

# 光通信器件的发展历史、现状与趋势

周天宏, 马卫东

光迅科技股份有限公司, 武汉 430205

**摘要** 从行业和技术角度概述了光通信器件的发展现状, 介绍了中国光通信器件的发展水平, 分析了中国光通信器件与国际领先水平的差距。分析表明, 光集成技术是未来光器件的主流发展方向, III-V 族材料和硅基材料被业界普遍看作未来光集成技术的两大阵营, 将改变光器件的设计和未来。

**关键词** 光纤通信; 光通信器件; 光集成技术

低损耗光纤和室温下连续工作的双异质结半导体激光器的研制成功, 揭开了光纤通信发展的新篇章, 促进了光纤通信的实用化。光通信器件是构建光通信系统与网络的基础与核心, 是发展的关键, 是光纤通信领域中具有前瞻性、先导性和探索性的战略必争之高技术, 也最能代表一个国家在光纤通信技术领域的水平和能力。

## 1 光通信发展史

光通信是指以光作为信息载体而实现的通信方式(图1)。按传输介质的不同, 可分为大气激光通信和光纤通信。大气激光通信是利用大气作为传输介质的激光通信; 光纤通信是以光波作为信息载体, 以光纤作为传输介质的一种通信方式。光通信的发展史最早可追溯到“烽火台”, 这是一种目视光通信。1880年, 亚历山大·格拉汉姆·贝尔(Alexander Graham Bell)发明了一种利用光波作为载波传输语音信息的“光电话”, 它证明了利用光波作载波传递信息的可能性, 是光通信历史上的第一步, 是现代光通信的雏型。由于当时没有可靠的、高强度的光源, 且没有稳定的、低损耗的传输介质, 这种光通信一

直未能发展到实用阶段。直到1960年7月8日, 美国科学家希奥多·哈罗德·梅曼(Theodore Harold Maiman)发明了第一个红宝石激光器, 沉睡了80年的光通信才真正得到实质性的发展。激光器的出现, 引发了世界性的大气激光通信技术研究热潮, 1961—1970年, 光通信的研究主要集中于利用大气作为传输介质的光传输实验, 并陆续出现一些实用化系统。但是这种大气激光通信受雨、雾、雪等气候因素的影响而造成严重的损耗, 因此它只能用于很短距离的通信。要充分发挥光波作为通信介质的作用、实现长距离通信, 必须寻找新的概念、探索新的传输介质, 寻找



图1 光通信改变世界

Fig. 1 Optical communication changes the world

一种较为理想的光传输介质解决办法。

20世纪60年代早期, 曾有各种传光方式探索, 例如用空心光波导管、透镜(或反射镜)阵列等, 但都不能达到预期目的; 也有不少人试探石英光纤传光的可能性, 却很少有人相信它可以用在长距离通信上, 因为当时作为光导纤维材料的石英玻璃损耗很大, 直到20世纪60年代中期, 优质光学玻璃的传输损耗仍高达1000 dB/km, 并且普遍认为很难降低。在几乎毫无希望的情况下, 英国标准电信研究所的华裔科学家高锟(Kao K. C.)博士(图2)于1966年发表了一篇奠定光纤通信基础的重要论文, 他指出: 光导纤维的高损耗不是其本身固有的, 而是由材料中所含杂质引起的, 如果降低材料中的杂质含量, 便可极大地降低光纤损耗。他还预言, 通过降低材料杂质含量和改造工艺, 可使光纤损耗下降到20 dB/km; 通过原材料的提纯能制造出适于长距离通信使用的低损耗光纤。在这一理论推断的引导下, 1970年, 美国康宁玻璃公司首先制成了衰减为20 dB/km的低损耗石英光纤。这是光通信发展的划时代事件, 它使人们确认光导纤维完全能胜任作为光通信的传输介质, 确立了光通

收稿日期: 2016-06-30; 修回日期: 2016-07-16

作者简介: 周天宏, 副教授, 研究方向为集成光子器件, 电子信箱: tianhong.zhou@accellink.com

引用格式: 周天宏, 马卫东. 光通信器件的发展历史、现状与趋势[J]. 科技导报, 2016, 34(16): 13-19; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.16.001



