

# 我国光电子晶体材料与器件的发展现状和建议<sup>\*</sup>

兰国政 洪茂椿

(福建物质结构研究所 福州 350002)

**摘要** 光电子晶体材料与器件在科技、军事、先进制造等领域发挥日益重要的作用。本文分析了我国光电子晶体材料和器件的研发优势和存在问题,提出了我国发展光电子晶体材料和器件的建议。

**关键词** 光电子晶体材料与器件,现状,建议



兰国政高级工程师

随着光电子材料和器件的快速发展,目前在国际上已形成了一门高新技术骨干产业——光电子技术产业。光电子技术的发展和作用是衡量一个国家高科技发展水平的重要标志之一。作为光电子技术的核心,光电子晶体材料起着至关重要的作用,而且,随着光电子技术的发展和应用的日益广泛,对光电子晶体材料也提出更高、更新的要求。以人工晶体为核心部件、大功率半导体激光器(LD)为泵源的固态激光器(DPL)是近年光电子技术发展的一个重大方向,在军事、科技、医疗等领域得到广泛应用。伴随着以其为光源的三基色GRB激光显示器进入激光家庭影院和激光大屏幕显示市场,更大大拓展了其产业化前景。

<sup>\*</sup> 收稿日期 2005年6月6日

## 1 背景

随着光电子材料和器件的快速发展,目前在国际上已形成了一门高新技术骨干产业——光电子技术产业。光电子技术的发展和作用是

非线性、激光晶体器件是三基色激光产品的核心部件,具有较高的劳动附加值。我国在该方面的研究开发处于国际领先地位,同时拥有自主知识产权。它是我国涉足该产品领域不可多得的良机。

## 2 国内外技术和产业发展趋势

当前激光器发展的主流是高效、高功率全固态激光器。光电子晶体材料的发展趋势为:一是继续提高原有材料的质量和成品率,大幅度降低成本以进入民用市场;二是根据信息技术及其它应用技术的发展要求研制出与之相适应的新功能晶体材料;三是研究并完善晶体的加工技术,加强晶体器件加工开发;四是提高器件研制水平,不断提高激光器的输出功率和稳定性。

面对日趋激烈的国际竞争,我国必须要解决在人工晶体方面存在的前瞻性新材料和具有自主知识产权材料研发能力不足的问题,加大创新力度,加快发展速度以获得更多的自主知识产权并进行有效的产业化。

## 3 我国光电子晶体材料与器件的现状

### 3.1 优势

(1) 拥有相关的核心专利等知识产权。

人工晶体材料方面:在紫外深紫外非线性光学晶体材料和人工微结构非线性光学晶体材料研究方面保持国际领先地位,有数种重要的非线性光学晶体材料是我国科学家发明的,并拥有自主知识产权;多种人工晶体的生长技术居国际先进水平,一些重要晶体满足了国内重大工程需求,一批高技术晶体已形成产品。如由中科院福建物质结构研究所发明的具有自主知识产权的非线性晶体材料 LBO、BBO 晶体)在国际上享有盛誉。

激光器方面:在全固态激光器件和应用研究方面我国与国外已基本同步,中、小功率绿光全固态激光器已形成批量生产能力。

(2)研发基础扎实,人才储备充足。目前,我国从事光电子晶体材料研究的有数十个单位,其中影响较大的有:中科院的福建物质结构研究所、上海硅酸盐研究所、上海光学精密机械研究所、物理研究所、理化技术研究所、长春光学精密机械研究所等和部分高校单位。这些单位在光电子晶体材料和激光器领域各具特色,已培养和造就了一批从事光电子晶体材料和器件的科研人员。

(3)光学器件与整机方面已初具规模。在小功率蓝绿激光器及晶体器件方面,已实现组合模块集成技术,并形成一定的生产能力。这种全固体化 LD 泵浦小型固体激光器体积小、重量轻、转换效率高、使用可靠、工作寿命长且制作成本低,适合大批量生产,能够满足市场对低功率可见蓝绿光激光器的需求,具有极大的经济价值。

