

综述述评

光电子晶体与全固态激光器及其应用

光电子技术发展的一个重大方向

许祖彦

(中国科学院物理研究所, 北京 100080)

[摘要] 光电子时代是微电子技术、激光技术、材料科学等高速发展、综合集成的产物。20世纪90年代光电子晶体的长足进步和大功率半导体激光技术的突破, 导致全固态激光器的实用化, 这将促使光电子技术在21世纪前50年对更多的国家支柱产业作出重大贡献, 如先进制造业的材料加工、信息业的光存储、娱乐业的激光显示、能源业的激光核聚变电站和核裂变燃料生产、军工业的激光武器升级换代等。

[关键词] 光电子晶体; 全固态激光器; 材料加工; 光存储; 激光显示; 激光核聚变

自1960年梅曼用脉冲氙灯激励红宝石晶体发明第一台固体激光器^[1]以来, 各类固体激光均使用气体放电光源泵浦, 如工业上应用广泛的Nd:YAG激光器和Nd:YLF激光器等。它们具有输出功率高, 光束质量好, 固体介质寿命长而坚固等优点。但气体放电光源的电光转换效率不高($\approx 15\%$); 辐射光谱太宽(紫外至红外), 固体激光介质的吸收谱带宽有限而造成激光效率低($< 5\%$); 无用的紫外辐射使激光晶体寿命降低; 多余的红外辐射加热激光晶体, 致使激光束质量变劣, 并为去除多余的热量需庞大的水冷系统。另外, 气体放电光源寿命短、易碎、更难以模块化生产。其他类型的激光源, 如气体放电直接激励的气体(包括金属蒸气)激光器、光激励的液体激光器等, 均有类似的优势和不足。这些大功率激光器诞生30年来, 虽然应用领域已非常广泛, 但总不能进入规模生产, 处于多品种、小批量、高价位状态。半导体激光器(LD)采用电注入P-N结发射激光, 谱宽很窄(纳米量级), 波长可调, 量子效率接近1, 其大功率器件的激光效率超过50%, 寿命长达万小时, 且为小体积固体, 十分牢固。但光束质量很差, 发散度很大(几十度)且不对称, 另外单管功率不大(瓦级)。60年代就有人提出, 使用LD代替气体放电光源泵浦固体激

光器^[2]。调整LD输出波长, 对准激光晶体吸收带激发, 因而效率极高, 热效应大大降低, 这正好将两类激光优劣互补, 造就一代新型激光源。当时因LD功率尚低, 仅在研究室演示了这一思想。20世纪80年代末90年代初, 大功率LD技术获得突破, LD泵浦的固体激光器(DPL)得以实用化^[3]。由于去除了气体放电泵源, 整机光学部件均为紧凑牢固可模块化的固体组成, 所以通称全固态激光器。典型的DPL, 是由量子阱材料制成特定波长(如808 nm)的大功率LD或模块(应用光纤或微透镜将多支LD的输出叠加起来, 获得高功率输出的构件), 激发特定的激光晶体(如Nd:YVO₄, Nd:YAG等)产生激光。必要时再使用非线性光学晶体(如KTP、BBO、LBO等)变频, 获得可见光或紫外波段相干辐射。

DPL一出现, 即以不可抗拒的优势取代众多传统激光器的主市场。例如, 采用大功率LD光纤模块泵浦Nd:YVO₄激光晶体, 再使用LBO晶体倍频产生连续波绿光(532 nm)的激光器, 输出功率5~10 W, 与相同功率的氩离子激光器(488 nm, 514 nm)相比, 耗电仅为其1%, 体积只有其10%, 寿命提高数倍, 没有离子激光所必需的米级长度的石英玻璃气体放电管, 激光输出的稳定

[收稿日期] 1999-07-08; 修回日期 1999-08-26

[作者简介] 许祖彦(1940-), 男, 四川邛崃县人, 中国科学院物理研究所研究员, 博士生导师

* “八六三”计划项目(863-715-Z35-1A)