图2 诺贝尔物理学奖获得者高锟  
Fig. 2 Nobel laureate in Physics: K.C.Kao

信向光纤通信方向发展的明确目标,揭开了光纤通信发展的新篇章,是通信技术发展史的一次重大变革。同时,1970年,美国贝尔实验室、日本电气公司 NEC 和苏联先后研制成功室温下连续工作的双异质结半导体激光器。这两种技术的结合促进了光通信的新生,促使通信技术从实验室研究跃入到光纤通信实用化。因此,1970年被称为光通信的“元年”。

此后数年中,随着光纤损耗的降低及新的激光器件和光检测器等光通信器件的不断研制成功,光纤通信得到爆炸式的发展,各种实用的光纤通信系统陆续出现。1976年,在美国亚特兰大首次成功地进行了速率为 44.7 Mbit/s 的光纤通信系统商用试验,至 20 世纪 80 年代初,光纤通信系统已在各国大规模推广应用。1979年,武汉邮电科学研究院副总工程师赵梓森(图3)及其研究团队拉出中国第一根损耗只有



图3 中国光纤之父、中国工程院院士  
赵梓森

Fig. 3 Father of Chinese fiber optic communication, Academician of the Chinese Academy of Engineering, Zhao Zisen

4 dB/km 的实用化光纤,拉开了中国光纤通信事业的序幕<sup>[1]</sup>。

2015年,武汉邮电科学研究院牵头承担的超大容量超长距离光传输基础研究创造新纪录,实现了 200 Tbit/s 超大容量波分复用与模分复用的光传输<sup>[2]</sup>。短短 40 年,光纤通信系统的传输容量提高了近 450 万倍,发展速度前所未有。

## 2 光通信器件发展史

光器件分为有源器件和无源器件。光有源器件是光通信系统中将电信号转换成光信号或将光信号转换成电信号的关键器件,是光传输系统的核心,主要包括半导体发光二极管(LED)、激光二极管(LD)、光电二极管(PIN)、雪崩光电二极管(APD)、掺铒光纤放大器(EDFA)、拉曼光放大器及调制器等。光无源器件是光通信系统中需要消耗一定能量,但没有光电或电光转换的器件,是光传输系统的关键节点,主要包括光纤连接器、耦合器、波分复用器、光开关、光衰减器和光隔离器等。

光器件是光纤通信系统的基础元件,发达国家在 1975 年后逐步形成光器件产业。中国光器件产业的形成比国外约晚 5 年。中国在光器件领域的研究和生产起步不算晚,无论是有源器件,还是无源器件,都满足了国家光纤通信发展初期科研和工程的需要。但随着时间推移,由于相关工业基础薄

弱、科研投入不够及体制和机制等方面的原因,中国光器件在核心技术和高端产品方面与国际先进水平的差距愈显突出。

### 2.1 光有源器件发展史

中国光有源器件的研究始于 20 世纪 70 年代。当时西方国家根据所谓“巴统”规定,对中国进行高新技术的封锁和禁运,于是,中国科学院半导体研究所、武汉邮电科学研究院、中国电子科技集团第 44 研究所、第 13 研究所,自力更生,研制了波长为 850 nm 的短波长激光器。此后,这些单位又开发了波长为 1310 和 1550 nm 的长波长激光器,满足了中国光通信起步阶段的需要。

1993 年之前,中国光通信所需的光有源器件,基本上由国内生产商提供,以致西方国家认识到在有源器件等方面再用“巴统”规定,对中国进行技术封锁和禁运,反而会失去中国的巨大市场,得不偿失,于是只得宣告“巴统”规定失效,国外的光有源器件开始大量涌入中国市场。

随着光通信技术的迅速发展,对光有源器件的技术要求愈来愈高。虽然中国有关单位做出很大努力,跟踪世界潮流,取得了量子阱半导体材料与器件技术的突破,分布反馈(DFB)半导体激光器等先进器件的实验室水平也有很大提高,但由于投入的人力和物力远远不足,与国际先进水平的差距日显拉大。

目前,中国只有少数几家单位能自主生产激光器和探测器管芯,而且仅限于 10 Gbit/s 以下速率的管芯。中国光通信设备和系统所需的高速率管芯、单元器件及掺铒光纤均需要进口,有源器件公司大都购买国外管芯做器件、购买国外的器件做模块、购买国外的掺铒光纤做放大器组装,光通信设备公司购买国外的模块做系统。

