding）先将芯片或光组件固定在 PCB 上，然后金线键合（wirebonding）进行电气连接，最后顶部滴灌胶封。COB 封装自动化程度较高，适合大批量生产，尤其适合在短距离数据通信使用 VCSEL 阵列的情况，因此目前已经成为数通光模块的主流封装路线。目前苏州旭创已经实现了全系列光模块的 COB 封装，全面领先于竞争对手。

### 3、COB 封装的优势

规模优势：规模优势可以有效提升封装环节的毛利率：（1）大规模量产适合 COB 等自动化程度较高的生产线，有效降低人工和流水线管理成本；（2）规模优势分摊了固定成本，从而享受更高边际利润率；（3）规模优势可以积累更丰富的产线调试和工艺经验，从而实现更高的良率；（4）有相对强的议价能力。

过去认为，COB 可以有效节约成本。但是当传统的模式生产达到高数量时候，两个生产模式下的物料和制程成本或许都不占优。也许我们应该更仔细地分析成本的细微差异，可是，由于光通信有限的数量需求和市场被多家分享，导致任何一个公司都无法捕捉海量订单。当每一件事情都走向边际效应的时候，产品成本不会产生本质不同，因为 COB 模式要解决的关键性仅是：规模效率。还有一个可能更重要的认知：客户是否感兴趣细微的成本差异。或许客户不断在权衡的是：品牌，

可靠性，功能和长期性。

从性能、成本和应用的角度来比较，COB 或将来成为 LED 封装的主流方向。COB 封装（板上封装）是将 LED 芯片直接固晶焊线在 PCB 板上，再用封装胶对 LED 芯片进行包封。COB 封装工艺优势在以下几方面：

**更高的可靠性：**SMD 工艺路径需要先将 LED 芯片封装成期间之后在通过回流焊的方式焊接在 PCB 板上；COB 工艺路径不需要该步骤，而是直接将 LED 芯片贴装在 PCB 电路板上，避免了 SMD 回流焊，良品率高，售后维护成本低。

**更好的防护性：**传统的 SMD 工艺路径下封装器件与 PCB 板之间的焊脚裸露，防护性交叉；COB 工艺路径在将 LED 芯片贴装在 PCB 电路板厚，再以光学树脂覆盖固定形成保护外壳，具有更高的防护性、可靠性和适应性。

**更低的成本：**COB 封装产品省去了支架成本、回流焊成本，而这两项成本在 SMD 产品中成本占比大。

#### 4、COB 技术路线

COB 在封装层面实现自动化规模制造优势。传统的 TO-CAN 同轴封装在 40G/100G 多路平行封装上遭遇器件的体积密度瓶颈。近年来，COB（Chip On Board）技术从消费电子产品逐步被应用到光器件及模块的封装生产线上，通过 IC 贴装、金丝键合、阵列透镜贴装、密封胶、阵列光纤耦合、封胶固化等工序实现大批量自动化生产，有利于发挥规模优势，但需要具有优势的良率，比较适合对温宽要求不高的数据中心市场。

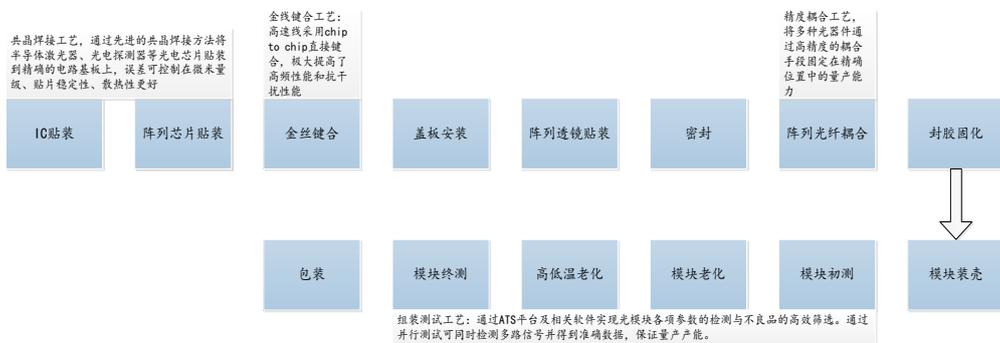


图 23 COB 封装工艺提高了光模块生产的自动化水平

## 5、封装及其步骤

封装主要是将芯片、半导体制冷器和热敏电阻等一系列光组件的元件集成起来，并通过内部电路和外部管脚的连接，实现各元件之间的电路连接以及内部组件和外部电路的连接。由于各元件尺寸很小，且用于各元件电路连接的金丝很细，如果将其暴露在外界，则很容易使金丝断掉或元件损坏，所以将各元件封装在一个管壳内，可以对各元件和元件之间的电路连接起到保护作用。除此之外，由于封装一般在氮气环境下进行，且封装好的器件会有一定的密封要求，可以避免空气中的水汽等对器件的损坏，保证了器件的使用寿命。