性和信噪比亦明显提高。目前国际上离子激光器已被 DPL 所取代^[4]，而其他气体、液体、金属蒸气、灯泵固体等传统光源的大部分市场也将由 DPL 占领。90 年代 DPL 的开发成了国际激光发展的重大方向，进展极快，年产值 1996 年以来直线上升，1997-1998 年度增长 57% 以上^[5]（图 1）。由于很多支柱产业需求的牵引，DPL 的发展当前正处在规模产业的前夜，其上升势头更会有量级的增长。其重大应用概况见图 2。

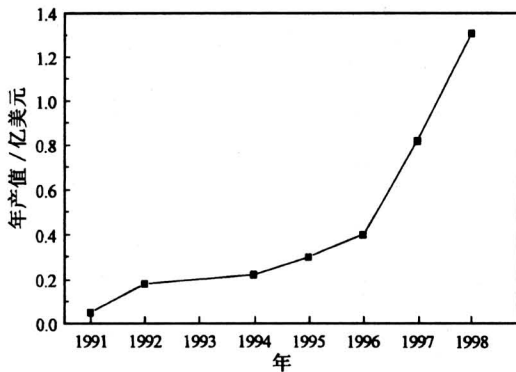


图 1 全固态激光器国际商用市场的发展
Fig.1 Worldwide commercial all-solid-state laser market from 1991 to 1998

作为光电子产业的重要基础光源，在先进制造业的材料和微电子、微机械加工领域日见繁荣。高功率 DPL 带光纤输出的柔性加工系统，对汽车和石油工业是重大的技术进步，钢板毛化、切割、焊接和大型模具、机件的表面改性等正在普及，所用 DPL 红外输出 10 瓦级至千瓦级。而激光清洗、激光毛化（硬盘）、激光光刻、微电子修补和激光三维成型等所用的紫外、深紫外 DPL 亦随着非线性光学晶体的进步而预示着更大的市场。1997 年至 1998 年，制造业的 DPL 市场增长 81%^[5]，预计 2010 年超过 10 亿美元（不包括应用系统）。大功率 LD 和 DPL 的日渐成熟，促进着激光医疗设备与技术的快速发展。医疗诊、治激光源正沿着固体（灯泵）- 气体 - 固体（LD 泵）的发展历程，又到固体激光占主导地位的新阶段。1998 年其应用比 1997 年增加 65%，2010 年 DPL 在医疗界将达到 3 亿美元/年的市场（不含医疗配套设备）。我国人口众多，激光医疗开展广泛，基础深厚，DPL 的应用更有其特殊意义。DPL 的应用在信息业有重大的产业意义。世纪之交，光存储沿着“CVD - DVD - 三维全息”道路发展，21 世纪初 DVD 将成为光存储的主流。预计 2002 年美国 60% PC 机将配置 DVD。为迎接第三代多媒体和新型网络系统，DVD 势必要在 2005 年前将个人计算机外存提高到 100 GB 以上，传输速率提高到 40 MB 以上，比现有的 DVD 容量单面 4.7 GB、双面 9.4 GB、双面双层 18 GB 还大 6~10 倍。因光盘存储密度反比于激光波长的平方，人们寄希望于缩短刻录的激光波长。显然紫外、深紫外 DPL 是解决此技术关键的最佳选择，是第四代光盘的关键技术之一^[6]。光存储的进一步发展是三维全息存储^[7]，即基于光全息术原理借助 DPL 激光在光电子晶体中产生光折变现象而记录信息。它属体存储，容量极大，可达 10^{12} B/cm³，实现 100 GB~10 TB 存储器是现实的。由于二维读写，总传输率很快，可达 1 GB/s。三维全息存储已到开发阶段，预计 2000 年可达 1 TB。如果说 DPL 在光存储发展中是关键技术的话，那么它在激光投影显示（LDT）中就是核心光源。信息时代，在信息的获取、处理、传输和显示四大环节中，显示技术的发展也是高速而多样的。传统的显像管（CRT）显示已是成熟产业的后期，平板显示（FPD）的出现就一跃成为 21 世纪显示业的主流^[8]，其主要需求来源于公众信息的大屏

