

文章编号: 1672-8785(2016)02-0007-05

国外光电子产品平台及能力概述

王龙奇 彭玉婷

(中国电子科技集团公司电子科学研究院, 北京 100041)

摘 要: 依照光电子器件的典型分类, 对国外光电子器件的产品平台及能力进行了整体概述。系统分析了激光器、发射器件及组件、显示器件、探测器件及组件、传输器件及组件、连接器的平台研制与生产能力, 并对其产品的发展趋势进行了展望。

关键词: 光电子; 国外; 产品平台; 发展趋势

中图分类号: TN2 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2016.02.002

Overview of Foreign Optoelectronic Product Platforms and Their Capability

WANG Long-qi, PENG Yu-ting

(China Academy of Electronics and Information Technology, Beijing 100041, China)

Abstract: According to the typical classification of optoelectronic devices, the product platforms and capabilities of foreign optoelectronic devices are overviewed. The capabilities of the platforms for developing and producing lasers, emitting devices, display devices, detection devices and assemblies, transfer devices and assemblies and connectors are analyzed systematically. The development trend of those products is given.

Key words: optoelectronics; foreign; product platform; development trend

0 引言

随着信息技术的不断发展以及大容量光纤网络的建设, 光电子技术的作用变得日趋重要。作为现代信息技术的重要组成部分, 光电子技术涉及光波段电磁辐射的产生、传输、接收、处理和显示技术。目前, 该技术正从传统的可见光、红外波段延伸至深紫外、太赫兹波段。

光电子器件是指在光电系统中能够完成光电转换、电光转换或者在系统中能够对光路传输、信息处理等发挥一定功能和作用的器件。作为典型的高技术产品, 光电子器件的后续发展也必然要以高新技术作为保障和后盾。根据内涵、定义和技术现状的不同, 目前可将光电子器

件分为激光器、发射器件及组件、显示器件、探测器件及组件、传输器件及组件、连接器件等 6 大类 (具体分类见图 1)。

作为光波信息的能量和载体, 光电子技术及其器件已经在监视侦察、精确制导、光电对抗、精密加工、航空航天、遥感遥测、医疗卫生、环境保护等军用和民用领域得到了广泛应用。因此, 系统分析国外光电子领域产品的研制平台和研制能力可为我国光电子技术的发展提供支撑和参考。本文依照光电子器件的分类, 对国外光电子器件的产品平台和研制能力进行介绍和论述。