起初，人们寄往通过改进芯片来提高光器件的性能，比如提高 LD 芯片发光功率、提高芯片灵敏度和响应度、减小芯片尺寸等。随着芯片的不断改进，只通过改进芯片已经无法实现器件性能的提升，此时人们开始关注光器件的封装。

由于光器件尺寸很小，所以对于光器件而言，封装是必要的。此外，由于好的封装可以使芯片性能更加稳定，封装对于光器件有十分重要的意义。第一，在贴片过程中，由于芯片、焊料和热沉的材料不同，热膨胀系数也不同。器件工作时产生的热量会使芯片、焊料和热沉发生形变，如果三者之间热膨胀系数不匹配，则会导致芯片脱落，器件损坏；第二，在引线键合过程中，清洗不符合要求或者打线质量差，则会降低金线的可靠性，有金线断掉的风险，同样会导致器件损坏；第三，器件的散热是十分重要的问题，封装设计中需要特别注意；第四，在高频设计中，需要特别考虑金线引入的寄生参数问题。总而言之，好的封装对于光器件性能的发挥和其稳定性有十分重要的意义，对于高速器件，封装则有更加重要的地位。

由于 TO 封装的成本低廉、结构简单紧凑、体积小等优点，同时多数光接收器件不需要集成散热器，目前高速光接收器件采用 TO 封装形式。但对于某些对光接收器件稳定性要求较高的情况而言，由于芯片对温度比较敏感，现在 TO 封装也实现了散热器的集成，所以有些高速光接收器件也继承了散热器。经 TO 封装后的光接收器件可以直接作为光探测器使用，也可以进一步安装在光发射接收组件内，实现发射和接收的一体化。

光器件的封装包括光学准直部分和电路部分，通常由不同的子部件构成。子部件的结构通常有两种，一种是激光二极管、光电探测器等有源部分都封装在密闭型的管壳内，最常见的是 TO-CAN 结构；另一种是激光二极管、光电探测器的管芯先安装到一个子装配上，再将这个子装配粘接到一

个更大的热沉基底上面，基底上可能还会有透镜、热敏电阻等原件，这种形式叫做光学子装配（Optical Sub-Assembly, OSA）。按照器件功能分类，OSA 可以分为发射电子光学子装配（Transmitter Optical Sub-Assembly, TOSA）、接收光学子装配（Receiver Optical Sub-Assembly, ROSA）和双向收发光学子装配（Bi-directional Optical Sub-Assembly, BOSA），光学子装配一般安装在半导体制冷器上，或者直接粘接在管壳底座上。

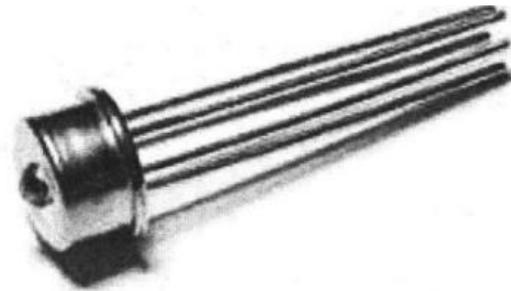


图 24 TO-CAN 实物图

上图为 TO-CAN 的封装实物图。TO-CAN 的管帽上装有透镜或玻璃窗，管脚一般采用“金属-玻璃”形式密封。TO-CAN 形式封装的部件通常用于更高一级的装配，比如加上光路准直部分和外围驱动电路部分，构成光发送模块、光接收模块或收发一体模块。

在接入网中，低成本、小尺寸的同轴结构封装 10Gb/s 光接收组件起着非常重要的作用。对于光纤通信来说，用到的光电探测器是光电二极管型。按照光电二极管的结构分类，运用于高速场合的主要是 PIN 光电二极管、雪崩光电二极管 APD 和肖特基势垒结，最常见的是基于 TO 封装的 PIN 和 APD，结构图如下：