### 2.2 光无源器件的发展历史

中国开展光无源器件的研究,是从 20 世纪 70 年代后期随着光纤技术的出现而开始的。当时光纤的连接是光纤通信必须解决的 6 大问题之一,此外还

要解决分路、开关及波长复用等问题。于是,中国电子科技集团第23研究所、武汉邮电科学研究院固体器件研究所(现武汉光讯科技股份有限公司)和中国电子科技集团第34研究所等单位,白手起家,致力于全光纤结构和微光学分立元件组合型的研究,开发了多模光纤连接器、拼接型和熔融拉锥型的光耦合器和机械式光开关等产品,满足了当时短波长和长波长多模光纤通信研究的需求。此后,光通信进入单模长波长阶段并开始大量应用,对光无源器件不仅技术上的要求更高,而且在数量上也与日俱增,迫切要求产业化。在光连接器方面首先引进了光学定心切削加工的APT连接器生产线,满足了国内单模光通信发展初期的需求。此后随着陶瓷套管大批量生产技术的成功,光连接器的质量有了进一步的提高,而且易于装配,于是出现众多组装散件生产连接器的公司。在光纤耦合器方面,引进了由微机控制的熔融拉锥设备,使耦合器的生产变得十分简单;更为可喜的是,通过理论研究和实践探索,同一台设备上可以生产出各种宽带耦合器和双波长的波分复用器,产品性能优良,于是形成了光耦合器的产业。当前,中国光通信系统中所用的光连接器和光耦合器绝大部分都是国产的。

当时,初看起来光无源器件的产业似乎比光有源器件发展快,但是在这辉煌的背后,还存在一些问题。如光纤连接器用陶瓷套管的毛坯还需要进口,光纤连接器技术的自主知识产权几乎为零。到了20世纪末、21世纪初,随着光纤接入网、密集波分复用系统和全光通信网的发展,现有的能进行大批量生产的光无源器件已不能完全满足需要。例如,高光纤密度的配线架要求小型化光纤连接器、熔融拉锥设备无法生产密集型波分复用器、传统小端口数的光开关不能级联形成大端口数的矩阵光开关等。这些问题迫使人们不能停留在低端产品的生产和竞争上,必须研制高端的光无源器件产品,以满足光纤通信发展的需求。针对这些问题,一些单位

经过努力,如引进小型光连接器的组装夹具、采用微光器件的结构研制了可以复用几路、甚至十几路的密集波分复用器。但要解决几十路以上的波分复用和大端口数的矩阵光开关问题,只能采用光子集成器件。目前,中国无源器件的水平与国外的差距不大,甚至达到国际领先水平。

### 3 光通信器件的发展现状

随着云计算、物联网、移动互联网、三网融合等新型应用对于带宽需求的推动,光通信市场开始进入高速增长期。光通信产业经过数十年的发展,产业链布局比较完整,产业规模和产品种类不断扩大。近几年,“宽带中国”战略和加快建设网络强国战略相继提出,光通信作为最为重要的信息通信基础设施之一,在支撑中国社会信息化、宽带化建设和网络强国方面的作用日益凸显。光器件及芯片技术含量较高,具有研发投入大、回报周期长等特征。国际领先国家中,日本起步较早,知识产权保护意识较强,基础研究超前,技术储备雄厚;美国在光器件方面发展相对较晚,但拥有人才、资金、环境等方面的优势,企业善于通过并购重组实现跨越式发展,并借助资本市场做大做强,发展异常迅速。

从光通信产业链上的两大行业来看,在光纤光缆和光系统设备领域,中国企业已占据相当市场份额。长飞光纤光缆有限公司、烽火通信科技股份有限公司、亨通集团有限公司、中天科技光纤有限公司、富通集团有限公司是光纤光缆全产业链制造商,从预制棒到光纤光缆应有尽有,这5家企业加起来占中国光纤光缆市场份额70%以上,占全球光纤光缆市场份额也达到40%以上。在中国,华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、烽火通信科技股份有限公司等设备商已充当起全球光通信产业的中坚力量,分别排在全球第1、第2和第5位,这3家企业的全球市场占有率为40%<sup>[3]</sup>(图4)。中国光纤通信技术和产品设备已经处于世界领先水平,拥有世界最大、最完整的光通信产业链,中国也成为世界光通信器件产品输出大国。