收稿日期: 2016-01-03

作者简介: 王龙奇(1985-), 男, 河南洛阳人, 硕士, 主要从事元器件、通信以及图像处理等方面的研究。

E-mail: lqwang_2006@163.com

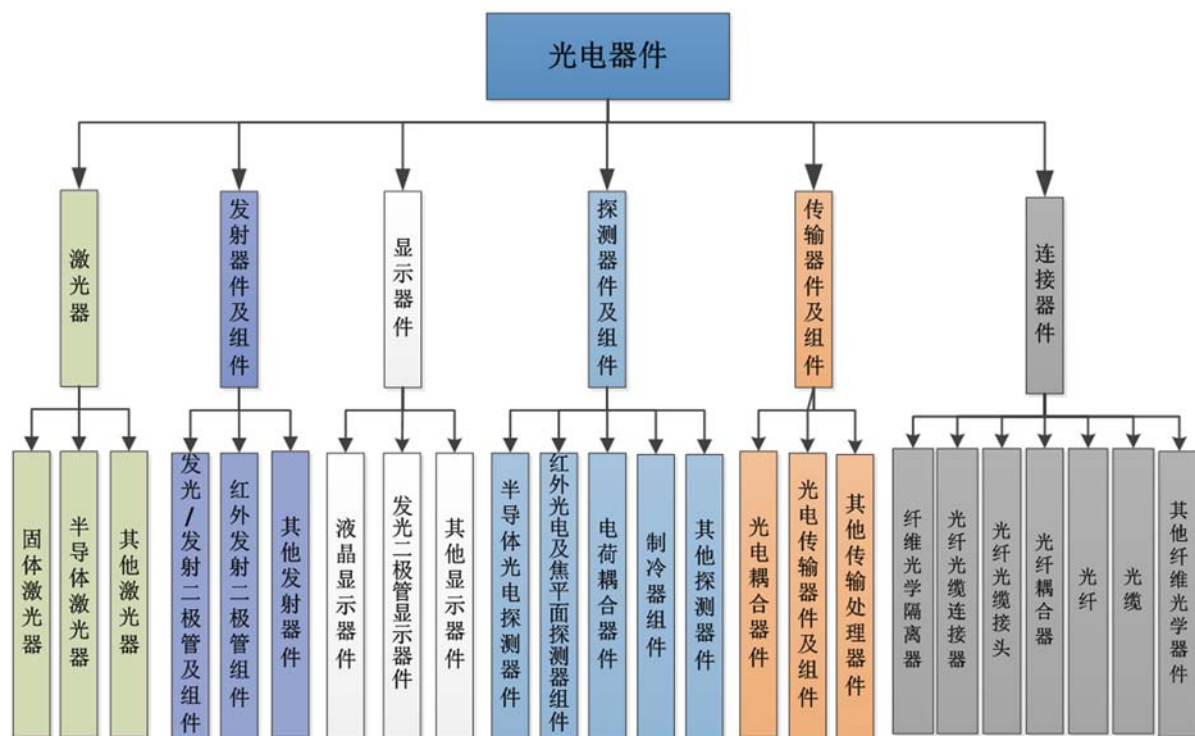


图 1 光电子器件的分类

1 概述

国外光电子技术的研制机构主要包括研究所、公司、工厂、高校实验室等，其产业分工涉及光电系统、分系统、组件、部件和器件等。为确保其在军事上的领先地位，国外发达国家在战略上高度重视光电子器件和光电子技术，并一直将其视为国防工业中的关键技术。目前，他们已经建立起了光电子器件的完整产品体系，并通过不断研究和开发新产品，确保了绝大多数光电子器件的领先优势。国外光电子器件研发与生产的技术手段和产业规划可以大致总结为以下几个方面：

(1) 突出核心地位，确保全球领先优势。美国先后将光电子器件和光电技术列入太空防御、战略防御、平衡技术以及国防关键技术等众多专项计划中；同时为了避免核心技术的外流，他们通过对设计工具的开发加以强化，保证了与潜在对手的代差；另外还采取禁运、出口管理等措施确保了其技术的全球领先优势。

(2) 加快技术革新，催生技术更新换代。国外发达国家尤其是美国充分发挥了其光电子器

件和技术的优势，对现有装备进行了不断改进和创新，催生了相关技术和装备的更新换代，使其在近代局部战争中起了威力倍增器的作用。

(3) 势头强劲，发展模式多样。国外发达国家以实际需求为导向研究光电子器件和技术，其光谱覆盖范围从可见光、红外波段向深紫外、甚长波红外和太赫兹波段不断拓展，探测模式从单波段、被动模式向多波段、主被动复合模式发展，使用功能也从单一功能向多功能、高密度、小型化和智能化方向发展。

2 国外产品平台及能力分析

2.1 激光器产品平台及能力

国外激光器研究单位都是一些著名的跨国公司、国家实验室和大学，例如美国诺斯罗普·格鲁曼公司、BAE 公司、洛克希德·马丁公司、波音公司以及劳伦斯·利弗莫尔国家实验室等。以上这些单位都设有专门的激光事业部。目前，美国、欧洲、日本等国家和地区均能以 $0.5\ \mu\text{m}$ 光刻线宽实现 3 in 和 4 in 砷化镓 (GaAs) 基以及 2 in 和 3 in 磷化铟 (InP) 基光发射器件芯片的工艺

流片, 并能够采用电子束直写光刻方式在关键工艺节点上实现 $0.18\ \mu\text{m}$ 线宽的光刻。在此基础上, 国外还开展了光子集成技术的研究。他们目前已经能够在同一芯片上集成上百个不同功能的光子器件, 以实现复杂的光信号传输与处理功能。