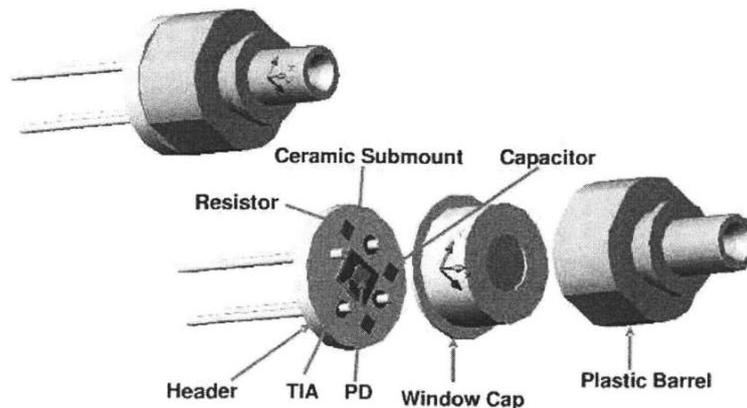


图 25 TO 封装光接收器件结构图

上图中 PD 为光电二极管 (Photodiode)，根据对器件工作不同，可使用 PIN 探测器芯片或 APD 探测器芯片，用来检测产生的光信号；TIA 为跨阻放大器 (Trans-impedance Amplifier)，一方面对产生的光电流信号进行放大，另一方面把光电流信号转换为电压信号输出；电容 (Capacitor) 和电阻 (Resistor) 主要是为了实现阻抗匹配，从而提高器件的高频性能。

整个封装过程包括器件封装结构的设计和封装工艺的确定。

在设计 ROSA 封装结构时，需要关注 ROSA 高频寄生参数的影响。对于 ROSA 而言，在高频调制下，金丝和管壳会引入寄生参数。寄生参数会对电路带来影响，从而降低器件的整体性能。

## 6、光电芯片封装的挑战

据工信部表示：5G 系统将于 2020 年实现商业化，在制定标准的进程中，25G/100G 光模块得到大多数运营商的肯定。研究人员不断改良半导体材料的特性，研制满足速率标准的、更集成化、小型化的半导体光模块，大幅度提高了数字信号和模拟信号的传输质量。

高速光模块的开发需要经过 3 个流程：芯片设计与制造、高频电极和电路设计、光电子器件封装和测试。人们以往认为提高高频响应特性的关键在于芯片的设计与制作，这其实忽视了封装设计的重要性。然而封装作为模块实用化的最后一步，也是关键的一步，对器件能够实现良好额高频响应有着至关重要的意义，失败的封装设计将会导致器件的性能大大降低，甚至不能使用，让前期制备工作功亏一篑。如今，模块的微波封装测试技术作为微波光电子学领域的重要研究课题之一，已经成为研究者们争相开发的新技术。

单管光模块的封装已经具备良好的基础，但是多通道光模块封装技术的发展还比较缓慢，存在电串扰大、光耦合效率低、装配工艺精度低、模块体积大等为题，因此在 5G 应用中，更高速单管模块封装和多通道光模块封装是研究的重点。

对于单个器件和阵列器件的封装，应考虑以下几个方面：

如何设计高效的光耦合系统以及温控系统；

单管器件向高速率大带宽发展时，如何利用封装带来的寄生效应补偿芯片的不足。

阵列器件向小型化、集成化发展时，如何实现在有限空间内完成多路微波信号的馈入，以及完成结构变换、模场匹配等复杂的结构设计。

## 7、焊接和耦合封装

在装配过程中元器件的焊接是按照元器件自身特性采用不同熔点的梯度焊料（solder）先后进行焊接（soldering），通常先用高熔点且与管芯材料相匹配的焊料将管芯安装到衬底材料商，再用低熔点焊料装配半导体热电制冷器（thermoelectric cooler, TEC）等有特殊要求的元部件。地域与光耦合部分，光学元件的设计要求，既要满足高的光耦合效率，以增大光输出功率，又要注意减少反射，因为高频状况下光反射会引起激光器的强度噪声、脉冲失真和相位噪声，所以高频状况下经常选用镀增透薄膜的透镜与隔离器。最后采用激光焊接（laser welding）固定机械与光学元件。

耦合与焊接工艺流程需要在超净及防静电条件下进行，以防止元器件收到污染或被静电损伤，尤其激光器管芯烧结过程需要在氮气保护下进行，以避免激光器的腔面被氧化影响到使用寿命。对于蝶型或双列直插封装形式，采用平行缝焊机（parallel sealing）在充满氮气环境下封盖是最后一道封装工序，而同轴（TO）封装形式，则先采用储能焊机（capacitive discharge resistance welding system）在氮气保护环境下封盖，再用激光焊接进行光耦合。完成以上的耦合和焊接封装后需要进行可靠性能检验，合格后才可交付使用。