#### 3.1 光器件技术发展现状

从全球范围来看,美国、日本是主要的研发基地,位于产业发展最前端,在技术水平、研发投入、知识产权方面均处于领先地位,拥有规模优势。光器件行业厂商数量相对较多,全球有250多家,行业整体上属于一个完全竞争的市场,整体竞争较为激烈。随着中小企业的退出和行业收购兼并的进行,行业

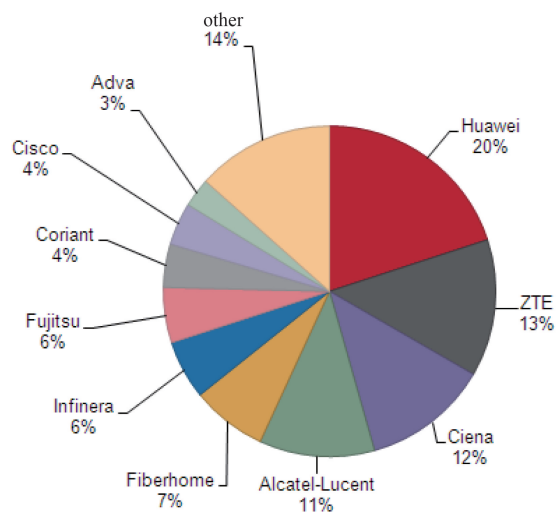


图4 2015年全球光网络设备商排名

Fig. 4 Optical network equipment vendors by 2015 global revenue  
(数据来源:OVUM)

的市场集中度呈上升趋势。未来随着光电子器件集成化和智能化的进一步提高,光系统设备总成本中,光器件占比不断上升,将会达到30%以上。

从技术上看,超高速、超大容量和超长距离依然是光纤通信发展的主要方向。高速、大容量、长距离光传输设备和最受市场关注的智能光网络的发展、升级以及推广应用,将推动光器件行业的技术走向集中在面向智能光网络的光电子器件和日益高速集成化的光器件两大方面。其中,智能光网络系统设备的灵活性主要取决于其中光电子器件与模块的智能化和动态可调谐水平。因此多功能集成、参数可调和网络性能动态监测的光电子器件与模块是智能光网络的核心与基础,是构建下一代智能光网络的关键。在超高速传输方面,目前主要以40和100 Gbit/s为代表速率的高速以太网、骨干网技术为发展重点。

因此,面对目前光通信系统向高速大容量、智能化升级的契机以及FTTX(Fiber To The X)普及和三网合一的大趋势,现阶段光器件的研究主要集中在以下3方面<sup>[4]</sup>。

1) 高速光通信关键器件和芯片技术。突破光子集成共性技术难题,围绕40和100 Gbit/s超高速光通信系统的迫切需要,研制开发相关光电子器件,主要包括窄线宽可调光源、调制及驱动器件、集成相干接收机、高速率模数转换芯片、高速信号处理算法处理芯片、增强型FEC(forward error correction)芯片、成帧及复接芯片、40和100 Gbit/s客户侧/线路侧模块和超高速系统用单片集成器件等。

2) 智能光网络用关键光电子器件关键技术。针对智能光网络对光电子器件的动态可调谐、可管理等性能的要求,研制相关关键光电子器件与模块,支撑智能光网络技术的快速发展和应用,主要包括智能化光放大器技术、可重构的光分插复用器关键技术、单片集成宽带可调谐半导体激光器技术、宽带可调光滤波器技术和基于MEMS技术

的全光交叉连接器件关键技术等。

3) FTTX用光电子关键技术与器件。为了进一步发展和推广宽带光接入技术尤其是FTTX,开展低成本光电子器件与模块的研究,尽快掌握相关器件、模块的核心技术,为推进FTTX发展提供灵活多样的低成本解决方案。主要包括用于FTTX的高功率光放大器技术、基于平面光波导回路(PLC)技术的单纤双(三)向芯片及器件开发、用于FTTX的保护技术开发等。