在关键技术方面取得了一系列突破:解决了高效半导体泵浦耦合技术、微片结构的超小型高效全固化激光技术、高效紫外、深紫外、红绿蓝三基色(RGB)非线性变频激光技术、激光加工及显示中的可编程光束精确控制技术,发展了高效可调谐激光材料及激光器件。通过优化设计 LD 泵浦系统和腔条件、确定最佳的激光和非线性光学晶体材料及长度、合理搭配激光晶体和非线性光学晶体、改进相关的

晶体质量等手段,实现了全固体激光的高效运转。可以预见,利用这一系列成果,能够创立具有我国特色并拥有自主知识产权的激光加工、医疗设备产业,具有重大的社会经济效益。

在微片激光材料和器件研制方面取得了一系列成果,获多项发明专利。一旦在高效激光晶体材料上有所突破,我国可以制造生产微片激光器件,并进一步带动一大批以微片激光器为核心的新型仪器仪表的生产,具有很大的利润空间和很强的商业竞争力。

### 3.2 存在问题

当前影响我国光电子晶体材料和器件产业化的关键问题是:

(1)研发力量分散,水平参差不齐,低水平重复建设严重。在研究方面,我国不少科研单位在光电子材料和器件的许多领域处于国际领先地位,但由于缺乏从材料、器件的实验室研究到应用开发和产业化的完整研发-产业化链条,使得我国的光电子行业的整体水平与国际同行存在较大的差距。无法高效率地将学术上的优势,通过工程化研究开发而实现产业化,进而变成地域性和产业性的经济优势。在产业方面,近年来,我国也涌现出上百家光电子晶体材料和器件的高新技术企业,但规模都不大,而且大多数企业产品雷同,在国际上具有竞争能力的企业为数不多。

(2)关键晶体材料及元器件性能有待提升,材料制备、加工、测试技术手段落后于世界先进水平。我国适合高功率 DPL 晶体的关键指标与国外先进公司差距不小,高性能器件如电光 Q 开关晶体、声光 Q 开关器也因质量性能等原因,基本依赖进口。

在晶体器件的加工领域,我国是世界晶体加工的主要国家,技术水平较高,但在需要高精尖设备和高度自动化的镀膜领域,则落后于世界先进水平。美国、日本是最大的光电器件的制造国,随着国际市场竞争的加剧和世界制造中心向中国大陆的转移,美国、日本、德国等国际光电巨头必将伺机向光电器件上游的晶

体材料投资以控制资源。

(3) 工程化、行业标准研究有待深入, 规模产业尚未形成, 晶体器件价格昂贵, 制约固体激光器等下游产业大规模发展。激光系统主要由激光晶体、非线性光学晶体、半导体泵浦高效耦合模块、光学谐振腔、冷却滤光及激光电源等部分组成。由于缺少工程化研发技术和相关产品的国家和行业标准, 使研究成果难以实现产业化。在激光器的成本中, 晶体器件占很高的比例。能否进行规模化生产, 在保证晶体器件质量的情况下, 大幅度降低晶体器件的成本, 提高激光器组装与调试速度, 将是进入民用市场的关键。

(4) 市场需求-材料研制-器件研制-产品工程化”技术链断节“光学晶体材料-光学加工-光学组合器件-光学整机设备”产业链尚未形成。随着光电链往下游产业延伸, 市场及产品附加值均呈几何级数增加。晶体材料及激光器行业虽然规模小, 但牵动性大, 很小的市场便可推动大产业的发展, 是下游产业发展的关键支点, 其行业特性决定了它与下游产业的协同性很高。激光器的下游产业是工业、医疗应用(约 48 亿美元)、光通讯(约 2 000 亿美元)、光显示产业(约 200 亿美元)等。这一特性决定了激光器行业和下游产业之间能够建立一条逐步发展壮大的产业链, 以多学科的合作共同促进研发和产业的发展。

#### 4 对发展我国光电子晶体材料与器件的建议

当前正处于全固态激光器的产业化前期, 正在完成产业化关键技术突破和造就必需的产业发展条件, 全固态激光器向低成本、高性能、标准化方向发展的趋势日益明显, 应用技术大范围展开, 尤其在激光先进制造、生物医疗激光、激光全色显示等领域发展迅速, 对国防尖端技术的支撑作用日益显著。