## 五、光器件发展趋势

光通信技术研究主要以高速率、大容量为发展方向。相应的，高宽带、小型化、低成本成为光器件发展的必然要求。就目前光模块的发展趋势来讲，主要向着高速率、小型化、低成本、低功耗、远距离方向发展。

高速率，即要求光器件的传输速率越来越高，目前由 10G/40G 向 100G/400G 发展。当今时代，人们对信息量的要求越来越大，对信息传递的速率也要求越来越快，作为现代信息交换、处理和传输主要支柱的光通信网络，一直不断向超高频、超高速和超大容量发展，传输速率越高、容量越大，传送每个信息的成本就越低。近年，基于标准化的 40G 和 100G 光模块赢得了系统供应商的广泛兴趣和高度重视。目前欧美、日本等全球排名前列的光器件公司都在竞相研发 100G/400G 高速光模块产品，并逐步占领市场。

小型化，即要求光器件向高度集成化、小型化封装方向发展，物理体积要小，但功能还要全面。

光通信市场竞争越来越激烈，通信设备要求的体积越来越小，接口板包含的接口密度越来越高。为了适应通信设备对光器件的要求，光模块正向高度集成的小封装发展。高度集成的光电模块使用户无须处理高速模拟光电信号，缩短研发和生产周期，减少元器件采购种类，减少生产成本，因此也越来越受到设备商的青睐。

低成本、低功耗，即要求光器件降低成本，提高成品率，采用低电压等方式降低能耗。目前。光通信设备的体积越来越小，接口板包含的接口密度也越来越高，这就要求光器件向低成本、低功耗的方向发展。据了解，当前光器件一般都采用混合集成工艺和气密封装工艺，下一步的发展方向将是非气密的封装，需要依靠无源光耦合等技术进一步提高自动化生产程度，降低成本。

光芯片和光组件是制造光器件的基础元件，其中芯片占据了技术与价值制高点，国内仍然薄弱；光组件主要包括陶瓷套管/插芯、光收发接口组件等，现阶段中国是光组件产业全球最大的生产地，市场竞争激烈。将各种光组件加工组装得到光器件，多种光器件封装组成光模块。

封装形式的多样化，使得产业链整体将发生较大的变化，

在只有同轴封装时代，光模块厂商往往倾向于芯片厂商的 IDM 模式，从外部采购芯片，无源器件等原材料，自己进行封装测试，并形成最终光模块产品。但是，随着光模块应用场景的丰富，光模块封装类别及形式都在发生较大的变化，光模块厂商，尤其对于一些海外的光模块厂商，更加愿意把光器件前端光学部分的耦合及封装外包委托出去，这样一方面可以降低自己的投资成本，不需要各种封装形式都逐个投入，另一方面，也可以让专业的器件封装厂商发挥自己春哥不能和工艺平台的优势，提高产品良率，降低产品成本。

## 六、国内光器件封装厂家

光收发组件的主要供应商包括 Finisar、Kaiam、博创科技、新易盛、武汉昱升、天孚通信、海信宽带、华拓光通信、储翰科技（新三板）等，其中 Finisar、Kaiam、博创科技、新易盛、武汉昱升目前已经可以供应 40G 及以上的光收发组件，其余厂商主要供应 10G 及以下光收发组件（天孚通信正在研发高速组件）。

## 1、天孚通信

主营业务包括光通信领域光器件的研发设计、高精制造和销售业务，高速光器件封装 ODM/OEM 业务等。

公司依托产业链垂直一体化整合能力，以“高端光源器件整体方案”和“高速光器件封装 OEM”两大业务板块为基础，战略定位于光通信领域先进光电子制造服务（OMS）。

## 2、新易盛

掌握高速率光器件芯片封装和光器件封装。

## 3、中际旭创

COB 封装的形式广受客户好评，同时依靠旭创先进的研发能力可以较好的控制成本。依托旭创技术上的优势，公司高速光模块业务收入占比连年提升，14 年公司超过 30% 的收入来自 10G/25G 低速光模块，高速光模块占比不到 70%，17 年则有 89.18% 的收入来自 40G/100G 高速光模块，低速光模块仅有 10.82%。高速光模块技术壁垒高于低速光模块，毛利率也明显高过后者，预计 400G 起量后高速光模块占比还将继续提升。中际旭创在行业中率先引入非气密性封装技术（COB）以及并行光学设计与耦合技术，同时自主开发高速电路设计、仿真与测试技术，更好解决了封装环境不稳定、电磁串扰问题，在满足要求的条件下降低封装难度，封装工艺成熟度高，带来产品良率高，进而保持行业内的成本领先优势。