2.2 发射器件与组件产品平台及能力

国外发达国家拥有与产品与设计平台配套的微型固态激光器、高功率半导体激光器、红外发光管的生产线, 包括材料生长、芯片加工、封装、组装、调试和集成等。整条生产线的自动化水平较高, 产品的指标水平和一致性水平都较高。其设计平台 (例如 Lasertel、Jenoptik、Coherent 等) 都具有量子阱材料设计、芯片设计以及器件封装设计等产品的全部手段与能力, 并可实现 $780\sim 1550\ \text{nm}$ 近红外波段的产品设计, 尤其是覆盖了某些特殊波长, 比如 $793\ \text{nm}$ 、 $880\ \text{nm}$ 、 $1080\ \text{nm}$ 等。由此可见, 国外发射器件与组件的产品线非常丰富。

2.3 显示器件产品平台及能力

目前国际上普遍采用商用现货 (Commercial Off-The-Shelf, COTS) 技术生产平板显示器。在购买商用或工业模块部件的基础上, 人们采用军用加固处理技术, 使得产品对恶劣环境的适用性和光电性能满足军标要求; 同时通过切割以及重新设计电路等手段保证产品在屏幕尺寸和机械性能等方面满足要求。美欧等国的军用高端显示器全部采用了 COTS 加固方式, 现已形成了完善的设计平台、面板加工平台和工艺处理平台, 因而可以稳定供货并形成产业化。

2.4 探测器件与组件产品平台及能力

国外从事电荷耦合器件 (Charge-Coupled Device, CCD) 研制工作的单位包括英国的 E2V 公司、加拿大的 Dalsa 公司、美国的 Sarnoff 研究机构和 Kodak 公司、日本的索尼公司、东芝公司和松下公司等。这些公司通常都拥有专业生产线, 它们一般都达到了 $6\ \text{in}/0.5\ \mu\text{m}$ 水平, 其中最先进的工艺线达到了 $12\ \text{in}/0.13\ \mu\text{m}$ 水平。西方发达国家具有强大的红外技术研发和生产能力。美国

雷神公司用于研制红外探测器的厂房面积达到上万平方米, 其中材料净化厂房为 $1637\ \text{m}^2$, 芯片制备净化厂房为 $1395\ \text{m}^2$, 杜瓦净化间为 $214\ \text{m}^2$ 。以上条件可以满足材料生长、芯片制备、杜瓦封装以及电路设计等工艺研发和生产的需要。法国 Sofradir 公司的探测器洁净工房的面积超过 $4000\ \text{m}^2$, 致冷型探测器的年产量超过 5000 套, 其子公司——ULIS 公司的非致冷型探测器的年产量为 50000 套。

目前, $640\times 512\ (480)$ 、 1024×1024 、 $576\ (480)\times 6$ 和 $1024\ (960)\times 6$ 等更大规模的焦平面探测器已经研制成功, 并开始进入实用阶段。法国 LETI 红外实验室及 Sofradir 公司正在研制百万像元级大面阵红外探测器、多色红外探测器、高工作温度 (HOT) 红外探测器以及智能型红外探测器等第三代红外探测器产品。

2.5 传输器件与组件产品平台及能力

国外传输器件与组件的研究单位设备先进, 新技术和新产品的研发能力很强, 并拥有先进的电路设计软件、材料组分计算软件和管壳设计软件。他们能够完成组件的阵列集成和光子集成, 具有承担各类电路板焊接工序以及微米量级组装集成工作的能力。国外硅基光子集成领域的代表有 Intel 公司、Kotura 公司和 Luxtera 公司。其中, Intel 公司在工艺和生产能力上具有世界领先的优势; Luxtera 公司和飞思卡尔开展合作, 拥有大规模生产和工艺开发的平台。由于这些通用互补金属氧化物半导体 (Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS) 平台具有工艺先进性以及大规模生产能力, 国外硅基光子集成芯片的产品平台无论在研发上还是在量产上都占据绝对领先地位。

在连接器及组件产品的研发生产中, 相比国内来说, 国外厂商具有较好的基础加工工艺以及更加先进的设计技术平台和测试检测平台, 其产品可靠性高, 一致性好, 规格齐全。若不考虑禁运因素, 国外厂商则具有稳定的供货能力。以 Nufern 公司为代表的国外厂商从光纤设计到光纤制备的平台均较为成熟, 能够保证光纤产