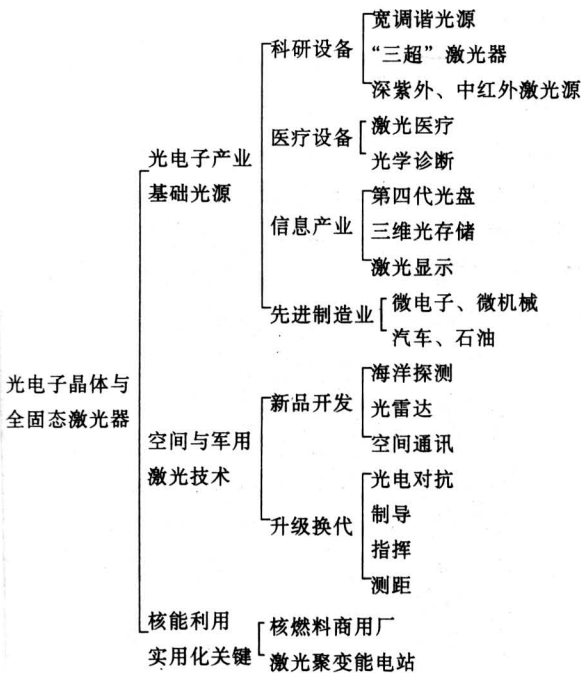


图 2 光电子晶体与全固态激光器的重大应用概况
Fig.2 Overview of major applications for optoelectronic crystals and all-solid-state lasers

幕显示、军事应用与家庭影院。FPD的产值已超过CRT一倍,达45亿美元,2005年按趋势可能超过800亿美元/年。LDT以投影方式显示,宜用于127 cm以上的大屏幕,以其色彩亮丽(色饱和

度高)、分辨率高、亮度高、对比度高等优异性能以及视角大、屏幕大小不限,携带、投影方便等全面技术优势,一直是显示业追求的目标。主要的平板显示技术特性对比见表1。

表1 各种主要平板显示性能表

Table 1 Characteristics of various flat panel displays

品种	屏幕/cm	分辨率/线	亮度/ $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$	彩色数/万	对比度	视角/ ($^{\circ}$)	造价	难点
LDT	>127	>2 000	>500	>2 700	优于 300:1	>160	高	蓝色光源
LCD*	102	1 600	250	1 670	115:1	± 80	低	图质差
PDP*	104	1 025	450	1 670	200:1	<160	中	驱动电路
FED*	25	320	150			160	中	电真空
LED*	>127	低	≈ 100	缺蓝色	200:1	160	高	蓝色管
投影 CRT	>127	1 025	≈ 200	同 CRT	100:1	160	中	图质差
投影 LCD	>127	1 600	≈ 150	1 670	100:1	160	中	图质差

* LCD: 液晶显示, PDP: 等离子显示, FED: 真空微电子显示, LED: 发光二极管显示

LDT目前的难点在于高性能三基色激光源^[9]。1996年前人们使用的氦离子激光源,2 m屏幕耗电80 kW,体积庞大而寿命很短。目前使用的DPL,同样2 m屏幕,耗电1 kW,寿命万小时。现在LDT试验机造价太高,仅能试用于公众信息显示、飞行员教练等特定场所。随着光电子晶体和大功率LD、DPL技术的进展,21世纪初LDT可推出消费电视,实现真正的家庭影院,进入娱乐业主市场,2010年预计产值达570亿美元/年。DPL在研究设备领域的前景也非常光明。除直接代替许多传统激光源外,更能发展出新型设备,如3~5 mm和8~12 mm大气窗口宽调谐DPL、超高功率(TW)、超短脉冲(fs)和超宽调谐(深紫外至中红外)的“三超”DPL等等,为高科技研究的发展提供有力的新工具。

核能利用是21世纪人类最重大的课题之一,激光惯性约束聚变能(IFE)电站开发为其首批目标之一。目前国内外使用的灯泵钕玻璃激光系统仅能单次运转,用于“点火”探索。聚变能电站要产生有效电能必须重复运转(至少10 Hz),只有采用百万焦能量的紫外(如355 nm)DPL方有可能。另外,DPL高度模块化允许单路考核全部物理和工程问题,风险最小。而电站可用积木式结构,维修方便,再加上器件寿命长(目前可达1年以上)、