## 4、专业光器件封装公司优势

从需求角度看，对于光器件厂商，特别是海外光模块厂商而言，其优势在于对光器件的设计和研发，一般不自己建立产能，所以寻找到良率较高、成本较低的代工企业对降低产品成本至关重要。同时，光器件厂商对代工企业能够提供一站式服务和解决方案的偏好也在增强。一是价格相对优惠，二是各类元器件的质量控制、标准统一、供应时效更具保证，能够提高效率、降低供应链管理的难

度。

从供给角度看，代工上游目前资源零散、封装设备投入门槛高，往往一条样品线就将涉及数十万的投资，建立完整的产能则需要上亿元的投资；同时，光器件封装的工艺难度大，既涉及到无源器件的技术，又要涉及到有源器件的技术，批量代工的门槛很高，因此目前市场上高质量的光器件封装代工产能稀缺。

随着光模块技术的迭代和应用场景的丰富，无源器件在光模块中价值占比持续提升，光模块的封装形式日渐增多，其中光组件的封装为核心和壁垒所在，光组件中无源器件的封装技术难度不断加大，对高端无源器件垂直整合以及光组件封装代工需求提升，光模块企业出于成本控制的考虑，逐渐将光器件前端光学部分的耦合及封装外包委托给高质量封装代工企业。

企业若全产业覆盖将面临产业升级的压力，以及产业升级所带来的成本上升。从目前产业发展趋势来看，光模块厂商面对多种的封装工艺，在光模块价格每年都在下降的情况下，已经很难大规模投入各种封装工艺中。对于光模块中的光器件封装市场，具有无源器件研发生产、光器件封装技术的企业能更好的承接代工业务，获取产业中高附加值的受益。

目标公司已经成为国内外多家知名光模块公司的有源器件封装供应商，如 Finisar、光迅等，并迅速扩展出除 OSA、COB 以外的多种封装形式，成为国内少有的具备多种解决方案平台的光器件公司。未来随着产业链结构的逐步成熟完善，公司占据光模块产业链价值将逐步提升。

## 免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司博士后科研工作站向社会公开发布，是“博士后科研工作站专题研究报告”，不是证券分析师的分析报告。

本报告反映研究人员个人的不同设想、见解、论证及判断。本报告所载观点并不代表中国银河证券股份有限公司博士后科研工作站、不代表中国银河证券股份有限公司、也不代表我们的合作院校或任何其附属合作机构的立场，如果本报告出现政治或学术、技术性错误或失实情况由作者本人承担责任，与中国银河证券股份有限公司及其合作院校或任何其附属合作机构无关。

报告中的观点和陈述仅反映研究员个人撰写及出具本报告期间当时的分析和判断，本公司可能发表其他与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告可能因时间或其他因素的变化而变化，从而导致与事实不完全一致的结论，敬请关注本公司就同一主题所出具的相关后续研究报告及评论文章。本公司、本报告研究人员及其附属机构不对任何因使用本报告或本报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

本报告中的观点和陈述不构成投资、法律、会计或税务的建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。

本报告是“中国银河证券博士后科研工作站专题研究报告”，不是证券分析师的分析报告。本报告所载的全部内容只提供给读者做参考之用，并不构成对读者的投资建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河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读者使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，读者需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为银河证券的商标、服务标

识及标记。



## 中国银河证券股份有限公司博士后科研 工作站

# 简介

中国银河证券股份有限公司博士后科研工作站（以下简称“工作站”），是经国家人力资源和社会保障部及全国博士后管委会批准设立的科研机构。

工作站以中国经济运行与发展中的重大理论问题、资本市场改革发展中的重大理论与实践问题和证券公司发展创新过程中的现实性、前瞻性、战略性问题为研究对象，以吸引、培养和储备高层次研究人才为己任，以提高中国银河证券综合竞争力、促进公司可持续发展、推进中国资本市场的理论建设为目标，力求通过宽视角、深层次、高质量的研究，为把中国银河证券打造成国内一流券商服务，为资本市场的改革发展服务，为发展繁荣中国的经济和金融科学服务。

为吸引高素质的博士毕业生进站从事研究工作，工作站为博士后研究人员提供在业内具有竞争力的、较高水平的工资和福利待遇，以及较为优越的科研条件和工作环境。