品的产量及质量;以 JDR 公司为代表的国外研发机构所建立的光缆设计、工艺和测试平台现已成熟,他们具有研制、生产和测试各种光缆的能力。

3 国外光电子产品的发展趋势

3.1 激光器产品的发展趋势

高功率固体激光技术是目前固体激光技术领域最重要也是发展最快的方向之一。21 世纪初出现的光纤激光器、热容激光器、薄片激光器和端面泵浦板条激光器是其中的典型代表。在光纤激光器技术方面,高平均功率一直是个最重要的发展方向。光纤激光器已经在单频保偏、相干合成、2 μm 波长以及超连续谱等方面取得了重大进展。固体激光器的发展趋势是不断提高激光器的输出功率,提高激光的光束质量,提高激光的转化效率,简化热管理过程,扩展激光的光谱范围(从 X 射线到太赫兹波),改善激光合成方法,提高激光器的寿命和可靠性,降低产品成本,实现产品的模块化和小型化。

激光器产品的整体发展趋势是提高激光器的速度和带宽,以满足高速信息传输和处理的要求;提高发射功率,以满足大功率加工、远距离测量等要求;提高激光效率,争取达到 80% 以上;研究大量半导体激光器的相干合成技术,使半导体激光器可直接用于工业加工甚至达到激光武器的水平;积极开展新体制半导体激光器的研究,例如量子点激光器、量子级联激光器、可调谐半导体激光器、电子束激励半导体激光器、垂直腔面发射激光器、分布反馈激光器、分布布拉格反射激光器、集成双波导激光器和中红外半导体激光器等。

3.2 发射器件及组件产品的发展趋势

国外高功率红外发光管技术比较成熟,产品种类也比较丰富。德国 Roithner Laser Technik 公司的产品就覆盖了 800 ~ 1550 nm 整个范围,其输出功率也较高,大多为多个单元串联输出。发射器件的发展趋势是提高发光功率,增加光亮度,扩展发射光的光谱范围,降低发光阈值,提

高器件使用寿命。

3.3 显示器件产品的发展趋势

在美军新增的显示器中,几乎全部都是加固型薄膜晶体管液晶显示器 (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)。美国的 ACA 公司、洛克希德·马丁公司、Kaiser RCA 公司、APC 公司、dPix 公司和 Rockwell 公司等十家公司,加拿大的 Honeywell 公司和 Litton 公司以及法国的 Thomson 公司和 Sestant 公司等都具有较强的军用平板显示器研发实力。国外的显示器研制体系也是到面板厂商处定制显示屏,然后实现加固形成模块和系统制作,以满足武器装备对亮度、对比度、尺寸、夜视兼容、强光下的可读性、振动、冲击、工作温度、湿度、盐雾、抗核、抗生物和电磁兼容等方面的要求。目前,国外已经形成了成熟的产业链和稳定的供货能力。液晶显示器的发展趋势是提高显示的最高分辨率,增加显示亮度、提高对比度,研制可在苛刻环境下(抗震、抗辐射等)使用的显示器。

3.4 探测器件及组件的发展趋势

目前美法等西方发达国家已经实现了第二代红外焦平面技术的实用化,并将其投入实战应用;同时在第三代红外焦平面上取得了技术突破,其中部分产品已经开始批量生产,而且有些已经用于星载预警、侦察等领域。

半导体光电探测器的发展趋势是提高器件的响应度,减小器件噪声,必要时发展大规格阵列器件,将辅助电路(前放、模数转换、温度补偿等)集成在探测器中,发展单光子探测器和三维探测器,扩展响应的频谱范围。尽管红外探测器材料和器件种类繁多,但其技术发展依然紧紧围绕三大主流的红外探测器技术:高性能致冷型探测器、III-V 族低维结构探测器和非致冷型探测器。其发展趋势是研制大面阵、双色/多色焦平面阵列;智能化和集成化(如片上模数转换)也是一个发展方向;低成本是一个追求的目标;研制新品种、新材料、新体制的焦平面探测器是一个发展方向。CCD 的发展趋势是追求更大的规格和更高的转移效率,提高响应度(如带