效率高($\approx 10\%$)等优势,所以DPL是21世纪前50年IFE的必不可少的关键设备。在核裂变能源领域,激光分离同位素的研究国内外经历了20年的努力。原子蒸气法(AVLIS)在物理、技术与工程各方面的问题均已解决,已进入商业开发阶段。由于AVLIS投资少,分离功价格仅为目前长期市场价格的1/3~1/4,且有节省原料、无需级联等一系列优点,一举改变了核裂变燃料的生产态势。在国际核电站市场需求(如法国核电占75%,日本22.5%)的推动下,21世纪初建成商用厂所采用的激光驱动器可能选择万瓦级可见光(532 nm)DPL。只有使用DPL取代研究用的铜蒸气激光器,方可满足工业生产所必需的效率、稳定性、寿命、操作和易维修性等技术经济指标。

当年红宝石激光一问世就被考虑到军事与空间应用上。如今激光军用市场不亚于商业市场。DPL小型化、长寿命、低能耗的特点促进了激光的空间和军事应用,加快产品的更新换代和新产品开发历程。已制式化的激光测距仪和激光制导武器的灯泵激光源将被嵌入式的微型化、模块化DPL取代,激光致盲武器也换成全固态,空中、地面与水下激光成像雷达和防生化武器的差分激光雷达也将由于紫外(红外)可调谐DPL的应用而小型化、实战化,星-星、星-地、潜-卫等光通讯将在高精密

自动调谐 DPL 推动下实用化, 光电对抗将因高平均功率 DPL 的出现覆盖全波段并大大增强机动灵活性和稳定性, 激光显示与三维全息存储将为指挥中心提供快速大信息量的直观资料。总之 DPL 对空间与军事的影响是深远的, 具有一定的战略意义。

综上所述, DPL 及应用已处在规模产业的前夜, 它将在 21 世纪初推动光电子产业大发展, 带动很多领域的技术进步, 解决一些支柱产业的关键技术, 造就一批新兴产业, 带起千万美元/年市场的高技术产业群。它的发展将决定核聚变能源利用与核裂变燃料生产的进程并对国防建设作出重大贡献, 是光电子技术发展的一个重大方向和机遇。

光电子晶体、DPL 及应用当前的发展状况和趋势大体是, DPL 涉及的光电子晶体主要是激光晶体、非线性光学晶体和量子阱材料。非线性光学晶体研究我国处于国际领先地位。当前国际上工业应用价值的三种非线性光学晶体我国发现两种^[10,11] (BBO 和 LBO), 而第三种为 KTP^[12,13], 我国首创的熔盐法生长技术对其产业化作出了重大贡献。目前中、小功率绿光 DPL 使用 KTP, 大功率可见光 DPL 使用 LBO (包括 AVLIS 商用厂所需高功率器件), 紫外 DPL 使用 BBO (包括 IFE 研究所需高功率脉冲器件)。BBO、LBO 均属硼酸盐体系非线性光学晶体, 当前国内外均沿着此体系开展多方面研究, 大体趋向两方面: 其一是开发已有晶体的大尺寸高光学质量及快速生长技术, 如使用熔剂提拉法生长工业用 BBO、LBO, 发展产业化新技术; 其二是运用分子设计、专家系统发现新晶体, 如我国 90 年代发现的 KBBF^[14]、CBO^[15] 和 SBBO^[16] 类紫外/深紫外非线性光学晶体, 日本发现的 CLBO^[17] 紫外晶体和法国发现的 YCOB 非线性/自倍频晶体^[18] 等, 以期进一步解决第四代光盘高密度刻录所需的 266 nm、193 nm 深紫外谐波晶体材料和 IFE 所需的高功率、大能量、宽接收谱宽、大体积的紫外、深紫外谐波晶体等重大产业关键材料。DPL 所用的激光晶体的发展是以高量子效率、高储能、自倍频、三基色等新材料研究和高质量大体积晶体生长技术发展为主, 例如, 掺 Yb 的高量子效率、高功率全固态激光晶体的系统研究。1996 年国外报道 Yb:SFAP 高储能晶体有可能实现兆瓦级输出的 DPL 用于 IFE 的研究。1997 年 Yb:YAG 输出超过 400W。在自倍频方面, 掺 Nd