“十一·五”期间, 建议依托前期已有基础, 依靠国家、地方和单位等多方资源, 集聚并发挥我国有关单位的研发、成果及人才优势,

以科技、军事、先进制造等重大需求为牵引, 依托光电子材料与器件的研发平台, 依靠国内科研院所的研发力量, 通过项目带动, 以拉长产业链、做大光电产业为目标, 按照大项目-产业链-产业群-产业基地-产业集群的方向, 实现光电子材料和器件的结构创新, 突破共性关键技术, 大幅度降低生产成本, 构筑完整的自主知识产权体系, 通过成果的转化和转移, 培育产业集群, 建立大规模产业群和产业链, 确保光电子晶体材料的研发能力和生产能力居世界领先地位, 促使各类激光器的关键技术快速发展, 并与光机电一体化应用系统集成形成新的产业生长点。同时建成高水平的光电子材料和器件的科研及产业化基地。“十一·五”末, 产品创新达到国际领先水平, 整体技术和装备达到国际先进水平, 生产规模居国际领先。

##### 4.1 加强政府的宏观引导和规划

建议加强政府的宏观引导和规划, 加强政府各部门、各行业的分工与合作, 组织制定有利于光电子材料和器件发展的政策和法规, 评估国际国内光电子材料发展趋势的动态监测结构与预见, 结合我国国情和社会经济发展需求, 提出我国光电子材料发展目标与动态调整建议。重视吸引国内外优秀光电子领域人才, 做好人才的选、育、用、留, 为我国光电子材料和器件的发展提供人才保证。

##### 4.2 建设研发中心及产业化中心

完善和发展我国光电子材料与器件工程技术研发平台建设, 积极创造条件, 成立国家光电子晶体材料工程技术研究中心。同时培养和组建一支有实力的科研攻关队伍, 为我国光电子材料和器件可持续发展及不断创新提供人才保证和技术支撑。

##### 4.3 提高技术开发水平

通过低成本晶体生长、加工及器件组合模块的技术开发, 促进固体激光器的价格大幅度降低, 推动光电产业大发展。为了实现这个目标, 就必须在晶体器件模块制作的晶体生长、器件加工、模块设计、工程化研究、工业化生产

等各个步骤大幅提高技术水平。

#### 4.4 突破共性关键技术

通过工程化研究,对在产业化时可能出现的共性关键技术,联合攻关研究,对单元技术的完善、集成与优化,重点解决关键性光学元件的品质制约,从而使整机产品符合一致性、可靠性、环境适应性和低成本设计等要求。

#### 4.5 建立完整的标准化体系

以相关企业为主体,联合行业主管部门、高校和科研单位,组建光电子材料与器件的标准化工作委员会,建设检测中心,制定并形成晶体生长、加工和器件组合模块的规范化工艺操作规程,制定产品国家质量标准,促进光电子材料与器件标准化工作和产品质量认证工作,建立完整的标准化体系和行业管理体系。

#### 4.6 注重应用开发和辐射

充分利用光电子材料与器件的结构与性能特征和优势,结合下游产品的功能性要求,联合精密加工等方面的科研单位和企业,开发专用器件等易于进入市场的中间产品,进一步向国民经济多行业辐射。

#### 4.7 开发成套装备

综合考虑光电子材料与器件的具体情况,及晶体材料的特征、质量及用户要求等多方面的因素,联合设计部门和设备制造部门,开发如光通讯(信息传输、测距)、光计算机(信息处理、存储)、激光医疗(手术、诊断与治疗)、激光影视(电视、全息照相)、激光加工(材料的切割、热处理)等生产及应用的成套装备。

#### 4.8 集聚和壮大产业群

在产品结构创新、突破关键技术的基础

上,分别以福建、上海、山东和长春等地的企业为主体,结合正在制定的“十一·五”科技发展规划,联合设计和工程部门,建设光电子材料与器件大规模生产基地,形成和壮大产业群。