电子倍增), 扩展光谱响应范围, 提高工作频率以及实现节能低电压工作和多功能集成等等。

3.5 传输器件及组件的发展趋势

国外从事高低速、线性和高压光电耦合器产品的技术研究和产品开发的厂家较多, 其中主流供应商包括美国的安华高公司和仙童公司、日本的东芝公司以及英国的 ISOcom 公司等。他们都取得了显著成效, 并生产出了许多实用化产品。传输器件及组件的发展趋势是, 随着集成度的不断提高, 光电耦合器日趋小型化; 向高速、高电压和高线性度的方向发展; 向多路方向发展; 向抗辐照、抗恶劣环境的方向发展; 向高可靠性、长寿命的方向发展。

3.6 连接器件及组件的发展趋势

连接器件及组件的发展趋势是追求系列化、小型化和商品化, 以适用于航空航天、核爆模拟、海底应用和野战应用等领域。其性能现已基本满足要求, 以后主要是提高可靠性和环境适应性。

光纤光缆连接器的代表产品主要有瑞士雷莫公司的插拔自锁系列, 法国苏里奥公司的水下互联及舰艇甲板系列, 美国泰科公司的 38999 系列、扩束系列和矩形 ARINC 系列以及美国安费诺公司的 38999 系列和扩束系列。其发展趋势是研制适用于深海与航天应用的光纤光缆连接器, 并将产品可靠性和接口标准化作为研究重点。小型化的光电混装连接器也是一个发展方向。为了达到小型化、高可靠性的目标, 基于特殊设计的熔融拉锥工艺和封装工艺是一个重点研究方向; 对于用特殊光纤制作的耦合器, 由于特殊光纤在结构和材质上均有较大差异, 目前的光纤耦合器需要进行改造, 因此在封装上要有所突破。光缆的发展趋势是, 开发损耗低、耐疲劳的野战光缆; 开发强度高、速度快的单模海底光缆; 开发负载大、损耗低、强度高的系留和拖曳光缆; 开发舰载和机载抗干扰低损耗光缆。

4 国内外差距分析

4.1 资金投入差距

美国光电子技术之所以占据世界领先地位, 与其高投入密不可分。再加上国外军民结合程度较高, 采用 COTS 策略既可缩短供货时间, 又可降低研发成本。而国内光电子器件研制单位的规模普遍偏小、资金来源单一, 其重要元器件大多依赖国外产品, 无法实现工程化、规模化生产。

4.2 基础设施差距

与国外相比, 国内光电子行业的基础设施也存在较大差距。其中一个重要原因是国外在高端生产设备和原材料上对我国实行禁运政策; 另一个原因是缺乏足够的支持以实现生产线的更新换代。国内研究机构在升级原有工艺线时, 由于受禁运影响, 只能购买二手和翻新设备, 无法达到世界领先水平。目前, 世界上最先进的金属有机化学气相沉积 (Metal-Organic Chemical Vapour Deposition, MOCVD) 设备已经发展至第三代, 而国内普遍使用的还是第二代产品。

5 对策分析

在整体投入不及美国的情况下, 一些国家尤其是欧洲国家也能在某些领域接近或者达到美国的水平。究其原因, 主要在于两方面: (1) 技术领域投资有所侧重; (2) 借助军民结合模式缓解投资压力。

5.1 技术领域投资有所侧重

欧洲国家已经在光电子研究的一些子领域达到了与美国不相上下的水平, 比如英国的 CCD 研究、法国的红外焦平面阵列 (InfraRed Focal Plane Array, IRFPA) 研究以及德国的大功率激光器研究等。这给我们的启示是, 在资金有限的情况下, 要想在所有领域达到世界领先水平, 难度很大; 只有重点关注某些关键领域, 才能达到或者缩小与世界先进水平的差距。从国内外的情况来看, 我国应该对背面减薄、半导体材料生长、硅衬底外延生长和大功率激光器等技术领域给予重点关注和大力投入。

(下转第 28 页)