的 YCOB 于 1999 年实现了 80 mW 绿光输出^[19], 预示着单片中小功率绿光 DPL 有了新材料。我国激光晶体生长技术有多年积累的丰富经验, 当今国际常用的连续波 DPL 激光晶体 Nd:YVO₄ 我国已占世界市场的 1/3, 激光斜效率达到 $71.5 \pm 1\%$ 居国际领先水平。我国用温梯法生长可调谐激光晶体 Ti:Al₂O₃ 具有国际先进水平, 特别在掺杂浓度方面。光折变晶体国际上研究很多, 我国首创的掺铈钛酸钡国际领先^[20], 但光折变材料当前主要用于三维全息存储, 例如, 国内外都在研制掺杂 LiNbO₃ 材料和试制相关产品, 关键在于晶体的均匀性、写入灵敏度、衍射效率和固化寿命。大功率 LD 材料当前国际上主要是以低位错 GaAs 作衬底, 采用 MBE 或 MOCVD 超薄层生长技术, 外延生长纳米级量子阱结构, 以 50 mm (2 英寸) 片为主。670~860 nm 波段以 AlGaAs 为主, 发展趋势之一是采用无 Al 材料提高寿命, 但存在温度稳定性问题。910~990 nm 材料以应变 InGaAs 为主。在研究方面, 大功率半导体激光器材料的发展趋势大体是发展高均匀性、高温稳定性、低阈值、高效率、长寿命量子阱材料。在生产方面, 发展 76 mm (3 英寸) 高均匀性、高成品率外延技术, 以及多片生长设备 (几十片)。

DPL 目前处在规模产业的前夜, 表现在: 品种已很齐全, 如输出功率毫瓦到千瓦, 输出波段从近红外到可见光和紫外, 运转从连续波到飞秒脉冲均有; 技术基本成熟并正在提高, 如泵浦技术从三明治结构到光纤模块和微透镜构架, 激活介质和谐波介质已有多种可供产业化选择等等; 价格甚高, 远不宜广泛应用。厂商正在为降低价格打开市场而努力, 包括组织材料、器件、应用一条龙集团化的规模生产基地, 1997 年以来, 有的产品价格已大幅度下降; 已有强烈市场牵引, 如前述传统光源更新、材料加工、光存储、激光显示、军械换代和核能开发等。DPL 发展的主要趋势是高功率, 如 100 瓦级至兆瓦, 连续波至飞秒。以高科技研究 IFE 和 AVLIS 所用的组合兆瓦级器件为研究目标, 带动高功率器件的产业化全面发展, 加速对传统光源的更新换代历程, 为众多的产业应用提供核心光源。第二个发展趋势是抓住重大应用系统的开发, 发展 DPL 产业化技术, 主要是降低成本, 进入百亿美元/年级的市场, 如以 LDT 为代表的三基色 DPL、以第四代光盘刻录为代表的紫外、深紫

外 DPL 等等。我国的 DPL 研究开发起步较晚，但借助于我国光电子晶体材料的优势进展较快，中、小功率器件已达万台/年的生产能力，出口占国际市场近 20%，大功率绿光器件连续波达 5 W^[21]，红光器件近 1 W，飞秒器件和可调谐器件已运转成功^[22,23]，脉冲红外器件已达兆瓦级**，为应用系统的开发打下了基础。