### 3.2 光器件行业发展现状

从光器件整个行业上看,产业链整合明显加剧。一方面,华为技术有限公司、思科系统等系统设备商不断介入芯片、器件领域,对上游厂商形成巨大冲击,催生着产业新格局。另一方面,板上集成(BOSA on board)等新技术的涌现也对光模块构成重要威胁。并购是国外光器件企业运用最频繁、效果最明显的扩张方式,目前并购重组的主角多为美国厂商,集中度及竞争能力的提升进一步增强了规模优势。以光迅武汉光讯科技股份有限公司、华为技术有限公司、海信集团有限公司为代表的中国企业近年来也开启了全球化并购篇章。未来,提高横向及纵向整合能力是全球龙头光器件企业的长期战略,产业竞争格局将持续演化。

由于光通信器件产业具有技术密集及劳动密集的特点,国际厂商出于成本考虑,纷纷在中国设厂,再加上中国光通信市场不断增长的吸引力,全球光器件制造产业向中国转移成为必然趋势。供应商的激增使行业竞争不断加剧,市场供过于求的局面逐渐形成,以价格战为主要特征的行业竞争不断升级。与此同时,中国公司与Finisar Corporation、Lumentum Operations LLC、Avago Technologies、Sumitomo Corporation、Oclaro Incorporated、Neophotonics Corporation、II-VI Incorporated、Fujitsu Limited、Source Photonics等国际知名光器件厂商的技术差距也在持续扩大<sup>[5]</sup>,中国公司技术与产业升级乏力,主要依靠中低端产品的价格优势生存。

光器件及光通信设备的需求过去主要来自传统电信运营商,但近年来随着云计算及数据中心的蓬勃发展,数据中心对于光器件的需求开始加速,光器件市场重心向数据中心延伸。预计2016年数据中心将超过电信市场的1/2,为光器件市场带来新的增量,是光器件市场又一个强劲的引擎。除传统电信运营商外,中国广电系统、电网系统、物联网、光传感、无线基站的发展和建设,进一步提高了光器件产品的需求,成为光器件行业新兴的下游用户,将成为光器件市场新的增长点。

### 3.3 中国光器件技术和行业的发展现状

中国十分重视光通信器件的研发,通过国家高新技术发展计划安排专题,组织技术攻关,跟踪国际先进技术等措施的实施,极大地推动了光通信器件的研究开发和产业化工作。从国家到省市各级政府充分调动各种资源,积极营造了良好的发展环境和条件,在技术开发和产品开发领域,中国的企业已经掌握了大批关键技术,某些项目的研发能力已接近国际先进水平,具有自主知识产权的高端光通信器件技术与产品已在光网络中得到广泛应用,光器件产业逐渐向中国转移,中国已成为全球光器件的重要生产销售基地。但在产业链结构和产业整体水平上与国际先进水平还有很大差距。中国在光器件领域远远落后于欧、美、日等国家,居前10位的光器件供应商中,只有武汉光迅科技股份有限公司排在全球第5位,仅占全球市场份额的5%(图5),其他中国厂商的市场份额均非常小,绝大多数不到1%。面对拥有全球最大光通信市场、最完整产业链、优质光系统设备厂商的中国市场,这样的市场份额显然是不相匹配的。

在通信光电子器件的基础理论研究方面,中国与国外先进水平相比差距不大。但关键工艺技术的好坏和装备条件平台的薄弱是制约中国通信光电子器件研究开发和可持续发展的“瓶颈”,在相关器件的关键技术方面的突

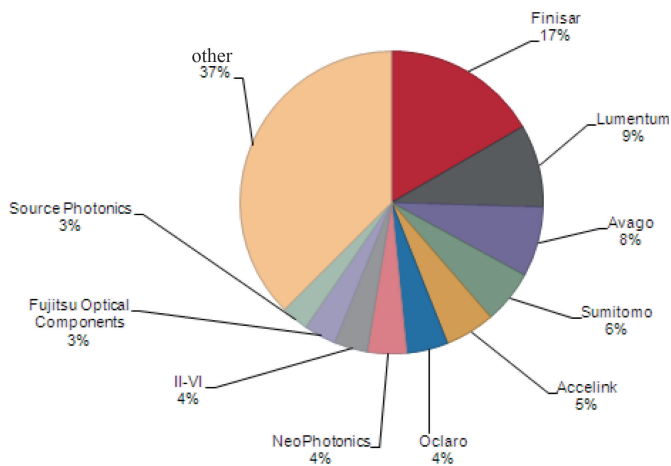


图5 2015年全球光电子器件企业排名

Fig. 5 Global optoelectronic device industry report, 2015

(数据来源:OVUM)