光电子晶体材料及器件是我国高技术研究发展的战略性技术领域之一,对于社会进步和整体科技发展影响巨大,具有良好的产业应用前景。我们应通过光电子晶体材料及器件的重大关键技术突破,取得一批与国际先进水平相当的技术创新成果,申报一批国家和国际发明专利,构筑完整的自主知识产权体系,推出一批具有潜在国际市场竞争力的产品,解决若干关键材料、器件和模块的规模化生产技术,加强我国光电子技术研究开发平台和产业化基地的建设,从而占领信息产业发展的制高点,实现我国光电子材料与器件技术的跨越式发展,促进我国产业结构调整 and 升级,加快我国建设小康社会和构建和谐社会的发展步伐。

#### 主要参考文献

- 1 美国国家研究理事会. 驾驭光——21世纪光科学与工程学. 上海:上海科学技术文献出版社,2001年.
- 2 Kincade K, Anderson S G. The annual review and forecast, Part I - Nondiode lasers. Laser Focus World, 2004, 40 (2): 82-82.
- 3 黄伯云. 落实全国技术创新大会精神加速高技术新材料产业化. 材料导报, 1999, 13(6): 3-4.
- 4 技术预测与国家关键技术选择研究组. 微电子、光电子信息材料是信息产业的基础——国家关键技术研究报告之十三. 调研报告, 2004, 18.

### Development Actualities and Suggestions on Photo-electronic Crystal Materials and Apparatus in Our Country

Lan Guozheng Hong Maochun

(Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, CAS, 350002 Fuzhou)

Photo-electronic crystal materials and apparatus have been playing an increasingly important role in the fields

(转至 304 页)



系统能够直接提供高清电视服务,在宽带网络多媒体、手机电视、移动视频播放机等领域也将具备广泛的应用前景。

#### 主要参考文献

1 数字音视频编解码技术标准工作组.信息技术 先

进音视频编码 第二部分 视频 报批稿 ).

2005.03.

2 国家知识产权局知识产权发展研究中心. 规制知识产权的权利行使. 北京 :知识产权出版社, 2004.

## AVS Explore System Integration Innovation

Huang Tiejun Wen Gao

(Institute for Computing Technology, CAS, 100080 Beijing)

AV (Audio and Video) industry is one of the three main parts of the national information industry. AVS (Audio & Video coding Standard) standard leaded by China is the basic standard of AV industry. This paper introduces the background, the process, the character and the potential applications of AVS. AVS found a new mechanism to support integration innovation by a "long circulation" that not only connects research and industry by a deal between a institute and a company but connect all possible research organizations and all possible industry players by the standard and patent pool. As a result, AVS will be a source for Chinese AV industry and a good choice for AV industry world wide.

**Keywords** audio & video coding standard(AVS), AV industry, integration innovation

黄铁军 男,计算技术研究所研究员。中国科学院研究生院网络多媒体研究中心主任,信息产业部“数字音视频编解码技术标准工作组”秘书长。1998年获华中理工大学图像识别与人工智能研究所博士学位,1999—2000年中国科学院计算技术研究所博士后。主要研究领域为:数字媒体编码与理解、数字图书馆、模式识别与人机交互。累计主持“863”计划等国家级科研项目10余项,主编和参编论著3册,发表论文约30篇。

(接 296 页)

of science and technology, military affairs and advanced manufacture. In this paper, the superiorities and inferiorities of research and development on the photo-electronic crystal materials and apparatus in our country have been pointed out, respectively. Suggestions on development of the photo-electronic crystal materials and apparatus have also been proposed.

**Keywords** photo-electronic crystal materials and apparatus, development actuality, suggestion

兰国政 福建物质结构研究所科技处处长,高级工程师。1963年12月出生。毕业于厦门大学化学系。现主持福建省科技计划重大项目1项,福建省科技厅基金项目1项等,被聘为福建省中长期科技发展规划研究组成员。发表论文10余篇。作为项目主要完成人曾获福建省科学技术奖二等奖、三等奖各1项。