一度成为瓶颈的大功率 LD 及模块，90 年代获得了突破，当前也处于规模生产的前夜。1998 年国际商业市场用于泵浦 DPL 的大功率（1~100 W）LD 及其模块占 LD 市场的 12%，高功率（100~1000 W）占 86.5%^[5]。LD 及模块技术集成度高，涉及材料科学、精密光学、光纤学、电子学和微加工等，目前仅为数不多的几家公司掌握这些技术，生产 3~60 W 连续波光纤模块。脉冲微透镜结构模块已有数百上千瓦的产品（脉冲功率）。LD 与模块发展趋势主要是提高功率和降低价格。在单管提高亮度基础上，以列阵器件来提高功率。二维堆积列阵研究已达 1 600~3 000 W，但因散热技术问题尚未实用化。研究工作正在向兆瓦级发展。另一发展趋势是降低价格，扩大市场竞争力。90 年代以来，已降价一个量级，仅 1997~1998 年，高功率列阵和模块价格就下降了 50%。我国大功率 LD 模块近年有很大进展，单管 1~2 W，寿命数千小时，连续波光纤模块已超过 15 W，列阵脉冲器件单条 60 W，二维列阵可超过 10 kW，波长可覆盖 670~970 nm，为 21 世纪初的批量生产打下了基础。

综上所述，我国光电子晶体材料研究有坚实的基础，经过几代人几十年的努力，我国的非线性光学晶体国际领先，主导着这一领域的发展潮流，除支撑着 DPL 常用的非线性光学晶体的知识产权外，更能不断地发明新晶体材料。我国的激光晶体生长技术国际先进，常用的 DPL 激光材料我国均能生长，除自给外尚能出口。大功率 LD 和模块有了初步的生产基础，这就为我国的 DPL 提供了可持续发展的材料基础。我国的激光技术研究已有 30 余年的历史，国际上有的我国差不多都有。当前 DPL 的发展已有了相当的基础，在上述强大的市场机遇牵引下，应用开发系统也一定能高速发展起来。只要我们充分利用我国的这些资源和技术优势，将研究优势延伸到技术优势并扩大到产业优势。坚持知识创新、技术创新和产业开发互相促

进，就可不失时机地迎接 21 世纪初光电子产业的大发展，开拓出有我国特色的光电子晶体—全固态激光器—应用系统的高技术产业群，增强我国的综合国力。

在文章写作过程中，受到王大珩院士、王占国院士、范滇元院士、陈创天第三世界科学院院士、汤星里研究员、高孟林教授、梅遂生教授、邓树森研究员、宋菲君教授和陶世荃教授等的指导和帮助，在此表示深切的感谢。

参考文献

- [1] Mainman T H. Stimulated optical radiation in ruby [J]. *Nature*. 1960, 187 (4736): 493~494
- [2] Newman R. Excitation of the Nd³⁺ fluorescence in CaWO₄ by recombination radiation in GaAs [J]. *J. Appl. Phys.*, 1963, 34 (2): 437~438
- [3] Tso Yee Fan, Byer R L. Diode laser-pumped solid-state lasers [J]. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 1988, 24 (6): 895~906
- [4] Coherent Laser Group. Power at the pump 8 W and 10 W—now there's a choice [J]. *Laser Focus World*, 1999, 35 (4): 33
- [5] 从征. 1998 年激光市场评述和预测 [J]. *激光与光电子进展*, 1998, 9 (393): 27~34
- [6] Jone-Bey H. Deep-UV applications await improved nonlinear optics [J]. *Laser Focus World*, 1998, 34 (8): 127~134
- [7] 陶世荃. 光信息存储 [M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1998. 92~112, 128~132
- [8] 朱昌昌. '97 平板显示综述 [J]. *光电子技术*, 1998, 18 (1): 1~7
- [9] Wallace J. Laser crystal is a first-rate host [J]. *Laser Focus World*. 1999, 35 (2): 24~26
- [10] Chen Chuangtian, Wu Bochang, Jiang Aidong, et al. A new ultraviolet SHG crystal β -BaB₂O₄ [J]. *Sci. Sin.*, 1985, B28 (3): 235~243
- [11] Chen Chuangtian, Wu Yicheng, Jiang Aidong, et al. New nonlinear optical crystal LiB₃O₅ [J]. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1989, B6 (4): 616~621
- [12] 刘耀岗, 徐斌, 韩建儒, 等. 高效激光倍频晶体 KTP 的生长及主要性能 [J]. *中国激光*, 1986, 13