破与掌握能力、器件工艺的研究和创新能力、工艺技术研究的关键装备条件水平等方面与国际先进水平存在一定差距。

虽然中国关于通信光电子材料、芯片与集成技术的基础理论研究和基础工艺在高等院校和一些专门的研究院所开展得较为充分,但同样由于工艺技术和装备条件水平的限制,一些基础理论与工艺的研究与实际应用严重脱节,缺乏足够的针对性和实际指导意义,导致国内前沿研究成果多、而成果转化和推广应用少的矛盾十分突出,中国通信光电子器件的“空芯化”问题非常严重。而且与国外先进水平相比,近年来有差距越来越大的危险趋势。

光通信市场需求高涨也带来了上游芯片产品的需求。中国市场的通信芯片主要依赖其他国家供应商。目前,在芯片领域已经有少数中国企业取得了突破,武汉光迅科技股份有限公司和河南仕佳光子科技有限公司能提供商用无源AWG及Splitter芯片;武汉光迅科技股份有限公司、海信集团有限公司、华工正源光子技术有限公司能生产10 Gbit/s以下速率的有源芯片,但25 Gbit/s有源芯片,包括VCSEL、DFB、EML、PIN、APD,全部依靠进口。华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司等设备厂商及一些领先的光器件企业

也在进行芯片研制。中国在芯片领域取得了一定的突破,但是还没有形成规模,以中低端芯片为主。由于在光通信芯片方面主要依赖进口,因此中国光器件企业在市场需求高涨的同时利润空间并不大,芯片成为下游企业竞争力的一个制约因素。中国光通信芯片产业未来发展可能会是来自下游的光器件和系统企业向上游延伸发展,垂直整合,研制芯片。在上游的芯片和下游的系统设备领域均比较集中的情况下,光器件厂商有较强的动力向上游拓展,一些实力较强的光器件厂商将会在上游取得突破。

中国的光电子器件企业拥有自主知识产权的高端核心技术不多,对国外芯片和特种材料的依赖性较大,具有核心竞争能力的产品较少,企业整体实力仍然偏弱,产品结构不够合理,同质化严重,所提供的产品也多集中在中低端,产品附加值不高,国际市场竞争能力和盈利能力还有待提高。虽然有些器件制造企业具有一定的生产规模,但是产业持续发展的技术和工艺基础较为薄弱,不少企业不得不依靠在中低端产品方面的恶性价格竞争和低廉的劳动力成本来艰难地维持生存,并逐渐沦为缺乏核心技术、没有自主品牌、给其他国家公司打工的OEM工厂。在技术含量和附加值较高的如10 Gbit/s以上

速率的有源光器件、100 Gbit/s光模块等高速产品方面,核心技术缺失,商用化进程缓慢,真正具备材料外延生长、管芯制作等全套工艺线及从芯片到器件、到模块垂直集成能力的企业屈指可数。上游材料和芯片的薄弱导致相应的光器件、组件及模块发展受到制约,采购渠道受日、美等国家控制。此外,一些国际知名光器件及芯片企业为了降低成本和把握中国快速增长的市场需求,纷纷将研发、生产、封装测试及销售环节向中国转移,进一步挤压了中国企业的市场空间<sup>[6]</sup>。

对于高端光器件技术,基本上都掌握在国外厂商手中,中国的光通信厂商虽然也在加强这方面的研发投入,但是与国际主流器件商的差距依然很大。100 G高端器件几乎全部依赖进口,包括集成可调谐激光器组件ITLA(integrable tunable laser assembly)、集成相干发射机ICT(integrated coherent transmitter)、集成相干接收机ICR(integrated coherent receiver)及100 G客户侧器件;智能光网络用无色、无向、无阻塞的可重构光分插复用器CDC ROADM(colorless/directionless/contentionless reconfigurable optical add/drop multiplexer)、波长选择开关WSS(wavelength selective switch)、光交叉连接设备OXC(optical cross connect)也主要依赖进口。中国高端技术和产品的缺乏还直接导致了我国光纤通信设备制造厂家(如华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、烽火等),不得不依靠大量进口高端器件来构建系统设备,严重制约了这些设备企业在相关领域的国际竞争力,影响其在国际市场战略地位的进一步提升和快速发展。

总之,中国光通信设备商所需的高端核心器件,几乎完全依赖从美国、日本、欧洲进口;高端光电子器件所需的高速光电芯片也几乎完全依赖进口,受制于其他国家芯片供应商。作为光通信产业的核心一环,基础芯片和器件供应商的壮大,关系到中国光通信产业的整体竞争力,已成为制约中国光通信长足发展的关键瓶颈。

#### 4 光通信器件的发展趋势

光集成技术(PIC)是未来光器件的主流发展方向,近年来一直是业内关注和研究的焦点。光子集成技术相对于目前广泛采用的分立元器件,在尺寸、功耗、成本、可靠性等方面优势明显,是未来光器件的主流发展方向。

近年来,随着技术的逐步积累以及产业需求的升温,PIC进入较快发展时期,中小规模PIC已经成熟并取得广泛商用,大规模PIC集成度已达到数百个元器件。PIC技术和产业的参与企业涵盖系统设备商、光器件芯片制造商、综合服务提供商、半导体芯片生产加工厂商 Foundry 等多个领域,面向电信和数据两大应用市场。

光集成技术包括基于 III-V 族化合物半导体材料的光集成技术、基于铌酸锂电解质材料的光集成技术、基于 SiO<sub>2</sub> 绝缘体材料的 PIC 技术、硅基材料的光集成技术、基于聚合物材料的光集成技术以及基于氮化硅材料的光集成技术。III-V 族化合物半导体材料的光集成技术,如 GaAs、InP 技术,特别适合光源、探测器等有源器件的集成;铌酸锂材料的光集成技术,这类材料特别适合研制高速光调制器、光开关等,技术成熟,且市场份额较大;SiO<sub>2</sub> 绝缘体材料的 PIC 技术,适合阵列波导光栅 AWG (arrayed waveguide grating)、分路器 (splitter)、热光器件等多种无源光波

导器件;硅基材料的集成光集成技术,采用的结构与电子学的集成电路类似,是未来光集成、甚至光电集成的重要方向;聚合物材料、氮化硅材料在光集成及光子器件领域同样占有一席之地。这些集成材料各有所长,都有各自不同的应用市场。不同器件、不同功能、不同材料的混合集成将是光器件技术的短期发展方向。

PIC 是光器件必然的演进方向,也必然造就新一代基于光器件的应用系统,而最终的光器件发展将更加集成化。III-V 族材料和硅基材料更为业界普遍看作未来光集成技术的两大阵营,在材料方面,III-V 族材料偏向应用于有源器件,硅基材料偏向于应用无源器件。III-V 族材料在有源器件中广泛采用,磷化铟是目前唯一能够实现通信波长大规模单片集成的材料,未来仍具有一定发展潜力,代表性产品是 Infinera 公司的高速光发射、接收芯片。然而,磷化铟属于稀有材料,外延片尺寸较小,在低成本和大规模生产能力方面受到一定限制。另外,硅光子可将 CMOS 集成电路上的投资和技术经验应用到 PIC 领域,有效降低成本,提高生产效率,已成为未来 PIC 重要技术方向之一。硅光子的代表性技术产品如 Luxtera 公司的 AOC 芯片、Cisco 公司的 CPAK 光模块、Acacia 公司的相干 CFP 光模块,以及 Intel 公司致力研发的混