* 周寿桓, 姜东升, 赵鸿. 二极管泵浦的高功率、倍频 Nd:YAG 激光器. 全国第 14 届激光学术报告会. 北京, 1999 年 10 月 10 日~13 日

** 姜东长, 周寿桓, 刘盛纲, 等. 二极管泵浦高重频被动调 Q Nd:YAG 激光器. 北京: 华北光电技术研究所

- (7): 438~441
- [13] Wang Jiyang, Liu Yaogang, Wei Jingqian, et al. Growth, characterization and NCPM of niobium doped KTP crystals [J]. *Cryst. Res. Tech.*, 1997, 32: 319
- [14] Chen Chuangtian, Xu Zuyan, Deng Daoqun, et al. The vacuum ultraviolet phase-match characteristic of nonlinear optical crystal $\text{KB}_2\text{BO}_3\text{F}_2$ [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1996, 68 (21): 2930~2932
- [15] Wu Yicheng, Sasaki T, Nakai S, et al. CsB_3O_5 : a new nonlinear optical crystal [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, 62 (21): 2614~2615
- [16] Chen Chuangtian, Wang Yebin, Wu Baichang, et al. Design and synthesis of an ultraviolet-transparent nonlinear optical crystal $\text{Sr}_2\text{Be}_2\text{B}_2\text{O}_7$ [J]. *Nature*, 1995, 373 (26): 322~324
- [17] Sasaki T, Kuroda I, Nakajima S, et al. New nonlinear optical crystal cesium lithium borate [A]. *Proceedings on Advanced Solid-State Lasers '95* [C]. 1995
- [18] Aka G, Bloch L, Benitez J M, et al. A new nonlinear oxoborate crystal, characterized by using femtosecond broadband pulses [A]. In: Payne S A, Pollock C R, *Advanced Solid-State Lasers* [C]. Vol 1 of OSA Proceedings Series (Optical Society of America, Washington, D. C.), 1996. 336
- [19] Hargis D, Earman A. Diode-pumped microlasers promise portable projectors [J]. *Laser Focus World*, 1998, 34 (5): 243~251
- [20] Zhu Yong, Yang Changbi, Hui Mengzun, et al. Phase conjugation of $\text{BaTiO}_3:\text{Ce}$ by backward stimulated photorefractive scattering [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1994, 64 (18): 2341~2343
- [21] He Jingliang, Hou Wei, Zhang Hengli, et al. Continuous-wave output of 5.5 W at 532 nm by intracavity frequency doubling of a Nd:YVO₄ laser [J]. *Chin. Phys. Lett.*, 1998, 15 (6): 418~419
- [22] 魏志义, 陈毓川, 李健, 等. 自锁模钛宝石激光实现全固化运转 [J]. *光学学报*, 1998, 18 (7): 960
- [23] 陈毓川, 何京良, 李健, 等. 全固态连续波可调谐钛宝石激光器 [J]. *中国激光*, 1998, 25 (6): 590

Optoelectronic Crystals, All-Solid-State Lasers and their Applications ——An Important Course of Optoelectronics R & D

Xu Zuyan

(*Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China*)

[Abstract] The age of optoelectronics is the consequence of rapid evolution and mutual integration of the fields of micro-electronics, laser technology and material science. The appearance of optical fibers and laser diodes in the 1960s, one major contribution of optoelectronic technology to information industry, has led to the advent of optoelectronic communications. In the 1990s, great advances in optoelectronic crystals and breakthroughs in laser diode technology have made all-solid-state lasers a practical realization. As a consequence, this will enable optoelectronics to make its further contribution to more national pillar industries in the first half of the next century, in various aspects like material processing in advanced manufacturing, optical storage in information technology, laser displays in entertainment, laser fusion power station, nuclear fission material processing, upgrading of laser weapons, etc.

[Key words] optoelectronic crystals; all-solid-state lasers; material processing, optical storage; laser displays; laser fusion