合集成激光器和芯片级光互联技术等,中国也有少数企业涉足,但规模有限。

在 2014 中国光网络研讨会上,中国电信集团科技委主任韦乐平指出,光器件是光通信发展的瓶颈,光通信成为所有网络构成技术中降价最慢的领域,其中光器件成本是瓶颈中的瓶颈。硅光子技术将成为重要突破方向,它是利用现有 CMOS 集成电路上的投资、设施、经验以及技术来设计、制造、封装光器件和光电集成电路,在集成度、可制造性和扩展性方面达到 CMOS 的水平,从而在成本、功耗、尺寸上取得突破。通信是硅光子技术的早期应用领域,正如历史上的晶体管、集成电路、激光器等一样,通信由于其高技术属性往往成为新技术的早期应用领域。然后随着技术和工艺的成熟再扩展至大众消费领域,形成更大的规模,进一步降低成本,再促进其在通信领域的普及,形成技术的良性循环。

硅光子技术在光源方面尚无可行的技术路线,目前以混合集成和短距离应用为主,正不断发展成熟,未来将承担重要角色。

总之,无论是磷化铟,还是硅光子学,都预示着光通信行业即将迎来深度变革,都将显著改变光器件的设计和未

#### 参考文献 (References)

- [1] Liu Jacques. Fiber optics industry in Mainland China: From history towards future[R]. Shenzhen: CFOL, 2015.
- [2] 我国超大容量光传输基础研究再创新纪录[EB/OL]. (2015-10-21) [2016-06-30]. <http://laser.ofweek.com/2015-10/ART-8140-2400-29017018.html>.  
New record in basic research on ultra high copacity optical transmission[EB/OL]. (2015-10-21) [2016-06-30]. <http://laser.ofweek.com/2015-10/ART-8140-2400-29017018.html>.
- [3] Tanya Harris. Market share spreadsheet 3Q15 optical component[R]. London: OVUM, 2015.
- [4] 刘扬. 中国光器件行业发展趋势与前景[EB/OL]. (2013-08-29) [2016-06-30]. [http://optics.ofweek.com/2013-08/ART-250002-8470-28716663\\_6.html](http://optics.ofweek.com/2013-08/ART-250002-8470-28716663_6.html).  
Liu Yang. Trend and prospect of optical components industry in China[EB/OL].(2013-08-29) [2016-06-30]. [http://optics.ofweek.com/2013-08/ART-250002-8470-28716663\\_6.html](http://optics.ofweek.com/2013-08/ART-250002-8470-28716663_6.html).
- [5] Daryl Inmiss. 2016 trends to watch: Optical components[R]. London: Ovum, 2016.
- [6] 光器件及芯片:我国光通信由大变强的关键[EB/OL].(2015-05-28) [2016-06-30]. <http://www.chinanews.com/it/2015/05-28/7306827.shtml>.  
Optical device and chip: Optical communication in china from large towards strong [EB/OL]. (2015-05-28) [2016-06-30]. <http://www.chinanews.com/it/2015/05-28/7306827.shtml>.

## Development history, current research and tendency on optical fiber devices

ZHOU Tianhong, MA Weidong

Accelink Technologies Co., Ltd., Wuhan 430205, China

**Abstract** From the industry and technology point of view, the development status of optical communication devices is summarized. The current development level of China's optical communication devices is introduced in detail, and the gap with the international leading level is described. Photonic integration circuit (PIC) is the mainstream direction of future development of optical devices, and III-V group material and silicon-based material are more widely seen as the two camps in terms of the future optical integration technology by the industry, and they will change the design and future of the optical devices.

**Keywords** optical fiber communication; optical fiber components; photonic integration circuit

(编辑 王志敏)



### 第11届国际自然语言处理和知识工程大会 将于2016年12月在日本冲绳召开

由中国人工智能学会自然语言理解专委会主办的第11届国际自然语言处理和知识工程大会(NLP-KE'16)将于2016年12月14—16日在日本冲绳召开。

会议的主题包括:1) 形态分析;2) 词汇语义与本体;3) 句法分析;4) 话语与对话分析;5) 自然语言生成;6) 口语语言处理;7) 语言资源;8) 信息检索;9) 语言理解与沟通;10) 多模态表示与处理;11) 社交媒体计算;12) 信息提取;13) 问答;14) 情感分析与情感计算;15) 其他自然语言处理应用;16) 数据挖掘;17) 智能机器人;18) 知识获取、融合与发现;19) 推理和推理;20) web语义;21) 描述逻辑;22) 模式识别与智能系统;23) 智能搜索;24) 与知识理论和工程相关的其他问题。

会议网址:<http://www.aidc.org.cn/nlpke2016.html>。